

SOCIETY FOR ROBOTICS OF B&H
ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS OF B&H
UNIVERSITY OF MOSTAR FACULTY OF
MECHANICAL ENGINEERING IN MOSTAR
INTERA TECHNOLOGY PARK MOSTAR
BOSNIA AND HERZEGOVINA
DRUŠTVO ZA ROBOTIKU U BOSNI I HERCEGOVINI
AKADEMIJA NAUKA I UMJETNOSTI BOSNE I HERCEGOVINE
UNIVERZITET „DŽEMAL BIJEDIĆ“, MAŠINSKI FAKULTET MOSTAR
INTERA TEHNOLOŠKI PARK MOSTAR
BOSNA I HERCEGOVINA

Proceedings - Zbornik radova

NEW TECHNOLOGIES NOVE TEHNOLOGIJE „NT-2015“

Editors - Editori:

Prof.dr.sc. Isak Karabegović, Akademik Vlatko Doleček, Prof.dr.sc. Sead Pašić

Technical Editor - Tehnički urednik:

Prof.dr.sc. Isak Karabegović

Mr.sc. Ermin Husak

Publisher - Izdavač:

SOCIETY FOR ROBOTICS OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

DRUŠTVO ZA ROBOTIKU U BOSNI I HERCEGOVINI

Petog Korpusa broj 3

77000 Bihać, BiH

www.robotika.ba

ISSN: 2303-5668

Pressroom - Štamparija: FOJNICA d.o.o.

Printing-Tiraž: 100 primjeraka

Editors: Isak Karabegović, Vlatko Doleček, Sead Pašić

NEW TECHNOLOGIES „NT-2015“

Word of the organizers

We are aware of a different problems that the contemporary economy suffer. Research capacities are limited and infrastructure is poorly developed. Companies fall in using the contemporary knowledge and specialization, rarely promote innovation and commercialization, poorly manage research facilities and technology transfer. All this ultimately leads to their inadequate capacities to meet market demands, as well as lagging in a regional development and a low competitiveness. The organizers are going to prepare the series of free seminars, conferences and round tables for the economy, small and medium enterprises, with the goal to introduce new capacities and the possibilities of the technology development.. Thus the organizers want to encourage technology transfer, development projects and innovative work, as well as develop awareness of the importance of intellectual property protection. In a product development, from concept to its production, a key element in achieving market success, is time. With ever stringent market requirements, the trends in increasing product individualization (personalization) become more obvious, and there are fewer products of mass consumption. Alternative solutions in production are increasingly being used to meet such conditions in the development and production. The organizers' intention is to introduce new methods and technologies to our market, as well as to inform the engineers, designers, contractors and investors about the possibilities and advantages of new methods and technologies, as well as products in their technical and financial form. The aim is to bring closer new 21st century technologies, that are in use in developed countries, to professional public in above mentioned conferences, seminars and round tables. With their development trends and achievements, new technologies can contribute to the development of both small and medium-sized enterprises and large companies, and thus to develop the local community in which they operate. The goals of conferences, seminars and round tables is that manufacturing companies as well as research and development institutions become more familiar with the latest technical and technological achievements in the field of new technologies used in the 21st century.

Mostar, February 2, 2015

THE ORGANIZERS

NOVE TEHNOLOGIJE „NT-2015“

Uvodna riječ organizatora

Uočili smo veliki problem današnjeg gospodarstva. Istraživački su kapaciteti ograničeni, infrastruktura slabo razvijena, kompanije zaostaju za suvremenim znanjem i specijalizacijama, rijetko promoviraju inovacije i komercijalizacije, slabo se upravlja istraživačkim kapacitetima i transferom tehnologija, što u konačnici dovodi do neadekvatnih kapaciteta kompanija za odgovor na zahtjeve tržišta, zaostajanja u regionalnom razvoju i niskoj konkurentnosti. Organizatori pripremaju seriju besplatnih seminara, konferencija i okruglih stolova za privredu, mala i srednja poduzeća, na kojima ih žele upoznati s novim kapacitetima i mogućnostima koje nude. Time također žele potaknuti transfer tehnologije, razvojne projekte, inovativni rad i razviti svijest o važnosti zaštite intelektualnog vlasništva. Pri razvoju proizvoda, od ideje do njegove proizvodnje, ključni element u postizanju uspjeha na tržištu je vrijeme. Uz sve oštrije zahtjeve tržišta, očiti su i trendovi u porastu individualizacije (personalizacije) proizvoda, a sve je manje proizvoda masovne potrošnje. Kako bi se udovoljilo takvim uvjetima pri razvoju i proizvodnji, sve se više primjenjuju alternativna rješenja u proizvodnji. Namjera je organizatora približiti nove metode i tehnologije našem tržištu i upoznati inženjere, projektante, izvođače, te investitore o mogućnostima i prednostima novih metoda i tehnologija, kao i proizvoda u njihovom tehničkom i financijskom obliku. Stručnoj javnosti ovakvim konferencijama, seminarima i okruglim stolovima želimo približiti nove tehnologije 21. stoljeća koje su u upotrebi u razvijenim zemljama u svijetu. Nove tehnologije svojim trendovima razvoja i dostignućima mogu doprinijeti razvoju kako malih i srednjih poduzeća, tako i velikih kompanija, te na taj način razviti lokalnu zajednicu u kojoj djeluju. Ciljevi konferencija, seminara i okruglih stolova će biti takvi da proizvodnim tvrtkama i razvojno-istraživačkim institucijama približe najnovija tehničko-tehnološka dostignuća na području novih tehnologija koje se koriste u 21. stoljeću.

Mostar, 02.02.2015.

ORGANIZATORI

PREFACE

Modern industrial production is exposed to many influences and problems that prevent the strengthening of market competitiveness. Let us mention a few of them: materials and raw materials are constantly becoming more expensive, and some even disappear, so a suitable replacement should be found; mass production disappears, and large series manufacturing decreases, while small-scale and medium serial production increases to some extent; new production philosophy demands and prefers highly educated personnel able to successfully implement new technologies; technologies, as well as knowledge, quickly become obsolete, which requires lifelong learning, i. e. constant update of already acquired knowledge; environmental requirements are stronger and higher, which increases companies' costs and funds to invest in equipment (there is a demand for pollution and waste materials reduction, greater work safety, recycling, etc.); market is full of various goods and products of questionable quality from medium developed countries and often with dumping prices; there are ever increasing demands for wage increases, which forces the owners to dislocate their production facilities or move to countries with cheaper labor force; increased education of personnel affects their mobility and increase of fluctuation, as well as greater opportunities in the choice of better jobs, so that they make more use of their intellectual and emotional capabilities, thereby changing the mental structure of employees; customers are increasingly looking for a good design, durability and good price, with a wide range of support and service, not just a product; customers' knowledge is increasing, thus causing the increase in requirements that a product must be flawless in every respect, rather «ideal» (well designed, reliable, stylish, economical, etc.). To successfully solve the abovementioned requirements, there are new technological, production, organizational and other methods and models that ensure the improvement and modernization of production in the preparation phase (modern methods of product design, methods for modeling, simulation and optimization of products and production program, evolutionary methods – methods of artificial intelligence, software and computer hardware), as well as in the realization phase of production (flexibility, innovation, productivity, automation, product quality).

The main objectives of the conference are:

- Transfer of new and high technologies that serves to improving research and development work and implementation in production, in order to achieve technological and economic growth of domestic production in domestic companies.
- Transfer of practical knowledge and results of their own research, to strengthen competitiveness of domestic companies
- Promotion of technological and economic feasibility of applying new technologies in companies' industrial production
- Organizing and conducting training in knowledge update and innovation lifelong learning
- Performing training courses in new technologies, production and business systems, integrated product development, implementation and maintenance of quality systems, production logistics, acquisition of competitive ability in the market, the application of modern methods in production management, the development of modern and successful production, etc.
- Education about justification for introducing new products and production program, introduction of new technologies

Mostar, February 2, 2015

EDITORS

PREDGOVOR

Suvremena industrijska proizvodnja je izložena mnogim utjecajima i problemima koji ometaju jačanje konkurentnosti na tržištu. Evo samo nekih od njih: materijali i sirovine neprestano poskupljuju, a neki i nestaju, pa im valja naći odgovarajuću zamjenu; masovna proizvodnja nestaje, a velikoserijska se smanjuje, dok raste maloserijska i donekle srednjeserijska proizvodnja; nova proizvodna filozofija uvjetuje, preferira visoko educirane kadrove sposobne da uspješno implementiraju nove tehnologije; tehnologije kao i znanja brzo zastarijevaju, što zahtijeva cjeloživotno učenje, odnosno stalno osvježavanje već stečenih znanja; sve su oštriji i veći ekološki zahtjevi, što poduzećima povećava troškove i sredstva za investiranje u opremu (traži se smanjenje zagađivanja i otpadnih materijala, veća sigurnost u procesu rada, reciklaža otpada i sl.); tržište je sve punije raznovrsnim proizvodima ali i proizvodima upitne kvalitete iz srednje razvijenih zemalja i često s damping cijenama; sve su veći zahtjevi za porastom plaća, što vlasnike prisiljava da svoje proizvodne pogone dislociraju, odnosno presele u zemlje sa jeftinijom radnom snagom; porast obrazovanosti kadrova sve više utječe na njihovu mobilnost i porast fluktuacije, te veće mogućnosti u izboru boljih radnih mjesta, kako bi više koristili svoje intelektualne i emocionalne mogućnosti, čime se mijenja mentalna struktura zaposlenih; kupci sve više traže dobar dizajn, trajnost i povoljnu cijenu proizvoda, uz široki asortiman i servisne usluge, a ne samo proizvod; znanje kupaca sve je veće, zbog čega nastaju i sve veći zahtjevi da proizvod mora biti bez greške u svakom pogledu, bolje rečeno «idealno» (dobro dizajniran, pouzdan, moderan, ekonomičan itd.). Za uspješno rješavanje navedenih zahtjeva postoje nove tehnološke, proizvodne, organizacijske i druge metode i modeli koji osiguravaju unapređenje i modernizaciju proizvodnje u fazi pripreme (moderne metode oblikovanja proizvoda, metode modeliranja, simulacije i optimizacije proizvoda i programa proizvodnje, evolucijske metode-metode umjetne inteligencije, softverske i računalne tehnike), kao i u fazi realizacije proizvodnje (fleksibilnost, inovativnost, proizvodnost, automatizacija, kvaliteta proizvoda).

Osnovni ciljevi održavanja konferencije su slijedeći:

- Transfer novih i visokih tehnologija u pravcu razvoja naučnoistraživačkog rada i implementacije u proizvodnji, s ciljem ostvarenja tehnološkog i ekonomskog rasta domaće proizvodnje u domaćim kompanijama.
- Transfer praktičnih znanja i rezultata vlastitih istraživanja, s ciljem jačanja konkurentne sposobnosti domaćih kompanija.
- Promocija tehnološke i ekonomske opravdanosti primjene novih tehnologija u industrijskoj proizvodnji u kompanijama.
- Organiziranje i izvođenje edukacije iz programa osvježavanja i inoviranja znanja i cjeloživotnog učenja.
- Izvođenje edukacijskih predavanja iz novih tehnologija, proizvodnih i poslovnih sistema, integriranog razvoja proizvoda, uvođenja i održanja sistema kvalitete, logistike proizvodnje, stjecanja konkurentne sposobnosti na tržištu, primjene modernih metoda u upravljanju proizvodnjom, razvoju moderne i uspješne proizvodnje, itd.
- Edukacija o opravdanosti uvođenja novih proizvoda i programa proizvodnje, uvođenje novih tehnologija.

EDITORI

Mostar, 24. travanj/april 2015.

Editors: Isak Karabegović, Vlatko Doleček, Sead Pašić

Internacionalni naučni/znanstveni odbor

Akademik Zijad Haznadar (HRV), Predsjednik

Akademik Kemo Hanjalić (BiH)
Akademik Ejup Ganić (BiH)
Prof.dr.dc.Mirsad Hadžikadić (USA)
Prof.dr.sc. Miran Brezočnik (SVN)
Prof.dr.sc. Emir Hodžić (USA)
Prof.dr.sc. Vidmantas Nenorta (LTU)
Prof.dr.sc. Đorđe Jovanović (MNE)
Prof.dr.sc. Riaz Mirza (PAK)
Prof.dr.sc. Ivan Polajner (SVN)
Prof.dr.sc. Dong Zhang (USA)
Prof.dr.sc. Ille C. Gebeshuber (AUT)

Naučni / znanstveni odbor

Akademik Vlatko Doleček, (BiH), Predsjednik

Ali Sabea, H. (IRQ), Al-Asadi A.A., H. (IRQ), Alibabić, V. (BiH), Amir Maher, S. L. (GBR), Athapaththu, A. M.R.G. (JPN), Bajić, D. (MNE), Balić, J. (SVN), Bašić, H. (BiH), Bazaras, Ž. (LTU), Begić, R. (BiH), Behmen, M. (BiH), Berberović, S. (HRV), Blagojević, D. (BiH), Brdarević, S. (BiH), Brezočnik, M. (SVN), Bundalo, Z. (BiH), Calautit, J. K. (GBR), Costa, F. S. (PRT), Čaušević, M. (HRV), Čohodar, M. (BiH), Čatović, F. (BiH), Čehić, M. (BiH), -Bajić, S. (HRV), Damić, M. (SRB), Damić, V. (HRV), Dašić, P. (SRB), Daunys, M. (LTU), Delalić, Z. (BiH), Denjo, D. (BiH), Diby, P. (KOR), Dizdar, G. (USA), Doroslovački, R. (SRB), Duket, K. E. (USA), Dukić, H. (BiH), Džonlagić, M. (BiH), Džonlagić, N. (BiH), Đukanović, M. (MNE), Ekinović, S. (BiH), Erklig, A. (TUR), Ferizović, M. (BiH), Galović, A. (HRV), Habibzadeh, A. (IRN), Hadžiabdić, M. (BiH), Hadžikadić, M. (USA), Hajro, I. (BiH), Haznadar, Z. (HRV), Hodžić, E. (USA), Hrasnica, M. (BiH), Husetić, A. (BiH), Isić, S. (BiH), Ismail, O. (SYR), Jašarević, S. (BiH), Jecić, S. (HRV), Jovanović, A. (MNE), Jovanović, Đ. (MNE), Jovanović, J. (MNE), Jovanović, O. (MNE), Jonanović Doleček, G. (MEX), Juraga, I. (HRV), Kahn, R.A. (BGD), Karabegović, E. (BiH), Karabegović, I. (BiH), Kecshkmethy, A. (DEU), Khan, K. (BGD), Khan, M.S. (PAK), Kiss, I. (ROU), Knežević, M. (MNE), Kostić, M. (BiH), Kothari, V.K. (IND), Kovač, A. (MKD), Kovačević, A. (GBR), Kovačević, S. (HRV), Krezić, D. (BiH), Kulenović, M. (BiH), Kurtanović, O. (BiH), Lara, D. (USA), Lee, J.S. (KOR), Lovrić, I. (BiH), Luximon, A. (CHN), Mahmić, M. (BiH), Masi, A. (ITA), Meshari, M. (IRQ), Mićević, D. (SRB), Mijović, B. (HRV), Milovanović, M. (SRB), Mirjanić, D. (BiH), Mijanović-Markuš, M. (MNE), Muhić, Š. (DNK), Mujčić, A. (BiH), Mujčić, E. (BiH), Mujić, I. (CRO), Nariman, N. A. (DEU), Natraveli, A. (USA), Niderer, P. (CHE), Nikolić, D. (MNE), Nikolić, V. (SRB), Noman, N. (KOR), Nožica, M. (BiH), Nukathati, R.K. (IND), Obad, M. (BiH), Ogurlu, Y. (TUR), Ozdemir, S. (TUR), Parwadi, M. (IDN), Pašagić, H. (HRV), Pašić, S. (BiH), Pašić, Z. (BiH), Plančak, M. (SRB), Polajner, I. (SVN), Posavljak, S. (BiH), Rahul, M. (USA), Rezić, S. (BiH), Riaz, M. (PAK), Rogić, M. (BiH), S. Sheik, M. (OMN), Safdar, A. (SWE), Salah, E.O. (SDN), Samardžić, I. (HRV), Samardžija, Lj. (BiH), Sanjeevikumar, P. (ITA), Saridarg, F.D. (TUR), Shukla, A. (IND), Singh, R. P. (IND), Soković, M. (SVN), Sprečić, D. (BiH), Srb, N. (HRV), Srkalović, G. (USA), Stefanović, M. (SRB), Stojkić, Ž. (BiH), Subramoniam, S. (MYS), Šabanović, A. (TUR), Širok, B. (SVN), Špago, S. (BiH), Tarek, M. (USA), Teerawong, L. (THA), Tešnjak, S. (HRV), Tiro, D. (BiH), Tokić, A. (BiH), Trišović, N. (SRB), Ujević, D. (HRV), Uzunoglu, M. (TUR), Veljović, Z. (MNE), Vitez, I. (HRV), Vojić, S. (BiH), Vučkojević, D. (BiH), Waleed, K.A. (ARE), Wein, P.S. (THA), Xhaxhi, K. (ALB), Yadav, K. (SWE), Yang, X. J. (CHN), Yildirim, A. (TUR), Zaimović-Uzunović, N. (BiH), Zhang, D. (USA), Zlatar, M. (BiH), Žapčević, S. (BiH), Žigić, I. (BiH), Žugaj, M. (HRV).

Editors: Isak Karabegović, Vlatko Doleček, Sead Pašić

Programski odbor

Prof.dr.sc. Isak Karabegović, Predsjednik

Akademik Vlatko Doleček

Prof.dr.sc. Sead Pašić

Prof.dr.sc. Hazim Bašić

V.prof.dr.sc. Safet Isić

Doc.dr.sc. Samir Vojić

Doc.dr.sc. Mehmed Mahmić

Doc.dr.sc. Milena Đukanović

Mr.sc. Ermin Husak

Mr.sc. Damir Hodžić

Tomislav Grizelj, komp. "GRIZELJ"

Mladen Kostić, mag. ing. ee

Eldin Okanović, mag. ing. Ee

Recezent

Akademik Vlatko Doleček, Akademik Zijad Haznadar, Prof.dr.sc. Isak Karabegović, Prof.dr.sc. Sead Pašić, Prof.dr.sc. Himzo Đukić, Prof.dr.sc. Milenko Obad, Prof.dr.sc. Đorđe Jovanović, Prof.dr.sc. Husein Pašagić, Prof.dr.sc. Marina Mijatović, Markuš, Prof.dr.sc. Olivera Jovanović, Prof.dr.sc. Tarik Kupusović, Prof.dr.sc. Snježana Resić, V.prof.dr.sc. Safet Isić, Doc.dr.sc. Edina Karabegović, Doc.dr.sc. Mehmed Mahmić, Doc.dr.sc. Samir Vojić, Doc.dr.sc. Edin Mujčić,

Opaska/Note:

Svi radovi u ovom zborniku su recenzirani. Bez obzira na to, urednici i organizator ne odgovaraju za sadržaj prikazan u ovoj publikaciji. Sva prava pripadaju autorima, što znači da će daljnji uvjeti objave rada biti dogovoreni sa samim autorima. Nakon objave Zbornika Apstrakta NT-2015, autori kao i druge osobe ili institucije koji žele objaviti reference ili na neki način koriste rad iz ove publikacije, se mole da navedu prethodnu objavu rada u Zborniku Apstrakta NT- 2015.

All the papers presented in this publication have been reviewed. However the editors and the organizers are not responsible for the contents presented within the papers. All the rights belong to the authors, meaning further publication conditions should be agreed upon with the authors. Upon the Book of the Proceedings publication the authors, so as the other persons or institutions wishing to publish reference or in some other manner use the papers from this publication are kindly requested to explicitly identify prior publication in the Book of the Proceedings Abstracts NT-2015.

CONTENTS - SADRŽAJ

Vlatko Doleček

TEHNOLOŠKA BUDUĆNOST

FUTURE OF TECHNOLOGY..... 1

Isak Karabegović

ENERGIJA BUDUĆNOSTI – ČISTA ENERGIJA

FUTURE OF ENERGY – CLEAN ENERGY..... 13

Zijad Haznadar, Bijan Trkulja, Frano Škopljanc

NUKLEARNE ELEKTRANE S TORIJSKIM REAKTOROM

THORIUM REACTOR NUCLEAR POWER PLANTS..... 35

Polajner I., Kološa S., Uran M., Podržaj P.

UTJECAJ VRSTE Zn PREVLAKA NA KARAKTERISTIKE ELKTROOTPORNIH
 TAČKASTIH VAROVA

THE INFLUENCE OF DIFFERENTE TYPES Zn COATING ON PROPERTIES OF
 RESISTANCE SPOT
 WELDS..... 38

Ekinović S., Begović E., Ekinović E.

NAPREDNI PROCESI OBRADJE REZANJEM METALNIH MATERIJALA

ADVANCED CUTTING PROCESSES OF METALIC
 MATERIALS..... 48

Pašagić H., Presečki A., Pašagić E.

OPTIMALNA LOKACIJA INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA

OPTIMAL LOCATION OF INFRASTRUCTURAL FACILITIES..... 58

Salah-Eldien O., Strkonjić A.

EFEKTIVNA USPJEŠNOST ROBOTA I CNC CENTARA U DRVNOJ
 INDUSTRIJI

EFFICIENT EFFECTS OF ROBOTS AND CNC CENTERS IN THE WOOD
 INDUSRY..... 67

Fakić B., Rimac M., Čubela D.

ISTRAŽIVANJE OKSIDACIONIH SVOJSTAVA ČELIKA 17-7PH

RESEARCH OF OXIDATION PROPERTIES OF STEEL 17-7PH..... 77

Štarkel S., Gajšek P., Kovačič M. MODELIRANJE OBRADIVOSTI ČELIKA GENETSKIM PROGRAMIRANJEM STEEL MACHINABILITY MODELLING WITH GENETIC PROGRAMMING.....	88
Grizelj B., Jurković M., Stoić M., Kokorić S., Milković M., Posavac B., Grizelj M. MIKROOBLIKOVANJE MICROFORMING IN METAL FORMING.....	94
Plančak M. Movrin D., Kacmarcik I., Ivanisevic A., Tolnai M., Durakbasa N. ORBITALNO KOVANJE KAO ALTERNATIVA U PROIZVODNJI RAČVASTIH KOMPONENATA ORBITAL FORGING AS ONE ALTERNATIVE TO PRODUCE CROSS – JOINT COMPONENT.....	104
Dukić H., Nožić M. GRANIČNE VRIJEDNOSTI MAKSIMALNOG STEPENA DEFORMACIJE PRI DEFORMISANJU U HLADNOM STANJU BOUND VALUES OF MAXIMAL DEFORMATION RATIO IN COLD STATE DEFORMATION.....	109
Rimac M., Oruč M., Fakić B., Kožuh S., Nagode B. ISTRAŽIVANJE UTICAJA METALNE PREVLAKA NiCrAlY NA VATROOTPOROST JEDNE SUPERLEGURE NA BAZI ŽELJEZA RESEARCH IMPACT OF METALLIC COATING NICRALY ON HEAT RESISTANCE IRON BASED SUPERALLOY	116
Mahmić M., Karabegović E., Arnautović M. EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE I MODELIRANJE OPTEREĆENJA ALATA ZA HIDROBLIKOVANJE RAČVE EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND MODELING OF DIE LOAD FOR HYDROFORMING OF CROSS TUBE.....	124
Uzunović-Zaimović N., Balić S., Bešliagić E., Trakić A. ODREĐIVANJE KRITIČNIH ZONA ZATVARAČA I VRETENA ZASUNA NUMERIČKIM METODAMA DETERMINATION OF THE CRITICAL ZONES OF THE SHUTTER LATCH AND SPINDLE BY NUMERICAL METHODS.....	131

Isić S., Džih E., Šunje E., Nezirić E. RAZVOJ ALATA ZA MONTAŽU STATORA KEPLANOVIH TURBINA DEVELOPMENT OF THE TOOL FOR STATOR MONTAGE OF KAPLAN TURBINES.....	138
Mulahalilović F., Mrkaljević F., Sprečić D. IZNALAZENJE NAPREDNIJEG RJEŠENJA SISTEMA ZAŠTITE OD PREOPTEREĆENJA RADNOG ORGANA ROTORNOG BAGERA FINDING A SOLUTION MORE ADVANCED PROTECTION SYSTEM DUE TO OVERLOAD THE WORKING BODY OF BUCKET WHEEL EXCAVATOR.....	147
Karić A., Arnautović A., Selimi A. INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI U OPTIMIZACIJI ORGANIZACIJE DRUMSKOG TRANSPORTA INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS IN OPTIMIZATION OF ORGANIZATION OF VEHICLE TRANSPORTATION.....	153
Mijanović-Markuš M., Đukanović M., Onišćuk Y. Vukčević Đ., Radović A. STUDENTSKA IZRADA MOBILNIH ROBOTA I TAKMIČENJA U ROBOTICI MOBILE ROBOTS DESIGNED BY STUDENTS AND COMPETITIONS IN ROBOTICS.....	162
Drndarević D., Milivojević M. MODELIRANJE DIMENZIONALNIH PROMJENA KOMADA PRAŠKASTE METALURGIJE POSLIJE PRESANJA MODELLING OF DIMENSIONAL CHANGES OF POWDER METALLURGY PARTS AFTER PRESSING.....	170
Gotlih J. Brezočnik M., Zver A., Gotlih K. TOPOLOGIJA RADNOG PROSTORA INDUSTRIJSKOG MANIPULATORA WORKSPACE TOPOLOGY OF AN INDUSTRIAL MANIPULATOR.....	177
Husak E., Karabegović E., Brezočnik M. KORIŠTENJE HEURISTIČKIH METODA U OPTIMIZACIJI ELASTIČNIH STRUKTURA USE OF HEURISTIC METHODS IN ELASTIC STRUCTURES OPTIMIZATION.....	186

Husak E., Karabegović I., Isić S. UPOREDNA ANALIZA GRADIJENTNIH I HEURISTIČKIH METODA KOD OPTIMIZACIJE KONZOLE COMPARATIVE ANALYSIS OF GRADIENT AND HEURISTIC METHODS IN CANTILEVER BEAM OPTIMIZATION.....	193
Hadžalić M., Karčmarčik J. ODREĐIVANJE PARAMETARA MEHANIKE LOMA ZA KONSTRUKCIONI ČELIK RUDARSKIH POSTROJENJA-EKSPERIMENTALNE I NUMERIČKE METODE FRACTURE MECHANICS PARAMETERS DETERMINATION FOR STRUCTURAL STEEL MINING MACHINES – EXPERIMENTAL AND NUMERICAL METHODS.....	210
Kovačević M., Marković LJ., Dutina V., Milić-Marković LJ. PRIMJENA KARBONSKIH VLAKANA U GRAĐEVINARSTVU APPLICATION OF CARBON FIBRE IN CONSTRUCTION INDUSTRY.....	217
Čulafić S., Bajić D., Maneski T. NUMERIČKI MODEL RAČVE CJEVOVODA HE PERUĆICE NUMERICAL MODEL OF THE BRANCH IN A PIPELINE AT HP PERUCICA.....	227
Baralić E., Bašić H. PARAMETRI PRILIKOM IZBORA I PRORAČUN MJERNE NESIGURNOSTI CORIOLISOVIH MJERILA PROTOKA PARAMETERS IN DESIGN AND CALCULATION OF MEASUREMENT UNCERTAINTY OF CORIOLIS FLOW-METER.....	233
Mehremić S., Karabegović I. PREGLED MEHATRONIČKIH SISTEMA ZA POMOĆ VOZAČU PRI VOŽNJI VOZILA THE MECHATRONICS SYSTEMS FOR DRIVER ASSISTANCE OVERVIEW.....	241
Seferović R. EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE DINAMIČKOG KOEFICIJENTA PRIGUŠENJA PILNOG DISKA ZA ODSIJECANJE PROFILA U VRUĆEM STANJU	

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF DYNAMIC DAMPING COEFFICIENT DISC SAW FOR HOT PROFILE CUTTING.....	250

Šemić E., Karabegović E.

RAZVOJ MEHATRONIČKOG SISTEMA ZA HIDROOBLIKOVANJE CIJEVI MECHATRONIC SYSTEM DEVELOPMENT FOR HYDROFORMING OF A TUBES.....	257

Mrkaljević F., Mulahalilović F., Sprečić D.

OSIGURANJE ZAHTIJEVANE STABILNOSTI ROTORNOG BAGERA PRI REKONSTRUKCIJI VITALNIH ELEMENATA BAGERA INSURANCE REQUIREMENT FOR STABILITY BUCKET WHEEL EXCAVATOR IN THE RECONSTRUCTION OF VITAL ELEMENTS EXCAVATOR.....	265

Botis Mihaela

STUDIJA O POBOLJŠANJU RJEŠENJA U OBRADI METALA KORIŠTENJEM ELEKTROHEMIJSKIH I ELEKTRIČNIH PRAŽNENJA STUDY ABOUT IMPROVING THE WORKING SOLUTION AT THE METAL PROCESSING BY ELECTROCHEMICAL AND ELECTRICAL DISCHARGES.....	272

Karim A. Tahboub

TEORIJSKI KONTROLIRANI PRISTUP KONSTATOVANJU LJUDSKOG USTANOVLJENOG KONTROLNOG MODELA A CONTROL-THEORETIC APPROACH TO ASCERTAIN HUMAN POSTURAL CONTROL MODEL.....	278

Jovanović Đ., Jovanović O.

VJETROELEKTRANE KAO ALTERNATIVNI IZVORI OBNOVLJIVE ENERGIJE WIND POWER PLANTS AS ALTERNATIVE SOURCES OF RENEWABLE ENERGY.....	288

Kupusović T., Vučijak B.

VODA, ENERGIJA I HRANA – KLJUČNA ŠANSI BiH ZA IZLAZAK IZ KRIZE WATER, ENERGY AND FOOD - KEY DRIVERS FOR BIH EXIT FROM CRISIS.....	295

Mujagić D., Pihura D., Memčić S., Nović Dž.

STATUS STROJNIH DIJELOVA ZA OBNOVLJIVE IZVORE ENERGIJE U BiH STATUS OF MACHINE PARTS FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES IN	

<i>B&H</i>	305
Begić S., Mičić V., Petrović Z. BIOMETAN KAO GORIVO BIOMETHANE AS BIOFUEL.....	312
Jovanović J. DINAMIČKA SLOŽENOST OBNOVLJIVIH I NEOBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE DYNAMIC COMPLEXITY OF RENEWABLE AND NONRENEWABLE ENERGY RESOURCES.....	319
Grizelj T., Šupek M., Bajramović H.J. OIE/EE U ZAŠTITI OKOLIŠA RES/EE IN ENVIRONMENTAL PROTECTION.....	326
Grizelj T., Vujičić A., Bajramović H.J. CIRKULARNA EKONOMIJA U NAPREDNIM TEHNOLOGIJAMA CIRCULAR ECONOMY IN ADVANCED TECHNOLOGIES.....	335
Samardžija LJ., Nefić A. EKOLOŠKI TIP HIDROELEKTRANE EKOLOGICAL TYPE OF HYDROPOWER PLANT.....	355
Begić S., Mičić V., Petrović Z., Dugić P. LIPIDNA BIOGORIVA KAO OBEĆAVAJUĆA GORIVA LIPID BIOFUELS AS PROMISING FUEL.....	359
Cuatzo Conde V., Doleček-Jovanović G., Doleček V. DESEKTOVANJE ZA SIGMA DELTA A/D PRETVARAČE BAZIRANE NA ČEŠLJASTIM FILTERIMA DECIMATION FOR SIGMA DELTA A/D CONVERTERS BASED ON COMB FILTERS.....	369
Doleček-Jovanović G., Doleček V., Karabegović I. METODE ZA ISTOVREMENO POBOLJŠANJE PROPUSNOG I NEPROPUSNOG OPSEGA ČEŠLJASTIH DESETKOVANIH FILTERA TECHNIQUES TO IMPROVE SIMULTANEOUSLY PASSBAND AND STOPBAND OF COMB DECIMATION FILTERS.....	374

Brezočnik L., Verber D.

WEB BAZIRANI INFORMACIONI SISTEMI ZA OPTIMALAN ODABIR
 DOBAVLJAČA

WEB-BASED INFORMATION SYSTEM FOR OPTIMAL SUPPLIER

SELECTION..... 379

Štefanec P., Dobrucky B., Paškala M., Šušlik B.

PLC UPRAVLJAČKI SISTEM ZA PREDGRIJAVANJE KALUPA ZA IZRADU
 GUMA

PLC CONTROL SYSTEM DESIGN FOR VEHICLE TIRE MOLDS

PREHEATING..... 385

Sučeska S.

WEB APLIKACIJA ELOKACIJA

WEB APPLICATION ELOCATION..... 392

Simićević J., Ognjanović I., Šendelj R.

KRIPTOGRAFSKI IZAZOVI ZA CYBER SIGURNOSNI MODEL OVER CLOUDS
 CRYPTOGRAPHY CHALLENGES FOR CYBER SECURITY MODEL OVER

CLOUDS..... 397

Krupić N., Mujčić E.

OBRADA ZVUČNIH SIGNALA PRIMJENOM PROGRAMSKOG JEZIKA
 MATLAB

AUDIO SIGNAL PROCESSING APPLYING THE PROGRAMMING LANGUAGE

MATLAB..... 407

Mujčić E., Krupić N.

MIKROKONTROLER PIC16F877A I NJEGOVA UPOTREBA ZA
 UPRAVLJANJE ISTOSMJERNIM MOTOROM

MICROCONTROLLER PIC16F877A AND ITS USE FOR DC MOTOR

CONTROL..... 417

Ljucović J., Ognjanović I., Šendelj R.

PROCJENA USPJEHA STUDENATA NA OSNOVU AHP ALGORITMA I
 ISTORIJSKIH PODATAKA

ASSESSMENT OF STUDENTS' PERFORMANCE BASED ON S-AHP ALGORITHM

AND HISTORICAL DATA..... 426

Delalić Z.

PRIMJENA PRIRODNIH ZEOLITA U POLJOPRIVREDI APPLICATION OF NATURAL ZEOLITES IN AGRICULTURE.....	436

Božo J., Jašin D.

ISKUSTVA U RAZVOJU, PRIMENI I ZAŠTITI POSTUPKA PROIZVODNJE BIOINSEKTICIDA EXPERIENCES IN THE DEVELOPMENT, IMPLEMENTATION AND PROTECTION OF BIOINSECTICIDES PRODUCTION PROCEEDINGS.....	441

Kurtanović O., Omerdić M.

JEDNOKRITERIJALNI I VIŠEKRITERIJALNI MATEMATIČKI MODELI UPRAVLJANJA PROJEKTOM SA STANOVIŠTA TROŠKOVA SINGLE AND MULTIPLE CRITERIA MATHEMATICAL MODELS IN PROJECT MANAGEMENT FROM COST PERSPECTIVE.....	448

Ferizović M., Ferizović N.

RAZUMIJEVANJE EKONOMSKOG RASTA I NJEGOVIH IZVORA UNDERSTANDING OF ECONOMIC GROWTH AND ITS SOURCES.....	458

Vukićević I., Milosavljević M., Markovski J., Marinković A.

OPTIMIZACIJA REAKCIJE SINTEZE DITIOKARBAMIN-SIRČETNIH KISELINA OPTIMIZATION OF THE SYNTHESIS OF DITHIOCARBAMIN-ACETIC ACID.....	466

Burđić M., Fazlić A., Sadadinović J., Salihović M.

DEFINISANJE OPTIMALNIH USLOVA SINTEZE CINKDITIONITA REDUKCIJOM SUMPORASTE KISELINE SA CINK PRAHOM DEFINING THE OPTIMAL CONDITIONS FOR ZINC DITHIONATE SYNTHESIS BY REDUCTION OF SULPHUROUS ACID WITH ZINC POWDER.....	474

Alibabić V., Jukić H., Šišić Z.

PROCJENA KEMIJSKIH I SENZORSKIH KARAKTERISTIKA VRGANJA SA PROSTORA NACIONALNOG PARKA UNA EVALUATION OF CHEMICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF BOLETUS MUSCHROOMS FROM NATIONAL PARK UNA.....	481

Muratović H.

OBRAZOVANJE KAO CILJ I FAKTOR RAZVOJA ZEMLJE EDUCATION AS A GOAL AND FACTOR OF THE STATE DEVELOPMENT.....	489

Halilović N.

DOPRINOS PROGRAMIRANOG UČENJA POVEĆANJU PRODUKTIVNOSTI PROCESA USVAJANJA ZNANJA CONTRIBUTION PROGRAMMED LEARNING INCREASING PRODUCTIVITY OF THE ADOPTION OF KNOWLEDGE.....	497

Gašpar D., Mabić M., Krešić D.

OLAP U PRAVOSUĐU OLAP IN THE JUDICIARY.....	507

Kingshuk M.

E-KOMERC U ODJEVNOJ INDUSTRIJI: SA SPECIJANIM OSVRTOM NA ZEMLJE U RAZVOJU E-COMMERCE IN APPAREL INDUSTRY: WITH SPECIAL REFERENCE TO THE DEVELOPING COUNTRIES.....	516

Doležal K., Brlobašić -Šajatović B., Hrženjak R., Vitez I.

UTJECAJ MODNIH STILOVA NA PROMJENE KROJA MUŠKOG SAKOA THE INFLUENCE OF FASHION STYLES TO CHANGE THE MALE-CUT JACKET.....	520

Lunina E.V., Petrosova I.A., Guseva M.A.

INOVACIJE U 3-D DIZAJNU ODJEĆE INNOVATIONS IN 3-D CLOTHES DESIGN.....	525

Kostyleva V.V., Bekk M. V., Bekk N. V.

O MODI U DJEČJOJ OBUĆI ABOUT FASHION IN CHILDREN FOOTWEAR.....	531

TEHNOLOŠKA BUDUĆNOST FUTURE OF TECHNOLOGY

Vlatko Doleček

Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine
Bistrik br.7, 71000 Sarajevo
vldolecek@gmail.com

SAŽETAK:

Gotovo svakodnevno impresionira nas sve veći broj tehnoloških inovacija. No, to nije ništa u odnosu na ono (naprema onome) što tek dolazi. Fascinira pogled već i na samo dio budućnosti tehnologije. Donosimo vam dio toga, kao svojevrsni preview budućnosti. U ovom radu dat je izbor od osam tehnologija koje bi, po našem mišljenju, trebalo da obilježe tehnološku budućnost u različitim djelatnostima i raznim industrijama. Kako, generalno gledano, živimo u vrijeme veoma brzih promjena, to je svaku budućnost, a posebno tehnološku, dosta rizično prognozirati. Zato će, vjerovatno, biti mnogo onih koji će postaviti pitanje da li je najbolji izbor baš ovih osam tehnologija, za koje smo ubijedeni da će u dobrom procentu obilježiti naš skori tehnološki razvoj. To su, po našem mišljenju, slijedeće tehnologije: informaciono-komunikacione, energetske, bioinženjering, bionika, novi materijali, kosmičke i nano tehnologije.

Ključne riječi: tehnologija, budućnost, razvoj, komunikacija, energetika, bionika, novi materijali, kosmička tehnologija, nanotehnologija.

ABSTRACT:

This paper describes eight technologies that will mark the technological future in different segments of life and industries. Every day we are impressed with an increasing number of technological innovations. However, that's nothing compared to what is yet to come. It is very difficult to predict all future innovations and in this paper we selected the most important technologies, that by our opinion, will be the predominant factors in the future technology development. Considering that there are fast changes in technology development, it is impossible to exactly predict its future and in this sense our choice can be considered only as an prediction of the most probable future development, which includes the following technologies: information and communication, energy, bioengineering, bionics, new materials, space and nanotechnology.

Keywords: technologies, future, development, communication, energy, bionics, new materials, space technologies, nanotechnologies.

1. Uvod

Poznata izreka da nas čeka „bolje sutra“ nije više samo puka fraza, već postaje činjenica. Veliki dio zasluga za to pripada tehnologiji, koja će u budućnosti postati još važniji dio našeg života, ali će biti

toliko diskretno integrirana u njega da je nećemo ni primijetiti. U slijedećih dvadesetak godina očekuje se tržišna primjena brojnih novih tehnologija. Ono što im je svima zajedničko, i što nas s razlogom raduje, jeste da sve nadolazeće tehnologije u svom središtu imaju čovjeka i što će biti primjenjive u svakodnevnom životu pojedinca. Vojska polako gubi korak sa inovacijama, tako da je razvoj tehnologije za vojne potrebe sve manje popularan. Taj trend predvode sami znanstvenici, koji i sami tvrde da je došlo vrijeme humaniziranja tehnologije. S druge strane, pravila igre diktira novac. Svaka nova tehnologija koja je namijenjena poboljšanju svakodnevnog života izlazi na tržište od nekoliko milijardi ljudi, i jasno je zašto se onda sve više novca ulaže upravo u to.

U ovom radu kratko ćemo predstaviti nekoliko tehnologija koje će, po našem mišljenju, obilježiti tehnološku budućnost.

2. Informacione tehnologije /InformationTechnogies/

Budućnost razvoja informacionih tehnologija

Termin „**informacione tehnologije**” je prvi put upotrijebio kompjuterski menadžer Džim Domsik iz Mičigena, 1981. godine, kao zamjenu za termin „**obrada podataka**“, ali se pod informacionim tehnologijama podrazumijeva korišćenje, čuvanje, komuniciranje i proizvodnja informacija. Još se, već davnih 60-ih godina prošlog stoljeća, uvidjelo da sam računar, zbog povećanja obima podataka, ne vrijedi puno. Tada je stvoren ALOHA standard za prve WAN (Wide Area Network) mreže.

Kasnije su, 1972. godine, Robert Metkalf i David Bogs, istraživači kompanije *Xerox*, napravili prvu *eternet* mrežu za potrebe instituta na Havajima, koja je koristila CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access - Collision Detection*) protokol za pristup medijumu. Brzina je bila približno 3 Mbps u topologiji magistrale, sa koaksijalnim kablom ukupne dužine oko jedan kilometar. Kasnije su firme *Intel* i *Digital* zajedno sa *Xerox*-om usavršavale *eternet* protokol. Onda se javila potreba za standardizacijom, pa je 1985. godine nastao *Ethernet 2* protokol, koji je bio produkt DIX kompanije, odnosno, to je bio zajednički naziv za pomenute tri, tada jake kompanije. Protokolom *Ethernet 2* ili *IEEE 802.3* omogućeno je da se lokalne kompjuterske mreže još više prošire, zato što je sa pojavom ovog novog protokola bilo moguće povezivanje po konstrukciji različitih kompjutera uz vrlo malo ulaganja i u topologiji zvijezda-magistrala, po brzini od onda nezamislivih 10Mbps. Od tada se protokol *IEEE 802.3* nije mijenjao i postao je sveprisutan.

Dakle, analogno razvoju eterneta vjerovatno je da budućnost razvoja informacionih tehnologija leži u standardizovanju opreme i integraciji sistema. Ipak, integracija sistema je i sada prisutna. U tehnici postavljanja računarskih mreža postoji takozvano *struktuirano kabliranje*, koje se zasniva upravo na smanjenju troškova razvoda različitih instalacija, pa se više sistema (telefonija, video nadzor, lokalna mreža-LAN...) svodi u jedan mrežni kabl, bilo da se radi o UTP, STP ili FTP kabl.

Ali, sa druge strane, kompjuterska industrija ipak drži rekord u brzini usavršavanja. Ako se osvrnemo unazad na primjere proizvoda čiji je nastanak promijenio razvoj ove industrije u sasvim neočekivanom smjeru, ipak je jasno da se ne može sa sigurnošću predvidjeti dalji tok razvoja.

Moguće je da *budućnost informacionih tehnologija leži i u razvijanju globalne mreže, a možda i u još širim socijalnim mrežama.*

Po našem mišljenju, zaključak bi bio da budućnost razvoja IT-e leži u integraciji sistema, standardizovanju opreme, rasprostranjivanju interneta, većim brzinama, ali da takođe zavisi i od novih izuma koji ipak, mora se priznati, mijenjaju svijet više od očekivanog. [1], [2] , [3], [7], [8], [10], [11]

3. Komunikacione tehnologije /Communication Technologies/

Često se postavlja pitanje: kakva je budućnost komunikacija ?

Prije pedeset godina, alati na koje smo se oslanjali da komuniciramo, iako su nekada bili znanstvena fantastika, sada su samo daleka znanstvena prošlost. Danas možete kupiti **smartphone** i upućivati pozive, surfati web, igrati igre, pokretati aplikacije i postići više od većine spekulativne fikcije autora koji se usudio sanjati. Postavlja se pitanje: a šta je slijedeće?

U kratkom roku mi ćemo, vjerojatno, vidjeti da će osnove mobitela polako izbljediti. Što pametni telefoni postaju češći i jeftiniji, više ljudi će ih usvojiti. Proces je postepen. Kao i kod većine novih tehnologija, grupa entuzijasta su izumitelji novog puta.

Internet će nastaviti da igra sve veću ulogu u komunikaciji. **Voice over Internet Protocol (VoIP)** već igra veliku ulogu u nekoliko komunikacijskih proizvoda i usluga. Sites, kao što su **Facebook** i **Twitter**, omogućit će korisnicima da komuniciraju sa velikim mrežama ljudi. Uz uspon Web, ljudi sada imaju platformu sa koje se mogu obratiti svijetu. U prošlosti, u jednom trenutku samo se mali broj ljudi mogao obratiti poznatim ličnostima i političarima. Sada, ko ima internet vezu, može učiniti trenutno istu stvar.

To može dovesti do promjene u svemu, od zabave do politike. Korištenjem *Web*-a kao sredstva komunikacije osobe s težnjama mogu biti u mogućnosti da lakše nego ikada prije pronađu publiku.

Do sada smo bili svjedoci nekih prilično ovozemaljskih napredaka u komunikaciji. Ali šta je ono što nas čeka u budućnosti o budućnosti? Odgovor na ovo pitanje još ćemo počekati. [1], [2], [3], [7], [8], [11]

4. Energetske tehnologije /Energy Technologies/

Naučili smo da su fosilna goriva nastala prije i u doba dinosaurus, iz ostataka uginulih biljaka i životinja. Njihovim raspadom postupno su nastajali ugljen, nafta i prirodni plin. Taj je proces trajao milijunima godina. Danas se koristimo fosilnim gorivima starim više od 65 milijuna godina. Ona se ne mogu obnoviti niti ponovno stvoriti. Zato ih moramo štedjeti i pronalaziti nove načine opskrbe energijom - iz neiscrpnih izvora, kao što su Sunce i vjetar, primjerice. Neki predlažu da počnemo upotrebljavati vodik.

Vodik je plin bez boje i mirisa, koji čini 75% ukupne mase svemira. Vodik se na Zemlji nalazi samo u kombinaciji s drugim elementima, kao što su kisik, ugljik i dušik. Da bi se mogao upotrebljavati kao izvor energije, treba ga odvojiti od tih elemenata. Vodik se može izdvojiti iz spojeva, koji se nazivaju ugljikovodici, primjenom topline - taj proces naziva se "reformiranje" vodika. Tako nastaje vodik iz prirodnog plina. Vodik se može dobiti i elektrolizom vode, tj. razdvajanjem vode na njene sastavne dijelove, vodik i kisik, pomoću električne energije. Također neke alge i bakterije mogu, uz prisustvo sunčeve svjetlosti, u određenim uvjetima "stvarati" vodik. Danas se vodik najviše upotrebljava u proizvodnji amonijaka, pročišćavanju nafte i u proizvodnji metanola. Također se koristi kao gorivo za svemirske letjelice i u gorivnim ćelijama koje astronaute opskrbljuju topline, električnom energijom i pitkom vodom. Gorivna ćelija je uređaj koji izravno pretvara kemijsku u električnu energiju. Možemo je zamisliti kao bateriju koja se stalno nadopunjuje novim "gorivom" (vodikom i kisikom), tako da nikad ne "gubi" naboj. Vodik je gorivo visoke ogrijevne moći s bitnom povoljnošću u odnosu na fosilna goriva: njegovim izgaranjem ne onečišćuje se okoliš - jedini nusproizvod izgaranja čista je voda. U budućnosti bi se, stoga, vodik trebao, u većim količinama od današnjih, upotrebljavati za pogon vozila i zrakoplova, kao i opskrbu energijom domova i ureda.

Upotreba vodika u gorivnim ćelijama

Gorivne ćelije mogu služiti kao izvor topline i električne energije u zgradama, te kao izvor električne energije za vozila. Automobilske kompanije već duži niz godina razvijaju vozila s gorivnim ćelijama. U takvom vozilu gorivna ćelija pretvara kemijsku energiju vodika (uskladištenog u vozilu) i kisik iz zraka u električnu energiju koja pokreće električni motor. Iako gorivne ćelije idealno rade na čistom vodik, u bliskoj budućnosti najvjerojatnije će biti punjene prirodnim plinom, metanolom ili čak benzinom. Reformiranje tih goriva omogućit će postojeća energetska postrojenja - benzinske pumpe, plinovodi i sl. U budućnosti bi se vodik mogao koristiti i kao nositelj energije, slično kao električna energija. Pomoću takvih nositelja energija se pohranjuje, transportira i dostavlja potrošačima u upotrebljivom obliku. Na primjer, obnovljivi izvori energije ne mogu stalno proizvoditi energiju. Sunce ne sija uvijek. Energija Sunca, međutim, može se pohraniti u vodik, do trenutka dok ne bude potrebna, te se, kao vodik, prenijeti na mjesto potrošnje. Neki stručnjaci smatraju da je vodik gorivo na kojem će se u budućnosti temeljiti cijela gospodarstva, slično kao što su to fosilna goriva danas. Smatraju da će vodik, u slučajevima kada energiju treba prenositi na velike udaljenosti, uspješno zamijeniti fosilna goriva, pa čak i električnu energiju, koja je danas najpogodniji oblik energije. No takav je scenarij vrlo daleka budućnost.

Sateliti na Sunčevu energiju

Jedan prijedlog za dobivanje energije u budućnosti je da se u orbitu oko Zemlje postave golemi sateliti. Oni bi skupljali energiju Sunca, pretvarali je u električnu energiju i odašiljali je na Zemlju putem mikrovalova ili nekako drugačije. Iako takva energija ne bi proizvodila staklenične plinove, mikrovalne zrake mogle bi loše utjecati na zdravlje. Često lansiranje raketa također može štetiti gornjoj atmosferi. Zato se čini da ideja sa satelitima po svoj prilici ne dolazi u obzir.

Ostale ideje

Neki ljudi tvrde da su izumili uređaje za proizvodnju energije koji će "spasiti planet". No ni jedan od tih uređaja nije dokazan, niti teoretski niti fizikalno. Zapravo se radi o perpetuum mobile uređajima, koji se kose s uvriježenim zakonima fizike. Prema današnjim znanstvenim spoznajama, energija ne može biti stvorena ni iz čega, dakle ne postoji "besplatna energija".

Što je s antimaterijom? Što je s energijom koju upotrebljavaju u „Zvjezdanim stazama” i u drugim djelima znanstvene fantastike? Ideje su zanimljive i dijelom čak imaju znanstvenu podlogu, ali su još uvijek fikcija. Ipak, možda jednog dana netko smisli energetske sistem, zasnovan na materiji i antimateriji, koji će iz temelja izmijeniti način na koji shvaćamo energiju i svemir. [1], [16], [17], [18], [19].

5.Bionika /Bionica/

5.1. Definicija bionike

Riječ Bionika (Bionics) je izvedena iz kombinacije dva engleska termina - biology and electronics (**biologija** i **elektronika**). Osnovna karakteristika bionike je interdisciplinarnost. Bionika (Bionics) znači primjenu naučenih metoda preuzetih iz prirode za rješavanje složenih problema u tehničkim, medicinskim i društvenim sistemima. Bavi se rješenjima koja su se tokom miliona godina razvijala i poboljšavala u prirodi i njihovim transferom i primjenom u različitim oblastima. Stručnjaci u oblasti bionike prepoznaju danas slijedeću njenu definiciju: "*Bionika su discipline sistemskog rješavanja*

tehničke prilagodbe korištenjem: struktura, procesa i razvojnih načela bioloških sistema". (Neumann 1993.).

Dakle, Bionika je nova grana nauke, koja traži polazne tačke za rješenja nekih tehničkih problema u uzorima što ih čovjeku pruža sama priroda.

Bionika svakako nije savršena imitacija prirode, čak i ako je moguće tako nešto u nekim slučajevima i postići. Mnoga od načela prirode ne omogućuju neposredno tehnički razvoj, ali su ona ipak prirodni uzor za buduće tehnologije. Priroda je daleko najuspješniji arhitekt i dizajner. Na kraju krajeva, ona je stvorila čovjeka, koji je najsofisticiraniji sistem stvoren ikada. Stoga, imitirajući prirodu pruža se prilika da se iskoristi ono što je prirodni laboratorij usavršio kroz duži vremenski period. Bionika predstavlja jednu vrstu "prečice" da se nova otkrića poluče brže, na koja bi inače čekali dugo vremena. Letjeti kao ptica, plivati kao riba, ili izgraditi ono što insekti rade, želje su stare koliko i sama naša civilizacija. Poznat je primjer Leonarda da Vincija (15. april 1452 — 2. maj 1519) koji se bavio idejom prenošenja leta ptica na let mašina.

Osnovni princip u Bionici se temelji na pretpostavci da je živi svijet nastao kroz evolucionu proces, koji traje više miliona godina, i da predstavlja jednu optimiziranu strukturu i jedan potpuno optimizirani proces.

Cilj je da se ne kopira priroda neposredno, nego da se otkrivaju njena temeljna načela i principi. To znači izvjestan naredak u odnosu na prostu analogiju rješenja koja egzistiraju u prirodi. Umjesto toga bioničari vole da se fokusiraju na inteligentna rješenja u prirodi. Ovo, između ostalog, zahtijeva jedan multidisciplinarni pristup, koji će rezultirati dobijanjem novih materijala, novih izvora energije, novih rješenja u medicini, novih prodora u kosmičkim tehnologijama, a takođe će doprinijeti i izgradnji novih inovacionih metoda i principa i u drugim oblastima društvenih djelatnosti.

Primjeri korišćenja principa bionike u automobilskoj industriji

Konstruktori u autoindustriji sve češće se okreću biljnom i životinjskom carstvu za savjete i ideje, jer uprkos svojoj sili visoke tehnologije, priroda je iznjedrila rješenja koja daleko nadmašuju posljednju riječ tehnike. Automobil sa trolitarskim motorom je možda čudo ekonomičnosti, ali u poređenju sa najmanjom pticom kolibrijem, teškom svega nekoliko grama, koja može da preleti 800 kilometara bez predaha, učinak tehničara na primjeru ovog automobilskeg motora naglo blijedi, dok bi se i najbolji zimski pneumatik postidio šape bijelog medveda i sposobnosti njenog prijanjanja za podlogu.

Preslikavanje ovakvih majstorija prirode na tehniku je zadatak bionike, naučne discipline koja postaje sve popularnija u svim granama industrije i medicine. Mada intenzivna tehnička primjena rješenja iz prirode traje još od šezdesetih godina prošlog vijeka, tehničari očigledno tek danas postaju svjesni koliki potencijal skriva "špijuniranje" carstva prirode. Pritom se ne radi o prostom kopiranju prirode, već o tome da se prepoznaju međuzavisnosti i da se rješenja sistemski iskoriste. Jedan od najpopularnijih primjera transfera rješenja iz prirode u fabriku je tzv. efekat lotusa, kojim se listovi ovog vodenog cvijeta štite od prljavštine. Otkriće ovog mehanizma je naučnicima donijelo brojna priznanja, a industriji osnovu za neograničenu primjenu površina koje će uvijek ostati čiste same od sebe. Tako njemački hemijski koncern BASF (Badische Anilin-und Soda-Fabrik) trenutno radi na razvoju automobilskeg laka zahvaljujući kojem će odlasci automobila u pronicu postati potpuno suvišni.

I industrija pneumatika je otkrila mnoge uzore među životinjama. Ako se pogleda gušter, koji je u stanju da se penje uz vertikalne zidove, staklo i čak da visi sa plafona, jasno je da on predstavlja idol ove grane privrede. Ali, istraživači su učili i od žaba i mačaka. Tako se mačja šapa prilikom doskoka širi da bi se amortizovao pad, što je iskorišćeno kao ideja za pneumatike koji prilikom kočenja postaju širi, čime se smanjuje zaustavni put. S druge strane, zimski pneumatik Continental TS 780 svoje

optimalno ležanje i skraćeni put kočenja zahvaljuje šestougaonom profilu, koji je replika kože na prstima jedne južnoameričke žabe, koja živi na drveću i čuvena je po svojoj vješтини penjanja.

Opel je proučavao rast i građu drveća i kostiju i na osnovu toga razvio elektronsku simulaciju za noseće dijelove. Na osnovu toga se, po biološkim pravilima, na naročito opterećenim mjestima prave „prirodna“ ojačanja, dok druga mjesta postaju mnogo tanja nego što bi inženjeri predviđeli. Rezultat ovog metoda je nosač motora nove Astre, koji pokazuje 60% manje unutrašnjih naprezanja i teži 25% manje od konvencionalnog rješenja. BMW je, opet, temeljno stavio pod lupu ajkulu, jer njena koža znatno smanjuje otpor trenja.

Međutim, čak i ako bi limuzine iz Minhena jednog dana bile presvučene nevidljivom „ajkulinom kožom“, priroda i dalje zadržava nedostižnu prednost u inventivnosti i za čovjeka ostaje neiscrpan izvor inspiracije, pod uslovom da ljudska vrsta bude dovoljno pametna da je očuva.

U medicini je već nastupilo bioničko doba. Pomoću dvadeset motora pokreće se bionička ruka vrhunske tehnologije, koja sa dosad neviđenom tačnošću oponaša ekstremitet od krvi mesa. Korisnici je kontrolišu putem nervnih impulsa. Ona čak posjeduje senzore koji regulišu dodir.

Dalji ubrzani razvoj informacionih i nano tehnologija, kao i pojava kompjutera mnogo većih memorija od današnjih, omogućiće da bionika u budućnosti dostigne nove naučne i tehnološke rezultate u tehničkim, medicinskim, društvenim i drugim oblastima.[1], [2], [4], [7].

6. Novi materijali /New Materials /

Materijali budućnosti:

Ubrzani razvoj tehnologije omogućuje izradu sve manjih uređaja, a to pokazuje i obična usporedba osobnog kompjutera - onih od prije deset godina i današnjih tableta. No, iako su dimenzije sve manje, materijali od kojih se izrađuju još su uvijek isti. To će se ubrzo promijeniti. Dizajneri raznog hardvera i uređaja uskoro će imati na raspolaganju cijeli niz novih materijala uz pomoć kojih će moći promijeniti svakodnevnu tehnologiju koja nas okružuje. **TechRadar** donosi listu 10 takvih materijala koji će imati ogroman utjecaj na naš svakodnevni život.

6.1. Tekući metal

Iako ime sugerira metal u tekućem stanju (Liquidmetal), zapravo je riječ o leguri iznimne čvrstoće, koja je uz to otpornija na habanje od gotovo svih drugih materijala. Iako se tekući metal koristi tek od 2003. godine, u budućnosti se očekuje njegova masovnija primjena.

6.2. Grafen

Grafen je otkriven 2004. godine, a riječ o o najtanjem i najjačem materijalu. Budući da je proziran, idealan je za izradu ekrana osjetljivih na dodir, a kad se kombinira s plastikom, njegova primjena je vema široka.

6.3. Willow Glass

Savijljivo staklo, koje se savija kao vrba (willow) omogućit će izradu uređaja koji više neće morati biti ravni, već će omogućiti ostvarenje dizajnerskih maštarija kroz razne zakrivljene oblike.

6.4. Savitljivi OLED ekrani

Na uređajima s ovakvim ekranima radi nekoliko proizvođača, poput Samsung-a, koji je prototip svojeg savitljivog mobilnog telefona prikazao početkom prošle godine na CES-u.

6.5. Starlite

Riječ je o plastici koja je u stanju izdržati ogromne temperature – čak i one koje može izazvati nuklearna eksplozija.

6.6. Nanoceluloza

Kada se poigra sa kemijskom strukturom celuloze dobiva se nanoceluloza, jedan od najjačih poznatih materijala. Lagan je, provodi elektricitet. Koristi se za izradu savitljivih baterija, lakih vozila i savitljivih telefona.

6.7. Metalna pjena

Metalna pjena (*Metal Foam*) je metalni materijal ispunjen rupama u kojima se nalazi plin. Istovremeno čvrst i lagan, ovaj je materijal idealan u medicini za izradu umjetnih kostiju i zgobova, ali i u građevinarstvu, gdje omogućuje odličnu zvučnu i toplinsku izolaciju. (Liderpress).

6.8. Bioplastika

Iako je bioplastika već dugo s nama, još nije ušla u masovnu primjenu, jer je proces njene izrade skup. Ipak, ovaj materijal se koristi sve više i više.

6.9. Nanotačke

Jedan od najvećih problema s današnjim solarnim panelima je njihova neefikasnost, budući da se iskoristivost od 20 posto smatra dobrom. Istraživači sa sveučilišta u Stanfordu vjeruju kako nanotačke (nanodots) mogu omogućiti izradu mnogo tanjih i efikasnijih solarnih panela.

6.10. Elektronička koža

Možda i najimpresivnija nova tehnologija je elektronička koža (*e-skin*). To je tanka prevlaka koja sadrži sićušne tranzistore i senzore pritiska. Primjene su potencijalno ogromne, od presvlačenja površina u automobilu, izrade robota, pa do primjene u medicini kao svojevrsnog interaktivnog zavoja. [10], [11], [12]. [20], [21].

7. Kosmičke tehnologije /Space Technologies /

Nuklearni motori za kosmičke letove

San Sergeja Koroljova, Vernera fon Brauna i njihovih prethodnika da naprave moćni energetski pogon za kosmičke letove i dugotrajni boravak u orbiti uskoro može biti ostvaren. Kako je izjavio član Roskosmosa Vladimir Popovkin, 2017. godine će se u Rusiji pojaviti probni primjerak nuklearnog generatora megavatne klase, predviđenog za međuplanetarne misije.

Već iduće godine u Sosnovom Boru kod Sankt Petersburga mogu da počnu odgovarajuća stacionarna ispitivanja ovakvih nuklearnog reaktora.

Član specijalne komisije NASA za pilotirane letove Edvard Krouli (Edward Crawley, on je i predsjednik i osnivač Skolkovskog instituta za nauku i tehnologiju) smatra da glavni tehnološki doprinos Rusije u pripremi međunarodne ekspedicije na Mars mogu biti nuklearni motori, kao i

metodi adaptacije i očuvanja zdravlja kosmonauta. Po njegovom mišljenju, nijedna zemlja ne može sama da realizuje pilotirani let na Mars. U tom projektu, po Kroulijevim riječima, treba da se ujedine intelektualne, tehnološke i finansijske mogućnosti SAD, Rusije, Evropske unije, a možda i Kine. Konkretno, rusko iskustvo u sferi razvoja nuklearnih motora može biti od koristi. „Rusija ima veliko iskustvo kako u razvoju raketnih motora, tako i u nuklearnim tehnologijama“, izjavio je Krouli.

Prije četiri godine, u junu 2010. godine, predsjednik Rusije Dmitrij Medvedev donio je odluku o pružanju podrške projektu konstruisanja kosmičkog transportno-energetskog modula sa nuklearnim generatorom megavatne klase. Za realizaciju plana u toku 2010-2018. godine obećana je suma od 17 milijardi rubalja (542 miliona dolara). Od toga je 7,245 milijardi rubalja namijenjeno je državnoj korporaciji „Rosatom“ za izradu reaktora, a 3,955 milijardi Federalnom državnom unitarnom preduzeću „Centar Keldiša“ za izradu nuklearnog generatora. Još 5,8 milijardi rubalja je predviđeno za raketno-kosmičku korporaciju „Energija“, gdje će u istom periodu čitav transportno-energetski modul dobiti svoj konačan izgled.

Radovi na stvaranju nuklearnih raketnih motora započeti su u SAD i SSSR-u još 60-ih godina prošlog vijeka. „Prvi zadatak je bio da se naprave raketni motori koji bi umjesto hemijske energije dobijene sagorjevanjem goriva i oksidatora direktno koristili nuklearnu energiju“ - objašnjava Anatolij Korotejev, generalni direktor „Centra Keldiša“, naučni rukovodilac projekta izrade transportno-energetskog modula i član Ruske akademije nauka. „Međutim, ispostavilo se da takav direktan pristup ipak nije efikasan, jer tako za kratko vrijeme dobijamo veliku vučnu snagu, ali istovremeno se izbacuje mlaz koji u slučaju neplaniranog rada reaktora može biti radioaktivan.“

Po riječima Korotejeva, ispostavilo se da su dva parametra kritična: ekstremno visoka temperatura i izbacivanje radioaktivnih supstanci. Tada ni sovjetskim ni američkim stručnjacima nije pošlo za rukom da konstruišu pouzdane motore.

Transportno-energetski modul sa nuklearnim generatorom megavatne klase u odnosu na sadašnje mogućnosti može da obezbijedi 30 puta više energije za kosmičke aparate i deset puta veću uštedu goriva (po jedinici težine) u glavnom reaktivnom motoru. Tehnička rješenja koja su korišćena u koncepciji transportno-energetskog modula omogućavaju izvršavanje čitavog spektra kosmičkih zadataka 21. vijeka, uključujući dopremanje tovara na geostacionarnu orbitu, čišćenje zemaljskih orbita od satelita koji više nisu u funkciji, zaštitu Zemlje od asteroida, stvaranje sistema snabdijevanja Zemlje energijom iz kosmosa, realizaciju programa istraživanja Mjeseca, kao i istraživačke misije na daleke planete.

„Danas mi predlažemo potpuno drugačiji pristup“, kaže Korotejev. „On se od starog pristupa razlikuje isto onako kako se hibridni automobil razlikuje od običnog automobila. U običnom autu motor okreće točkove, dok u hibridnom autu motor pravi struju, a struja okreće točkove. Drugim riječima, stvara se prelazna električna stanica.“

Ruski naučnici su predložili novu shemu: reaktor ne zagrijava mlaz koji izlazi iz njega, nego pravi struju. Vreli gas iz reaktora okreće turbinu, turbina okreće elektrogenerator i kompresor, koji

obezbjeduje cirkulaciju radnog tijela u zatvorenom ciklusu. Generator pravi struju za motor čija je specifična vuča 20 puta veća nego kod sličnih hemijskih motora.

„Glavna prednost je u tome što mlaz iz novog motora neće biti radioaktivan, jer kroz reaktor prolazi sasvim drugo radno tijelo, koje cirkuliše u zatvorenom ciklusu“, kaže Korotejev. Po njegovim riječima, Amerikanci su veoma zainteresovani za ovaj projekat. „Sasvim je moguće da će i Kina moći da odgovori konkretnim potezima, tako da treba raditi brzo. Nije cilj samo da budemo ispred nekoga za pola koraka. Treba raditi brzo prije svega da bismo zauzeli dostojno mjesto u međunarodnoj saradnji koja se u ovoj oblasti već nazire.“

Korotejev ne isključuje mogućnost da u najskorije vrijeme bude pokrenut međunarodni program za razvoj nuklearnog kosmičkog generatora, sličan programu za dirigovanu termonuklearnu sintezu čija je realizacija u toku.

Ideja korišćenja nuklearnih motora na kosmičkim aparatima u principu nije nova, ona se pojavila početkom 1960-ih godina. Već tada su akademici Mstislav Keldiš, Sergej Koroljov i Igor Kurčatov (prvi ljudi sovjetskog kosmičkog programa i sovjetskog Nuklearnog projekta) postavljali takve zadatke. Slični programi su postojali i u SAD, a njihov cilj je bilo stvaranje novog oružja. Pa ipak, nuklearni raketni motori nisu poletjeli u kosmos. Poznato je da je Sovjetski Savez od 1970. do 1988. godine izbacio u razne orbite 32 kosmička aparata sa termoelektričnim nuklearnim generatorom (princip njegovog rada zasnovan je na pretvaranju energije raspada atoma u električnu energiju). Međutim, takvi uređaji su imali relativno malu snagu i ograničen rok trajanja, po čijem isteku su skretali sa orbite i stvarali glavobolje zemaljskim službama za praćenje, jer se nije znalo gdje će pasti radioaktivne krhotine.

Krajem 1980-ih godina postignut je sporazum da se više ne lansiraju sateliti sa takvim generatorima. Sada se, međutim, u „Roskosmosu“ i „Rosatomu“ nadaju da te zabrane mogu biti preispitane u vezi sa mogućom pripremom međunarodne ekspedicije na Mjesec i Mars. Predsjednik raketno-kosmičke korporacije „Energija“ Vitalij Lopota navodi da će se svemirski brodovi i transportni moduli sa takvim reaktorima koristiti samo u orbitama „sa kojih ne mogu da padnu“. On je uvjeren da će u narednih deset godina biti tehnički izvodljivo stvaranje termo-emisionog generatora koji će imati snagu od 15 kilovata do jednog megavata. To je dovoljno za orbitalne satelite, dok će za međuplanetarne misije biti potreban generator od jednog do 6 megavata. [1], [3], [10], [11], [20] [21].

8. Nanotehnologije / Nanotechnologies /

Računari veličine zrna prašine. Tranzistori nevidljivi golim okom. Medicinski uređaji manji od bakterija. Ručna oružja za masovno uništavanje. Naučnici širom svijeta se slažu da je sve ovo ostvarljivo.

Nanotehnologija je naziv koji se upotrebljava za specifičnu vrstu proizvođačke tehnologije koja će omogućiti kontrolisano manipulisanje materijom na atomskom nivou. Radi predstave o kojem se redu veličina radi, zamislite živu ćeliju. Prečnik većine ćelija je oko 100 puta manji od prečnika jedne dlake ljudske kose. Prečnik ćelija iznosi, dakle, oko jedan mikron ili milioniti dio metra. Prečnik atoma je oko hiljadu puta manji. Drugim riječima, prečnik atoma iznosi milijarditi dio metra. Riječ "nano" znači milijarditi dio, strukture građene od atoma se mjere u "nanometrima" ili u "nm". Kombinovanjem atoma nastaju molekule. Molekule mogu biti jednostavne, kao što su one dvoatomske, ili mogu biti veoma složene strukture u čiji sastav ulazi veliki broj atoma. Prečnik molekule glukoze iznosi oko 0,9 nm, a molekula DNA 2,3 nm. Veličina virusa se kreće od 10 do 100 nm.

Odavno napredna tehnologija još uvijek nije osvojena, ali istraživanja na ovom polju su intenzivna. Osnovna teza nanotehnologije je da se gotovo svaka hemijski stabilna struktura, koja nije izričito zabranjena zakonima fizike, može napraviti. Naime, osnovni građevinski blokovi prirode su atomi.

Osobine nekog proizvoda zavise od vrste atoma koji ga izgrađuju i od načina na koji su ti atomi raspoređeni. Ako se atomi u grafitu preurede na odgovarajući način, može se dobiti dijamant. Ako se atomi u pijesku preurede na odgovarajući način, može se napraviti kompjuterski čip. Današnje tehnologije, odnosno metodi koji se primjenjuju u industriji, uključujući i litografiju, pomjeraju atome na tako nezgrapnan način da to liči na pokušaj sastavljanja LEGO kockica sa bokserskim rukavicama na rukama. Naučnici su tek odskora u mogućnosti da posmatraju i manipulišu atomima direktno. Sposobnost da se dobije komercijalni proizvod je vjerovatno vremenski nekoliko decada daleko.

Teoretski modeli indiciraju da su molekularni proizvođački sistemi mogući - oni ne narušavaju postojeće zakone fizike. Naučna ispitivanja velikih objekata, kao što su planeti i solarni sistemi, sprovedena su pomoću zakona klasične fizike. Prema ovim zakonima ne postoji nikakva

neodređenost, već samo posljedica nekog uzroka. Uzročno - posljedični determinizam klasične fizike održao se sve do početka dvadesetog vijeka i pojave kvantne teorije. Tehnologije razvijene na osnovu

klasične fizike osvijetlile su gradove i poslale ljude na Mjesec, ali kvantna mehanika je najbolje opisivala ponašanje ekstremno malih objekata, kao što su elementarne čestice. Gotovo 100 godina fizičari - sada ih možemo nazvati nanonaučnicima - ispitivali su ispravnost svojih teorija mjerenjem osobina atoma i subatomske čestice, kao što su elektroni. Kombinovanjem znanja stečenih ovim eksperimentima i znanja klasične fizike dobijeni su televizor, nuklearna oružja i reaktori, kao i razni medicinski dijagnostički uređaji. Kvantna mehanika je kontraindikativna do ekstrema, čak su i njeni najveći pobornici, Albert Ajnštajn i Nils Bor, bili krajnje zbunjeni nekim njenim aspektima. Svejedno, ova teorija omogućila je tačno predviđanje ponašanja najmanjih komponenti univerzuma, tumbajući pritom naglavačke zakone klasične fizike. Na kvantnom nivou, klasične tehnike mjerenja postaju besmislene. Ovdje mjerenje više nije objektivno čin. Mjerenje postaje subjektivno - čin mjerenja mijenja realnost koju mjeri. Tako, na primjer, zakoni i zabrane kvantne mehanike ne dozvoljavaju mogućnost istovremenog određivanja brzine i položaja elektrona. Ako želimo da znamo koliko brzo se elektron kreće, istovremeno ne možemo odrediti njegov položaj u prostoru u momentu mjerenja, i obrnuto. Ova kontradikcija se naziva princip neodređenosti. Danas postaje moguće napraviti strukture tako male da mogu raditi nezavisno od makrosvijeta kojim vlada klasična fizika, uređaje tako male da se mogu dovesti u vezu sa nevidljivim kvantnim univerzumom.

Iako nanomašine još uvek nisu napravljene, napravljene su nanostrukture (u ovom kontekstu pasivniji objekti, koji mogu postati dijelovi potencijalnih nanomašina) u rasponu veličina od manje od 1 do 100 nanometara. Sposobnost pomjeranja pojedinih atoma je ključna za gradnju nanomašina, ne samo nanostrukture. Atomske strukture u prvim atomskim mašinama vjerovatno će funkcionisati kao provodnici i izolatori, slično kao sadašnji mikročipovi, samo mnogo, mnogo manji i efikasniji. Već postoje specijalni mikroskopi koji mogu da detektuju atomske sile, omogućavajući naučnicima da ispituju pojedine atome i molekule koji su suviše male da bi se videli svjetlosnim mikroskopom. Ovi mikroskopi posjeduju skenirajuće sonde koje se mogu pokretati preko površine "osjećajući" gdje su čestice locirane. Dobijeni podaci se šalju do računara na obradu. Softver može zatim podatke pretvoriti u virtualne slike "nano - svijeta". Slike atoma se projektuju na monitoru računara. Naučnici pomoću miša mogu usmjeravati sondu mikroskopa. Kada se sonda tzv. skenirajućeg tunelskog mikroskopa (Scanning Tunneling Microscope) dovede na određeno rastojanje od atoma, između njih se generišu sile. Pomjeranje sonde u tom momentu pomjera atom. Demonstracija ovakvog "nanomanipulatora" obavljena je preko Interneta na Univerzitetu Sjeverna Karolina <http://www.cnst.rice.edu/>.

Atomi nekih elemenata su "ljepljiviji" od drugih i lakše ih je pokretati. Godine 1989. naučnici zaposleni u istraživačkoj laboratoriji IBM upotrijebili su 35 atoma ksenona (Xe) za sricanje imena kompanije na površini nikla. Ovo je bila jedna od prvih demonstracija "pozicione kontrole" atoma. Poslije ove demonstracije, neki drugi timovi upotrijebili su molekularne mikroskope za pravljenje nano - gitara. Na Kornel univerzitetu napravljen je nano-model gitare sa šest žica, svaka debljine 100

atoma. Dvadeset ovakvih gitara položenih tako da im se krajevi dodiruju, odgovarale bi otprilike prečniku jedne vlasi ljudske kose. Naučnici iz Hjulit - Pakardove istraživačke laboratorije i sa Univerziteta u Kaliforniji (UCLA) dizajnirali su rudimentarni računarski prekidač načinjen od sintetisane molekule nazvane rotaksan. Ova računarska komponenta je namijenjena upotrebi na novoj generaciji čipova, koji bi bili pravljeni kroz seriju hemijskih reakcija. Cijeli čip proizveden na ovakav način mogao bi se uklopiti u presjek dvije najtanje žice koje se trenutno koriste u računarima. Vođe projekta se nadaju da će, za veoma kratko vrijeme, uspjeti da naprave 16 - bitnu memorijsku ćeliju, veličine do 100 kvadratnih

nanometara. Eventualno, ovakvi prekidači mogli bi se kombinovati sa "nanotubama" u računarsko kolo molekularne veličine. "Nanotube" predstavljaju nešto izduženije forme "bakilopti" ili "bakminsterfulerena", molekula ugljenika čija struktura nalikuje fudbalskoj lopti. Za otkriće bakilopti, Ričard E. Smajli sa Rice Univerziteta je 1996. godine dobio Nobelovu nagradu.

Pod određenim uslovima, bakilopte se mogu dobiti u obliku produženih struktura - nanotuba, izuzetno jakih "žica", 50.000 puta tanjih od vlasi ljudske kose, sa električnom provodljivošću bakra i termalnim osobinama dijamanta. Nanotube se mogu lako proizvesti (čak i naručiti preko Interneta na adresi cnst.rice.edu/tubes/order.html) u obliku zamršenih snopova, ali potrebno je uložiti dosta truda na njihovo raspetljavanje. Istraživači sada pokušavaju pronaći nove načine za "rast" nanotuba, tako da ove budu orijentisane sve u istom smjeru. U ovome prednjače fizikohemičar Hongjie Dai i njegova istraživačka grupa. Upotrebljavajući metan i katalizator na bazi oksida gvožđa, uspio je dobiti uređene snopove simetričnih nanotuba. Zahvaljujući ovom pronalasku, Dai je za svoja istraživanja od Dejvida i Lusila Pakard Fondacije dobio stipendiju od \$625,000. U IBM-u se radi na razvoju metoda za dobijanje čistih poluprovodničkih površina i tranzistora od nanotuba. Kompanija je objavila da je konstruisano minijaturno računarsko kolo od samo jedne ugljenične molekule - nanotube. U kompaniji smatraju da je ovo prvo logičko kolo na nanoskali sposobno za prebacivanje pozitivnih signala u negativne. Prije ovoga, istraživači su uspjeli da naprave samo pozitivne tranzistore. Praktična upotreba ove tehnike očekuje se za četiri do pet godina. Na Stanford Univerzitetu ispituje se upotreba nanotuba u detekciji molekula određenih gasova. Na drugim univerzitetima i laboratorijama ispituje se upotreba poluprovodničkih nanožica kao ultrasjetljivih detektora za širok spektar bioloških jedinjenja.

Potencijal nanotehnologije brzo je prepoznat, što je izazvalo pravo "pumpanje" kapitala, kako privatnog tako i javnog, u istraživačke projekte nano- naučnika. Osnovna privlačnost nanotehnologije je u mogućnosti kreiranja inovacija i novih proizvoda za gotovo svako tržište. Kvantne sile mogu uspostaviti nove ravnoteže između materijala i uređaja, rezultujući u razvoju proizvoda koji su se do prije nekoliko godina mogli samo zamišljati. Nije ni čudo što američka Nacionalna fondacija za nauku projektuje tržište za proizvode nanotehnologije i usluge u vrijednosti od jednog biliona dolara do 2015. godine. Procjenjuje se da su velike korporacije u periodu od 2001. do 2002. godine u nanotehnologiju uložile oko milijardu dolara. Oko 50 odsto od ove cifre uloženo je u dugoročna istraživanja i razvoj. U istom periodu je i Vlada SAD uložila oko 800 miliona dolara. Japanska kompanija Mitsui & Co. planira izgradnju postrojenja za proizvodnju nanotuba sa proizvodnim kapacitetom od 120 tona godišnje. U ovu svrhu kompanija će preko svoje istraživačke jedinice, Istraživačkog instituta za karbonsku nanotehnologiju, uložiti oko 15 miliona dolara. Ovo će biti najveće postrojenje za proizvodnju nanotuba na svijetu. Kompanija planira da svoj proizvod ponudi proizvođačima smola, automobila i baterija. [4], [5], [6], [20] [21] .

9. Zaključak

Predstavljeno je nekoliko savremenih, ali i budućih tehnologija. Budući tehnološki razvoj je teško precizno predvidjeti, kao što je općenito teško predvidjeti budući razvoj društva. Međutim, onaj ko se namjerava ozbiljnije pozabaviti pitanjima budućnosti sa svih spektara, a posebno oni koji se namjeravaju ozbiljnije baviti znanstvenim radom u toj oblasti, svakako o tome moraju svakodnevno razmišljati i stalno pratiti koja su tehnološka očekivanja u bližoj i daljoj budućnosti i koje su moguće posljedice takvog tehnološkog razvoja za razvoj cjelokupne ljudske civilizacije.

10.Literatura

- [1] Bertalan Meskó: The Guide to the Future of Medicine: Technology and The Human Touch Paperback ,2014.
- [2] AntonioMaturò: La società bionica. Saremo sempre più belli,felici, 2013.
- [3] Albert H. Teich : Technology and the Future, 2012.
- [4] Darwin's Devices: What Evolving Robots Can Teach Us About the History of Life and the Future of Technology, 2012.
- [5] John Brophy, Fred Culick, Louis Friedman and al (1 2012). "Asteroid Retrieval Feasibility Study". Keck Institute for Space Studies, California Institute of Technology, Jet Propulsion Laboratory
- [6] Lee Valentine, "A Space Roadmap: Mine the Sky, Defend the Earth, Settle the Universe". Space Studies Institute. Retrieved September 19, 2011.
- [7] David D. Friedman : Future Imperfect: Technology and Freedom in an Uncertain World, 2011,
- [8] Sigrid Belzer: Die genialsten Erfindungen der Natur. Bionik für Kinder. S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main 2010, ISBN 978-3-596-85389-2.
- [9] Richard A. Muller : Physics and Technology for Future Presidents: An Introduction to the Essential Physics Every World Leader Needs to Know Hardcover – May, 2010.
- [10] Albert H. Teich :Technology and the Future, 2008.
- [11] Peter von Stackelberg Technology & the Future: Managing Change and Innovation in the 21st Century [Kindle Edition], 2007.
- [12] David E. Nye : Technology Matters: Questions to Live, 2007.
- [13] Mark A. Ratner , Daniel Ratner : Nanotechnology: A Gentle Introduction to the Next Big Idea (2002)
- [14] Drexler, K. Eric, *Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation*. New York: John Wiley & Sons. 1992. ISBN 0-471-57547-X.
- [15] Drexler, K. Eric, *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*. Doubleday, 1986., ISBN 0-385-19973-2.
- [16] "Toyota Unveils 2015 Fuel Cell Sedan, Will Retail in Japan For Around ¥7 Million". transportevolved.com. 2014-06-25. Retrieved2014-06-26.
- [17] Romm, Joseph. Tesla Trumps Toyota: Why Hydrogen Cars Can't Compete With Pure Electric Cars", ThinkProgress, August 5, 2014.
- [18] "Wind-to-Hydrogen Project". Hydrogen and Fuel Cells Research. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, U.S. Department of Energy. September 2009. Retrieved 7 January 2010.
- [19] Altork, L.N. & Busby, J. R., Hydrogen fuel cells: part of the solution. Technology & Engineering Teacher, 2010. 70(2), 22-27.
- [20] Günter Oberdörster, « Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy »,Particleand Fibre Toxicology, vol. 2, 2005, p. 8 (PMID 16209704, PMCID 1260029,DOI 10.1186/1743-8977-2-8
- [21] Speer, D.; Jackson, G.; Raphael, D., Flight Computer Design for the Space Technology 5 (ST-5) Mission. vol. 1. Big Sky, MT: Proceedings of the 2002 IEEE Aerospace Conference. March, 2002., pp. 255–269.doi:10.1109/AERO.2002.1036846. ISBN 0-7803-7231-X

* Napomena Sve gore navedene knjige se mogu naći na adresi:w.w.Amazon.com: books

ENERGIJA BUDUĆNOSTI – ČISTA ENERGIJA

FUTURE OF ENERGY – CLEAN ENERGY

Isak Karabegović

Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać,
dr. Irfana Ljubijankića bb.,
isak1910@hotmail.com

SAŽETAK:

Danas u cijelom svijetu ekonomski, industrijski i društveni razvoj vezan je za energiju. Energetska stabilnost i sigurnost postalo je jedno od najvažnijih pitanja u posljednjih nekoliko godina. Zemlje cijelog svijeta, pa tako i Evropske Unije, i pored svoje visoke razvijenosti i evolucije svog odnosa prema pitanju energetske sigurnosti, također se suočavaju s problemom opadanja njene uloge u smanjenju ljudskog utjecaja na klimu. Energija je od ključne važnosti za razvoj bilo koje zemlje, kada je u pitanju njena industrija i ekonomija u pitanju. Bez adekvatne politike u poslovanju energetskog sektora nije moguće ostvariti industrijski i ekonomski napredak. Ipak, koliko god energija bila važna za razvoj, ona predstavlja samo mehanizam u ostvarivanju krajnjih ciljeva – održive ekonomije, čiste okoline, visokog životnog standarda, prosperiteta i zdravlja stanovništva. Energija je prioritet kojeg treba rješavati u skladu sa politikom svijeta i Evropske Unije do 2030. godine kroz korištenje obnovljivih izvora energije. U ovom radu je obrađen razvoj i primjena obnovljivi izvora energije u svijetu, Evropskoj Uniji i Bosni i Hercegovini, kao i investiranje u obnovljive izvore energije sa perspektivama u narednom periodu. Na kraju je dat zaključak da je čista energija, energija budućnosti, koja u konačnici mora da bude 100% primijenjena, a to je moguće samo kroz razvoj novih tehnologija koje će to obezbijediti.

Ključne riječi: obnovljivi izvori energije, hidroenergija, energija vjetra, solarna energija, energija biomase, geotermalna energija.

ABSTRACT:

Today worldwide, economic, industrial and social development is connected to the energy. Energetic stability and security is one of the primary questions in the last several years. Countries around the world, including European Union, despite its high level of development and evolution of their relationship to the issue of energy security, are also dealing with decreasing of the energy security roll in reducing human impact on the climate. Energy is of the key importance for any country development whether is about industry or economy of the countries. Without adequate policy in the energy sector is not possible to achieve industrial and economic progress. However, as far as energy is important for development, it is just mechanism in achieving the ultimate goals - a sustainable economy, a clean environment, high standard of living, prosperity and health of the population. Energy is a priority that needs to be dealt with in accordance of the world policy and European Union by 2030 that is use of renewable energije. In this paper development and application of renewable energy sources in the world, European Union and Bosnia and Herzegovina, as well as investment in renewable energy with prospects in the coming period is given. Finally, a conclusion

Keywords: renewable energy sources, hydro energy, wind energy, solar energy, biomass energy, geothermal energy.

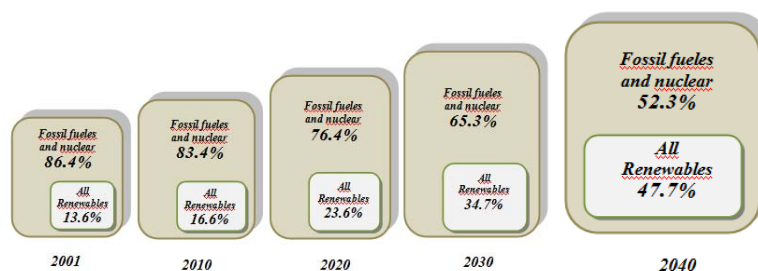
1.Uvod

Jedini izvori energije koji su čovječanstvu je bili na raspolaganju su obnovljivi izvori energije, sve dok, negdje polovinom XVIII. stoljeća, nije došlo do otkrića fosilnih goriva. Prirodni izvori energije koje je čovječanstvo koristilo poznati su i danas: drvo za zagrijavanje, energija vjetra koja se koristila za pokretanje mlinova i brodova, energija vode za pokretanje mlinova, energija sunca koristila se za zagrijavanje kod građevina, kao i geotermalna energija koja se koristila za grijanje npr. u Starom Rimu. U cijelom svijetu od polovine XVIII do polovine XX stoljeća nastaje era korištenja fosilnih goriva: nafta, plin, ugalj kao osnovne sirovine za energiju, a manji dio u korištenju bili su obnovljivi izvori energije. Upotreba fosilnih goriva izazvala je globalne klimatske promjene sa kojima se čovječanstvo susreće posljednjih nekoliko desetljeća, što je primoralo vlade skoro svih zemalja da ozbiljno razmotre situaciju i donesu politike razvoja i zamjene fosilnih goriva sa obnovljivim izvorima energije [1,2,3,3,4,5,6,15,20,23]. U UN-ovim izvještajima stoji da će Vlade do 2100. godine morati da uklone velike količine stakleničkih plinova iz zraka kako bi ostvarili zacrtane ciljeve u rješavanju problema globalnog zatopljenja. Pored toga moralo bi doći do velikog okretanja čistim energijama. Rast svjetske emisije stakleničkih plinova morao bi pasti za 40 - 70 % između 2010 - 2050.godine, kako bi se stvorili izgledi za ostvarenje UN-ovih ciljeva u ograničavanju globalnog zatopljenja. Međuvladin panel o klimatskim promjenama (*Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC*). Izvještaj IPCC-ovog izdanja od 2007. godine kaže da svijet čini premalo kako bi ostvario ciljeve dogovorene 2010.godine i ograničio zagrijavanje na manje od 2° Celzija u odnosu na predindustrijska razdoblja. To znači da će većina zemalja u svijetu morati da počnu više ulagati u tehnologije "uklanjanja ugljičnog dioksida" (CDR) iz zraka, od prikupljanja i zakapanja emisija elektrana na ugljen do sadenja šuma koje za rast koriste ugljični dioksid.

Obnovljive izvore energije možemo podijeliti u dvije glavne kategorije: tradicionalne obnovljive izvore energije poput biomase i velikih hidroelektrana, te na takozvane "nove obnovljive izvore energije" kao što su: biomasa (bio-gorivo, bio-plin), male hidro elektrane solarna foto-naponska energija, solarna termalna energija, vjetro-energija, geotermalna energija [GT], energija mora (plima i oseka, valovi i morske struje). Obnovljivi izvori energije smatraju se energijom budućnosti, odnosno čistom energijom o kojoj ćemo govoriti u ovom radu.

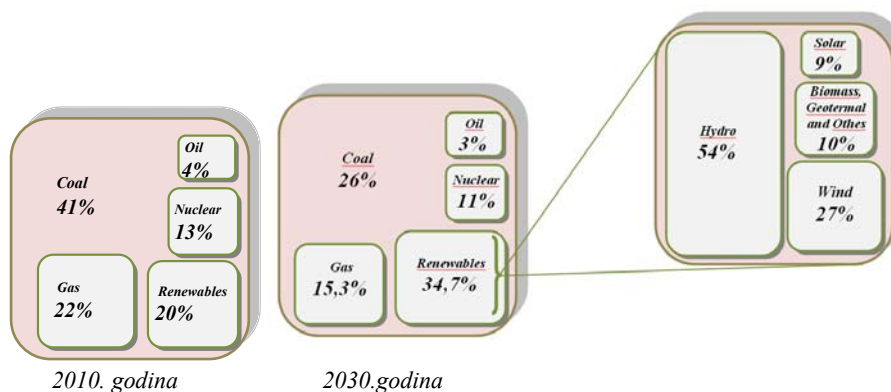
2.Strategija energetskeg razvoja obnovljivih izvori energije u svijetu i EU

Trenutno svijet pokriva svoje energetske potrebe uglavnom neobnovljivim izvorima energije, većinom fosilnim gorivima – ugljenom, naftom i prirodnim plinom. Kao što smo u uvodu rekli fosilna goriva su također vrlo štetna za okoliš zbog ispuštanja velike količine ugljičnog dioksida (CO₂), zagađenja okoliša u obliku izlivanja nafte u more, te također zbog izazivanja smoga koji je vrlo štetan za zdravlje. Prvi negativni efekt fosilnih goriva je globalno zatopljenje, a drugi što ovi izvori energije nisu obnovljivi, a to znači da ne mogu trajati vječno, te će u određenom trenutku biti potrošeni. Napravljene su mnoge strategije energetskeg razvoja za cijeli svijet – ukupno (EREC Agencija).



Slika 1. Strategija energetskeg razvoja u svijetu 2001.-2040. godine[4-12]

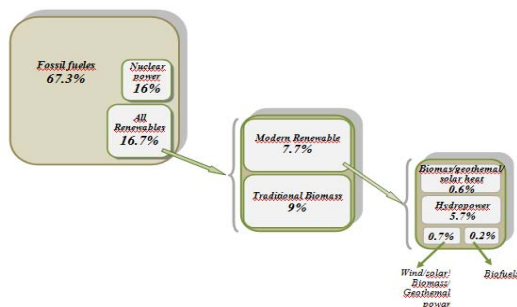
Kao što sa slike 1. vidimo, strategijom energetskeg razvoja u svijetu od 2001. godine predviđeno je da se 86,4% energije se dobije iz fosilnih goriva i nuklearne energije, a 13,6% iz obnovljivih izvora energije, a 2010.godine 83,4% iz fosilnih goriva i nuklearne energije, a 16,6% iz obnovljivih izvora energije, i tako poveća količina energije iz obnovljivih izvora energije. U 2040. godini je predviđeno da se dobivena energija iz fosilnih goriva i nuklearna energija smanjuju na 52,3%, a obnovljivi izvori energije se povećavaju na 47,7%. Kao što se iz ovog scenarija vidi, svijet može već do 2040/2050. godine dostići potpuno održivi energetske sistem ukoliko se budu sve zemlje u svijetu pridržavale preporuka UN i ulagale u tehnologije čiste energij



Slika 2. Strategija energetskeg razvoja obnovljivi izvora energije u svijetu 2010.-2030.godine

Na slici 2. prikazana je strategija energetskeg razvoja obnovljivih izvora energije u svijetu od 2010 – 2030. godine. [4,5]. U 2010. godini po strategiji energetskeg razvoja planirano je da se dostigne 20% energije se proizvede od obnovljivi izvora energije 13% od nuklearne a ostatak 67% od fosilnih goriva. Trend učešća obnovljivih izvora energije iz godine u godinu po strategiji energetskeg razvoja

treba da se povećava, a učešće fosilnog goriva smanjuje, tako da u 2030.godini učešće obnovljivih izvora energije je sa 34,7%, nuklearne 11% , a da se učešće fosilnih goriva svede na 44,3%. Procjene su da će se u obnovljivim izvorima energije učešće u 2030.godini uzeti: 54% hidro, 9% solarna, 10% biomasa i 27% vjetar. Vjerovati je da će se ta procjena i ostvariti. Da bismo vjerovali u ovu strategiju i njenu primjenu usporedimo učešće obnovljivi izvora energije u 2004.godini i 2012.godini, kao što je prikazano na slikama 3. i 4.



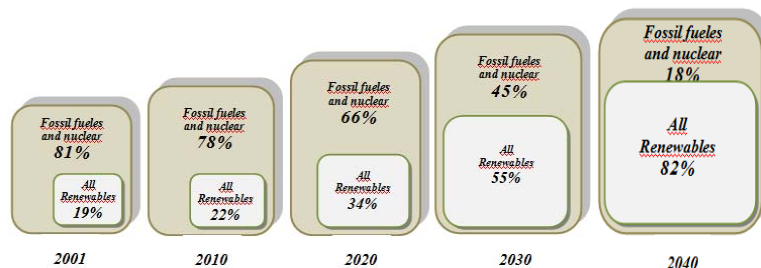
Slika 3. Procjena obnovljivi izvora energije i udio u finalnoj potrošnji energije u 2004.godini[12]

U 2004. godini na osnovu [12] obnovljivi izvori energije u finalnoj potrošnji energije učestvovali su sa 16,7%, sa 16% učešće je uzela nuklearna energija, a 67,3% fosilna goriva. Od 16% obnovljivi izvori energije tradicionalna biomasa uzela je učešće sa 9%, a čista energija 7,7% u koju ubrajamo: 0,2% biomasu (bio-gorivo,bio-plin), 5,7% hidroenergija, 0,6% solarna foto-naponska energija, solarna termalna energija, 0,7% vjetro-energija, geotermalna energija i energija mora (plima i oseka, valovi i morske struje).



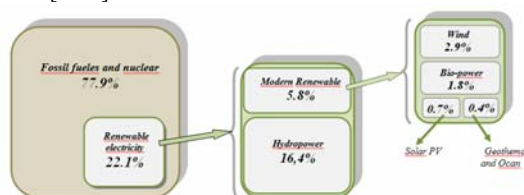
Slika 4. Procjena obnovljivi izvora energije i udio u finalnoj potrošnji energije u 2012.godini[7]

Za osam godina od 2004 - 2012. godine učešće svih obnovljivih izvora energije sa 16,7% u 2004.godine povećao se na 19% u 2012.godini. U 2012. godini na osnovu obnovljivi izvori energije u finalnoj potrošnji energije učestvovali su sa 19%, sa 12,6% učešće je uzela nuklearna energija, a 68,4% fosilna goriva [6]. Od 16% obnovljivi izvori energije tradicionalna biomasa uzela je učešće sa 9%, a čista energija odnosno moderni izvori energije 10% u koju ubrajamo: 0,8% biomasu (bio-gorivo ,bio-plin), 3,8% hidroenergija, 4,2% biomasu, solarna foto naponska energija, solarna termalna energija, 1,2% vjetro-energija, geotermalna energija i energija mora (plima i oseka, valovi i morske struje). Strategija energetskog razvoja proizvodnje električne kroz učešće obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije prikazano je na slici 5.[4-13].



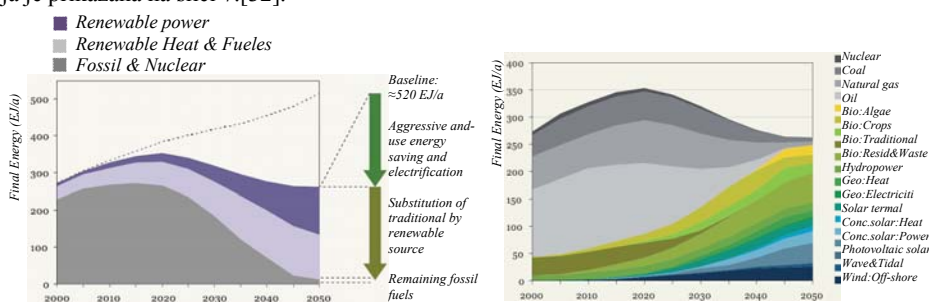
Slika 5. Strategija energetskeg razvoja električne energije u svijetu 2001.-2040. godine

Strategija energetskeg razvoja električne energije kroz učešće obnovljivih izvora energije prikazana na slici 5. od 2001.-2040.godine ukazuje na povećanje učešća obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije sa 19% u 2001.godini do 82% u 2040.godini. U koliko se svijet bude pridržavao zacrtanih ciljeva i ostvarivao zacrtanu strategiju, dakle svijet već 2040/2050 godinu može dostići potpuno održivi elektroenergetski sistem. Da bismo vidjeli primjenu navedene strategije izvršimo analizu učešća obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije u 2013.godini koja je prikazana na slici 6. [4-13].



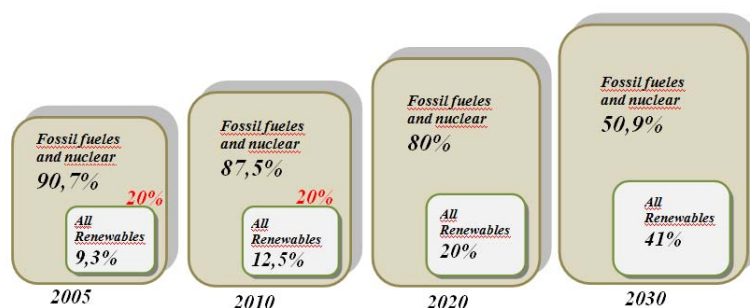
Slika 6. Procjena obnovljivi izvora energije i udio u finalnoj proizvodnji električne energije u 2013.godini [4-5]

Slika 5. pokazuje da je u 2013. godini 22,1% globalne električne energije proizvedeno iz obnovljivih izvora energije, od toga je učešće hidro-proizvodnje električne energije 16,4%, a 5,8% električne energije je proizvedeno modernim izvorima energije u koje spadaju: 2,9% vjetro-energija, 1,8% bio-energija, 0,7% solarna energija, 0,4% geotermalna i energija mora. Na kraju detaljnija evolucijska strategija opskrbe svijeta sa energijom u energetskeg scenariju predstavlja svijetlu tačku u budućnosti koja je prikazana na slici 7. [32].



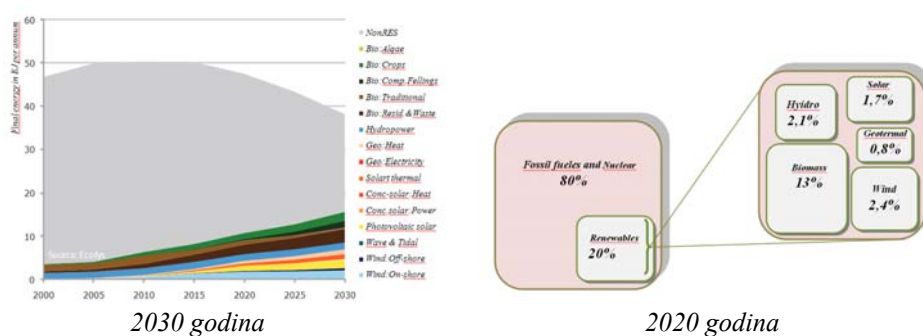
Slika 7. Evolucijska strategija energetskeg razvoja primjenom energije budućnosti-čiste energije [32]

Kao što se vidi iz navedene evolucijske strategije energetskeg razvoja primjenom energije budućnosti-čiste energije u 2050. godini dolazi do potpune primjene energije budućnosti čiste energije sa jako malim učešćem fosilnih goriva, gdje će se u svijetu dostignuti u potpunosti održivi elektro-energetski sistem, što je velika prednost za planetu Zemlju i cijelo čovječanstvo. Kada je u pitanju Evropska Unija, strategija energetskeg razvoja dana je u dokumentu Direktiva o energiji 2009/28 EC, gdje je uspostavljen okvir za promociju obnovljivih izvora energije. Ciljevi do 2020. godine EU su 20% smanjenje stakleničkih plinova, 20% smanjenje potrošnje energije, kao i 20% učešća obnovljivih izvora energije u proizvodnji energije. Strategija je nazvana 20-20-20. Direktiva također zahtijeva pojednostavljenje administrativnih režima s kojima se suočavaju tvorcii obnovljivih izvora energije, zatim poboljšanja na elektroenergetskoj mreži, te da se poboljša pristup električne energije iz obnovljivih izvora energije. Strategija energetskeg razvoja obnovljivih izvora energije u EU prikazana je na slici 7.



Slika 7. Strategija energetskeg razvoja u Evropske Unije 2005.-2030. Godine

Strategija energetskeg razvoja u EU 28 do 2020. godine ima cilj 20% proizvodnje energije iz obnovljenih izvora energije, već u 2005. godini obnovljivi izvori energije su dostigli nivo 9,3%, a 2010. godine 12,5%, što je dobro, jer se ide kranjem cilju da se u 2020. godine dostigne učešće OIE sa 20%. Strategijom je predviđeno da učešće obnovljivih izvora energije bude 41%. Na slici 8. prikazana je projekcija koji obnovljivi izvori energije i koliko uzimaju učešće do 2030. godine.



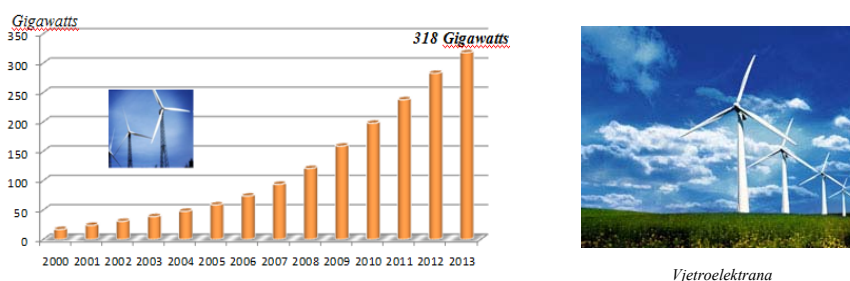
Slika 8. Strategija energetskeg razvoja EU sa učešćem energije do 2030 i 2020 godine budućnosti-čiste energije[27]

Na osnovu prikazane strategije primjene obnovljivih izvora energije u 2020. godini možemo zaključiti da se 13% odnosi na biomasu, 2,4% na energiju vjetra, 2,1% na hidro-energiju, 1,7% na solarnu energiju i 0,8% na geotermalnu energiju.

3. Obnovljivi izvori energije i njihovo učešće u proizvodnji energije

3.1. Vjetro-energija

Vjetro-elektrane su imale najbrži rast od svih obnovljivih izvora energije na početku 21. stoljeća, kapacitet im se više nego učetverostručio od 2000. do 2006. godine. 81% instalirane snage otpada na SAD i Europu. Procjene su da će snage vjetro-agregata rasti sa 21% godišnje. Danska proizvodi približno jednu petinu električne energije u vjetro-elektranama, što je čini zemljom s najvećim udjelom vjetro-elektrana u vlastitoj proizvodnji. Značajni je i korisnik i proizvođač vjetro-turbina. Njemačka je vodeći proizvođač vjetro-elektrana, s udjelom od 28% svjetske proizvodnje u 2006.[4,5].



Vjetroelektrana

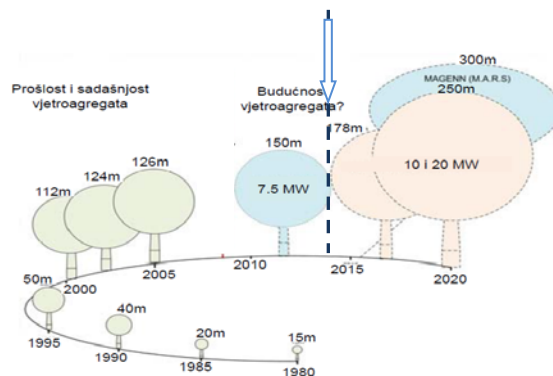
Slika 9. Svjetska proizvodnja energije sa vjetro-energanama u periodu 2000.-2013 godine

Na osnovu prikazanog grafikona vidimo da se proizvodnja energije sa vjetro-energanama iz godine u godinu u svijetu povećava i da je u 2013. godini dostigla proizvodnju od 318 Gigawata.



Slika10. Proizvedena vjetro-energije u top deset zemalja u svijetu u 2012-2013.godini

U svijetu vodeću ulogu u proizvodnji vjetro-energije u 2012-2013.godini preuzelo je deset zemalja navedenih na slici 10. Vodeće mjesto po proizvodnji vjetro-energije u svijetu pripada Kini, koja je u 2012-2013. godini proizvela 86,1 Gigawata, zatim USA sa 61,1 Gigawata, a treća je Njemačka sa proizvedenih 37 Gigawata, zatim slijede: Španija, Indija, UK, Italija, Francuska, Kanada i Danska.

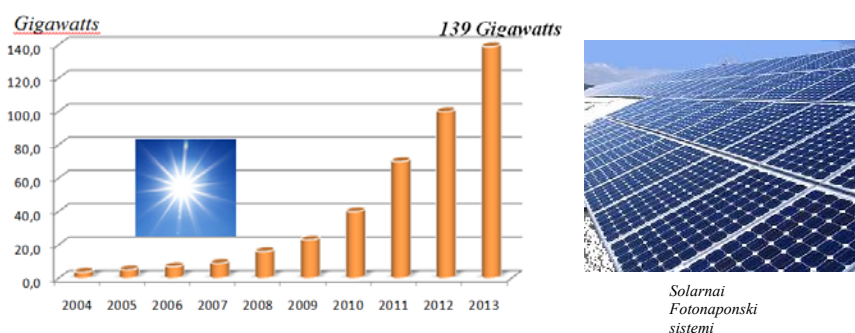


Slika 11. Istorijski razvoj veličine vjetro-energana i scenarij budućeg razvoja

Na osnovu scenarija budućeg razvoja vjetro-energana dolazimo do zaključka da će se u budućnosti povećavati proizvodnja vjetro-energije, jer se predviđa gradnja u visinu do 300 metara, sa jačinom vjetro-energane 10-20 MW.

3.2. Sunčana energija

Energija sunca (solarna energija) je obnovljivi i neograničeni izvor energije, te se može izravno pretvoriti u toplotnu energiju, koja se koristi za grijanje i pripremu tople vode, te u električnu energiju, koja se dobiva iz foto-naponskih sistema. Na zemljinu površinu stiže godišnje 7.500 puta više energije, od ukupne godišnje potrošnje energije iz svih primarnih izvora. U ovom radu ćemo analizirati i jednu i drugu. Na slici 12. prikazana je proizvodnja energije u svijetu uz pomoć foto-naponskih ćelija u periodu 2004 – 2013. godine.



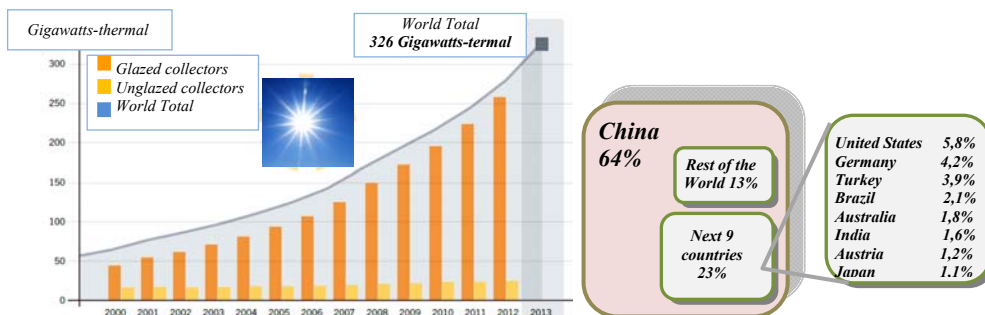
Slika12. Proizvodnja energije u svijetu (solarna foto-naponska energija PV) u periodu 2004 - 2013.godine[5]

Proizvodnja energije pomoću foto-naponskih ćelija ima rastući trend iz godine u godinu i maksimalni kapacitet je dostignut u 2013. godini sa 139 Gigawata.



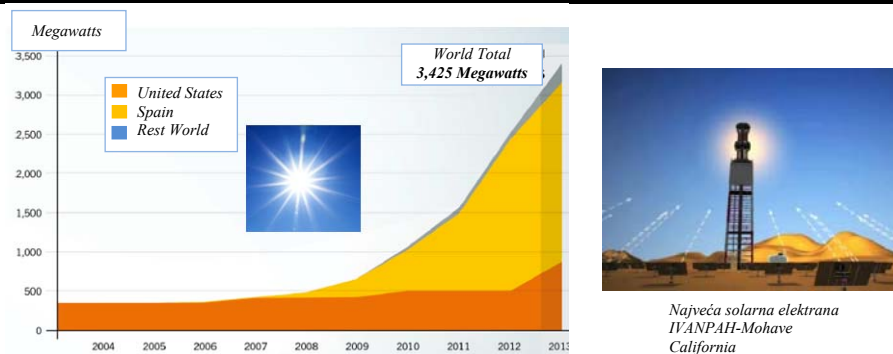
Slika13. Proizvedena solarne foto naponske energije u deset top zemalja u svijetu u 2012-2013. godini [4]

Na osnovu prethodnog dijagrama vidimo da u deset zemalja u svijetu u 2012-2013. godini po proizvodnji solarne foto-naponske energije na prvom mjestu je Njemačka sa proizvedenih 37,3 Gigawata, na drugom mjestu Kina sa proizvedenih 18,9 Gigawata u 2012-2013. godini i na trećem mjestu Italija sa 17,5 Gigawata. Poslije ove tri zemlje po proizvodnji foto-naponske energije slijede: Japan, USA, Španija, UK, Australija i Belgija. Izvršimo sada analizu proizvodnje sunčeve energije za zagrijavanje tople vode u svijetu.



Slika14. Proizvedena sunčavom energijom tople vode u svijetu u periodu 2000-2013. godine, kao i procenat učešća u proizvodnji u 2012. godini deset top zemalja u svijetu[4-12]

Zaključujemo da je u 2013. godini sunčevom energijom proizvedeno 326 Gigawata tople vode za grijanje i industriju, a prvo mjesto u 2012. godini zauzima Kina sa 64%.

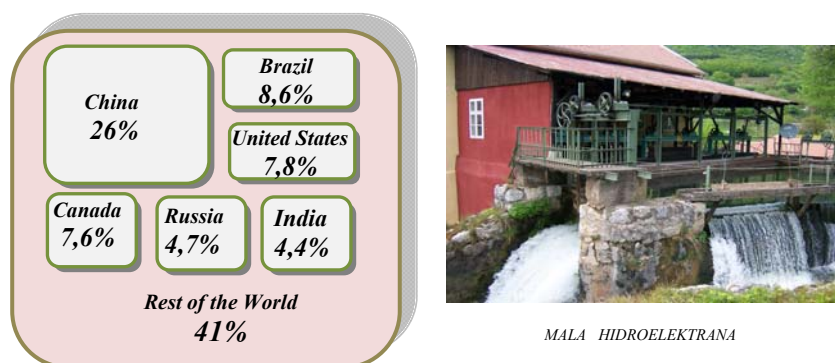


Slika 15. Proizvodnja energije u svijetu (solarna termalne energija ST) u periodu 2004 - 2013. godine

Kapacitet proizvodnje sunčeve termalne energije svake godine se povećava od 2004-2013. godine, a u 2013. godini dostignuta je rekordna proizvodnja od 3,425 Megawata. U svijetu postoji više najvećih termalnih elektrana, a od njih su: Ivanpah 392MW (Kalifornija), Perovo 100MW (Ukrajina), Sarnia 92 MW (Kanada), Montalto di Castro 84 MW (Italija), Finsterwalde 83 MW (Njemačka), Ohotnikovo 80 MW (Ukrajina), Senftengerg 78 MW (Njemačka), Lieberoso 71 MW (Njemačka), Ravingo 70 MW (Italija), Olmedilla de Alarcon 60 MW (Španija) i Boulder City 56 MW (USA). Mnogi energetske stručnjaci smatraju da je solarna energija jedini obnovljivi izvor energije koji ima dovoljno potencijala da zamijeni fosilna goriva kao dominantni izvor energije u nadolazećim godinama. Popriličan broj država ozbiljno razmišlja o solarnoj energiji i investiraju velike količine novca u razne projekte, uglavnom u solarne pogone za proizvodnju električne energije

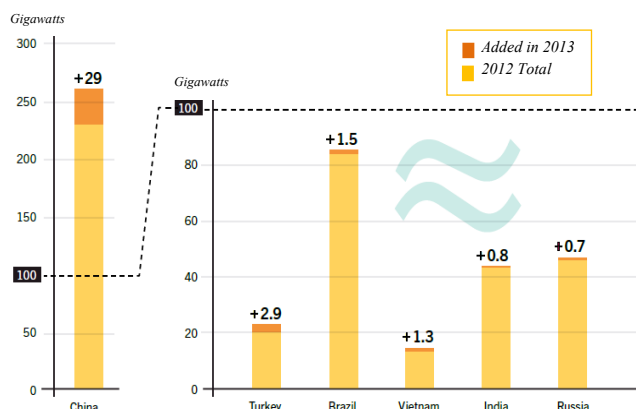
3.3. Male hidro-elektre

Male hidro-elektre nemaju nikakav štetan utjecaj na okoliš, bar se tako smatra, za razliku od velikih, čija se štetnost opisuje velikim promjenama eko-sistema (gradnja velikih brana), utjecajem na tlo, poplavlivanjem, utjecajem na slatkovodni živi svijet, povećanjem emisija metana i postojanjem štetnih emisija u čitavom životnom ciklusu hidro-elektre (na primjer, dok se hidro-elektre gradi, obavlja se proizvodnja materijala, kao i transport). Kod malih hidro-elektre velike količine vode u cjevovodima pitke vode same se nameću kao potencijalni izvor energije. Pojam male hidro-elektre se može promatrati sa različitih točaka gledišta i razlikuje se od zemlje do zemlje, zavisno o njezinom standardu, hidrološkim, meteorološkim, topografskim i morfološkim karakteristikama lokacije, te o stupnju tehnološkog razvoja i ekonomskom standardu zemlje. Pod malom hidro-elektrom se u Evropi podrazumijeva snaga 10 MW, dok se u svijetu kreće do 25 MW, kao na primjer u Kini.



Slika16. Proizvodnja hidroenergije u 2013 godini u top šest zemalja u svijetu

Ukupni globalni hidro-energetski kapacitet u svijetu se kreće oko 1.000 GW, a 2013. godine pušteno je u rad 40 GW novih kapaciteta, što predstavlja rast od 4% u odnosu na 2012 godinu u svijetu. Kina je u hidro-potencijalu vidjela šansu i u 2013 godini je proizvela 26% od ukupne proizvodnje u svijetu. U Kini ovo kao obnovljivi izvor energije predstavlja dopunu energiji vjetra i solarnoj energiji.

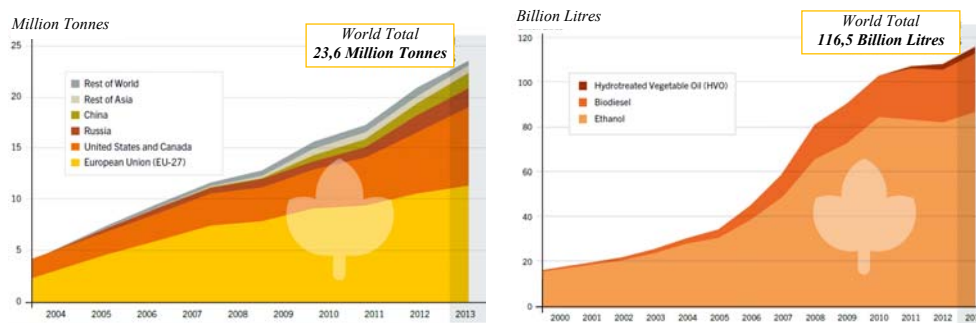


Slika17. Proizvedena hidroenergija u šest top zemalja u svijetu u 2012-2013.godini[5]

Na osnovu dijagrama slika 17. možemo zaključiti da je u proizvodnji hidro-energije u svijetu prva Kina, koja je u 2012-2013.godini proizvela oko 269 Gigawata, na drugom mjestu proizvodnje u 2012-2013 godini je Brazil sa 221,5 Gigawata, zatim slijede: Rusija, Indija, Turska i Vijetnam.

3.4. Bio-masa

Bio-masa najčešće se koristi direktno u konačnoj potrošnji energije za grijanje, kuhanje ili zagrijavanje tople vode, ali se može koristiti i za proizvodnju električne energije i topline, te se odnedavno sve više koristi za proizvodnju bio-goriva. Također može se koristiti u industriji za proizvodnju vlakana i kemikalija. Bio-masa je obnovljivi izvor energije, a općenito se može podijeliti na drvenu, nedrvnu i životinjski otpad, unutar čega se mogu razlikovati: drvena bio-masa, ostaci i otpaci iz poljoprivrede, životinjski otpad i ostaci, kao i bio-masa iz otpada.



a – produkcija drvenog peleta

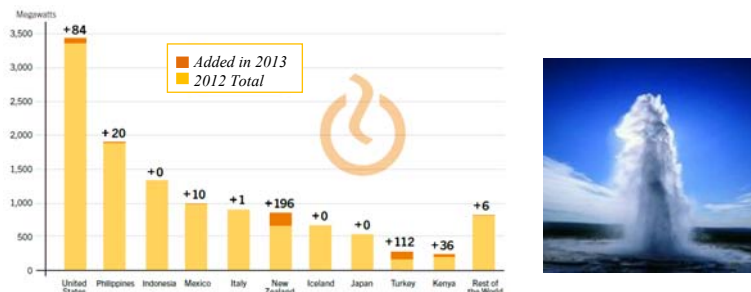
b-produkcija ulja iz voća, biodizela i etanola

Slika 18. Produkcija peleta iz drvene mase i bio-dizela, etanola i ulja iz voća [4-12]

Kao što je poznato, bio-masa se najviše koristi za energiju za grijanje, a to je i tradicija. Razvojem novih tehnologija dolazi do maksimalnog iskorištenja toplotne moći bio-mase, tako da se od drvene mase proizvodi pelet, koji služi kao izlazna sirovina za energiju grijanja. Na slici 18. vidimo da je trend takav da se povećava kontinuirano i u 2013. godini proizvodnja u svijetu je dostigla 23,6 miliona tona. Na prvom mjestu proizvodnje je EU, na drugom USA i Kanada, zatim Rusija, Kina i ostatak svijeta. Razvoj novih tehnologija doveo je do toga da se iz bio-mase proizvodi bio-dizel, etanol i ulje iz voća, a ukoliko pogledamo trend njihove proizvodnje na slici 18 b) rekordnu proizvodnju ima u 2013. godini od 116,5 biliona litara, tako što je na prvom mjestu etanol, na drugom bio-dizel i na trećem ulje.

3.5. Geotermalna energija-toplinska energija iz zemlje

Geotermalni resursi su spremnici tople vode ispod površine Zemlje koji postoje na različitim temperaturama i dubinama. U velikoj mjeri intenzitet te toplinske energije se povećava s dubinom. Globalni prosjek za Zemljin geotermalni gradijent je oko 30°C/km. Kilometar ili dublje bušotine mogu biti zabušena u podzemne rezervoare u cilju iskorištenja pare i vrlo vruće vode, koja može biti dovedena na površinu za upotrebu u različitim aplikacijama, uključujući proizvodnju električne energije, direktno korištenje, i za grijanje i hlađenje. Geotermalna energija je obnovljiva ako se rezervoar ispravno koristi. Elektrane koriste paru proizvedenu iz geotermalnih rezervoara za proizvodnju električne energije. Postoje tri tehnologije koje geotermalne elektrane koriste za pretvaranje hidro-termalnih fluida u struju: suha para, „flash“ para i binarni ciklus. Koja se vrsta tehnologija koristi zavisi od stanja fluida (vode ili pare) i njegove temperature.

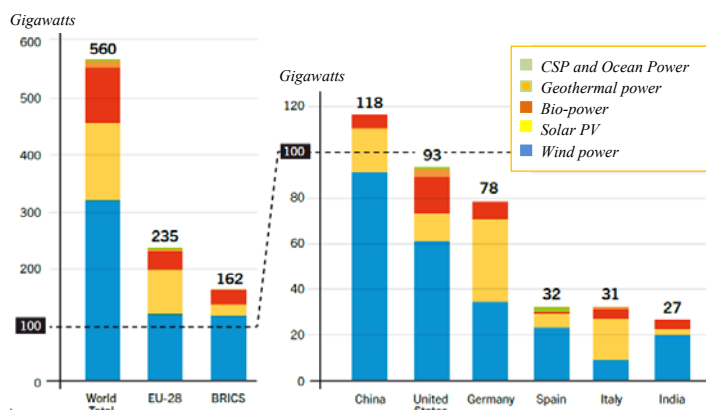


Slika 19. Proizvodnja geotermalne snage u deset top zemalja svijeta i ostatka svijeta u 2012-2013.godini[4-12]

Na osnovu slike 19. zaključujemo da je u proizvodnji i upotrebi geotermalne energije na prvom mjestu USA sa proizvedenih 3.884 Megawata, na drugom mjestu su Filipini sa 1.920 Megawata i na trećem je Indonezija sa 1.800 Megawata proizvodnje u 2012-2013. godini. Poslije ove tri zemlje slijede: Meksiko, Italija, Novi Zeland, Island, Japan, Turska, Kenija i ostatak svijeta.

3.6. Kapaciteti obnovljivih izvora energije u svijetu i EU

Da bismo vidjeli učešće obnovljivih izvora energije: vjetro-energije, solarne, bio, geotermalne i energije mora u svijetu, Evropskoj Uniji 28 i šest top zemalja u kojima je proizvodnja najveća, analizirajmo produktivnost u 2013. godini, koja je prikazana na slici 20. Na dijagramu je skraćenica BRICS (*Brazil, Russia, India, China*) koja je preuzeta iz literature, a pojam je uveo Jim O'Neill 2001.godine koji se tiče ekonomskog savezništva.



Slika 20. Kapaciteti obnovljivi izvora energije u svijetu, EU 28 i BRICS u 2013. godini

Kapacitet obnovljivih izvora u svijetu u 2013.godini iznosio je 560 Gigawata, na prvom mjestu je obnovljivi izvor vjetro-elektrane sa kapacitetom preko 300 Gigawata, zatim sunčeva energija (solar PV) sa oko 120 Gigawata i na trećem mjestu je bio-masa sa energijom od oko 100 Gigawata.

Evropska Unija 28 je u 2013.godini proizvela 235 Gigawata energije iz obnovljivih izvora, gdje je također na prvom mjestu vjetar, zatim sunčeva energija. Od šest top zemalja u svijetu po proizvodnji energije iz obnovljivih izvora dolazi na prvo mjesto Kina sa 118 Gigawata, na drugom mjestu su USA sa 93 Gigawata, Njemačka je treća zemlja u svijetu sa 78 Gigawata proizvedene energije u 2013 godini iz obnovljivih izvora energije, zatim je slijede Španija, Italija i Indija.

Tabela 1. Indikator proizvodnje energije iz obnovljivi izvora energije u svijetu 2004,2012 i 2013 godine[4-12]

POWER			2004	2012	2013
	Hidropower capacity	GW	715	960	1.000
	Bio-power capacity	GW	< 36	83	88
	Bio-power generation	TWh	227	350	405
	Geothermal power	GW	8.9	11.5	12
	Slar PV capacity	GW	2.6	100	139
	Concentrating solar termal power	GW	0.4	2.5	3.4
	Wind power capacity	GW	48	283	318
HEAT					
	Solar hot water capacity	GW	98	282	326
TRANSPORT					
	Ethanol production	Billion litr	28.5	82.6	87.2
	Biodizel production	Billion litr	2.4	23.6	26.3

Zaključujemo da je u 2013.godini na prvom mjestu hidro-energija sa kapacitetom od 1.000 GW, zatim bio-masa sa kapacitetom od 405 GW i na trećem mjestu u 2013.godini je energija vjetra sa proizvedenih 318 GW. Analizirajmo koje zemlje u svijetu koriste i koje obnovljive izvore energije tabela 2.

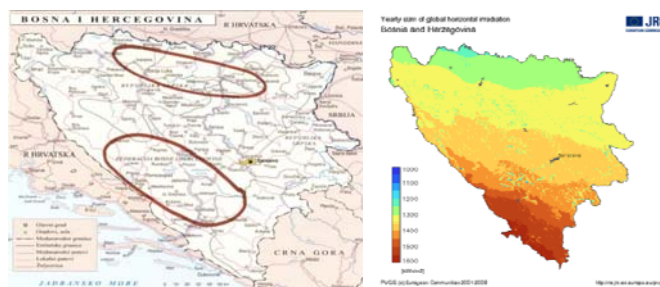
Tabela 2.Ukupni kapaciteti proizvodnje energije od obnovljivih izvora energije u određenim zemljama svijeta po veličini proizvedene energije u 2013.godini[4,5]

POWER		1	2	3
	Bio-power generation	United States	Germany	China
	Geothermal power	United States	Philippines	Indonesia
	Hidropower	China	Brazil	United States
	Hidropower generation	China	Brazil	Canada
	Concentrating solar termal power	Spania	United States	UAE
	Slar PV	Germany	China	Italy
	Slar PV capacity per capita	Germany	Italy	Belgium
	Wind power	China	United States	Germany
	Wind power capacity per capita	Denmark	Sweden	Spania
HEAT				
	Solar hot water	China	United States	Germany
	Slar water heating per capita	Cyprus	Austria	Israel
	Geothermal heating	China	Turkey	Iceland

Analizom tabele 2. dolazimo do zaključka da u svijetu 20 zemalja prednjači po proizvodnji energije iz obnovljivih izvora energije (sve su pobrojane u tabeli 2.) u 2013. godini. Prva mjesta zavisno od korištenja obnovljivog izvora energije pripadaju slijedećim zemljama: Kina, Njemačka, USA, Španija, Danska i Kipar. Zašto je ovakav trend proizvodnje energije iz obnovljivih izvora energije odgovor će nam dati investiranje u nove tehnologije obnovljivih izvora energije.

4. Obnovljivi izvori energije u BiH i okruženju

U obnovljive izvore energije Bosne i Hercegovine svrstani su: hidro-energije, energije vjetra, Sunčeve energije, energije bio-mase, geotermalne energije. Ukupan vjetro-potencijal s gledišta raspoloživosti prostora i iskoristivosti procijenjen je na oko 900 MW. Ukupan tehnički potencijal za korištenje energije vjetra Bosne i Hercegovine znatno je veći i procjenjuje se na oko 2.000 MW, pri čemu treba voditi računa da je spomenuti iznos proizašao iz sagledavanja raspoloživosti prikladnih prostora za vjetro-elektreane na prostoru BiH, ne uzimajući u obzir eventualna ograničenja (priključak na mrežu, zaštita okoliša i dr.).



Slika 21. Farma vjetroelektrana s mapom mogućih lokacija u Bosni i Hercegovini [2,15], i kartografski prikaz godišnja ozračenost ravnih ploha ukupnim Sunčevim zračenjem [2]

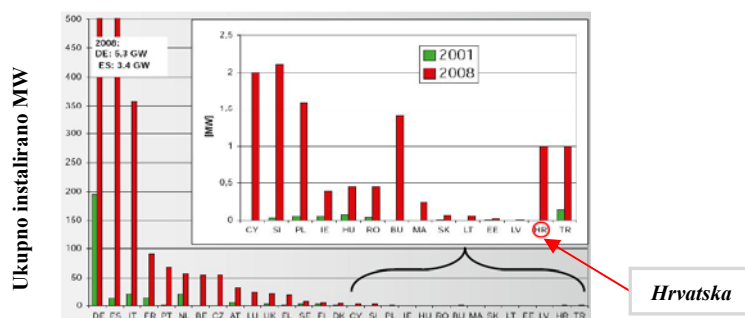
Iz svih prikupljenih podataka i provedenih analiza može se zaključiti da postoji značajan potencijal primjene Sunčeve energije na području Bosne i Hercegovine, koji iznosi 70,5 miliona GWh ozračene energije ukupnog godišnjeg Sunčevog zračenja. U Bosni i Hercegovini u pogonu ili izgradnji trenutno ima nekoliko foto-naponskih postrojenja instalirane snage oko 800 kW, što je veoma malo u odnosu na potencijal s kojim se raspolaže. Bio-masa je obnovljivi izvor energije, a općenito se može podijeliti na drvenu, ne drvenu i životinjski otpad. Glavna prednost u korištenju bio-mase kao izvora energije su obilni potencijali, ne samo u tu svrhu zasade biljne kulture, već i otpadni materijali u poljoprivrednoj i prehrambenoj industriji. Plinovi koji nastaju korištenjem bio-mase mogu se također iskoristiti u proizvodnji energije. Bio-masa u obliku ogrjevnog drveta i drvenog uglja je trenutno rastući izvor energije u Bosni i Hercegovini, čija potrošnja se procjenjuje na 1.464.400 tona u 2003. godini. S obzirom na to da je 15-25% tla plodno i pod pašnjacima, Bosna i Hercegovina ima izuzetno pogodne uvjete za korištenje bio-mase. Gotovo 50% tla Bosne i Hercegovine pokriveno je šumama (oko 2,7 miliona hektara) i procjenjuje se da na godišnjem nivou ima 1.785.000 m³ drvnog otpada. Najvažnija prepreka korištenju ovog otpada je značajan trošak njegovog uklanjanja i prikupljanja iz šuma.



Slika 22. Određena vrsta biomase za proizvodnju energije i izvori i način korištenja geotermalne energije[33-39]

Istraženost geotermalnih izvora u BiH je veoma niska. Prema dosadašnjim istraživanjima ustanovljeno je da se oko 25% teritorije BiH smatra potencijalnim geotermalnim resursom trojakog oblika – hidro-termalni sistemi, geo-presirane zone i tople suhe stijene. Maksimalna temperatura utvrđena u sjevernom dijelu Panonskog područja dostiže 423°K na dubini od oko 3.000 m. Rezultati istraživanja upućuju na to da bi se u „Panonskom području“ moglo očekivati postojanje vrućih voda s temperaturom od 393°K na dubinama 2.000 do 2.500 m. Hidro-potencijal u Bosni i Hercegovini procjenjuje se na 8.000 MW s ekonomski ostvarivim potencijalom od 5.800 MW. Proizvodni

kapacitet trenutno postojećih elektrana iznosi 2.100 MW, što je 53% od ukupne proizvedene energije i samo 37% od ukupnog ekonomski ostvarivog potencijala. S godišnjim hidro-energetskim potencijalom od 99,256 GWh, BiH se nalazi na 8. mjestu u Evropi. Od ovog potencijala 700 MW se odnosi na male hidro-elektreane. Dosadašnja iskorištenost potencijala malih hidro-elektrana u BiH je 4,4% po iskorištenosti snage, a 5,7% po raspoloživoj energiji. Potencijal za izgradnju malih hidro-elektrana u BiH je velik, tako da bi se strateškim planom trebalo izgraditi 398 malih hidro-elektrana, čiji bi kapacitet iznosio 626.822 kW, a neto planirana energija 1.980.886 MWh. Planovi izgradnje elektrana s obnovljivim izvorima u Hrvatskoj do 2020. (2030.) su slijedeći: 1200 MW u vjetro-elektanama (2900 MW do 2030.); 140 MW u elektanama na bio-masu (420 MW do 2030.); 20 MW u geotermalnim elektanama (30 MW do 2020.); 45 MW u foto-naponskim elektanama (250 MW do 2030.); 100 MW u malim hidro-elektanama (140 MW do 2030.)

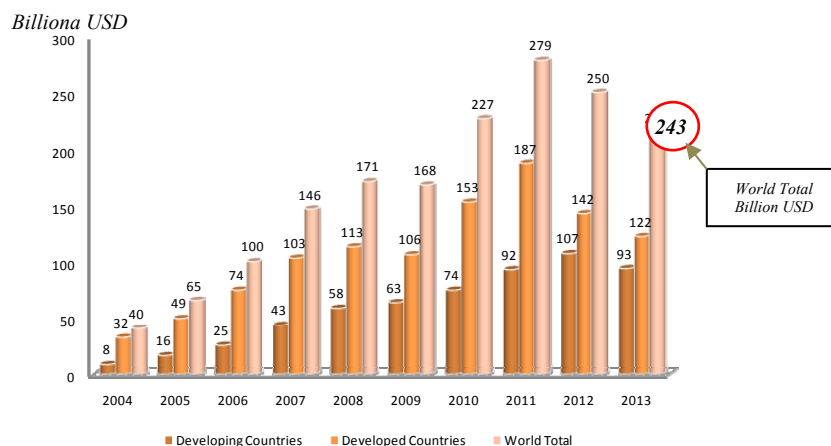


Slika 23. Ukupno instalirano MW u Hrvatskoj i EU (2001 i 2008 god.) obnovljivih izvora energije[32]

Na osnovu slike 23. vidimo da je u Hrvatskoj u 2008. godini od obnovljivih izvora energije proizvedeno 1,0 MW energije. U Hrvatskoj, kada je u pitanju industrija foto-naponskih članaka, u 2008 godini proizvedeno 7-8 GW, tako da je godišnji rast tržišta iznosio 40%. Od razmatranih OIE (PV, W, HE i GT), solarna PV energija, vjetro-energija i hidro-energija bi mogle biti podjednako ekološki prihvatljive. Međutim, ako se pravilno valorizira, prije svega, efikasnost hidro-energije, njeni zahtjevi za zemljištem i potrošnja vode kod reverzibilnih HE, onda je hidro-energija daleko najpovoljniji obnovljivi izvor energije. Ovo pogotovo ako se kombinira s drugim OIE, kao što su Sunce i vjetar. Vrlo je vjerojatno da bi budućnost OIE mogla pripasti ovakvim hibridnim sustavima (Hidro+Sunce i Hidro+Vjetar) u kojima bi odlučujuću ulogu u razvoju pojedinih tehnologija OIE (Sunce i vjetar), te manjih i srednjih sustava skladištenja energije, moglo imati upravo kemijsko inženjerstvo.

5. Investicije u obnovljive izvore energije u svijetu i otvaranje radnih mjesta

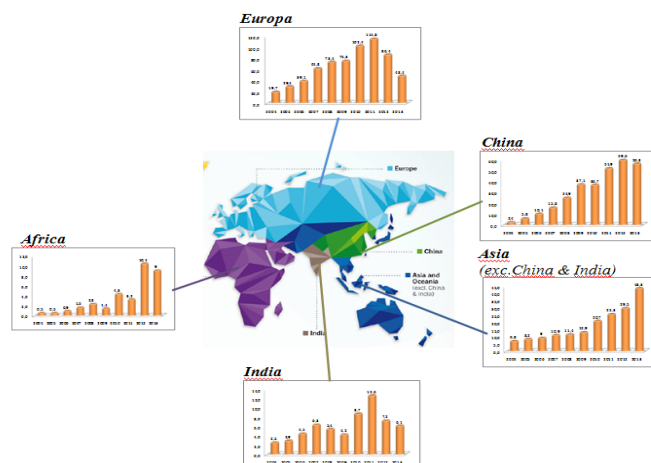
Investicije u obnovljive izvore energije u svijetu prikazane su na slici 24. Pored ukupnih investicija u svijetu prikazana su investiranja u obnovljive izvore energije u zemljama u razvoju i razvijenim zemljama. Kada su ukupne investicije u svijetu u pitanju od 2004. godine do 2011. godine imamo rastući trend investiranja od 40 biliona US\$ u 2004. godine. do 279 biliona US\$ u 2011. godini. U ove investicije nisu uključene investicije hidro-energetskih postrojenja od 50 Megawata.



Slika 24. Globalna nova ulaganja u obnovljive izvore energije i goriva, u svijetu, razvijene i zemlje u razvoju 2004-2013 godine [4,5]

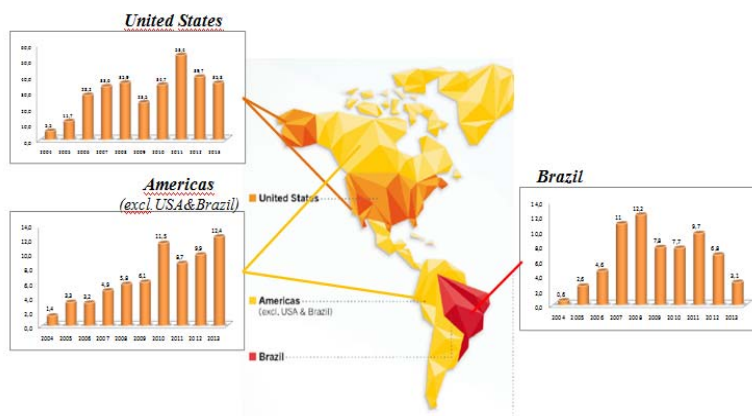
U ukupnom investiranju u svijetu u obnovljive izvore energije u periodu od 2011. godine do 2013. godine bilježi se pad investiranja sa 279 biliona US\$ na 243 biliona US\$ u 2013. godini. Potpuno je identičan trend investiranja u obnovljive izvore energije u razvijenim zemljama. Zemlje u razvoju investiraju daleko manje u obnovljive izvore energije nego razvijene zemlje u svijetu i trend investiranja je nešto drugačiji. Od 2004. godine, kada su investirale 8 biliona US\$, zemlje u razvoju sve do 2012. godine imaju rastući trend investiranja u obnovljive izvore energije, tako da su u 2012. godini investirale 107 biliona US\$, zatim dolazi blagi pad investiranja na 93 biliona US\$.

Investiranje u tehnologiju obnovljivih izvora energije u Evropi, Aziji, Africi, te u Kini i Indiji, prikazano je na slici 25.



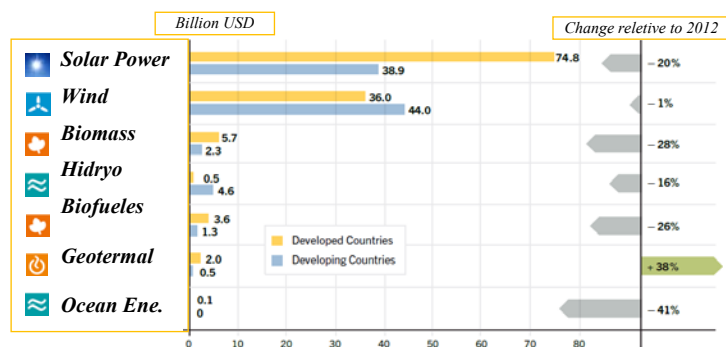
Slika 25. Globalna ulaganja u obnovljive izvore energije i goriva u Evropi, Aziji, Africi i zemljama Kini i Indiji u periodu 2004-2013. godine

Dolazimo do zaključka da je u zadnje dvije godine u Evropi, Africi i Indiji zabilježen pad ulaganja u tehnologije OIE, iako je trend investiranja od 2004. godine bio stalno rastući sve do 2011. godine. Rastući trend investiranja u obnovljive izvore energije zadržan je od 2004-2013. godine u Aziji i Kini.



Slika 26. Globalna ulaganja u obnovljive izvore energije i goriva u USA, Americi i zemljama Brazilu u periodu 2004-2013. godine[4-12]

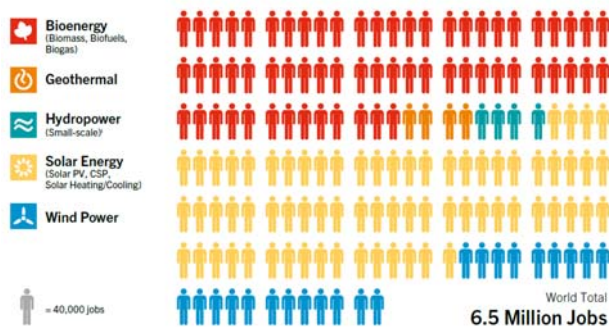
Na osnovu slike 26. zaključujemo da je isti opadajući trend u zadnje dvije godine kada je u pitanju investiranje u obnovljive izvore energije u USA i Brazilu, a rastući trend je u Americi (bez USA & Brazila). Na slikama 24-26. prikazano je globalno ulaganje u sve obnovljive izvore energije, a na slijedećoj slici prikazan je trend ulaganja ponaosob za svaki obnovljivi izvor energije u 2013. godini.



Slika 27. Globalna ulaganja u obnovljive izvore energije u 2013. godini

Najveća ulaganja u obnovljive izvore energije u 2013. godini su za solarnu energiju oko 113,7 biliona USD, a na drugom mjestu je obnovljivi izvor energije vjetar, odnosno vjetro-elektrane, u koje je

uloženo je 80 biliona USD. To je ipak manje ulaganje nego u 2012. godini. Investiranjem u obnovljive izvore energije dolazi do otvaranja novih radnih mjesta što je prikazano na slici 28. Navedenim investiranjem u obnovljive izvore energije došlo je do otvaranja novih radnih mjesta, tako da je otvoreno 6,5 miliona radnih mjesta u svijetu samo u OIE. Najveći broj radnih mjesta ostvareno je u OIE Sunce sa 2,76 miliona radnih mjesta.



Slika 28. Radna mjesta u obnovljivim izvorima energije zavisno od obnovljivog izbora[4]

Na drugom mjestu po zaposlenosti je energija bio-mase sa 2,52 miliona radnika, a na trećem mjestu po broju zaposlenih radnika u svijetu je OIE energija vjetra sa 840.000 hiljada radnika. Na kraju je hidro-energija i termalna energija sa oko 160.000 radnih mjesta svaka od njih.

6. Zaključak

Strategija energetskog razvoja obnovljivih izvora energije u svijetu ima takav scenarij da se do 2040/2050. godine dostigne potpuno održivi energetski sistem u svijetu kroz zamjenu fosilnih goriva sa energijom budućnosti-čistom energijom. Strategija energetskog razvoja električne energije kroz učešće obnovljivih izvora energije ukazuje na povećanje učešća obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije sa 19% u 2001.godini do 82% u 2040.godini. Kada je EU u pitanju njena strategija je 20-20-20, da se do 2020. godine smanje staklenički plinovi za 20%, da se smanji potrošnja energije 20% i ostvari 20% učešća obnovljiviH izvora energije do 2020. godine. Kapacitet obnovljivih izvora u svijetu u 2013.godini iznosio je 560 Gigawata, na prvom mjestu je obnovljivi izvor vjetro-elektarne sa kapacitetom preko 300 Gigawata, zatim Sunčeva energija (solar PV) sa oko 120 Gigawata i na trećem mjestu je bio-masa sa energijom od oko 100 Gigawata. Evropska Unija 28 je u 2013.godini proizvela 235 Gigawata energije iz obnovljivih izvora, gdje je također na prvom mjestu vjetar, zatim Sunčeva energija. Od šest top zemalja u svijetu po proizvodnji energije iz obnovljivih izvora dolazi na prvo mjesto Kina sa 118 Gigawata, na drugom mjestu su USA sa 93 Gigawata, Njemačka je treća zemlja u svijetu sa 78 Gigawata proizvedene energije u 2013 godini. Bosna i Hercegovina iskorištava svoje planinske tokove i rijeke potencirajući proizvodnju električne energije putem hidro-elektrana, kao i značajne rezerve uglja za gradnju termo-elektrana. Osnovni izvor primarne energije u Bosni i Hercegovini su hidro-elektarne i termo-elektarne (koje koriste ugalj) i pokrivaju preko 62% od ukupne potrošnje primarne energije . Teorijski potencijal Bosne i Hercegovine u hidro-energiji iznosi oko 8.000 MW, dok tehnički potencijal iznosi oko 6.800 MW, a ekonomski oko 5.800 MW. Trenutno instalirani kapacitet za proizvodnju hidro-energije iznosi 2.052 MW (što čini oko 53% ukupno proizvedene energije). To nam govori o značaju hidro-potencijala za Bosnu i Hercegovinu, iako je u velikoj mjeri neiskorišten (iskorištenje je svega oko 37% od ukupnog

ekonomskog potencijala). U Bosni i Hercegovini u strukturi ukupne potrošnje energije najzastupljeniji je ugalj sa oko 45,3%, zatim tečna goriva sa oko 21%, te drvena masa s oko 20,5%. Ostale forme energije (hidro-energija, prirodni plin i uvozna električna energija) učestvuju sa oko 13,1% u ukupnoj potrošnji.

Bosna i Hercegovina posjeduje velike potencijale za iskorištavanje energije iz obnovljivih izvora, putem energije dobivene iz vjetra, solarne energije, energije bio-mase i geotermalne energije. Na osnovu slike 23. vidimo da je u Hrvatskoj u 2008. godini od obnovljivih izvora energije proizvedeno 1,0 MW energije. U Hrvatskoj je, kada je u pitanju industrija foto-naponskih članaka, u 2008 godini proizvedeno 7-8 GW, tako da je godišnji rast tržišta iznosio 40%. Od razmatranih OIE (PV, W, HE i GT), solarne PV energija, vjetro-energija i hidro-energija bi mogle biti podjednako ekološki prihvatljive. Ukupna ulaganja u obnovljive izvore energije u svijetu u 2013.godini iznose 243 biliona USD. Najveća ulaganja u obnovljivim izvorima energije u 2013. godini su u solarnu energiju, oko 113,7 biliona USD, a na drugom mjestu je obnovljivi izvor energije vjetar, odnosno vjetro-elektarne, u koje je uloženo 80 biliona USD, To je ipak je manje ulaganje nego u 2012.godini. Investiranjem u obnovljive izvore energije dolazi do otvaranja novih radni mjesta. Navedenim investiranjem u obnovljive izvore energije došlo je do novih radnih mjesta, tako da je otvoreno 6,5 miliona radnih mjesta u svijetu samo u OIE. Najveći broj radnih mjesta ostvarila je OIE Sunce sa 2,76 miliona radnih mjesta. Na drugom mjestu je energija bio-mase po zaposlenosti sa 2,52 miliona radnika, a na trećem mjestu po broju zaposlenih radnika u svijetu je OIE energija vjetra sa 840.000 hiljada radnika. Očekivanja su da će se u budućnosti nastaviti sa ulaganjima u obnovljive izvore energije, tako da će doći do zamjene fosilnih goriva sa obnovljivim izvorima energije i do povećanje broja radnih mjesta.

7.Literatura

- [1] Isak Karabegović, V.Doleček, (2013), Current state and prospects for renewable energy sources with a special emphasis on potential of solar energy in the world, europe and bosnia and herzegovina, *Contemporary Materials (Renewable Energy Sources)*, Vol. IV. No. 2. 2013, Banjaluka, Bosnia and Hercegovina, ISSN 1986-8677: pp. 171-179.
- [2] Vlatko Doleček, Isak Karabegović, Renewable energy sources in Bosnia and Herzegovina: situation and perspectives, *Contemporary Materials (Renewable Energy Sources)*, Vol. IV. No. 2., Banjaluka, Bosnia and Hercegovina, ISSN 1986-8677: pp. 152 - 163.
- [3] Richards, B.S. ; Schäfer, A.I. (2009) Renewable Energy Powered Water Treatment Systems, Chapter in: Escobar, I.C. ; Schäfer, A.I. (Eds.) (2009) Sustainable Water for the Future – Water versus Desalination, Sustainability Science and Engineering: Defining Principles, Series Editor Abraham M.A., Elsevier, 353-374.
- [4] Global Trends in Renewable Energy Investment 2014, Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF. 2014.
- [5] Renewable 2014 Global Status Report, New York, 2014.
- [6] Renewable 2013 Global Status Report, Paris: REN21 Secretariat, 2013.
- [7] Renewable 2012 Global Status Report, Paris: REN21 Secretariat, 2012.
- [8] Renewable 2011 Global Status Report, Paris: REN21 Secretariat, 2011.
- [9] Renewable 2010 Global Status Report, Paris: REN21 Secretariat, 2010.
- [10] Renewable 2009 Global Status Report, Paris: REN21 Secretariat, 2009.
- [11] Renewable 2008 Global Status Report, Paris: REN21 Secretariat, 2008.
- [12] Renewable 2005 Global Status Report, DC: Worldwatch Institute. Washington, 2005.
- [13] Global Trends in Renewable Energy Investment 2014, Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF. 2014.
- [14] Vanek F., Albright L., Angenent L. (2012) *Energy Systems Engineering: Evaluation and Implementation*, Conveo Publisher Service, New York.
- [15] Vlatko Doleček, Isak Karabegović, (2013), Renewable Energy Sources of Bosnia and Hercegovina: State and Perspectives, 8th International Conference on Renewable Energy and Energy Efficiency, Montenegrin Academy of Sciences and Arts, 7. Oktober 2013, Podgorica, Montenegro, 2013.
- [16] Igor Raguzin, (2011), Model analize troškova i dobiti uporabe biomase u proizvodnji električne energije, Magistarski rad, Strojarski fakultet Slavonski Brod.
- [17] Šljivac, D. Šimić Z. (2009) Obnovljivi izvori energije, AWERES, FER, Zagreb.
- [18] Miloš Banjac, (2012) Obnovljivi izvori energije u Srbiji, SREM, Ruma.
- [19] Union of Concerned Scientists (1999) *Benefits of Renewable Energy Use*.
- [20] Granić G., Željko M., (2008) *Studija energetskog sektora u BiH. Modul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10*, Sarajevo.
- [21] Armstrong J., Hamrin J. (2013) *What are “Renewable Resources”?*, Chapter 1: Renewable Energy Overview, Cost-Effectiveness of Renewable Energy, Organization of American States.
- [22] Hondge B.K. (2010) *Alternative Energy Systems and Applications*, Mississippi State University.
- [23] Buhrke T., Wengenmayr R. (2012) *Erneuerbare Energie: Konzepte für die Energiewende*, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim.
- [24] Ministero dello Sviluppo Economico (2012) *Izveštaj o analizi stanja okolišnih tehnologija i obnovljivih izvora energije u BiH*, Sarajevo.

- [25] Donlagić M. (2010) *Obnovljivi izvori energije*, Centar za ekologiju i energiju, Tuzla.
- [26] Jenkins N., Allan R., Crossley P., Strbac G. (2000) *Embedded generation*, The Institution of Electrical Engineers, London.
- [27] European commission, Directorate-General for Energy and Transport: (2001) *COM 2001/77/EC Direktive on Electricity production from Renewable Energy Sources*.
- [28] Đerež N., Kolmar Z. i dr. (2008) *Obnovljivi izvori energije u Srbiji*, Subotica.
- [29] Knežiček Ž. (2011) *Strateški pravci energetske efikasnosti TK*, Tuzla.
- [30] Dobrilović I. (2013) „Energetski sektor Bosne i Hercegovine“, *INFOKOM*, god. 6, br. 55, str. 24-27, Sarajevo.
- [31] IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change: Fourth Assessment Report, Synthesis report, 2007. pp.52.
- [32] Stjepan Car, *Obnovljivi izvori energije*, FER, Zagreb, 2009.
- [33] WWF The Energy Report 2010. pp:24
- [34] <http://www.wbdg.org> (5. 10. 2014)
- [35] <http://www.inhabitat.com> (18. 11. 2014)
- [36] <http://www.q-solar.com> (22. 11. 2014)
- [37] <http://www.klubmamut-wordpress.com> (12. 12. 2013)
- [38] <http://www.bpz.hr> (05. 01. 2015)
- [39] <http://www.intrade.co.ba> (07. 01. 2015)

NUKLEARNE ELEKTRANE S TORIJSKIM REAKTOROM

THORIUM REACTOR NUCLEAR POWER PLANTS

Zijad Haznadar,¹ Bojan Trkulja², Frano Škopljanac-Maćina³,

¹FER Zagreb, Hrvatska,

²FER Zagreb, Hrvatska,

³FER Zagreb, Hrvatska,

zijad.haznadar@fer.hr

bojan.trkulja@fer.hr

frano.skopljanac-macina@fer.hr

SAŽETAK:

Torijem rastaljeni punjeni reaktori (MSR) omogućuju potencijalno sigurniji, korisniji i stabilniji oblik nuklearne energije. Praktički nemaju otpada.

Ključne riječi: *Teorijski reaktor, Reaktor s rastaljenom solju (MSR), Torijski rasplodni reaktor s rastaljenom solju (MSBR), Torijski reaktor s tekućim plinom (LFTR).*

ABSTRACT:

Thorium molten salt reactors (MSR) provide for potentially safer, more useful and more stable form of nuclear energy. They produce practically no nuclear waste.

Keywords: *Thorium reactor, Molten salt reactor (MSR), Thorium molten salt reactor (MSBR), Thorium liquid gas reactor (LFTR)*

1. UVOD

Pionirska istraživanja u SAD-u na Oak Ridge National Lab. (ORNL) u 1960.-im i 1970.-im godinama potvrdila su da je torijski reaktor sigurniji i operativniji od drugih reaktora.

Njegove prednosti su pasivna temperaturna regulacija, niski radni tlak i visoki stupanj pretvorbe toplinske u električnu energiju.

Na Internacionalnom forumu (GIF) 2002. godine izabran je torijski reaktor (Molten Salt Reactor, MSR, Reaktor s rastaljenom solju) kao jedan od šest najviše obećavajućih nuklearnih reaktora za budući razvoj.

2. TORIJ

Torij je slabo radioaktivni element, tri puta manje od urana.

U 5000 tona torija ima dovoljno energije da se podmiri sve potrebe svijeta u jednoj godini.

Torij se ne može cijepati i ne može sam održavati vlastitu lančanu reakciju. Ali, ako ga bombardiramo neutronima iz zasebnog fisionog materijala (na.pr. iz

U 233, U235; Pluton 239) ili iz akceleratora, on će se pretvoriti u fisioni element U 233, koji je izvrsno nuklearno gorivo.

Torijev gorivni ciklus je do sada uspješno demonstriran u preko 20 reaktora širom svijeta. Rezerve torija rasprostranjene su širom svijeta. Posebno veliki depoziti su u Australiji, SAD, Turskoj, Indiji, Kini i Mongoliji. U Europi Norveška ima oko 5% svjetskih rezervi torija.

3.SIGURNOST I OPERACIONA SVOJSTVA TORIJEVIH (MSR) REAKTORA

3.1. Pasivna regulacija temperature

Torijevi (MSR) reaktori imaju negativni temperaturni koeficijent, što znači da je regulacija reaktorske temperature pasivna.

Nema potrebe za kontrolu štapova ili aktivnog rashladnog sustava.

Ako je pregrijan, reaktor automatski regulira svoju temperaturu.

3.2. Niski radni tlak

Najviše torijskih (MSR) reaktora dizajnirano je tako da rade kod relativno niskih radnih temperatura između 650⁰ i 750⁰ C.

To potpuno eliminira rizik tlačne eksplozije.

3.3. Dobici od rastaljene soli

Gorivo u reaktoru s rastaljenom solju (MSR) je u tekućem stanju i ne može se rastaliti kao kruto gorivo (u obliku štapova) u lakovodnim reaktorima (Light Water Reactor, LWR).

Rastaljene soli su ohlađene i imaju visoki toplinski kapacitet, što ima za posljedicu da uređaji, kao pumpe i izmjenjivači topline, mogu biti kompaktni i trajni.

3.4. Moguću su mali moduli

Torijevi reaktori s rastaljenom solju (MSR) mogu biti maleni i modularni. Mogu se projektirati za snage do 300 MW. Time se mogu osigurati energetske potrebe u zabačenim područjima i pojedinim tvornicama. Po potrebi ih je moguće kombinirati u veće energetske jedinice. Posebna im je prednost da ne trebaju vodu za svoj rad i djelovanje.

4. TIPOVI TORIJSKIH REAKTORA S RASTALJENOM SOLJU (MSR)

Danas postoji interes za dva tipa torijskih (MSR) reaktora. To su:

- Torijski rasplodni reaktor s rastaljenom solju, t.j. Molten Salt Breeder Reactor (MSBR), i
- Torijski reaktor s tekućim prahom, t.j. Liquid Fluoride Thorium Reactor (LFTR).

Treba posebno istaknuti da LFTR proizvodi vrlo kratko živući otpad, jer svo gorivo sagori u reaktoru.

Energija proizvedena iz jedne tone Torija u LFTR-u ekvivalentna je onoj proizvedenoj iz 250 tona Urana u lakovodnom reaktoru (LWR).

5. ISTRAŽIVANJA U SVIJETU

Značajna istraživanja torijskih reaktora provode se u mnogim zemljama. Tako pored Sjedinjenih Američkih Država, znatne napore ulažu Kina, Francuska, Češka, Rusija itd.

Tako na pr. u siječnju 2011. godine Chinese Academy of Sciences najavljuje petgodišnji od vlade podržani sa 350 milijuna dolara istraživački program za torijem punjene MRS.

Paralelno se razvijaju dva projekta torijevih reaktora, poznatih pod imenima: Florida – Salt – Cooled High – Temperature reactor (FHR) i Thorium Malten – Salt Fuelled and Cooled Reactor (TMSR). FHR snage 2 MW predviđen je da bude kompletiran do 2017. godine, a TMSR od 2 MW oko 2020. godine. Do 2030. godine predviđena je gradnja 100 MW-og TMSR-a i 1000 MW-og FHR.

Franch National Centre for Scientific Research /CNRS) utemeljio je program razvoja MSR reaktora 1997. godine u Laboratory of Subatomic Physics and Cosmology (LPSC) u Grenobleu. U LPSC-u je razvijen koncept 3000 MW MSR reaktora.

6. PRETVORBA ENERGIJE

U torijskom MSR reaktoru, kombiniranom s plinskom turbinom u zatvorenom ciklusu, toplina se prenosi od rastaljenog slanog rashladnika na plinove. Zagrijan plin (oko 1000°C) pokreće turbinu koja proizvodi električnu energiju u el. generatoru.

7. ZAKLJUČAK

Zbog mnogih dobrih svojstava, a posebno jer praktički nemaju otpadnog goriva, Torijski reaktori pružaju dobru potencijalnu mogućnost za rješavanje energetske problema u svijetu.

8. LITERATURA

- [1] Thorium - Fuelled Molten Salt Reactors, The Weinberg Foundation, June 2013.
- [2] V. Knapp, D. Pevec, M. Matijević: Malten Salt Thorium Reactor –A Promising Nuclear Technology to Stop Global Warming, University of Zagreb, FER, Unska 3, Zagreb
- [3] The Thorium Molten Salt Reactor: Moving on from the MSBR, Progress in Nuclear Energy 48, 2006.
- [4] The status quo of China's nuclear power and the uranium gap solution. Energy Policy 38, 2010.

UTJECAJ VRSTE Zn PREVLAKE NA KARAKTERISTIKE ELKTROODPORNOSTI TAČKASTIH VAROVA

THE INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES Zn COATING ON PROPERTIES OF RESISTANCE SPOT WELDS

Ivan Polajnar¹, Srečko Kološa², Miro Uran², Primož Podržaj³

¹ Faculty of Technologies and Systems, Loka 2, 8000 Novo Mesto,

² Welding Institute, Ptujška 19, 1000, Ljubljana,

³ Faculty of Mechanical Engineering, Aškerčeva 6 1000 Ljubljana,

SAŽETAK:

U radu su prikazani utjecaji ključnih parametra zavarivanja na osnovne karakteristike elektroodpornih tačkastih varova, kod protivkorozijsko zaštićenog čeličnog lima, sa Zn prevlakom. Ustanovljeno je, da kod istog čeličnog lima, prevučenim sa nazivno jednako debelom zaštitom Zn, nanešenog sa potapanjem u vrući Zn ili elektrolitski, može se postići približno ista korozijsku postojnost, ali ne i jednaki kvalitet tačkastih varova. Naime, kod elektroodpornog zavarivanja, vrsta i stanje površine primjetno utječu već na sam početak formiranje elektroodpornog tačkastog vara, a pogotovo na njegove metalografske i mehaničke karakteristike.

Ključne riječi: konstrukcijski čelik, kontaktna električna otpornost, parametri zavarivanja, vučno – smicajna čvrstoća, metalografska procjena varova

ABSTRACT:

The process used and the composition of the molten metal in the case of the hot dipping process determine the physical and chemical properties of the coating. From the point of view of resistance spot welding the main emphasis of the coating is the modification of the contact resistance between the faying surfaces. It should be emphasized that not only the starting value of the contact resistance matters, but also its variation with temperature. As resistance spot welding of coated steels is used very often, it is very important to know the implications different types of coating make on the resistance spot welding process.

Keywords: mild coated steel, welding parameters, contact resistance, welding parameters, tensile - shear test, metallographic evaluating of welds.

1. INTRODUCTION

In nature there are many cases of using some kind of coating for protection (bird feathers for example). In metallurgy a similar approach is used in the application of steel sheets for different industrial applications. One of the most commonly used coating materials is zinc [1, 2]. There are however two essentially different processes associated with zinc coating. The first one is the hot dip coating where the steel strip is immersed in a bath of molten metal which can be pure zinc,

zinc/aluminium mixture, aluminium/silicon mixture or even a purealuminium. The second one is the electrogalvanising process, in which metal is deposited electrolytically on the cold steel strip. Zinc coating make resistance welding more difficult. Because of these, it is necessary to pay more attention to selection of electrode material, preparation and maintenance of electrode tips, optimization of welding parameters with narrow tolerances [3, 4]. At the same time evaporation and spattering of Zn coating has influence on working environment, appearance and chemical properties of weld surface and also impaired the mechanical properties of welded joints. Those problems are not manifested in the same way. At the same base material with same Zn coating thickness and different coating technology, problems are reflected in process of weld nugget formation, outlook of electrode indentation and properties of welds. In this paper, we studied low-alloy carbon cold-rolled steel sheets, which are massive and permanent used in company of household appliances. Often it is a dilemma whether it is permissible to weld the same products with the same welding parameters and where the Zn coated steel sheets used are made with two different coating technologies.

2. TYPE OF ZN COATINGS

Zinc coated steel can be defined as a steel substrate coated with different thicknesses of layer of zinc, a zinc/aluminium alloy or zinc/silicon alloy, Fig 1.

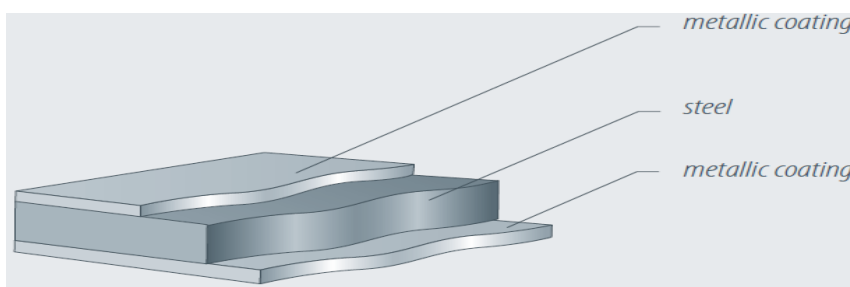


Fig. 1: A schematic representation of Zn-coated steel

When the products are as sheets, these are manufactured on continuous production lines. There are several different coating processes, but two basis [5, 6]:

The hot dip coating process, whereby the steel strip is immersed in a bath of molten metal. The composition of the molten metal determines the nature of the metal coating.

The electrogalvanising process, in which metal is deposited electrolytically on the cold steel strip.

2.1 Hot dip galvanised steel

Hot dip galvanised steel consists of a steel substrate with a zinc coating which is applied in a continuous hot dip process using a bath of molten zinc. Hot dip galvanised products offer very good corrosion resistance due to the cathodic and barrier protection provided by the zinc coating, combined with good forming properties. The coating has a uniform thickness, homogenous structure and bright metallic appearance .

Hot dip galvanised steel is characterised by a very wide range of coating thicknesses and substrate dimensions. This creates a large field of possible applications, both indoor and outdoor: structural profiles for building, panels and structures for domestic appliances, metal furniture etc.

Hot dip coatings are applied continuously to a steel strip by passing the substrate through a bath of molten metal.

2.2 Electrogalvanised steel

The electrogalvanising process allows a very high degree of chemical purity to be obtained, together with excellent control of coating thickness in all directions. Due to the sacrificial action of zinc, corrosion protection continues even if the coating is damaged; moreover the homogeneity of this coating has a beneficial effect on corrosion resistance.

Electrolytically zinc-coated steel is obtained by electroplating, more commonly known as electrogalvanising. With this process, it is possible to apply a very pure coating with an extremely regular thickness.

Electrogalvanised coatings are applied continuously to steel strip by passing the substrate through an electroplating bath.

3. INFLUENCE OF Zn-COATING ON RESISTANCE SPOT WELDING

Principle scheme of resistance spot welding of Zn-coated steel is the same as it is for uncoated steel (Fig. 2).

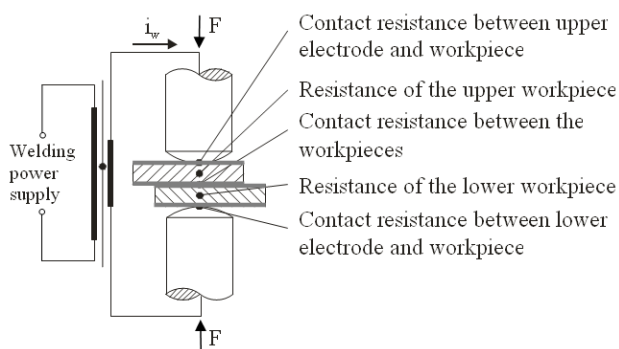


Fig. 2: A schematic representation of resistance spot welding of Zn-coated steel

The basic problem encountered in welding zinc coated steel, is one of generating sufficient heat to weld steel without drastically disturbing the zinc. Unfortunately, zinc has a melting point of about 30% of that of steel. Also, zinc will boil at about 60% of the melting point of steel, further complicating the welding process[7, 8, 9].

The problem, of course, is that when sufficient heat energy is applied to the weld area of zinc coated steel to join the steel, the zinc will be evaporated from the surface of the steel. Witness the white, zinc oxide ring that forms around the weld area.

In addition to this basic problem, type of Zn coating and thickness of coating are another important influence parameters to consider.

4. EXPERIMENT

Experimental results presented in document are minor part of cooperation research between Faculty of mechanical engineering, Faculty of natural sciences and engineering, Welding institute and company Gorenje d.d. Main part of presented results in this document are taken from bachelor and master theses [10, 11, 12].

4.1 Weld pieces

All weld pieces were made from same base material (low-alloy carbon steel) with same plate thickness $\delta = 1$ mm and coating thickness $7,5 \mu\text{m}$, but with different Zn-coatings technologies:

- hot-dip galvanized steel sheet,
- electro-galvanized steel sheet.
- Weld pieces geometry was in accordance with standard ISO 14273:2000 for single resistance spot welds, as shown on Fig 3.

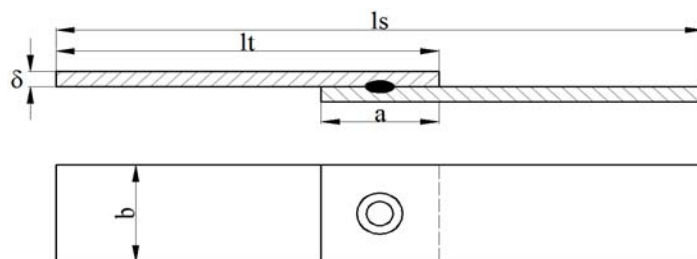


Fig. 3: Weld pieces geometry and dimensions. $b = 30$ mm; $l = 105$; $a = 35$ mm

4.2 Welding power source

Welding and measurements were done at Welding institute, Ljubljana, where mobile power source for resistance spot welding, manufacturer Nimac with Bosch Rexroth control unit was used (Fig. 4-left). Power source with control unit was capable of welding parameters adjustment using user-friendly interface (Fig. 4-right).

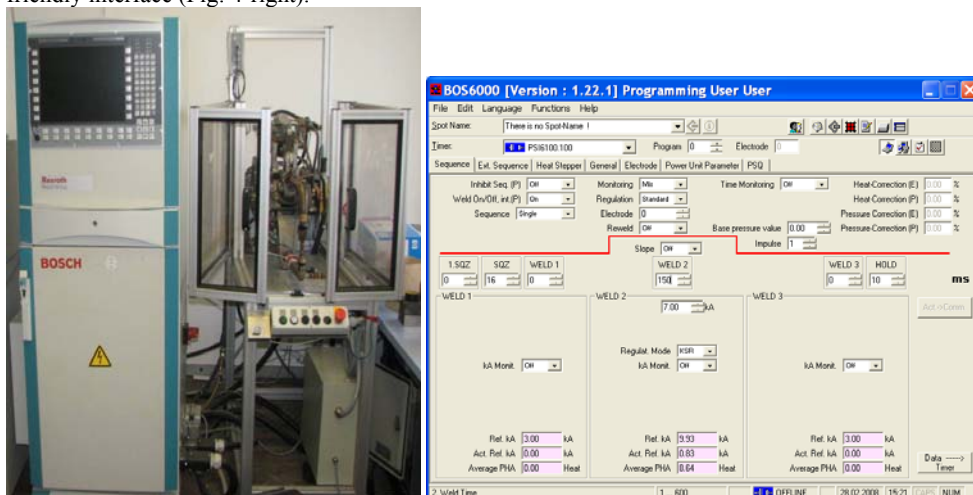


Fig. 4: Welding power source with control unit

4.3 Welding and welding parameters

Used replaceable standard electrode caps were made in accordance with standard DIN 44750 type 77888. (Fig. 5). Three different pairs of electrode caps with three different tip diameters were used.

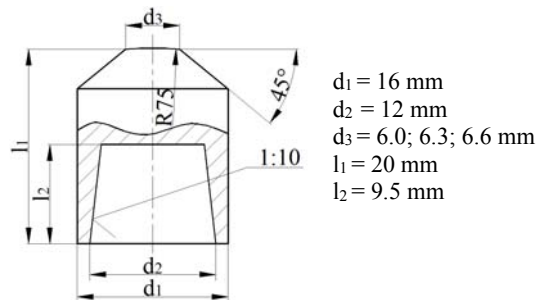


Fig. 5: Shape and dimensions of electrode cap

During welding three welding parameters were variable, (Fig. 6):

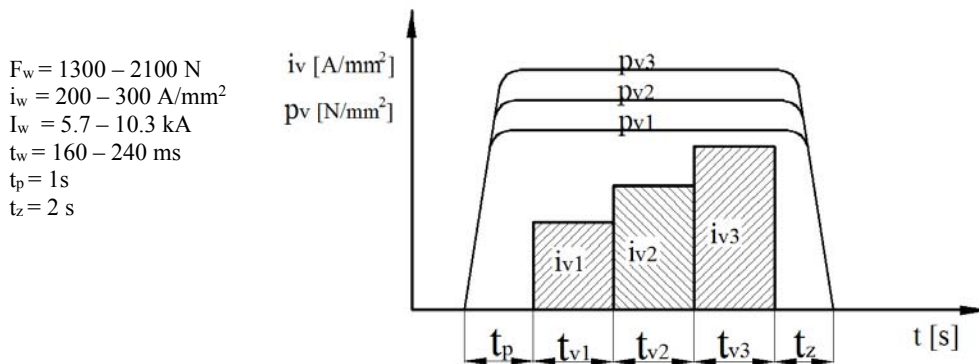


Fig. 6: Welding cycle

During welding current, voltage and resistance were on-line measured and stored on computer for all weld pieces. As example two typical welding parameters records are shown on Fig. 7.

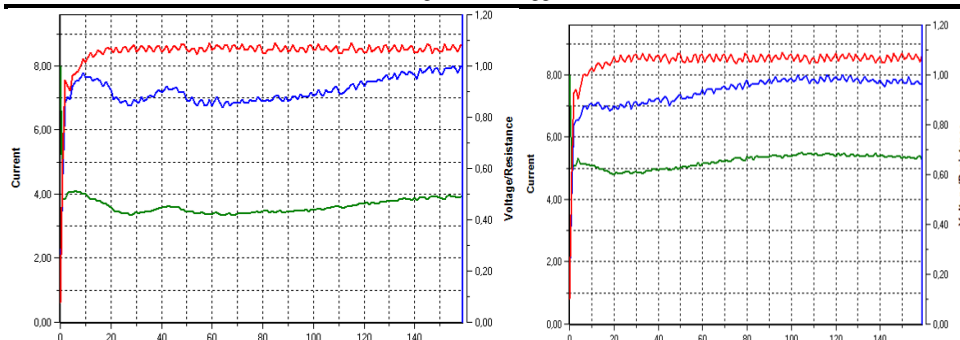


Fig. 7: Recorded welding parameters for hot-dip galvanized (left) and electro-galvanized (right) (electrode diameter $d_1 = 6,6$ mm, clamping force $F = 2,12$ kN, current density $i_w = 250$ A/mm²)

4.4 Evaluation of welds

Visual examination

After welding on the weld pieces variable parameters were measured, (average diameter and area of electrode indentation).. Photos of indentation for both types of Zn coatings for six weld pieces at different welding current are presented on Fig. 8.

			Electro-galvanized
$d_{sr} = 5,8$ mm, $A = 26,41$ mm ²	$d_{sr} = 6,06$ mm, $A = 28,82$ mm ²	$d_{sr} = 6,96$, $A = 38,02$ mm ²	
$p = 55,9$ N/mm ²	$p = 55,9$ N/mm ²	$p = 55,9$ N/mm ²	Hot-dip galvanized
			
$d_{sr} = 4,36$, $A = 14,92$ mm ²	$d_{sr} = 5,74$ mm, $A = 25,86$ mm ²	$d_{sr} = 6,12$ mm, $A = 29,40$ mm ²	
$i = 200$ A/mm ²	$i = 250$ A/mm ²	$i = 300$ A/mm ²	

Fig. 8: Results of visual examination at different current density

Metallographic examination

For metallographic examination only two weld nugget center cross sections were evaluated. Cross section of weld nugget for different Zn coatings, but welded with the same welding parameters are shown on Fig. 9.

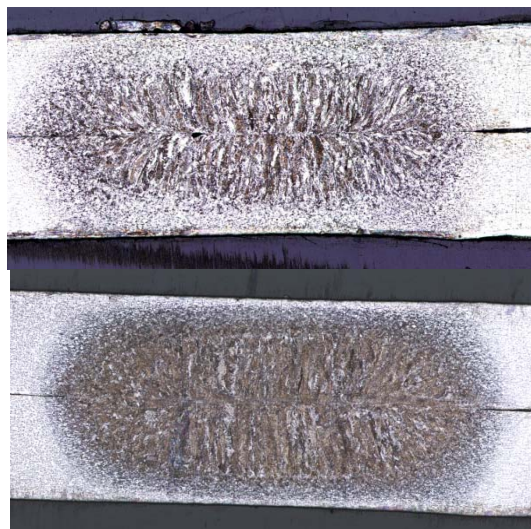


Fig. 9: Macro-section of weld nuggets for hot-dip galvanized (left) and electro-galvanized (right) (electrode diameter $d_1 = 6$ mm, clamping force $F = 1,37$ kN, current density $i_w = 200$ A/mm², welding time period $t_w = 160$ ms)

Tensile-shear testing

Set of three samples were made for each settings of welding parameters. Series of welded pieces photos prior and after tensile-shear testing are shown on Fig. 10 and Fig.11. Average values of (5 specimens) tensile –shear force at rupture F_p are collected in Tab. 1.

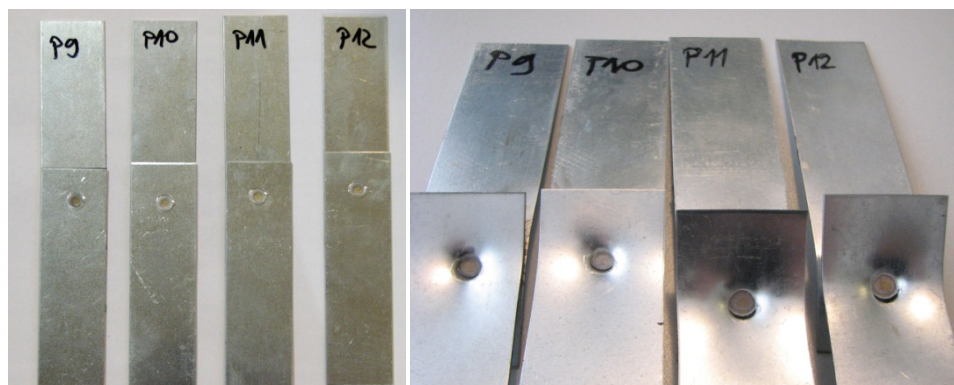


Fig. 10: Tensile-shear samples; (hot-dip galvanized); $d_e = 6,3$ mm; $i_w = 300$ A/mm²; $t_v = 200$ ms

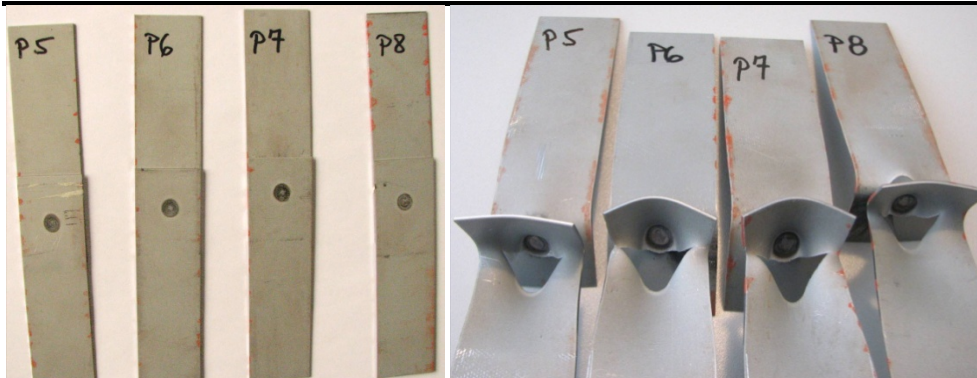


Fig. 11: Tensile-shear samples (electro-galvanized); $d_e = 6,3 \text{ mm}$; $i_w = 300 \text{ A/mm}^2$; $t_v = 200 \text{ ms}$

Averaged results of starting dynamic resistance R_s and tensile –shear force measurements F_p are collected and presented in Tab. 1. Averaging was based on sample size of five weld pieces.

Tab. 1: Results of R_s and F_p measurements

d_1 [mm]	I_w [kA]	i_w [A/mm ²]	t [ms]	R_s [$\mu\Omega$]		F_p [N]	
				Hot-dip	Electro	Hot-dip	Electro
6,6	10,3	300	200	225	175	4578	6210
	6,8	200	240	216	187	1210	5814
	8,6	250	160	173	189	2533	5920
6,3	7,8	250	240	175	210	3586	6254
	9,4	300	160	170	182	4455	6062
	6,2	200	200	193	221	1643	4110
6,0	5,7	200	160	191	163	1222	3808
	7,1	250	200	154	166	3350	5864
	8,5	300	240	125	181	4533	6472

5. DISCUSSION

In Section 4 described and presented results of experiments, represent a small part of the extensive research of optimization of welding parameters of resistance spot welding. Research work, with use of various kinds of base material with or without additional coating and implemented, was done at Welding institute, two faculties and in production organization.

One of the important findings of that research was that technology of Zn coating deposition had noticeable influence on the process and the results, even when the same base material and same declared thickness of the zinc coating was used. This encouraged us that we further investigated and compared results carried out in the case of hot-dip and electrogalvanized low-carbon steel sheet 1 mm thick, which is used in Gorenje on a mass scale. At this stage, we are aware that our research on this topic had not been performed in such extent and depth that our observations can be scientifically validated.

Among the presented results clearly stand out two significant dependencies:

The impact of input energy increases the size of the weld nugget and this is also reflected in the size of the electrode indentation.

Welding of (“equivalent” in eyes of purchasing persons) Zn coated materials (the same thickness of base material and with the same thickness of Zn layer) at the same nominal values of welding parameters (d_e , F_v , I_v , t), gives observable different results between hot-dip and electrogalvanized steel sheets.

Both of these statements can be illustrated by showing influence of welding parameters for hot-dip (T) and electrogalvanized (G) steel sheet and:

indentation diameter d (F_v and t are constant), Fig.12;
 tensile –shear force F_p (d_e and F_v are constant), Fig.13.

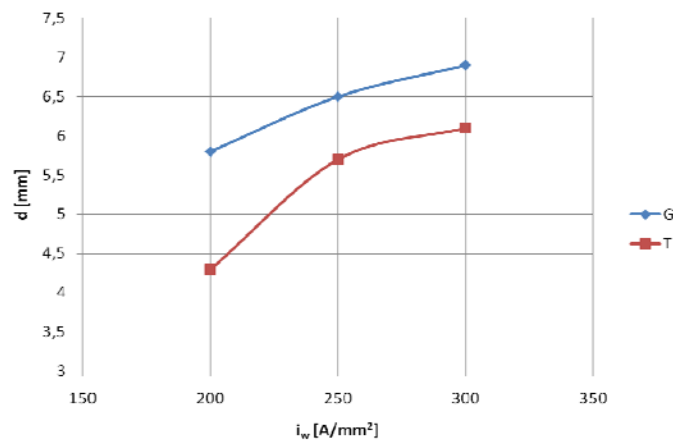


Fig. 12: Indentation diameter d dependence on welding current density i_w (one specimen per result)

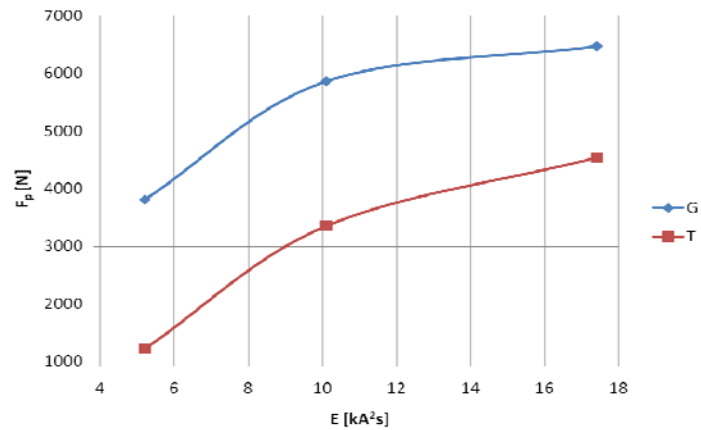


Fig. 13: Tensile –shear force F_p dependence on input energy E (several specimens per result) at electrode tip diameter $d_e = 6,0$ mm; range of F_p results for T at 5,2 kAs are from 1000 to 1650, at 10,1 kAs from 2998 to 3580, at 17,1 kAs from 4320 to 4722 and for G at 5,2 kAs from 3472 to 4128, at 10,1 kAs from 5813 to 5938, at 17,1 kAs from 6408 to 6508

5. INSTEAD OF CONCLUSION

Type of Zn coatings significantly affected the properties of the resistance spot weld. For a reasonable and scientific explanation of these differences some extension of the scope of the research carried out is needed.

6. REFERENCES

- [1] Galvannealed Coatings How do They Differ from Galvanized?, www.steelmillsoftheworld.com
<http://www.substech.com>
- [2] P. Howe, S. Kelley, Coating Weight Effect on the Resistance Weldability of Electrogalvanized Sheet Steel, *Welding Journal*, Vol.67, No 12, 1988.
- [3] Ivan Polajnar, Drago Bračun, Primož Podržaj, Janez Diaci Electrode Contact Area Monitoring During Resistance Spot Welding of Coated Steel; 57th Annual Assembly of IIW/IIS, Osaka, July 11. - 16. 2004
- [4] M. Ryudo, Y. Goto, K. Fujii, K. Matsuyama: Development of New Adaptive Control System for Resistance Spot Welding, IIW/IIS Doc.III-1115-98.
- [5] M. Krause: 'Widerstandspreßschweißen' (Resistance spot welding); 1993, Dusseldorf, Deutscher Verlag für Schweißtechnik, DVS Verlag GmbH.
- [6] R. B.Hirsh: Influence of water temperature and flow on electrode life, Resistance Welding: Theory and Applications Conference, AWS, Chicago 1997; pp,25-49.
- [7] I. Polajnar, L. Kosec, V. Krebs, S. Kološa, M. Uran, P. Podržaj; Vpliv vrste protikorozijske Zn prevleke na mehanske lastnosti uporovnih točkovnih zvarov; Dan varilne tehnike, Zbornik predavanj, Novo mesto 2014; str.145-151.
- [8] K. Matsuyama: Continuous Monitoring of Dynamic Resistance in Spot Welding, Resistance Welding: Theory and Applications Conference, AWS, Chicago 1997, pp 50-68.
- [9] DVS: 'Widerstandspreßschweißen von Stählen bis 3 mm einzeldicke – vorbereitung und durchführung' (Resistance spot welding of up to 3 mm thick steel sheets – preparation and execution), DVS-Merkblatt 2902, Deutscher Verband für Schweißtechnik DVS-Verlag GmbH, Dusseldorf, Germany, 1978.
- [10] M. Tumuluru, The Effect of Coatings on the Resistance Spot Welding Behavior of 780 MPa Dual-Phase Steel, *Welding Journal*, June 2007, Vol. 86, pp 161s-169s.
- [11] V. Krebs, Resistance spot welding of heterogenous materials in house hold appliance, Master thesis , NTF University of Ljubljana, 2011.
- [12] S. Kološa, Effect of different kinds and thicknesses of anticorrosion layers on weld strenght, Bachelor thesis, Faculty of Mechanical Engineering, Ljubljana 2010.

NAPREDNI PROCESI OBRADE REZANJEM METALNIH MATERIJALA

ADVANCED CUTTING PROCESSES OF METALLIC MATERIALS

Sabahudin Ekinović, Edin Begović, Elma Ekinović

University of Zenica, Faculty of Mechanical Engineering,
sekinovic@mf.unze.ba

SAŽETAK:

U radu su prikazani glavni ravojni pravci u obradi metala rezanjem i prezentirani neki rezultati istraživanja u oblasti naprednih tehnologija provedeni u Laboratoriji za obradu rezanjem i alatne mašine Univerziteta u Zenici. U prvom dijelu rada objašnjeni su glavni aspekti naprednih proizvodnih tehnologija rezanjem kao što su visokobrzinska obrada, tvrda obrada, suha obrada, polusuha obrada, te napredna polusuha obrada. U drugom dijelu rada prikazani su rezultati eksperimentalnog istraživanja. Eksperimentalna istraživanja se odnose na visokobrzinsko struganje-glodanje ugljeničnog čelika, duktilnog čelika i mesinga, zatim tvrdu obradu otvrdnutog čelika i polusuhu obradu aluminijumske bronz. Dobiveni rezultati pokazuju mnoge prednosti naprednih postupaka obrade u odnosu na konvencionalne.

Ključne riječi: Visokobrzinska obrada, suha obrada, polusuha obrada, tvrda obrada, metalni materijali

ABSTRACT:

Paper reviews some of the main developments in cutting technology, and presents some results of research performed in Metal Cutting and Machine Tools laboratory at University of Zenica. In the first part of paper the main aspects of advanced cutting processes like high-speed machining, hard machining, dry machining, minimum quantity lubrication (MQL) machining, and advanced MQL machining are described. In the second part of paper the results of experimental investigation are presented. There are several experimental setup concerning high-speed turn-milling of carbon steel, ductile steel, and brass, hard turning of hardened steel, and MQL machining of aluminium bronze. Results of investigation show so many advantages of mentioned cutting processes over the conventional ones.

Keywords: High speed machining, Dry machining, MQL machining, Hard machining, Metallic materials

1. INTRODUCTION

1.1. High speed machining [1,3]

High speed machining (HSM) is a difficult term to define due to a number of decisive factors including the properties of the material being machined, the availability of suitable tool materials, ranges of speeds and feeds of available machine tools. Basically, four different options in defining HSM can be distinguished, namely: cutting operation, work material, process stability and cutting force.

From a historical point of view the idea of HSM originated from Salomon's theory patented in 1931 in Germany. It assumed that at a certain cutting speed of 5-10 times higher than in conventional machining the chip removal (chip/tool interface) temperature will start to decrease. Unfortunately, so far, this theory has not been verified to its full extent and the relative decrease of temperature starts at different speeds for non-ferrous and ferrous materials. The reduction of cutting temperature with appropriate increase of cutting speed is more pronounced for aluminium and other non-ferrous metals (for example, for magnesium). In sharp contrast, it is marginal for steel and cast iron.

HSM technology allows the material removal rate (chip volume) and surface quality to increase, and at the same time the cutting force to decrease. A smaller amount of the heat generated in the cutting zone is transferred into the workpiece and cutting tool in comparison to traditional machining. As a result, thin-walled parts can be machined with high precision. Advanced cutting tool materials are required to compensate the shortening of tool life. Low thermal and chemical stability disqualify carbides from most of high speed machining operations. Ceramics can cut up to 1000 m/min but because of extreme brittleness and poor resistance to thermal and mechanical shock their use in HSM is substantially limited. CBN for ferrous materials and PCD for non-ferrous metals are well suited for HSM due to superior wear resistance at high temperature and they can prolong tool life to acceptable levels.

1.2. Dry and near-dry machining [2,3,4,5,6,7]

Dry machining and near-dry (Minimum Quantity Lubrication MQL) machining were developed as an alternative to flood and internal high-pressure coolant supply to reduce metal working fluids consumption. In dry machining, compressed air introduces into the cutting zone, while near-dry machining supplies very small quantities of lubricant into the cutting zone. Both these techniques have been introduced with the aim to reduce the use traditional coolant and lubricant.

The basic functions of a metal working (cutting) fluid are to provide cooling and lubrication and thus reducing the severity of the contact processes at the cutting tool–chip and cutting tool–workpiece interfaces. A metal working fluid may significantly affect the tribological conditions at these interfaces by changing the contact temperature, normal and shear stresses and their distributions along the interfaces, the type and/or mechanism of tool wear, machined surface integrity and machining residual stresses induced in the machined parts, etc. Also, the use of coolant and lubrication significantly affects the chip shape and frequency segmentation. In some applications, it is expected that metal working fluid should also provide secondary service actions, for example, washing of the machined part or chip transportation in deep-hole drilling, in which the metal working fluid transports the chip over significant distances. There are several principal ways to reduce ecological, economical and health impacts of metal working fluids:

- Balanced selection of metal working fluids,
- Proper application of metal working fluids,
- Meticulous management of metal working fluids, and

- Gradual reduction of metal working fluids usage by increasing the use of MQL machining (or near-dry) and dry machining. At present, many efforts are being undertaken to develop advanced machining processes using less or no metal working fluids.

Nowadays the manufacturers in the field of metal working increasingly turning dry machining as one of the ways for future processing of materials. The development of environmental awareness and concern for human health, as well as increasingly stringent legislation, increasingly forcing industrial production that abandons the use of traditional techniques of cooling and lubrication in machining, and to turn the application of advanced production technologies. One of these is a dry machining. Dry machining is ecological desirable process of metal removal that does not involve the use of wet cutting fluids. But, the mechanical and thermal loads on the cutting tool are increased. Therefore, cutting tool for dry machining applications can be designed in three different ways: by using new cutting tools material, by adapting new cutting tool geometries or by applying special cutting tool coatings. The main advantages of dry machining are: a) absence of significant pollution of the atmosphere and water, which reduces the risk to the environment and human health, b) eliminating the costs of using coolants and lubricants (acquisition, adaptation, application and disposal), c) elimination of residual coolants and lubricants on the parts of the machine tool and the workpiece, thereby eliminating the cost of machine and workpiece cleaning, d) elimination of residual coolants and lubricants on the chip, thus reducing the costs of disposal of the chip.

Attracted the most attention today is three ways a dry machining: traditional compressed air dry machining, cryogenic machining, and cold air dry machining. Employing compressed cold air for cooling in machining operations is a relatively new technique which has attracted many researchers.

Minimal quantity lubrication (MQL) machining was developed as an alternative to flood and internal high-pressure coolant supply to reduce metal working fluids consumption. This technique also known as near-dry machining (NDM), supplies very small quantities of lubricant to the machining zone. In MQL machining, the cooling media is supplied as a mixture of air and an oil in the form of an aerosol (often referred to as the mist). An aerosol is a gaseous suspension (hanging) into air of solid or liquid particles. In MQL machining, aerosols are oil droplets dispersed in a jet of air. In literature and in practice, there are no accepted classifications of MQL machining so it is very difficult for a practical engineer or plant manager to make the proper choice about the regimes of MQL machining and equipment needed.

The first level of MQL classification includes a way by which aerosol is supplied into the machining zone: a) MQL with external aerosol supply (the aerosol is supplied by an external nozzle placed in the machine similar to a nozzle for flood metal working fluid supply), and b) MQL with internal (through tool) aerosol supply (the aerosol is supplied through the tool similar to the high-pressure method of internal metal working fluids supply).

Second level of MQL classification includes an aerosol composition. Generally speaking, there are two groups of MQL machining with respect of this classification. First group represents the aerosol as an air-oil mixture. The discharge of the oil in this mixture is selected to be in the range 30–600 ml/h depending upon the design of the MQL system, the nature of the machining operation, the work material and many other factors. Second group represents so called advanced MQL system uses aerosol that includes not only oil but also some other components. There are two examples of advanced MQL systems: oil on water droplet and advanced minimum quantity cooling lubrication machining (MQCL machining).

1.3. Hard machining [1,3]

Traditionally, the finishing operations on the machine parts in a highly tempered or hardened state with hardness value in excess of 60 HRc are grinding processes, but recently hard cutting operations using tools with geometrically defined cutting edges have become more and more capable of replacing them and guaranteeing comparable surface finish (possible values of 0.1 μm Ra in CBN high precision machining) and IT (tolerance) standards (correspondingly IT3). Their applications have spread over such leading industrial branches as automotive, roller bearing, hydraulic and die and moulds sectors. Gear wheels, geared shafts, bearing tings and other transmission parts are typically machined by turning, while high speed milling is a leading technology in the die and moulds industry. In particular, the hard cutting process performed with ceramic or CBN tools can often cut manufacturing costs, decrease production time (lead-time), improve overall product quality, offer a higher flexibility and allow dry machining by eliminating coolants. The two first advantages lead to substantial shortening of the traditional technological chain with heat treatment and finish grinding after rough operation.

In general, hard turning can provide a relatively high accuracy for many hard parts but sometimes important problems arise with surface integrity, especially with undesirable patterns of residual stresses and the changes of subsurface microstructure, so-called white layer, which reduces fatigue life of turned surfaces.

Hard machining is performed under unique technological and thermo-mechanical conditions and, as expected, the cutting process mechanisms (chip formation, heat generation, tool wear) differ substantially from those observed in machining soft materials. Hard machining is performed also as dry and HSM processes. In particular, while small depths of cut (0.05-0.3 mm) and feed rates (0.05-0.2 mm/rev) are used, both small undeformed chip thickness and the ratio of the undeformed chip thickness to the radius of the cutting edge are obtained in such processes. This geometrical relationship leads to an effective rake angle of -60° to -80° and as a result extremely high pressure is generated to remove material in the vicinity of the cutting edge. Moreover, a large corner radius causes the components of the resultant cutting force to be high in conjunction with extreme high thermal stresses. It was already approved that cutting forces increase drastically with machining materials with hardness higher than about 45 HRc.

The formation of saw-tooth chips is one of the primary characteristics in the machining of hardened steels with geometrically defined cutting tools. Catastrophic failure within the primary shear zone during saw-tooth chip formation is usually attributed to either cyclic crack initiation and propagation or to the occurrence of a thermo-plastic instability.

Hard machining was found to be very efficient in many industrial branches such as automotive, aerospace, bearing, hydraulic and die/mould industries. It can be realized in a number of various machining operations (turning, milling, drilling, broaching, reaming and threading) performed with cermet, ceramic, CBN and PCD tools.

2. EXPERIMENTAL RESEARCH PERFORMED IN THE LORAM

2.1. Experimental setup No. 1: High-Speed Turn-Milling versus Conventional Turning of Steel [3]

The experimental work was carried out in the Laboratory of Metal Cutting and Machine Tools LORAM, at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Zenica. Universal lathe, supplied by especially in-house designed milling unit, was used to enable kinematics of high-speed turn-milling. This milling unit, Figure 1, makes possible achievement of spindle speed up to 25000 rev/min.

To make possible the comparison between turning and high-speed turn-milling, it was necessary define one common parameter as a reference feature. That parameter is specific removal rate, Q , of a workpiece material. Cutting conditions were set up to the same feed and depth of cut in both cases, at the same time cutting speed (work rotation) has been calculated to obtain equal removal rate, Q . Recalculations were done for all 3 experimental runs (different Q values and feed). Only rotational speed of a mill cutter, in turn-milling process, had to be defined. This value was kept constant during experiment and set to obtain cutting speed of 1000 m/min. The material of the workpiece is steel designated as AISI 5140. Workpiece diameter was of 100 mm, and length 600 mm. The average Brinell hardness of the workpiece material is 244 HB. Figure 2 illustratively shows results of this experiment, for all 3 experimental runs.

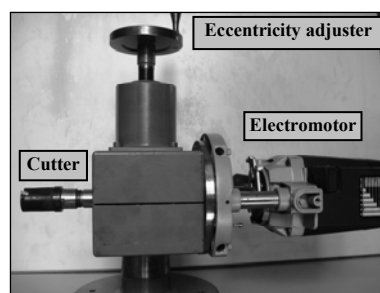


Figure 1. Milling unit used in experimental investigation

Underpinned by these results, following conclusions are drawn:

- The average value of the parameter R_a for conventional turning is $R_a=8.61 \mu\text{m}$, and for high-speed turn-milling $R_a=2.19 \mu\text{m}$. R_a is much lower for high-speed turn-milling.
- Increasing the feed, cause increase of R_a value for both machining processes.
- The average value of R_z parameter for conventional turning is $R_z=42.94 \mu\text{m}$, and for high-speed turn-milling $R_z=10.67 \mu\text{m}$. The lower value appears again for high-speed turn-milling.
- Increasing the feed, cause increase of R_z value for both machining processes.
- The average value of R_{max} parameter for conventional turning is $R_{\text{max}}=52.96 \mu\text{m}$, and for high-speed turn-milling $R_{\text{max}}=14.52 \mu\text{m}$. Again, the lower value relates to high-speed turn-milling.
- Increasing the feed, cause increase of R_{max} value for conventional turning, while in the case of high-speed turn milling this parameter kept almost the same value.
- According to the obtained results, conventional turning produced the machined surface quality of N9 class by ISO classification. At the same time, high-speed turn-milling generate surface of N7 class quality by ISO classification.
- From the aspect of exploitation, high-speed turn-milling produces "more strength" machined surface, since the percentage of lean, p_n , increases with increasing feed.

2.2. Experimental setup No. 2: High-Speed Turn-Milling of Ductile Steel [3]

This example shows the results of investigation of high-speed turn-milling of steels with hardness of 105 HB. In this case, there was no comparison with conventional turning made. The primary goal of this investigation was to explore if the milling unit, shown in Figure 1, can be used to perform machining of ductile steels and how far that can go? Two types of cutting tools TiAlN- and TiN (PVD)-coated carbides, with 4 flutes are used. No cooling or lubricating has been applied. Measuring output is, again, surface quality obtained by 10 experimental runs. The runs were performed according to the following cutting conditions: cutting speed, $v=1200$ m/min, depth of cut, $d=0.25$ mm, dry cutting, feed, $f_1=0.04$ up to $f_5=1.142$ mm/rev, cutting tools coating: TiAlN and TiN. Figure 3 reveals the results of this experimentation. Surface profiles are shown in same scale. Again, on the basis of presented results, the following conclusions are drawn.

- Increasing feed cause increase of average surface roughness, that is, decrease of the surface quality.
- The surface quality is better when using the TiAlN-coated solid carbide tool (with four cutting edges) than the TiN coated carbide insert.
- The machined surface quality is ISO N7 class, but very close to the N6 class.

So, this example confirmed the fact that high-speed machining (i.e., high-speed turn-milling) has numerous advantages, not only in machining of hardened steels but in machining of ductile steels too (steel grades with hardness of 105 HB). It is also evident that TiAlN coated tool have advantages over TiN-coated carbide tool, especially with higher feed values. Yet, one has to be aware that these conclusions are valid only for the above-defined machining conditions and for orthogonal turn-milling with centric position of cutter and workpiece.

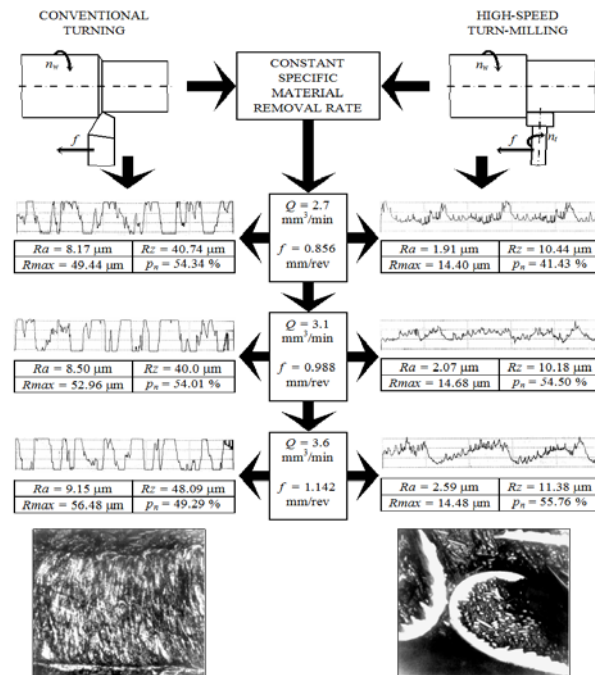


Figure 2. Graphical interpretations of experimental procedure and results

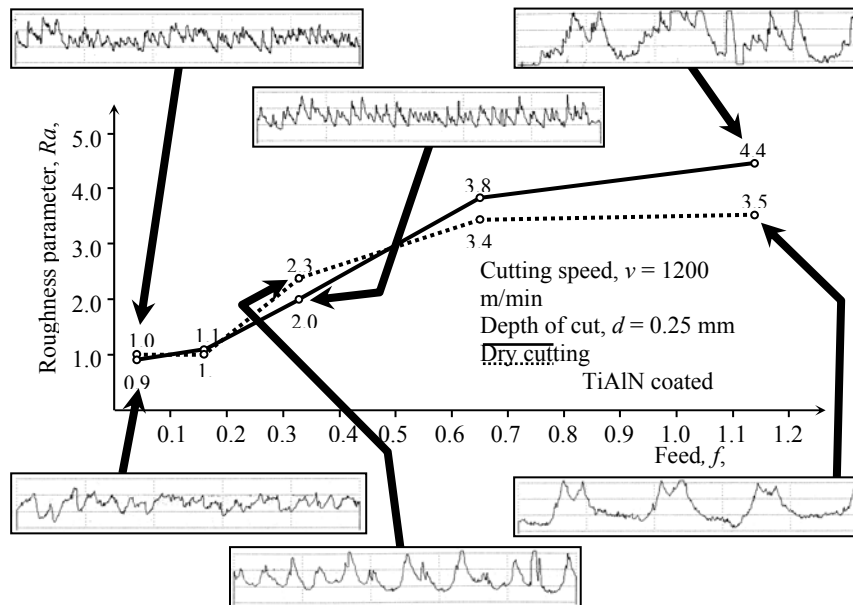


Figure 3. Relationship between roughness parameter R_a and feed f

2.3. Experimental setup No. 3: Hard turning of high-alloyed steel [3]

In this example, some results of machined surface quality obtained during hard turning on conventional lathe are presented. CBN inserts was engaged in cutting. Work material is high-alloy steel grade, quenched to hardness of 58–60 HRC. Chemical composition of it is presented in Figure 4. The machining conditions were as follows: cutting speed $v=125$ up to 270 m/min, feed $f=0.04$ mm/rev, depth of cut $d=0.25$ mm, dry cutting. As can be seen from Figure 4, 5 experimental runs were performed, with 5 different cutting speeds. After each run measuring of surface roughness parameters R_a , R_z has been done. This quick overview confirmed the statement that hard turning can efficiently be performed on conventional machines. Results gained in this test reveal that obtained surface quality goes up to $R_a \leq 0.21\text{--}0.25$ μm (ISO N5 class). This value corresponds to surface quality obtained by the grinding process.

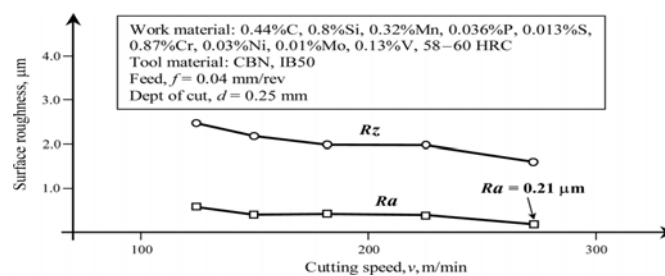


Figure 4. Results of surface roughness measurement during hard turning

2.4. Experimental setup No. 4: MQL (Oil on water droplet) machining of aluminium bronze [4,5]

MQL based on the concept of oil on water droplet is shown in Figure 5, which shows ideal oil on water droplet moving towards a hot surface. When the droplet reaches the tool or hot workpiece surface, the lubricant oil spreads over the surface in advance of water spreading. The water droplets are expected to perform three tasks: carrying the lubricant, spreading the lubricant effectively over the surface due to inertia and cooling the surface due to its high specific heat and evaporation. To make this concept practical, i.e., to generate oil on water droplets, a specially designed discharge nozzle is needed.

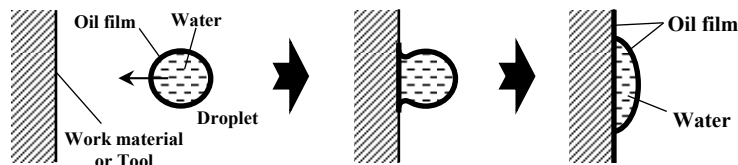


Figure 5. The concept of the oil on water MQL machining

Machining tests were carried out on a lathe. Workpiece material is a kind of aluminium bronze tags Cu85.5Al10Fe2.5Mn2, hardness of 150 HB. Machining tests were carried out by turning in two ways: without the use of metal working fluid, and by use of MQL machining (oil on water droplet). Turning conditions were: cutting speed $v=130$ m/min, depth of cut $d=1.5$ mm, and feed $f=0.16$ mm/rev. Experimental setup is shown in Figure 6. MQL machining conditions were as follows: the amount of oil 50 ml/h, the amount of water 50 ml/h, and the pressure of compressed air $p=2$ bar. Vegetable (biodegradable) rapeseed oil is used. By using appropriate measuring equipment, cutting forces are measured and also surface roughness parameters are measured. Figures 7 and 8 show the results of measuring cutting forces and surface roughness parameters, and chip metallographic analysis.

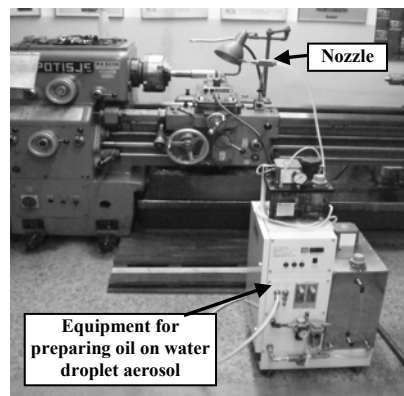


Figure 6. Experimental setup

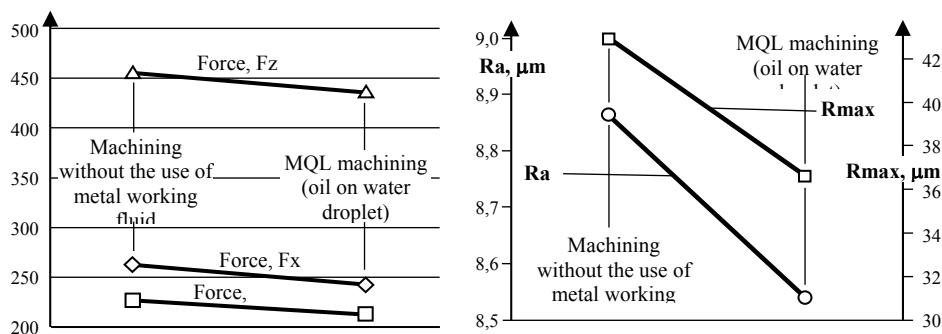


Figure 7. Graphical interpretation of cutting forces and surface roughness parameters measuring results

On the basis of results (See Figure 7 and 8), following conclusions can be made:

- Application of MQL machining is much more acceptable from an environmental standpoint because the processing used vegetable oil that does not pollute the environment,
- The amount of oil used is many times smaller than for the classical treatment with heavy use of coolants and lubricants,
- Less cutting force by 16% for MQL processing actually mean less power consumption which is very important in terms of energy savings (sustainability),
- Better quality of the machined surface is achieved by the MQL machining in comparison with machining without metal working fluid,
- Frequency segmentation of the chips is almost the same: 333 Hz in machining without the use of metalworking fluid, and 300 Hz in MQL machining,
- The average thickness of the chip in machining without the use of metalworking fluid (0.6 mm) is greater than the same in MQL machining (0.4 mm). This can be explained by the reduced force of friction between chip and tool in MQL machining,
- A smaller degree of strain hardening happens during MQL machining (compare: HV=285 and HV=235).

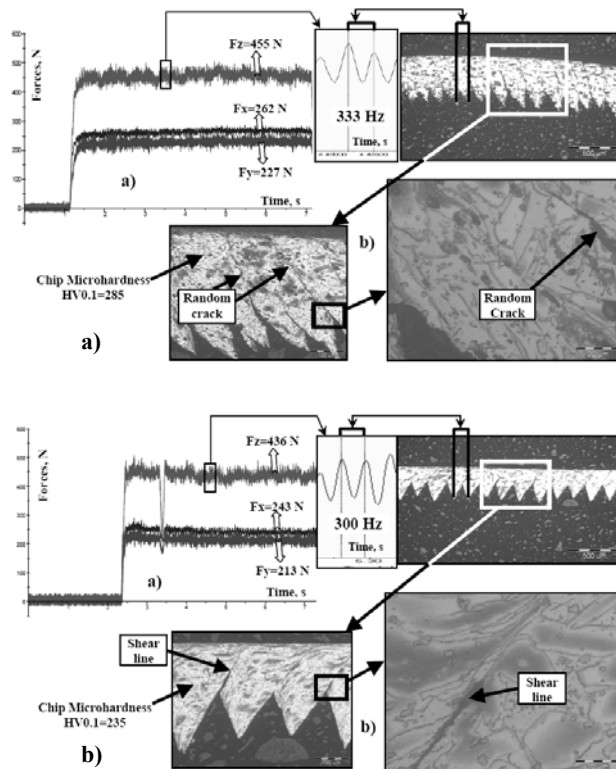


Figure 8. Chip shape exploration: a) machining without the use of metal working fluid, b) MQL machining

3. REFERENCES

- [1] W. Grzesik, *Advanced Machining Processes of Metallic Materials, Theory, Modelling and Applications*, Elsevier B.V. 2008.
- [2] V.P. Astakhov, *Ecological Machining: Near-dry Machining*, General Motors Bussines Unit of PSMI, 2009, 195-223.
- [3] S. Ekinović, E. Begović, A. Silajdžija, Comparison of Machined Surface Quality Obtained by High-speed Machining and Conventional Turning, *Machining Science and Technology, An International Journal*, 11(4), 2007, 531-551.
- [4] S. Ekinović, E. Begović, E. Ekinović, B. Fakić, Cutting Forces and Chip Shape in MQL Machining of Aluminium Bronze, *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 17(1), 2013, 17-20.
- [5] S. Ekinović, E. Begović, A. Lušija, MQL Machining – Oil on Water Droplet System, *Proceedings of the 4th International Symposium on Sustainable Development, ISSD2013*, GRE-1240, 1-8, Sarajevo, 24-26 May, 2013.
- [6] S. Ekinović, E. Begović, B. Fakić, A. Burić, A. Čeliković, Cold Air Dry Machining, Part 1: Experimental Setup, *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 18(1), 2014, 39-42.
- [7] S. Ekinović, E. Begović, B. Fakić, A. Burić, A. Čeliković, Cold Air Dry Machining, Part 2: SEM and Metalographic Analysis of the Chip, *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 18(1), 2014, 43-46.

OPTIMALNA LOKACIJA INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA

OPTIMAL LOCATION OF INFRASTRUCTURAL FACILITIES

Husein Pašagić, Antun Presečki, Ermina Pašagić,
pasagichusein@gmail.com

SAŽETAK:

Nove tehnologije učinile su da mnogi nepoželjni objekti, kao npr. deponiji otpada, pretovarni centri, vozila za prijevoz otpada vrlo malo ili skoro nikako nisu opasni za ljudsko zdravlje. Ipak svako naselje želi da su takvi ili slični objekti što dalje od njih. S druge strane poželjni objekti, kao što su: klinike, škole, pošte, uredi, stajališta autobusa i slično, svako naselje želi da mu je što bliže. Metode operacijskih istraživanja omogućuju da se nađu optimalne lokacije za nepoželjne i poželjne objekte na nekom prostoru.

U radu je obrađen konkretni primjeri lokacije deponije otpada na prostoru USK.

Ključne riječi: transportna mreža, lokacijski problemi, lokacija poželjnih i nepoželjnih objekata

ABSTRACT:

New technologies have made it possible for many undesirable facilities, such as e.g. waste disposals, trans-shipment centres, waste transportation vehicles, etc. to become either very little or almost not at all harmful to the human health. And yet, the majority of citizens want these and similar facilities to be as far from them as possible. This may usually be for psychological reasons. Therefore, the decision-makers have a difficult and complex task of convincing the residents of the settlement to accept such infrastructural facilities like the desirable ones, because then the transportation costs are minimal. On the other hand, every settlement wants to have the desirable facilities, such as: clinics, schools, post-offices, offices, bus stops and the like, as near as possible. The methods of operational studies make it possible to find optimal locations for undesirable and desirable facilities in a certain area, and to analyse the results.

The paper deals with the concrete examples of locations of the waste disposal on the territory of Una-Sana Canton.

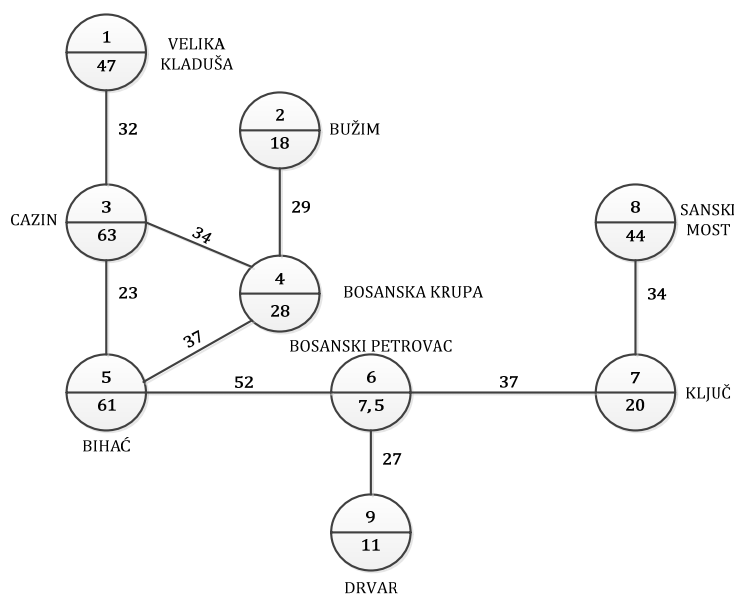
Keywords: transportation network, location problems, location of desirable and undesirable facilities

1. UVOD

Na nekom naseljenom prostoru *poželjni objekti* su: medicinski centri, škole, pošte, lječilišta, bazeni, servisi, robni centri, distribucijski centri i slično a *nepoželjni objekti*: deponiji smeća, zatvori, centri za azilante, industrija koja zagađuje i slično. Stanovnici gradova promatranog prostora žele da su im *poželjni objekti* što bliže a *nepoželjni objekti* što dalje. U ovom radu razmatra se lokacija deponija otpada na prostoru Unsko-Sanskog kantona (USK). Iako nove tehnologije osiguravaju da nepoželjni objekti s velikom vjerojatnosti nisu štetni za ljudsko zdravlje ipak stanovnici svakog naselja žele da je to što dalje od njih. To mogu biti i psihološki razlozi i donositelji odluka o lokacijama takvi

infrastrukturnih objekata time se susreću. Trenutno na regiji *USK* je aktualan problem lokacije deponija otpada.

Deponiji otpada su infrastrukturni objekti od strateškog značaja: radi se o velikoj investiciji, duljem životnom vijeku objekta, objekta koji utječe na brojne operativne procese i slično. Visoki troškovi izgradnje objekata često onemogućuju preseljene objekata. Projekti ovog tipa zahtijevaju dugoročna ulaganja gdje objekti moraju vršiti određene funkcije za dulje vremensko razdoblje. Dakle, donositelji odluka moraju odabrati mjesta lokacije koja neće samo dobro obavljati svoju funkciju prema trenutnom stanju sustava već i prema predviđanjima budućih promjena u sustavu. Od položaja određenih objekata na naseljenom prostoru zavisi kvaliteta života na tom prostoru i ukupni troškovi usluga.



Slika 1 – Mreža prometnica *USK*

Lokacijski problemi su predmet istraživanja u mnogim ljudskim djelatnostima. Primjenljive i korisne rezultate daju timovi različitih struka, lokacijske probleme treba promatrati s različitih aspekata. Teorija grafova najčešće se koristi za rješavanje lokacijskih problema. Obično se objekti na transportnoj mreži lociraju u čvorovima, u posebnim slučajevima objekte je moguće locirati u bilo kojoj točki promatranog prostora a onda govorimo o kontinuiranim lokacijskim problemima. Mreža prometnica *USK* može se prikazati kao mreža gdje su općine čvorovi, s pridruženim rednim brojevima čvorova i brojem stanovnika zaokruženim u tisućama, a prometnice lukovi kojima su kao ponderi pridružene udaljenosti u kilometrima (Slika 1 – Mreža prometnica *USK*; Slika 2 – čvor mreže na slici 1).



Slika 2 – Čvor mreže na slici 1

U mnogobrojnim zadacima modeliranja lokacijskih problema, čvorovi predstavljaju postojeće i/ili potencijalne (nove) lokacije za objekt (objekte) koje želimo locirati i/ili korisničke punktove, a grane grafa odgovaraju njihovim relacijama (prometnice, komunikacijske linije, električni vodovi, itd.). Težina pridružena čvoru predstavlja broj klijenata ili zahtjev za uslugama u tom čvoru, na slici 2 to je broj stanovnika u tisućama.

Proučavanje Teorije lokacije počelo je 1929. godine, kada *Alfred Weber* razmatra kako pozicionirati jedno skladište kako bi se smanjila ukupna udaljenost između njega i nekoliko kupaca [1]. Teoriju lokacija obrađuje *Hakimi* u nekoliko radova [2, 3, 4]. U knjizi *D. Teodorovića: Transportne mreže* [5] opisane su matematičke metode za rješavanje lokacijskih problema. U radovima [6, 7] prikazane su heurističke metode za rješavanje realnih lokacijskih problema velikih dimenzija te primjena linearnog programiranja, metode medijana i teorija igara za rješavanje lokacijskih problema. Konkretni primjer lokacije infrastrukturnih strategijskih objekata prikazan je u [8].

2. RJEŠAVANJE LOKACIJSKIH PROBLEMA LINEARNIM PROGRAMIRANJEM

Neka je mreža na slici 1 [7, 8] neorijentirana mreža X , gdje je X skup od n čvorova, L skup lukova (grana) te D skup udaljenosti između čvorova. Kod svakog čvora je ispisan broj stanovnika u tisućama, koje ćemo tretirati kao broj zahtjeva za uslugama z_j , $j = 1, 2, \dots, n$. Treba odrediti p čvorova u koje bi se postavili objekti u kojima se obavljaju određene usluge. Označimo najkraći put između čvorova i i j s d_{ij} . Uvodimo u razmatranje binomne varijable x_{ij} koje se definiraju na sljedeći način:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ukoliko je objekt smješten na } i\text{-ti čvor a opslužuje klijente iz } j\text{-tog čvora} \\ 0, & \text{ako objekt nije smješten na } i\text{-ti čvor.} \end{cases}$$

Ukoliko se radi o *poželjnom objektu* problem se postavlja tako da želimo minimizirati ukupni pređeni put F između objekta za usluge i korisnika. U tom slučaju, funkcija cilja može se formulirati na sljedeći način:

minimizirati

$$\min F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n z_j d_{ij} x_{ij}, \quad (1)$$

Svaki klijent može biti uslužen u samo jednom objektu pa se to ograničenje može napisati kao:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Ograničenje da na mreži treba locirati p objekata može se napisati kao:

$$\sum_{j=1}^n x_{jj} = p \quad (3)$$

Svaki klijent lociran u čvoru u kojem je lociran i objekt dobiva uslugu iz tog objekta, što je osigurano ograničenjem:

$$x_{ij} \geq x_{jj}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n; \quad i \neq j \quad (4)$$

Kao što je ranije rečeno x_{ij} binomna varijabla:

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Ukoliko se radi o *nepoželjnom objektu*, svako naselje želi da je taj objekt što dalje od njega, tako će funkcija cilja F za taj problem biti maksimum izraza (1) odnosno:

$$\max F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n z_j d_{ij} x_{ij} \quad (6)$$

Ostala ograničenja ostaju ista.

3.SMJEŠTAJ POŽELJNIH I NEPOŽELJNIH OBJEKATA NA MREŽI PROMETNICA USK

U tablici 1 prikazani su općine Unsko-Sanskog kantona, pridruženi brojevi čvorova te broj stanovnika zaokružen na tisuće, koje uzimamo kao broj zahtjeva z_j [9].

Tablica 1. Općine Unsko Sanskog Kantona

Lokacija	V.Klad.	Bužim	Cazin	B.Kru.	Bihać	B.Petr.	Ključ	S.Most	Drvar
Čvor	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Br.sta. X 1000	47	18	63	28	61	7,5	20	44	11

Sa slike 1 možemo odrediti najkraće putove između čvorova i prikazati ih matricom $[d_{ij}]$:

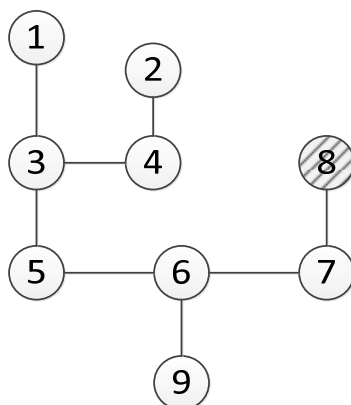
$$[d_{ij}] = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 95 & 32 & 66 & 55 & 107 & 144 & 178 & 134 \\ 95 & 0 & 63 & 29 & 66 & 118 & 155 & 189 & 145 \\ 32 & 63 & 0 & 34 & 23 & 75 & 112 & 146 & 102 \\ 66 & 29 & 34 & 0 & 37 & 89 & 126 & 160 & 116 \\ 55 & 66 & 23 & 37 & 0 & 52 & 89 & 123 & 79 \\ 107 & 118 & 75 & 89 & 52 & 0 & 37 & 71 & 27 \\ 114 & 155 & 112 & 126 & 89 & 37 & 0 & 34 & 64 \\ 178 & 189 & 146 & 160 & 123 & 71 & 34 & 0 & 98 \\ 134 & 145 & 102 & 116 & 79 & 27 & 64 & 98 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$z_j \quad 47 \quad 18 \quad 63 \quad 28 \quad 61 \quad 75 \quad 20 \quad 44 \quad 11$$

U sljedećem koraku treba izračunati izraz $z_j d_{ij}$, tako što ćemo svaki stupac matrice najkraćih udaljenosti $[d_{ij}]$ pomnožiti sa brojem zahtjeva za uslugama u čvoru j , tako se prvi stupac pomnoži s 47 drugi s 18 i tako redom, dobije se matrica $[z_j d_{ij}]$:

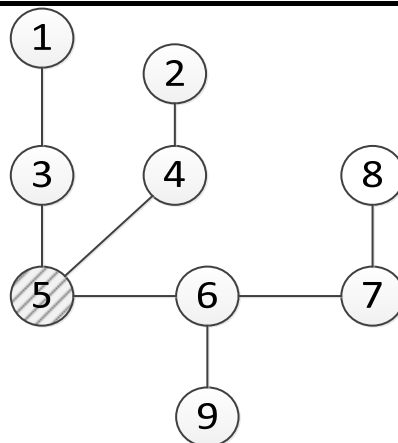
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ
1	0	1710	2016	1848	3355	802,5	2880	7832	1474	21971,5
2	4465	0	3969	812	4026	885	3100	8316	1595	27169
3	1504	1134	0	952	1403	562,5	2240	6424	1122	15341,5
4	3102	522	2142	0	2257	667,5	2520	7040	1276	19526,5
$[z_{ij}] = 5$	2585	1188	1449	1036	0	390	1780	5412	869	14709 Min
6	5029	2124	4725	2492	3172	0	740	3124	297	21705
7	5358	2790	7056	3528	5429	277,5	0	1496	704	26638,5
8	8366	3402	9198	4480	7503	532,5	680	0	1078	35239,5 Max
9	6298	2610	6426	3248	4819	202,5	1280	4312	0	29195,5

Prema sumu redaka matrici $[z_{ij}]$ smještaj jednog *nepovoljnog* objekta najbolje je u čvor 8 tj. blizina općine Sanski Most jer je tad Σ najveća tj. 35.239,5. To rješenje zadovoljava ograničenja (2), (3), (4), (5) a funkciji cilja (6) ima maksimalnu vrijednost. Po toj logici deponij otpada trebalo bi smjestiti negdje oko Sanskog Mosta, slika 3.



Slika 3 – Graf za lokaciju hab objekta u čvoru 8; $\Sigma = 35.240$

U matrici $[z_{ij}]$ suma petog reda ima najmanju vrijednost, što odgovara čvoru 5 odnosno općini Bihaću. Ako *poželjni* objekt lociramo u čvor 5 tj. općina Bihać tada funkcija cilja (1) ima najmanju vrijednost tj. 14.709 i zadovoljena su ograničenja (2), (3), (4) i (5). To je rješenje lociranja jednog *poželjnog* objekta na mrežu Unsko-Sanskog kantona. Lokacija regionalnog bolničkog centra u Bihaću je opravdana po ovom kriteriju, kao npr. Univerziteta, Suda itd. slika 4.



Slika 4 – Graf za lokaciju objekta u čvoru 5; $\Sigma = 14.709$

Realno je pretpostaviti da su troškovi transporta proporcionalni udaljenostima i količini tereta koja je proporcionalna s brojem stanovnika tako se može procijeniti da su troškovi transporta 2.4 puta veći ($35.240 : 14.709$) ako je deponiji blizu Sanskog Mosta nego blizu Bihaća. S obzirom da se danas radi o visokim tehnologijama deponija otpada može se prihvatiti rješenje da se traže najkraće udaljenosti. Tako da se po ovim kriterijima za makro planiranje lokacije deponija može razmišljati o okolici Bihaća, s tim da se u mikro planiranja potpuno i sigurno zaštite važna prirodna bogatstva kao npr. rijeka Una i Nacionalni park.

Ukoliko je potrebno smjestiti više objekata na transportnu mrežu problem se može rješavati pomoću metoda linearnog programiranja koristeći neke od komercijalni programskih paketa npr. WinQSB⁺. Za lociranje npr. dva *poželjna objekta* ($p = 2$) na mreži prometnica *USK* postoji 81 varijabla, koje su prikazane u tablici 2. Kako će se kasnije vidjeti postavljeni problem ima ukupno 82 ograničenja.

Tablica 2 . Varijable postavljenog problema

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$X_{11}=X_1$	$X_{12}=X_2$	$X_{13}=X_3$	$X_{14}=X_4$	$X_{15}=X_5$	$X_{16}=X_6$	$X_{17}=X_7$	$X_{18}=X_8$	$X_{19}=X_9$
2	$X_{21}=X_{10}$	$X_{22}=X_{11}$	$X_{23}=X_{12}$	$X_{24}=X_{13}$	$X_{25}=X_{14}$	$X_{26}=X_{15}$	$X_{27}=X_{16}$	$X_{28}=X_{17}$	$X_{29}=X_{18}$
3	$X_{31}=X_{19}$	$X_{32}=X_{20}$	$X_{33}=X_{21}$	$X_{34}=X_{22}$	$X_{35}=X_{23}$	$X_{36}=X_{24}$	$X_{37}=X_{25}$	$X_{38}=X_{26}$	$X_{39}=X_{27}$
4	$X_{41}=X_{28}$	$X_{42}=X_{29}$	$X_{43}=X_{30}$	$X_{44}=X_{31}$	$X_{45}=X_{32}$	$X_{46}=X_{33}$	$X_{47}=X_{34}$	$X_{48}=X_{35}$	$X_{49}=X_{36}$
5	$X_{51}=X_{37}$	$X_{52}=X_{38}$	$X_{53}=X_{39}$	$X_{54}=X_{40}$	$X_{55}=X_{41}$	$X_{56}=X_{42}$	$X_{57}=X_{43}$	$X_{58}=X_{44}$	$X_{59}=X_{45}$
6	$X_{61}=X_{46}$	$X_{62}=X_{47}$	$X_{63}=X_{48}$	$X_{64}=X_{49}$	$X_{65}=X_{50}$	$X_{66}=X_{51}$	$X_{67}=X_{52}$	$X_{68}=X_{53}$	$X_{69}=X_{54}$
7	$X_{71}=X_{55}$	$X_{72}=X_{56}$	$X_{73}=X_{57}$	$X_{74}=X_{58}$	$X_{75}=X_{59}$	$X_{76}=X_{60}$	$X_{77}=X_{61}$	$X_{78}=X_{62}$	$X_{79}=X_{63}$
8	$X_{81}=X_{64}$	$X_{82}=X_{65}$	$X_{83}=X_{66}$	$X_{84}=X_{67}$	$X_{85}=X_{68}$	$X_{86}=X_{69}$	$X_{87}=X_{70}$	$X_{88}=X_{71}$	$X_{89}=X_{72}$
9	$X_{91}=X_{73}$	$X_{92}=X_{74}$	$X_{93}=X_{75}$	$X_{94}=X_{76}$	$X_{95}=X_{77}$	$X_{96}=X_{78}$	$X_{97}=X_{79}$	$X_{98}=X_{80}$	$X_{99}=X_{81}$

Prema ranije postavljenom x_{11} znači da je objekt smješten na lokaciji 1 i snabdijeva korisnike na lokaciji 1, x_{12} da objekt smješten na lokaciji 1 a snabdijeva korisnike na lokaciji 2 i tako redom.

Za lokaciju dva *poželjna objekta* na transportnoj mreži *USK* funkcija cilja (1), ta temelju matrice $[z_{dij}]$ i tablice 2 može se napisati kao:

$$\begin{aligned} \text{Min } \{ & 0x_1 + 1710x_2 + 2016x_3 + 1848x_4 + 3355x_5 + 802.5x_6 + 2880x_7 + 7832x_8 + 1474x_9 + 4465x_{10} + \\ & 0x_{11} + 3969x_{12} + 812x_{13} + 4026x_{14} + 885x_{15} + 3100x_{16} + 8316x_{17} + 1595x_{18} + \\ & 1504x_{19} + 1134x_{20} + 0x_{21} + 952x_{22} + 1403x_{23} + 562.5x_{24} + 2240x_{25} + 6424x_{26} + 1122x_{27} + \\ & 3102x_{28} + 522x_{29} + 2142x_{30} + 0x_{31} + 2257x_{32} + 667.5x_{33} + 2520x_{34} + 7040x_{35} + 1276x_{36} + \\ & 2585x_{37} + 1188x_{38} + 1449x_{39} + 1036x_{40} + 0x_{41} + 390x_{42} + 1780x_{43} + 5412x_{44} + 869x_{45} + \\ & 5029x_{46} + 2124x_{47} + 4725x_{48} + 2492x_{49} + 3172x_{50} + 0x_{51} + 740x_{52} + 3124x_{53} + 297x_{54} + \\ & 5358x_{55} + 2790x_{56} + 7056x_{57} + 3528x_{58} + 5429x_{59} + 277.5x_{60} + 0x_{61} + 1496x_{62} + 704x_{63} + \\ & 8366x_{64} + 3402x_{65} + 9198x_{66} + 4480x_{67} + 7503x_{68} + 532.5x_{69} + 680x_{70} + 0x_{71} + 1078x_{72} + \\ & 6298x_{73} + 2610x_{74} + 6426x_{75} + 3248x_{76} + 4819x_{77} + 202.5x_{78} + 1280x_{79} + 4312x_{80} + 0x_{81} \} \end{aligned}$$

Ograničenja (2) su:

$$\begin{aligned} x_1 + x_{10} + x_{19} + x_{28} + x_{37} + x_{46} + x_{55} + x_{64} + x_{73} &= 1 \\ x_2 + x_{11} + x_{20} + x_{29} + x_{38} + x_{47} + x_{56} + x_{65} + x_{74} &= 1 \\ x_3 + x_{12} + x_{21} + x_{30} + x_{39} + x_{48} + x_{57} + x_{66} + x_{75} &= 1 \\ x_4 + x_{13} + x_{22} + x_{31} + x_{40} + x_{49} + x_{58} + x_{67} + x_{76} &= 1 \\ x_5 + x_{14} + x_{23} + x_{32} + x_{41} + x_{50} + x_{59} + x_{68} + x_{77} &= 1 \\ x_6 + x_{15} + x_{24} + x_{33} + x_{42} + x_{51} + x_{60} + x_{69} + x_{78} &= 1 \\ x_7 + x_{16} + x_{25} + x_{34} + x_{43} + x_{52} + x_{61} + x_{70} + x_{79} &= 1 \\ x_8 + x_{17} + x_{26} + x_{35} + x_{44} + x_{53} + x_{62} + x_{71} + x_{80} &= 1 \\ x_9 + x_{18} + x_{27} + x_{36} + x_{45} + x_{54} + x_{63} + x_{72} + x_{81} &= 1 \end{aligned}$$

Ograničenje (3) je:

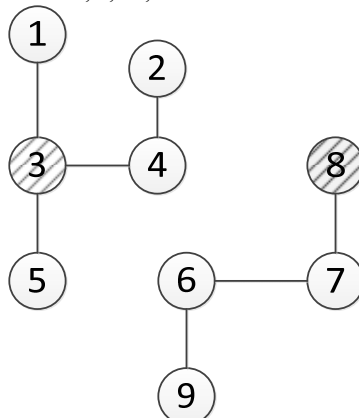
$$x_1 + x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} + x_{61} + x_{71} + x_{81} = 2$$

Ograničenja (4) potrebno je prilagoditi da se može koristiti softverski paket WinQSB:

$$\begin{aligned} x_1 \geq x_2 \quad x_1 - x_2 \geq 0 \quad x_{11} \geq x_{10} \quad x_{11} - x_{10} \geq 0 \quad x_{21} \geq x_{19} \quad x_{21} - x_{19} \geq 0 \\ x_1 \geq x_3 \quad x_1 - x_3 \geq 0 \quad x_{11} \geq x_{12} \quad x_{11} - x_{12} \geq 0 \quad x_{21} \geq x_{20} \quad x_{21} - x_{20} \geq 0 \\ x_1 \geq x_4 \quad x_1 - x_4 \geq 0 \quad x_{11} \geq x_{13} \quad x_{11} - x_{13} \geq 0 \quad x_{21} \geq x_{22} \quad x_{21} - x_{22} \geq 0 \\ x_1 \geq x_5 \quad x_1 - x_5 \geq 0 \quad x_{11} \geq x_{14} \quad x_{11} - x_{14} \geq 0 \quad x_{21} \geq x_{23} \quad x_{21} - x_{23} \geq 0 \\ x_1 \geq x_6 \quad x_1 - x_6 \geq 0 \quad x_{11} \geq x_{15} \quad x_{11} - x_{15} \geq 0 \quad x_{21} \geq x_{24} \quad x_{21} - x_{24} \geq 0 \\ x_1 \geq x_7 \quad x_1 - x_7 \geq 0 \quad x_{11} \geq x_{16} \quad x_{11} - x_{16} \geq 0 \quad x_{21} \geq x_{25} \quad x_{21} - x_{25} \geq 0 \\ x_1 \geq x_8 \quad x_1 - x_8 \geq 0 \quad x_{11} \geq x_{17} \quad x_{11} - x_{17} \geq 0 \quad x_{21} \geq x_{26} \quad x_{21} - x_{26} \geq 0 \\ x_1 \geq x_9 \quad x_1 - x_9 \geq 0 \quad x_{11} \geq x_{18} \quad x_{11} - x_{18} \geq 0 \quad x_{21} \geq x_{27} \quad x_{21} - x_{27} \geq 0 \\ \\ x_{31} \geq x_{28} \quad x_{31} - x_{28} \geq 0 \quad x_{41} \geq x_{37} \quad x_{41} - x_{37} \geq 0 \quad x_{51} \geq x_{46} \quad x_{51} - x_{46} \geq 0 \\ x_{31} \geq x_{29} \quad x_{31} - x_{29} \geq 0 \quad x_{41} \geq x_{38} \quad x_{41} - x_{38} \geq 0 \quad x_{51} \geq x_{47} \quad x_{51} - x_{47} \geq 0 \\ x_{31} \geq x_{30} \quad x_{31} - x_{30} \geq 0 \quad x_{41} \geq x_{39} \quad x_{41} - x_{39} \geq 0 \quad x_{51} \geq x_{48} \quad x_{51} - x_{48} \geq 0 \\ x_{31} \geq x_{32} \quad x_{31} - x_{32} \geq 0 \quad x_{41} \geq x_{40} \quad x_{41} - x_{40} \geq 0 \quad x_{51} \geq x_{49} \quad x_{51} - x_{49} \geq 0 \\ x_{31} \geq x_{33} \quad x_{31} - x_{33} \geq 0 \quad x_{41} \geq x_{42} \quad x_{41} - x_{42} \geq 0 \quad x_{51} \geq x_{50} \quad x_{51} - x_{50} \geq 0 \\ x_{31} \geq x_{34} \quad x_{31} - x_{34} \geq 0 \quad x_{41} \geq x_{43} \quad x_{41} - x_{43} \geq 0 \quad x_{51} \geq x_{52} \quad x_{51} - x_{52} \geq 0 \\ x_{31} \geq x_{35} \quad x_{31} - x_{35} \geq 0 \quad x_{41} \geq x_{44} \quad x_{41} - x_{44} \geq 0 \quad x_{51} \geq x_{53} \quad x_{51} - x_{53} \geq 0 \\ x_{31} \geq x_{36} \quad x_{31} - x_{36} \geq 0 \quad x_{41} \geq x_{45} \quad x_{41} - x_{45} \geq 0 \quad x_{51} \geq x_{54} \quad x_{51} - x_{54} \geq 0 \\ \\ x_{61} \geq x_{55} \quad x_{61} - x_{55} \geq 0 \quad x_{71} \geq x_{64} \quad x_{71} - x_{64} \geq 0 \quad x_{81} \geq x_{73} \quad x_{81} - x_{73} \geq 0 \\ x_{61} \geq x_{56} \quad x_{61} - x_{56} \geq 0 \quad x_{71} \geq x_{65} \quad x_{71} - x_{65} \geq 0 \quad x_{81} \geq x_{74} \quad x_{81} - x_{74} \geq 0 \\ x_{61} \geq x_{57} \quad x_{61} - x_{57} \geq 0 \quad x_{71} \geq x_{66} \quad x_{71} - x_{66} \geq 0 \quad x_{81} \geq x_{75} \quad x_{81} - x_{75} \geq 0 \\ x_{61} \geq x_{58} \quad x_{61} - x_{58} \geq 0 \quad x_{71} \geq x_{67} \quad x_{71} - x_{67} \geq 0 \quad x_{81} \geq x_{76} \quad x_{81} - x_{76} \geq 0 \end{aligned}$$

$x_{61} \geq x_{59}$	$x_{61} - x_{59} \geq 0$	$x_{71} \geq x_{68}$	$x_{71} - x_{68} \geq 0$	$x_{81} \geq x_{77}$	$x_{81} - x_{77} \geq 0$
$x_{61} \geq x_{60}$	$x_{61} - x_{60} \geq 0$	$x_{71} \geq x_{69}$	$x_{71} - x_{69} \geq 0$	$x_{81} \geq x_{78}$	$x_{81} - x_{78} \geq 0$
$x_{61} \geq x_{62}$	$x_{61} - x_{62} \geq 0$	$x_{71} \geq x_{70}$	$x_{71} - x_{70} \geq 0$	$x_{81} \geq x_{79}$	$x_{81} - x_{79} \geq 0$
$x_{61} \geq x_{63}$	$x_{61} - x_{63} \geq 0$	$x_{71} \geq x_{72}$	$x_{71} - x_{72} \geq 0$	$x_{81} \geq x_{80}$	$x_{81} - x_{80} \geq 0$

Prema (5) varijable $x_i \in \{0, 1\}$ za $i = 1, 2, \dots, 81$



Slika 5 – Graf za dva hab objekta u čvoru 3 i 8 (minimalna ponderirana udaljenost); $\Sigma = 7.283$

Rješenje za dva *poželjna objekta* prikazano je na slici 5. Prema matrici $[z_{ij}]$ suma minimalnih udaljenosti je 7.283, svakako vrijednost funkcije cilja mnogo je manja kad su dva *poželjna objekta*, jer za jedan *poželjni objekt* funkcija cilja (1) je 14.709. Kao što je vidljivo, za dvije lokacije deponija troškovi transporta bili bi duplo manji.

4. ZAKLJUČAK

Lokacijski problemi zaokupljaju pažnju mnogih istraživača različitih struka. Zavisno od postavljene funkcije cilja ili više funkcija cilja, strukture ograničenja, dimenzije problema koriste se različite metode i algoritmi. U ovom radu razmatra se jedan kriterij ali realni problemi najčešće su s više funkcija kriterija.

Nove tehnologije omogućuju da se u matematičkim modelima lokacije nepoželjnih objekta koriste isti kriteriji kao kod traženja lokacije poželjnih objekata u cilju smanjenja transportnih troškova.

Prilikom određivanja lokacije važan utjecaj na odluku ima tok kretanja robe u nesimetričnim mrežama tj. orijentiranim mrežama.

Za određivanje lokacije infrastrukturnih strateških objekata neprekidno se razrađuju nove i efikasnije kvantitativne metode kao i novi softveri. Problemi velikih dimenzija ne mogu se riješiti klasičnim matematičkim metodama u razumnom kompjuterskom vremenu pa se rješenja traže heurističkim metodama. Svaki problem lokacije infrastrukturnih objekata zahtjeva istraživački pristup, odgovarajući matematički model i pogodne softvere za rješavanje.

Ovaj rad je pokušaj da se pokaže da za donošenje odluka o lokaciji infrastrukturnih objekata koji zahtijevaju velike investicije i imaju dugi vijek trajanja treba koristiti znanstvene metode čija primjena na realne probleme je istraživački proces.

5. LITERATURA

- [1] A. Weber, *Über den Standort der Industrien* (Alfred Weber's Theory of the Location of Industries), University of Chicago, 1929.
- [2] S.L. Hakimi; Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph, *Operations Research* 12(1964), 450-459.
- [3] S. L. Hakimi; Optimal distribution of switching centers in a communication network and some related theoretic graph theoretic problems, *Operations Research* , 13 (1965), 462-475
- [4] S. L. Hakimi; On locating new facilities in a competitive environment, *European Journal of Operational Research*, 12 (1983), 29-35
- [5] D. Teodorović; *Transportne mreže*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2007.
- [6] Pašagić Škrinjar, J.; Rogić, K.; Stanović, R.; Location of Urban Logistic Terminals as Hub Location problem; *Promet – Traffic & Transportation*, Vol.24, No. 5, p. 433 – 440., 2012.
- [7] J. Pašagić Škrinjar, Nikolina Brnjac, Dražen Žgaljić; Location problems in transport network: Multidisciplinary scientific journal of maritime research, V. 28, No. 1, 2014.
- [8] H., Pašagić, A., Presečki, P., Grce; Wanted and unwanted facilities on the network of cities in the Krapina- Zagorje county; 1st International Scientific conference, Supply Chain Management, October 10th, 2014., Terme Tuhelj, HR.
- [9] M., Filipović; *Bosna i Hercegovina – najvažnije geografske, demografske, historijske, kulturne i političke činjenice*; Compact, Publishing House Sarajevo, 1997.

EFEKTIVNA USPJEŠNOST ROBOTA I CNC CENTARA U DEVNOJ INDUSTRIJIU

EFFICIENT EFFECTS OF ROBOTS AND CNC CENTERS IN THE WOOD INDUSTRY

¹Salah-Eldien Omer, ²Alma Strkonjic,

¹SAG CONSULTING d.o.o Zagreb, Croatia.

²University of Applied Science
Rosenheim , German.

SAŽETAK:

U članku su opisane osnovne potrebe za CNC machinama i robota u drvnoj industriji. Navedeni su i razlozi zbog čega je drvna industrija kasnila sa upotrebom robota u samoj procesnoj industriji. Grafički je prikazana općenita ekspanzija upotrebe robota u svijetu. Nakon toga su navedeni neki primjeri upotrebe robota u drvnoj industriji sa kratkim komentarima vezano za mjesto upotrebe. Na kraju članka su prezentirani specijalni slučajevi gdje u drvnoj industriji koriste robote te centri koji su opremljeni sa robotima zbog niza razloga od efikasnosti u proizvodnji do zaštite radnika ili njegove zamjene zbog opasnosti na radnom mjestu.

Ključne riječi: CNC mašine, razlozi za upotrebu, roboti u određenim fazama proizvodnje u drvnoj industriji

ABSTRACT:

In the article we shortly described the usage of CNC machines and robots in the wood processing industry. We mentioned some of the reasons that lead to the late usage of robots in this field of industry. In a graphic we represent the general expansion of robot usage in the world as there lustration of their presence everywhere. Shortly we represent several examples of robot usage in the wood processing industry and explaining the reasons for that. At the end of the article we represent special cases in wood processing industry for the usage of robots. Also we mentioned certain centres where the robots are in use, and the reasons why the robots are used, from efficiency to the protection of workers or quality needs.

Keywords: CNC machines, reasons for usage, robots in certain processing phases in wood processing industry.

1. INTRODUCTION

Wood is one of the first materials humans used for tools and as a building material as well as for furniture production. Yet, wood has a bright future within the realm of modern industrial robotics. Experts predict that improvements in vision systems will lead to an increase use of robotics by the wood industry. I see more bin-picking of wood products and robots sorting wood planks that go into veneer manufacturing. Both require a lot of labour and cause bottlenecks in processing planks for furniture. I think that bin-picking wood parts are an important area, especially when dealing with layers of products such as wooden planks. Processing industry experts think woodworking applications have a promising future within robotics. Wood applications are one of our target markets. As wood mill operators realize that workers are getting harder to find, robotics in the wood industry will experience bigger growth in the next few years.

Managers of woodworking plants are having difficulty finding the people they need, especially young people in small towns. I have seen many robots put into the wood industry in the last three years, which is giving good results. The wood industry has a lot of potential for robotics. This process will be evolutionary, but I am starting to see openings for robotics in an industry that was relatively closed. I see a market for robotics in the wood industry, but it is a difficult market for many integrators. Integrators need to have an intense knowledge of the woodworking process, how it handles and grades timber, as well as how production plants are designed. The biggest uphill battle is for integrators to understand the wood products industry.

Computer controlled automation is becoming increasingly important for production technology. Even in the wood processing industry, CNC ("computerized numerical control") machines are finding wider usage. They represent complex and integrated CNC machining centres, which execute the various machining steps on the work piece secured into a work piece clamp. Turning, sawing, milling, drilling, sanding or gluing – all these are performed on the wood using programmed tool motions. Conventional control elements, such as foot and hand levers or hand wheels are eliminated. The control motions are instead performed with the computer keyboard or a mouse click, while the functions and operation are monitored with the monitor. The computer controls the machining centre with the data entered to execute all feed motions and clamping processes. Manual intervention by the operator is no longer required. Using a CNC machining centre, the manufacturing operation can attain significantly higher machining accuracies and machining speeds. The frequency of defects and the risk of malfunctions is reduced. Moreover, CNC machines are highly flexible using text or graphics-based reprogramming interfaces, and can be modified with ease to accommodate the individual needs of the specific workshop. CNC technology generally establishes a close link to the design-engineering department, which can use CAD applications to directly develop and implement programmes for the CNC machine.

Due to their highly flexible uses, CNC machines are becoming increasingly indispensable for wood processing operations - for industry and workshops alike. A growing number of companies are upgrading to CNC machines in an effort to confront market demands and cost pressures. CNC machining centres are in use particularly when various wood species need to be machined, frequently also in combination with other materials, such as plastics or non-ferrous metals. Solid wood or wood materials, such as plywood, particle board or MDF panels, can be milled (CNC routers), sawed or sanded automatically and in series production. This permits the use of CNC machines to produce construction elements (doors, windows, etc.), for solid wood processing (furniture, interior design),

and for panel machining. The use of CNC wood processing machinery even results in highly satisfactory and cost-effective outcomes for the production of intricate musical instruments.

CNC machining centres for wood generally consist of four units: the machine frame, the vacuum fixture with suction elements, the machining bed and the machining unit. All units can employ and, where they can provide maintenance-free operation and a long service-life.

The machine frame is a basic unit of the machine that houses the control panels. The machine drive is generally also located here. The other travelling units are installed with the machine frame as the foundation. Using the suction elements on the vacuum fixture, the work pieces are precisely located in accordance with the tool size. The vacuum fixture adjustment is controlled from the computer. This is accomplished in part with laser technology. The vacuum fixture and the suction elements can be controlled independently. Work pieces are clamped on the processing or machining bed for subsequent machining. Some machines are equipped with multiple machining stations that can be operated independently from one another. For instance, while the work piece is still being machined, the work piece is adjusted at the queued workstation. The CNC machine functions are centrally located in the machining unit. Various processing steps can be executed that depend on the installed tools.

Mostly all the above mentioned technical details are integrated in the ROBOTS as a new concept in industry processing.

The increasing use of robotics in the manufacturing sector is now being incorporated into the wood products industry.

Companies across the world are making substantial investments in robotics and automation technology in order to increase efficiencies and make up for shortages in the current workforce.

According to statistics presented during the last years, 85% of current robotics use in the wood products industry is on the handling side, while 10% of mechanisms are used for assembly and 5% for machinery. However, the use of robotics can provide companies with solutions to issues that are currently roadblocks to growth, or are causing headaches within their own labour force.

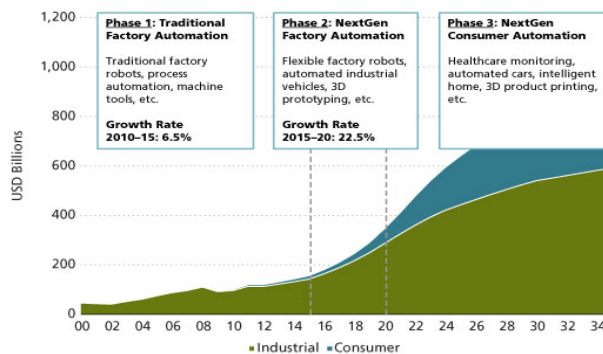
Robotics can be used to perform low-level tasks needed in the production process, allowing companies to stop competing on wages with competitors and other industries.

In many cases, single robots were taking the place of three to five employees. That scenario provides a cost-effective solution for replacing retiring workers, or accomplishing tasks for which qualified employees are unavailable. That ability to replace human workers will become especially important as the ability to attract skilled labourers becomes more difficult in wood products industry.

The introduction of robotics has also given wood processing Industries an edge over its competitors, and a solid outlook for the future of the company. If we want to be ahead of everyone wood processing, we need to think about the future. The initial outlay for the first robot was \$2 million, that robot was able to replace five retiring workers at \$50,000 per worker per year, while creating a more adaptive system for production that has a better yield, quality and efficiency.

Robotics is also allowing companies to provide easier systems for customization of product orders by using new product lines that are completely automated. The production line in cabinet production, can produce eight cabinets per hour, 24 hours a day, seven days a week, with staff needed only for supervision and stocking supplies. Starting at \$1.2 million for the 5,100-square-foot production line, the producers' representatives believed that the numbers added up, making such a production facility an affordable alternative to standard staffing for a similar workload and efficiency.

World Automation Market Poised for Explosive Growth



Historical analysis and estimates do not guarantee future results.
 As of September 30, 2012
 Historical data based on sales of leading automation manufacturers including ABB, Schneider, Siemens, Rockwell Automation, FANUC and Mitsubishi Electric.
 Source: Credit Suisse, Daiwa, International Federation of Robotics and AllianceBernstein

Figure 1. World Automation market shows explosive growth.

2. ROBOTS IN WOOD PROCESSING INDUSTRY:

Robots have been proven to deliver a host of benefits in a wide variety of applications. End users introducing robots to their production process have typically seen a significant transformation their productivity and efficiency, with higher levels of output, product quality and flexibility amongst the many improvements reported. One strategic benefit to the introduction of robotics and automation into the wood products industry has been the interest that the technology could provide for prospective students. With so many young people heavily involved in and interested in modern technology, the use of robotics could provide the hook to excite the next-generation workforce.

Ten reasons which were verified by using robots in wood industry processing are:

1. Reduce operating costs (energy saving about 8% on every 1 OC reduction in heating levels, and 20% by turning off unnecessary lighting. Also can reduce or eliminate the costs associated with manual workers,
2. Improve product quality and consistency, the machine will not suffer from tiredness distraction and similar, and you can count on high quality finish of products,
3. Improve quality of work for employees; workers will no longer have to work in dusty hot or hazardous environments. They will learn also programming skills,
4. Increase production output rates. They can be left running over night and during weekends with little supervision. They will not time out for breaks, sickness and similar,
5. Increase product manufacturing flexibility, after programming the machine, you can easily switch from one to another phases of production,
6. Reduce material waste and increase yield, by precise processing the input material,
7. Comply with safety rules and improve work place health and safety,
8. Reduce labour turnover and difficulty of recruiting workers,
9. Reduce capital costs (inventory, work in progress). Reduce the cost of consumables used and reduce wastage, moving products faster in production,
10. Save space in high value manufacturing areas. They can be placed on shelf systems, on walls or even in ceilings.

In wood processing industry, in this part of the word, we started using CNC machines and shortly after a long time ago. First they used in handling working places where, either it was needed for the reason that the input pieces were heavy or it needs quick and proper handling with safety masseurs. After a short time the world market of machines was full of very precise CNC centres and robot units for furniture manufacturing. After a short time the development of wood processing production lines were combined with more sophisticated machines mostly CNC and robots to achieve higher quality of final products , specially from solid wood. Longer after that we had in the market more and more robots very mostly every working place in wood processing industry. The investments in robots starting from log yard to heating pools and mostly in the processing itself, for both production of solid wood or wood based boards, showed very efficient results. In the production of chairs and tables we could invest in all production phases where either precise or complicated operations are necessary or high production of certain parts were necessary. In sanding process we find a lot of robots where complicated shapes needed to be sanded not only in a high degree of finishing but also inside and outside the profile the elements. In the part of the process where also we need drilling single or malty operation with sanding and cleaning, mostly used robots in close centre units. In the assembling phases of the process very rarely you can find robots in wood processing industry because we need a controller to verify everything before assembling. IN the area of lacquering robot units show a very high efficiency , secure process as well as healthy for the employees. In the backing area robots show very economic and highly efficient units.

3. EXAMPLES OF EFFICIENT ROBOTS IN WOOD INDUSTRY:

One of the areas with wood processing industry started to invest in robots services is the precise handling of materials n the process. The production of based wood material into semi products or elements of final products needed more tension than the cutting operations of the material, especially in mass production. The following picture shows one of such examples, where producer achieved high productivity with very good quality in this area.



Figure 2. Two small robots work in one canter for cutting and handling based wood boards products.

The following two pictures shows and example of robot usage in special operations where there precise and safe operations will secure the planed design or structures in certain areas of jobs needed to be done in short time with very high quality. The first pictures No.() is representing a design work in equipping open space inside the building with natural material with certain art massage which need

time and quality in achieving the planned design. The robots are programmed for individual operations to be achieved with artificial sense to show the possibilities of working with natural material in different shapes and conditions. The other pictures also representative the possibility of using robots in civil engineering and artistically drawings to be represents it in models. There work is to cut and prepare the all parts of the designed shapes in elements of the final building and similar. Such works need not only to precise but to have o shaped elements to fit in the models.



Figure 3. Showing the usage of robot in very precise design work



Figure 4. Shows the usage of robot as a tool in the hands of precise work.

The usage of robots in production is very efficient in many processing industries as the production lines for finger-jointed solid construction timber (KVH). This line was presented before many years but because of very high price that time was not immediately involved in the existing production. Later because it is high availability, a broad performance spectrum, maximum user-friendliness with a minimum of maintenance; these are the features offered by several robot producers as production lines for finger-jointed solid construction timber the producers invested on it.

Their control systems provide remote tracking of items and fully automated machine adjustment to reach the highest possible degree of automation.

Their scopes of services that make them very efficient are:

- Infeed to finger-jointing lines (vacuum de-stackers or robot solutions)
- Planing and scanning lines for all performance ranges
- Fine trimming lines / Elimination of defects
- Infeed to finger-jointing lines
- Semi-automatic and fully automatic lamella sorting and storing rack systems
- Wrapping and packing lines
- Integration of different kinds of machines
- Modification and optimization of existing production lines
- Control systems for the grouping of customer-specific order sets
- Process control systems and visualisation.

Also we can speak about the most modern Robot centres which were represented to wood fabricated houses producers, because they show a very high productivity in production all over the world, where wood prefabricated houses are traditional.

We like also shortly to represent the usage of CNC machines and robots in ecology, or what we call it the green economy. For such an essential part of the green economy, recycling remains a dirty, messy business. Robotics, which adds artificial intelligence to industrial robots to enable them to recycle construction waste and similar materials, are industrial robots which can only operate in very constrained environments where the objects being manipulated are uniform and the movements required can be pre-defined. This makes them unsuitable for recycling objects in multiple materials and of different shapes and sizes. Current automated systems can only handle one material at a time. As a result, much recycling is still done manually and in hazardous conditions. In the following picture () we represent a recycling unit with robots which serve several kinds of input material. Typical construction materials which can be recycled are concrete, wood, metals and plastics. Recycled metal and plastics, for example, are worth upwards of \$200 per tonne. Concrete production is a Co2-intensive process. According to a report from producers of the unit, cement production consumes roughly 3 percent of the world's primary energy, including nearly 10 percent of the primary energy used for global industry. In total, cement production accounts for roughly 6 percent of global carbon emissions.

ZenRobotics develops biologically-inspired, machine learning software which can be used to operate standard industrial robots and train them to separate multiple raw materials from waste. A plethora of sensors like visible spectrum cameras, near infrared cameras, 3D laser scanners, X-rays, metal detectors and weight detectors can be used to recognise materials of different types. ZenRobotics also uses sensors like 3D scanners and touch sensors to improve the robot's gripper.

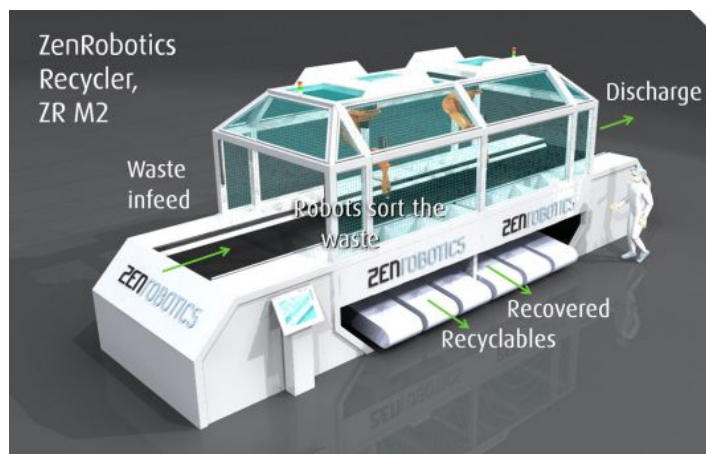


Figure 5. One of the latest centres for recycling hazards materials.

In wood processing industry using robots in addition to safety, also wood manufacturers can realize other cost saving advantages in moving workers away from environmental hazards and into safer, more critical positions. Robots are cost effective and, when using highly sophisticated imbedded robotic vision systems, can be trained to handle the distinct characteristics of wood. Depending on the kind of wood being processed, knots must be avoided or placed in certain locations, and wood density or softness must be taken into account so as not to damage the product. In these situations with robots, and force sensing equipment can be used to monitor and control output quality. FANUC robots use integrated (or built-in) iRVision for part location and evaluation. iRVision is Integrated Robot Machine Vision which is the integration of a camera interface built into the robot controller. One or more cameras can be attached to the robot, or they can be in a remote location. In traditional processes, if you want the robot to manipulate every work piece in the same way, you need to place every workpiece at exactly the same position. iRVision is a visual sensor system designed to eliminate such restrictions. iRVision measures the position of each work piece by using cameras, and it adjusts the robot motion so that the robot can manipulate the work piece in the same way as programmed even if the position of the work piece is different from the work piece position set when the robot program was taught. All of the application-specific tools developed to simplify the use of the camera as a guidance, identification, or inspection tool are integrated with the robot.

In packing and rapping places, there also very effective usage of robots as represented in the following example picture no.6

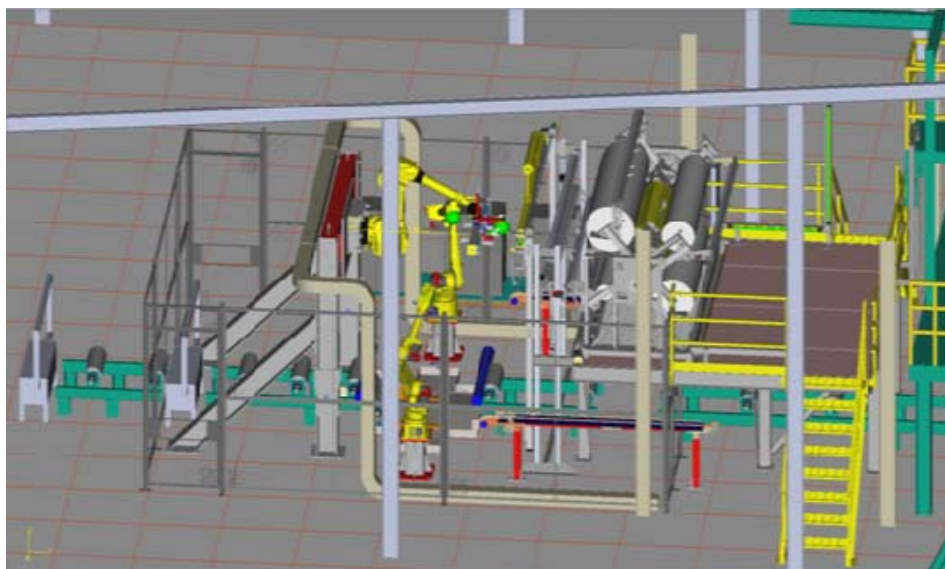
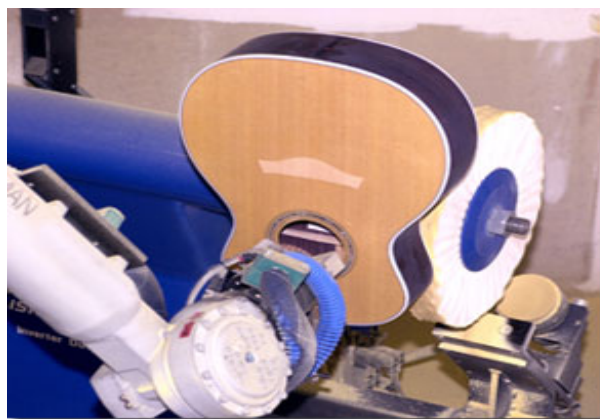


Figure 6. ROBOGUIDE Wood Wrapping Application.

At last we can also mention a very specific usage of robots in special production area as musical instruments of high quality. Polishing such instruments need a very sensitive and gentle work to keep the high quality used veneer in the same characteristics for which it was chosen.



Detail of robotic guitar buffing, courtesy Motoman Inc.

Figure 7. Special robots for Guitar polishing the surface area

Polishing and buffing of wood products is another application Motoman has integrated for wood products. “A major guitar manufacturer had Motoman integrate a work cell to polish and buff guitar bodies. In that application, the robot picks up the guitar body and presents it to sanding and buffing

wheels.” Potter adds that a small but growing application in the wood industry has robots dispensing glue to adhere layers of laminates together. Robots in the wood industry now are sanding, routing, drilling, loading/unloading, palletizing, assembling, polishing and painting.” Among the wood products robots are performing these tasks on include furniture such as chairs, tables and cabinets, as well as flooring, panelling and musical instruments. Material handling of wood products is another important job that robotics accomplish for end-users. Robotics in the wood industry are primarily used , previously as we mentioned, for material handling. The construction industry also now is using robotics for palletizing as well as material removal, packaging and inspection. In inspection and material removal applications, machine vision is incorporated into the robot due to concerns about quality control.

4. CONCLUSIONS

Hereby we can conclude from the short above material the following:

1. The wide usage of Robots in all kinds of processing industry is expanded to wood processing industry, from a long time ago,
2. First it was limited to certain areas where the heavy wait of massive products needed precise handling from phase to phase,
3. Next steps of using robots as well as CNC sophisticated technology is the detail operations in working centres for high quality processing with high speed,
4. The following step of massive usage where the areas where safety of workers from injuries and hazard processes needed to be eliminated,
5. Robots are everywhere in wood processing industry, especially where special tension and high speed are required in operations which need such care.

5. LITRITURE

- [1] Wood, Robot technology for wood processing, *Unlimited brochures 2011*
- [2] ABB robots provide flexible production in Germany. *ABB news letter, October 22.2014.*
- [3] Mr. Pasi Kenola, *The application of Vision Technology in Veneer and Plywood Technology production*, Filand. Mecano, Raute Grou 2009.
- [4] Reprint of Fenning robot timber slacking. *Timberman Journal 21.07.2010.*
- [5] Flexible production to meet customer needs. *Press Release ABB robot.22.11.2007.*

ISTRAŽIVANJE OKSIDACIONIH SVOJSTAVA ČELIKA 17-7PH

RESEARCH OF OXIDATION PROPERTIES OF STEEL 17-7PH

B. Fakić¹, M. Rimac¹, Diana Ćubela²

¹ Univerzitet u Zenici, Metalurški institute Kemal Kapetanović Zenica,

² Univerzitet u Zenici, Fakultet za metalurgiju i materijale
miz@miz.ba

SAŽETAK:

U ovom radu su predstavljeni rezultati istraživanja vatrootpornosti precipitaciono ojačanog čelika 17-7PH sa modifikovanim hemijskim sastavom. Radna temperatura čelika 17-7PH je do 480°C. Standard ASTM G54-84 (Reapproved:1996) obuhvata određivanje preliminarnih informacija o relativnom rastu oksidnog sloja i mikrostrukturnim svojstvima oksida na površini za temperature veće od 540°C. U cilju dobijanja informacija o ponašanju materijala sa modifikovanim hemijskim sastavom, određivanje relativne otpornosti materijala na oksidaciju pri konstantnoj temperaturi provedeno je ispitivanje vatrootpornosti na uzorcima talina V1772 i V1774, za temperaturu 600°C u ciklusima 24h, 48h i 72h.

Ključne riječi: Čelik 17-7PH, oksidacija, vatrootpornost

ABSTRACT:

This paper presents the results of heat resistance precipitation hardened steel 17-7PH with modified chemical composition. Operating temperature for steel 17-7PH is up to 480°C. Standard ASTM G54-84 (Reapproved 1996) includes the determination of preliminary information about the relative growth of the oxide layer and the microstructural properties of oxide on the surface to temperatures greater than 540°C. In order to obtain information about the behavior of materials with modified chemical composition, determining the relative resistance to oxidation at constant temperature heat resistance test was conducted on samples batch V1772 and V1774, the temperature of 600° C in cycles 24, 48 and 72h.

Keywords: Steel 17-7PH, oxidation, heat resistance

1. UVOD

U cilju dobijanja informacija o ponašanju materijala sa modifikovanim hemijskim sastavom, određivanje relativne otpornosti materijala na oksidaciju pri konstantnoj temperaturi provedeno je ispitivanje vatrootpornosti na uzorcima talina V1772 i V1774, za temperaturu 600°C u ciklusima 24h, 48h i 72h. Radna temperatura čelika 17-7PH je do 480°C. Standard ASTM G54-84 (Reapproved:1996) [1] obuhvata određivanje preliminarnih informacija o relativnom rastu oksidnog sloja i mikrostrukturnim svojstvima oksida na površini za temperature veće od 540°C.

2. HEMIJSKI SASTAV ISPITIVANIH TALINA

Hemijski sastav ispitivanih talina V1772 i V1774, kao i standardni hemijski sastav za čelik 17-7PH dat je u tabeli 1.

Tabela 1. Hemijski sastav

Standard Oznaka taline	Hemijski sastav, [mas %]							
	C, max	Mn, max	Si, max	P, max	S, max	Cr	Ni	Al
BAS EN 10088-5	0,09	1,0	0,7	0,040	0,015	16,0-18,0	6,5-7,8	0,7-1,5
ASTM A564/A564M	0,09	1,0	1,0	0,040	0,030	16,0-18,0	6,5-7,75	0,75-1,5
V1772	0,03	0,56	0,59	0,010	0,013	15,7	7,5	0,61
V1774	0,04	0,52	0,53	0,009	0,023	14,5	7,8	1,53

3. ISPITIVANJE VATROOTPORNOSTI

Za ispitivanje vatrootpornosti uzeti su uzorci šipke ϕ 16 mm iz talina V1772 i V1774 u precipitaciono ojačanom stanju TH1050 i RH950. Valjana šipka prečnika 16 mm je mašinski obrađena na dimenziju ϕ 10 mm. Izgled uzoraka prije ispitivanja vatrootpornosti za talinu V1774 dati su na slici 1.



Slika 1. Izgled uzoraka za ispitivanje vatrootpornosti

3.1. Priprema uzoraka i provođenje tretmana vatrootpornosti

Ispitivanje vatrootpornosti provedeno je u skladu sa standardom ASTM G54-84 (R 1996). Nakon brušenja brusnim papirom 120SiC, pomičnim mjerilom izmjereni su prečnik i visina tuljka. Nakon odmašćivanja u acetonu, izvršeno je mjerenje mase uzoraka sa tačnošću $\pm 0,1$ mg. Uzorci su uloženi u laboratorijsku peć Kohler zagrijanu na temperaturu 600°C. Nakon držanja uzoraka na temperaturi 600°C u trajanju ciklusa 24h, 48h i 72h, uzorci su vadjeni iz peći, hlađeni na zraku do sobne temperature i vagani.

3.2. Rezultati ispitivanja vatrootpornosti

Rezultati mjerenja mase za taline V1772 i V1774 za stanje TH1050 i modificirani termički tretman RH950 prije tretmana i poslije ciklusa u trajanju 24h, 48h i 72h dati su u tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati ispitivanja vatrootpornosti

Talina	Stanje	Dimenzije [mm]	Površina uzorka [m ²]	Početna masa m ₀ [g]	Ciklus	Masa nakon tretmana m _F [g]	Promjena mase po jedinici površine C [g/m ²]
V1772	TH1050	9,9x15,70	0,000565	9,6144	24h	9,6143	-0,17904725
					48h	9,6143	-0,17904725
					72h	9,6143	-0,17904725
	RH950	10,1x21,60	0,000765	15,5399	24h	15,5399	0
					48h	15,5397	-0,26140365
					72h	15,5397	-0,26140365
V1774	TH1050	9,70x15,10	0,000534	8,4978	24h	8,4977	-0,18734435
					48h	8,4975	-0,56203304
					72h	8,4975	-0,56203304
	RH950	10,0x17,30	0,000622	10,2914	24h	10,2913	-0,16084411
					48h	10,2912	-0,32168822
					72h	10,2912	-0,32168822

Prema standardu ASTM G 54-84 (R1996) formula za izračunavanje promjene mase je:

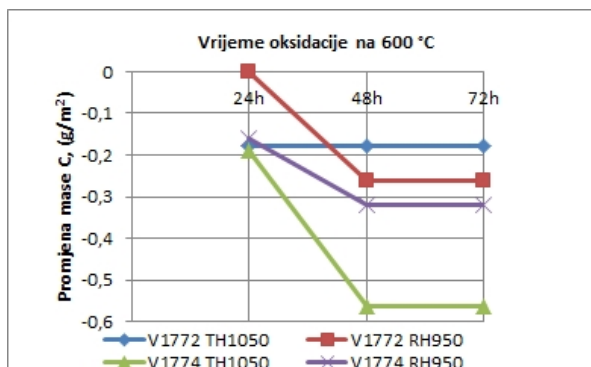
$$C = \frac{m_F - m_0}{A} \quad [\text{g/m}^2] \quad (1)$$

gdje je: m_F - masa nakon tretmana [g],

m₀ – početna masa uzorka [g],

A – početna površina uzorka [m²].

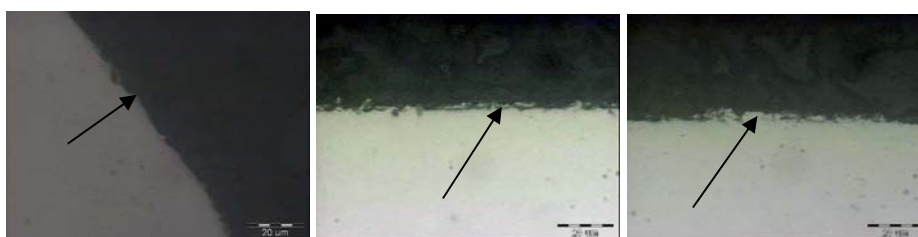
Dijagramski prikaz promjene mase dat je na slici 2.



Slika 2. Dijagramski prikaz promjene mase

4. METALOGRAFSKA ANALIZA UZORAKA NAKON ISPITIVANJA VATROOTPORNOSTI NA OPTIČKOM MIKROSKOPU

Metalografska analiza poprečnog presjeka uzoraka nakon ispitivanja vatrootpornosti provedena je na optičkom mikroskopu OLYMPUS PMG 3. Standard ASTM G 54-84 (R1996) propisuje ispitivanje polirane površine poprečnog presjeka pri povećanju 100 x, obzirom da je dobiveni oksidni sloj jako tanak i slabo uočljiv pri povećanju 100x, uzorci su snimljeni pri povećanju 500x i izmjerena je debljina sloja. Metalografska analiza površine oksidnog sloja i reprezentativni izgled ruba uzoraka taline V1774, stanje TH1050 i modificirano stanje RH950 nakon ispitivanja vatrootpornosti, za cikluse 24h, 48h i 72h dat je na slikama 3 i 4, respektivno.

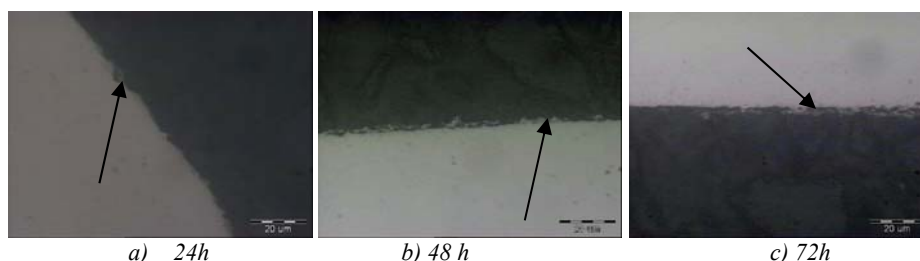


a) 24h

b) 48 h

c) 72h

Slika 3. Metalografska analiza površine oksidnog sloja nakon ispitivanja vatrootpornosti, talina V1774, stanje TH1050, nenagriženo



Slika 4. Metalografska analiza površine oksidnog sloja nakon ispitivanja vatrootpornosti, talina V1774, modificirano stanje RH950, nenagriženo

4.1. Mjerenje dubine napada oksidacije

Prema standardu ASTM G 54-84 (R1996), ukupna dubina napada oksidacije kao pokazatelj otpornosti materijala predstavlja preostali, zdravi dio metala dobiven kao srednja vrijednost mjerenja dijela metala na kojem nema uticaja oksidacije. Ukupna dubina napada oksidacije računa se prema formuli:

$$D = \frac{T_0 - T_m}{2} \quad (2)$$

gdje je: D – ukupna dubina napada oksidacije [mm],
 T₀ – početni prečnik [mm],
 T_m – preostali zdravi metal [mm]

Mjerenje dubine napada oksidacije provedeno je na optičkom mikroskopu OLYMPUS PMG3, primjenom software Analysis 5.1. Rezultati mjerenja preostalog zdravog metala nakon držanja uzoraka 72h na temperaturi 600°C dati su u tabeli 3.

Tabela 3. Rezultati mjerenja preostalog zdravog metala

Talina	Stanje	Početni prečnik [mm]	Preostali zdravi metal [mm]	Ukupna dubina napada oksidacije [mm]
V1772	TH1050	9,90	9,88	0,01
	RH950	10,10	9,79	0,155
V1774	TH1050	9,70	9,00	0,35
	RH950	10,00	9,70	0,15

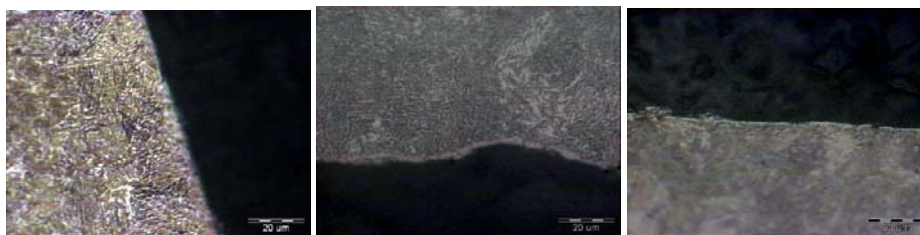
Uzorci su ispitani i u nagriženom stanju na optičkom mikroskopu OLYMPUS PMG3 pri povećanju 500 puta, slike 5 i 6. Reaktiv za nagrižanje je Kalling + Villela. Sastav reaktiva je [2]:

Kalling
 100 ml hlorovodonične kiseline HCl
 5 g bakar II hlorida CuCl₂
 100 ml etanola C₂H₅OH

Villela
 1 g pikrinske kiseline
 5 ml HCl
 100 ml etanola C₂H₅OH



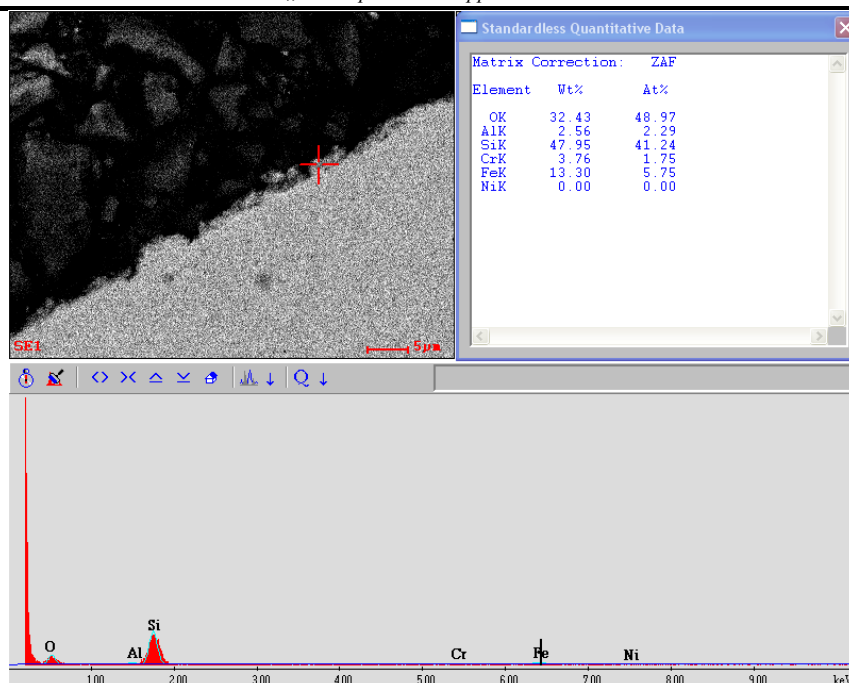
a) 24h b) 48 h c) 72h
Slika 5. Metalografska analiza površine oksidnog sloja nakon ispitivanja vatrootpornosti, talina V1774, stanje TH1050, Kalling + Villela



a) 24h b) 48 h c) 72h
Slika 6. Metalografska analiza površine oksidnog sloja nakon ispitivanja vatrootpornosti, talina V1774, modificirano stanje RH950, Kalling + Villela

4.2. Metalografska analiza uzoraka nakon ispitivanja vatrootpornosti na skenirajućem elektronskom mikroskopu

U cilju utvrđivanja prirode oksidnog sloja nastalog u toku ispitivanja vatrootpornosti izvršeno je ispitivanje hemijskog sastava sloja na skenirajućem elektronskom mikroskopu PHILIPS XL30. Na slici 7 je dat izgled oksidnog sloja nakon ciklusa od 72 sata na 600°C. Uzorak je nagrižen u reaktivu Kalling.



Slika 7. Metalografska analiza površine oksidnog sloja nakon ispitivanja vatrootpornosti, talina V1774, nakon 72 h na 600°C, stanje TH1050, Kalling

5. ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA

Nehrđajući austenitni čelik 17-7PH primjenjuje se na povišenim temperaturama do 500°C, gdje je moguća pojava oksidacije. Standard ASTM G54-84 (Reapproved:1996) obuhvata određivanje preliminarnih informacija o relativnom rastu oksidnog sloja i mikrostrukturnim svojstvima oksida na površini za temperature veće od 540°C. U cilju dobijanja informacija o ponašanju materijala sa modifikovanim hemijskim sastavom, određivanje relativne otpornosti materijala na oksidaciju pri konstantnoj temperaturi provedeno je ispitivanje vatrootpornosti na uzorcima talina V1772 i V1774, za temperaturu 600°C u ciklusima 24h, 48h i 72h. Promjena mase je negativna za sve cikluse i iznosi manje od 0,6 g/m², izuzev za ciklus 24h za talinu V1772 u modifikovanom termičkom tretmanu RH950 gdje iznosi 0 g/m². Nakon ciklusa od 48h, kod svih uzoraka promjena mase je konstantna.

Posmatranjem površine uzoraka, nakon ispitivanja vatrootpornosti vidljiva je kompaktna, ravnomjerno oksidirana površina bez prisustva nagomilanog oksidnog sloja. U poliranom stanju, metalografska analiza uzoraka držanih 24h na temperaturi 600°C je pokazala tanak oksidni sloj debljine manje od 2 μm izmjeren na optičkom mikroskopu OLYMPUS PMG3 primjenom software Analysis 5.1. Porastom vremena držanja na pomenutoj temperaturi, debljina sloja blago raste i nakon 72h iznosi manje od 5μm, što je u saglasnosti sa rezultatima promjene mase uzoraka.

Najveća dubina napada oksidacije je na uzorku taline V1774, stanje TH1050, što je u saglasnosti sa izmjerenim gubitkom mase (tabela 2). Nakon nagrizanja uočava se sloj uz rub uzorka koji se razlikuje

od osnove materijala. Debljina sloja nakon 72h držanja na temperaturi 600°C iznosi od 1,5 µm za talinu V1774 stanje RH950 do 4,29 µm za talinu V1774 stanje TH1050.

Hemijski sastav oksidnog sloja koji je nastao nakon ispitivanja vatrootpornosti ispitan je na SEM PHILIPS XL30. Oksidni sloj je kompleksnog hemijskog sastava, u kome preovladava silicij, kisik i željezo, a identifikovano je i prisustvo određene količine kroma i aluminija, što je u saglasnosti sa literaturnim podacima [3].

6. ZAKLJUČAK

Negativna promjena mase do 0,6 g/m² ukazuje na jako mali gubitak mase u početnim fazama tretmana, te nakon 48 sati nema promjene mase. Navedeno pokazuje dobru oksidacionu stabilnost ispitanog materijala. Taline V1772 i V1774 imaju približno jednaku dubinu napada oksidacije za modifikovano stanje RH950, dok je za stanje TH1050 talina V1772 pokazala manju dubinu napada što je u skladu sa nižom promjenom mase. Poređenjem ove dvije taline, bolju oksidacionu stabilnost je pokazala talina V1772. Hemijski sastav sloja nastalog nakon oksidacije je u skladu sa literaturnim izvorima koji opisuju ovu materiju.

7. LITERATURA

- [1] ASTM G54-84 (Reapproved) : Standard Practice for Simple Static Oxidation Testing
- [2] Metals Handbook, *Metallography and microstructure*, Vol. 9., ASM International, 9th edition, 1992, 430-533
- [3] A.I. Al-Meshari: Metal Dusting of Heat-Resistant Alloys, *A dissertation submitted to the University of Cambridge for the degree of Doctor of Philosophy*, University of Cambridge, 2008., 93-155

MODELIRANJE OBRADIVOSTI ČELIKA GENETSKIM PROGRAMIRANJEM

STEEL MACHINABILITY MODELLING WITH GENETIC PROGRAMMING

Sebastjan Štarkel*, Primož Gajšek, Miha Kovačič

ŠTORE STEEL Ltd., Štore, Slovenia
sebastjan.starkel@store-steel.si

ABSTRACT:

The study presents the attempt for modelling steel machinability, which was determined according to international standard ISO 3685: Tool-life Testing with Single-point Turning Tools. The experimental data on chemical composition, hardness, deformation rate and tool life time of 292 batches and 20 different grades were collected. Afterward the modelling with genetic programming method was performed. The results show that the solution can be easily used in practice and consequently the steel machinability can be improved.

Keywords: steel machinability, turning, modelling, genetic programming

1. STEEL MACHINABILITY

Steel grades with high machinability properties are gaining on their value and market share; therefore it is expected that steel producers are devoting a lot of resources into development of extra-machinability steel. The advantages of steel with improved machinability against ordinary steel are higher cutting speeds, lower tool wear and consequently lower machining costs, so it is important to evaluate the actual machinability of a certain steel batch before it gets dispatched to the customer [1].

The evaluation of steel machinability is made according to standard ISO 3685 with turning process [2], which is time-consuming. In order to gain better efficiency of the process it would be crucial if the steel machinability could be predicted long before the actual test.

Some prediction models for steel machinability testing or optimizing by turning process have already been made. Chen and Chou [3] made a predictive model for machinability of stainless steel, Hrelja, Klančnik and Balič [4] also made a predictive model for three main output parameters at turning process – surface roughness, cutting forces and tool life. Özel and Karpat [5] had a similar research on tool wear and surface roughness modelling at turning process. Suresh, Venkateswara and Deshmukh [6] optimized the prediction model for surface roughness.

Kovačič and Pšeničnik [7] have already made a similar research on steel machinability modelling, but the prediction only contained the evaluation whether the extra machinability will be achieved – based on the chemical composition of steel – or not.

Above listed researches are dealing with several different methods of modelling, such as artificial neural networks [3, 5], gravitational search algorithm [4], and genetic programming [6, 7].

In this paper the prediction of steel machinability was made by genetic programming. Unlike previously listed articles, we modelled the input parameters which are directly linked to material properties and are the most important parameters for evaluating steel machinability: chemical composition, deformation rate and surface hardness.

2. EXTRA MACHINABILITY TESTING

2.1. Standard ISO 3685

The determination of steel machinability is carried out according to international standard ISO 3685: Tool-life Testing with Single-point Turning Tools. The machinability test is performed on a CNC lathe by single-point turning process on at least four steel samples. The samples must have the diameter of at least 60 mm and the minimum length 500 mm. Treatment of samples is carried out without cooling. Each sample is machined at different cutting speed – from lowest to highest speed. After machining of each sample, the wear of the cutting insert is measured under the microscope (Figure 1). The tip of the insert (VB_B) may be worn out less than 0.30 mm and the entire insert edge ($VB_{B\max}$) less than 0.60 mm. [2]

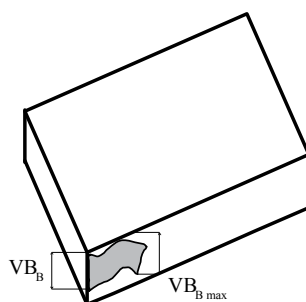


Figure 1: Side wear of the insert. [7]

According to measurement process of tool wear (VB_B) and cutting times, for the values of cutting speeds at constant cutting parameters, the curve of blunting is constructed as shown in Figure 2.

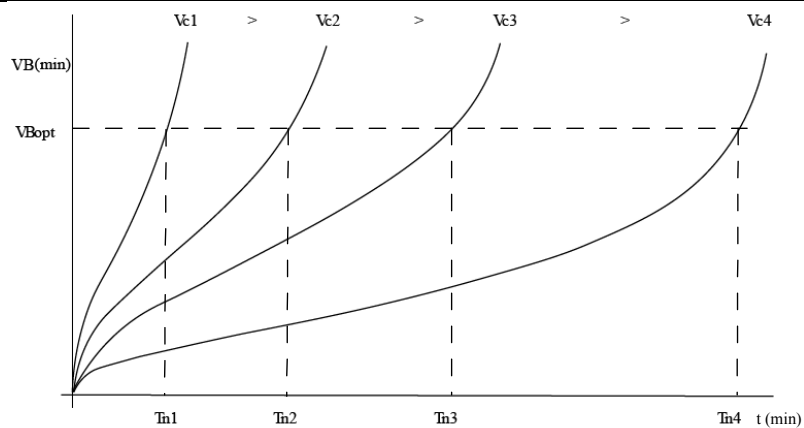


Figure 2: The curve of blunting for variable cutting speed. [8]

The aim of the machinability test is to develop a T - v_c dependence of a certain steel batch, where T stands for cutting time and v_c stands for cutting speed. The dependence enables the calculation of theoretical cutting time at certain cutting speed or vice versa. It is developed from the data of the blunting curve from Figure 2.

The construction of cutting time and cutting speed ($T_n = f(v_c)$) dependence in logarithmic scale is shown in Figure 3 [8].

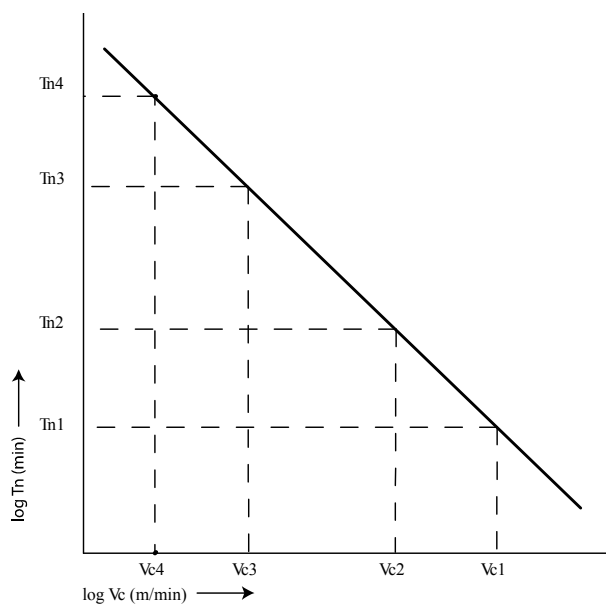


Figure 3: T - v_c dependence in logarithmic scale [8].

2.2. Parameter v_{15}

In company Štore Steel, Ltd. for the determination of additional properties of extra machinability of steel, the parameter v_{15} is used, which is prescribed for each grade of steel.

The term v_{15} represents the cutting speed of tool which is worn out within 15 minutes. The aim is to provide the best speed, with a minimum tool wear during test. The test is performed according to standard ISO 3685.

Parameter v_{15} is calculated by Taylor's equation. [9]

$$v \cdot t^n = C, \quad (1)$$

where v stands for cutting speed, t stands for cutting time and n is a constant, which depends on tool insert material (for ceramic inserts is 0.25).

The test is performed on all batches which are provided as steel with extra machinability. The batches are made of several steel grades. Each grade has its prescribed cutting speed, which was obtained from the $T-v_c$ dependence as shown in Figure 3.

Table 1: An example of gathered data for one batch.

Batch number	Steel grade	Prescribed speed	Measured cutting time	V15 value
66074	C15	450 m/min	16 min	457 m/min

By using the prescribed speed and measured cutting time from the data in the Table 1 and the Equation 1, we can calculate the parameter v_{15} by following steps:

$$\begin{aligned} v \cdot t^n &= v_{15} \cdot 15^n \\ v \cdot t^{0.25} &= v_{15} \cdot 15^{0.25} \\ v_{15} &= v \cdot (t^{0.25} / 15^{0.25}) \\ v_{15} &= 450 \cdot (16^{0.25} / 15^{0.25}) = 457 \text{ m/min} \end{aligned} \quad (2)$$

According to Figure 3, the $T-v_{15}$ dependence can be constructed as follows:

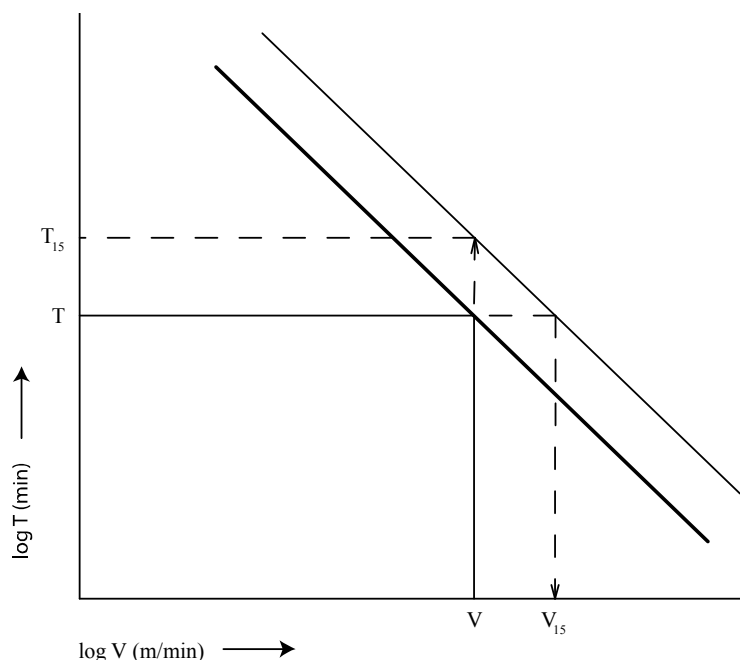


Figure 4: T - v_{15} dependence in logarithmic scale.

3. EXPERIMENTAL DATA

The research was carried out in the company Štore Steel Ltd. The data were collected in the period of 33 months. We assumed that the most important parameters that we had to collect are:

- deformation rate – which is coefficient between square billets' dimensions and samples' diameters,
- surface hardness of the samples and
- chemical compositions of samples – contents of carbon, silicon, manganese, phosphorus, sulphur, chrome, molybdenum, nickel, aluminium, copper, vanadium, calcium and oxygen.

We collected 292 batches which were tested and achieved the extra machinability. This means that parameter v_{15} in the individual batch exceeds the prescribed value v_{15} and it is reasonable to use it in the research. A section from the experimental data is presented in Table 2.

Table 2: The experimental data.

#	Batch number	Steel grade	V15 value	Deformation rate	Surface hardness	C	Si	Mn	P	...	V	Ca	O
1	58244	C60	322	3.74	228	0.59	0.27	0.73	0.010	...	0.0	0.0034	0.003
2	58430	C35	392	3.74	170	0.35	0.23	0.58	0.008	...	0.0	0.0025	0.0031
3	58723	51CrV4	232	4.57	297	0.51	0.28	0.84	0.013	...	0.12	0.0033	0.0028
4	58804	51CrV4	232	4.57	311	0.52	0.30	0.82	0.012	...	0.12	0.0035	0.0025
5	58806	20MnV6	417	4.57	212	0.21	0.35	1.53	0.015	...	0.09	0.0034	0.0026
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
290	65937	S355J2	478	3.74	161	0.18	0.25	1.41	0.018	...	0.0	0.0024	0.0027
291	65938	C35	431	3.74	174	0.37	0.30	0.68	0.011	...	0.0	0.0033	0.0041
292	65939	C45	370	3.74	191	0.45	0.31	0.60	0.012	...	0.0	0.0035	0.0043

The prescribed value of parameter v_{15} depends on the grade of steel as shown in Table 3.

Table 3: Prescribed v_{15} values for each steel grade.

Prescribed v_{15} [m/min]	Steel grade
450	S355J2 C15 C22 15CrNiS6 16NiCrS4
420	C30 C35 18NiCrMoS5
410	16MnCrS5
400	20MnCrS5 20MnV6
360	C45 C50
250	38MnVS6
210	42CrMoS4
200	39NiCrMoS4

4. STEEL MACHINABILITY MODELLING

4.1. Machinability modelling with genetic programming

Genetic programming is the most general evolutionary optimization method, where organisms that undergo adaptation are in the fact mathematical expressions for extra machinability prediction consisting of the available function genes and terminal genes [7].

In our research, the model consists of function genes of addition, subtraction, multiplication, division, and terminal genes of chemical composition, surface hardness and deformation rate of steel.

At the beginning of simulated evolution, we generated random computer programs of various forms and lengths. After this process the varying is carried out by computer programs in several iterations, using the genetic operations, known as generations. Upon completion of processing a variety of computer programs, a new generation is created, which is compared with experimental data. The process of changing and evaluating of organism is repeated until the termination criterion of the process is fulfilled. This was the prescribed maximum number of generations [7].

For the process of simulated evolutions the following evolutionary parameters were selected: size of population of organisms 500, the greatest number of generation 100, reproduction probability 0.2, crossover probability 0.7, the greatest permissible depth in creation of population 8, the greatest permissible depth after the operation of crossover of two organisms 15 and the smallest permissible depth of organisms in generating new organisms 2. Genetic operations of crossover and reproduction were used. For selection of organisms the tournament method with tournament size 7 was used. The evaluation of the organisms was made based on average relative error:

$$ERR = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|D_i - E_i|}{E_i} \cdot 100}{n} \quad [\%], \quad (3)$$

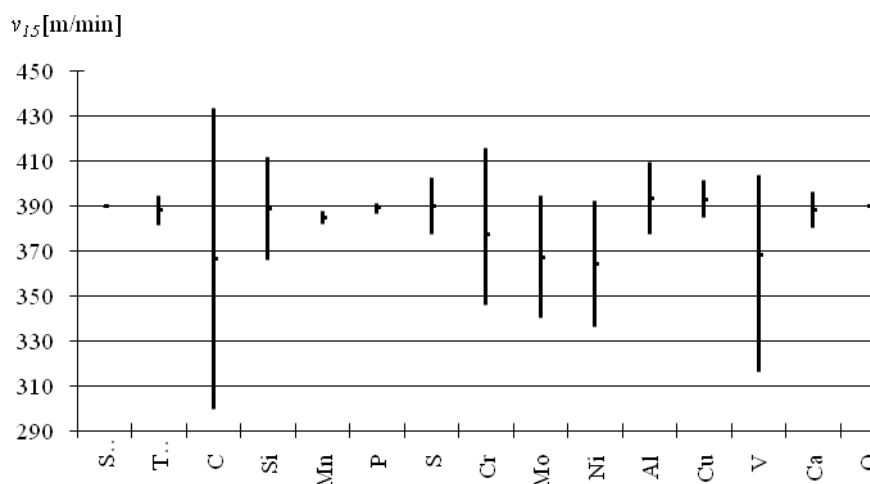
where D_i stands for calculated v_{15} value of the current organism for i -th batch, E_i stands for experimental v_{15} value for i -th batch and n stands for number of experimental batches.

100 independent civilizations of mathematical models for prediction of steel machinability were computed. The average relative error of the best result was 3.7 % compared to the average experimental v_{15} value. The model from 18th generation, which gave the best result, is presented in Equation 4.

$$\begin{aligned} v_{15} = & (((((((((71.83Al - 32Ni) + ((-541.44)V - \frac{Cr}{3.02})) - 541.44V) + 71.83Cr) \\ & + (1647.62(Mn^2))Mo) + ((((((((-144.98Al - 32Ni) - 387.04Mo) - 80.73Cr) - 1095.19S) \\ & + P \frac{Cr^2}{1453.47P}) + 1453.47P((P(CrV)) \frac{Cr}{PV}))) - 110.55Si) - 304.19C) - 0.07TRD) + (1647.62Al \\ & + (((3487.07Ca + V((((71.83Cr + (-2.598TPR - 541.44V)) - 541.44V) + Mo((71.83STPR \\ & - 541.44V) - 541.44V)) + (1647.62(Mn^2))Mo)) - 541.44V) + 71.83Cu))) + 562.61) \end{aligned}$$

4.2. Analysis of results

Based on the best solution from genetic programming (Equation 4), the evaluation of parameters was also made. For every parameter 10 iterations of value changes with equal increase were run, therefore the whole range of parameter's values from the experimental data was covered. From the results Graph 1 was obtained, which shows the influence of the parameters on the v_{15} value.



Graph 1: The influence of the parameters on v_{15} value.

As shown in the upper graph, the biggest influences on v_{15} value have the contents of carbon and vanadium. Which means that with changing the content of carbon or vanadium the biggest range of v_{15} value can be covered. On the other hand, the deformation rate and the content of oxygen have no influence at all; also the contents of manganese and phosphorus are irrelevant for the v_{15} value.

5. CONCLUSION

In comparison to ordinary steels, the extra machinability steels represent a branch which is gaining high level of interest, as in the research field as well as on the market. Therefore, it is very important to bring their advantageous capability of machining at higher speeds to the highest level with additional optimization methods.

The testing for evaluation of steel machinability is carried out according to international standard ISO 3685. The test is performed on a CNC lathe by single-point turning process. The aim of the test is to develop a cutting time-cutting speed dependence of a certain steel batch.

In the research the experimental data of 292 batches were collected. The most important parameters that influence on the extra machinability are deformation rate, surface hardness and chemical composition.

The prediction of extra machinability of steel with genetic programming was made. 100 independent civilizations of mathematical models were developed. The best model deviated for 3.7 % from the average experimental value.

Also the evaluation of parameters' influence was made. The biggest influence on the extra machinability value has the content of carbon, second is the content of vanadium. The evaluation also shows that the content of oxygen and the deformation rate have no influence at all and they could be excluded from the model.

Research has shown that genetic programming method for prediction of steel machinability is one of the means towards better production planning, to reduce the costs of material testing and time losses. The additional research could also include the optimization of the chemical composition in order to achieve higher machinability values. The research can be used in practise.

6. REFERENCES

- [1] www.store-steel.si, 2015.
- [2] ISO 3685:1993, Ed. 2, Tool-life testing with single-point turning tools.
- [3] W.-T. Chen and C.-Y. Chou, The predictive model for machinability of 304 stainless steel, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 118, 2011, 442-447.
- [4] M. Hrelja, S. Klančnik, J. Balič and M. Brezočnik, Modelling of a turning process using the gravitational search algorithm, *International Journal of Simulation Modelling*, Vol. 13, 2014, 30-41.
- [5] T. Özel and Y. Karpat, Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 45, 2005, 467-479.
- [6] P.V.S. Suresh, P. Venkateswara Rao, S.G. Deshmukh, A genetic algorithmic approach for optimization of surface roughness prediction model, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 42, 2002, 675-680.
- [7] M. Kovačič and M. Pšeničnik, Extra machinability modelling, *RMZ – Materials and Geoenvironment*, Vol. 56, No. 3, 2009, 338-345.
- [8] A. Panda, J. Duplák, and K. Vasilko, Analysis of Cutting Tools Durability Compared with Standard ISO 3685, *International Journal of Computer Theory and Engineering*, Vol. 4, No. 4, 2012, 621-624.
- [9] G. Galante, A. Lombardo and A. Passannanti, Tool-life modeling as a stochastic process, *International journal of machine tools and manufacture*, Vol. 38, 1998, 1361-1369.

MIKROFORMING

MICROFORMING IN METAL FORMING

Branko Grizelj¹, Milan Jurković², Marija Stoić³, Slaven Kokorić³, Marijana Milković³,
Barbara Posavac³, Martina Grizelj³

¹University of Osijek, Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod, Croatia,

²University of Rijeka, Croatia

³University of Osijek, Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod, Croatia

bgrizelj@sfsb.hr

ABSTRACT:

The work carried out some analysis mikroforming. Mikroforming in metal forming the production of small dimensions in at least two axes not exceeding 2mm. Technology is mikroforming differs in many ways from the conventional technology of metal forming.

It is well recognized that expertise, experience, and theoretical knowledge available in conventionally sized metal forming cannot be simply transferred to microforming. This is due to so-called size effects which have distinct effect on material flow, friction and other process characteristics. Today, process simulation is a standard tool in industry, applied to support process lay-out and its optimization. However, as it is based on continuum mechanics, it is size-invariant at least for cold forging. Hence, it is obvious that due to the size effects, conventional simulation cannot be applied to microforming. In this paper two approaches are presented how to model specific phenomena of microforming in particular concerning material flow and friction. These are the mesoscopic model and a combination of the general friction law and mechanical rheological model, respectively. Both models are brought together to be finally applied to a combined micro cold-extrusion process. Microforming coarse grains, macroforming fine grains.

Keywords: metal forming, microforming

1. INTRODUCTION

The work carried out some analysis mikroforming. Mikroforming in metal forming the production of small dimensions in at least two axes not exceeding 2mm. Technology is mikroforming differs in many ways from the conventional technology of metal forming.

As it can be shown by analyzing the increasing market volume of electronic and micromechanical components, a general trend towards higher integrated functional density and miniaturization is obvious. Thus, the technology of microforming becomes more and more attractive when smallest metallic parts with high accuracy and production output are demanded [1]. Application: micro system technology and microelectromechanical system. Despite all of the advantages of microforming technology most of these parts are still made by machining processes. One of the main reasons is that forming technology cannot simply be transferred from conventional length scale to the 'microworld'. This is due to material and process being subjected to so-called size effects. In order to evaluate and

describe these effects, basic investigations on various metal forming processes (bending, extrusion, upsetting, and others) have been done by performing experiments scaled down according to the similarity theory. In this way, two main effects have been identified: the size effect on the material flow and the one on the friction. The former can be traced back to the dependency of the material flow to the initial state of the grain structure or more precisely to the ratio between mean grain size and part dimension [2, 3]. For simulation purpose a first approach is given by the surface layer model [4] yielding size-dependent results such as forming force in good agreement to what is observed. If additional aspects as e.g. process scatter or mould filling are to be considered, there is a necessity in describing the forming behavior of the material in a more detailed way. This can be realized by the more advanced approach, the so-called mesoscopic model [5]. The first of the objectives of the present paper is to explain this model by describing the experimental basis and the theoretical background. The second deals with the size dependence of friction. The size-effect in friction has first been investigated by scaled ring-test experiments keeping the geometrical similarity [6]. The observed increase in friction was studied in more detail using double-cup extrusion tests [7, 8]. The results not only confirm the previously detected effect but have also been used as a basis for a theoretical approach [9] capable to describe the size dependence of the friction factor m . With respect to process simulation, this approach enables for the first time to model the specific characteristics of friction in microforming by simply applying conventional friction laws such as the law of constant friction stress $\tau = mk$. Microforming coarse grains, macroforming fine grains.

2. GENERAL STRATEGY

Putting in mind that size effects in microforming are mainly controlled by first the ratio between grain size and workpiece dimension and second the dependence of friction on specimen size, both becoming effective in parallel. For basic investigations it must be the objective to separate both effects as far as possible. For that purpose in the present approach two processes are considered, the flat upsetting of a cylindrical bar and the DCE-test. In the final step, the results are applied to a combined full-forward/cup-backward extrusion process for purpose of validation. The size effect related to material structure can be investigated in two different ways. The straightforward approach is to scale down the process. However, in this case the size effect on friction has to be considered. In order to exclude this effect i.e. to ensure constant friction conditions, the workpiece geometry is kept unchanged, and grain size is varied in a broad range. In this kind of physical modelling the fine grained and coarse grained material represent the macro and micro case, respectively. Process and process dimension has to be chosen adequately. This is the approach realized in the present study, in which the cylindrical flat upsetting test on “micro” specimen is considered. In order to get significant information about the scatter of process factors like forming limit and development of shape, a new simulation model is being developed which combines the advantages of grain modelling with a more realistic material behaviour. The behaviour of each grain is characterized by its size and by its position within the workpiece. The results of simulation are finally compared to the experimental results. The size effect related to friction is measured by the DCE-test (**d**ouble **c**up **e**xtrusion) [10], which is in particular suited to reflect the load situation in cold forging. Starting from the results of scaled experiments the modelling approach is realized on the basis of the general friction law developed by Wanheim/Bay [11] and the mechanical-rheological model.

3. EXPERIMENT

3.1 Flat upsetting test

Experimental results using material with different grain structure Fig. 1.

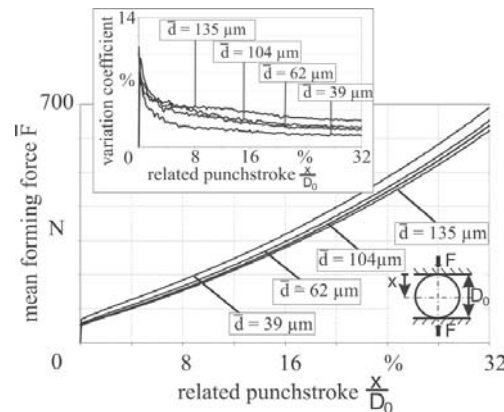


Fig. 1. Experimental results using material with different grain structure

3.2 Double cup extrusion test

Setup of DCE (the double cup extrusion) test and friction dependent material flow [7] Fig. 2.

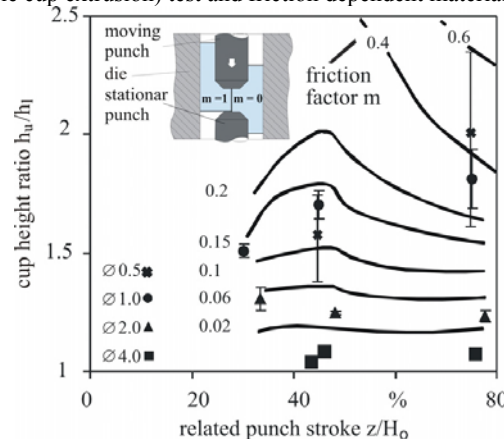


Fig.2. Setup of DCE (the double cup extrusion) test and friction dependent material flow

4. THEORETICAL BACKGROUND

4.1 Mesoscopic model

In the advanced approach, the mesoscopic model, the material is subdivided into single grains with individual properties, depending on their size and position within the material. Thus it will be possible to model even the local forming behaviour controlled by the local grain structure. The modelling of grain structure is based on the algorithm of the Monte-Carlo-Potts model [12, 13] enabling the generation of synthetic 2D as well as 3D grain structures with predefined parameters. The

synthetically generated grain structures are verified by a comparison with metallographically analyzed real ones. Comprehensive studies have shown that the differences in the parameters of interest – mean linear grain size and its standard deviation – are below 2% and 15% respectively, both related to the values of the real grain structure, showing the efficiency of this method. The calculation

of the flow stress of a single grain is based on two effects. On the one hand, it is calculated by means of the Hall-Petch equation which can be applied as long as the grain size is not at nanoscale, and on the other hand, on the position of the grain within the material which can be considered according to Ashby [14]. On this basis the yield stress τ is given by:

$$\tau = \tau_0 + \frac{m_{1,2} \cdot \tau_i \cdot \sqrt{\lambda}}{\sqrt{d_G}} \quad (1)$$

$m_{1,2}$ represents a transformation matrix for the different sliding systems in the adjoining grains, τ_0 is the critical shear stress in the considered grain and the factor λ represents the distance between the pile-up source and the dislocation. Dislocations are assumed to pile up until the stress concentration exceeds the stress τ_i . From this point on, dislocation sources will be activated in neighbouring grains. The fact, that the Hall-Petch factor for a single grain K_i is different to the integral Hall-Petch factor K leads to:

$$\tau = \tau_0 + \frac{K_i}{\sqrt{d_G}} \quad \text{with} \quad K_i = m_{1,2} \cdot \tau_i \cdot \sqrt{\lambda} \quad (2)$$

The correlation between K_i and K is given by:

$$K_i = K \cdot \xi_i \quad (3)$$

where a newly introduced pile-up factor ξ_i describes simplified the amount of dislocation pile-up at the grain boundary region of a single grain and is defined by:

$$\xi_i = \frac{\overline{k_{nG}}}{k_G} = \frac{1}{k_G} \frac{1}{l_G} \sum l_c \cdot k_{nG} \quad (4)$$

$\overline{k_{nG}}$ is the mean yield stress of the neighbouring grains related to the contact length l_c . Since dislocation pile-up is not possible at a free surface, the pile-up factor there is set to zero and increases with the distance of the grains from the surface. Thus, the flow stress of grains positioned close to the free surface is reduced compared to grains being placed in the inner area of the specimen. Applying this model to macroscopic dimensions there is a large number of grains n within the workpiece and the influence of the surface on the integral material properties is very low.

The simulation of the flat upsetting test is carried out using the finite element simulation program MSC Superform 2003. The model consists of 11048 quadrilateral four node elements. The friction factor m is set to 0.2 arbitrarily. Simulations of the flat upsetting process varying the friction factor m in a range from 0.05 to 0.5 have shown that there is only a small influence of m on the forming results.

With the above described generation of a synthetic grain structure and the calculation of the material properties based on macroscopic determined values, the simulation model is able to show the experimentally determined reduction of the forming force depending on the mean grain size. The results for the forming force as a function of punch displacement for different mean grain sizes, selected correspondingly to the experimentally determined ones, are shown in Fig. 3.

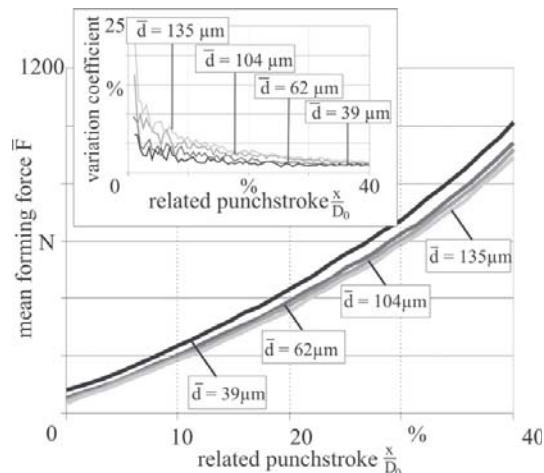


Fig. 3. Simulation results with specimen characterized by different mean grain sizes.

The verification of the simulation model is done by the comparison between simulation and experimental results for distinct mean grain sizes. The values of interest are the forming force and its scatter respectively. These two parameters are identified as relevant parameters representing size effects. In order to compare simulation results with experiments, simulation is carried out with parameters equivalent to experimental determined grain structure attributes. The results from the simulations reflect the experimentally detected correlation between the mean grain size and the forming force in a quite acceptable way, Fig. 1. A more detailed comparison is given in Fig. 4, showing the good agreement in the runs of the forming forces. The maximum and mean differences are 10% and 2%, respectively related to the experimental data. Thus, the obtained results confirm the mesoscopic model including the algorithm of calculating the material properties of the grain structure.

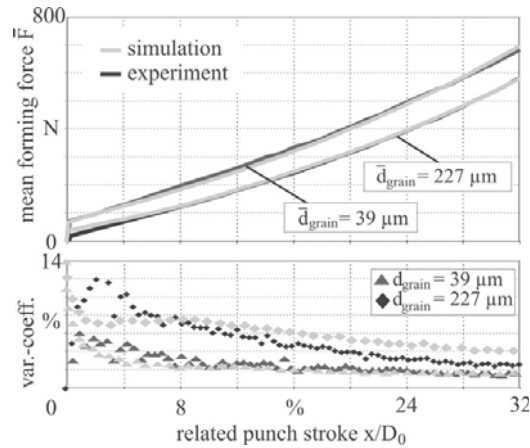


Fig. 4. Comparison of the forming force between simulation und experimentally obtained results.

4.2 Mechanical-rheological model

The high increase in the friction – as detected by the DCE-test – can be explained by use of a mechanical-rheological model introduced by [15, 16]. Applying a forming load to a lubricated workpiece leads to a plastic deformation of the asperities (roughness peaks). Thus, the pressure on the lubricant trapped in the lubricant valleys is increased if they do not have connection to the edge of the surface (CLP: Closed Lubricant Pockets, Fig. 5b) or squeezed out (OLP: Open Lubricant Pockets, Fig. 5a).

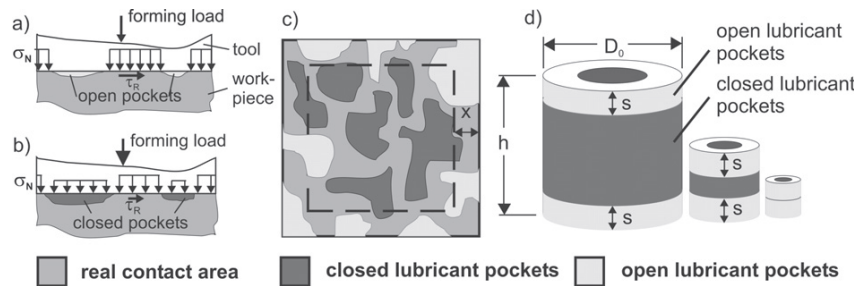


Fig. 5. (a-c) Effect of OLP and CLPs on friction conditions, (d) Increasing ratio of OLPs to CLPs with decreasing specimen size

In case of OLPs the forming load acts only on the asperities which results in a higher contact stress, a higher degree of surface flattening and thus a higher fraction of the real contact area (RCA) and higher friction. CLPs – in contrast to OLPs – do not have any connection to the surface, thus the lubricant will be trapped in those pockets and pressurized during the forming process, resulting in a reduced normal pressure on the asperities and leading to lower friction. Applying this model to the DCE-test, there must be a scaling effect on the ratio of open to closed lubricant pockets (Fig. 3d). Because of the scale invariance of the topography, it is obvious that a region of constant width exists

where the open lubricant pockets become effective. By reducing the specimen size, the share of open lubricant pockets increases as well as the friction factor does. The model of OLPs and CLPs and its effect in scaling has been confirmed by additional and independent investigations which are described in detail in [7, 8].

The approach – describing the change in the friction conditions when scaling down geometry – is based on the generalized friction law developed by Wanheim/Bay (WB) [11]

$$\tau = f\alpha_{RC}k ; \frac{\tau}{k} = f\alpha_{RC} \quad (5)$$

where τ and k represents the friction stress and yield stress of the material respectively, f is the redefined friction factor and α_{RC} the real contact area (RCA) ratio. Starting from the observed difference in the friction factor m by a factor of 20 when scaling down geometry to microscale by a geometrical scaling factor of 8, this difference cannot be explained by attributing this factor to either f or α_{RC} . The hypothesis is that both parameters are affected when scaling down while the influence of α_{RC} might be dominant. Hence, the geometry of the investigated specimen must be considered. With respect to the topography it is possible to determine the fractions of RCA, CLP and OLP by 3D

surface measurement [17, 18]. As it can be seen by the analysis of a surface topography, there is a distinct rim region where OLPs are dominant. Decreasing the size of the evaluation area leads to an increase in the ratio between rim and total area, and thus the fraction of the OLPs increases as well. In case of geometrical conditions given in Fig. 3, the nominal contact area of the cylinder A_n and the rim area A_s of constant widths s are:

$$A_n = h \cdot D_0 \pi ; A_s = 2sD_0 \pi \quad (6)$$

Since h , but not s , is size dependent, the relation $h = 2\lambda s$ applies and can be used to express the ratio A_s/A_n as a function of λ

$$\frac{A_s}{A_n} = \frac{1}{\lambda} \quad (7)$$

In case of $\lambda = 1$ (arbitrarily fixed to describe the micro case, cf. Fig. 3) $A_s = A_n$ applies. By definition, A_s and the remaining area $A_n - A_s$ exclusively are composed by fractions of RCA and OLPs, respectively by fractions of RCA and CLPs.

Hence,

$$\begin{aligned} A_n &= \alpha_{CL}A_n + \alpha_{RC}A_n ; A_s = \alpha_{RC}A_s ; A_n - A_s = \alpha_{CL}A_n + \alpha_{RC}A_n - \alpha_{RC}A_s \\ -A_s + \alpha_{RC}A_s &= \alpha_{CL}A_n + \alpha_{RC}A_n - A_n \end{aligned} \quad (8)$$

Inserting eqs. (8) in (7) gives

$$\begin{aligned}
 A_n - A_s &= \alpha_{CL} A_n + \alpha_{RC} (A_n - A_s) \\
 -A_s + \alpha_{RC} A_s &= \alpha_{CL} A_n + \alpha_{RC} A_n - A_n; A_s (\alpha_{RC} - 1) = A_n (\alpha_{CL} + \alpha_{RC} - 1); \frac{A_s}{A_n} = \frac{\alpha_{CL} + \alpha_{RC} - 1}{\alpha_{RC} - 1} \\
 \frac{A_s}{A_n} &= \frac{\alpha_{CL} + \alpha_{RC} - (\alpha_{RC} + \alpha_{CL} + \alpha_{OP})}{\alpha_{RC} - 1}; \frac{A_s}{A_n} = \frac{-\alpha_{OP}}{\alpha_{RC} - 1} = \frac{\alpha_{OP}}{1 - \alpha_{RC}} = \frac{\alpha_{OP}}{(\alpha_{RC} + \alpha_{CL} + \alpha_{OP}) - \alpha_{RC}} \\
 \frac{A_s}{A_n} &= \frac{\alpha_{OP}}{\alpha_{CL} + \alpha_{OP}} = \frac{1}{\lambda}
 \end{aligned} \tag{9}$$

The portion of α_{OP} related to the non-contacting area (Eq. (6)) is 1 for $\lambda = 1$ and 0 for $\lambda \rightarrow \infty$. Fulfilling the condition of $\alpha_{RC} + \alpha_{CL} + \alpha_{OP} = 1$, the fraction of α_{CL} can be expressed by

$$\frac{\alpha_{CL}}{1 - \alpha_{RC}} = \frac{\alpha_{CL}}{\alpha_{CL} + \alpha_{OP}} = 1 - \frac{1}{\lambda} \tag{10}$$

α_{CL} and α_{OP} are the ratios of CLPs and OLPs, respectively. As it can be seen in Fig. 6, the geometrical effect is low in case of high values of λ ($\lambda > 10$: macro case) but considerable in the range of $1 < \lambda < 10$.

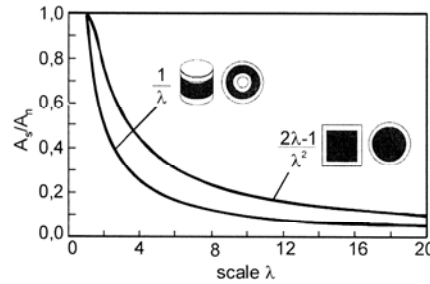


Fig. 6. Effect of scaling factor on OLP-fraction: presentation of eqs. (6) and (8)

5. APPLICATION

Combined full-forward/cup –backward extrusion. Effect of scale and grain size on final shape (experiment) Fig 7.

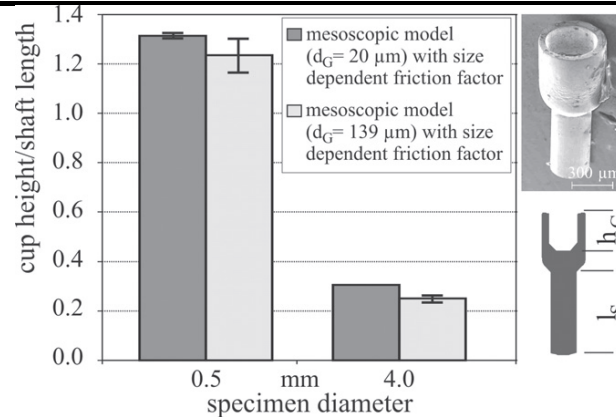


Fig. 7. Combined full-forward/cup –backward extrusion: effect of scale and grain size on final shape (experiment).

6. CONCLUSION

The work carried out some analysis mikroforming. Mikroforming in metal forming the production of small dimensions in at least two axes not exceeding 2mm. Technology is mikroforming differs in many ways from the conventional technology of metal forming.

Simulation of microforming processes close to the results of experiments is winning a growing interest in microforming society. It is well recognized, that simulation represents an important presupposition for pushing forward the application of microforming technology in practice. As it has been shown for some selected cold forging processes, a first step has been done successfully to reach this goal. The instruments developed so far are capable to model essential phenomena of microforming at least on a qualitative level. Additionally, on the basis of experimental and simulative results, the most relevant gaps in modeling are identified as well as the methods to fill them. Hence, progress can be expected in near future towards generalization of the modelling approach and its applicability on other processes relevant for microforming.

7. REFERENCES

- [1] Geiger, M.; Kleiner, M.; Eckstein, R.; Tiesler, N.; Engel, U.: *Microforming. CIRP Annals* 50(2001)2, 445-462
- [2] Engel, U.; Tiesler, N.; Eckstein, R.: Microparts – A challenge for forming technology. In: *Kuzman, K. (edtr): ICIT 2001 3rd Int. Conf. on Industrial Tools*, April 22-26, 2001) Celje Slovenia: Tecos 2001, 31-39
- [3] Engel, U. ; Eckstein, R.: Microforming - from basic research to its realization. *J. Mater. Process. Technol.* 125-126(2002) 35-44
- [4] Engel, U.; Meßner, A.; Geiger, M.: Advanced Concept for the FE-Simulation of Metal Forming Processes for the Production of Microparts. In: *Altan T. (Edtr.): Advanced Technology of Plasticity* 1996, Proc. of the 5th ICTP, Oct.7-10, 1996, Columbus, Ohio USA, Vol. II, p. 903-907

-
- [5] Geißdörfer, S. Engel, U.: Mesoscopic Model - Simulation of Size Effects in Microforming. In: Jan Kusiak et al (edtrs): *Proceedings of the 10th International Conference on Metal Forming 2004*, Krakow, 19.-23.09.2004, *GRIPS' Sparkling World of Steel Vol. 1: Proceedings, No. 3*, GRIPS media GmbH, Bad Harzburg 2004 pp 699-703
 - [6] Engel, U.; Messner, A.; Tiesler, N.: Cold forging of microparts - effect of miniaturization on friction. In: Chenot, J.L. et al (Edtrs.): *Proceedings of the 1st ESAFORM Conf. on Materials Forming, Sophia Antipolis France 17-20 March '98*; p. 77-80
 - [7] Tiesler, N.: Grundlegende Untersuchungen zum Fließpressen metallischer Kleinstteile. In: Geiger, M.; Feldmann, K. (Edtrs.): *Reihe Fertigungstechnik Erlangen Nr. 120*, Meisenbach, Bamberg, Germany, 2002
 - [8] Tiesler, N.: Microforming – size effects in friction and their influence on extrusion processes. *Wire 52*(2002) 34-38
 - [9] Engel, U.: Tribology in Microforming. *Proc. 2nd Int. Conf. On Tribology in Manufacturing Processes ICTMP. Nyborg, Denmark, June 15-18, 2004. Vol. 2*, 549-60, to appear in *Wear* (2005)
 - [10] Buschhausen, A.; Weinmann, K.; Lee, J.Y.; Altan, T.: Evaluation of lubrication and friction in cold forging using a double backward extrusion process. *J. Mater. Process. Technol.* 33(1992) 95-108
 - [11] Wanheim, T.; Bay, N.; Petersen, A.S.: A theoretically determined model for friction in metal working processes. *Wear* 28(1974) 251-58
 - [12] Mehnert, K.; Klimanek, P.: Grain growth in metals with strong textures: Three-dimensional Monte-Carlo simulations, *Computational Materials Science* 9(1997) 261-266
 - [13] Potts, R.B.: Some generalized order-disorder transformations, *Proc. Camb. Phil.Soc.* 48(1952) 106-9
 - [14] Ashby, M.F.: The Deformation of Plastically Nonhomogeneous Materials. *Phil. Mag.* 21(1970) 254-55
 - [15] Sobis, T.; Engel, U.; Geiger, M.: A theoretical study of wear simulation in metal forming processes. *J. Mater. Process. Technol.* 34(1992) 233-40 [16] Pfestorf, M.; Engel, U.: Eiformung der Oberflächenstruktur in umformtechnischen Prozessen. In: Zum Gahr, K.-H. (Hrsg.): *Reibung und Verschleiß. Oberursel: DGM-Informationsgesellschaft 1996*, 361- 66
 - [17] Pfestorf, M.; Engel, U.; Geiger, M.: Three Dimensional Characterization of Surfaces for Sheet Metal Forming. *Wear* 216(1998) 244-250 [18] Engel, U., Neudecker, Th.; Popp, U.: 3DOberflächenanalyse – Methoden, Kenngrößen, Anwendungen. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik* 31(2000)8, 747-53
 - [19] Bay, N.: Friction stress and normal stress in bulk metal forming processes. *J. Mech. Work. Technol.* 14(1987)2, 203
 - [20] Nellesmann, T.; Bay, N.; Wanheim, T.: Real contact area and friction stress – the role of trapped lubricant. *Wear* 43(1977) 45-53
 - [21] Keran, Z.; Math, M.; Grizelj, B.: Experimental and numerical analysis of coining process using microforming approach, *Tehnicki vjesnik* (2011).505-510.

PROIZVODNJA ZNAČAJNIH KOMADA ROTACIONIM KOVANJEM

MANUFACTURING OF VITAL PARTS BY ROTARY FORGING

M. Plancak¹, D. Movrin¹, I. Kacmarcik¹, A. Ivanisevic¹, M. Tolnai², N. Durakbasa³

¹University of Novi Sad, Faculty of Technical Science, Serbia, plancak@uns.ac.rs

²Technical University Bratislava, Slovakia

³Technical University Vienna, Austria

ABSTRACT:

Cross – joint component is a vital element which is integrated in many mechanical engineering transmission systems. It transmits rotational movement in the transmission chain and it is loaded by high bending and shear stresses. There exist high requirements in terms of mechanical properties of cross-joint, which is understandable having in mind its important and responsible role in many mechanical engineering assemblies. Current paper presents one incremental method - orbital (or rotary) forging - which is relatively new technology for production of cross – joint. Orbital forging is an incremental bulk metal forming operation in which billet is placed at lower die whereas upper die, which performs rotational movement, is inclined for a small angle in respect to lower die. In most usual case, upper die also executes axial movement toward lower die, pressing the billet, but in some process modifications vice versa option has been also employed. Advantages and drawbacks, as well as main process parameters of orbital forging are presented and discussed. In concrete case, mechanical properties of one cross-joint part made by orbital forging process has been determined and compared with the component manufactured by classical forging. Relevant conclusions have been made.

Keywords: Cross joint component, orbital forging, comparison

1. INTRODUCTION

In order to create and maintain a high competitive advanced metal forming industry, innovations in the relevant fields such as new materials, die design and production, machine tools and presses, computer application etc. have to be introduced continuously. One of the most important step is application of a new technological processes or/and to optimize and modernize existing processes.

One of the relatively new process which is applied in metal forming manufacturing is orbital (or rotary) forging. This is one advanced incremental metal forming process which theoretical fundamentals had been elaborated already in 1921 by Massey [1]. But, in practical application serious problems occurred which were mainly connected with complex kinematics of the process. Only when these challenges had been resolved in satisfactory way orbital forging became a real alternative to some other metal forming processes (to classical forging in the first place).

Many researchers have performed investigation of orbital forging, from different aspect and with different aims. As a result of those efforts fully competitive and sustainable process has been created.

Balawender et al. [1] focused their research on unfavorable tangential forces which take place in orbital forging. In this regard they underlined important role of friction condition during the process. Muntean et al. [2] described possibility to produce bevel gears by orbital forging. Authors compared use of hydraulic and mechanical presses as well as different versions of die design. Failure prediction and prevention of the orbital process has been studied in [3]. Different aspects of die design had been analysed. Authors give a concrete advice how to make design of main tooling elements in order to prevent failure. Application of FE method in simulation of orbital forging has been described and analysed in [4], [5], [6]. One three dimensional FE modeling program is created using DEFORM package. Model is verified and applied to a computer simulation of a wheel bearing assembly process. Influential parameters had been varied in order to optimize the whole process.

Current paper presents the main aspects of the orbital forging technology. Furthermore, it describes production of a cross-joint component by this technology. Some relevant concluding remarks are also given.

2. INCREMENTAL METAL FORMING

According to relevant archeological findings, incremental metal forming is the oldest manufacturing process, dating back in Neolithic age (about 8.000 BC) [4]. At that time some metals were discovered and used by man for production of simple tools. Since then, during long period of time this method has experienced many drastic developments, improvement and modernization, so it can be considered today as a real advanced technology which is particularly favorable for production of small and middle size metal parts.

Main principle of incremental forming is the way how workpiece is deformed. In this technology final workpiece is obtained by series of small loadings rather than by one blow. Instead of acting over the entire contact surface between die and workpiece (classical forming), in incremental forming load is applied only at a small region of this surface. Such a paradigm offers some important advantages in comparison with classical metal forming processes.

Rotary forging is a typical incremental operation. There are different sub-variants of rotary forging in terms of die movement but most applied is shown in Fig. 1, together with some typical examples of components obtained by this method [4]. Lower die in which initial material is placed moves vertically upwards while upper die executes orbital movement around its axis which is inclined in relation to vertical axis. In this way workpiece is deformed partially, caused by the movements of upper and lower die. Most important influential factor in this process is inclination angle of upper die axis. Smaller angle results in larger partial contact surface between upper die and workpiece and, consequently, in higher load and vice versa.

Main advantages of rotary forging are: lower load, lower die pressures, ecological aspects (reduction of vibrations and noise), possibility to achieve higher degree of deformation without crack and damage. Main drawbacks are longer production time and higher initial investments cost (presses and tools). This technology is particularly convenient for small and medium batch size production of parts with larger diameter and smaller height.

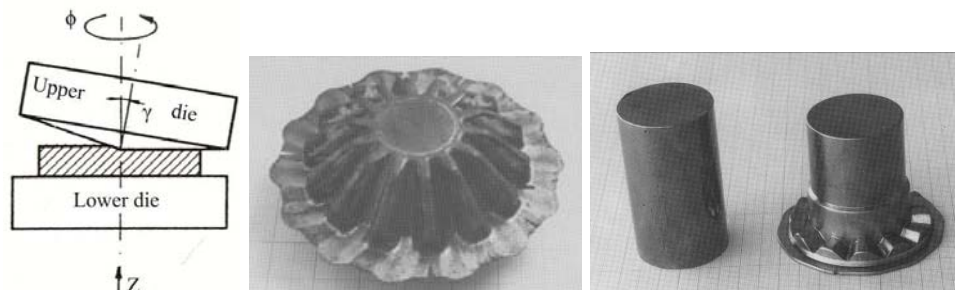


Figure 1: Rotary forging and examples of forged product

3. EXPERIMENTAL WORK

In the frame of one European project [5] broader research work on the rotary forging process had been conducted. As a case study manufacturing of cross – joint component from steel has been considered. Cross – joint component is a vital element which is integrated in many mechanical engineering transmission systems. It transmits rotational movement in the transmission chain and it is loaded by high bending and shear stresses. Predominant number of these components are still manufactured by classical hot forging, including subsequent machining operations.

In current work workpiece material was C4321 (20MnCr5) with the stress-strain curve $K = 289,671 + 668,779 \cdot \varphi^{0,3184}$ MPa. Operation was carried out in cold conditions (room temperature). Billet dimensions were $\varnothing 40 \times 75,5$ mm and $\varnothing 38 \times 83,6$ mm, three inclination angles were varied: • $0,750^\circ$, $1,250^\circ$, 2° . Final height of all investigated parts was 27 mm. Process was performed at the Schmid presses T-200. In Fig. 2 drawing of component is given and in Fig. 3 initial billet, forging before trimming operation and final product are shown.

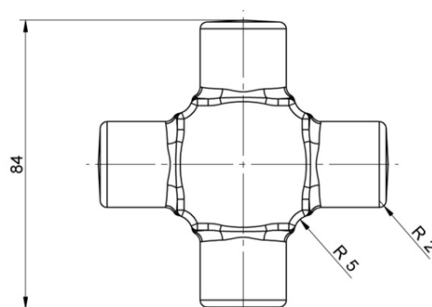


Figure 2: Drawing of cross – joint

Considering the role of cross – joint component in the transmission chain, most important characteristic is strength of the joint sleeve (round cross section) as it transmits the load (moment). For that reason hardness of the sleeve cross section has been measured. Hardness values (HV10) have been also converted into the strength values (Rm.). Obtained values have been then compared with the corresponding values obtained at the cross – joint manufactured from the same material by classical hot forging technique (Fig. 4).



Figure 3: Initial billet, forging and final product

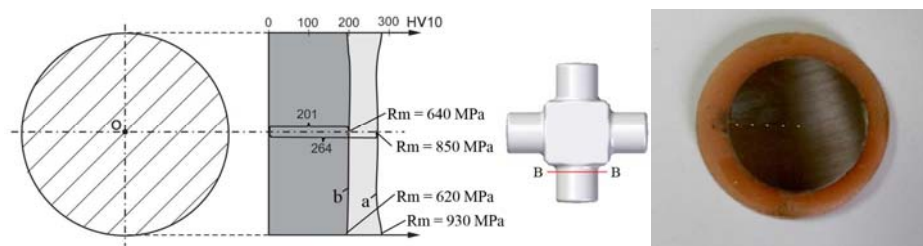


Figure 4: Hardness measuring points and hardness distribution across the cross section of the sleeve

4. CONCLUSION

In order to ensure constant growth potential and high position at the market, production industry must continuously pursuit and improve its manufacturing excellence. This can be done by intensive research work which results should be new, innovative processes with improved technical and economical performances. Current work elaborates application of one advanced incremental technology in manufacturing of cross – joint component.

Main characteristics of rotary forging are presented as well as the predominant fields of its industrial implementation. Short description of the performed rotary forging is given with the emphasis on the mechanical property at the critical location of the cross – joint. Via hardness measurement strength at the cross section of the sleeve is determined. Obtained values are compared with the corresponding values at the component fabricated by classical hot forging. It has been found that component produced by rotary forging possess higher strength values over the cross section of the sleeve than classically hot forged component. This difference is approx. 25%.

5. ACKNOWLEDGEMENT

This paper is a part of the investigation within the project CEEPUS HR-108. Authors are very grateful for the financial support.

6. REFERENCES

- [1] T. Balawender, F. Stachowicz Tangential Forces in Rotary Forging Process, *Manufacturing Engineering* 3(7), 2008, 5-7, ISSN 0361-0853.
- [2] P. Muntean et al, Fabrication of bevel gears through orbital forging, *5th International meeting of the Carpathian region specialists in the field of gears*, Baja Mare, 1992.
- [3] J. J. Sheu, C. H. Yul, The die failure prediction and prevention of the orbital forging process, *Journal for materials processing technology* 201, 2008, 9-13.
- [4] P. Grochel et al. Incremental bulk forming, *Annals of the CIRP* 56/2, 2007.
- [5] EUREKA projekat E!5005: Innovative ecological technologies in manufacturing engineering, Ministry of Science and Technology - Republik of Serbia, 401-00-38/2010-01/2 od 17.02.2010, Novi Sad.

GRANIČNE VRIJEDNOSTI MAKSIMALNOG STEPENA DEFORMACIJE PRI DEFORMISANJU U HLADNOM STANJU

THE LIMIT VALUES OF MAXIMAL LOGARITHMICS STRAIN FOR COLD FORMING

Himzo Đukić¹, Mirna Nožić²,

¹Sveučilište u Mostaru, Fakultet strojarstva i računarstva, Matice hrvatske bb.

²Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Mašinski fakultet, Univerzitetski Kampus.

himzo.djukic@sve-mo.ba

mirna.noizic@unmo.ba

SAŽETAK:

Dobiveni dijagram granične deformabilnosti za dvostepene, trostepene, četverostepene i petostepene alate i funkcionalna veza između broja prstenova u alatu i maksimalno mogućeg ukupnog stepena deformacije, koja iz njega proizilazi, omogućavaju novi pristup u projektovanju višestepenih alata sa redukcijom debljine zida.

Ključne riječi: maksimalna logaritamska deformacija, duboko izvlačenje sa redukcijom debljine zida

ABSTRACT:

Obtained diagram of limit deformability for two, three, four and five stage dies and functional relation between number of rings in die and maximal possible total degree of deformation that is resulting from diagram, make possible new approach in designing of multi – stage dies for wall thickness reduction.

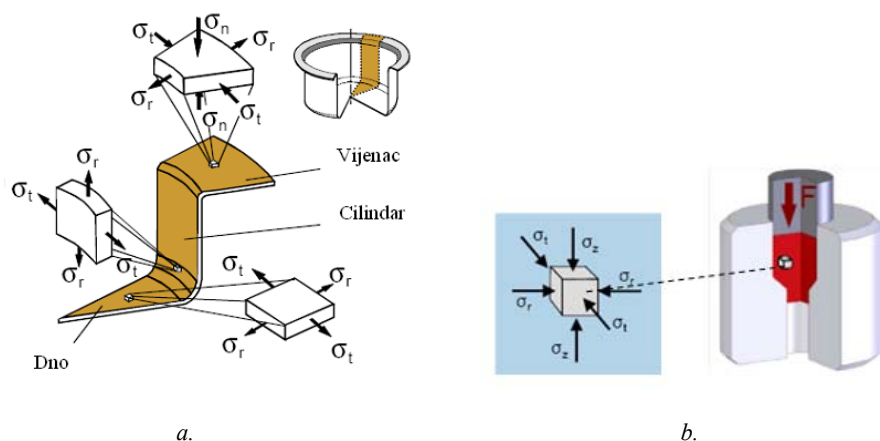
Keywords: maximal logarithmic deformation, deep drawing with wall thickness reduction.

1. UVOD

Prilikom projektovanja tehnoloških postupaka obrade deformisanjem u hladnom stanju posebnu pažnju treba posvetiti izboru maksimalnog stepena deformacije, koji se može izvršiti u jednoj operaciji. Izabrani maksimalni stepen deformacije direktno utiče na: broj operacija, broj međuoperacijskih žarenja, dužinu tehnološkog postupka, kvalitet izrađenog radnog predmeta i vijek trajanja alata. Maksimalni stepen deformacije može se odrediti teoretskim putem, na osnovu naponske analize procesa i eksperimentalnim putem, na osnovu izvedenih eksperimenata.

2. TEORETSKE VRIJEDNOSTI MAKSIMALNOG STEPENA DEFORMACIJE

U literaturi postoji više teoretskih metoda za različite procese obrade deformisanjem pomoću kojih se mogu odrediti maksimalni stepeni deformacije. Zajedničko za sve metode je da se polazi od naponske analize procesa, na osnovu koje se postavlja diferencijalna jednačina i uz različita uprošćenja dolazi do njenog rješavanja. Na Slici 1.a prikazana je naponska analiza prve operacije dubokog izvlačenja, a na Slici 1.b naponska analiza elementarne čestice pri istosmjernom istiskivanju punih tijela.



Slika 1: Naponska analiza

Uprošćenja se odnose na pretvaranje troosnog u dvoosno naponsko stanje, što neminovno dovodi do razlike između teoretskih i eksperimentalnih vrijednosti.

Maksimalna vrijednost stepena deformacije dobija se iz uslova jednakosti glavnog napona i moći nošenja u zoni prenosa sile. Ako se zanemare sile trenja ($\mu = 0$), dolazi se do vrijednosti idealnih napona, koji za oba slučaja prikazana na Slici 1, iznose:

$$\sigma_i = k \cdot \varphi \quad (1)$$

Izjednačavanjem idealnog napona sa specifičnim deformacionim otporom dolazi se do maksimalne vrijednosti logaritamskog stepena deformacije:

$$\varphi = 1 \quad (2)$$

gdje je: $\varphi = \ln A_0 / A_1$ logaritamski stepen deformacije. Kod procesa obrade deformisanjem kod kojih dolazi do povećanja poprečnog presjeka priprema (kovanje), maksimalna površina poprečnog presjeka je:

$$A_1 = 2,71 \cdot A_0 \quad (3)$$

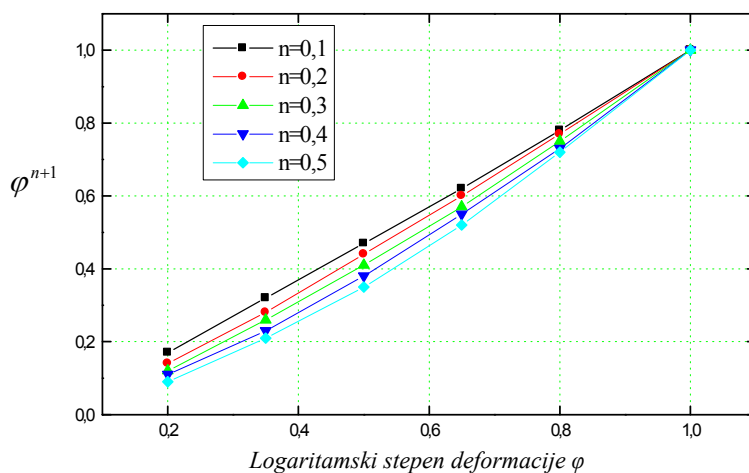
U procesima obrade deformisanjem kod kojih se smanjuje poprečni presjek priprema, minimalna površina poprečnog presjeka iznosi:

$$A_1 = 0,368 \cdot A_0 \quad (4)$$

Uzimajući u obzir izraz za krivu očvršćavanja trećeg reda $k = C \cdot \varphi^n$ izraz za idealni napon glasi:

$$\sigma_i = C \cdot \varphi^{n+1} \quad (5)$$

Uticaj logaritamskog stepena deformacije na idealni napon za različite vrijednosti eksponenta krive očvršćavanja ($n=0,1 - 0,5$) prikazan je na Slici 2.



Slika 2: Vrijednosti φ^{n+1} za različite materijale

Sa Slike 2 je vidljivo da je za maksimalni teoretski logaritamski stepen deformacije $\varphi=1$ za sve materijale vrijednost idealnog napona $\sigma_i = C$, gdje C zavisi od vrste materijala, Tabela 1

Tabela 1: Vrijednosti C i n za različite materijale

Materijal	C (MPa)	n
St 38	730	0,10
St 60	890	0,15
Al 99,5	150	0,22
CuZn 40	800	0,33
CuZn 28	720	0,49

Logaritamski stepen deformacije u realnim procesima obrade deformisanjem kreće se u granicama od 0,2 do 0,8. Sa Slike 2 može se uočiti da se vrijednost idealnog napona u tim granicama za materijal sa najboljim plastičnim svojstvima ($n=0,5$) kreće u granicama $\sigma_i = 0,09 \cdot C$ do $\sigma_i = 0,72 \cdot C$, a za najlošiji materijal ($n=0,1$) u granicama od $\sigma_i = 0,17 \cdot C$ do $\sigma_i = 0,78 \cdot C$ (vrijednosti C odgovaraju vrijednostima datim u Tabeli 1 za odgovarajuće materijale).

Ako se pri naponskoj analizi uzme u obzir uticaj trenja i geometrije alata, izrazi za maksimalne napone su složeniji. U literaturi postoji više različitih pristupa za izračunavanje graničnih vrijednosti napona i specifičnog deformacionog rada (metoda deformacionog rada, metoda integracije približnih diferencijalnih jednačina ravnoteže i plastičnosti, metoda gornje procjene, metoda linija klizanja). Na osnovu provedene naponske analize procesa dubokog izvlačenja sa redukcijom debljine zida i vučenja žice, po navedenim metodama, nakon modificiranja i uprošćavanja krajnjih izraza dobiven je zajednički opći model iz koga se mogu uočiti uticajni parametri tog procesa [2].

Izraz za napon izvlačenja, dobiven po metodi deformacionog rada, glasi:

$$\sigma_i = k \cdot \varphi \left[1 + \frac{\mu}{\alpha} \left(1 - \frac{3}{4} \varphi \right) + \frac{1}{2} \frac{\alpha}{\varphi} \right] \quad (6)$$

gdje su:

k – specifični deformacioni otpor;

φ - logaritamski stepen deformacije;

μ - koeficijent trenja i

α - ugao matrice za izvlačenje.

Izraz za napon izvlačenja, dobiven po metodi integracije približnih diferencijalnih jednačina ravnoteže i plastičnosti je:

$$\sigma_i = 1,15 \cdot k_{sr} \cdot \varphi \cdot \left(1 + \frac{n-1}{n} \frac{\mu}{\alpha} \right) \quad (7)$$

Izraz za napon vučenja, dobiven po metodi integracije približnih diferencijalnih jednačina ravnoteže i plastičnosti je:

$$\sigma_i = k \cdot \varphi \cdot \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} \right) \quad (8)$$

Ako se izrazi za napon izvlačenja izjednače sa specifičnim deformacionim otporom, jasno je da će vrijednost teoretskog logaritamskog stepena deformacije zbog uticaja trenja i geometrije alata biti manja od 1.

Ako se izraz za napon izjednači sa specifičnim deformacionim otporom, dobija se izraz za maksimalni logaritamski stepen deformacije po metodi deformacionog rada, u obliku:

$$\varphi = 1 - \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (9)$$

Ako se uzme da je $\alpha = 10^\circ$, dobija se:

$$m_s \geq 0,401 \quad \text{i} \quad \varepsilon_s = 1 - m_s \leq 0,599 \quad (10)$$

gdje je:

m_s – ukupni odnos redukcije debljine zida i može se izračunati po izrazu:

$$m_s = \frac{s_1}{s_0} \quad (11)$$

gdje su:

s_1 – debljina zida obratka nakon izvlačenja

s_0 – debljina zida priprema

3. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA GRANIČNE DEFORMABILNOSTI

Eksperimentalna istraživanja granične deformabilnosti izvedena su u procesu dubokog izvlačenja sa redukcijom debljine zida, na višestepenim alatima, sa brojem prstenova $N=2-5$. Materijal za istraživanje je CuZn28.

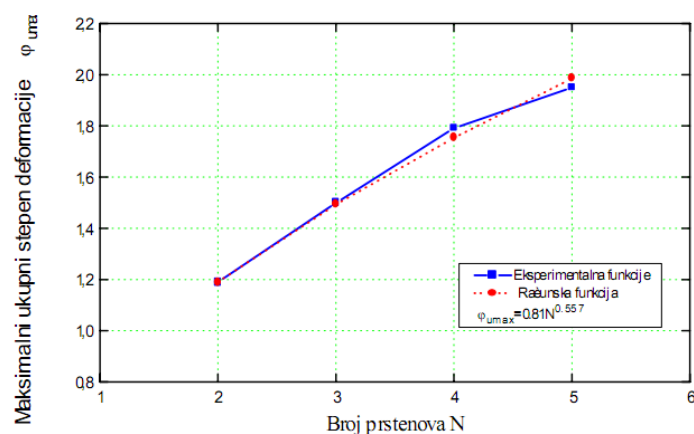
Granične vrijednosti maksimalnog logaritamskog stepena deformacije na jednom prstenu zavise od broja prstenova u višestepenom alatu i uvijek su bile na prvom prstenu višestepenog alata. Eksperimentalne vrijednosti za jedan prsten su iznosile:

- Za dvostepeni alat $\varphi_{1\max} = 0,678$;
- Za trostepeni alat $\varphi_{1\max} = 0,623$;
- Za četverostepeni alat $\varphi_{1\max} = 0,601$;
- Za petostepeni alat $\varphi_{1\max} = 0,555$.

Eksperimentalne vrijednosti ukupnog maksimalnog logaritamskog stepena deformacije za različite višestepene alate su iznosile:

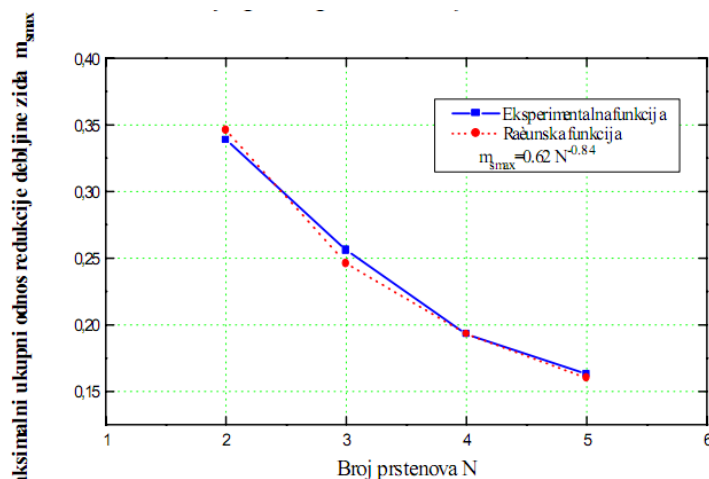
- Za dvostepeni alat $\varphi_{u\max} = 1,19$;
- Za trostepeni alat $\varphi_{u\max} = 1.5$;
- Za četverostepeni alat $\varphi_{u\max} = 1.79$;
- Za petostepeni alat $\varphi_{u\max} = 1.95$.

Na osnovu utvrđenih granica nacrtan je dijagram granične deformabilnosti za višestepene alate izražene preko maksimalnog logaritamskog stepena deformacije, Slika 3.



Slika 3: Dijagram granične deformabilnosti

Dijagram granične deformabilnosti za višestepene alate izražen preko maksimalnog ukupnog odnosa redukcije debljine zida prikazan je na Slici 4.



Slika 4: Dijagram granične deformabilnosti

Eksperimentalna kriva prikazana na Slici 3 je aproksimirana eksponencijalnom funkcijom u obliku:

$$\varphi_{u\max} = 0,81 \cdot N^{0,557} \quad (12)$$

A eksperimentalna kriva prikazana na Slici 4 je aproksimirana eksponencijalnom funkcijom u obliku:

$$m_{s\max} = 0,62 \cdot N^{-0,84} \quad (13)$$

4. ZAKLJUČAK

Granične vrijednosti maksimalnog logaritamskog stepena deformacije pri deformisanju u hladnom stanju, određene za idealne uslove ($\mu = 0$), za jednostepene alate iznose $\varphi = 1$.

Uzimanjem u obzir koeficijenta trenja i uticaja geometrije alata, granične vrijednosti logaritamskog stepena deformacije su manje od 1 i različite za različite procese obrade deformisanjem, zbog različitog naponskog i deformacionog stanja u zoni deformacije.

Teoretske vrijednosti graničnog stepena deformacije za višestepene alate ne mogu se odrediti zbog složenosti izraza dobivenih naponskom analizom, pa se stvarne vrijednosti graničnog stepena deformacije određuju eksperimentalnim putem. Granične vrijednosti maksimalnog logaritamskog stepena deformacije na jednom prstenu zavise od broja prstenova u višestepenom alatu, uvijek su maksimalne na prvom prstenu višestepenog alata i kreću se u granicama od $\varphi_{\max} = 0,678$ (za

dvostepene alate) do $\varphi_{1\max} = 0,555$ (za petostepene alate), što je znatno manje od teoretskih vrijednosti graničnog logaritamskog stepena deformacije. Eksperimentalne granične vrijednosti ukupnog stepena deformacije za višestepene alate kod dubokog izvlačenja sa redukcijom debljine zida, date u radu, odnose se na izradu cilindričnih elemenata od CuZn28 u meko žarenom stanju. Na osnovu izraza (12) i (13) može se odrediti minimalni broj prstenova u alatu na osnovu poznatog ukupnog logaritamskog stepena deformacije.

5. LITERATURA

- [1] H.Đukić, M.Nožić, *Obrada deformisanjem*, Univerzitet „Džemal Bijedić“, Mašinski fakultet, 2013.
- [2] H.Đukić, M.Nožić, Očvršćavanje materijala kao ograničenje u primjeni pojedinih tehnologija, MATRIB'10 International Conference MATERIALS, FRICTION, WEAR, Vela Luka, june 2010, Croatia.
- [3] M.Nožić, H.Đukić, Novi pristup dimenzionisanju višestepenih alata, XXXI Savjetovanje proizvodnog mašinstva Srbije, Kragujevac, 19.-21.septembar 2006.
- [4] H.Đukić, M.Nožić, Determining maximal deformation level for multi-stage tools, 9th International Research/Expert Conference“Trends in the Development of Machinery and Associated Technology” TMT 2005, Antalya, Turkey 26.- 30.septembar 2005.
- [5] M.Nožić, H.Đukić, E.Šarić, Dž.Tufekčić, Applying Finite Element Method for analysys of ironing process, 10th International Research/Expert Conference“Trends in the Development of Machinery and Associated Technology” TMT 2006, Barcelona-Lloret de Mar, Spain, 11- 15 september, 2006.

ISTRAŽIVANJE UTICAJA METALNE PREVLAKE NiCrAlY NA VATROOTPOROST JEDNE SUPERLEGURE NA BAZI ŽELJEZA

RESEARCH IMPACT OF METALLIC COATING NICRALY ON HEAT RESISTANCE IRON BASED SUPERALLOY

M. Rimac¹, Mirsada Oruč¹, Belma Fakić¹, S. Kožuh², B. Nagode³

¹ Univerzitet u Zenici, Metalurški institut Kemal Kapetanović Zenica,

² Sveučilište u Zagrebu Metalurški institut Sisak

³ Univerza v Ljubljani Naravoslovniški fakultet v Ljubljani
mirsad.oruc@unze.ba

SAŽETAK:

Kod metalnih legura koje u uslovima eksploatacije rade na povišenim temperaturama, važno mjesto zauzimaju reakcije koje se odvijaju između legure i okoline. Ako se procesi odvijaju na visokim temperaturama u prisustvu kisika, može doći do promjene faznog sastava površine legura. U cilju razumijevanja kinetike oksidacije kod nanasene metalne prevlake NiCrAlY na superleguru na bazi željeza A286, navedeni su osnovni termodinamički aspekti prilikom odvijanja ovih procesa. Ispitivanje vatrootpornosti izvršeno je određivanjem brzine oksidacije na osnovu mjerenja gubitka mase u procesu cikličnog zagrijavanja i hlađenja, sa temperature 1000°C, a nakon zadržavanja uzoraka u različitim vremenskim intervalima. Utvrđeno je da nanasene prevlake znatno povećavaju otpornost protiv oksidacije. To je posebno značajno, obzirom da je ispitivanje provedeno na izuzetno visokoj temperaturi, u peći sa zračnom atmosferom sa dugotrajnim zadržavanjem na toj temperaturi. Takođe je zapaženo, da početna nešto veća brzina oksidacije, u kasnijem vremenskom periodu se smanjuje, na osnovu čega se može zaključiti da je došlo do potpune stabilizacije strukture prevlake. Uticaj debljine prevlake ima pozitivan uticaj na vatrootpornost, jer povećanje debljine prevlake smanjuje brzinu oksidacije.

Ključne riječi: Metalna prevlaka NiCrAlY, oksidacija, debljina prevlake

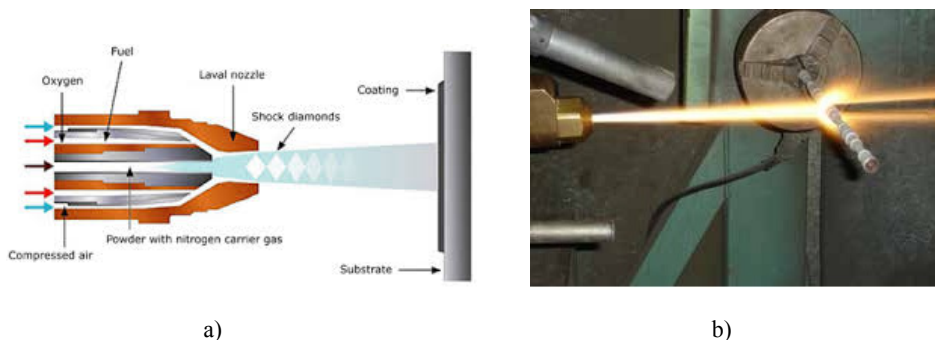
ABSTRACT:

For metal alloys which in service conditions of elevated temperatures, an important place occupied by reactions which are conducted between the alloy and the environment. If the processes are performed at high temperatures in the presence of oxygen, may change the phase composition surface alloys. In order to understand the kinetics of oxidation in applied metallic coatings NiCrAlY on iron based superalloy A286 mentioned basic thermodynamic aspects when turning these processes. Fire resistance tests was performed by determination of the reaction rate on the basis of measuring the loss of mass in the process of cyclic heating and cooling, with a temperature of 1000 ° C, and after keeping the samples at different time intervals. It has been found that coatings significantly increase resistance against oxidation. This is particularly important, given that the test is conducted at an extremely high temperature in the furnace with air atmosphere with long-term retention at that temperature. It was also observed that the initial slightly higher rate of oxidation, in a later period of time is reduced, on the basis of which it can be concluded that there was a complete stabilization of the structure of the coating. The effect of coating thickness has a positive impact on the fire resistance, because increasing coating thickness decreases the rate of oxidation.

Keywords: Metal coating NiCrAlY, oxidation, coating thickness

1. UVOD

U radu je opisano istraživanje u cilju poboljšanja vatrootpornosti kod superlegure A286, nanošenjem metalne prevlake NiCrAlY metodom HVOF (High velocity oxyfuel), postupkom Diamond Jet [1]. Na slici 1 a i b, je prikazan postupak nanošenja prevlake Diamond Jet. Superlegura na bazi željeza oznake A286 je nehrđajući austenitni čelik sa intermetalnim ojačavanjem (UNS S66 286), i koristi se za izradu konstrukcionih dijelova koji rade na temperaturama iznad 740°C. U radu je prezentirano uporedno ispitivanje vatrootpornosti kod uzoraka, bez i sa nanesenim prevlakama različite debljine. Ispitivanje mikrostrukturnih promjena u procesu oksidacije, u nanesej prevlaci i zoni spajanja prevlake i superlegure A286, izvršeno je na skenirajućem elektronskom mikroskopu (SEM). Struktura superlegure A286 (legura A286) u ojačanom stanju se sastoji od austenitne γ -osnove, sa koherentno izdvojenom γ' -fazom (Ni_3Al). Metalna prevlaka NiCrAlY (prevlaka NiCrAlY) nanescna na superleguru A286, sastavljena je od rastopljenih i djelomično rastopljenih čestica, oksida, pora, i razbijenih čestica (krhotina). RTG analizom je utvrđeno, da se prevlaka NiCrAlY sastoji od intermetalne β -faze ($\text{Ni}_{1.1}\text{Al}_{0.9}$), i kubne faze (Cr_2Ni_3), a nakon intermetalnog ojačavanja, β -faza ($\text{Ni}_{1.1}\text{Al}_{0.9}$) prelazi u γ' -fazu (Ni_3Al) [2]. Granica između prevlake i legure, predstavlja mehaničku smjesu, nastalu bez difuzije i rastapanja, a proces spajanja se odvija mehaničkom aktivacijom, slično kao i kod spajanja metala eksplozijom. Ispitivanjima je utvrđeno, da se nakon dugotrajnog dejstva temperature, na granici spajanja, i na granicama unutar prevlake, nalaze aluminijev i itrijev oksid, koji imaju važnu ulogu u sprječavanju visokotemperaturne oksidacije osnovnog materijala. Za stabilnost prevlake važni su termodinamički uslovi formiranja oksidnih faza, koji zavise od aktiviteta pojedinih metala u leguri, parcijalnog pritiska kisika i afiniteta metalnih elemenata prema kisiku. Zbog razlike u afinitetu prema kisiku između elemenata u leguri, postoji tendencija da legura u procesu oksidacije bude prekrivena termodinamički najstabilnijim oksidom. Početno obrazovani nestabilni oksidi, postepeno se transformišu u termodinamički stabilne oksidne faze. Osnovni cilj je formirati kontinuirani zaštitni sloj oksida sastavljen od α -faze (Al_2O_3), koji je otporan na visokotemperaturnu oksidaciju i koji se dodatno može ojačati itrijevim oksidom (Y_2O_3).



Slika 1: Šema procesa Diamond Jet (a), i snimak proseca nanošenja prevlake na uzorak (b).

2. TEORETSKI ASPEKTI

Kod metalnih legura koje u uslovima eksploatacije rade na povišenim temperaturama, važnu ulogu imaju reakcije koje se odvijaju između legura i okoline, u kojoj su izložene u toku eksploatacije. Ako se ovi procesi odvijaju na visokim temperaturama u prisustvu kisika, mogu dovesti do promjene faznog sastava površine legura. U cilju razumijevanja kinetike oksidacije kod metalne prevlake

NiCrAlY, potrebno je sagledati neke osnovne termodinamičke aspekte odvijanja ovih procesa. Oksidacija metala odvija se po reakciji, koja ostvaruje veći parcijalni pritisak kisika od onoga koji je potreban za ravnotežnu reakciju metal-metal oksid [2]:



$$(P_{O_2})_{M-MO}^{1/2} = \exp(+\Delta G_{MO}^\circ/RT) \quad (2)$$

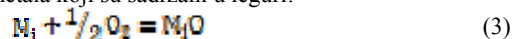
gdje je:

$(P_{O_2})_{M-MO}$ - parcijalni pritisak kisika, metal-metal oksid ravnotežni,

ΔG_{MO}° - ravnotežna standardna slobodna energija formiranja oksida MO,

T - apsolutna temperatura.

Ravnotežni pritisak kisika na svim temperaturama za većinu metala je veoma mali, pa prema tome termodinamički uslovi su povoljni za formiranje metalnih oksida, a posebno na površini metala izloženom dejstvu kisika na povišenim temperaturama. Važnost ove relacije je u tome što stepen oksidacije opada sa vremenom, budući da obrazovani oksidni sloj djeluje kao barijera koja sprječava dalju oksidaciju. U ovom slučaju oksidacija metala teče drugim zakonima brzine oksidacije, da bi se došlo do parabolične i linearne zavisnosti. Pri razmatranju oksidacije legure, jednačine (1) i (2) se moraju modifikirati na veći broj elementarnih metala koji su sadržani u leguri:



i = 1,2,... broj elemenata u leguri

$$(P_{O_2})_{M_i-M_iO}^{1/2} = \frac{\exp(\Delta G_{M_iO}^\circ/RT)}{a_{M_i}} \quad (4)$$

gdje je:

a_{M_i} - aktivitet od M_i u leguri

Iz ovoga slijedi, da će uslijed dejstva kisika, svi elementi u leguri formirati okside sa parcijalnim pritiskom kisika koji je veći u odnosu na ravnotežni pritisak definisan jednačinom (4). Dakle neophodno je razumjeti reakcije kao što su:



$$\frac{a_{M_2}}{a_{M_1}} = \exp[(\Delta G_{M_1O}^\circ - \Delta G_{M_2O}^\circ/RT)] \quad (6)$$

Jednačine(4 i 6) pokazuju da su termodinamički uslovi za formiranje oksida kontrolisani aktivitetom metalnih komponenti u legurama, parcijalnim pritiskom kisika u plinu, i relativnom afinitetu metalnih elemenata prema kisiku. Zbog razlike u afinitetu prema kisiku između elemenata u legurama, postoji tendencija da legura u procesu oksidacije bude prekrivena termodinamički najstabilnijim oksidom. Ovo je posebno povoljna okolnost jer dopušta selektivnu oksidaciju pojedinačno svakog elementa u leguri. U početnoj fazi oksidacije stvaraju se manje stabilni oksidi, i zato se često formiraju i oksidi prelaznih faza (spinel). Ova početna faza je praćena drugom fazom gdje kontinuirano rastu samo termodinamički stabilne faze, pa se razvoj oksida na površini legura može opisati kao kontinuirani proces. Početni manje stabilni oksidi postepeno se transformišu u termodinamički stabilne oksidne faze i kinetika formiranja ovog oksida mora biti takva, da pogoduje rastu stabilnog oksidnog sloja preko isprekidanog podsloja manje stabilnih oksida [3].

3. EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA

3.1 Ispitivanje vatrootpornosti

Ispitivanje vatrootpornosti izvršeno je po standardu ASTM G 54-84 (Reapproved 1996). Uzorci okruglog presjeka dimenzije $\phi 12 \times 30$ mm izrađeni su od legure A286 (14.35%Cr, 25.0%Ni, 2.35%Ti, 0.10%Al) oznake V1739, proizvedene u vacuum peći. Prevlake NiCrAlY su nanese na uzorke

postupkom Diamond Jet, sa dvije različite debljine nanosenog sloja od 50 μm (uzorak 55) i 100 μm (uzorak 91). Uzorak bez nanosene prevlake ima oznaku 19. Metalni prah NiCrAlY oznake 4516 (64.5%Ni, 24.5%Cr, 10.5%Al, 0.20%Y), doziran je u punjač praha, koji je u struji dušika uveden u plazmenu struju koja ga ogromnom brzinom baca i deponuje na uzorak. Nakon toga na uzorcima su izvršeni termički tretmani rastvornim žarenjem na 980°C i precipitacionim ojačavanjem na 720°C u trajanju od 12 sati. Kinetika oksidacije i mehanizam procesa stabilizacije mikrostrukture na povišenim temperaturama, ispitani su nakon oksidacije u peći bez zaštitne atmosfere na temperaturi od 1000°C u ukupnom trajanju od 120 sati, sa cikličnim procesom zagrijavanja i hlađenja. Upoređivani su rezultati ispitivanja uzoraka bez, i sa nanesenim prevlakama različite debljine. Kod proračuna brzine oksidacije računata su samo površine plašta ispitanih uzoraka. Treba napomenuti, da se na ovaj način ne mogu utvrditi potpuno tačne vrijednosti brzine oksidacije, obzirom da se gubitak mase izražava preko relativno malih površina, što kod ocjene rezultata svakako treba uzeti u obzir. Promjena mase određena je prema formuli:

$$\Delta m = m_k - m_0 / A \text{ (g / m}^2\text{)} \quad (7)$$

gdje je:

m_0 - početna masa (g),

m_k - masa nakon ispitivanja (g),

A - površina uzorka (m^2).

Brzina odgora po standardu određena je po formuli:

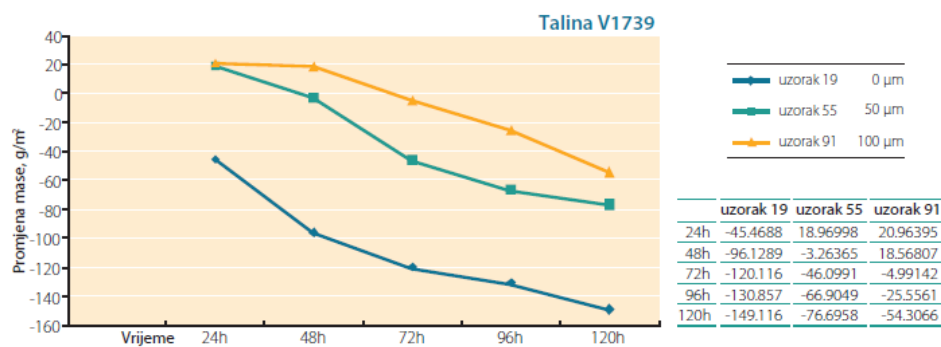
$$V = \Delta m / t \text{ (g / m}^2\text{h)} \quad (8)$$

gdje je:

Δm - promjena mase (g / m^2),

t - vrijeme ispitivanja (h).

Svi uzorci su izvagani i uloženi u komornu zagrijevnu peć sa zračnom atmosferom, na temperaturu od 1000°C. Nakon držanja na temperaturi od 1000°C, u trajanju od 24, 48, 72, 96 i 120 sati, uzorci su vađeni iz peći i hlađeni do sobne temperature, te su izvagani nakon svakog ciklusa. Po formulama (7 i 8), za sve uzorke utvrđena je brzina oksidacije na osnovu gubitka mase po oksidiranoj površini, odnosno po površini plašta cilindričnih uzoraka. Rezultati ispitivanja za uzorke, bez i sa nanesenim prevlakama (19,55,91), dati su u tabeli i na dijagramu kretanja rezultata ispitivanja na slici 2.



Slika 2: Rezultati ispitivanja brzine oksidacije (tabela i prikaz rezultata dijagramski)

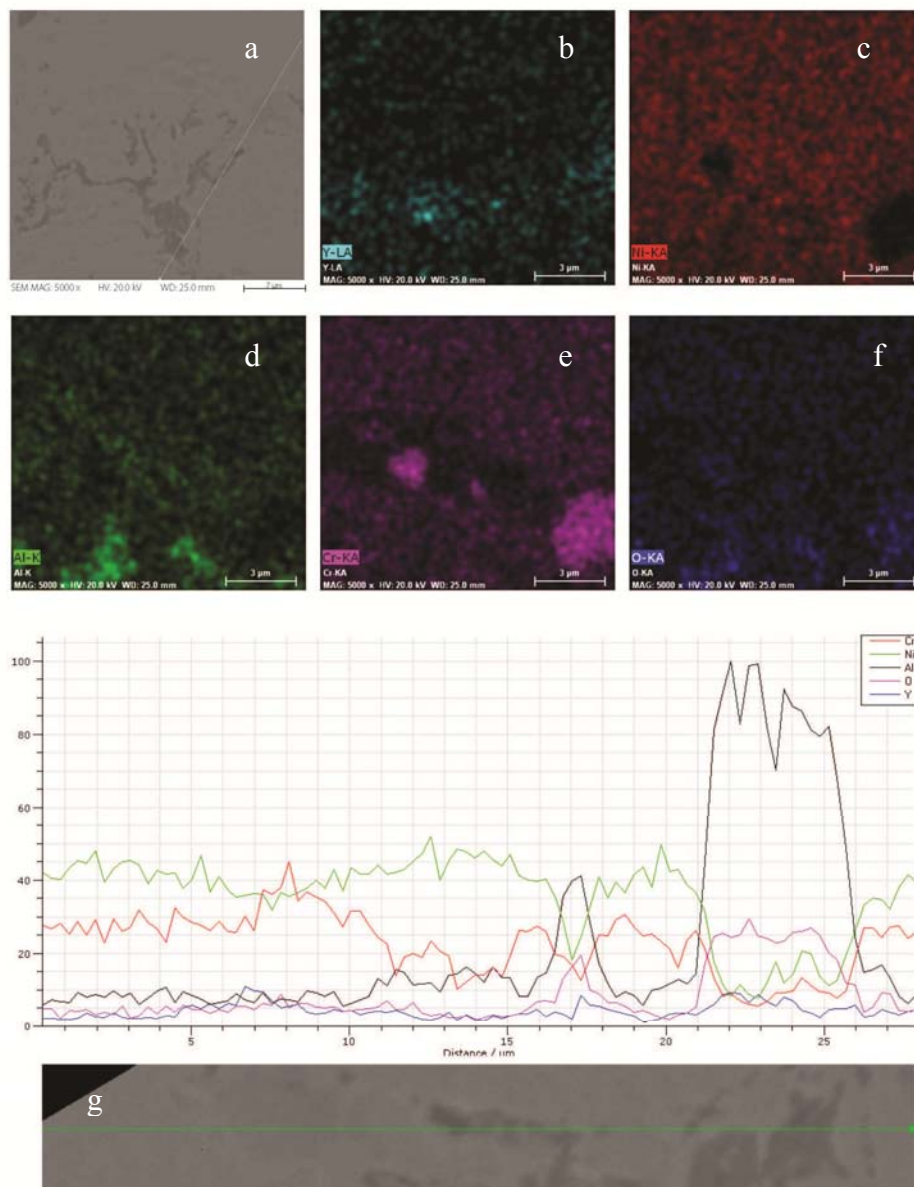
Određivanjem brzine oksidacije na osnovu mjerenja gubitka mase u procesu cikličnog zagrijavanja i hlađenja sa temperature 1000°C, a nakon zadržavanja uzoraka u različitim vremenskim intervalima, utvrđeno je da nanosene prevlake znatno povećavaju otpornost protiv oksidacije. Sa slike 2, vidljivo

je da uzorak 19 bez prevlake ima veću brzinu oksidacije u odnosu na uzorke 55 i 91, na koje je nanosena prevlaka, a uticaj debljine prevlake je jasno uočljiv, jer uzorak 91 sa prevlakom debljine od 100 μm , dodatno značajno smanjuje brzinu oksidacije. Takođe je zapaženo, da se početna nešto veća brzina oksidacije, u kasnijem vremenskom periodu smanjuje, na osnovu čega se može zaključiti da je u procesu oksidacije došlo do stabilizacije strukture prevlake.

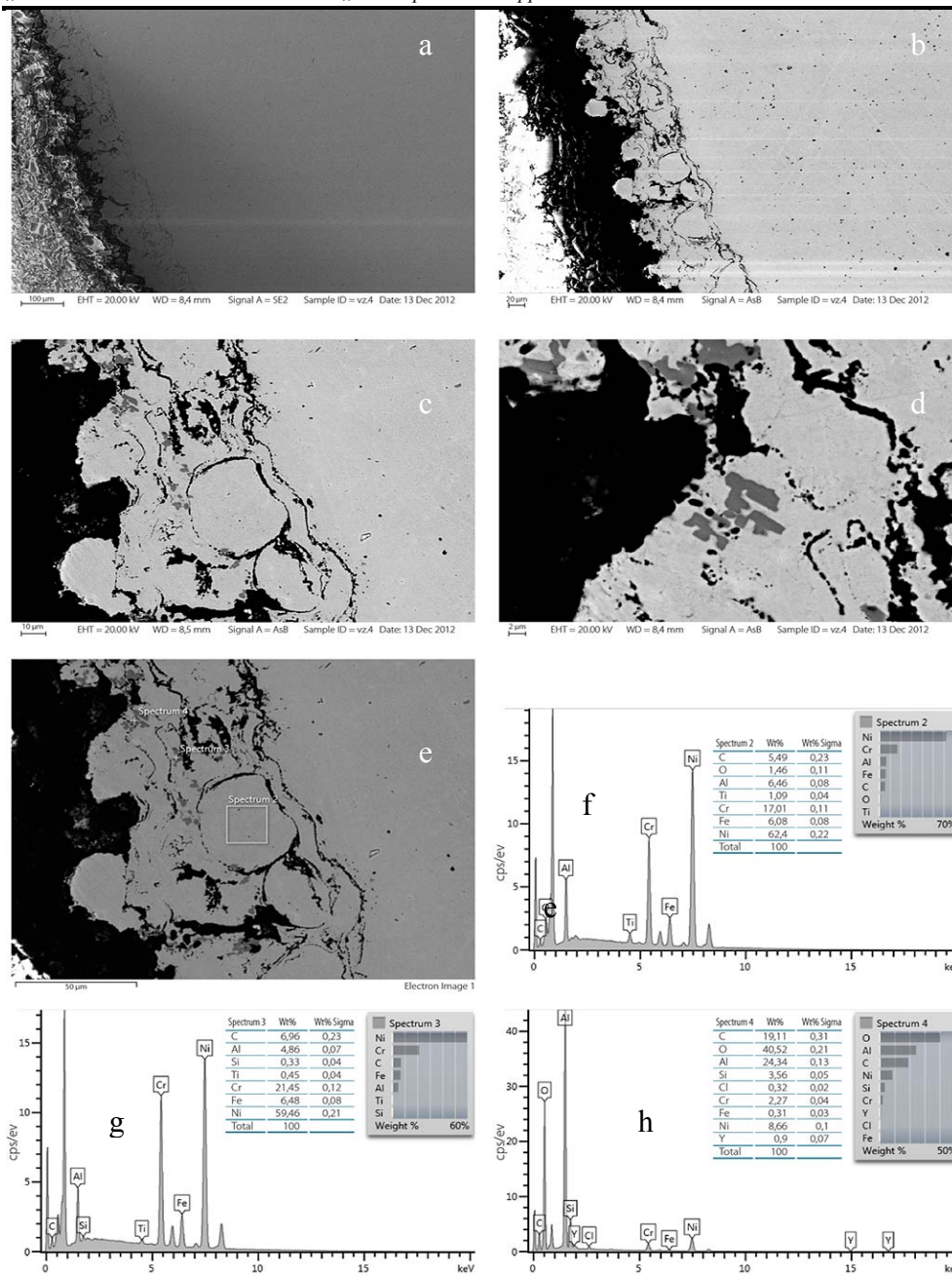
3.2 Ispitivanje procesa oksidacije u mikrostrukturi

Ispitivanjem mikrostrukture na skenirajućem elektronskom mikroskopu, na karakterističnom uzorku 55 sa debljinom prevlake od 50 μm , nakon cikličnog termičkog tretmana na 1000°C, u trajanju od 24, 48, 72, 96 i 120 sati, utvrđena je kinetika oksidacije i mehanizam procesa stabilizacije mikrostrukture u procesu oksidacije. Da bi se utvrdili mehanizmi koji se u toku dejstva visokih temperatura, odvijaju u samoj prevlaci i na faznim granicama između rastopljenih i nerastopljenih čestica, te krhotina i pora, ispitivane su mikrostrukture na površini i poprečnom presjeku prevlake. Uzorci su nagriženi u reaktivu Kalling, a izvršena su ispitivanja na skenirajućem elektronskom mikroskopu Joel JSM 5610, i na RTG difraktometru Panalitcal X Pert Pro. Na slici 3, prikazan je dio površine prevlake na označenom karakterističnom mjestu (a), sa EDS mapping (b,c,d,e,f) i linijskom analizom (g). Kretanje sadržaja elemenata po liniji i njihova raspodjela u mikrostrukturi prevlake, pokazuje da postoje koncentracijske razlike na granici spoj prevlaka-osnovni materijal, kao i unutar granica u strukturi prevlake. Zapaža se, da je na faznoj granici jako povećan sadržaj aluminija i kisika, i neznatno itrija, uz smanjenje sadržaja nikla i kroma, što je manje izraženo na granicama unutar prevlake. Na osnovu ovakve raspodjele legirajućih elemenata, moguće je postaviti kinetiku formiranja oksida i njihovih promjena uslijed dejstva temperature. U početnoj fazi oksidacije formira se siva oksidna faza bogata kromom, i vidljivo je da je njeno prisustvo uglavnom zapaženo na površinskom dijelu prevlake, između krhotina i pora, jer tu postoji velika reaktivna površina u koju lako prodire kisik. Takođe je vidljivo, da se ispod sive oksidne faze, na polu-rastopljenim česticama nalazi tamna oksidna faza aluminijevog oksida, koja je ojačana itrijevim oksidom. Prisustvo oksida kroma i nikla, osiromašuje prevlaku na sadržaj aluminija, što uzrokuje pospješene formiranja sive faze, koja mijenja termodinamičku ravnotežu, i na taj način pospješuje difuziju aluminija prema spoju prevlaka-legura, i inicira zaštitni sloj aluminijevog oksida ispod sive oksidne faze. Na slici 4. prikazana je analiza spoja prevlaka - osnovni materijal, na poprečnom presjeku uzorka, nakon cikličnog žarenja na temperaturi 1000 °C, sa ukupnim trajanjem od 120 sata. Na mikrosnimcima je pri malom povećanju pokazana mikrostruktura prevlake i difuzioni sloj u leguri A286 (Slike 4a,b). Pri većim povećanjima vidljive su polurastopljene i nerastopljene čestice, njihove granice, kao i pore i krhotine uglavnom na površini prevlake (Slike 4c,d,e). Oksidacija uglavnom teče po takvim površinskim granicama, i zaustavlja se u gustom unutrašnjem sloju prevlake. Na većem povećanju takođe je vidljiva i siva oksidna faza bogata kromom, koja inače nije zapažena kod ispitivanja uzorka nakon ojačavajućeg žarenja (Slike 4c,d,e). Na slici 4e označena su mjesta ispitivanja sadržaja elemenata (Spektrumi 1,2,3), a rezultati su dati na slikama 4 f,g,h.

Provedena istraživanja i dobiveni rezultati, su dosta usaglašeni sa podacima koji se navode u literaturi, kako je to objašnjeno u teorijskom dijelu, sa napomenom da se ovdje radi o specifičnoj eksperimentalnoj proceduri, sa primjenjenom prevlakom, osnovnim materijalom i postupkom, koji nisu pronađeni u dostupnoj literaturi [4,5]. Moguće je, na bazi sadržaja i raspodjele legirajućih elemenata, pretpostaviti da se kinetika oksidacije odvija po redosljed: NiO , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , uz formiranje spinela koji iniciraju formiranje termodinamički stabilnih faza. Za formiranje stabilnog zaštitnog sloja, potrebno je da se na granicama unutar prevlake, te na sloju prevlaka-legura formira stabilni aluminijev oksid, ojačan oksidom itrija, i oksidom kroma, a prisustvo oksida nikla ne djeluje pozitivno na zaštitu na visokim temperaturama



Slika 3: SEM izgled površine prevlake nakon žarenja na 1000 °C 120 h (a), EDS mapping (b, c, d, e, f), linijska analiza (g)



Slika 4: SEM slika prevlake i legure sa uzorka 55 sa različitim povećanjima (a,b,c,d,e) nakon žarenja na 1000 °C, 120 sati i EDS kvantitativna analiza (f,g,h)

4. ZAKLJUČAK

Eksperimentalnim određivanjem brzine oksidacije u procesu cikličnog zagrijavanja i hlađenja sa temperature 1000°C, a nakon zadržavanja uzoraka u različitim vremenskim intervalima, utvrđeno je da nanese prevlake znatno povećavaju otpornost protiv oksidacije kod legure A286. Utvrđeno je da debljina prevlake značajno smanjuje brzinu oksidacije. Takođe je zapaženo, da se početna veća brzina oksidacije, u kasnijem vremenskom periodu smanjuje, na osnovu čega se može zaključiti da je u procesu oksidacije došlo do stabilizacije strukture prevlake. Ispitivanjem mikrostrukturnih promjena u procesu oksidacije na skenirajućem elektronskom utvrđen je sadržaj i raspodjela legirajućih elemenata, i mehanizam formiranja i evolucije oksidne skale na prevlaci NiCrAlY. Za formiranje stabilnog zaštitnog sloja, potrebno je da se na granicama unutar prevlake, te na sloju prevlaka-legura formira stabilni aluminijev oksid, ojačan oksidom itrija, i oksidom kroma, a prisustvo oksida nikla ne djeluje pozitivno na zaštitu na visokim temperaturama. Utvrđeno je da su prevlake na površinskom dijelu grube i slabo povezane, dok su u unutrašnjosti guste i kompaktne. Polu-rastopljene čestice, krhotine i pore, u slabo prionljivom sloju, rezultiraju nastajanjem sive oksidne mješavine i gubitkom oksidacione otpornosti ovog sloja.

5. LITERATURA

- [1] M. Rimac: *Istraživanje mogućnosti poboljšanja eksploatacionih osobina superlegure na bazi željeza A286 nanošenjem metalnih prevlaka NiCrAlY metodom HVOF postupkom Diamond Jet*, Doktorska disertacija, Univerzitet u Zenici, Fakultet za metalurgiju i materijale, Zenica 2013.
- [2] F.S. Pettit, G.W. Goward: *High Temperature Corrosion and use of Coatings for Protection*, Metallurgical Treatises, 1981.
- [3] M.Mrdak: *Uticaj brzine depozicije na mehaničke karakteristike i strukturu APS – NiCrAl prevlake*, Institut za mikrotalasnu tehniku i elektroniku, Beograd, Vojno tehnički glasnik 4/2010, st. 5-16.
- [4] J.R. Davis: *Handbook of Thermal Spray Technology ASM International, Materials Park, OM 44073-00002, 2004.*

EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE I MODELIRANJE OPTEREĆENJA ALATA ZA HIDROOBLIKOVANJE RAČVE

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS AND MODELING OF DIE LOAD FOR CROSS TUBE HYDROFORMING

Mehmed Mahmić¹, Edina Karabegović², Midheta Arnautović³

^{1,2,3}Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać
dr. Irfana Ljubijankića bb,

SAŽETAK:

Permanentna istraživanja, analize i primjena eksperimentalnih rezultata u području plastičnog oblikovanja imaju za cilj unapređenje i modernizaciju postojeće proizvodnje, kao i primjenu novih tehnologija. Opravdanost primjene novih tehnologija uočava se kroz kvalitet i cijenu proizvoda, kao i produktivnost i fleksibilnost proizvodnje. Kada su u pitanju troškovi alata kod procesa plastičnog oblikovanja od velikog je značaja minimizacija opterećenja alata. U vezi s tim izvršena je eksperimentalna provjera i modeliranje ulaznih parametara značajnih za postizanje minimalnog opterećenja, što je i navedeno u ovom radu.

Ključne riječi: hidrooblikovanje, plastično oblikovanje, alat, eksperiment, modeliranje

ABSTRACT:

Permanent research, analysis and applications of experimental results in the plastic forming processes have as an objective improving and modernization of existing production and also application of new technologies. Justification of new technologies applications can be seen in quality and product costs as also productivity and flexibility of production. When die costs are analyzed in plastic forming processes from great importance is minimization of die load. Experimental investigations and modeling of input parameters significant for achieving minimal loads was performed and are given in this paper.

Keywords: hydroforming, plastic forming, die, experiment, modeling

1. UVOD

U procesima plastičnog oblikovanja, u koje spada i proces hidrooblikovanja, od bitnog je značaja poznavati intenzitet opterećenja kojim su izloženi alat i mašina u toku izvođenja procesa oblikovanja. Odstupanja koja se mogu javiti na alatu za plastično oblikovanje u toku eksploatacije imaju direktan utjecaj na kvalitetu proizvoda i postojanost samog alata, ali i na energetske iskoristivost obradnog sistema i procesa obrade. S tim u vezi stalno rastu zahtjevi za poboljšanjem tehničkih i tehnoloških rješenja u proizvodnji, čime se direktno utiče na povećanje postojanosti alata i smanjenje troškova. Vrijednosti ulaznih parametara procesa i opterećenja vijaka za spajanje alata u procesu hidrooblikovanja račve mjerene su eksperimentalnim putem.

2. EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE

Eksperimentalna istraživanja u ovom radu podrazumijevala su hidrooblikovanje račve uz primjenu laboratorijske mjerne opreme, koja se sastoji iz: uređaja za hidrooblikovanje i opreme za mjerenje. Na slici 1 prikazan je uređaj za izvođenje procesa hidrooblikovanja račve.



Slika 1. Uređaj za hidrooblikovanje

Alat za hidrooblikovanje račve se sastoji, slika 2, sastoji se iz:

- donjeg dijela alata, u koji se postavlja pripremak,
- gornjeg dijela alata, s kojim se osigurava zatvaranje alata,
- aksijalnih tiskača za zaptivanje i sabijanje cijevi,
- radijalnih pridržiavača za formiranje izbočine,
- vijaka za spajanje dijelova alata.



Slika 2. Alat za hidrooblikovanje cijevi

Složenost geometrijskog oblika, dimenzije i materijal priprema predstavljaju osnovu za izbor alata kod hidrooblikovanja cijevnih elemenata. Za analizu je uzet pripremak vanjskog prečnika- ϕ 20mm, dužine-80 mm i debljine stijenke-2 mm. Pripremak za oblikovanje urađen je od čelika Č.1212 i dat je na slici 3, a izradak dat na slici 4.



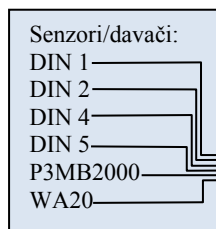
Slika 3. Cijev-pripremak



Slika 4. Račva

Mjerni lanac, slika 5, sastoji se od:

1. senzora za mjerenje pritiska fluida u unutrašnjosti cijevi,
2. dinamometra za mjerenje aksijalne sile (2 kom.),
3. senzora za mjerenje aksijalnog pomjeranja,
4. dinamometra za mjerenje sile razdvajanja alata (2 kom.).
5. mjerno-pojačivački uređaja i
6. računara.

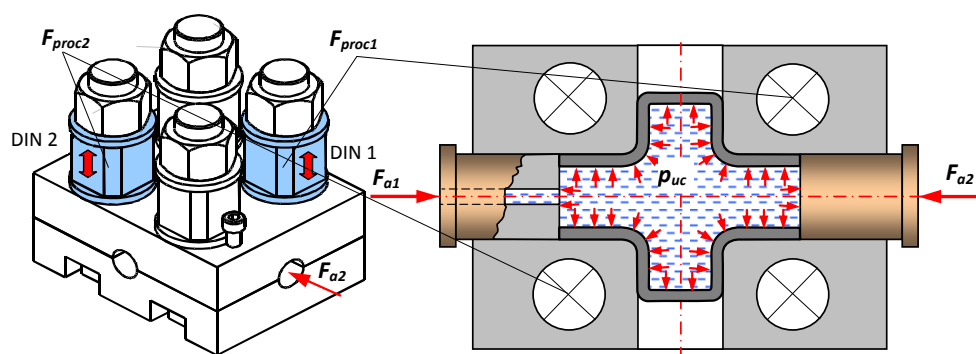


Slika 5. Mjerni lanac - shema mjernog lanca

U toku procesa hidrooblikovanja cijevi mjerene su definisane veličine, postavljene za funkciju cilja matematičkog modela:

- sila na vijcima u procesu oblikovanja F_{proc1} i F_{proc2} ,
- aksijalna sila oblikovanja F_{a1} i F_{a2} ,
- pritisak fluida unutar cijevi,
- aksijalno pomjeranje bočnih tiskača i
- sila prethodnog stezanja ključem na vijcima za spajanje donjeg i gornjeg alata za hidrooblikovanje.

Mjerna mjesta, odnosno položaj senzora za mjerenje veličina u procesu hidrooblikovanja dati su na slici 6.

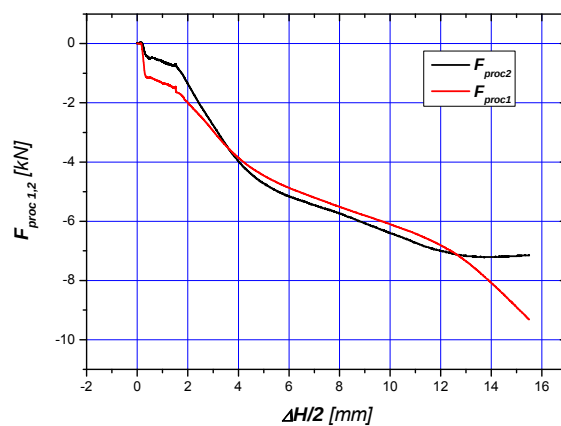


Slika 6. Prikaz mjerenih sila u procesu oblikovanja

U tabeli 1 je prikazana srednja vrijednosti eksperimentalnih rezultata mjerenja vrijednost sila na vijcima u procesu oblikovanja koja je određena obrazcem:

$$F_p = \frac{F_{proc1} + F_{proc2}}{2}. \quad (1)$$

Na slici 7 date su vrijednosti sile na vijku u procesu oblikovanja za silu predstezanja $F_s=85$ kN. Opterećenje senzora na pritisak pokazuje na dijagramu negativne vrijednosti za izmjerene sile.



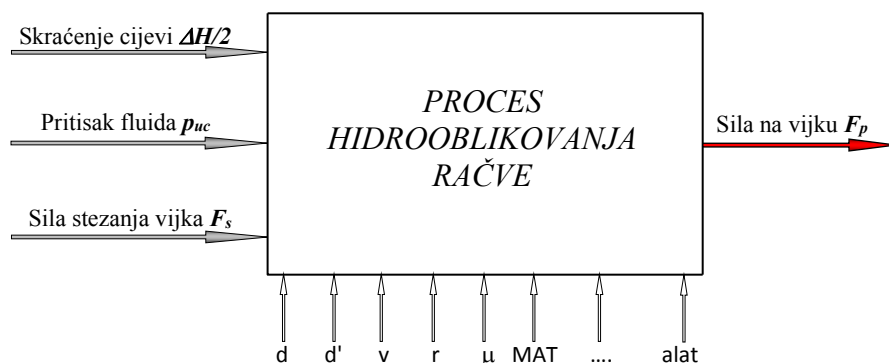
Slika 7. Sile F_{proc1} i F_{proc2} u zavisnosti od skraćivanja izradka

3. MATEMATIČKO MODELIRANJE OPTEREĆENJA ALATA

Modeliranje opterećenja alata svodi se na određivanje zavisnosti sile na vijku za spajanje alata od ulaznih varijabli. Parametri procesa hidrooblikovanja cijevi u krstastu račvu:

- a) Ulazne / nezavisno promjenljive veličine:
 - skraćenje cijevi odnosno hod aksijalnog tiskača, $\Delta H/2$ [mm],
 - pritisak fluida u cijevi, p_{uc} [bar],
 - sila predstezanja alata, na jednom vijku, F_s [kN],
- b) Izlazne / zavisno promjenljive veličine:
 - sila na vijku u toku procesa oblikovanja, F_p [kN]

Grafički prikaz ulazno – izlaznih parametara kod hidrooblikovanja račve dat je na slici 8.



Slika 8. Ulazno – izlazne veličine procesa hidrooblikovanja krstaste račve

Sila na jednom vijku za spajanje polovina alata za hidrooblikovanje račve koja se javlja u toku procesa oblikovanja može se prikazati u obliku izraza:

$$F_p = C \cdot \left(\frac{\Delta H}{2} \right)^x \cdot p_{uc}^y F_s^z \quad (2)$$

gdje su:

- $\frac{\Delta H}{2}$, p_{uc} , F_s – osnovni varirani faktori,
- C , x , y , z – konstante koje treba odrediti.

Za utvrđivanje predloženog matematičkog modela primijenjen je eksperimentalno analitički metod. Fizikalni matematički model sile na vijku dat je izrazom:

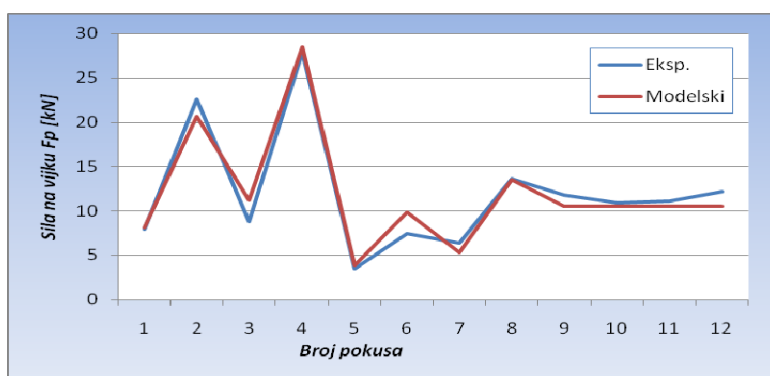
$$F_p = 0,10717 \cdot \left(\frac{\Delta H}{2} \right)^{0,6644} \cdot p_{uc}^{0,9065} F_s^{-0,7713} \quad (3)$$

Za analizu su uzete usporedne vrijednosti eksperimentalnih i fizikalnih vrijednosti aksijalne sile i sile opterećenja na vijku.

Tabela 1. Usporedne vrijednosti eksperimentalnih i fizikalnih vrijednosti

Broj eksp.	Ulazni parametri			Rezultati mjerjenja	Računske vrijednosti fizikalnog modela
	$\Delta H/2$	p_{uc}	F_s	F_p	$F_p^R (3)$
	[mm]	[bar]	[kN]	[kN]	[kN]
1	3,5	895	33	7,90	8,103
2	14	895	33	22,57	20,605
3	3,5	1350	33	8,81	11,187
4	14	1350	33	27,91	28,447
5	3,5	895	85	3,50	3,859
6	14	895	85	7,47	9,813
7	3,5	1350	85	6,39	5,328
8	14	1350	85	13,66	13,548
9	7	1100	53	11,81	10,478
10	7	1100	53	10,89	10,478
11	7	1100	53	11,12	10,478
12	7	1100	53	12,14	10,478

Grafički prikazi dobivenih eksperimentalnih vrijednosti i fizikalnih vrijednosti dobivenih modeliranjem dati su na slici 9.



Slika 9. Usporedne eksperimentalne i modelirane vrijednosti opterećenja vijka u procesu oblikovanja račve

U slučaju provođenja eksperimenta hidrooblikovanja račve pretpostavka je da je koeficijent višestruke regresije $R=0,967 > 0,90$, što znači da model zadovoljavajuće opisuje rezultate eksperimenta. Vrijednost koeficijenta $R^2=0,935$ znači da se 93,5% varijabiliteta pripisuje djelovanju definiranih ulaznih varijabli na silu vijka u procesu hidrooblikovanja.

3. ZAKLJUČAK

Za provjeru opterećenja alata kod hidrooblikovanja račve od bitnog značaja za analizu su eksperimentalne vrijednosti sila opterećenja u vijcima koji su primjenjeni kao elementi stezanja (zatvaranja) alata. Mjerenjem opterećenja primjenom dinamometara na dva vijka, postavljena dijagonalno na alatu, dobiveni su eksperimentalni podaci koji su poslužili za daljnju analizu alata u cilju uspješnog izvođenja procesa. Kao ulazni parametri značajni za intenzitet opterećenja alata usvojeni su: pritisak fluida u unutrašnjosti cijevi, hod-pomjeranje aksijalnih tiskača i intenzitet predstezanja vijaka za spajanje alata. Nakon izvršene analize, prema koeficijentu višestruke regresije ($R=96,7\%$) i provjerom adekvatnosti fizikalnog modela, potvrđeno je da vrijednosti opterećenja vijka za spajanje alata dobivene fizikalnim modelom adekvatno opisuju vrijednosti opterećenja vijka dobivene izvedenim eksperimentom.

4. LITERATURA

- [1] Mahmić M.: Modeliranje i optimizacija alata za plastično oblikovanje primjenom eksperimenta i baza znanja, Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać, doktorska disertacija, 2012.
- [2] Jurković, M.: Eksperimentalna analiza naprezanja i deformacija //pogl.17, Elastostatika II / Doleček, V.; Karabegović, I. ; Martinović, D.; Jurković, M.; Blagojević, D.; Bogdan, Š. ; Bijelonja, I. Bihać : Tehnički fakultet, 2004.
- [3] Jurković, M.: Matematičko modeliranje inženjerskih procesa i sistema, 1- 402, Mašinski fakultet Univerziteta u Bihaću, 1999. ISBN 9958-642-04-4.
- [4] Mahmić M., Karabegović E., Jurković M., Karabegović I.: Analitički model određivanja koeficijenta trenja kod hidrooblikovanja, 16th International Research/Expert Conference “Trends in the Development of Machinery and Associated Technology”, TMT2012, 10-12. September 2012, Dubai, United Arab Emirates, ISSN 1840-4944, pp. 55-58.

ODREĐIVANJE KRITIČNIH ZONA ZATVARAČA I VRETENA ZASUNA NUMERIČKIM METODAMA

DETERMINATION OF THE CRITICAL ZONES OF THE SHUTTER LATCH AND SPINDLE BY NUMERICAL METHODS

Nermina Zaimović-Uzunović¹, Senad Balić², Ernad Bešlić³, Adnan Trakić⁴

¹Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet Zenica,

²Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet Zenica,

³Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet Zenica,

⁴Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet Zenica,

nzaimovic@mf.unze.ba

sbalic@mf.unze.ba

ebeslagic@mf.unze.ba

trakic88@hotmail.com

SAŽETAK:

Numeričke metode imaju sve važniju ulogu u procesu razvoja novih i/ili poboljšanju dizajna postojećih zasuna. Jedna od osnovnih prednosti CAD i CCM (Computational Continuum Mechanics) metoda jeste mogućnost naponsko-deformacione analize svih dijelova zasuna.

U ovom radu je izvršena naponsko-deformaciona analiza zapornog tijela i vretena zasuna, kao njegovih osnovnih dijelova, upotrebom dva modula softverskog paketa SolidWorks. Prvi modul (SW Flow Simulation) je iskorišten za određivanje opterećenja koja nastaju uslijed interakcije fluida i analiziranih dijelova zasuna. Drugi modul (SW Simulation) je omogućio da se na osnovu tih opterećenja odrede zone najvećih napona i deformacija na zapornom tijelu i vretenu zasuna.

Ključne riječi: zasun, MKE, MKV, SolidWorks

ABSTRACT:

Numerical methods play an increasingly important role in the process of development new products or improvement of the existing valves. One of the main advantages CAD and CCM (Computational Continuum Mechanics) methods is the possibility of stress-strain analysis of all parts of the valve.

In the paper, the stress-strain analysis of shutter latch and spindle, as its basic components was performed, using two modules of the software package SolidWorks. The first module (SW Flow Simulation) is used to determine the loads due to interaction of fluid and analysed parts of the valve. The second module (SW Simulation) enable to determine the zones of the greatest stress and strain on the body and the shut-off valve and spindle on the basis of previously calculated loads.

Keywords: shutter latch, FEM, FVM, SolidWorks

1. UVOD

Zasuni, između ostalog, omogućavaju kontrolu protoka i pritiska fluida u cjevovodima. Samim tim mogu biti veoma bitni za funkcionisanje pojedinih sistema i njihov otkaz u toku eksploatacije može

uzrokovati velike štete. To treba imati na umu prilikom razvoja novih i/ili usavršavanja postojećih modela zasuna.

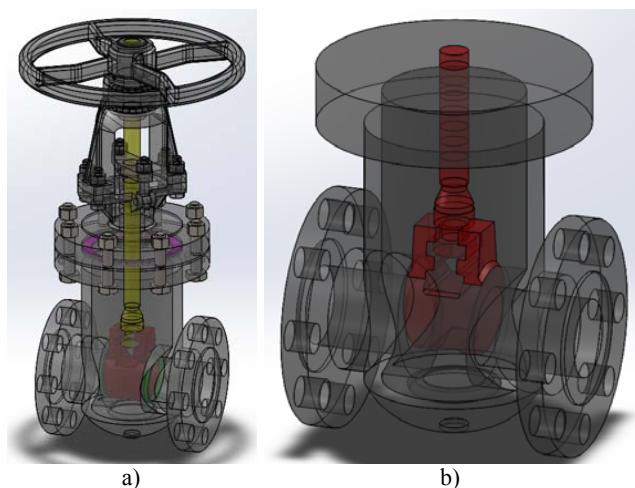
U postupku razvoja novih proizvoda numeričke analize zauzimaju sve važniju ulogu. Upotreba metoda računarom podržanog konstruiranja i metoda računarske (numeričke) mehanike kontinuuma (CCM metode) omogućava analizu strujanja fluida u svim dijelovima zasuna, kao i analizu napona i deformacija koje se javljaju u „čvrstim“ dijelovima zasuna kao posljedica interakcije fluida i dijelova zasuna koji su u dodiru sa njim [2].

Proizvodni inženjeri imaju na raspolaganju dva modula softverskog paketa SolidWorks koji omogućavaju da se najprije odredi pritisak fluida na zatvarač, a nakon toga i naponi i deformacije zatvarača i vretena koji su posljedica tog pritiska. Prvi modul je SolidWorks Flow Simulation (u daljem tekstu SWFS) koji se zasniva na primjeni metode konačnih volumena (MKV). Drugi modul je SolidWorks Simulation (u daljem tekstu SWS) koji se zasniva na primjeni metode konačnih elemenata (MKE).

2. ODREĐIVANJE PRITISKA FLUIDA POMOĆU SWFS

SWFS omogućava proizvodnim inženjerima iskorištavanje mogućnosti CFD (Computational Fluid Dynamics) analiza i na taj način ubrzava postupak razvoja proizvoda. Upotrebom SWFS ne samo da je olakšana provjera funkcionalnosti novog proizvoda, nego je moguće odrediti kako će se proizvod ponašati u toku eksploatacije.

U ovom radu analiziran je zasun nazivnog promjera DN50, izrađen u skladu sa standardom API600 (ISO10434), klasa 150, proizvođača TERMOVENT SC iz Srbije. Na osnovu crteža zasuna [3] izrađen je 3D CAD model (Slika 1a). U sklopu pripreme CAD modela za CFD analizu izvršeno je pojednostavljenje geometrije, tj. uklanjanje elementa koji nisu u dodiru sa fluidom (Slika 1b).



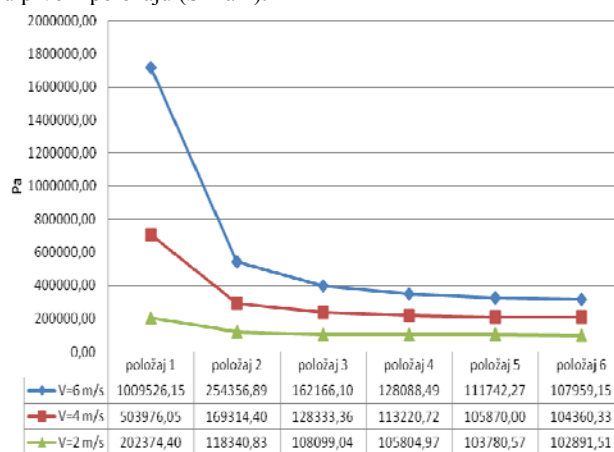
Slika 1: 3D CAD model zasuna:
a) 3D model cijelog zasuna;
b) pojednostavljeni model korišten u analizi.

2.1. Postavke simulacije toka fluida kroz zasun

Analize su izvršene za šest položaja zatvarača. U prvom položaju zasun je otvoren 10 mm dok je u svakom narednom zatvarač podizan po 10 mm, tako da je u krajnjem analiziranom položaju zatvarač podignut 60 mm u odnosu na potpuno zatvoreni zasun. Za svaki položaj zatvarača izvršene su po tri simulacije koje su se razlikovale u graničnom uslovu koji je definisan na ulaznom otvoru zasuna. Analizirane su situacije kada fluid ulazi u zasun brzinama 2, 4 i 6 m/s. Granični uslov atmosferskog pritiska na izlazu je bio zajednički za sve analize.

2.2. Analiza dobivenih rezultata

Dobivene vrijednosti pritiska su u skladu sa očekivanim vrijednostima. Na grafičkom prikazu dobivenih rezultata se vidi da je najveći pritisak „izmjereno“ kada je ulazna brzina fluida 6 m/s i kada je zatvarač zasuna u prvom položaju (Slika 2).



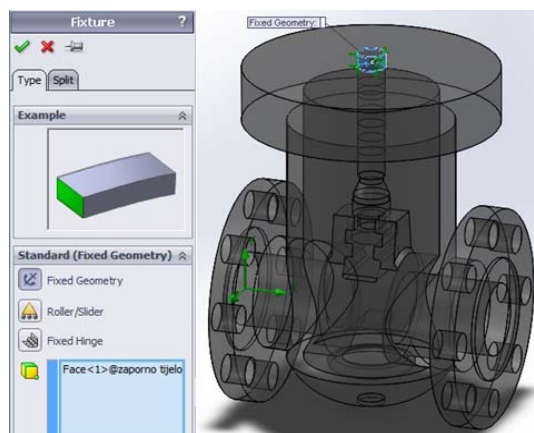
Slika 2: Grafički prikaz dobivenih vrijednosti pritiska

Dobiveni rezultati su uz pomoć opcije *Export Results to Simulation* snimljeni i pripremljeni za primjenu prilikom određivanja napona i deformacija pokretnih dijelova zasuna.

3. ODREĐIVANJE NAPONA I DEFORMACIJA POMOĆU SWS

SolidWorks Simulation je jednostavan, korisniku prilagođen alat za provođenje naponsko-deformacionih analiza baziran na numeričkoj metodi koja se naziva metoda konačnih elemenata. Metodom konačnih elemenata vrši se analiza struktura, računaju temperaturna polja, tok fluida, transport masa, itd [1]. Dostupna su tri paketa SWS koja omogućavaju projektnim inženjerima provođenje svih tih vrsta analiza, od statičkih analiza (SolidWorks Simulation), preko termičkih, frekventnih i optimizacijskih analiza (SolidWorks Simulation Professional), pa sve do nelinearnih i dinamičkih analiza (SolidWorks Simulation Premium) kako pojedinačnih dijelova tako i sklopova

3.1. Postavke naponsko-deformacionih analiza

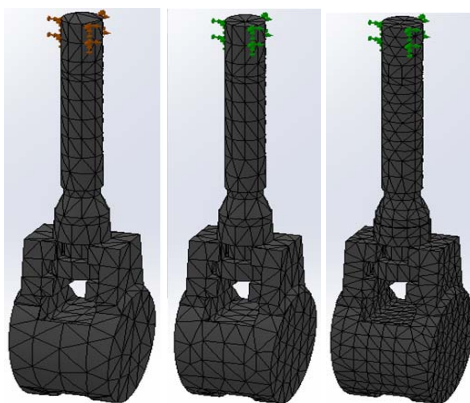


Slika 3: Fiksiranje dijela površine vretena

U cilju određivanja kritičnih zona na zatvaraču i vretenu zasuna provedeno je osamnaest simulacija, za svaki od šest položaja po tri simulacije, u skladu sa ranije provedenim simulacijama strujanja fluida kroz zasun.

Da bi se uz pomoć opcije *Include fluid pressure effects from SolidWorks Flow Simulation* mogle iskoristiti vrijednosti dobivene pomoću SWFS neophodno je koristiti iste 3D CAD modele. Prije pokretanja samih proračuna izvršeno je definisanje materijala od kojeg su izrađeni zatvarač i vreteno te izabrane površine na tijelu vretena koje predstavljaju oslonac. Obzirom na različite položaje vretena to su i površine na koju se primjenjivao granični uslov oslonca bile različite. U tu svrhu je površina vretena, opcijom *Split Lines*, podijeljena na šest cilindričnih površina (Slika 3).

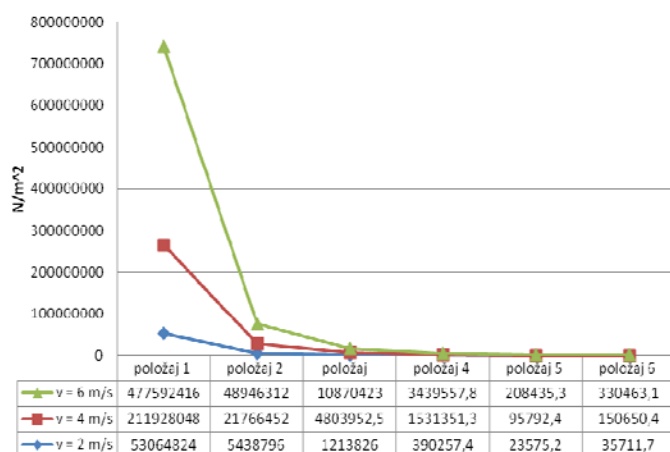
Posljednji korak u predprocesorskom dijelu analize jeste automatsko generiranje mreže. Na slici 4 su prikazana tri razmatrana nivoa gustoće mreže. U analizama je korištena najgušća mreža od tri prikazane.



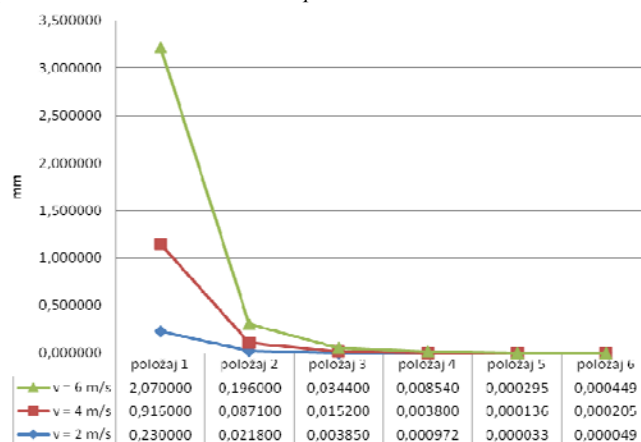
Slika 4: Tri različita kvaliteta mreže

3.2. Analiza dobivenih rezultata

Jedna od prednosti SWS jeste i mnoštvo mogućnosti za prezentaciju i analizu dobivenih rezultata. Na slici 5 je dat grafički prikaz određenih napona u sklopu zatvarača i vretena.

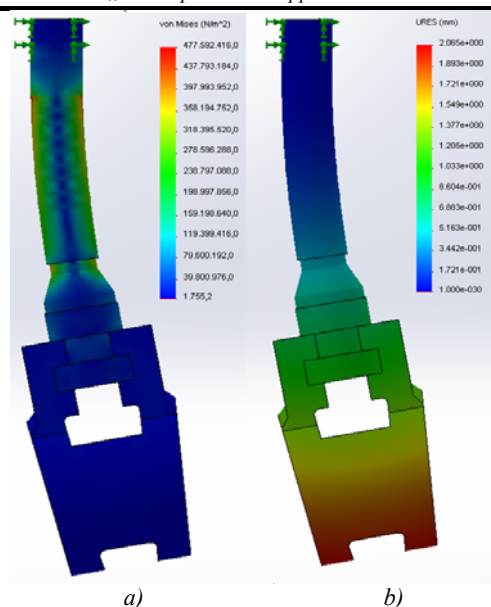


Slika 5: Izračunati naponi u zatvaraču i vretenu.



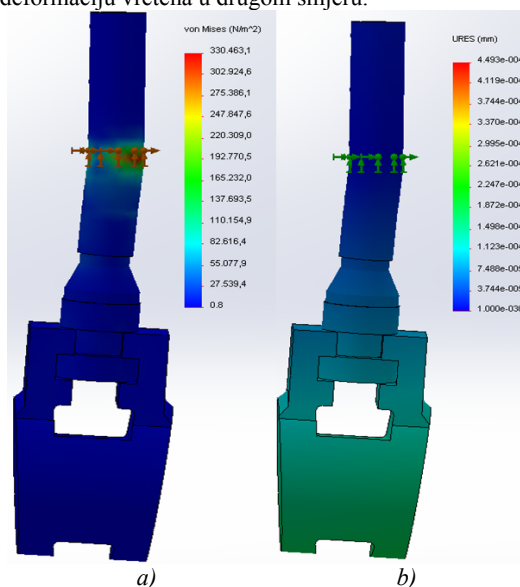
Slika 6: Izračunata pomjeranja zatvarača i vretena.

Kao što je i očekivano najveći naponi i pomjeranja se javljaju u položaju 1, odnosno kada je zasun otvoren 10 mm pri brzini fluida od 6 m/s. Na slici 7a se može uočiti zona na vretenu u kojoj vlada najveći napon. Ta kritična zona se nalazi na očekivanom mjestu, neposredno ispod mjesta oslanjanja vretena gdje je najveći moment savijanja uzrokovan silom pritiska fluida koja djeluje na zatvarač. Također, najveće pomjeranje je u dnu zatvarača jer je to mjesto koje je najviše udaljeno od mjesta oslanjanja (slika 7b).



Slika 7: Napon (a) i pomjeranje (b) zatvarača i vretena u položaju 1.

Ono što treba primjetiti jeste u prvi mah neočekivano povećanje napona i pomjeranja za položaj 6. Nakon analize dobivenih vrijednosti i smjera pomjeranja (slika 8b) dolazi se do zaključka da kada je zatvarač podignut toliko da više nije direktno u struji fluida, povratno vrtložno strujanje izaziva pomjeranje zatvarača i deformaciju vretena u drugom smjeru.



Slika 8: Napon (a) i pomjeranje (b) zatvarača i vretena u položaju 6.

4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je utvrđivanje kritičnih zona pomoću naponsko-deformacione analize zatvarača i vretena zasuna izvršene kombinacijom dva modula softverskog paketa SolidWorks, i to SolidWorks Flow Simulation i SolidWorks Simulation.

Provedeno je više *What if* analiza u kojima je promjenom geometrijskih parametara zasuna i parametara protoka simulirano osamnaest različitih situacija koje se mogu desiti tokom eksploatacije analiziranog zasuna.

Pokazano je da je ovaj novi koncept nazvan EFD (Engineering Fluid Dynamics) zaista doveo do toga da su numeričke simulacije postale sastavni dio procesa inženjerskog dizajna i predviđanja stvarnog ponašanja novih proizvoda u ranim, i svim drugim, fazama ciklusa projektovanja. EFD pomaže inženjerima da dođu do potrebnih odgovora ranije, brže, jeftinije i sigurnije od bilo koje druge inženjerske metode.

5. LITERATURA

- [1] N. Zaimović-Uzunović, S. Lemeš, *Metod konačnih elemenata*, Dom štampe, Zenica, 2002.
- [2] S. Balić, *Numerička analiza procesa strujanja i naponskog stanja centrifugalnih pumpi u sistemima za hlađenje automobilskih motora*, doktorska disertacija, Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet u Zenici, Zenica, 2002.
- [3] <http://www.termoventsc.rs/katalog/proizvodi/D-02-GAC/D-02-GAC-SR-V141200.pdf>
- [4] *Flow Simulation 2014 Solving Engineering Problems*, Dassault Systèmes SolidWorks Corp, Waltham, Massachusetts, USA, 2014.
- [5] *SolidWorks 2011, SolidWorks Simulation*, Dassault Systèmes SolidWorks Corp, Concord, Massachusetts, USA, 2011.

RAZVOJ ALATA ZA MONTAŽU STATORA KAPLANOVIH TURBINA A TOOL DESIGN FOR STATOR OF KAPLAN TURBINE ASSEMBLING

Safet Isić¹, Edin Džihović², Edin Šunje³, Emir Nezirić⁴

^{1,2,3,4}Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Mašinski fakultet u Mostaru
USRC „Mithad Hujdur Hujka“, 88104 Mostar,
safet.isic@gmail.com

SAŽETAK:

Mogućnost manipulacije rotorom i statorom turbina sa vertikalnim vratilom jedan je od ključnih faktora u fazi remonta turbina. O brzine realizacije i uspješnosti realizacije ove etape zavisi cijeli postupak demontaže. U slučaju manipulacije statorom agregata kod Kaplanovih turbina, zbog njihovih velikih gabarita, mase i često ograničenog prostora, njegova montaža ili demontaža predstavlja složen postupak, za koji je potreban odgovarajući pripravak. Pripravak mora biti prilagođen kako dimenzijama i masi statora tako sa instalisanim mosnim dizalicama u strojari. U ovom radu je prikazano konstrukciono rješenje priprava za manipulaciju statorom Kaplanovih turbina i tenzometrijska mjerenja u svrhu ispitivanja priprava i kontrole procesa demontaže.

Ključne riječi: Kaplan turbina, stator, demontaža, pripravak, ispitivanje

ABSTRACT:

The possibility of manipulation of the rotor and stator turbine with vertical shaft is one of the key factors in turbine dismantling. About the speed of implementation and success of the implementation of this stage depends on the whole process of dismantling. In case of manipulation stator unit for Kaplan turbines, due to their large dimensions, weight and often of limited space, his lifting or dismantling is a complex procedure that requires adequate tool. A tool must be adapted to the dimensions and weight of the stator as well with installed bridge cranes in a engine room. This paper presents a development of a tool for the manipulation stator Kaplan turbines and strain gages measuring for the purposes of the control of the dismantling process.

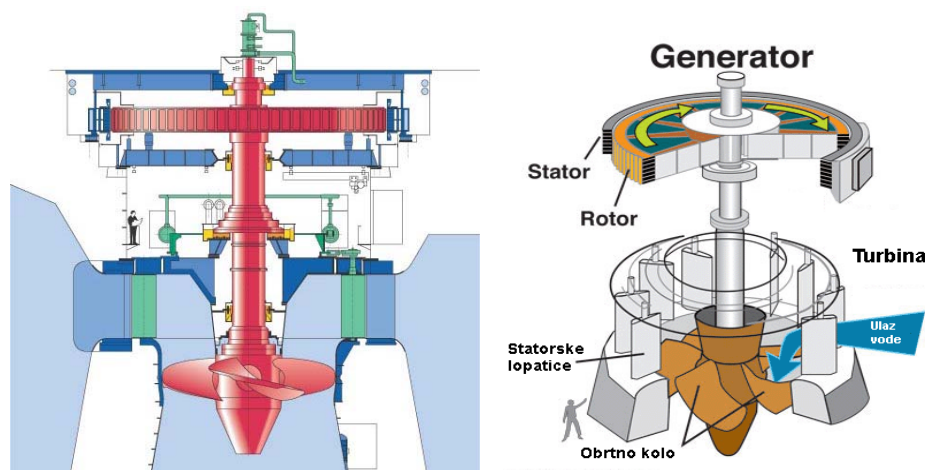
Keywords: Kaplan turbine, stator, dismantling, tool, testing

1. UVOD

Hidroelektrana ili hidroelektrična centrala je postrojenje u kojem se potencijalna energija vode najprije pretvara u kinetičku energiju njezinog strujanja, a potom u mehaničku energiju okretanja vratila turbine te, konačno u električnu energiju u električnom generatoru. Hidroelektranu u širem

smislu čine i sve građevine i postrojenja koja služe za prikupljanje (akumuliranje), dovođenje i odvođenje vode (brana, zahvati, dovodni i odvodni kanali, cjevovodi itd.), pretvaranje energije (vodne turbine, generatori), transformaciju i razvođenje električne energije (rasklopna postrojenja, dalekovodi) te za smještaj i upravljanje cijelim sistemom (strojara i sl).

Vrste turbina koje se najčešće koriste u hidro elektranama su: Pelton, Francis i Kaplan. Kaplanova turbina je propelerna vrsta vodenih turbina, sa zakretnim lopaticama na radnom kolu. Izvedba turbina sa zakretnim lopaticama radnog kola je složenija nego izvedba običnih propelernih turbina, no njihove energetske karakteristike su znatno povoljnije. Njihov stepen iskorištenja može biti i preko 0.90. One uglavnom rade na niskim padovima vode sa velikim protokom. Korisni padovi se kreću od nekoliko metara pa sve do 60-70 metara. Radi takvih karakteristika, ovakve turbine se uglavnom primjenjuju u ravničarskim područjima, na rijekama koje osiguravaju cjelogodišnji visoki protok, a izgradnjom umjetnih brana se osigurava potreban pad. Izlazne snage Kaplanovih turbina mogu biti od 5 do 120 MW.



Slika 1. Poprečni presjek Kaplanove turbine.

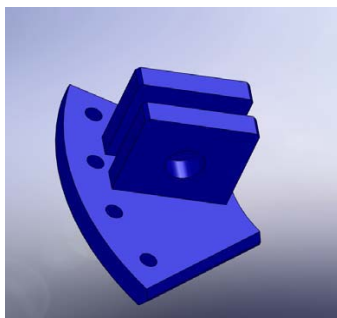
Turbine su konstruisane da rade desetljećima uz vrlo malo održavanja glavnih elemenata, tako da možemo reći da se remont ne radi često, tek svakih nekoliko godina. Uobičajeno trošenje uključuje kavitaciju, pucanje uslijed zamora materijala i abraziju zbog krutih čestica u vodi. Održavanje radnog kola i dijelova izloženih vodi u protočnom traktu uključuju inspekciju i popravak istrošenih dijelova. U slučaju da je potreban remont radnog kola ili lopatica, tada to nije jednostavan posao, jer da bi se došlo do ovih dijelova treba ukloniti veoma težak generator čija težina dostiže i do nekoliko stotina tona, a sve u zavisnosti od njegove snage. Generator se sastoji od rotora i statora. Demontaža rotora je jednostavniji zadatak, jer se može prihvatiti za dio koji naliježe na vratilo. Stator zbog svog oblika i dimenzija zahtijeva poseban pripravek za njegovo prihvatanje i vezivanje za dizalicu u strojari.

2. KONSTRUKCIONO RJEŠENJE PRIPRAVKA

Konstruktivno rješenje pripravek treba da omogućava podizanje statora pomoću postojećih kranova u strojari pomoću simetrično rasporedene čeličnih užadi, što obezbjeđuje ravnomjerno opterećenje statora i izbjegavanje mogućnosti trajnih deformacija statora.

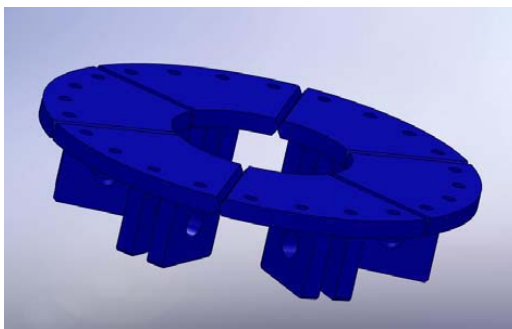
Nakon modeliranja idejnog rješenja priprava i definisanja veličine opterećenja, pristupa se statičkom proračunu kako bi se provjerila čvrstoća elemenata pripravka. Pripravak je modeliran u softveru SolidWorks, dok je statički proračun izvršen u modulu „Cosmos“ istog softverskog paketa. Provjera čvrstoće čelične užadi može se izvršiti analitički.

Izabrana je konstrukcija pripravka za montažu/demontažu statora generatora izrađena od šest segmenata pločevine #60 mm od konstrukcionog čelika Č.0361, na kojima su ugaonim zavarima postavljene uške za vezivanje čelične užadi i izbušene četiri rupe po obodu, koje služe za vezivanje pripravka za dizalicu (Slika 2).



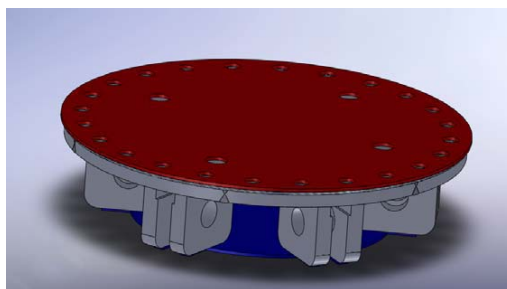
Slika 2. Segment pripravka sa uškama za vezivanje čelične užadi.

Segmenti su međusobno zavarani sučeonim zavarivanjem, tako da formiraju priprava kružnog oblika na koji je moguće vezati šest čeličnih užadi i koji se preko vijaka spaja sa dizalicom (dizalicama) u strojari (Slika 3).



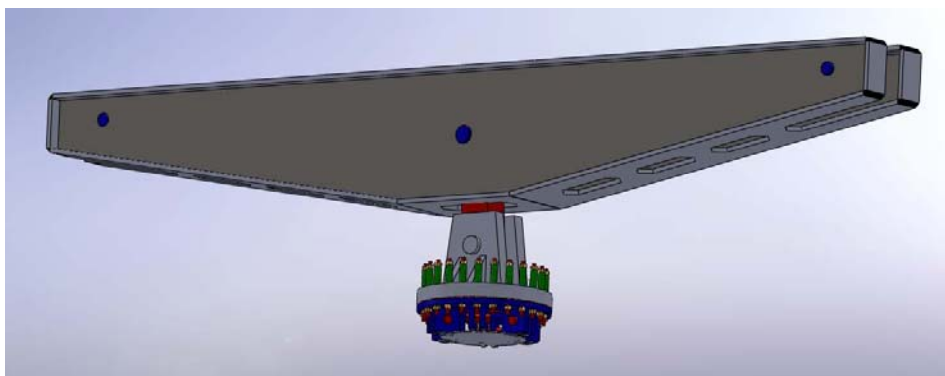
Slika 3. Osnovna konstrukcija pripravka.

Zbog eliminisanja uticaja deformacija nastalih pri sučeonom zavarivanju segmenata na naližeganje pripravka pri vezivanju za dizalicu, sa gornje strane je zavarena ploča kružnog oblika sa izbušenim rupama koje odgovaraju poziciji rupa na osnovnoj konstrukciji pripravka.. U svaki od šest parova uški se montira bolna koja pri demontaži/montaži statora služi za fiksiranje omči čelične užadi. Sa donje strane uški je zavarena ploča zbog eliminisanja savijanja uški u slučaju velikog nagiba užadi (Slika 4).



Slika 4. Kompletna konstrukcija pripravlka.

Pripravak se veže kuku dizalice ili za jaram za kuplovanje dizalica (ako rade u paru pri podizanju većih tereta) ubacivanjem pripravlka za montažu/demontažu rotora kao međuelementa za koji se pripravak veže sa vijcima (Slika 5).

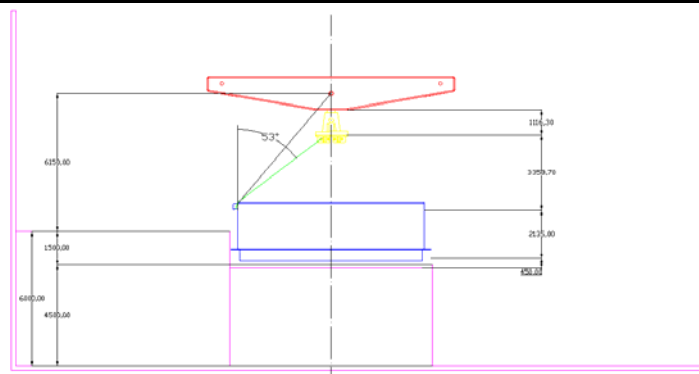


Slika 5. Postavljanje pripravlka na jaram za kuplovanje kranova.

3. PROVJERA ČVRSTOĆE PRIPRAVKA

3.1. Analiza opterećenja

Da bi definisali opterećenje pripravlka, potrebno je izvršiti snimanje dimenzija statora i visine dizalice, zbog određivanja sila u užadima. Zbog radialnog ukrućivanja statora, isti se podiže zajedno sa zvijezdom gornjeg vodećeg ležaja.



Slika 5. Grafičko određivanje nagiba čelične užadi.

Na osnovu dokumentacije određuje se masa statora i zvijezde gornjeg vodećeg ležaja G. Težina koju nosi jedno čelično uže je tada (u konkretnom slučaju generatora 65 MW)

$$G_u = G/6 = 208.63 \text{ kN}$$

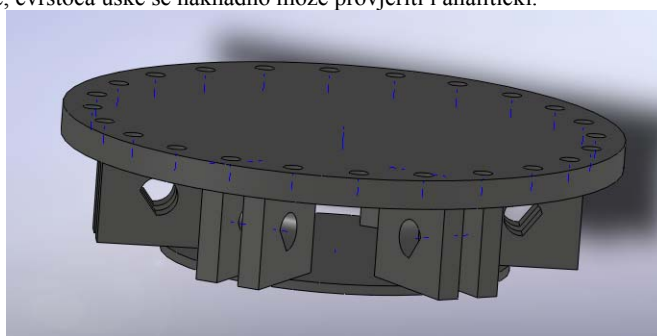
Zbog ograničenja prostora, u najnepovoljnijem slučaju prikazanom na slici 5, užad mogu biti postavljena pod uglom od 53° prema vertikali. Sila zatezanja užeta je tada

$$S = G_u / \cos 53^\circ = 346.4 \text{ kN}$$

Za podizanje statora potrebno je koristiti čeličnun užad nazivne nosivosti preko 350 kN, uz koeficijent sigurnosti $v = 5$. Zbog podizanja statora veoma malim brzinama, u silu nije uračunat koeficijent udara.

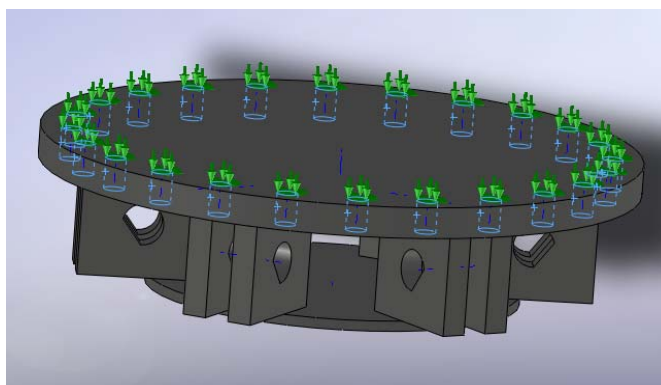
3.2. Proračunska šema

Pripravak je modeliran u programu SolidWorks, čiji je modul CosmosExpress iskorišten za provjeru čvrstoće (Slika 6). Za potrebe unošenja sile koju unose čelična užad, modelirana je ravna površina u otvoru za bolcne koja je okomita na pravac djelovanja sile. Zbog unesenog odstupanja u geometriji otvora za bolcne, čvrstoća uške se naknadno može provjeriti i analitički.



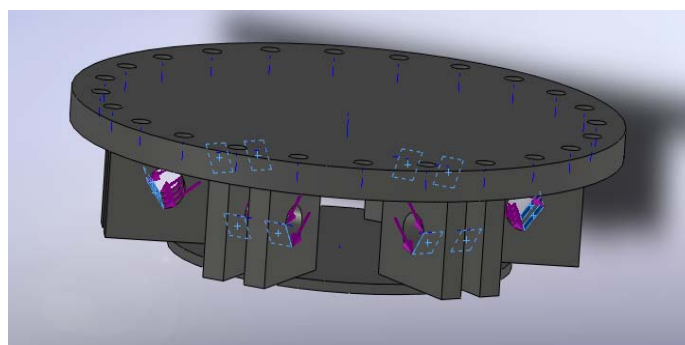
Slika 6. Model pripravka korišten za statički proračun.

Zbog veze pripravlka sa ostatkom sistema za montažu/demontažu statora putem vijaka, na lokacijama otvora za vijke definisani su nepokretni oslonci.



Slika 7. Ograničenja pomjeranja pripravka.

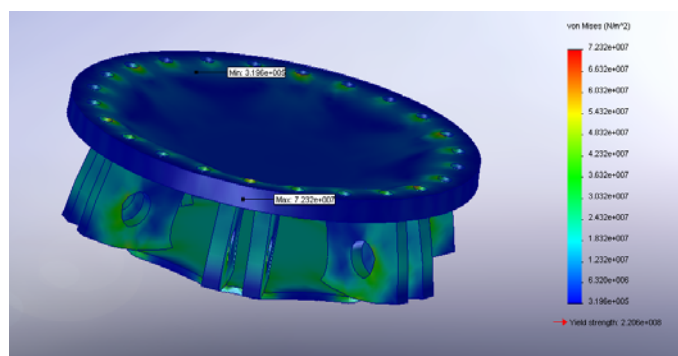
Sila u čeličnim užadima se putem bolcne prenosi na uške. Stoga je polovina vrijednosti sile u užetu je unijeta na ravne površine u otvorima za bolcne.



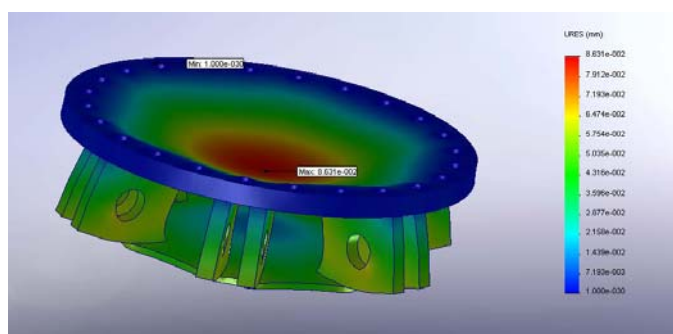
Slika 8. Modeliranje opterećenja pripravka.

3.3. Analiza rezultata

Na slikama 9 i 10 prikazani su rezultati za ekvivalentni napon i pomjeranje tačaka pripravka.



Slika 9. Raspodjela ekvivalentnog napona ($\sigma_{\max} = 72 \text{ MPa}$).



Slika 10. Raspodjela pomjeranja pripravlka.

Maksimalni naponi javljaju se na lokacijama otvora za vezivanje pripravlka vijcima sa ostatkom sistema.

Iz prikazanih rezultata je vidljivo da je čvrstoća pripravlka zadovoljena, jer dozvoljeni napon za konstrukcioni čelik Č.0361 iznosi 145 MPa, dok je maksimalni dozvoljeni napon za zavarene spojeve $0.7 \times 145 = 101.5 \text{ MPa}$.

4. ISPITIVANJE PRIPRAVKA

Ispitivanje konstrukcije pripravlka izvršeno je podizanjem statora agregata. Podizanje je izvršeno kontrolisanim, postupnim povećanjem sile povlačenja dizalica, i to povlačenje silom intenziteta 30% ukupne težine statora, povlačenje silom intenziteta 50% ukupne težine statora, povlačenje silom intenziteta 70% ukupne težine statorapovlačenje silom do odvajanja statora od podloge.

Na kraju svake etape povećanja sile povlačenja dizalica vrši se pregled stanja pripravlka i zategnutosti užadi. Nakon podizanja statora provjerava se ravnomjernost odvajanja statora od podloge, od čega zavisi jednakost zategnutosti užadi. U narednoj fazi vrši se odvajanje do max. 100 mm i vrši spuštanje

u prekidima do oslanjanja. Koeficijent udara se provjerava podizanjem do max. 300 mm i i spuštanjem sa naglim zaustavljanjem.

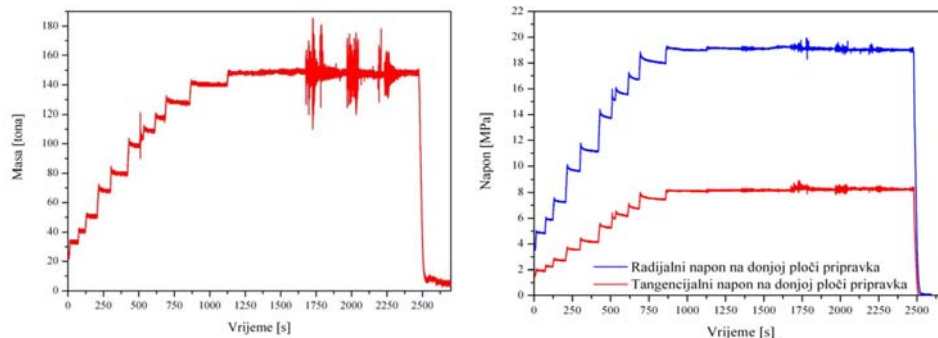


Slika 11. Pripravak povezan sa statorom i dizalicama.

Kontrola napreznja priprvka i sile povlačenja dizalica vrši se postavljanjem mjernih traka. Na slici 12 prikazane su lokacije instaliranja mjernih traka. Promjena sile povlačenja i napreznja u toku ispitivanja priprvka prikazana je na slici 13.



Slika 12. Mjerna mjesta na prizmi za vezu priprvka sa dizalicama i na pripravku.



Slika 13. Promjena sile povlačenja i napona na donjoj ploči pripravlka pri demontaži statora.

5. ZAKLJUČAK

Svjedoci smo sve većoj potrošnji svih vidova energije a posebno električne. Da bi se takvo stanje moglo održati potrebno je izgraditi nove sisteme za proizvodnju električne energije i razvijati efikasne sisteme za održavanje postojećih, što podrazumijeva izradu određenih metalnih konstrukcija (dizalice, mostovi, razni pripravnici, kako bi se što lakše i sigurnije izgradilo elektro-energetsko postrojenje koje će služiti za proizvodnju električne energije. Izgradnja velikih kapaciteta obično zahtjeva velike i masivne dijelove od kojih je sastavljeno elektro-energetsko postrojenje, čije težine obično prelaze nekoliko desetina tona. Da bi sastavili tako teške elemente u jednu cjelinu, koja će kasnije imati ulogu proizvodnje električne energije potrebni su nam određeni konstrukcije i pripravnici (dizalice, mostovi, kranovi, te razni pripravnici). Te metalne konstrukcije, ne samo da imaju značaj prilikom izgradnje energetskih postrojenja nego i u njihovom održavanju tokom radnog vijeka postrojenja. Kroz ovaj rad dato je jedno moguće rješenje pripravlka za brzu demontažu/montažu statora Kaplanove turbine.

6. LITERATURA

- [1] B. Andrić, D. Dumović, I. Džeba: Metalne konstrukcije I, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb 1994.
- [2] Vukov: "Uvod u metalne konstrukcije" , Fakultet građevinskih znanosti Sveučilišta u Splitu, Split 1998.
- [3] Z. Čarija: Vodne turbine, Tehnički fakultet Rijeka, 2010.
- [4] S. Tešnjak, D. Grgić, I. Kuzle: Vrste hidrauličkih turbina, Fakultet elektrotehnike i računarstva Zagreb, 2010.
- [5] R. Malović, S. Isić, „Identifikacija nestacionarnih procesa vertikalnih hidroagregata velikih snaga mjerenjem intenziteta vibracija ugrađene opreme“, Proceedings of 1st International Conference on Manufacturing and Advanced Technologies – MAT 2010, Editors: S. Rahimić, S. Isić, Mostar, 18-20th November 2010., pp. 257-262, ISSN 1986 – 9126.)
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Kaplan_turbine<http://newmillsengineering.com/products/item/4/kaplan-turbines/>

IZNALAŽENJE NAPREDNIJEG RJEŠENJA SISTEMA ZAŠTITE OD PREOPTEREĆENJA RADNOG ORGANA ROTORNOG BAGERA

FINDING A SOLUTION MORE ADVANCED PROTECTION SYSTEM DUE TO OVERLOAD THE WORKING BODY OF BUCKET WHEEL EXCAVATOR

Ferid Mulahalilović¹, Fehmo Mrkaljević², Denijal Sprečić³

¹Elektroprivreda Federacije BiH u Sarajevu, Rudnici „Kreka” d.o.o. Tuzla

²Elektroprivreda Federacije BiH u Sarajevu, Rudnici „Kreka” d.o.o. Tuzla

³Univerzitet u Tuzli, Mašinski fakultet Tuzla, esprecic@bih.net.ba

ferid.mulahalilovic@yahoo.com

SAŽETAK:

U radu je predstavljeno originalno rješenje sistema zaštite radnog točka rotornog bagera od preopterećenja izazvanog otporom kopanja, koji obuhvata sve relevantne konstrukcione parametre, kao i parametre ekstremnog režima rada mašine u uslovima blokade prenosnih članova. Komparacijom značajnih parametara pri implementaciji starog i novog rješenja, došlo se do naprednijeg konstruktivnog rješenja sistema zaštite. Njegova validacija izvršena je mjerenjima u realnim eksploatacionim uslovima. Osim toga, predstavljen je model bagera SRs-220 9,5/0,5 i redizajnirani podsistemi utovarnog sistema rotornog bagera. Rezultati mjerenja i višegodišnja eksploatacija nedvosmisleno su potvrdili uspješnost primjenjenog koncepta redizajna.

Ključne riječi: rotorni bager, utovarni sistem, radni točak, rekonstrukcija, lamelna klizna spojница

ABSTRACT:

This paper presents an original solution of the system of protection of working wheel overload caused by digging resistance, which covers all relevant structural parameters, and the parameters of extreme regime of the machine under blockade of transmission members. Comparing the relevant parameters in the implementation of old and new solutions, it was more advanced structural design protection system. Its validation was performed measurements in real operating conditions. In addition, the presented model excavator SRs-220 9.5 / 0.5 and redesigned subsystems loading system bucket wheel excavator. The measurement results and perennial exploitation unequivocally confirmed the success of the applied concept of redesign.

Keywords: bucket wheel excavator, loading system, working wheel, reconstruction, lamellar sliding hinge

1. UVOD

Rotorni bageri SRs-220 9,5/0,5, slika 1, zbog svojih izuzetnih performansi i kapaciteta predstavljaju vitalne segmente sveukupnog sistema površinske eksploatacije odnosno sistema unutrašnjeg transporta i dopreme uglja. U okviru pripreme za preseljenje rotornog bagera SRs-220 9,5/0,5 sa

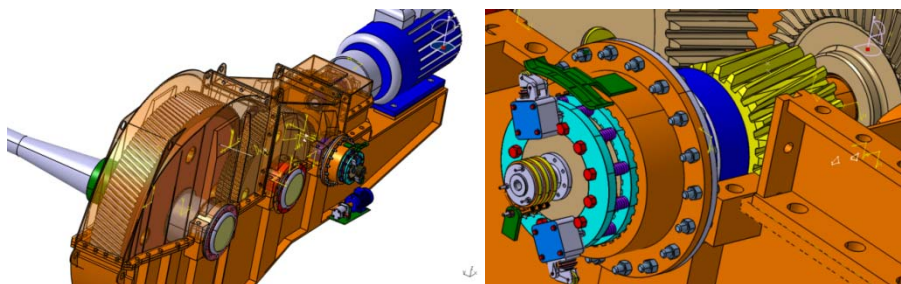
Rudnika „Šikulje“ u Lukavcu na Rudnik „Dubrave“ u Dubravama, javila se potreba traženja novog rješenja sistema zaštite radnog organa rotornog bagera kako bi se osigurao pouzdan rad bagerske jedinice i u uslovima novog kopa gdje dolazi do povećanja sile otpora rezanja uz zahtijevani kapacitet bagera.



Slika 1: Rotorni bager SRs-220 9,5/0,5 prije i lijevo poslije revitalizacije

2. IZNALAŽENJE NAPREDNIJEG SISTEMA ZAŠTITE OD PREOPTEREĆENJA RADNOG ORGANA ROTORNOG BAGERA

Proces revitalizacije rudarske mehanizacije posebno rotornih bagera je kompleksan proces. Složenost tog procesa zasniva se na kompleksnosti strukture samog sistema kontinuiranog otkopa (rotorni bager, samohodna traka, transporter sa trakom, odlagač). Mašine za kontinuirani iskop lignita ili otkrivke, izložene su dejstvu opterećenja izrazito dinamičkog karaktera, što je prije svega, posljedica periodičnog ulaska/izlaska kašika/vedrica iz zahvata sa tlom, neuravnoteženosti pogonskih mehanizama, zahvatnih uređaja i obrtnih dijelova trakastih transportera i udara komada koji mogu da se jave tokom pražnjenja kašika/vedrica. U okviru revitalizacije rotornog bagera posebno je eksponiran problem iznalaženja naprednijeg rješenja sistema zaštite pogona i noseće konstrukcije radnog organa rotornog bagera.

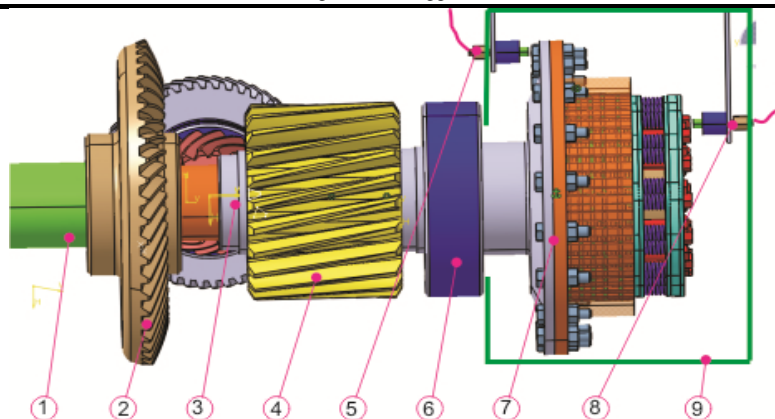


Slika 2: Model reduktora radnog točka obezbijeđen sa klizno lamelnom spojnicom, desno-model sigurnosne spojnice reduktora radnog točka - stara varijanta (trenutak kada spojnica reaguje, tj. kada je pogon preopterećen)

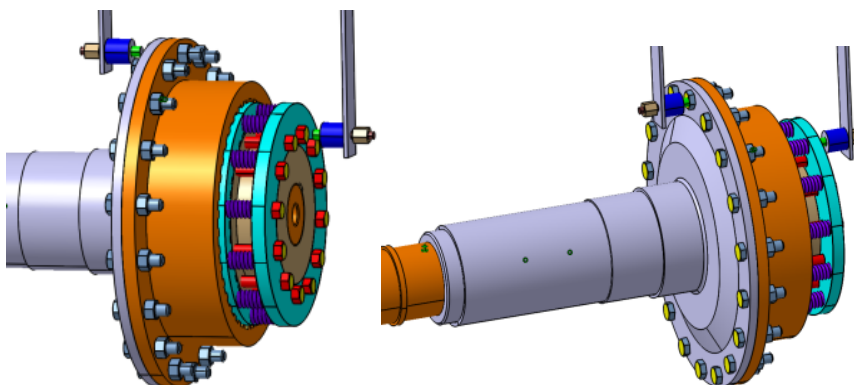
Redizajn je proveden na elementima koji su se u analizi rada bagera pokazali nepouzadani, neekonomični i nerentabilni. Redizajn je proveden na sistemu zaštite konstrukcije i pogonskog sklopa radnog točka rotornog bagera SRs-220 9,5/0,5. Primjena novog sistema zaštite pogonskog sklopa radnog točka podrazumijeva zamjenu postojećeg sigurnosnog uređaja pri proklizavanju spojnice sa novim naprednijim rješenjem koje uključuje dva davača i logičko kolo.



Slika 3: Stara lamelna spojnica sa kuplungom i krajnjim prekidačima, lijevo-lamelna klizna spojnica ugrađena na reduktor zakretanja GGB



Slika 4: Model drugog stepena reduktora sa redizajniranom klizno lamelnom spojnicom, (1-distantni prsten II stepena, 2-tanjirasti zupčanic II stepena vezom normalnog klina navučen na vratilo, 3-šuplje vratilo II stepena, 4-kosozubi cilindrični zupčanic navučen na šuplje vratilo, 5-unutrašnji davač broja impulsa, 6- ležaj na šupljem vratilu, 7-klizno lamelna spojnica, 8-vanjski davač broja impulsa, 9-mehanička zaštita klizne spojnice.)



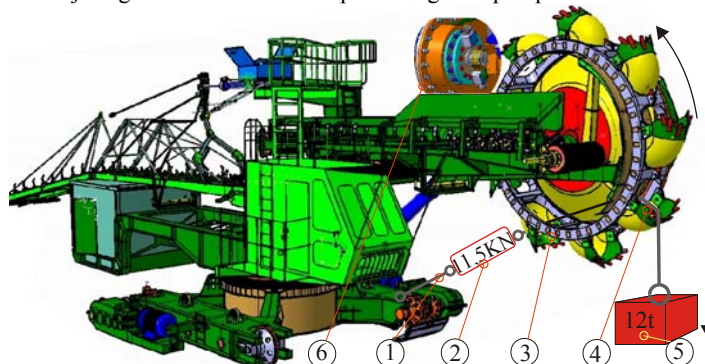
Slika 5: Lokacija identifikacionih tačaka na vanjskoj i unutrašnjoj strani klizno lamelne spojnice koje detektuju vanjski i unutrašnji davači.

2.1. Podešavanje lamelne sigurnosne spojnice na reduktoru radnog točka

Maksimalna obodna sila noža vedrice iznosi 11,5 Mp i odgovara momentu trenja klizanja od 1420 kpm na sigurnosnoj spojnici.

Procedura podešavanja i mjerenja brzine odziva sigurnosne klizne lamelne spojnice na radnom organu rotornog bagera (obodna sila na radnom organu) provodi se na slijedeći način. Podešavanje se vrši pomoću dinamometra, tako da se spojnica upravo aktivira pri maksimalnoj obodnoj sili od 11,5 Mp. Spojnica je ugrađena na drugi stepen reduktora, slika 2. Pogon podrazumijeva četverostepeni prenosnik sa koničnim zubima, prenosni odnos $i=52$, $n_1/n_2=980/1,97$ i motor snage 160 KW. Između zuba oko vedrice obavlja se užezivanje i s jednim krajem se pričvrsti za dinamometar. Na drugoj strani dinamometra pričvrsti se drugo užezivanje, slika 6. Prvo užezivanje se optereti s težinom od min. 12 Mp, a drugo se provuče kroz dva otvora na donjem točku donje konstrukcije bagera. Nakon toga se vežu s prvim užezivanjem.

Ravnomjernim pritezanjem (povećanje sile pritezanja i s time također i obrtne sile), ili oslobađanjem šestobridnih vijaka, pomiče se prsten za podešavanje u aksijalnom smjeru, toliko dok dinamometar pri rotirajućem radnom točku ne postigne 11,5 Mp. Kod podešavanja pogon se smije samo u početku lagano aktivirati, da bi se spriječilo da pri krutom startnom podešavanju sigurnosne spojke, teret od 12 Mp ne destabilizuje bager odnosno da se kompletan bager ne preoptereti.



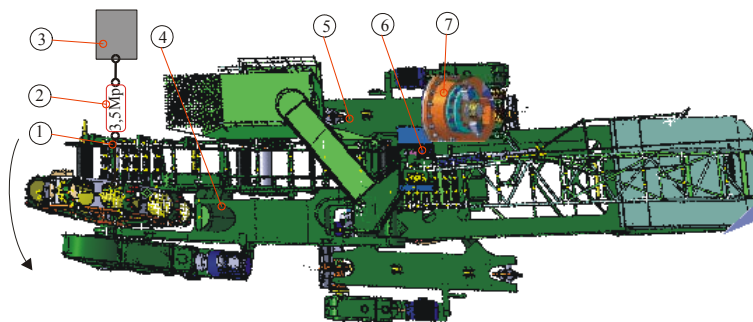
Slika 6: Ispitivanje i podešavanje klizno lamelne spojnice uzimajući u obzir maksimalnu obodnu silu na radnom organu od 11,5 Mp (1-uže za vezu DGB i dinamometra, 2-dinamometar, 3-radni organ, 4-uže za vezu dinamometra i protutega, 5-protuteg 12 t, 6-detalj sigurnosne klizno lamelne spojnice.)

2.2. Podešavanje sigurnosne lamelne spojnice na uređaju za zakretanje gornje konstrukcije bagera

Maksimalna obodna sila na vratilu radnog točka iznosi 3,55 Mp, što odgovara momentu trenja klizanja od 1000 kpm na sigurnosnoj spojnici.

Procedura podešavanja i mjerenja brzine odziva sigurnosne klizne lamelne spojnice na reduktoru pogona kružnog zakretanja GGB (bočna sila na vratilu radnog organa) provodi se na slijedeći način. Podešavanje sigurnosne spojnice se vrši pomoću dinamometra. Sigurnosna spojnica se lagano pritegne a katarka radnog točka se dovede u vodoravan položaj, slika 7. Između pomoćnog stuba i vratila radnog točka, (središta radnog točka), učvršćuje se dinamometar pomoću čeličnog užeta. Periodičnim zakretanjem gornje konstrukcije bagera u suprotnom smjeru od pomoćnog stuba i postupnim podešavanjem sigurnosne spojnice, mora se postići približna vrijednost od 3,55 Mp na

displeju dinamometra. Pokaže li dinamometar 3,55 Mp u trenutku u kome se sigurnosna spojnica obrće, postupak podešavanja je završen. Nakon postignutog podešavanja treba kontrolisati odstojanje ploča na sigurnosnoj spojnici pri čemu odstojanja moraju imati jednake vrijednosti.



Slika 7: Ispitivanje i podešavanje klizno lamelne spojnice uzimajući u obzir maksimalnu bočnu silu na vratilu radnog organa od 3,55 Mp. (1-vezno uže za povezivanje radnog organa i dinamometra, 2-dinamometar, 3-pomoćna ukruta sa užetom vezanim za dinamometar, 4-utovarni sistem, 5-gornja gradnja bagera, 6-pogon kružnog zakretanja, 7-detalj sigurnosne klizno lamelne spojnice.)

3. ZAKLJUČAK

Savremenim pristupom baziranim na primjeni odgovarajućeg softvera za modeliranje, simulaciju i analizu, kreiran je model realnog utovarnog sistema bagera SRs 220 9,5/0,5. Na osnovu kreiranog računarskog modela te provedenih in situ mjerenja na realnom sistemu, došlo se do novog, naprednijeg rješenja utovarnog sistema rotornog bagera SRs 220 9,5/0,5. Izvršena je rekonstrukcija sistema zaštite od preopterećenja radnog organa rotornog bagera. Pri tome je bilo neophodno uočiti nedostatke postojećeg sistema, a zatim proučiti i analizirati postojeća slična rješenja s ciljem da se pronade takvo rješenje koje će obezbijediti veću pouzdanost i sigurnost u radu rotornog bagera.

4. LITERATURA

- [1] S. Trifković; M. Krašnik, N. Radić, Analiza pouzdanosti podsistema za kopanje rotornog bagera ER – 1250, Mašinski fakultet Istočno Sarajevo, 2010.
- [2] P. Jovančić, D. Ignjatović, T. Maneski, Dijagnostika ponašanja pogonskih grupa na rotornom bageru, Konstruisanje mašina, Univerzitet u Beogradu, RGF, 2007.
- [3] F. Mulahalilović, Savremeni pristup u redizajniranju utovarnog sistema rotornog bagera SRs 220 9,5/0,5, Magistarski rad, Tuzla, 2011.
- [4] Dr.-Ing. Berthold Schlecht, Simulation of the Bucket Wheel Drive of a Compact Bucket Wheel Excavator, Krupp Foerdertechnik GmbH, Germany.
- [5] www.takraf.com

INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI U OPTIMIZACIJI ORGANIZACIJE DRUMSKOG SAOBRAĆAJA

INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS IN OPTIMIZATION OF ORGANIZATION OF VEHICLE TRANSPORTATION

Alija Karić¹, Amir Arnautović², Asmir Selimi²

¹Univerzitet u Tuzli, Mašinski fakultet Tuzla, ena.k@bih.net.ba

²J.U. M.S. Saobraćajna škola Tuzla, amarnaut@gmail.com

ena.k@bih.net.ba
amarnaut@gmail.com
asmir222@yahoo.com

SAŽETAK:

Prije pojave računara i savremenih tehnoloških rješenja, podaci vezani za rad vozila sakupljani su i obrađivani ručno, što je zahtijevalo više vremena, postojala mogućnost pojava greški, a kao posljedica je smanjena moć planiranja i kvalitetne organizacije transporta. Primjenom računara i računarskih programa, svi relevantni podaci se brže i preciznije obrađuju i na osnovu njih se donose upravljačke odluke. Optimizacija organizacije drumskog transporta malokoličinskih pošiljki moguća je samo putem računara. Intelligentni transportni sistemi predstavljaju trenutno najveće dostignuće u primjeni transportne tehnologije i organizacije. Ovi sistemi imaju sposobnost određivanja optimalnog transportnog puta na osnovu trenutnih uslova u saobraćaju sa aspekta potrošnje goriva, vremena putovanja i troškova transporta. U ovom radu su analizirane mogućnosti primjene inteligentnih transportnih sistema i prikazani praktični primjeri primjene u drumskom saobraćaju.

Ključne riječi: drumski saobraćaj, ITS-inteligentni transportni sistem, optimizacija

ABSTRACT:

Before discovery of computers and modern technology, data from different vehicles and their use conditions were collected and calculated by hand. The process was time consuming and prone to errors. Due to that, good planning and organizing of transport was great hazard. By use of computers and computer programs, all relevant data in transport organization are processed in timely manner and without errors, allowing management to bring adequate decisions. Optimization of organization of vehicle transportation of small-number shipments is possible only by use of computers. Intelligent transportation systems represent the biggest achievement in transportation technology and organization today. These systems allow optimization of transportation using current conditions of several aspects of transportation: consumption of fuel, distance, time and cost. In this work are analyzed possible uses of intelligent transportation systems and are presented their practical models in road transport.

Keywords: road transport, intelligent transportation system, optimization

1. UVOD

Osnovni zadatak svakog transportnog preduzeća je pružanje transportnih usluga. Transportnu uslugu potrebno je obaviti sa što nižom cijenom transporta, koja nastaje kada je obezbjeđena maksimalna proizvodnost transportnih sredstava. Nivo proizvodnosti rada transportnih sredstava zavisi u velikoj mjeri od organizacije transportnog procesa, stepena zaposlenosti voznog parka kao i od nivoa tehničke ispravnosti vozila, odnosno sposobnosti voznog parka za rad. Dobra organizacija transporta podrazumjeva precizno planiranje i dobru organizaciju eksploatacije transportnih sredstava. Precizno planiranje zahtjeva temeljno izučavanje transportnih zahtjeva i uslova pri kojima treba organizovati transport u narednom vremenskom periodu uz analizu ostvarenih rezultata rada vozila u prethodnom periodu. Za analizu ostvarenih rezultata rada voznog parka koristi se sistem izmjeritelja i pokazatelja rada transportnih sredstava koji definišu sve elemente u procesu rada voznog parka. Za dobijanje tih pokazatelja koriste se podaci o radu transportnih sredstava čijom se obradom dobijaju informacije koje predstavljaju jedan od bitnih elemenata u procesu upravljanja. Informacije su strateški resurs u savremenom preduzeću. Kvalitet donijetih odluka zavisi od kvaliteta raspoloživih informacija.

Prije pojave računara i savremenih tehnoloških rješenja podaci vezani za rad vozila sakupljani su i obrađivani ručno što je zahtjevalo dosta vremena i smanjenu preciznost planiranja i organizacije eksploatacije transportnih sredstava, odnosno kvalitet dobivenih informacija je bio nizak.

Primjenom računara svi podaci koji su neophodni za dobivanje informacija, na osnovu kojih se donose upravljačke odluke, se daleko lakše i preciznije obrađuju. Pored toga, u računaru se formira elektronska baza podataka koja omogućava znatno lakše i brže pronalaženje željenog podatka, a također, se vrši i ažuriranje postojećih podataka. Optimizacija izbora transportnog puta u slučaju distribucije malokoličinskih pošiljki moguća je samo putem računara.

Intelligentni transportni sistemi (ITS) predstavljaju trenutno najveće dostignuće u primjeni računarske i telekomunikacione tehnologije. Ovi sistemi pružaju mogućnost povezivanja sa tahografima, čitačima broja obrtaja, mjeračima potrošnje goriva i različitim senzorima koji se postavljaju na vozilo u cilju dobijanja svih potrebnih podataka. Svi ti podaci se, uz primjenu ovih sistema, mogu bežičnim putem prenositi do baze. Time se stvara mogućnost nadgledanja tehničkog stanja vozila za vrijeme obavljanja transportnog zadatka i preduzimanja određenih mjera u slučaju pojave nepredviđenih situacija. Pored toga, ovi sistemi omogućavaju elektronsko unošenje podataka o transportnom procesu koje se ispisuju vozaču na ekranu postavljenom u vozilu na početku ili tokom radnog dana. Time se pruža mogućnost unošenja određenih izmjena vezanih za transportni proces koje mogu nastati tokom obavljanja transporta, kao i dobijanja povratnih informacija od strane vozača koje se odnose na obavljene isporuke robe. Ovi sistemi imaju sposobnost određivanja optimalne varijante transportnog puta na osnovu trenutnih uslova u saobraćaju sa aspekta potrošnje goriva, vremena putovanja i troškova. Intelligentni transportni sistemi pružaju sve potrebne informacije sa velikom pouzdanošću na osnovu čije analize se mogu donijeti odgovarajuće upravljačke odluke u cilju povećanja proizvodnosti voznog parka, a samim tim i minimiziranja cijene koštanja transporta što je i osnovni cilj pri obavljanju transportnih usluga.

2. POJAM, STRUKTURA I VRSTE ITS-a

2.1. Definicija ITS-a

Transportni sistem je organizacijski proizvodno-tehnološki sistem koji se bavi organizacijom i pružanjem transportnih usluga. Cilj transportnog kao poslovnog sistema je da se određeni obim i kvalitet transportne usluge realizuje uz ostvarenje maksimalnog profita (javni transport) ili minimalnih troškova po jedinici usluge (transport za vlastite potrebe). Ostvarenje ovakvih ciljeva

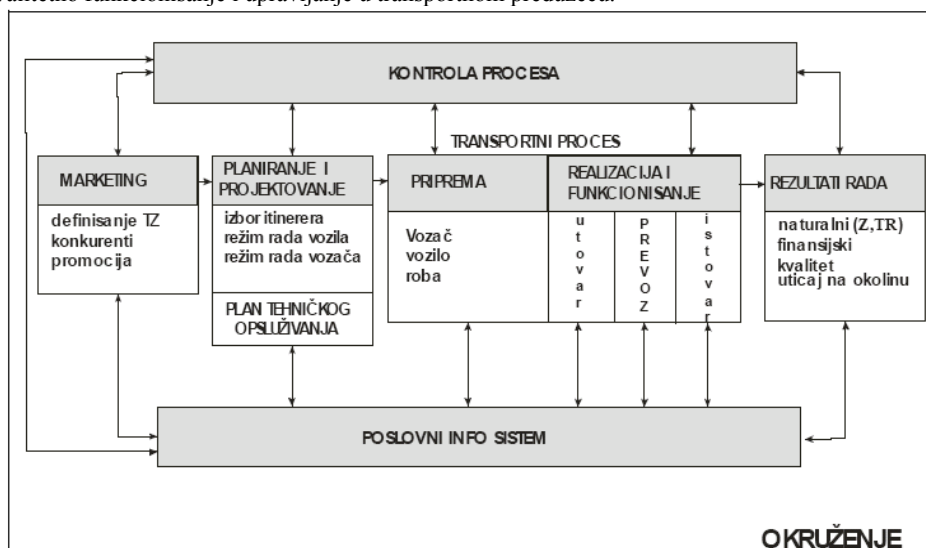
moguće je kroz optimalno upravljanje resursima, procesima i organizacijom u okviru cjeline i svakim od sastavnih dijelova transportnog sistema.

Transportni sistem koji koristi savremene informacione tehnologije u cilju optimizacije transporta možemo nazvati inteligentni transportni sistem (ITS).

Da bi se obezbjedila kvalitetna i optimalna transportna usluga neophodno je realizovati određene procese i dokumente koji ih prate. Pod organizacijom transportnog procesa podrazumjeva se niz usklađenih operacija, čiji je zadatak obavljanje transportne usluge. Da bi mogli uspješno da organizujemo i upravljamo ovim složenim procesom, neophodno je da prethodno sagledamo sve podprocese i operacije u njemu, a koji su prikazani na slici 1.

Iz slike 1 se vidi da je osnovni uslov odvijanja transportnog procesa postojanje različitih informacija o toku odvijanja procesa i stanju sistema. Da bi se obezbjedilo uspešno i kvalitetno odvijanje transportnog procesa neophodno je raspolagati velikim brojem podataka. Podaci postaju informacija tek ako su značajni za donošenje nekih odluka. Sistem koji se bavi prikupljanjem, memorisanjem, obradom i dostavljanjem informacija korisnicima, naziva se informacioni sistem.

U skladu sa tim, informacioni sistem treba da definiše informacijske potrebe i zahtjeve, dokumente iz kojih se oni dobijaju, načine njihove obrade kao i njihove tokove. Dobar informacioni sistem je onaj koji obezbeđuje pravovremene i precizne informacije i kao takav predstavlja osnovni preduslov za kvalitetno funkcionisanje i upravljanje u transportnom preduzeću.



Slika 1: Podprocesi i operacije u procesu transporta robe

2.2. Struktura ITS-a

Savremeni informacioni sistemi se sastoje od:

- određene opreme-računara, monitora, štampača, itd. (*hardver*),
- niza postupaka i procedura koji pokreću mašine, vrše memorisanje i obradu podataka-programa (*sistemska i aplikativni softver*),
- ljudi raznih struka (sistem analitičara, operatera, programera) koji rade u tom sistemu (*lifeware*), i
- organizacije sistema (*organware*).

Većina inteligentnih transportnih sistema koji se pojavljuju na tržištu koriste se u podprocesu realizacije i funkcionisanja transportnog procesa. Na osnovu podataka koji se dobijaju od ovih sistema mogu se odrediti transportni učinci (transportovana količina robe, izvršeni transportni rad, iskorištenje resursa), kvalitet usluge, troškovi i prihod. Time se stvara mogućnost poređenja izlaznih rezultata sa konkurentima na tržištu u pogledu ponuđenih kapaciteta, kvaliteta usluge i sl.

Primjena inteligentnih transportnih sistema doprinosi sigurnijem, pouzdanijem i efikasnijem transportu tako što:

- Pomaže u izbjegavanju kašnjenja, zagušenja u saobraćaju i nepotrebnih kretanja;
- Preusmjerava saobraćaj sa preopterećenih puteva na alternativne vidove saobraćaja kao što su željeznica i vodni saobraćaj;
- Smanjuje broj saobraćajnih nezgoda;
- Povećava produktivnost;
- Bolje iskorištava kapacitet raspoložive infrastrukture;
- Potpomaže integraciji transporta;
- Smanjuje potrošnju energije;
- Smanjuje zagađenje životne sredine.

2.3. Vrste ITS-a

Postoji veliki broj različitih inteligentnih transportnih sistema. Svaki od njih se sastoji od određene kombinacije tri osnovne komponente, a to su:

1. **Hardver** – To su uređaji koji su fizički postavljeni na vozilu i služe za prikupljanje podataka, npr.: On-board računar, mjerač protoka goriva, GPS prijemnik, komunikacioni modul, terminal za vozača, navigacioni uređaj i uređaj za praćenje priključnih vozila
2. **Prenos podataka** – Predstavlja način na koji se svaki podatak koji je prikupljen prenosi sa vozila do službe za prikupljanje podataka; npr.: Prenos podataka preko mreže mobilnih telefona (GSM) ili preko SMS (Bežični način prenosa tekstualnih poruka. SMS je sastavni dio GSM tehnologije. Predstavlja dvosmjerni servis za sakupljanje i prosljeđivanje poruka.). Neki od sistema su zasnovani na satelitskom prenosu podataka.
3. **Upravljački softver** - Ova komponenta ITS-a vrši pretvaranje prikupljenih podataka u niz korisnih informacija pomoću kojih se operativno upravlja transportnim procesom ili radom vozila i vozača. Ovaj softver mora da omogućiti direktno prikazivanje preciznih podataka koji su neophodni bez dodatne analize pojedinih dijelova. Također, je potrebno da bude jednostavan za upotrebu, pouzdan i ne previše tehnički zahtjevan.

Prema specifičnosti primjene, ITS-i se mogu podijeliti na:

- ITS za prikupljanje podataka o vozilu i vozaču;
- ITS za praćenje vozila;
- ITS za praćenje priključnih vozila;
- ITS za tekstualne poruke;
- ITS za informacije o realizaciji transportnog procesa i isporuci robe;
- ITS za informacije o uslovima u saobraćaju;
- On-board navigacija.

3. PRIMJENA ITS-a U OPTIMIZACIJI DRUMSKOG SAOBRAĆAJA

Editors: Isak Karabegović, Vlatko Doleček, Sead Pašić

3.1. Primjena ITS-a

Primjena savremenih inteligentnih transportnih sistema pruža veoma različite mogućnosti korisnicima istih koje mogu doprinjeti boljem iskorištenju raspoloživih resursa i kvalitetnijem upravljanju transportnim procesima.

Osnovna uloga ITS-a u transportnim sistemima je obezbjeđivanje određenih podataka vezanih za transportni proces ili za rad vozila i vozača, memorisanje, obrada i prenos tih podataka do korisnika. Time se stvara mogućnost dobivanja informacija na osnovu kojih se donose odgovarajuće upravljačke odluke značajne za poboljšanje kvaliteta funkcionisanja transportnog sistema.

Inteligentni transportni sistemi predstavljaju sastavni dio informacionih sistema u transportnim preduzećima. Kao takvi omogućavaju dobivanje određenih podataka potrebnih za izračunavanje izmjeritelja rada u prostoru i vremenu na osnovu kojih se ocjenjuju rezultati rada grupe vozila ili ukupnog voznog parka u cilju donošenja odgovarajućih odluka koje će dovesti do povećanja kvaliteta transportnih usluga.

Uz pomoć voznih parametara i podataka o količini prevezenog tereta koji se dobijaju preko senzora ili iz dokumenata vezanih za transport, može se izračunati ostvareni transportni rad koji predstavlja izlaz iz transportnog procesa na osnovu koga se utvrđuje efikasnost sistema, a samim tim i njegov kvalitet.

Na osnovu ovih podataka kao i ostalih podataka dobijenih sa CAN-BUS mreže (potrošnja goriva, nagla ubrzavanja i kočenja, rad motora u praznom hodu, promjena stepena prenosa i sl.) mogu se izvući odgovarajući zaključci vezani za stil vožnje vozača, vremena rada, brzine vozila i prekoračenja dozvoljene brzine, nepoštovanja propisa u vezi sa dozvoljenim vremenima rada posade vozila, a također, se može vršiti i kontrola vozača sa aspekta potrošnje goriva (vozači su često spremni na razne oblike malverzacije u vezi sa količinom potrošenog goriva).

Značajan broj podataka može se dobiti ugrađivanjem senzora na vozilo koji se postavljaju na zahtjev korisnika kao dodatna oprema na vozilu. Podaci se sa ovih senzora prenose na on-board računar gdje se memorišu za potrebe dalje analize.

Inteligentni transportni sistemi mogu se, također, koristiti i za dobivanje podataka o vremenu dolaska ili odlaska sa mjesta utovara ili istovara i za utvrđivanje uzroka pojave odstupanja od plana rada pri čemu je potrebno izvršiti integraciju sa softverom za dispečiranje i rutiranje. Klijenti dobivaju informacije o vremenu dolaska vozila i na taj način se povećava kvalitet usluge čime se utiče na kvalitet cjelokupnog transportnog sistema. Utvrđivanjem lokacije vozila uz pomoć ovih sistema stvara se mogućnost sakupljanja robe u povratku u slučaju pojave naknadnog posla za vrijeme obavljanja transportnog zadatka. Vozači dobivaju informaciju u vidu tekstualnih poruka od strane rukovodioca koja se odnosi na lokaciju gdje treba da svrate u povratku radi preuzimanja robe koja nije bila planirana prilikom polaska vozača na obavljanje transportnog zadatka čime se ostvaruje bolje iskorištenje vozila. Informacije ovog tipa mogu se dobiti i preko sistema za informisanje o realizaciji transportnog procesa gdje postoji mogućnost sukcesivnog slanja informacija vozačima vezanih za obavljanje transportnog zadatka.

Sve ovo dovodi do smanjenja ukupnih troškova, povećanja kvaliteta usluge i boljeg iskorištenja raspoloživih resursa čime se povećava kvalitet transportnog sistema, a samim tim se ostvaruje i veći profit što predstavlja krajnji cilj svakog poslovnog sistema.

ITS u funkciji upravljanja sistemom kvaliteta u transportu:

Primjenom ITS-a bitno se (uz isti nivo investicija) mogu poboljšati performance klasičnog saobraćajnog sistema i kvaliteta usluge za krajnje korisnike i to je prikazano relacijama (1) i (2) i dijagramom (slika 2):

$$PI_{ITS} > PI_{KL} \quad (1)$$

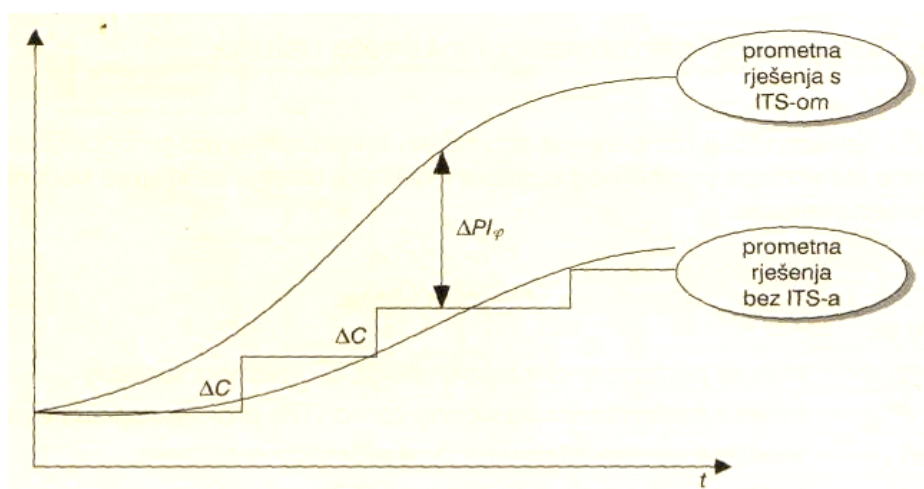
$$Q_0 S_{ITS} > Q_0 S_{KL} \quad (2)$$

PI_{ITS} - indeks performanci inteligentnog saobraćajnog sistema

PI_{KL} - indeks performanci klasičnog (pred-ITS) saobraćajnog sistema

$Q_0 S_{ITS}$ - kvaliteta usluga inteligentnoga saobraćajnog sistema

$Q_0 S_{KL}$ - kvaliteta usluga klasičnog (pred-ITS) saobraćajnog sistema



Slika 2. Poboljšanje protočnosti saobraćajnog sistema primjenom ITS-a.

U ovom radu su prikazani rezultati istraživanja Logističkog istraživačkog centra sa Heriot Watt Univerziteta u Edinburgu i lična istraživanja transportnih sistema na domaćeg tržišta.

Koristi od primjene inteligentnih transportnih sistema:

Na osnovu podataka dobivenih sa senzora ili nekih drugih uređaja na vozilu, mogu se, kroz njihovu obradu i analizu, ostvariti značajne koristi u procesu upravljanja. Prije svega misli se na smanjenje ukupnih troškova kroz uštedu u gorivu, smanjenje troškova održavanja i osiguranja.

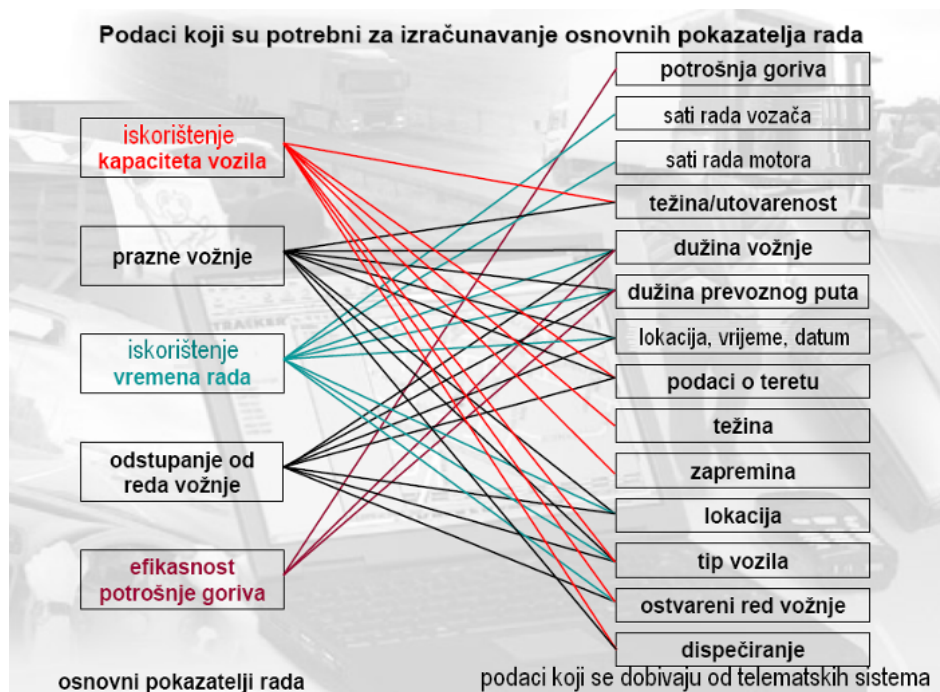
Istraživanja pokazuju da je uticaj koji mogu vozači imati na potrošnju goriva značajan. Prosječan vozač vozila ukupne mase 38 (t) koji godišnje pređe 80.000 milja može lako uštediti 1500 (£) na godišnjem nivou na račun goriva uz pravu motivaciju i malo truda. Kada se ova ušteda pomnoži sa brojem vozila i kada se taj rezultat uzme u obzir prilikom obračuna krajnjeg prihoda, vidi se značaj te uštede. Korisnici koji efikasno koriste on-board sistem za prikupljanje podataka obično ostvaruju uštedu goriva od 5 (%) za teška teretna vozila i do 15 (%) za laka teretna vozila koja nemaju ugrađene ograničavače brzine.

3.2. Praktični primjeri primjene ITS-a

Trenutna primjena inteligentnih transportnih sistema u većini zemalja Evrope je na dosta niskom nivou. Samo 4% transportnih preduzeća koristi neki od inteligentnih transportnih sistema dok je njih 9% zainteresovano za njihovu primjenu u nekom narednom periodu. U narednim godinama se očekuje veća primjena ovih sistema prije svega smanjenjem cijene koštanja njihove nabavke i korištenja.

Utvrđeno je da se od svih inteligentnih transportnih sistema najčešće primenjuju inteligentni transportni sistemi za praćenje vozila koji se zasnivaju na korišćenju GPS sistema uz pomoć koga je moguće odrediti lokaciju na kojoj se vozilo nalazi u određenom trenutku vremena.

Na slici 3 su prikazani podaci koji se dobivaju sa inteligentnih transportnih sistema i osnovni pokazatelji rada u transportu i njihova međusobna povezanost.



Slika 3: Podaci koji su potrebni za izračunavanje osnovnih pokazatelja rada

Fleet Board sistem:

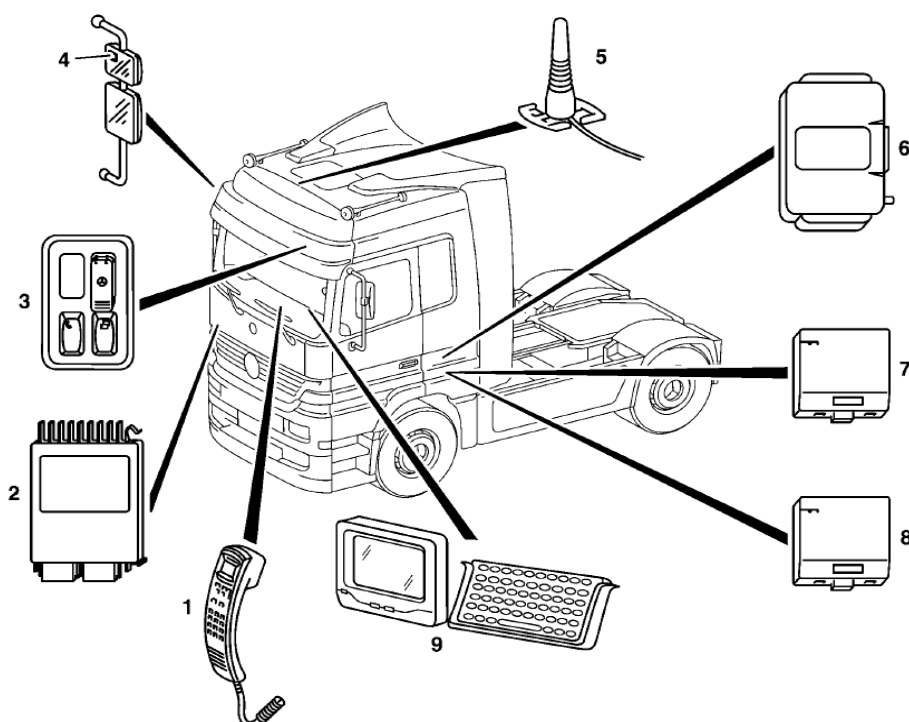
Primjer sistema koji se koristi u vozilima Mercedes Benz-a je Fleet Board sistem.

Ovaj sistem predstavlja telematski internet servis razvijen u svrhu kvalitetnijeg upravljanja voznim parkom. On pruža različite vrste usluga svojim korisnicima. U zavisnosti od odluke klijenata o uslugama koje će koristiti, određuju se odgovarajući hardverski uređaji koji se ugrađuju na vozilo.

Fleet Board sistem pruža sljedeće mogućnost i usluge svojim korisnicima:

1. Praćenje vozila:

- obavještanje o redovnim servisima;
 - upravljanje sistemom u slučaju pojave otkaza;
 - operativne analize (analize stanja);
 - tekstualno komuniciranje;
 - bilježenje podataka vezanih za putovanje;
 - utvrđivanje lokacije vozila.
2. Organizacija transporta:
- plan rada za pojedine transportne puteve;
 - upravljanje pošiljkama i obavještanje klijenata;
 - praćenje odvijanja transportnog zadatka;
 - analizu obavljenog transporta.



Slika 4: Osnovne komponente Fleet Board sistema

Osnovne komponente *Fleet Board* sistema prikazane na slici 4 su:

1. Telefonski aparat; 2 .Komunikacioni modul; 3. Prekidači za promjenu funkcije *Fleet Board* sistema, 4. GPS antena, 5. *Fleet Board* GSM antena, 6. GSM primopredajni uređaj, 7. *Fleet Board* kontrolna jedinica, 8.Računar povezan sa teminalom za vozača i 9.Teminal za vozača: ekran/tastatura. *Fleet Board* sistem omogućava optimalnu eksploataciju i održavanje vozila i voznog parka.

Fleet Board sistem je za sada našao primjenu samo u pojedinim zemljama zapadne Evrope sa tendencijom daljeg proširenja tržišta na teritoriju cijele Evrope.

4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio da se kroz prikaz osnovne strukture i funkcionisanja inteligentnih transportnih sistema analiziraju mogućnosti njihovog korištenja u transportu i da se ukaže na koristi od njihove primjene. Primjena inteligentnih transportnih sistema pruža veliki broj potencijalnih koristi: Uštede u potrošnji goriva mogu se ostvariti kroz praćenje količine utrošenog goriva po vozilu; Kvalitetnijim upravljanjem vozilom mogu se smanjiti troškovi održavanja vozila; Klijenti su u mogućnosti da dobiju informacije o vremenu isporuke, čime se smanjuje njihovo vrijeme čekanja, a samim tim i povećava nivo usluge; Povećavanje sigurnosti tereta i vozača preko odgovarajućih alarmnih uređaja; Komuniciranje sa vozačima se može obavljati tekstualnim putem, što predstavlja mnogo jeftiniji način komuniciranja; Mogućnost dobivanja informacija o uslovima saobraćaja i optimizacija rute transporta; Smanjenje ukupnih troškova poslovanja preduzeća.

Inteligentni transportni sistemi imaju mogućnost prikazivanja određenih podataka i izvještaja. Sve navedene koristi od primjene ovih sistema mogu se ostvariti u zavisnosti od sposobnosti i znanja ljudi koji rukovode transportnim operacijama da iskoriste ovako dobivene podatke i izvještaje. Samo pravilno i potpuno korištenje ovih sistema može dovesti do željenih poboljšanja u poslovanju i do opravdanosti ulaganja sredstava u nabavku istih.

Na osnovu svega prikazanog moguće je zaključiti da primjena ITS-a doprinosi ostvarenju osnovnih ciljeva transportnog sistema tako što:

- Doprinosi povećanju efektivnosti transportnog sistema na taj način što omogućava veći intenzitet korištenja ponuđenih kapaciteta (obim rada), viši kvalitet njihovog korištenja (iskorištenje nosivosti, puta i vremena) i bolje upravljanje raspoloživošću vozila;
- Omogućava ostvarivanje višeg kvaliteta sistema na taj način što doprinosi:
 - boljem iskorištenju resursa/vozila, energije;
 - boljem kvalitetu usluge/pouzdanost, raspoloživost, učestalost, brzina, tačnost itd.;
 - nižim troškovima; i
 - ostvarivanju većeg transportnog rada.

Na osnovu rezultata u oblasti primjene ovih sistema može se zaključiti da i pored nesumnjivih koristi koje se mogu ostvariti primjenom ovih sistema, veoma je mala zastupljenost u našoj zemlji, ali i u drugim državama Evrope. Osnovni razlog za to je dosta visoka cijena nabavke ovih sistema ali i sve veća upotreba mobilnih telefona u ovu svrhu pomoću kojih se može komunicirati sa vozačima bez obzira gdje se oni nalaze po dosta pristupačnoj cijeni. Još jedan od razloga slabe zastupljenosti ovih sistema kod nas može biti i taj da su vozni parkovi dosta mali te se upravljanje njima može obavljati uz pomoć nekolicine ljudi i jednostavnijih sistema za prikupljanje i obradu podataka bez primjene prilično kompleksnih i skupih inteligentnih transportnih sistema, kao i to da većina naših preduzeća nije dovoljno informisana o ovim sistemima i koristima koje njihova primjena može da donese. Menadžeri se uglavnom odlučuju za nabavku vozila samo sa osnovnom opremom. Također, razlog slabe zastupljenosti može da leži u činjenici da su menadžeri u transportnim preduzećima dosta rezervisani u pogledu primjene novih tehnoloških rešenja. I pored svega toga, u narednim godinama očekuje se sve veća integracija tih sistema u transportne procese, kao način za uspješnije poslovanje preduzeća.

5. LITERATURA

- [1] Ivan Bošnjak, *Inteligentni transportni sustavi 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
- [2] John C. Miles, Kan Chen, *The Intelligent Transport Systems Handbook* (2nd Edition), United Kingdom, 2004.
- [3] Selimi A., *ITS u organizaciji praćenja transporta i transportnih sredstava*, Diplomski rad, Sarajevo, 2009.

STUDENTSKA IZRADA MOBILNIH ROBOTA I TAKMIČENJA U ROBOTICI

MOBILE ROBOTS DESIGNED BY STUDENTS AND COMPETITIONS IN ROBOTICS

Marina Mijanović Markuš¹, Milena Đukanović², Yuriy Oniščuk¹
Đorđe Vukčević¹, Andrija Radović¹

¹Mašinski fakultet na Univerzitetu Crne Gore,

²Univerzitet Crne Gore,

marinami@ac.me,

milenadj@ac.me

SAŽETAK:

Mobilni roboti i autonomni sistemi se sve više upotrebljavaju u naučno-obrazovne svrhe zbog velikog interesovanja studenata za ovu oblast mehatronike. Dizajnirajući i praveći mobilne robote, studenti savladavaju više oblasti koje će im biti neophodne u budućem inženjerskom radu. Robotika obuhvata mnoge oblasti mehatronike, kao što su senzori, aktuatori, konstruisanje, elektronika, programiranje itd. Prema tome, izgradnja mobilnih robota omogućava studentima da teorijsko znanje upotpune rješavajući različite praktične probleme. Postoji veliki broj proizvođača opreme, pomoću koje je studentima omogućen atraktivan način učenja, kao što su Lego Mindstorms, Tetrax, Arduino, Vex i sl. Takođe, studenti mogu pokazati svoje projekte na nekim od takmičenja širom Evrope i svijeta. U ovom radu je predstavljen mobilni robot koji je napravio tim studenata sa studijskog programa Mehatronika na Mašinskom fakultetu Univerziteta Crne Gore koji će prikazati njegovu moć u kategoriji PuckCollect na takmičenju Robot Challenge 2015.

Ključne riječi: mehatronika, robotika, mobilni roboti, učenje, studenti.

ABSTRACT:

Mobile robots and autonomous systems are more and more used in scientific and educational purposes because of great interest of students for that part of mechatronics. By designing mobile robots, students are able to gain knowledge from different areas needed for their future engineering tasks. Robotics includes many areas of mechatronics, such as sensors, actuators, constructing, electronics, programming, etc. Thus, building mobile robot gives students an opportunity to fulfill their theoretical knowledge by solving different practical problems. There is a great number of producers for robot kits, through which students learn in attractive ways, such as Lego Mindstorms, Tetrax, Arduino, Vex etc. Also, students are able to show off their projects at competitions held in Europe and worldwide. This paper presents a robot made by team of students from study program Mechatronics at Faculty of Mechanical Engineering at University of Montenegro which will demonstrate it's power in category PuckCollect at Robot Challenge Competition 2015.

Keywords: mechatronics, robotics, mobile robots, studying, students.

1. UVOD

Robotika je nauka o robotima, njihovom dizajnu, izradi i primjeni. Obuhvata polja informatike, (posebno vještačku inteligenciju), elektrotehnike i mašinstva. Robot je mašina koju je napravio čovek da bi radila ono što je naučena. Da bi bio sposoban da radi složene poslove robot treba da ima vještačku pamet (kao što je mozak kod ljudi), čula kojima registruje dešavanja u okolini (kao što je čulo sluha ili vida), djelove koji se pokreću i pokreću alate i samog robota (kao što su ruke i noge) i izvor energije koji napaja sve ove djelove. Roboti su danas još uvek elektromehanički – mehaničke djelove od metala i plastike pokreću električni delovi, a mozak robota je mali kompjuter koji je i sam električni sklop. Prvi roboti su napravljeni sedamdesetih godina XX vijeka, bili su prosti i bila im je potrebna asistencija čovjeka u radu zato što nijesu imali vještačka čula. Vještačka čula robota zovu se senzori. Osamdesetih godina XX vijeka pojavila se druga generacija robota koja je imala senzore i kompjutersku inteligenciju, a danas su roboti u svojoj trećoj fazi razvoja, mnogo napredniji i složeniji nego što su bili na početku razvoja ove grane tehnike.

2. STUDENTSKA IZRADA ROBOTA

U oblasti robotike, studenti rade sa dizajnom, programiranjem, konstrukcijom, proizvodnjom i primjenom robota. Kompjuterska tehnologija im omogućava kontrolisanje robota, rad sa senzorima i obradu podataka uz pomoć odgovarajućeg hardvera. Koriste se mnogi motori koji su kontrolisani pomoću određenih mikrokontrolera uz odgovarajući program. Zbog toga poznavanje programskih jezika, posebno jezika „C“, veoma je važno za izradu robota. Danas mnogi studenti mašinskih i elektrotehničkih fakulteta pokazuju ogromno interesovanje za projekte u robotici. Najpopularniji projekti na akademskom nivou su konstruisanje robota u disciplinama kao što su: praćenje linija, pomjeranje objekata, sakupljanje pakova, kao i konstruisanje humanoidnih robota, robota upravljanih pomoću mobilnih aplikacija, navođenje robota pomoću GPS sistema itd.

Robotika sa obrazovne tačke gledišta je spoj mašinstva, elektronike i kompjuterskih nauka. Ona se prije svega bavi proučavanjem mašina, koje mogu zamijeniti čovjeka u izvršavanju zadatka, kao što su razne fizičke aktivnosti i donošenje odluka (odlučivanje). Teško da postoji bolja oblast koja odgovara interesovanjima studenata na nekim od ovih studija i koja im omogućava saradnju sa studentima koji imaju različita interesovanja. Timski rad i komunikacija među studentima predstavljaju veoma važne vještine koje se mogu samo unapređivati praktičnim iskustvima i projektima.

2.1. Primjeri robota

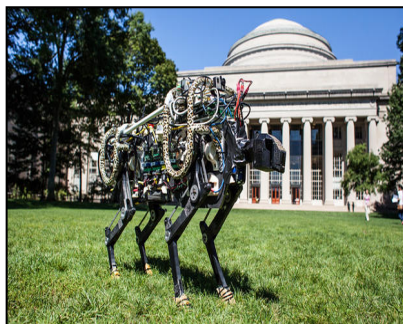
Jedni od najpoznatijih primjera robota među studentima su:

1. **Lego Mindstorms NXT** (Slika 1) – programabilni robot iz Lego kompleta, koji se upravlja pomoću NXT (*intelligent brick*) - upravljačke jedinice koja se lako programira, pa je iz tog razloga veoma popularan među studentima. Često se koristi za studentska takmičenja u robotici.



Slika 1: Lego Mindstorms NXT

2. **MIT Cheetah Robot** (Slika 2) – inspirisan najbržom životinjom na svijetu, gepardom. Napaja se pomoću baterije i može da dostigne brzinu od skoro 20 km/h. Sadrži veliki broj, izuzetno jakih senzora, koje se koriste u satelitima, u vojnim sistemima, itd. Razvijen je od strane studenata i profesora sa Masačusets Instituta Tehnologije, za savladavanje teških terenskih uslova velikom brzinom



Slika 2: MIT Cheetah Robot

3. **CHIMP (CMU Highly Intelligent Mobile Platform) Robot** – napravljen je na privatnom istraživačkom *Carnegie Mellon Institutu* u Pensilvaniji za izvršavanje kompleksnih zadataka u opasnim, urušenim okruženjima. Chimp je humanoidnog oblika i ima potrebnu radnu snagu za efektivni rad u ovakvim uslovima. Samim tim izbjegnuta je potreba za kompleksnim kontrolisanjem prilikom održavanja statičke i dinamičke stabilnosti.
4. **Assistive Robot for Blind Travelers** - je vrsta robota koja je sposobna da interaguje sa ljudima sa invaliditetom. On je takode razvijen na *Carnegie Mellon Institutu* u Pensilvaniji.

5. **Cooking Robot** – je interesantan primjer robota, kojeg su razvili studenti sa Angžu Univerziteta (*Yangzhou University*) u Kini. Ovo je potpuno automatizovan robot, koji je sposoban da spremi 600 različitih jela, u zavisnosti od jednostavnog odabira na ekranu.

2.2. Djelovi robota

Najčešće komponente koje koriste studenti za izradu robota su:

- **Senzori:** za daljinu (najčešće ultrasonični), za boju, za količinu svjetlosti, kompas senzori, senzori za mjerenje ubrzanja, EOPD (*Electro Optical Proximity Detector*) senzori za detektovanje stranih tijela i njihove pozicije, kontakti senzori za kontakt itd.
- **Električni aktuatori:** AC motori, DC motori sa i bez enkodera, koračni (*step*) motori, servo motori.
- **Kontroleri:** *all-in-one* kontroleri, kontroleri za DC, servo i koračne motore itd.
- **Arduino komponente** – to su *open source* uređaji, koji se programiraju preko specijalnog Arduino programskog jezika, koji je veoma lak za razumijevanje i za njega postoji veliki broj gotovih *open source* kodova, dostupnih na internetu. Najviše se koriste: *wireless* i *bluetooth* konektori, razne vrste adaptera i stabilizatora, mikrokontroleri kao što su : uno, mega, nano, itd.
- **Razne vrste mikročipova i mini kamera**
- **Konstrukione komponente:** *Lynxmotion*-ove i *Tetrix*-ove proizvodnje: ležajevi, zupčanici, konektori, držači za servo i DC motore, osovine, obični, klaster i omni točkovi.

Na Mašinskom fakultetu Univerziteta Crne Gore postoje tri potpuno funkcionalna robota, koji su napravljeni od strane studenata sa osnovnih i postdiplomskih studija. Dva robota su konstruisana za sakupljanje i razvrstavanje pakova.

Jedan od robota je „Puckman“. Na njemu su radili studenti osnovnih studija studijskog programa Mehatronika. Konstrukcija Puckman-a se sastoji od *Tetrix* djelova, kao što su ležajevi, konektori, osovine, držači za DC i servo motore, obični i omni točkovi. Na njemu je ugrađena Lego NXT upravljačka jedinica, na koju su konektovani kontroleri za servo i DC motore *Tetrix*-ove proizvodnje. Servo i DC motori su takođe iz *Tetrix*-ovog kompleta. Na NXT jedinicu su još direktno povezane Lego komponente: DC motor koji vrši razvrstavanje pakova, senzori za boju, svjetlost i ultrasonični senzori za daljinu. Robot je programiran u „Robot C“ programskom jeziku.

Drugi robot je „Yugo“. On je razvijen od strane studenata postdiplomskih studija sa studijskog programa Mašinstvo. Tijelo ovog robota je u potpunosti urađeno od pleksiglasa. Yugo koristi obične i klaster točkove, koje pokreću koračni motori. Ovi motori su kontrolisani od strane Arduino kontrolera: mega i uno. Programiran je na Arduino programskom jeziku. On koristi još: ultrasonične senzore za daljinu, senzore za boju i kontaktne (*bamper*) senzore. Razvrstavanje pakova se vrši preko servo motora.

Treći robot na Mašinskom fakultetu je „Lego“ robot koji je dizajniran za zadatke kao što su: zaobilazanje prepreka i praćenje linija.

3. MOBILNI ROBOTI ZA UNIVERZITETSKO OBRAZOVANJE

Mobilni roboti predstavljaju odličnu priliku za studente da se kroz praktično iskustvo suoče sa realnim problemima. Na nekim univerzitetima mobilni roboti imaju važnu ulogu u obrazovanju već mnogo godina. Sa razvojem robotike mobilni roboti nalaze sve veću primjenu u visokom školstvu. Bilo da se koriste kao pomoćno sredstvo za održavanje nastave ili kao primarni cilj, njihovo prisustvo

je veoma stimulativno za studente. To je izuzetna prilika da studenti međusobno komuniciraju i nauče šta znači biti dio tima. Sadašnja upotreba robotike u obrazovanju je široka i raznovrsna. Osim u naučno-istraživačke svrhe, studenti često koriste mobilnu robotiku u projektima iz različitih predmeta, a timovi studenata prave robote za učešće na takmičenjima širom svijeta. Robotika se može primijeniti u naučnim disciplinama kao što su programiranje, računarski inženjering, analiza

podataka, virtuelna grafika, fizika, tehnologija i društvo i sl. Iako se robotika na velikom broju univerziteta ne nudi kao osnovni studijski program, postoji veći broj kurseva i laboratorija koji se fokusiraju na varijantama izrade robota, klasifikaciji robota, robotima u industriji, primjeni senzora i automatizaciji. To je mjesto gdje studenti koji imaju malo iskustva u radu sa robotima uče kako da naprave mobilnog robota koji bi mogao da savlada brojne izazove. U velikoj mjeri suština nastavnih planova, orijentisanih na robotiku, bazirana je na sticanju radnog iskustva od strane studenata, poboljšavanju sposobnosti rješavanja problema i boljem upoznavanju ograničenja realnog svijeta.

3.1. Poznate kompanije za robote

ARDUINO je *open source* platforma koja se bazira na jednostavnoj mikrokontrolerskoj ploči, kao i razvojnom okruženju za pisanje programa za mikrokontrolere. Arduino se može koristiti za razvoj interaktivnih objekata. Mikrokontroler uzima vrijednosti iz raznih ulaznih komponenti, kao što su senzori, prekidači, i kontroliše fizičke izlazne komponente, kao što su motori, svjetla i sl. Arduino projekti mogu biti autonomni ili povezani sa softverom na računaru. Mikrokontrolerske ploče mogu se poručiti prethodno sastavljene, a i u djelovima, kako bi studenti imali priliku da uz uputstva savladaju način funkcionisanja mikrokontrolera. Integrisano radno okruženje (IDE) za Arduino je besplatno i može se lako preuzeti sa interneta.

Arduino pojednostavljuje rad sa mikrokontrolerima i nudi profesorima i studentima niz prednosti u odnosu na druge sisteme:

- Arduino softver radi sa Windows, Macintosh OSX i Linux operativnim sistemima, dok većina mikrokontrolera radi samo sa Windows.
- Mikrokontrolerske ploče su relativno jeftine.
- Programsko okruženje je jednostavno za korišćenje za početnike, ali je dovoljno fleksibilno da naprednim korisnicima pruži šansu da iskoriste sve njegove prednosti.
- Arduino softver je dostupan kao *open source* alat, koji je raspoloživ za unaprijeđivanje od strane iskusnih programera.
- Hardver Arduino je *open source* sa mogućnošću proširenja.

Zbog pristupačnosti softverskih i hardverskih komponenti i relativno povoljne cijene u odnosu na druge proizvođače, ova platforma nalazi sve veću primjenu u visokom obrazovanju, kao i među hobistima.

LEGO Mindstorms NXT, EV3 i TETRIS

Mindstorms roboti su korišćeni za didaktičke aktivnosti na širokom spektru akademskih nivoa: od učenika osnovnih škola do istraživačkih robotskih projekata. Snaga procesiranja i fleksibilnost programiranja koju ovi sistemi omogućavaju čine ih idealnim za univerzitetske uvodne kurseve mobilne robotike.

Najčešće se isporučuju u setovima dijelova koji sadrže širok spektar elemenata. Pored osnovnih elemenata za konstruisanje, uključuju obilje specijalnih elemenata kao što su kaiševi, jedinstveni konektori, zupčanici, grede, osovine i sl. Set omogućava studentima da izgrade, programiraju i testiraju svoja rješenja zasnovana na stvarnim problemima, podstiče ih kako bi pronašli kreativna

rješenja za probleme i razvili ih kroz proces odabira, izgradnje, testiranja i ocjenjivanja. Standardni setovi robotske opreme sadrže mikrokontrolere, senzore, motore i konstrukcione djelove.

Mindstorms set od 2014. godine uključuje novi, moćniji mikrokontroler EV3 Intelligent Brick koji je došao na smjenu NXT 2.0. Uz mikrokontroler su poboljšani i mnogi drugi djelovi seta: senzori (svjetlosti, boje, daljine, dodira, pomjeranja, položaja, zvuka i sl.), motori, konstrukcioni djelovi,... EV3 i NXT omogućavaju Bluetooth i Wi-Fi komunikaciju, kao i programiranje i pribavljanje podataka. Brick ima monohromni displej i četiri dugmeta koji se mogu koristiti kao korisnički interfejs kroz meni.

Tetrix je set djelova kompanije Pitsco koji omogućava napredniju upotrebu LEGO djelova. Zahvaljujući velikoj snazi, konstrukcionim elementima od aluminijuma koji se koristi u avioindustriji, moćnim pogonskim motorima i proširivim mogućnostima, Tetrix pruža vrhunsku platformu za kreativnost. Uz HiTechnic kontrolere za servo i DC motore, Tetrix omogućava studentima da iskoriste svu moć Mindstorms tehnologije. Studenti mogu graditi kako robote sa daljinskim upravljanjem, tako i autonomne robote visokih performansi.

VEX Robotics Design System

Ovaj robotski set je takođe popularan za edukaciju, projekte i uvodne kurseve. Osnovni set uključuje četiri električna motora, servo motor, četiri senzora, kontrolere i konstrukcione djelove (točkove, zupčanike, osovine i drugo). Međutim, postoje napredne verzije VEX Robotics seta koje se koriste u zahtjevnim zadacima, u naučno-istraživačkom radu i kod zahtjevnih disciplina na takmičenjima. Postoje dva tipa kontrolera za VEX setove: PIC – osnovni mikrokontroler, i Cortex – napredni mikrokontroler za iskusne korisnike.

Postoje i drugi robotski edukacioni setovi, npr.: Parallax, Matrix, Fischertechnik Robo TX, iRobot, Adept MobileRobots, National Instruments, Festo GmbH itd.

3.2. Najviše upotrebljavani programski jezici

RobotC je moćan programski jezik na bazi C-a sa Windows okruženjem za pisanje i debugovanje programa, a jedini je programski jezik koji na ovom nivou nudi sveobuhvatno otklanjanje grešaka u realnom vremenu. RobotC je solucija koja omogućava studentima da nauče tip programiranja koji je u širokoj primjeni u računarskom svijetu, kao i u visokom obrazovanju. Ovaj programski jezik se može primijeniti na različitim platformama, kao što su NXT/EV3 LEGO Mindstorms, Tetrix, Matrix, VEX Robotics i Arduino. Ima veoma optimiziran *firmware*, koji omogućava mikrokontroleru da izvršava programe veoma brzo, a takođe komprimuje fajlove, tako da može smjestiti u mikrokontroler veliku količinu podataka.

Arduino je varijanta programskog jezika C++, koja uključuje neka pojednostavljenja radi lakšeg programiranja i koristi se za programiranje Arduino mikrokontrolera. To je proširivi softver koji se objavljuje kao *open source*, tako da su programi raspoloživi za modifikacije. Jezik se može proširiti C++ bibliotekama, a ljudi koji žele da razumiju tehničke detalje mogu preći sa Arduino na programski jezik AVR C, na kojem se on bazira. Takođe, moguće je dodati AVR C kod direktno u Arduino programe. Ovaj programski jezik dobija sve veće interesovanje zbog velikog broja raspoloživih lako dostupnih kodova i foruma gdje se mogu pronaći razne informacije od stručnjaka u oblasti robotike.

NI LabView je alat koji se koristi od strane naučnika za mjerenje i automatizaciju. To je grafičko programsko okruženje koje se nalazi u pozadini mnogih robotskih tehnologija današnjice. LabView LEGO Mindstorms je lako razumljiv vizuelni programski jezik koji je posebno prilagođen za rad sa NXT i EV3 i sadrži brojne funkcije specifične za ovaj uređaj, što čini programiranje LEGO Mindstorms i Tetrix robota vrlo jednostavnim u LabView. U najviše upotrebljavane programske jezike takođe spadaju **Java, Assembly, C/C++, C#, Basic, Python** itd.

4. TAKMIČENJA

Na Mašinskom fakultetu Univerziteta Crne Gore u Podgorici, sa robotikom studenti se srijeću već na početku studija u okviru programa mehatronike. Grupa studenata sa osnovnih studija, koji su i koautori ovog rada, odlučili su napraviti malog mobilnog robota za disciplinu PuckCollect. Vodeći se primjerom kolega sa starijih godina, pod mentorstvom profesora, započeli su i usavršili projekat nazvan PuckMan, s kojim su se i prijavili za takmičenje RobotChallenge 2015. RobotChallenge je jedno od najpopularnijih međunarodnih takmičenja za samostalno napravljene autonomne mobilne robote, koje se svake godine održava u Beču. Disciplina PuckCollect samo je jedna od 15 u kojima se može učestvovati u okviru ovog takmičenja. U okviru ove discipline roboti se takmiče u skupljanju pakova. Oba robota kreću iz uglova ringa, iz različitih baza, crvene i plave. Na kraju, kada sakupe što više pakova, svaki robot se vraća u svoju bazu i isporučuje isključivo pakove one boje, koje je i njegova baza, a za pakove suprotne boje se dobijaju negativni poeni. Pobjednik je onaj robot koji je dostavio u bazu više pakova sakupljane boje. Pored RobotChallenge-a, takmičenja kao što su EuroBot, RoboCup, European Robot-Land trial neke su od najposjećenijih manifestacija posvećenih razvitku i promociji robotike.

EuroBot - međunarodno amatersko takmičenje u robotici, otvoreno za timove mladih ljudi, organizovanih ili u studentskim projektima ili u klubovima ili u neprofitnim organizacijama. Jednu državu mogu predstavljati najviše tri tima.

RoboCup – međunarodno amatersko takmičenje čija je centralna tema istraživanja fudbal, a cilj je da se razvije autonomni fudbalski tim robota tako da do 2050. godine, potpuno autonomni, humanoidni roboti pobijede ljudski šampionski tim.

European Land-Robot trial – evropski događaj koji demonstrira mogućnosti robota, a fokus je naizmjenično na vojnim i civilnim robotima. Nema vještačkih ograničenja koja bi olakšala zadatak robota kao što su markeri na putu. To primorava timove i sisteme da ispune veoma visoke zahtjeve koji postoje u realnom svijetu. Takmičenje je otvoreno samo za timove iz Evrope.

Na takmičenju RobotChallenge, pored discipline u kojoj će učestvovati dva tima sa Mašinskog fakulteta, postoji još 13 drugih.

Robot Sumo – baš kao i u tradicionalnom japanskom sportu, roboti treba da izguraju jedan drugoga iz ring. Ova discipline se organizuje u različitim kategorijama: Mega Sumo (20 x 20 cm, 3 kg), Mini Sumo (10 x 10 cm, 500 g), Micro Sumo (5 x 5 cm, 100 g), Nano Sumo (2.5 x 2.5 cm, 25 g), Humanoid Sumo (50 x 20cm, 3 kg), Lego Sumo (15 x 15 cm, 1 kg). Takođe, u okviru ove discipline organizuje se i Mini Sumo Deathmatch.

Air Race - leteći roboti moraju da u što kraćem roku i što preciznije obiđu put u obliku osmice oko dvije šipke koje se nalaze na par metara udaljenosti.

Line Follower / Enhanced / Lego – ovdje roboti za zadatak imaju da prate crnu liniju na bijeloj podlozi. Samo najbrži roboti prolaze u dalje runde.

Humanoid sprint – humanoidni roboti moraju preći rutu šetajući ili trčeći što je brže moguće. Roboti moraju imati dvije noge i robot koji prvi pređe rutu dugu dva metra pobjeđuje.

Freestyle – disciplina u kojoj svi učesnici, čije kreacije ne spadaju ni u jednu od gore navedenih grupa, mogu pokazati svoja dostignuća. U ovoj disciplini ne postoji nikakvo ograničenje.

- *Napomena*

Tokom rada na Projektu višefunkcionalnog servisnog robota „MNE-ROBECO“, koji finansira Ministarstvo nauke Crne Gore, istraživači na projektu su došli do zaključka da je korisno uključiti studente mehatronike na realizaciji sličnog, manjeg projekta mobilnog robota. Takođe je ova ideja podržana kroz bilateralni projekat „Mehatroničke komponente u mehatroničkim sistema - razvoj i primjena senzora“, koji finansiraju Ministarstvo nauke Crne Gore i Ministarstvo obrazovanja i nauke Bosne i Hercegovine.

Rezultat tog rada su dva mobilna robota koje su studenti pripremili za takmičenje Robot Challenge u Beču, jačanje motivacije za učenje i praktičnu primjenu naučenog ne samo kod studenata uključenih u projekat, već i kod ostalih, razvijanje naučno-istraživačkog duha kod studenata, jačanje preduzimljivosti i samopouzdanja u sopstvene sposobnosti.

5. ZAKLJUČAK

Po završetku projekta robota, utvrđeno je da su studenti izuzetno dobro funkcionisali kao tim, da su veoma odgovorno pristupili prikupljanju literature i proučavanju oblasti mobilnih robota, da su shvatili i savladali metodologiju mehatroničkog dizajna izuzetno dobro i da su stekli pravi osećaj za interdisciplinarni pristup koji je potreban za rešavanje inženjerskih problema. Tokom realizacije projekta, razna pitanja su morala biti razmatrana i riješena: projektovanje i kritičko analiziranje različitih predloženih konstruktivnih rešenja za mobilnu platformu, mehanizam za razvrstavanje i mehanizam za odlaganje pakova, troškovi proizvoda, izbor između različitih tipova motora koje su studenti imali na raspolaganju, izbor senzora, planiranje i ispitivanje različitih strategija kretanja robota u ringu i najuspješnijeg mogućeg izvršenja zadatka, zatim programiranje robota za autonomno kretanje i izvršenje zadatka, i na kraju ispitivanje uspešnosti realizovanog projekta. Nakon faze analiziranja postignutih rezultata i markiranja slabih tačaka robota, sada je studentski rad na projektu fokusiran na poboljšanju performansi robota, u prvom redu u pogledu odabranih senzora i motora, kao i strategije za izvršenje zadatka robota, sa ciljem postizanja boljeg rezultata na takmičenju.

6. LITERATURA

- [1] Carlotta A. Berry, *Mobile Robotics for Multidisciplinary Study (Synthesis Lectures on Control and Mechatronics)*, 2005.
- [2] Niko Sünderhauf, Thomas Krause and Peter Protzel, *Bringing Robotics Closer to Students - A Threefold Approach*, Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Orlando, Florida – May 2006
- [3] Illah R. Nourbakhsh, Kevin Crowley, *The Robotic Autonomy Mobile Robotics Course: Robot Design, Curriculum, Design and Educational Assessment*, 2005. https://www.ewi-ssl.pitt.edu/psychology/admin/faculty-publications/200702011455380.crowley_robotdesign.pdf
- [4] Carnegie Mellon University, Research showcase, *Mobile Robot Programming in Education*, May 2006. <http://repository.cmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1854&context=robotics>
- [5] Robotics Schools and Universities in the U.S. http://education-portal.com/robotics_schools.html
- [6] LEGO Education(n.d.) , dostupno na: <http://education.lego.com/>
- [7] NI LabVIEW – Improving the Productivity of Engineers and Scientists. (n.d.), dostupno na: <http://sine.ni.com/np/app/flex/p/ap/global/lang/en/pg/1/docid/nav-77>
- [8] MIT Biomimetic Robotics Lab, dostupno na: <http://biomimetics.mit.edu/>
- [9] Carnegie Mellon Institute, dostupno na: <https://www.ri.cmu.edu/index.html>
- [10] VEX Robotics Design System (n.d.), dostupno na: <http://www.vexrobotics.com/>
- [11] Tetrix Robotics (n.d.), dostupno na: <http://www.tetrixrobotics.com/>
- [12] <http://www.robotc.net/>
- [13] <http://arduino.cc/>

MODELIRANJE DIMENZIONALNIH PROMJENA KOMADA PRAŠKASTE METALURGIJE POSLIJE PRESANJA

MODELLING OF DIMENSIONAL CHANGES OF POWDER METALLURGY PARTS AFTER PRESSING

Dragoljub Drndarevic¹, Milovan Milivojevic²

¹ High Business Technical School, Sv. Save 34, 31000 Uzice, Serbia,

² High Business Technical School, Sv. Save 34, 31000 Uzice, Serbia,
dragoljub.drndarevic@vpts.edu.rs
milovan.milivojevic@vpts.edu.rs

Abstract:

Modelling of the dimensional changes of a compact after pressing within of the process of the production of PM parts with cold compaction in the closed die is given. The model is developed on the base of significant process factors applying multilayer neural network architecture with backpropagation learning algorithm. The experimental data for learning and testing of the model are used from the manufacturing process. Results of the simulation in the form of the diagrams and tables are presented. Obtained model gives better results than the one of statistical procedure, i.e. less total mean approximation errors for 3.3%. Practical effects of the modelling is in determination of compaction tool dimensions in accordance with spring-back of the compact after ejection.

Key words: *Modelling, Powder metallurgy, Spring-back, Neural network, Backpropagation algorithm*

1. INTRODUCTION

Rigorous demands for dimensions and shape tolerances of PM parts are present, which can cause the problem in the tool design and manufacture, as well as application additional or nonstandard processes. On the other side, each individual work process, beginning from powder preparation, compaction, sintering and additional operations, influences properties, dimensions and shape of finished parts. In compaction, an important element, which has influence on parts accuracy, is dimensional change, i. e. spring-back of parts after ejection. Besides the tool characteristics and the process regimes, on spring-back influence dimensions, shape, material and density of the parts. An accurate description of a mechanism of spring-back has influence on compaction tool dimensions and on accuracy of the process in whole.

Previous investigations of spring-back during compaction are mainly concerned with defining the mathematical models, with experimental verification of results.

-Elastic behaviour of green compacts with die compacted samples was investigated in [1]. The proposed experimental method using uniaxial compression tests, through unloading-reloading cycles, gave the nonlinearity and the anisotropy of elastic responses. A constitutive model describing the mechanical behaviour has been formulated in terms of invariants of strain tensor. Experimental data were used to identify parameters of the elastic model.

-In [2,3] the spring-back of the outside diameter of a compact is given by the sum of the "intrinsic" spring-back (spring-back from a perfectly rigid die) and expansion of the die under the compacting pressure. In order to obtain the intrinsic spring-back, the total spring-back of the part was measured, subtracting expansion of the die, which was determined according to the stress due to pressure perpendicular to the wall of the die (radial pressure).

- Axial and radial spring-back of the compact was determined on the base of the experimental data in dependence of the compacting pressure [4].

In this paper the objective is modelling of spring-back during compaction. Modelling procedure, based on the application of artificial neural networks, is given.

Artificial neural networks, or simply neural networks (NNs), represent a parallel distributed connection of many simple elements (neurons) performing data processing. The structure of artificial NNs is based on understanding the biological nervous systems. NNs have good characteristics in regard to fault tolerance and noise robustness, as well as to incomplete data. In according to these characteristics NNs are very powerful method for modelling and optimization in different kind of processes with large number of influential factors and where effect of these factors on final process characteristics are complex with high nonlinearity.

2. BACKPROPAGATION ALGORITHM

Backpropagation algorithm, also known as a "Generalized Delta Rule" [5] is used for learning of multilayer NN. Multilayer NN (Figure 1) has a feedforward signals flow and fully interconnected corresponding layers through processing elements. The general architecture consists of the input layer with N processing elements, H "hidden" layers with $N_1, N_2, \dots, N_H$ elements, respectively, and the output layer with M elements.

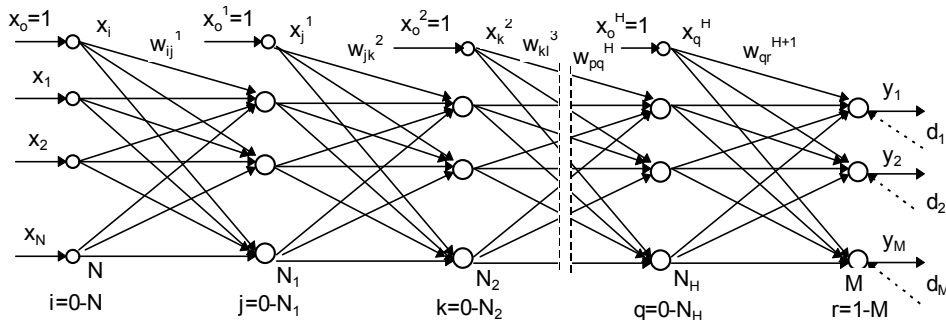


Figure 1: A general architecture of multilayer neural network

The learning process is performed in iterative cycles. Each cycle consists of two passes: a forward pass and a backward pass.

In the forward pass, the outputs of processing elements in all layers from input to output are determined. The input layer does not process input signals $x_1, x_2, \dots, x_N$, it only performs fan-out of

signals to the elements of second layer. The inputs x_j^l in the first “hidden” layer are obtained as the sum of products weights w_{ij}^l of interconnections of elements i and j and the input x_i , to which the corresponding transfer function is applied. With this kind of NN the transfer function is more often sigmoidal. In the same way, the inputs in other layers are obtained, and at the end the outputs of NN $y_1, y_2, \dots, y_M$ are obtained.

In the backward pass, by the application of the gradient descent method on the mean square output error, which is difference between the desired outputs $d_1, d_2, \dots, d_M$ and outputs of the NN $y_1, y_2, \dots, y_M$, the correction of weights is done. The correction of weights is performed by the outputs error backpropagation from output to input layer. The iterations are performed for corresponding input/output pairs and thereby the output error is decreased, until it reaches a set value in accordance with chosen criterion. As the criterion, besides the mean square error, the maximal error, the mean error, etc. can be taken.

3. DEVELOPMENT OF MODEL

The basic principle of modelling process unknown behaviour is shown in Figure 2 [6]. When modelling, the pairs of process inputs x and outputs d are known. Modelling may be realized as direct and indirect, i. e. inverse. Direct modelling (Figure 2a) is performed in accordance with the error of process output e_y , which shows the difference between the process output (the desired value) and NN output. It consists of NN weights adaptation by learning algorithm until the error of output e_y reaches the prescribed limits. By changing the configuration it is possible to use the NN for inverse modelling (Figure 2b), which is performed in accordance with the error of process input e_x . At on-line modelling the delay is introduced, where process input delayed by Δ .

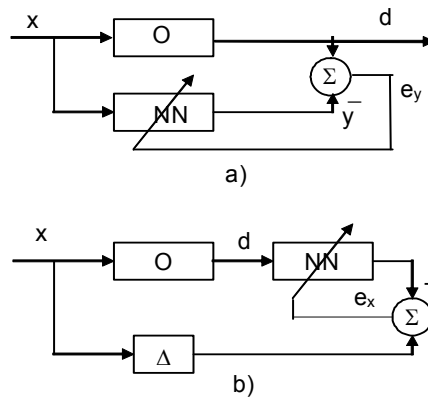


Figure 2: Process modelling by neural network

The model is formed for the certain kinds of PM parts - self-lubrication bearings, material of which is bronze P4013Z. The regimes of the process for the given material during obtaining of the experimental data were constant. The process is observed inversely. As input factors, dimensions (d_p, D_p, h_p) and density (γ_p) of the compact are taken, and output characteristics are dimensions of the compaction tool (d_{tp}, D_{tp}). Based on the experimental data, a spring-back model of the compact is

formed. As a model, a multilayer neural network is used, the architecture of which is shown in Figure 3.

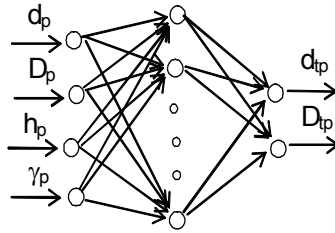


Figure 3: The architecture of spring-back model

The standard backpropagation algorithm with correction of weights after every iteration and with the moment term is applied, based on which a programme for simulation is formed. Within the simulation programme, the preparation of inputs, i.e. experimental data, has been performed (randomization of order, division of the entire input set into training data set and test data set, parameterization and normalization of data), generation of the initial weight values and defining of the accuracy criterion.

The set of input, i. e. experimental data is divided in the way that approximately 3/4 of the accidentally chosen data are used for learning and 1/4 for testing. By optimization as per the criterion of the minimum error of testing and minimum number of learning cycles, the parameters of the model are obtained as follows: learning rate term 0.9, momentum term 0.4, the interval of the initial weights ± 0.3 and the number of processing elements in the hidden layer 10.

4. RESULTS

By the simulation of the model with the optimal parameters in the set of the experimental data for testing, the outputs are obtained, i. e. tool dimensions for the compaction, for the given dimensions of the compact. Based on the input experimental data and the obtained outputs, the coefficients which represent relative spring-back of the part after ejection are obtained as follows:

$$X_{dp} = \frac{d_{tp} - d_p}{d_p}; X_{Dp} = \frac{D_{tp} - D_p}{D_p}$$

In Figure 4, the spring-back coefficients are shown. The relative spring-back of the inner diameter X_{dp} for the bearings with $d_s = 3-60\text{mm}$ is shown in Figure 4a. Next to the real curve, its polynomial approximation is given. It is observed that the absolute value of the coefficient X_{dp} decreases with diameter increasing. The coefficient of the outer diameter X_{Dp} slowly increases with increasing D_p (Figure 4b).

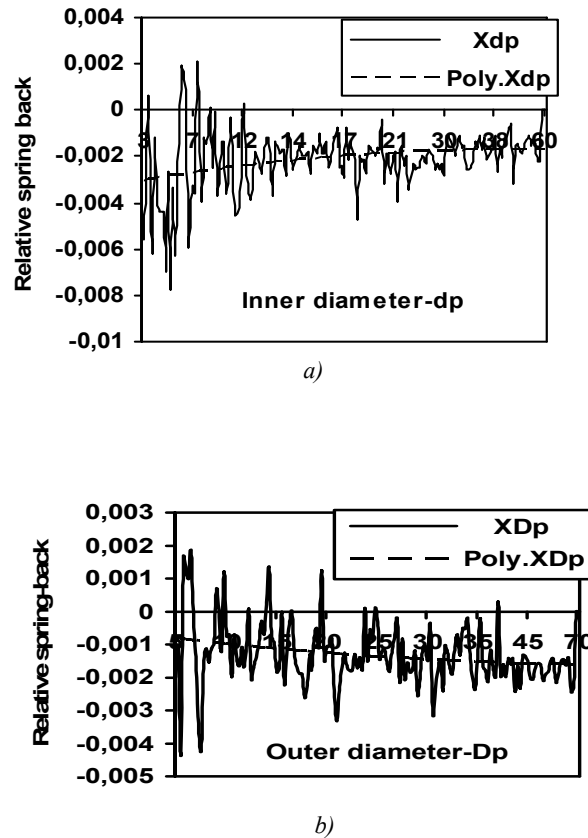


Figure 4: The spring-back coefficients

The mean values of the spring-back coefficients are:

$$X_{dp} = -2.159 \cdot 10^{-3}, \quad X_{Dp} = -1.320 \cdot 10^{-3},$$

where the sign gives direction of the change in relation to the supposed direction in the equation given above. The results of the model simulation in the form of the output errors are given in Figure 5. The errors represent mean values of the absolute deviations of the model outputs from the desired ones, i. e. experimental values of the outputs. The diagrams display the change of learning and testing errors as per dimensions for 3000 cycles of training, since during increase the number of cycles, the convergence is very slow. The learning and testing errors, after a very fast decrease in the first few cycles (which is a usual phenomenon) and variation in the subsequent phase, enter the area of convergence. The testing error for D_{tp} , after reaching global minimum, increases slowly with the increase of the cycles number due to "overtraining" effect, described in [7].

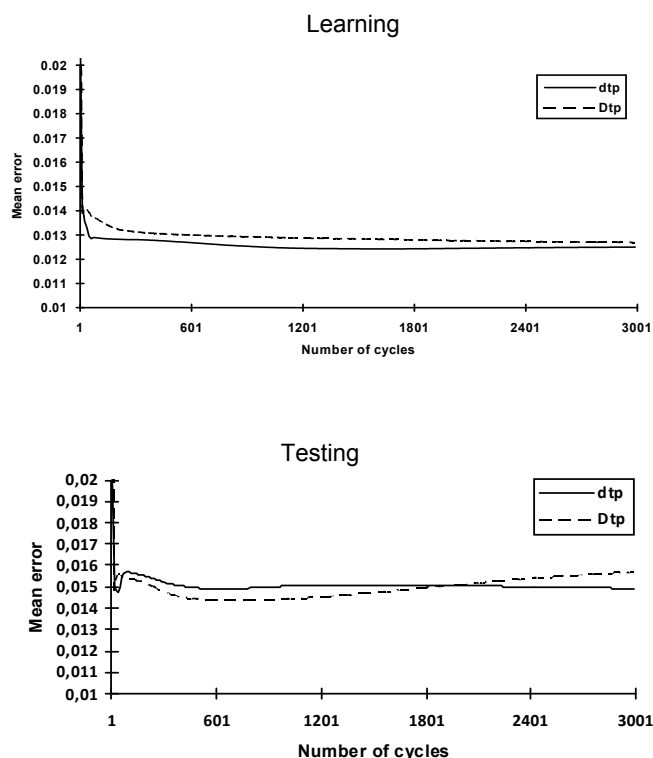


Figure 5. The learning and testing errors of the spring-back model

The results of model simulation, given in this paper, were compared with the standard procedure based on statistical processing of experimental data. This procedure is carried out by backward movement, from the finished part dimensions to compaction, taking into consideration dimensional changes in sintering. The spring-back coefficients, based on learning data set used with NN, were determined. Tool dimensions were determined for testing data set using obtained coefficients. The same form of the mean error as the one of the NN was used for comparison.

The comparison results are given in Table 1. The results show that NN based model gives lower total mean error for 3.3% than obtained by statistical procedure. This was achieved by including a greater number of significant factors and their interdependence, as well as by having more common functional forms and iterative approach to solution.

Table 1: The mean errors of the prediction for statistical procedure and for NN model

Model	d_{tp}	D_{tp}	Σ
By statistical procedure	0.01389	0.01636	0.03025
By NN	0.01491	0.01435	0.02926

5. CONCLUSIONS

A modelling procedure of spring-back of the green compact after ejection, with modelling results are presented. For modelling multilayer neural network with backpropagation learning algorithm is used. The learning and testing procedures are realized on the base of the experimental data, taken from the manufacture process.

The simulation results showed that the obtained model provided less approximation error then one obtained by statistical procedure, mostly used in practice.

The advantages of modelling methods using NNs in comparison with statistical procedure and other applicable methods (regressive analysis, cubic spline) are in including the greater number of factors and their interactivity, simultaneous obtaining of greater number of outputs, more common functional forms and iterative approach to solution.

A practical application of presented procedure is in determination of the dimensions of compaction tool for the required dimensions of the compact for a given material and corresponding regimes of the process.

It is possible to use the same procedure for modelling a spring-back during sizing and coining and other characteristics of PM parts.

6. REFERENCES

- [1] Frachon A., Imbault D., Riera M.D., Prado J.M., Modelling of the spring-back of green compact, *Euro PM2001, Vol. 3*, Nice, Oct. 2001, 22-28.
- [2] Madelaine A., Eudier M., Size calculations of PM molding tools, *Proc. of Int. PM Conf.*, Düsseldorf, 1986, 475-482.
- [3] Madelaine A., Eudier M., Determination of the dimensions of the tool according to the properties of the powders and the sintered parts, *Proc. of Int. PM Conf.*, Düsseldorf, 1986, 1263-1266.
- [4] Bocchini G.F., Influence of process parameters on precision PM parts, *Powder Metallurgy, Vol. 28, No. 3*, 1985, 155-165.
- [5] Rumelhart D. E., Hinton G. E., Williams R. J., Learning representation by back-propagating errors, *Nature, vol. 323*, 1986, 533-536.
- [6] Widrow B., Winter R., Neural Nets for Adaptive Filtering and Adaptive Pattern Recognition, *Computer, Vol. 21*, No. 3, 1988, 25-40.
- [7] Hecht-Nielsen. R., *Neurocomputing*, Reading MA, Addison-Wesley, 1990, 115-11

TOPOLOGIJA RADNOG PROSTORA INDUSTRIJSKOG MANIPULATORA

WORKSPACE TOPOLOGY OF AN INDUSTRIAL MANIPULATOR

Janez Gotlih¹, Miran Brezočnik², Andrejka Zver, Karl Gotlih

Univerza v Mariboru
Fakulteta za Strojništvo
Maribor
janez.gotlih@um.si
miran.brezocnik@um.si

ABSTRACT:

The purpose of this study is to apply the latest theoretical methods on real industrial manipulators in order to investigate correlations that are hard to interpret with traditional methods. Latest theories on workspace topology propose algebraic description of manipulator workspace which enables engineers to limit the number of inverse kinematics problem solutions during manipulator motion design. By using level-set curve method to describe manipulator workspace, one can easily determine critical points and poses of manipulators. For better understanding, the singularity problem in kinematics and inverse kinematics of industrial manipulators will be explained and a workspace classification for industrial manipulators will be given. A more detailed explanation of the mathematical theories and a description and classification on an example of industrial manipulator will follow. Based on the classification of the real industrial manipulator, the mathematical model for motion analysis was developed for our problem. As a result two alternative graphical presentations of the real industrial manipulator workspace and the critical singularity curves are given.

Keywords: industrial manipulators, workspace topology, inverse kinematics, motion analysis

1. INTRODUCTION

In this article we will show how to apply the latest theoretical methods on a real industrial manipulator to investigate otherwise hard to interpret correlations. Latest theories on workspace topology propose algebraic description of manipulator workspace [1], which enables engineers to limit the number of inverse kinematics solutions during manipulator motion design and to easily determine critical points and poses of industrial manipulators, known as singularities. In our study we have algebraically and graphically described the workspace of an industrial manipulator by the Denavit-Hartenberg method and by the level-set curve method, which is a commonly used mathematical method to describe manipulator workspace in recent history [2, 3]. As a result we have graphically presented the critical singularity curves and outlined the further research goals on this topic.

In the following sections of the article we will systematically summarize the theoretical background that is required to perform our study. First we will examine the theory on topological problem solving [4] and investigate how to apply it on an industrial manipulator problem. For this reason a classification of 3R industrial robots will be necessary [5]. Then the standard Denavit-Hartenberg mathematical model for industrial manipulator motion analysis and workspace description will be discussed and developed for our problem. Based on the level-set curve theory an alternative manipulator workspace description will be given. The singularity problem in kinematics and inverse kinematics of industrial manipulators will be explained and a detailed workspace classification for industrial manipulators will be given. Finally the real industrial manipulator will be presented based on which the analysis will be applied. The results of the analysis will be discussed in the last section.

2. TOPOLOGY

Topology is a science about position and interaction between bodies in space. Topological spaces are divided into Metric, Euclidean and Vector space. In the workspace a point's position is defined with three parameters. In Cartesian space the position of point $a(x, y, z)$ is defined by the vector $\vec{p} = (p_x, p_y, p_z)$, in cylindrical coordinate system $a(r, \alpha, z)$ is defined with $\vec{p} = (c_r, c_\alpha, c_z)$ and in spherical coordinate system $a(r, \theta, \varphi)$ is defined with $\vec{p} = (s_r, s_\theta, s_\varphi)$.

A mechanism is usually interpreted as an assembly of rigid bodies connected by joints. A mechanisms movement properties are defined by links and by joints. Degree of freedom (DOF) of a mechanism is the number of parameters that uniquely define the special position and orientation of all bodies of the mechanism in the space. Depending on the length of links, the number and the layout of joints and the restrictions on joint movements, the construction of a mechanism defines the workspace in which a mechanism has the ability to execute certain tasks or reach certain speeds. Workspace of a mechanism can be divided into accessible or useful workspace [6]. Since there is no general rule on how to select a mechanism with a specific workspace, we make decisions based on parameters like volume and compactness of the workspace [7].

3. 3R MECHANISM STRUCTURES

A body in space has six degrees of freedom, three for position and three for orientation. For the mobility of a mechanism, its layout and shape of joints are important. The shape also defines the number of degrees of freedom of a mechanism. Basic joints are rotational and transitional, but there are many more. Kinematic chains can be open or closed or branching, each variant has their specific advantages. Open kinematic chains have greater reach while closed kinematic chains have better stiffness, greater capacity and are more precise. Mechanisms of industrial manipulators generally have a position part that puts the robot in the desired position (rotations R_1, R_2, R_3) and an orientation part that puts the tool in the desired orientation (rotations R_w, R_p, R_c). Each part requires three degrees of freedom. A kinematic pair is considered a combination of two links and a joint. For description of a kinematic pair we will use Denavit-Hartenberg approach. The approach is based on a modified homogenous transformation matrix. The matrix uses four scalar parameters $d_i, \theta_i, b_i, \alpha_i$ of the kinematic pair and precisely defines positioning and orientation of coordinate systems [8].

4. DEFINITION OF LEVEL-SET CURVES OF 3R MANIPULATORS

The workspace of an industrial manipulator can be described with two parameters one for radial (r) and one axial (z) reach. The parameters r and z can be considered as a level-set curve. A level-set curve of a function $f(x, y)$ is a group of points in $\mathbb{R}$, where $f(x, y) = c$ and $c \in \mathbb{R}$. All level-set curves represent the differentiation of the modelling domain. Level-set curves that belong to a constant value of φ_2 represent a curve in the plane RZ . This plurality of curves is seen as a contour of the surface S , which may be used for the analysis of the workspace of a manipulator [9].

Surface S expressed in implicit equation form:

$$S: F(X, Y, Z) = 0. \quad (1)$$

5. THE WORKSPACE OF AN INDUSTRIAL ROBOT

Our study we will focus on a real industrial arc welding robot Almaga AX-V4. The Almaga AX-V4 is a parallel robot. All important parameters for the robots workspace definition and singularity calculation are summarized in table 1. In our study the orientation part is not considered. As can be seen from the table, the AX-V4 robot has four links with different link lengths and angles of rotation.

Table 1: Link lengths and angle intervals for the link of Almaga AX-V4 robot

Link	Distance to the next link	Angle interval of link
I.	$l_1 = 160\text{mm}$	$\varphi_1 = \pm 170^\circ$
II.	$l_2 = 430\text{mm}$	$\varphi_2 = -155^\circ \approx 90^\circ$
III.	$l_3 = 580\text{mm}$	$\varphi_3 = -170^\circ \approx +180^\circ$
IV	$l_4 = 640\text{mm}$	

In our case the workspace for the AX-V4 robot is calculated by the Denavit-Hartenberg approach. The parameters for individual links for the Denavit-Hartenberg calculation of the robots workspace are listed in table 2 and will be used for construction of the homogeneous transformation matrix.

Table 2: Denavit-Hartenberg parameters

i	b_i	α_i	d_i	φ_i
1 ₍₀₋₁₎	l_1	$\pi/2$	l_2	φ_1
2 ₍₁₋₂₎	0	0	l_3	φ_2
3 ₍₂₋₃₎	0	0	l_4	φ_3

With the homogeneous transformation matrix we can describe the orientation and the position of the industrial robot:

$$H_{0,i} = \begin{bmatrix} A_{0,i} & \vec{r}_{0,i}^{(0)} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Orientation of individual links is defined with the rotational matrix $A_{0,i}$. In our case we can write the equation for rotational matrix as follows.

$$A_{0,1} = \begin{bmatrix} \cos\varphi_1 & -\sin\varphi_1 & 0 \\ \sin\varphi_1 & \cos\varphi_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

The product of the rotational matrix for the first joint and the rotational matrix of the second joint is the rotational matrix between the second joint and the ground.

$$A_{0,2} = A_{0,1}A_{1,2} = \begin{bmatrix} \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 & -\sin\varphi_1 \cos\varphi_2 & \cos\varphi_1 \sin\varphi_2 \\ \sin\varphi_1 \cos\varphi_2 & \cos\varphi_1 \sin\varphi_2 & \sin\varphi_1 \sin\varphi_2 \\ -\sin\varphi_2 & 0 & \cos\varphi_2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

While the rotation matrix of the second joint is:

$$A_{1,2} = \begin{bmatrix} \cos\varphi_2 & 0 & \sin\varphi_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\varphi_2 & 0 & \cos\varphi_2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

The product of the rotational matrix $A_{0,2}$ for the second joint and the rotational matrix of the third joint is the rotational matrix of the third joint with respect to the base frame.

$$A_{0,3} = A_{0,2}A_{2,3} = A_{0,3} = A_{0,2}A_{2,3} = \begin{bmatrix} A_{0,3}^{11} & A_{0,3}^{12} & A_{0,3}^{13} \\ A_{0,3}^{21} & A_{0,3}^{22} & A_{0,3}^{23} \\ A_{0,3}^{31} & A_{0,3}^{32} & A_{0,3}^{33} \end{bmatrix} \quad (6)$$

For easier presentation we write components of the matrix separately.

$$\begin{aligned} A_{0,3}^{11} &= \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \cos\varphi_3 - \cos\varphi_1 \sin\varphi_2 \sin\varphi_3 \\ A_{0,3}^{12} &= -\sin\varphi_1 \\ A_{0,3}^{13} &= \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \sin\varphi_3 + \cos\varphi_1 \sin\varphi_2 \cos\varphi_3 \\ A_{0,3}^{21} &= \sin\varphi_1 \cos\varphi_2 \cos\varphi_3 - \sin\varphi_1 \sin\varphi_2 \sin\varphi_3 \\ A_{0,3}^{22} &= \cos\varphi_1 \\ A_{0,3}^{23} &= \sin\varphi_1 \cos\varphi_2 \sin\varphi_3 + \sin\varphi_1 \sin\varphi_2 \cos\varphi_3 \\ A_{0,3}^{31} &= -\sin\varphi_2 \cos\varphi_3 - \cos\varphi_2 \sin\varphi_3 \\ A_{0,3}^{32} &= 0 \\ A_{0,3}^{33} &= -\sin\varphi_2 \sin\varphi_3 + \cos\varphi_2 \cos\varphi_3 \end{aligned} \quad (7)$$

The rotation matrix of the third joint is:

$$A_{2,3} = \begin{bmatrix} \cos\varphi_2 & 0 & \sin\varphi_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\varphi_2 & 0 & \cos\varphi_2 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

The position is defined with the vector $r_{0,1}^{(0)}$, which defines the distance between center points of individual joints. This vectors are the distances between the ground coordinate system and the local coordinate systems of the individual joints. The distance between the ground and the second joint is:

$$\vec{r}_{0,2}^{(0)} = \vec{r}_{0,1}^{(0)} + A_{0,2}\vec{r}_{1,2}^{(1)} = \vec{r}_{0,1}^{(0)} + \begin{bmatrix} -\sin\varphi_1 l_1 \\ \cos\varphi_1 l_1 \\ l_2 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

The distance between the ground and the third joint is:

$$\vec{r}_{0,3}^{(0)} = \vec{r}_{0,2}^{(0)} + A_{0,3}\vec{r}_{2,3}^{(2)} = \vec{r}_{0,2}^{(0)} + l_3 \begin{bmatrix} \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 & -\sin\varphi_1 & \cos\varphi_1 \sin\varphi_2 \\ \sin\varphi_1 \cos\varphi_2 & \cos\varphi_1 & \sin\varphi_1 \sin\varphi_2 \\ -\sin\varphi_2 & 0 & \cos\varphi_2 \end{bmatrix}. \quad (10)$$

The distance between the ground and the TCP of the industrial robot is:

$$\vec{r}_{0,4}^{(0)} = \vec{r}_{0,3}^{(0)} + A_{0,4}\vec{r}_{3,4}^{(3)} = \vec{r}_{0,3}^{(0)} + l_4 \begin{bmatrix} A_{0,3}^{11} & A_{0,3}^{12} & A_{0,3}^{13} \\ A_{0,3}^{21} & A_{0,3}^{22} & A_{0,3}^{23} \\ A_{0,3}^{31} & A_{0,3}^{32} & A_{0,3}^{33} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Or written in vector form:

$$\vec{r}_{0,4}^{(0)} = \begin{Bmatrix} r_x \\ r_y \\ r_z \end{Bmatrix}. \quad (12)$$

With the help of calculation software Mathematica, we calculate the components r_x , r_y and r_z .

$$\begin{aligned} r_x &= \cos\varphi_1(l_1 + l_2 \cos\varphi_2 + l_4 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)), \\ r_y &= \sin\varphi_1(l_1 + l_2 \cos\varphi_2 + l_4 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)), \\ r_z &= l_2 - l_2 \sin\varphi_2 - l_4 \sin(\varphi_2 + \varphi_3). \end{aligned} \quad (13)$$

To be able to find singularities in the robots workspace we have to develop the Jacobian matrix [5]. The components of the Jacobian matrix calculated with Mathematica are:

$$\begin{aligned} J_{11} &= -\sin\varphi_1(0.43 + 0.58 \cos\varphi_1 + 0.64 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)) \\ J_{12} &= \cos\varphi_1(-0.58 \sin\varphi_2 - 0.64 \sin(\varphi_2 + \varphi_3)) \\ J_{13} &= -0.64 \cos\varphi_1 \sin(\varphi_2 + \varphi_3) \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} J_{11} &= \cos \varphi_1 (0.43 + 0.58 \cos \varphi_2 + 0.64 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)) \\ J_{12} &= \sin \varphi_1 (-0.58 \sin \varphi_2 - 0.64 \sin(\varphi_2 + \varphi_3)) \\ J_{13} &= -0.64 \sin \varphi_1 \sin(\varphi_2 + \varphi_3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{21} &= 0 \\ J_{22} &= -0.58 \cos \varphi_2 - 0.64 \cos(\varphi_2 + \varphi_3) \\ J_{23} &= -0.64 \cos(\varphi_2 + \varphi_3) \end{aligned}$$

Calculating the determinant of the Jacobian matrix eliminates φ_1 from the equations and gives an equation of a surface:

$$\begin{aligned} \det(J) &= -0.118784 \sin \varphi_2 - 0.107648 \sin(\varphi_2 - \varphi_3) + 0.159616 \sin \varphi_3 \\ &\quad + 0.107648 \sin(\varphi_2 + \varphi_3) - 6.93889 \times 10^{-18} \sin(3\varphi_2 + \varphi_3) \\ &\quad + 0.118784 \sin(\varphi_2 + 2\varphi_3) \end{aligned} \quad (15)$$

Based on the necessary condition for workspace singularity:

$$\det(J) = 0 \quad (16)$$

we can see that the mechanism will be in a singular position when the configuration space coordinates satisfy the condition surface $\det(J)=0$, which represents the set of configuration space coordinates for which holds $Z=0$. With the consideration of the real angle values we are finally able to present the results in a graphical form (figure 1).

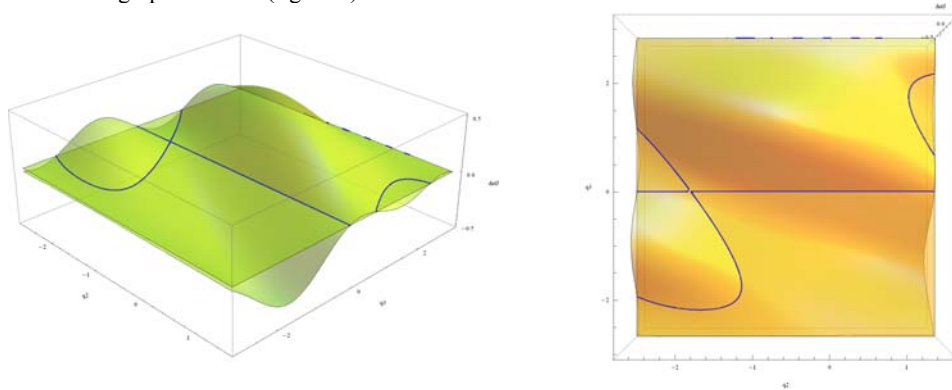


Figure 1: Singularity curves: left – Mathematica default view, right - top view

The surface $\det(J)$ and the plane $Z=0$ are both plotted in the same figure. The intersection is displayed by the blue line which presents the singularity curves in the AX-V4 robots workspace. Inverse kinematic solutions will only have feasible results far away from the intersection curve that represents singularities. This means that robot control should be planned to avoid crossing this curves.

Due to the complexity and enormous calculation times we will write another article for an analytical solution of this problem (equation 15, 16).

For an alternative graphical presentation of the AX-4V robots workspace, we will use the level-set curves method. To be able to calculate the S surface we need to perform a transformation of parameters r_x, r_y and r_z (equation 13) from Cartesian to cylindrical space with regard to the condition

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= 0, \\ r &= \sqrt{r_x^2 + r_y^2}, \\ \tan \varphi &= \frac{r_y}{r_x}, \\ z &= r_z.\end{aligned}\quad (17)$$

According with the equations:

$$\begin{aligned}x_r^2 &= r^2, \\ y_r &= z, \\ z_r &= \tan\left(\frac{\varphi_1}{2}\right).\end{aligned}\quad (18)$$

we can calculate the algebraic results for x_r, y_r and z_r :

$$\begin{aligned}x_r &= \sqrt{0.5579 + 0.4988 \cos \varphi_2 + 0.1682 \cos(2\varphi_2) + 0.3712 \cos \varphi_3 + 0.5504 \cos(\varphi_2 + \varphi_3) + 0.3712 \cos(2\varphi_2 + \varphi_3) + 0.2048 \cos(2\varphi_2 + 2\varphi_3)}, \\ y_r &= 0.16 - 0.56 \sin \varphi_2 - 0.64 \sin(\varphi_2 + \varphi_3), \\ z_r &= \tan\left(\frac{\varphi_1}{2}\right).\end{aligned}\quad (19)$$

The shape of the S surface is determined by relative position of the characteristic points A and B, which represent the singularities of the S surface. The classification of different types of 3R industrial manipulators based on the position of point A and point B is summarized in table 3 [2, 9].

Table 3: A classification of 3R industrial manipulators based on point A and B position

Type	1	2	3a	3b		3c
Characteristic points	$A \rightarrow \infty$ $B \rightarrow \infty$	$A = B$	$A \neq B$	$A \neq B$ $A \rightarrow \infty$		$A \neq B$ $B \rightarrow \infty$

Plotting x_r, y_r and z_r results regarding φ_2 and φ_3 , reveals the shape of the robots workspace developed with the level set method in cylindrical coordinate system. Figure 2 shows the S surface for the AX-4V arc welding industrial robot [9].

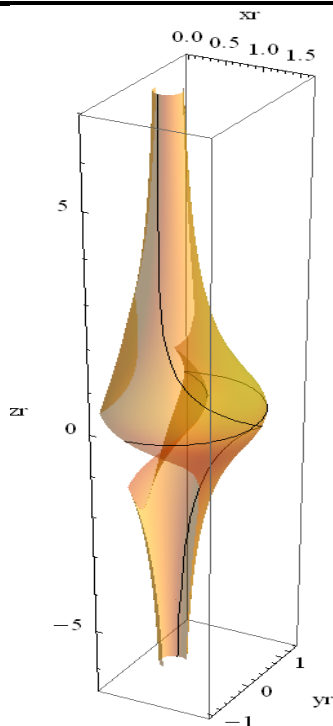


Figure 2: Workspace presentation with level-set curves

6. DISCUSION AND CONCLUSION

Singularities significantly restrict a robots mobility and represent a big problem for engineers programing the robots motion. Therefore we should try to reduce singularity areas already in the concept phase of the robot design. If this is not possible, we can at last find singularities prior robot programming and avoid the interference with them. With the approach presented in this paper we can easily graphically predict the singularity areas of industrial robots. The graphical presentation still requires isolating the set of actual angle values of singularity points, and even after the process a perfect accuracy of the results cannot be expected. An analytical solution would resolve this problem and would make it possible to determine the accurate sets of angles for all singularity points in the robots workspace. This is the topic of our current research and will be presented in another article.

7. REFERENCES

- [1] M. Farber, Topological complexity of motion planning, *Discrete and Computational Geometry*, Volume 29, Issue 2, March 2003, Pages 211-221.
- [2] E. Ottaviano, M. Ceccarelli, M. Husty, Workspace topologies of industrial 3R manipulators, *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Volume 4, Issue 3, September 2007, Pages 355-364.
- [3] H. Wang, G. Chen, Y. Zhao, Z. Lin, Output error bound prediction of parallel manipulators based on the level set method, *Mechanism and Machine Theory*, Volume 45, Issue 8, August 2010, Pages 1153-1170.
- [4] S. Chaabane, M. Masmoudi, H. Meftahi, Topological and shape gradient strategy for solving geometrical inverse problems, *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, Volume 400, Issue 2, April 2013, Pages 724-742.
- [5] M. Zein, P. Wenger, D. Chablat, An exhaustive study of the workspace topologies of all 3R orthogonal manipulators with geometric simplifications, *Mechanism and Machine Theory*, Volume 41, Issue 8, August 2006, Pages 971-986.
- [6] J. Lenarčič, T. Bajd, *Robotski mehanizmi*, 1. izd., Ljubljana, Fakulteta za elektrotehniko, 2003, ISBN 961-6371-52-5.
- [7] Z. Pandilov, V. Dukovski, Comparison of the characteristics between serial and parallel robots, *Acta Technica Corvininensis - Bulletin of Engineering*, Volume 7, Issue 1, Jan-Mar 2014, Pages 143-160.
- [8] M. Daher, P. Donelan, Invariant properties of the Denavit–Hartenberg parameters, *Mechanisms and Machine Science*, Volume 26, 2015, Pages 43-51.
- [9] Zver, *Topologija delovnih prostorov industrijskih robotov*, magistrsko delo, Univ. v Mariboru, Fak. za strojništvo, Maribor, 2013.

KORIŠTENJE HEURISTIČKIH METODA U OPTIMIZACIJI ELASTIČNIH STRUKTURA

USE OF HEURISTIC METHODS IN ELASTIC STRUCTURES OPTIMIZATION

Ermin Husak¹, Edina Karabegović², Miran Brezočnik³

^{1,2}Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać, dr. Irfana Ljubijankića bb.,
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Smetanova ulica 17, Maribor,

SAŽETAK:

Optimizacija elastičnih sistema je područje u kojem je istraživanje intenzivirano posljednjih nekoliko decenija. Temeljna i najintenzivnija istraživanja u početku su bila na bazi numeričkih metoda. U optimizaciji sistema, posljednjih dvije decenije došlo je do razvoja bioinspirativnih metoda. Ove metode su našle posebno mjesto u optimizaciji elastičnih struktura. U ovom radu predstavljamo tri bio inspirativne metode koje se sve više koriste u optimizaciji elastičnih struktura a to su: genetski algoritmi, optimizacija rojem čestica i optimizacija kolonijom mrava.

Ključne riječi: optimizacija, genetski algoritmi, optimizacija rojem čestica, optimizacija kolonijom mrava.

ABSTRACT:

Optimization of elastic structures is research domain in which research has been intensified in last several decades. Basic and most intensive research in beginning was based at numerical methods. In the last two decades bioinspired methods have been developed for optimization of systems. These methods find a special place in optimization of elastic structures. In this paper three bioinspired methods are presented for optimization of elastic structures: genetic algorithm GA, particle swarm optimization PSO and ant colony optimization ACO.

Keywords: optimization, genetic algorithm, particle swarm optimization, ant colony optimization

1. UVOD

Heurističke metode optimizacije su metode koje ne zahtijevaju stroge logičke postulate ali ipak mogu pronaći dobro optimalno rješenje. Ali isto tako rješenje optimizacije može biti daleko od optimalnog. Ove metode mogu biti determinističkog i stohastičkog karaktera. U osnovi ove metode mogu biti podjeljene u dvije grupe i to metode lokalnog pretraživanja i populacijske metode. U metode lokalnog pretraživanja mogu se ubrajati tabu pretraživanje (TA - tabu search) i simulacija kaljenja (SA - simulated annealing). One koriste lokalne informacije da bi poboljšale funkciju cilja. U ovom radu nećemo se detaljnije osvrnuti na ove metode već ćemo detaljnije opisati populacijske heurističke

metode. U ove metode se ubrajaju genetski algoritmi (genetic algorithm), optimizacija rojem čestica (PSO – particle swarm optimization) i optimizacija kolonijom mrava (ACO – ant colony optimization). Populacijske metode su značajno zainteresirale istraživače u posljednjih 20 godina. Genetski algoritmi je metoda o kojoj je do sad napisani najviše radova, dok su PSO i ACO metode koje su privukle pažnju posljednjih nekoliko godina. Populacijske metode za razliku od lokalnih metoda kao i direktnih klasičnih gradijentnih metoda ne koriste se početnim rješenjem već uzimaju početnu populaciju što osigurava da optimizacija ne završi u lokalnom optimumu [1,2]. Za ove metode još kažemo da su inspirirane procesima u prirodi pa ih još zovemo bioinspirativne metode. Svoju primjenu su pronašle u optimizaciji elastičnih struktura čiji primjer možemo vidjeti u drugom radu ove konferencije.

2. GENETSKI ALGORITMI

Genetske algoritme je predložio američki naučnik John Henry Holland početkom sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Genetski algoritmi su optimizacijska metoda čiji je algoritam zasnovan na teoriji selekcije živih bića u prirodi tj. teoriji da u prirodi preživljavaju samo najsposobniji u generaciji. Najsposobniji u generaciji su oni čiji geni su najbolji tj. oni koji su uspjeli da naslijede najbolje karakteristike predhodnih generacija. Svaka jedinka u generaciji dobija se selekcijom, križanjem i mutacijom jedinki iz predhodnih generacija. Koristeći se ovom analogijom tj. modeliranjem ove teorije dobili su se algoritmi koji se dalje mogu koristiti za optimizaciju tehničkih problema kao i problema u drugim granama nauke.

Poznato je da je u optimizaciji elastičnog sistema potrebno pronaći vrijednosti varijabli za koju će funkcija cilja imati minimalnu vrijednost. Kod optimizacije genetskim algoritmom to znači da je potrebno pronaći najbolju tj. najsposobniju jedinku (varijable) u generaciji (prostoru rješenja) gdje funkcija dobrote (funkcija cilja) govori i dobroti jedinke. Iako se iz predhodne tvrdnje proces čini jednostavan, potrebno je dobro poznavati sve korake i elemente genetskog algoritma.

Početna generacija ima određenu veličinu populacije koju čine jedinke. Ove jedinke u genetici se nazivaju kromosomi. Svaki kromosom u populaciji je napisan određenim kodom i predstavlja jednu kombinaciju varijabli tj. jednu tačku u prostoru rješenja, dok čitava populacija predstavlja populaciju tačaka u prostoru rješenja. Evolucijom populacije kromosoma, gdje svaki kromosom predstavlja skup mogućih optimalnih vrijednosti varijabli, genetski algoritam locira skup optimalnih vrijednosti varijabli koje minimiziraju ili maksimiziraju funkciju cilja. Kromosom ovisno od problema se može kodirati različitim kodovima. Na slici 1 je prikazana populacija od četiri kromosoma kodirana binarnim kodom.

```
000000000000  
111111111111  
000001111111  
111111000000
```

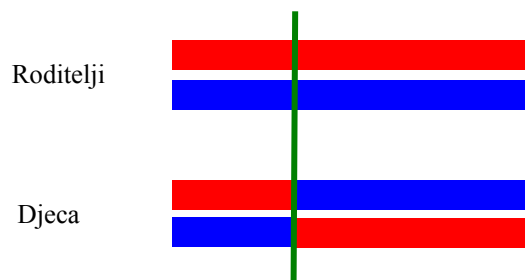
Slika 1: Populacija genetskog algoritma sa četiri kromosoma

Evaluacija dobrote ili ocjenjivanje dobrote vrši se pomoću funkcije dobrote (fitness funkcija). Funkcija dobrote je najčešće funkcija cilja ili može biti izvedena iz funkcije cilja tj. između funkcija dobrote i funkcije cilja ne mora stajati znak jednakosti. Dobrota kromosoma bi se iz generacije u generaciju trebala povećavati tj. ona pokazuje koje varijable su dobre u maksimiziranju ili minimiziranju funkcije cilja. Što znači da dobrota uvijek mora rasti dok funkcija cilja u slučaju minimizacije se mora smanjivati.

Selekcijom odabiremo jedinke sa najboljim genetskim materijalom gdje onda te jedinke svoj dobar genetski materijal prenose reprodukcijom na sljedeću generaciju i tako dalje kroz nekoliko stotina ili hiljada generacija. Najjednostavnije je zaključiti da najpoželjniji kromosomi za reprodukciju su oni sa najvećom dobrotom, dok oni sa najmanjom dobrotom odstranjujemo.

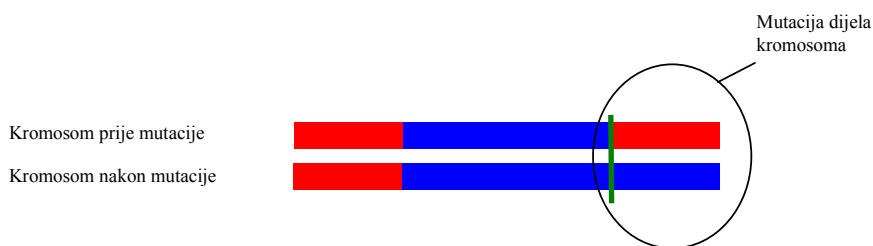
U procesu rekombinacije (recombination) ili križanja (crossover) stvaraju se nove jedinke koje sadrže kombinirane informacije sadržane u dvoje ili više roditelja. To se postiže kombinacijom varijabli koje su sadržavali roditelji. Ovisno o prikazu tih varijabli, implementiraju se mnoge metode rekombinacije (slika 2). Najpoznatije su:

- križanje u jednoj tački (one-point crossover)
- križanje u dvije tačke (two-point crossover)
- križanje rezanjem i spajanjem (cut and splice crossover)
- uniformno križanje (uniform crossover)
- poluuniformno križanje (half-uniform crossover)



Slika 2: Križanje u jednoj tački

Mutacija podrazumjeva izmjenu jednog ili više gena u kromosomu novim vrijednostima. Kod binarnog kromosoma to podrazumjeva mjenjanje bita 1 u bit 0 na jednom ili više mjesta u kromosomu ili obratno. Operator mutacije doprinosi dobijanju najboljeg djeteta na kraju evolucije a samim tim za optimizaciju najoptimalnije vrijednosti varijabli.



Slika 3: Mutacija kao genetski operator

Isti postupak se ponavlja stvarajući generaciju iza generacije. Zaustavljanje evolucije je najčešće dostizanje unaprijed određenog broja generacija ili mala promjena funkcije dobrote [3,4,5,6].

3. OPTIMIZACIJA ROJEM ČESTICA

Optimizacija rojem čestica kao i dvije druge heurističke metode nastala je posmatranjem procesa u prirodi tako da i ona ulazi u kategoriju bioinspirativnih i evolucijskih metode. Ova metoda je nastala tj. počela je da se koristi 1995 godine u optimizaciji različitih problema gdje je pokazala određene

prednosti, jer je njen način pretraživanja prostora rješenja stohastički kao i kod nekih drugih heuristikih metoda. James Kennedy i R. C. Eberhart su istraživači kojima se pripisuje autorstvo optimizaciji rojem čestica čija je prva namjena bila simulacija socijalnog ponašanja skupina (jata, rojevi i sl.) u prirodi. Najčešće je to model ponašanja ptica i riba i njihovog odnosa i položaja u jatu kojem žive. Promatranje jata ptica kada se kreću u potrazi za hranom je pokazalo da ptice u jatu prate jedna drugu ali da se ponekad izdvoje iz jata tražeći bolji izvor hrane, što će utjecati na čitavo jato da se kreće prema boljim izvorima hrane.



Slika 4: Jata ptica i riba

Dokazano je da se jata ptica i riba prilagođavaju okruženju koristeći predhodno iskustvo svake jedinke u jatu kao i kolektivno iskustvo cijelog jata. Tako da i kod optimizacije rojem čestica svaka tačka koristi njeno najbolje iskustvo kao i najbolje iskustvo cijelog jata kroz linearanu sumaciju. Svaka tačka tj. jedinka dijeli informacije sa drugim jedinkama a ujedno uči od drugih jedinki koristeći njihove informacije što koristi čitavom jatu u kvaliteti potrage za hranom. Optimizacija rojem čestica započinje tako što se početna populacija kreće nasumično pretražujući prostoru pamteći koordinate koje je zauzimala. Svaka tačka bilježi svoj nabolji položaj tj. koordinate (najveću dobrotu) u prostoru. Na osnovu dobrote u početnoj populaciji modificiraju se položaji čestica.

Položaj x čestice i u iteraciji $k+1$ se modisicira u

$$x_{k+1}^i = x_k^i + v_{k+1}^i \Delta t \quad (1)$$

Gdje je v_{k+1}^i vektor brzine čestice i u iteraciji $k+1$, Δt je vremenska razlika između položaja čestice

x_k^i i položaja čestice x_{k+1}^i .

Vektor brzina čestica se računa

$$v_{k+1}^i = wv_k^i + c_1r_1 \frac{(p_k^i - x_k^i)}{\Delta t} + c_2r_2 \frac{(p_k^g - x_k^i)}{\Delta t} \quad (2)$$

gdje je: p_k^i najbolja pozicija za tačku i , p_k^g najbolja pozicija za cijeli roj, w je opisan kao inercija, r_1 i r_2 su uniformni nasumični brojevi koji se kreću od nula do jedan dok su c_1 i c_2 parametri skaliranja. w pokazuje koliko je širok proces pretraživanja se koristi za u prostoru pretraživanja i obično se kreće od 0,8 do 1,4. c_1 pokazuje koliko tačka vjeruje sebi a c_2 koliko vjeruje roju a biraju se većinom vrijednosti 2. Kriterij za završetak algoritma je broje iteracija ili mala promjena funkcije cilja [7].

4. OPTIMIZACIJA KOLONIJOM MRAVA

Optimizacija kolonijom mrava (eng. ACO – Ant Colony Optmization) oponaša tehniku kojom mravi u prirodi pronalaze najkraću put od izvora hrane do mravinjaka i obratno. Algoritam za optimizaciju ovom metodom su predložili Alberto Colorni, Marco Dorigo i Vittorio Maniezzo. Primjer su pokazali na rješavanju problema optimizacije putanje trgovačkog putnika (TSP- the Traveling salesman problem).

Postupak optimizacije kolonije mrava je sljedeći. Istraživanja su pokazala da je kolonija mrava veoma organizirana iako je mogućnost za komunikaciju među mravima veoma ograničena, tj. Ponašanje pojedinca je veoma jednostavno u odnosu na ponašanje skupine (kolonije). Radi toga tok informacija među mravima je veoma jednostavan u odnosu na nivo komunikacije čovjeka.

Pitanje je kako gotovo slijepa životinja uspiju pronaći najkraći put između njihovih smještajnih baza do izvora hrane i natrag. Odgovor za mrave je taj da mravi koriste feromonske puteve. Mravi kada se kreću ispuštaju feromone na tlo u različitim količinama. Na taj način označavaju puteve po kojima se kreću. Kada mrava koji se nasumično kreće naiđe na putanju označenu feromonom u većini slučajeva i on se odlučuje da se kreće istom putanjom također ostavljajući iza sebe svoj feromon što povećava količinu feromona na toj putanji. Ovakvim ponašanjem sve više mrava počinje koristiti onu putanju na kojoj je ostavljeno najviše feromona ujedno ostavljajući svoje feromone.



Slika 5: Kolonija mrava

Primjer koji su naveli je kako to kolektivno ponašanje dovodi do identifikacije najkraće putanje oko prepreke [8]. Algoritam optimizacije kolonijom mrava sastoji se od sljedećih faza. Prvo je potrebno definisati feromonske putove po kojima će se mravi kretati kao i čvorove u kojima se putevi sijeku. Potom se određeni broj mrava nasumično postavi u čvorovima.

U prvoj iteraciji svaki mrav konstruiše svoje rješenje kretanja između dvije tačke. Prvi mrav neće imati feromon da prati jer prije njega nije prošao mrav već će nasumično da se kreće iz početnog u krajnji čvor ili je moguće na svaku putanju u početnom trenutku postaviti količine feromona veoma malih vrijednosti. Sljedeći mravi će svoju odluku o kretanju donositi na osnovu dvije veličine a to je intenzitet traga feromona i vidljivost. Vidljivost η_{ij} je dodatna sposobnost koja čini ovu metodu efikasnijom. Vidljivost je parametar obrnut od udaljenosti tj. ako je udaljenost između čvora i i čvora j d_{ij} onda je $\eta_{ij} = 1/d_{ij}$. Vjerovatnost da će mrav k iz čvora i krenuti prema čvoru j računa se prema sljedećem obrazcu

$$p_{ij}^k(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{j=1}^n [\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \quad (3)$$

gdje je: $\tau_{ij}(t)$ intenzitet feromona na dijelu puta između čvorova i, j dok su α i β upravljački parametri. Kada u predhodnoj iteraciji svaki mrav formira rješenje, intenzitet feromonskih tragova na svakoj dijelu puta između čvorova se dodatno ažurira na osnovu pravila za obradu feromonskih tragova i to je globalno ažuriranje. Ova obrada intenziteta feromona vriši se u dvije faze. Prva faza je djelom isparavanje feromona na svim putevima. Što u stvari znači putanja gdje je bio veći intenzitet feromona će izgubiti nešto na intenzitetu dok putanje gdje je bio i onako nizak nivo moga potpuno izgubiti feromonski trag. Druga faza je faza ojačanja traga tj. mrav koji je u predhodnoj iteraciji našao najkraću putanju ili tzv. elitistički mrav ostavlja dio feromona na toj putanji, tako da oni dijelovi koji su i poslije isparavanja traga imali neku vrijednost i ako se poklapaju sa dijelom putanje elitnog mrava postaju dijelovi putanje sa najvećim intenzitetom feromona u toj iteraciji. Ova količina feromona se računa

$$\tau_{ij}(t+s) = (1-\rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \rho \cdot \Delta\tau_{ij}^+ \quad (4)$$

gdje je: ρ postojanost feromonskih tragova i kreće se od nula do jedan, dok je vrijednost $(1-\rho)$ nivo isparavanja, s broj kretanja koje mrav mora izvršiti da bi kompletirao putanju, $\Delta\tau_{ij}^+$ količina povećanja feromona elitnog mrava i računa se

$$\Delta\tau_{ij}^+ = \frac{1}{L^+} \quad (5)$$

gdje je: L^+ najbilje rješenja koji je pronašao elitni mrav. Zaustavljanje procesa optimizacije je najčešće broj tura koju mravi pređu.

5. ZAKLJUČAK

Optimizacija sistema kao područje istraživanja uzima sve veći zamah u svim oblastima nauke. Optimizacija elastičnih struktura kao zasebna grupa problema optimizacije je intenzivirana posljednjih nekoliko decenija. Svoju primjenu našla je u rješavanju problema u mašinstvu, građevini, avioindustriji itd. U početku razvoja optimizacije elastičnih struktura korištene su analitičke i numeričke metode. Danas se razvijaju nove metode optimizacije. Posebnu grupu optimizacijskih metoda čine heurističke metode. Većinom su to bioinspirativne metode u koju najčeće ubrajamo evolucijske metode, teorija roja itd. U ovom radu smo se osvrnuli na tri u posljednje vrijeme intenzivno korištene metode: genetski algoritmi, optimizacija rojem čestica i optimizacija kolonijom mrava.

6. LITERATURA

- [1] J. Arora *Introduction to optimal design*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1989.
- [2] G. Vanderplaats, Structural optimization – past, present, and future, *AIAA Journal*, vol.20, n.7, 1982. pp.992-1000. W. Nadir, Y. Kim: „*Structural Shape Optimization Considering Both Performance and Manufacturing Cost*“, AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference 30 August - 1 September 2004, Albany, New York
- [3] M. Brezočnik, *Uporaba genetskega programiranja v inteligentnih proizvodnih sistemih*, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, ISBN 86-435-0306-1, Maribor, 2000.
- [4] M. Golub, *Genetski algoritmi*, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 1996. godina
- [5] Goldberg D.E., *Genetic algorithms in search optimization and machine learning*. Reading (Mass): Addison-Wesley; 1989.
- [6] Rajeev, S. and Krishnamoorthy, C. S. Discrete optimization of structures using genetic algorithms, in *Journal of Structural Engineering* 118(5), 1992, pp. 1233-50.
- [7] C. Coello, M Lechuga, A proposal for multiple objective particle swarm optimization , *World congress on computational intelligence*, USA, 2002.
- [8] A. Colomi, M. Dorigo i V. Maniezzo, Distributed Optimization by Ant Colonies, *Procesdings of ECAL91-European conference on artificial life*, Paris, France, Elseiver publishing, 1991., 134-142.

UPOREDNA ANALIZA GRADIJENTNIH I HEURISTIČKIH METODA KOD OPTIMIZACIJE KONZOLE

COMPARATIVE ANALYSIS OF GRADIENT AND HEURISTIC METHODS IN CANTILEVER BEAM OPTIMIZATION

Ermin Husak¹, Isak Karabegović², Safet Isić³

^{1,2}Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać, dr. Irfana Ljubijankića bb.,

³Univerzitet Džemal Bijedić, Mašinski fakultet Mostar, Univerzitetski kampus, 88104 Mostar,

SAŽETAK:

U ovom radu dat je primjer optimizacije konzole. Prvo je predstavljen osnovni princip dimenzionisanja analitičkim putem a zatim prelazak na dimenzionisanje konačnim elementima. Utvrđen je način pronalaska minimalne težine konzole, što je direktno dovelo do optimizacije čiji je osnovni cilj pronalazak najboljih rješenja. Dat je konkretan primjer konzole koju smo optimizirali sa četiri metode: nelinearnim programiranjem, genetskim algoritmima, rojem čestica i kolonijom mrava. Na kraju rada smo uporedili i analizirali dobijene rezultate.

Ključne riječi: konzola, optimizacija, genetski algoritmi, optimizacija rojem čestica, optimizacija kolonijom mrava.

ABSTRACT:

In this paper an example of cantilever beam optimization is given. First, basic principle of analytical dimensioning of cantilever beam is presented and then move on to dimensioning by finite elements. A way of finding minimal weight of cantilever beam was established which directly led to optimization to find best solution. A concrete example of cantilever beam which was optimized with four methods: nonlinear programming, genetic algorithm, particle swarm optimization and ant colony optimization is give. At the end of the paper, results was compared and analyzed.

Keywords: cantilever beam, optimization, genetic algorithm, particle swarm optimization PSO, ant colony optimization ACO.

1. UVOD

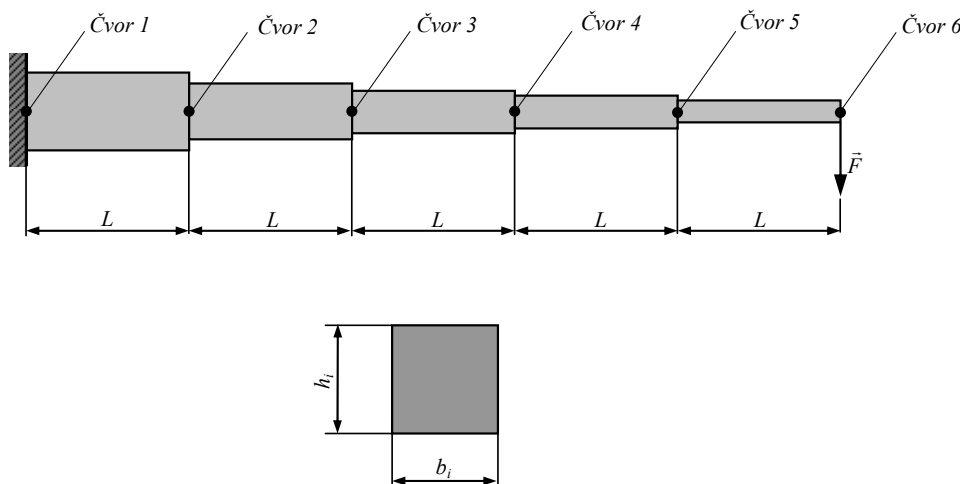
Da bi prikazali uporednu analizu gradijentnih i heurističkih metoda kod optimizacije elastičnih sistema koristićemo se primjerom optimizacije konzole. Optimizacija konzole u ovom primjeru podrazumjeva traženje minimalnog volumena nosača. Kako nam je poznato dijagram momenta kod konzole koja je opterećena silom na svome kraju mjenja se linearno od vrijednosti 0 na mjestu djelovanja sile do vrijednosti maksimalnog momenta $F \cdot l$ u mjestu uklještenja (gdje je l dužina konzole). Ustaljen način dimenzionisanja ovakvih nosača je na osnovu analitičkih izraza koji su dati u različitoj literaturi koja se bavi čvrstoćom materijala, gdje je osnovna veličina koja se koristi u

dimenzionisanju upravo maksimalni moment. Pri takvom dimenzionisanju odredi se površina poprečnog presjeka koja je kontinuirana duž čitavog nosača. Poznato je da u tom slučaju napon u nosaču nije isti tj. da napon opada kako se krećemo od tačke uklještenja do tačke djelovanja sile. Što znači da nije potrebno da poprečni presjek bude kontinuiran već da se može mijenjati duž nosača. Idealno bi bilo da se mijenja po zakonitosti po kojoj se mijenja i moment. Šta bi bio razlog ovakvog dimenzionisanja? Najčešći razlog koji se spominje je smanjenje težine nosača i ušteda na materijalu, što svakako ovisi od obima problema koji se analizira. Najčešće pitanje koje se postavlja kako izvesti takvu konstrukciju kada se konačno dimenzioniše sa promjenjivim površinama poprečnih presjeka? U starijoj literaturi prijedlog je bio da se to rješava spajanjem lamela zakivanjem ili nekim drugim postupkom da bi se formirao potreban oblik [1]. Savremene aditivne tehnologije su riješile i taj problem (npr. stereolitografija, selektivno lasersko sinterovanje, 3D printanje itd.) [2]. Slaganjem sloja materijala jedan na drugi pomoću savremenih kompjuterski upravljanih mašina možemo dobiti gotovo nezamislive oblike. Bitno je spomenuti da ova fuzija traženja optimalnih dimenzija i oblika sa aditivnom tehnologijom nigdje nije bolje vidljiva nego kod dobijanja MEMS (mikro elektromehaničkih sistemi) uređaja, o čemu smo posebno pisali u radu [3].

Kod dimenzionisanja lamelama sami autori navode neekonomičnost takvog proračuna i izrade. Dok autori [4] navode opravdanost korištenja numeričke analize i korištenja aditivnih tehnologija.

2. OPTIMIZIRANJE KONZOLE

Promjena površina poprečnih presjeka na konzoli najlakše se postiže korištenjem konačnih elamanata. Svaki konačni element može imati svoju površinu poprečnog presjeka što će nam formirati nosač različitih poprečnih presjeka. Što imamo više konačnih elemenata to će se oblik grede približavati idealnom. Za analizu tj. dimenzionisanje sistema koji se sastoji od konačnih elemenata koristi se numerička metoda konačnih elemenata. Ovo može biti relativno jednostavan problem ali ako definišemo oblik poprečnog presjeka, granice koje taj oblik poprečnog presjeka mora imati kao i ograničenja na ponašanje sistema kao što su pomjeranja tačaka i naprezanja u konačnim elementima problem se strahovito usložnjava. Ako ješ tražimo minimalnu težinu onda to zovemo optimizacijom elastičnog sistema tj. konzole.



Slika 1: Konzola sa pet konačnih elemenata

Za optimizaciju elastičnih sistema koriste se razne metode. Osnovnu podjelu ćemo napraviti su na gradijentne i heurističke metode. Gradijentne metode su do sad već poprilično objašnjene i istražene kako za probleme optimizacije elastičnih sistema tako i u problemima drugih oblasti. Heurističke metode detaljnije objašnjavamo u drugom radu ove konferencije. Cilj ovog rada je uporediti i analizirati rezultate dobijene optimizacijom gradijentnim i heurističkim metodama konzole promjenjivog poprečnog presjeka. Za naš primjer optimizacije uzimamo konzolu koja čini pet linijskih grednih konačnih elemenata kao što je prikazano na slici 1. Ovaj problem konzole je K. Svanberg [5] koristio za uporedbu MMA metode, kada je ova metoda razrađena, sa drugim metodama. Također sličan primjer se može naći u [6]. Mi ćemo optimirati ovu konzolu sa četiri metode: nelinearno programiranje, genetski algoritmi, metoda roja čestica i metoda kolonije mrava. Konzola ima šest čvorova. Konzola je oslonjena u čvoru 1 dok je opterećena silom F u čvoru 6. Svi konačni elementi imaju istu dužinu L . Poprečni presjeci svakog od konačnih elemenata su kvadratni sa stranicama b_i i h_i . Kao funkciju cilja postavljamo minimalan volumen konzole jer je volumen direktno povezan sa masom konzole.

$$V=l(b_1 \cdot h_1 + b_2 \cdot h_2 + b_3 \cdot h_3 + b_4 \cdot h_4 + b_5 \cdot h_5) \quad (1)$$

Ako svaku od stranica uzmemo kao varijablu imaćemo 10 varijabli a volumen nam predstavlja funkciju cilja predhodna jednačina postaje

$$f_{min}=l(x_1 \cdot x_2 + x_3 \cdot x_4 + x_5 \cdot x_6 + x_7 \cdot x_8 + x_9 \cdot x_{10}) \quad (2)$$

Uz funkciju cilja postavljamo sljedeća ograničenja

- Maksimalno pomjeranje konzole u čvoru 6 je : $\delta=2,7$ cm
- Maksimalno dozvoljeno naprezanje u svakom konačnom elementu $\sigma_{max}=14\,000$ N/cm²

Ostali podaci potrebni za optimizaciju su: Sila $F=50\,000$ N, dužina konačnog elementa $L=100$ cm, modul elastičnosti svakog konačnog elementa $E=2 \cdot 10^7$ N/cm².

Svaka varijabla može se ograničiti sa donje i sa gornje strane, ovisno od tog kakvi su zahtjevi. Oni mogu biti konstrukcione prirode kao što su npr. standardne veličine materijala, mada korištenjem aditivnih tehnologija u nekim primjerima to se može izbjeći. Za primjer optimizacije konzole u svrhu upredbi optimizacijskih metoda postavljena su sljedeća ograničenja: $1 \leq x_1 \leq 5$, $30 \leq x_2 \leq 65$, $2,4 \leq x_3, x_5 \leq 3,10$, $45 \leq x_4, x_6 \leq 60$, $1 \leq x_7, x_9 \leq 5$, $30 \leq x_8, x_{10} \leq 65$. Kako se može vidjeti varijable x_3 i x_5 kao i varijable x_4 i x_6 imaju uže granice što još dodatno usložnjava problem, jer je za konzolu logično da svaki sljedeći konačni element ima manje vrijednosti varijabli od predhodnog. Postavljanjem ovakvih granica to u većini slučajeva neće biti osigurano. Pošto je cilj da ipak imamo stepenast pad poprečnog presjeka konzole postavljamo još uvjet da je odnos veće i manje varijable na jednom presjeku manje od 20.

3. UPOREDNA ANALIZA REZULTATA OPTIMIZACIJE

Optimizacije su urađene pomoću sljedećih metoda:

- gradijentna metoda nelinearnog programiranja
- heurističke metode: genetski algoritmi (GA), optimizacija rojem čestica (PSO - particle swarm optimization) i optimizacija kolonijom mrava (ant colony optimization).

Dobijene vrijednosti varijabli i funkcija cilja su date u sljedećoj tabeli.

Tabela 1: Rezultati optimizacije konzole

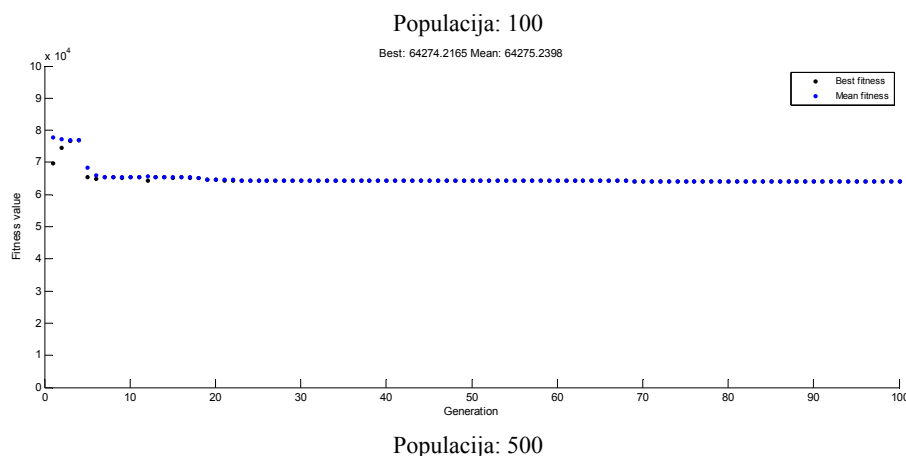
	NP	GA	PSO	ACO-SO	ACO-BO
x_1	3.1852	3.0212	3.0817	3.0080	3.1280
x_2	61.0932	60.4245	61,6344	59.7500	62.8300
x_3	2.7986	2.8287	2,7863	2.9544	2.6254
x_4	55.9711	56.5730	55,7154	54.7500	59.8800
x_5	2.5425	2.5536	2,6861	3.0104	2.6128
x_6	50.2836	51.0711	49,2655	53.3100	49.9800
x_7	2.3993	2.2046	2,2078	3.1200	1.8240
x_8	42.3066	44.0911	44,1570	40.9200	48.6200
x_9	1.7498	1.7503	1,7704	2.1600	1.6080
x_{10}	34.9951	34.9893	35,4080	39.5200	36.9300
$F_{cilja}=Vol.$	64 182	63 144	63 771	71 500	63 240

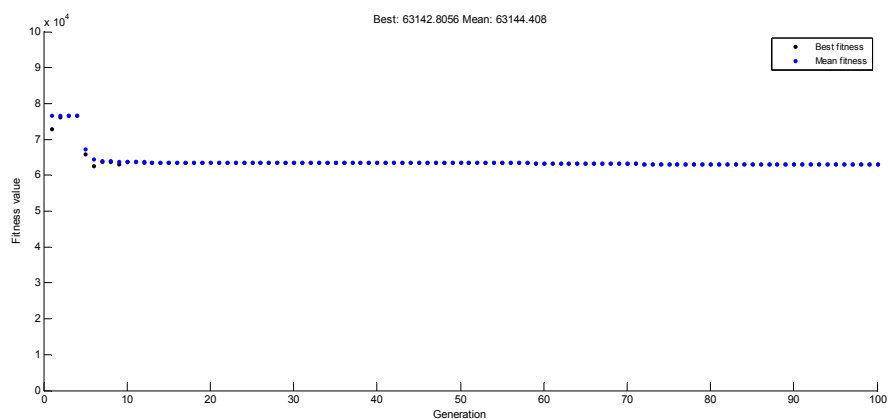
Dobijene rezultate možemo analizirati prema dva kriterija. Prvi kriterij je svakako kvaliteta dobijenog rješenja. Kao što vidimo iz tabele 1. dobijene vrijednosti funkcije cilja nisu značajno različite. Rezultati pokazuju da su vrijednosti funkcije cilja nešto manje kod heurističkih – populacijskih metoda, ali vrijeme pronalaska tih rješenja traje mnogo duže nego kod gradijentnih metoda.

Druga kolona tabele 1. daje vrijednosti varijabli i funkcije cilja za metodu nelinearnog programiranja. Dobijeni rezultat funkcije cilja ne znači da je konačan tj. minimalan za ovaj problem. Kod ovakvih metoda rješenje optimizacije značajno ovisi od postavljenog početnog rješenja tj. početne tačke iz koje kreće optimizacija. Prednost ovih metoda što prema kriteriju vremena mnogo je bolji od heurističkih metoda.

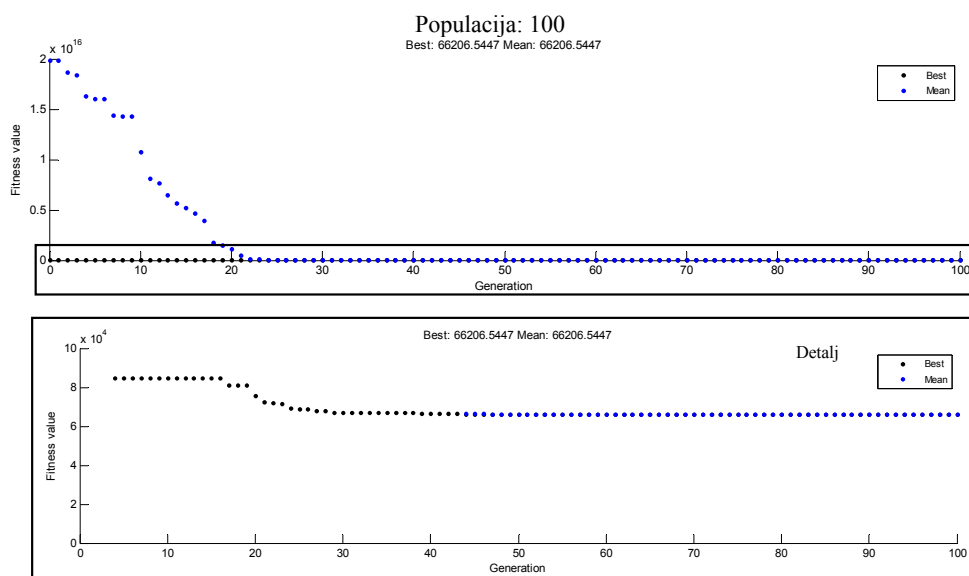
Heurističke metode su populacijske metode. Kvalitet rješenja značajno ovisi od populacije jedinki koje se koriste u optimizaciji. Istraživanja pokazuju da će se bolje rješenje dobiti ako koristimo veće populacije. Nedostatak je taj da se povećanjem populacije povećava i vrijeme optimizacije.

U trećoj koloni predstavljeni su rezultati varijabli i funkcije cilja kod optimizacije gentskim algoritmom. Ova metoda detaljnije je objašnjena u drugom radu ove konferencije. Prema kvalitetu rješenja funkcije cilja ova metoda je dala najbolje rješenje tj. ima najmanju vrijednost volumena konzole uz zadovoljavanje svih kriterija. Na sljedećoj slici 2 dat je tok dobijanja rješenja kroz stotinu generacija kod populacije od 100 i 500 jedinki.

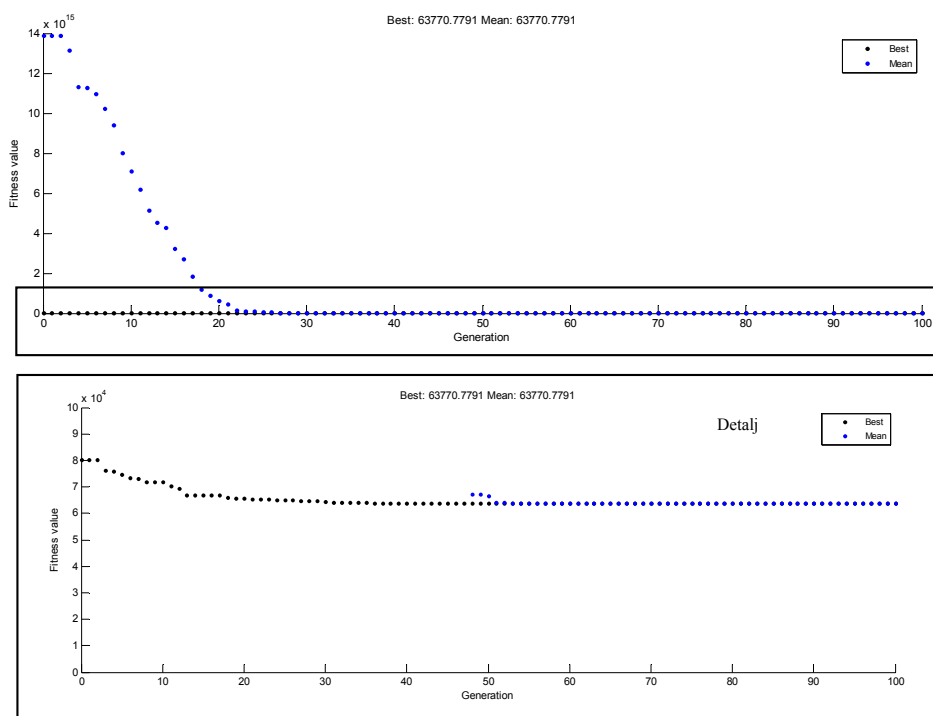




Slika 2: Optimizacija GA sa populacijom 100 i 500 jedinki



Populacija: 500



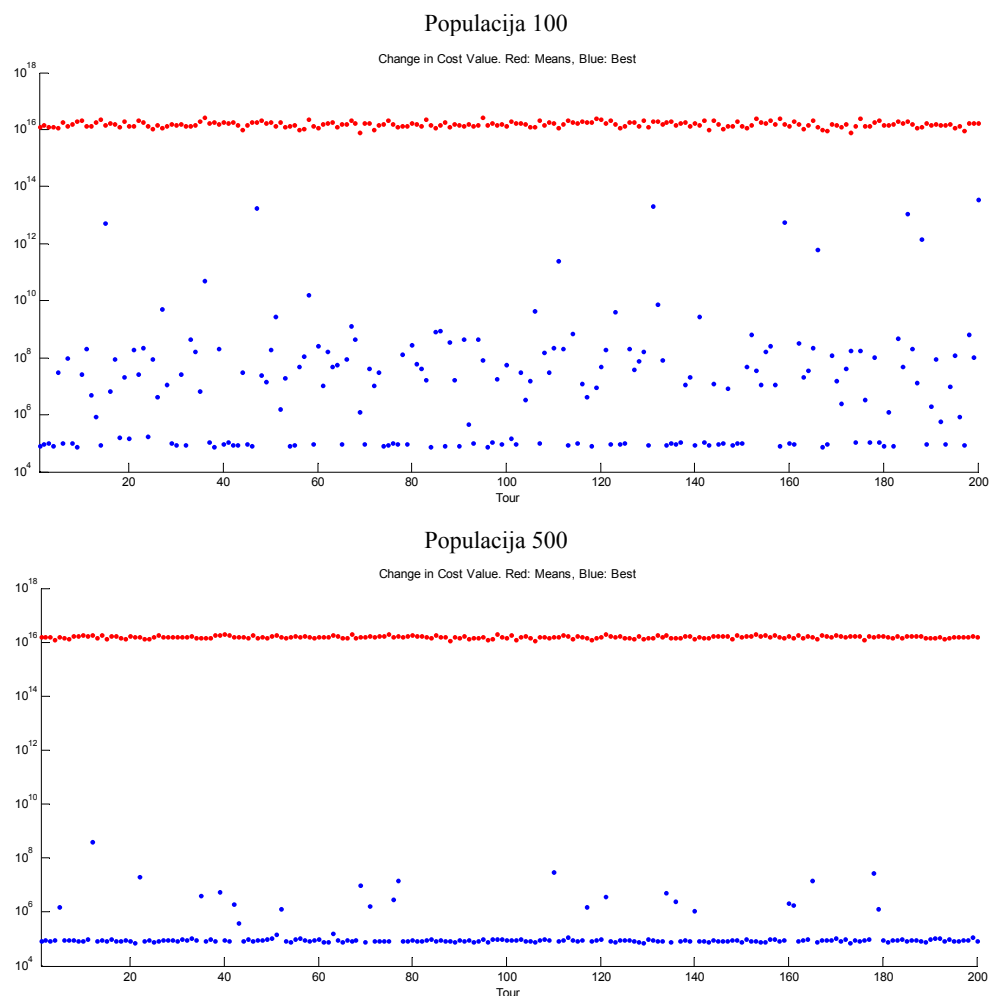
Slika 3: PSO sa 100 i 500 jedinki

Nelinearno programiranje i genetski algoritmi dopuštaju postavljanje zasebnih funkcija ograničenja bilo da se radi o ograničenjima jednakosti ili ograničenjima nejednakosti. Ograničenja kod optimizacije rojem česica i optimizacije kolonijom mrava ograničenja moraju biti ugrađena pomoću kaznene funkcije u funkciju cilja.

U koloni 4 tabele 1 date su vrijednosti varijabli i funkcije cilja dobijene optimizacijom rojem čestica. To je druga metoda po redu prema kriteriju kvalitete rješenja. Funkcija cilja je dobijena uz zadovoljavanje svih ograničenja iako se optimizira preko kaznene funkcije. Također bolje rješenje je dobijeno sa većom populacijom. Vremensko trajanje ove metode je kraće u odnosu na GA ali je duže u odnosu na NP. Na slici 3 vidimo tok optimizacije pomoću PSO za populaciju od 100 i 500 jedinki.

Posljednja metoda koju smo koristili u optimizaciji konzole je bila metoda kolonije mrava. Kako se može vidjeti u tabeli 1 ovu metodu smo podijelili u dvije kolone radi značajne razlike u rezultatima. Pošto smo za ovu metodu koristili ista ograničenja kao i kod predhodnih metoda dobijeni rezultati koju su prikazani u koloni 5 značajno odstupaju od dobijenih rezultata drugim metodama, kako po samoj vrijednosti funkcije cilja tako i vrijednosti varijabli jer se primjeti da nije ispoštovano

ograničenje koje se odnosi na raspored poprečnih presjeka. Na slici 5 vidimo promjene vrijednosti funkcije cilja kod populacije 100 i 500.



Slika 4: ACO sa 100 i 500 jedinki

Pošto je rezultat bio poprilično loš, pretpostavka je da je problem previše ograničen za ovu metodu, pa smo maknuli ograničenja koja se odnose na raspored poprečnih presjeka iz kaznene funkcije. Nedostatak ovog ograničenja smo nadoknadili povećanjem ponavljanja optimizacije gdje smo svaki put provjeravali da li je raspored varijabli zadovoljavajući. Dobijeni rezultati su u koloni 6. Kao što možemo vidjeti dobili smo dobar rezultat sa opadajućim rasporedom presjeka s tim da taj odnos nije kao i kod predhodnih metoda.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu postavljenog problema i provedene optimizacije konzole koristeći se gradijentnim i heurističkim metodama može se izvući nekoliko zaključaka. Kvalitet rezultata možemo ocjeniti prema nekoliko kriterija. Prema kriteriju najboljeg rezultata funkcije cilja vidimo da najbolji rezultat dobijemo genetskim algoritmom, potom optimizacijom rojem čestica, potom kolonijom mrava ali sa umanjnim ograničenjima, potom nelinearnim programiranjem dok optimizacija kolonijom mrava sa maksimalnim ograničenjima daje značajno lošiji rezultat. Što se tiče kriterija brzine optimizacije svakako na prvom jestu je nelinearno programiranje, potom optimizacija rojem čestica tek na posljednjem mjestu su genetski algoritmi. Raspored vrijednosti varijabli je kako vidimo najlošiji kod kolonije mrava.

5. LITERATURA

- [1] J. Ninković: *Otpornost materijala I*, Mašinski fakultet univerziteta u Sarajevu, Sarajevo 1979. pp. 192-207.
- [2] E. Karabegović, M. Brezočnik, M. Mahmić i dr.: *Nove tehnologije u proizvodnim procesima*, Mašinski fakultet Mostar-Fakultet za strojništvo Maribor, Mostar 2014. pp. 5-52.
- [3] E. Husak, I. Karabegović, M. Đukanović, M. Mahmić, (2014), Optimizacija struktura u razvoju mikro-elektro-mehaničkih sistema, 28. *Međunarodni simpozij "Elektroinženjerski simpozij" Nove tehnologije - EIS 2014 – SONT 2014*, Šibenik, 06.05.2014, S3.(ISSN:1848-0772) pp.60-64
- [4] W. Nadir, Y. Kim, Structural Shape Optimization Considering Both Performance and Manufacturing Cost, *AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference* 30 August - 1 September 2004, Albany, New York.
- [5] K. Svanberg, The method of moving asymptotes – a new method for structural optimization, *International journal for numerical methods in engineering*, Vol. 24, n.2, 1987. pp. 359 – 373
- [6] <http://www.mathworks.com/help/gads/examples/solving-a-mixed-integer-engineering-design-problem-using-the-genetic-algorithm.html> (1.2.2015.)

PRIMJENA ROBOTIKE U MEDICINI

THE APPLICATION OF ROBOTS IN MEDICINE

Gojko Nikolić,

Tekstilno tehnološki fakultet, Sveučilišta u Zagrebu
gojko.nikolic@ttf.hr

SAŽETAK:

U radu je prikazana povijest razvoja, te postojeća dostignuća na polju primjene robota u medicini s posebnim osvrtom na robotsku neurokirurgiju. Prikazane su dobre i loše strane primjene robota u medicini. Posebno je detaljnije opisan robotski sustav za neurokirurgiju RONNA na kojem radi i autor. Opisan je način rada, a nizom fotografija поближе vizualno prikazana izvedena rješenja. Sustav RONNA je u fazi kliničkih ispitivanja od kojih se očekuju daljnje smjernice razvoja i usklađivanja s okruženjem u operacijskoj sali. Prikazano je viđenje autora o budućem razvoju robota u kirurgiji i posebno neurokirurgiji, te prisutne trendove u razvoju mikro i nano robota u medicini, namijenjene obavljanju medicinskih zahvata unutar tijela pacijenta.

Ključne riječi: *medicinski roboti, neurokirurški roboti, sustav RONNA, medicinski mikro roboti*

ABSTRACT:

This paper presents a history of the development and current achievements in the field of application of robots in medicine with a special focus on robotic neurosurgery. Presented are positive and negative aspects of application of robots in medicine. In the paper is also a detailed description of the robotic system for neurosurgery RONNA used from the author or this paper. Described is the operation mode where a series of photographs visualizes applied solutions. RONNA system is in clinical trials from which we expect to give us guidelines for the further development and for the harmonization with the environment in the operating room. The paper presented the view of the author on the future development of robots in surgery and neurosurgery in particular, as well as the current trends in the development of micro- and nano- robots in medicine, intended to perform medical interventions within the patient's body.

Keywords: *medical robots, neurosurgical robots, system RONNA, medical micro-robots*

1. UVOD

Iako se pojam robota široko koristi ne samo u stručnim radovima već i običnom govoru, smisao te riječi tumači se na različite načine. Svatko podrazumijeva ili ima predodžbu o tome što je robot, te je koristi kod objašnjavanja ili opisivanja bilo u svog govoru ili u tekstovima. Iako ima puno definicija one su uglavnom orijentirane na industrijske robote. Brzi razvoj tog područja s primjenama u različitim djelatnostima i njihov utjecaj na rješenja utjecala su da više nema sveobuhvatne definicije. Primjena robota je prisutna u svim područjima ljudske djelatnosti i smatra se da je to jedan od

najznačajnijih pravaca razvoja čovječanstva u 21 stoljeću. Osim pomoći čovjeku, on će ga zamijeti u mnogim poslovima. Poprimiti će, sukladno zadacima koji su mu namijenjeni, razna tehnička rješenja od kojih već danas znamo da će biti integracije bioloških, odnosno organskih i anorganskih materijala, umjetne inteligencije. Eksperimentira se sa stvaranjem robota izrađenih potpuno od „žive materije“, odnosno genetski modificiranih organizama koji obavljaju programirane funkcije. Stoga se poimanje robotike postupno mijenja u odnosu na one namjene isključivo za industrijske svrhe. Nametnuti će se dilema živog i neživog, svjesnog i nesvjesnog. Razmatrati će se prava robota. Očekuje se da će nastati promjene socijalnih odnosa u društvu, i do sada još nezamislivi društveni i međuljudski odnosi (seksualni partneri, brak s robotom itd. itd.). Iz toga će proizaći niz etičkih i moralnih pitanja, koji i će biti vrlo kompleksni i koje možemo samo naslutiti ali već sada treba započeti raditi na roboetici [14].

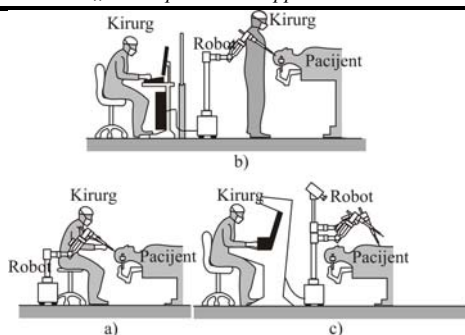
2. ROBOTI U MEDICINI

Povijest primjene robota u medicini je novijeg datuma tek zadnjih dvadesetak godina. Morali su dostići odgovarajući razvoj i visoku sigurnost rada kako bi se mogli koristiti u medicini. Roboti kao pomoć kirurzima već se primjenjuju u svim područjima medicine od oftalmologije, urologije, ginekologije, kardiologije, neurologije, ortopedije, ali i u drugim medicinskim djelatnostima kao što je fizioterapija, pomoć nepokretnim bolesnicima, distribucija lijekova po bolesničkim sobama, nadzor pacijenata i mnoge druge. Nove robotske primjene nalažu nova rješenja, jednako u pogledu konstrukcije, kao i metoda upravljanja, primjene novih materijala i senzora. Medicinski roboti odličan su primjer sinergije medicine i tehnike. Robot ne zamjenjuje kirurga on je njegova dodatna ruka i mikroskopske oči. S aspekta složenosti, preciznosti i pouzdanosti najzahtjevnija je robotska kirurgija. Već i početna primjena donosi dobre rezultate. Mnogi pacijenti zahtijevaju i dodatno financiraju operaciju npr. s robotom Da Vincijem, jer se pokazalo, da se operacija obavlja kvalitetnije i s manje traume za pacijenta od klasične laporaskopske operacije.

Česti i široko rasprostranjeni su tzv. medicinski servisni roboti namijenjeni pružanju pomoći bolesnicima i hendikepiranim osobama. Tu spadaju različita sofisticirana pomagala, egzoskeleti i ortoze [9].

Primjena robota u kirurgiji naziva se robotskom kirurgijom ili računalno-asistiranom kirurgijom. Njihovo uključivanje u kirurške zahvate moguće je na različite načine i s različitim stupnjem samostalnosti. Postoje tri načina rada:

1. Oblik rada koji je nesamostalan nazvan je „asistentskim“ tj. sam operativni zahvat obavlja kirurg kao na slici 1.a. Robot asistent ima ulogu pomoći kirurgu da ostvari precizniji i točniji rad te izbjegne tremor ruke (zbog finih pomaka ili pak zbog umora). Primjer za takav način rada u neurokirurgiji su biopsije, postavljanje elektroda, katetera, bušenja kosti i sl.
2. Način rada robota koji se naziva autonomnim, podrazumijeva samostalno obavljanje operacije, odnosno dio operacije (neki zahvat) bez vođenja od strane kirurga (slika 1b). Za taj način rada su uglavnom svi tehnički problemi već riješeni, ali ipak nisu našli široku primjenu prije svega iz etičkih razloga.



Slika 1. Načini primjene robotske neurokirurgije [18]: a) asistent robot, b) autonomni robot, c) teleoperacijski upravljani robot [16]

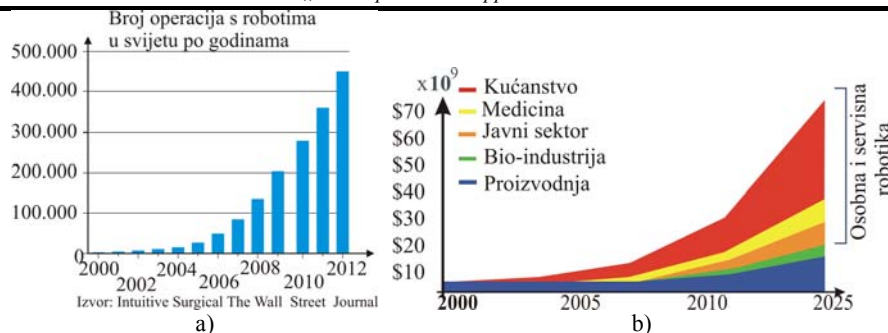
3. Način rada s robotima koji su teleoperacijski uređaji ili uređaji s daljinskim upravljanjem, slika 1c. Kirurg svojim pokretima upravlja „rukama“ robota s laparaskopskim instrumentima gledajući na ekranu znatno uvećanu 3D sliku. Da bi operirao kirurg ne mora biti u operacijskoj sali [18]. Prva primjena robota u kirurgiji bila je na području neurokirurgije 1985.g. kada je industrijski robot PUMA 560 bio korišten za postavljanje igle za biopsiju mozga koristeći CT navođenje [10]. Danas je u medicini najviše prisutan i korišten teleoperacijski robotski sustav Da Vinci, slika 2. Prototip je izrađen 1997., a već 1998. izvedena je s njim prva operacija.



Slika 2 Teleoperacijski robot Da Vinci

Razvijen je kao kirurški robot za operacije na daljinu te je izvorno bio namijenjen za vojsku i izvođenje kirurških zahvata na udaljenim ratištima i drugim opasnim okruženjima. Pokazalo se da je primjenjiviji za minimalno invazivnu kirurgiju na licu mjesta u operacijskoj sali. Njegova primjena je velika i u svijetu u bolnicama postoji više od 2100 jedinica i s njim je obavljeno preko 350.000 operativnih zahvata godišnje (podatak za 2012.). Koristi se za različite kirurške zahvate u ginekologiji, urologiji, abdominalnoj kirurgiji, ortopediji, operaciji kralježnice, kardiologiji, torokarnoj kirurgiji i dr. Zadnje vrijeme se koristi i za transplantaciju organa. Stopa komplikacija kod tih zahvata, bitno je manja nego kod klasičnih i laparaskopskih operacija: većih komplikacija ima 1,7 posto u odnosu na 6,7 posto kod klasičnih operacija, a manjih komplikacija 3,7 posto u odnosu na 14,6 posto kod laparaskopskih zahvata npr. na prostati [1].

Iz godine u godinu povećava se broj operacija s robotima što najbolje pokazuje dijagram na slici 3a) [8].



Slika 3 a) Broj operacija s robotima u svijetu po godinama [8], b) financijska ulaganja u razne vrste robota u sljedećim godinama [8]

U istu skupinu s medicinskim robotima spadaju i roboti koji će pomagati čovjeku i u drugim njegovim potrebama. Nazivaju se društvenim robotima. Raditi će u kućama, uredima, biti konobari, nadzirati će djecu, podučavati ih i niz drugih. Smatra se da će do 2040. godine svako kućanstvo razvijenih zemalja imati ili će koristiti nekog robota. Do sada su se uglavnom najviše razvijali industrijski i vojni roboti. Sada je sve više razvoj usmjeren na te društvene (uslužne) robote, a posebno medicinske robote. Ulažu se ogromna financijska sredstva jer se razvojem tih robota očekuje ogromna materijalna dobit. Veličina ulaganja u pojedine vrste robota prikazana je dijagramom na slici 3b) [18].

2.1 Prednosti i nedostaci robotske kirurgije

Robotski kirurški sustavi imaju brojne prednosti [4] [12] [15]: 1. vrhunsku 3D prostornu točnost; 2. stabilizaciju instrumenata unutar kirurškog polja; 3. veliki ponovljivost kirurškog instrumenta i putanje; 4. poboljšanje spretnosti, skaliranja kretanja; 5. vrlo male kontrolirane pokrete; 6. sprečavanje tremora; 7. ostvarivanje realno minimalnih invazivnih zahvata; 8. integrirana 3D vizija sustava s visokom rezolucijom; 9. visoki stupanj integracije informacija; 10. precizno održavanje sile i sposobnost brzog reagiranja na promjene u razini sile; 11. stabilne performanse; 12. sigurnost rada; 13. kraći oporavak pacijenta; 14. manji postotak postoperativnih komplikacija; 15. manje trauma za pacijenta; 15. povećavanje kapaciteta bolnice zbog kraćeg trajanja nekih operacijskih zahvata i kraćeg vremena boravka pacijenta u bolnici.

Kako je gore nabrojano prednosti robotskih kirurških sustava su velike. Na postojeće teleoperacijske robotske kirurške uređaje nema značajnijih tehničkih niti operativnih primjedbi, osim što vrlo visoka cijena sprječava njihovu još veću primjenu.

2.2 Neurokirurški roboti

Primjena robota kod neurokirurgije je obećavajuća posebno za autonomne robote uglavnom iz dva razloga: lubanja je fiksni kruti okvir, u kojem se mogu dobiti precizni položaji ciljnih točaka postupcima snimanja CT ili MRI. Skenirana slika je temelj po kojoj se određuju prostorne koordinate mjesta za kiruršku intervenciju. Drugi razlog je što se to meko tkivo - mozak, za razliku od ostalih organa unutar tijela, ne miče i zbog toga pojednostavljuje proces rada. Međutim, ponekad nakon što je lubanja otvorena tijekom operativnog postupka može doći do istjecanja likvora, a time i pomaka moždanog tkiva. Tu kompenzaciju pomaka, ako dođe do njega, moguće je registrirati i izvršiti korekcije koordinata ciljane točke.

Uz navedene tri skupine kirurških robota kod neurokirurških robota pojavljuje se skupina polu-aktivnih između prve i druge. Takav robot iako drži hvataljkom kirurški instrument, samostalno ga ne pomiče, već to radi kirurg gurajući cijelu ruku robota s kirurškim instrumentom u točno određenom prostornom smjeru i do određene dubine koje određuje robot.

Zajedničko je svim robotima za neurokirurgiju rad temeljem slike glave napravljene sa CT ili MRI, s kojom se dobivaju koordinate ciljane točke u mozgu. Razlike se pojavljuju u drugačijim konstruktivnim pristupima projektiranju kirurških robota. Jedan pristup preferira korištenje vanjskih markera različitih vrsta preko kojih se povezuju unutarnje koordinate ciljane točke i prepoznavanje vanjskih markera od strane robota koji ih povezuje s unutrašnjim koordinatama. Drugi koriste tzv. metodu markerless, prepoznavanjem karakteristika lica iz kojih usporedbom sa snimkama CT ili MRI dobivaju potrebne prostorne koordinate ciljane točke u mozgu. Razlike mogu biti i u radu s jednom ili s dvije ruke, ali i niz drugih konstruktivnih i softverskih rješenja. Za sada neurokirurški roboti nisu točniji od postojećih operacija sa stereotaktičkim okvirima. Izvedeni kirurški roboti imaju „ruku“ (manipulatore) s 4 do 6 stupnjeva slobode gibanja. Većina ih ima samo jednu ruku. Spretnost kirurga je znatno veća i ostvaruje se sinkronim pomacima i koordinaciji s dvjema rukama uz izuzetno pokretljive šake i prste [3].

U bolnicama se danas koristi nekoliko primijenjenih rješenja neurokirurških robota. Najznačajniji su NeuroMate (slika 4 a), razvijen u Francuskoj koji ima 5 stupnjeva slobode i namijenjen je za veliki broj neurokirurških postupaka. Drugi robotski sustav primijenjen u neurokirurgiji od kojeg se mnogo očekivalo je ROSA tvrtke Medtech, slika 4b. Razvijen je u uskoj suradnji s nekoliko kirurških timova, koristeći napredne robotske funkcije, navigaciju i haptičku tehnologiju te vizualizaciju za markerless registraciju. Postoji i niz drugih, ali manje značajnih i koji još nisu na tržištu i masovnoj primjeni kao što su NeroArm, ROBOCAST, te mobilni neuro-robotski sustav Prosurgics Pathfinder, razvijen u Engleskoj [11].

2.3 Primjena dvoručnog robota za neurokirurgiju - RONNA [6] [7] [12] [14] [18]

Robot je razvijen na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu u suradnji s Kliničkom bolnicom Dubrava (voditelj prof. dr. Bojan Jerbić). Ključni je bio zadatak riješiti već navedene nedostatke koje imaju postojeći neurokirurški roboti a proizlaze iz koncepcije rada robota kao što su:

1. problem apsolutne točnosti pozicioniranja zbog primjene klasičnih revolutnih kinematičkih arhitektura koje uzrokuju sumiranje grešaka jednako zbog mehaničke izvedbe kao i regulacije,
2. problem djelovanja u antropomorfnim i nestrukturiranim uvjetima operacijskog okruženja.

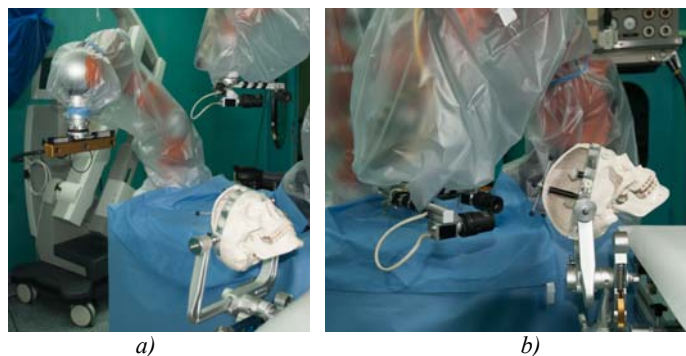


Slika 4 Neurokirurški roboti a) NeuroMate u laboratoriju, b) ROSA

Razvijeni sustav je nazvan RONNA – **RO**botic **N**eurosurgical **NA**vigation, riješen je nizom novo razvijenih tehničkih rješenja i tehnologija. Korišteni su lagani roboti sa 7 stupnjeva slobode, te senzorski sustavi točnog položaja, sila i momenata, laserski i optički uređaji, ali i novo razvijeni

softveri. Otklonjeni su uočeni nedostaci prethodno razvijenih neurokirurških robota [7]. Određivanje koordinata ciljane točke u mozgu dobiva se točnim očitajima na tomografskim i radiološkim digitalnim snimkama s CT-a ili MRI u odnosu na vanjski marker pričvršćen na glavi pacijenta. Robot pronalazi vizijom sustavom markere na glavi pacijenta te razvijenim operativnim programom povezuje s koordinatnim sustavom očitanim na snimkama CT ili MRI. Inovativni pristup u razvoju ovog sustava je korištenje dviju ruka, odnosno dva neovisno upravljana robota, koji međusobno koordiniraju jedan s drugim tijekom lokalizacije, navigacije i kirurških zahvata. Lokalizacija glave pacijenta temelji se na posebnoj lokalizacijskoj pločici s markerima pričvršćenoj na glavu pacijenta. Koriste se konvencionalni roboti, a ne specijalno razvijeni i izrađeni roboti koji bi bili izuzetno skupi. Konvencionalni roboti koštaju danas dvadesetak tisuća eura pa je time osigurano da cijena konačnog sustava bude prihvatljiva. Budući da oni ne zadovoljavaju visoke zahtjeve preciznosti kirurških standarda bilo je nužno izgraditi softver kojim bi se robotima ugradila „svijest“ o vlastitoj nesavršenosti. Bili su svjesni da griješe i jedan drugome su pomagali da isprave greške. Rezultat je bio postizavanje znatno veće točnosti rada od onih kod standardnih stereotaktičkih postupka u neurokirurgiji.

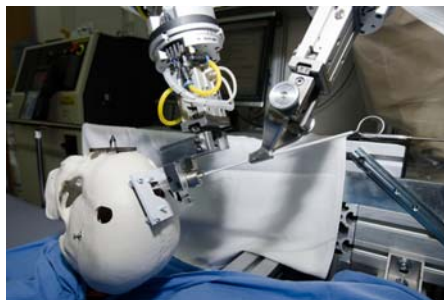
Drugi zadatak je bio jednostavno surađivanje RONNA-e s kirurzima s kojima će sudjelovati u operaciji, a koji nisu robotski educirani. Osmišljen je odgovarajući upravljački sustav koji omogućuje robotu da razumije jednostavne signale i pokrete kirurga kod promjene alata ili kretanja i zaustavljanja robota putem dodira [2].



Slika 5 a) RONNAvision modul [18], b) precizna lokalizacija sa master robotom

RONNA sustav se sastoji od nekoliko modula koji su međusobno povezani i rade kao kompletan sustav. Oni obuhvaćaju navigaciju i softver za planiranje RONNAplan, dvije robotske ruke, odnosno dva robota. Jedan je RONNAmaster sa 6 stupnjeva slobode, a drugi RONNAassistant sa 7 stupnjeva slobode. Mjerni uređaj je RONNAvision (slika 5a), RONNAmarker namijenjen je za lokalizaciju (slika 5b), te uređaj za stereovizijsku kalibraciju RONNAstereo. Sustav ima operative alate i napredni softver. Sustav za pozicioniranje smješten je na robotsku ruku i čine ga kamera i laserski mjerač udaljenosti. Zadatak je pronalaženjem lokalizacijske pločice s markerima pričvršćene posebnim vijkom [6] [12] na glavi pacijenta. Time su određene polazne koordinate robotu. Koordinate ciljane točke određene iz snimaka napravljenih s CT ili MRI prenesene su u robot, a poveznica je vanjska montirana lokalizacijska pločica s markerima. Time je određeno ishodište koordinatnog sustava. Budući da konfiguracija RONNA ima dvije ruke razvijen je posebni sustav upravljanja na temelju evolucijskog algoritma koji koordinira kretanje dvaju robota, čime se sprječava neželjeni sudar kao i mogućnost neželjene kolizije s medicinskim osobljem i pacijentom [13]. Kako je RONNA sustav distribuiran, i sastoji se od dva robota, koristi se komunikacijski algoritama za multi-agentski robotski sustav razvijen kod ranijih istraživanja na FSB-u (slika 6).

Unatoč preciznoj obavljenoj lokalizaciji, moguća su odstupanja. Ona su posljedica zbrajanja pogrešaka u otvorenom kinematičkom lancu robota, kao i neizbježne netočnosti u uzimanju alata/instrumenata i izmjenjivaču alata. Kada robot samostalno mijenja alate, instrumente, odnosno druge uređaje uvijek ih je potrebno kalibrirati prije kirurškog zahvata. To se čini pomoću robota-asistenta (stereovizijskog modula).

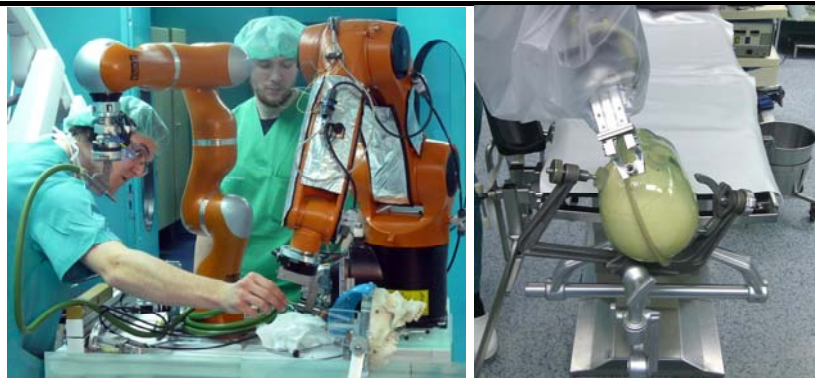


Slika 6 Simulacija automatskog rada u laboratoriju, nakon bušenja obavlja se ubacivanje katetera. (vodilica je u hvataljci master-robota, a kateter u hvataljci robota-asistenta [14])

RONNA sustav uključuje sve kontrolne funkcije temeljene na senzorima snage i okretnog momenta u impedancijskoj kontroli ugrađenoj u mehanizam asistenta robota KUKA LWR4, kao i napredne behaviorističke modele. Primjena robota u ljudskom okolišu pretpostavlja sposobnost za rad u nestrukturiranom okruženju i intuitivnu sposobnost za interakciju s ljudima. Stoga, robot ne može biti programiran implicitno, jer uvjeti rada nisu poznati, barem ne svih prisutnih elemenata (položaj i ponašanje medicinskog osoblja, mjesto druge opreme itd.). Ponašanje i interakcija robota s okolinom mora biti zasnovana na percepciji okolnih objekata i ljudi koji rade s robotom. Ona mora biti prostorna, tj. u sve tri dimenzije. Ponašanje mora biti intuitivno i što oslobađa kirurga da se bavi tehničkim aspektima primijene sustava. U RONNA sustavu primjenjuje se dvojni stereovizijski sustav kako bi se omogućila dubinska percepcija okoline, a ne samo percepcija slike objekata u sceni. Iz ovoga je jasno da je upravljanje RONNA "inteligentno", podešavanjem ponašanja robota s obzirom na trenutnu situaciju ili operativnu fazu. Kombinirajući kontrolne algoritme s načelima rasuđivanja vjerojatnosti i kontekstualnog razumijevanja, koji su razvijeni, RONNA je u mogućnosti ponašati se „pametno“ zaobilazeći prepreke, odmaknuti se od medicinskog osoblja, pripremiti se za očekivane akcije na temelju percepcije. Razvoj RONNA je završen u tri godine, stvoren je prototip ispitivan u predkliničkom testiranju (slika 7) i sada je sve spremno za klinička ispitivanja, odnosno za prvu robotsku operaciju u Hrvatskoj, koja bi po planu trebala biti početkom 2015.

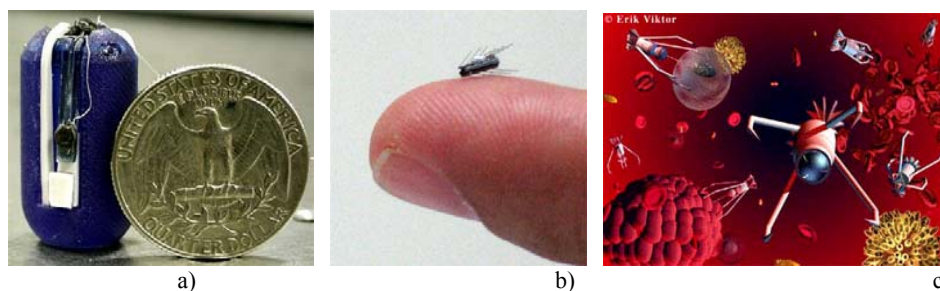
3. BUDUĆI RAZVOJ ROBOTIKE U KIRURGIJI

Od znanstvene fantastike do realizacije sve su kraći koraci. Robotska kirurgija razvijati će se sve brže i brže u nekoliko smjerova razvoja. Može se očekivati je da će sve više biti prisutna umjetna inteligencija, komuniciranje glasom, roboti s više „ruku“ sa senzorima sila, momenata, prepoznavanje tkiva, organa i njihovog položaja u prostoru. Biti će još precizniji. Roboti će biti u stanju obavljati minimalno invazivne kirurške zahvate s boljim rezultatima i biti će manje traumatični za pacijenata [5]. Tehnički će trebati još mnogo toga riješiti da se realiziraju te vizije primjene. Veliki problem još dugo vremena biti će i cijena.



Slika 7 RONNA u operacijskoj sali u predkliničkom ispitivanju simulacijom rada na fantomu

Jedan od pravaca razvoja robotike u medicini je njihova minijaturizacija s kojom bi se postiglo da više nije nužna operacija, već bi se „kirurgija“ i „liječenje“ obavljalo unutar tijela pacijenta [17]. Već se razvijeni minijturni roboti koji se u obliku tablete gutaju i dovode u probavni trakt. Imaju "ruke" ili ticala s organskim ljepilom s kojima se mogu uhvatiti za stjenke crijeva, mogu se zaustaviti ili pak navoditi do mjesta koja treba dodatno pregledati. Osim što mogu slati slike unutrašnjosti u svrhu dijagnostike, uzimati uzorke biopsijom, mogu laserom spaljivati (kauterizirati) rane koje krvare i sl. Znanstvenici s Institute of Technology u Izraelu projektirali su 2009. minirobot s iglicama ViRob, čija je duljina samo nekoliko milimetara i promjer oko 1 mm, slika 8 [17]. Magnetskim poljem izvan tijela pacijenta znanstvenici su uzrokovali vibraciju iglica robota gurajući ga dalje kroz krvnu žilu. Daljnjim smanjivanjem minirobota omogućilo bi se njegovo ubrizgavanje u krv gdje bi se mogli kretati kroz krvne žile. Smatra se da bi se tada omogućilo obavljanje sljedećih zadataka: a. sprečavanje i otklanjanje krvnih ugrušaka; b. uništavanje stanica karcinoma; c. odstranjivanje masnih nakupina na arterijama (arterioskleroza); d. uklanjanje parazita; e. uklanjanje bakterija i virusa; f. razbijanje bubrežnih kamenaca; g. čišćenje rana i ozljeda, odstranjivanjem nečistoće s rana i time smanjenje mogućnosti infekcije; h. dijagnostika i dr. Zbog rješavanja problema u realizaciji na mikro razini poseže se za postojećim rješenjima u prirodi, kopirajući ih ili se određenom modifikacijom stvaraju bionički nanoroboti (npr. Nano Copter).



Slika 8 a) Robot tableta za crijevnu dijagnostiku, b) minirobot s iglicama ViRob, c) zamišljeni mikroroboti u krvnoj žili

Daljnja razmišljanja idu prema stvaranju potpuno biološkog robota u obliku određenih bakterija koje su genetski modificirane i obavljaju korisne zadatke. Da li je to robotika, odnosno bionika, ili je riječ isključivo o biologiji? Ovdje se lome sve dosadašnje definicije robotike. Novi profili stručnjaka koji

se bave tom problematikom su bioinformatičari, bioničari koji ukazuju da jedna struka ne može rješavati takve zadatke makar je to njihovo bazno matično područje rada [17].

4. ZAKLJUČAK

Iako u medicini cijena nema tolikog značajnog utjecaja, kao u industriji, skupa istraživanja i složeni sofisticirani uređaji mogu u danom slučaju ipak igrati važnu ulogu. Vrijeme samostalnih, autonomnih kirurških sustava koji će moći obavljati operacije tek dolazi i napraviti će jednu od najvećih revolucija u poslovima kirurgije. Može se reći da je i sustav RONNA doprinos tom pravcu kretanja. U medicini morati će se eliminirati otpori uvađanju samostalnih kirurških robota koji već postoje, što će se vjerojatno dogoditi onog trenutka kada praksa pokaže da oni znatno manje griješe od samih kirurga, da operacije i opravak traje kraće s manje trauma za pacijenta.

5. LITERATURA

- [1] Bratonja Martinović L.: Revolucionarni korak: robot-kirurg već naredne godine operirat će u Hrvatskoj, (2012.), <http://www.novolist.hr>, pristup 22.12.2014.
- [2] Fruk F.: Napravili smo robota kirurga, *časopis Vidi br. 224/2014, ISSN 1330-626X*, str. 24-27
- [3] Haidegger T.: Improving the Accuracy and Safety of a Robotic System for Neurosurgery, (2008) Internet *Diploma_haidegger_neurosurg_robot.pdf*, pristup 02.03.2013.
- [4] Haidegger T.: Theory and Method to Enhance Computer-Integrated Surgical Systems, (2008) Internet, http://www.omikk.bme.hu/collections/phd/Villamosmernoki_es_Informatikai_Kar/2011/Haidegger_Tamas/tezis_eng.pdf, pristup 02.06.2013
- [5] Hockstein N. G. et al.: A history of robots: from science fiction to surgical robotics, *J Robotic Surg 1*, (2007.), DOI 10.1007/s11701-007-0021-2, pp. 113–118,
- [6] Jerbić B. et al.: Lokalizacijska pločica i set za njeno fiksiranje, prijava patenta, br. P20121063A (2012)
- [7] Jerbić B. et al.: Robotic Application in Neurosurgery Using Intelligent Visual and Haptic Interaction, *International Journal of Simulation Modelling, ISSN 1726-4529*, u tisku
- [8] Jerbić B.: Robotika u medicini, izazovi 21. stoljeća, *Tribina: Presjecišta medicine i strojarstva*, Zagreb 2014.
- [9] Karabegović I. et al. (2013): Primjena servisnih robota u rehabilitaciji i pomoći bolesnicima, *Medicina fluminensis 2013, Vol. 49, No. 2*, pp. 167-174
- [10] Karli S. & Čustić M.: Robotska revolucija u kirurgiji, *Nacional br 628 (2007)*
- [11] McLaughlin L.: Neuro Arm, Neurosurgery, Drexel University, www.pages.drexel.edu/~gn52/.../Neuro%20Arm.pdf, pristup 15.02.2014.
- [12] Nikolić G. et al.: Lokalization plate for stereotactic surgery, *EU patent dizajna, DM/079 990*, 22.12.2012.
- [13] Nikolić G.: Šok budućnost, *časopis Open InfoTrend 197/11/2014.*, strana 38-47,
- [14] Stipančić T. et al.: Robotic Neurosurgical Navigation, (2013) Internet, www.ronna.fsb.hr, pristup 02.06.2013.
- [15] Zamorano L. et al.: Robotics in neurosurgery: state of the art and future technological challenges, *The International Journal of Medical Robotics & Computer Assisted Surgery*, (2004.) Internet,
- [16] Haidegger T. et al.: Future Trends in Robotic Neurosurgery, *IFMBE NBC 2008, Proceedings Vol. 20*, pp 229 do 233,
- [17] Nikolić G.: Budućnost razvoja robota u području mikro i nano veličina, 2. Znanstveno stručno savjetovanje, Krivodol 2013., *Zbornik radova ISBN 978-953-56774-3-7*, str. 193 – 220.
- [18] Nikolic, G., Jerbic, B., and Chudy, D: Robotic Applications in Surgery with Special Emphasis on Applications in Neurosurgery, *Challenges for the Future*, (Faculty of Technical Sciences, DAAAM International and Fraunhofer IAO, 2014.), ISBN 978-3-902734-00-6, pp. 215-236

**ODREĐIVANJE PARAMETARA MEHANIKE LOMA ZA
KONSTRUKCIONI ČELIK RUDARSKIH POSTROJENJA –
EKSPERIMENTALNE I NUMERIČKE METODE**

**FRACTURE MECHANICS PARAMETERS DETERMINATION FOR
STRUCTURAL STEEL MINING MACHINES – EXPERIMENTAL
AND NUMERICAL METHODS**

Mustafa Hadžalić¹, Josip Kačmarčik²

¹Univerzitet u Zenici, Metalurški institut „Kemal Kapetanović“, Travnička 5, Zenica,

²Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet u Zenici, Fakultetska 1, Zenica,

mustafa.hadzalic@yahoo.com

kjosip@mf.unze.ba

SAŽETAK:

U radu su ispitivane lomne osobine čelika S355 koji se primjenjuje u konstrukciji rudarskih postrojenja pomoću eksperimentalnih i numeričkih metoda. Eksperimentalna istraživanja su obavljena na SENB epruveti prema ASTM E 1820 na osnovu kojih je određena promjena vrijednosti J-integrala sa prirastom sile i dužinom pukotine. Osim na osnovu proračuna iz standarda, J-integral je proračunat i na osnovu korelacije sa otvaranjem vrha pukotine (CTOD) određene stereometrijskim mjerenjem deformacija. Na osnovu eksperimentalne postavke i rezultata su napravljene numeričke simulacije primjenom metode konačnih elemenata (MKE), gdje je J-integral određen metodom integrala energijske domene. Eksperimentalni i numerički rezultati su uspoređeni.

Ključne riječi: J-integral, Mehanika loma, SENB epruveta, Metoda konačnih elemenata, S355 čelik, stereometrijsko mjerenje

ABSTRACT:

Fracture properties of the S355 steel used in the construction of mining equipment were investigated by experimental and numerical methods in the paper. The experimental investigations were conducted on standard SENB specimens according to ASTM E 1820 from which change of J-integral values with load increase and crack length were determined. Apart from the standard calculation, J-integral values were calculated from the relationship with the crack tip opening displacements (CTOD) which were determined by stereometric deformation measurements. Finite element method (FEM) numerical simulations were performed based on the experimental set-ups and results, where J-integral values were determined using energy domain integral method. The experimental and the numerical results were compared.

Keywords: J-integral, Fracture Mechanics, SENB specimen, Finite Element Method, S355 Steel, Stereometric Measurements

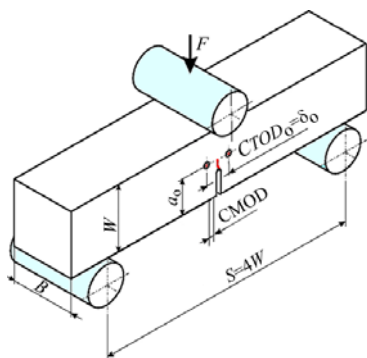
1. UVOD

Izvozna postrojenja su složene transportne mašine prekidnog transporta, koje se u toku rada izložene promjenljivom opterećenju gdje se amplituda opterećenja mijenja zavisno od dubine izvoza, mase transportovanog tereta i ubrzanja elektomotora. Usljed prekoračenje statičke čvrstoće ili dinamičke izdržljivosti materijala strukturalnih elemenata dolazi do zamora materijala i pojave pukotine **Error! Reference source not found.** U ovom radu je ispitivan materijal ovjesne poluge spojnog pribora izvoznog postrojenja Rudnika mrkog uglja u Zenici – pogon „Raspotočje“. Treba napomenuti da su oštećenja na ovim elementima česta jer se izrađuju od materijala slabijeg kvaliteta, čelika S355. Kako se ovaj čelik koristi za izradu i ostalih strukturalnih elemenata izvoznih postrojenja, veoma je značajno analizirati uticaj greške tipa pukotine, kao i raznih oblika koncentratata naprezanja (zareza, žlijebova, poroznosti, lunquera), na njegovo ponašanje pri djelovanju statičkog i dinamičkog opterećenja. Ispitivanje epruveta sa pukotinom pokazuje lokalno ponašanje materijala oko vrha pukotine i polazi od pretpostavke da je materijal epruvete dovoljno homogen, što znači da se rezultati lokalnog ponašanja mogu tretirati globalno, odnosno da se mogu neposredno prenijeti na odgovarajuću konstrukciju. Za određivanje loma trebaju se koristiti neki poznati parametri.

Kako se kod većine konstrukcijskih materijala oko vrha pukotine razvija veliko područje plastične deformacije, primjena parametara linearno-elastične mehanike loma (kao npr. kritične vrijednosti faktora intenziteta napona) je u realnim uslovima ograničena. Analiza plastičnog ponašanja materijala, kojom se bavi elasto-plastična mehanika loma dovela je do definisanja dva sljedeća parametra, otvaranje vrhe pukotine - CTOD **Error! Reference source not found.** (*engl. crack tip opening displacement*), i konturni *J*-integral [2,3]. Pogodnost primjene parametara CTOD i *J*-integrala je u mogućnosti njihove analize i poslije razvoja značajnih plastičnih deformacija, sa jedne strane, i u pogodnosti njihovog eksperimentalnog određivanja, propisanih različitim internacionalnim standardima.

2. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA I ODREĐIVANJE J-INTEGRALA

Eksperimentalna istraživanja u radu su obavljenja prema ASTM 1820-1. Od ispitivanog materijala su izrađene dvije SENB (*engl. single-edge-notched bend*) epruvete (Slika 2) za ispitivanje lomne žilavosti savijanjem u tri tačke. Dimenzije epruveta i mehanička svojstva materijala su data u Tabeli 1.



Slika 2. SENB epruveta sa zamornom pukotinom pripremljena za ispitivanje lomne žilavosti



Slika 3. Ispitivanje SENB epruveta savijanjem u tri tačke stereometrijskim mjerenjem

Tabela 1. Dimenzije epruveta i mehanička svojstva materijala

oznaka epruvete:	mm <i>W</i>	mm <i>B</i>	mm <i>zarež</i>	GPa <i>E</i>	MPa <i>R_{p0,2}</i>	MPa <i>R_m</i>	- <i>Poison</i>
Epruveta 1	24,67	24,78	6,65	207,6	396,5	537,0	0,3
Epruveta 2	24,67	25,23	6,76	207,6	396,5	537,0	0,3

U skladu sa procedurom iz standarda izvršeno je zamaranje epruveta, kako bi se moglo pratiti lomno-mehaničko ponašanje materijala u prisustvu oštre zamorne pukotine. Određivanje nazivne granične sile, F_L , odnosno maksimalne sile početka zamaranja je definisano izrazom:

$$F_L = \frac{B \cdot b^2 \cdot R_T}{2 \cdot S}, \quad (2)$$

gdje je: B - širina epruvete, b - ligament, $b=W-a$, L - raspon između oslonaca, i $R_T=(R_{p0,2}+R_m)/2$ - efektivni napon tečenja.

Sam postupak stvaranja zamorne pukotine je izveden na jednoosnoj hidrauličkoj kitalici INSTRON 1255 na sobnoj temperaturi i pri vlažnosti vazduha od 50%, slika 3. Elektronska oprema kitalice omogućuje računarsko vođenje ispitivanja i zapisivanje izmjerenih veličina. Ispitivanje je izvedeno sa kontrolom pomaka, konstantnom brzinom pomicanja hidrauličkog klipa $v=1$ mm/min. Amplituda sile prilikom zamaranja imala je vrijednost u zavisnosti od dužine pukotine, izračunate na osnovu izraza (2), $F_{max}=20$ kN za početni razvoj i $F_{max}=10$ kN za razvoj završne pukotine. Primijenjen je raspon opterećenja $R=F_{min}/F_{max}=0,1$ sa frekvencijom $f=15$ Hz. Zamaranje je bilo prekinuto, kada je u području mehaničkog zareza na epruveti postignuta dužina zamornog prirasta pukotine i dužina mehaničkog zareza dostigla na površini dužinu koja odgovara standardom propisanom omjeru dubine $0,45 < a/W < 0,65$.

Nakon stvaranja zamorne pukotine nanosi se raster u obliku tankog sloja spreja i vrši se ponovno opterećenje epruvete za označavanje stabilnog prirasta pukotine i konačnog preloma epruvete. Za određivanje otvaranja vrha pukotine CTOD, izvršeno je stereometrijsko mjerenje mjernom opremom ARAMIS sa dvije kamere, na epruvetama sa zamornom pukotinom, slika 3.

Stereo-mikroskopom OLYMPUS SZX12 je na prelomnoj površini izmjerena početna pukotina (mehanički zarež i zamorna pukotina) kao i konačna dužina pukotine nakon eksperimenta. U tabeli 2 su date početne vrijednosti dužine pukotine a_0 , i krajnje izmjerene vrijednosti prirasta pukotine sile F i otvaranja pukotine CTOD za epruvetu 1 i epruvetu 2.

Tabela 2: Izmjerene vrijednosti dužine pukotine, CTOD i sile

oznaka epruvete:	mm <i>a₀</i>	- <i>a₀/W</i>	mm <i>Δa</i>	mm <i>CTOD</i>	kN <i>F_{max}</i>
Epruveta 1	13,924	0,564	0,343	0,567	27,98
Epruveta 2	15,425	0,625	1,048	1,019	24,59

Za svaku epruvetu je sa programom INSTRON View-Maker snimljen zapis sila-pomak na liniji opterećenja u toku eksperimenta loma. Na slici 4 je prikazan dijagram zavisnost sila-pomak za epruvetu 1 i epruvetu 2.

Na osnovu eksperimentalnih rezultata sila-pomak, J-integral za rastuću pukotinu u istraživanoj SENB epruveti prema ASTM 1820 standardu se računa pomoću izraza:

$$J = J_{el} + J_{pl} = \frac{K^2(1-\nu^2)}{E} + \frac{2A_{pl}}{B \cdot (W-a)}, \quad (3)$$

gdje je: A_{pl} je površina ispod krive sila-pomjeranje prema slici 4 i predstavlja dio energije koju apsorbiruje epruveta putem plastične deformacije, $B \cdot (W-a)$ je površina poprečnog presjeka epruvete u području zamorne pukotine.

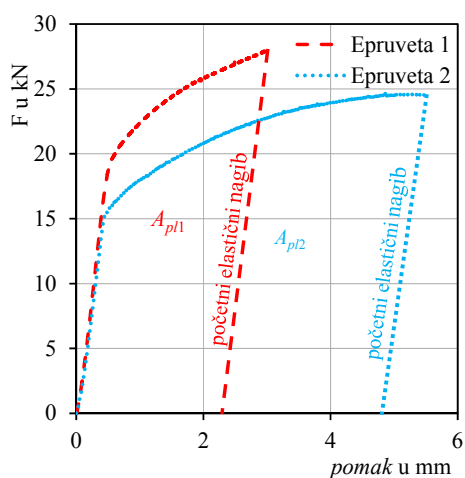
K označava linearno-elastični faktor intenziteta naprezanja i dat je izrazom:

$$K = \frac{F \cdot S}{B \sqrt{W^3}} \cdot \frac{3 \cdot \sqrt{\frac{a}{W}}}{2 \left(1 + 2 \frac{a}{W}\right) \left(1 - \frac{a}{W}\right)^{3/2}} \left[1,99 - \frac{a}{W} \left(1 - \frac{a}{W}\right) \left(2,15 - 3,93 \frac{a}{W} + 2,7 \left(\frac{a}{W}\right)^2 \right) \right], \quad (4)$$

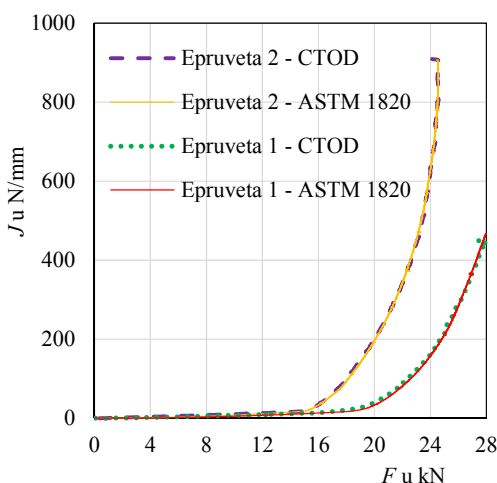
Osim proračunom prema ASTM 1820-1 u radu je J -integral određen i na osnovu eksperimentalno izmjerenih CTOD primjenom poznate korelacije iz mehanike loma [2,7]:

$$J = m \cdot R_p \cdot CTOD \quad (6)$$

gdje m faktor plastičnog ograničenja, a zavisi o geometriji i svojstvima ispitivanog materijala. U radu je usvojena vrijednost $m = 1,7$ na osnovu preporuka iz literature (za epruvetu sa dubokom pukotinom pri čistom savijanju i dati materijal, i na osnovu dobivenih eksperimentalnih rezultata.



Slika 4. Dijagram zavisnost sila-pomjeranje na liniji djelovanja sile za dvije epruvete



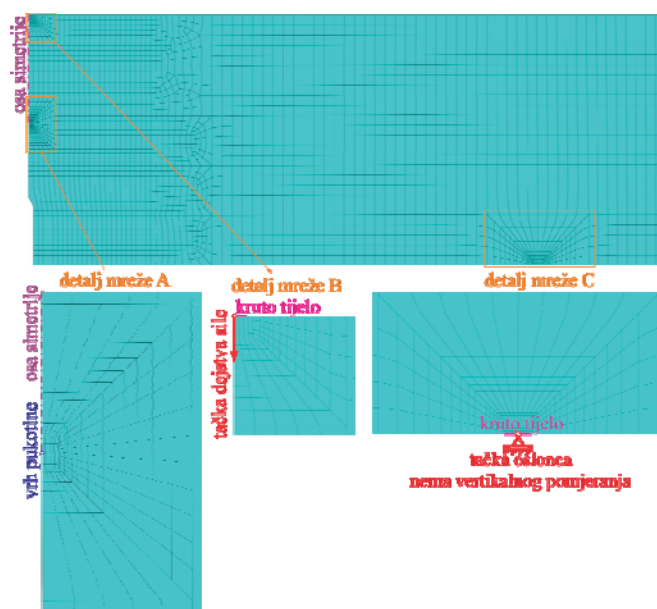
Slika 5. Eksperimentalno određene promjena vrijednosti J -integrala za dvije SENB epruvete sa prirastom sile primjenom ASTM 1820-1 proračuna i na osnovu korelacije sa veličinom CTOD

Na slici 5 je prikazana promjena J-integrala u zavisnosti od sile određena na osnovu rezultata eksperimentalnih istraživanja pomoću izraza (3) i (6), tj. prema ASTM 1820-1 i na osnovu CTOD korelacije, za cijeli opseg vrijednosti sile tokom eksperimenata. Na slici je 7. je uvećan dio ovog dijagrama (uz numeričke rezultate) za opseg sile u elastičnom i početnom plastičnom dijelu eksperimenata. Može se uočiti dobro slaganje rezultata dobivenih različitim metodama, čime se potvrđuje njihova teorijska korelacija, te validnost i primjenjivost oba parametra u ispitivanju lomnih karakteristika materijala.

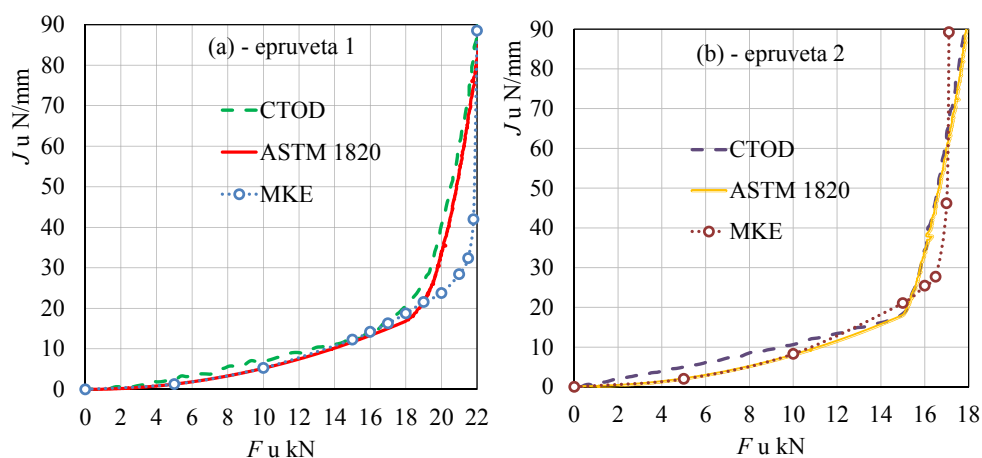
4. NUMERIČKO ODREĐIVANJE J-INTEGRALA POMOĆU MKE

U daljem radu je izvršeno numeričko određivanje J-integrala pomoću komercijalnog MKE softvera ABAQUS **Error! Reference source not found.** za istraživanje SENB epruvete. Određivanje J-integrala je zasnovano na implementaciji metode integrala energijske domene (engl. energy domain integral) u MKE softveru [2,9].

Na osnovu dimenzija SENB epruveta datih u tabeli 1. su napravljeni njihovi MKE modeli (slika 5). Korišteni su četverougaoi elementi za ravno stanje deformacija sa međučvorovima, Abaqus oznake CPE8 (engl. 8-node biquadratic plane strain quadrilateral element). Kako je problem osnosimetričan, modelirana je samo polovina epruveta. U vrhu pukotine je napravljena fina mreža sa elementima veličine 0,05x0,05mm s ciljem postepenog prijelaza od stanja naprezanja u vrha pukotine ka ostalom materijalu tj. da se izbjegnu veliki skokovi u vrijednostima između čvorova. I pored toga što se sa primijenjenim tipom mreže (bez singularnih elemenata) ne može opisati korektno singularitet naprezanja u vrhu pukotine, vrijednosti J-integrala se ipak mogu odrediti sa dovoljnom tačnošću **Error! Reference source not found.** Fina mreža, s veličinom elemenata 0,1x0,1mm, je također urađena oko tački dejstva sile i oslonca s ciljem ostvarivanja postepenog prijelaza stanja naprezanja između susjednih čvorova. Dodatno, da se ostvari bolji raspored graničnih uvjeta na modelu, nekoliko čvorova oko tački dejstva sile i tačke oslonca je povezana u kruto tijelo (liniju). Osnovna veličina mreže u srednjem dijelu epruvete s pukotinom je 0,5x0,5mm, a u preostalom dijelu epruvete je 1x1mm. Između različitih veličina mreže u modelu je ostvaren postepen prijelaz. Materijal epruveta je modeliran kao idealno-plastičan, a kao napon tečenja je uzeta vrijednost efektivnog napon tečenja R_T . Ovo je nedostatak ovog dijela istraživanja, ali osnovni cilj je bilo dobivanje validni numeričkih rezultata za elastični dio eksperimenta, prije pojave velikih plastičnih deformacija. Ostala svojstva materijala su uzeta prema tabeli 1.



Slika 6. Prikaz MKE modela polovine SENB epruvete



Slika 7. Numerički (MKE) i eksperimentalno (proračun prema ASTM 1820 i na osnovu korelacije sa CTOD) određene vrijednosti J-integrala sa prirastom sile za SENB epruvetu 1(a) i 2(b)

Na osnovu eksperimentalnih rezultata je u numeričkim simulacijama definirana sila i širenje pukotine. Širenje pukotine se ostvarivalo oslobađanjem čvorova tj. ukidanjem graničnog uslova osne simetrije u koracima simulacije sa odgovarajućom silom. Razmatran je samo elastični i početni plastični dio eksperimenta. Dalje povećanje sile u numeričkim simulacijama nije bilo moguće zbog pojave

problema sa konvergenzijom tj. uslijed prekida analiza zbog pojave grešaka. J-integral je određen za 10 kontura oko pukotine, a za razmatranje je uzeta srednja vrijednost.

Na slici 7. su prikazane usporedbe numeričkih i eksperimentalnih rezultata za dvije epruvete. Uspoređena je promjena vrijednosti J-integrala sa promjenom sile. Ostvareno je dobro podudaranje u elastičnom području, sve do tačke iniciranja pukotine. Nakon inicijacije i prirasta pukotine dolazi do pojave plastičnosti i dolazi do odstupanja. Ovo je očigledno posljedica neadekvatnosti primijenjenog idealno-plastičnog modela materijala, koji ne odgovara realnom plastičnom ponašanju materijala.

6. ZAKLJUČAK

Kod određivanja lomnih karakteristika konstrukcionih čelika rudarskih postrojenja trebaju se određivati parametri elasto-plastične mehanike loma. U radu je prikazano eksperimentalno određivanje J-integrala i CTOD pomoću ispitivanja SENB epruvete prema ASTM 1820-1 standardu i primjenom stereometrijskog mjerenja deformacija. Teorijska korelacija ova dva parametra mehanike loma je potvrđena eksperimentalnim rezultatima.

U određivanju J-integrala mogu se primijeniti i numeričke metode i time donekle izbjeći skupa eksperimentalna ispitivanja. U radu je prikazana primjena komercijalnog MKE softvera ABAQUS za određivanje J-integrala za SENB epruvetu. U elastičnom području je ostvareno dobro slaganje sa eksperimentalnim rezultatima. Kako je primijenjen nerealističan, idealno plastičan, model ponašanja materijala, u plastičnom području nisu dobiveni saglasni rezultati.

7. LITERATURA

- [1] M. Hadžalić, *Contribution to defining calculation driving machine of the mine hoisting*, Master Thesis, Faculty of Mechanical Engineering, University of Zenica, 2010,
- [2] T.L. Anderson, *Fracture Mechanics: Fundamentals and Application*, Third Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, New York, 2005
- [3] J.R. Rice, A path independent integral and the approximate analysis of strain concentrations by notches and cracks, *Journal of applied mechanics*, Transactions of ASME E35, 1968, pp. 379-386,
- [4] ASTM: E1820-01, Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness, Baltimore: ASTM, 2005, pp.1036-1081,
- [5] *Ispitivanje lomne žilavosti konstrukcijskog čelika*, Fakulteta za strojništvo, Maribor, 2013,
- [6] *GKSS test procedure for determining the fracture behaviour of materials*, GKSS Research Center, publication EFAM GTP 94 (1994),
- [7] J. A. Joyce, *Elastic-plastic fracture test methods: the user's experience (second volume)*, 1991,
- [8] Abaqus Unified FEA v. 6.12 (2012), product of Dassault Systems Simulia Corp, Providence, Rhode Island, USA,
- [9] Shih, C.F., Moran, B., and Nakamura, T., "Energy Release Rate Along a Three-Dimensional CrackFront in a Thermally Stressed Body." *International Journal of Fracture*, Vol. 30, 1986, pp. 79–102,
- [10] W. Brocks, I. Scheider, and G.-F. Geesthacht, (2001), "Numerical aspects of the path-dependence of the J-integral in incremental plasticity," GKSS Forschungszentrum, Geesthacht, pp. 1-33.

PRIMJENA KARBONSKIH VLAKANA U GRAĐEVINARSTVU

APPLICATION OF CARBON FIBRE IN CONSTRUCTION INDUSTRY

Miljan Kovačević¹, Ljubo Marković², Velimir Dutina³, Ljiljana Milić Marković⁴,

¹University of Priština, Faculty of Technical Sciences, Kosovska Mitrovica,

¹University of Priština, Faculty of Technical Sciences, Kosovska Mitrovica,

¹University of Priština, Faculty of Technical Sciences, Kosovska Mitrovica,

⁴CES COWI, Beograd

miljan.kovacevic@pr.ac.rs

ljubo.markovic@pr.ac.rs

velimir.dutina@pr.ac.rs

ljmm@cescowi.rs

SAŽETAK:

U radu je ukazano na mogućnosti primjene karbonskih vlakana u građevinarstvu. U uvodnom dijelu dati su osnovni podaci o karbonskim vlaknima, vrstama karbonskih vlakana koje se koriste i proizvodima od njih. Nakon uvodnog dijela, ukazano je na oblasti upotrebe karbonskih vlakana u građevinarstvu: upotreba karbonskih vlakana u armiranom betonu, upotreba vlakana u drvenim konstrukcijama i primjena kompozita od plastičnih profila i karbonskih vlakana. Na primjeru iz prakse u radu je prikazana primjena karbonskih traka kao elemenata za ojačanje konstrukcija.

Ključne riječi: karbonska traka, traka-tkanina, traka-laminat, epoksidno ljepilo

ABSTRACT:

The paper shows the possibility of the application of carbon fiber in the construction industry. The introductory section provides basic information about carbon fiber, fiber types and the products made from them. After introductory part, the area of the use of carbon fiber in the construction industry is indicated: the use of carbon fiber in reinforced concrete, the use of carbon fibers in wood structures and application of composite plastic profiles and carbon fibers. Based on good practice, this paper shows the application of CFRP strips as reinforcing elements for construction.

Keywords: carbon strips, carbon fabric (Wrap), carbon plates (CFRP), epoxy adhesives

1. INTRODUCTION

Carbon fibers represent contemporary composite material made of carbon fibers (it contains at least 90% carbon) within grid made of epoxy resins. Fibers are circular in cross section, with diameter of 0.01 to 0.10 mm. There are four types of carbon fibers: fibers with cellulose base, fibers with poly-acryl-nitrate (PAN) base, fibers with resin base and fibers which are created from carbon vapor. For the first three types different input materials are used, but the production technologies are almost the same and consist of three phases: oxidation, carbonization and graphitization. Each phase results in carbon fibers with different structure and characteristics [6].

The advantages of the application of the carbon fibres are: availability in many forms and wide range of characteristics, high module of elasticity (especially with fibers based on resins), high strength (especially with PAN fibers), resistance to fatigue and dynamic influences, good thermal stability in the lack of O₂, low coefficient of thermal expansion, good chemical resistance, there are no significant inhalation problems with fiber of smaller diameters up to 5 µm.

Basic deficiency of the application of the carbon fibers are: relatively high cost, necessary attention in manipulating carbon fibers (because it is highly conductible), it oxidizes in the air at temperature over 450 °C; it displays anisotropy in axial and transverse directions.

The following is produced from carbon fibers [2]:

1. Strips-laminates, in which the fibers are aligned along the length of the strip, mutually bonded with appropriate epoxy binder,
2. Strips-fabric, which is produced by different weaving of the "thread", formed from carbon fibers.

Carbon strips and fabrics are produced in practically unlimited lengths. Thickness (t_f) of strips-laminates is up to approximately 2mm and width is (b_f) up to 200mm. Tension strength of carbon strips-laminates is up to 3000MPa, while its border deformity (dilatation) when breaking can be up to approximately 2%. Here, modules of the elasticity of the strips-laminates most often reach value of 200000MPa [2].

Effective (net) thickness (thickness of the „threads“) of the carbon fabric is up to several tenth parts of a millimeter (up to approx. 0,2mm), while the width is most often 200 – 1000 mm. Tension strength is over 3000MPa, while its border deformity when breaking can be around 1,5%. Elasticity module of carbon fabric is over 200000MPa [2].

Strips-laminates can only bear tension (tensile force) in the length wise direction – along the alignment of the fibers, while strips – fabric can bear tension in multiple directions (depending on the manner of weaving of the „threads“, that is, orientation of the fibers) [2].

2. APPLICATION IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

In construction industry two most commonly used types of carbon fibers are: fibers based on PAN and the ones based on resin. According to its characteristics, fibers based on cellulose are worse than the previously mentioned two types, while fibers which are created from carbon vapor show remarkable characteristics, and are very expensive for construction [6].

Carbon strips and fabric are used for reconstruction and strengthening of brick work, wood work, and metal structures, but the most common application is with concrete structures (unreinforced, reinforced and pre-stressed concrete). Main areas of application of the carbon fibers are: strengthening of the structure, use of a mix of carbon fibers in pre-stressed concrete, use in the micro-reinforced concrete and application of composites consisting of plastic profiles and carbon fibers.

Table 1: Comparison of characteristics of fiber and steel [3,5]

Material	Volume mass (g/cm ³)	Elasticity Module (GPa)	Strength when tensioned TS (MPa)	Elongation when breaking (%)	Price (€/kg)
E-glass fiber	2,5-2,6	70-80	2000-3500	3,5-4,5	1,5-3,0
HM carbon fibers (High elasticity module)	1,85-1,9	390-760	2400-3400	0,5-0,8	20-60
HS carbon fibers (high strength)	1,75	240-280	4100-5100	1,6-1,73	20-60
Aramid fibers	1,44-1,47	62-180	3600-3800	1,4-5,2	20-35
Steel	7,8	200-210	360-600	20-30	0,7

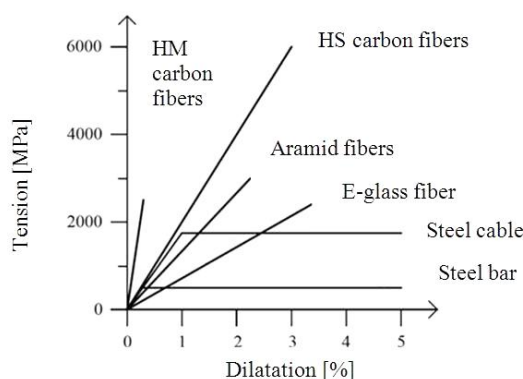


Figure 1: Diagram of tension-dilatation for various fibers and reinforcement steel [4]

Adhesives for carbon strips represent products which, as a rule, together with strips or fabric, are supplied by manufacturer of the specific strips (fabric). Carbon strips-laminates and strips-fabric are used in practice only as elements for receiving tension forces which appear in the construction process. Strip-laminate is solely used for receiving forces which act in the direction of its length, while one strip-fabric is used for receiving tension forces which act in the direction (directions) of its "threads" from which it has been woven from [2].

2.1. Strengthening of the structures

Today, strengthening is one of the most occurring cases for the application of the carbon fibers in construction industry. Main idea is to glue textile or laminates onto the exterior surface of a structure in order to increase strength and rigidity. This type of external strengthening is used to ensure safe usage of unique, expensive and historically important buildings, when demolition of the building or reconstruction is much more expensive than the repair. Most common application of the carbon strips is reinforcement of the concrete structures (Figure 2).

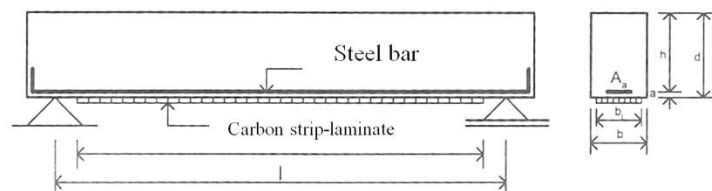


Figure 2: Example of the concrete structure with reinforcement in the form of glued carbon strip-laminate [2]

Carbon fibers with elasticity module higher than 300 kN/mm^2 are applied in wood structures. There are two methods for strengthening of wood structures: gluing to the surface and inlaying in the previously made cuts. (Figures 3 and 4)

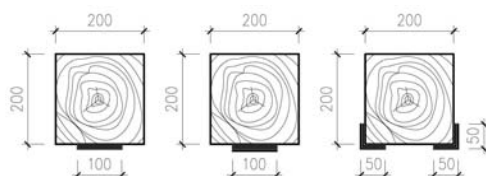


Figure 3: Example of the wood structure with reinforcement in the form of glued carbon strip-laminate [1]

The other method is usually used when it is necessary to preserve original appearance of the building. Elements for external strengthening made from the carbon fibers are most often used for laminated wood beams in the spots with high tension moment. Main advantage of thus strengthening wooden buildings in comparison to the traditional methods is quick and easy installation as well as possibility to make them invisible.

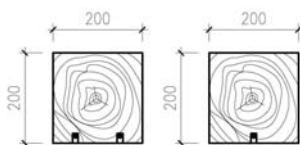


Figure 4: Example of the wood structure with reinforcement in the form of glued carbon strip-laminate [1]

When carbon fibers are used to strengthen steel straining elements, it is advised to do it symmetrically to the center of the gravity of the element. In that case, carbon fibers with elasticity module similar to the one of the steel and maximal possible strength are applied, par example $E=200\text{-}230 \text{ kN/mm}^2$, $TS=4800 \text{ N/mm}^2$.

2.2 Use of carbon fibers in cast concrete

This area is relatively new, but it is developing quickly. Carbon fibers started to appear in the cast concrete in mass production in 2003. Now, it is usual material in cast elements in USA. Grid of carbon fibers is used as a replacement for reinforcement with woven steel fabric and as a mechanical bond for external and internal parts of a concrete wall (Figure 5). Un-corrosive grid of carbon fibers

on the surface of the wall panel makes the installment of the smaller amount of concrete possible, which in turn, decreases the weight and consumption of materials. Wall panels reinforced with the grid of carbon fibers can weigh up to 40% less than conventional cast panels.

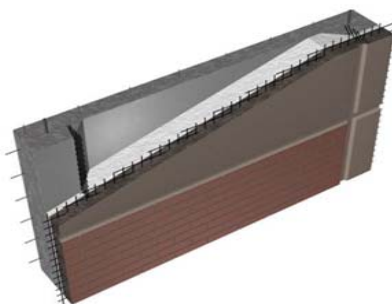


Figure 5: Wall panel reinforced with the grid from carbon fibers [www.altusprecast.com]

Main reason for the application of the carbon fibers in the cast concrete:

- Inability to corrode: carbon fibres donot corrode, so there is no rust and damage which can happen when reinforcing with steel. That is why the quantity of the concrete spent on building protective layers can be decreased;
- Weight: opportunity to decrease quantity of the concrete cover can result in significant weight reduction (up to 50% for wall panels and up to 8% for T shaped slabs). For architects and engineers, reduction of weight contributes to savings in price starting from foundations and wall construction, all the way to the reduced costs of horizontal and vertical transport;
- Energy efficiency: use of the carbon fibers grid contributes to better thermal performance, because it is less thermally conductive and decrease transfer of heat or cold from outside towards inside. Installation built into the walls has no hot or cold conduits. As a result, the owners of the buildings benefit from long-term saving of energy.

Price of the carbon fibers grid is multifold more expensive in comparison to conventional steel reinforcement, but it is usually compensated by reduction of the quantity of the concrete and durability, smaller size and opportunity to reduce foundations as well as superstructure of the building.

2.3. Carbon fibers in bridge construction

Future of the application of carbon fibers lies in the area of constructing bridges. Since 1992 several pedestrian bridges were mostly constructed from composite material with carbon fibers. The examples are Fiberline bridge in Denmark with the span of 40m, Leida pedestrian bridge in Spain with the span of 38m and open Fredikstat bridge in Norway with the span of 56 m. The last bridge is the balance bridge for pedestrians made of plastic reinforced with carbon and glass fibers (Figure 6). Main reason for the application of the plastic reinforced with the carbon fibers was to reduce weight and to provide for the savings on the equipment for opening of the bridge.



Figure 6: Balance Bridge for pedestrians in Fredrikstat, Norway

The advantage of using mix of reinforcing fibers in the bridges:

- Easier, faster, more economic installation – less cranes are needed;
- Resistance to atmospheric damages, salt for melting ice, chemicals for spreading over, etc.
- ;
- Reduced need for maintenance, longer life span, decomposition and easier removal.

In bridge construction, fibers can be used in main bearing structures, then as cables and stirrups.

2.4. Other uses of carbon fiber

Carbon fibers can be used for strengthened plastic profiles. Some manufacturers offer their own I-beams, rectangular and circular pipes. Strength of these profiles can be up to 1800 N/mm². Such a high strength with low weight and small deflection makes this solution suitable for construction. Carbon fibers are a good replacement for steel threads in micro-reinforced concrete. Carbon fibers which are used for concrete are usually cheap cellulose or PAN fibers which provide low thermal conductivity in comparison to steel and they have a good cohesion with the concrete. This solution is good for load bearing floors and roads.

Textile made from carbon fibers can be used in glued laminated wood. Usually, textile is glued between wood laminates. Reduction of weight in this case can be up to 40 %.

3. EXAMPLE OF THE CALCULATION FOR THE STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Architectural design for the adaptation of the shop between the axis 15-18: F-D building SPO 4/1 in Block 64 in Belgrade, calls for formation of an opening in the existing reinforced concrete walls 15 cm thick and for formation of an opening in reinforced concrete ground floor slab, in order to connect to the basement part of the building (Figures 7 and 8).

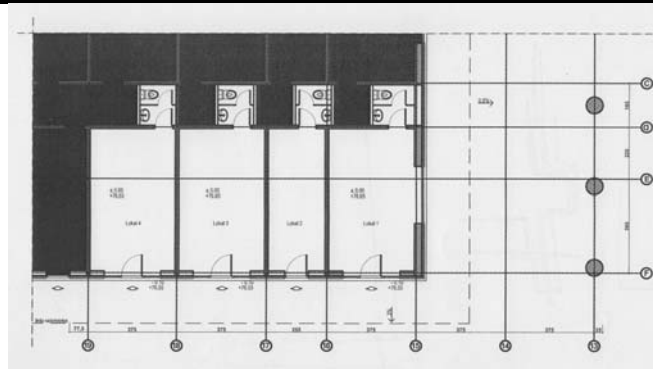


Figure 7: Plan of the building prior to formation of an opening

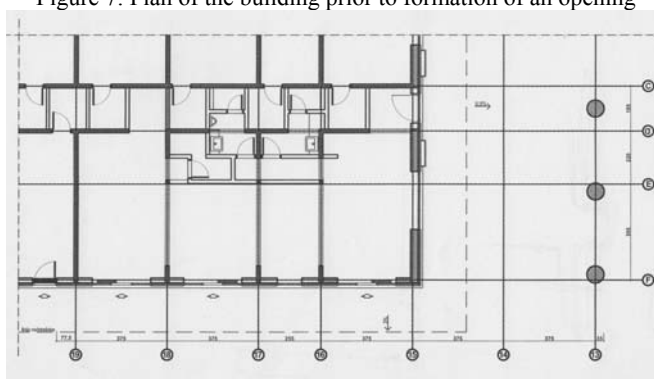


Figure 8: Plan of the building after the formation of an opening

3.1. Impact analysis and calculation

By analyzing newly acquired impacts after removal-cutting of the part of the wall, and having in mind architectural-technological requirements, it is planned to strengthen them by applying carbon strips and steel flats. By installing these materials, we compensate for the necessary reinforcement with installation – gluing carbon strips – laminates and carbon strips – fabric. The edges of the walls at the openings will be additionally reinforced-strengthened by steel laminates-flats fixated by the epoxy resin (in the phase of solidification of the epoxy resin it is planned to apply M-12 bolts with steel plugs Ø18mm) having in mind that carbon strips as a material are not suitable for reparation of the pre-stressed reinforced concrete elements.

Calculation of the building with newly formed openings is done using the program TOWER 6 where input model used was taken from the main design for the construction with all of the planned loads. Also, as output data for scaling, necessary reinforcement, which was calculated in the new model, was used. When calculating carbon strips, technical characteristics for these materials were used from the catalogue of the manufacturer Sika:

Table 2: Technical characteristics of the applied carbon strips - laminates for reception of the main tensile strain, $\sigma_{vt}=2800\text{N/mm}^2$

Name of the product	Elasticity module E_r (kN/mm ²)	Border line deformation ϵ_{fu} (-)	Width b_r (mm)	Thickness t_r (mm)
SikaCarboDurPlates	165	0.017	50/100/150	1.2/1.4

Table 3: Technical characteristics of the applied carbon strips- reception of the main shear strain, $\sigma_{vt}=4300\text{N/mm}^2$

Name of the product	Elasticity module E_r (kN/mm ²)	Border line deformation ϵ_{fu} (-)	Width b_r (mm)	Thickness t_r (mm)
SikaWrap 230C	238	0.018	300/600	0.131

F or the reinforcement around openings in reinforced concrete walls standard flat steel is used Steel 0361, $\sigma_v=240\text{N/mm}^2$

Necessary surface area of the cross section of the strips-laminates and steel flats are deducted on the basis necessary reinforcement resulting from sizing of the reinforced concrete walls after formation of the planned openings.

Wall in the axis 16:

Necessary reinforcement is 13.2 cm^2 above the opening. It is compensated by carbon strips – laminates with surface area:

$$A_t = \frac{A_r \cdot \sigma_{vr}}{\sigma_{tr}} = \frac{13.2 \cdot 40}{180} = 1.9 \text{ cm}^2 \quad (1)$$

Chosen strip -laminate SikaCarbodur S1512. $A_t=20 \cdot 0.12=1.8\text{ cm}^2$

Necessary reinforcement is 9.0 cm^2 in the wall at the opening. It is compensated by steel flats with surface area:

$$A_b = \frac{A_r \cdot \sigma_{vr}}{\sigma_{tr}} = \frac{9.0 \cdot 40}{24} = 15.0 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

Chosen steel flat 150/12mm $A_b=15 \cdot 1.2=18.0\text{ cm}^2$

Wall in the axis 17:

Necessary reinforcement is 12.2 cm^2 above the opening. It is compensated by carbon strips -laminates with surface area:

$$A_t = \frac{A_r \cdot \sigma_{vr}}{\sigma_{tr}} = \frac{12.2 \cdot 40}{180} = 1.74 \text{ cm}^2 \quad (3)$$

Chosen strip -laminate SikaCarbodur S1512. $A_t=15 \cdot 0.12=1.8\text{ cm}^2$

Necessary reinforcement is 7.14 cm^2 in the wall at the opening. It is compensated by steel flats with surface area:

$$A_b = \frac{A_r \cdot \sigma_{vr}}{\sigma_{tr}} = \frac{7.14 \cdot 40}{24} = 11.9 \text{ cm}^2 \quad (4)$$

Chosen steel flat 150/12mm $A_b=15 \cdot 1.2=18.0\text{ cm}^2$

Wall in the axis 18:

Necessary reinforcement is 11.5 cm above the opening. It is compensated by carbon strips laminates with surface area:

$$A_t = \frac{A_r \cdot \sigma_{vr}}{\sigma_{tr}} = \frac{11.5 \cdot 40}{180} = 1.64 \text{ cm}^2 \quad (5)$$

Chosen strip -laminate SikaCarbodur S1512. $A_t=15 \cdot 0.12=1.8\text{ cm}^2$

Necessary reinforcement is 5.12 cm² in the wall at the opening. It is compensated by steel flats with surface area:

$$A_s = \frac{A_{s, req}}{\sigma_{s, y}} = \frac{7.14 \cdot 40}{24} = 11.9 \text{ cm}^2 \quad (6)$$

Chosen steel flat 150/12mm $A_s = 15 \cdot 1.2 = 18.0 \text{ cm}^2$

Table 4: Specification of the carbon strips - laminates Sika Carbo Dur Plates S1512 150/1.2mm

	L (m)	pcs	Total(m)
T1	4,5	2	9
T2	3,15	1	3,15
T3	1,8	4	7,2
T4	4,5	2	9
T5	6,2	2	12,4
T6	4,75	1	4,75
T7	3,6	2	7,2
	Total:		52,7

Table 5: Specification of the carbon fabric Sika Wrap 230C 0.131

	L (m)	pcs	Total (m)
TT1	1,4	6	8,4
TT2	2,22	4	8,88
TT3	2,4	4	9,6
	Total:		26,88

4. CONCLUSION

In modern construction, complex materials-composites are being used increasingly more; from this group of materials, due to its high performances, carbon fibers (carbon strips and carbon fabric), are especially sought for. Reasons for all the more massive application of the carbon fibers and its taking over the role that the steel sheets used to have, is the fact that materials based on carbon fibers are much stronger, they weigh less, they are resistant to failure and they possess favorable mechanical characteristics. Another advantage of these materials is that they do not require any kind of anticorrosive protection.

Carbon fibers are applied in the area of strengthening and rehabilitation of concrete, wood, brick laid and other different structures, where these materials are bonded by gluing them to the structure that needs to be strengthened, in order to receive increased exploitation load. The listed characteristics enable simple and technically elegant solutions, which undoubtedly leads to positive financial effects and shortens the time for construction.

5. REFERENCES

- [1] A. Borri, M. Corradi, A. Grazini, A method for flexural reinforcement of old wood beams with CFRP materials, *Composites: Part B*, 36, 2005, 143-153.
- [2] M. Muravljev, Praktična primena karbonskih traka i tkanina za sanaciju i ojačanje konstrukcija, Zbornik radova, *Savremeni materijali i postupci sanacije građevinskih objekata*, Beograd, 2013, 31-54.
- [3] A. Andre, *Strengthening of timber structures with flax fibers*, Licentiate thesis, Division of Structural Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, Lulea University of Technology, Lulea, Sweden, 2007.
- [4] A. Carolin, *Carbon fibre reinforced polymers for strengthening of structural elements*, PhD thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2003.
- [5] CNR Advisory Committee on Technical Recommendations for Construction. “*Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening existing structures. Materials, RC and PC structures, masonry structures.*” *CNR-DT 200/2004*, Rome, Italy, 2004.
- [6] P. Morgan, *Carbon fibers and their composites*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2005.

NUMERIČKI MODEL RAČVE CJEVOVODA HE PERUĆICA

NUMERICAL MODEL OF THE BRANCH IN A PIPELINE AT HP PERUCICA

Stefan Čulafić¹, Darko Bajić¹, Taško Maneski²

¹Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet, Podgorica,

²Univerzitet Beograd, Mašinski fakultet,
stefanc@ac.me, darko@ac.me

SAŽETAK:

U radu su dati rezultati numeričkog modeliranja račve A6 cjevovoda C3 u HE „Perućica“. Dobijeni rezultati su upoređeni sa numeričkim i eksperimentalnim rezultatima dobijenim analizom modela račve. Geometrijski model račve je napravljen primjenom komercijalnog softvera za kompjutersko projektovanje. Identifikovana su kritična mjesta na račvi. Pokazano je da analiza modela račve može zamijeniti sa dovoljnom tačnošću analizu realne račve tako da se sva dalja eksperimentalna ispitivanja mogu obavljati na modelu.

Ključneriječi: račva, numeričko modeliranje, CAD

ABSTRACT:

The results of numerical modeling of the branch A6 in the pipeline C3 in HP „Perućica“ are presented in this paper. Given results are compared with the numerical and experimental results obtained on the model of the branch. Geometric model of the branch is made in commercial software for the computer design. Critical spots in the branch are identified. It is shown that analysis of the branch model can replace with sufficient accuracy analysis of the real branch, so that all further experimental investigations can be done on the model.

Keywords: branch, numerical modeling, CAD

1. UVOD

HE „Perućica“ raspolaže sa cijevnim sistemom koga čine tri paralelna cjevovoda. U mašinskoj zgradi HE „Perućica“, ugrađeno je 7 dvostranih turbine tipa „Pelton“ sa generatorima ukupne instalisane snage od 307 MW. Planirana je ugradnja i osmog agregata snage 65 MW za koga su izgrađeni svi dovodni i odvodni djelovi, pomoćni i zajednički pogoni i određeno mjesto za ugradnju. Treći cjevovod C3 u HE Perućica služi za snabdijevanje vodom VI, VII i budućeg VIII agregata. Nominalni protok kroz cjevovod je 38, 25 m³/sec (3 x 12,75 m³/sec).

Račva A6 se nalazi kao prva od 5 račvi na cjevovodu C3 i ima najveće gabaritne mjere. Prečnik račve na ulazu je 2500 mm, a na izlazu 2350 mm, sa osnovnom debljinom zida od 36 mm.

Prethodne analize račve i modela račve su neophodne da bi se utvrdilo, da li je moguće i kolik ocjevovod tj. račvu dodatno opteretiti u cilju povećanja proizvodnih kapaciteta elektrane.



Slika 1. Račva A6, cjevovoda C3, u HE „Perućica“

Za izradu cjevovoda upotrijebljene su tri vrste materijala ASt 45, Niobal 43 i Nioval 47. Nioval 47 je korišćen za izradu svih račvi cjevovoda C3. Mehaničke karakteristike Niovala 47 su date u tabeli 1.

Tabela 1. Mehaničke karakteristike NIOVAL 47

NIOVAL 47	Jedinice	Vrijednost
Modul elastičnosti:	daN/cm ²	$E = 1.95 \cdot 10^6$
Modul klizanja	daN/cm ²	$G = 0.75 \cdot 10^6$
Uslovna granica razvlačenja	daN/cm ²	$R_{0.2} = 4700$
Zatezna čvrstoća	daN/cm ²	$R_m = 6500$
Izduženje	%	$A_{10} = 30$
Poasson-ovkoeficijent		$\mu = 0.3$

U referenci [1] data je projektna dokumentacija koja je korišćena za detaljna istraživanja i modeliranja račve i modela račve, uz vođenje računa o principima projektovanja datim u referencama [2, 3].

2. OPIS PROBLEMA

Razlog za detaljnim izučavanjem račve A6 na cjevovodu C3 HE „Perućica“ leži u potrebi tj. ideji da se na cjevovodu C3 pored postojeća dva agregata VI i VII instalise i osmi agregat i tako poveća snaga HE „Perućica“. Nepohodno je, između ostalog, izvršiti i detaljnu analizu napona same račve, kako bi se mogle planirati dalje aktivnosti.

Dosadašnje aktivnosti vezane za proučavanje račve [4], između ostalog, obuhvatile su eksperimentalna istraživanja modela račve, kao i numerička modeliranja modela račve. Na bazi tih istraživanja, definisane su kritične zone na modelu račve i izvršeno eksperimentalno mjerenje i numerički proračun napona u kritičnim zonama (mjernim mjestima).

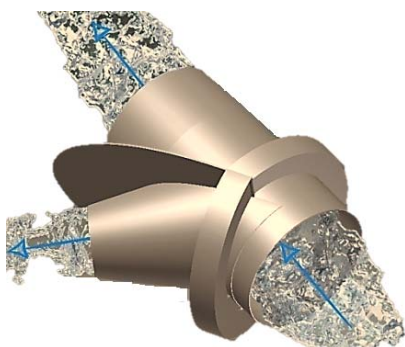
Na bazi teorije sličnosti, primijenjene na cjevovode pod pritiskom kada se smatra da su naprezanja na savijanje mala, čime se gubi nelinearnost problema, moguće je pretpostaviti da će naponi u kritičnim zonama biti približno isti na realnoj račvi kao i na modelu račve. Važan preduslov koji mora biti ispunjen je da su zadovoljeni uslovi kotlovske formule prilikom izrade modela račve – debljina zida modela je 10 puta je manja, a ostale dimenzije 5 puta manje u odnosu na realni objekat.

U ovom radu će biti riječi o: numeričkom modelu račve u realnim uslovima, rezultatima naponsko deformacione analize realne račve, uporednoj analizi rezultata dobijenih proučavanjem modela račve i realne račve i zaključnim razmatranjima.

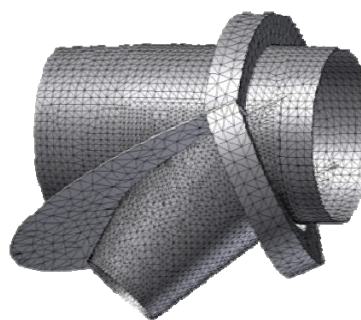
3. NUMERIČKI MODEL

Na slici 2. prikazan je model račve sa strukturom strujanja fluida kroz isti. Lijevi dio predstavlja cijevni priključak koji odvodi vodu prema A6 agregatu. Glavna cijev je, na ulazu prečnika 2500 mm, dok je na izlazu 2350mm. Korišćen je softver AUTODESK INVENTOR 2012, u kojem je rađeno geometrijsko modeliranje i izvršena naponska analiza. Numerička analiza ne uzima u obzir protok fluida kroz cijev i cijevni priključak.

Na slici 3. je prikazan model račve sa prikazanom mrežom konačnih elemenata na njemu.



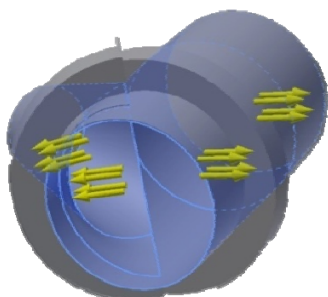
Slika 2. Model račve



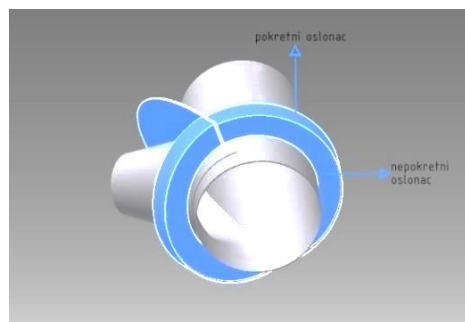
Slika 3. Mreža konačnih elemenata

Mreža konačnih elemenata je usitnjena u zonama gdje se teorijski predpostavlja da će doći do pojave kritičnih napona i deformacija. Kao metoda za usitnjavanje mreže korišten je kombinovani pristup.

Za **opterećenje**, glavno (i jedino) zadat je pritisak. Pritisak je zadat kontinualno po unutrašnjoj površini račve. Djelovanje pritiskaje prikazano strelicama, dok su površine na kojima dati pritisak djeluje osjenčene (slika 4).



Slika 4: Pregled zadatih opterećenja



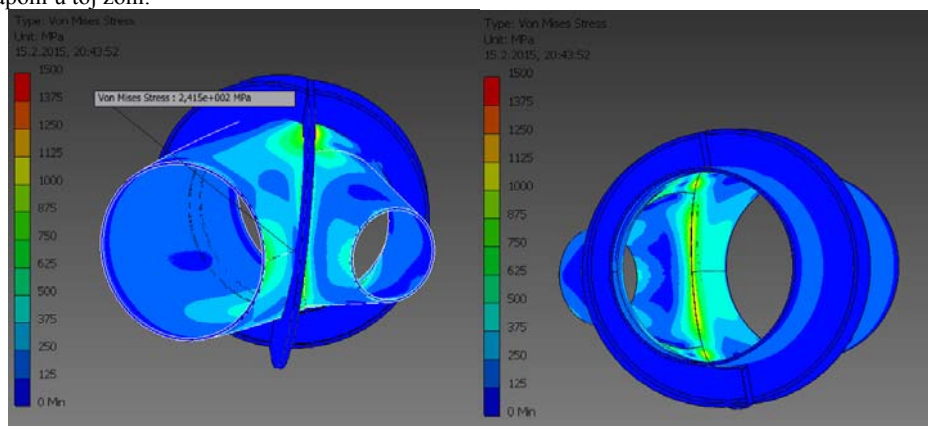
Slika 5: Model račve sa prikazanim osloncima

Oslonci su postavljeni po površinama kotve i kragne (slika 5). Bočne površine kragne i kotve su definisane kao nepokretni oslonac, odnosno onemogućena im je translacija, kao i rotacija u sva tri

pravca (x,y,z), dok su zakrivljene površine kotve i kragne zadate kao pokretni oslonci sa dozvoljenim pomjeranjem na ravan upravnu na pravac djelovanja pritiska.

4. REZULTATI NAPONSKEANALIZE RAČVE

Na slici 6 prikazani su rezultati numeričke analize na bazi MKE realne račve. Rezultati se odnose na pritisak od 20 bara. Posebno su interesantni Von Misesovi naponi u tački račve koja odgovara položaju mjernog mjesta MM1 na modelu račve[5], kako bi se mogli upoređivati Von Misesovi naponi u toj zoni.



Slika 6: Rezultati analize konačnim elementima u vidu Von Misesovih napona, pritisak od 20 bara
Analizom dobijenih rezultata može se zaključiti da se najveći Von Misesovi naponi kod realne račve pojavljuju u oblasti uz kotvu što upravo odgovara zoni na modelu gdje su registrovani maksimalni naponi u obimnom pravcu, tj. Von Misesovi naponi koji su dati u tabeli 2.

Tabela 2: Prikaz stanja napona, za pritiske od 20, 50, i 75 bara na realnoj račvi, tj. 10, 25 i 37,5 bara na modelu račve [4]

Vrijednosti pritiska na modelu [bar]	Vrijednost napona za MM1 [MPa]	Vrijednosti pritiska na realnoj račvi [bar]	Vrijednost napona za MM1 [MPa]
10	110	20	111
25	270	50	275
37.5	570	75	576

Pritisci od 50 i 75 bara na realnoj račvi, redom, su pritisci koji odgovaraju pritiscima od 25 i 37.5 bara, kod kojih su se prilikom eksperimentalnih istraživanja na modelu račve pojavile prve plastične deformacije i maksimalni pritisak pri kojem dolazi do pojave prslina na modelu.

5. UPOREDNAANALIZAREZULTATA

U tabeli 3. je data uporedna analiza Von Misesovih napona za model račve i realnu račvu na mjernim mjestima MM1, MM2, MM3 (slika 7) definisanim pri analizi modela račve koja su se pokazala kritičnim [4].

Prikazani su rezultati napona za vrijednosti pritiska od 10 bara za model račve i 20 bara za realnu račvu. Može se zaključiti da se dobijaju približno iste vrijednosti napona, zahvaljujući važenju

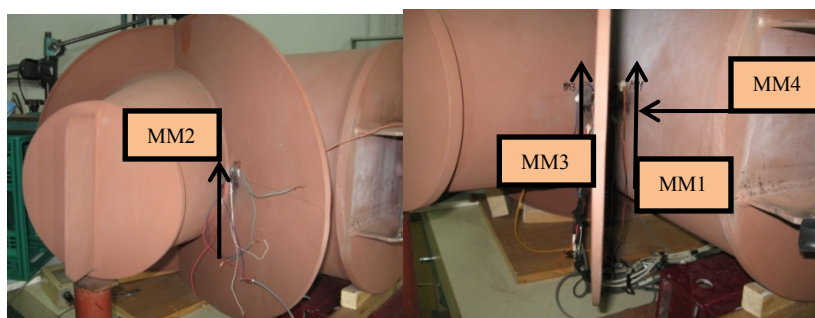
kotlovske formule [4]. Dobijeni rezultati pokazuju opravdanost primjene kotlovske formule pri definisanju dimenzija modela račve.

Takođe, iz tabele 2. može se uočiti da postoji približno linearna zavisnost između vrijednosti pritiska i vrijednosti napona na posmatranom mjernom mjestu MM1 (slika 7). Treba napomenuti da se uočena linearnost gubi ako se tačka više približava spoju kotve i cijevi, što je posledica ulaska u polje koncentracije napona.

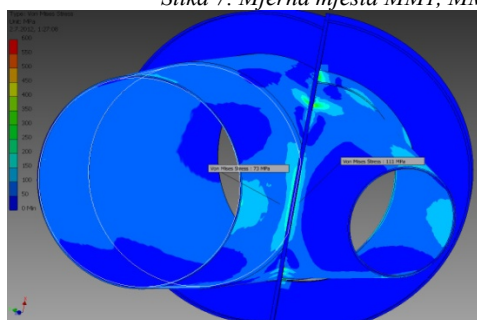
Tabela 3: Uporedne vrijednosti napona za numeričke analize račve i modela račve

Vrijednosti pritiska [bar]	Vrijednost napona za ispitivani modela račve [MPa] (10bar)	Vrijednost napona za numeričku analizu realne račve [MPa] (20bar)
MM1	110	111
MM2	75	86
MM3	50	53

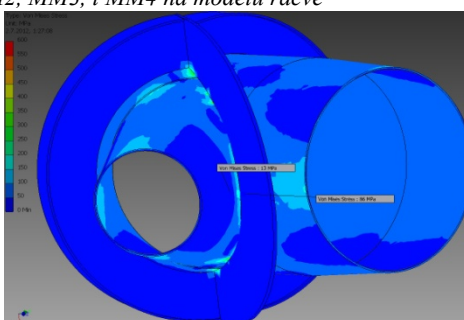
Na slici 8. i slici 9. Su prikazana kritična mjerna mjesta na kojima su prilikom eksperimentalnog istraživanja registrovane vrijednosti maksimalnih i kritičnih napona (MM1, MM2, MM3)



Slika 7. Mjerna mjesta MM1, MM2, MM3, i MM4 na modelu račve



Slika 8: Analiza MKE mjernih mjesta 1 i 3



Slika 9: Analiza MKE mjernih mjesta 2 i 4

6. ZAKLJUČAK

Numerička analiza račve sa realnom geometrijom pokazala je:

1. Kritična mjesta na realnom objektu račve, što se vrijednosti napona tiče, su ista mjesta dobijena analizom modela račve eksperimentalnom i numeričkom metodom.
2. Ispitivanje modela račve sa dimenzijama i opterećenjem definisanim na bazi teorije sličnosti, što se iskazuje kotlovskom formulom, da je vrijednost napona u kritičnim zonama približno ista onima dobijenim numeričkom analizom račve sa realnim dimenzijama i opterećenjem. Na ovaj način se pokazuje svrsishodnost analiziranja (numeričkog i eksperimentalnog) realnog objekta račve preko njegovog modela u ranoj fazi projektovanja iste. Na taj način se mogu preduprijeti greške koje nastaju u fazi projektovanja, a koje mogu kasnije imati negativne posledice u fazi eksploatacije.
3. Postoji linearna zavisnost kritičnih napona od opterećenja – pritiska, što znači da račva nije dominantno opterećena na savijanje.

7. LITERATURA

- [1] Enegroprojekt, Beograd, HE “Perućica III” – Projekat izvedenog stanja, 2000
- [2] Darko Bajić, Posude pod pritiskom i cjevovodi, Mašinski fakultet Podgorica, 2011
- [3] Milan Jurković, Matematičko modeliranje i optimizacija obradnih procesa, 1999
- [4] Mašinski fakultet, Podgorica, Program za kontinualno praćenje stanja metala cjevovoda br.3 (zona račve), 2011
- [5] Mašinski fakultet, Podgorica, Ispitivanje račve A6 trećeg cjevovoda HE "Perućica", 2011

PARAMETRI PRILIKOM IZBORA I PRORAČUNA MJERNE NESIGURNOSTI CORIOLISOVIH MJERILA PROTOKA

PARAMETERS IN SELECTION AND CALCULATION OF MEASUREMENT UNCERTAINTY OF CORIOLIS FLOW-METER

Emir Baralić¹, Hazim Bašić², Almira Softić³

¹Intec-GOPA, emir.baralic@gmail.com

^{2,3}Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet u Sarajevu, Vilsonovo šetalište 9,

²basic@mef.unsa.ba, ³softić@mef.unsa.ba

SAŽETAK:

Sve strožiji zahtjevi krajnjih korisnika, stalni napredak nauke, tehnike i tehnologije usloveli su korištenje pouzdanijih, dugotrajnijih instrumenata i uređaja koji za svoje vrijeme rada traže što manje troškove održavanja. Instrumenti koji se spominju mogu biti u bilo kojoj grani industrije, dok je to izraženo u industriji mjerenja protoka fluida, pogotovo na magistralnim i glavnim vodovima koji se uglavnom nalaze na teže pristupnim mjestima, mjerna mjesta sa pripadajućim instrumentima su sve češće takva da zahtijevaju minimalno održavanje, naravno uz praćenje rezultata mjerenja sa distance. Takvi instrumenti moraju biti pouzdani, izdržljivi te laki za održavanje i eventualnu zamjenu. Danas se sve češće na mjernim mjestima koriste mjerila na bazi Coriolisove sile. U okviru rada biće prikazani uticajni parametri za izbor određenog mjerila protoka. Pored toga, biće date osnovne proračuna mjerne nesigurnosti kalibracije gdje je broj mjerenja relativno mali kao i osnovne informacije o pojavi i upotrebi Coriolisove sile kod ovih mjerila protoka.

Cljučne riječi: Mjerenje protoka, Coriolisovo mjerilo, Mjerna nesigurnost

ABSTRACT:

Requirements of end-users that are becoming more and more demanding as well as continual development of science, engineering and technology resulted in usage of reliable, durable instruments and devices which maintenance costs are reduced to minimum during their life-time and usage. Characteristics of the mentioned instruments can be the same for all kinds of industry; however such requirements are especially expressed in the metrology industry and accordingly researched, because the metrology industry represents sublimation of many different scientific branches, knowledge, physical law and engineering. In the metrology industry that deals with measurement of fluid flow, especially on main lines that are situated in difficult access areas mainly, such sites with accompanying instruments require minimum maintenance more and more often, of course, with follow-up results of measurements from a distance. Such instruments must be reliable, durable and easy to maintain and eventual replacement. Nowadays, usage of flow-meter based on the Coriolis force on measuring places is increasing. In this paper, important parameters for proper design and selection of a certain flow meters will be presented. Among other things, basics of measurement uncertainty will be presented under conditions of relatively low measurement passes as well as basic information about appearing of Coriolis force and Coriolis mass flow meter.

Key words: Flowmeter selection, Coriolis mass flow meter, Measurement uncertainty

1. UVOD

Editors: Isak Karabegović, Vlatko Doleček, Sead Pašić

Prilikom dizajna industrijskih, a posebno procesnih pogona, javlja se potreba za mjerenjima materijalnih bilanci. U velikom broju slučajeva, pred projektanta se postavlja pitanje da li uopšte treba mjerilo protoka u sistemu? U mnogim dijelovima procesa, jednostavan indikator protoka je ono što nam treba, a o finansijskom efektu ovdje nećemo previše elaborirati. Ako su nam uz to potrebni alarmi za slučajeve velikog ili malog protoka, tada se oni mogu dograditi uz indikator. Pored ovog osnovnog, početnog pitanja, postoji drugi niz pitanja, od kojih su neka i cijena nabavke, montaže, a posebno cijena način održavanja, što sve direktno i indirektno utiče na izbor mjerila. Sljedeće pitanje je kolika tačnost je potrebna? Ako je zahtjevana tačnost između 5% i 10%, tada je sasvim dovoljna ugradnja jednostavnog indikatora na bazi razlike pritiska. Ako je tačnost koju proces zahtjeva ispod 5%, tada je potrebno mjerilo protoka. [4,5] Prilikom izbora, potrebna je posebna pažnja zato što niti jedno mjerilo ne može zadovoljiti sve potrebe i sve uslove u kojima se vrši mjerenje protoka.

2. IZBOR MJERILA

Za izbor mjerila protoka uobičajeno je da se napravi podjela prema: osobini fluida, mjestu i načinu montaže, okolnim uticajima, finansijskim uticajima i ostalim osobinama sistema. Finansijski uticaji obuhvataju: nabavnu cijenu, cijenu montaže, vrijednost izgubljenu zbog umanjene tačnosti, cijenu rada, cijenu održavanja, cijenu kalibracije, cijenu rezervnih dijelova, cijenu posjedovanja. Nabavna cijena je ona usaglašena sa prodavcem opreme i ako ista podrazumijeva samo prodaju a ne i ostale aspekte kao što su garancija, održavanje, tada je nećemo posebno elaborirati kao ni njen uticaj na izbor mjerila. Cijena montaže podrazumijeva skup aktivnosti koje mjerilo, odnosno mjerni sistem dovode u fazu funkcionalnosti.

U ovom radu bit će prezentiran primjer izbora mjerila protoka na auto i željezničkom pretakalištu TNG-a (Tečni Naftni Gas) (LPG) gdje je planirano uvođenje nove tehnologije mjerenja pri dopremi i otpremi sa osnovnim funkcijama mjerne jedinice:

1. prijem zadate vrste i količine goriva za pretakanje iz kontrolne sobe ili lokalno,
2. obezbjeđivanje jednofaznog protoka kroz mjerilo za tečne faze,
3. obračunsko maseno mjerenje tečne faze,
4. maseno mjerenje vraćene količine gasne faze,
5. precizno odmjeravanje pretočenih količina, s oduzimanjem vraćene količine gasne od tečne faze, prikaz i
6. prikaz, prosljeđivanje i štampanje obračunskih podataka,

Fluidi koji će biti predmet mjerenja sa svojim radnim parametrima su prikazani u tabeli 1, i zadati su od strane korisnika pretakališta.

Tabela 1: Radni fluidi-podaci

PODACI O RADNIM FLUIDIMA					
Naziv radnog fluida		Butan	i-Butan	Propan-Butan smješa	Propilen
Pritisak-radni/proj. (tečna faza)	(bar)	5,6/14,8	5,6/14,8	7/11*/25,4	13,5/25,4
Pritisak-radni/proj. (gasna faza)	(bar)	2,6/8,6	2,6/8,6	4/25,4	10,5/25,4
Temperatura – radni/proj.	(°C)	20/40	20/40	20/40	20/40
Viskozitet na 20°C	(cP)	0,1707	0,18	0,144	0,087
Gustina na 20°C	(kg/m ³)	578,81	558,6	552,4	512,98
Napon pare na 20°C	(kPa)	207,99	302,91	444,3	1041,1
(*) zimski/ljetnji uslovi rada,					

Obzirom da se radi o fiskalnoj upotrebi mjerila, odnosno da se na osnovu rezultata mjerenja vrši naplata, potrebno je mjerilo visoke tačnosti. Pored gornjeg zahtjeva, projektant je morao voditi računa o vrsti fluida čiji će protok biti mjeren, da bi se izabrao adekvatan materijal mjerila i mjerne cijevi. Prema zahtjevima investitora, a opet u skladu sa Međunarodnim standardom MID, Annex MI-005 *Mjerni sistemi za kontinualno i dinamičko mjerenje količina tekućina različitih od vode* kao i zahtjevima standarda OIML R117-1, određena je potrebna klasa tačnosti sistema koja je u ovom slučaju $\pm 0,3$. Prema zahtjevima standarda OIML R117-1, klasa tačnosti za mjerilo je $\pm 0,2\%$. U tabelama 2 i 3 su izvodi iz pomenutog standarda sa klasama tačnosti kao i maksimalne dozvoljene greške pojedinačnih komponenti mjernog sistema [2,3,8].

Tabela 2: Dozvoljene greške mjerenja za određene klase mjernog sistema

	Klasa mjernog sistema			
	0,3	0,5	1,0	1,5
Tačnost mjernog sistema	0,3%	0,5%	1,0%	1,5%
Tačnost mjerila	0,2%	0,3%	0,6%	1,0%

Tabela 3: Klase mjernog sistema/mjerila

Maksimalna dozvoljena greška mjerenja:	Klasa mjernog sistema			
	0,3	0,5	1,0	1,5
Temperature	±0,30 °C	±0,50 °C		
Pritisak	Manji od 1 MPa		±50 kPa	
	Od 1 MPa do 4 MPa		±5 %	
	Veći od 4 MPa		±200 kPa	
Gustine (konverzija mase u zapreminu)	±1,0 kg/m³		±2,0 kg/m³	
Gustine (konverzija pritiska ili temperature)	±5,0 kg/m³			

U projektu sistema za tečnu fazu je izabrano mjerilo (slika 1) sa karakteristikama datim u tabeli 4.



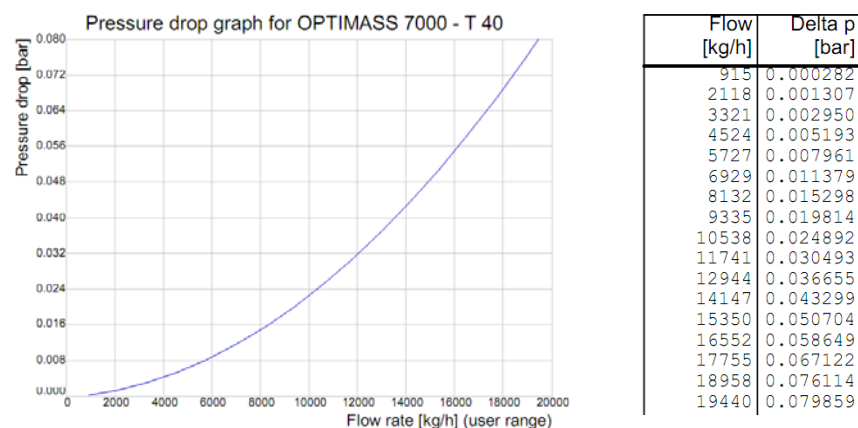
Slika 1: Coriolis mjerilo protoka

Tabela 4: Tehničke karakteristike mjerila

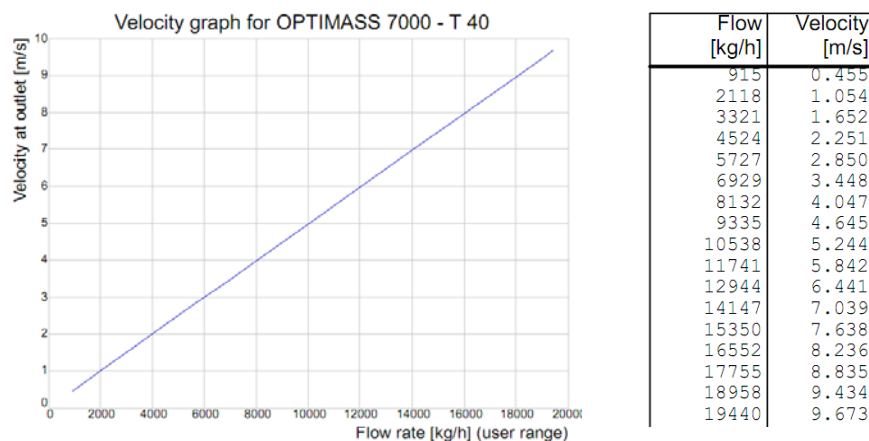
Optimass 7000 1 1/2" – tehničke karakteristike

Tip	Optimass 7000
Prečnik i Prirubnica / Klasa	1 1/2 inch ASME B16.5 – Class 300 # RF
Tačnost	Bolja od ± 0.1 % izmjerene vrednosti
Nom/max protok	36 m ³ /h / 100 m ³ /h
Materijal prirubnice i tijela	Nehrđajući čelik
Materijal mjerne cijevi	Titanijum
Temperatura	-20 to +150°C
Maksimalni pad pritiska mjerila	0,1 bar

Veliku važnost prilikom izbora ima i iskustvo na ranijim projektima, dostupni podaci o ponašanju mjerila u određenim uslovima rada, kao i provjera karakteristika od strane proizvođača i investitora. Izbor određenog proizvoda je uslovljen kapacitetom, vrstom fluida kao i ostalim uticajnim faktorima. Svaki od proizvođača u svom tehničko/komercijalnom dijelu prezentacije, daje neki od alata za lakši izbor mjerila i daje sljedeće uporedbe dijagrame i tabele sa podacima izabranog mjerila protoka [9]:



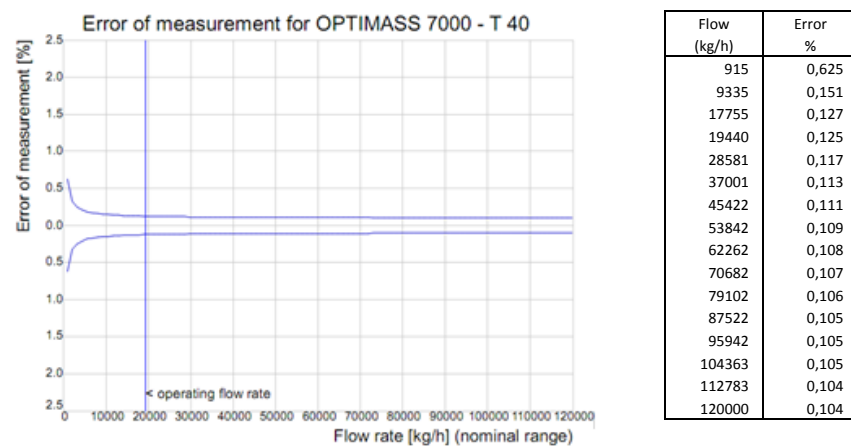
Slika 2: Podaci za odabir mjerila, Odnos protoka i pada pritiska



Slika 3: Podaci za odabir mjerila, Odnos protoka i brzine fluida

Prvi dijagram, odnos protok sa padom pritiska je bitan prilikom proračuna mjernih mjesta koji kao sistem imaju više elemenata i gdje se mora poznavati ukupan pad pritiska na izlazu mjernog sistema. Zajedno sa dijagramom i odnosom protok/brzina bira se Reynoldsov broj te se sve zajedno uključi u hidraulički proračun sistema.

U dijagramu na slici 4, prikazan je odnos protok/greška mjerenja, i time proizvođač daje maksimalne greške mjerenja koje mogu biti. Greške, pouzdanost i mjerna nesigurnost se provjeravaju nakon ugradnje u sistem in situ-testiranjem uz realan mjerni medij, pritiske i temperature.

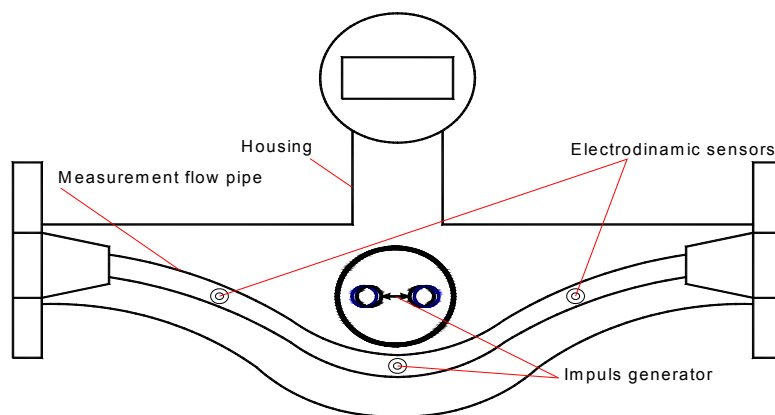


Slika 4: Podaci za odabir mjerila, Odnos protoka i greške mjerenja

3. CORIOLISOVO MJERILO PROTOKA

Coriolisovo mjerilo, prikazano na slici 5, se uobičajeno sastoji od senzora protoka koji su ugrađeni u cjevovod i elektronske jedinice koja prima signale od senzora i koje pretvara u elektro izlaze koji predstavljaju maseni protok. Tipično mjerilo se sastoji od [4,5,7]:

- dvije paralelne cijevi kroz koje protiče mjereni fluid,
- kućišta koje štiti cijevi i ojačava čitavu konstrukciju,
- elektromagnetskog pobuđivača koji pobuđuje cijevi da vibriraju,
- dva senzora kretanja koji mjere relativnu brzinu između para cijevi na dvije tačke jednako udaljene od centra-simetrične.



Slika 5: Tipična konstrukcija Coriolisovog mjerila protoka

Određena masa (tečnost ili gas) koja protiče uz neku brzinu kroz vibrirajuću cijev uzrokuje deformaciju cijevi. Ta deformacija je uzrokovana Coriolisovom silom $\vec{F}_C = -2m[\vec{v}, \vec{\omega}]$ [6]. Coriolisova sila zavisi od mase mjerenog fluida. Senzori koji mjere protok na cijevima mjerila

podložni su deformacijama koje nastaju zbog protoka. Mjerna nesigurnost je parametar pridružen mjernom rezultatu koji opisuje rasipanje vrijednosti koje se mogu razumno pripisati mjernoj veličini [1]. Mjerni rezultat je potpun samo ako sadrži vrijednost pridruženu mjernoj veličini i mjernu nesigurnost pridruženu toj vrijednosti. Kod proračuna mjerne nesigurnosti veličina koja je podvrgnuta mjerenju zavisi od više ulaznih veličina. Za dobijanje mjerne nesigurnosti koristit ćemo jednačinu [1,2,3] (1)

$$x = \bar{x} + u = \bar{x} \pm (|C| + |E|) \quad (1)$$

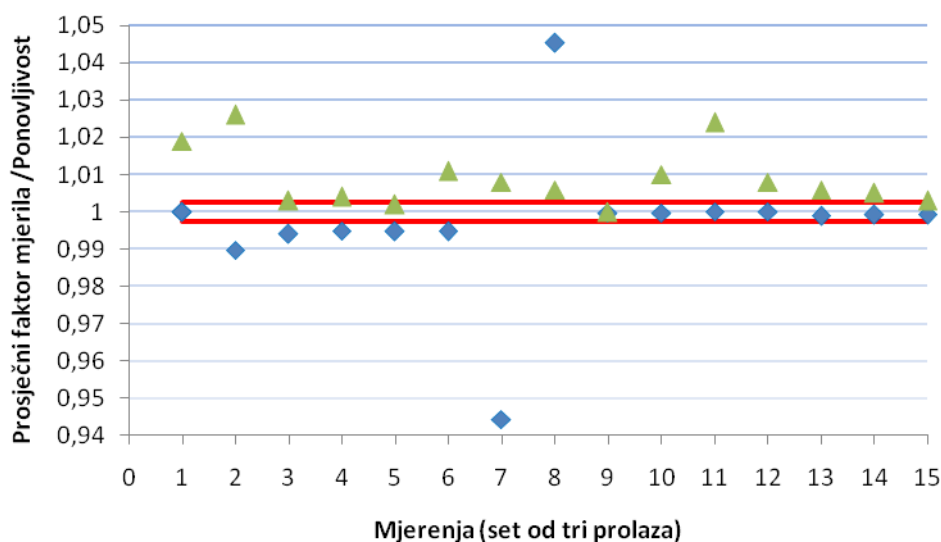
Do rješenja prethodne jednačine, odnosno određivanja nesigurnosti možemo doći pomoću izračuna parcijalne nepouzdanosti srednje vrijednosti uz korištenje Studentove raspodjele

$$C_{(P=0,95)} = t \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Ukupna mjerna nesigurnost pruvera data od strane proizvođača [7] je:

$$E = \sqrt{(E_{calref})^2 + (E_{prover cal})^2 + (E_{prover res})^2 + (E_{counter res})^2 + (E_{density})^2 + (E_{steel})^2} \quad (3)$$

Analiza podataka dobijenih prilikom in situ mjerenja je prikazana na slici 6 [9]:



Slika 6: Pregled vrijednosti faktora mjerila (Redno mjesto broj 3)

dok se nakon toga mjerna nesigurnost može izraziti u formi [9]:

Srednja vrijednost mase prihvaćena tri rezultata (kg):	133,5032
Srednja nesigurnost mjerenja prihvaćena tri rezultata (kg):	0,0969
Rezultat se može izraziti u obliku :	133,5032 kg ±0,0969 kg

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je princip izbora mjerila za neko mjerno postrojenje. Također je vidljiva kompleksnost tog procesa i djelimično su navedeni parametri koji utiču na krajnji izbor i odluku o tipu, vrsti proizvađaču mjernog instrumenta, mjerila protoka. U posljednjem poglavlju, dat je prikaz mjerila sa rezultatima in situ testiranja mjerila u Rafineriji Pančevo, koje je uspješno obavljeno u maju 2012 godine.

5. REFERENCE

- [1] Seferović E., Bašić H.: *"Osnovi metrologije i obrade rezultata mjerenja"*, Mašinski fakultet Sarajevo, 2005, ISBN-9958-601-10-9
- [2] BIPM / OIML / IEC / ISO / IFCC: *"Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration"*,
- [3] ISO/IEC: *"Uncertainty of Measurement -Part 3 Guide to the Expression of the Uncertainty of Measurement"*, GUM 98-3, 2008,
- [4] Endress+Hauser: *"Flow Handbook"*, Enders+Hauser Flowtec AG, CH/Reinach/BL, 2004, ISBN-3-9520220-4-7,
- [5] Baker R.: *"Flow Measurement Handbook"*, Cambridge University Press, New York, 2005, ISBN 13-978-0-521-48010-9,
- [6] Določek V.: *"Dinamika"*, Mašinski fakultet Sarajevo, 2007,
- [7] Micro Motion: *"Proving Coriolis Flowmeters"*, Fisher-Rosemount, Colorado, 1998,
- [8] OIML: *"OIML R 117-1 Dynamic Measuring Systems for Liquids Other Than Water"*, 2007,
- [9] Baralić E., Bašić H.: *"Istraživanje uticajnih parametara na mjernu nesigurnost Coriolisovih mjerila masenog protoka u eksploatacionim uslovima"*, Magistarski rad, Mašinski fakultet u Sarajevu, 2013,

PREGLED MEHATRONIČKIH SISTEMA ZA POMOĆ VOZAČU PRI VOŽNJI VOZILA

MECHATRONICS SYSTEMS FOR DRIVER ASSISTANCE OVERVIEW

Semir Mehremić¹, Isak Karabegović²

¹Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Mašinski fakultet u Mostaru, USRC „Mithad Hujdur Hujka“, 88104 Mostar, semir.mehremic@gmail.com

²Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać,
dr. Irfana Ljubijankića bb.,
semir.mehremic@gmail.com
isak1910@hotmail.com

SAŽETAK:

U ovom radu dat je kratak pregled dizajna, arhitekture i funkcionalnosti današnjih mehatroničkih sistema kontrole nad vozilima s naglaskom na nivoe automatizacije sistema za podršku vozaču. U modernim vozilima danas postoji u prosjeku oko 100 mikroračunara koji vozaču pomažu pri upravljanju vozilom i koriste se u sistemima sigurnosti, pomoći i udobnosti. Kontrola gotovo svake funkcije unutar vozila je sve više elektronizirana, a savremeni trendovi idu u smjeru pokušaja da se ostvari komunikacija vozilo-vozilo (vehicle-to-vehicle communication-V2V) i razmjena informacija na relaciji vozilo-infrastruktura (vehicle-to-infrastructure information exchange-V2I). Napredni sistemi za pomoć vozaču (Advanced driver assistance system - ADAS) sve više preuzimaju složenije i komplikovanije zadatke od vozača kao sistem za održavanje smjera kretanja vozila (Adaptive Cruise Control - ACC) ili sistem za održavanje vozila na saobraćajnoj traci (Lane Keeping Assistance - LKA). Trend je da s novim funkcijama i poboljšanim senzorima vodeće svjetske kompanije (Bosch, Mercedes, Volvo, itd.) podržavaju ovaj iskorak i u narednim godinama. U svrhu poboljšanja tih pomagala akcent nije samo na razvoju novih sistema, nego i na međusobnom spajanju postojećih, čime se stvaraju nove funkcije. Te funkcije uključuju, npr. omogućavanje vožnje s predviđanjem, pa i olakšavaju vozaču vožnju u određenim situacijama. Svi mehatronički sistemi koji se razvijaju imaju jedan cilj, a to je modelirati inteligentno vozilo, odnosno vozilo koje će potpuno autonomno vršiti vožnju putnika.

Ključne riječi: vozilo, mehatronički sistem, nivoi automatizacije, senzor, inteligentno vozilo

ABSTRACT:

In this paper, an overview of the design, the architecture and functionality of today's mechatronics' vehicle control systems is given focusing on the levels of automation systems to support the driver. Today, in modern vehicles there are approximately 100 microcomputers providing service to the driver by means of vehicle operation, comfort, assistance and safety. Electronics control almost every function inside the vehicle and there are attempts to harmonise vehicle-to-vehicle communication (V2V) and vehicle-to-infrastructure information exchange (V2I) as well. Advanced driver assistance

systems (ADAS) take over more and more complex and complicated tasks from the driver like adaptive cruise control (ACC) or lane keeping assistance (LKA). The trend is that with new features and improved sensors world's leading companies (Bosch, Mercedes, Volvo, itd.) support this step forward in the coming years. In order to improve and update these supplies emphasis not only on the development of new systems, but also on mutual merging existing, thus creating new functions. These functions include, enabling driving with foresight, as well as facilitate the driver to use in certain situations. All mechatronic systems are developed with one goal - to model the intelligent vehicle or a vehicle that will completely autonomously perform driving passengers.

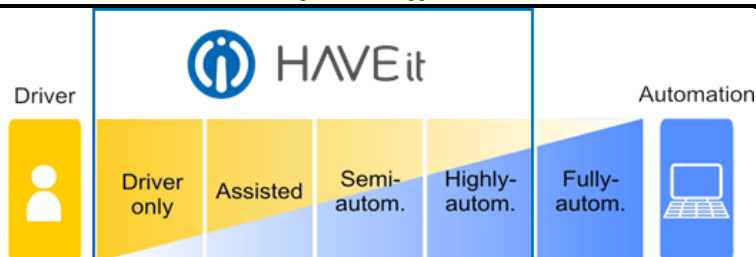
Keywords: vehicle, mechatronics system, automation levels, sensor, intelligent vehicle

1. UVOD

U budućnosti će sistemi pomoći vozaču moći analizirati sve kompleksnije saobraćajne situacije i reagovati samostalno ili pomoći vozaču. Međutim, to zahtijeva umrežavanje vozila s njegovom okolinom, npr. s drugim vozilima, saobraćajnom infrastrukturom i internetom. Takvo spajanje omogućuje vozilu da prepozna najbržu rutu do odredišta, pri tome uzimajući u obzir gradilišta na cestama i trenutna ograničenja brzine. Moći će i upozoriti vozača o saobraćaju sa sporednih cesta i vremenskim uslovima kao što su magla i poledica. Novi standardi mobilnih komunikacija nude potrebnu širinu frekvencijskog pojasa kako bi se upozorenje brzo prenijelo u kritičnim situacijama. Jak tržišni trend je mogućnost održavanja stalne internetske veze. Bosch npr. radi na novim korisničkim i hardverskim sučeljima koja će omogućiti integraciju pametnih telefona te ponuditi jednostavno i intuitivno rukovanje bez odvratanja pažnje [1,2,3,4,5,6,7]. Pri razvoju sistema sigurnosti i pomoći nastoje se slijediti dvije osnovne strategije. Prva je stvoriti vidljive prednosti za kupce s novim sistemima pomoći koji vožnju čine još sigurnijom i udobnijom. Druga je strategija osmisliti inovacije koje će sisteme u upotrebi učiniti isplativijima kako bi se mogli koristiti u jeftinijim vozilima i na tržištima u nastajanju [7,8,9,10,19].

2. NIVOI AUTOMATIZACIJE

Napredni sistemi za pomoć vozaču (ADAS) nude niz funkcija podrške vozaču. Nivoi automatizacije vozila se mogu podijeliti na više načina zavisno o stepenu pomoći zadacima vozača. Na temelju ulaznih podataka baziranih na percepciji, komandni nivo određuje svim ostalim nivoima automatizacije stepen automatizacije na hijerarhijski način (slika 1). Nivoi se mijenjaju tokom vožnje u skladu s promjenom okoline. Vozač je odgovoran za odabir jednog od nivoa automatizacije ali ne može odabrati nivo koji nije ponuđen, jer nisu ispunjeni preduslovi. U suprotnom slučaju, ako određeni nivo automatizacije više nije dostupan vozilo upozorava vozača da preuzme kontrolu nad vozilom. Postoje nivoi pomoći koje su bazirani na principu međusobne zavisnosti od svih prethodnih nivoa, što znači da je sljedeći nivo dostupan samo u slučaju da su ispunjeni uslovi svih prethodnih nivoa.



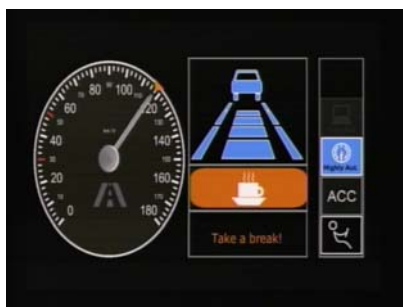
Slika 1. Podjela nivoa automatizacije od strane HAVEit sistema. [11]

2.1. Sistemi upozoravanja vozača

Prvi nivo pružanja pomoći vozaču je obavještenje vozača o potencijalno opasnim situacijama. U ovoj fazi nema daljnje podrške ili intervencija, vozač je samo upozoren na potencijalne opasnosti. Podaci upozorenja se prenose vozaču putem tzv. Human machine interface-a (HMI), koristeći:

- vizuelno obavještenje (npr. instrumentna ploča),
- akustično obavještenje (npr. zvuk alarma)
- ili vibraciono obavještenje (npr. vibracije na sjedalu ili volanu)

Nakon prijema upozorenja, na vozaču je da odluči da li će reagovati ili ne. Dobar primjer je sistem detekcije pospanosti vozača. Sistem upozorava vozača da uzme pauzu za odmor a baziran je na kontinuiranom praćenju kretanja volana. Poruka upozorenja je ikona šoljice kafe sa narančastom pozadinom i SMS porukom "uzeti pauzu" (slika 2.)



Slika 2. Upozorenje vozaču bazirano na sistemu detekcije pospanosti vozača [11]

2.2. Sistemi za podršku vozaču

Drugi nivo pružanja pomoći vozaču ima za cilj navoditi vozača kako voziti automobil u potencijalno opasnim situacijama. Ovaj nivo pretpostavlja da je vozač svjestan vjerovatno nesigurne situacije i predviđa savjete koji vozača usmjeravaju na pravi manevar.

Osnovni sistem na ovom nivou automatizacije je upozorenje za napuštanje trake, tzv. LDW sistem (Lane Departure Warning). Sistem upozorava vozača ukoliko se previše približi graničnim linijama vozne trake i upozorava ga vizuelnim i akustičnim upozorenjima ili blagim vibracijama na volanu.



Slika 3. LDW sistem podrške vozaču koji daje upozorenje za napuštanje trake [14]

Naredni primjer je tipičan primjer funkcije udobnosti – sistem za pomoć prilikom parkiranja. Ovaj sistem u sebi objedinjava sisteme koji mogu pokriti nivo podrške i nivo intervencije. U nivo podrške mogu se ubrojiti tri funkcije: mjerenje prostora za parkiranje, davanje informacija za parkiranje i davanje informacija u vezi s volanom pri parkiranju. Informacijski sistem pomoći pri parkiranju prati izbliza prostor ispred i/ili iza vozila pomoću ultrazvučnih senzora i informiše vozača pomoću optičkih i/ili akustičnih signala o preprekama i načinu kako parkirati vozilo.



Slika 4. Princip funkcionisanja sistema za pomoć pri parkiranju [15]

Kad je sistem za mjerenje prostora za parkiranje uključen, tada ultrazvučni senzori skeniraju cestu i čim sistem identifikuje odgovarajuće parkirno mjesto, dovoljno dugačko za automobil, vozač će biti odmah obaviješten. Vozač može aktivirati sistem pomoći pri parkiranju s pritiskom na gumb i pokrenuti manevar parkiranja.

2.3. Sistemi intervencije

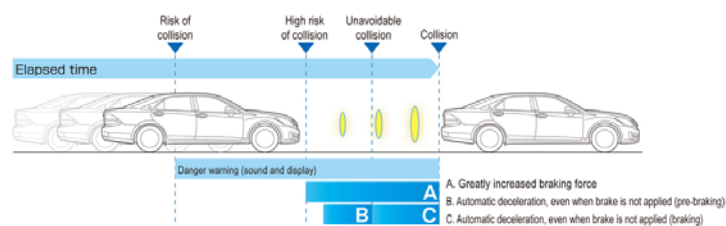
Sljedeći nivo pomoći vozaču je automatizovana intervencija u kontroli vozila. Ovisno o interventnoj skali postoje kategorije poluautomatizovane vožnje i visokoautomatizovane vožnje. Kod poluautomatizovane vožnje uzdužno pomicanje vozila je pod automatskom kontrolom, dok se kod visokoautomatizovane vožnje kontroliše i uzdužno i bočno kretanje vozila.

2.3.1. Sistemi poluautomatske intervencije

Poluautomatizovani sistemi vožnje mogu se ukratko opisati kao asistirana vožnja sa kontrolom uzdužnog kretanja vozila. Tržište trenutno nudi nekoliko funkcija u toj oblasti kao npr. sistem za aktivno održavanje smjera kretanja vozila (ACC) sa Stop&Go dodatkom ili pomoći pri naglom

kočenju. Ova funkcija koristi radarski senzor za praćenje saobraćaja ispred vozila i podešava brzinu vozila u zavisnosti od toga, te održava sigurnu udaljenost od vozila koje se nalazi ispred.

Jedna od osnovnih ACC funkcija je opcija izbjegavanja (ili smanjenja posljedica) sudara. Na temelju radarskih signala i video senzora sistem upozorava vozača ako postoji opasnost od sudara, a u slučaju da je sudar neizbježan, sistem automatski preuzima neke od zadataka vozača: aktivira kočnice kako bi se smanjila brzina vozila, a time i posljedice sudara.



Slika 5. Koraci izbjegavanja sudara uz pomoć ACC sistema [16]

2.3.2. Sistemi visokoautomatizovane intervencije

Ranije opisani nivoi automatizacije vožnje su već dostupni na tržištu, dok će visokoautomatizovani sistemi vožnje tek u narednom periodu (2016-2020) biti predstavljeni u javnosti. Na ovom nivou automatizacije najinteresantniji sistemi su: Auto pilot (Temporary Auto Pilot – TAP), automatizovana podrška vožnji pri radovima na cesti i pomoć kod zagušenja saobraćaja (slike 6. i 7.)



Slika 6. Visokoautomatizovani sistemi pri vožnji na autoputu [17]

Visoka automatizacija znači integrisanje kontrole vozila pri uzdužnom i bočnom kretanju i omogućuje ne samo automatsko ubrzanje i kočenje, nego i promjenu trake i preticanje. Takve

funkcije će biti uvedene u početku na autocestama jer su one najprikladnije za automatizovanu vožnju (lako prepoznatljive oznake trake, bočne barijere, česte gužve u prometu, itd.)



Slika 7. Autopilot (TAP) [13,17]

2.3.3. Sistemi potpune automatizacije

Sve dok vozač mora biti (legalno) odgovoran za ponašanje vozila, on će uvijek biti sastavni dio regulacijskog kruga. Zato nije realno očekivati potpunu automatizaciju vozila u bliskoj budućnosti. Postoje neki obećavajući eksperimenti na sistemima za potpuno automatizovano manevrisanje vozila, ali većina njih se vrši na prostoru izvan javnih saobraćajnica i ovi sistemi su još uvijek daleko od toga da budu aplicirani na javnim cestama bez inteligentne i nezavisne cestovne infrastrukture. Predviđanja govore da će 75 % automobila na cestama do 2040. godine biti potpuno automatizovani (prema istraživanjima IEEE).

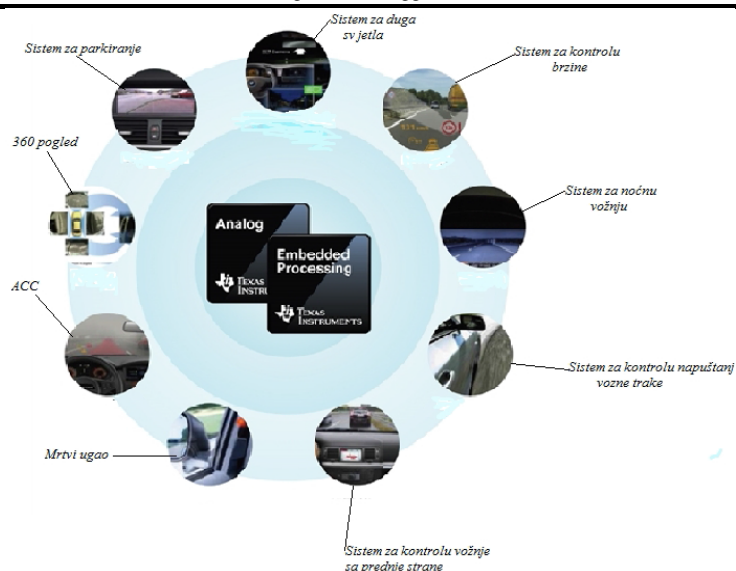
U SAD je licencirano testno vozilo bez vozača, od strane Google kompanije, a prototip samovozećeg automobila se zvanično pojavio na cestama krajem 2014. godine (slika 8.)



Slika 8. Samovozeće Google-ovo testno vozilo, modifikovani hibrid Toyota Prius i prototip samovozećeg automobila [20]

3. INTEGRACIJA SISTEMA ZA POMOĆ VOZAČU PRI VOŽNJI

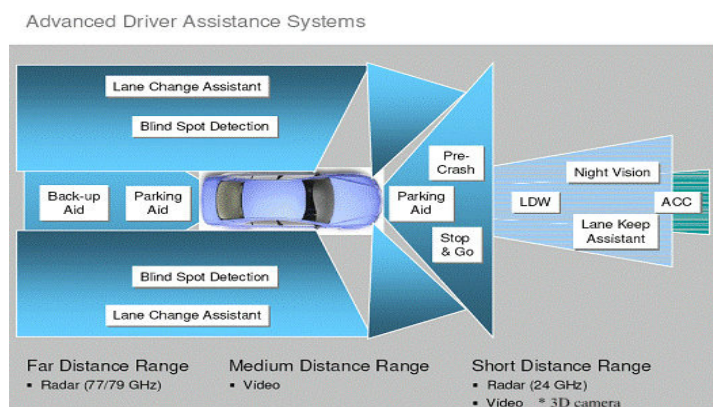
Svi sistemi za pomoć vozaču pri vožnji vozila koji su u ranijim poglavljima prikazani kroz nivoe automatizacije dati su šematski na slici 9. Možemo vidjeti da mehatronički sistemi za pomoć pri vožnji vozila sadrže veliki broj senzora, kamera, radara i mikroprocesora. Radi se o mrežama senzora koji zajedno sa kamerama i radarima čine sistem koji kontinuirano snima stanje sa prednje, zadnje i bočnih strana vozila, snima saobraćajnu traku i dešavanja na njoj, itd. Sve informacije se šalju mikroprocesoru koji donosi odluke šta uraditi u tom trenutku kako bi se osigurala sigurna vožnja vozilom. Inteligentni sistemi za pomoć pri vožnji postali su novi hit u ponudi dodatne opreme kod proizvođača automobila širom svijeta. Sve veći broj proizvođača ulaže u razvoj senzorskih sistema koji mogu preuzeti kontrolu nad vozilom u sve većem broju situacija ali i pomoći pri izbjgavanju saobraćajnih nezgoda.



Slika 9: Sistemi za pomoć vozaču pri vožnji vozila

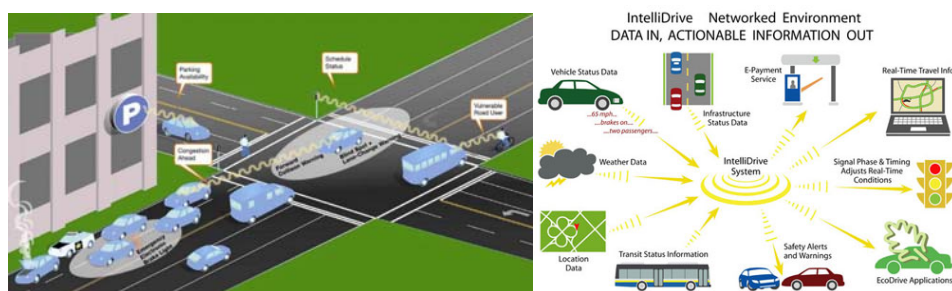
3.1. Napredni sistemi za pomoć vozaču pri vožnji vozila

Postoje mnogi oblici naprednih sistema pomoći vozaču (ADAS). Neke značajke ADAS sistema već dolaze kao sastavni dio automobila ili su dostupni kao dodatni paketi. Napredni sistemi pomoći vozaču su jedan od najbrže rastućih segmenata u oblasti mehatronike. ADAS tehnologija može se temeljiti na sistemima video-kamera, tehnologiji senzora, auto podatkovnih mreža, vozilo-vozilo (V2V) sistema, odnosno vozilo-infrastruktura sistema (V2I). Sljedeća generacija ADAS sistema će se sve više razvijati u smjeru umrežavanja vozila s njegovom okolinom u smislu održavanja stalne internetske veze. Na slici 10. je prikazana šema jednog ADAS sistema sa svim svojim sastavnim elementima



Slika 10. Napredni sistemi za pomoć vozaču pri vožnji (ADAS)

Na slici 11. prikazani su primjeri primjene savremenih V2V (vehicle-to-vehicle) i V2I/V2X (vehicle-to-infrastructure) sistema koji predstavljaju budućnost u razvoju mehatroničkih sistema u automobilskoj industriji.



Slika 11. Primjeri primjene V2V i V2I mehatroničkih sistema [21,22]

4. ZAKLJUČAK

Ljudi provode sve više vremena u automobilu. Sve je veći broj automobila na cestama, a uporedo s tim povećava se i rizik od nesreća. U posljednje vrijeme, razvijaju se sve učinkovitiji sistemi sigurnosti i pomoći kako bi se rasteretili vozači pri vožnji. Nastoje se uvesti nove funkcije automatizacije i poboljšati postojeće pri čemu ključnu ulogu imaju senzori na čijem se razvoju sve više radi.

U industrijalizovanim zemljama u posljednjih 30 godina je došlo do znatnog smanjenja broja smrtnih slučajeva na cestama. Kako bi se nastavio taj trend, zakonodavci i udruženja za sigurnost u saobraćaju podržavaju razvoj sistema za unapređenje sigurnosti. Proizvođači automobila i dobavljači trenutno zajedno rade na velikom broju projekata kako bi se istražilo kako automobili komuniciraju te kakav je potencijal za daljnje unapređenje sistema udobnosti i sigurnosti.

Novi mehatronički sistemi treba da omoguće automobilima da komuniciraju međusobno i s okruženjem. Na tom polju se otvaraju velike mogućnosti, a razmjenom vitalnih informacija ide se ka cilju da se modelira inteligentno vozilo, odnosno vozilo koje će potpuno autonomno vršiti vožnju putnika.

5. LITERATURA

- [1] prof. dr. Ivan Bošnjak: Inteligentni transportni sustavi 1, Sveučilište u Zagrebu, 2006.
- [2] Christoph Sommer, Falko Dressler: Vehicular Networking, Cambridge University Press, 2015.
- [3] Cacciabue PC (ed): Modelling driver behaviour in automotive environments: critical issues in driver interactions with intelligent transport systems, Springer-Verlag, London, 2011.
- [4] Isak Karabegović, Ermin Husak, Milena Đukanović, Edina Karabegović, Mehmed Mahmić: Primjena senzora u mehatroničkim sistemima za održavanje vozila na kolodvoru, SONT 2014.- savjetovanje o novim tehnologijama 06.05.2014., Šibenik
- [5] Mr. Muhammad Danish, Md. Akhlak Ahmed: A research and review paper under the concept of mechatronics
- [6] Adaptive Integrated driver-to-vehicle interface, AIDE, publikacije (<http://www.aide-eu.org/pdf/>)
- [7] Intelligent Transport Systems, IEEE, publikacije (<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=6979>)
- [8] European Transport Safety Council. *A Challenging Start towards the EU 2020 Road Safety Target.*
- [9] <http://www.atzonline.com/>
- [10] <http://www.mentor.com/embedded-software/automotive/>
- [11] <http://haveit-eu.org/displayITM1.asp?ITMID=6&LANG=EN>
- [12] <http://www.businessinsider.com/mercedes-to-make-self-driving-car-by-2020-2013-9>
- [13] <http://magazine.volkswagen.com/>
- [14] <http://www.mercedes-benz.com/en/>
- [15] http://de.boschautomotive.com/en/parts/parts_and_accessories/electronics_and_accessories/parking_aid/parking_aid_1
- [16] <http://www.toyota.com/owners/web/pages/how-to-videos?id=hjc7InOuwpc&model=sienna&year=2011>
- [17] <https://www.press.bmwgroup.com/global/pressDetail.html?title=heading-for-europe-s-motorways-in-a-highly-automated-bmw-bmw-group-and-continental-team-up-on-next&outputChannelId=6&id=T0137270EN>
- [18] <http://www.automanija.com/>
- [19] <http://www.motortrend.com/>
- [20] www.marketingeasy.net
- [21] <http://gsi.nist.gov/global/docs/sit/2010/its/GConoverFriday.pdf>
- [22] <http://www.traffictotechnologytoday.com/features.php?BlogID=464>

EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE DINAMIČKOG KOEFIČIJENTA PRIGUŠENJA PILNOG DISKA ZA ODSIJECANJE PROFILA U VRUĆEM STANJU

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF DYNAMIC DAMPING COEFFICIENT DISC SAW FOR HOT PROFILE CUTTING

Raif Seferović

Univerzitet u Zenici, Metalurški institut „Kemal Kapetanović“ Zenica
Travnička cesta br.7, rseferovic@yahoo.com

SAŽETAK:

Dinamički parametri: sopstvene frekvencije, prigušenja i modalni oblici, funkcije su globalne krutosti i najbolji su pokazatelj realnog stanja konstrukcije. Svaka ozbiljnija promjena koja se dogodi na konstrukciji uzrokovat će i promjenu vrijednosti dinamičkih parametara. Objektivno te promjene neće biti velike, pa je potrebno postignuti visoku tačnost primjenjenih eksperimentalnih metoda.

Od tri fizička parametra vibracija: mase, krutosti i prigušenja, na konstrukcijama je najteže izmjeriti prigušenje. Za pouzdano određivanje karakteristika prigušenja za pojedine elemente ili cijele sisteme nužno je primijeniti eksperimentalna mjerenja. Na osnovu poznatih eksperimentalnih zapisa „deformacija (opterećenje) – vrijeme“ ili „opterećenje – deformacija“ određuje se logaritamski dekrement (δ) koji predstavlja mjeru prigušenja, na temelju čega se potom izračunava koeficijent relativnog prigušenja (ζ). Cilj rada je potvrđivanje pretpostavke da se u kontinuiranom procesu valjanja čeličnih profila, u periodu između dva odsijecanja profila u vrućem stanju može postići prigušenje vibracija pilnog diska, čime se osigurava stabilnost slijedećeg reza u toku vremena rada obradnog centra. Za realizaciju eksperimenta upotrebjeno je udarno klatno sa batom i držač sa nazubljenim pločama, preko kojih je simulirana interakcija pilnog diska i profila u toku procesa odsijecanja. Da bi se ocijenila brzina prigušenja vibriranja posmatrane su dvije uzastopne amplitude. Elektronskim mjernim sistemom Spider 8 HBM za personalne računare vršena su električna mjerenja mehaničkih varijabli kao što su: deformacija, sila, pomjeranje i ubrzanje. Od ostale mjerne opreme u eksperimentu su korišteni: jednoosna mjerna traka 10/120 LY11 kao senzor sile, senzor pomjeranja HBM tip WA100, kao i senzori ubrzanja METRIX tip SA6200B fiksirani na tijelu diska u zoni očekivanih najvećih deformacija i izvan te zone. Mjerenja su provedena u poluindustrijskim uslovima na sobnoj temperaturi, a testiranja su izvedena pri različitim udarnim silama sa različitim brojem zubaca pilnog diska koji su u interakciji sa profilom.

Ključne riječi: pilni disk, vibracije, prigušenje

ABSTRACT:

Dynamic parameters: natural frequency, damping and modal forms, functions are the global stiffness and the best indicator of the real state of the structure. Any serious change occurring on the construction will cause a change in value of dynamic parameters. Objectively, these changes will not be large, so it takes achieved high accuracy of applied experimental methods. Of the three physical parameters of vibration: mass, stiffness and damping, for the construction is the most difficult to

measure the damping. For reliable determination of damping for individual elements or entire systems it is necessary to apply the experimental measurements. Based on the known experimental

docket "strain (load) - the time" or "load - deformation" is determined by the logarithmic decrement (δ), which represents a measure of damping, on what basis is then calculated relative damping coefficient (ζ). The target paper is to confirm assumption to be in a continuous process of rolling steel profiles, in the period between the two cut-off profile in the hot state can achieve vibration damping disc saw, ensuring stability following the cut in the course of time working machining center. For the realization of the experiment it was used the impact pendulum with a plunger and holder with toothed plates, through which the simulated interaction disc saw and profile in the process of cutting. In order to assess the speed of vibration damping it were seen two consecutive amplitude. With electronic measuring system HBM Spider 8 for personal computers were carried out electrical measurement of mechanical variables such as deformation, force, shift and acceleration. Of other measuring equipment in the experiment were used: uniaxial strain gage 10/120 LY11 as force sensor, sensor shift type HBM WA100, as well as acceleration sensors METRIX type SA6200B fixed on the body of the disc in the area of expected major deformation and outside that zone. Measurements were carried out in pilot plant scale at room temperature, and tests are carried out at different striking forces with different number of teeth disc saw which are interact with the profile.

Keywords: disc saw, vibrations, damping

1. UVOD

Pilni disk (PD) kao najizrazitiji model tankog homogenog kružnog tijela, posebno mjesto zauzima u postupcima odsijecanja materijala u hladnom stanju kao i kada su zagrijani na vrlo visokim temperaturama. Bez obzira da li se odsijecaju hladni ili vruće valjani profili, niz je uticajnih faktora koji, djelujući istovremeno, nepovoljno utiču na rad pilnih diskova. To su prije svega: fizičko - mehaničke osobine obratka, konstrukcione karakteristike i kvalitet materijala pilnog diska, dinamička svojstva kružne pile, različite vrste i karakter promjene opterećenja, termodinamički procesi u pilnom disku tokom odsijecanja materijala itd.

2. SLOBODNE PRIGUŠENE VIBRACIJE SISTEMA

Za slučaj slobodnih prigušenih vibracija u realnim uslovima, na materijalnu tačku sistema osim sile restitucije (elastične sile koja održava prouzrokovane harmonijske oscilacije) djeluje i sila otpora, koja je usmjerena suprotno od kretanja materijalne tačke [1]. Tada dolazi do trošenja energije na savlađivanje sila otpora, pa tako dolazi do prigušenja, odnosno amortizacije vibracija. Sile otpora nastaju usljed trenja između materijalnih čestica pri savijanju konstrukcije, kao i usljed nesavršene elastičnosti materijala od koga je konstrukcija izgrađena. Ovi otpori nastaju i usljed trenja u čvorovima i osloncima sistema, kao i na spojevima konstruktivnih dijelova. Također, javljaju se i otpori sredine u kojoj se vrši kretanje, zatim trenja površine o površinu, tzv. Coulomb-ovo suho trenje i slično.

U cilju realne aproksimacije dinamičkih ponašanja sistema [2], slobodne prigušene vibracije definisane su slijedećim izrazom

$$\ddot{y}(t) + \frac{c}{m} \dot{y}(t) + \frac{k}{m} y(t) = 0 \quad (1)$$

gdje su parametri dinamičkog sistema: m - masa, c - prigušenje i k - krutost, a $\dot{y}(t)$ - funkcija brzine modela. Uvođenjem u prethodni izraz koeficijent prigušenja $\varepsilon = c/2m$ i kružnu frekvenciju $\omega = \sqrt{k/m}$, jednačina (1) glasi

$$\ddot{y}(t) + 2\varepsilon \dot{y}(t) + \omega^2 y(t) = 0 \quad (2)$$

Ova jednačina predstavlja diferencijalnu jednačinu slobodnih prigušenih vibracija sistema sa jednim stepenom slobode. Opšti oblik rješenja homogene diferencijalne jednačine drugog reda (2) glasi

$$y = Ae^{r_1 t} + Be^{r_2 t} \quad (3)$$

gdje korijeni karakteristične jednačine $r^2 + 2\varepsilon r + \omega^2 = 0$ iznose: $r_1 = -\varepsilon + \sqrt{\varepsilon^2 - \omega^2}$; $r_2 = -\varepsilon - \sqrt{\varepsilon^2 - \omega^2}$. Kod vibracija realnih konstrukcija poseban značaj predstavlja slučaj kada je koeficijent prigušenja ε manji od kružne frekvencije ω , tj. $\varepsilon < \omega$, odnosno

$$\omega_d^2 = \omega^2 - \varepsilon^2 > 0 \quad (4)$$

Kružna frekvencija prigušenih oscilacija ω_d određena izrazom (4) nadalje iznosi

$$\omega_d = \omega \sqrt{1 - \left(\frac{\varepsilon}{\omega}\right)^2} = \omega \sqrt{1 - \zeta^2}; \quad \zeta = \frac{\varepsilon}{\omega} \quad (5)$$

gdje je ζ vrijednost relativnog prigušenja. Grafik slobodnih prigušenih vibracija sistema (dijagram 1) prostire se između dvije simetrične krive oblika [3, 4]

$$y = \pm y_{\max} \cdot e^{-\zeta \cdot t} \quad (6)$$

$$\frac{y_t}{y_{t+\tau}} = \frac{y_{\max} \cdot e^{-\zeta \cdot t}}{y_{\max} \cdot e^{-\zeta \cdot (t+\tau)}} = e^{\zeta \cdot \tau} \quad (7)$$

$$\ln \frac{y_t}{y_{t+\tau}} = \frac{2\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}} = \delta \quad (8)$$

Značenje pojedinih veličina u navedenim izrazima je:

- $y_{\max}$ - maksimalna amplituda ugiba strukture, mm
- y_t - pomjeranje u datom trenutku vremena, mm
- $y_{t+\tau}$ - pomjeranje u narednom trenutku vremena, mm

-
- δ - logaritamski dekrement slobodnih prigušenih vibracija koji služi za ocjenu brzine prigušenja vibracija, odnosno kao pokazatelj brzine smanjenja amplituda prigušenih vibracija
 τ - period jedne prigušene vibracije, s
 ζ - koeficijent relativnog prigušenja modela.

Period slobodnih prigušenih vibracija (τ) vremenski je interval koji se nalazi između dva uzastopna prolaska tačke u istom smjeru kroz isti položaj (dijagram 2). Ovaj period naziva se prividnim periodom prigušenja i iznosi

$$\tau = \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega^2 - \varepsilon^2}} \quad (9)$$

Period slobodnih prigušenih vibracija veći je od perioda neprigušenih vibracija $\tau > T_\omega$. Između logaritamskog dekrementa δ i relativnog prigušenja ζ postoji slijedeća veza

$$\delta = \varepsilon \tau = \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1 - \zeta^2}}; \quad \varepsilon = \frac{\delta}{\tau} = \zeta \omega \quad (10)$$

3. EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA

Na osnovu realnih pokazatelja ponašanja sistema, pri eksperimentalnim istraživanjima moguće je odrediti koeficijent prigušenja elementa ili sklopa sistema, kao i doći do podatka o ostalim realnim vrijednostima određenih dinamičkih parametara konstrukcije pilnog diska. Za realizaciju eksperimenta upotrebljeno je udarno klatno sa batom (slika 1). Da bi se ocijenila brzina prigušenja vibriranja posmatraju se dvije uzastopne amplitude. Uobičajena gornja vrijednost logaritamskog dekrementa za metalne konstrukcije iznosi $\delta = 0,2$. Vibriranje se smatra praktično završenim kada je minimalna amplituda oko 20 puta manja od početne amplitude pomjeranja (ugiba) pilnog diska. Na osnovu pomjeranja (dijagrami 1 i 2) vidljivo je da period jedne prigušene vibracije iznosi $\tau = 0,1$ s.



Slika 1: Udarno klatno i PD



Slika 2: Senzor sile na batu



Slika 3: Držać nazubljenih ploča



Slika 4: Nazubljene ploče sa 2, 3, 5 i 6 zubaca



Slika 5: Davač pomjeranja PD

Za konkretan slučaj vibriranja (test Z2-1500) može se prigušenje sistema definirati kao

$$\zeta = \frac{\delta}{\sqrt{4\pi^2 + \delta^2}} = \frac{0,223}{\sqrt{4\pi^2 + 0,223^2}} = 0,036 \quad (11)$$

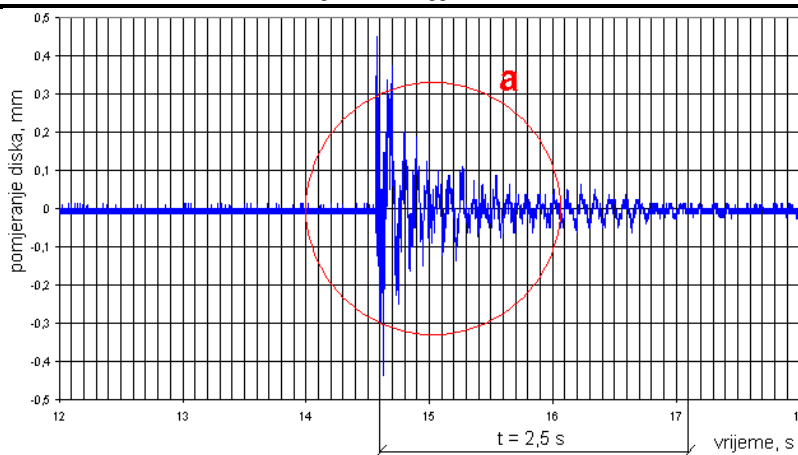
Time se potvrđuju literaturni navodi da je kod čeličnih konstrukcija koeficijent prigušenja oko 5%. Sa dovoljnom tačnošću može se tada smatrati da je pri malim vrijednostima prigušenja

$$\omega_d = \sqrt{\omega^2 - \varepsilon^2} \approx \omega \quad (12)$$

odnosno da su sopstvene frekvencije prigušenih i neprigušenih vibracija bliskih vrijednosti. Kružna frekvencija prigušenih vibracija iznosi $\omega_d = (2\pi/\tau) = 62,83 \text{ s}^{-1}$, a sopstvena frekvencija $f_d = 10 \text{ Hz}$. U tabeli 1 dat je princip izračunavanja koeficijenta relativnog prigušenja za različite slučajeve opterećenja pilnog diska koristeći nazubljene ploče u zahvatu sa obratkom. Vidljivo je da se vrijednosti kreću oko ukupne srednje vrijednosti od 0,036.

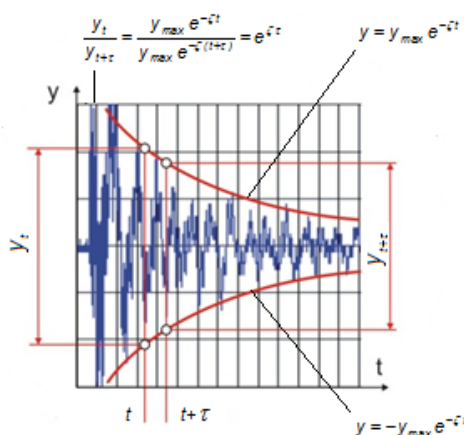
Tabela 1: Eksperimentalne vrijednosti za određivanje stepena prigušenja pilnog diska

Slučaj optereć.	y_t	$y_{t+\tau}$	$\delta = \ln \frac{y_t}{y_{t+\tau}}$	$4\pi^2$	δ^2	$\sqrt{4\pi^2 + \delta^2}$	koef.relat. prigušenja	max sila
							ζ	N
Z2-1100	0,063	0,050	0,231	39,438	0,053	6,284	0,037	4064
Z2-1200	0,200	0,160	0,223	39,438	0,050	6,284	0,036	6676
Z2-1300	0,063	0,050	0,231	39,438	0,053	6,284	0,037	7707
Z2-1400	0,138	0,110	0,227	39,438	0,051	6,284	0,036	8508
Z2-1500	0,125	0,100	0,223	39,438	0,050	6,284	0,036	10424
Srednja vrijednost							0,036	
Z3-1100	0,063	0,050	0,231	39,438	0,053	6,284	0,037	3900
Z3-1200	0,063	0,050	0,231	39,438	0,053	6,284	0,037	6855
Z3-1300	0,175	0,138	0,238	39,438	0,056	6,284	0,038	8087
Z3-1400	0,225	0,180	0,223	39,438	0,050	6,284	0,036	9645
Z3-1500	0,600	0,475	0,234	39,438	0,055	6,284	0,037	10774
Srednja vrijednost							0,037	
Z5-1100	0,063	0,050	0,231	39,438	0,053	6,284	0,037	4000
Z5-1200	0,088	0,070	0,229	39,438	0,052	6,284	0,036	6401
Z5-1300	0,225	0,180	0,223	39,438	0,050	6,284	0,036	7660
Z5-1400	0,200	0,163	0,205	39,438	0,042	6,283	0,033	8813
Z5-1500	0,263	0,213	0,211	39,438	0,044	6,284	0,034	10813
Srednja vrijednost							0,035	
Z6-1100	0,050	0,040	0,223	39,438	0,050	6,284	0,036	3053
Z6-1200	0,113	0,090	0,228	39,438	0,052	6,284	0,036	6496
Z6-1300	0,125	0,100	0,223	39,438	0,050	6,284	0,036	7865
Z6-1400	0,280	0,220	0,241	39,438	0,058	6,285	0,038	9182
Z6-1500	0,113	0,088	0,250	39,438	0,063	6,285	0,040	10496
Srednja vrijednost							0,037	



Dijagram 1: Pomjeranje pilnog diska za slučaj opterećenja Z2-1500
 (dva zupca u zahvatu sa udarnom silom $F_{ud} = 10424 \text{ N}$)

Na dijagramu 1 dat je prikaz realnog zapisa pomjeranja (deformacije) pilnog diska na osnovu davača pomjeranja. Prikazan je i princip za određivanje koeficijenta prigušenja preko grafika slobodnih prigušenih vibracija sistema u trenutku završetka tretmana. Koeficijenti prigušenja određeni su preko logaritamskog dekrementa analizom vremenskog zapisa slobodnog vibriranja pilnog diska. Iz dijagrama se vidi da kretanje nije periodično jer se amplitude sa promjenom vremena smanjuju. Ovo kretanje je vibratorno sa tendencijom naizmjeničnog smanjenja amplituda, tj. vibriranje se amortizuje i iščezava nakon 2,5 sekunde. Ovo je veoma važan podatak u samom procesu odsijecanja obratka. Kod pila za odsijecanje profila u vrućem stanju vrijeme pauze u toku jednog ciklusa rada i do deset puta je duže od vremena efektivnog odsijecanja profila [5], i znatno je duže od vremena prigušenja vibracija pilnog diska određenog eksperimentalnim ispitivanjem.



Dijagram 2: Detalj a (veza sa dijagramom 1)

4. ZAKLJUČAK

Iz eksperimentalnih ispitivanja može se zaključiti da čak i relativno malo prigušenje ($\zeta = 0,036$) bitno utiče na smanjenje amplitude, dok se njegov uticaj na periodu, odnosno frekvenciju vibriranja može zanemariti. Rezultati slobodnih prigušenih vibracija pilnog diska ukazuju da se u procesu između dva odsijecanja profila može postići prigušenje vibracija pilnog diska, čime se osigurava miran i stabilan slijedeći rez u toku vremena rada obradnog centra.

5. LITERATURA

- [1] D. Vukojević, E. Ekinović, *Teorija oscilacija*, Mašinski fakultet u Zenici, Zenica, 2004.
- [2] B. Čorić, S. Ranković, R. Salatić, *Dinamika konstrukcija*, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1998.
- [3] F. Hadžikadunić, *Prilog razvoju metode vibrorelaksacije zaostalih napona na prostornom modelu zavarene čelične konstrukcije - disertacija*, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet u Zenici, Zenica, 2011.
- [4] Grupa autora, *Elektroničke komponente mehatroničkih sustava*, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Zavod za konstruiranje u strojarstvu;
www.riteh.uniri.hr/.../EKMS%20-%20P06-1%20-%20WEB.pdf
- [5] R. Seferović, *Prilog određivanju stabilnosti pilnog diska velikih dimenzija - disertacija*, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet u Zenici, Zenica, 2014.

RAZVOJ MEHATRONIČKOG SISTEMA ZA HIDROOBLIKOVANJE CIJEVI

MECHATRONIC SYSTEM DEVELOPMENT FOR HYDROFORMING OF A TUBES

Edin Šemić¹, Edina Karabegović²

¹Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Mašinski fakultet u Mostaru, Maršala Tita b.b.,

²Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać, Dr. Irfana Ljubijankića bb
edin.semic@bih.net.ba

SAŽETAK:

U ovom radu dat je kratak pregled dizajna, opis, izgled i funkcionalnost komponenti za automatizaciju procesa oblikovanja cijevi korištenjem fluida pod visokim pritiskom (hydroforming). Hydroforming proces je ekonomičan proces kojim oblikujemo cijevi od materijala kao što su aluminij, mesing, čelik. Komplikovani oblici mogu se dobiti ovim oblikovanjem obično u jednom koraku. Najčešća primjena ove metode jeste u automobilske, avioindustriji, proizvodnji medicinske opreme i sl., gdje hydroforming može odgovoriti potrebi oblikovanja komada složenih oblika na jednostavan način i po pristupačnoj cijeni. Različiti materijali se oblikuju na različitim pritiscima i ti pritisci takođe, traju različit vremenski interval. Dizajn hydroforming prese jeste moderan dizajn koji omogućuje lako i jednostavno rukovanje i računarsko upravljanje procesom. Savremeni trendovi idu prema senzorskoj kontroli gotovo svakog parametra, te korištenju tih informacija u procesu odlučivanja. Za kontrolu procesa potrebno je pratiti pritisak fluida u alatu za oblikovanje, pritisak kojeg je potrebno dostići da počne proces, vremena trajanja dostignutog pritiska, silu kojom stežemo alat, te deformaciju samog materijala, a to ćemo postići pomoću senzora pritiska i pomaka, uz korištenje odgovarajućeg softvera.

KLjučne riječi: hidrooblikovanje, automatizacija, senzorska kontrola, dizajn, računarsko upravljanje.

ABSTRACT:

This paper summarizes the design, description, appearance and functionality components to automate the process of forming tubes using a fluid under high pressure (hydroforming). Hydroforming process is cost-effective process of shaping the tubes from materials such as aluminum, brass, steel. Complicated shapes can be formed usually in a single step. The most common use of this method is in the automotive, aerospace industry, production of medical equipment, etc. where hydroforming can answer the need of creating pieces of complex shapes in a simple way and at an affordable price. Different materials are formed at different pressures and pressures also have a different time intervals. The design of hydroforming presses is a modern design that allows easy processing and computer process control. Modern trends go towards the sensory control of almost every parameter, and use this information in the decision-making process. To control the process, it is necessary to monitor the pressure of fluid in the tool design, the pressure which is necessary to achieve that starts the process, the duration of the reached pressure, the force with which the tool paths, deformation of the material, and this will be achieved by means of the pressure and the displacement sensors using the appropriate software.

Keywords: hydroforming, automation, sensor control, design, computer control.

1. UVOD

Industrijska proizvodnja ima stalnu potrebu za uvođenjem novih procesa oblikovanja, kako bi se smanjili troškovi proizvodnje i istovremeno dobili novi optimalni proizvodi. Jedan od tih novih procesa je i hidrooblikovanje. Iako je razvoj tog procesa za automobilsku industriju relativno nov, mnoge procesne varijable značajne za uspješno izvođenje procesa su proučavane ranije: pritisak fluida, sile, korak, trenje, osobine materijala i sl. Općenito, proces hidrooblikovanja se može podijeliti na: oblikovanje cijevi i oblikovanje limova.

Za hidrooblikovanje limova potreban je kalup, materijal (lim), fluid i hidraulični sistem za ostvarivanje visokog pritiska. Visok pritisak fluida lim oblikuje u kalupu i daje mu željeni oblik.

Proces hidrooblikovanja cijevi podrazumijeva oblikovanje metalnih cijevi visokim pritiskom fluida u presi. Početni komad za oblikovanje (cijev), stavlja se u kalup i usljed djelovanja fluida pod pritiskom oblikuje prema definisanom obliku gotovog komada.

Kalup se može biti izrađen od dva ili više dijelova, ovisno od složenosti oblika i dimenzija gotovog komada. Ovaj proces sve više iz primjene potiskuje tradicionalne procese obrade deformisanja lima i cijevi. Takođe, jako je važno istaći da je prednost ovog procesa stvaranje dijelova koji nemaju na sebi šavnu vezu, dijelova koji su čvršći i imaju visok kvalitet površine, što je jako bitno za kasniju završnu obradu, te da se mogu oblikovati dijelovi složenog oblika i većih dimenzija.

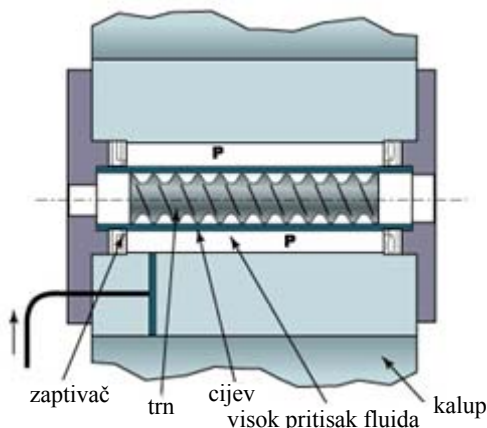
U uporedbi sa tradicionalnim načinima obrade deformisanjem i spajanjem više dijelova putem zavarivanja, dijelovi stvoreni putem hidrooblikovanja su lagani, imaju niže troškove proizvodnje po komadu. S obzirom da su obično stvoreni u jednom koraku, postiže se i ušteda rada, alata i materijala.

2. PROCES HIDROOBLIKOVANJA CIJEVI

Cijevi se mogu oblikovati korištenjem vanjskog ili unutrašnjeg hidrauličkog pritiska, sa ili bez aksijalne sile.

2.1. Hidrooblikovanje pomoću vanjskog pritiska fluida

Proces hidrooblikovanja pomoću vanjskog pritiska fluida je još u razvoju i ima u industriji svoju praktičnu primjenu. Cijev se oblikuje oko osovine pod uticajem vanjskog hidrauličkog pritiska na cijev i unutrašnjeg pritiska u kalupu. Na oba kraja, kalup je zaptiven oko cijevi. Ovaj proces omogućuje precizno dobivanje unutrašnjih oblika cijevi ili spajanje osovine i cijevi.

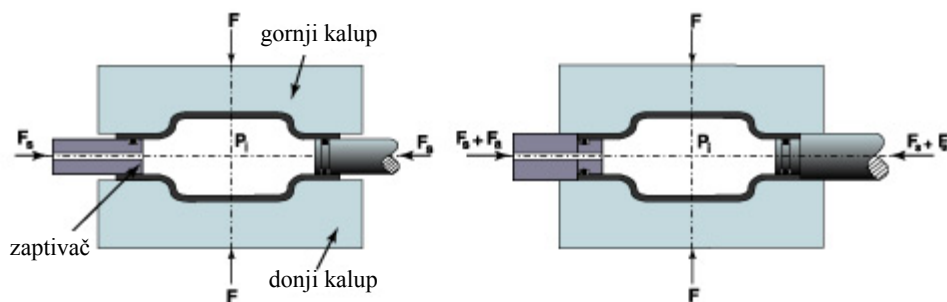


Slika 1. Hidrooblikovanje pomoću vanjskog pritiska fluida [12]

Najveća prednost ove metode je mogućnost tačnog formiranja željenog unutrašnjeg oblika cijevi.

2.1. Hidrooblikovanje pomoću unutrašnjeg pritiska fluida

Hidrooblikovanje pomoću unutrašnjeg pritiska fluida je metoda koja se najčešće koristi. Jedna od mogućih podjela ove metode jeste oblikovanje korištenjem ili nekorisćenjem aksijalne sile. Korištenje aksijalne sile u kombinaciji sa unutrašnjim hidrauličnim pritiskom fluida omogućuje preciznije oblikovanje dijelova.

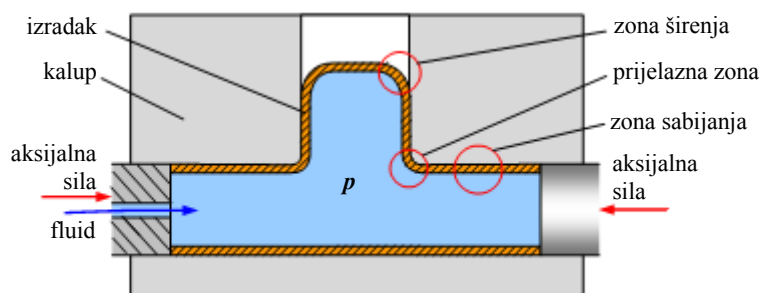


Slika 2. Hidrooblikovanje pomoću unutrašnjeg pritiska fluida bez aksijalne sile (lijevo) i sa aksijalnom silom (desno) [12]

Na slici 2 je prikazana šema oblikovanja pomoću unutrašnjeg pritiska, i to: bez aksijalne sile (lijevo), i sa aksijalnom silom (desno). Oznaka F_s predstavlja silu potrebnu za zaptivanje, dok je oznaka F_a – aksijalna sila. U oba slučaja, potrebno je gornji i donji dio kalupa čvrsto zatvoriti.

3. PRINCIP KONTROLE PRITISKA PRI HIDROOBLIKOVANJU CIJEVI

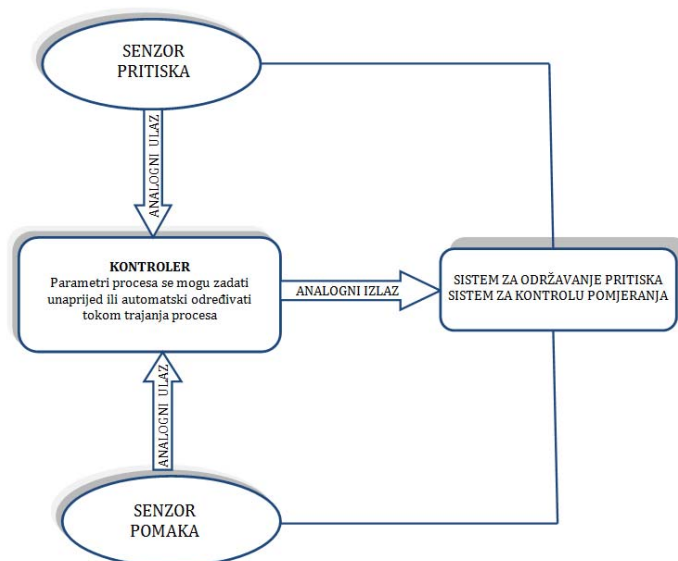
Da bi se proces hidrooblikovanja uopšte mogao softverski kontrolisati, najvažniji parametri koji se moraju kontrolisati su pritisak, deformacija materijala i vrijeme trajanja dostignutog pritiska. Na slici 3 je prikazana šema hidrooblikovanja „T“ komada.



Slika 3. Hidrooblikovanje cijevi - „T“ komad [13]

Za potrebe mjerenja pritiska potrebno je odabrati neki od senzora pritiska koji će kontroleru (računar, mikrokontroler i sl.) davati trenutnu vrijednost pritiska na osnovu koje će automatika

donositi odluku o veličini pritiska koji je potrebno dostići da bi proces otpočeo. Kada deformisanje počne, senzori pomaka postavljeni na odgovarajućim mjestima će registrovati početak i kraj procesa oblikovanja. Takođe, ovi senzori mogu slati informacije kontroleru o toku samog procesa. To znači da se parametri procesa mogu zadati unaprijed za poznate materijale, pritiske i poznato vrijeme trajanja procesa, ali se takođe može prepustiti automatici da ih sama odredi za nepoznat, neispitan materijal i sl. Pojednostavljena šema principa kontrole je data na slici 4.



Slika 4. Princip kontrole procesa hidrooblikovanja

U nastavku rada dat je kratki pregled senzora pritiska i pomaka koji se mogu koristiti za navedeni proces.

3.1. Senzori pritiska

Principi mjerenja pritiska, koji se danas primjenjuju sa sensorima, najčešće se odnose na direktno pretvaranje fizičke u električnu veličinu, tj. pritiska u električni signal.

Postoji nekoliko različitih načina za mjerenje pritiska:

- *diferencijalni pritisak*: razlika između dva pritiska kojima je izložen senzor (transmiteri ovakvog tipa zovu se i Delta P transmiteri),
- *mjereni pritisak*: u slučaju kada je jedna ulazna strana transmitera otvorena prema atmosferi i izložena je atmosferskom pritisku,
- *apsolutni pritisak*: u slučaju kada je jedna ulazna strana transmitera spojena na vakuum i
- *glavni pritisak*: u slučaju kada je jedna ulazna strana transmitera otvorena prema atmosferi i izložena atmosferskom pritisku, a druga izložena stubu tekućine određene visine (visina izražena mjernom jedinicom, npr. milimetri stuba vode, žive, itd.).

Klasični senzori sa Bourdonovom cijevi ili sa membranom su najčešće u upotrebi mjerenja pritiska, ali imaju nedostatak. Hod pretvaračkih elemenata iznosi od 1 do 3 mm, dok deformacije kod modernih senzora pritiska ne prelaze nekoliko mikrona. Senzori pritiska imaju niz prednosti u mjerenju, od velike brzine odziva (≈ 2 ms), otpornosti na preopterećenja, te dugotrajnost rada.

Najvažnija osobina senzora koji treba da rade u industrijskim uslovima je stabilan i dugotrajan rad uređaja bez kvara i bez nekog posebnog održavanja. Visok nivo tačnosti u većini slučajeva nije primarni cilj, tj. i 1% greške je sasvim tolerantno. Mnogo je važnije da uređaj ne bude skup i da bude pouzdan.

Senzori se mogu podijeliti na dva osnovna načina:

- prema sredini u kojoj se koriste i
- prema principu rada.

Prema sredini u kojoj se koriste dijele se na:

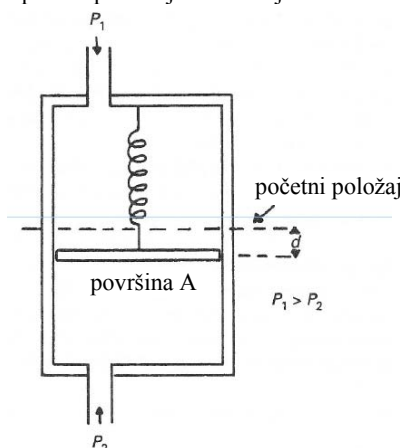
- senzore za industrijska mjerenja i
- senzore za laboratorijska mjerenja.

Prema principu rada senzori se mogu podijeliti na:

1. senzore za deformaciju i
2. senzore za pomjeranja, koji rade na principu:
 - o kompenzacije sile i
 - o piezoelektričnog efekta.

Prilikom mjerenja treba voditi računa o tome kako da se otklone greške mjerenja usljed uticaja temperature okoline, varijacije napajanja senzora i drugih uticaja.

Šema senzora koji rade na principu kompenzacije sile data je na slici 5.



Slika 5. Senzor diferencijalnog pritiska [14]

Ploču A drži opruga, a ploča se počinje pomicati kada sila koja nastaje usljed razlike pritisaka bude veća od sile opruge koja ploču drži. Pomak ploče A je proporcionalan razlici pritisaka p_1 i p_2 , i taj pomak daje izlazni signal u obliku električnog napona.

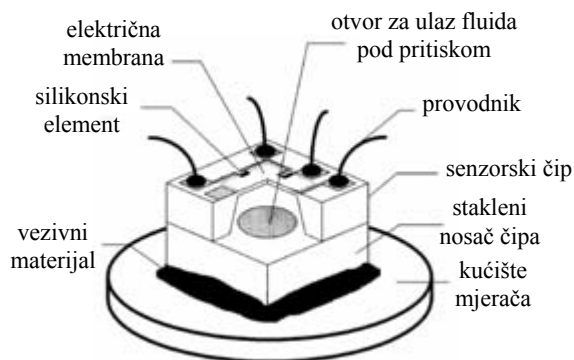
Senzori koji su najčešće u upotrebi rade na principu piezoelektričnog efekta i elektrootpornih mjernih traka. Piezoelektrični senzor pritiska rade na principu piezoelektričnog efekta. Piezoelektrični efekat je pojava promjene električnog otpora pri djelovanju neke deformacione sile. Piezorezistivni materijali se pričvršćuju na membranu koja se pod djelovanjem sile, tj. pritiska deformiše i tako se mijenja električni otpor materijala pričvršćenog na membranu. Osjetljivost ovakvog uređaja, kao i uređaja sa elektrootpornim mjernim trakama, usko je povezana za veličinu nazvanu deformacioni faktor.

$$\text{Deformacioni faktor} = \frac{\Delta R/R}{\epsilon}$$

R – električni otpor

ΔR – promjena električnog otpora
 ε - linearni stepen deformacije - $\Delta L/L$

Na slici 6. data je šema piezorezistivnog senzora pritiska.



Slika 6. Piezorezistivni senzor pritiska [15]

Piezorezistivni senzori pritiska se mogu prilagoditi najrazličitijim uslovima montaže, jer su malih dimenzija i najčešće se primjenjuju u praksi. Takođe, veoma su tačni (greška manja od 0,1%). Mjerni obim ovih senzora je između 10 kPa i 70Mpa. Nedostatak im je njihova osjetljivost na promjenu temperature, pa je potrebno voditi računa o tome koristeći elektronske sklopove za termičku kompenzaciju.

3.2. Senzori pomaka

Mjerenje pomaka u industriji, naročito na NC mašinama, je vrlo važno. Razlikuju se ugaoni i pravolinijski pomak. Pomak možemo mjeriti apsolutno ili inkrementalno.

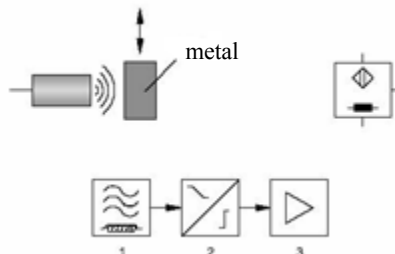
Apsolutno mjerenje podrazumjeva da senzor mjeri pomak u bilo kom trenutku vremena s obzirom na početno stanje.

Inkrementalno mjerenje daje „pređeni put“ pomaka i ne daje tačan položaj mjernog predmeta poslije pomaka. Ovo mjerenje je jednostavnije i jeftinije od apsolutnog, ali mu je mana što se dodatnim mjerenjem mora utvrđivati položaj predmeta nakon pomaka ukoliko nam je to potrebno.

U industrijskoj primjeni ovi senzori su danas neophodni. U uporedbi s mehaničkim prekidačima oni imaju velike prednosti: beskontaktni rad bez habanja, veliku preciznost. Neosjetljivi su na vibracije, prašinu i vlagu.

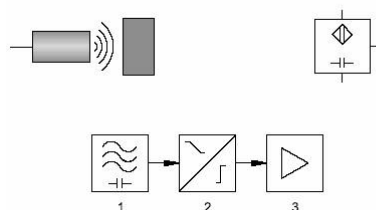
Postoji veliki broj različitih vrsta ovih senzora, od kojih su nabrojani samo neki: induktivni senzori, kapacitivni senzori, magnetni senzori, opto-električni senzori, laserski senzori, fiber-optički senzori i sl. U ovom radu data su kratka objašnjenja za induktivne, kapacitivne i optičke senzore pomaka.

Induktivni senzor služi za detekciju metalnog objekta, a moguća je i detekcija grafitnog predmeta. Ovaj senzor se sastoji od zavojnice, oscilatora, okidača („trigger“) i izlaznog pojačala. Priključenjem napona na induktivni senzor oscilator generira visokofrekventno elektromagnetsko polje koje se rasprostire u aktivnu sklopnu zonu senzora. Ako se u tu sklopnu zonu unese metalni dio oscilator se prigušuje. Prigušenje amplitude djeluje na okidač, koji preko pojačala daje izlazni signal.



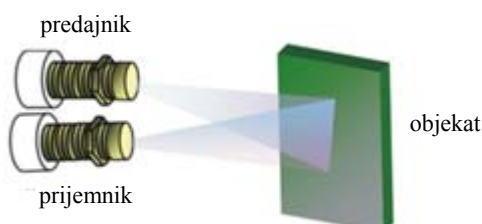
Slika 7. Induktivni senzor pomaka [16]

Kapacitivni senzor, kao i induktivni ima oscilator, ali nema induktivnu zavojnicu, već kondenzator i otpornik u sklopu RC oscilatora. Elektrostatičko polje se generiše između anode i katode kondenzatora, a prostire se u polje ispred senzora. Dolaskom predmeta u blizinu mijenja se kapacitet kondenzatora. Oscilator se prigušuje i na izlazu se pojavi signal. Kapacitivni senzori reaguju i na izolatore kao što su plastika, staklo, keramika, tečnosti i drvo, tj. na većinu materijala i medija. Osjetljivost većine kapacitivnih senzora se može podesiti pomoću potencijometra, pa se može spriječiti uočavanje nekih materijala koji nisu bitni u tehnološkom procesu, npr. medij za hlađenje.



Slika 8. Kapacitivni senzor pomaka [16]

Optički senzor koristi fotoelektrične osobine pojedinih poluprovodnika, tj. promjena otpora poluprovodnika usljed djelovanja svjetlosti. Na slici 9. data je šema principa rada optičkog senzora.



Slika 9. Princip rada optičkog senzora [17]

Postoje tri osnovne vrste optičkih senzora: difuzni, retro-reflektujući i senzori s prolaznom zrakom. *Difuzni senzori* detektuju reflektovanu svjetlost od objekta (predmeta) koji je predmet detekcije. *Retro-reflektujući senzori i senzori sa prolaznom zrakom* detektuju objekt (predmet), ako on presječe put zrake od odašiljača do prijemnika.

4. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme sve više se javlja potreba za fleksibilnijim proizvodnim sistemima gdje se mogu oblikovati različiti materijali i različiti oblici uz što manje ulaganja u izmjenu alata i proizvodnog procesa. Jedan od postupaka koji sigurno ide u prilog ovom zahtjevu jeste i hidrooblikovanje, gdje se može, naročito danas, uz korištenje dostupnih senzora i elektronike koja ih prati parametrizirati proces na način da se vrijednosti parametara automatski prilagođavaju i mijenjaju tokom trajanja samog procesa, čime se omogućuje jako jednostavno oblikovanje različitih materijala, bez posebnih proračuna i eksperimenata koji bi tome prethodili. To značajno smanjuje vrijeme potrebno za proizvodnju, kao i cijenu finalnog proizvoda.

5. LITERATURA

- [1] V. Doleček, I. Karabegović, M. Jurković, E. Karabegović, M. Mahmić i dr.: Roboti u industriji (Primjena robota u metaloprerađivačkoj industriji), Društvo za robotiku i Tehnički fakultet Bihać, 2008.
- [2] Harjinder Singh: Fundamentals of Hydroforming, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan, USA, 2003.
- [3] Edina Karabegović, Isak Karabegović: Strain Zones and Attrition Influential Zones in Tybe Hydroforming process, International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS, 2013.
- [4] Branko Grizelj, Josip Cumin, Todor Ergić: Application of Hydroforming Process sin Sheet Metal Formation, Sveučilište u Osijeku, Strojarski fakultet Slavonski Brod, 2009.
- [5] Mehmed Mahmić, Edina Karabegović, Milan Jurković, Isak Karabegović: Analytical model for friction coefficient determination in tube hydroforming process, 16th International Research/Expert Conference, TMT, Dubai, 2012.
- [6] Edina Karabegović, Milan Jurković, Isak Karabegović: Analytical Modeling of Axial Force in Hydroforming of Thin-Walled Tube Elements, International Journal of Engineering and Technology, No. 9, 2012.
- [7] <http://www.americanhydroformers.com/what-is-hydroforming/>
- [8] <http://keytometals.com/page.aspx?ID=CheckArticle&site=kts&NM=304>
- [9] <http://www.thefabricator.com/article/hydroforming/hydroforming-of-tubes-extrusions-and-sheet>
- [10] <http://www.autoform.com/en/glossary/hydroforming/>
- [11] <http://www.thefabricator.com/article/hydroforming/pressure-sequence-and-high-pressure-hydroforming--knowing-the-processes-can-mean-boosting-profits>
- [12] www.thefabricator.com
- [13] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S100363261161618X>
- [14] <http://www.unidu.hr/datoteke/majelic/ABP-5.pdf>
- [15] http://ccd.uns.ac.rs/aus/autIND/sau_doc/Za%20sajt/07_Meraci_pritiska.pdf
- [16] http://www.tsrb.hr/meha/index.php?option=com_content&task=view&id=51&Itemid=1
- [17] <http://www.slideshare.net/tehnologije/senzori>

OSIGURANJE ZAHTIJEVANE STABILNOSTI ROTORNOG BAGERA PRI REKONSTRUKCIJI VITALNIH ELEMENATA BAGERA

INSURANCE REQUIREMENT FOR STABILITY BUCKET WHEEL EXCAVATOR IN THE RECONSTRUCTION OF VITAL ELEMENTS EXCAVATOR

Fehmo Mrkaljević¹ Ferid Mulahalilović², Denijal Sprečić³

¹Elektroprivreda Federacije BiH u Sarajevu, Rudnici „Kreka” d.o.o. Tuzla ²

Elektroprivreda Federacije BiH u Sarajevu, Rudnici „Kreka” d.o.o. Tuzla

³Univerzitet u Tuzli, Mašinski fakultet Tuzla, esprecic@bih.net.ba

fehmo.mrkaljevic@hotmail.com

SAŽETAK:

U radu je analizirana promjena rasporeda masa gornje obrtne platforme rotornog bagera SRs-220 9,5/0,5 nakon zamjene motora za pogon radnog točka. Pri tome su prezentirani rezultati analitičkog proračuna centra masa konstrukcije gornje obrtne platforme kao i rezultati provedenih in situ mjerenja. Pored toga, utvrđena je veličina pomijeranja centra masa gornje obrtne platforme bagera sa instaliranim starim a zatim i novim motorom za pogon radnog organa i to za slučaj statičkog i dinamičkog opterećenja pri jednom od graničnih položaja radnog organa rotornog bagera. Konstatovano je da je nakon revitalizacije pojedinih sklopova rotornog bagera neophodno utvrditi položaj centra masa rotornog bagera kako bi se osigurala zahtijevana stabilnost bagera.

Ključne riječi: gornja obrtna platforma, rotorni bager, stabilnost konstrukcije

ABSTRACT:

The paper analyzes the changes in weight distribution of the upper revolving platform bucket wheel excavator SRs-220 9,5/0,5 after replacing the engine for driving the wheel. It presents the results of the analytical calculation of the mass center of the upper structure of the platform as well as the results of in situ measurements. In addition, determined the size you move the center of mass of the upper revolving platform excavator installed with the old and then the new engine in driving the body, in the case of static and dynamic loads at one of the border position of the working bodies of the bucket wheel excavator. It was noted that after the revitalization of the vehicle bucket wheel excavator is necessary to determine the position of the center of mass of the bucket wheel excavator in order to ensure the required stability of the excavator.

Keywords: upper craft platform, bucket wheel excavator, stability of the structure

1. UVOD

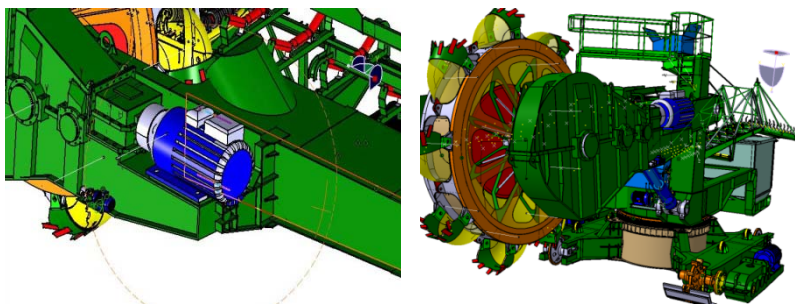
U sklopu aktivnosti na rekonstrukciji pogona radnog točka rotornog bagera SRs-220 9,5/0,5, potrebno je zamijeniti staru izvedbu motora sa upuštanjem, novim motorom sa soft-starterom snage 160 kW. Na

osnovu uporednih parametara (tehničko-tehnoloških i dimenzionalnih karakteristika) starog i novog motora, uočavaju se razlike u priključnim dimenzijama i masi. Rekonstrukcijom postolja i novim izborom odgovarajuće spojnice veoma se lako mogu prevazići dimenzionalne razlike novog i starog motora.



Slika 1: Pogon radnog točka sa starim motorom snage 160 kW

U cilju osiguranja položaja koordinata težišta konstrukcije gornje obrtne platforme rotornog bagera SRs-220 9,5/0,5 u projektovanim granicama u slučaju zamjene pomenutog motora, potrebno je pronaći način za rješavanje problema izmijenjene statičke stabilnosti konstrukcije gornje obrtne platforme nakon što je došlo do promjene mase na pogonu radnog točka bagera SRs-220 9,5/0,5. Kako bi se riješio nastali problem definisana je procedura mjerenja mase konstrukcije gornje obrtne platforme bagera i nakon toga izračunavanje položaja koordinata težišta (centra) masa kako bi se izvršila komparativna analiza sa položajem koordinata projektovanog (teoretskog) težišta bagera.

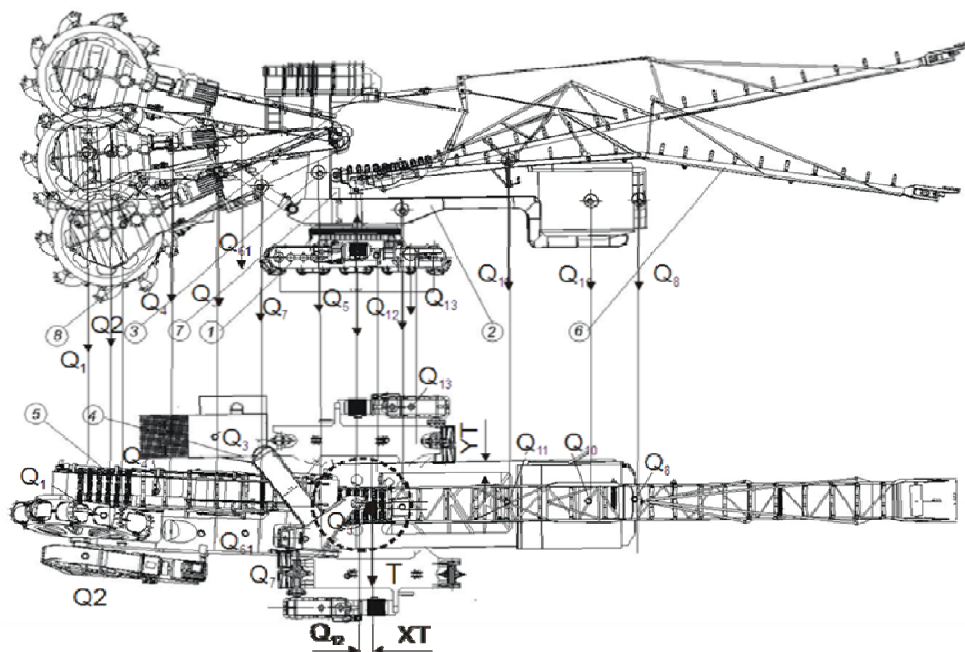


Slika 2: Pogon radnog točka sa novim motorom snage 160 kW

Konkretno, u toku rekonstrukcije rotornog bagera SRs-220 9,5/0,5, izvršena je zamjena starog motora za pogon radnog točka novim motorom sa soft-starterom snage 160 kW nakon čega je provjerena statička stabilnost bagera.

2. PROVJERA STATIČKE STABILNOSTI ROTORNOG BAGERA

Računanjem mase priključnih elemenata pogona kao i razlike u masi starog i novog motora dolazi se do podatka da stari pogon u odnosu na novi ima veću masu za 350 kg. Uzimajući to u obzir izračunate su koordinate težišta konstrukcije gornje obrtne platforme rotornog bagera SRs-220 9,5/0,5 sa ugrađenim novim motorom tipa M2 CA 355 SB za pogon radnog organa bagera.



Slika 3: Položaj težišta rotornog bagera SRs-220 9,5/0,5

Tabela 1: Uporedne tehničke karakteristike starog i novog motora za pogon radnog točka

Tehničke karakteristike	Stari motor	Novi motor
Proizvođač	VEM	ABB
Tip	AR 355 – 6	M2 CA 355 SB
Nazivna snaga	$P_n = 160 \text{ kW}$	$P_n = 160 \text{ kW}$
Nazivni broj obrtaja	$n_n = 988 \text{ o/min}$	$n_n = 993 \text{ o/min}$
Nazivni napon	$U_n = 500 \text{ V}$	$U_n = 500 \text{ V}$
Nazivna struja	$I_n = 222 \text{ A}$	$I_n = 230 \text{ A}$
Nazivna frekvencija	50 Hz	50 Hz

Koordinate težišta rotornog bagera sa ugrađenim novim motorom za pogon radno točka, računane su za referentni položaj koji je u stvari granični položaj gdje su katarke radnog točka i istovarna katarka postavljene horizontalno u pravcu x-ose.

Tabela 2: Izračunate vrijednosti koordinata težišta konstrukcije gornje obrtne platforme rotornog bagera sa ugrađenim starim motorom

n	Q _n [N]	X _n [m]	Y _n [mm]	Q _n X _n [Nm]	Q _n Y _n [Nm]
1	60000	-9,426	-0,447	-565560,00	-26820,00
2	105000	-8,598	-1,566	-902790,00	-164430,00
3	75000	-4,893	-1,114	-366975,00	-83550,00
4	22000	-3,339	-1,114	-73458,00	-24508,00
5	35000	-4,300	2,506	-150500,00	87710,00
6	54510	-6,800	0,308	-370668,00	16789,08
7	209090	0,425	0	88863,25	0
8	45000	8,022	0	360990,00	0
9	148400	9,918	0	1471831,20	0
10	50000	8,300	0,300	415000,00	15000,00
11	20000	18,300	0,300	366000,00	6000,00
Σ	834000			272733,45	-173808,92

$$X_{Ts} = \frac{\sum Q_n x_n}{\sum Q_n} = \frac{272733,45}{834000} = 327,02 \text{ mm} \quad (1)$$

$$Y_{Ts} = \frac{\sum Q_n y_n}{\sum Q_n} = \frac{-173808,92}{834000} = -208,40 \text{ mm} \quad (2)$$

Uzimajući u obzir izmijenjenu ukunu masu konstrukcije gornje obrtne platforme rotornog bagera, kao i masu pogona radnog točka, izračunate su koordinate novog težišta konstrukcije bagera. Nove vrijednosti koordinata težišta govore o izmijenjenoj statičkoj stabilnosti i prikazane su u tabeli 3. Navedeni problem se prevazilazi oduzimanjem ili dodavanjem masa na pomenutoj strukturi. Za uravnoteženje konstrukcije gornje obrtne platforme bagera najpogodnije je izvršiti korekciju mase protivtega.

$$X_{Tn} = \frac{\sum Q_n x_n}{\sum Q_n} = \frac{302826,45}{834000} = 364,63 \text{ mm} \quad (3)$$

$$Y_{Tn} = \frac{\sum Q_n y_n}{\sum Q_n} = \frac{-168327,92}{834000} = -202,68 \text{ mm} \quad (4)$$

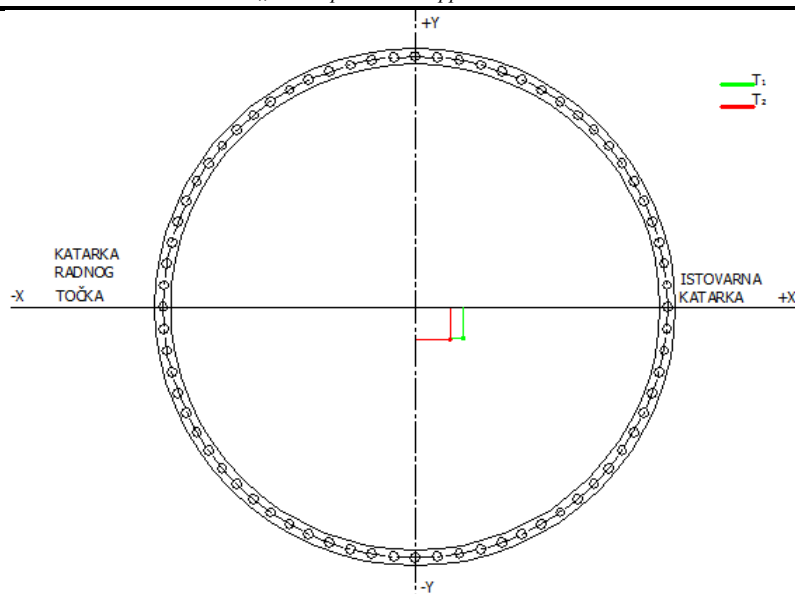
Tabela 3: Izračunate vrijednosti koordinata težišta konstrukcije gornje obrtne platforme rotornog bagera sa ugrađenim novim motorom

n	Q_n [N]	X_n [mm]	Y_n [mm]	$Q_n X_n$ [Nm]	$Q_n Y_n$ [Nm]
1	60000	-9,426	-0,447	-565560,00	-26820,00
2	101500	-8,598	-1,566	-872697,00	-158949,00
3	75000	-4,893	-1,114	-366975,00	-83550,00
4	22000	-3,339	-1,114	-73458,00	-24508,00
5	35000	-4,300	2,506	-150500,00	87710,00
6	54510	-6,800	0,308	-370668,00	16789,08
7	209090	0,425	0	88863,25	0
8	45000	8,022	0	360990,00	0
9	148400	9,918	0	1471831,20	0
10	50000	8,300	0,300	415000,00	15000,00
11	20000	18,300	0,300	366000,00	6000,00
Σ	830500			302826,45	-168327,92

U tabeli 4. date su uporedne izračunate vrijednosti koordinata težišta konstrukcije gornje obrtne platforme rotornog bagera, a na slici 4. dat je vizuelni prikaz pozicije težišta konstrukcije gornje obrtne platforme rotornog bagera sa ugrađenim starim i novim motorom za pogon radnog točka.

Tabela 4: Koordinate težišta konstrukcije gornje obrtne platforme bagera za slučaj kada je ugrađen novi odnosno stari motor

	Ugrađen stari motor	Ugrađen novi motor
X_T mm	327,02	364,63
Y_T mm	-208,40	-202,68



Slika 4: Položaj težišta rotornog bagera sa ugrađenim starim i novim motorom, T_1 – težište sa ugrađenim novim motorom, T_2 – težište sa ugrađenim starim motorom

3. ZAKLJUČAK

Analizirajući dobijene rezultate u radu može se zaključiti da rekonstrukcija pojedinih sklopova rotornog bagera može dovesti do narušavanja statičke stabilnosti bagera usljed drugačijeg rasporeda masa. U radu je pokazano da se pozicija težišta rotornog bagera mijenja ukoliko se, kao što je u ovom slučaju navedeno, izvrši zamjena starog motora za pogon radnog točka novim motorom tipa M2 CA 355 SB. Da bi se provjerila pozicija težišta bagera nakon zamjene motora za pogon radnog organa naspram preporučenih vrijednosti odnosno ograničenja proizvođača, potrebno je utvrditi ukupnu masu gornje obrtne platforme rotornog bagera. Mjerenje je izvedeno pomoću hidrauličkog mjernog sistema postavljenog na određene tačke na kojima se mjere opterećenja iz kojih se utvrđuje ukupna masa gornje obrtne platforme i položaj težišta u ravni gdje se mjerni sistem postavlja. Pri izvođenju mjerenja, kao preduslov za tačne i pouzdane rezultate, radiaksijalni kuglični ležaj se mora dovesti u stanje rasterećenja, odnosno da kompletno opterećenje od mase konstrukcije bude preneseno na hidraulički mjerni sistem. Provedenim istraživanjima je dokazano da postoje pomijeranja težišta gornje obrtne platforme rotornog bagera usljed pomijeranja bilo kojeg dijela gornje konstrukcije bagera ili zbog provedenih konstrukcionih zahvata. Obzirom na tu činjenicu, neophodno je u skladu sa važećim propisima i normativima izvršiti provjeru statičke stabilnost mašine sa obrnom nadgradnjom, kao i utvrđivanje koordinata težišta masa sistema.

4. LITERATURA

- [1] M. Nakamura , S. Goto, N. Kyura: Mechatronic Serco system Control, Springer-Verlag Berlin Heidelberg NewYork, 2002.
- [2] William B. J. Zimmerman: Process Modelling and Simulation with Finite Element Methods, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 2004.
- [3] Jasbir S Arora: Optimization of structural and mechanical systems, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2007.
- [4] Serge Zacher: Übungsbuch Regelungstechnik, GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2007.
- [5] Tehničko upustvo za rukovanje i održavanje rotornog bagera SRs-220 9,5/0,5
- [6] Ruradski institut Tuzla: Propisi i normativi iz površinske eksploatacije mineralnih sirovina
- [7] www.takraf.com

**STUDIJA O POBOLJŠANJU RJEŠENJA U OBRADI METALA
KORIŠTENJEM ELEKTROHEMIJSKIH I ELEKTRIČNIH
PRAŽNENJA**

**STUDY ABOUT IMPROVING THE WORKING SOLUTION AT
THE METAL PROCESSING BY ELECTROCHEMICAL AND
ELECTRICAL DISCHARGES**

Botis Mihaela

*Mechanical Faculty, Bv Mihai Viteazu 1,
Timisoara, Romania
botis.mihaela@gmail.com*

ABSTRACT:

At the processing by electrical complex erosion sodium silicate can be substituted with mixture of inorganic solutions and colloidal solutions as working medium. They promote the anodic dissolution as well as the electrical discharges increasing the process efficiency. In this paper will be analyzed the mixture of inorganic solutions with colloidal ones, in which there have been obtained the best results.

Keywords: *sodium silicate, anodic dissolution, Monofactorial Dispersion Analysis*

1. INTRODUCTION

In the metal processing by electrochemical and electrical discharges, the most frequent working solution is sodium silicate.

It's properties to create a solid pellicle on the working machine, as well as at the increasing of the current density, this pellicle is very hard and can't be removed from the working tool, have directed the researching towards finding of some new solutions that will remove the drawbacks of sodium silicate and will increase the process efficiency.

Inorganic solutions because of the anodic dissolution will promote by an electrochemical mechanism the removing of the metal from the processed object.

The colloidal solutions of silicate, kaolin and inorganic solutions improves the processing by electrochemical and electrical discharges by avoiding the obtaining of an adherent pellicle on the machine surface as well as the increasing of the process efficiency by reducing the processing time.

At these working solutions the obtaining of the passive pellicle is explained by electrophoreses phenomenon, the migration of the kaolin and silicate particles negative

electrically charged toward the anode surface. The obtained pellicle will have a superior mechanical resistance and will direct the electrical discharges in a reduced area that corresponds to the most pronounced peaks, increasing the metal quantity removed in a certain time.

Taking into account the advantages of the two mentioned solution, in this paper will be studied their influence on the process characteristics, especially on the process efficiency.

The working solution, as an electrolyte and having electrical properties, by its composition, density, and module influenced the processing by electrochemical and electrical discharges. These liquids have to generate a viscous pellicle that will hinder the short-circuiting between the working tools and the processed object. They must have, also, colloidal substances in suspensions that will migrate toward anode. The working solution have to be an electrolyte made from an aqueous solution, in an electrical field, that will promote an electrochemical dissolution of the processed object (anode) and the electrical discharges generated by the breaking of the micro-contacts crossed by the electrical current, influenced the thermic aspect of the metal removing.

An optimal working solution has to assure on the anode surface the obtaining of a protective pellicle with dielectric properties and a high mechanical resistance. The presence of this pellicle is necessary for the apparition and development of the elementary process of thermic erosion as well as the anodic dissolution. The pellicle thickness depends on the electrical parameters (current intensity and tension) and on the characteristics of the working solution that will influence the number and intensity of the electrical discharges.

In the case when the work-pieces have to be processed in a short time with a high speed the most frequent working solutions are colloidal suspensions of silicate, kaolin or their's mixture with inorganic solutions, that will increase the electrolyte conductivity. The obtained surface, in this case, has a high roughness, requiring some special adjustings.

If the processing purpose is to obtain of some smooth surfaces, the best results have been achieved in inorganic solutions, that have a high electrical conductivity and assure an intensification of the anodic dissolution, especially in the first phase of the processing. The obtained surfaces have, because of the electrochemical process, a low roughness. The drawbacks of these solutions is the obtaining of some pellicles of oxydes or hydroxydes with a reduced mechanical resistance.

2. MATERIALS AND METHODS

The working solutions analysed in these experiments were some mixtures of colloidal suspensions of silicate, kaolin and inorganic solutions that promotes the obtaining of a resistant pellicle on the anode surface: sodium silicate 30% + kaolin 10% + NaNO₃ 5% and kaolin 40% + silicate 8% + Na₂CO₃ 0,3%.

1) Coloidal solutions: silicate 30% + kaolin 10% + NaNO₃ 5% ; with this solution was obtained a high process efficiency and was avoided the achieving of an adherent pellicle on the processing tool by electrochemical and electrical discharges. This mixture influences in a different mode the obtaining of the passive pellicle in comparison with sodium silicate.

- sodium silicate promotes the obtaining of a pellicle of SiO₂ and Si(OH)₄ on the work-piece surface;

- the obtained pellicle has a low adherence because a part of the silicate bonds are achieved for fixing the kaolin micelle;

- it is achieved a pellicle of SiO₂ and kaolin with a high mechanical resistance due to the aluminium oxide from the kaolin structure, that covered a greater surface from the processed object, promoting the electrical discharges in the most prominent peaks;

- adding in small quantities of the inorganic solution NaNO₃ promotes the anodic dissolution at concentration greater than 10% , the positive ions Na⁺ neutralised the colloidal particles charged with negative charges of kaolin, taking place an aggregation process of the colloidal particles that hinder the material removing by electrical discharges;

2) Colloidal solution of kaolin: kaolin 40% +silicate 8% + Na₂CO₃ 0.3%: by processing with electrochemical and electrical discharges with this solution, the obtained pellicle with kaolin has smaller mechanical and electrical properties at the same current density, being necessary greater current parameters.

The erosion rate for a certain tension of the electric current, because of the low electrical and mechanical resistance of the kaolin pellicle, increase the electrical current in the system. As a result the working tool will be worn in the place where the pellicle is very thin.

The achieving of the pellicle in this case is explained by the following:

- kaolin doesn't dissociate in ions because it has colloidal micelle that adheres on the work-piece surface by adsorption forces;
- because of the low attraction forces, the obtained pellicle is less stabile doesn't protect the work-piece, promoting the electrical discharges in more points;
- increasing of the kaolin concentration promotes the increasing of the viscosity, due to micelle aggregation and the working liquid won't enter in the working space;
- electrolyte adding has a positive influence on the migration rate of the particles, increasing the solution electrical conductivity and promoting the obtaining of the anodic pellicle. At a high percent of electrolyte appear a small dissociation and a reduced number of Na⁺ ions.

As the dissociation process decrease, the attraction forces between particles are weaker. In the presence of an excess of Na⁺ ions the negative charges of the particles are neutralised, they will agglomerate, the suspension became unstable and the pellicle achieving is hindered. By dissociation decreasing the migration of the colloidal particles is reduced and theirs aggregation leads the loosing of the electrical charge.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

As an experimental strategy by the experiments was established the influence of the working solution on the process efficiency Q_p.

For this purpose was applied the Monofactorial Dispersion Analysis that permits to establish the significance of a small number of index (K< 4) inclusive only one (in this case the composition of the working liquid), on an objective function, process efficiency (Q_p).

Because the modern technological systems are complex, diffused and with a low organization, their study is made by experimental modellation, usually by factorial experiment.

For applying with a maximum efficiency of the advantages offered by this type of experiment, was necessary to establish the significance of the parameters that will be

introduced in the programme matrix that permit to obtain the regression model. One of these experiments is Monofactorial Dispersion Analysis.

The algorithm was applied for establishing if the type of working solution (chemical composition) has a significant influence on the process efficiency at the processing by electrochemical and electrical discharges of steels: X210Cr12 (12%Cr) and S6-5-3 (4,5% Cr).

The calculation method consist from separation of the influence on a response parameter, in this case process efficiency, Q_p [mm³/min], of the non-significant parameters from the influence of the significant parameters. The separation is achieved by decomposition of the total dispersion in its components and establishing the significance of these components.

For applying of this method is necessary that for the analysed parameter to establish the levels on which is modified (in this case the chemical composition of the working solution) in which the experiments are achieved, m number, after each level was achieved a number of n replica.

The processing of the steel bars by electrochemical and electrical discharges was achieved in the following conditions: current intensity $I = 50-100$ A, current tension $U = 10-15$ V.

By achieving the experiments were calculated the values of the process efficiency for each of the processed steels for the two proposed working solutions (sodium silicate 30% + kaolin 10% + NaNO₃ 5% and kaolin 40% +silicate 8% + Na₂CO₃ 0,3%)

Table 1 Dependence of the process efficiency on the current intensity for steel S6-5-3

sodium silicate 30% + kaolin 10% + NaNO ₃ 5%		kaolin 40% +silicate 8% + Na ₂ CO ₃ 0,3%	
I[A]	Q_p [mm ³ /min]	I[A]	Q_p [mm ³ /min]
75	529,87	75	298,35
100	1059,75	100	304,94
125	1177,5	125	320
150	1180,3	150	338,74
200	1413	200	362,53

Table 2 Dependence of the process efficiency on the current intensity for steel X210Cr12

sodium silicate 30% + kaolin 10% + NaNO ₃ 5% (sol.1)		kaolin 40% +silicate 8% + Na ₂ CO ₃ 0,3% (sol.2)	
I[A]	Q_p [mm ³ /min]	I[A]	Q_p [mm ³ /min]
75	706,5	75	253,66
100	1059,76	100	299,79
125	1115,52	125	353,11
150	1324,68	150	471,43
200	1413	200	528

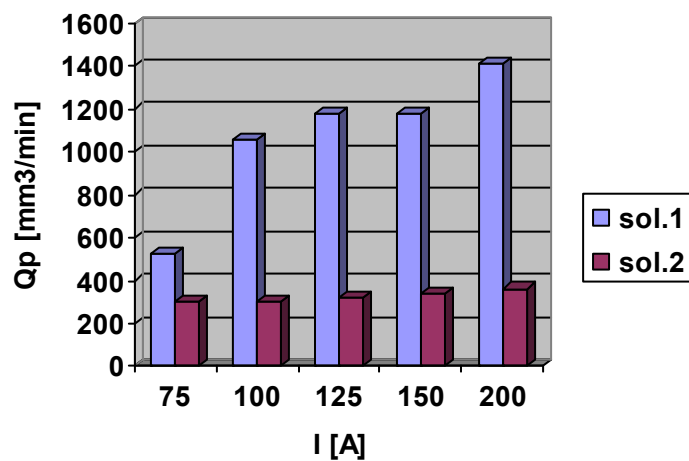


Fig 1. Dependence of the process efficiency Q_p on the current intensity I for steel S6-5-3

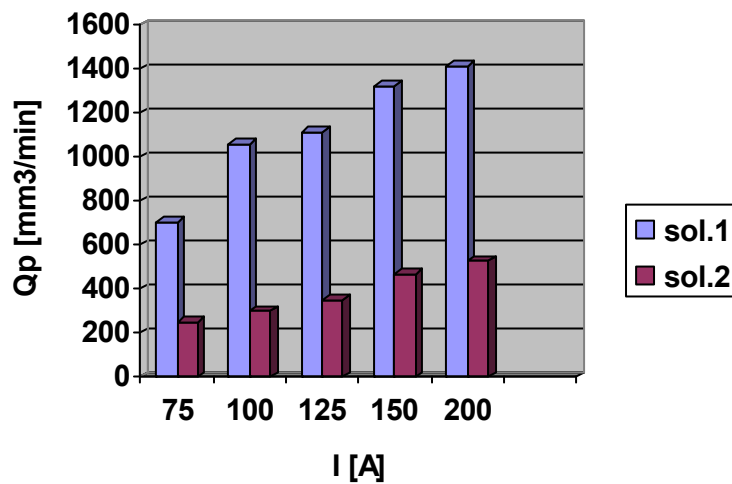


Fig 2. Dependence of the process efficiency Q_p on the current intensity I for steel X210cr12

4. CONCLUSION

From these graphics it can be concluded that the process efficiency is significantly influenced by the type of the working solution;

- the best process efficiency for the steel S6-5-3 and X210Cr12 was obtained in sodium silicate 30% + kaolin 10% + NaNO₃ 5% (sol.1)

From the proposed working solutions the best advantages presents the colloidal suspension of silicate 30% + kaolin 10% + NaNO₃ 5% because:

- 1) the rate of material removing from the work-piece is high, due to the sodium silicate in excess;
- 2) decreases the pellicle adherence on the processing object and on the working tool surface because a part from the adhesion forces are for bonding the kaolin micelle;
- 3) increase the solution electrical conductivity, respectively the anodic dissolution because of the electrolyte solution.

At the processing by electrochemical and electrical discharges in colloidal suspension of silicate and kaolin, the material removing takes place more by electrical discharges than by anodic dissolution and the work-piece surface will have a great roughness.

The colloidal working solutions intensified the processing rate as well as the process efficiency, in inorganic solutions these parameters are lower and also exists the possibility of a short circuit between the electrodes.

5. REFERENCES

- [1] Botis Mihaela, Doctorate thesis, Researching about the influence of working media on the dimensional processing by anodic dissolution”, Sibiu, 1998;
- [2] Botis Mihaela, Cicală E., The role of the working solution in the dimensional processing by erosion through anodic dissolution, 8th International Conference”Research and Development in Mechanical Industry” RaDMI, Užice, Serbia 2008;
- [3] Chenjum Wei, Electrochemical discharge machining using micro-drilling tools, *Transactions of NAMRI/SME*, Vol.38, 2010;
- [4] Davydov A., Volgin V., Lyubimov V., Electrochemical machining of metals. Fundamental shaping, *Russian journal of electrochemistry*, Vol.40, No.12, 1230-1265, Russia, 2004;

TEORIJSKI KONTROLIRANI PRISTUP KONSTATOVANJU LJUDSKOG USTANOVLJENOG KONTROLNOG MODELA

A CONTROL-THEORETIC APPROACH TO ASCERTAIN HUMAN POSTURAL CONTROL MODEL

Karim A. Tahboub

*Mechanical Engineering Department – Palestine Polytechnic University
Hebron - Palestine
tahboub@ppu.edu*

ABSTRACT:

Although classically-adopted PID-cascade postural control schemes are adequate for describing effects of external disturbances acting on upright stance, it is shown in this article that they fall short to address the issue of voluntary motion due to the inherent instability of uncontrolled upright posture. A novel alternative, “hybrid cascade-feedback scheme,” is presented and shown to be equivalent to the PID-cascade scheme in terms of external disturbances but overcome its shortcomings related to voluntary motion. This proposed scheme is based on a well-established robust tracking and disturbance rejection control method. It can be modularly extended to cover multi-input-multi-output scenarios through employing state-space tools.

Keywords: *posture control, voluntary motion, disturbance rejection, PID control, cascade compensation, feedback compensation*

1. INTRODUCTION

Human upright stance is maintained by a posture control mechanism the goal of which is to maintain the orientation of the body upright and thereby to keep the centre of mass (COM) within the base of the foot support. The automatic control of upright stance consists of continuous sensorimotor processes using the vestibular, proprioceptive, somatosensory, and visual systems. This process involves mainly sensing deviations from upright position, followed by initiation and execution of motor commands that counteract the divergence and return the body to a stable posture.

Currently, it is widely accepted that the central nervous system plays a major role in human posture control. This understanding replaces the historical perspective which was favoring low-level reflexes as means of achieving postural stability. Modern approaches to understand posture control assume some sort of central processing of sensory information to produce body reactions to external (and internal) disturbances in a way that resembles feedback schemes. Main modalities employed in this process are vision, vestibular system, proprioception, and somatosensors. Vision gives insight about the absolute head position and orientation whereas the vestibular system generates multidimensional signals proportional to head angular velocity and translational acceleration. Proprioceptive information includes the angular displacement and velocity of involved body joints such as ankle, knee, hip, and neck. Further, somatosensors measure reaction forces between the feet and the supporting surface. On the other hand, the motor part of the process comprises a complex set

of skeletal muscles that can be grouped regarding the joint they actuate. Different postural motoric strategies can be adopted by humans depending on the scenario. The main body reaction takes place around the ankle in the so-called ankle strategy and thus forming a sort of inverted pendulum while sometimes it is more feasible to move the hip forth and back following the hip strategy for stabilizing the body when the support surface is restricted.

Different frameworks have been proposed in the literature to explain the mechanism underlying the human posture control. Using inverted-pendulum models, many authors have demonstrated that a simple feedback model can explain ankle joint kinematics during either quiet standing or postural responses to perturbations (see e.g. [1], [2], [7], [8], [10], [11], [12], [14], [15], [16], [17], and [18]).

These control schemes have in common that whenever body-in-space angular orientation (θ) deviates from upright, gravity acts on the center-of-mass of the body (COM; body mass m located at a height h above the ankle joint axis) producing a destabilizing torque equal to $mgh\sin(\theta)$, which in turn produces a rotational acceleration away from the upright position that is inversely proportional to the moment-of-inertia J of the body about the ankle joint axis. To maintain balance, a corrective torque T_a must be applied to counter the torque due to gravity. Feedback is accomplished by an internal position error signal e , which in turn is used by neuromuscular systems to generate T_a . Finally, T_a produces a corrective change in θ . A time delay is usually included in the control system that represents the combined delays due to sensory reception, neural transmission, neural processing, muscle activation, and force development.

The majority of the schemes presented in the literature to explain this mechanism are based on a cascade PD or PID controller ([5], [6], [7], [10], [11], [12], [15], [18]). Such a controller (sometimes called compensator) is placed between the comparator generating the error signal (between desired angular body orientation and actual orientation as perceived by sensors) and the actuator. Its role is to compute and signal out an appropriate corrective torque for overcoming the error. Thus in this cascade scheme, the three components (comparator, controller, and actuator) are placed in series, i.e. in cascade. In physiological terms the controller is often called “neural controller”. It represents the neuromuscular processing that leads to corrective torque generation. It is known that the minimal requirement for stabilization of an inverted pendulum body is that corrective torque is generated in proportion to both e (with a “stiffness” factor k_1), and the time derivative of e (with a “damping” factor k_2) [12]. That is, the neural controller includes two components that provide “PD” control. By analogy to man-made control systems, many authors also consider a third component proportional to the integral of e (integral factor k_3) so that the overall controller provides “PID” compensation [6].

This study investigates the advantages/disadvantages of PID-cascade schemes in terms of describing human response to external disturbances and to voluntary lean motions. To enable for this, experimental data collected by exposing eight healthy volunteers to varying external torques during stance on a level fixed support surface [9] is used. It is then shown that a PID-cascade scheme is capable of predicting human response to external disturbing torque but fall short of describing body response to voluntary motion. Further, it is shown that a PID-cascade scheme exhibits an unacceptable overshoot due to the existence of transmission zeros that undermine the damping of the system. A novel alternative to this scheme is presented and justified. It is called “Hybrid Cascade-Feedback Scheme”. As will be seen, the Hybrid Cascade-Feedback Scheme is composed of an inner minor loop around the unstable inverted-pendulum process with the goal of stabilizing and improving its dynamic characteristics and an outer major loop for tracking the desired inputs. This is achieved by “splitting up” the PID compensator into two PD and I compensators. The PD compensator is placed in the minor loop (feedback) while the I compensator is placed in the major loop. The effect of a disturbing torque on the body angular deviation based on the Hybrid Cascade-Feedback Scheme is exactly equivalent to that of the PID cascade scheme. However, the two schemes are intentionally

made not equivalent regarding voluntary motion. The hybrid scheme produces a smooth voluntary motion response without unnecessary overshoot.

2. METHODS

2.1 Biomechanics Model

The model consists of a single rigid body standing on a stationary rigid surface. The body can rotate around a frictionless ankle joint, the axis of which is assumed not to move. The body is actuated by a single muscle system combining all muscle-tendon components around the ankle joint. It is assumed that the passive stiffness and damping of the muscle system are negligible in comparison to the active ones produced by the control action. Accordingly, the equation of motion of the rotation of the body about the ankle joint, which resembles an inverted pendulum, is given as:

$$J\ddot{\theta}(t) - mgh \sin(\theta(t)) = T_a(t) \quad (1)$$

where J is the mass moment of inertia of the body about the ankle joint, m is the mass of the body, h is the height of the center of mass above the ankle joint, g is the gravitational acceleration constant, $\theta(t)$ is the angular displacement of the body from the vertical, $\ddot{\theta}(t)$ the angular acceleration of the body, and $T_a(t)$ is the active applied torque by the muscle system on the body. This active torque is the control torque computed centrally based on the measured and desired body angular displacement. It is assumed that a set of transportation and processing delays exists as detailed above. These delays are lumped in one parameter, τ , which represents the total time delay. Thus Eq. 1 becomes

$$J\ddot{\theta}(t) - mgh \sin(\theta(t)) = T_a(t - \tau) \quad (2)$$

Furthermore an external disturbing torque, $T_d(t)$, is assumed to be applied at the body and thus modifying the equation of motion to be:

$$J\ddot{\theta}(t) - mgh \sin(\theta(t)) = T_a(t - \tau) + T_d(t) \quad (3)$$

where it is noticed that this disturbing torque acts directly on the body biomechanics without any delay. The disturbing torque can be generally due to an external pull-push force, to a supporting ground translational motion, or to a supporting ground tilt. It is shown in Appendix 1 that these basic forms of disturbances have, for the purposes of this work, an equivalent effect of a disturbing torque $T_d(t)$. However, this article considers a special form of applying an external torque through a novel mechanism shown in Figure 1. Since the angular displacement of the body is confined to very small values of less than 7° , then Eq. 3 can be linearized about the vertical equilibrium:

$$J\ddot{\theta}(t) - mgh\theta(t) = T_a(t - \tau) + T_d(t) \quad (4)$$

For convenience, the above model will be expressed using the Laplace transform as:

$$Js^2\theta(s) - mgh\theta(s) = e^{-\tau s}T_a(s) + T_d(s) \quad (5)$$

or equivalently

$$\theta(s) = \frac{e^{-\tau s}}{Js^2 - mgh}T_a(s) + \frac{1}{Js^2 - mgh}T_d(s) \quad (6)$$

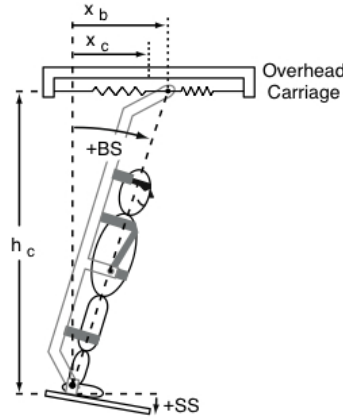


Figure 1: Schematic diagram showing experimental setup

2.2 Posture Control based on a PID-Cascade Scheme

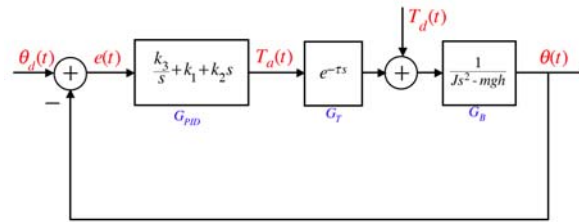


Figure 2: PID-cascade scheme for posture control

Figure 2 shows a classical posture feedback control scheme based on using a cascade PID controller (or compensator, as used interchangeably in this article). In this scheme, the active actuating torque $T_a(t)$ is computed based on the error signal $e(t)$. This error signal is the difference between the desired angular displacement, $\theta_d(t)$, and the actual angular displacement, $\theta(t)$, as provided by direct sensors or inferred by a suitable sensory fusion mechanism. A PID compensator is a compensator that generates a correcting output formed as the weighted sum of the error, the derivative of the error, and the integral (accumulation) of the error:

$$T_a(t) = k_1 e(t) + k_2 \dot{e}(t) + k_3 \int_0^t e(t) dt \quad (7)$$

or equivalently using the Laplace transform as

$$T_a(s) = (k_1 + k_2 s + \frac{k_3}{s}) e(s) \quad (8)$$

where k_1 , k_2 , and k_3 are the proportional (P), derivative (D), and integral (I) control gains respectively. The purpose of such a scheme is two fold. First, to achieve robustness against external

disturbances, that is to minimize the effect of such disturbances on the system. This is realized by sensing the effect of disturbances on the output and trying to cancel them through a counter torque. Second, to make the output track (follow) a desired input through minimizing the error signal. For this scheme and by observing Figure 2, the transfer function between the disturbing torque and the body angular displacement is

$$\frac{\theta(s)}{T_d(s)} = \frac{G_B}{1 + G_{PID}G_TG_B} = \frac{s}{Js^3 - mghs + (k_1s + k_2s^2 + k_3)e^{-\tau s}} \quad (9)$$

Ideally, the magnitude of the transfer function should be minimum for all applied torque frequencies. On the other hand, the transfer function between the desired and the actual body angular displacement is computed to be

$$\frac{\theta(s)}{\theta_d(s)} = \frac{G_{PID}G_TG_B}{1 + G_{PID}G_TG_B} = \frac{(k_1s + k_2s^2 + k_3)e^{-\tau s}}{Js^3 - mghs + (k_1s + k_2s^2 + k_3)e^{-\tau s}} \quad (10)$$

whose magnitude should be ideally 1 for all frequencies of desired voluntary motion.

2.4 Prediction of Response to Voluntary Lean Motions by the PID-Cascade Scheme

A proportional–integral–derivative controller (PID controller) is a widely-used setup in industrial control systems [4], [13]. A PID controller attempts to correct the error between a measured process variable and a desired setpoint by generating a corrective action that is applied to the controlled process by the means of an actuator. Inspecting the transfer function of a PID controller

$$G_{PID} = k_1 + k_2s + \frac{k_3}{s} = \frac{k_2(s^2 + \frac{k_1}{k_2}s + \frac{k_3}{k_2})}{s} \quad (11)$$

reveals that it introduces an additional pole and two zeros. The pole, which is placed at the origin of the complex s-domain, increases the type number (number of poles at the origin of a unity-feedback system) of the compensated system and thus eliminates the steady-state error due to a constant (step-function) setpoint. In other words, a PID controller will force the output of the system to ultimately track the desired setpoint. The location of one of the added zeros is chosen to achieve a desired transient response in terms of damping ratio and frequency. Accordingly, the percent overshoot or settling time measures, for example, can be achieved through this added zero. However, to minimize the effect of the added pole on the transient response, the remaining zero is placed very close to the left of that pole. In conclusion, a PID compensator can be tuned to achieve a desired response to a step input of having a zero steady-state error and a favorable transient response. This can be demonstrated by correlating the root locus in the s-domain with the time response.

2.5 Hybrid Cascade-Feedback Compensation as a better Scheme

The reason of all problems arising by using PID cascade compensation for unstable systems is the two added zeros. A scheme that avoids the addition of extra zeros while enabling for achieving desired response is a one that combines both cascade and feedback compensation in a hybrid setup. It is composed of an inner minor loop around the unstable process with the goal of stabilizing and improving its dynamic characteristics and an outer major loop for tracking desired inputs. So, through

the minor loop it is possible to artificially add stiffness and damping to the process as desired. Furthermore, the major loop cares for achieving reasonable voluntary behavior and disturbance rejection of the artificially-improved biomechanics. One easy and straightforward way to design these two loops is to split the PID compensator into two PD and I compensators. The PD compensator is placed in the minor loop (feedback) while the I compensator is placed in the major loop as shown in Figure 3.

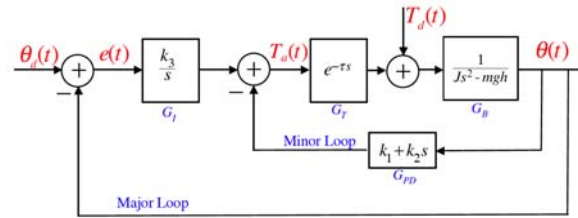


Figure 3: Hybrid cascade-feedback scheme for posture control with time delay

Based on the scheme of Figure 3, the effect of the disturbing torque on the body angular displacement is computed to be

$$\frac{\theta(s)}{T_d(s)} = \frac{G_B}{1 + (G_{PD} + G_I)G_T G_B} = \frac{s}{Js^3 - mghs + (k_1 s + k_2 s^2 + k_3)e^{-\tau s}} \quad (12)$$

which is exactly equivalent to the corresponding transfer function of the PID cascade scheme as given in Eq. 9. This result states that the two presented schemes (the PID cascade scheme and the hybrid cascade-feedback scheme) are equivalent in terms of external-torque disturbance rejection provided that the gain are invariant. This leads to the conclusion that the PID cascade scheme is not the only possible candidate capable of explaining experimental results obtained by disturbing the upright posture through applying external disturbances. However, the two schemes are intentionally not equivalent regarding voluntary motion. The transfer function between the desired and the actual body angular displacement of the hybrid scheme is computed to be:

$$\frac{\theta(s)}{\theta_d(s)} = \frac{G_I G_{Minor}}{1 + G_I G_{Minor}} \quad (13)$$

where the transfer function of the minor loop G_{Minor} is equivalent to

$$G_{Minor} = \frac{G_T G_B}{1 + G_{PD} G_T G_B} = \frac{e^{-\tau s}}{Js^2 - mgh + (k_1 + k_2 s)e^{-\tau s}} \quad (14)$$

and thus

$$\frac{\theta(s)}{\theta_d(s)} = \frac{k_3 e^{-\tau s}}{Js^3 - mghs + (k_1 s + k_2 s^2 + k_3) e^{-\tau s}} \quad (15)$$

The transfer function of Eq. 15 has the same denominator as that of Eq. 10 but this time without any zeros. Notice that the PD compensator appears only in the denominator of Eq. 15 and thus its zero dissolves there and affects only the value of the poles. This means that the dynamic characteristics achieved by the minor loop (for example increasing damping) will not be countered by the outer loop as is the case of PID cascade scheme.

3. RESULTS

Based on the experimentally-identified gains and time delay, the response of the controlled inverted pendulum model based on the PID-cascade scheme to voluntary motion is examined through simulation experiments. Figure 4 shows the time and frequency response of the body lean in response to desired lean. As expected in the previous section, although the final angular position becomes identical with the desired voluntary motion (zero steady-state error due to integral control effort), the transient response is not satisfactory as it exhibits more than 300% overshoot. This is due to the existence of a zero nearby the origin of the s-plane that undermines the damping obtained by the PD part of the controller. Notice that the voluntary motion was set for simplicity to 1 rad (57 degrees), which is practically not possible, but since the simulated model is a linear one then the same transient response characteristics would be obtained for lower set points. The frequency response shows ideal performance (0 dB gain, 0 degree phase) at low frequencies. However, it exhibits a positive gain at a range of meaningful frequencies (0.1-10 rad/sec) corresponding to the overshoot seen in the time domain.

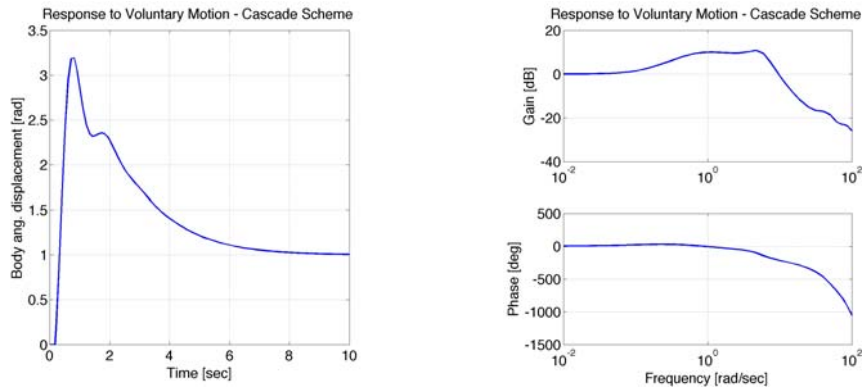


Figure 4: Response of controlled inverted pendulum based on PID-cascade scheme with time delay

The same identified parameters used in the above discussion are fed into the hybrid cascade-feedback scheme of Figure 3. The same simulation experiments are performed to test the merits of the proposed scheme. Figure 5 shows the time and frequency body response to desired voluntary motion. In contrast to the PID-cascade scheme, the time response does not exhibit any overshoot as the transfer function does not have any zeros. The frequency response shows ideal behavior at low frequencies

and a reasonable attenuation at higher frequencies; the body responds with a lower magnitude than the magnitude of the voluntary motion at high frequencies such that the controlled body resembles a low-pass filter.

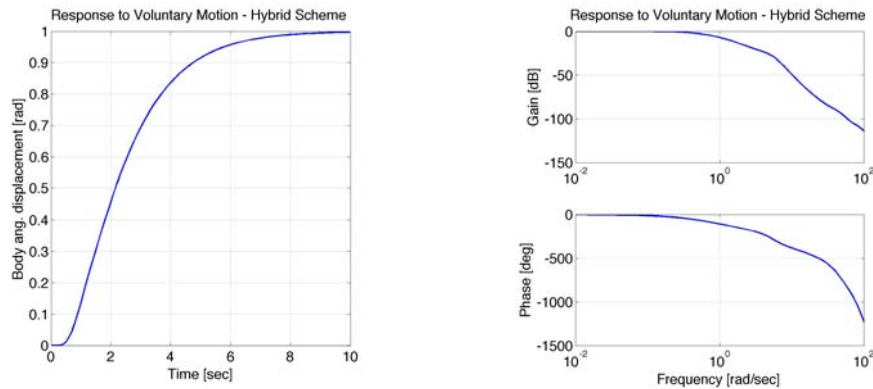


Figure 5: Response of controlled inverted pendulum based on hybrid cascade-feedback scheme with time delay

4. DISCUSSION

Experimental simulation results show the merits of the novel proposed scheme in modeling human posture control. This scheme is perfectly equivalent to the classical PID-cascade scheme, which is the core of the majority of published models, regarding the description of postural control response to external disturbances. External disturbances have been intensively employed to identify human postural control mechanisms. The predictions of a PID-cascade scheme for voluntary motion has neither been experimentally investigated nor simulated so far. To this extent, the proposed model constitutes a better alternative to the classical PID-cascade scheme in coping with voluntary motion. The PID-cascade scheme was adopted by the postural control community as the straightforward solution to closing the loop around the biomechanics entity. Although this is in general a good choice that is adopted as well for many technical systems, less attention was paid to the fact that upright stance deals with an inherently unstable biomechanics. The presented methods and results indicate that PID-cascade compensation is not ideal for such an unstable system. This is due to a structural problem rather than a parametric issue. A PID-cascade compensator adds two zeros and one pole the goal of which is to improve both the transient and steady-state responses through increasing the type number, adding damping to the system, and increasing the frequency of the compensated system [4], [13]. The existence of an unstable pole of the biomechanics undermines this intention and leads to a deterioration in the desired damping and/or speed of response. Simulation results show that such a scheme would lead to an extremely high overshoot and thus to unnecessary extra consumption of energy. This leads to the conclusion that it is very much doubtful that the central nervous system chooses such a scheme to achieve voluntary lean motions. The presented hybrid cascade-feedback scheme is believed to offer a better alternative since it describes the measured response to external

disturbances while demonstrating excellent response to voluntary motion. Simulation results show that using the same identified parameters lead to a fast response with zero steady-state error and zero

overshoot even in the presence of time delays. This becomes possible by placing the PD compensator in a minor feedback loop. This arrangement allows for enjoying the benefits of such a compensator adding necessary stiffness and damping) without letting any zero appear in any transfer function. This is in line with the understanding that feedback control should augment the system by adding stiffness and damping to it that are necessary for stability and desired performance. The remaining I compensator, which is placed in cascade with the augmented biomechanics, guarantees robust tracking at a reasonable desired rate. As a corollary to this, energy consumption through the applied torque has been shown to be optimal.

As a matter of fact the proposed scheme enjoys further advantages that qualify it to describe human postural control. First, any available biomechanical passive stiffness or damping can be readily included in the minor loop. Thus the gains k_1 and k_2 represent the additional stiffness and damping introduced actively by closing the minor loop. Second, the minor loop can be split into two feedback loops; a fast one corresponding to local and spinal reflexes and a slower one corresponding to central neural processing. Third, observed nonlinear behavior of posture control can be addressed within this framework as well. For example, nonlinear P, I, and D terms as well as other nonlinear components such as thresholds and dead zones can be introduced without affecting the structural properties of the scheme.

The proposed hybrid scheme, which is explained by splitting the PID compensator into two compensators, is in fact equivalent to a well-known technical control method. It represents a well-studied architecture for robust tracking and disturbance rejection based on the internal model principle [4], [7]. It is technically proven that such an architecture enables for tracking input step functions robustly even in the presence of process parametric changes and it is capable of rejecting a certain class of external disturbances acting on the process. Here, the inverted-pendulum model represents a single-input-single-output (SISO) system where the single input is the applied torque at the ankle joint and the single output is the body-in-space angle. In this case, the robust tracking and disturbance rejection method translates exactly to the presented hybrid cascade-feedback scheme. However, taking motions around the knee and hip joints into account makes the system a multi-input-multi-output (MIMO) system. The inputs are the applied torques at the ankle, knee, and hip while the outputs can be the angular displacements of the leg, thigh, and trunk. In such a case, one needs to employ the original full theory behind the hybrid scheme that is based on state-space representation and state feedback [3]. The structure of this control method is exactly as the presented scheme with a single signal replaced by a vectorial collection of signals. The theory once again assures robust tracking and disturbance rejection for MIMO systems [3]. Accordingly, the presented scheme allows modularly for scaling up from a SISO system to a MIMO system. This is a major advantage over the PID-cascade scheme where it is not known how to deal with a multi-joint MIMO setup.

Based on the assumptions and results of this study, some predictions regarding experiments on voluntary motion can be made. If the PID-cascade scheme is in deed not the one adopted by the central nervous system, then the body response to voluntary motion will exhibit either a very small or no overshoot with a reasonably short settling time. The amount of overshoot and settling time depend on the three control gains as detailed. This study motivates new experimental investigations regarding voluntary motion to distinguish between the two discussed schemes.

5. REFERENCES

- [1] Alexandrov AV, Frolov AA, Massion J (2001) Biomechanical analysis of movement strategies in human forward trunk bending. I. Modeling. *Biol Cybern* 84: 425-434
- [2] Bortolami SB, DiZio P, Rabin E, Lackner JR (2003) Analysis of human postural responses to recoverable falls. *Exp Brain Res* 151: 387-404
- [3] Chen CT (1999) *Linear System Theory and Design*, Oxford University Press, UK
- [4] Dorf RC, Bishop RH (2007) *Modern Control Systems*, Eleventh Edition, Pearson Prentice Hall,
- [5] Fitzpatrick R, Burke D, Gandevia SC (1996) Loop gain of reflexes controlling human standing measured with the use of postural and vestibular disturbances. *J Neurophysiol* 76: 3994-4008
- [6] Johansson R, Magnusson M, Åkesson M (1988) Identification of human postural dynamics. *IEEE Trans Biomed Eng* 35: 858- 869
- [7] Kiemel T, Oie KS, Jeka JJ (2002) Multisensory fusion and the stochastic structure of postural sway. *Biol Cybern* 87: 262-277
- [8] Kuo AD (1995) An optimal control model for analyzing human postural balance. *IEEE Trans Biomed Eng* 42: 87-101
- [9] Maurer C, Peterka RJ (2009) *Postural Dynamics and Modeling of Sway Induced by External Forces Applied to the Human Body* (submitted)
- [10] Maurer C, Peterka RJ (2005) A new interpretation of spontaneous sway measures based on a simple model of human postural control. *J Neurophysiol* 93:189-200
- [11] Mergner T, Maurer C, Peterka RJ (2003) A multisensory posture control model of human upright stance. In: Prablanc C, Pélisson D, Rossetti Y, (eds) *Neural control of space coding and action production*. *Progr Brain Res* 142:189-201
- [12] Morasso PG, Baratto L, Capra R, Spada G (1999) Internal models in the control of posture. *Neural Networks* 12: 1173-1180
- [13] Nise NS (2008) *Control systems engineering*, Fifth edition, Wiley, New York
- [14] Park S, Horak FB, Kuo AD (2004) Postural feedback responses scale with biomechanical constraints in human standing. *Exp Brain Res* 154: 417-427
- [15] Peterka RJ (2000) Postural control model interpretation of stabilogram diffusion analysis. *Biol Cybern* 82:335-343
- [16] Runge CF, Zajac FE 3rd, Allum JH, Risher DW, Bryson AE Jr, Honegger F (1995) Estimating net joint torques from kinesiological data using optimal linear system theory. *IEEE Trans Biomed Eng* 42: 1158-1164, 199
- [17] van der Kooij H, Jacobs R, Koopman B, Grootenboer H (1999) A multisensory integration model of human stance control. *Biol Cybern* 80: 299-308
- [18] Welch TD, Ting LH (2008) A feedback model reproduces muscle activity during human postural responses to support-surface translations. *J Neurophysiol* 99: 1032-1038

VJETROELEKTRANE KAO ALTERNATIVNI IZVORI OBNOVLJIVE ENERGIJE

WIND POWER PLANTS AS ALTERNATIVE SOURCES OF RENEWABLE ENERGY

Djordje Jovanović¹, Olivera Jovanović²

¹Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet,

²Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet,

Džordža Vašingtona bb., Podgorica

jdjordje@t-com.me

olivera@ac.me

SAŽETAK:

U radu se analizira rad i razvoj vjetroenelektrana, kao jednog od najperspektivijih alternativnih obnovljivih izvora energije koji ne zagađuje sredinu. Analizirane su tehničke komponente vjetroelektrane, vrste turbina, tipovi električnih generatora, kriterijumi za odabiranje mjesta na kojima se grade. Sem ekonomske i ekološke opravdanosti ukazano je na probleme stabilnosti pri vezivanju na distributivnu mrežu.

Ključne riječi: vjetroelektrane, turbina, električni generatori, električna mreža

ABSTRACT:

In this paper operating and development of wind power plants, as one of the most prospective ecological renewable energy sources, is analysed. It analyzes the technical components of wind power, types of turbines and electrical generators, the criteria for selecting sites on which to build. Besides economic and environmental advantages. The problems of stability on connecting to the electrical network is addressed.

Keywords: wind powerplants, turbines, generators, electric network

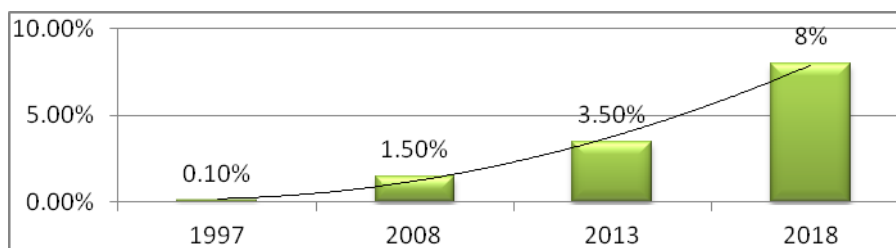
1. UVOD

Vjetar kao oblik energije predstavlja usmereno kretanje vazdušnih masa. Nastaje kao posljedica razlika u atmosferskim pritiscima, koje su uzrokovane nejednakim zagrijavanjem vazdušnih masa. Upotreba vjetra kao izvora energije odavno je poznata i datira nekih 2000 godina unazad, kada je korišćena za mljevenje žita u Persiji. Dugi period vremena sve do industrijske revolucije vjetar je uz drvo bio najznačajniji izvor energije za čovjekove potrebe. Njegova tradicionalna upotreba bila je u obliku vjetrenjača koje su obezbjeđivale kinetičku energiju koja je pokretala mlinove ili pumpe za vodu, koji su se uglavnom koristili u poljoprivredi, seoskim naseljima, a u ograničenoj mjeri i u industriji.

Vjetroenergetika je veoma perspektivna grana energetike, koja se intenzivno razvija zadnjih decenija, a bazira se na tehnološkom razvoju vjetroelektrana i povećanju njihove efikasnosti i njihove instalisane snage. Predviđa se da će se učešće vjetroelektrana bitno povećati u proizvodnji ukupne električne energije. Korišćenjem vjetroelektrana konvertuje se energija vjetra u pristupačniju formu, obično u električnu energiju. Potencijal energije vjetra je 5 puta veći od sadašnje ukupne globalne proizvodnje energije, ili 40 puta veći od sadašnje proizvodnje električne energije.

Korišćenje energije vjetra ima niz prednosti. Sem što je obnovljivi izvor energije, u prilog mu idu i ekološki aspekti. Za razliku od fosilnih goriva ne zagađuje sredinu, ne emituje CO₂ čime se izbjegava efekat staklene bašte. Vjetroagregati zahtijevaju relativno malu cijenu za održavanje i relativno umjerenu cijenu ulaganja, manju nego za konvertore sunčeve energije. Cijena električne energije dobijene od vjetra je značajno opala sa 40 centi po Kwh (1990.) do sadašnjih 5 centi, što je čini kompetitivnom u odnosu na neobnovljive izvore energije.

Korišćenje energije vjetra je u porastu (Slika 1), tako da se očekuje da do 2018.g. dostigne udio od 8% u globalnoj proizvodnji električne energije. U Danskoj ovaj procenat iznosi 25%, Španiji 9%, Koloradu 47%, Njemačkoj 6%.

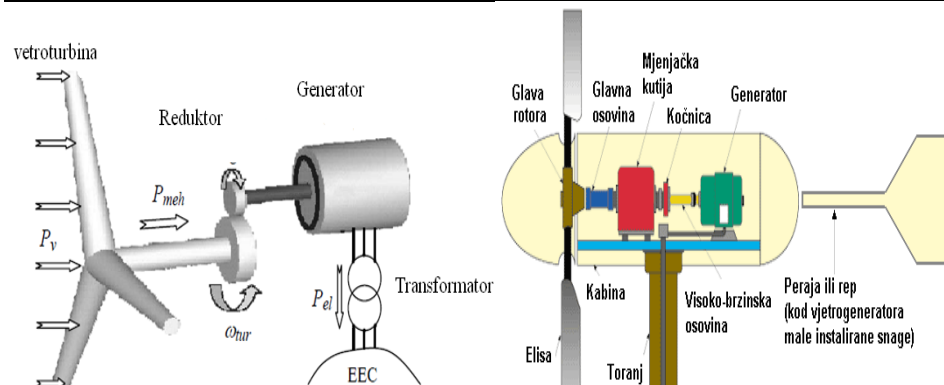


Slika 1. Udio električne energije dobijene od energije vjetra u globalnoj proizvodnji električne energije

2. PRINCIP KONVERZIJE ENERGIJE VJETRA U ELEKTRIČNU ENERGIJU

Vjetrogenerator pretvara kinetičku energiju vazduha koji se kreće (vjetra) pomoću lopatica rotora (elise), prenosnog mehanizma i elektrogeneratora u električnu energiju.

Za vjetroenergetiku su od posebnog interesa površinski vjetrovi u prizemnom sloju atmosfere do visine od 200 m. U tom sloju se na pogodnim lokacijama postavljaju vjetroagregati koji vrše konverziju energije vjetra u električnu. Električna energija se isporučuje EES-u ili izolovanim potrošačima. Principske šeme konverzije energije vjetra u električnu u vjetroelektranama, prikazane su na Slici 2.



Slika 2. Šeme vjetroelektrane

Kinetička energija vjetra se transformiše u mehaničku energiju pomoću vjetroturbine. Brzinu obrtanja vjetroturbine (koja iznosi nekoliko desetina obrtaja u minuti) obično je potrebno prilagoditi zahtijevanoj brzini generatora. Zato se koristi mehanički reduktor ili se to u novije vrijeme rješava uređajima energetske elektronike. Električni generator - vjetrogenerator, može biti sinhroni ili asinhroni, pri čemu može raditi sa fiksnom ili promenljivom brzinom obrtanja. Generator se naponski prilagođava EES-u pomoću energetskog transformatora.

Prema snazi koju je moguće dobiti vjetroelektrane se dele na: male (do 2kW), srednje (od 2-100 kW) i velike (preko 100 kW). Koeficijent korisnog dejstva ovih mašina (tj. kolicnik energije proizvedene na obrtnom vratilu i energije koju vetar utroši na to obrtanje) ne može precizno Betz-ovu teoretsku granicu od 16/27 ili u procentima 59,29% (u praksi 70-80% Betz-ovog limita).

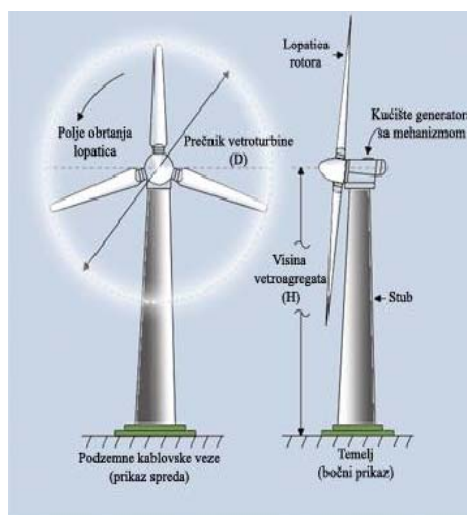
3. VRSTE VJETROTURBINA

Postoje konstrukcije vjetroturbina sa vertikalnom i horizontalnom osovinom.

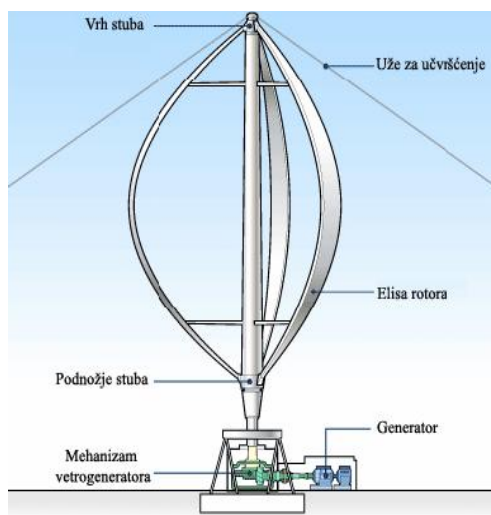
Kod vjetroturbina sa **vertikalnom osovinom** vjetar struji normalno na osu rotacije, pa se one ne moraju usmjeravati prema smjeru duvanja vjetra. Kod njih se generator postavlja u podnožje turbine, te nijesu potpuno jaki tornjevi. Vertikalno vratilo ima Darius-ova turbina, koja se obično gradi sa dva ili tri luka (slika 5.b). Vjetroturbine sa vertikalnom osovinom generalno imaju nizak stepen iskorišćenja, pa se iz tog razloga danas praktično ne koriste za vjetrogeneratore većih snaga. Prednosti: može se postaviti generator, mjenjač na zemlju; toranj nije potreban; nije potreban obrtni mehanizam za skretanje rotora u odnosu na vjetar. Mane: brzine vjetra su veoma male na donjem dijelu rotora; nizak stepen iskorišćenja; mašine moraju imati žičanu podršku, a to je vrlo nepraktično u oblastima gusto raspoređenih turbina.

Vjetroturbine sa **horizontalnom osovinom** (Slika 5.a) postavljene niz vjetar se same prilagođavaju smjeru vjetra. Nedostatak im je što lopatice pri rotaciji prolaze kroz zavjetrinu stuba, čime se stvaraju mehaničke vibracije i buka. Osim toga, stub stvara turbulencije što smanjuje efikasnost vjetroturbine, pa je ovaj koncept nepogodan za veće snage. Moderne vjetroturbine se grade sa horizontalnom osovinom koja ima sistem za zakretanje osovine u horizontalnoj ravni za praćenje promjene smjera vjetra. Mogu imati različiti broj lopatica, ali se za veće snage najčešće koriste tri lopatice, jer daju najveći stepen iskorišćenja. Prečnik rotora (radnog kola ili elise) ovih turbina zavisi od snage i kreće se od 30 m za snagu od 300 kW do 115 m za snagu od 5 MW. Vjetroturbina se postavlja na vertikalni

stub koji, u zavisnosti od prečnika rotora turbine, može biti visok i preko 100 m. Stub se najčešće gradi kao čelični konusni, a ređe kao čelično rešetkasti.



Slika 3.a Horizontalna osovina

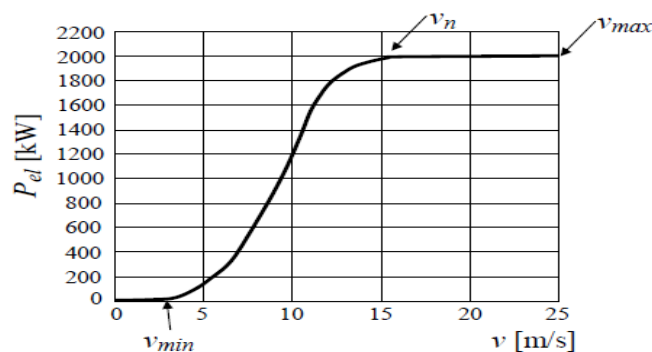


Slika 3.b Vertikalna osovina

Nije ekonomično projektovati vetroturbinu koja bi pri svim brzinama vetra imala maksimalan stepen iskorišćenja, jer se vjetrovi velikih brzina (iznad 14 m/s) rijetko javljaju, pa bi vjetroturbina za najveće vjetrove bila predimenzionisana. Pri velikim brzinama vetra (iznad 25 m/s) vetroturbina se iz sigurnosnih razloga zaustavlja. Projektovati vetroturbinu za rad pri velikim brzinama vetra je tehnički moguće, ali je neekonomično. Vjetroturbina ima i minimalnu radnu brzinu, jer pri malim brzinama vjetra njen rad postaje neefikasan i nestabilan. Opseg rada je definisan sa tri karakteristične brzine vjetra za svaki vjetroatregat:

- minimalna radna brzina vjetra V_{min} (cut-in wind speed) je brzina vetra pri kojoj vjetroatregat počinje proizvodnju električne energije. Za brzine vetra $v < V_{min}$ vjetroturbina je ukočena. Tipična vrednost brzine uključanja kod trokrakih vetroturbina je $V_{min} = (2,5 \div 3,5)$ m/s;
- nominalna radna brzina vetra V_n (nominal wind speed) je minimalna brzina vetra pri kojoj vjetroatregat dostiže svoju nominalnu snagu. Nominalna brzina kod vjetroelektrane za manje vetrovite lokacije je $V_n = (10 \div 13)$ m/s, a za vetrovite lokacije je $V_n = (14 \div 17)$ m/s;
- maksimalna radna brzina vetra V_{max} (cut-out wind speed) je brzina vetra pri kojoj se vjetroturbina zaustavlja. Brzina isključenja je obično $V_{max} = 25$ m/s, mada postoje vjetroatregati sa $V_{max} > 30$ m/s. Vjetroturbina je mehanički projektovana da u ukočenom stanju izdrži i ekstremno velike brzine vetra (survival wind speed) od $(60 \div 70)$ m/s.

Karakteristične brzine vjetra su označene na karakteristici snage jedne realne vjetroelektrane (Slika 4).



Slika 4. Snaga u funkciji brzine vjetra

S obzirom na oblik karakteristika snage naziva se "S" krivom vjetroelektrane koju daje proizvođač. Sa aspekta upravljanja vetroturbinom na karakteristici snage razlikuju se sve sustinske različite radne oblasti $v_{min} < v < v_n$, $v_n < v < v_{max}$.

4.VRSTE VJETROGENERATORA U RAZLIČITIM REALIZACIJAMA VJETROELEKTRANA

Osnovni problem pri konverziji energije vjetra u električnu je obezbjeđenje pouzdanog i efikasnog rada vjetrogeneratora pri promjenljivoj snazi vetra. Efikasan rad vjetroelektrane zahtijeva prilagođavanje vjetroturbine brzini vetra tako da se ostvari maksimalan stepen iskorišćenja uz zadovoljenje električnih i mehaničkih ograničenja. Pri velikim varijacijama brzine vjetra, javlja se problem nestabilnog rada vjetroelektrane, ali i električnih veličina koje ona generiše. Kod savremenih vjetroelektrana koristi se više vrsta električnih generatora. Osim sinhronih i asinhronih generatora, vrlo rijetko, i samo za male snage u autonomnim električnim sistemima, koriste se jednosmjerni generatori.

Da bi se ostvarilo kvalitetno napajanje mreže energijom iz vjetroelektrane, razvijene su različite konstrukcije sa različitim tipovima generatora, od kojih svaka realizacija ima svoje prednosti u konkretnim situacijama. Izbor generatora kao i konstrukcije vjetroelektrane zavisi od više faktora. Glavni faktor pri izboru generatora i šeme povezivanja vjetroelektrane sa mrežom odnosi se na tehničke zahtjeve postavljene od strane mreže: kvalitet izlaznih veličina, stabilnost kao i to kako uklopiti vjetroelektrane u sistem; snaga vjetroelektrane (kod velikih vjetroelektrana se više vodi računa o stepenu iskorišćenja); snaga mreže (da li se mreža u odnosu na snagu vjetroelektane može smatrati krutom ili ne, da li je u pitanju lokalna mreža sa ili bez drugih izvora električne energije, na kom naponskom nivou se priključuje itd.); ekonomski faktor.

S obzirom na vrstu priključenja na mrežu, vjetrio-elektane se mogu svrstati u neku od sledećih grupa:

1. **Vetroelektrane sa stalnom brzinom obrtanja** (između turbine i generatora je mehanička kutija sa prenosnicima velikog prenosnog odnosa oko 1:100) koje su direktno priključene na mrežu:
 - Vjetroelektrane sa asinhronim generatorom
 - Vjetroelektrane sa sinhronim generatorom

2. Vjetroelektrane sa promjenjivom brzinom obrtanja:

- Sinhroni ili asinhroni generator sa pretvaračem u glavnom strujnom krugu
- Asinhroni generator sa upravljivom promjenom klizanja
- Asinhroni generator sa nadsinhronom i podsinhronom upravljačkom kaskadom

Prednosti vjetroelektrana sa konstantnom brzinom okretanja su: jednostavnost i niske cijene izrade. Vjetroelektrane sa promjenljivom brzinom su skuplje, složenije, ali imaju veći stepen iskorištenja energije vjetra.

4. VEZIVANJE VETROAGREGATA NA ELEKTRIČNU MREŽU

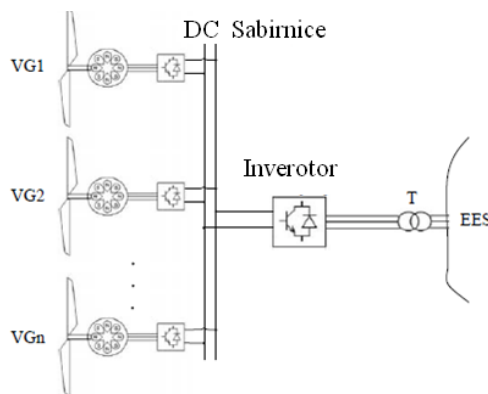
Vjetroelektrane se grade na lokacijama koje omogućavaju tehnički i ekonomski opravdanu eksploataciju vjetra. Od interesa su lokacije na kojima je srednja godišnja brzina vetra merena na 10 m iznad tla $V_{sr} \geq 5$ m/s. Na osnovu izmjerenih veličina, na odabranim lokacijama, daje se za posmatrani interval vremena grafički prikaz pravca, brzine i snage vjetra u vidu tzv. ruže vjetrova. Najpogodnije su lokacije koje imaju izražen dominantan pravac brzine vjetra.

Više vetroagregata grupiše se u celinu (Slika 5). Instalirana snaga tako formirane farme vjetroelektrana može biti od nekoliko MW do nekoliko stotina MW. Mogu se graditi u priobalnom plitkom moru (*offshore*) ili na kopnu (*onshore*). Da bi se izbjegao efekat zavjetrine tipično rastojanje između vetroturbina, u okviru elektrane, je 5 do 7 dužina prečnika rotora turbina. U pogledu zauzimanja prostora na 1 km² mogu se postaviti vjetroagregati čija je ukupna snaga 10 do 15 MW.

Vjetroagregati se u okviru više vjetroelektrana povezuju na zajedničke sabirnice kablovskim vodovima da bi se izbegao uticaj atmosferskih prenapona. Vjetroelektrane se na prenosnu ili distributivnu mrežu vezuje pomoću energetskog transformatora. Na Slici 6. je prikazana farma vjetroelektrana sa sinhronim generatorima (VG). Naizmjenični naponi AC, sa krajeva statora sinhronih generatora, se pomoću ispravljača (obično tiristorski AC-DC konvertori) pretvaraju u jednosmjerne napone DC koji se dovode na zajedničku jednosmjernu sabirnicu. Pomoću Invertora napon DC se pretvara u naizmjenični napon AC frekvence 50Hz, koji se dalje preko transformatora T veže na elektroenergetsku mrežu, sistem, EES.



Slika 5. Sistem vjetroelektrana



Slika 6. Principna šema povezivanja vetroagregata sa sinhronim mašinama na električnu mrežu

Dakle, u pitanju je AC-DC-AC konverzija napona, kojom se generisana električna energija vjetrogeneratora ubacuje u mrežu. Invertor je snažan DC/AC pretvarač koji obezbjeđuje sinusoidalni izlazni napon 50Hz, najčešće koristeći PWM (Pulse Width Modulation) metod invertovanja napona (čime se faktički eliminišu viši harmonici napona koji „prljaju mrežu”). Invertor je instalisan u okviru transformatorske stanice.

6. ZAKLJUČAK

Perspektive razvoja vjetroelektrana, kao alternativnog obnovljivog izvora energije koji ne zagađuje sredinu, su izuzetne. Upotreba energije vjetra ima najveći rast među obnovljivim izvorima energije usljed najizraženijeg pada troška proizvodnje.

Posebna pažnja u razvoju se posvećuje povećavanju snage pojedinačnih vjetroelektrana, daljem njihovom razvoju za rad na planinskim lokacijama, sa otežanim klimatskim uslovima i turbulentnim vjetrovima. Dalji napredak ogleda se i u efikasnijem dizajnu lopatica i njihovoj proizvodnji, kao i integrisanju električnih generatora i energetske elektronike kako bi se eliminisali mehanički mjenjači i prenosnici.

Negativni uticaji vetroelektrana na životnu sredinu postoje, ali su ti uticaji zanemarljivi u odnosu na pozitivne strane. Vizuelni efekat, buka, ometanje radio i telekomunikacija i uticaj na ptice su relativno beznačajne negativne karakteristike i mogu se lako izbjeći ili umanjiti.

Iako vjetroelektrane imaju veliki broj svojih pogodnosti, sa njihovom izgradnjom dolaze i veliki problemi u pogledu stabilnosti mreže napajanja. Kritični su vetroagregati priključeni na slabu, male snage, distributivnu mrežu. Pored problema vezanih za tranzijentnu i naponsku stabilnost, prisutan je i problem generisanja viših harmonika napona i struja, kao posledica rada energetskih pretvarača (invertora) preko kojih su vetroagregati priključeni na mrežu. Međutim, taj problem je kod savremenih vetroagregata prevaziđen invertorima sa GTO, IGBT elektronskim komponentama i upotrebom filtara viših harmonika.

7. LITERATURA

- [1] Alois Schaffarczyk (ed.), *Understanding wind power technology*, John Wiley & Sons, (2014).
- [2] Peter Jamieson, *Innovation in Wind Turbine Design*. Wiley & Sons 2011.
- [3] J. F. Manwell, J. G. McGowan, A. L. Roberts, *Wind Energy Explained: Theory, Design and Application*, John Wiley & Sons, 2nd edition (2012)
- [4] Erich Hau, *Wind turbines: fundamentals, technologies, application, economics* Springer, 2013.
- [5] Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins, Ervin Bossanyi, *Wind Energy Handbook*, John Wiley & Sons, 2nd edition (2011).
- [6] Reg Platt, *Wind power delivers too much to ignore*, New Scientist, January 2013.
- [7] T. Burton, D. Sharpe, N.Jenkins, E. Bossanyi, *WindEnergHandbook*, Wiley&Sons, Chicester, 2001
- [8] Mohan, Ned, Tore M. Undeland, William P. Robbins, *Power Electronics: Converters, Applications and Design*, J.Wiley&sons, Inc., 200.

VODA, ENERGIJA I HRANA – KLJUČNA ŠANSI BiH ZA IZLAZAK IZ KRIZE

WATER, ENERGY AND FOOD - KEY DRIVERS FOR BIH EXIT FROM CRISIS

Tarik Kupusović¹, Branko Vučijak²

¹Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu, d.d.,

²Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu, d.d.,

tarik.kupusovic@heis.ba

branko.vucijak@heis.ba

SAŽETAK:

Višegodišnja politička i ekonomska, ali i društvena kriza u BiH može se prevladati mudrim korištenjem postojećih prirodnih i društvenih resursa. Korištenje voda u BiH je na veoma niskom nivou, a cijene energije i hrane će lokalno, te na evropskom i na svjetskom tržištu dugoročno sigurno rasti. Ključna šansa BiH je u ogromnom potencijalu za razvoj korištenja voda u proizvodnji i energije i hrane. Zašto onda stojimo u mjestu ili još više siromašimo? Zar intelektualna elita ne može ponuditi rješenja za cjelokupno stanovništvo BiH, pa i za sebe? Zar ne možemo projicirati svoju budućnost u narednih 10 ili 15 godina? Šta je obaveza nauke, ako ne da pronade i ponudi rješenja i kada izgleda da ih nema? Sporna politička pitanja treba ostaviti po strani, a ključna razvojna dovesti u prvi plan.

Ključne riječi: Nauka, Resursi, Siromaštvo, Potencijali, Razvoj

ABSTRACT:

A perennial political and economic, but also social crisis in Bosnia and Herzegovina can be overcome by wise use of existing natural and social resources. Water use in BiH is at very low level, while the prices of energy and food will certainly grow at local and at the European and world market in the long run. Key chance for BiH lies within huge potential for development of water use in energy and food production. Why then are we not progressing, or are even becoming poorer? Can't the intellectual elite offer solutions for the entire population of Bosnia and Herzegovina, but also for itself? Can we not project our own future for the next 10 or 15 years? What is the obligation of science, if not to find and offer solutions even when it seems that they do not exist? Controversial political issues should be put aside, a key development lead to the foreground.

Key words: Science, Resources, Poverty, Potentials, Development

1. UVOD

Svaki zaposlenik u privatnom sektoru u BiH izdržava više od 7 ostalih! Obzirom da zaposlenici u javnom sektoru imaju znatno više plate, cijele nove generacije izbjegavaju zapošljavanje u privatnom sektoru ili vlastito poduzetništvo. Izborne promjene se redovno iskoriste za dodatno zapošljavanje

kadrova u javnim strukturama, što je postala važnija odrednica od željenog unaprjeđenja strateškog razmišljanja i vođenja društva. Zapošljavanje nije primarno po dokazanoj stručnosti već radije po preferencijama kao što su nepotizam, stranačka pripadnost, mjesto rođenja, prijateljske veze i sl. Rast broja zaposlenika u javnom sektoru je neprekidan kroz sve prethodne godine krize, za razliku od privatnog sektora gdje je taj broj opadao 2008. i '09, kao i 2012. i '13 [1, 2, 3]. Birokratija ove zemlje već konzumira oko 60% GDP-a samo za svoje održavanje! Ostavština katastrofalno loših privatizacija mnogih industrija u BiH su odbojnost i nepovjerenje prema privatnom sektoru. Ali, privatni sektor je taj koji stvara vrijednost, koji će BiH omogućiti da otplati dugove, umjesto da se dodatno zadužuje.

Sistem društvenih vrijednosti je urušen, najbolji studenti dugo čekaju prvo zaposlenje, dok oni slabiji zapravo u cijelosti funkcionalno opravdaju svoju nezainteresiranost u toku studija, znajući unaprijed da će biti zaposleni u javnom sektoru odmah po diplomiranju, jer zadovoljavaju pomenute alternativne preferencije. Time se praktično pokazuje da osoba koja je u bliskoj vezi sa bolje pozicioniranim javnim funkcionerom ima veću vrijednost od osobe sa većim stručnim znanjem, ali i da je zaposlenik u javnom sektoru važniji od onoga u privatnom.

Tranziciju između dva ekonomska sistema, koja se u prethodnom periodu loše i usporeno ali ipak postepeno odvijala, uglavnom nije pratila tranzicija u glavama stanovnika - naslijeđeno je mišljenje iz prethodnog političkog sistema da je „državna služba“ dobra, sigurna i poštena, a rad u privatnom sektoru može jedino biti izrabljivanje ili lopovluk. U ovakvoj situaciji, postavlja se pitanje, osim političarima, prije svega intelektualnoj eliti, šta raditi? Kako se iz krize izvući?

Poći će se od toga da su najznačajniji resursi današnjice, po redu:

- Znanje i intelektualni kapital uopće;
- Ljudski kapital koji uključuje obrazovanje i stečene vještine;
- Društveni sistem (koji omogućava da ljudi rade i stvaraju) i postojeće povjerenje u isti,
- Novac i poslovni kapital uopće, i
- Materijalna sredstva (prirodni resursi i infrastruktura, što uključuje ceste, željeznice, aerodrome i luke, zatim energetske, vodne i komunikacijske sisteme i drugo).

Iz krize se „nerevolucionarno“ izlazi znanjem ljudi u postojećem društvenom sistemu, uz optimalnu upotrebu dostupnog novca i materijalnih sredstava, uključujući prirodne resurse i infrastrukturu, kao i stalnim unaprjeđenjem znanja, društvenog sistema i poslovnog kapitala. Ovaj rad nastoji odgovoriti na pitanja kako to postići, u kojim sektorima i kojim sredstvima, te kako pokrenuti potrebne strukturne reforme u državi koje će osigurati pametne javne investicije i privući privatni kapital.

2. ZNANJE, LJUDI I NOVAC

Znanje je pouzdano razumijevanja nečega - nekog predmeta, uz potencijalnu sposobnost korištenja za specifičnu svrhu. Stjecanje znanja uključuje složene procese učenja, komunikacije, percepcije, asocijacije i zaključivanja. Um ili intelekt je sposobnost da se razmišljanjem i korištenjem znanja dođe do spoznaje, ili uvida, što je usko povezano s razboritošću i razumom.

Neživi i živi svijet čine prirodu, koja se spontano razvijala nekoliko milijardi godina, sve do postanka društva - civilizacija kao razvijenih ljudskih zajednica, koje se pojavljuju s poljoprivredom, prije 10-ak hiljada godina. Korijen riječi obuhvaća grad (lat. civis) ili gradnju. Blisko pojmu civilizacija je i kultura, lat. obrađivanje zemljišta. Otkada je čovječanstvo počelo stvarati kulturna dobra, otada postoje i intelektualci, tj. ljudi koji su svojim umnim radom stvarali tekovine kulture i civilizacije.

Društveni sistem, nastao na podlozi prirodnog sistema, ima vlastita pravila razvoja, jer jednostavno nije podsistem prirode. To su dva različita sistema koji se prožimaju – danas jako zavise jedan od drugog. Društveni sistem se razvija preko ekonomskog sistema. Tržište, koje je osnova ekonomskog sistema, nije samo prostor ponude i potražnje, njime upravlja politički sistem.

Uz već navedenu poljoprivredu, odnosno proizvodnju hrane, najosnovnije pretpostavke današnje civilizacije su dostupnost vode i energije. Bez vode umire sav živi svijet, uključujući ljude; zdrava voda prosto nema alternative. Voda je neophodna i u industriji, poljoprivredi te svakoj drugoj ljudskoj djelatnosti. Energija pokreće današnju ekonomiju; ona je gorivo za poslovanje i javni život. Bez energije se ne može dobiti hrana, ne može se stanovati, graditi, niti raditi.

Proizvodnja energije spaljivanjem uglja, nafte i plina u posljednjih 150 godina, glavni je „krivac“ za nesumnjivi ljudski utjecaj na vidljive klimatske promjene, dok je režim voda, sa svim posljedicama, prva velika „žrtva“. Voda i energija su bit održivog razvoja, ključni alati za smanjenje siromaštva, usko povezani sa dostizanjem svih međunarodno usvojenih razvojnih ciljeva, uključujući zdravstvene. Dostizanje univerzalnog pristupa pitkoj vodi, osnovnim sanitarnim potrebama, hrani i modernim energijskim uslugama, najveći je višedimenzionalni razvojni izazov pred kojima se svijet nalazi.

Danas se smatra da su intelektualci visoko obrazovani ljudi koji se kritički odnose prema sebi i okolini. Posjeduju duboku vjeru u moć razuma i znanja, kojim će se problemi društvene stvarnosti uočavati i rješavati. Prethodne generacije intelektualaca su takvim pristupom oblikovale sadašnjost, pa sadašnja ima odgovornost i izazov za budućnost. Otuda ideje o održivom razvoju, Milenijskim razvojnim ciljevima, Razvojnim ciljevima nakon 2015, itd. Vitalni problemi svake, pa i najmanje ljudske zajednice nisu nikada bili povezani sa općim problemima i kretanjima razvoja čovječanstva!

Uz znanje i ljude, najznačajniji resurs današnjice je i novac. Ne bez razloga, jer je novac zajednička mjera različitih vrijednosti. Ljudi koriste novac za kupnju roba i usluga koje žele. Robe i usluge su ono što je u konačnici bitno u društvu i ekonomiji, a novac je način koji omogućava ljudima da daju (odnosno prodaju) njima raspoloživu robu i usluge, te dobiju (odnosno kupe) one koje su im potrebne. Ljudi prodaju svoj rad kako bi stekli novac za kupnju roba i usluga. Ako se vjeruje da će novac imati vrijednost i u budućnosti, ljudi rade kako bi ga zaradili. Novčani sistem djeluje na zajedničkom skupu vjerovanja – dok god dovoljan broj ljudi vjeruje u buduću vrijednost novca, sistem će funkcionirati.

Osim za kupovinu usluga i dobara, novac ima poseban značaj u funkciji investicija kojima se stvaraju nove vrijednosti. Stalna tema svih zemalja u tranziciji i/ili razvoju jeste kako sakupiti ili privući taj novac u vlastito okruženje i tako smanjiti problem nezaposlenosti, povećati nacionalni proizvod, riješiti neki konkretan problem – npr. unaprijediti komunikacije, pokrenuti specifičnu proizvodnju i slično. Veći rizik investiranja, u pravilu, mora biti praćen i većim potencijalnim prihodima. Administrativne i prepreke korupcije jako povećavaju rizik, što čini investiranje u BiH nepoželjnim. Jednovremeno, javno mnijenje, zbog nedovršene mentalne tranzicije, smatra da investitor ne smije svoj profit odnijeti iz države, jer ga je tu stekao. A koji bi razlog imao investitor iz strane države i

emotivno nevezan za BiH da profit, zbog kojeg i vrši ulaganje, ostavi u BiH i ne troši u svom okruženju? Ili, zašto da osoba koja je vezana za BiH rođenjem, življenjem, rodbinskim ili drugim vezama, odluči da uloži svoj novac u okruženju u kojem će njegovi budući zaposlenici čekati prvu povoljnu priliku da pređu na „državni posao“? I ovo su pitanja koja traže sistemski odgovor i značajnu promjenu svijesti stanovnika BiH, počevši od njihove javne administracije (dakle promjenu stava i prakse javne administracije, koja bi educirala javno mnijenje, iako je to konfliktno privatnim interesima pripadnika te iste administracije). Izgradnja društvenog kapitala u smislu povjerenja u sistem, koje će dozvoliti promjenu investicijske klime, važan je dio cijele slike postojećeg stanja.

U nastavku će se razmotrit izazovi svojstveni samo takozvanoj tehničkoj inteligenciji. To je ona inteligencija koja ima tehnokratski mentalitet, koja se empirijski zanima za sadašnjost i budućnost. To je inteligencija koja sve nastoji izmjeriti i porediti, provjeriti i dokazati, razmišlja jasno i realistično, voli čiste račune, cijeni uspjeh i naravno novac, standard i komfor. Nju zanima prije svega opipljiva stvarnost, materija, energija, tehnologija i praktične primjene nauke uopće.

3. SVJETSKI IZAZOVI SADAŠNJOSTI I BUDUĆNOSTI

Svijet danas se veoma, veoma mnogo razlikuje od onog prije 50-ak ili 60 godina, dakle nešto poslije II svjetskog rata. Svijet danas se veoma mnogo razlikuje i od onog prije 25 godina, kada je počeo padati komunizam i kada se počela raspadati naša prijašnja federativna država. Svijet danas se mnogo razlikuje i od onog od prije 15-ak godina, dakle oko 2000, kada su počele masovno prodirati današnje komunikacijske tehnologije. A kakav će tek biti za narednih 15 godina, dakle oko 2030? Nemoguće je precizno predvidjeti, ali se neke tendencije ipak mogu sa sigurnošću prepoznati.

Već 25 godina traje tranzicija post-komunističke Evrope u svjetsku ekonomiju slobodnog tržišta – kapitalizma i demokratije, (re)privatizacije i liberalizacije. Neke su zemlje u tome veoma uspješne i napredne, neka manje, a neke, kao BiH, uz za mnoge i razumna i nerazumna opravdanja, nalaze se na začelju. Ali, ono što je sigurno jeste da se ni jedna zemlja, pa ni njen dio, danas ne može izolovati od ostatka svijeta. Tehnološka, informatička i svaka druga globalizacija, uključivo ekonomsku, socijalnu i okolišnu, već je neko vrijeme na sceni, tako da je niko ne može zaustaviti, niti izbjeći. Intelektualac mora spoznati sadašnjost, da bi pronašao i ponudio rješenja za bolju, kvalitetniju budućnost.

Koja su to ključna pitanja čovječanstva danas, u projiciranju budućnosti do 2030? Prema američkoj Agenciji za okoliš, to su sljedeća [4]:

1. Da li će se moći zdravo i održivo ishraniti 9 milijardi ljudi, što je 20% više nego danas, ali se procjenjuje da će trebati čak 50% više hrane (zbog povećanja standarda siromašnih)?
2. Da li će se moći izaći na kraj s budućim zahtjevima za vodom, 30% više nego danas, i to uz još veće vremenske i prostorne neravnomjernosti?
3. Da li će biti dovoljno energije za rastuću populaciju, koja izlazi iz siromaštva, a trebat će je 50% više?
4. Da li će svijet uspjeti ublažiti i prilagoditi se na klimatske promjene?
5. Da li se sve ovo može uraditi u kontekstu neophodnosti zaustavljanja postojećeg opadanja biodiverziteta i neophodnog očuvanja ekosistema i njihovih usluga?
6. Da li svijet kao cjelina ulazi u „Oluju nad olujama“, tj. takav slijed događaja koji se sustižu, dovodeći do drastičnog pogoršanja situacije i katastrofe „neviđenih“ razmjera?

Ako svijet kao cjelina želi opstati, što je jedino moguće jer su svi danas međusobno povezani i zavisni, odgovor na prvih 5 gornjih pitanja mora biti pozitivan, a šesto treba razumjeti kao drastično globalno upozorenje. Nesumnjivo je najveća odgovornost na velikim i bogatim, jer imaju i najveće

moгућnosti odgovora, ali je to i njihov prvi i najvaţniji interes, interes opstanka! Nerazvijeni, siromašni i oni sa osjećajem potlačenosti i neravnopravnosti mogu izgubiti daleko manje od bogatih, koji mogu da izgube sve što ima vrijednost za njih! A toga su bogati sasvim svjesni (vidjeti npr. rezultate pripremne konferencije u Limi, za novi dogovor o suočavanju s klimatskim promjenama [5]).

I, šta je raditi, šta tehnička inteligencija u Bosni i Hercegovini moţe ponuditi svojoj zajednici? Moţe pratiti, moţe i mora spoznavati trendove u svijetu, Evropi, širem i užem regionu, pa u tome pronalaziti šanse za BiH, ali i za sebe. To je stvarno njena osnovna odgovornost i današnji izazov.

4. GLOBALNE PROMJENE VODNIH RESURSA

Vodni resurs je voda u bilo kojem od svojih oblika i gdje god da se nalazi (u atmosferi, na površini ili pod zemljom), koja jest ili moţe biti od vrijednosti za čovjeka, direktno ili indirektno (putem ekosistema). Danas su planetarni vodni resursi pod velikim pritiskom, zbog globalnih promjena:

- Klimatskih varijabilnosti;
- Porasta populacije;
- Nekontrolisane i/ili neodržive urbanizacije i industrijalizacije;
- Ekspanzije infrastrukture uz neţeljene utjecaje na vodne resurse;
- Promjena namjena korištenja zemljišta i nestajanja šuma, te snaţnim pritiscima na ekosisteme koji održavaju kvalitet vode uopće;
- Velikog zagađivanja/onečišćavanja;
- Neodrživog korištenja voda (posebno podzemnih);
- Isušivanja močvara ... itd.

Upravljanje vodama je djelovanje političkih, društvenih, ekonomskih i administrativnih sistema s ciljem održivog razvoja korištenja vodnih resursa. Ima tehničke aspekte korištenja voda, zaštite voda i zaštita od voda, te pravni, institucionalni i ekonomski aspekt. Da bi se naglasio značaj voda, svugdje u svijetu, pa i u BiH, već preko 20 godina se svakog 22. marta obiljeţava svjetski „Dan voda“, uz specifični moto. Posljednje tri godine su to bili „Voda i sigurnost: snabdijevanja hranom“, „Međunarodna godina saradnje na području voda“, te „Voda i energija“. Ove, 2015. godine, tema je „Voda i održivi razvoj“. Dakle, potrebno je u 2015. konsolidovati znanja i do sada urađeno, te nastaviti „ugrađivati“ vode u održivi razvoj.

5. UPRAVLJANJE VODAMA U BOSNI I HERCEGOVINI

U BiH se vode slijevaju u Savu ili Jadransko more kroz sedam glavnih riječnih (pod)slivova, odnosno bazena: Una, Vrbas, Bosna, Drina, Neretva sa Trebišnjicom, Cetina sa Krkom i neposredni sliv Save. Samo su bazeni Vrbasa i Bosne u potpunosti unutar granica BiH, ali su presječeni međuentitetskim i kantonalnim granicama više puta. Svi ostali bazeni su prekogranični ili presječeni granicama, dijele se sa susjedima. BiH ima i 26 km obale i pripadajući dio Jadranskog mora, što je čini i Mediteranskom zemljom. Prosječne godišnje padavine su 1.250 mm, pri čemu prosječno otekne 57%, ili 1.155 m³/s. Ovi podaci se odnose na period do 1990. godine – prema obradama tadašnjeg Hidro-meteorološkog zavoda SR BiH. Novije obrade, uključujući uticaj klimatskih promjena, još nisu urađene.

Već 1998. godine, odmah nakon ustavnih promjena, donose se dosta harmonizirani entitetski Zakoni o vodama, kojima se uspostavljaju dva autonomna sistema. Ovi zakoni su '06. godine zamijenjeni

novim i danas važećim, koji su, skupa sa setom od po 6 okolišnih zakona, dobrim dijelom usaglašeni međusobno i sa evropskim zakonodavstvom o vodama i okolišu. U Federaciji BiH, doneseni su i odgovarajući kantonalni zakoni, zbog Ustavom podijeljene nadležnosti u oblasti okoliša i voda.

Stvarni problemi su u primjeni ovih zakona, naročito u donošenju harmoniziranih podzakonskih akata i njihovoj realnoj i učinkovitoj provedbi. Nadležnost za pojedine aspekte i segmente upravljanja vodama podijeljena je između svih 5 nivoa vlasti i više ministarstava i agencija, pa dolazi do:

- preplitanja ili čak i nedovoljno jasne određenosti nadležnosti,
- kompliciranja procedura koje postaju neefikasne, i
- predugog trajanja postupaka (kao i stvarno nepotrebnog odugovlačenja).

Mehanizmi koordinacije su komplicirani i slabi, kako unutar zemlje, tako posebno sa susjedima. Pravi problem je u tome što niko u javnoj upravi i administraciji nije zadužen, a pogotovo nije motiviran i odgovoran, da promoviše upotrebu voda u ekonomske i razvojne svrhe (čast nekim lokalnim zajednicama). Brojni „štite“ resurse, a najviše vode, od onih koji bi ih „upropastili“ ili „zlopotrijebili“! Mnogi zagovaraju da se prirodni resursi moraju ostaviti budućim generacijama. Naravno, budućim generacijama se mora omogućiti da uspješno zadovoljavaju svoje potrebe, ali:

- budućih generacija prvo mora uopće biti u BiH, a ne da odsele jer se u BiH ne mogu ostvariti njihove ambicije za bolji život, kao što je to tendencija već dugo vremena;
- obnovljivi resursi, kao što je voda, nepovratno odlaze ako se ne koriste; znači, s vodom prestano otiču i mogućnosti pretvaranja prirodnog kapitala u poslovni i društveni.

Ako se neka ruda, kao neobnovljiv resurs ne kopa, ona ostaje tu gdje jeste, pa se, u slučaju potrebe i odluke, uvijek može aktivirati njena eksploatacija. Isto tako, napušteno, ili iz bilo kojeg razloga neobrađeno poljoprivredno zemljište, vrlo brzo se može ponovo koristiti. Međutim, voda koja je otekla ne može se vratiti. S njom su „otekli“ i potencijalni novci koje je mogla donijeti. Znači, dok se voda ne koristi, novci u stvari prestaju „cure“, odlaze u nepovrat.

Kontraverze već izaziva i način provedbe nedavno donesenog federalnog Pravilnika o ekološki prihvatljivom proticaju [6]. Umjesto da se primjenjuje proaktivno, kao kvalitetan alat održivog razvoja i sredstvo za pomirenje često sukobljenih sektora poput zaštite okoliša, energetike, poljoprivrede i slično, dugim procedurama i negativnim tumačenjem (da nešto ne može, a ne kako može), otežava se moguća investicija i komplicira i onako veoma složen labirint ishođenja potrebnih „papira“. Sam ovaj akt ne sprječava niti usporava razvoj, već upravo suprotno - razrješava postojeće dileme i pitanje da li treba ili ne treba, odnosno u kojoj mjeri koristiti vodne potencijale, zamjenjuje pitanjem kako i koliko treba koristiti ove potencijale, pa čak jednovremeno na isto daje i odgovor. Dosljednom primjenom se mogu minimizirati dugogodišnji postojeći sporovi i kontraverze između nevladinih organizacija, vlasti i potencijalnih investitora u gradnji hidroelektrana i omogućiti očekivani progres u ovom području, a koji ipak neće ugroziti prirodne vrijednosti u BiH. „Država“, odnosno oni koji u njeno ime upravljaju vodama, mogu izračunati EPP za sve potencijalne lokacije korištenja voda, npr. pri izradi prostornih planova, kao i evaluirati sve druge neophodne (resursne) parametre, ponuditi ih javno svima na taj način da privuče investitore umjesto da ih odbija, ili stvara utisak da se samo korupcijom mogu postići pogodnosti za sebe!

6. VODE KAO PRIVREDNI RESURS U BiH

Korištenje voda u BiH je danas čak 6 puta manje nego '91. godine (Strategija upravljanja vodama 2010-2022). Privreda kao najveći prijeratni potrošač u BiH je većim dijelom ugašena, a samo ponegdje, u firmama koje su uspješno privatizirane, uvedeni su elementi manjeg rasipanja i racionalnije upotrebe voda, najviše zbog međunarodnih standarda, a ne nekih posebnih ekonomskih razloga ili domaćih inspekcija. Najveći rasipnici voda su vodovodi u BiH, jer su im gubici na curenja u mrežama često 50 - 60%; u Sarajevu, uz nelegalne priključke (tj. krađe vode), čak preko 70%!

Nekada ranije, u vrijeme velikih sistema UPI, HEPOK, Agrokomerc i drugih, navodnjavalo se 1,8% obradivih površina, uz ambiciozne planove povećanja na 20%. Međutim, danas je to spalo na svega 0,3%, što je daleko najniže u Evropi. U svijetu se inače oko 70% vode koristi u poljoprivredi, što rječito govori o tome koliki se potencijal propušta, bez obzira na to da klimatski BiH ne spada u veoma sušne zemlje. Iskorištenost voda u turizmu je uglavnom prisutna samo na lijepim razglednicama, a ekonomska korist – gotovo nikakva. Ne zato što BiH rijeke, vodopadi, more i jezera, regate, slapovi, raftinzi ili prosto krajolici nisu prekrasni, nego zato što za razvoj turizma treba infrastruktura – osim puteva, hotela, restorana, još mnogo toga drugog, uključujući obrazovan kadar.

Hydroenergetsko korištenje voda u BiH je među najnižim u Evropi. U cijeloj jugoistočnoj Evropi (od Slovačke i Slovenije do Makedonije i Grčke), prema Studiji Njemačkog ministarstva okoliša i Globalnog partnerstva za vode s kraja 2013. godine, najveći hydroenergetski potencijal ima Rumunija (35.000 GWh/g), pa onda Bosna i Hercegovina (24.000 GWh/g). Međutim, dok je u Rumuniji iskorištenost potencijala 48%, u nas se procjenjuju na svega 19 do, prema nekim drugim procjenama, najviše 35% [7]. S druge strane, razvijene zemlje Evrope i svijeta redovno imaju iskorištenost 80 do 100%. One, na primjer Austrija, Francuska, Švicarska ili Norveška, razvile su se (između ostalog) i na jeftinoj hydroenergiji – a BiH ima najveći deficit upravo na uvozu energije - nafte i plina!

U BiH je do sada izgrađeno 15 velikih hidroelektrana, sa ukupno instalisanih 2.060 MW, te 4 termoelektrane, sa ukupno 1.750 MW. Značajni potencijali za gradnju hidroelektrana postoje u:

- Gornjoj, Srednjoj i Donjoj Drini;
- Uni, Vrbasu i Bosni, sa pritokama;
- Neretvi i Gornjim horizontima Trebišnjice te Cetine; kao i
- nizu manjih vodotoka, za male i mikro-hidroelektrane.

Sigurno je da će se u BiH hidroelektrane graditi, samo je pitanje kada i kako. Ko će imati stvarne koristi, a ko štete? Kakva je, ili kakva će biti uloga lokalnih zajednica i naročito lokalnog stanovništva, kakve su ekonomske, a kakve okolišne, uključujući ekološke reperkusije?

7. EKONOMSKE REPERKUSIJE HIDROELEKTRANA I HIDROAKUMULACIJA

Hidroelektrana je uvijek značajan zahvat u prostoru. Vještačko jezero pruža niz šansi za razvoj, ali često sprječava neke postojeće djelatnosti. Gradnja iole većeg postrojenja traje nekoliko godina, s dominacijom klasičnih građevinskih radova. Pošto su razvijene zemlje uglavnom sve izgradile, jer je proizvodnja hydroenergije, u odnosu na sve druge izvore, daleko najjeftinija, za nerazvijene nije pitanje „da ili ne“, nego „kako“. Resurs koji se ne koristi, za ljude nema praktičnu vrijednost. Za recimo 20 godina, cijena nafte i plina će sigurno biti viša nego danas, unatoč trenutnim promjenama na ovim tržištima, prosto zato što je u pitanju iscrpljiv resurs. A struja iz akumulacionih i reverzibilnih hidroelektrana? Na tržištu će biti sigurno višestruko skuplja, jer je ključna za stabilnost elektro-energetskog sistema, bio on lokalni, ili transnacionalni, te jer je povećanje potražnje stalno. A elektro-automobili, koji će osvojiti tržište ne samo zbog promjene pogonskog energenta obnovljivim, već i zato što imaju značajno manji utjecaj na okoliš, odakle će dolaziti struja za njihov pogon?

Dakle, ako nešto postoji u BiH, a ne koristi se, ili se rasipa ono malo što se koristi, to je siguran put u daljnje siromašenje i propadanje zajednice. Ako će cijena energije, uključujući struje, sigurno dugoročno rasti, onda treba praviti posao na takvoj proizvodnji, čija cijena proizvoda i potražnja za njima ne može opadati, može dugoročno samo rasti! To nije nikakva posebna mudrost, samo treba, na novim, okolišno i socijalno prihvatljivim osnovama, što prije započeti novi investicioni ciklus.

8. KLIMATSKE PROMJENE I ZAHTJEVI ZA VODOM

Uz opće zatopljivanje, u Mediteranu se dugoročno predviđa smanjenje padavina ljeti a povećanje zimi, sa znatnim povećavanjem intenziteta i učestalosti ekstrema. Nikakva posebna istraživanja o uticaju klimatskih promjena u BiH na hidrološke karakteristike, zahtjeve za vodom i sisteme za upravljanje vodama nisu još provedena. Ipak, jasno je da BiH mora unaprijediti sisteme

vodosnabdijevanja, odbrane od poplava, navodnjavanja i druge, uključujući pravne, institucionalne i ekonomske mjere za poboljšavanje mogućnosti upravljanja vodama.

Za mjere adaptacije na klimatske promjene u domenu pogoršavanja hidrološkog režima, tj. većih i češćih velikih voda i manjih i dugotrajnijih malih voda odnosno suša, na prvom mjestu su svakako hidroakumulacije, velike ali i male. One uključuju i retencije za smanjenje opasnosti od poplava, vodosnabdijevanje stanovništva i industrije za sušne periode, navodnjavanje, ribničarstvo, rekreaciju i drugo. Proizvodnja hidroenergije po sebi i kao komplement solarnim i vjetroelektranama, te elektranama na biomasu, mogući je „motor“ ovih poduhvata.

„Strategiju adaptacije na klimatske promjene“ EU je usvojila još (ili tek) aprila 2013.[8]. Sve je razrađeno po regijama, ali svaka zemlja treba dalju lokalnu razradu ove strategije, zbog svojih unutrašnjih specifičnosti. Na Bosni i Hercegovini je da istu primjeni i doradi po svojim unutrašnjim (klimatskim i uopće geografskim) regionima. Osim promjena režima voda, tu su još posebno i prilagođavanja u poljoprivredi (kulture otpornije na sušu i na oluje...), zatim šumarstvo, požari velikih razmjera, biodiverzitet, itd.

Suzbijanje (mitigacija) klimatskih promjena provodi se na svjetskom nivou, uglavnom pod okriljem Ujedinjenih nacija i Okvirne konvencije o klimatskim promjenama (UNFCCC). Uz povećanje energijske efikasnosti, stimulišu se investicije u obnovljive izvore energije, koje podstiču međunarodne finansijske i razvojne agencije, pa je tu velika razvojna šansa i za BiH, prije svega u hidroenergiji, ali i vjetroelektranama, upotrebi biomase, geotermalnoj energiji i drugo.

Uz ubrzavanje klimatskih primjena, u posljednjih nekoliko godina došlo je do svjetske krize, počevši od finansijske i političke, do ekonomske i povećanja nezaposlenosti. Kriza se rješava pretežno u trouglu SAD – Rusija – Kina, plus EU pa tek onda ostali. A BiH pripada „periferijama“! Izlaz je moguć u investicijama u „zelenoj, ili cirkularnoj ekonomiji“ kao ekonomiji održivog razvoja, a to su:

- obnovljivi izvori energije, energijska efikasnost u proizvodnji i korištenju energije,
- efikasno korištenje voda,
- bolje upravljanje čvrstim otpadom, otpad kao resurs nastao po produženom i/ili izmijenjenom životnom vijeku proizvoda, te
- „zeleno“ zgradarstvo, „zeleno-plavi“ gradovi, čistija proizvodnja, okolišno prihvatljiviji transport i organska poljoprivreda.

Nedavno održani Samit UN-a (jesen '14.), donio je sljedeće važnije zaključke i strateške planove:

- Od 1950. do danas, realni svjetski GDP je 10 puta veći, po stanovniku 4 puta veći (2,5 puta nas je više); ali
- Siromaštvo i glad nisu eliminirani;
- Pred naredne dvije generacije (do 2050.) još su veći izazovi – održati osnovne Zemljine sisteme za održavanje života (voda, zrak, zemljište, biodiverzitet, energija), radi zadovoljavanja vlastitih potreba;
- U centru je razvoj za ljude (ekonomija i društvo – socijalna stabilnost); a zatim
- Održanje (ljudskih) zajednica, servisa ekosistema i prirode uopće.

Tako znači svijet gleda, pa ćemo tako morati i mi. Vizija evropske ekonomije do 2020. je da je to ekonomija bazirana na znanju, resursno efikasna i nisko-karbonska, te sposobna za održive odgovore na izazove s kojima će se na svjetskom tržištu EU suočavati do 2050. Nova Evropska Komisija (od 1.11.'14.) sebi je kao prve zadatke postavila:

- „Doprinos kreiranju radnih mjesta i rasta će biti standard po kome će se mjeriti sve mjere Komisije“, te
- „... mudra politika u sektorima povezanim s vodama, kojom će se stimulirati evropske kompanije, a ne stvarati im teškoće“.

9. KRIZA U BIH JE NAŠA VELIKA ŠANSA, NE SMIJEMO JE PROPUSTITI!

Gdje je u ovakvom prostoru BiH? Ima veliku šansu! Zašto?

- Zato što je prostor za poboljšavanja ogroman;
- Zato što sličnim putem ide i region kome pripada;
- Zato što BiH ima stabilan makroekonomski ambijent i bankarski sektor,
- Zato što BiH ima „potencijalno povoljan“ geostrateški položaj, industrijsku tradiciju, dobro postavljenu osnovnu transportnu i energetska mrežu, te
- Zato što BiH ima izvrsne prirodne resurse (zemljište, klimat, vode i drugo).

Zašto je baš kriza mogući odličan generator uspjeha i velika šansa koja se ne smije propustiti? Zato što dugo trajanje diskusija o potrebnim strukturnim reformama u BiH društvu vodi skepticizmu i odustajanju od promjena zbog gubitka volje za odricanjima koje takve reforme traže. Društvo zato sporo i neprekidno nazaduje, umjesto da brzom intervencijom, koja je sigurno bolna i neugodna u svom početku, ali u malo dužem periodu neizostavno potiče oporavak ekonomije - zato je najveći izazov strukturnih reformi upravo njihovo trajanje. A dubina krize u ovom trenutku i želja za promjenama su takvi da je upravo to prilika da se reforme podrže i uspješno provedu.

Strukturne reforme koje su svakako potrebne su one koje će voditi većoj efikasnosti i produktivnosti javne uprave i firmi u potpunom ili većinskom vlasništvu države, drugačijem tržištu rada, koje inovativne i kreativne pojedince pretvara u poduzetnike i poslodavce koji nude radna mjesta konkurentna javnim službama. Najsposobniji u novim generacijama moraju osjetiti potrebu da ispolje i iskoriste svoj kreativni potencijal, umjesto da traže kraticu ka nekreativnim ali dobro plaćenim poslovima u javnoj službi. Za to je potrebna i reforma plata u javnom sektoru, kao i sistemsko umanjivanje prepreka i rizika privatnom kapitalu. Naime, posve je logično da je čovjekova sklonost riziku direktno povezana sa visinom dobiti koja se na taj rizik odnosi, pa iz toga slijedi da javno zaposlenje (kao većinski nerizično) u odnosu na privatnu inicijativu (koja inherentno nosi niz rizika sa sobom) mora biti manje vrednovano, ako se želi potaći stvarna tranzicija kao tržišnoj ekonomiji. To je inače prosječno stanje u većini uspješnih zapadnih ekonomija: manja plata u javnom sektoru je kompenzirana i manjim stresom i manjim poslovnim rizicima; kod nas to nije slučaj i privatni sektor zato sada nije konkurentan u privlačenju (kreativnih) ljudskih resursa.

A u reformiranom društvu, u kome će početne javne investicije u hidroenergetskom sektoru, navodnjavanju i povećanoj proizvodnji hrane i ljekovitog bilja (što je u zadnjim godina primijećeno kao snažan potencijal BiH), poticaje turizmu zasnovanom na korištenju vodnih resursa i sl., sigurno pokrenuti i investicije iz privatnog sektora u ovim oblastima, jer će investitori moći prepoznati brz povrat sredstava i slobodu korištenja ostvarenog profita. Proširenjem tržišta proizvođača i distributera električne energije, uz liberalizaciju investicija u tom sektoru i osiguranje poticaja koji će umanjiti rizike, privući će osim stranih investitora i povoljne kreditne linije, koje će moći iskoristiti i stanovnici BiH, pojedinačno ili grupno, čim prepoznaju moguće dobiti od vlastitih ulaganja i kada im prihodi budu znatno veći od iznosa plata koje mogu dobiti u postojećim javnim službama.

10. ZAKLJUČAK

Izgradnja i korištenje hidroenergetskih postrojenja i povećanje korištenja vodnih resursa nije samo ekonomsko pitanje, nego može imati i dalekosežne pozitivne okolišne reperkusije (poplave, suše ...).

Upravljanje vodnim i energijskim resursima u tandemu, uz odgovarajuće upotrebe voda u svim drugim sektorima, nudi važne društvene, ekonomske i okolišne dobiti. Integralno upravljanje vodama i energijom, planiranje, izgradnja i upravljanje potrebnim infrastrukturnim sistemima, uz podjelu rizika i dobiti, to je epohalni izazov, s kojim se ova generacija mora suočiti. Strukturne reforme javne uprave mogu voditi brzom usmjerenju ka ekonomskom rastu zasnovanom na ovim oblastima.

Tako ide svijet, EU i regija, pa ćemo tako sigurno i mi. A koliko brzo, odgovornost je prije svega na tehničkoj inteligenciji, pa tek onda na političarima!

11. LITERATURA

- [1] <https://renesansa.wordpress.com/2014/10/16/struktura-zaposlenih-je-mozda-najveci-problem-bosne-i-hercegovine/> (januar 2015)
- [2] <http://balkans.aljazeera.net/vijesti/magicni-javni-sektor-posao-lak-parali> (januar 2015)
- [3] <http://www.klix.ba/vijesti/eu-integracije/u-administraciji-radi-i-do-200-000-ljudi-jaz-izmedju-javnog-i-privatnog-sektora-ogroman/141204108> (januar 2015)
- [4] www.epa.gov (januar 2015)
- [5] www.unfccc.int (januar 2015)
- [6] Pravilnik o ekološki prihvatljivom proticaju, Službene novine FBiH 4/13
- [7] Šehović H, Aktuelno stanje energetskog sektora U BiH/FBiH i mogućnosti razvoja, Međunarodni stručni skup Energa, Tuzla, 22. ÷ 24.06.2011.
- [8] (http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/index_en.htm) (januar 2015)

STATUS STROJNIH DIJELOVA ZA OBNOVLJIVE IZVORE ENERGIJE U BiH

STATUS OF MACHINE PARTS FOR RENEWABLE ENERGY SURCES IN B&H

Derviš Mujagić¹, Derviš Pihura², Sadmir Memčić¹, Dževad Nović³,

¹Univerzitet u Zenici, Metalurški institut “Kemal Kapetanović”

²Ljevani BiH, Zenica

³Energoinvest, Sarajevo

SAŽETAK:

Moderna ljevarska tehnologija osigurava kvalitet i ekonomičnost strojnih dijelova, proizvedenih iz nodularnog ljeva, a čiji obim proizvodnje u svijetu se stalno povećava. Istovremeno u BiH nema zainteresiranih naručilaca za proizvodnju odljevaka od nodularnog ljeva, a posebno ne za strojeve za obnovljive izvore energije. Analiza ljevarskih kapaciteta pokazuje da bi ljevarska industrija u BiH još uvijek mogla proizvoditi takve odljevke mase i preko 25 t, od kojih su neki BiH odljevci već i ugrađeni u postrojenja za vjetroeletreane u inostranstvu. U energetici ekologija je nametnula ogromna savremena energetska postrojenja na bazi vjetra i sa čijom gradnjom će i BiH biti suočena. Zaostajanje ili nemogućnost proizvodnje spomenutih strojnih će potisnuti sa svjetskog tržišta ljevarsku i sve grane metalne industrije BiH.

Početa istraživanja i unikatna proizvodnja odljevaka pokazuju, da je i sada u BiH, moguće proizvesti lijevane dijelove za vjetroeletreane i neka druga energetska postrojenja.

Ključne riječi: strojni dijelovi, odljevci, nodularni ljev, vjetroeletreane

ABSTRACT:

Modern foundry technology ensures the quality and efficiency of machine parts, manufactured from ductile cast iron, and whose volume of production in the world is constantly increasing. At the same time in B&H does not contracting authorities concerned to produce castings from nodular cast iron, and especially not for machines for renewable energy. Analysis foundry capacities shows that foundry industry in B&H could still produce such castings and weight over 25 t, some of which are already B&H castings and built-in facilities for wind farms abroad. The energy ecology imposed huge modern power plants based on wind and with which construction B&H will be faced. Delays or inability to manufacture the said machine will suppress the global market foundry and all branches of the metal industry in B&H.

Home Research and unique production of castings show that it is now in B&H, it is possible to produce castings for wind power plants and other energetic plants.

Keywords : machine parts, castings, ductile iron, windenergy

1. UVOD

Danas, sve više i više područja našeg života je pod utjecajem tehnologije. Nove tehnologije zahtijevaju sve veće brzine, više temperature i veća opterećenja za različite grane industrije od nuklearne i elektro industrije do poljoprivrede. To znači da je današnji život direktno i progresivno oblikovan djelovanjem tehnološkog razvoja. U okviru ovakve perspektive nameće se nužna potreba

da najzanemarenije područje istraživanja i razvoja (I i R) postanu područja od najveće važnosti za razvoj zemlje. BiH značajno zaostaje u istraživačkim naporima i aktivnostima. Na ovim institucijama je da povrate mogućnosti I i R, a posebno samo jedne institucije u području ljevarske industrije.

U periodu djelovanja recesije, ali i općenito u ratom devastiranoj zemlji, sučeljavanje dvije tendencije kao što je smanjenje priljeva finansijskih sredstava i težnja za povećanjem ulaganja u istraživanje (I) i razvoj (R) u početku djeluje iracionalno. Rješenje se može naći u realnoj i zdravoj strategiji korištenja postojećih postrojenja za I i R. Zato moraju da se povežu selektivna istraživanja u ljevarskoj znanosti u laboratorijskom i probnom – pilot obimu, da se izvrši transfer znanja i tehnologije sa laboratorijskog i pilot obima u pogone ljevaonica, uz osiguranje komercijalne primjene da bi na koncu projekata odljevci bili prihvatljivi i isplativi. BiH ima na jednom mjestu odlična, iako ne nova laboratorijska i probna – pilot postrojenja za I i R u ljevarskoj industriji. Tome ide u prilog više od 300 radova iz područja ljevarske industrije istraženih na probnim – pilot postrojenjima iz područja ljevarstva i apliciranih transferom znanja i tehnologije na plato ljevaonica u obliku finalnih odljevaka plasiranih na tržište, odnosno komercijalizovanih. To pokazuje na realne mogućnosti uspješne primjene spomenute filozofije transfera znanja i tehnologije od probnih – pilot pokusa u pogone ljevaonica do komercijalnih proizvoda.

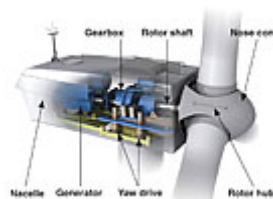
2. OPĆENITO

Moderna ljevarska tehnologija osigurava kvalitet i ekonomičnost strojnih dijelova, proizvedenih iz nodularnog ljeva. Iako je proizvodnja nodularnog ljeva, kao najnovijeg ljeva na bazi željeza, u EU ili SAD u upotrebi tek više od pola stoljeća, obim proizvodnje se stalno povećava.

Međutim u BiH nijedna industrijska grana pa ni energetska nije zainteresirana za proizvodnju odljevaka od nodularnog ljeva, a posebno ne za strojeve za obnovljive izvore energije, kao što su vjetroeletreane (Slika 1 i 2). Analiza ljevarskih kapaciteta pokazuje da bi ljevarska industrija u BiH još uvijek mogla proizvoditi takve odljevke, od kojih su neki BiH odljevci već i ugrađeni u postrojenja za vjetroeletreane u inostranstvu [1]. S druge strane određeni strojni dijelovi klasičnih energetskih postrojenja, mase i do 50 t i teži, više se ne proizvode od čeličnog ljeva, nego od nodularnog ljeva. U energetici je ekologija nametnula ogromna savremena energetska postrojenja na bazi vjetra i sa čijom gradnjom, na svojoj teritoriji, će biti suočena i BiH [2].



Slika 1: Niz stubova vjetroeletreana



Slika 2: Šematski presjek tipične vjetroturbine snage 1,5 MW

Osnovni dijelovi postrojenja vjetroeletreana su proizvedeni od nodularnog ljeva, osim nosećeg stupa i elise. Pojedini monolitni dijelovi, odljevci, postrojenja imaju masu do 25 t i više, a cijeli energetski dio nekoliko puta više, u zavisnosti od snage postrojenja.

Zato je nužno dalje raditi na tome da se takvi odljevci, odnosno dijelovi energetskih postrojenja počnu proizvoditi i u BiH. U ljevarskoj industriji je vrlo nezahvalno i teško predviđati i procjenjivati, čak i kada se ima dovoljno znanstvenih i stručnih elemenata proizvodnje odljevaka, koji su u radu, a koji su diktirani i zahtjevima za većim brzinama okretanja, većom snagom i boljim kvalitetom za energetiku,

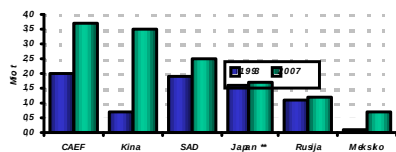
transport, itd. Zaostajanje ili nemogućnost proizvodnje spomenutih strojnih dijelova će potisnuti sa svjetskog tržišta ljevarsku i sve grane metalne industrije BiH.

Početna istraživanja i do sada izvršena unikatna proizvodnja odljevaka, pokazuju, da je i sada u BiH, moguće proizvesti lijevane dijelove za vjetroeletre i neka druga energetska postrojenja. U ljevarskoj industriji potrebno je postepeno prelaziti sa klasično korištenih ljevova, kao što je skuplji čelični ljev na nodularni ljev i koji je po svojim osobinama pretekao čelik. Istovremeno se proizvodnja odljevaka iz nodularnog ili vermikularnog odvija na nekoliko stotina stepeni Celzija nižoj temperaturi, što i u energetsom smislu predstavlja značajan doprinos, ali i ekološkom, te su odljevci i ekonomičniji [3,4]. Takvom trendu se mora priključiti i ljevarska industrija BiH.

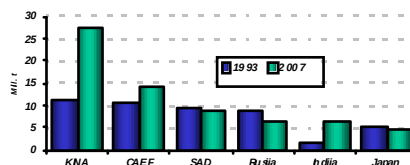
3. PERSPEKTIVE PROIZVODNJE ODLJEVAKA U SVIJETU DO 2020. GODINE

Savjetovanje koje je 1977. godine organizovala Agencija UN UNIDO u Turskoj o ljevarskoj industriji u svijetu, ukazalo je da nema propulzivnije industrije od ljevarstva i koja brže obrće sredstva. Naime, ljevaonica može čak za 24 sata da istopi uložak, odlije i obradi komad, zapakuje ga i pošalje na tržište manje odljevke, dok je za veće odljevke potrebno proporcionalno masi duže vrijeme. Zato je i preporučila manje razvijenim zemljama što brži razvoj ljevarske industrije. Naime, teško je naći industrijsku granu s bržim obrtom sredstava i većim porastom proizvodnje u svijetu.

Analiza proizvodnje odljevaka u svijetu pokazuje da zemlje EU su prve u svijetu po proizvodnji odljevaka od obojenih – neželjeznih metala (slika 3), a druge po proizvodnji odljevaka na bazi željeza (slika 4) [2]. Međutim, različita tržišta za odljevke u svijetu prolazila su kroz dramatične promjene, tako da nedavna recesija nije ništa novo. Naročito je tržište odljevaka prolazilo kroz dramatične promjene od ranih '90 godina. Globalizacija preuređuje obim svjetskih regiona, ali taj proces je ubrzan od sredine '90 godina.



Slika 3: Pregled promjene proizvedene količine odljevaka obojenih metala u EU odnosno CAEF (+ 89 %), u tri od četiri zemlje BRIK-a (Kina + 379 %, Indija + 323 %, Rusija + 5 %), te SAD (+ 27 %), Japan (+ 7 %) i Meksiko (+ 1292 %)



Slika 4: Pregled promjene proizvedene količine odljevaka na bazi željeza u EU odnosno CAEF (+ 39 %), u tri od četiri zemlje BRIK (Kina + 139 %, Indija + 323 %, Rusija – 25 %), te SAD (– 9 %) i Japanu (– 12 %)

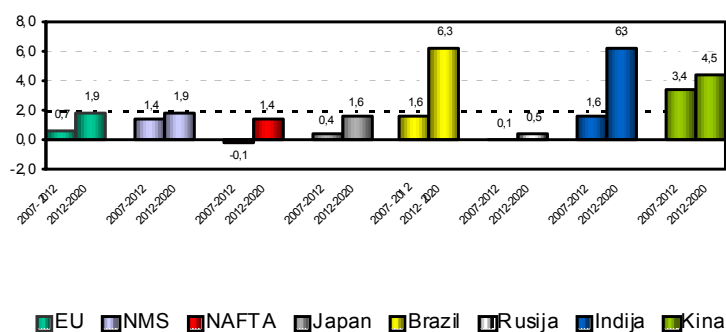
U pogledu strukture proizvodnje odljevaka zemlje EU proizvode oko 50 % odljevaka za automobile, što predstavlja osnovu ljevarske industrije, a drugi veliki naručilac su iz područja proizvodnje strojeva. Bez obzira na dramatične promjene od '90. godina i dosadašnje dejstvo recesije, perspektive zemalja EU u srednjoročnom programu, čak do 2020.godine, su dobre i odnose se na odljevke za automobile i kamione (Tabela 1), a posebno pitanje odnosi se na odljevke za strojeve i elektro postrojenja. Prema spomenutom programu razvoja EU, ne samo da će rasti relativni udio

odljevaka za automobilsku industriju, nego i apsolutna proizvodnja, bez obzira na sadašnju krizu, te porast potstican sveukupnim porastom svjetske proizvodnje vozila.

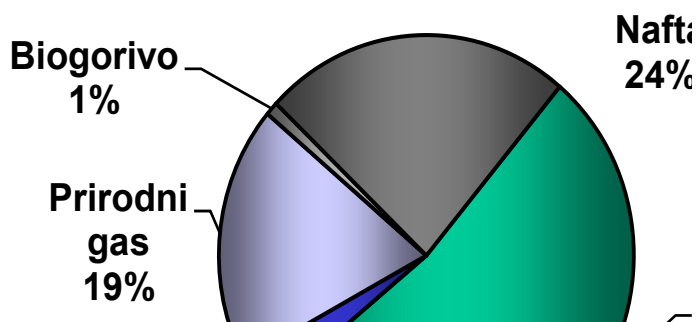
Tabela 1. Procjene proizvodnje odljevaka CAEF-a do 2020. Godine

Metali	Struktura po vrsti odljevaka (%) za industrije			
	Vozila	Strojogradnja	Građevinska	Ostalo
Na bazi željeza	56	27	3	14
Obojeni metali	63	9	4	24

Kod toga se mora imati u vidu da će se regionalna proizvodnja i struktura prodaje odljevaka kontinuirano mijenjati. Ostala područja transporta, kao što su vazdušni i brodski, očekuju velike investicije. Investicijski ciklusi su mnogo različiti i karakteristični su nižom učestalošću što je mnogo veći rizik. Jak ekonomski razvoj u metaloprerađivačkoj industriji EU u tekućoj dekadi je uzrokovao da su mnogi sektori proširili proizvodnju do granica kapaciteta. Poslije perioda usporavanja ova industrijska grana će imati stalno povećanje, posebno u EU i Japanu. Ljevarska proizvodnja u EU prema projekciji razvoja ostaje stabilna dugi niz godina i skoro na istom nivou do 2020. godine. Oporavak zemalja EU ili zapadnoevropskih zemalja od recesije počeo je nakon nekoliko godina, a ljevarska industrija EU je bila vrlo dobro pripremljena, odnosno spremna, jer je to usko povezano sa kupcima i prosperitetnim tržištima konvencionalnih odljevaka i odljevcima generacija alternativnih energetskih postrojenja i uređaja.



Slika 5: Povećanje proizvodnje odljevaka u svijetu u periodu 2007. – 2013. i prognoze u periodu 2013. – 2020. godina u nekim regijama ili zemljama



Slika 6: Pregled raspodjela planiranih investicija EU od 600 milijardi \$ godišnje do 2020 godine [2]

Globalizacija utječe na umjereniji razvoj zemalja u razvoju do 2020. godine, ali je red veličine definitivno veći nego u industrijalizovanim zemljama. Između 1992. i 2006. godine, četiri zemlje BRIK-a su proširile svoj udio na tržištu odljevaka sa 33% na 45 – 55%. Međutim, udio tržišta odljevcima četiri zemlje BRIK-a će u 2020. godini biti preko 60% (Slika 5) [5].

Nedostatak sirovina i cijene koje ljevarska industrija mora da plati će biti od vitalnog značaja, ali se procjenjuju investicije u energetska postrojenja oko 53% od 600 milijardi \$ godišnje do kraja 2020. godine (Slika 6) [2,6].

4. MOGUĆNOSTI LJEVARSKJE BIH INDUSTRIJE I POTREBE

Sve navedeno ukazuje na mogućnosti ljevarske industrije BiH da se uključi u raspoloživa sredstva EU za izradu odljevaka na bazi nodularnog ljeva bar za energetska postrojenja, potpomognuta kako zakonskom regulativom, tako i investicijama. Na taj način bi se povećala proizvodnja koja je prije rata iznosila između 125 000 i 170 000 t odljevaka godišnje.

Pregled strukture proizvodnje odljevaka u BiH u u periodu 1983 – 2012.godina dat je u tabeli 2.

Tabela 2. Pregled strukture proizvedenih odljevaka u BiH u periodu 1987 – 2012**

Godina	Vrste ljevova*							
	ČL	SL	TeL	NL	Ukupno	OLL	TOL	Ukupno
1987	26,55	68,34	2,71	00,00	97,60	22,18	00,44	2,40
1992	15,34	80,35	4,29	00,00	100,00	-	-	-
1997	37,34	52,46	9,84	00,00	99,46	00,00	00,54	00,54
2002	11,96	52,46	0,10	8,75	51,14	49,86	-	49,86
2007	14,04	30,65	-	10,77	55,45	44,55	-	44,54
2012	19,99	43,98	-	8,26	69,65	30,35	-	30,35

* ČL-čelični ljev; SL-sivi ljev; TeL-temper ljev; NL-nodularni ljev; OLL-obojeni lahki ljev; OTL-obojeni teški ljev;

** Bez podataka o proizvodnji odljevaka nekih ljevaonica.

Struktura osnove za proizvodnju odljevaka u BIH do 2015. godine zasnivala se na radu pogona 3 ljevaonice čelika, 5 ljevaonica sivog, nodularnog ili vermikularnog ljeva i 4 ljevaonice obojenog ljeva. Iz tabele 2 se vidi da se struktura proizvodnje mijenja u smjeru prilagođavanja tržištu.

5. PERSPEKTIVE

Ljevarska industrija BiH se mora se fokusirati na ekonomske, tehničke, tehnološke, legislativne i socijalne probleme i aspekte svoje grane.

Prva stvar koju ljevarska industrija BiH mora razriješiti je izrada kratkoročne, srednjeročne ili dugoročne studije u kojima će se odrediti ciljano tržišta Evrope odnosno EU ili ostalih tržišta.

Tržište EU namjerava održati postojeći nivo industrijske proizvodnje do 2020. godine i time računa na projicirane industrijske grane i odgovarajuću nabavku odljevaka. Ljevarska industrija BiH se mora uklopiti u projicirana tržišta odljevaka ili potražiti odgovarajuće tržišne „niše“, što je danas teško naći, ali ne i nemoguće. Odgovarajuće „niše“ bi bile i najbolje rješenje za pojedine ljevaonice u BiH. Jedna od danas mogućih niša je i izrada odljevaka iz nodularnog ljeva za vjetroeletreane. S druge strane postizanje ekonomičnosti proizvodnje odljevaka i kvaliteta odljevaka zahtijeva znatne investicije u opremu, ali i istraživanje, odnosno istraživanje (I) iz koga proističe i razvoj (R) proizvoda, posebno na području odljevaka za strojeve hibrida i elektro postrojenja, odnosno vjetroeletreane, koje će ljevarstvo BiH morati da osigura. Investicije su i dovele četiri zemlje BRIK-a do hiperprodukcije odljevaka. Zbog toga je došlo do kontinuiranog porasta procentualnog udjela odljevaka na svjetskom tržištu i koje će se do 2020. godine udvostručiti.

Kako je eliminisano djeystvo recesije na ljevasku industriju u svijetu, iza 2010. godine i oporavak privrede, ljevaonice EU su to vrijeme dočekale spremne. Međutim, ljevarska industrija u BiH to vrijeme nije dočekala spremna, izgubila je korak i još više oslabila. Izgubljeni korak ljevarska industrija BiH može nadoknaditi samo investiranjem, što bi omogućilo i uključivanje na tržište EU do 2020. godine. U međuvremenu za ostale ljevaonice samo ostaje da se preorijentišu na proizvodnju odljevaka za „niše“ ili da proizvode manje serije odljevaka ili jedinične odljevke, posebno za nova industrijska postrojenja za potrebe BiH, pa i za izvoz, i da se dokažu kvalitetom i cijenom.

Mora se ponoviti činjenica da ljevaonica može za 24 sata istopiti uložak, odliti i obraditi komad, zapakovati ga i poslati na tržište. Zato je i preporuka manje razvijenim zemljama što brži razvoj ljevarske industrije. Naime, teško je naći industrijsku granu s bržim obrtom sredstava i većim porastom proizvodnje u svijetu. Na tu činjenicu treba skrenuti pažnju Vladi i Razvojnoj banci kod potpomaganja investiranja u ljevasku industriju BiH.

Investiranjem u ljevasku industriju BiH rješilo bi se i tehničko pitanje inoviranja ove industrijske grane. Istovremeno sami ljevare moraju uvesti vrlo jednostavne inovacije u cilju smanjenja troškova.

Legalni aspekti potpore ljevaskoj industriji BiH su da mora biti potpomognuta zakonskom regulativom, koja mora da obuhvata ne samo okolinsku zaštitu, nego mora i da obuzda divljanje cijena sirovina, kao i nekontrolisani uvoz ili izvoz i metalnih sirovina ali i tržište odljevaka. Međutim, mora se napomenuti da problemi i ograničenja koja su postojala i prije ostajace nepromijenjeni i u periodu 2015 – 2020. godine, ukoliko se ne poduzmu radikalne mjere, s obzirom da ni investiranje, ni tehnološko inoviranje ne mogu otkloniti nepovoljnu i restriktivnu regulativu.

Da li će najpropulzivnija grana, zbog nerazumijevanja na svim nivoima, ostati industrijska grana sa najtežim uslovima rada, ali i s najvećom socijalnom problematikom, zavisi od ispunjenja nekih gore spomenutih potreba potpore ljevarstvu kroz I i R, te finansijsku i zakonodavnu potporu.

6. ZAKLJUČAK

- Globalizacija utječe na umjereniji razvoj zemalja u razvoju do 2020. godine, ali će red veličine biti definitivno veći nego u industrijalizovanim zemljama i iznositi do 60 %;
- Nedostatak sirovina i cijene koje ljevarska industrija BiH mora da plati će biti od vitalnog značaja za održavanje ljevarske proizvodnje, obzirom na ogromnu potražnju u svijetu;
- Izneseno ukazuje na mogućnosti ljevarske industrije BiH, s tim da mora biti potpomognuta zakonskom regulativom i investicijama, da bi bila samoodrživa, što bi se brzo otplatilo.
- Ljevarska industrija BiH mora na osnovu kratkoročnih i dugoročnih programa I i R trasirati nove puteve osvajanja tržišta i kupaca;
- Na osnovu projekata I i R moguće je da ljevarska industrija BiH osigura potpuno iskorištenje postojećih kapaciteta do 2020. godine;
- Mora se napomenuti da problemi i ograničenja koja su postojala prije pojave recesije su ostala nepromijenjena, što tržište odljevaka do 2020. godine neće tolerisati. Međutim, ljevarska industrija u BiH je u vrlo teškoj situaciji zbog:
- Nekontrolisanog uvoza odljevaka iz okolnih zemalja, i iz svijeta općenito;
- Porasta cijena starog željeza;
- Nedostatka zakonske regulative za regulisanje prometa starog željeza i obojenih metala;
- Nedostatka investiranja;

7. LITERATURA

- [1] D. Pihura, M. Oruč D. The Application of spheroidal graphite cast iron in B&H, Materials and Technology 41(4) 2007, 193-196.
- [2] Schumacher M. European Casting Markets today and tomorrow – a long term Forecast, International 49th Foundry Conference, Portorož, 2009, 7-12; «CAEF Report», Dusseldorf, Germany, 2012.
- [3] R. Hummer et al. Giesserei, 88 (9-11) 2001, 49-55
- [4] L. Yuanyuan, C. Weiping, H. Dan, J. Jie, L. Zhe, C. Yongcheng, Liu Qiping & Su Shifang, Energy conservation and emissions reduction strategies in foundry industry, China Foundry 4 (4), 2010, 121-130
- [5] J. Suchy, Foundry engineering and the single market, International 54th Foundry Conference, Portorož, 2014, 19-26;
- [6] I. Riposan, M. Chisamere, S. Stan, POLITAHNICA University of Busharest, 313 Spl. Independetei, RO-060042 Bucharest, Romania.

BIOMETAN KAO GORIVO

BIOMETHANE AS BIOFUEL

Sabina Begić¹, Vladan Mičić², Zoran Petrović²

¹University of Tuzla, Faculty of Technology, Univerzitetska br.8,

²University of East Sarajevo, Faculty of Technology Zvornik, Karakaj b.b.,

sabina.begic@untz.ba

micicvladan@yahoo.com,

ozrenzorp@gmail.com

SAŽETAK:

Biometan kao gorivo postaje sve više i više konkurentan u poređenju sa fosilnim gorivima. Kao sirovina za proizvodnju biometana koristi se biogas. Biogas se dobija gotovo iz svih organskih materija biljnog ili životinjskog porijekla postupkom anaerobne digestije. Dobijeni biogas mora dalje biti obrađen i prečišćen u nastojanju da se proizvede biometan. Trenutno postoji više različitih tehnologija dobijanja biometana, odnosno biogasa u različitim vrstama digestora. Uopšteno, veličina postrojenja za biogas može varirati od malih kućnih postrojenja pa sve do velikih komercijalnih postrojenja zapremine od nekoliko hiljada kubnih metara. Biogas se sastoji od metana i ugljendioksida najčešće u odnosu 6:4 (55 – 80% metana). Pošto se samo metan može primijeniti kao motorno gorivo, metan mora biti odvojen od CO₂ i ostalih komponenti koje su prisutne u biogasu. Krajnji produkt je biometan koji ima sadržaj metana između 95 i 100%.

Korištenjem biometana postiže se manja emisija neprijatnih mirisa koji bi se stvarali ukoliko bi se životinjski izmet sakupljao na otvorenim površinama. Vozila koja koriste biometan kao svoje gorivo proizvode manju buku od ostalih vozila.

Ključne riječi: biogas, biometan, biogoriva, digestor, anaerobna digestija

ABSTRACT:

Biomethane is becoming more and more competitive compared to fossil fuels. The raw material for the production of biomethane is biogas. Biogas is produced from nearly all types of organic materials including vegetable and animal feedstocks. It is produced by means of anaerobic digestion. Obtained biogas has to be further processed and cleaned in order to receive biomethane which is suitable for transport applications. Today, there are many different technologies and digester types available. Generally, the size of biogas plants can vary from a small household system to large commercial plants of several thousand cubic meters. Biogas is a combination of methane and carbon dioxide, typically in the ratio of 6:4 (55-80 % methane). Since only the methane is usable as transport fuel, methane has to be separated from CO₂ and the remaining components of biogas. The final product is biomethane, which has methane content between 95 and 100%.

The use of biomethane has several positive and comfortable side effects to humans such as far less odors are emitted than if animal manure is collected in open storage facilities, vehicles running on biomethane are generally not as noise intensive as other vehicles.

Keywords: biogas, biomethane, biofuels, digester, anaerobic digestion

1. INTRODUCTION

Since today's infrastructure for transport is based on liquid fuels, the introduction of gaseous fuels into the transport sector is slow and represents a challenge for future transport strategies. Nevertheless, vehicles which use gaseous fuels in place of liquid fuels are already operating. Today, most of them run on natural gas, [1, 2]. Many automotive manufacturers already offer pure or bivalent natural gas vehicles as standard models. One of the promising future options for sustainable transport fuels is the subsidization of natural gas by biomethane. Biomethane is the most efficient and clean burning biofuel which is available today. It can be produced from nearly all types of biomass including wet biomass which is not usable for most other biofuels. Another motivation for using gaseous biofuels for transport applications is the opportunity of diversifying feedstock sources, [2, 3].

2. FEEDSTOCK PRODUCTION

The raw material for the production of biomethane is biogas, which can be processed from various feedstock sources. For biogas production much more different feedstock sources can be used than for common liquid biofuels. For instance biodiesel can be only made from plant materials containing certain amounts of oil. In contrast, biogas is produced from nearly all types of organic materials including vegetable and animal feedstocks, [2, 4]. The origin of the feedstock can vary, ranging from livestock waste, manure, harvest surplus, to vegetable oil residues. Dedicated energy crops are becoming more and more practice as feedstock source for biogas production. Recently, wastewater sludge, municipal solid wastes and organic wastes from households have been introduced as feedstock, [5].

Another feedstock source is the collection of biogas from landfill sites. In Germany biogas is produced in agricultural facilities, mainly by the fermentation of manure and maize silage (Figure 1).



Figure 1: Maize silage for biogas production

One main advantage of methane production is the ability to use so-called “wet biomass” as feedstock source. Wet biomass can not be used for the production of other biofuels such as pure plant oil, biodiesel or bioethanol. Examples for wet biomass are sewage sludge, manure from dairy and swine

farms as well as residues from food processing. They all are characterized by moisture contents of more than 60–70 %, [5].

The use of waste materials is not only excellent suitability for biogas production it also creates some additional benefits. Thus, it contributes to reduce animal wastes and odors. Digestion effectively eliminates environmental hazards, such as over production of liquid manure. Therefore biogas production is an excellent way for livestock farmers to comply with increasing governmental regulations of animal wastes. In addition it destroys disease-causing pathogens existing in waste materials. Nevertheless, using animal feedstock can be critical as well. For instance anaerobic degradation of poultry excrements with high contents of organic nitrogen produce high concentrations of undesirable ammonium, [6]. However, it is often the combination of environmental, economical and legal reasons that motivates farmers to use digester technology for waste treatment. Apart from waste materials wet biomass also includes dedicated energy crops or any other vegetable materials with high moisture contents. Even grass can be used as feedstock. The suitability of energy crops for biogas production was received through improvements in the fermentation process. The main disadvantage of energy crops when compared to waste materials is their need for additional agricultural land as it is needed also for pure plant oil, biodiesel and bioethanol production, [7]. Nevertheless, energy crops for biogas production have several advantages which make them very promising for the future. One main advantage is the production of considerably high yields of energy crops, even when they are cultivated extensively. Chemical fertilizers and pesticides are not required or only in small amounts. Damaged and uneatable harvests resulting from unfavorable growing and weather conditions, as well as from pest contaminations are suitable for biogas production, too. In addition, cultivations do not have to become fully ripe, since the whole plant can be used for biogas production. Harvests do not have to be dried. The quality and yield of biogas heavily depends on the feedstock type. The average yield of biogas is 4 100 liters per hectare, [7]. This is equivalent to approximately 127 GJ/ha, being nearly three times as high as for biodiesel and one and half times higher than for ethanol. Much higher yields can be expected from energy crop optimization, [8].

3. BIOMETHANE PRODUCTION

The production of biomethane includes two steps. Firstly, biogas has to be produced from feedstock sources. Secondly, the biogas has to be further processed and cleaned in order to receive biomethane which is suitable for transport applications, [9, 10].

Biogas is produced by means of anaerobic digestion. Organic matter is broken down by microbiological activity and in the absence of air. Symbiotic groups of bacteria perform different functions at different stages of the digestion process in order to break down complex organic materials. There are four basic types of microorganisms involved. Hydrolytic bacteria break down complex organic wastes into sugars and amino acids. Fermentative bacteria then convert those products into organic acids. Acidogenic microorganisms convert the acids into hydrogen, carbon dioxide and acetate. Finally, the methanogenic bacteria produce biogas from acetic acid, hydrogen and carbon dioxide, [2, 5, 8].

Since these bacteria are sensitive to temperature, this has to be considered in the digestion process. In order to promote bacterial activity, temperatures of at least 20° C are required. Generally, higher temperatures shorten processing time and reduce the required volume of the digester tank by 25 % to 40 %. Regarding the temperature, bacteria of anaerobic digestion can be divided into psychrophile (25 °C), mesophile (32 – 38 °C) and thermophile (42 – 55 °C) bacteria. The choice of the process temperature depends on the feedstock and of the utilized digester type. Thus, digesters have to be heated in colder climates in order to encourage the bacteria to carry out their function, [2].

Digestion time ranges from a couple of weeks to a couple of months depending on feedstock and digester type as well as on the digestion temperature, [7, 9].

The common technology for biogas production is the digestion of feedstock in specially designed digesters. These must be strong enough to withstand the build up of pressure and must provide anaerobic conditions for the bacteria inside. In addition, anaerobic digester systems can reduce fecal coliform bacteria in manure by more than 99 %, virtually eliminating a major source of water pollution. Further, the ability of the digester to produce and capture methane from the manure reduces the amount of methane that otherwise would enter the atmosphere. Methane gas in the atmosphere is a contributor to global climate change, [11].

Today, there are many different technologies and digester types available. Generally, the size of biogas plants can vary from a small household system to large commercial plants of several thousand cubic meters. Digester size also influences logistics and vice versa. For instance, for larger scale digesters feedstock has to be collected from individual farms and transported to central digester facilities. However, independent from the type of digester, they are often built near the source of the feedstock, and several are often used together to provide a continuous gas supply, [7, 11].

Digesters have to fulfill requirements in order to guarantee a certain process temperature which should be as continuous as possible. Therefore the digester has to be insulated and equipped with heaters, especially in colder climates, [12,13].

The water content of substrate also influences the design and type of digester. One of the most common classifications regarding the water content of the substrate is the classification into wet digestion which is fed with dry mass contents lower than 15 % and into dry digestion which is fed with dry mass content between 20 and 40 %. Wet digestion usually is applied to manure and sewage sludge, whereas dry digestion is often applied to the fermentation of energy crops, [2,3].

Digesters can be classified after the number of process steps. Single-stage and two-stage digesters are the most common technologies today whereas the focus is on single-stage digesters. These are characterized by no special separation of different process steps (hydrolysis, acidification, methanisation). All process steps are conducted in one single digester. Process steps of two-stage and multi-stage technologies are conducted in two or more different digesters, [4].

However, digesters can be also classified after their filling procedure and after the filling interval. Digester types include following technologies:

- Batch type: the digester is filled at once, the feedstock digests and subsequently the whole system is emptied
- Continuously expanding type: firstly, the digester is filled up to 1/3, then it is continuously filled until it is full and finally the digester is emptied
- Continuously flow type: the digester is initially filled completely, then the feedstock is continuously added and digested material is continuously removed
- Plug flow type: the feedstock is added regularly at one end and overflows the other end
- Contact type: this is a continuous type, but a support medium is provided for the bacteria

The product of digestion is Biogas, a combination of methane and carbon dioxide, typically in the ratio of 6:4 (55-80 % methane). In addition, there are small quantities of hydrogen sulfide and other trace gases. Since only the methane is usable as transport fuel, methane has to be separated from CO₂ and the remaining components of biogas. The final product is biomethane, which has methane content between 95 and 100%. Therefore it is very similar to natural gas and suitable for all natural gas applications. Biomethane can be also produced by gasification, [13, 14].

4. TECHNOLOGY APPLICATIONS FOR BIOMETHANE

Gaseous energy sources are far more difficult to store and transport than liquid fuels and require more storage space due to their substantially lower energy density. For transport purposes biomethane must

be stored in specially installed pressure tanks at a pressure of 200 bars. However, these fundamental disadvantages are offset by positive combustion properties. In comparison with petrol and diesel, the emission of several toxic substances such as nitrogen oxides and reactive hydrocarbons can be reduced by up to 80 %, [4].

Generally, biomethane can reach the consumer by two routes. One means is to feed it into the existing natural gas network, to which the natural gas filling stations are connected. The difficulty of this are the technical barriers, as treatment to reach the quality of natural gas and supply into the natural gas network still present high requirements. Also, the gas in feed must be provided with a stable legal basis. Biogas plant operators therefore currently choose a second route: the construction of decentralized biomethane filling stations directly at biogas plants, [5, 14].

Untreated biogas is usually unsuitable for transport applications as its methane content is relatively low (60–70 %). Additionally, untreated biogas typically has high concentrations of contaminants. Therefore biogas is purified and the resulting fuel is biomethane.

Biomethane can be used in engines for all types of vehicles which are suitable for natural gas, since biomethane is very similar to natural gas. The real methane content of both fuels, biomethane and natural gas, is above 95%. Also engine performance, drivability, emissions, and maintenance are considered to be equivalent. Moreover, no differentiation in warranty coverage is required as long as the biomethane characteristics fulfill the vehicle manufacturer's requirements, [2, 3].

5. BIOMETHANE EMISSIONS

There exist two types of GHG emissions which are influenced by the production and utilization of biomethane: methane and carbon dioxide.

Methane itself is a greenhouse gas with a relatively high global warming potential. Methane is emitted from a variety of both human-related (anthropogenic) and natural sources. Human-related activities include fossil fuel production, animal husbandry (enteric fermentation in livestock and manure management), rice cultivation, biomass burning, and waste management. These activities release significant quantities of methane to the atmosphere. It is estimated that 60% of global methane emissions are related to human related activities. Natural sources of methane include wetlands, gas hydrates, permafrost, termites, oceans, freshwater bodies, non-wetland soils, and other sources such as wildfires, [13].

In regard of biomethane production for transport purposes, the natural fermentation of manure from livestock is of special interest as these methane emissions can be reduced by the controlled digestion process of manure in a digester. Manure which is stored in not covered agricultural storage tanks and manure which is deposited on fields and pastures emit methane. These emissions can be reduced by the use of a controlled digestion facility. Therefore biomethane is not only a renewable energy source, but it also contributes to the reduction of agricultural methane emissions. Nevertheless, it always has to be guaranteed, that the digester does not leak, [13].

As for all other biofuels, carbon dioxide emissions have to be considered when evaluating biomethane as transport fuel. Therefore emissions of all life cycle steps of biomethane have to be included. These CO₂ emissions largely depend on the feedstock. If biomethane is produced from waste materials such as manure, emissions during feedstock production can be kept minor. This advantage will be abolished if dedicated energy crops are used as feedstock source.

However, it can be concluded that the carbon dioxide reduction of biomethane can be 65-85 % when compared to fossil fuels. It largely depends on the choice of the feedstock source.

Biomethane is not toxic to human health. Nevertheless, biomethane is an asphyxiant and may displace oxygen in a workplace atmosphere. Asphyxia may result if the oxygen concentration is reduced to below 18 % by displacement. Since biomethane is mostly produced from wastes, such as manure, it does not have any negative impact on land use and biodiversity, [2, 5]. If dedicated energy crops are

taken for bioethanol production, the impact on land use and biodiversity depends on the feedstock type. But as nearly any feedstock can be used for biogas production, biodiversity aspects can be easily considered. Figure 2. shows the energy yield of different biofuels in Germany for one hectare in transport kilometres, [14].

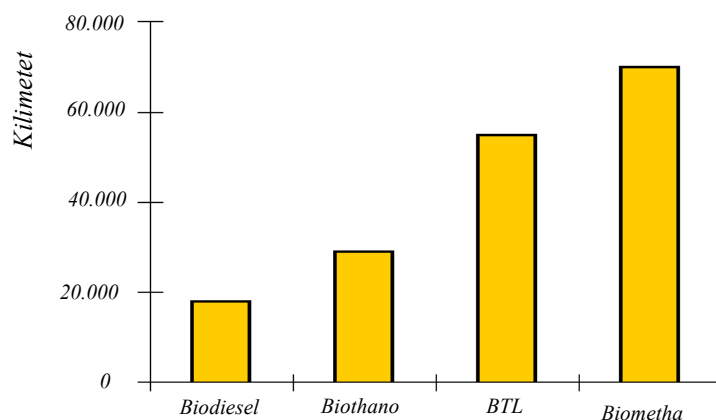


Figure 2: Energy yield of different biofuels in Germany for one hectare in transport kilometres

When compared to biodiesel, bioethanol and BtL, biomethane receives the most effective yields per hectare and thus is a very economical way in using agricultural land for energy purposes. Additionally, the use of biomethane has several positive and comfortable side effects to humans. Firstly, due to the impermeability of digesters, far less odors are emitted than if animal manure is collected in open storage facilities. Secondly, vehicles running on biomethane are generally not as noise intensive as other vehicles. This is due to good combustion properties of biogas.

6. CONCLUSION

The main problem of using biomethane for transport is the lack of infrastructure. Vehicles running on biogas are not compatible with common vehicles running on liquid fuels. Nevertheless a remarkable infrastructure for natural gas was created in several European countries. This existing infrastructure can be used for natural gas and for biomethane at the same time.

Biomethane is the most efficient and clean burning biofuel which is available today. It can be produced from nearly all types of biomass including wet biomass which is not usable for most other biofuels. The methane content of biomethane is 95-100%. Biomethane from biogas is chemically identical with natural gas.

Upgrading of biogas into biomethane is a relatively new technology but experience from Sweden and other countries shows that it is possible now to upgrade biogas with high reliability and at reasonable costs. The Swedish experience shows that biogas can be an economical sustainable fuel with a potential to drastically reduce emissions in urban transport.

7. REFERENCES

- [1] K. Arnold, S. Ramesohl, M. Fischerdick, F. Merten, *Synopsis of German and European experience and state of the art of biofuels for transport*, Study commissioned by the German GTZ, Wuppertal Institute, 2005, 91.
- [2] S. Prechtel, M. Faulstich, *Biogas production from substrates with high amounts of organic nitrogen*, ATZ Entwicklungszentrum, 2004, 24-26.
- [3] M. Persson, *Biogas a sustainable fuel for the transport sector*, 2006, 34-36.
- [4] F. Scholwin, T. Weidele, H. Gattermann, A. Schattauer, P. Weiland, Anlagentechnik zur Biogasbereitstellung, in Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (Ed.), *Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung (3rd edition)*, Gülzow, 2006, 36-85.
- [5] N. Paul, D. Kemnitz, Biofuels – Plants, Raw Materials, Products, in Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Ed.), *WPR Communication*, Berlin, 2006, 43.
- [6] M. Živković, M. Adžić, V. Fotev, M. Milivojević, V. Adžić, D. Ivezić, B. Ćosić, Influence of carbon dioxide content in the biogas to nitrogen oxides emissions, *Hemijska industrija*, 64(5), 2010, 439-447.
- [7] S. Rasi, A. Veijanen, J. Rintala, Trace compounds of biogas from different biogas production plants, *Energy* 32(8), 2007, 1375-1380.
- [8] M. Oslaj, B. Mursec, Biogas production from maize hybrids, *Biomass and Bioenergy* 34(11), 2010, 1538-1545.
- [9] M. Đulbić, *Biogas - dobijanje, korišćenje i gradnja uređaja*, Beograd, Tehnička knjiga, 1986.
- [10] M. Effenberger, F. Kaiser, R. Kissel, A. Gronauer, So klappt's auch mit der Biologie, *Biogas Journal* 4(7), 2007, 16-17.
- [11] A. F. Colorado, B. A. Herrera, A. A. Amell, Performance of Flameless combustion furnace using biogas and natural gas, *Bioresource Technology* 101(7), 2010, 2443-2449.
- [12] M. Effenberger, H. Bachmaier, E. Kränsel, A. Lehner, A. Gronauer, Wissenschaftliche Begleitung der Pilotbetriebe zur Biogasproduktion in Bayern, *Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)*, Freising, 2009.
- [13] V. Vasić, G. D. Zupančić, F. Kokalj, Biogas kao perspektivna alternativa u sistemima za snabdevanje prirodnim gasom, *KGH*, 3(41), 2012, 75.
- [14] O. Jönsson, M. Persson, *Biogas as transportation fuel*, FVS Fachtagung, 2003, 8-11. http://www.fvsonnenenergie.de/fileadmin/fvsonne/publikationen/ws2003/02_d_biogas_01.pdf

DINAMIKA SLOŽENOSTI OBNOVLJIVIH I NEOBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

DYNAMIC COMPLEXITY OF RENEWABLE AND NONRENEWABLE ENERGY RESOURCES

Jovana Jovanovic¹

¹PhD student, Belgrade,
jovanaj90@yahoo.com

SAŽETAK:

Problemi energetske resursa su povezani sa ekonomskim, ekološkim i socijalnim sistemima. Na osnovu tekućih trendova čovječanstvu će trebati kroz 35 godina dva puta više energije nego danas. U članku se obrađuje zamjena neobnovljivih (prljavih) izvora energije sa obnovljivim (čistim) izvorima. Ova zamjena vodi vrlo kompleksnim i pozitivnim posljedicama i perspektivama – eliminaciji glavnih zagađivača (ugalj, nafta, gas), efekta staklene bašte sa pregrijavanjem planete kao i katastrofičnih klimatskih promjena. Takođe, zamjena vodi boljem zdravlju, manjim troškovima liječenja, dužem životnom vijeku, većoj i produktivnijoj radnoj snazi (manje odsustva sa posla), itd.

Ključne riječi: neobnovljivi, obnovljivi, izvori energije, sunčeva, vjetra, alternativni izvori

ABSTRACT:

Resource problems of energy are linked to the economic, environmental and social systems. On current trends, humanity will need twice as much energy as it uses today within 35 years. In this paper substitution of nonrenewable (dirty) with renewable (clean) energy sources, is analyzed. This substitution will lead to very complex and positive consequences and perspectives - the main pollutants (coal, oil, gas) will be eliminated, the problem of greenhouse effect with warming of the Earth and changing of climate too. As a consequence – this replacement will lead to better health (lower cost of treatment and medications), higher live expectancy, bigger and more productive labor force (less absence from work), bigger productivity, etc.

Keywords: nonrenewable, renewable, sources energy, solar, wind, alternative sources

1. INTRODUCTION

Problem of substituting nonrenewable with renewable resources of energy, is one of the most attractive topics today. Many papers of scientist, engineers, and economists are devoted to this matter. Some of them are devoted to the newest developments, novelties, concerning technical aspects, devices and equipments applied in renewable energy sources. Others deal with the benefits to be obtained with this substitution, links between economic factors (investment), energy and health.. Common conclusion of all consideration is the necessity of this substituting.

This substituting is very complex and dynamic (changing over time) and depends on many factors – on the interests of big companies, political interests, on the price of renewable energy, etc. This price depends on advances in technologies used in renewable sources – and this factor also influences

dynamics of substitution. Among many useful data from literature, also Causal loop diagram is made, stressing the link between economic factors (investment), energy, and health. It is obviously that the main preventing factor of the massive substitution is high price of alternative sources, especially photovoltaic cells (less profit). Contribution and task of this work is to raise awareness about a necessity of introducing renewable sources.

“Produce the wrong sort of energy, say the climate scientists, and we will have more droughts, floods, rising seas and worldwide economic disaster with runaway global warming” [1, 2]. But, for example, big oil companies are not interested for this substituting and they inhibit it – with this replacement they lose their job and profit.

2. ENERGY SOURCES

2.1. Nonrenewable sources

Nonrenewable sources of energy are based on fossil fuel (coal, oil, gas) or nuclear power plants. Those based on fossil fuel directly produce greenhouse gases and other emissions. Nuclear power plants introduce global new risks such as nuclear waste and nuclear radiation. In some countries like Germany nuclear power plants are forbidden. Fossil and nuclear fuels are nonrenewable, that is, they draw on finite resources that will be exhausted.

Studies show that rise of Earth temperature of the 2°C is maximally allowed. Higher rise is too high and leading to a long-term disaster threatening biopopulation on Earth, and if all these proven reserves are exploited as planned, **climate catastrophe is inevitable** [3]. The only solution to prevent climate change is to transfer from nonrenewable to renewable sources, or to other sources which do not pollute with CO₂.

2.2. Renewable energy sources

Renewable energy sources are fundamentally different from fossil fuel or nuclear power plants. They do not directly produce greenhouse gases and other emissions. Most do not introduce any global new risks. Very promising renewable energy resources - such as wind and solar energy - are constantly replenished and will never run out. Renewable energy is energy that comes from resources which are continually replenished such as **sunlight, wind, hydropower, tides, waves, modern biomass, hydrogen, geothermal heat**. Common name for energy sources from sunlight, wind, tides, waves, modern biomass, hydrogen, geothermal heat, small hydropower plants (except big hydropower plants) is **New renewable** (or second name **Alternative sources of energy**). New renewable, i.e. alternative sources of energy. (small hydro, modern biomass, wind, solar, geothermal, and biofuels) accounted for 3% and are growing very rapidly [4].

- About **83.3%** of global *final energy consumption* comes from nonrenewable resources, and **16.7%** from renewable (**11.44%** of all energy from traditional biomass, mainly used for heating, and **3.34%** from hydroelectricity, and **1.92%** from New renewables (or Alternative sources of energy)–data for 2010.y. [6].

- In **electricity generation** nonrenewable sources contributes with **81%**, but renewable sources with **19%** (**16%** of electricity coming from hydroelectricity and **3%** from New renewables (Alternative sources) [4].

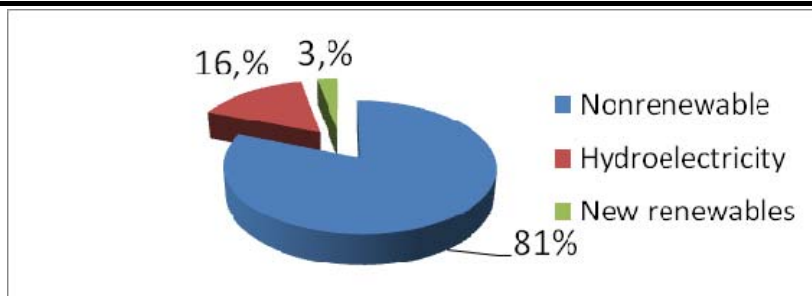


Figure 1: Electricity generation

2.2.1 New renewable (Alternative) sources of energy – as the most promising sources of energy.

New renewable sources of energy (i.e. renewable sources without big hydroelectricity plants which degrade environment), are the most prospective clean energy sources (green technology) with respect to environment. There is no problem of depletion, but their cost is not yet competitive with cost of nonrenewable sources.

Among them the most prospective are Solar energy and Wind generators sources.

a) Solar energy (solar panels)



Figure 2: Solar panels

Most renewable energy comes either directly or indirectly from the sun. Sunlight, or solar energy, can be used directly for heating and lighting homes and other buildings, for generating electricity, and for hot water heating, solar cooling, and a variety of commercial and industrial uses. Solar powered electricity generation uses either photovoltaic cells or heat engines (concentrated solar power). Solar power is pollution free during use. End-of-use recycling technologies are under development. Facilities can operate with little maintenance or intervention after initial setup. Solar electric generation is economically competitive where grid connection or fuel transport is difficult, costly or

impossible. Examples include satellites, island communities, remote locations and ocean vessels. Once the initial capital cost of building a solar power plant has been spent, operating costs are low when compared to existing power technologies. [5].

b) Wind energy (wind generators)



Figure 3: Wind generators

Wind power is the conversion of wind energy into more useful forms, usually electricity using wind turbines. Globally, the long-term technical potential of wind energy is believed to be **five times total current global energy production**, or **40 times current electricity demand**. This could require wind turbines to be installed over large areas, particularly in areas of higher wind resources. Wind power market penetration is expected to reach 8 percent by 2018. These data are presented in the next figure, with the trend line (growth line) which is parabolic.

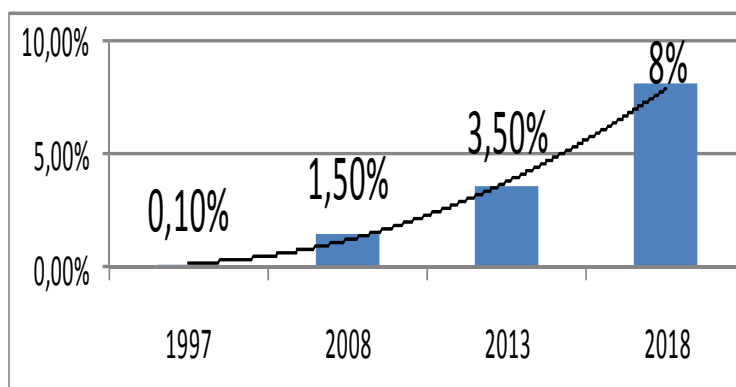


Figure 4: Wind power generated electricity in % of worldwide usage electricity

Denmark is generating more than a 25% of its electricity from wind, 9% in Spain, and 6% in Germany. 83 countries around the world are using wind power on a commercial basis [6].

Advantages: Compared to the environmental impact of traditional energy sources, the environmental impact of wind power is relatively minor in terms of pollution. Wind power consumes no fuel, and emits no air pollution, unlike fossil fuel power sources. Wind power has low ongoing costs, but a moderate capital cost. The cost of wind energy has declined **from 40 cents per kilowatt-hour (in 1990) to 5 cents**, what is competitive with nonrenewable costs and lower than sun energy cost.

3. COMPARING THE COST OF NONRENEWABLE AND RENEWABLE ENERGY

The price of 1 KWh of electricity from nonrenewable sources is approximately **0.05 Euro/KWh**. The cost of electricity from the sun, through photovoltaics has **dropped from more than \$1/kilowatt-hour in 1980 to nearly 25 cents/kilowatt-hour today**. Japan, Germany, China and the United States are major markets for solar cells. With tax incentives, solar electricity can often pay for itself in five to ten years. In Germany tax incentives from Government are remarkable: electricity price for nonrenewable energy is less than **0.05 Euro/KWh**, but electricity prices for renewable solar energy are **0.25 Euro/KWh**. German Government pays (subsidies) for solar energy this amount of **0.25 Euro/KWh** trying to stimulate producing solar energy. For example in Germany with electricity prices of 0.25 Euro/KWh (for solar energy) and insolation of 900 KWh/KW one KWh will save $0.25 \times 900 = 225$ Euros per year, and with an installation cost of 1700 Euro/KWh the system cost will be returned in less than 7 years. Once the initial capital cost of building a solar power plant has been spent, operating costs are low when compared to existing power technologies. Cost of wind energy has declined **from 40 cents per kilowatt-hour (in 1990) to 5-8 cents**, what is competitive with nonrenewable costs and lower than sun energy cost.

4. COMPLEXITY OF THE PROBLEM OF ENERGY RESOURCES

Consumption of fossil fuels continues to grow at 1.1% per year. At present consumption rates, reserves of **oil** are estimated by many informed observers to last **about 40 years, gas 67 years and coal 164 years**. Oil provides 40% of the world's primary energy. This factor with the problem of pollution proves necessity of applying renewable sources of energy.

Fig.5 shows a complexity of introducing New renewable energy resources and influence on health (a Causal Loop Diagram). It is obviously if is higher investment, capital in introducing New renewable technologies (for example: Wind generators, Solar panels), than pollution is reduced (absence of CO₂, greenhouse gases and other emissions). Consequently, climate change, floods, rising seas and worldwide economic disaster with runaway global warming with this type of energy is diminished. It causes better health, increasing live expectancy, bigger population and labor force, further causing bigger production, etc.

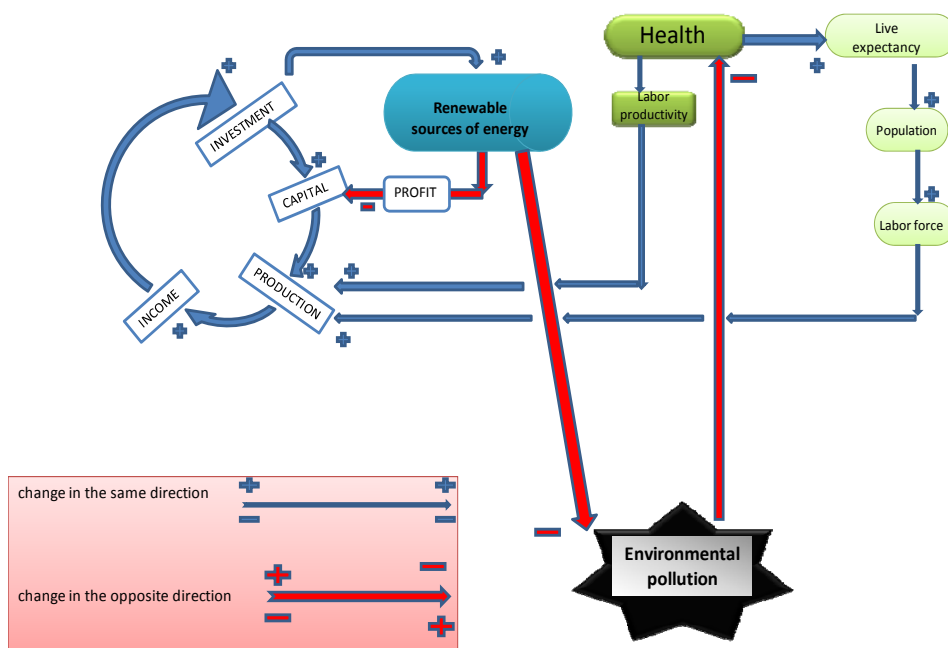


Figure 5: Influence of introducing New renewable energy resources

5. CONCLUSION

Replacement nonrenewable with renewable sources is one of the most actual problems today, occupying political leaders, scientist, engineers... Future of nonrenewable sources is very bad: they make pollution of Earth, due to CO₂ make warming of Earth – in that case climate catastrophe is inevitable, also they are limited resources.

Only one factor, for the time being, is in favor of using nonrenewable sources of energy – the price, i.e. bigger profit, but with high serious consequences concerning pollution of environment. Bigger introducing of New renewable sources causes less Profit, i.e. less Income, because of the high initial capital cost of building New renewable sources (especially for introducing Solar power plant). It is only negative aspect. To overcome this negative aspect the government needs to accelerate, to stimulate the replacing nonrenewable with less polluting renewable energy source. And, thankfully to the fact that the prices of solar panels and other components for New renewable sources drop down from day to day this problem will be solved in next decades. But, hopefully it will not be too late for Earth and human kind.

6. REFERENCES

- [1] Arthur Dahl, Preventing Overshoot and Collapse: Managing the Earth's Resources, 2008. UNEP/University of Geneva/Graduate Institute. <http://iefworld.org/ddahl08d.htm>
- [2] Vidal, John. 2007. *The Guardian Weekly*, 9-15 February 2007, Energy supplement, p. 3.
- [3] Arthur Dahl, Our fossil fuel addiction and climate change, <http://iefworld.org/node/613>
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_development
- [5] NREL Renewable Resource Data Center, *Solar Spectra: Standard Air Mass Zero*.
- [6] Reg Platt, *Wind power delivers too much to ignore*, *New Scientist*, January 2013

OIE/EE U ZAŠTITI OKOLIŠA RES/EE IN ENVIRONMENTAL PROTECTION

Tomislav Grizelj¹, Mirnesa Šupuk², Jasmina Hrnjica-Bajramović³

¹ITG Wärmetechnik GmbH, Wien, Austria,

²GRIZELJ Sarajevo, Nikole Šopa 48,

³GRIZELJ Sarajevo, Nikole Šopa 48,

itgwien@itgwien.com

grizelj@grizelj.com

jasmina@grizelj.com

SAŽETAK:

Obnovljivi izvori energije (OIE), energetska efikasnost (EE) kao i zaštita okoliša su teme o kojima se mnogo raspravlja danas u svijetu. Evropska unija kroz plan 20-20-20 do 2020. godine postavila je svojim članicama ciljeve da se za 20% poveća upotreba obnovljivih izvora energije do 2020. godine. Jedan od ciljeva je da se i staklenički plinovi smanje za 20%, a upravo obnovljivi izvori energije imaju vrlo važnu ulogu u smanjenju emisije ugljendioksida u atmosferu i zaštite okoliša. Njihovom upotrebom povećava se i energetska održivost. U obnovljive izvore spadaju: energija Sunca, energija vjetra, hidro-energija, energija iz otpada, geotermalna energija. Posebno bitan obnovljivi izvor energije je otpad koji se uz primjenu energetske načela za efikasno korištenje može ekonomski opravdati kroz humani pristup koji osigurava tretman bez odlaganja/deponiranja. Tretman otpada kroz energetske valorizacije osigurava benefite kojima se može riješiti problem rastuće energetske potrebe čovječanstva, ali i problem velikih količina otpada koji se odlaze/deponira. Korektni tretman otpada treba biti ekološki prihvatljiv, energetski efikasan, zdravstveno podoban, sanitarno – higijenski ispravan, ekonomski profitabilan i razvojno održiv.

Ključne riječi: Obnovljivi izvori energije, energetska efikasnost, okoliš, otpad.

ABSTRACT:

Renewable energy sources (RES), energy efficiency (EE) and the protection of the environment are topics of much discussion in the world today. The European union through the plan 20-20-20 by 2020 set the objectives of its members to the 20% increase the use of renewable energy sources by 2020. One of the goals is to reduce the greenhouse gases by 20%, and it is renewable energy sources play a very important role in reducing carbon dioxide emissions into the atmosphere and the environment. Their use is increasing and energy sustainability. The renewables include: solar energy, wind energy, hydropower, energy from waste, geothermal energy. Especially important renewable energy source is energy from waste, which by applying energy principles for efficient use can be economically justified in a humane approach that provides treatment free waste disposal. Treatment of waste through energy valorization provides benefits that will solve the problem of the growing energy needs of mankind, but also a problem for large amounts of biomass. The correct treatment of waste should be environmentally friendly, energy efficient, healthily - suitable, sanitary - hygienic correct, economically profitable and sustainable development.

Key words: renewable energy, energy efficiency, environment, waste.

1. UVOD

Korištenje obnovljivih izvora energije (OIE) kao i promovisanje energetske efikasnosti (EE) danas postalo je trend, i to svjetski trend pomoću kojeg se usmjerava tehnološki razvoj, povećava zaposlenost, postiže korištenje energije bez rasipanja, povećava izvoz, ali i zaštita okoliša kroz manje korištenje fosilnih goriva, te ostvaruje preventivno djelovanje u smislu kontaminacije vode, zraka, tla i hrane različitim polutantima.

Najveći podstrek u korištenju obnovljivih izvora energije i energetske efikasnosti može se slobodno reći da je bila borba protiv klimatskih promjena. Međutim ta borba protiv klimatskih promjena odvija se vrlo otežano jer iako su stvorene različite energetske politike usvajaju se najčešće samo one koje podstiču zapošljavanje i smanjenje uvoza energije.

Projekti OIE i EE generišu više radnih mjesta po MW, kao i po uloženom dolaru, nego projekti vezani za fosilna goriva [1,3]. U tabeli 1. dato je poređenje efekata na zapošljavanje različitih tehnologija za proizvodnju energije, uz to da se ovdje EE smatra izvorom energije.

Tabela 1. Efekat na zapošljavanje tehnologija za proizvodnju energije [1,2]

Tehnologija / izvor energije	Faktor opterećenja	Životni vijek opreme (godine)	Prosječna zaposlenost za vrijeme životnog vijeka postrojenja (opreme) (radno mjesto –godina po GWh)
Biomasa	85	40	0.21
Geotermalna	90	40	0.25
Deponijski gas	85	40	0.72
Male hidroelektrane	55	40	0.27
Fotonaponske ćelije	20	25	0.87
Toplota iz solarne energije	40	25	0.23
Vjetar	35	25	0.17
Hvatanje i skladištenje ugljika	80	40	0.18
Nuklearna energija	90	40	0.14
Ugalj	80	40	0.11
Prirodni gas	80	40	0.11
Energijska efikasnost	100	20	0.38

Iz tabele 1. vidljivo je koliko tehnologije OIE i EE imaju veći efekat na zapošljavanje. Gledajući iz ugla razvoja jedne države, bitno je imati u vidu koja radna mjesta se generišu lokalno, a koja u inostranstvu (drugim državama). Npr., iako foto-naponske ćelije generišu najviše radnih mjesta, taj efekat je koncentrisan u samo nekoliko država u svijetu, koje su vodeće u proizvodnji materijala i samih foto-naponskih ćelija. S druge strane, bio-masa i energetska efikasnost u najvećem dijelu ostvaruju lokalno zapošljavanje [1].

Korištenje OIE pomoću naprednih tehnologija kojima se postiže znatna EE, rješenja su koja trebaju doprinjeti lokalnoj, ali i globalnoj zajednici, međutim ne samo u smislu korištenja OIE i zapošljavanja, nego i u smislu stvaranja ugodnog životnog ambijenta kroz ekonomsku opravdanost, koja podrazumijeva benefite s finansijskog, energijskog, ali i nadasve ekološkog aspekta. Jednostavno energetska i ekološka "kriza" nameću različitim projektantima odgovornost u planiranju i korištenju OIE/EE, što je i regulisano zakonodavnim, ali i stručnim dokumentima. S tim u vezi je i Europska komisija pripremila Direktivu 20-20-20 do 2020. godine (2009/28/EC), koja podrazumijeva:

- 20 % korištenja obnovljivih izvora energije,
- 20 % energetske efikasnosti,
- 20 % smanjenja stakleničkih plinova,
- do 2020. godine.

2. URBANI RAZVOJ I TREND ZAGAĐENJA

Čitav svijet prolazi kroz period masovne urbanizacije što doprinosi različitim negativnim i štetnim posljedicama čiji odjek je značajan po okoliš, te se na različite načine počelo značajno ulagati u zaštitu okoliša, kako bi se smanjila štetnost. S tim u vezi forsira se korištenje obnovljivih izvora energije, kao i energetska efikasnost.

Kao rezultat povećane gustoće naseljenosti, enormnog porasta u per capita potrošnje energije i materijalnih dobara koji omogućava (i zahtijeva) savremena tehnologija, kao i univerzalno povećanje ovisnosti o trgovini, dolazi do situacije da se ekološke lokacije ljudskih naselja ne poklapaju više sa njihovim geografskim lokacijama. Urbana naselja i industrijski regioni u pogledu svog opstanka u sve većoj mjeri zavise o globalno raspoloživom ekološki produktivnom prostoru i zemljištu. U tom smislu definiran je «ekološki otisak» (ecological footprint), koji predstavlja korespondirajuću površinu produktivnog zemljišta i vodnih eko-sistema koji su neophodni da bi se proizveli korišteni resursi i asimilirao proizvedeni otpad, i to od strane definirane populacije na specificiranom nivou materijalnog životnog standarda, bez obzira gdje je na planeti to zemljište locirano [4].

Prema navedenom, neophodno je prilikom planske gradnje, uređenja ili urbanog razvoja sagledati, ali i uvažiti specifičnosti postojećih resursa, te kroz tzv. upravljanje urbanim okolišem (urban environmental management) predvidjeti korištenje OIE/EE kroz projekte korištenja, ali i zaštite okoliša.

Nagli rast stanovništva posljednjih godina i sve veće potrebe za materijalnim dobrom, kao i za energijom, imaju štetne ekološko – gospodarske posljedice za okoliš, koje ne podrazumijevaju samo onečišćenja i kontaminacije, nego i iscrpljenje prirodnih resursa nužnih za život, kao i oduzimanje kvalitete određenih područja u kojima se više ne može nastaviti ni ekološki ni ekonomski razvoj/život. Jedan od primjera je prekomjerno nastajanje otpada koji ostaje nezbrinut i najčešće skladišten ili odložen na tzv. deponije/odlagališta. Tu ostaje kao beskorisna sirovina, koja doprinosi kontaminaciji zraka, vode, tla i hrane, te zauzima prostor koji postaje beskoristan.

Stoga, sve više se pokušavaju razviti tehničko – tehnološka rješenja koja trebaju osigurati korištenje OIE uz zadovoljenje ekoloških, energijskih, ali i finansijskih aspekata. Urbane napredne tehnologije danas koriste obnovljive izvore energije kao što su Sunce, vjetar, voda, ali i otpadna materija.

Svakako, urbani trend danas neophodno je da obuhvati i tehnološku održivost, koja doprinosi ekonomskom, ali i ekološkom održivom razvoju. Cilj održivog razvoja je trojak:

1. privredna/gospodarska učinkovitost (economic development)
2. socijalni napredak (social progress)
3. odgovornost prema okolišu (environmental responsibility).

3. ENERGIJA – KLJUČ ODRŽIVOG RAZVOJA

Proizvodnja, ali i potrošnja energije danas zauzima vrlo bitnu stavku u planiranju i realizaciji različitih projekata, naročito sada, kad se primjećuje nastupanje «troglave krize» - privredna/gospodarska – klimatska – energetska kriza. Sve tri navedene krize imaju znatan uticaj na narušavanje ili čuvanje okoliša. Stoga, neophodna su različita mrežna i stručna djelovanja kako bi se zaustavio ili smanjio današnji savremeni krizni trend.

Potrebe za energijom najviše bivaju pokrivena iz obnovljivih izvora energije, većinom fosilnih goriva (ugalj, nafta i prirodni plin), čije sagorijevanje doprinosi ispuštanju različitih polutanata u atmosferu.

U posljednjih pedeset godina potrošnja fosilnih goriva porasla je pet puta, posljedica kojeg je višestruko onečišćenje biosfere. IEA procjenjuje da će potrebe za energijom narednih trideset godina porasti za 40 %, ukoliko ne dođe do bitnih promjena u trendovima ponašanja ljudi ili politikama vlada, tako da je pronalaženje rješenja kojima bi se dobile dovoljne količine energije, a okoliš ostao netaknut ili nezagađen, postalo pravi izazov savremenog doba.

Koncept 4E – Energija, Ekologija, Ekonomija i Efikasnost - predstavlja rješenje globalnog cilja energetike, koji predviđa pristupačnost, raspoloživost i prihvatljivost u korištenju energije, što se može osigurati i iz obnovljivih izvora energije.

4. OIE – OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Stanje rezervi obnovljivih izvora energije jedan je od osnovnih parametara za korištenje i traženje novih izvora energije, među kojima su i obnovljivi izvori energije - OIE (renewable energy sources – RES). Zanimljivo je da se kod OIE ne govori o rezervama nego o potencijalima, za koje je neophodno razviti efikasna napredna tehničko – tehnološka rješenja.

Razlikuju se prirodni (teoretski) potencijal, odnosno ukupni raspoloživi potencijal obnovljivih izvora energije, tehnički potencijal, koji je dio prirodnog potencijala i može se koristiti raspoloživim tehnologijama uz zadana ograničenja prostora i okoliša, te ekonomski potencijal, odnosno dio tehničkog potencijala koji se u vrijeme procjenjivanja najviše isplati za društvo u cjelini.

OIE je ustvari energija dobivena iz prirodnih resursa i procesa koji se stalno obnavljaju. Njihova prednost je što se ne troše nego se stalno obnavljaju – regeneriraju u određenim vremenskim razdobljima, a također imaju vrlo značajnu ulogu u smanjenju emisija CO₂ u atmosferu.

Prepreka u širem korištenju OIE bila je relativno niska cijena i jednostavnost upotrebe fosilnih goriva, međutim vrtoglavi rast nafte, prekomjerno zagađenje okoliša korištenje OIE učinilo je vrlo isplativim. Došlo je do jakog razvoja tehnologija namijenjenih tržištu za korištenje obnovljivih izvora energije, te je OIE učinio konkurentnim.

5. TEORIJE I VRSTE ZAŠTITE OKOLIŠA

Promatrajući stavove čovjeka prema okolišu, odnosno onome što je oko njega, prema njegovom životnom ambijentu, postoje različite teorije o njegovoj zaštiti. Moglo bi se reći da postoje neke teorije koje su najzastupljenije, a to su:

- antropocentrična teorija, koja podrazumijeva da je čovjek centar svijeta i sve oko njega mu je na raspolaganju. Čovjek štiti okoliš u skladu sa svojim interesima, kroz etičke vrijednosti ugrađene u ustave demokratskih država, koje na prvo mjesto stavljaju čovjeka,

- ekocentrična teorija podrazumijeva «pravo same prirode», prema kojoj priroda ima svoje stanje neovisno o funkcijama i potrebama čovjeka. Prema njoj sve je jedna cjelina, i sve što postoji djeluje u interesu jedne cjeline.
- resursno - ekonomska teorija uvažava posebno obnovljive izvore energije i zaštitu okoliša razmatra kroz privredu/gospodarstvo, ali uvažavajući generacije koje dolaze.

Ovisno o tome šta je u središtu zaštite, savremena zaštita okoliša teoretski se može posmatrati sa nekoliko stajališta:

- Medijalna zaštita okoliša usmjerena na medije okoliša kao što su zrak, voda, tlo, šume, klima i dr., za koje najčešće postoje posebni ili implicitni zakoni o zaštiti
- Kauzalna zaštita okoliša usmjerena je na sprječavanje štetnog utjecaja i opasnosti prilikom upotrebe i korištenja određenih hemijskih preparata i sredstava zaštite, kojima se inače tretira flora i tlo radi boljeg uspijevanja i roda.
- Vitalna zaštita okoliša usmjerena je na neposrednu zaštitu živih bića, kako životinjskog tako i biljnog svijeta, što uključuje i njihove rijetke vrste.
- Integrirana zaštita okoliša nije orijentirana na pojedine parcijalne dijelove, već na čitavo područje zaštite, u okviru kojeg mogu biti konkurentni i komplementarni zakonski propisi zaštite.

Vrlo bitan element zaštite okoliša svakako su različiti programi, projekti i strategije koje podrazumijevaju implementaciju zaštite instaliranjem novih naprednih tehnologija, proizašlih iz najboljih raspoloživih praksi s ciljem održivog očuvanja ekosistema, trajnog očuvanja biološke raznolikosti, zaštite i racionalnog korištenja prirodnih izvora i održavanja njihove ekološke stabilnosti.

Instrumenti zaštite okoliša, prema Klarer, McNicholas, Knaus, 2000, su:

1. Naredbodavno – nadzorni (regulacijski) instrumenti, koji izravno reguliraju zabrane i dozvole u proizvodnji i potrošnji dobara i usluga, te lokacija ljudskih aktivnosti u totalitetu;
2. Ekonomski (tržišni) instrumenti izravne i neizravne regulacije (porezi, kazne, naknade, subvencije i drugi oblici ekonomskih poticaja i opterećenja) upravljanja okolišem;
3. Dobrovoljni instrumenti (samoregulacijski instrumenti), proizašli iz spoznaje i htijenja proizvođača, potrošača i države u promovisanju ekološke ravnoteže, kao što su: integralno planiranje s naglaskom na održivi razvoj, ekološka odgovornost proizvođača za vrijeme životnog ciklusa proizvoda, sporazumi i mjere kontrole, te ocjenjivanje stanja okoliša (razine onečišćenja), kao i sistemi informisanja javnosti o stanju i problemima okoliša.

Uspješna zaštita okoliša ogleda se u kombinaciji navedenih instrumenata, jer se međusobno uslovljavaju i podupiru.

6. TEHNOLOGIJA ZA KORIŠTENJE OIE UZ POTENCIRANJE EE KROZ ZAŠTITU OKOLIŠA

Povećanje udjela OIE značajno doprinosi povećanju energetske efikasnosti, ali i sigurnosti u dostavi energije kroz smanjenje ovisnosti o uvozu energetskih sirovina, te vrlo važnu ulogu ima u smanjenju emisija u atmosferu, pogotovo CO₂.

Energija Sunca:

je obnovljiv i neograničen izvor energije, koji predstavlja energiju prenesenu Sunčevim zračenjem. Može se koristiti kao toplinska energija ili se Sunčevo zračenje može izravno pretvoriti u električnu

energiju pomoću foto-naponskog efekta. Solarni kolektori (solar collector, solar thermal heat) pretvaraju Sunčevu energiju u toplinsku energiju vode (ili neke druge tekućine). Foto-naponske ćelije

(photo – voltaic – PV) izravno pretvaraju Sunčevu energiju u električnu energiju. Okolišno vrlo prihvatljiv i privredno/gospodarski zanimljiv izvor energije.

Energija vjetra:

Snaga vjetra jedan je od najpoznatijih i najstarijih energetske izvora koje je koristio čovjek. Globalno gledajući, smatra se da je dugoročni tehnički potencijal energije vjetra pet puta veći od konačne svjetske proizvodnje energije, tj. da je 40 puta veći od trenutne potražnje energije.

Vjetar kao energetski resurs nosi promjenjivost i nemogućnost uskladištenja i kontinuiranog korištenja.

Energija vode:

također jedan od najstarijih energetske izvora koje je čovjek koristio, a i danas je jedan od najčešće korištenih OIE, te zasigurno je konkurentan fosilnim gorivima i nuklearnoj energiji. Energija vode, odnosno hidro-energija, podrazumijeva korištenje energije vodotokova, energije oceana, energije plime i oseke, te konverzije termalne energije oceana.

Geotermalna energija:

toplinska energija Zemlje ili geotermalna energija generira se iz Zemljine jezgre, gdje je temperatura viša od 6000 °C , a glavni medij koji prenosi toplinu iz unutrašnjosti na površinu je voda ili para. U prirodi se ta energija najčešće pojavljuje u vidu vulkana. Prednost ovog izvora energije je to da je jeftin, stabilan i trajan izvor, nema potrebe za gorivom. Ali, izgradnja postrojenja za korištenje ovog vida energije je vrlo skupa.

Energija bio-mase:

je energija dobivena iz bio-razgradivih dijelova proizvoda, otpada i ostataka poljoprivredne proizvodnje (biljnog i životinjskog porijekla), šumarske i srodnih industrija. Dolazi u krutom, tekućem, ali i plinovitom stanju. Preradom se dobivaju bio-goriva, bio-plin. Također, tu je i vodik koji se na Zemlji nalazi u kombinaciji sa elementima kao što su kisik, ugljik i dušik, a da bi se mogao upotrijebiti kao OIE mora se odvojiti od tih elemenata.

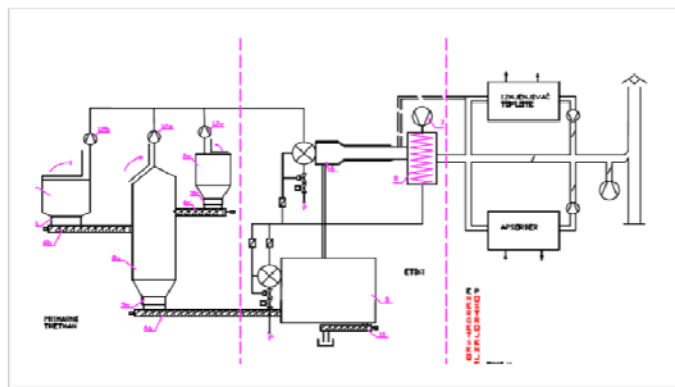
Nezanemariv je i otpad kao alternativni izvor energije, koji se termički tretira pri vrlo visokim temperaturama, kako bi se dobila energija procesima kogeneracije, trigeneracije i poligeneracije.

6.1. Primjer tehnologije OIE/EE:

Jedan od kvalitetnijih obnovljivih izvora energije je otpad. Njegove prednosti su što je konstantan kad se promatra i kroz godišnja doba i kroz vrijeme koje se odnosi na dan i noć, zatim što se može skladištiti, a zbog svoje raznovrsnosti i kaloričnosti vrlo je iskoristiva materija u smislu EE.

Termičkom obradom ove materije pri vrlo visokim temperaturama dobiva se toplinska energija, koja se može koristiti za zagrijavanje ili za proizvodnju električne energije.

Velika prednost ove metode je što se u naprednim tehnologijama može termički tretirati sav hazardni otpad medicinskog, farmaceutskog ili životinjskog porijekla, kako bi se okoliš zaštitio od nepropisnog tretmana ove materije, što je danas najčešći slučaj. Danas postoje savremene, modularne, napredne tehnologije koje rade na principu incineracije i ko-incineracije, te tretmanom otpada okoliš biva zaštićen, a otpad energetski valoriziran. Primjer za navedeno je tehničko-tehnološko rješenje firme GRIZELJ d.o.o. Sarajevo, prikazano na slici 1.



Slika 1. ETIKI – Eko Turbo Incineracija Ko – Incineracija, rješenje firme GRIZELJ d.o.o. Sarajevo [5]

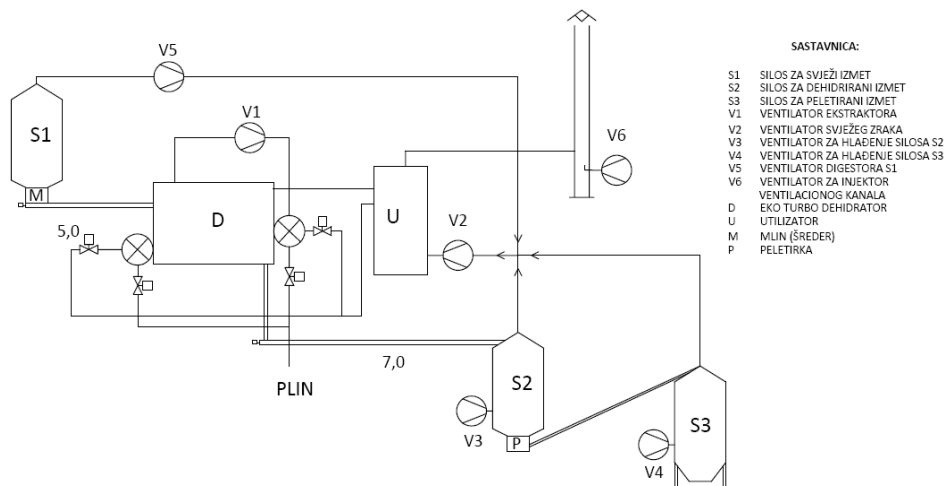
Osnovna oprema koja čini ETIKI postrojenje su: silos, mlin – šreder, pužni transporter, komora za turbo-incineraciju, komora za turbo-ko-incineraciju, plazma plamenici, utilizator, izmjenjivači toplote, ventilatori i ventilacioni odvod, te master – kontroler – monitor.

S obzirom da se radi o modularnom postrojenju, mogu se instalirati tri silosa za tri različite vrste otpada (npr. komunalni, medicinski i životinjski), koje će biti tretirane u istom postrojenju, ali u različitim režimima rada prema vrsti otpada. Mlin je obavezan sastavni dio postrojenja, jer materija koja će se termički tretirati neophodno je da bude usitnjena na određenu granulaciju radi efikasnosti tretmana. Turbo-komora za incineraciju i komora za turbo-ko-incineraciju sa plazma plamenicima «zlatni» su dijelovi postrojenja, u kojima se postiže radna temperatura $> 860\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $1450\text{ }^{\circ}\text{C}$ u ko-incineratoru, gdje se tretiraju eventualni polutanti uz retenciju > 2 sekunde. Tako visoke temperature i retencija garancija su da će okoliš biti zaštićen od neželjenih emisija polutanata. Utilizator, kao i izmjenjivači toplote su također vrlo bitan dio postrojenja i čine energetski dio postrojenja. Pomoću njih otpad se energetski valorizuje, te se pretvara/definiše u energiju toplotnu, električnu ili čak i rashladnu, ukoliko se instalira apsorber. Plamenici koji se instaliraju koriste vreli zrak $> 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ koji rekuperiraju, te doprinose energetske efikasnosti za više od 20 %. Na taj način smanjuje se potrošnja primarnog energenta, koji može biti LPG ili zemni plin.

Materija koja se termički tretira u navedenom postrojenju biva volumenski umanjena za 90 %, totalno neprepoznatljiva, te inertna i ekološki prihvatljiva.

Rad ovakvog postrojenja idealan je primjer korištenja obnovljivog izvora energije – otpada i energetski efikasnog rada u naprednoj superiornoj tehnologiji, pomoću koje okoliš ostaje zaštićen, a obnovljivi izvor energije održivo korišten, što svakako doprinosi ekonomskoj opravdanosti.

Kad se promatra tretman OIE – otpada vrlo bitan je i metan (CH_4) koji ima 22 puta veći staklenički potencijal od CO_2 , pa se npr. na odlagalištima otpada on spaljuje na bakljama, pretvarajući ga u CO_2 . Naprednim tehnologijama metan može biti iskorišten vrlo efikasno. Primjer za iskorištenje metana jeste termička obrada kokošjeg izmeta. Firma GRIZELJ d.o.o. Sarajevo proizvela je tehničko – tehnološko rješenje PET - TAO, prikazano na slici 2. pomoću kojeg metan može biti efikasno iskorišten iz OIE – životinjskog otpada – kokošjeg izmeta.



Slika 2. PET – TAO, rješenja firme GRIZELJ d.o.o. Sarajevo [5]

Postrojenje se sastoji od silosa, mlina, štokera za doziranje, transportera, dehidratora, gasifiera, ekstraktora, metanizatora, sterilizatora, ventilatora, plamenika i peletirke/briketirke.

Tehničko – tehnološko rješenje podrazumijeva dvije opcije koje se odnose na termički tretman kokošijeg izmeta sa prostirkom i kokošjeg izmeta bez prostirke. Razlika je u režimu rada i u finalnom proizvodu. Iz kokošjeg izmeta bez prostirke može se proizvesti pelet kao fertilizator za poljoprivredne i hortikulture potrebe, dok kokošji izmet sa prostirkom biva termički tretiran i pretvoren u briket koji se može koristiti kao energent. Nivo sterilizacije radi se samo kod kokošjeg izmeta bez prostirke.

Navedena rješenja su Know – how koncept, čije osnovno «gorivo» je obnovljiv izvor energije – otpad različitih vrsta, kojima se producira značajna energetska efikasnost i održivi razvoj, pomoću odabranog režima rada, odnosno kontrolisanih temperatura i vremenskog perioda (retencije) cijelog tretmana.

Odabrani materijali od kojih se izrađuje postrojenje (INOX) podnose vrlo visoke temperature što utiče na toplotne gubitke, zatim odabrani plazma-plamenici sa mogućnošću rekuperacije osiguravaju energetska efikasnost kroz smanjenje utroška primarnog energenta, ali i kroz procese kogeneracije i trigeneracije, kojima se omogućuje proizvodnja energije iz otpada. Vrlo je bitno i što se u postrojenja ugrađuje master – kontroler – monitor sa signalizacijom i alarmnim sistemom, kojim se prate vitalni parametri rada postrojenja, vrši se upravljanje i monitoring. Visoke temperature ne dopuštaju razvoj neželjenih reakcija, kao što je produkcija toxina, a odabrana retencija ne dopušta reverzibilne reakcije. Rekuperacijom i utilizacijom se također doprinosi zaštiti okoliša od kontaminanata.

Promatrajući postrojenja sa različitih aspekata može se reći da je njihov rad human, ekološki prihvatljiv, zdravstveno – veterinarski dobar, sanitarno – higijenski ispravan, energetski efikasan, ekonomski opravdan i održiv.

7. ZAKLJUČAK

Neosporno je da su obnovljivi izvori energije nešto što se može, treba i mora više koristiti za postizanja energetske efikasnosti i održivog razvoja, s primarnim ciljem zaštite okoliša. Napredne tehnologije omogućavaju i olakšavaju korištenje OIE. Međutim kako bi okoliš ostao zaštićen neophodno je tehnologije projektirati na način da zadovolje načela i principe zaštite okoliša, kako bi se stvorilo socio-ekonomsko blagostanje životnog ambijenta i ugodnost življenja, ali i briga o resursima za potrebe budućih generacija.

8. LITERATURA

- [1] A. Husika, M. Čengić, Kvantifikacija benefita poboljšanja energijske efikasnosti zgradarstvu u Sarajevu, III savjetovanje o energetici u BiH, Neum, 2011
- [2] Gani-Eneland, M., Reener, M., & Chawla, A.: Low Carbon Jobs for Eutope: Current Opportunities and Future Prospects. Gland, Switzerland: World Wide Found for Nature (WWF), 2009
- [3] Jobs from Renewable energy efficiency – Fact sheet, Environmental and Energy Study Institute, USA, 2008
- [4] K. Tatić, Tržište, država i okoliš, Ekonomski fakultet u Sarajevu, Sarajevo, 2011
- [5] Projektna dokumentacija firme GRIZELJ d.o.o. Sarajevo, 2012 - 2014

TEHNOLOGIJAMA

CIRCULAR ECONOMY IN ADVANCED TECHNOLOGIES

Tomislav Grizelj¹, Aleksandra Vujičić², Jasmina H. Bajramović³

¹ITG Wärmetechnik, Wien

^{2,3}GRIZELJ d.o.o., Sarajevo

itgwien@itgwien.com

grizelj@grizelj.com

jasmina@grizelj.com

SAŽETAK:

Strategija Europa 2020 je jedan od načina na koje EU, preko javne politike, pokušava da implementira zakone formalnih i neformalnih institucija. Riječ je o implementiranju cirkularne ekonomije na tlo zemalja koje su spremne za ove vrste reformi. Cirkularna ekonomija bi imala zadatak da se bavi već postojećim otpadom, tako što će selekcijom i reciklažom istog da izdvoji one komponente koje su upotreblijive i neupotreblijive, te kao takve treba i da budu tretirane. Takođe, cirkularna ekonomija se bavi odbačenim otpadom koji predstavlja resurs i obnovljivi izvor energije. Na ovaj način bi se regulisalo pitanje okoliša, otvaranje novih radnih mjesta, kroz implementaciju novih i savremenih tehnologija, što bi trebalo da smanji stopu nezaposlenosti.

Ključne riječi : Cirkularna ekonomija, recikliranje, napredne tehnologije.

ABSTRACT :

The Europe 2020 Strategy is one of the best ways in which the EU, through public policy, is trying to implement the laws of formal and informal institutions. We talk about the implementation of circular economy on the ground of countries that are ready for this kind of reforms. Circular economy would have the task of dealing with existing waste, by selection and recycling the components that have been useful and useless, and as such should also be treated. Also, circular economy deals with discarded waste that is a resource and renewable energy source. This would regulate the issue of the environment, job creation, through the implementation of new and modern technologies, which should reduce the unemployment rate.

Key words : Circular economy, recycling, advanced technologies.

1. UVOD

Prije svega treba početi od institucija Europske Unije koje implementiraju zakone, trudeći se da osiguraju bolji život u ugodnom ambijentu za stanovnike Europe. Počet ćemo od javne politike koja se sprovodi od strane institucija EU, kao glavnih tijela u procesu stvaranja ideja i implementacije istih. Prije svega treba objasniti strukturu uređenja Europske Unije i zadatak koji ima javna politika (Public Policy). Zakoni nastaju u EU, a zatim se nastoje implementirati tamo gdje su reforme ove vrste izvodljive.

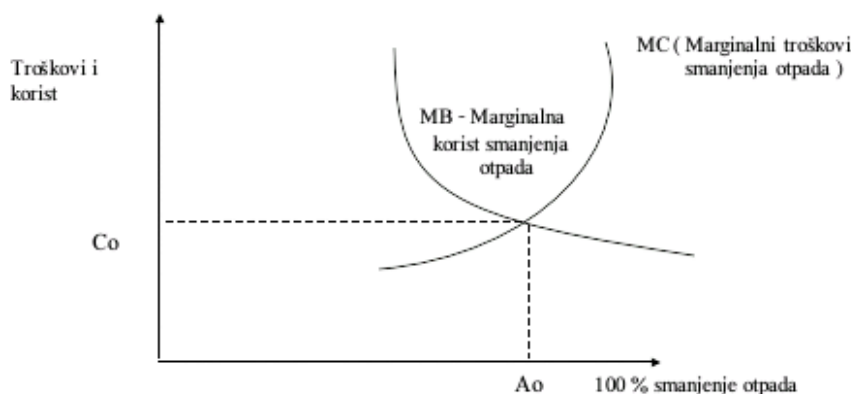
Europska Komisija je jedna od najbitnijih institucija unutar Europske Unije i predstavlja interese zemalja članica. Ako država treba da ima svoje glavno reprezentativno tijelo, u vidu Vlade ili Ministarstva, onda je EU Komisija predstavljena kao Vlada Europske Unije. Javna politika koja se odnosi na makroekonomski dio, najviše se tiče samog budžeta Europske Unije. Ono što bi trebalo da bude primarno u djelovanju institucija EU jeste raspodjela resursa na siromašnija područja, omogućavanje boljeg i sigurnijeg života kroz EU legislativu, težnja modernizacije zaostalih područja, viša stopa zaposlenosti, ohrabrivanje i pružanje financijske pomoći zemljama kandidatima za članstvo u EU, zemljama u tranziciji, siromašnim zemljama koje su pretrpjele prirodne katastrofe ili ratove. Jedan od zakona sproveden od strane EU Komisije, koji se odnosi na sve predhodno rečeno, jeste Direktiva o promociji korištenja obnovljivih izvora energije 2009/28/EC. Ovdje se radi o Direktivi koja nalaže smanjenje emisije stakleničkih plinova za 20 % u odnosu na protekli period (1990.godinu), udio obnovljivih izvora energije od 20 % u ukupnoj potrošnji energije i povećanje energetske učinkovitosti za 20 %, tj. smanjenje potrošnje energije za 20 % do 2020.godine [2]. Cilj je da se otpad ne smije posmatrati kao nešto što je neiskoristivo. Otpad je resurs. Uzimanjem svega iskoristivog iz otpada, prerada istog, te dobijanje sasvim novog proizvoda, je proces koji nije jednostavan, ali je neophodan. Na taj način se koriste komponenta otpada koji je odbačena, a predstavlja obnovljivi izvor energije. Plan koji se odnosi na implementaciju cirkularne ekonomije sadrži objašnjenje o poboljšanju efikasnosti javne nabavke u kontekstu već korištenih resursa, kao i na procesu tretmana otpada, npr. reciklažom ili termičkom obradom. Javna politika se bavi onim dijelom ekonomije koji se odnosi na mjerenje sposobnosti (aktivnosti) da se do krajnjeg ishoda dođe što efikasnije - **što više iskoristiti određenu količinu otpada, uz najmanji trošak**. Potrebno je uskladiti makroekonomske instrumente sa ciljevima okoliša.

2. EKONOMSKI ASPEKT NASTANKA OTPADA

Ekonomski razvoj i racionalno upravljanje prirodnim resursima, predstavljaju zajednički i ključni cilj globalnog razvoja. Bez odgovarajuće zaštite životne sredine i iskorištavanja odbačenih, a obnovljivih izvora energije, ekonomski razvoj bi bio ugrožen. Takođe, bez ekonomskog razvoja, svaka politika koja se odnosi na zaštitu okoliša, bila bi osuđena na propast, jer je sama nedovoljna. Svaka djelatnost od starne pojedinca koji koristi javno dobro, jer ima pravo na njega, kao i industrijska aktivnost, prouzrokovali su velike štete za okoliš, ekocide. To je nemoguće izbjeći, ali potrebno je doći do rješenja o potrebnom korištenju resursa, ponovo iskoristiti ono što je odbačeno kao nepotrebno, te uz pomoć tog procesa rada koji koristi napredne tehnologije i ljudske resurse smanjiti stopu. Dakle, potrebno je primjeniti efikasnu okolinsku politiku.

Prvo od svega ćemo objasniti pojam eksternalija. Svako djelovanje pojedinca ili društva može da izazove pozitivan ili negativan ishod. Ukoliko se za pozitivan ne dobija naknada ili, ukoliko ne postoji društvena ili novčana vrsta sankcije ukoliko se radi o negativnom djelovanju, to se definiše kao nastanak eksternalija. Prije nego uđemo u problematiku postojećeg otpada, treba istaći da je nemoguće potpuno iskorijeniti ovaj problem, jer manje količine otpada su posljedica manjeg obima proizvodnje. Po tom principu, situacija bez otpada bi značila nulti obim proizvodnje. Zaključujemo da bi ovaj redoslijed bio kontraproduktivan.

Dakle, određene količine otpada moraju nastati. Okolinska politika se trudi da te količine budu što više iskorištene. S obzirom da se bavimo tržišnom ekonomijom kao problemom, trebamo da se fokusiramo na činjenicu da je osnovni ekonomski cilj potrošača industrijskih proizvoda maksimiziranje određene koristi, dok je kod industrijskih proizvođača cilj maksimiziranje profita. Ta dva pojma bi trebala da budu usklađena. Problem nastaje onog trenutka kada je situacija na tržištu definisana na način da ekonomski optimum nije isto što i okolinski optimum. Pokušat ćemo objasniti ovaj pojam kroz sljedeću sliku :



Slika 1. Troškovi i koristi smanjenja otpada

Objašnjenje : Slika 1. – prati se smanjenje određene količine otpada privrednog sektora ili pojedinca. Marginalne koristi (MB) smanjenja otpada nastaju ne nametanjem eksternih troškova drugima u kontekstu narušavanja zdravlja (negativna eksterlanija). Marginalni troškovi (MC) smanjenja otpada su troškovi povezani sa nabavkom raznih tehnika smanjenja količine otpada.

Takođe, radi se o gubitku profita u slučaju da je količina otpada smanjena tako što se smanjio obim proizvodnje [3]. Radi se o optimalnoj količini otpada. Pri jednakosti marginalnih troškova daljeg smanjenja količine otpada i marginalnih koristi (nivo A0) nastaje optimalni nivo količine otpada. Dakle, potrebno je sprovesti metodologiju iskorištavanja otpada, a ne radikalno smanjenje količine otpada. Ovdje se rađa ideja nastanka i implementacije cirkularne ekonomije. Prije iskorištavanja odbačenih resursa, po principu cirkularne ekonomije, taj otpad se prvo treba reciklirati, te dalje tretira, shodno svom karakteru.

3. EKONOMSKA ULOGA U VLASTI – CIRKULARNA EKONOMIJA

Ekonomski uloga vlasti u javnoj politici(public policy)

1. Alokativna uloga – alokacija resursa koji maksimiziraju ekonomsko blagostanje
2. Distributivna uloga - uravnotežuje efikasnosti kapitala u raspodjeli sredstava
3. Regulatorna uloga – donosi zakone i sprovodi ih u djelo, zaštita potrošača ...
4. Stabilizacijska uloga - makro stabilizacija

Posmatrajući sve četiri ekonomske uloge, možemo da počnemo da se bavimo idejom i implementacijom cirkularne ekonomije. Treba biti svjestan činjenice da je otpad jedne industrije sirovina druge industrije. One firme koje učinkovito koriste resurse, znači da koriste manje energije i vode, te samim tim stvaraju manje otpada po jedinici prihoda, imaju veći povrat ulaganja od konkurentskih firmi na tržištu koje se bave istom djelatnošću.

Studije koje su radile institucije Europske Unije pokazuju da bi Europa uštedjela 72 milijarde eura na godišnjem nivou, u slučaju da se primjenjuju svi zakoni i moralne norme vezane za uštedu energije i korištenje obnovljivih energetske resursa – otpada. Takođe, studija kaže da bi se do 2020.godine otvorilo 400 000 novih radnih mjesta, što je u kontekstu stope nezaposlenosti imponantna cifra. Više

je razloga zbog kojih se Europska unija opredijelila se za cirkularnu ekonomiju. Cirkularna ekonomija odnosi se na industrijsku ekonomiju, nastoji iskorištavati obnovljive izvore energije (OIE), smanjuje i nastoji eliminisati upotrebu kemikalija i stvaranje otpada. Važan faktor u cirkularnoj ekonomiji je i ekonomsko upravljanje otpadom, koje ima značajnu ulogu u otvaranju novih radnih mjesta i kreiranju zelenih tehnologija [4].

Jako je bitno razumjeti uticaj na ekonomski segment, i probleme prouzrokovane od strane negativne ljudske djelatnosti na prirodu. Poenta svega je odgovoriti na njih uz pomoć metodologije ekonomske politike (economic policy). Takođe, potrebno je odrediti i primjeniti najadekvatniju metodologiju da bi došlo do socio-ekonomske evolucije [5]. Ekonomski dio ove priče se bavi pronalaženjem i primjenom adekvatne kvantitativne računice za primjenu i investiranje u poboljšanje socio-ekonomskog okruženja. Jedna od najboljih ekonomskih analiza u kontekstu kvantitativne metodologije jeste cost-benefit Analysis. U toj analizi, uz pomoć neto sadašnje vrijednosti, stope povrata, diskontnog faktora, može se doći do krajnje cifre koja govori o isplativosti investicije u zelenu tehnologiju. Za ovu metodologiju je potrebno imati sve cifre ulaznih jedinica (inputa), pa svođenjem na sadašnju neto vrijednost bi mogli da odredimo koeficijent isplativosti. Resursi imaju kritičnu granicu (prag), dakle, njihovi izvori za snadbjevanje su ograničenog karaktera. Smanjenje nivoa raspoloživih resursa može biti u skladu s održivim rastom, ali samo ako se ulaže u druge vrste kapitala. Dakle, s obzirom da prirodni resursi prirodnih dobara mogu imati kritične granice, ili se ne mogu zamijeniti drugim vrstama kapitala, održavanje minimalnih zaliha prirodnih resursa se mora uzimati u obzir [6]. Održivi ekonomski rast zahtijeva vrijednovanje prirodnih resursa i pravilno korištenje istih u proizvodnji i potrošnji, a to je glavni cilj cirkularne ekonomije. Ekonomski razlozi za politiku zaštite okoliša:

Karakteristike javnih dobara - Mnogi ekološki proizvodi i usluge su, uglavnom, javna dobra. Osnovne karakteristike javnih dobara su:

- 1) neisključivost,
- 2) nekonkurentnost u potrošnji, tj raspoloživost.

Neisključivost znači da se pojedinac ne može isključiti iz potrošnje javnog dobra. Tačnije, svaki pojedinac ima prava da bude konzument javnog dobra. Nekonkurentnost (raspoloživost) znači da jedno dobro koje koristi pojedinac mora biti podjednako raspoloživo za drugog pojedinca, konzumenta javnog dobra. Tačnije, ne postoji konkurencija u potrošnji čisto javnih dobara, jer korist jednog potrošača neće biti umanjena ukoliko i drugi potrošač koristi javno dobro, po idealnoj definiciji. Praksa često daje neke druge odgovore. Kao rezultat toga, ljudi nemaju razvijenu svijest da će uvijek platiti za korištenje tih resursa, a trebali bi. S druge strane, pružatelji usluga neće biti u mogućnosti da i dalje nude ta dobra/usluge, jer prevelikom eksploatacijom javnih dobara, dolazi do toga da je moguća oskudacija istih. Tu nastaje problem u prekomjernoj eksploataciji neobnovljivih resursa, gdje se rađa i ideja za korištenje obnovljivih (odbačenih) resursa. Porter je rekao da se zagađenje životne sredine generalno odnosi na gubitak resursa, sirovine koje su nedovoljno iskorištene ili prekomjernom i bespotrebnom upotrebom, te gubitkom energije [7]. Dakle, možemo reći da srž problema leži u jednom od neispunjenih uslova, a ti uslovi su trebali biti ispunjeni. To su uslovi pod kojim tržište ne funkcioniše efektivno :

1. Neuspješna konkurencija (monopoli, oligopoli...)
2. Javna dobra – nedostatak snadbjevanja
3. Eksternalije (pozitivne i negativne)
4. Pogrešne ili nedovoljne informacije
5. Makroekonomski problemi (stopa nezaposlenosti, inflacija...)
6. Povećanje povrata – prirodni monopol

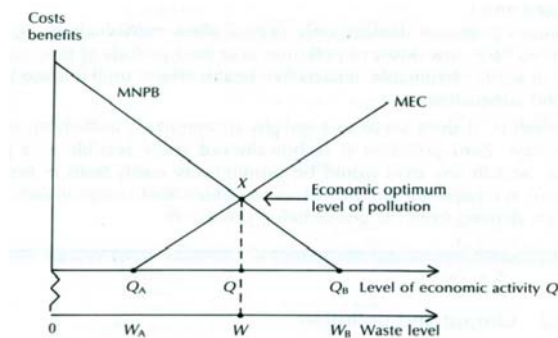
Treća stavka (eksternalije i to negativne) su jedan od problema zbog kojeg se rodila ideja o cirkularnoj ekonomiji, što smo već spomenuli. Ako djelovanje od strane nečije privatne djelatnosti

Objašnjenje : Dio između MSC (Marginalni društveni trošak- Margine Social Cost) i MPC (Marginalni privatni trošak – Margine Private Cost) stvara negativnu ekternaliju (Negative Externality). Privatni granični trošak (MPC) raste sa povećanjem obima proizvodnje. Inače, društveni marginalni trošak (MSC) jednak je zbiru privatnih marginalnih troškova i graničnih šteta od zagađenja, otpada (MD) tj. $MSC = MPC + MD$. Ukoliko je MB (granična dobit) jednaka MPC, u tom slučaju se ostvaruje maksimizacija profita, na nivou proizvodnje Q1. Društveno-efikasan nivo proizvodnje se ostvaruje i ukoliko je nivo proizvodnje u tački Q* i tada su društveni granični troškovi jednaki graničnom profitu (MB = MSC). Nivo proizvodnje pri kome se maksimizira profit je veći od društveno efikasnog nivoa proizvodnje $Q1 > Q^*$.

Diagrama 1.1: Utjecaj povećanja troška proizvodnje na tržište. Grafički prikaz tržišta s krivuljama MSC, MPC, MD i MB. Povećanje troška proizvodnje pomiče krivulju MSC prema gore, što smanjuje proizvodnju s Q^* na Q_1 i povećava cijenu s c na d .

Objašnjenje : Prelaskom sa nivoa proizvodnje Q1 na društveno koristan Q*, privatni profit se umanjuje za površinu *dgc*. Takođe, od smanjenja proizvodnje, društvene koristi rastu za *abfe = cdhg*.

Bitno je i to da je rast društvenih koristi, od smanjenja proizvodnje, veći od smanjenja privatnog profita i to tačno za sljedeći iznos : $dhg = cdhg - dcg$. Određena količina otpada mora da bude proizvedena, jer u suprotnom, obim proizvodnje je 0. Zatim se koristi odbačeni resurs u komponenti otpada i koristi kao obnovljivi izvor energije, implementiraju se napredne tehnologije i zapošljavaju stručnjaci u ovim oblastima.



Slika 5. Ekonomski optimum nivoa zagađenja, otpada [9]

Objašnjenje : Da bi došli do ekonomskog optimuma, predhodno moramo poznavati funkciju granične neto privatne koristi (MNPB) i granične štete izazvane zagađenjem/kontaminacijama, otpadom (MEC).

4. TEHNOLOGIJA I NEGATIVNE EKSTERNALIJE

Zelena tehnologija predstavlja naprave, postrojenja, tehničko – tehnološke napredne postupke rada za zaštitu okoliša. Nauka koja se bavi novim i naprednim tehnološko – tehničkim otkrićima i dostignućima u kontekstu zaštite okoliša, naziva se okolišna tehnologija ili zelena tehnologija. Najčešće korišten ekonomski instrument za određivanje izvodljivosti investiranja u zelenu (naprednu) tehnologiju jeste cost – benefit Analysis. Procjenom neto sadašnje vrijednosti investicije, omogućeno je planerima da procjene isplativost investiranja. Pravilo pri donošenju odluke bi bilo da ako je NPV (Neto Sadašnja Vrijednost) veća od nule, investicija je izvodljiva. U slučaju ako je $NPV < 0$, ne investira se u taj projekat. Pri računanju diskontiranih metoda, polazi se od stavke da sve buduće tokove novca treba svesti na sadašnju vrijednost. Ni slučajno se ne bi trebali prihvatiti projekti koji za čistu (neto) sadašnju vrijednost imaju negativan rezultat. Dakle, ukoliko je neto sadašnja vrijednost negativna pri proračunima, smatra se da projekat nije profitabilan, tj da nije rentabilan (ne može se povratiti uložena suma novca i zaraditi dodatno pri realizaciji i početku rada napredne tehnologije u koju se investira). Takođe, veličina čiste sadašnje vrijednosti jako je osjetljiva na visinu izabrane diskontne stope kojom se izračunava sadašnja vrijednost novčanih tokova investicijskog projekta. Za ovu vrstu finansijskih proračuna (kvantitativne metode), potrebno je imati sve ulazne podatke u aritmetičkim ciframa, te izračunati sve troškove i prihode da bi mogli imati uvid u dobit. Primjer napredne tehnologije koja ima za cilj termičku preradu/tretman otpada jeste proizvod firme GRIZELJ/ITG. Postrojenje ETIKI - 01 namijenjeno za eko termički tretman otpada. ETIKI je napredno, superiorno, automatizirano i modularno tehničko – tehnološko rješenje, s mogućnošću kontejnerske izvedbe.

Osnovnu opremu ETIKI – 01 postrojenja čini [10]:

- Hlađeni spremnik
- Mlin (šreder) – drobilica, sjeckalica, trgalica
- Štoker
- Turbo incinerator
- Turbo ko - incinerator
- Odšljakivač pepela
- Utilizator
- Ventilatori svježeg zraka
- Ventilacioni odvod
- Monitoring emisije polutanata

Usitnjavanje otpada vrši se drobilicom (šrederom). Drobilica ima funkciju za sjeckanje ili trganje materije na frakcije < 50 mm, ovisno o vrsti "otpada", dimenzioniranom prema veličini spremnika i potrebnom kapacitetu, radi kvalitetnijeg termičkog tretmana. Procesom turbo incineracije smanjuje se ukupna količina otpada i kao krajnji produkt nastaje eko inertni pepeo. Naravno, primaran je nastanak energije. Turbo incineracija se odvija u komori za turbo incineraciju uz temperaturu > 860 ÷ 1100 °C (1400 °C) zavisno o vrsti otpada, a temperatura u turbo ko – incineratoru 1200 ÷ 1400 °C (1530°C) uz obaveznu retenciju > 2 sec. emisije iz turbo incineratora, čime se osigurava emisija polutanata bez boje, okusa i mirisa. Instalirani plinski plamenici, turbo incineratori i turbo ko-incineratori koriste rekuperirani vreli zrak do 450 °C za poboljšanje tretmana u komori turbo incineratora pri čemu se povećava energetska efikasnost > 30 % i štedi energija. Na postrojenje se ugrađuje oprema koja vrši monitoring kompletnog procesa. Radom ETIKI postrojenja otpad koji se ne može iskoristiti u reciklaži termički se tretira i energetski se valorizuje procesima kogeneracije ili trigeneracije. Rad ETIKI postrojenja je klasičan primjer korištenja OIE/EE uz ekonomski opravdan rad.

U Bosni i Hercegovini je jako teško pričati o implementaciji ideje o cirkularnoj ekonomiji. Po indikatorima produktivnosti resursa koji su mjerodavni za mogućnosti sprovođenja ideje cirkularne ekonomije, možemo zaključiti da BiH nije najpogodnije tlo za implementaciju ove ideje. Ovdje se vraćamo na početak rada i priči o formalnim i neformalnim institucijama države. Sve neformalno, moralne norme, samosvijest o kvalitetu života u kontekstu okoliša, nije dovoljno razvijeno. Samim tim, neformalno ne može biti implementirano u formalno, jer nisu prisutni svijest ni financije koji su ključni u cijelom ovom projektu. Po pitanju stope recikliranja, Bosna i Hercegovina zaostaje od ostalih Europskih zemalja. Ekološki porezi u BiH su veći od ostalih zemalja EU po svojem udjelu u ukupnim porezima i socijalnim davanjima [11]. A podsticaji za korištenje OIE/EE premali. Polazna tačka za diskusiju o okolinskom oporezivanju mora biti ekonomska racionalnost takvog postupka. Osnovni argument je da će, u odsustvu bilo kakve regulative, okoliš biti prekomjerno iskorištavan i degradiran, do tačke gdje troškovi reduciranja te degradacije postanu manji od koristi koja se dobiva unaprijeđenim okolišem, a to je kontraproduktivna aktivnost.

5. ZAKLJUČAK

Cirkularna ekonomija je idealan primjer regulacije zdravije životne sredine i ugodnijeg ambijenta življenja, iskorištavanja otpada kao resursa i smanjenje stope nezaposlenosti prilikom implementacije ovog procesa. Sigurno da ovaj prijedlog Europske Komisije mora, prije svega, naići na pogodno tlo gdje bi ova vrsta reforme mogla da bude sprovedena. Bosna i Hercegovina bi mogla da bude pogodno tlo za implementaciju cirkularne ekonomije, ali je potrebno da tim stručnjaka radi na sprovođenju i prihvatanju ove ideje od strane ekonomista, inženjera, pravnika, kao i građanstva, uz prepoznavanje naprednih i superiornih tehnologija. Tu, dakle, mora biti obrazložen i prihvaćen ekonomski aspekt koji svakako obuhvata i vrlo bitan ekološki aspekt. U finansijski dio bi se unijeli tačni podaci koji bi dali tačan bilans uspjeha pri implementaciji cirkularne ekonomije i naprednih tehnologija, s osvrtom svakako na ekološke vrijednosti.

5. LITERATURA

- [1] dr Adnan Efendić : *Definitions of Public Policy and models of Government*, the script, Ekonomski Fakultet Sarajevo, Sarajevo 2014.
- [2] www.esmig.eu
- [3] dr Gorica Bošković, dr Snežana Radukić : Troškovi rešenja ekoloških problema i cene industrijskih proizvoda, *Stručni članak*, Ekonomski fakultet Univerziteta u Nišu, Niš 2011, 73-74
- [4] www.zelenipartner.eu
- [5] Aleksandar Kešeljević, PhD : *Economics and Environment*, the script, Faculty of Economics, University of Ljubljana, Ljubljana 2014.
- [6] Sabina Silajdžić, PhD (Econ) : *Okolinska politika*, skripta, Ekonomski Fakultet Sarajevo, Sarajevo 2014.
- [7] Michael E. Porter and Claas van der Linde : Green and Competitive : *Ending the Stalemate*, Harvard Business Review, 1995, 98.
- [8] Rok Spruk, PhD : *Environmental Economics and Policy : Quantitative Valuation Techniques*, the script, University of Ljubljana, Ljubljana 2014.
- [9] Aleksandar Kešeljević, PhD : *The causes of environmental degradation and the potential role of market base instruments*, the script, University of Ljubljana, Ljubljana 2014.
- [10] Jasmina H. Bajramović dipl. san. inž., Amina Tufek dipl. inž. hem., Mirnes Duraković dipl. inž. maš., Sanela Beganović dipl. biolog, Halim Prčanović dipl. inž. maš. : *Studija o uticaju na okoliš postrojenja za eko termički tretman otpada Etiki – 01*, Univerzitet u Zenici, Zenica, 2013.
- [11] www.fbihvladagov.ba/program_13

Ekološki tip hidroelektrane

Ekological type of hydropower plant

Ljubomir Samardžija, prof. ¹
Nefić Amir, dipl.inž.građ. ²

¹UG „ČOVJEK I PRIRODNI RESURSI“ Bihać predsjednik

² „Aqua Projekt d.o.o. Bihać, direktor.

ljubsa@bih.net.ba

aqua@bih.net.ba

SAŽETAK :

Ekološki tip hidroelektrane je takvo hidroenergetsko postrojenje koje se može graditi i u zaštićenim područjima, bez gradnje brana i bez stvaranja umjetnih hidroakumulacija. Ovaj tip hidroelektrane obezbjeđuje visok stepen očuvanja prirodnog ekosistema koji je postojao i prije njene izgradnje. Ekološki tip hidroelektrane proizvodi električnu energiju za vrijeme srednjeg i visokog nivoa voda. U vrijeme niskog vodostaja hidroelektrana prestaje sa radom onog momenta kada proticaj opadne na proračunati ekološki protok vode.[1]

Dosadašnje privredne, sportske, kulturne i sve druge društvene aktivnosti na vodotoku, posebno one tradicionalne, koje imaju historijsko-kulturološke, pejzažne i druge vrijednosti za lokalnu zajednicu mogu ostati nepromijenjene kao i prije njene gradnje. Ekološki tip hidroelektrana je originalan pristup gradnji hidroenergetskog objekta na području koje je bogato vodom i gdje je ovu vrstu obnovljivog izvora energije moguće koristiti na optimalan način. Zajedno sa drugim tipovima gradnje hidroelektrana kao i drugim vrstama obnovljivih izvora energije (vjetar, solarna energija, energija biomase i sl.), ekološki tipovi hidroelektrana mogu Bosni i Hercegovini omogućiti ispunjavanje zacrtanih ciljeva da se do 2020. godine proizvodi 40% energije iz obnovljivih izvora.[2]

Ključne riječi: hidroelektrana , ekološki tip , obnovljivi izvori energije .

ABSTRACT:

The ecological type of hydropower plant is such hydropower facility that can be built in the protected areas without the construction of dams and without creating artificial hydro accumulations. This type of hydro power plant provides a high level of preservation of natural ecosystems that existed before its construction.

The ecological type of hydropower plant produces electricity during the middle and high water levels. During low water level hydropower plant stops working at that moment when the flow drops to evaluated ecological water flow. [1]

Present economic, sporting, cultural and other social activities in the watercourse, especially traditional ones which have historical, cultural, landscape and other values for the local community can remain unchanged as before its construction. The ecological type of hydropower plant is an original approach to the construction of the hydropower facility in the area that is rich in water and where this type of renewable energy source can be used in an optimal way.

Together with the other types of construction of hydropower plants and other types of renewable energy sources (wind, solar, biomass energy, etc.), the ecological types of hydropower plants may enable Bosnia and Herzegovina to achieve set goals and to produce 40% of the renewable energy by the 2020.[2]

Keywords: *hydropower plant, ecological type, renewable energy sources,*

1.UVOD

Dosadašnja praksa pokazuje da je čovjek gradio hidroelektrane na rijekama prvenstveno u nastojanju potpunog iskorištavanja njihovog hidropotencijala. Iz tog razloga pristupao je gradnji ovih energetske objekata na način da je pregrađivao vodotok u potpunosti vještačkom branom i stvaranjem hidroakumulacije. Na taj način često je dolazilo do sukoba interesa sa stanovništvom koje je moralo da se iseljava zbog plavljenja velikog područja uzvodno od brane. Na drugoj strani, društvo je dolazilo do prijeke potrebne električne energije neophodne za njegov industrijski i društveni razvoj. U novije vrijeme postavljaju se sve strožiji ekološki standardi koje imperativno postavlja društvena zajednica, donošenjem zakona i drugih pratećih propisa, kao i ekološka udruženja, koja su često zbog neispunjavanja tih kriterijuma onemogućavala gradnju hidroelektrana na klasičan način sa branama i umjetnim hidroakumulacijama. U procesu takvih nastojanja Federacija Bosne i Hercegovine je donošenjem Pravilnika o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka, „Sl. novine FBiH“ broj 4 od 16.01.2013. definisala ekološki prihvatljiv protok (EPP) vode koji „predstavlja novi pogled kojim je zamijenjena prethodna praksa procjene ravnomjerne količine vode potrebne u vodotoku u toku godine i kojim se upravljanje vodama bolje prilagođava prirodnim procesima“. [1] Ekološki prihvatljiv protok vode je upravo minimum ciljanih nastojanja društva koja garantuju „osiguravanje i očuvanje vodnih i za vodu vezanih ekosistema“ (član 2. navedenog Pravilnika).

Upravo ti razlozi su bili ideja vodilja za razvojem jednog drugačijeg načina gradnje hidroelektrana kako bi se pomirili sve izraženiji zahtjevi za ovu vrstu obnovljivog izvora energije i očuvanjem prirodnih karakteristika vodotoka. Evropske zemlje imaju veoma razvijeno korištenje hidropotencijala, posebno malih hidroelektrana snage do 5 MW. I te zemlje imaju značajnu količinu neiskorištene hidroenergije u zaštićenim područjima, tipa parkovi prirode odnosno nacionalni parkovi. Pored mogućnosti za gradnju ovog tipa hidroelektrane u BiH, prethodno navedeni razlozi opredijeljivali su autore da autoriziraju novi tip hidroelektrane koja će se upravo moći graditi i u zaštićenim područjima. Unazad nekoliko desetljeća svjetska javnost traži ograničavanje proizvodnje energije korištenjem fosilnih goriva. Iz tih napora proistekao je Kjoto protokol koji je donesen 1997. godine, a stupio na snagu 2005, dok je Evropska unija svojom Direktivom o promociji iskorištavanja obnovljivih izvora energije 2009/28EC utvrdila konkretne obaveze da bi se emisija stakleničkih plinova do 2020. godine smanjila za oko 20 % i udio obnovljive energije povećao sa sada nekoliko procenata na 20 također do 2020. Bosna i Hercegovina ima tek 34,0 % iskorištenog hidropotencijala, a u odnosu na male hidroelektrane iskorištenost tog hidropotencijala iznosi zanemarljivih 4,4 % [3], [4].

U skladu sa Strateškim planom i programom razvoja energetskog sektora Federacije BiH značajno mjesto pripada obnovljivim izvorima energije odnosno malim hidroelektranama kojih bi se u narednom periodu trebalo izgraditi oko 800, ukupne snage od oko 700 MW. [3]

Objektivno, autori ovog rada predviđaju da se u Bosni i Hercegovini može izgraditi oko 400 hidroelektrana ječine do 5 MW. Udio proizvodnje električne energije u malim hidroelektranama iznosio bi 5-6 % u ukupnoj potrošnji električne energije u BiH ukoliko bi se izgradio predviđeni broj

malih hidroelektrana. [4] Male hidroelektrane ekološkog i drugog tipa, kako je već istaknuto, predstavljaju obnovljive izvore energije. Autori smatraju da je u Bosni i Hercegovini moguće izgraditi i do 120 hidroelektrana ekološkog tipa koje u skladu sa prethodno urađenim fizibilitet i studijama uticaja na okoliš mogu zadovoljavati najstrožije ekološke uvjete. Upravo u tome se ogleda i mjesto i uloga ovakvog pristupa u ostvarivanju sveukupnih ciljeva BiH u proizvodnji električne energije.

U Bosni i Hercegovini objektivno postoji složenost državnog ustroja i podjele nadležnosti. Na drugoj strani kada se ima na umu da ni jedna strategija razvoja energetskog sektora nije na snazi, ili se ne sprovodi, onda se ostavlja prostor za podnošenje samoinicijativnih ponuda u procesu dobijanja dozvola za gradnjom hidroelektrana posebno malih snage do 5 MW. Podnošenje zahtjeva i preferiranje samoinicijativnih ponuda upravo znači potvrdu potpunog nedostatka jasne normativno – pravne regulative i prethodno uređenih studijsko – analitičkih dokumenata i fizibilitet studija u ovoj oblasti, što potencijalni i nedovoljno provjereni investitori maksimalno koriste u cilju pribavljanja svoje maksimalne materijalne koristi i najčešće na štetu lokalne zajednice odnosno stanovništva koje živi u lokalnoj zajednici. To je na području BiH u prethodnom periodu dovelo do sukoba između investitora i građana – mještana lokalnih zajednica koji su se protivili izgradnji hidroelektrana na osnovu samoinicijativnih ponuda, a bez oslonca na stručne studije koje na multidisciplinarn način predviđaju rješavanje ovog pitanja.

2. OPIS EKOLOŠKOG TIPRA HIDROELEKTRANE

Ekološki tip hidroelektrane obuhvata vodozahvat, cjevovod, strojaru (turbinsko i generatorsko postrojenje) kao i sistem za vraćanje vode u prirodni vodotok. Najveći dio navedenih elemenata su već poznati proizvodi. Na drugoj strani, vodozahvat koji nosi prefiks „ekološki“ upravo omogućava da se on ugradi na obalu vodotoka gdje postoje povoljni uvjeti sa ciljem da se uzme proračunata količina vode koja je neophodna da svojim prirodnim protokom, zbog postojanja različitih nivoa vode između vodozahrata i donje vode, pokreće turbinu odnosno generator.

Ekološki tip hidroelektrane biće u funkciji odnosno proizvodila bi se električna energija u vrijeme srednjih, srednje visokih i visokih nivoa voda, a u skladu sa instalisanim proticajem koji kod svakog pojedinačnog slučaja gradnje mora biti ekonomski opravdana. U vrijeme kada nivo vode u vodotoku dostigne proračunati ekološki prihvatljiv protok ovaj tip hidroelektrane automatski prestaje sa radom. Na taj način vodotoku se omogućava očuvanje njegovih prirodnih karakteristika.

Vodozahvat je tako projektovan da hidroelektrana automatski prestaje sa radom kod proračunatog niskog vodostaja i ne zavisi od volje čovjeka, u ovom slučaju od volje operatera, koji upravlja procesom proizvodnje električne energije.

Ovaj ekološki tip hidroelektrane može se graditi i u uslovima propisanim visokim standardima za očuvanjem prirodnih karakteristika vodotoka kakve imaju određena područja koja su proglašena parkom prirode ili nacionalnim parkom. Za takva područja koja imaju izuzetne vrijednosti propisuje se citiranim Pravilnikom, pored I razine i II razine procjene EPP, sa težištem na procjenu ugroženosti staništa ili vrsta, historijsko-kulturološke i ambijentalne vrijednosti vodotoka i sl.[1].

Od izuzetnog značaja je činjenica da sve privredne, društvene i sportske aktivnosti koje su bile karakteristične za dotični vodotok i nakon gradnje ovog tipa hidroelektrane mogu ostati nepromjenjene ili imaju potencijal da budu na višem kvalitetnijem nivou. To je iz razloga što se od dobiti koja nastaje prodajom električne energije mogu izdvojiti određena sredstva koja će značajno podići kvalitet ljudskih aktivnosti koje se bile karakteristične za dotičnu lokalnu zajednicu.

Autori ovog rada izradili su Idejni projekt za gradnju male hidroelektrane Martin Brod, općina Bihać, Bosna i Hercegovina u području stroge zaštite u Nacionalnom parku „Una“, a od relevantne institucije uradjena je i preliminarne Studija uticaja na okoliš. Ovaj lokalitet je poznat u evropskim razmjerama po sedrenim barijerama na kojima se nalazi kompletno područje ovog naselja. Upravo ti razlozi su opredjeljivali autore da je moguće na jednoj strani izgraditi malu hidroelektranu, a na drugoj, ostaviti mogućnost da rijeka Una ima puni kapacitet za odvijanje procesa po kojima je i poznata, kao i da stanovništvo nastavi sa ostvarivanjem dosadašnjih tradicionalnih sportskih, društvenih i privrednih aktivnosti.

3. ZAKLJUČAK

Ekološki tip hidroelektrane predstavlja pristup gradnji hidroenergetskih objekata u područjima koje imaju karakteristike zaštićenih područja kao što je nacionalni park ili park prirode. Izgradnjom ekološkog tipa hidroelektrane pomirila bi se dva do sada suprotstavljena stajališta. Proizvodila bi se toliko neophodnu električna energija i na drugoj strani ostao bi budućim generacijama vodotok koji je bi prepoznatljiv i prije gradnje.

Kroz istoriju je čovjek suptilno koristio snagu prirode – snagu vode – koristeći od nje onu količinu energije koja mu je bila potrebna za obavljanje određenih aktivnosti.

I u budućnosti čovjek mora pokazati da je spreman sa respektom koristiti prirodne potencijale, uz poštivanje vrlo visokih ekoloških i uopšte okolišnih standarda koje sam postavi.

4. NAPOMENA

Inovacija „Ekološki tip hidroelektrane“ nagrađena je:

1. Zlatnom medaljom na 35. Međunarodnom salonu inovacija i novih tehnologija u Ženevi, aprila 2007. godine.
2. Priznanjem sa medaljom Udruženja fabrikanaata i poduzetnika Republike Francuske na Sajmu inovacija „Concours Lepine“ u Parizu , maja 2007. godine.

Patent objavljen u „Glasniku intelektualnog vlasništvaBiH“ broj 3-4/2007 i Evropski patentni ured - WIPO 2007/112517; više na www.ecoinventions.ba

5. LITERATURA

- [1] Ekološki prihvatljiv protok, Primjena pravilnika u praksi; Prof.dr. Branko Vučijak, Mirza Sarač, dipl.inž.gradj; Časopis „Voda i mi“ Agencije za vodno područje rijeke Save Sarajevo br.85/2014.
- [2] The Implementation of the RES Directive in the Energy Community, Gabriela Cretu,Electricity and Reneeawble Energy; Nexus Assesment Workshop – Sava River Basin, Zagreb, 4-6 March 2014.
- [3] Strateški plan i program razvoja energetskog sektora Federacije BiH /2009, Federalno ministarstvo energije, rudarstva i industrije, Sarajevo,
- [4] Studija energetskog sektora u BiH- Modul 3 –proizvodnja električne energije. Konzorcij: Energetski institut H.Požar, Hrvatska; Soluziona, Španjolska; Ekonomski institut, B.Luka, BiH; Rudarski institut Tuzla, BiH.

LIPID BIOFUELS AS PROMISING FUEL

LIPIDNA BIOGORIVA KAO OBEĆAVAJUĆA GORIVA

Sabina Begić¹, Vladan Mičić², Zoran Petrović², Pero Dugić³

¹University of Tuzla, Faculty of Technology, Univerzitetska br.8,

²University of East Sarajevo, Faculty of Technology Zvornik, Karakaj b.b.,

³Oil refinery Modriča, Vojvode Stepe Stepanovića br.49,

sabina.begic@untz.ba

micicvladan@yahoo.com

ozrenzorp@gmail.com

perodugic@gmail.com

SAŽETAK:

Biogoriva koja se danas koriste i koja će se u vremenu koje dolazi koristiti sa velikim očekivanjem su tzv. lipidna biogoriva (čisto biljno ulje i biodizel). Biogoriva su već zastupljena u prometu goriva, pri čemu čisto biljno ulje i biodizel se označavaju prvom generacijom biogoriva. Oni se uglavnom dobijaju iz kultura koje se koriste u ishrani. Uljana repica, suncokret, soja i palmino ulje su sirovine koje se koriste za dobijanje biljnog ulja i biodizela. Korišćenje lipidnih biogoriva je blisko povezano sa raspoloživih i budućim tehnologijama vezanim za rad motora. Proizvodnja i korišćenje biodizela i biljnog ulja već je prisutno a veća potrošnja i dobijanje ovih goriva u budućnosti ne zavisi od tehničkih rešenja već od politike i cene. Glavni nedostatak biogoriva prve generacije je da se samo specifične kulture mogu koristiti za njegovu proizvodnju.

Ključne reči: lipidna biogoriva, biodizel, čisto biljno ulje

ABSTRACT:

The promising biofuels which are used today and which will be used in the future are lipid biofuels (pure plant oil and biodiesel). Biofuels already established in fuel markets, such as pure plant oil and biodiesel are denoted as first generation biofuels. They are usually produced from food crops. Rape seed, sunflower, soybean and palm oil are examples of feedstocks for biodiesel and pure plant oil production. The use of lipid biofuels is closely linked to available and future engine technologies.

The production and use of biodiesel and pure plant oil is already well established and a further promotion of these fuels mainly depends on non-technical issues, such as policies and cost-effectiveness. The main disadvantage of first generation biofuels is that only a specific range of crops can be used for the biofuel production.

Keywords: lipid biofuels, biodiesel, pure plant oil

1. INTRODUCTION

There exist mainly two types of fuels that are based on lipids: pure plant oil (PPO) and biodiesel. Feedstock production and oil extraction are the same process steps for both fuels. But, for the final production of PPO some additional purification steps are necessary, whereas for biodiesel the transesterification step has to be applied, [1, 2].

Nevertheless, both end products (PPO and biodiesel) are completely different in properties. Despite continuous improvements in the production of lipid biofuels, relatively high production costs remain a critical barrier against commercial development, though technologies for PPO and biodiesel production from oilseed crops are already fairly mature

2. FEEDSTOCK PRODUCTION

There are many options for utilizing different feedstock types for PPO and biodiesel production. Besides dedicated oilseed crops such as e.g. rapeseed and soybean, also microalgae, animal fats and waste oil provide viable feedstock opportunities for fuel production. However, these last mentioned feedstock types are not yet used on a large scale today, [3, 4]. Figure 1 shows some examples for lipid feedstock sources.

They can be sub-divided into palm fruits, algae, seeds and waste oil. Although the productivity of palm fruits is one of the highest, the most common feedstock sources for PPO and biodiesel production are seeds from various plants. These include seeds from ricinus, sunflower, peanut, sorghum, rapeseed, sorghum and jatropha, [5, 6].

The choice for a dedicated feedstock is pre-determined by agricultural, geographical and climatic conditions. But it also has to be considered, that different feedstock types are characterized by different properties. For instance, the oil saturation and the fatty acid content of different oilseed species vary considerably. Biodiesel from highly saturated oils is characterized by superior oxidative stability and high cetane number, but performs poorly at low temperatures. Therefore, pure plant oil (PPO) with a high degree of saturation is more suitable as feedstock in warmer climates, [1, 3].

For PPO and biodiesel production oilseed crops provide the primary feedstock. Of the major oilseeds cultivated today, soybean production is by far the world's largest, followed by rapeseed and cottonseed, [1]. The dominant feedstock used in PPO and biodiesel, however is rapeseed which is cultivated mainly in Europe. Nearly 85 % of biodiesel production is made from rapeseed, followed by sunflower seed oil, soybean oil and palm oil, [3].

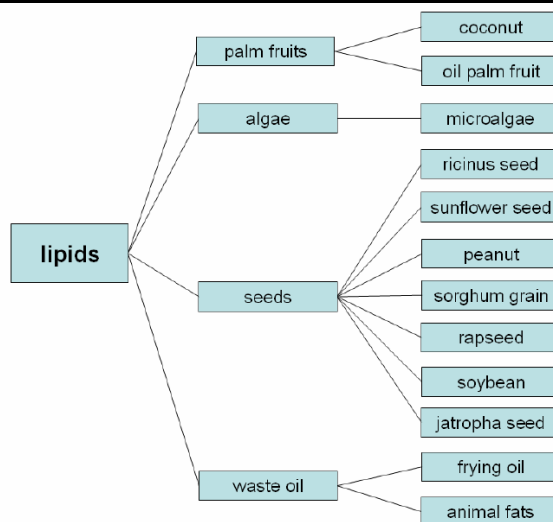


Figure 1: Types and classification of lipid feedstock sources

Microalgae are microscopic single-cell aquatic plants with the potential to produce large quantities of lipids (plant oils) that are well suited for use in biodiesel production, [6, 7].

Animal fats are co-products of meat and fishery industries. It can be received from cattle, hog, chicken and fish. Due to the low retail prices of these co-products they may be an increasing source for biodiesel production, especially in order to replace fuel for vehicle fleets of companies producing these raw materials.

There is a large variety of waste oils available for biofuel production. In general these waste oils are inexpensive and offer an additional environmental impact by using substances which would otherwise have to be disposed. The origin of the oil can be characterized by three types:

- Waste oil from households and restaurants
- Waste oil from food industry
- Waste oil from non-food industry

Rape, soybean, palm and coconut oils are the waste oils most frequently used in biodiesel production. The use of these waste vegetable oils (WVO) requires additional processing to filter out residues and to handle the acids produced by high temperatures, [7].

Sometimes industrial waste oils can be used for biofuel production. An example therefore is tall oil, a co-product of the manufacture of sulfate pulp from resinous woods, such as pine and spruce, [3].

Today, mainly oil from plant sources which are exclusively harvested for biofuel production (oil crops) is used for PPO and biodiesel processing. The amount of fuel production from microalgae, animal fats and waste oils is only small, although the potential is expected to be very high.

2.1. Fuel production

The first process step of biofuel production is the oil extraction which can be done by several means. The oil extraction of the feedstock is the first process step of both PPO and biodiesel processing. Regarding the scale of production and the infrastructure, there are two fundamental production process types for vegetable oils:

- Industrial: centralized production by refining in large industrial plants
- Small scale pressing: decentralized cold pressing directly on farms or in cooperatives

The common way in oil extraction is the treatment of feedstock in centralized industrial large scale plants. First, the feedstock has to be pre-treated. After oil extraction next step is refining process, [3]. The refining process is an important treatment of creating PPO and of preparing vegetable oil for the transesterification process of biodiesel. It is important in order to remove undesirable substances, such as phosphatides, free fatty acids, waxes, tocopherols and colorants. These substances can alter oil storage life and hamper further processing. During this first refining step the oil mass (4 to 8 %) and the solvent contents are reduced. Since the refining process depends on the vegetable oil quality, the refining steps depend on the feedstock source. There also exist alternatives of refining and some refining steps are merging. Nevertheless a simplified process chart is shown in Figure 2, [7].

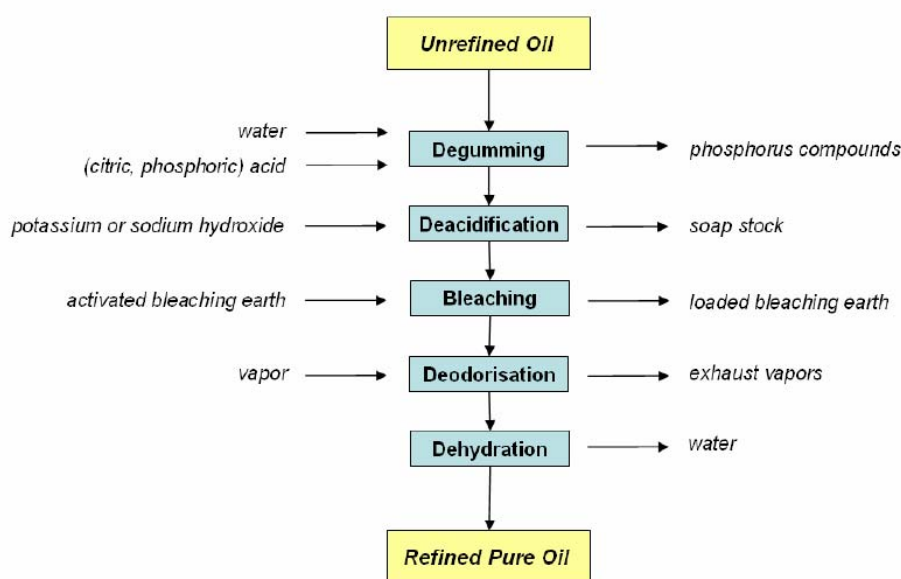


Figure 2: Chemical plant oil refining process

The first purification step of oil refining is the removal of phosphatides, also known as degumming. This is necessary as phosphatides make the oil become turbid during storage and as they promote the accumulation of water [3]. Phosphatides can be removed by two different ways: water degumming and acid degumming.

The second refining step is the deacidification. It is an important step for edible oils as the development of rancid flavors of free fatty acids (FFA) are prevented.

In the third step bleaching, colorants are removed. This process step enhances storage life of the biofuel. Bleaching is mainly conducted by adsorbing substances, such as bleaching earth, silica gel or activated carbon. But also oxygen, ozone, hydrogen peroxide and heat (200°C) can be used for bleaching.

In the deodorization step odorous substances (ketone, aldehyde) are removed by steam distillation.

Finally a dehydration step has to be conducted, as traces of water may decrease conversion in the transesterification process of biodiesel production. The removal of water is either accomplished by distillation under reduced pressure or by passing a stream of nitrogen through the fatty material, [2, 3, 5]. After refining, the plant oil can be directly used as PPO. For the use as biodiesel it has to be transesterified.

The chemical transesterification process during biodiesel production changes the molecular structure of lipid molecules. Thereby the physical properties change. Although even refined pure plant oil (PPO) can be used in refitted diesel engines, biodiesel, which is created by a transesterification step, has several advantages. One advantage is the lower viscosity of biodiesel when compared to PPO. Increased viscosity adversely affects fuel injection duration, pressure, and atomization of diesel engines. Biodiesel is very similar to fossil diesel and thus can be consumed in common diesel engines which are refitted with only small efforts.

Transesterification, also called alcoholysis, is the process by which the refined oil molecule is “cracked” and the glycerin is removed, resulting in glycerin soap and methyl- or ethyl esters (biodiesel). The chemical transesterification reaction is shown in Figure 3, [6].

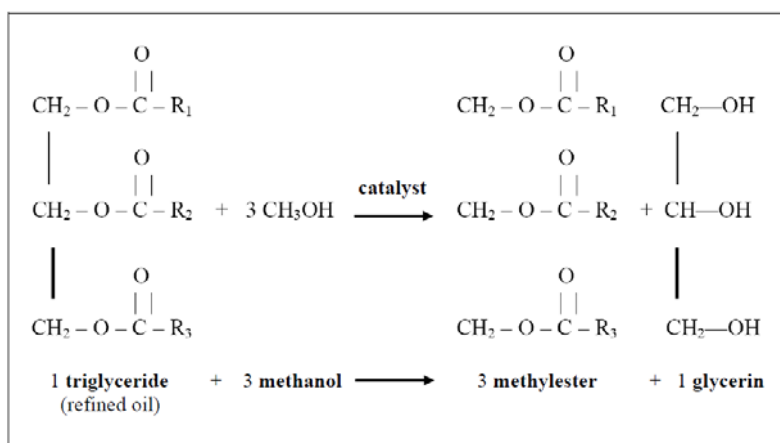


Figure 3: Transesterification reaction of biodiesel production by using methanol

For the transesterification process, mainly the alcohols methanol and ethanol are used. Theoretically transesterification can be also processed with higher or secondary alcohols.

Transesterification with methanol, also called methanolysis, is the most commonly method for biodiesel production. Methanol is characterized by its lower prices and its higher reactivity as compared to other alcohols. This reaction can happen by heating a mixture of 80–90 percent oil, 10–20 percent methanol, and small amounts of a catalyst. For the reaction it is necessary to mix all ingredients well, as the solubility of methanol in vegetable oil is relatively low. The received biodiesel after methanolysis is fatty acid methyl ester (FAME), [6, 8].

As methanol usually is a fossil product, the utilization of bioethanol in an ethanolysis reaction is often discussed as the more environmentally friendly alternative, since it allows the production of an entirely renewable fuel. In addition, ethanol is much less toxic and slightly increases the heat contents and cetane numbers of the resulting fuel. But, on the other hand, for ethanolysis much more energy is

needed and problems with the separation of the ester and glycerin phases are reported more frequently, [3]. The process energy costs seem to be higher as well. Biodiesel which is received by ethanolysis is also called fatty acid ethyl ester (FAEE).

Although the transesterification process proceeds in the absence of catalysts as well, the reaction usually is conducted by using catalysts due to economic reasons. Non-catalytic reacting too slowly and high energy inputs are required. The advantage of a non catalytic process would be the creation of purer esters and soap-free glycerin. Several types of catalysts can be used: Alkaline material, Acidic material, Transition metal compounds, Silicates, Lipases, [6].

Acidic and alkaline catalysis can be divided between homogeneous and heterogeneous catalysis. Thereby, alkaline catalysis by far is the most commonly used reaction type for biodiesel production. Sodium hydroxide (NaOH) and potassium hydroxide (KOH) are the most common alkaline catalysts, in part because with them, transesterification can happen at a lower temperature, [6].

2.2. Properties and use of lipid biofuels

The molecules of pure plant oil, animal fat and biodiesel vary, depending on the origin of the feedstock type. Nevertheless, PPO and biodiesel must meet certain properties and standards after refining and transesterification, respectively, [3].

Properties of pure plant oil (PPO) largely differ in its properties when they are compared to the properties of fossil diesel. For example the viscosity of PPO is much higher, especially at cooler temperatures. It is up to ten times higher than the viscosity of fossil diesel. This property leads to technical challenges in winter running and when cold starting in conventional engines. Since PPO tends to gum up at colder temperatures, it has been difficult to blend it with conventional diesel fuel. However, different types of plant oil have different properties that affect engine performance.

Also the flashpoint of pure plant oil is significantly higher than that of normal diesel. Additionally, PPO is biodegradable in a short time in soil and waters and e.g. in Germany, it is not classified in any water hazard class.

Because of its specific properties, the refined PPO usually cannot be used in normal diesel engines. In order to run on pure plant oil, diesel engines must either be refitted, which is often done by attaching a mechanism for preheating the oil, or a dedicated engine must be used such as the Elsbett engine.

Generally, the properties of biodiesel and especially its viscosity and ignition properties are similar to the properties of fossil diesel.

Although the energy content per liter of biodiesel is about 5 to 12 % lower than that of diesel fuel, biodiesel has several advantages. For example the cetane number and lubricating effect of biodiesel, important in avoiding wear to the engine, are significantly higher. Therefore the fuel economy of biodiesel approaches that of diesel. Additionally, the alcohol component of biodiesel contains oxygen, which helps to complete the combustion of the fuel. The effects are reduced air pollutants such as particulates, carbon monoxide, and hydrocarbons. Since biodiesel contains practically no sulfur, it can help reducing emissions of sulfur oxides.

Biodiesel is sensitive to cold weather and may require special anti-freezing precautions, similar to those taken with standard diesel. Another problem is that biodiesel readily oxidizes. Thus long-term storage may cause problems, but additives can enhance stability, [5, 6].

Biodiesel also has some properties similar to solvents. Therefore it can attack plastic and rubber components such as seals and fuel lines. This causes problems in vehicles which have not been approved or which are filled with biodiesel for the first time after a long mileage with fossil diesel. In this case biodiesel acts like a detergent additive, loosening and dissolving sediments in storage tanks. Residues of the fossil fuel are released, causing the filter to become blocked. It is therefore advisable to change the fuel filter after several tank fillings with biodiesel.

Conventional diesel engines operate readily with up to 100 % biodiesel fuel, but using blends above 20 % may require modest costs in order to replace some rubber hoses that are sensitive to the solvent character of biodiesel, [1].

2.3. Emissions of lipid biofuels

For biodiesel most studies show a net reduction in emissions. For instance, up to 78 % reductions in CO₂ are estimated by using soybeans in the United States, [9, 10]. Also the estimates for net GHG emissions reductions from rapeseed-derived biodiesel range from about 40% to 70% when compared to conventional diesel fuel. Besides many studies showing GHG reductions for biodiesel.

For PPO far fewer studies on GHG balance exist. But, as the process step of transesterification is not applied to PPO, some GHG emissions can be saved. On the other hand, the consideration of glycerin, a co-product of biodiesel production, reduces GHG emissions of biodiesel, [2]. Biodiesel from

rapeseed is generally more favorable in regard of GHG emissions than pure rapeseed oil, since glycerin can be used to substitute technically produced glycerin.

If the feedstock source for biodiesel or pure plant oil is waste cooking oil, the GHG balance for these fuels is even greater than for all other lipid biofuels. This is due to the fact, that no emissions of ecologically relevant compounds during fertilizer manufacture, cultivation, harvesting and oil recovery are considered for waste oils. Also other negative effects, such as eutrophication, acidification and stratospheric ozone depletion, that are associated with dedicated grown energy crops, may be mitigated or even reversed by using waste vegetable oil as feedstock source, [3].

In the European Union limited emissions are carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NO_x) and particulate matter (PM). Unlimited emissions for instance are aldehydes and various polycyclic aromatic compounds (PAH), [11].

Since the use of PPO is not yet widely promoted in Europe, studies on pure plant oil emissions are rare. In contrast, biodiesel is much more used and thus more studies on biodiesel emissions are available than for PPO.

Although emission of biodiesel combustion is a complex result of fuel quality, engine design and vehicle condition, it can be summarized that most pollutants are generally reduced when compared to fossil diesel. Lower emissions of particulates, sulfur, hydrocarbons, CO and toxins can be observed. Only NO_x emissions slightly increase, [1].

These reductions have been observed in a detailed evaluation of emission results and potential health effects by the U.S. Environmental Protection Agency, [10]. EPA has surveyed the large body of biodiesel emissions studies and averaged the health effects testing results with other major studies. Since the majority of available data was collected on heavy-duty highway engines, this data formed the basis of the analysis. The average effects are shown in Figure 4.

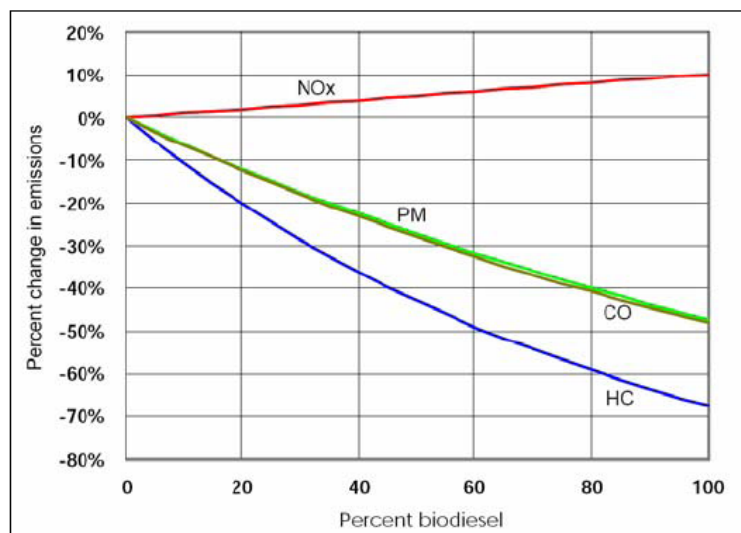


Figure 4: Average emission impacts of biodiesel for heavy-duty highway engines

Many studies attest reductions in CO and HC emissions as well, which is attributed to the oxygen content of fatty acid methyl esters, amounting to about 11 %, which leads to more complete combustion. Regarding NOx emissions, all studies report a slight increase for biodiesel-fuelled engines. The reason for this is uncertain. Sulfates are reduced dramatically due to the fact that most biodiesel fuels contain no sulfur.

Also emissions from aromatic compounds, polycyclic aromatic compounds (PAC) and nitro-PAC are generally reduced. In contrast to this compliance, studies about aldehyde emissions show different results. Thus, on the one side reductions in aldehydes were reported, but on the other side also rising emissions of formaldehyde, acroleine, and acetaldehyde are demonstrated, [3].

The consumption of biodiesel not only reduces tailpipe emissions when compared to fossil diesel. It also has the advantage, that biodiesel itself is much less harmful to water and soil.

Additionally biodiesel is far more water-soluble than fossil diesel, enabling marine animals to survive in far higher concentrations if fuel spills occur. This is not only important to maritime shipping, but also to groundwater and biodiversity, agriculture and drinking water issues, [12]. Nevertheless leakage must be avoided in any case as biodiesel is the result of the transesterification process in which vegetable oil reacts with toxic methanol.

Since PPO is entirely made from plant materials (it contains no methanol), it is even less harmful than biodiesel. PPO is completely risk-free and no special precautions are needed as it is biodegradable in a short time in soil and water. Besides the direct influences of biodiesel and PPO themselves on water and soil, also feedstock production and fuel processing influences water issues. For feedstock production pesticides and fertilizers are need, like for any agricultural crop. Runoff from pesticides can find its way in the groundwater, causing contamination and affecting water quality. Enhanced fertilization can cause eutrophication. In some regions and for some crops also water is needed for irrigation. This causes problems in areas where water is scarce. All these water issues of feedstock

production largely depend on the various agricultural practices and have to be evaluated separately, [12].

Processing of biodiesel and PPO can consume large quantities of water. The total water consumption for B100 is three orders of magnitude higher than petroleum diesel on a life cycle basis. Water is mainly consumed for washing plants and seeds as well as for removing soap and catalysts from the oil, [1]. Thereby wastewater is produced and has to be cleaned, [9, 14].

2.4. Economy of lipid biofuels

Despite continuous improvements in the production of lipid biofuels, relatively high production costs remain a critical barrier against commercial development, though technologies for PPO and biodiesel production from oilseed crops are already fairly mature.

Since the feedstock price for waste grease and oil is lower, costs for biodiesel produced from these waste sources are lower, too. This is especially valid in cases where the waste oil is free or where it even has negative prices. But, due to its impurity, additional processing costs for cleaning waste oils are needed. Further more the quantity of waste oils is limited. It can be increased by organized collection practices as it is performed in Graz and other Austrian cities, [1, 2].

The production scale of biodiesel has significant impact on cost. The value of co-product sales largely influences the production costs of lipid biofuels. During biodiesel production glycerin is received and can be sold as co-product. Currently the sale of glycerin improves the economies of biodiesel production significantly. But since glycerin markets are limited, increasing supply of glycerine, which is caused by increased biodiesel production, could cause glycerine prices to fall near zero. In the case of collapsing glycerin prices, biodiesel prices would increase drastically. This only affects biodiesel production, but not PPO production, since glycerine is only a co-product of biodiesel production. Net production costs for PPO are lower since the expensive transesterification process is not applied for PPO.

An example for a detailed cost calculation over the whole life cycle of biodiesel production is given for Germany, [2]. Thereby especially tax incentives and the agricultural subsidies for set-aside land largely contribute to the competitiveness of biodiesel in Germany. The competitiveness of PPO and biodiesel today still largely depends on the national legislative frameworks and subsidies in EU member states. Subsidies can be both agricultural aids and market incentives for the biofuel itself, [11]. Tax exemptions also have considerable impacts on end-user costs for pure plant oil and biodiesel. However, generally PPO and biodiesel offer large economic advantages over fossil fuels, but direct cost comparisons are difficult. PPO and biodiesel have the potential to generate many positive externalities, such as reduced greenhouse gas emissions, decreased air pollution, and job creation, [13]. Additionally PPO and biodiesel decrease dependency from crude oil imports. Consequently PPO and biodiesel are a more socially and environmentally desirable liquid fuel, a fact that is often neglected in direct cost calculations.

3. CONCLUSION

Since several years, the demand and price for crude oil are increasing continuously. The same time, discoveries of new oil fields are rapidly decreasing. New solutions have to be found to guarantee the high standard of daily life in Europe and worldwide. One of these solutions are lipid biofuels, pure plant oil (PPO) and biodiesel.

The development of new technologies for processing and using biofuels is steadily progressing. Biofuels are becoming more and more competitive compared to fossil fuels. The use of biofuels

features a number of advantages suitable for achieving energy, environmental, agricultural and trade policies.

Biodiesel, an alternative to fossil fuels, consists of alkyl, usually methyl, esters of fatty acids (FAME). The researches of biodiesel synthesis are aimed at developing new processes that are economically and environmentally acceptable.

The biodiesel market in the European Union is the biggest biodiesel market worldwide by producing 95 % of the global capacity. In the EU, Germany is a leader in biodiesel production and marketing. Outside Europe there are only two larger markets, in Indonesia and Malaysia. Also in the USA recently a viable biodiesel market emerges. In contrast to biodiesel, the global PPO market is minor.

One of the main advantages of using lipid biofuels instead of fossil fuels in the transport sector is the ability of lipid biofuels to reduce greenhouse gas emissions. The combustion of lipid biofuels itself can be regarded as CO₂ neutral.

4. REFERENCES

- [1] WWI (Worldwatch Institute), Biofuels for Transportation, Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century, Submitted Report prepared for BMELV in cooperation with GTZ and FNR, 2006.
- [2] T. Dreier, P. Tzscheuschler, Ganzheitliche Systemanalyse für die Erzeugung und Anwendung von Biodiesel und Naturdiesel im Verkehrssektor - Energie und Anwendungstechnik, Institut für Energieietechnik TU, München, 2001.
- [3] M. Mittelbach, C. Remschmidt, Biodiesel: the Comprehensive Handbook, Boersendruck Ges.m.b.H., Vienna, 2004.
- [4] N. Paul, D. Kemnitz, Biofuels – Plants, Raw Materials, Products, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR); WPR Communication, Berlin, 2006.
- [5] F. Ma, M.A. Hanna, Biodiesel production: A review, *Bioresource Technology*, 70(1), 1999, 1-15.
- [6] G. Guan, K. Kusakabe, N. Sakurai, K. Moriyama, Transesterification of vegetable oil to biodiesel fuel using acid catalysts in the presence of dimethyl ether, *Fuel*, 88(1), 2009, 81-86.
- [7] Z. Qiu, L. Zhao, L. Weatherley, Process intensification technologies in continuous biodiesel production, *Chemical Engineering and Processing*, 49(9), 2010, 323–330.
- [8] A.Gog, M. Roman, M. Tos, C. Paizs, F.D. Irimie, Biodiesel production using enzymatic transesterification - current state and perspectives, *Renewable Energy*, 39(1), 2012, 10-16.
- [9] J. Sheehan, V. Camobreco, J. Duffield, M. Graboski, H. Shapouri, *An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles*, A Joint Study sponsored by the U.S. Department of Agriculture and the U.S. Department of Energy, 1998, 47.
- [10] EPA (U.S. Environmental Protection Agency), *A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions*, Draft Technical Report EPA420-P-02-001, 2002, 118. www.epa.gov/otaq/models/biodsl.htm
- [11] B. Kavalov, *Biofuel Potentials in the EU*, Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, EUR 21012 EN, 2004, 27. <http://www.p2pays.org/ref/05/04170.pdf>
- [12] X. Zhang, C.L. Peterson, D. Reece, G. Moller, R. Haws, Biodegradability of Biodiesel in the Aquatic Environment, *ASABE*, 41(5), 1998, 1423-1430.
A.H. Demirbaş, I. Demirbaş, Importance of rural bioenergy for developing countries, *Energy Conversion and Management*, 48(8), 2007, 2386–2398.

DECIMATION ZA PRETVARACE ANALOGIKO/DIGITAL SIGMA DELTA SA CESLJASTIM FILTERIMA

DECIMATION FOR SIGMA DELTA A/D CONVERTERS BASED ON COMB FILTERS

Valentin Conde Cuatzo¹, Gordana Jovanovic Dolecek¹, Vlatko Dolecek²

¹Institut INAOE, Puebla, Mexico

²Univerzitet u Sarajevu, Bosna i Hercegovina

SAŽETAK:

Sigma Delta pretvaraci analognih signala u digitalne signale (SD A/D) su u danasnje vrijeme najpopularniji Analogno/ Digitalni pretvaraci. SD A/D se sastoji od dva glavna dijela: analogni dio ili modulator i digitalni dio ili decimador. U analognom dijelu se sampluje analogni signal sa frekvencijom samplovanja koja je znatno veća od minimalne, definisane kao Nyquist frekvencija i osim toga se oblikuje sum. Kao rezultat toga se dobiva znatno bolja rezolucija i povećani odnos Signal/ Sum (SNR odnos). U digitalnom dijelu se trebaju eliminisati nepotrebni samplovi ili smanjiti brzinu samplovanja do Nyquistove brzine. Međutim, taj proces uvodi neželjeni efekat koji se zove aliasing i koji se mora eliminisati sa digitalnim filterom da bi se očuvao signal. Taj filter se zove decimalni filter. Cesljasti filter (comb filter) je među najpopularnijim decimalnim filterima zbog svoje izrazite jednostavnosti. Međutim on ima i nedostatke kao na primjer njegova magnituda u domenu niskih frekvencija ima pad, tj nije konstantna, što bi moglo da deformise signal. Pored toga njegova magnituda nema potrebno prigušenje u frekvencijama oko nula cesljastog filtera, gdje se treba eliminisati aliasing. Mnoge metode su bile predložene za rješavanje navedenih problema cesljastih filtera. U ovome radu ćemo predstaviti neke od tih metoda i konačno predstaviti FPGA implementaciju izabranog filtera.

Ključne riječi: SD A / D, modulator, decimator, nulta rotacija, nerekurzivne forme, rekurzivne forme

ABSTRACT:

Sigma Delta Analog to Digital Converter (SD A/D) is the most popular converter to transform the analog signal into its digital form. It consists of two principal parts: modulator and decimation. In modulator the analog signal is sampled at the rate which is higher than Nyquist rate and the noise is shaped. As a result, it is obtained an increased resolution and an increased Signal-to-Noise Ratio (SNR). The rate of the oversampled signal must be decreased to Nyquist rate in the digital part. This process introduces aliasing which must be eliminated by the decimation filter. Due its simplicity, the most popular decimation filter is comb filter. However its magnitude characteristic exhibits a high passband droop which may deteriorate the decimated signal. Additionally, it does not provide sufficient attenuations in the so called folding bands (bands around the zeros of the comb). In this paper we will present the method to improve comb magnitude characteristic and the corresponding implementation in Field Programmable Gate Array (FPGA).

Keywords: SD A/D, Modulator, Decimator, Zero rotation. Nonrecursive form, Recursive form.

1. INTRODUCTION

Sigma-Delta Analog/Digital Converter (SD A/DC) is the most popular A/DC. It provides an increased resolution and an increased Signal to Noise Ratio (SNR) due to the oversampling, i.e. the sampling of the analog signal with the rate much higher than the Nyquist rate. The rate of the oversampled signal must be decreased to the Nyquist rate in the digital part. This process introduces aliasing which must be eliminated by the decimation filter. Due its simplicity, the most popular decimation filter is comb filter. However, its magnitude characteristic exhibits a high passband droop which may deteriorate the decimated signal. Different methods have been proposed to improve the comb passband characteristic, by cascading simple filters called compensators. Additionally, comb filter does not provide sufficient attenuations in the so called folding bands (bands around the zeros of the comb). The solution is to introduce comb zero rotation [1]. The method results in the increased alias rejection in the folding bands. However, the rotated comb (RC) introduces two multipliers, one working at high input rate. Additionally, there is a problem of possible instability because the ideal pole-zero cancellation on the unit circle can be lost due to the coefficients quantization. In [2] is proposed the method where the rotated comb is multiplierless and presented in a nonrecursive form. The rest of the paper is organized in the following way. Next section describes the methods based on zero rotation. Section 3 presents the Field Programmable Gate Array (FPGA) implementation of one efficient compensated structure, based on comb zero rotation.

2. ZERO ROTATION

Lo Presti proposed in [1] the rotation of comb zeros, introducing the so called rotated comb (RC) filter. The cascade of a comb filter and a rotated comb filter is called rotated sinc (RS) filter. Its transfer function is given as:

$$H_R(z) = H_{comb}(z)H_r(z) , \quad (3)$$

where the RC filter is:

$$H_r(z) = H_u(z)H_d(z) = \frac{1}{M^2} \frac{1 - 2\cos(\beta M)z^{-M} + z^{-2M}}{1 - 2\cos(\beta)z^{-1} + z^{-2}} , \quad (4)$$

and β is the rotation in radians.

The method [1] was generalized by Laddomada in [2] introducing the generalized comb filter. The rotated comb filters work fine for the infinite precision of coefficients. However, using the finite coefficients precision, the cancellation of poles and zeros can be lost, leading to the instability. To solve this problem, the nonrecursive RS (NRS) filter has been proposed in [3].

The transfer function of the NRS filter from [3] is given as:

$$H_r(z) = \frac{1}{M^2} \left[\sum_{i=0}^{M-2} c_i (z^{-i} + z^{-(2M-2-i)}) + c_{M-1} z^{-(M-1)} \right] , \quad (5)$$

where

$$c_0 = 1; c_1 = 2\cos(\beta) . \quad (6)$$

$$c_i = 2\cos(\beta)c_{i-1} - c_{i-2} . \quad (7)$$

and M is the decimator factor.

The coefficients in (5) are expressed using shifts and additions, by rounding [3],

$$C_i = r \text{ round}(c_i/r) . \quad (8)$$

where $r = 2^L$ and $\text{round}(x)$ means rounding to the nearest integer, resulting in:

$$H_{rr}(z) = \frac{1}{M^2} \left[\sum_{i=0}^{M-2} C_i (z^{-i} + z^{-(2M-2-i)}) + C_{M-1} z^{-(M-1)} \right]. \quad (9)$$

The RS filter is given as the cascade of the comb and the rotated comb (9):

$$H_R(z) = H_{\text{comb}}(z) H_{rr}(z). \quad (10)$$

Figure 1 compares the magnitude responses of the original and rounded NRS filters for $M=8$ and $K=1$.

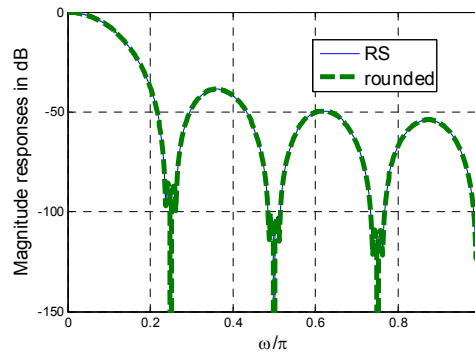
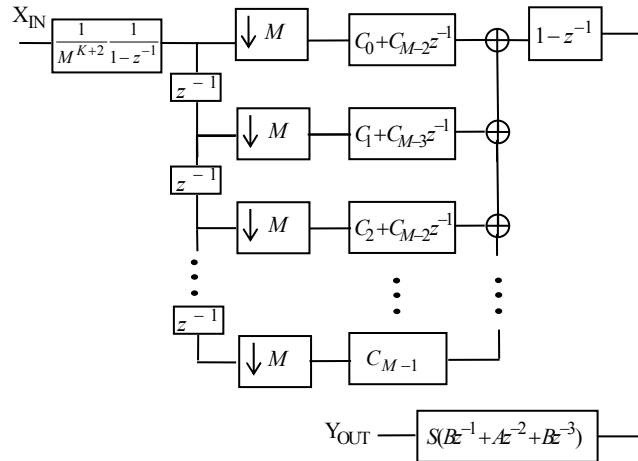


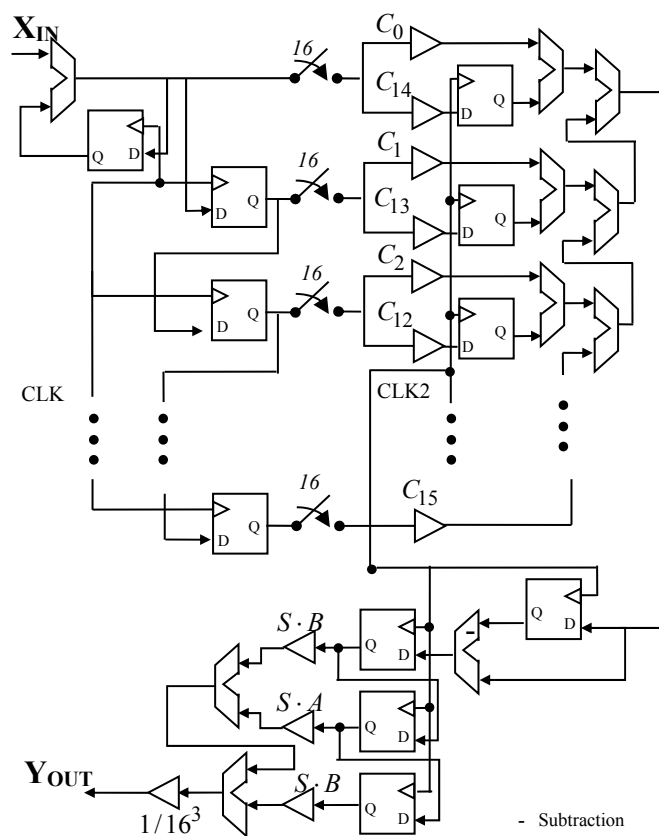
Figure 1. Original and rounded Nonrecursive RS filters..

3. FPGA IMPLEMENTATION

The NRS filter for $M=16$ and $K=1$ and the compensator from [4] are considered. Figures 2a and b present the polyphase decomposition and the FPGA implementation, respectively.



(a) Polyphase decomposition.



(b) FPGA implementation.

Figure 2. Polyphase decomposition and FPGA implementation.

The implemented structure does not require multipliers because each coefficient is represented using adders and shifts as shown in Figure 3

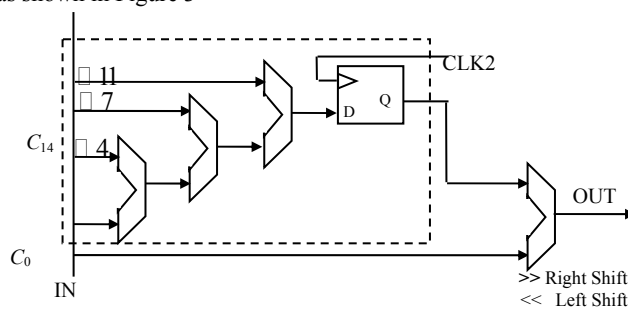


Figure 3. First polyphase branch of Structure without multipliers.

. The unit impulse signal is applied to the input (X_{IN}) of implemented structure. The output of the structure (Y_{OUT}) is obtained by simulation using Active-HDL and is shown in Fig. 4, where the frequency of the signal clk is 10 MHz and the frequency of the signal $clk2$ is equal to $clk / M \approx 625$ kHz.

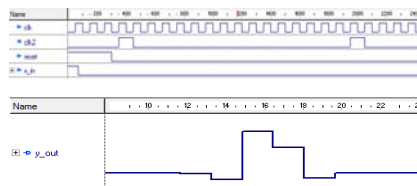


Figure 4. Output to a unit input signal.using Active-HDL.

The details of the FPGA implementation are given in [5].

3. CONCLUSION

This paper presents the method for the increasing the comb alising rejection , based on nonrecursive rotated comb. The passband droop introduced by the comb filter and the nonrecursive rotated comb filter is dcreased by cascading a simple multiplierless compensator working at low rate. As a result the passband deviation of the structure is less than 0.4 dB as expense of a slight increase of the number of adders. The FPGA implementation proves the low complexity of the overall structure.

ACKNOWLEDGEMENT

This work is supported by the Conacyt grant 179587.

4. REFERENCES

- [1] L. Lo Presti, Efficient modified-sin filter for sigma-delta A/D converters, *IEEE Trans. Circuits Syst. II: Analog Digit. Signal Process*, 47, 2000, 1204-1213.
- [2] M. Laddomada, Generalized comb decimation filters for $\Sigma\Delta$ A/D converters, *IEEE Trans. Circuits Syst. I: Reg. Papers*, 54, 2007, 994-1005..
- [3] G.J. Dolecek, A. Fernandez-Vazquez, On nonrecursive rotated comb filter,” in *Proc. IEEE 55th International Midwest Symposium on Circuits and Systems, MWSCAS 2012*, 2012,474–477.
- [4] G.J. Dolecek, L. Dolecek, “Novel multiplierless wide-band CIC compensator,” in *Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems, ISCAS 2010*, 2010, pp. 2119–2122..
- [5] V. Calderon-Reyes, M. G. Cruz-Jimenez, W. G. Castaneda-Barbosa, G. Jovanovic Dolecek and J. J. Rangel- Magdaleno, FPGA Implementation of Compensated Nonrecursive RS Decimator Filter , DSP lab, INAOE, 2012.

METODE ZA ISTOVREMENO POBOLJSANJE PROPUSNOG I NEPROPUSNOG OPSEGA CESLJASTIH DECIMACIONIH FILTERA TECHNIQUES TO IMPROVE SIMULTANEOUSLY PASSBAND AND STOPBAND OF COMB DECIMATION FILTERS

¹Gordana Jovanovic Dolecek, ²Vlatko Dolecek, ³Isak Karabegovic

¹Institut INAOE, Puebla Mexico

²Univerzitet u Sarajevu, Bosna i Hercegovina

³Tehnicki Fakultet, Univerzitet u Bihacu, Bosna i Hercegovina

SAŽETAK:

Smanjenje brzine samplovanja u digitalnom obliku se naziva decimacija. Proces decimacije unosi neželjeni efekat koji se naziva aliasing i koji se mora eliminisati sa digitalnim filtrom. Cjeljasti decimacioni filter je zbog svoje jednostavnosti najcesce koristen decimacioni filter i to obicno na prvoj etapi decimacije. Da bi se izbjegla deformacija signala, ovaj filter mora imati ravnu karakteristiku u propusnom opsegu. Osim toga, da bi se eliminisao aliasing, filter mora imati jako slabljenje u opsezima oko nula cjeljastog filtera, koji se nazivaju folding bands. Buduci da cjeljasti filter ne zadovoljava pomenute karakteristike, razne metode su bile predložene da poprave karakteristiku cjeljastog filtera u propusnom, ili nepropusnom opsegu, ili u oba opsega, sa namjerom ocuvanja jednostavnosti ovoga filtera. U ovome radu ce se predstaviti najpopularnije metode za istovremeno poboljsanje magnitude u propusnom i nepropusnom opsegu. Simulacije u MATLAB-u omogucavaju poredjenje dobivenih rezultata.

Ključne riječi: decimacija, češalj, smanjenje propusnosti, aliasing, folding bands.

ABSTRACT:

Decimation is the process of decreasing the sampling rate in the digital form. This process introduces aliasing which must be eliminated by the decimation filter. Comb filter is the most popular decimation filter, usually used in the first stage of decimation. This filter must have flat characteristic in the passband to prevent the distortion of the decimated signal. Additionally it must have high attenuation in the so called folding bands (bands around the comb zeros). Different methods have been proposed to improve the comb magnitude characteristic in the passband, in the folding bands, and in both: passband and folding bands, preserving its simplicity. In this paper we will review the most popular techniques to simultaneously improve the magnitude characteristic of the comb decimation filter in both: the passband and stopband. MATLAB simulations are used to compare the resulting magnitude characteristics.

Keywords: decimation, comb, passband droop, aliasing, folding bands.

1. INTRODUCTION

The decreasing of sampling rate in a digital form is called decimation. This process is important in the oversampled Sigma-Delta Analog/Digital (SD A/D) converters and sampling rate conversion in

Software Defined Radio. The process of decreasing the sampling rate itself introduces effect, called aliasing, which must be eliminated by the digital filter, in order to prevent the distortion of decimated signal. This filter proceeds the decimation and is called the decimation filter. The decimation is usually performed in a different stages. However, the filter which works at high input rate must be simple. Comb filter is a very simple filter which is usually used in the first stage. Its system function is given either in a recursive form,

$$H(z) = \left[\frac{1}{M} \frac{1 - z^{-1}}{1 - z^{-M}} \right]^K, \quad (1)$$

or in a recursive form,

$$H(z) = \left[\frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} z^{-k} \right]^K, \quad (2)$$

where M is the decimation factor and K is the number of the cascaded filters. However, the magnitude characteristic of the comb exhibits a high passband droop and a low attenuation in the bands around the zeros of the comb filter (folding bands). The attenuations can be increased by increasing the number of the cascaded combs, but this results in an increased passband droop, as shown in Fig.1, for $M=15$ and $K=1, 3$, and 5 .

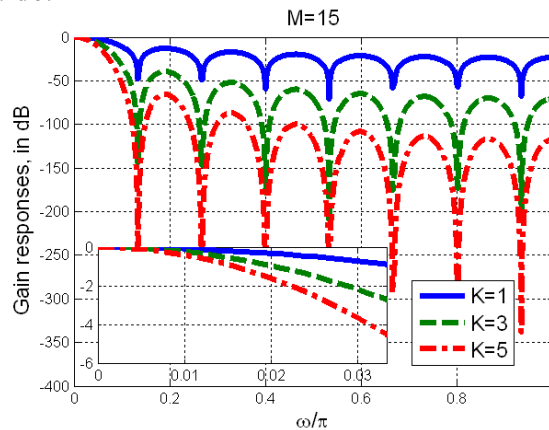


Figure 1. Gain responses of comb filter with $M=15$ and $K=1, 3$, and 5 .

Different methods have been proposed to improve comb magnitude characteristic, [1-5], [7-9]. However, we consider here only methods which simultaneously improve both, the comb passband and folding bands, i.e. sharpening method and correction filters method.

2. SHARPENING METHOD

The sharpening technique [6] was first time applied to the comb filter in [5], taking the most simple polynomial in the form: $3H^2 - 2H^3$, where H presents the cascaded combs. Figure 2 illustrates this idea, where the sharpened comb with $M=18$ and $K=2$ is compared with an equivalent comb with $Ke=3$. We can notice that the attenuations in the folding bands is increased, while the passband droop in the passband is decreased in the sharpening comb. However, the price is the increased complexity, because the sharpening works at high input rate. To solve this problem, in [7] is proposed two-stage structure, where sharpening is applied only to the second stage.

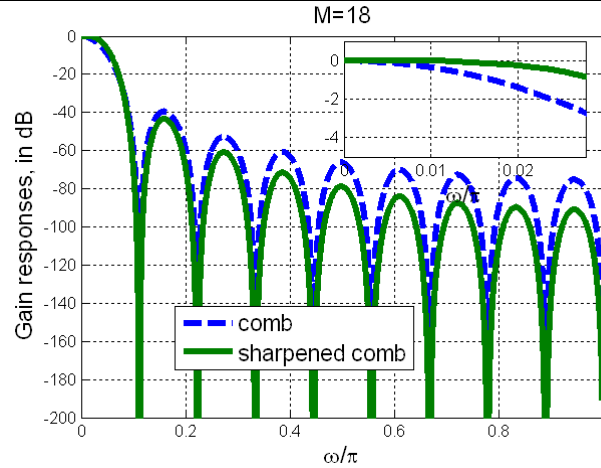


Figure 2. Gain responses of comb with $M=18$ and $K=3$, and sharpened comb.

The sharpening works at the rate which is M_1 times less than the high input rate, where M_1 is the decimation factor of the first stage, which can be implemented either in recursive or nonrecursive form. Figure 3 presents the corresponding structure.

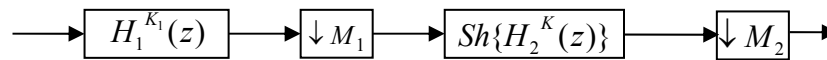


Figure 3. Structure of two-stage comb with sharpening at second stage.

Figure 4 illustrates this concept taking $M=18$ and $M_1=3$. All filters are cascaded $K=2$ times.

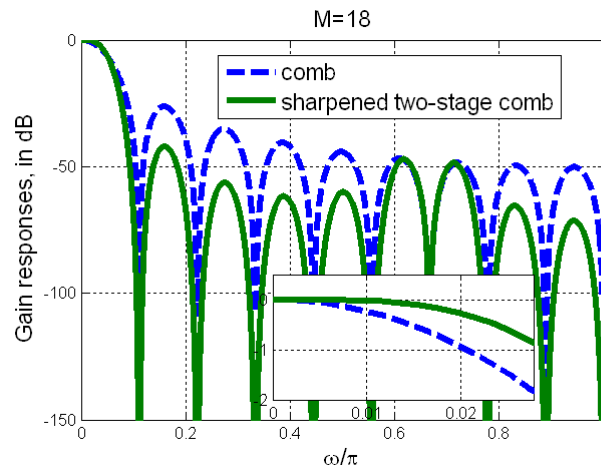


Figure 4. Gain responses of comb with $M=18$ and $K=2$, and sharpened two-stage comb.

3. CORRECTOR FILTERS

In [9] is introduced a novel two-stage comb decimator with the improved magnitude characteristic. Simple multiplierless corrector filters, which are designed using the frequency sampling and IFIR (Interpolated Finite Impulse Response) methods, are introduced. The proposed filters compensate the comb passband droop in the wideband passband region and increase the attenuations in the folding bands. Using the multirate identity, the filters may be moved to a lower rate. The filter design depends only on the number of the cascaded comb filters and for practical examples considered, does not depend on the decimation factor M . The structure is given in Fig.5. Note that the corrector filter works at the rate which is $M/2$ times less than the high input rate.

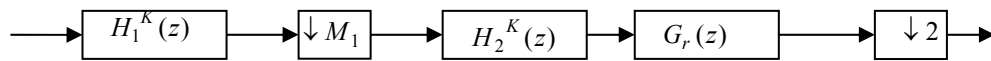


Figure 5. Structure of two-stage comb with corrector filter.

Fig. 6 illustrates the method taking $M=18$ and $K=3$. The corresponding corrector filter is given as [9]:

$$G_r(z) = 1 - z^{-1} - 6z^{-2} + 2z^{-3} + 21z^{-4} + 21z^{-5} + 2z^{-6} - 6z^{-7} - z^{-8} + z^{-9}. \quad (3)$$

The zooms of the first folding band and the passband are also shown to illustrate the improvement in the passband as well as in the folding bands. Note that the corrector filters are multiplierless considering that can be implemented by shifting and additions.

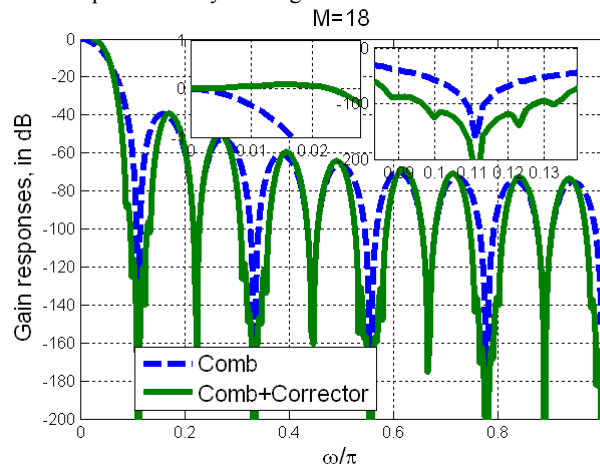


Figure 6. Comb and Comb cascaded with corrector filter.

4. CONCLUSION

This paper presents two popular methods to decrease the comb passband droop and improve aliasing rejections in the comb folding bands, i.e. bands around the zeros of comb filter. The sharpening and the corrector filters are presented. The advantage of using corrector filters is confirmed in the presented example. The corrector filters are defined only by the comb parameter K , which is the number of cascaded filters. Additionally corrector filters are multiplierless and work at the rate which is M_1 times less than high input rate, where M_1 is $M/2$.

ACKNOWLEDGEMENT

This work is supported by the CONACYT grant No. 179587.

4. REFERENCES

- [1] L. Lo Presti, Efficient modified-sinc filters for sigma-delta A/D converters, *IEEE Trans. on Circuits and Systems II*, 47, (11), 2000, 1204-1213.
- [2] M. Laddomada, Generalized comb decimation filters for Sigma-Delta A/D converters: Analysis and design, *IEEE Trans. on Circuits and Systems I*, 54, (5), 2007, 994-1005.
- [3] G. Jovanovic Dolecek, Simple wideband CIC compensator”, *IET Electronics Letters*, 45, (24), 2009, 1270-1272.
- [4] A. Fernandez Vazquez and G. Jovanovic Dolecek, Maximally Flat CIC Compensation Filter: Design and Multiplierless Implementation, *IEEE Transactions on Circuits and Systems II*, 54, (2), 2012, 113-117.
- [5] A. Kwentus and A. Willson, Jr., Application of filter sharpening to Cascaded Integrator-Comb Decimation Filters, *IEEE Trans. on Signal Processing*, 45, (2), 1997, 457-467.
- [6] J. F. Kaiser, R. Hamming, Sharpening the response of a symmetric non-recursive filter, *IEEE Transactions on Acoustic, Speech, and Signal Processing*, 262, (25), 1977, 415-422.
- [7] G. Jovanovic Dolecek, and Mitra, S. K. A New Two-Stage Sharpened Comb Decimator, *IEEE Trans. on Circuits and Systems I*, 52, (7), 2005, 1416-1420.
- [8] Jeong C, Min YJ, Kim SW., Double-sharpened decimation filter employing a pre-droop compensator for multistandard wireless applications, *ETRI Journal*, April 2011, 33 (2), 189-175.
- [9] G. Jovanovic Dolecek and A. Fernandez-Vazquez, Novel droop-compensated comb decimation filter with improved alias rejections, *AEU International Journal for Electronics and Communication*, 67, (5), 2013, 387-396.

WEB-BASED INFORMATION SYSTEM FOR OPTIMAL SUPPLIER SELECTION

Lucija Brezočnik, Domen Verber

Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Maribor, Slovenia

lucija.brezocnik@student.um.si,

domen.verber@um.si

ABSTRACT:

This paper presents a developed web-based information system that helps a user to choose the best alternative (solution) regarding a multi-criteria decision problem. The system sorts (ranks) alternatives into several groups, from the best to the worst group. All alternatives within each group are equivalent. According to a user's experiences and the circumstances, his/her task is just to choose the most favourable alternative within the best group. This system is universal and thus allows the solving of a wide-range of decision problems. Operation of the system from the user's perspective is illustrated using a case study for evaluating suppliers with respect to price, quality, and delivery time of the product, as well as of the reputation and remoteness of suppliers. Then, on the basis of the evaluation, the best supplier is selected from amongst the various alternatives. The main part of the system is a module for non-dominated sorting based on Pareto optimality and written in the Lisp programming language for sorting (ranking) alternatives in the preferred order. The remaining modules are written in the Java programming language and communicate with the main part through the files of types LSP and XML, respectively. Web support is implemented using modern technologies including EJB, JSF, PrimeFaces, jQuery, JavaScript, AJAX, XHTML, and CSS3.

Keywords: decision support systems, supplier selection, web technologies, Pareto optimality

1. INTRODUCTION

In both our private lives as well as in the pursuits of our professions, we are constantly faced with situations where we need to make decisions. Often it is hard because we have to consider several criteria before choosing one, and they may also be in conflict. In our everyday lives – in regard to less fateful decisions – we normally assess several criteria implicitly and make decisions more or less according to our intuitions. However, if a wrong decision could have serious consequences, it is important to tackle the problem of decision making correctly and to explicitly evaluate all the criteria. This paper focuses on the problem of choosing an optimal supplier selection from amongst alternative providers with pre-recorded values of individual criteria. All companies and other institutions are faced with such a problem before a major purchase. The criteria for selecting optimal suppliers can

vary from company to company, as each takes into account those criteria it deems more important. Based on a study of resources that explore supplier selection problems [1, 2], we found that the criteria according to which suppliers are chosen in most companies are the following ones: price, delivery time, product quality, reputation, and distance to the supplier. These criteria were then used in our developed system [3], which searches for an optimal supplier or a set of optimal suppliers before each purchase using a method of non-dominated sorting [4, 5, 6].

2. ARCHITECTURE OF THE SYSTEM

This system consists of several modules: an input module, a module for non-dominated sorting, an output module, and a user interface. It runs on an application and database server. Figure 1 represents the architecture of the developed system [3].

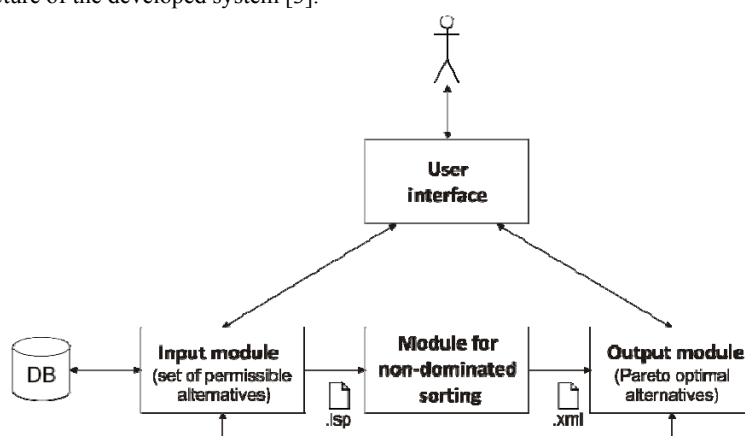


Figure 1: Architecture of the system

2.1. The input module

The first task of the input module, which is fully realised in the Java programming language, is data acquisition. The gathered data may be either integers, real numbers, or strings. Regardless of their source and type, they have to be somehow transformed into a form that could be understood by a module for non-dominated sorting.

After thorough consideration, we decided to connect both modules by the file with the extension .lsp, which is adapted for Lisp programming language. The general structure of the contents of this file is shown in Figure 2.

```

(setq population_of_points
  '(
    (alternativeName1 (arg11 arg12 ...))
    (alternativeName2 (arg21 arg22 ...))
    ...
  )
)
    
```

Figure 2: General structure of the LSP file

Due to different modes of data gathering and the modularity of the system, it was necessary that the whole process of production aforementioned files is done dynamically.

2.1. Module for non-dominated sorting

The module for the implementation of non-dominated sorting is fully implemented in the Lisp programming language. The input data received by the input module is processed (sorted) and the result of processing is sent to the output module. The communication between modules is realised via files, as shown in Figure 1.

The entrance to the module for non-dominated sorting represents the .lsp file, which is dynamically formed in the Java program. When this file is successfully created, the environment for OpenLisp starts. After that, the program for non-dominated sorting is invoked. It reads .lsp file and performs sorting. The obtained results are stored within an XML file, which is generated by the Lisp programming language. The general structure of the contents of this file is presented in Figure 3.

```
<nondominatedSorting>
  <paretoFront>
    <alternative>
      <name></name>
      <param></param>
      <param></param>
      ...
    </alternative>
    ...
  </paretoFront>
  ...
</nondominatedSorting>
```

Figure 3: General structure of the XML file

2.1. The output module

The purpose of this module is to display those results provided by the non-dominated sorting module. It reads the results stored in the XML file and parses them down into the required units. Displaying the results is implemented as part of the website. We also enabled different ways of displaying results – text, graphic, possibilities of exports etc. This module is also implemented in the Java programming language.

We have used several technologies for implementation of the system. Communication with the database has been made using DAO (data access object) pattern, which is used to abstract and encapsulate all access to the data source [9]. When developing the system, we have also used EJB (Enterprise JavaBeans) architecture. Accessing the database and its management has been enabled using JPA (Java Persistence API) [8]. Searches from the database have been implemented using JPQL (Java Persistence query language), which is used to define searches against persistent entities independent of the mechanism used to store those entities [7].

On the developed web page, we have used the RWD (responsive web design) approach mainly because nowadays users access websites with different types of devices and sizes of browser windows. We have also added CSS3 media queries and created the appearances of pages in

accordance with CSS3 and XHTML standards. We have written some elements using JavaScript programming language and jQuery library. Mainly, the components of the PrimeFaces version 5.0 and AJAX technology have been used.

3. CASE STUDY: OPTIMAL SUPPLIER SELECTION

We conducted a case study of the implemented system for optimal supplier selection. The values of the first three criteria, Price, Delivery time, and Quality (in Slovene: *Cena*, *Dobavni rok* and *Kakovost*), which relate to the product itself, basically change for every purchase (Figure 4). Those values of Reputation and Distance criteria (in Slovene: *Renome dobavitelja* and *Oddaljenost*), which relate to the supplier, have a more permanent nature, although they may also be changed due to various reasons.

After receiving offers from potential suppliers, a user of the developed system should either insert new data into the database or update the existing data therein. For this purpose, we have implemented website *Administration*. In order to prevent human errors, we have applied filters on the input fields. They help us when verifying user entries and correcting them.

Once all the data are stored and updated in the database, a user can begin by selecting an optimal supplier. Out of five possible criteria for evaluating the received offers (as shown in Figure 4), a user chooses the desired ones by clicking on the box by the criterion. With this selection he/she determines which of these criteria should be taken into account when sorting occurs. This gives a user the opportunity to experiment and analyse in a sense that determines what happens if one of the criteria is included or excluded. However, if a user chooses only one criterion, the method of non-dominated sorting is reduced to a simple sorting by one criterion.

Figure 4: Criteria selection for optimal supplier selection

The horizontal bar chart shown in Figure 5 shows the results from ranking of suppliers. If we move the mouse cursor over the columns, the number of individual suppliers and names of given ranks are shown (upper right corner), using tooltip. Rank represents those suppliers having the same priority, and we cannot find the best one amongst them based on the selected criteria. In our case, first rank represents the list of the most suitable suppliers.



Figure 5: Display of the results for optimal supplier selection

We have also provided a detailed representation of the best suppliers within the first rank, as shown in the bar chart in Figure 6. This has been done mainly with the intention of speeding-up the user's decision-making. All the stored criteria values of those suppliers in the first rank appear on the chart, where the abscissa represents all suppliers with the associated criteria, and the ordinates of their values.

In order to facilitate the work of the user and to save his/her time, we have also developed a functionality that allows dynamic generation of reports or recommendations in our case. A user can optionally add a comment to the recommendation and edit them.

Priporočilo:

Na voljo imate 2 enakovredna dobavitelja.

Izbirajte med:

1. Čriček s.p.
2. Želva d.o.o.

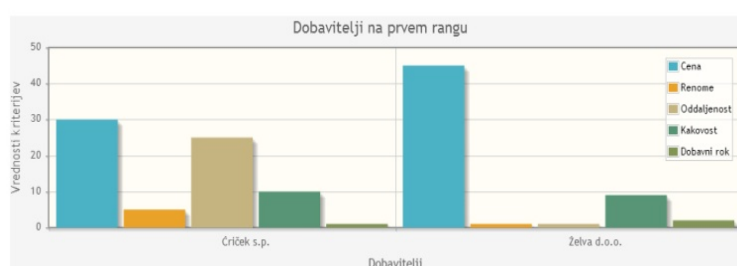


Figure 6: Detailed representations of the results for optimal supplier selection

4. CONCLUSION

We have successfully developed a web-based information system to assist the user regarding a multi-criteria decision making problem for optimal supplier selection. In the developed system, we would like to highlight the following features: easy scalability due to its modular design, high efficiency of the algorithm for non-dominated sorting, various display modes of the sorted results, and dynamic adaptation of the website to the width of the browser window or the type of the user's device.

The usefulness of the system has been tested on a real multi-criteria problem of choosing the best supplier, which is a problem that businesses and other organisations are regularly faced with.

The existing system is limited to addressing the problem of decision making using a finite number of explicitly given alternatives. It would be possible to upgrade it to deal with discrete problems, where a set of alternatives would be described by constraints in the form of mathematical functions, and the system would search for optimal solutions by optimisation.

5. REFERENCES

- [1] D. R. Beil, Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science, *Supplier Selection* (John Wiley & Sons, Inc., 2010).
- [2] L. Benyoucef, H. Ding., and X. Xie. *Supplier selection problem: selection criteria and methods*. Technical Report RR-4726, Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique, 2003.
- [3] L. Brezočnik, *Razvoj sistema za podporo pri odločanju z metodo nedominiranega razvrščanja*, B.Sc. Thesis, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, University of Maribor, Slovenia, 2014. In Slovene.
- [4] M. Brezočnik, *Programska oprema za nedominirano razvrščanje*, Faculty of Mechanical Engineering, University of Maribor, Slovenia, 2014.
- [5] K. McClymont and E. Keedwell, Deductive Sort and Climbing Sort: New Methods for Non-Dominated Sorting, *Evolutionary Computation*, 20(1), 2012, 1-26.
- [6] K. Mishra, and S. Harit, A fast algorithm for finding the non dominated set in multi-objective optimization, *International Journal of Computer Applications*, 1(25), 2010, 35-39.
- [7] Oracle Corporation, *JPQL Language Reference*, available at http://docs.oracle.com/html/E24396_01/ejb3_langref.html, 2015.
- [8] A. L. Rubinger, and B. Burke, *Enterprise JavaBeans 3.1*, O'Reilly Media, 2010.
- [9] Sun Microsystems, Inc., *Core J2EE Patterns - Data Access Object*, available at <http://www.oracle.com/technetwork/java/dataaccessobject-138824.html>, 2015.

PLC CONTROL SYSTEM DESIGN FOR VEHICLE TIRE MOLDS PREHEATING

Pavol Štefanec¹, Branislav Dobrucký¹, Marek Paškala¹, Branislav Šušlík²

¹Department of Mechatronics and Electronics, Faculty of Electrical Engineering,
University of Žilina, Slovak Republic

²Continental Matador Rubber, s.r.o., Púchov, Slovak Republic

pavol.stefanec@fel.uniza.sk

branislav.dobrucky@fel.uniza.sk

marek.paskala@fel.uniza.sk

branislav.suslik@conti.sk

ABSTRACT:

This paper is dealing with the reconstruction of the control of preheating mold machine. Old system with relay devices for operation control is replaced by new electronic PLC one. There are designed and created a new electronic signal grid with fieldbus and new control system using programmable logic controllers (PLCs) as well as human-machine interface (HMI). They are used for control and setting parameters of preheating technology. New algorithms and programs for PLC and HMI have been created, and reparation of mechanical parts of the preheating machine has been performed. Device is after all make changes used for saving time in manufacture.

Keywords: *programmable logic controller, control system, tire molds, preheating*

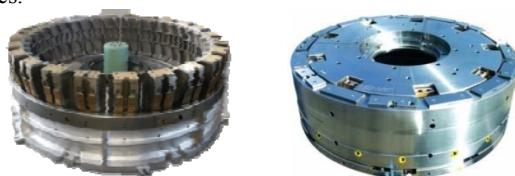
1. INTRODUCTION

In industry in process production tires for cars use usually hydraulic compactors. Dependent of quality tire is high. Construction and type compactor device is variously, but everything has common features. Type of tires designates molds and chemical composition. Mold is made from high quality steel and is important part of devices. Chemical substances' composition for tire is mixing and connects with mechanical parts (iron wires etc.). In next technologic the raw product step is created. Its shape is similar as final product, but absent structured surface and have deficiently mechanical properties. For completion tire is need to insert raw tire into mold in hydraulic compactor, where important parameters in molding process are temperature and pressure. Complete manufacturing processes of tires are described in electronic document [1]. A part of Master Thesis [2] of the first author is a base for technology process control innovation in this paper.

2. VEHICLE TIRE MOLDS PREHEATING TECHNOLOGY

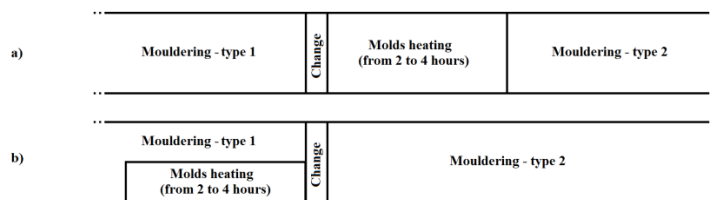
Molds gives shape for tires (design and tread profile). After insert mold into compactor the membrane will blow up and heating can start. In case if the value of the pressure or the temperature is incorrect, production process would be unsuccessful. Heating the mold to the desired temperature, it takes 1-4 hours, according to the type of mold. Changing of molding tires type requires a change of the pressing mold. As a result, the deterioration in the efficiency of compression, since the initial heating up from

room temperature to the desired (above 200° C) can be serial produced by machine without the need of initial heating. After a while the preheating the tire is ready for further process (pressuring,...). Parameters of pressing machine for different types of tires are variously. However, it is essential to meet their specific values.



Figures 1: Vehicle tire molds

When replacing of the mold this is grasped by the form handles and transferred using the forklift. There are two variants of exchange and warming of molds. The first one means the insertion of cold form into the pressing machine. The steam channels are activated and make possible steam flow around the mold and heating of device to the desired temperature. Then, the production begins by gradual inserting of blanks and it finishes by picking out of the products. This method has advantages in handling cold mold not with warm-up one. However, big disadvantage of the method is inefficiency, therefore the heating in the pressing machine means discontinuing producing process, due to warming up of the mold. The other option is the use of a device for molds preheating. An essential advantage of this method is time saving. The disadvantage is the handling with hot object; however, using protective equipment by operator the risk of injury is minimized. Comparing the two methods of warming-up the heating time is reduced by two thirds of the original one. The pressing machine is not uselessly blocked by initial warm-up. So, use of the preheating is more effective method. There is shown comparison of both molds heating methods and saving time in the Figure 2.



Figures 2: Time saving: mold is heating in pressing machine a); mold is heating in preheating machine b)

Preheating device contains several structural parts. Calorific medium is steam. Amount of steam is controlled by pneumatic valves. From a security point of view the safety rods are placed on the containers which are switched by activating contacts. Vertical movement of container is blocking by control system using activation of the safety roads. The device is operated by the control panel placed on a cubicle door. There are on control panel the switching elements that allow controlling of both sides of the preheating by individually way. It is also the possible to over switch the machine into manual mode, to control the movement and heating. Automation process is provided by a programmable logic controller PLC. Panel of human-machine interface HMI is used to adjust the values of temperature and heat-up time and is connected with the PLC by communication link. The panel is placed on the outer panel of the cabinet, too. The important condition states and performing of PLC are signaling by industry beacon.

The operation process with the device contains several steps. By manual work with the device the operator comes to switchboard and control panel to check if the air pressure and steam are correct; error messages on the display panel visualization are also checked. If error is indicated, it should be removed its the cause and provide the confirmation.

The manual control of the mold preheating process is considered, so far. Further, if it isn't switched on the control voltage it must be turned on by pressing CONTROL VOLTAGE instantaneously with green LED light for CONTROL VOLTAGE. Control voltage is necessary for the implementation of the movement up and down of the container. Detailed description of manually work is given in [2]. The choice between manual or automatic control of the preheating process is given in Table I. Automatized preheating control is described in the next Chapter 3.

3. DESIGN OF AUTOMATIZED PREHEATING CONTROL

In case when machine is automatically controlled the hysteresis- or PI regulator can be used for the control. Choice of the type of controller is generally affected by specific conditions. In industrial practice, in most cases we encounter one dimensional control circuits.

Transport delay, in our case, is lot less as time constant of mold heating process is negligible, see figure bellow. So, the following equation for transport delay T_d will be valid [3]:

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (1)$$

where: - K is gain defined as

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{y(\infty) - y(0)}{\tau(\infty) - \tau(0)}, \quad (2)$$

- and τ is time constant whereby

$$y_{\tau} = 0.632 y(\infty). \quad (3)$$

Measured step response of the heating system is depicted in Figure 3.

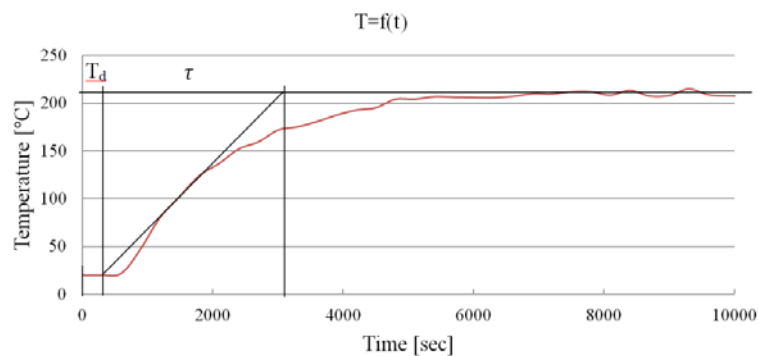


Figure 3: Measured step response of heating process on

Ripple of temperature function in steady state is caused by opening of trap valve. Transport delay of heating molds could be negligible against time constant (about one hour for this type of mold) what it is seen in this measuring of the step response.

Turning on of the switch selector to HEAT ON state on the panel starts the steam supplying to the circuit molds and begins the heating process. Actual status is indicated by lights for heating, pressure and mold-ready-indication, and by beacon and graphically on the visualization panel. If the heating process is necessary to stop for any reason, it can be done so by switching of HEAT switch to OFF. By reaching of the desired temperature begins countdown heating time. The remaining time is displayed on the screen of the HMI panel. After the time required to heat the valves controlled flow of steam remain open. The reason is to maintain temperature and long-term prevention of cooling of the mold. Signaling of heating is indicated with signal lights on control panel and also by yellow light of the beacon. The orange beacon light indicates two states of a heated mold, whether left or right one or both molds were warming-up. Blue color indicates the presence of steam pressure in the device - PRESSURE, trouble-free green OK status, and the red error alarm.

PLC and electromechanical parts description and their parameters or properties, respectively, are given in datasheets (see [2], [6]-[10]). In this section are quoted just main ones.

4. PROGRAMMING PLC CONTROLLERS

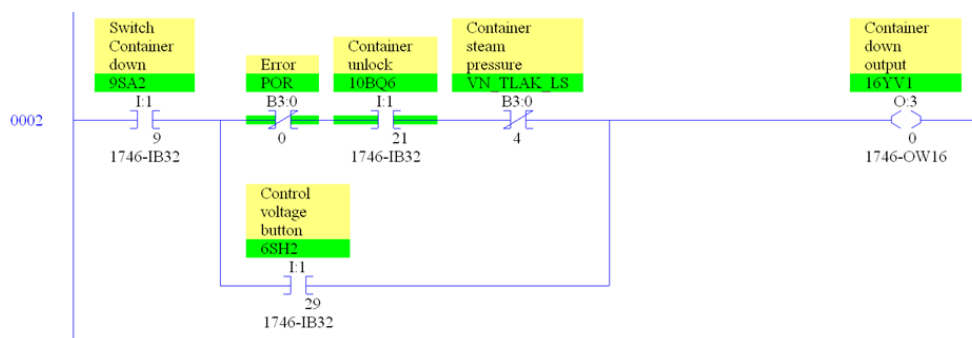
RSLogix500 environment is a standard tool for creating PLC program from the Allen-Bradley manufacturer. First, the analysis of all possible states in which the device can be operated. The analysis is necessary to the proper function of management technology. Whereby, a list of possible errors can be compiled. The program is divided into the main program and subsequent subprograms. Beginning of the main program, two bits control the internal auxiliary bit B3: 0th Bit B3: 0 is used as a virtual state "1" and "0". In the first line instruction "SET" sets B3: 0 permanently into a state of logical level one, and the second line is setting contrary to the zero state. Further follow routines which their number is eight in total; some of them are described below.

The first subroutine means 3RESTART of the program. All the necessary bits to the basic state are setting. By turn-off and restarting device could cause the mechanical displacement of the individual moving parts, it is necessary to restart until the real output actual states are entered into the registers. By entering into the subroutine is used instruction "First Pass", which will always be performed only at the first operating cycle; thus only once. All bits of output cards OW16 are setting in the subroutine. The values of heating time are written into registers with the value "120" that mean the basic time 120 minutes. Next instructions are used to ascertaining the pneumatic cylinders real state positions and their writing into internal registers. At the end the left and right side of the device heating states are written as well as also signaling of individual containers heating.



Figures 4: Example of program part with instructions First Pass and Jump to Subroutine

The second subroutine is 4MOVES. It watches and controls the vertical movements of containers and locks it at the top position. Any error must be handled and its flag removed. Container must be in down position before starting of the heating. However, in practice following problem can occur in case the container has remained in the top position: The container falls down by own weight bypassed of pneumatic cylinder. The lock is impossible to unlock in this state. Unlocking by the device is possible with button “Start control voltage” pressing and switchover the switch movement in UP position. After this act the device works in normal mode.



Figures 5: Vertical movement and unblocking machine program

Next program is created for alert signalization. If container is down and heated the move of container is not possible and by switch changeover is displayed error on HMI panel. The move is also blocked in case of presence of the steam in device. Locking and unlocking of the container is only allowed when container is in the top position. This condition defends before crash the container from bottom side to the lock.

The third subroutine is 5TEMPERATURE. The demanded values of time and temperature of heating are to be setting. Timer instructions are used for generating of pulses in minute intervals. Possibility of corrections of analog temperature sensors are necessary because of sensor deviation sometimes appears. Turning on of the heating requires the following conditions filling: heating switch at ON position; container must be in the down position and no error of device should be announced.

Otherwise, the heating will not turned on and the error message will be displayed. Switching heating switch to OFF position the steam delivery is immediately stopped and the timer is reset into "0" value. If the button TOTAL STOP is pressed during heating and forthwith deactivated, heating time register is set by the default value "120". Subsequently is calculated remaining heating time of the mold. Reaching the desired temperature the remaining heating time is zero and state "Mold is warmed" is activated.

The subroutine for analogue module, error subroutines and processor programming module are not possible to describe in detail within this paper.

5. PROGRAM FOR HMI

Visualization is created in a developing environment PanelBuilder32. The program consists of the main screen and secondary screens. PanelBuilder32 environment allows insert many kinds of elements to the display as static text, dynamic text, entry fields, graphics and similar ones [10]. Selection screen is provided by the function keys F1 through F8. The main screen shows the current temperature [°C] in the form of a decimal number and also the remaining heating time in minutes. Pressing F1, F2, F3 the change of settings of heating parameters; the status of inputs and outputs and error messages are displayed on the subscreens.

```

temperature      MM
###.##°C   ###.##°C
remaining time
##### min   ##### min
F1-SET 12-170 F3-POR
ERR16 - error 24VDC -
circuit breaker 4FA5 -
power supply 4GU5
[ACKNOWLEDGE-F1]
    
```

Figures 6: The main screen of HMI a) and error reporting b)

There are displayed on sub-screens the values and/or states of device: sensors, lights, pneumatics coils and their parameters. Last two types of screens indicate errors messages and hardware settings of PanelView300; the brightness of the display, standby time, etc. is possible to adjust. Messages errors are collated chronologically.

6. EXPERIMENTAL VERIFICATION

Last part of reconstruction process is control system realization and verification. Electronic components are placed and connected on the mounting plate of instrument panel. Electrical elements are implanted into door of switchgear; the industry beacon is on the top of the box, see Fig 7.



Figures 7: View of the machine after reconstruction, control panel and industry beacon (with Slovak labels)

Subsequently, the programs for PLC system and HMI are tested. All discovered errors should have been corrected. After all this steps the device can be commissioned into operation of manufacturing process of tires.

7. CONCLUSION

Device works after reconstruction properly and saves the time. In the future, PLC controllers with HMI can be connected to management system of production of tires. The controllers connected by LAN bus are to be send data of errors and critical states. To evaluate the efficiency of pressing machine could be used the information regarding to the time of the mold preheating which brings mentioned time saving.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors wish to thank for the financial support to the Slovak Agency for Research and Development by the grant No. APVV-0314-12.

8. REFERENCES

- [1] Kaster & Lynch, Tire Manufacturing Processes, 2014.
http://tirefailures.com/PDF_vf/whitepaper.pdf.
- [2] Štefanec, P., Design of control system for molds preheating (in Slovak: Návrh riadiaceho systému predohrevu foriem). Master Thesis, Faculty of Electrical Engineering, University of Žilina, Slovak Republic, 2014.
- [3] Bystričanová, A., Control of flexible production systems (in Slovak: Riadenie flexibilných produkčných sústav, PhD. Dissertation, Faculty of Electrical Engineering, University of Žilina, Slovak Republic, 2014.
- [4] Végh, P., Collection of the solved tasks and assignments of automatic control theory with simulations in MATLAB and Simulink (in Slovak: Zbierka riešených úloh a zadání z teórie automatického riadenia so simuláciami v prostredí MATLAB a SIMULINK“), STU, Slovak Republic, 2009.
- [5] Madarász, L. and collective, Basics of Automatic Control (in Slovak: Základy automatického riadenia), ELFA, s.r.o., Košice, Slovak Republic, 2010.
- [6] SLC-500TM Advanced Programming Software _Allen-Bradley (Cat. No 1747-PA2E) Publication 1747-UM011G-EN-P, 2008.
- [7] SLC-500TM RTD/Resistance Input Module - User Manual Allen-Bradley (Cat. No 1746-NR4) Publication 1746-IN007C-EN-P, 2002.
- [8] SLC-500TM Analog I/O Modules Software - User Manual Allen-Bradley (Cat. No 1746-NI4, -NI8), Publication 1746-UM001A-US-P, 1999.
- [9] Panel Builder Software - User Manual Allen-Bradley (Cat. No 2711-ND3), Publication 2711-6.0, 1998.
- [10] Panel View Standard Operator Terminals, Publication 2711-UM014E-EN-P, Publication 2711-UM014G-EN-P, 2008.

WEB APLIKACIJA ELOKACIJA

WEB APPLICATION ELOCATION

M.Sci. Suad Sućeska

suad_s@bih.net.ba

SAŽETAK:

Web aplikacija eLokacija je namjenjena za dobivanje lokacija mobilnih korisnika na računaru. Ona se sastoji iz dva dijela: mobilnog i statičkog. Mobilni korisnik sa GPS i Internet konekcijom sa smartphone-a novije generacije šalje podatke svoje trenutne lokacije koje određeni statički korisnici za računarom sa Internet konekcijom mogu pregledati. Za korištenje aplikacije je obavezno registrovanje i statičkog i mobilnog korisnika. Kako aplikacija koristi novije Internet tehnologije za njeno korištenje je potrebna i novija verzija browser-a: IE 9, Firefox 5.5, i novije.

Ključne riječi: web aplikacija, mobilni korisnik, statički korisnik, eLokacija

ABSTRACT:

Web application eLokacija (eLocation) has purpose to get the location of the mobile users on the computer. It consists of two parts: mobile and static. The mobile user sends the his present location data using GPS and Internet connection from new generation smatphone, which some static users with computers with Internet connection can review. Before using the application it is obligatiory to register both users, the static as well as mobile. As application uses new Internet technologies for it's usage is necessary to have newer version of a Web browser: IE 9, Firefox 5.5, and newer.

Keywords: web application, mobile user, static user, eLocation

1. UVOD

Web aplikacija eLokacija je namjenjena za dobivanje trenutne lokacije nekog mobilnog korisnika na računaru. Ona se sastoji iz dva dijela: mobilnog i statičkog. Prije upotrebe aplikacije obavezna je registracija i statičkog i mobilnog korisnika. Mobilni korisnik sa GPS i Internet konekcijom šalje podatke svoje trenutne lokacije koje određeni statički korisnici za računarom sa Internet konekcijom mogu pregledati. Mobilni korisnik svoju trenutnu lokaciju šalje pomoću smartphone-a novije generacije i mobilnog dijela Web aplikacije. Statički korisnici, kojima je mobilni korisnik dozvolio, mogu pomoću statičkog dijela Web aplikacije eLokacija na svom računaru dobiti na mapi trenutnu lokaciju koju je poslao ovaj mobilni korisnik.

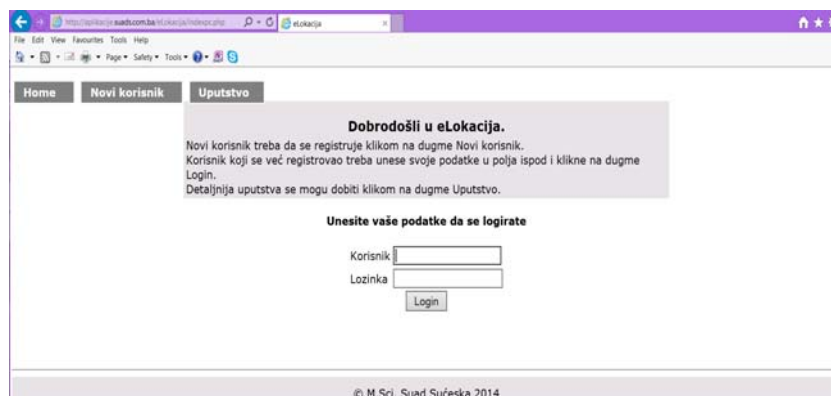
2. O APLIKACIJI

Danas se za određivanje trenutne lokacije koriste razni sistemi i aplikacije na smartphone-ima. Smartphone-i sa GPS-om i konekcijama (Wi-Fi, GSM, GPRS, ...) pomoću kojih se može konektovati na Internet se sve više koriste i mogu se nabaviti na našem tržištu. Pokrivenost sa besplatnom Wi-Fi konekcijom u gradovima BiH nije dobra, a još je lošija izvan gradova. Pokrivenost sa GSM ili GPRS konekcijom područja BiH je zadovoljavajuća. Računari (PC, laptop, ...) sa Internet konekcijom su sa zadovoljavajućim stepenom upotrebe u BiH.

eLokacija omogućava dobivanje trenutne lokacije više mobilnih korisnika na računaru (PC, laptop, tablet). Mobilni korisnik odabire korisnike kojima dozvoljava pregledanje njegove trenutne lokacije. Lokacija se prikazuje na Google mapi. Osim lokacije prikazuju se i sljedeći podaci: naziv mobilnog korisnika, datum i vrijeme kada je lokacija poslata. Ovim rješenjem se omogućava pregledanje trenutne lokacije više mobilnih korisnika (grupe korisnika, korisnika iz firme, klijenata neke službe, članova porodica,...). Aplikacija se može koristiti za kontrolu trenutne lokacije mobilnog korisnika koji bi u određeno vrijeme trebao biti na nekoj lokaciji. Vrlo je korisna za mobilne korisnike koji često mjenjaju svoje lokacije, tako da se određene službe iz njihove firme ili članovi porodice mogu informirati o njihovoj trenutnoj lokaciji. Naročito je korisna za slučajeve zastoja ili spriječenosti mobilnog korisnika da bude na određenoj lokaciji.

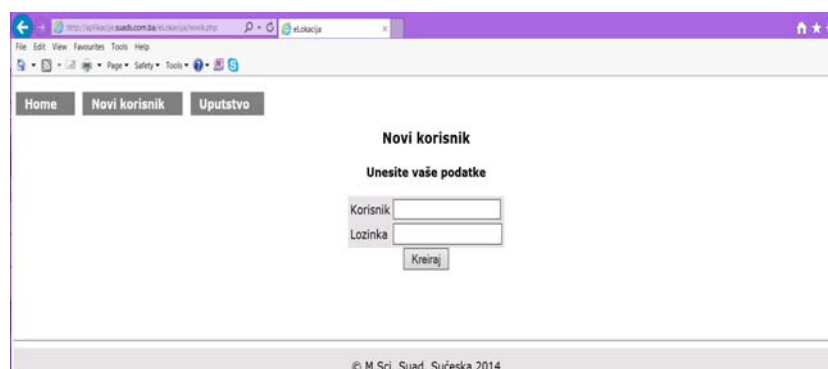
2.1. Opis rada aplikacije

Web aplikacija eLokacija se sastoji iz dva dijela: mobilni dio i statički dio. Mobilni dio aplikacije koristi mobilni korisnik sa smartphone-om koji podržava GPS, a statički dio korisnik sa računarnom sa Internet konekcijom. Obje vrste korisnika trebaju biti registrovane prije korištenja aplikacije. Registrovanje korisnika se vrši na statičkom dijelu aplikacije čija je polazna stranica prikazana na Slici 1.



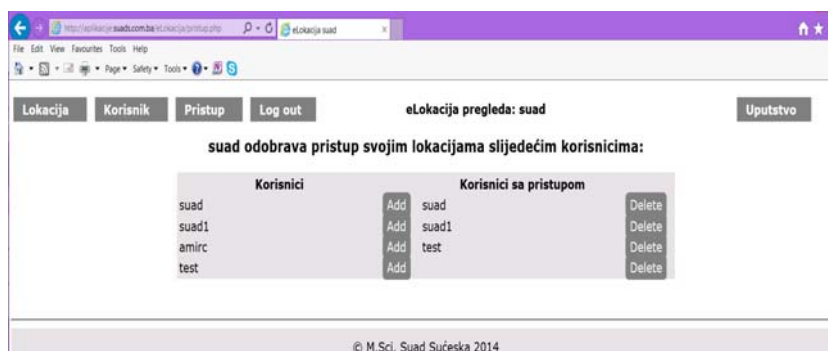
Slika 1: Polazna stranica statičkog dijela aplikacije eLokacija

Za registrovanje korisnika je namjenjena stranica Novi korisnik (Slika 2), koja se dobiva klikom na dugme Novi korisnik na polaznoj stranici statičkog dijela aplikacije (Slika 1).



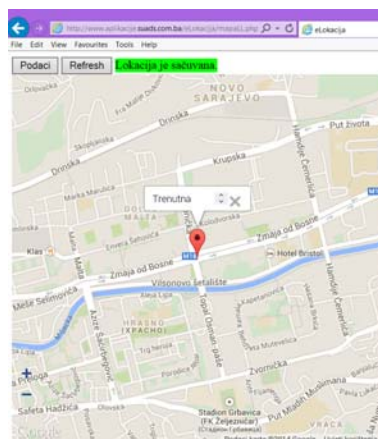
Slika 2: Stranica za registrovanje novog korisnika aplikacije eLokacija

Nakon registrovanja mobilni korisnik treba da odabere korisnike koji mogu pristupati njegovoj trenutnoj lokaciji pomoću stranice Pristup (Slika 3) koja se dobiva klikom na dugme Pristup u aplikaciji.



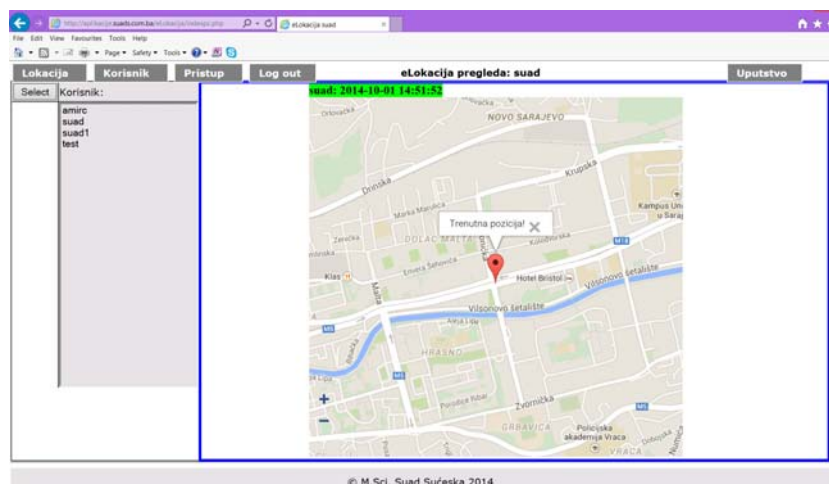
Slika 3: Stranica pomoću koje mobilni korisnik odobrava pristup za pregledanje njegove lokacije drugim korisnicima aplikacije

Mobilni korisnik (MK1) treba imati smartphone sa GPS i biti konektovan na Internet pomoću Wi-Fi, GSM, GPRS, ili neke druge konekcije. Pokretanjem aplikacije MK1 dobiva svoju trenutnu lokaciju, koja se prikazuje na mapi Web aplikacije eLokacija (Slika 4) i šalje je putem Interneta statičkom korisniku.



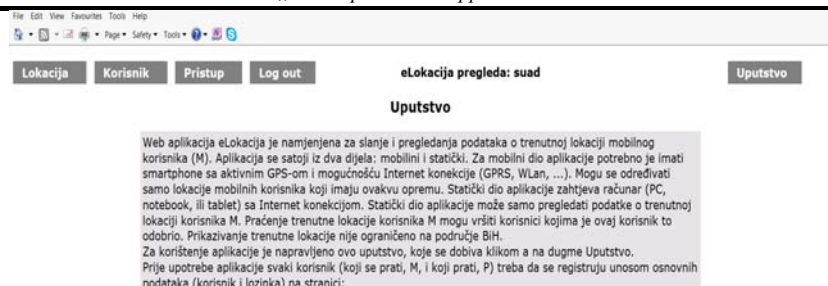
Slika 4: Stranica mobilnog dijela aplikacije sa trenutnom lokacijom

Statički korisnici (SK) kojima je ovaj mobilni korisnik dozvolio pregledanje njegove trenutne lokacije sa računarima sa Internet konekcijom pomoću aplikacije eLokacija mogu pregledati trenutnu lokaciju ovog mobilnog korisnika na stranici Lokacija (Slika 5), ali i svakog mobilnog korisnika koji se registrovao za korištenje Web aplikacije eLokacija i dozvolio im pristup svojim podacima.



Slika 5: Stranica za pregledanje trenutnih lokacija mobilnih korisnika

Za aplikaciju je napravljeno i odgovarajuće uputstvo (Slika 6), koje se dobiva klikom na dugme Uputstvo statičkog dijela aplikacije. Svaki korisnik treba pročitati uputstvo prije registracije.



Slika 6: Stranica sa uputstvom za korištenje aplikacije

2.2. Upotreba

Web aplikacija eLokacija se može koristiti privatno i poslovno. Upotreba eLokacije privatno obuhvata dobivanje lokacija članova porodice, prijatelja, poznanika, i drugo. Upotreba eLokacije poslovno podrazumjeva dobivanje lokacije zaposlenih neke firme od strane određene službe ili pojedinaca te firme; dobivanje lokacije klijenata firme ili servisa od strane te firme ili pojedinaca za dobivanje lokacije za obavljanje servisa ili pozivanje ili obavješćavanje drugih firmi ili pojedinaca za poduzmanje njihovih aktivnosti ili samo informativno. Treba naglasiti da aplikacija omogućava pregledanje trenutnih lokacija svih mobilnih korisnika koji dozvoljavaju pristup, što znači da se nakon pregledanja lokacije jednog mobilnog korisnika klikom na drugog, pa na dugme Select, dobiva trenutna lokacija tog mobilnog korisnika. Određivanje trenutne lokacije mobilnog korisnika je vrlo korisno ako ovaj ima neki zastoj ili nezgodu na putu ka odredištu.

3. ZAKLJUČAK

Na tržištu se mogu nabaviti razni uređaji za određivanje trenutne lokacije, tzv. tracker-i. Takođe se mogu nabaviti i razne aplikacije za smartphone za dobivanje trenutne lokacije pomoću smartphone-a. Web aplikacija eLokacija omogućava statičkom korisniku sa računarom sa Internet konekcijom dobivanje trenutne lokacije mobilnih korisnika sa smartphone-om. eLokacija je rađena u novijim tehnologijama, pa je za njeno korištenje potrebno imati smartphone novije generacije i Internet browser novije generacije koji podržava HTML 5.

4. LITERATURA

- [1] http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/350000-374999/373686-an-01-ml-GPS_DATENLOGGER_GT_730_MIT_A_de_en_fr_nl.pdf
- [2] GPS-GSM TRACKER GT.170 / GT-280.pdf – simvalley mobile
- [3] iPhone 4 - Technical specifications: <http://support.apple.com/kb/SP587>
- [4] <http://www.w3.org/Style/CSS/current-work>
- [5] Estelle Weyl, *What's New in CSS3 Essential Information for Developers*, O'Reilly, September 2012
- [6] Nicolas C. Zakas, *Professional Java Script for Web Developers - 3 edition*, Wrox, 18.01.2012

KRIPTOGRAFSKI IZAZOVI ZA SAJBER SIGURNOSNI MODEL NAD CLOUD-OM

CRYPTOGRAPHY CHALLENGES FOR CYBER SECURITY MODEL OVER CLOUDS

Jelena Simićević¹, Ivana Ognjanović², Ramo Šendelj³

^{1,3}University Donja Gorica, Montenegro

²University Mediterranean, Montenegro

jelena.simicevic@udg.edu.me

ivana.ognjanovic@unimediterranean.net

ramo.sendelj@udg.edu.me

SAŽETAK:

Izraz 'cloud computing' je vrlo popularan i predstavlja jedan od najbrže rastućih segmenata u IT industriji. Uprkos velikoj zainteresovanosti za cloud, sigurnost je i dalje jedan od glavnih problema koji usporava rast cloud-a i izaziva sve komplikacije vezane za privatnost i zaštitu podataka na cloud tržištu. Nedavna istraživanja su usmerena na uvođenje semantike u bezbednosne modele u cilju rešavanja problema upravljanja i monitoringa servisa deljenih od različitih strana (sa različitim semantikama i interesima) i daljeg korišćenja inteligentnih tehnika rasuđivanja za maksimizaciju efikasnosti, upotrebljivosti, kao i pravnih osnova. S druge strane, pre deponovanja podataka na cloud-u je neophodna pravilna enkripcija. U ovom radu se daje sveobuhvatna analiza postojećih kriptografskih tehnika i enkripcionih šema za potrebe ugrađivanja osnovnih bezbedonosnih parametara u semantički poboljšane bezbedonosne modele nad cloud sistemima, čime se dobijaju bezbednosne procene skladištenja podataka u cloud-u.

Ključne reči: kriptografija, cloud computing, sigurnosni model

ABSTRACT:

The term 'cloud computing' is popular and suddenly everywhere, representing one of the fastest growing segments of the IT industry. Despite of all the hype surrounding the cloud, security is still one of the major issues which reduces the growth of cloud computing and causes all complications with data privacy and data protection in cloud market.

Recent research are focused on bringing semantics in security models aimed on addressing the problems of management and monitoring of services shared by different parties (with different semantics and interests) and further use of intelligent reasoning techniques to maximize usability, efficiency and legal foundations. On the other side, proper encryption is needed before uploading deposited data to the cloud. In this paper, we make comprehensive analyses of existing cryptographic techniques and encryption schemes from the perspective of embedding basic security parameters in semantically enhanced security model, thus representing security assessments over data storage in cloud.

Keywords: cryptography, cloud computing, security model

1.UVOD

Cloud computing predstavlja koncept programskog okruženja koji za postavljanje i čuvanje aplikacija i podataka koristi resurse provajdera, kojima se pristupa putem web brauzera ili specijalizovanih aplikacija. Cloud computing obično podrazumeva transfer podataka, postavljanje podataka i obradu informacija na infrastrukturi provajdera. Korisnicima su na raspolaganju različiti servisno orijentisani koncepti cloud computinga, kao što su Informacija kao servis (engl. *Information as a Service* (IaaS)), Platforma kao servis (engl. *Platform as a Service* (PaaS)), i Softver kao servis (engl. *Software as a Service* (SaaS)). Prednost korišćenja *cloud*-a se odnosi na smanjenje troškova hardvera, održavanja, dostupnost podacima sa bilo kog računara koji je povezan na internet, neovisno o geografskoj lokaciji, smanjenje troškova koji se odnose na licenciranje, instalaciju i održavanje, antivirusne zaštite, itd. Pored svih primamljivosti koje nudi *cloud*, naravno, postoje i određeni nedostaci, koji i dalje utiču na ekspanziju *cloud*-a, naročito kada su u pitanju izuzetno osetljivi podaci. Glavni problemi su problemi sigurnosti podataka, komplikovanog premeštanja postojećih aplikacija, zavisnost od jednog provajdera, i nepostojanje standarda za prebacivanje sa *cloud*-a jednog provajdera, na *cloud* drugog. Najveći problem se odnosi na sigurnost podataka, tako da su poslednja istraživanja u ovoj oblasti upravo usmerena ka kreiranju sigurnosnih modela, a jedan od pristupa koji je u drugim oblastima (kao što su linije softverskih proizvoda (engl. *Software product lines*), familije servisno orijentisanih arhitektura (engl. *Service Oriented Architectures*)) dao jako dobre rezultate se odnosi na kreiranje semantički podržanih sigurnosnih modela [21].

U ovom radu se analiziraju problemi kriptografske zaštite koji se primenjuju nad podacima u tranzitu u kombinaciji sa autentikacijom za kreiranje bezbednog prolaza podataka ka *cloud*-u i obrnuto. Stoga, predmet istraživanja koji se predstavlja je fokusiran na način integracije parametara sigurnosti koji se odnose na kriptografsku zaštitu podataka u tranzitu u semantički model prethodno razvijen u [5].

Rad je organizovan na sledeći način: u poglavlju 2 se navode osnove primjene kriptografije, poglavlje 3 je fokusirano na kriptografskim algoritmima poznatim u literaturi i njihovoj primjeni u *cloud* sistemima. Poglavlje 4 navodi kreiranu semantičku strukturu za povećanje bezbednosti na *cloud* sistemima i daje mogućnosti proširenja sa stanovišta integracije kriptografskih mehanizama. Poglavlje 5 zaključuje rad sa diskusijom i smernicama za dalji rad i istraživanje.

2.PRIMENA KRIPTOGRAFIJE

Primenom kriptografije možemo vršiti kodiranje podataka, slati ih na siguran način, tako da primalac bude samo onaj kome su podaci i namenjeni. Enkripcija je zasnovana na algoritmima koji šifriraju otvorene tekstove, pretvaraju ih u nečitljiv oblik (tzv. šifrat). Dešifrovanjem se kodirana informacija vraća u prvobitni oblik. Kriptografski sistemi obezbeđuju privatnost i proveru identiteta i smatraju se najboljim načinom za zaštitu podataka, kako podataka u stanju mirovanja tako i podataka koji su u tranzitu.

Najčešći način zaštite podataka u tranzitu je korišćenje enkripcije u kombinaciji sa autentikacijom za kreiranje bezbednog prolaza podataka kroz mrežu. Enkripcija se koristi kako bi se osiguralo da u slučaju povrede integriteta komunikacije između dve strane, podaci ostanu poverljivi. Autentikacija, odnosno provera identiteta se koristi kako bi se osiguralo da su obe strane u komunikaciji zaista one koje bi i trebalo da budu [1]. Obzirom da su korisnici odgovorni za svoje podatke, a da se za čuvanje podataka koriste resursi provajdera, za sigurnost i zaštitu deponovanih podataka neophodna je odgovarajuća enkripcija pre prebacivanja istih na *cloud*.

U literaturi su poznate različite kriptografske tehnike i šeme za šifrovanje [2][6][7]. Kriptografija ima višestruku primenu kada je u pitanju *cloud* okruženje. Koristi se za obezbeđivanje privatnosti i autorizacije na računaru i na komunikacionim sistemima. Koji god kriptografski algoritam da se

koristi jako je bitan metod upravljanja ključevima za šifrovanje i dešifrovanje podataka i da samo korisnik usluga i provajder imaju pristup ključevima i da je bezbedno deljenje ključeva između njih. Pojedini provajderi na raspolaganju nude i svoje servise za šifrovanje podataka, koji mogu šifrovati podatke kod korisnika i kao takve ih preneti na *cloud*. Naravno, i ovde postoje određene prednosti i mane. Korisnici moraju razumeti politiku provajdera i procedure šifrovanja i upravljanje ključevima. Često provajderi ne nude mogućnost promene izbora načina šifriranja. Dalje, problem može biti i nivo osetljivosti podataka, mogućnosti šifrovanja *cloud* provajdera moraju odgovarati nivou osetljivosti podataka koji se postavljaju. Pojedini provajderi nude uslugu šifrovanja samo na nivou nekoliko polja baze podataka, kao što su lozinke, brojevi računa.

Kriptografija se može raditi primenom simetričnih [8], asimetričnih ključeva [9] ili njihovom kombinacijom.

Simetrična kriptografija koristi isti ključ za šifrovanje i dešifrovanje i jednostavnija je za implementaciju i korišćenje. Algoritmi su brzi, ne koriste previše računarskih resursa, ali razmena podataka nije bezbedna, nema pouzdane autentifikacije korisnika. Najpoznatiji algoritmi su AES, Blowfish, 3DES, DES [2] [6] [7] [8] [9].

S druge strane, kod asimetrične enkripcije koriste se različiti ključevi za šifrovanje i dešifrovanje. Privatni ključ je poznat samo vlasniku, dok javni može biti poznat svima. Problem ovih algoritama u odnosu na simetrične može biti brzina i kompleksnost rada. Neki od najpoznatijih algoritama koji se koriste za generisanje asimetričnih ključeva su RSA[9] i Diffie-Hellman[15].

Kombinacijom kriptografije simetričnim i asimetričnim ključevima možemo rešiti neke nedostatke pojedinačnog korišćenja. Primer kombinacije algoritama je RSA algoritam sa tajnim i simetričnim algoritmom DES za šifrovanje poruke.

3. PRIMENA ALGORITAMA U CLOUD-U

U ovom poglavlju se daje poredbeni analiza poznatih kriptografskih algoritama kao i njihove osnovne karakteristike, na osnovu kojih se u nastavku daje predlog za integracijom sigurnosnih parametara idukovanih primenom odgovarajućih kriptografskih tehnika u *cloud* sistemima.

Najčešće korišćeni simetrični algoritmi su:

- Advanced Encryption Standard (AES) [4] je u širokoj primeni u *cloud* okruženju i koristi se sa ključevima dužine 128 i 256 bitova. Pre nego se učitaju u *cloud*, podaci se kodiraju korišćenjem AES algoritma, pa tek onda postavljaju kod provajdera. Svaki zahtev za čitanjem tih podataka podrazumeva dešifrovanje i tek onda će korisnik moći da čita običan tekst. Bitno je napomenuti da podaci u *cloud*-u nikad neće biti prikazani kao običan tekst. Prednost ove vrste šifrovanja je u tome što je transparentna za aplikacije i lako i brzo se integriše, bez izmena u aplikaciji. Ključ se nikada ne čuva zajedno sa podacima. Za potrebe čuvanja ključeva server za fizičko čuvanje ključeva (engl. *physical key management server*) se može instalirati i kod korisnika. Ova vrsta šifrovanja štiti podatke i ključeve i garantuje da će ostati pod kontrolom korisnika i da će biti bezbedna i u skladištu i u tranzitu. Nudi dobru odbranu od različitih tehnika napada.
- Data Encryption Standard (DES) [7] šifrira podatke u blokovima veličine 64 bita za svaki blok. 64 bita običnog teksta se pretvara u 64 bita šifrata. Uvek radi sa blokovima iste veličine. Isti algoritam i ključ se koriste i za šifrovanje i za dešifrovanje. Algoritam se ponavlja 16 puta dok se ne proizvede šifrat. Broj rundi raste eksponencijalno proporcionalno količini vremena koja je potrebna za nalaženje ključa u slučaju *brute-force* napada [6] (napad koji se zasniva na nasumičnom generisanju velikog broja ključeva kako bi se generisao pravi). Sto znači da kako se broj rundi povećava eksponencijalno raste i sigurnost algoritma.

- 3DES algoritam [15] šifrira podatke tri puta i koristi različit ključ za najmanje jednu fazu, gde je kumulativna veličina 112-168 bitova. I na taj način bi se trebali dovoljno dobro obezbediti podaci, kada je u pitanju *brute force* napad. 3DES je mnogo jači od DES, ali i prilično sporiji.
- Blowfish algoritam [7] enkriptuje 64 bita blokova promenljivom dužinom ključa 128-448 bitova. Blowfish je brz, kompaktan (može da se izvrši za manje od 5 kb memorije), jednostavan je i siguran i fleksibilan (ima promenjivu dužinu ključa sa maksimumom od 448 bitova dužine). Ovaj algoritam je pogodan za aplikacije kod kojih je ključ konstantan duži vremenski period (komunikacioni link za šifrovanje), ali ne i tamo gde su česte promene ključeva (*packet Switching*).
- RS4 algoritam [15] je *stream cipher* imetrični algoritam. Isti algoritam se koristi i za šifrovanje i za dešifrovanje. Obraduje običan tekst u malim blokovima veličine jednog bita. Koristi promenjivu veličinu ključa od 8-2048 bita. Razbijanje ovog ključa nije trivijalno. Karakteriše se velikom brzinom. Bitno je da se ne koristi za šifrovanje dva data strima. Ispunjava sve potrebe provere identiteta kada je u pitanju *cloud* servis.

Najčešće korišćeni asimetrični algoritmi su:

- RSA algoritam [4] je dobio ime po svojim pronalazačima Rivest, Shamir i Adleman. RSA se koristi za osiguranje sigurnosti podataka u *cloud* sistemima, na način da samo ovlašćeni korisnici mogu da im pristupe. Podaci se prvo šifriraju pa zatim čuvaju u *cloud*-u. Prilikom zahteva za podacima, *cloud* provajderi prvo autentikuju korisnika, pa tek onda isporučuju podatke. U pojedinim *cloud* okruženjima, javni ključ je poznat svima, dok je privatni ključ poznat samo korisniku koji je vlasnik podataka. Šifrovanje se vrši od strane *cloud* provajdera, a dešifrovanje od strane korisnika. Kada se jednom podaci šifruju sa javnim ključem, mogu se dešifrovati samo korišćenjem odgovarajućeg privatnog ključa. Glavna mana ovog algoritma je sporost. Smatra se da ključevi veći od 2048 bita obezbeđuju dovoljan nivo sigurnosti.
- Diffie-Hellman algoritam [15] je prvi javni ključ za enkripciju. Koristi dva ključa, jedan tajni i jedan javni. Pošiljaoc šifrue poruku sa svojim tajnim ključem i javnim ključem primaoca, gde primalac dešifruje poslatu poruku korišćenjem tajnog i javnog ključa pošiljaoca. Omogućava korisnicima da razmenjuju tajni ključ kroz nesigurne komunikacione kanale. RSA je brži od DH algoritma.

U nastavku je prikazana poredbena tabela kriptografskih algoritama koji su pomenuti u radu.

Tabela 1: Poredbena tabela kriptografskih algoritama

Kriterijumi za poređenje	Simetrični					Asimetrični	
	AES	DES	3DES	BLOWFISH	RC4	RSA	DIFFIE-HELLMAN
Dužina ključa	128,192 ili 256 bit	56-bit key	112- 168 bits	32 bits to 448 bits	256 bytes	>1024 bits	Sistema za upravljanje razmjenu ključeva
Veličina bloka	128 bita	64 bita	64 bita	64 bita	40-256 bita	Promenljiva	
Bezbedna stopa	Odličan	Nije dovoljan	Adekvatan	Dobra	Odličan	Dobar	Dobra
Vreme izvršenja	Brz	Brz	Sporiji od DES	Manje vremena za izvršenje	Brz	Spor	Sporiji od RSA
Kompleksnost	Manje kompleksni					Više kompleksni	
Sigurnost	Manja					Veća	
Brzina	Veća					Manja	

Prednost simetričnih algoritama je u brzini, ne koriste previše računarskih resursa i rade mnogo brže kada je u pitanju dešifrovanje. Problem kod oba pristupa je upravljanje enkripcionim ključevima, načinom sigurnog generisanja, čuvanja, pristupa i razmene tajnih ključeva. Problem kod svih algoritama je taj što troše računarske resursa, procesorsko vreme i memoriju. Postoje razna rešenja kada je u pitanju kriptografija u *cloud*-u, pojedini predlažu da se podaci odvoje na jedan server, a da se drugi koristi za ključeve, a da šifrovanje i dešifrovanje podataka bude na strani klijenta. Ovdje se opet postavlja pitanje isplativosti, jer bi se održavala dva odvojena servera.

Istraživanja pokazuju da vodeći *cloud* provajderi zaštitu vrše primenom različitih vrsta algoritama kao što su AES 128, AES 256, 128-bit Blowfish, kombinacija AES 256, 2048-bit RSA i SHA-256 za enkripciju, potpisivanje i proveru integriteta podataka, kombinacija 2048-bit RSA i 256-bit AES, koristeći sigurnu konekciju za prenos podataka kao što je *Secure Socket Layer (SSL)* [16] [17] [18].

Kao dodatnu zaštitu pojedini *cloud* provajderi ograničavaju pristup i svojim zaposlenima. Neki od provajdera [17] nude opciju šifriranja tri puta, tj. lokalno, zatim tokom postavljanja podataka na njihovim serverima i još jednom na samom serveru.

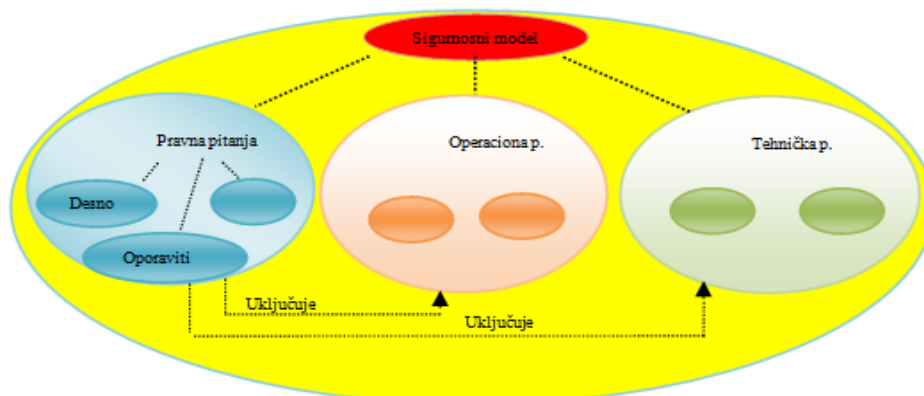
4. INTEGRACIJA BEZBEDONOSNIH PARAMETARA KRIPTOGRAFSKIH TEHNIKA U SEMANTIČKI MODEL NAD *CLOUD* SISTEMIMA

Složenost bezbednosti *cloud* sistema se ogleda pre svega u heterogenosti svi učesnika, svaka strana ima sopstvenu poslovnu logiku i pravne regulative koji odgovaraju internim pravilima i uređenju, dok provajderi uređuju pravila komunikacije među stranama, pa se samim time impliciraju različiti aspekti narušavanja tajnosti i integriteta komunikacije i saradnje. Tradicionalni pristupi uređenju kolaboracije u distribuiranim sistemima se oslanjaju na statički centralni sistem, pristupima zasnovanim na trećoj strani kojoj se veruje i dinamičkim pregovorima, čime se nameće konstatno održavanje repozitorijuma za centralnu bezbedonosnu politiku [5].

S druge strane, pristup koji se pokazao puno boljim i obećavajućim zasnovan je na primeni ontoloških modela, koji obezbeđuju holistički pristup bezbedonosnim operacijama i dajući razne sigurnosne

kategorije [20]. Na taj način je kreiran i semantički model bezbednosti na *cloud*-u (engl. *Cyber Security Model-CSM*) [5] predstavljen na slici 1. U modelu se na različitim nivoima hijerarhije (dubina hijerarhije zavisi od nivoa detaljnosti i posebno se kreira za svaki konkretan *cloud* sistem) predstavljaju nefunkcionalne karakteristike koje odgovaraju tehničkim, pravnim i operacionim aspektima sistema. S obzirom da su nefunkcionalne karakteristike međusobno često u interakciji (npr kvalitet održavanja sistema je u sprezi sa cijenom, isl), za predstavljanje se koriste modeli karakteristika (engl. *Feature models*) zajedno sa mapiranjima sa modelima poslovnih procesa (engl. *Business Process Models*) koji s druge strane modeluju poslovnu logiku sistema [5, 21].

Metodološki, CSM struktura se kreira postepeno tokom tri faze u životnom ciklusu [5]: Analiza zahteva (engl. *Requirement Engineering*), Domenski dizajn (engl. *Domain Design and Realisation*) i Aplikativni inženjering (engl. *Application Engineering*). U svakoj od navedenih faza se, osim kreiranja pomenutih modela vrši i identifikacija nefunkcionalnih karakteristika (koje se smatraju bezbedonosnim ili su povezani sa bezbedonosnim aspektima sistema), njihovih međusobnih povezanosti i mogućih vrednosti. Kao posebno važna aktivnost u ovom modelu se ističe procena praga prihvatljivih vrednosti, tj. za svaku od identifikovanih nefunkcionalnih karakteristika treba proceniti prag vrednosti, čije narušavanje treba direktno da signalizira i određeni stepen narušavanja bezbednosti celog sistema i/ili određenih njegovih delova (tj podsistema).



Slika 1. Semantički model bezbednosti na *cloud*-u (engl. *Cyber Security Model-CSM*) [5]

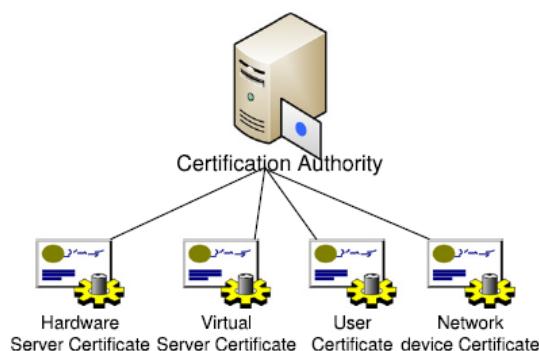
Upravo su nefunkcionalne karakteristike i njihov prag vrednosti način na koji se u ovom radu predlaže integracija rezultata predstavljenih u Tabeli 1, a koji se odnose na karakteristike kriptografskih pristupa koji se primenjuju na određenim elementima *cloud* sistema. Na taj način se obezbeđuje da primenjeni kriptografski pristupi budu analizirani upravo sa stanovišta domena primene jer svakako daju različite rezultate u zavisnosti od toga da li se koriste za autentikaciju korisnika, zaštitu deljenih resursa, itd.

Problem identifikacije specifičnih karakteristika bezbednosti nad *cloud* sistemima (uključujući one koji se odnose na primenu kriptografskih tehnika) je problem poznat u literaturi [11][22][23]. Jedno do rešenja koje se predlaže je poznato pod nazivom Treća strana od poverenja (engl. *Third Trusted*

Party - TTP) [11] koja predstavlja poseban servis u *cloud* sistemu koji s kriptografskog aspekta olakšava sigurne interakcije između dveju strana uz istovremeno poverenje ove treće strane. Zadatak TTP servisa je upravo na obezbeđenju skalabilnog sigurnosnog mehanizma u zavisnostima od

domenama, geografskog područja i specijalizacije sektora [24]. U razvoju TTP su identifikovani sledeći nivoi primene, koji su od značaja sa predloženi semantički model CSM:

- Nivo niske i visoke poverljivosti (engl. *Low and High level confidentiality*) - prenos podataka kroz mrežu je neophodno osigurati sa stanovišta neovlašćene izmene podataka i ilegalnom pristupu podacima.
- Autentikacija na serverskoj i klijentskoj strani (engl. *Server and Client Authentication*) – u *cloud* sistemima autentikacija je neophodna za sertifikaciju entiteta koji su uključeni u interakciju, što podrazumeva servere kao deo infrastrukture, virtuelne servere, korisnike i mrežne uređaje (slika 2).
- Kreiranje sigurnosnih domena (engl. *Creation of Security Domains*) – osnovni princip uređenja *cloud* sistema je zasnovano na činjenici da je svaki *cloud* zaseban sistem, a da oni međusobno interaguju kroz standardizovane interfejske, tako da se nameće kreiranje sigurnosnih domena nad svakim od njih, kao i interfejsom za komunikaciju
- Kriptografska separacija podataka (engl. *Cryptographic Separation of Data*) – zaštita ličnih podataka i/ili osjetljivih podataka je jedan od ključnih faktora za koji se primenjuju neki od kriptografskih principa (navedeni u Tabeli 1) i digitalni sertifikati.
- Autorizacija (engl. *Certificate-Based Authorization*) – odnos među resursima i učesnicima je dinamična, provajderi i korisnici nijesu u istim sigurnosnim domenima, tako da je autorizacija neophodan pristup (koja je u modernim sistemima zasnovana na sertifikovanju [25]).



Slika 2. Kategorije sertifikacije u *cloud* sistemima [11]

Imajući u vidu da svaki od navedenih bezbedonosnih nivoa uključuje sve navedene aspekte iz CSM modela, predlaže se da se na sledećem nivou hijerarhije u CSM modelu dodaju odgovarajućih aspekti svakog od nivoa iz TTP modela, a da se međusobnim relacijama predstave zavisnosti među njima. Na taj način je moguće sa stanovišta modela predstaviti pravne, operacione i tehnološke aspekte, što dalje implicira identifikaciju nefunkcionalnih karakteristika za svaki od nivoa. Na slici 3 je predstavljen

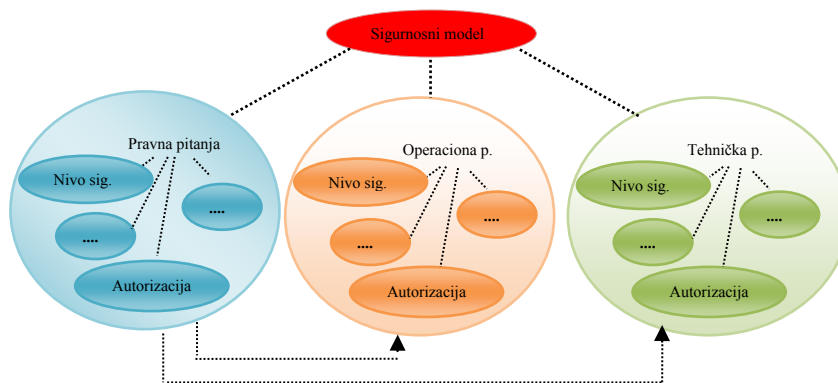
prošireni model, a u nastavku se navodi pojednostavljen primjer za prvi TTP nivo: *Nivo niske i visoke poverljivosti*.

S pravnog aspekta, neke od nefunkcionalnih karakteristika nivoa niske i visoke poverljivosti su:

- *značaj poverljivosti* (moguće vrednosti: izuzetno značajno, značajno, manje značajno, mogu biti javni),
- *moćnost oporavka od gubitka* (u slučaju identifikacije naručene)
- *dalekosežnost posledica gubitka* (u kojoj meri gubitak podataka ima indirektnih posledica na druge informacije/učesnike u sistemu; moguće vrednosti: lančane posledice, posledice u okviru ugrožene strane, posledice na sve učesnike na mreži, posledice samo na otvorene sesije na mreži).

Može se uočiti da navedene karakteristike direktno zavise od pravnog uređenja sistema u celini i svih pojedinih učesnika. Međutim, ukoliko se posmatra tehnološki aspekt u predloženom CSM modelu, kriterijumi poređenja primenjeni u Tabeli 1 direktno daju vrednosti nekim od nefunkcionalnih karakteristika:

- *cena implementacije* (cena implementacije se određuje na osnovu cene hardverske i softverske implementacije algoritma, a na osnovu ličnih preferenci strana uključenih u realizaciju i upotrebu sistema, može imati vrednosti: *prihvatljiva samo pod uslovom obezbeđenja velikog nivoa sigurnosti i/ili drugih zahteva, prihvatljiva, neprihvatljiva*)
- *vreme izvršenja* (za svaki od navedenih algoritama je određeno vreme izvršavanja (Tabela 1) i ono mora biti upoređeno sa definisanim vremenom čekanja i kašnjenja, koji se definiše posebno za svaki od sistema i segmenata unutar sistema; moguće vrednosti ove karakteristike su: *prihvatljivo, neprihvatljivo*)
- *teorijski određena stopa rizika* (za svaki od navedenih algoritama je teorijski određen nivo sigurnosti (Tabela 1), ali s druge strane za svaki sistem u celini, kao i element sistema je određen do kog nivoa je zahtevana sigurnost tj dozvoljena stopa rizika; moguće vrednosti poređenja: *visoko zadovoljava, zadovoljava, nezadovoljava*)



Slika 3. Prošireni semantički model CSM bezbednosti na cloud-u

5. KRITIČKA ANALIZA I ZAKLJUČAK

Enkripcioni algoritmi imaju važnu ulogu u obezbeđivanju podataka u *cloud* sistemima. U ovom radu su analizirani algoritmi AES, DES, 3DES, RS4, RSA, Blowfish, gde su primećene određene razlike i prednosti jednih u odnosu na druge, pa samim time su i identifikovane karakteristike primene svakog od njih u različitim oblastima i sistemima. Posebno važan aspekt je primena navedenih kriptografskih mehanizama u *cloud* sistemima koji su sve više u upotrebi i sve više provajdera se odlučuje da pruži ove usluge, a mnogu korisnici pored visoke zainteresovanosti pokazuju sve veću zabrinutost i nepoverenje u sigurnosne apskete *cloud*-a u celini. Ipak, prednosti njihovog korišćenja se mnogu i jasno prepoznati: regulatorna usklađenost (koja je od posebne važnosti za medicinsku dokumentaciju, zaštitu ličnih podataka, finansijsku dokumentaciju, itd.), kriptovanjem se podiže nivo sigurnosti i tajnosti podataka, bez obzira na postupke provajdera, itd.

U ovom radu je predloženo proširenje semantičkog modela bezbednosti nad *cloud* sistemima, koji predstavlja jedan od rešenja indukovano uspešnim pristupima u oblastima linija softverskih sistema i servisno irijentisanih arhitektura, čiji su koncepti sve više u primeni u modelovanju *cloud* sistema.

Dalje istraživanje u ovoj oblasti treba zasnovati na potpunoj specifikaciji predloženog semantičkog modela, integraciji metoda inteligentnog rezonovanja u cilju obezbeđenja inteligentno podržanih bezbedonosnih reakcija, kao i teorijskog i simulacionog određivanja praga vrednosti nefunkcionalnih karakteristika i daljeg dokazivanja korektnosti i konzistentnosti modela u celini.

6. LITERATURA

- [1] K. Rauber, Cloud Cryptography, *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, Vol.85, 2013,1-11
- [2] P.Madhubala, Dr.P.Thangaraj, Comprehensive and Comparative Analysis of Cryptographic Solutions in Cloud, *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, vol.10,Issue 10, October 2014
- [3] N.Chakraborty, R.Patel, Security Challenges in Cloud Computing: A Comprehensive Study, *International Journal of Computer Science Engineering and Technology*, Vol.4,January 2014
- [4] V.Nirosha, S.Latha, A Comprehensive Approach to Ensure Secure Data Communication in Cloud Environment, *International Journal of Computer Applications*, Vol.3, July 2013
- [5] R.Šendelj, I.Ognjanović, Semantically Enhanced Cyber Security over Clouds: Metodological Approach, *International Journal of Advances in Computer Network and Its Security*, Vol.4, No.3, September 2014 ISSN> 2250-3757
- [6] O.Jasim, S.Abbas, E.El-Horbaty, A.Salem, Efficiency of Modern Encryption Algorithms in Cloud Computing, *International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science*, Vol. 2, Issue 6, Nov-Dec 2013
- [7] R.Arora, A.Parashar, Secure User Data in Cloud Computing Using Encryption Algorithms, *International Journal of Engineering Research and Applications*, Vol.3, Issue 4, Jul-Aug 2013, pp.1922-1926

- [8] D.Elminaam, H.Kadar, M.Hadhoud, Evaluating The Performance of Symmetric Encryption Algorithms, *International Journal of Network Security* , Vol.10, May 2010, pp.213-219
- [9] M.Kaur, R.Singh, Implementing Encryption Algorithms to Enhance Data Security of Cloud in Cloud computing, *International Journal of Computer Applications*, Vol.70, May 2013
- [10] K.Joshi, Y.Yesha, T. Finin, Automating Cloud Services Lifecycle through Semantic technologies, *Services Computing, IEEE Transactions Vol:7, Issue:1*, 2012
- [11] D.Zissis, D.Lekkas, Addressing cloud computing security issues, *Future Generation Computer Systems*, Vol 28, pp. 583-592, 2012
- [12] M. Okuhara, T. Shioyaki, T. Suyuki, Security Architectures for Cloud Computing, *FUJITSU Sci. Tech J.*, Vol. 46, No.4, October 2010, pp. 397-402
- [13] D. Catteddu, G. Hogben, ENISA, Cloud Computing, Benefits, risks and recommendations for information security, November 2009
- [14] R.Chandramouli, M.Iorga, S.Chokhani, Cryptographic Key Management Issues & Challenges in Cloud Services, National Institute of Standards and Technology. 7956, September 2013
- [15] AL. Jeeva, Dr.V.Palanisamy, K.Kanagaram, Comparative analysis of performance efficiency and security measures of some encryption algorithms, *International Journal of Engineering Research and Application ISSN: 2248-9622*, Vol.2, Issue 3, May-Jun 2012, pp.3033-3097
- [16] Best Free Encryption Utility for Cloud Storage, December 2014
- [17] D. Low, Best Cloud Storage Providers For Corporate Data Privacy
- [18] K. Ashutosh, Top 10 Online Storage Solutions With Encryption
- [19] RSA Laboratories, Advantages and Disadvantages of public and secret key Cryptography
- [20] T. Takahashi, Y. Kadobayashi, and H. Fujiwara, Ontological Approach toward Cybersecurity in Cloud Computing“, *SIN* 2010, pp.7-11
- [21] M. Bošković, E. Bagheri, G.grossmann, D. Gašević, and M. Stumptner, „Towards Integration of Semanticallz Enabled Service Families in the Cloud“, *CSWS* 2011, Vol. 774, pp.58-69
- [22] K. Stanoevska-Slabeva, T. Wozniak, Grid and Cloud Computing-A Business Perspective on Technology and Applications, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010.
- [23] A. Nagarajan, V. Varadharajan, Dynamic trust enhanced security model for trusted platform based, *Future Generation Computer Systems* (2010), doi:10.1016/j.future.2010.10.008.
- [24] S. Castell, Code of practice and management guidelines for trusted third party services, INFOSEC Project Report S2101/02, 1993.
- [25] James B.D. Joshi, Walid G. Aref, Arif Ghafoor, Eugene H. Spafford, Security models for web-based applications, *Communications of theACM*44 (2) (2001).

OBRADA ZVUČNIH SIGNALA PRIMJENOM PROGRAMSKOG JEZIKA MATLAB

AUDIO SIGNAL PROCESSING APPLYING THE PROGRAMMING LANGUAGE MATLAB

Namira Krupić,¹ Edin Mujčić²
^{1,2} Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać,
dr. Irfana Ljubijankića bb.,
namira_krupic@hotmail.com
edin.mujcic@gmail.com

SAŽETAK:

U stvarnom svijetu postoji mnogo fizičkih definicija zvuka, dok u digitalnom svijetu je samo to "hrpa" brojeva raspoređenih u nekim matičnim zapisima. Naravno, sa svakim matičnim zapisom se može upravljati pa tako i sa ovim. Veoma dobro rješenje za obradu matičnih zapisa je programski jezik MATLAB. On omogućava unos, spajanje, razdvajanje, promjenu bilo kog elementa matrice i sve matematičke operacije primijenjene na matrice. Za obradu zvučnih signala u MATLAB-u koristi se „audio and video support“ koji se sastoji od fajlova za: učitavanje i zapisivanje zvučnih signala; fajlova za snimanje i reprodukciju zvučnih signala. Primjenom navedenog „audio and video support-a“ i alata za obradu matrica, u ovom radu, je opisana obrada zvuka od unosa, miksanja i razdvajanja zvučnih signala, filtriranja zvučnih signala na osnovu frekvencije, prizvodnje „čistih tonova“, grafičkog predstavljanja i reprodukcije zvuka.

Ključne riječi: Zvuk, MATLAB, reprodukcija, snimanje, filter.

ABSTRACT

In the real world there are many physical definition audio, while in the digital world is just a "bunch" of numbers arranged in some matrix write down. Of course, with each matrix write down can be controlled and so with this. Very good solution for the processing of matrix write down the programming language MATLAB. It allows input, mixing, selection, change any element of the matrix and all mathematical operations applied to the matrix. For audio signal processing in MATLAB used is "audio and video support," which consists of files for: read and write audio signals; files for recording and playback of audio signals. Application of aforementioned "audio and video support-a" and tools for processing matrix, in this paper, is described audio processing: from entry, mixing and selection of audio signals, audio signals filtering based on frequency, the production of "pure tone", a graphic representation and audio reproduction.

Keywords: Audio, MATLAB, Reproduction, Recording, Filter

1. UVOD

Zvuk je fizička pojava koja predstavlja sastavni dio čovjekovog okruženja, gdje se javlja kao prateći element mnogih životnih okolnosti. Zvuk je prisutan gotovo svugdje: u samom organizmu čovjeka, gdje se javlja govor, preko najrazličitih zvukova stalno prisutnih u neposrednom životnom okruženju, pa do zvukova u dubinama okeana ili koji u vidu seizmičkih talasa dopiru iz dubine zemlje [1] i [2]. Sa takvom disperzijom pojava oblika zvuk je fizička pojava kojom se danas bave inženjeri raznih oblasti. Oni ga posmatraju i analiziraju sa različitih aspekata i primjenjuju ga u veoma različitim okolnostima. Zvuk je osnova ljudske komunikacije, pa u raznim oblicima zvukova ljudi nalaze određeni smisao i značenja (govor, razni zvučni signali i slično) [3]. Zvuk se zapisuje u dva osnovna formata. Jedan zapisuje zvuk u formi koja odgovara originalnom zvučnom signalu (talasu) i zove se analogni snimanje. Noviji format zapisa je digitalni zapis koji predstavlja zvučni talas kao niz brojeva u binarnom zapisu. Zvuk je u analognom svijetu kontinualan slijed iskazan u vremenu, te ima određeni raspon koji je moguće približno tačno izmjeriti u bilo kojoj vremenskoj tački. Obrada ili procesuiranje zvuka je namjerna promjena audio signala ili zvuka upotrebom audio efekata. Audio signali se predstavljaju u digitalnim ili analognim formatima, pa se i obrada signala može obavljati u analognom ili digitalnom obliku. Obrada signala u analognom obliku se vrši direktno na električnom signalu, dok obrada signala u digitalnom obliku matematički djeluju na digitalnu prezentaciju signala [4]. S toga možemo reći da je digitalna obrada signala DSP (*engl. Digital Signal Processing*) zvuka matematička manipulacija nad signalom kako bi se on na neki način modifikovao ili poboljšao. DSP radi sa diskretnim vremenom i frekvencijama koji su predstavljeni sa nizom brojeva ili simbola. Glavni cilj digitalne obrade signala je mjerenje, filtriranje ili kompresija kontinuiranih stvarnih analognih signala poput zvuka. Obrada počinje pretvaranjem signala iz analognog u digitalni oblik postupkom uzorkovanja te naknadnom digitalizacijom korištenjem konvertora analognih u digitalne signale A/D (*engl. Analog-to-Digital Converter*) [5]. Tako se signal pretvara u niz brojeva ili uzoraka.

U ovom radu je opisana digitalna obrada zvuka upotrebom programskog jezika MATLAB. Pored unosa, generisanja, snimanja i reprodukcije zvuka opisane su i neke specifične korisne operacije za dodatnu obradu zvuka.

1. OSNOVNI POJMOVI O ZVUKU

Zvuk nastaje kada neka materija osciluje, a postoje tri vrste zvuka: prasak, šum i ton. *Prasak* nastaje pri jednom snažnom potresu sa nekoliko brzih treptaja djelića zvučnog izvora, kao što se dešava kod eksplozija. *Šum* je zvuk koji nastaje nepravilnim titranjem zvučnog izvora pri čemu se frekvencija stalno mijenja kao i amplituda. *Ton* nastaje pravilnim titranjem zvučnog izvora i frekvencija je stalna. Ton je jednostavno sinusno titranje. Ton ima određenu frekvenciju. Pored osnovne frekvencije, ton često sadrži i tzv. više harmonike. Osnovnu frekvenciju uho osjeća kao *visinu tona* [6]. Ukoliko je osnovna frekvencija viša i ton je viši. Pored visine tona, čulom sluha razlikujemo i *boju tona*. *Jačina tona* zavisi od amplitude i frekvencije i tretira se kao fizička jačina tona. Pošto uho ima različitu osjetljivost na razne frekvencije onda se uvodi i tzv. subjektivna ili fiziološka jačina tona. Jačina zvuka se često izražava u decibelima, iako ju je moguće izraziti i preko snage koju zvuk nosi ($[W]$, $[W/m^2]$, $[W/rad]$), ili kao efektivni ili maksimalni iznos promjene pritiska u odnosu na pritisak

neporemećenog sredstva u kojem se zvuk širi [Pa]. Da bi zvučni talas izazvao osjećaj zvuka, mora da ima neku minimalnu jačinu koja se zove *prag čujnosti*. Standardni prag čujnosti se uzima za frekvenciju 1 [kHz]. Kada jačina zvuka raste mi ga čujemo sve jače dok ne dostigne tzv. *granicu bola*.

Čovjek osjeća promjenu jačine zvuka u logaritamskoj skali. Zbog toga se uvodi termin subjektivna jačina zvuka (nivo jačine zvuka) [7]. Zvuk možemo podijeliti i prema frekvenciji [8] na:

1. infrazvuk - ispod 16[Hz],
2. ultrazvuk - iznad 20[kHz],
3. od 20[Hz] do 20[kHz] - ljudske granice osjećaja zvuka.

Infrazvuk obuhvata talasne frekvencije 0,1 do 20 [Hz]. Treba napomenuti da u govoru gotovo uopće nema frekvencija u tom području, te su ove frekvencije u području govora nebitne. Ultrazvuk je zvuk sa frekvencijom većih od gornje granice čujnosti za normalno ljudsko uho od 16-20 [kHz], u ovisnosti od uzrasta. Ljudsko uho reaguje na zvučne nadražaje samo u jednom intervalu frekvencija koje se nazivaju čujne frekvencije. Nominalne granice čujnog opsega frekvencija utvrđene su na 16 [Hz] (donja) i 20.000 [Hz] (gornja).

3. PROGRAMSKA OBRADA ZVUČNOG SIGNALA

Zvučni signal se u MATLAB-u predstavlja kao vektor čiji su elementi uzorci signala. Kao i druge jednodimenzionalne signale, tako je i audio-sigale u MATLAB-u najjednostavnije predstaviti kao uređen niz brojeva odnosno vektor [9]. Pošto je potrebno reprodukovati te signale, pored vrijednosti odabira neophodno je imati informaciju o frekvenciji uzorkovanja. Pošto je standardna reprezentacija brojeva u MATLAB-u double format, efekti kvantizacije signala su zanemarljivi, a do prekoračenja opsega dolazi u izuzetno rijetkim slučajevima.

3.1. Snimanje i učitavanje signala u MATLAB-u

Snimanje zvuka u MATLAB-u je omogućeno pomoću dvije funkcije *audiorecorder* i *wavrecord*, pri čemu je ova posljednja vezana za operativni sistem Windows te neće biti razmatrana u nastavku teksta. Snimanje započinje kreiranjem objekta koji će realizovati snimanje pozivom sljedeće komandne linije:

rec = audiorecorder(Fs, nBits, nChannels),

gdje je:

Fs - frekvencija uzorkovanja izražena u [Hz] *default* 8000,

nBits - broj bita *default* 8 i

nChannels - broj kanala *default* 1.

Vrijednost frekvencije uzorkovanja zavisi od mogućnosti hardvera, a tipične vrijednosti su 8000, 11025, 16000, 22050 i 44100. Broj bita može biti 8 ili 16, a Windows operativni sistem dozvoljava i 24, dok je maksimalan broj kanala 2. Snimanje započinje komandom:

record(rec,duration),

gdje je: *rec* objekat, a *duration* dužina segmenta koji treba snimiti izražena u sekundama. Drugi parametar je opcionalni i u slučaju da nije naveden, snimanje se zaustavlja pozivom komande *stop(rec)*. Preslušavanje snimljenog segmenta u objektu *rec* realizuje se pomoću komande:

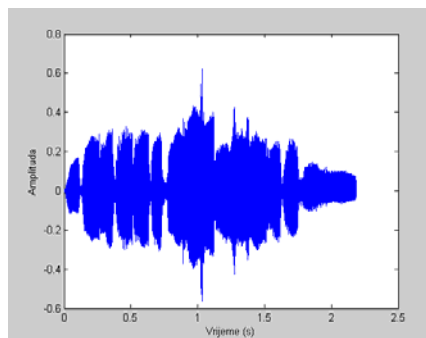
`play(rec,[start stop]),`

pri čemu su parametri *start* i *stop* opcionalni, odnosno ako nije naveden ni jedan od njih, biće reprodukovani cijeli fajl; ako je naveden samo jedan, onda se podrazumijeva da je u pitanju parametar *start* i reprodukcija započinje od onog odabira čiji je *start* indeks i traje sve do posljednjeg odabira; i naravno, ako su navedena oba parametra, onda se reprodukuje signal od odabira sa indeksom *start* do odabira sa indeksom *stop*. Za učitavanje snimljenog fajla u MATLAB-ov *Workspace* koristi se naredba:

`smp = getaudiodata(rec,dataType),`

gdje je: *dataType* format učitanih podataka ('double', 'single', 'int16', 'int8' i 'uint8') default vrijednost je 'double'. Proces snimanja zvuka se dodatno kontroliše komandama *pause(rec)* i *resume(rec)*, kojima se snimanje privremeno zaustavlja i pokreće. Za učitavanje zvukova može se koristiti i naredba *wavread*. Sa dovoljno visokom frekvencijom uzorkovanja, vektor sa dvostrukom preciznošću ima dovoljnu rezoluciju za bilo koji oblik procesuiranja koji se mora obaviti što znači da se problemi sa kvantizacijom mogu u potpunosti zanemariti [10]. Primjer učitavanja, predstavljanja i reprodukcije zvučnog signala dat je u nastavku ovog rada.

```
[zvuk,fs]=wavread('flute.wav');  
vrijeme=(1/44100)*length(zvuk);  
t=linspace(0,vrijeme,length(zvuk));  
plot(t,zvuk)  
xlabel('Vrijeme (s)');  
ylabel('Amplituda');
```



Slika 1: Graf zvučnog signala

3.2. Reprodukcijska i generisanje zvuka

Za reprodukciju zvuka upotrebljava se naredba *sound*. Pri tome možemo izabrati mono ili stereo, tj. slušati pojedinačno jedan ili drugi kanal ili oba zajedno. Opći oblik poziva ove naredbe je:

`sound(sig,Fs,nBits),`

gdje je: *sig* -vektor ili matrica koji sadrži odbirke zvučnog signala, *Fs* - frekvencija uzorkovanja i *nBits* -broj bita po uzorku (8 ili 16). Rezultat je zvuk koji se prosljeđuje na izlazni audio uređaj. U slučaju da se ne navedu, podrazumijevane vrijednosti za frekvenciju uzorkovanja i broj bita po uzorku

su 8000 Hz i 8 bita. Ako se želi postići veća fleksibilnost prilikom reprodukcije, upotrebljava se naredba *audioplayer*. Opći oblik poziva je:

$$ap = \text{audioplayer}(sig, Fs, nBits),$$

gdje je: *sig*- vektor ili matrica koja sadrži odbirke audio-signala, *Fs* - frekvencija uzorkovanja, *nBits* - broj bita po uzorku, a rezultat je *audioplayer* objekat *ap*. Sama reprodukcija započinje pozivom funkcija *play*, *resume* ili *playblocking*. Opći oblik poziva funkcije *play* je:

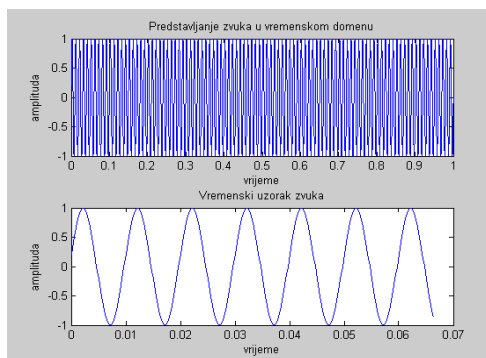
$$\text{play}(ap, \text{what}),$$

gdje je: *ap* -audioplayer objekat, *what* -opcionalni parametar koji definiše šta će se reprodukovati. U slučaju da se *what* ne navede, podrazumijeva se da reprodukcija počinje od početka datoteke, ako se navede samo jedan broj on se tumači kao indeks odabirka od koga treba započeti reprodukciju, a ako se navedu dva broja, prva vrijednost predstavlja indeks početnog, a druga indeks krajnjeg odabirka u toku reprodukcije. Identičnu sintaksu ima i funkcija *playblocking*. Razlika između ove dvije funkcije je da u slučaju funkcije *playblocking* nije moguće zaustavljanje reprodukcije pomoću komandi *stop* i *pause*. Reprodukcijska se može pokrenuti i pomoću funkcije *resume(ap)* pri čemu reprodukcija započinje od prvog odabirka, ako prije toga nijednom nije pozvana funkcija *play(ap)* ili ako je prethodna reprodukcija zaustavljena pomoću funkcije *stop(ap)*, odnosno od odabirka gdje je zaustavljena reprodukcija pomoću funkcije *pause(ap)*. Vizualizacija talasnog oblika audio-signala jednostavno se realizuje pomoću funkcija *plot* i *stem*. Pored talasnog oblika za analizu govora i zvuka interesantan je i spektar signala odnosno njegove promjene u toku vremena, tzv. spektrogram. Spektrogram je realizovan u MATLAB-u u okviru funkcije *spectrogram*. Za istraživanje zvuka je ponekad potrebno i generirati zvukove. Najčešće je potrebno generirati čiste tonove, šum ili varijabilne tonove. Novi zvuk je također moguće dobiti sabiranjem već postojećih zvukova [11] i [12]. Čisti ton je nemodulirani sinusni oblik. Sinusna funkcija omogućuje da se generiše ton s frekvencijom F_t sa frekvencijom uzorkovanja F_s koji traje T_d sekundi sljedećom naredbom:

$$s = \sin([1:F_s*T_d]*2*\pi*F_t/F_s);$$

Za generisanje tona koji se nalazi na frekvenciji od 100 [Hz] u trajanju od 1 [s] sa frekvencijom uzorkovanja od 3000 uzoraka/sekundi i predstavljanje generisanog tona može se koristiti M-file:

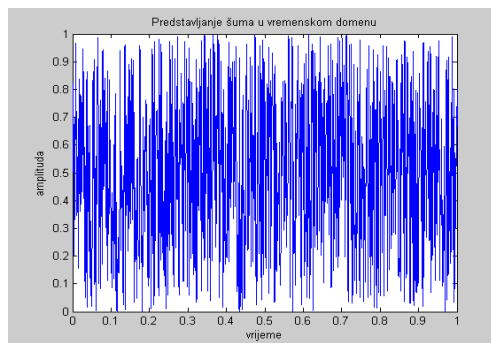
```
s = sin([1:3000*1]*2*pi*100/3000);  
t=linspace(0, 1, length(s));  
subplot(2,1,1),plot(t, s)  
xlabel('vrijeme')  
ylabel('amplituda')  
title('Predstavljanje zvuka u vremenskom  
domenu')  
subplot(2,1,2),plot(t(1:200), s(1:200))  
xlabel('vrijeme')  
ylabel('amplituda')  
title('Vremenski uzorak zvuka')
```



Slika 2: Predstavljanje zvuka u MATLAB-u

Šum se obično sastoji od ravnomjerno raspoređenih slučajnih brojeva koje je u MATLAB-u jednostavno generisati korištenjem funkcije *rand*. Za generisanje šuma u trajanju T_d sekundi sa frekvencijom uzorkovanja F_s može se koristiti M-file:

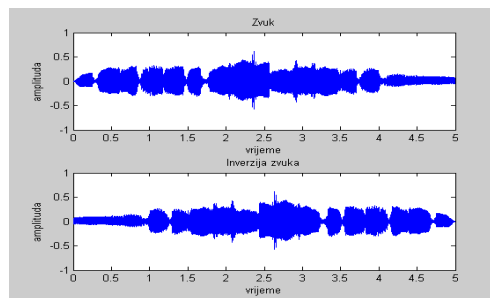
```
Fs=1000;  
Td=1;  
s = rand(1, Fs*Td);  
t=linspace(0, 1, length(s));  
plot(t,s)  
xlabel('vrijeme')  
ylabel('amplituda')  
title('Predstavljanje šuma u vremenskom  
domenu')
```



Slika 3: Predstavljanje šuma u MATLAB-u

Za reprodukciju zvuka unazad je dovoljno obrnuti uzorke u vektoru zvuka tako da se podaci koji su bili na početku nađu na kraju, a oni s kraja na početku. Za to je moguće iskoristiti funkciju *flipud*.

```
[zvuk,fs]=wavread('flute.wav');  
zvuk_unazad=flipud(1_r_zvuk); soundsc(zvuk,fs);  
pause(1)  
soundsc(zvuk_unazad, fs);  
t=linspace(0, 5, length(zvuk));  
subplot(2,1,1), plot(t,zvuk)  
xlabel('vrijeme')  
ylabel('amplituda')  
title('Zvuk')subplot(2,1,2), plot(t,zvuk_unazad)  
xlabel('vrijeme')  
ylabel('amplituda')  
title('Inverzija zvuka')
```



Slika 4: Inverzija zvučnog signala

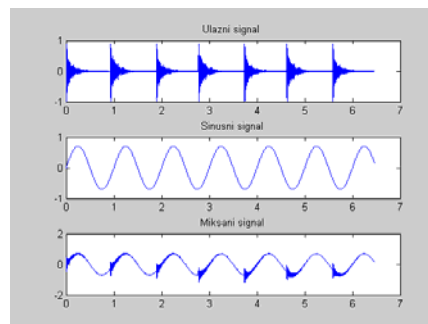
3.3. Kombinovanje zvučnih signala

Kombinovanje signala nastaju novi zvukovi. Osnovni oblik kombinovanja je spajanje zvučnih signala seijski [11]. U MATLAB-u se ova operacija svodi na nastavljjanje vektora pomoću konkatencije. Na primjer:

```
[r_zvuk,fs]=wavread('road.wav');  
zvuk_nastav = [r_zvuk; r_zvuk; r_zvuk];  
soundsc(zvuk_nastav, fs);
```

Miksanje signala predstavlja miješanje dva ili više zvučnih signala u određenom omjeru u jedan signal. Poželjno je da dobiveni signal bude privlačan za slušaoce. MATLAB omogućava miksanje zvučnih signala s tim da frekvencije uzorkovanje i trajanje zvučnih signala budu identični [12]. Mi zahvaljujući velikim mogućnostima MATLAB-a uvijek možemo zadovoljiti tražene uslove. U nastavku ovog rada je naveden program za miksanje dva signala u određenom omjeru.

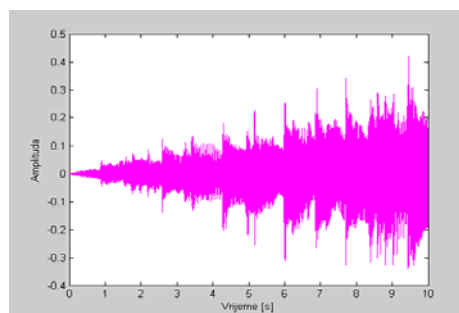
```
[y, Fs, nbits] = wavread('toms.wav');  
t=0:1/Fs:1/Fs*(length(y)-1);  
sinusnisignal = 0.7*sin(2*pi*t);  
novisignal = 0.5*y + sinusnisignal;  
subplot(3,1,1), plot(t,y), title('Ulazni signal');  
subplot(3,1,2), plot(t,sinusnisignal), title('Sinusni  
signal');  
subplot(3,1,3), plot(t,novisignal), title('Miksani  
signal');  
wavplay(novisignal)
```



Slika 5: Miksanje dva zvučna signala

Pored običnog množenja skalarom, signal je moguće množiti i sa drugim signalima. Za to se najčešće koriste urađene MATLAB funkcije za generiranje signala poput *step*, *ramp*, *sawtooth*, *square*, *chirp* i niz drugih. Bilo koji vektor vrijednosti koji ima istu dužinu kao zvuk se može koristiti za pojačanje ili prigušenje signala. To je navedeno u sljedećem M-fajlu:

```
[gitara, fs] = wavread('guitar.wav');  
ramp=(0:1/(44100*10):1);  
izl_signal = gitara(1:length(ramp)).*ramp;  
t=linspace(0,10, length(ramp));  
plot(t, gitara(1:length(ramp)).*ramp);  
xlabel('Vrijeme [s]');  
ylabel('Amplituda');
```



Slika 6: Linearno pojačanje zvučnog signala

3.4. Digitalni filteri

Filteri vrše filtriranje zvučnog signala po frekvenciji. Njihov zadatak je da određene frekvencije neutrališu (priguše), a određene propuste bez ikakve promjene [13]. Postoji više vrsta filtera [14][15], a to su:

- niskopropusni filteri (engl. *LowPass*),
- visokopropusni (engl. *HighPass*),
- pojasnopropusni (engl. *BandPass*).

U MATLAB-u postoje naredbe za projektovanje navedenih filtera. Za niskopropusni filter tipa Chebyshev II je:

$$[b,a] = \text{cheby2}(N,R,Wn,'low')$$

pri čemu je:

N - red filtra,

R - prigušenje u [db],

Wn - granična frekvencija područja prigušenja normirana sa polovinom frekvencije uzorkovanja.

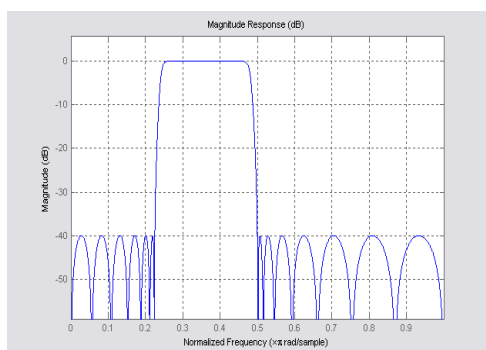
Za visokopropusni filter naredba je:

$$[b,a] = \text{cheby2}(N,R,Wn,'high')$$

Kao rezultat se dobivaju koeficijenti polinoma brojnika i nazivnika IIR filtra. U nastavku je projektovan uskopojasni filter kombinacijom niskopropusnog i visokopropusnog filtera.

```
fs=8000;  
fd=[2*1000/fs];  
fn=[2*900/fs];  
R=40;  
[N,Wn]=cheb2ord(fd,fn,1,R)  
[bh,ah]=cheby2(N,R,fn,'high');  
fd=[2*2100/fs];  
fn=[2*2000/fs];  
[N,Wn]=cheb2ord(fd,fn,1,R)
```

```
[bl,al]=cheby2(N,R,fn,'low');  
b=conv(bh,bl); % Koeficijenti brojnika kaskade  
a=conv(ah,al); % Koeficijenti  
nazivnika kaskade  
fvtool(b,a)
```



Slika 7: Projektovani filter

pri čemu su: bh i bl brojnici, a ah i al nazivnici VP i NP filtra. Svaki učitani signal će biti filtriran primjenom upravo projektiranog pojasnopropusnog filtra. U tu svrhu koristi se MATLAB-ova funkcija za filtraciju:

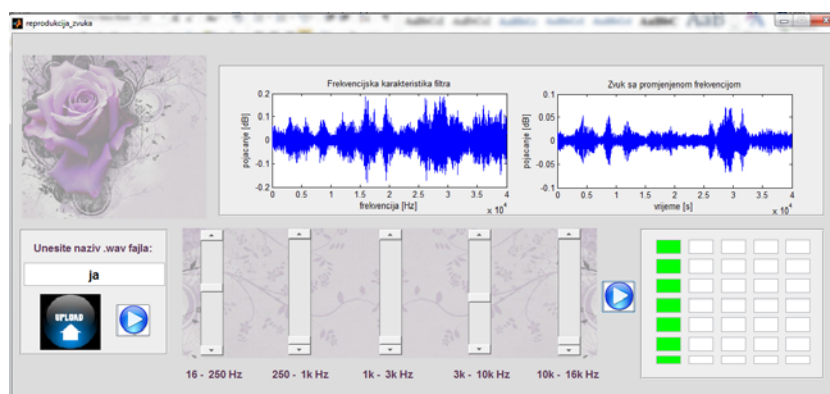
$$yf = \text{filter}(b,a,y);$$

pri čemu su: b i a - koeficijenti filtra, a y - originalni nefiltrirani zvučni signal.

3.5. Obrada zvuka upotrebom grafičkog sučelja

Upotrebom grafičkog korisničkog sučelja (engl. *Graphical user interface*) u MATLAB-u možemo kreirati grafičko sučelje. Primjenom ranije opisanih funkcija za obradu zvuka i grafičkih objekata koji su na raspolaganju možemo napraviti grafičko sučelje za obradu zvučnih signala (vidi sliku 8).

Na ovaj način je omogućeno korisniku da unese snimljeni zvučni signal i klikom na strelicu, ispod prostora za unos snimljenog zvučnog signala, pokrene reprodukciju i prikaz zvučnog signala. Upotrebom ekvilajzer-a možemo prilagoditi zvuk svojim zahtjevima i klikom na strelicu na desnoj strani grafičkog sučelja vrši se reprodukcija podešenog signala i prikaz prilagođenog zvučnog signala.



Slika 8: Obrada zvuka upotrebom grafičkog sučelja

Sa slike 8 možemo zaključiti da je obrada zvuka u MATLAB-u upotrebom grafičkog sučelja vrlo jednostavna i pregledna.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu navedenih programa može se zaključiti da MATLAB posjeduje veoma dobre alate za obradu zvuka. Zvučni signali se posmatraju kao vektori ili matrice (stereo signali) a MATLAB u osnovi radi sa poljima (tj. u slučaju brojeva matricama). Tako da je analiza zvučnih signala veoma prilagodljiva načinu obrade informacija u MATLAB-u. Također, upotrebom grafičkog sučelja i jednostavnog formiranja EXE fajla sve obrade postaju dostupne gotovo svim uzrastima.

5. LITERATURA

- [1] <http://hr.wikipedia.org/wiki/Zvuk>(12.11.2014)
- [2] https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/ZIO_01_Osnove_zvuka_2014.pdf(18.11.2014)
- [3] I. Gazdić, *Fizika (Odabrana poglavlja za tehničke fakultete)*, Tuzla 2009.
- [4] E. Jakupović, M.Kerenović, *Fizika III (Univerzitetska knjiga Bihać)*,1998.
- [5] Douglas F. Elliott, *Digital Signal Processing*, Rockwell International Corporation Anaheim, California 1987.
- [6] <http://981n.blogspot.com/2013/11/ton-boja-i-visna-tona-izvori-zvuka.html> (11.12.2014)
- [7] <http://physics.blogger.ba/arhiva/2010/02/04/2426249> (11.12.2014)
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Frequency_spectrum (16.12.2014)
- [9] I. McLoughlin, *Applied Speech and Audio Processing: With MATLAB Examples*, 2009.
- [10] M.Popović i A.Mojilović, *Digitalna obrada signala*, Nauka, 1996.
- [11] M. Kahrs, K. Brandenburg, *Application of Digital Signal Processing to Audio and Acoustics*, Kluwer Academic Publishers, 2002
- [12] L. R. Rabiner, J. H. McClellan, T.W. Parks, *FIR Digital Filter Design Techniques Using Weighted Chebyshev Approximation*, *Proc IEEE, Vol. 63, pp 595-610*
- [13] http://dog.zesoi.fer.hr/laboratorij/pdf/Skripta_z_Labose_iz_DOGa.pdf(15.12.2014)
- [14] http://www.mathworks.com/tagteam/55876_digfilt.pdf (22.12.2014)
- [15] K. V. Madisetti, *Digital Signal Processing Fundamentals*, CRC Pre

MIKROKONTROLER PIC16F877A I NJEGOVA UPOTREBA ZA UPRAVLJANJE ISTOSMJERNIM MOTOROM

MICROCONTROLLER PIC16F877A AND ITS USE FOR DC MOTOR CONTROL

Edin Mujčić², Namira Krupić,¹
^{1,2} Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać,
dr. Irfana Ljubijankića bb.,
namira_krupic@hotmail.com,
edin.mujcic@gmail.com

SAŽETAK:

U ovom radu je opisano upravljanje istosmjernim motorom upotrebom dva mikrokontrolera PIC16F877A. U ovom sistemu MATLAB@SIMULINK i Real-Time Toolbox, koji se upotrebljava za rad u stvarnom vremenu, šalju upravljačke signale preko serijskog porta prema mikrokontroleru PIC16F877A. Mikrokontroler PIC16F877A obrađuje primljene informacije i upravlja radom modula za širinsko-impulsnu modulaciju (PWM). Pojačani signali iz PWM modula se koriste za regulaciju brzine i smjera istosmjernog motora. Mjerenje brzine se obavlja pomoću optičkog enkodera. Primljene signale iz optičkog enkodera mikrokontroler PIC16F877A obrađuje i šalje ih preko serijskog porta u računar. Primljene informacije o stvarnoj brzini (poziciji) istosmjernog motora MATLAB@SIMULINK poredi sa željenom brzinom (pozicijom). Ako postoji razlika, ona se obrađuje, i u pogodnom obliku šalje prema mikrokontroleru PIC16F877A.

Ključne riječi: MATAB@SIMULINK, Real-time toolbox, istosmjerni motor, optički enkoder, mikrokontroler PIC16F877A.

ABSTRACT: In this work is described DC motor control using two microcontrollers PIC16F877A. In this system MATLAB @SIMULINK and Real-Time Toolbox, who is used for work in real time, sent control signals over the serial port to the microcontroller PIC16F877A. Microcontroller PIC16F877A processes the received information and controls the work of the module for pulse-width modulation (PWM). The amplified signals from the PWM module are use to control the speed and direction of a DC motor. Speed measurement is done using an optical encoder. Received signals from the optical encoder microcontroller PIC16F877A processes and sends them over the serial port in computer. Received information about the actual speed (position) of the DC motor MATLAB@SIMULINK compares with the desired speed (position). If there is a difference, it is processed, and in a suitable form sent to the microcontroller PIC16F877A.

Keywords: MATAB@SIMULINK, Real-time toolbox, DC motor, optical encoder, mikrocontroller.

1. UVOD

Nastanak mikrokontrolera i mikroprocesora se smatra jednim od najvećih tehničkih dostignuća koje je obilježilo dvadeseti vijek. Glavna razlika između modernih mikroprocesora i mikrokontrolera je da su prvi optimizirani za brzinu i performanse kod računarskih programa, dok su mikrokontroleri optimizirani u pravcu integracije što većeg broja kola, upravljanja procesima u stvarnom vremenu (Real-Time Control), masovnu proizvodnju, nisku cijenu, i malu potrošnju struje. Mikrokontroleri su otporniji i na varijacije napona, temperature, vlažnosti, vibracije i sl. Njihova ogromna prednost se ogleda i u činjenici da se mogu programirati, pored asemblera, i u višim programskim jezicima tipa C, Paskal, Basic. To povećava broj korisnika koji ih mogu programirati pa time i primjenjivati [1], [2].

U suštini, mikrokontroler je mini računar, realizovan u obliku integrisanog kola, koji objedinjuje sve potrebne komponente kako bi mogao samostalno da funkcioniše. Sastoji se od integrisanog mikroprocesora, memorija, digitalnih i analognih ulaza/izlaza, tajmera, brojača, oscilatora i drugih sklopova u zavisnosti od vrste i namjene mikrokontrolera.

Koriste se u najrazličitijim modernim uređajima kao što su: roboti, telekomunikacijski uređaji, sateliti, automobili, instrumenti, mobilni telefoni, kamere i sl. Isto tako imaju široku primjenu u mnogim kućnim uređajima kao što su mašine za pranje rublja, mikrotalasne rerne (mikrovalne pećnice), pekačima za kruh itd. [2].

Danas na tržištu postoji nekoliko velikih proizvođača mikrokontrolera koji u svom proizvodnom programu imaju različite familije mikrokontrolera. Najpoznatiji od njih su Intel, Motorola, Atmel i Microchip.

Mikrokontroler PIC16F877A [3], koji se koristi u ovom radu, je od proizvođača Microchip. On ima RISC arhitekturu (*Reduced Instruction Set Computer*) što znači da ima smanjen broj (tačnije 35) instrukcija u jednom instrukcijskom ciklusu osim instrukcija grananja i skokova.

U ovom radu se koristi istosmjerni motor sa reduktorom. Istosmjerni motori mogu osigurati veliki početni moment i mogu se upravljati upotrebom PWM modula [4]. Upravljački sistem mora obezbijediti sve potrebne uslove da bi istosmjerni motor održavao zahtijevanu brzinu i smjer vrtnje [5]. Brzina vrtnje istosmjernog motora je direktno proporcionalna armaturnom naponu istosmjernog motora [6]. Također, istosmjerni motori imaju odličnu kontrolu pri usporavanju i ubrzavanju i dobro reaguju na promjenu obrtnog momenta [7].

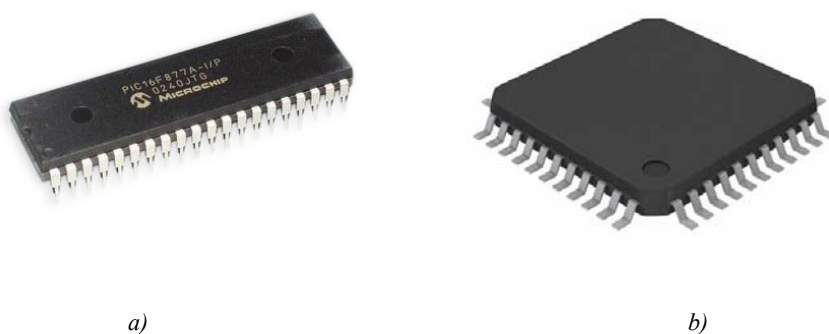
Za upravljanje istosmjernim motorom, u ovom radu, se koriste dva mikrokontrolera PIC16F877A. Prvi mikrokontroler PIC16F877A prima upravljačke signale iz MATLAB@SIMULINKA preko serijskog porta, obrađuje ih i preko integrisanog kola L298 [4], [8] vrši kontrolu brzine i smjera vrtnje istosmjernog motora. Drugi mikrokontroler PIC16F877A preko integrisanog kola LM324 [9] prima podatke od optičkog enkodera, obrađuje ih i šalje prema MATLAB@SIMULINKU preko drugog serijskog porta. Da bi sistem radio u realnom vremenu upotrebljava se Real-Time toolbox.

U ovom slučaju zatvorena petlja nije lokalnog karaktera (samo u mikrokontroleru) već obuhvata, pored mikrokontrolera PIC16F877A i računar tj. MATLAB@SIMULINK. Na ovaj način su povećane mogućnosti ovog upravljačkog sistema jer korisnik može u svakom trenutku promijeniti upravljački algoritam.

Prikaz rezultata zbog velikih mogućnosti MATLAB-a je olakšan a podaci se mogu memorisati na duži vremenski period. Na taj način korisnik ima uvida u sva zbivanja koja se dešavaju i koja su se desila u analitičkoj i grafičkoj formi.

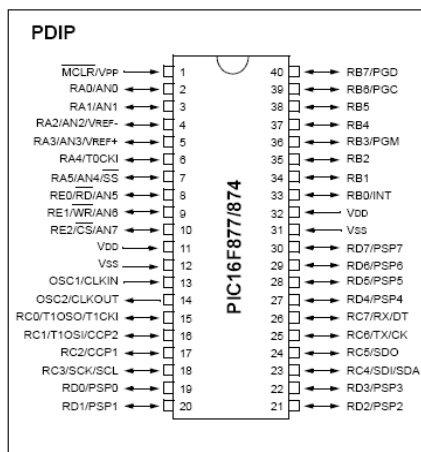
2. ARHITEKTURA PIC16F877A

Mikrokontroler PIC16F877A se izrađuje u obliku čipa u 40-pinskom (PDIP) [2] ili u 44-pinskim kućištima [1] (TQFP i PLCC) (vidi sliku 1). Razlika između ovih kućišta je u broju izvodu, dimenzijama i što kod PDIP kućišta izvodi su samo sa dvije strane kućišta a kod ostalih izvedbi sa sve četiri strane. Zbog toga je i oblik kućišta različit.



Slika 1: Mikrokontroler PIC16F877A a) u 40 PDIP kućištu i b) 44-pinskom kućištu

U ovom radu se upotrebljavaju mikrokontroleri PIC 16F877A u 40-pinskom PDIP kućištu. Raspored pinova kod ovog mikrokontrolera je prikazan na slici 2.



Slika 2: Raspored pinova kod mikrokontrolera PIC 16F877A u PDIP kućištu [1-3]

Za serijsku komunikaciju mikrokontrolera PIC 16F877A sa računarom koristi se serijski komunikacijski modul USART (engl. *Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*). Ovaj modul ima mogućnost rada u asinhronom (engl. *Full Duplex*) i sinhronom master i slave (engl.

Half Duplex) načinu rada. U ovom radu se koristi sinhroni način rada, jer MATLAB@SIMULINK rade u realnom vremenu.

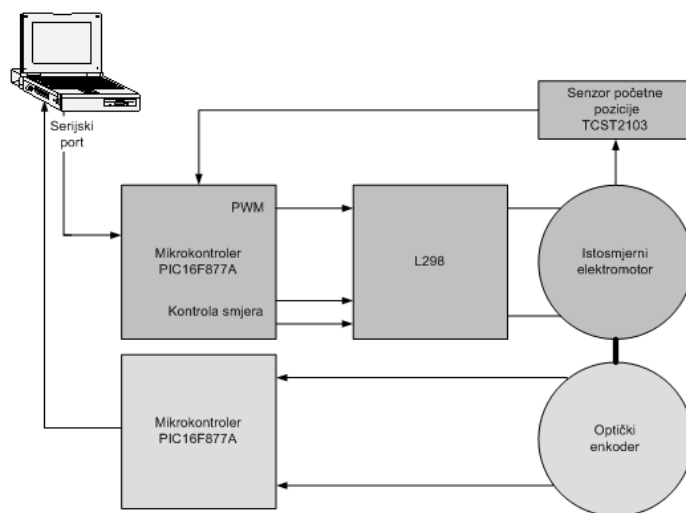
Mikrokontroler PIC16F877A posjeduje i PWM modul sa dva PWM kanala raspoloživa na pinovima RC2 (CCP1) i RC1 (CCP2). Omogućuje 10-bitnu rezoluciju. Za generiranje PWM signala definišu se parametri: period (T) i radni ciklus (D).

3. UPRAVLJANJE ISTOSMJERNIM MOTOROM UPOTREBOM MIKROKONTROLERA PIC16F877A I MATLAB@SIMULINK REAL-TIME TOOLBOX-A

U ovom dijelu rada je predloženo upravljanje istosmjernim motorom upotrebom dva mikrokontrolera PIC16F877A, integrisanog kola L298 i MATLAB@SIMULINK Real-Time toolbox-a. Upravljanje istosmjernim motorom se vrši u zatvorenoj petlji koja obuhvata: MATLAB@SIMULINK i elektronski sklop od dva mikrokontrolera PIC16F877A koji vrše upravljanje istosmjernim motorom i mjerenje brzine.

3.1. Elektronski sklop za upravljanje istosmjernim motorom

Glavni elementi elektronskog sklopa za upravljanje istosmjernim motorom su dva mikrokontrolera PIC16F877A. Dva mikrokontrolera PIC16F877A se upotrebljavaju zbog velike količine primljenih i poslanih podataka između računara i mikrokontrolera PIC16F877A i zahtjeva da sistem radi u realnom vremenu.



Slika 3: Blok šema elektronskog sklopa za upravljanje istosmjernim motorom

Na slici 3 je prikazana blok šema za upravljanje istosmjernim motorom u zatvorenoj petlji sa dva mikrokontrolera PIC16F877A. Prvi mikrokontroler se koristi za prijem podataka od računara, koji se nakon obrade koriste za upravljanje istosmjernim elektromotorom pomoću širinsko-impulsne metode [10] i sklopa oko integriranog kola L298 [4], [8]. Drugi mikrokontroler se koristi za obradu podataka sa optičkog enkodera i slanje podataka ka računar. Podaci se sa optičkog enkodera vode u mikrokontroler, koji detektira broj impulsa koji se šalju sa enkodera u određenim vremenskim intervalima. U ovom slučaju brojanje se vrši u intervalu od 0.01 sekunde, nakon čega se obrađeni podaci šalju preko serijskog porta u računar. Pomoću MATLAB@SIMULINK-a obrađuju se primljeni podaci. Da bi se riješio problem početne pozicije, dodat je senzor početne pozicije. Upotrijebljen je TCST2103 optički senzor sa led diodom i fototranzistorom kao prijemnikom. Mikrokontroler PIC16F877A je programiran tako da senzor TCST2103 djeluje samo prilikom uključanja mikrokontrolera PIC16F877A na napajanje, dok poslije nema nikakav utjecaj na rad sistema.

Na slici 4 je prikazan izgled sistema za upravljanje istosmjernim motorom upotrebom mikrokontrolera PIC16F877A i MATLAB@SIMULINK Real-Time toolbox-a.

Za realizaciju sistema korištena su razvojna okruženja za PIC16F877A, modul sa integrisanim krugom L298, modul za napajanje i modul sa operacijskim pojačalom LM 324 koji se koristi na izlazu enkodera, a pomaže za tačnije očitavanje informacija iz enkodera, [4]. Enkoder ima rezoluciju od 256 impulsa po okretaju. Što znači da šalje 256 pravougaonih impulsa po jednom okretaju osovine enkodera.



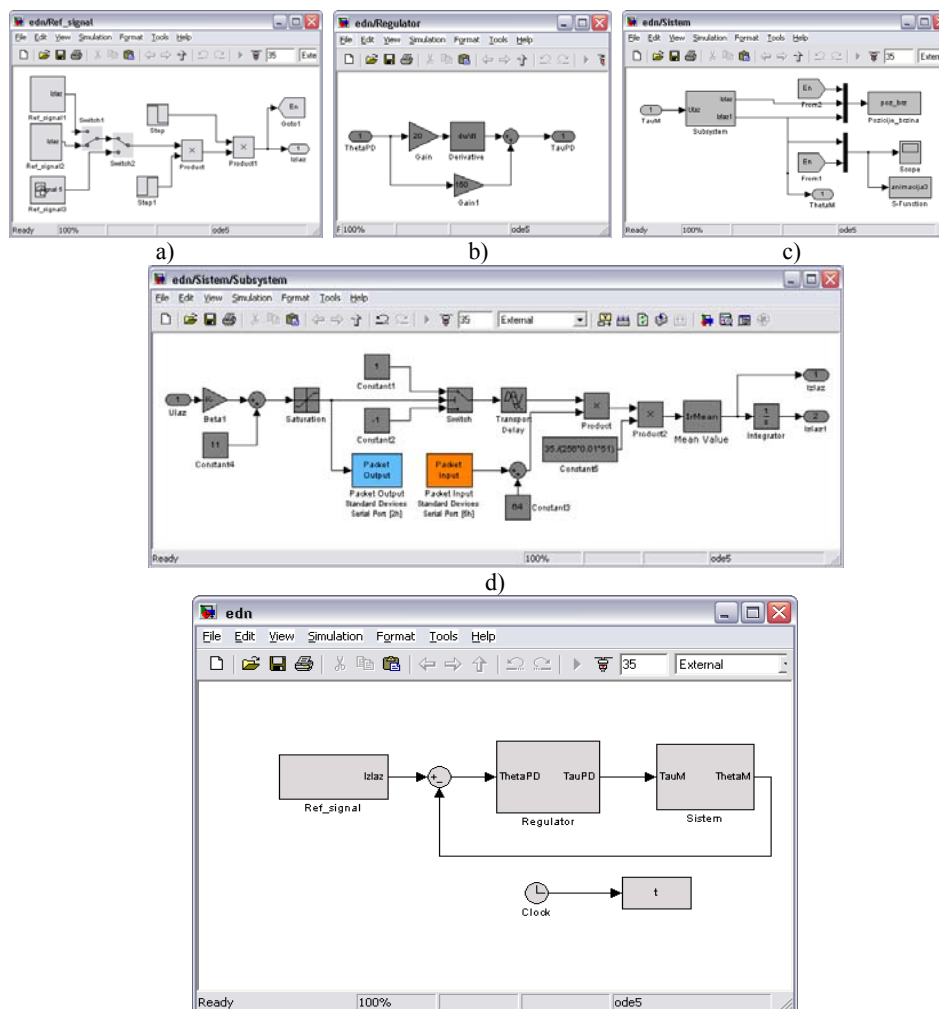
Slika 4: Izgled gotovog sistema za upravljanje istosmjernim motorom upotrebom mikrokontrolera PIC16F877A i MATLAB@SIMULINK Real-Time toolbox-a

Elektromotor korišten u ovim eksperimentima ima maksimalnu brzinu od 180 ob/min. Korišteni elektromotor u sebi sadrži reduktor koji smanjuje brzinu, a povećava moment na izlaznoj osovine.

3.2. Programska podrška

Mikrokontroleri PIC16F877A, da bi se upotrijebili u sistemu za upravljanje istosmjernim motorom, moraju se prethodno isprogramirati. Programiranje mikrokontrolera je izvršeno u assembleru upotrebom MPLAB razvojnog okruženja i ICD2 programatora [11] i [12].

U MATLAB@SIMULINK-u je nacrtana Simulink šema koja je prikazana na slici 5. Za provođenje Simulink modela da radi u realnom vremenu koristi se Real-time toolbox.



Slika 5: Simulink šema sistema za upravljanje istosmjernim motorom, a) podsistem za zadavanje referentnih signala, b) PD regulator, c) prikaz rezultata uključujući i s-funkciju za animaciju i d) podsistem za slanje i prijem podataka od mikrokontrolera PIC16F877A

Za praćenje referentne i stvarne pozicije kreirana je S-funkcija koja je prikazana na slici 6.

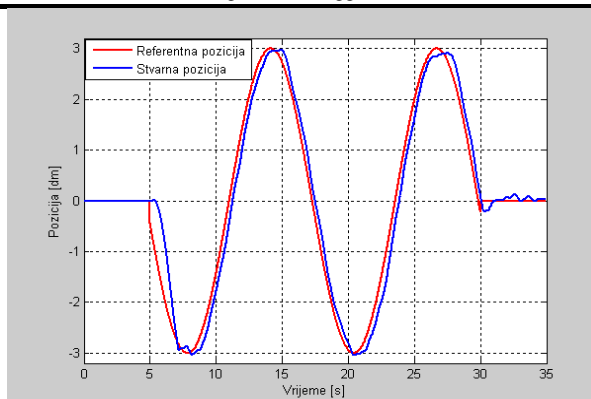


Slika 6: S-funkcija za praćenje pozicije

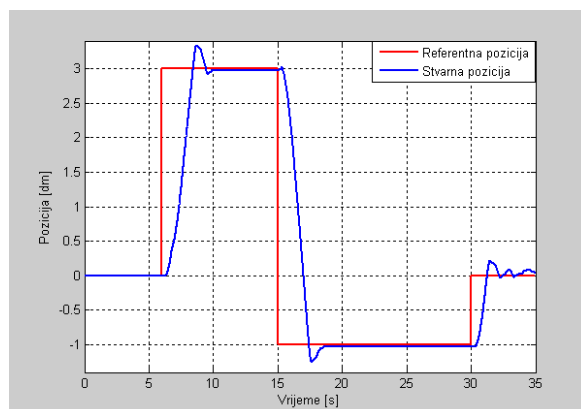
Korisnik zadaje referentne signale upotrebom grafičkog sučelja ili direktno unosom u Simulink blokove (vidi sliku 5 pod a)). PD regulator slika 5 pod b) obrađuje razliku između referentnih i mjerenih signala. Na osnovu te razlike šalje upravljačke signale prema Simulink podsistemu slika 5 pod d). Dati signali se obrađuju i upotrebom *Packet Output* Simulink bloka, šalju se preko serijskog porta prema mikrokontroleru PIC16F877A koji se koristi za upravljanje istosmjernim motorom. Obradeni podaci iz optičkog enkodera se preko serijskog porta primaju pomoću *Packet Input* Simulink bloka. Tako primljeni podaci se dodatno obrađuju i koriste u zatvorenoj petlji i za vizuelni prikaz stvarne pozicije.

4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

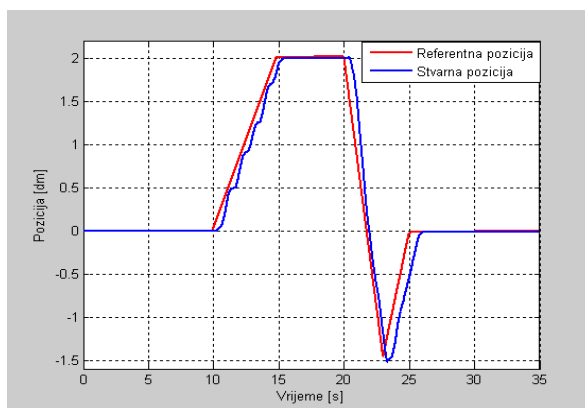
U ovom dijelu rada su prikazani eksperimentalni podaci dobiveni upotrebom projektovanog sistema za upravljanje istosmjernim motorom. Za eksperimentalne rezultate koristit će se sinisni signal koji se obično koristi kao testni signal za kontinualne „blage“ promjene ulazne veličine. Za nagle promjene ulazne veličine upotrebljavat će se pravougaoni signal. I konačno, za realne uslove rada upotrebljavat će se prizvoljni signal kreiran pomoću *Signal Builder* Simulink bloka koji u sebi sadrži nagle promjene referentne veličine. Na slikama 7 do 9 su prikazani eksperimentalni rezultati sa opisanim referentnim signalima.



Slika 7: Eksperimentalni rezultati za sinusni signal



Slika 8: Eksperimentalni rezultati za pravougaoni signal



Slika 9: Eksperimentalni rezultati za proizvoljni signal

Na osnovu eksperimentalnih rezultata prikazanih na slikama 7, 8 i 9 može se vidjeti da projektovani sistem dobro radi i da stvarna pozicija odgovara referentnoj poziciji. Na osnovu eksperimentalnih rezultata može se zaključiti da će projektovani sistem ispravno raditi za sve ulazne referentne signale. Mala odstupanja se javljaju zbog tromosti sistema pri naglim promjenama referentne vrijednosti.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu eksperimentalnih rezultata može se zaključiti da predloženo rješenje dobro radi i da se može koristiti u praktičnim primjenama. Upotrebom Interneta kao globalne mreže kontrola se može vršiti i sa neke udaljene lokacije, naravno uz upotrebu neke od teleoperacijskih metoda kao što su valne varijable ili nadzirano upravljanje. Svi mjerodavni podaci se mogu sačuvati, a algoritam upravljanja može se veoma brzo promijeniti bez ponovnog programiranja mikrokontrolera.

6. LITERATURA

- [1] <http://sh.wikipedia.org/wiki/Mikrokontroler>, (26.1.2014)
- [2] D. Đorđević, Ž. Đorđević, Komunikacija mikrokontrolera PIC16F877 preko SPI modula, Elektronski fakultet, Niš, 2007.
- [3] PIC16F87X, DATASHEET, Microchip Technology Inc, 2001.
- [4] E. A. Choon, DC Motor Speed Control Using Microcontroller PIC16F877A, PhD thesis, Faculty of Electrical Engineering Universiti Teknologi Malaysia, Johor, Malaysia, 2005.
- [5] M. A. Fikri Bin Awang, DC Motor Speed Controller, MSC.Thesis, Faculty of Electrical and Electronics Engineering University Malaysia Pahang, 2010.
- [6] A. M. Adday, M. Z. Othman, Combined Armature and Field Fuzzy Speed Control of a DC Motor for Efficiency Enhancement, Al-Rafidain Engineering, Vol.20, No. 6, pp.117-129, 2012.
- [7] P. K. Sahoo, N. K. Barik, Speed Control of Separately Excited DC Motor Using Self Tuned Fuzzy PID Controller, MSc.thesis, National Institute of Technology Rourkela, Orissa, 2011.
- [8] L298, DATASHEET, STMicroelectronics
- [9] LM324, DATASHEET, STMicroelectronics
- [10] S. M. Dawood, R. H. Thejeel, PIC 16F877A Microcontroller Based Multiple DC Motors Controller, Asian Transactions on Engineering (ATE ISSN: 2221-4267), Volume 03 Issue 02, 2013.
- [11] G. Malčić, V. Rajković, Mikroupravljački sustavi, Tehničko veleučilište, Zagreb, 2011.
- [12] T. D. Green, Embedded systems programming with the PIC 16F877, Cleveland, Ohio, 2008.

PROCJENA USPJEHA STUDENATA NA OSNOVU AHP ALGORITMA I ISTORIJSKIH PODATAKA

ASSESSMENT OF STUDENTS' PERFORMANCE BASED ON S- AHP ALGORITHM AND HISTORICAL DATA

Jelena Ljucović¹, Ivana Ognjanović², Ramo Šendelj³

^{1,2}University Mediterranean, Montenegro

³University Donja Gorica, Montenegro

jelena.ljucovic@unimediterran.net

ivana.ognjanovic@unimediterran.net

ramo.sendelj@gmail.com

SAŽETAK:

Mogućnost da se predvide rezultati studenta na nekom kursu ima veliki značaj za unapređenje sistema podrške učenju. Prethodnim istraživanjima je identifikovano nekoliko modela za predviđanje uspjeha studenta na osnovu podataka koji se nalaze u informacionim sistemima univerziteta i fakulteta. Međutim, razvijeni modeli ne uključuju širok spektar resursa sa podacima poput studentskih anketa ili istorijskih podataka iz sistema za učenje koji prikazuju detaljne rezultate studenta na prethodnim kursevima. U ovom radu se predlaže novi pristup za procjenu performansi studenta i predviđanje uspjeha studenta na kursu koristeći dobro poznati AHP algoritam. (Analytic Hierarchy Process)

Ključne riječi: AHP algoritam, uspjeh studenta, istorijski podaci, PLE

ABSTRACT:

The ability to predict students' results within selected courses has an important quality assurance in providing learning support and academic career counselling services. Prior research has identified several models for making predictions of students' performance based on data residing in institutional information systems. Developed models do not include sources that may contain non-identifiable data (e.g. student evaluations of teaching and courses, historical data from learning management systems showing prior students' learning paths, etc.). In this paper, we propose an innovative approach for extracting students' preferences and making predictions of student course performance based on the well-known Analytic Hierarchy Process (AHP).

Keywords: AHP algorithm, students' performance, historical data, PLE

1. UVOD

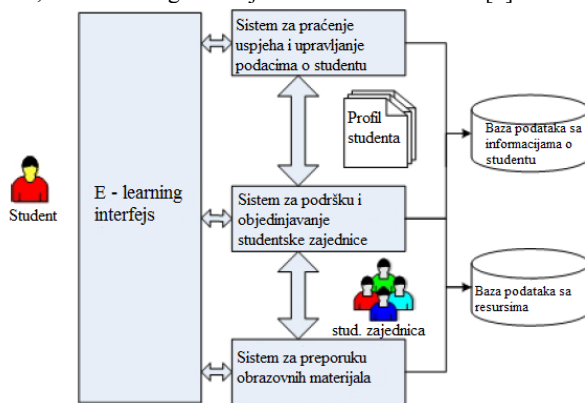
Okruženje za učenje se sastoji od studenata i nastavnika kao glavnih grupa aktera koji imaju različite uloge u procesu učenja. Obje grupe se mogu okarakterisati parametrima koji imaju uticaj na uspjeh u savladavanju gradiva (npr. stil učenja studenta, oblast interesovanja, vrste materijala za učenje koje profesor koristi, organizacija predmeta od strane profesora itd.). Mnogi autori iz različitih oblasti

poput psihologije, filozofije, informaciono - komunikacionih tehnologija (ICT), itd. su analizirali faktore koji utiču na učenje, kao i njihovo modelovanje i unapređenje upotrebom ICT-a [2]. Imajući u vidu da se svaki student vodi svojim očekivanjima, željama i interesovanjima koja su presudna u odabiru i savladavanju kurseva, razmatranje različitih pristupa za poboljšanje uspjeha je od suštinskog značaja.

Tokom prethodne decenije, upotreba virtuelnog okruženja za učenje i sistema za upravljanje učenjem (eng. *Learning management systems – LMS*) [10] je postala uobičajna praksa na univerzitetima i školama širom svijeta. Često potičući od zahtjeva za podršku učenju na daljinu, LMS platforme, poput Moodle platforme, su počele da preuzimaju centralno mjesto u obrazovnom procesu. Ovo je vodilo ka unapređenju samih metoda u pristupu učenju, gdje svaki individualni student postaje centar sistema, tj. sistem postaje adaptivan u odnosu na personalizovane karakteristike studenta. Naime, personalno okruženje za učenje (engl. *Personal Learning Environments - PLE*) je izbilo u prednji plan kao novi pristup razvoju alata za elektronsko učenje i u integraciji sa nekim od LMS sistema omogućava jedan novi vid rada visokoobrazovnih ustanova. Trenutna praksa pokazuje da su ovi sistemi sve više zastupljeni u obrazovanju. Uočava se da razvoj individualnih metoda učenje dovodi do maksimizacije studentovih performansi, što proizilazi kao posljedica različitih senzibiliteta u učenju svakog studenta pojedinca. Personalno okruženje za učenje definiše sisteme koji omogućavaju onima koji uče da kontrolišu i upravljaju tempom i načinom na koji uče [1].

PLE predstavlja jedinstveni interfejs koji integriše lična i profesionalna interesovanja onoga koji uči, uključujući i formalnu i neformalnu edukaciju. Paradigma personalnog okruženja za učenje omogućava studentu interakciju sa različitim sistemima, alatima i servisima, procjenu znanja, i saradnju sa drugim studentima [2]. Ovakvi sistemi podržavaju postepeno ocjenjivanje oblasti i procjene prethodno stečenih znanja, što predstavlja jedne od osnovnih parametara za dalji odabir i preporuku nastavnih materijala i stilova učenja, u svrhu poboljšanja performansi učenja. Na slici 1. prikazana je opšta šema PLE sistema koji u sebi ima integrisan sistem za preporuku resursa za učenje i praćenje procesa savladavanja kursa od strane studenta. Ovakva šema je od značaja za dobijanje istorijskih podataka u procesu predviđanja uspjeha studenta na narednim kursevima.

Osnovni elementi sistema su interfejs (eng. *front-end*), na kojem se nalazi neki e-learning sistem poput Moodla ili sl. i pozadinski sistem (eng. *back-end*) koji uključuje više sistema integrisanih sa interfejsom. Pozadinski sistem se najčešće sastoji iz sistema za praćenje uspjeha studenta i upravljanja njegovim informacijama, sistema za podršku studentske zajednice i sistema za preporuku obrazovnih materijala. Podaci iz ovih podsistema se skladište u dva repozitorijuma: u jednom se čuvaju informacije o studentu, dok su u drugom smješteni obrazovni resursi[7].



Slika 1: Prikaz strukture PLE sistema[7]

Osim problema preporuke resursa za učenje u cilju povećanja performansi studenta, istraživanja u oblasti PLE idu i korak dalje, ka sve većoj integraciji savremenih tehnologija u procese učenja. Tako npr, upotreba mobilnih aplikacija [13], interaktivne igre [14], međusobno povezivanje sistema za učenje [3][13] itd. su pokazali razne benefite u proces obrazovanja i učenja. U prethodnim istraživanjima izloženim u [2] i [3] bavili smo se integracijom socijalnih mreža u cilju podrške kolaboraciji među studentima i unapređenju sistema za objedinjavanje i poboljšanje studentske zajednice. Analiza pokazuje da studenti među sobom dijele mišljenja i iskustva o kursevima, materijalima, profesorima i samom gradivu [2]. Zapaža se da ovo u kombinaciji sa prethodnim iskustvom na sličnim kursevima ili kod istog profesora uveliko diktira odnos samog studenta prema kursu i dinamiku njegovog učenja. Motivisani rezultatima, poznatim od ranije, u oblasti modelovanja karakteristika studenta i samog procesa učenja, a stimulisani pokazanim mogućnostima PLE sistema za personalizaciju i adaptaciju karakteristika individualnog studenta, u ovom radu se analizira mogućnost procjene uspjeha studenta prije samog početka kursa, sve sa ciljem dobijanja širokog opsega parametara koji će dalje diktirati proces adaptacije sistema za učenje. Model koji se predlaže je zasnovan na dobro poznatom i široko primjenjivom AHP algoritmu[8], koji se u ovom radu prilagođava i proširuje za potrebe PLE sistema, na način koji je kasnije jednostavan za integraciju sa postojećim repozitorijumima u PLE sistemima.

Rad je organizovan na sljedeći način: u drugom poglavlju je ukratko prezentovan AHP algoritam; u trećem poglavlju su uvedeni faktori koji utiču na uspjeh studenta, dok je u četvrtom poglavlju predstavljeno proširenje i prilagođavanje AHP algoritma za predviđanje uspjeha studenta. Dodatno, na kraju četvrtog poglavlja se nalazi kratak primjer i analiza značenja dobijenog rezultata, nakon čega je u petom poglavlju izveden zaključak.

2. KRATAK PREGLED AHP ALGORITMA

Analitički hijerarhijski proces (eng. *Analytical Hierarchical Process - AHP*), predložen od strane Saaty-a [8], je široko rasprostranjen višekriterijumski metod za odlučivanje. AHP pruža mogućnost uključivanja i materijalnih i nematerijalnih opcija u proces odlučivanja, kao i nadgledanje stepena konzistentnosti u rasuđivanju [8]. Kao opšte prihvaćen metod, AHP je naširoko korišćen u mnogim važnim oblastima poput predviđanja, kontrole upravljanja kvalitetom, upravljanja poslovnim procesima, strateškom planiranju, analizi investicija, analizi dobiti i slično [9]. U ovom poglavlju se ukratko opisuje kako funkcioniše AHP algoritam i kako se njegove faze sprovode.

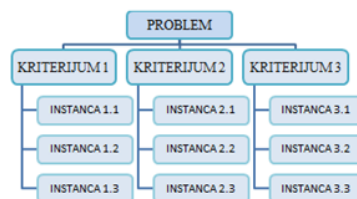
AHP algoritam se sastoji iz četiri faze: izgradnja hijerarhijske strukture problema, prikupljanje podataka, ocjenjivanje relativnih težina i određivanje rješenja problema.

Kriterijumi	Kriterijum 1	Kriterijum 2	Kriterijum 3	Prioritet	Kriterijum 1	Instanca 1.1	Instanca 1.2	Instanca 1.3	Prioritet
Kriterijum 1	1	1/4	4	0.217	Instanca 1.1	1	5	9	0.743
Kriterijum 2	4	1	9	0.717	Instanca 1.2	1/5	1	4	0.194
Kriterijum 3	1/4	1/9	1	0.066	Instanca 1.3	1/9	1/4	1	0.063
Kriterijum 2	Instanca 2.1	Instanca 2.2	Instanca 2.3	Prioritet	Kriterijum 3	Instanca 3.1	Instanca 3.2	Instanca 3.3	Prioritet
Instanca 2.1	1	3	1/5	0.188	Instanca 3.1	1	1/3	5	0.265
Instanca 2.2	1/3	1	1/7	0.081	Instanca 3.2	3	1	9	0.672
Instanca 2.3	5	7	1	0.731	Instanca 3.3	1/5	1/9	1	0.063

Kriterijum	Rank	Instance	Rank I	Rank K	Rank
Kriterijum1	0.217	Instanca 1.1	0.743 x 0.217		0.161
		Instanca 1.2	0.194 x 0.217		0.042
		Instanca 1.3	0.063 x 0.217		0.014
					$\Sigma = 0.217$
Kriterijum2	0.717	Instanca 2.1	0.188 x 0.717		0.135
		Instanca 2.2	0.081 x 0.717		0.058
		Instanca 2.3	0.731 x 0.717		0.524
					$\Sigma = 0.717$
Kriterijum3	0.066	Instanca 3.1	0.265 x 0.066		0.017
		Instanca 3.2	0.672 x 0.066		0.044
		Instanca 3.3	0.063 x 0.066		0.004
					$\Sigma = 0.066$

Diagram illustrating the hierarchy of the problem:

```
graph TD; PROBLEM --> KRITERIJUM1; PROBLEM --> KRITERIJUM2; PROBLEM --> KRITERIJUM3; KRITERIJUM1 --> INSTANCA1.1; KRITERIJUM1 --> INSTANCA1.2; KRITERIJUM1 --> INSTANCA1.3; KRITERIJUM2 --> INSTANCA2.1; KRITERIJUM2 --> INSTANCA2.2; KRITERIJUM2 --> INSTANCA2.3; KRITERIJUM3 --> INSTANCA3.1; KRITERIJUM3 --> INSTANCA3.2; KRITERIJUM3 --> INSTANCA3.3;
```



Slika 2: Matrica poređenja i računanja prioriteta

Izgradnja hijerarhijske strukture problema podrazumijeva dekomponovanje određenog složenog problema u seriju hijerarhija, gdje svaki nivo predstavlja manji broj atributa tj. faktora važnih za dolazak do rješenja (slika 2 - hijerarhijska struktura). Kao kriterijum se često uključuju istorijski podaci, tj. podaci poznati iz ranijih iskustava, koji se mogu integrisati na bilo kojem nivou hijerarhije [11]. Poslednji nivo takve hijerarhije su takozvane alternative tj. moguća rješenja datog problema. U kontekstu našeg rada za studenta kojeg procjenjujemo, alternative bi bile ocjene A, B, C, D, E i F, koje referenciraju stečeno znanje na akademskoj ustanovi.

Prikupljanjem podataka i njihovim mjerenjem, započinje druga faza AHP algoritma. Dodjeljuju se relativne ocjene parovima atributa jednog hijerarhijskog nivoa, i to za sve nivoe cjelokupne hijerarhije (tradicionalno se koriste vrijednosti 1, 3, 5, 7 i 9 koje odgovaraju gradaciji od jednakosti do ekstremno većeg odnosa; dok se recipročne vrijednosti koriste za predstavljanje gradacije u suprotnom smjeru. Međutim i vrijednost 2, 4, 6 i 8 se takođe mogu upotrebljavati [8]). Po završetku ove faze, dobija se odgovarajuća matrica upoređivanja po parovima koji odgovaraju svakom nivou hijerarhije (slika 2 - kriterijumi).

Procjena relativnih težina je treća faza primjene metode AHP. Matrica poređenja se po parovima "prevodi" u problem određivanja sopstvenih vrijednosti, radi dobijanja normalizovanih i jedinstvenih sopstvenih vektora, kao i težina $t = (t_1, t_2, \dots, t_n)$ za sve attribute na svakom nivou hijerarhije $N_1, N_2, \dots, N_n$ [8].

Određivanje rešenja problema je poslednji korak AHP algoritma, a podrazumijeva nalaženje kompozitnog normalizovanog vektora. U cilju rangiranja alternativa računaju se lokalni rankovi svakog kriterijuma kako bi se odredio njihov redosljed. Za svaki kriterijum K_i dobijaju se rankovi $r_{1i}, r_{2i}, \dots, r_{ni}$ (slika 2; matrica kriterijumi - kolona prioritet). Nakon što se odredi vektor redosljeda kriterijuma u modelu, u narednom krugu potrebno je, u okviru svakog posmatranog kriterijuma, odrediti redosljed važnosti alternative u modelu. Na kraju, sveukupna sinteza problema se izvodi na sljedeći način: učešće svake alternative množi se sa rankom posmatranog kriterijuma, a potom se te

vrijednosti sabiru za svaku alternativu posebno. Dobijeni podatak predstavlja težinu posmatrane alternative u modelu. Na isti način se težina određuje i za sve ostale alternative, posle čega se može odrediti konačni poredak alternativa u modelu.

3. FAKTORI KOJI UTIČU NAUSPJEH STUDENTA

Prije uvođenja modela zasnovanog na primjeni AHP algoritma, u ovom poglavlju će se predstaviti faktori koji utiču na uspjeh studenta, a koji će kasnije biti integrisani kao kriterijumi u procesu predviđanja uspjeha studenta na kursu.

PLE sistem predstavljen na slici 1. prati proces učenja studenta, poput: korišćenih materijala, postavljenih pitanja zajednici, frekvencija pristupa, aktivnosti pri rješavanju testova i kvizova, rađenih pretraga i sl. Cjelokupna istorija *on line* ponašanja studenta tokom učenja sa raznih izvora se analizira i ovakvi podaci se smještaju u studentski log tj. bazu podataka. Baze ovakvih sistema se sastoje iz dva dijela. Prvi dio čini spisak naučenih materijala, izvještaji o iskustvima tokom učenja, rješenja problema koje je student objavljivao tokom učenja i slično. Drugi dio baze je cjelokupni proces faza ocjenjivanja predstavljen preko vektora ocjena [7]. Neka je $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ skup oblasti za ocjenjivanje nekog kursa. Vektor ocjena studenta a se može definisati sa $SVa = \{(c_1, s_1), \dots, (c_n, s_n)\}$, gdje je c_i iz skupa C , a s_i je ocjena studenta a iz oblasti c_i . Ovakvi podaci su od velikog značaja za model predviđanja uspjeha studenta, sa stanovišta prethodnog iskustva. Naime, u literature se mogu naći mnogi kriterijumi koji se uzimaju u obzir pri procjeni faktora koji utiču na uspjeh studenta, a i iz iskustva se nameću mnogi. Jedan od njih je uspjeh na sličnim ili vezanim predmetima sa predmetom koji student trenutno sluša. Analiziranjem ovog podatka ne uzima se u obzir samo krajnja ocjena, već cjelokupna putanja savladavanja gradiva, što se upravo dobija analizom vektora ocjena.

U ovom radu će se razmatrati još neke relevantne faktora koji mogu uticati na uspjeh, a koje pronalazimo među istorijskim podacima iz repozitorijuma PLE sistema i ranijim iskustvima studenta, poput: iskustva starijih kolega, prosječno vrijeme učenja na sličnim predmetima, lična interesovanja studenta, iskustvo studenta sa predmetnim profesorom, akademski uspjeh studenta.

Lična interesovanja studenta: Kroz literaturu [4][5][6] je primjećeno da značajan faktor pri kreiranju modela za predviđanje uspjeha na nekom predmetu jesu lične preference studenta (npr. oblast interesovanja, mogućnost upotrebe literature na nekom od stranih jezika itd.). Ove informacije student ličnosti nosi u svoj profil na platformi za učenje prilikom navođenja ličnih karakteristika i interesovanja. Potom se ove informacije skladište u PLE bazi podataka odakle se kasnije mogu jednostavnim putem upotrijebiti za dalja unapređenja sistema.

Iskustva starijih kolega: Koristeći informacije koje su sadržane u PLE sistemima moguće je raditi klasterizaciju studenata po sličnom uspjehu i oblastima interesovanja. Ovo podrazumijeva izdvajanje grupe studenata sa sličnim preferencama tokom učenja, sličnom korišćenom literaturom, preferiranim stilom predavanja, ocjenama i sl. Iz ovakvog klastera se analizom uspjeha onih studenata koji već imaju položen ili odslušan kurs, za koji se vrši procjena, dobijaju podaci o njihovom prosječnom uspjehu, zadovoljstvu predmetom, i sl, koji se mogu integrisati u naš model predviđanja uspjeha studenta.

Utrošeno vrijeme učenja na sličnim predmetima: Baze u PLE sistemima skladište informacije o utrošenom vremenu, aktivnostima i frekvencijama posjete platformama za učenje. Sumirana procjena vremena učenja se može uporediti sa vremenom učenja predviđenim nastavnom listom predmeta i integrisati u model procjene uspjeha.

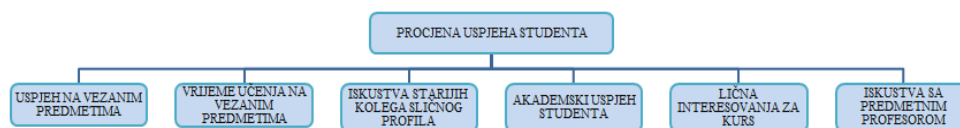
Karakteristike profesora: Različiti stilovi predavanja odgovaraju različitim osobama. Imajući ovo u vidu, od važnosti je uzeti faktor kod kojeg profesora student sluša dati kurs. Naime, kao važan faktor se može uzeti iskustvo koje student ima od ranije sa datim profesorom i njegovim uspjehom na tim predmetima. Ovakvu informaciju također možemo dobiti iz baze PLE sistema: nakon odslušanog ispita kod profesora, student ima mogućnost da u svom profile popuniti upitnik o iskustvu sa profesorom. U slučaju da student prvi put sluša neki kurs kod profesora ovakva informacija ostaje nepoznata.

Akademski uspjeh studenta: Prosječna ocjena studiranja (eng. *grade point average - GPA*) se također izdvaja kao važan pokazatelj i parameter u predviđanju uspjeha studenta [5].

U sljedećem poglavlju senavedeni kriterijumi uključuju u model za predviđanje uspjeha studentana kursu, daje se način za njihovu procjenu, kao i težinski faktori u procesu procjene uspjeha.

4.MODEL ZA PREDVIĐANJE USPJEHA STUDENTA NA KURSU

Imajući u vidu faktore navedene u prethodnom poglavlju koji se procjenjuju kao relevantni za predviđanje uspjeha studentana nekom kursu, hijerarhijska struktura modela za procjenu uspjeha predstavljena je na sljedećih par slika. Na slici 3 je prikazan prvi nivo hijerarhije koji uključuje navedene kriterijume: uspjeh studenta na vezanim predmetima, prosječno vrijeme učenja na vezanim predmetima, iskustva starijih kolega, akademski uspjeh studenta, lična interesovanja za kurs i iskustva sa predmetnim profesorom.



Slika 3: Prvi nivo hijerarhije modela procjene studentovog uspjeha

Na narednom nivou hijerarhije svaki od kriterijuma se razbija na podkriterijume na sljedeći način:

Kriterijum 1 - Uspjeh na vezanim predmetima: Kod razmatranja uspjeha studenta na predmetima koji su vezani za kurs koji student trenutno sluša ne uzimaju se u obzir samo krajnja ocjena studenta već se ovaj kriterijum dalje razlaže na podkriterijume i time produbljuje hijerarhiju modela na naredni nivo (slika 4). Od podkriterijuma se razmatra uspjeh studenta na kolokvijumima, testovima, domaćim zadacima, projektima, završnim ispitima, kao i njegova redovnost i prisustvo nastavi. U prethodnom poglavlju uveli smo vektor ocjena koji nam sada služi za računanje srednje vrijednosti ocjene na pojedinačnom podkriterijumu. Naime srednja ocjena predmeta iz oblasti srodnih oblasti c može se dobiti po sledećoj formuli:

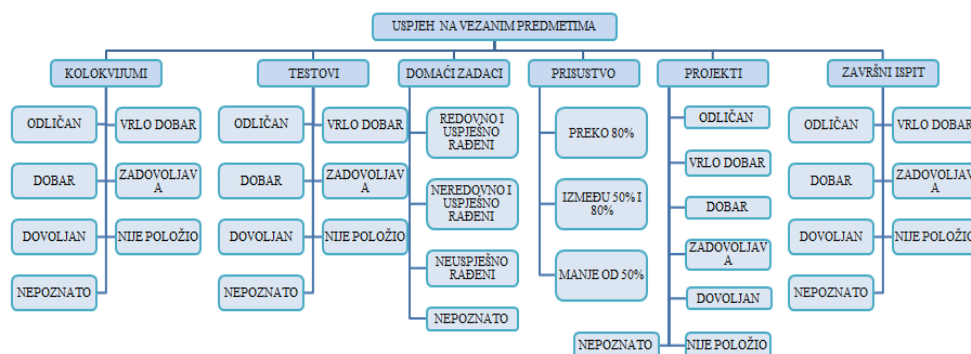
$$\forall p \in P \Rightarrow \overline{x_{p,c}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{p,i,c} \quad (1)$$

gdje je $P = \{p_1, \dots, p_n\}$ skup svih vezanih predmeta, $x_{p,i,c}$ ocjena na predmetu p_i koja može uzeti neku vrijednost iz skupa $\{5, 6, 7, 8, 9, 10\}$ ili NP – oznaka ako student nije polagao, pri čemu se takav unos zanemaruje u formuli; broj n predstavlja broj vezanih predmeta. Dva predmeta su vezana ako pripadaju istoj oblasti ili prethodno odslušani predmet uslovljava polaganje trenutnog predmeta. Na osnovu izračunatih vrijednosti $\overline{x_{p,c}}$ za svaki od podkriterijuma: kolokvijumi, testovi, projekti, završni

ispit, dodjeljuju se odgovarajuće instance iz skupa: 9.5 – 10 (odličan), 8.5 - 9.5 (vrlo dobar), 7.5-8.5 (dobar), 6.5-7.5 (zadovoljava), 5.5 – 6.5 (dovoljan), 5-5.5 (nije položio), NP – nepoznato.

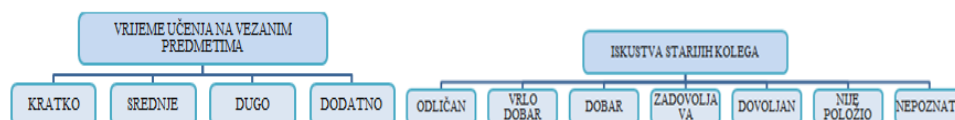
Podkriterijum *Prisustvo* predstavlja prosječno prisustvo studenata nastavi na vezanim predmetima, izračunato primjenom formule (1). Uobičajeno je da se prisustvo nastavi predstavlja procentualno u odnosu na ukupan broj održanih časova predavanja i vježbi, tako da su moguće instance: manje od 50%, između 50% i 80%, preko 80%.

Za podkriterijum *Domaći zadaci* s navedene četiri instance: redovan rad domaćih zadataka (ukoliko je predato više od 80% domaćih zadataka), a uspješno je urađeno ukoliko je više od 50% tačno urađeno.



Slika 4: Dekomponovanje kriterijuma Uspjeh na vezanim predmetima

Kriterijum 2 – Vrijeme učenja na vezanim predmetima: Kod ovog kriterijuma se takođe računa prosječno provedeno vrijeme učenja na svim vezanim predmetima pri čemu se ono upoređuje sa prosječnim vremenom učenja predviđenim nastavnim listama tih predmeta. Na taj način se dobijaju moguće instance (slika 5): kratko vrijeme učenja (ukoliko student provede učeći manje od 50% predviđenog vremena), srednje vrijeme učenja (od 50% do 75% predviđenog vremena), dugo (od 75% do 100% predviđenog vremena), dodatno (ukoliko student provede učeći više od predviđenog vremena).



Slika 5: Dekomponovanje kriterijuma Vrijeme učenja na vezanim predmetima i kriterijuma Iskustva starijih kolega

Kriterijum 3 - Iskustva starijih kolega: Ovaj kriterijum se dekomponuje na podkriterijume (slika 5): odličan, vrlo dobar, dobar, zadovoljava, dovoljan i nepoznat u slučaju da ne postoje kolege sa sličnim profilom koje imaju već odslušan predmet od interesa za analizu. Izvodi se računanje srednje vrijednosti uspjeha sličnih studenata po formuli (1), s tom razlikom što se sada uzimaju samo krajnje ocjene studenata. Ove informacije dobijamo iz baze PLE sistema koja skladišti podatke o studentima, pri čemu se uzimaju u obzir samo oni studenti sa sličnim profilom. Određivanje studenata sa sličnim

profilom se vrši primjenom nekih od tehnika klasterizacije iz oblasti *data mining*[12], a za mjeru sličnosti se mogu uzeti kriterijumi poput prosječne akademske ocjene, oblasti interesovanja, preferiranih materijala za učenju sl.

Kriterijum 4 - Lična interesovanja studenta: Podaci za ovaj kriterijum se dobijaju iz studentovog profila i anketa. Dekompozicija kriterijuma je predstavljena na slici 6.



Slika 6: Dekomponovanje kriterijuma Lična interesovanja studenta i kriterijuma Iskustva sa predmetnim profesorom

Kriterijum 5 - Iskustva sa predmetnim profesorom: Dekompozicija ovog kriterijuma je predstavljena na slici 6. Jasno je da različiti studenti imaju različita preferiranja stilova predavanja, a da svaki pojedinac kao predavač je jedinstven i može odgovarati manje ili više onom koji uči. Podaci za ovaj kriterijum se prikupljaju kako je ranije objašnjeno kroz anketiranje studenta i unošenje informacija u profil studenta PLE sistema. Ukoliko student nije odgovorio na dato pitanje ili nije ranije slušao predmete kod toga profesora iskustvo se ocenjuje kao nepoznato



Slika 7: Dekomponovanje kriterijuma Akademske uspeh studenta

Kriterijum 6 - Akademske uspeh studenta: Ovaj kriterijum je jedan od značajnih faktora uspeha učenja tokom nekog kursa. Naime, utvrđeno je da čak i ako izučavana oblast ne spada u grupu interesovanja po profilu studenta, a ukoliko student ima visok dotadašnji akademski prosjek, imaće tendenciju da ga zadrži [5]. Ovaj kriterijum se dekomponuje na standardan način (slika 7).

Karakteristike studenta					Kriterijumi	Podkriterijumi	Instance		AHP vrijednosti po nivou hijerarhije					
Akademski uspjeh	8.2				Akademski uspjeh		GPA 6 - 7		0.33	0.26				
							GPA 7 - 8							
							GPA 8 - 9							
							GPA 9 - 10							
Oblasti interesovanja	razvoj aplikacija, ICT, algoritmi				Lična interesovanja studenta		Veoma zainteresovan		0.33	0.40				
							Zainteresovan							
							Nezainteresovan							
							Nepoznato							
Uspjeh na vezanim predmetima	Programiranje I	Kolokvijumi	7.7	Prisustvo	90%	Uspjeh na vezanim predmetima	Kolokvijumi	Odličan	Zadovoljava	0.33	0.28	0.13		
		Testovi	9.3	Projekti	8.9		Testovi	Vrlo dobar	Dovoljan				0.16	0.25
								Dobar	Nije položio					
								Odličan	Zadovoljava					
		Domaći zadaci	Redovno uspješno (5/5)	Završni ispit	9.5		Domaći zadaci	Vrlo dobar	Dovoljan		0.04	0.23		
								Dobar	Nije položio					
	Redovno							Neredovno						
	Programiranje II	Kolokvijumi	8.6	Prisustvo	85%		Prisustvo	uspješno 9/10		0.33	0.04	0.63		
								Neuspješno						
								Neznate						
		Testovi	8.9	Projekti	9.1			Projekti	Preko 80%		manje od 50%	0.24	0.25	
									80% - 50%					
Odličan						Zadovoljava								
Domaći zadaci	Redovno uspješno (4/5)	Završni ispit	8.9	Završni ispit	Vrlo dobar	Dovoljan	0.24	0.25						
					Dobar	Nije položio								
					Odličan	Zadovoljava								
PROCJENA USPJEHA STUDENTA IZ PREDMETA STRUKTURE PODATAKA										0.83				

Slika 8: Procjena uspjeha studenta

Drugi korak AHP algoritma je procjena značajnosti kriterijuma. U literaturi postoji više načina za procjenu značajnosti kriterijuma na prvom nivou hijerarhije kao npr: složene statističke analize postojećih podataka u PLE sistemima [16, 6], anketiranje studenata, meta-heuristički pristupi itd. Razne analize su pokazale da navedeni pristupi daju različite rezultate, sve u zavisnosti od strukture PLE sistema, kao i strukture studijskih programa, demografskih karakteristika studenata itd. S druge strane, procjene značajnosti podkriterijuma su jednostavnije i odgovaraju leksičkim gradacijama termina (npr: mnogo, ni malo ni mnogo, malo; kao i termina: odličan, vrlo dobar, dobar, zadovoljava, dovoljan, nedovoljan, nije položio).

U sljedećem primjeru približimo funkcionisanje modela za procjenu uspjeha i rad AHP algoritma. Radi jednostavnosti računa uzeto je u razmatranje svega tri kriterijuma od navedenih šest i to: akademski uspjeh studenta, lična interesovanja studenta i uspjeh na vezanim predmetima.

Pretpostavimo da imamo studenta sa fakulteta za ICT koji se prijavio na kurs iz Struktura podataka, i da je njegov dosadašnji akademski uspjeh sa prosječnom ocjenom 8.2, a da je u svom studentskom profilu naveo da voli razvoj aplikacija, algoritme i ICT. Slika 8. je podijeljena na dva dijela: u lijevom dijelu su prikazane detaljne karakteristike studenta (vezani predmeti su: Programiranje I i Programiranje II), a u desnom dijelu su predstavljeni koraci AHP modela. Kao krajnji rezultat se dobija vrijednost 0.83 koja na skali od 0-1 (koja se dobija kao rezultat AHP algoritma) odgovara vrijednosti B. Znači, predloženim modelom se dobija informacija da ukoliko student nastavi sa istim tempom učenja i angažovanja na predmetu Struktura podataka, može očekivati krajnju ocjenu B, a od PLE sistema se može očekivati personalizovano vođenje učenja na ovom predmetu ka još boljem uspjehu i ocjeni A.

5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljen model za predviđanje uspjeha studenta na predmetu, zasnovan na primjeni AHP algoritma i integraciji postojećih istorijskih podataka dostupnih iz repozitorijuma PLE sistema. Kao takav, sistem je jednostavan za implementaciju i integraciju sa postojećim sistemima, što je pokazano u literaturi kao jedna od glavnih karakteristika primjene AHP sistema [15, 8]. Integracijom predloženog modela sa postojećim PLE sistemima (npr. predloženih u [2, 3]) moguće je dobiti veći nivo personalizacije koji će kao krajnji rezultat dobiti bolji akademski uspjeh studenta i

postignut veći nivo znanja. S druge strane, razvoj modela za predviđanje uspjeha je problem poznat u literaturi i za njegovo rješenje su razvijeni različiti modeli [16, 3]. Inovativnost predloženog modela je zasnovan na primjeni najnovijih dostignuća u oblasti analize karakteristika primjene AHP algoritma [15], kao i načinima za integraciju istorijskih podataka predloženih u [11]. Dalje istraživanje u ovoj oblasti se zasniva na analizama performansi predloženog modela (analiza vjerodostojnosti poređenjem rezultata dobijenih primjenom modela sa rezultatima iz PLE sistema, analiza načina za generisanje odnosa među kriterijuma na nivoima, analiza zavisnosti predloženog modela od podataka dostupnih u PLE sistemima i strukture studijskih podataka, kao i poređenje sa postojećim sistemima isl).

6. LITERATURA

- [1] R. Krneta, M. Brković, M. Milošević, *Sistemi za upravljanje elektronskim učenjem*. Čačak, 2011.
- [2] I.Ognjanović, R. Šendelj, J. Ljucović *Analyses of OP4L services for personalized recommendation of learning resources*, 3rd Mediterranean Conference on Embedded Computing - MECO, 2014
- [3] I.Ognjanović, R.Šendelj *Personalized Recommendation Strategies for eLearning: an AHP approach*, 9th Int. Conference DisCo, Prague, Czech Republic, 2014
- [4] M. Zekić-Sušac, A. Frajman-Jakšić, N. Drvenkar *Neuronskemreže i stabla odlučivanja za predviđanje uspješnosti studenta*, Ekonomski vjesnik, Osijek, br. 2., str. 314-327, 2009
- [5] C. Ho Yu, S. DiGangi, A. Jannasch-Pennell, C. Kaprolet *A Data Mining Approach for Identifying Predictors of Student Retention from Sophomore to Junior Year*, Journal of Data Science, pp 307-325, 2010
- [6] Andriani Kusumawati *Understanding Student Choice Criteria for Selecting an Indonesian Public University: A Conjoint Analysis Approach*, Student Conference, Sydney, 2011
- [7] F. Yang, et al. *A Novel Resource Recommendation System Based on Connecting to Similar E-Learners*, Lecture Notes in Computer Science Volume 3583, pp 122-130, 2005
- [8] Saaty, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980
- [9] Chen, M. K., Wang, S. *The critical factors of success for information service industry in developing international market: Using AHP approach*. Journal Expert Systems with Applications: An International Journal archive Volume 37 Issue 1, pp 694-704, 2010
- [10] Bill Randall, Jonathon Sweetin, Diane Steinbeiser, *Learning Management System Feasibility Study*, Part II of the Open Source Collaborative Moodle Assessment Report, 2010
- [11] J. Ljucović, I. Ognjanović, R. Šendelj, *Integracija istorijskih podataka u AHP algoritam*, IT konferencija, Žabljak, 2014
- [12] J. Leskovec, A. Rajaraman, J. D. Ullman, *Mining of Massive Datasets*, book been published by Cambridge University Press, 2013
- [13] Vavoula G.N., Sharples M., Rudman P., Lonsdale P., Meek, J. *Learning Bridges: a role for mobile learning in education*. Educational Technology Magazine special issue on 'Highly mobile computing', XLVII(3), pp. 33-36, 2007
- [14] Squire, K. *Video Games and Learning: Teaching and Participatory Culture in the Digital Age*, New York, NY: Teachers College Pres, 2011
- [15] I.Ognjanović, D.Gašević, E.Bagheri. *A Stratified Framework for Handling Conditional Preferences: an Extension of the Analytic Hierarchy Process*, Expert Systems with Applications, Vol 40, No. 4, March 2013, pp.1094-1115, DOI: 10.1016/j.eswa.2012.08.026
- [16] Colace, F., De Santo, M., Pietrosanto, A. *Evaluation Models for E-Learning Platform: an AHP approach*, 36th Annual Frontiers in Education Conference, 2006.

PRIMJENA PRIRODNIH ZEOLITA U POLJOPRIVREDI

APPLICATION OF NATURAL ZEOLITES IN AGRICULTURE

Zemira Delalić

Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet Bihać,
Luke Marjanovića, bb,
zemirabtf@gmail.com

SAŽETAK:

Zeoliti su silikatni minerali nastali mješanjem vulkanskih minerala iz lave sa morskom vodom. Poznati su kao "minerali budućnosti" koji se upotrebljavaju u poljoprivredi, medicini, ekologiji, ribarstvu itd. U poljoprivredi se primjenjuje najkvalitetnija podvrsta prirodnog zeolita pod nazivom klinoptiolit sa kristalnom molekularnom strukturom. Cilj rada je prikazati primjenu zeolita klinoptiolita u savremenoj poljoprivrednoj proizvodnji za povećanje plodnosti zemljišta, povećanju prinosa poljoprivrednih biljaka, u ishrani domaćih životinja, proizvodnji silaže i prevenciji mikotoksina.

Ključne riječi: prirodni zeoliti, poljoprivreda, zemljište, prinos biljaka, domaće životinje

ABSTRACT:

Zeolites are silicate minerals incurred by mixing of volcanic minerals of lava with seawater. They are also known as "minerals of the future" and could be used in the agriculture, medicine, ecology, fisheries, etc. The highest quality natural is zeolite clinoptiolite with crystalline molecular structure and it is applied in agriculture. Presenting of the use of zeolite clinoptiolite in contemporary agricultural production in order to increase soil fertility, to increase the growth of the yield of agricultural plants used as animal feed, to increase the production of silage and also to prevent mycotoxins, is the main objective of this study.

Keywords: natural zeolites, agriculture, soil, yield of plants, farm animals

1. UVOD

Prvi prirodni zeolitni mineral pod nazivom stilbit, otkrio je švedski mineralog *Freiherr Axel Fredrick Cronstedt* 1756. godine. Budući da je mineral bubrio kada se grijao u plamenu puhaljke, nazvao ga je zeolit, što dolazi od grčkih riječi "zeo" i "lithos" koje znače kipjeti i kamen (Polat et al., 2005). Posljednjih 20 godina povećao se interes istraživanja za prirodne zeolite, uglavnom zbog otkrića velikih mineralnih depozita, njihovih korisnih kemijskih i fizičkih svojstava i njihove

potencijalne primjene u poljoprivredi, medicini, ekologiji, ribarstvu itd (Rožić et.al. 2005). Iako je u prirodi pronađeno oko 50 zeolitnih minerala, samo ih nekoliko ima u znatnim količinama u sedimentnim naslagama, a to su: analcit, klinoptilolit, erionit, habazit, mordenit, heulandit i filipsit (Kesraoui-Ouki et.al.1994). Među prirodnim zeolitima najviše se koristi klinoptilolit, ne samo zbog svoje visoke pojave u prirodi i niske cijene, već i zbog svojih dobrih fizičkih osobina (Hubicki et al., 2000). Klinoptilolit je najrasprostranjeniji prirodni zeolit u svijetu, a pronalazi se uglavnom u sedimentnim stijenama vulkanskog porijekla. Zbog velike unutarnje adsorpcijske površine i znatnog negativnog naboja, zadržavanja kationa u zoni korijena u izmjenjivom (lako usvojim obliku), uz sprječavanje gubitaka amonijskog dušika, kalija i većine mikroelemenata. Također, zadržavaju i pesticide, uz njihovu veću učinkovitost. U tabeli 1.prikazane su fizičke karakteristike nekih prirodnih zeolita (Dogan, 2003, loc.citat Polat et al.20014).

Tab.1.Fizičke karakteristike nekih prirodnih zeolita (Dogan, 2003, loc.citat Polat et al.2004)

Zeolit	Poroznost %	Toplotna stabilnost	Kapacitet jonske razmjene [meq/g]	Specifična težina [g/cm ³]	Zapreminska gustina [g/cm ³]
Analcit	18	Visoka	4.54	2.242-29	1.85
Habazit	47	Visoka	3.84	2.052-10	1.45
Klinoptilolit	34	Visoka	2.16	2.152-25	1.15
Erionit	35	Visoka	3.12	2.022-08	1.51
Heulandit	39	Visoka	2.91	2.182-20	1.69
Mordenit	28	Visoka	4.29	2.122-15	1.70
Filipsit	31	Umjerena	3.31	2.152-20	1.58

U ovom radu je prikazana primjena prirodnog zeolita u savremenoj poljoprivrednoj proizvodnji, za povećanje plodnosti zemljišta, povećanju prinosa poljoprivrednih biljaka, u ishrani domaćih životinja, proizvodnji silaže i prevenciji mikotoksina.

2. ZEOLIT U POLJOPRIVREDI

2.1. Primjena zeolita u biljnoj proizvodnji

Zeoliti na bazi klinoptilolita u poljoprivredi se koriste: kao melioranti u poboljšavanju kvaliteta zemljišta, plodnosti, vodene i vazdušne propustljivosti, sposobnosti upijanja i zadržavanja vode u zemljištu, za snižavanje kiselosti zemljišta. Obezbeđuju izvor laganog ispuštanja azota prema potrebama biljaka. Zbog visoke poroznosti, može akumulirati veliku količinu vode. Ovo je posebno važno tokom suše, jer biljka razvija korjenov sistem. Suša može značajno doprinjet smanjenju proizvodnje usjeva, posebno u toku aktivnog rasta (Phillips, 2006). Upotreba zeolita u sušnim periodima ima značajan utjecaj na sadržaj eteričnog ulja ljekovite mente (*Mentha piperita*), (Ghanbari i Ariaifar, 2013). Klinoptolit se široko primjenjuje u ratarstvu, povrtarstvu, voćarstvu, vinogradarstvu kao organomineralni supstrat za stimulaciju rasta, povećanje roda gajenih biljaka, uz smanjenje troškova. Koristi se u proizvodnji mineralnih gnojiva i kao nosioc aktivnih sastojaka pesticida. Prirodni zeolit se puno upotrebljava u Japanu za popravak glinovitih zemljišta. Na takvim

zemljištima, korištenjem klinoptilolita u dozi 4-8 tona/ha, registrirano je povećanje prinosa pšenice 13-15%, patlidžana (19-55%), jabuke (13-38%), i mrkva (63%), (Mumpton 1999). U Ukrajini je dodavanjem klinoptilolita 15t/ha, na pjeskovitim zemljištima povećan prinos ječma (70%) (Van Bo, 1988), zatim je zabilježeno značajno povećanje prinosa krompira, djeteline i pšenice (Mazur et al.1984).

Zeolitski supstrati se uspješno mogu primjenjivati za uzgoj presadnica povrća u zaštićenom prostoru (staklenicima, plastenicima). Oni se ne sležu, sterilni su, bez uzročnika bolesti biljaka i sjemena korova. Prema Yilmaz et al. (2014), u staklenicima su uzgojene kvalitetne presadnice krastavca (*Cucumis sativus* L. cv. Mostar F1), gnojene prirodnim zeolitima. Primjena zeolita se pozitivno odrazila na klijavost, visinu biljaka, biljnu masu, na sadržaj makroelemenata: azota (N), fosfor (P), kalij (K), kalcij (Ca), i magnezijuma (Mg) i mikroelemenata željezo (Fe), cink (Zn), mangana (Mn), i bakra (Cu). Također je poznat pozitivan učinak zeolita klinoptilolita na rast krompira. Primjena zeolita smanjuje upotrebu mineralnih gnojiva za 25% (Ryakhovskaya i Gainatulina, 2009).

2.2. Primjena zeolita u stočarskoj proizvodnji

U stočarskoj proizvodnji, mikotoksikoze predstavljaju problem za zdravlje životinja. Gljivice (plijesni), stvaraju mikotoksine u stočnoj hrani, koji smanjuju imunitet. Zbog oboljenja može doći do proljeva, oštećenja jetre i bubrega, slabljenja kostiju, smanjenja prirasta i sl.

Još je krajem šezdesetih godina, prošlog stoljeća utvrđeno da je klinoptilolit primjenjen putem hrane pružio adekvatnu zaštitu različitim vrstama i kategorijama životinja od mikotoksina (Drljačić et al.2010). Preparati na bazi zeolita ili sami zeoliti korišteni su u istraživanjima na govedama (Pešev et al., 2005). Također su rađena istraživanja na peradima (Wu-Haan et al. 2007; Shariatmandari, 2008). Zeoliti pokazuju sposobnost da za sebe vežu odnosno hemisorbiju različite mikotoksine u digestivnom traktu i na taj način sprečavaju negativne efekte. Pokazali su dobru adsorpciju mikotoksina in vitro uslovima (Tomašević-Čanović et al., 2003; Spoti et al.2005). Protektivnu ulogu u svojim istraživanjima in vivo na domaćim životinjama su potvrdili mnogobrojni istraživači (Šperanda et al. 2006; Zollner et al. 2002). Stojković et al. (2005) su koristili preparat na bazi zeolita kao dodatak u ishrani jagnjadi. Registriran je povećan dnevni prirast i veća prosječna tjelesna težina. Efikasnost prirodnih zeolita i nekih minerala u zaštiti životinja od mikotoksina dokazali su u svojim istraživanjima Dvorak, 1989. i Shel et al.1992. Sposobnost klinoptilolita i drugih zeolita da apsorbira aflatoksine koje kontaminiraju stočnu hranu je rezultiralo značajnom poboljšanja zdravstvenog stanja, ovaca i kokoši (Kovac et al.1995). Danas se uveliko koriste dodaci na bazi inokulanata kojima se intenzivira fermentacija u lucerkinim silažama i popravljaju aerobna stabilnost u kukuruznim silažama. Dodaci na bazi zeolita vezuju mikotoksine iz lucerkine silaže i smanjuju stepen proteolize. Ova njihova osobina može biti naročito značajna pri istovremenom dodavanju uree u cilju oplemenjivanja kukuruzne silaže mikroproteinskim azotom (Đorđević et al. 2009).

3. ZAKLJUČAK

Mineral zeolit, nastaje u prirodi hemijskom reakcijom lave i morske vode. Od prirodnih zeolita, u poljoprivrednoj proizvodnji najviše se koristi klinoptilolit, koji posjeduje dobra fizička svojstva. Koristi se kako u biljnoj, tako i u stočarskoj proizvodnji. U biljnoj proizvodnji se koristi u poboljšavanju kvaliteta zemljišta, plodnosti, sposobnosti upijanja i zadržavanja vode u zemljištu, za snižavanje kiselosti zemljišta. Zbog visoke poroznosti, može akumulirati veliku količinu vode. Ovo je

posebno važno tokom suše. Minerali obezbeđuju izvor laganog ispuštanja azota prema potrebama biljaka. Zeolitski supstrati se uspješno mogu primjenjivati za uzgoj presadnica povrća u zaštićenom prostoru (staklenicima, plastenicima). Oni se ne sležu, sterilni su, bez uzročnika bolesti biljaka i sjemena korova. Primjena zeolita u uzgoju biljaka se pozitivno odrazila na klijavost, visinu biljaka, biljnu masu, na sadržaj makroelemenata i mikroelemenata.

U stočarskoj proizvodnji zeoliti se koriste kao dodaci hrani u cilju eliminiranja mikotoksina iz stočne hrane (toksini gljiva). Zeoliti pokazuju sposobnost da za sebe vežu različite mikotoksine u digestivnom traktu i na taj način sprečavaju negativne efekte na zdravlje stoke. Dodaci na bazi zeolita vezuju mikotoksine iz lucerkine silaže i smanjuju stepen proteolize. Ova njihova osobina može biti naročito značajna pri istovremenom dodavanju uree u cilju oplemenjivanja kukuruzne silaže neproteinskim azotom. Korištenje zeolita u stočarstvu utječe na brži rast životinja, povećanje gustine kostiju, smanjuje se smrtnost životinja i produžava život. Mliječne krave daju više mlijeka, sprečava se pojava mastitisa, a kvalitet mesa je visok. Klinoptilolit je ubica aflatoksina (mikotoksina), što je izuzetno važno u proizvodnji mlijeka. Kod peradi se povećava rastvorljivost fosfata i time se dobivaju kvalitetnija jaja.

4. LITERATURA

- [1] A. Drljačić, M. Krstić, R. Marković, D. Šefer, J. Đurić, Ž. M. Baltić, Ž. Milan, Uticaj tufozela, kao dodatka hrani, na mesnatost različitih kategorija svinja, *Tehnologija mesa* 51,1, 2010, 12–17, Beograd.
- [2] A. F. Mumpton, La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry, *Proc Natl Acad Sci USA*, 1999, 96, 3463–3470.
- [3] D. W. Breck, Zeolite Molecular Sieves. *Krieger Publ. Comp.*, Malabar, Florida, (1984), 29-133.
- [4] E. Polat, M. Karaca, H. Demir, A. Naci Onus, Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit Ornam. Plant Research*, 2004, 12 :183-189
- [5] E. Yılmaz, I. Sönmez, H. Demir, Effects of Zeolite on Seedling Quality and Nutrient Contents of Cucumber Plant (*Cucumis sativus* L. cv. Mostar F1) Grown in Different Mixtures of Growing Media, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Volume 45, 2014, Issue 21.
- [6] F. Shariatmandari, The application of zeolite in poultry production. *World's Poultry Science Journal*, 64, 2008, 76–84.
- [7] G. Mohamad, S. Ariafer, The Effects of Water Deficit and Zeolite Application on Growth Traits and Oil Yield of Medicinal Peppermint (*Mentha piperita* L), *Int. J. Med. Arom. Plants*, ISSN, 2013, 2249-4340, 3, No 1, 32-39.
- [8] G. Kovac, P. Bartko, L. Vrzgula, R. Reichel, F. Nistiar, J. Mojzic, H. Seidel, In: Natural Zeolites '93: Occurrence, Properties, Use, eds Ming D W, Mumpton F A (Int. Comm. Nat. Zeolites, Brockport, NY), 1995, 459–466.
- [9] G. A. Mazur, G. K. Medvid, T. I. Grigorta. *Pochvovedenie*, 1984, 10:73–78.
- [10] J. Stojković, M. Adamović, J. Lemić, B. Jašović, The effect of natural zeolite on fattening lambs production results. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 21, 5–6, 2005, 49–52.
- [11] M. Tomašević-Čanović, A. Daković, G. Rottinghaus, S. Matijašević, M. Đuričić, 2003. Surfactant modified zeolites-new efficient adsorbents for mycotoxins. *Microporous and Mesoporous Materials*, 61, 2003, 173–180.
- [12] M. Spotti, M. Fracchiolla, F. Arioli, F. Caloni, G. Pompa, Aflatoxin B1 Binding to Sorbents in Bovine Ruminant Fluid, *Veterinary Research Communications*, 29, 6, 2005, 507–515, 9.

- [13] M. Šperanda, B. Liker, T. Šperanda, V. Šerić, Z. Antunović, Ž. Grabarević, Đ. Senčić, D. Grgurić, Z. Steiner, Haematological and biochemical parameters of weaned piglets fed on fodder mixture contaminated by zearalenone with addition of clinoptilolite, *Acta Veterinaria*, 56, 2–3, 2006, 121–136.
- [14] N. Van Bo, *Soviet Agric Sci*, 1988, 12:62–64.
- [15] M. Dvorak, *Vet. Med. (Prague)*, 34, 1989, 307–316.
- [16] M. Rožić, Z. Bolanca, Š. Cerjan-Stefanović, Prirodni zeoliti u kontroli grafičke industrije, *Kem. Ind.* 2004, 53 (10) 449–458.
- [17] M. Rožić, Z. Bolanca, Š. Cerjan-Stefanović, Prirodni zeoliti u kontroli grafičke industrije, *Kem. Ind.* 53 (10), 2004, 449–458.
- [18] N. Đorđević, G. Grubić, B. Stojanović, M. Radivojević, A. Božićković, Savremeni aditivi, za silažu, *Zbornik naučnih radova*, 1, 2009, 3–4.
- [19] N. I. Ryakhovskaya, V. V. Gainatulina, Potato and oat yield in short-cycle crop rotation with zeolite application, *Russian Agricultural Sci*, 2009, 35, Issue, 153–155.
- [20] N. Phillips, J. Edwards, Cereal seed quality after drought, (www.dpi.nsw.gov.au/cereal/seed/quality/afterdrought/), 2006.
- [22] P. Zöllner, J. Jodlbauer, M. Kleinova, H. Kahlbacher, T. Kuhn, W. Hochsteiner, Concentration levels of Zearalenone and its metabolites in urine, muscle tissue, and liver samples of pigs fed with mycotoxin-contaminated oats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2002, 2494–2501.
- [23] S. Kesraoui-Ouki, C. R. Cheeseman, R. Perry, *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 59 (1994) 121.
- [24] Z. Hubick, Rudaś M., A. Jakowicz, *Chemia i Inżynieria Ekologiczna*, 2000, 9, 5–6, 603.
- [25] S. Pešev, Z. Ilić, V. Simeonova, B. Milošević, Z. Spasić, The influence of the zeolite type "Tufozel" on dairy cows reproductive characteristics. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 2005, 21, 5–6, 19–24.
- [26] T. C. Shell T, M. D. Lindemann, E. T. Kornegay, D. J. Blodgett, *Va Polytech Inst Anim Sci Rept*, 1992, 10:68.
- [27] W. Wu-Haan, W. J. Powers, C. R. Angel, C. E. Hale, T. J. Applegate, Effect of an Acidifying Diet Combined with Zeolite and Slight Protein Reduction on Air Emissions from Laying Hens of Different Ages, *Poultry Science*, 86, 2007, 182–190.

ISKUSTVA U RAZVOJU, PRIMENI I ZAŠTITI POSTUPKA PROIZVODNJE BIOINSEKTICIDA

EXPERIENCES IN THE DEVELOPMENT, IMPLEMENTATION AND PROTECTION OF BIOINSECTICIDES PRODUCTION PROCEEDINGS

Jožef Božo, Danijela Jašin
Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu,
Đorđa Stratimirovića 23, Zrenjanin, Srbija,
jozefbo@gmail.com

SAŽETAK:

U ovom radu se iznose iskustva u razvoju, primeni i zaštiti postupka proizvodnje bioinsekticida na bazi sojeva *Bacillus thuringiensis*. Rad takođe, ukazuje na ekološki značaj njihove primene i saopštava suštinu sopstvenog, inovativnog tehnološkog postupka proizvodnje ovih preparata. Stečena iskustva posebno u zaštiti, patentiranju tehnološkog postupka koji se zasniva na primeni mikroorganizma, prirodnog soja, mogu biti korisna i drugim istraživačima u ovoj oblasti.

Ključne riječi: bioinsekticid, *Bacillus thuringiensis*, proizvodnja

ABSTRACT: This paper describes authors experiences in the development, application and patenting of technology process for bioinsecticides production based on *Bacillus thuringiensis* strains. Also it reveals ecological benefits of their use and describes key points of technological innovation in production of this biopreparates. Authors gained experiences in protection and patent registration of technology process based on microorganisms, natural strains, may be found useful to other researchers in this specific area.

Keywords: bioinsecticide, *Bacillus thuringiensis*, production

1. UVOD

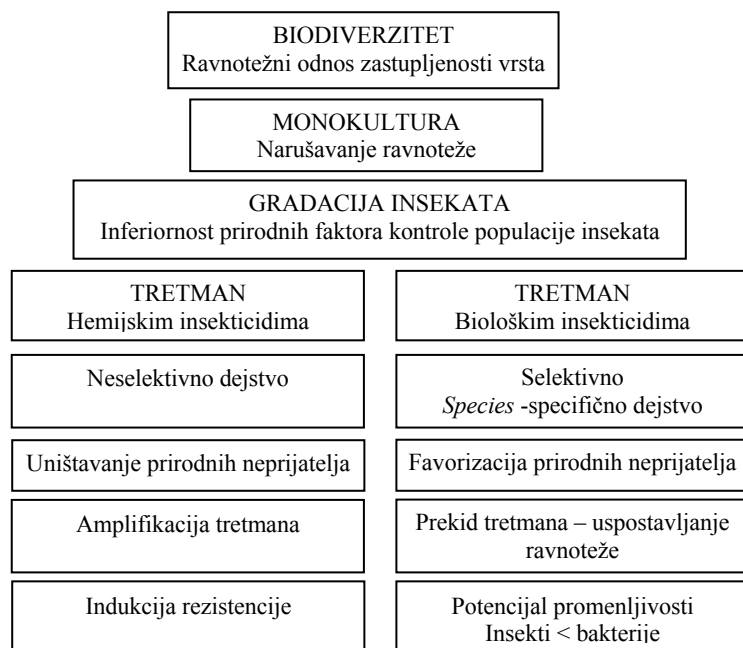
Devedesetih godina izgrađen je pilot-pogon za mikrobiološke procese u tadašnjem Tehnološko-poljoprivrednom institutu Agroindustrijskog kombinata „Servo Mihalj“ u Zrenjaninu i time je dat zamah istraživanjima u oblasti biotehnologije. Nabavljena je oprema od renomiranog proizvođača Chemap iz Švajcarske, kompletna linija tada najsavremenijih, potpuno automatizovanih fermentacionih postrojenja, mikrobioloških reaktora od laboratorijskog do industrijskog kapaciteta od 3000L. Pokrenut je rad na istraživanju postupka izolacije entomopatogenih sojeva *Bacillus thuringiensis*, na optimizaciji procesa kultivacije ćelija i finalizacije proizvoda do stabilnih, aktivnih preparata u saradnji sa Poljoprivrednim institutom iz Zemuna, Institutom za šumarstvo iz Beograda i Pasterovim zavodom iz Novog Sada. Istraživanjima je rukovodio tada već iskusni, ugledni stručnjak za biološke insekticide, Branimir Zamola iz Zagreba. Na bazi varijeteta *kurstaki* razvijeni su preparati za primenu u voćarstvu i šumarstvu kao i za suzbijanje krompirove zlatice na bazi varijeteta *san diego*. Na osnovu varijeteta *israelensis* razvijeni su preparati za suzbijanje larvi komaraca u komunalnoj higijeni. Krajem devedesetih proizvedeni preparati sa uspehom su primenjivani u makroogledima uporedo sa uvoznim bioinsekticidima slične aktivne materije. U elementarnoj

nepogodi najezde larvi gubara, dudovca i žutotrbe koja je zadesila voćnjake i šume u Srbiji krajem devedesetih, potvrđuje se aktivnost novorazvijenog preparata i afirmiše se biološka zaštita bilja u poljoprivredi i šumarstvu.

2. EKOLOŠKI ZNAČAJ PRIMENE BIOINSEKTICIDA

Bakterija *Bacillus thuringiensis* je saprofit, deo prirodne mikroflore zemljišta. Čelije su pokretni štapići koji u toku sporulacije sintetišu kristal neaktivnog protoksina. Protoksin je proteinski makromolekul složene strukture čija je sinteza povezana sa procesom sporulacije. Složeni biohemijski proces aktivacije protoksina u delujući toksin odvija se u pogodnom domaćinu. Svojeviti mehanizam aktivacije, kojim raspolaže insekat meta, predstavlja ključ specifičnosti delovanja, najvažnije odlike bioinsekticida sa zdravstvenog i ekološkog gledišta.

Aktivnost čoveka u poljoprivredi i šumarstvu ogleda se u uspostavljanju i održavanju monokultura. Prirodno u ekosistemu, na određenom staništu, uvek se uspostavlja ravnotežni odnos zastupljenosti bioloških vrsta, karakteristični diverzitet date biogeocenoze. Nepregledne površine pod jednom biljnom vrstom predstavljaju svojevrsno narušavanje ekološke ravnoteže. Biljna zajednica u monokulturi nalazi se u stanju metastabilne ravnoteže zahvaljujući energiji i radu koji se ulažu za njeno održavanje. Monokultura vrši selektivni pritisak u pravcu prenamnožavanja vrsta insekata koji se njome hrane. U biocenozi monokulture prirodni faktori kontrole populacije štetnog insekata postaju inferiorni i nastupa njegova gradacija. Prenamnožavanja, najezde insekata mogu imati značajne ekološke i ekonomske posledice, usled defolijacije stabala dolazi do isušivanja i propadanja šuma i voćnjaka. Blagovremenom intervencijom bioinsekticidom štete se mogu izbeći. Na slici 1. [1] dat je uporedni prikaz efekata tretmana štetnih insekata sa hemijskim, odnosno, biološkim preparatima.



Slika 1: Efekti tretmana hemijskim, odnosno, biopreparatima [1]

Primenjeni na nekoj biljnoj kulturi, hemijski insekticidi su, po pravilu, ksenobionti – nisu prirodni, imanentni sastojci biotopa već strane supstance koje predstavljaju njegovo zagađenje. Odabiraju se na osnovu izražene fiziološke aktivnosti koja najčešće nije dovoljno selektivna. Njihovo delovanje pogađa ne samo ciljani insekt već se širi i na ostale vrste uključujući i čoveka. Neselektivnost u delovanju uništava već nedovoljno zastupljene prirodne neprijatelje štetnog insekta. Dolazi do gubitka prirodne zaštite bilja i do nužnosti da se dalja kontrola populacije štetnog insekta oslanja isključivo na primenu hemijskih preparata. Usled njihove učestale primene podiže se prag osetljivosti insekta štetočine i stvara se rezistencija prema delujućem agensu. To nalaže amplifikaciju tretmana – potrebno je delovati sve češće sa sve većim količinama hemikalija koje se nagomilavaju u zemljištu, vodotocima, biljkama i organizmima koji ih koriste kao hranu. Nastaju rezistentni sojevi štetnog insekta na koje do tada primenjivani preparat ne deluje i stvara se potreba za primenu novih, a to znači manje ispitanih, aktivnijih, to jest, otrovnijih i po pravilu, skupljih preparata.

Primena preparata insekticida na bazi bakterije *Bacillus thuringiensis* dovodi do suštinski drugačijih efekata. To proističe iz same prirode insekticidnog agensa – iz činjenice da je *Bacillus thuringiensis* predstavnik prirodne mikroflore zemljišta i iz visoke selektivnosti, *species* specifičnosti njegovog delovanja [2]. Na taj način, postupak tretiranja bioinsekticidom predstavlja svojevrsno nadomešćivanje prirodne ravnoteže poremećene monokulturom. Usled specifičnosti delovanja bioinsekticida prirodni neprijatelji insekta štetočine bivaju pošteđeni i čak, favorizovani. Nakon redukcije broja jedinki štetnog insekta od oko 60% prekida se tretman, dalju kontrolu preuzimaju prirodni faktori. Biološkom potencijalu promenljivosti insekta u pravcu stvaranja rezistentnih sojeva suprotstavlja se daleko izraženiji potencijal promenljivosti bakterija. Očuvanje potencijala promenljivosti bakterija predstavlja okosnicu tehnološkog postupka proizvodnje bioinsekticida.

3. TEHNOLOŠKI POSTUPAK PROIZVODNJE BIOINSEKTICIDA

U toku razvoja postupka proizvodnje postalo je jasno, da se pored ostalih, moraju rešiti dva ključna problema a to su:

1. Gubitak aktivnosti preparata usled stvaranja rezistencije kod insekata i
2. Fagoliza bakterijskih ćelija u toku dubinske kultivacije.

Pri učestaloj primeni svih vrsta preparata insekticida, uključujući i biološke, dolazi do pojave rezistentnih formi ciljanih insekata. Trajna proizvodnja bioinsekticida mora se zasnivati na aktivnim sojevima koji svoju efikasnost potvrđuju u poljskim uslovima. Stalna reizolacija aktivnih sojeva iz prirodnih staništa, uginulih larvi insekata, predstavlja jednu od osnovnih operacija u procesu proizvodnje biopreparata. Prirodni izolati *Bacillus thuringiensis* najčešće su zaraženi virusom, odnosno, sadrže latentni fag koji se u toku procesa dubinske kultivacije, pod dejstvom različitih faktora, može aktivirati i izazvati lizu ćelija producenta entomotoksina. Liza ćelija je pojava koja se može drastično odraziti na aktivnost proizvoda i ostale pokazatelje efikasnosti procesa proizvodnje. Liza ćelija može biti izazvana nizom faktora. Za učestalost ove pojave od opredeljujućeg značaja su sastav i kvalitet podloge, uslovi kultivacije kao i specifična stabilnost soja.

Kultivacija saprofita *Bacillus thuringiensis* zahteva primenu složene podloge bogate organskim materijama, izvorima ugljenika i azota. Pored neophodnih ugljenih hidrata, proteina i vitamina podloga mora sadržati makro-, (K, P i dr) i mikroelemente (Mg, Fe, Zn i dr.). Optimalni sastav i kvalitet hranljive podloge uslovi su za maksimalnu konverziju i proizvodnost procesa – broj kristala i spora po jedinici radne zapremine reaktora na čas, kao i za visoku biološku aktivnost proizvedenog preparata. Prisustvo energetski bogatih hranljivih sastojaka u podlozi podstiče vegetativni rast ćelija ali onemogućava proces sporulacije. Usled povezanosti procesa sporulacije sa sintezom delta-endotoksina [3], faktori koji ometaju sporulaciju remete i sintezu delta-endotoksina. Disbalans sastojaka podloge, nedostatak pojedinih komponenti ograničava vegetativni rast, smanjuje prinos

biomase i može dovesti do lize ćelija. U tom slučaju, sadržaj liziranih ćelija može delimično obezbediti nedostajući sastojak u podlozi i omogućiti proliferaciju preostalih ćelija, međutim, broj ćelija ne dostiže raniji nivo a trajanje procesa se produžava.

Ekonomski i ekološki aspekti proizvodnje nameću primenu jeftinijih sirovina, obnovljivih resursa, kao što su melasa (izvor ugljenika) i vodeni ekstrakt kukuruza (izvor azota), nusproizvodi fabrika šećera i skroba. Osnovni nedostatak ovih sirovina je varijabilnost sastava i kvaliteta koji zavise od sortimenta repe/kukuruza, klimatskih i agrohemijskih uslova kultivacije, pravovremenosti berbe, tehnologije prerade, uslova i trajanja skladištenja i dr. Inficiranost mikroorganizmima dovodi ne samo do smanjenja hranljive vrednosti ovih sirovina, već i do zagađenja njihovim sporama i proizvodima metabolizma. Tragovi teških metala, pesticida i drugih fiziološki aktivnih supstanci, ne samo u sirovinskom materijalu, već i u vodi za pripremu podloge, mogu dovesti do oštećenja funkcija ćelije u pojedinim fazama dubinske kultivacije i izazvati njen raspad usled turbulencije podloge pri agitaciji i aeraciji.

Za proizvodnju ovih preparata daleko ujednačenije sirovine po sastavu i kvalitetu mogu biti proizvodi prehrambene industrije kao što su kukuruzni skrob kao izvor ugljenika i sojino brašno kao izvor azota. Dobri rezultati u proizvodnji postignuti su na alternativnim podlogama kao što su medijumi 1, 2a, 2b i 3 u tabeli 1:

Tabela 1. Sastav alternativnih podloga za šaržnu dubinsku kultivaciju *Bacillus thuringiensis*

KOMPONENTA	Medijum 1	Medijum 2a	Medijum 2b	Medijum 3
Melasa	2,3	2,2	-	-
Kukuruzni ekstrakt	1,2	-	1,3	-
Kukuruzni skrob	-	-	2,6	2,7
Sojino brašno	-	1,1	-	1,2
Kvasac	0,3			
MgSO ₄ x 5H ₂ O	0,03			
FeSO ₄ x 7H ₂ O	0,002			
ZnSO ₄ x 7H ₂ O	0,002			
Primedba	1. Podaci u tabeli se odnose na sadržaj (%) suve supstance date komponente u podlozi 2. Pre termičke sterilizacije, podloge na bazi suvih, praškastih sirovina (2a, 2b i 3) se zakiseljavaju sa HCl do pH 5,5-6,0			

Ovaj redosled podloga se podudara sa redosledom ekonomičnosti na osnovu cene komponenti. Međutim, sa tehnološkog gledišta, od navedenih, medijum 1 predstavlja podlogu najvišeg stepena rizika, dok primena medijuma 2a i 2b, a pogotovu 3, pruža veću pouzdanost proizvodnje iz napred navedenih razloga.

Dokazano je da visok stepen aeracije hranljive podloge i pad pH ispod granične vrednosti od 6,3 u toku dubinske kultivacije *Bacillus thuringiensis* može izazvati indukciju faga i dovesti do lize ćelija, odnosno, do drastičnog pada u proizvodnji aktivne supstance preparata bioinsekticida [4, 5]. Specifična stabilnost soja određena je otpornošću ćelija prema spoljnim uticajima u svim fazama vegetativnog rasta i sporulacije ćelija. Složeni sistem regulacije ćelijskih funkcija, aktivacije i sinteze faga, genetski je determinisan ali podložan uticajima proisteklim iz sastava podloge i uslova kultivacije. Priprema soja producenta je od presudnog značaja za proizvodnju i sastoji se od sledećih operacija:

a) *Izolacija sojeva* sa visokom entomopatogenom aktivnošću iz prirodnog staništa, uginulih insekata, uobičajenim mikrobiološkim tehnikama. Povremena reizolacija novih sojeva je neophodan preduslov održavanja biološke efikasnosti proizvedenog preparata i prevencija pojave rezistencije kod insekata meta usled učestale primene biopreparata u poljskim uslovima. Zakonske regulative, međutim, u patentiranim tehnološkim postupcima, koji se zasnivaju na primeni mikroorganizama, nameću primenu deponovanih sojeva. Novi izolati na osnovu mikroskopskih karakteristika i biohemijskih osobina, potencijalni producenti entomotoksina, sa ploča sa medijumom 4 (tabela 2) prenose se ezom u obeležene epruvete na površinu kose, čvrste podloge, takođe, sa medijumom 4. Nakon inkubacije na $29 \pm 1^\circ\text{C}$ u trajanju od 24 časa slantovi se čuvaju u rashladnim uređajima pri 4°C . Radi trajnijeg čuvanja slantovi se prelivaju sterilnim parafinskim uljem i odlažu u hladnjak na -18°C .

Tabela 2. Sastav podloga za čuvanje i uzgoj sojeva

Medijum 4			Medijum 5		
Pepton (Torlak)	0,5	%	Trypton (Torlak)	2	%
Mesni ekstrakt (Torlak)	0,3		Glukoza	0,2	
Agar	1,75		Na Cl	0,5	
Destilovana voda	do 100		$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times 12\text{H}_2\text{O}$	0,26	
pH posle sterilizacije	6,8		Destilovana voda	do 100	
			pH posle sterilizacije	6,8	

b) *Test stabilnosti submerzne kultivacije* okosnica je postupka prevencije lize ćelija i gubitaka u proizvodnji. Test predstavlja faktorijalni ogled 4×3 . Četiri nivoa varijabilnog faktora, hranljive podloge, predstavljaju medijumi 1, 2a, 2b, i 3. Tri nivoa tretmana, stepena aeracije, postižu se različitim količinama podloge u jednakim bocama po Erlenmeyeru. Manja količina rastvora u boci na tresilici omogućava bolji prenos kiseonika iz vazduha u podlogu i viši stepen zasićenosti kiseonikom. Kultura koja se testira prenosi se sa slanta zahvatom eze u sterilnim uslovima u epruvetu sa tečnom podlogom, medijumom 5 i inkubira u termostatu 24 časa pri $29 \pm 1^\circ\text{C}$.

U 12 boca zapremine 750 mL dodaje se po 30, 40, i 50 mL od svake podloge iz tabele 1. U svaku bocu se doda CaCO_3 (precipitat) u višku radi obezbeđivanja donjeg limita pH. Boce se zatvaraju vatenim čepom i sterilišu 40 minuta u autoklavu na 121°C . Ohlađene boce sa podlogama u sterilnim uslovima se zasejavaju sa po dve kapi 24 časovne kulture u medijumu 5. Kultivacija zasejanih boca se vrši na termostatisanoj ($29 \pm 1^\circ\text{C}$), horizontalnoj, rotacionoj tresilici sa brojem obrtaja 220-230 u minuti i poluprečnikom rotacije od 2-3cm. Nakon 12. časa kultivacije sterilnom ezom iz svake boce se uzima kap podloge radi praćenja broja i izgleda ćelija pod mikroskopom. Kontrola se ponavlja najmanje svakog trećeg časa do 36-42. časa kultivacije. Za entomološki test se odabira soj izolati koji postiže veći broj zrelih spora (minimum $10^7/\text{mL}$) u kraćem vremenskom periodu kultivacije na jeftinijoj podlozi pri intenzivnijem stepenu aeracije.

Ovaj test omogućava i procenu pogodnosti nove partije sirovine nepoznatog kvaliteta pre primene u proizvodnji pri radu sa poznatim, proverenim sojevima. Ponavljanje testa i veći broj paralelnih proba povećava pouzdanost ocene soja i sirovine.

c) *Entomološki test*, odnosno, provera insekticidne aktivnosti novih izolata sojeva *Bacillus thuringiensis* vrši se u entomološkoj praksi dobro opisanim, standardnim metodama u laboratorijskim i poljskim uslovima. Tek nakon ispoljavanja aktivnosti po normativima za biopreparate, odabrani izolati se koriste za pripremu zasevnog materijala, inokuluma u proizvodnji.

d) *Priprema inokuluma* za proizvodnu kultivaciju svodi se na umnožavanje i kondicioniranje zasevnog materijala. Zapreminski odnos inokuluma i podloge koja se zasejava iznosi 1:100. Biomasa inokuluma u trenutku presejavanja se nalazi na kraju druge trećine logaritamske faze vegetativnog rasta. Usled velike zapremine fermentora koji se koriste u proizvodnoj fazi kultivacije proizvodnja inokuluma se odvija u više uzastopnih faza.

Podloga u zasevnom fermentoru, sterilisana *in situ* 40 minuta na 121°C, sastava prema tabeli 1, odabira se na osnovu testa stabilnosti i entomološkog testa. Nakon podešavanja temperature na 29,5°C i pH 6,8 zasejava se sa 1% (zapreminski) osmočasovne kulture sa tresilice. U toku narednih 8 časova kultivacije u zasevnom fermentoru sa odnosom radne i ukupne zapremine 8/10L, temperatura se održava u intervalu 29,5±0,1°C a pH se reguliše u opsegu 6,8-7,2 NH₄OH i HCl. Broj obrtaja mešalice je konstantan, 100 obrtaja u minuti. Protok vazduha se, takođe, ne menja i iznosi 0,2 VVM.

e) *Proizvodna kultivacija* – podloga u proizvodnom fermentoru sa odnosom radne i ukupne zapremine 800/1000L, identično je sterilisana i istog je sastava kao podloga u zasevnom fermentoru. Nakon zasejavanja osmočasovnom kulturom iz zasevnog fermentora temperatura se održava, takođe, u intervalu 29,5±0,1°C dok se vrednost pH vodi sa 6.5 na početku do 8,5 pri kraju fermentacije. Broj obrtaja mešalice se u toku proizvodne kultivacije povećava postepeno u skladu sa povećanjem broja čelija, sa 60 na početku, do 200 rpm pri kraju procesa. Protok vazduha se, takođe, menja sa 0,03 VVM na početku do 0,3 VVM pri kraju proizvodne kultivacije koja traje do pojave spora i oslobađanja kristala, 36-40 časova.

f) *Finalizacija* – fermentaciona komina se separira ili dekantira nakon sedimentacije u prihvatnom sudu radi izdvajanja kompleksa spora i kristala i eliminacije niskomolekulskih jedinjenja. Određuje se aktivnost ugušćene mase. U cilju obezbeđivanja deklarisanе aktivnosti finalnog proizvoda, suspenziji spora i kristala dodaje se neophodna količina vode. Trajnost proizvoda postiže se reverzibilnom inaktivacijom alkalnih proteaza, obaranjem pH do 4,5 pomoću neisparljive organske kiseline i dodatkom vodorastvornog konzervansa koji se primenjuje u prehrambenoj i kozmetičkoj industriji. Dodavanjem celuloznih ili skrobnih ugušćivača, postiže se stabilnost suspenzije. Površinski aktivne materije, nosači i dr. aditivi primenjuju se prilikom formulacije finalnog proizvoda prema specifičnim zahtevima u primeni.

4. REGISTRACIJA PROIZVOĐAČA I PRIZVODA I ZAŠTITA RAZVIJENOG TEHNOLOŠKOG POSTUPKA

Do 2000. godine pribavljeno je Rešenje Saveznog ministarstva za rad, zdravstvo i socijalnu politiku, o ispunjavanju propisanih uslova za proizvodnju insekticida kao i Rešenje Saveznog ministarstva privrede i unutrašnje trgovine, o izdavanju stalne dozvole za stavljanje u promet gotovog pesticida (preparata) pod nazivom D-STOP, insekticida u obliku koncentrovane suspenzije na bazi aktivne materije kompleksa kristala i spora *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki, sa sadržajem od 2,5±0,375% (13500 *Anagasta kuhniella* IU/mg). 2000. godine je započet postupak zaštite proizvodnog procesa prijavom patenta Saveznom zavodu za intelektualnu svojinu pod nazivom: Postupak proizvodnje bioloških preparata na bazi entomopatogenih sojeva *Bacillus thuringiensis*.

Zakonske regulative za zaštitu tehnoloških postupaka na bazi mikroorganizama obavezuju pronalazača na deponovanje soja u zvaničnoj banci mikroorganizama. Kao što je gore već pomenuto, ključni preduslov proizvodnje biološki efikasnog preparata i prevencije pojave rezistencije kod

insekata meta je stalna reizolacija aktivnih sojeva. Trajna proizvodnja se mora zasnivati na aktivnim sojevima *Bacillus thuringiensis* koji svoju aktivnost potvrđuju u poljskim uslovima. Stalna reizolacija sojeva iz prirodnih staništa, uginulih larvi insekata predstavlja jednu od osnovnih operacija u procesu proizvodnje koji je predmet patenta. Pronalazak se u svom osnovnom vidu odnosi upravo na obezbeđivanje aktivnih i stabilnih sojeva. Stručna služba zavoda za intelektualnu svojinu, međutim, pozivajući se na odredbe važećeg Zakona o patentima i budimpeštanske konvencije, tvrdila je da se zaštićeni postupci moraju zasnivati na deponovanim sojevima u zvaničnim bankama mikroorganizama. Argumentacija o kontraproduktivnosti deponovanja sojeva koji time zastarevaju i gube aktivnost, ukazivanje na suštinu patenta da se proizvodnja mora zasnivati na svežim, prirodno aktivnim reizolatima, bilo je uzaludno. Nakon niza godina neuspešnih pokušaja, tranzicioni naslednik - novi vlasnik proizvodnog pogona i procesa odustaje od patentnog postupka.

Odredba Zakona o patentima o obavezi deponovanja sojeva je potpuno logična i opravdana u slučaju tehnoloških postupaka koji se zasnivaju na sojevima koji su i sami predmet inovacija i predstavljaju posebno dobijene, adaptirane ili modifikovane, transgene organizme. Zakon o patentima, međutim, ne bi trebao da bude selektivan - da štiti tehnološke postupke na bazi inovativnih sojeva a onemogućava zaštitu postupaka na bazi prirodnih sojeva. Pogotovu ne, uz zakonsku regulativu o zabrani primene modifikovanih organizama.

5. ZAKLJUČAK

Razvijeni postupak je i danas u uspešnoj primeni. Uprkos nesumnjivom značaju i postignutom uspehu u ekološkoj zaštiti u poljoprivredi, šumarstvu i komunalnoj higijeni i pored izuzetnog komercijalnog efekta, prvi domaći postupak proizvodnje bioinsekticida ostao je nezaštićen kao žrtva propisa, koji u kontekstu važećih zakona, ne bi trebalo da postoje.

4. LITERATURA

- [1] Božo J., Baras J., Bočarov-Stančić A., Gološin B., Eko-aspekti pri razradi tehnologije proizvodnje bioinsekticida. *Ecologica No 25.*, EKOING 2000., Beograd, 153-160.
- [2] P. Luthy, The delta-Endotoxin of *Bacillus thuringiensis*. Structure and Mode of Action. *Swiss Biotech.*, 4, 1986, 11-14
- [3] M. Lecadet, R. Dedonder, Biogenesis of the crystalline inclusion of *Bacillus thuringiensis* during sporulation. *Eur. J. Biochem.*, 23, 1971, 282-288
- [4] B. Zamola, A. Šarić, G. Karminski-Zamola, Č. Sidor, Aeration-Provoked Formation of Bacteriophage in Cultures of *Bacillus thuringiensis* var. *Thuringiensis* (Berliner). *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 17, 1983, 103-106
- [5] L.F. Adams, C. Liu, S.C. MacIntosh, R.L. Starnes, Diversity and Biological Activity of *Bacillus thuringiensis*, in L.G. Copping (Ed), *Crop Protection Agents from Nature: Natural Products and Analogues* (Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1996) 360-388

JEDNOKRITERIJALNI I VIŠEKRITERIJALNI MATEMATIČKI MODELI UPRAVLJANJA PROJEKTOM SA STANOVIŠTA TROŠKOVA

SINGLE AND MULTIPLE CRITERIA MATHEMATICAL MODELS IN PROJECT MANAGEMENT FROM COST PERSPECTIVE

Omer Kurtanović¹, Mersud Omerdić²

^{1,2}*Ekonomski fakultet, Pape Ivana Pavla II 2/2,
Bihać, Bosna i Hercegovina
adsami@bih.net.ba*

SAŽETAK:

U radu su definisani matematički modeli minimizacije trajanja projekta sa ograničenim resursima (tipa Work, tipa Material i finansijska sredstva) i minimizacija navedenih vrsta resursa u vremenu za dato trajanje projekta. Razvijeni su odgovarajući algoritmi za određivanje optimalnog plana projekta sa jednim kriterijem i projekta sa više kriterija, korišćenjem standardnog softvera za PM i poznatih metoda za jednokriterijalnu optimizaciju i višekriterijalno programiranje. Od posebnog značaja su novi algoritam za nivelisanje resursa tipa Materijal i novi algoritam za nivelisanje novčanih sredstava.

Ključne riječi: jednokriterijalni modeli, višekriterijalni modeli, minimizacija trajanja projekta, minimizacija maksimalnih troškova, višekriterijalna optimizacija

SUMMARY:

The paper defines mathematical models for minimisation of limited-resources project duration (i.e. project with limited work resources, limited material resources and limited financial resources) and minimisation of the resources in time for the given project duration. The appropriate algorithms have been developed in order to determine the optimum project plan with single criterion and with multiple criteria, using the standard PM software and familiar methodology for single-criterion optimisation and multiple-criteria programming. It is highly important to emphasise new algorithm for Material resource levelling and new algorithm for Financial resource levelling.

Keywords: single-criterion models, multiple-criteria models, project duration minimisation, maximum costs minimisation, multiple criteria optimisation

1. UVOD

Analiza troškova svodi se na analizu potrebnih novčanih sredstava za izvođenje aktivnosti projekta. Pojednostavljeno posmatrano, moguća su dva osnovna pristupa:

- a) minimizirati troškove za dato trajanje projekta, ili
 b) minimizirati trajanje projekta za datu maksimalnu visinu troškova.

Troškovi se u osnovi dodeljuju resursima i potrebni resursi određuju varijabilne troškove svake aktivnosti, odgovarajućih dijelova projekta i cijelog projekta. Uvođenjem i odgovarajućih fiksnih troškova za pojedine elemente projekta i projekat u cijelosti, u opštem slučaju se mogu posmatrati naredne vrste troškova:

- jedinični troškovi resursa, troškovi za jedinicu resursa tipa Work i Material, koji određuju varijabilne troškove tih resursa na aktivnosti u zavisnosti od odgovarajućih utrošaka resursa na aktivnosti;
- fiksni troškovi određenog tipa resursa na aktivnosti, jednokratni troškovi za ukupno angažovanje takvog resursa na aktivnosti;
- ukupni troškovi projekta (troškovi faza, odnosno aktivnosti i fiksni troškovi projekta).

Posebno, za jedinične troškove resursa Work u slučaju radne snage neophodno je posmatrati dva oblika angažovanja i odgovarajuće troškove (svaka kategorija može da ima naprijed navedene karakteristike – konstantne vrijednosti na projektu ili promjenljive vrijednosti u vremenu):

- troškovi za normalno radno vrijeme (uobičajena visina troškova), i
- troškovi za prekovremeni rad (veći troškovi u odnosu na normalno radno vrijeme).

Neka se za definisanje odgovarajućih matematičkih modela koriste oznake za osnovne elemente projekta iz liste koja slijedi i koja će se kasnije proširivati sa potrebnim parametrima za nove modele. Za mrežne dijagrame je usvojena notacija EON (Even Oriented Network) za prikazivanje aktivnosti u čvorovima mreže i njihovih zavisnosti na lukovima.

$m, i, I = \{1, 2, \dots, m\}$	broj aktivnosti na projektu, indeksi (redni brojevi) aktivnosti, skup indeksa aktivnosti; $i \in I$
$Tp, t, T = \{1, 2, \dots, Tp\}$	trajanje projekta, apsolutne vremenske jedinice za analizu elemenata projekta i njihov skup; $t \in T$
LD, GD	linijski dijagram projekta, ili gantogram aktivnosti projekta
$n_1, R_j, J = \{1, 2, \dots, n_1\}$	broj resursa tipa Work na projektu, njihove oznake, njihovi indeksi (redni brojevi, j) i skup njihovih indeksa; $j \in J$
$n_2, M_j, K = \{1, 2, \dots, n_2\}$	broj resursa tipa Material na projektu, njihove oznake, njihovi indeksi (redni brojevi, k) i skup njihovih indeksa; $k \in K$
$Wp_j(t) = \sum_{i \in I} w_{ij}(t)$ $Np_j(t) = \sum_{i \in I} n_{ij}(t)$	potrebna količina j-tog resursa tipa Work na svim i-tim aktivnostima u t-toj vremenskoj jedinici projekta; $j \in J$, $t \in T$; respektivno sa stanovišta rada i broja jedinica resursa
$Mz_k(t)$	raspoloživa količina (zalihe) k-tog resursa tipa Material u

	t-toj vremenskoj jedinici projekta; $k \in K, t \in T$
$n^p, \rho, P = \{1, 2, \dots, n_1\}$	broj vremenskih perioda na projektu, indeksi perioda skup indeksa tih perioda i dužine (broj vremenskih jedinica) perioda; $\rho \in P$
$Cp_{akt}^{per}(\rho) = \sum_{i \in I} C_i(\rho)$	ukupni troškovi svih aktivnosti projekta u ρ -tom periodu; $\rho \in P$
$Cp^{per+}(\rho) = \max_{\rho \in T_\rho} \{Cp^{per}(\rho)\}$	maksimalni troškovi projekta u ρ -tom periodu; $\rho \in P$
$Cp = \sum_{\rho \in P} Cp^{per}(\rho)$	ukupni troškovi projekta ako $\bigcup_{\rho} T_\rho = T$
$Cp^{per+}(\rho) = \max_{\rho \in T_\rho} \{Cp^{per}(\rho)\}$	maksimalni troškovi projekta u ρ -tom periodu; $\rho \in P$
$Cp_0^{per}(\rho)$; važi $\sum_{\rho \in P} Cp_0^{per}(\rho) \geq Cp$ ako $\bigcup_{\rho} T_\rho = T$	dati maksimalni troškovi projekta u ρ -tom periodu; $\rho \in P$ (njihov zbir ne može da bude manji od Cp ako periodi pokrivaju trajanje projekta)

2. ODABRANI MODELI SA STANOVIŠTA TROŠKOVA

U praksi se razmatraju odabrane grupe problema:

- 1) Minimizacija trajanja projekta sa raspoloživim resursima i minimizacija maksimalnih troškova u vremenu ili po periodima;
 - 2) Modeli planiranja troškova za dato trajanje projekta sa stanovišta vrijednosti troškova i njihovog rasporeda u vremenu
 - 3) Optimalno planiranje priliva finansijskih sredstava i likvidnosti za dato trajanje projekta;
- Od interesa je ukazati na prvu grupu problema.

2.1. Minimizacija trajanja projekta sa raspoloživim resursima i minimizacija maksimalnih troškova u vremenu ili po periodima

Na projektu može da se zahtijeva minimizacija maksimalnih troškovi u vremenu ili po periodima za dato trajanje projekta koje je uslovljeno raspoloživim resursima, razmatrajući samo resurse tipa Work ili i resurse tipa Material. Obrnuti problem jeste da se minimizira trajanje projekta sa raspoloživim resursima za date maksimalne troškove u vremenu ili po periodima. Oba problema mogu da se postave istovremeno.

2.1.1. Minimizacija maksimalnih troškova u vremenu ili po periodima za dato trajanje projekta sa raspoloživim resursima

Kada se razmatraju maksimalni troškovi u vremenu ($t \in T$) na projektu nastaje jednokriterijalni model (2.1.1). Razmatranjem odgovarajućih vremenskih perioda ($\rho \in T_\rho$) formira se višekriterijalni model (2.1.2) sa n^p kriterija kada ostaju ista ograničenjima (za trajanje projekta, maksimalne resurse tipa Work i maksimalne zalihe resursa tipa Material) i uvode se uslovi za prioritete vremenskih perioda.

$$\left. \begin{array}{l}
 (min) Cp^+(GD, Tp_0, Wr, Mz) \\
 p.o. \\
 Tp(GD) = Tp_0 \\
 Wp_j(t) \leq Wr_j; \quad \forall j \in J_1 \wedge \forall t \in T \\
 Mz_k(t) \leq Mz_k; \quad \forall k \in K_1 \wedge \forall t \in T \\
 Lex. poredak : R, M, TR
 \end{array} \right\} \dots\dots\dots(2.1.1)$$

$$\left. \begin{array}{l}
 (min) Cp(\rho)^+(GD, Tp_0, Wr, Mz); \quad \rho \in P \\
 Dodatno ograničenje : Lex. poredak za vrem. per
 \end{array} \right\} \dots\dots\dots(2.1.2)$$

gdje funkcije kriterija zavise od rasporeda aktivnosti u vremenu (GD), datog trajanja projekta Tp_0 , vektora Wr sa elementima Wr_j ($j \in J_1$) i vektora Mz sa elementima Mz_k ($k \in K_1$).

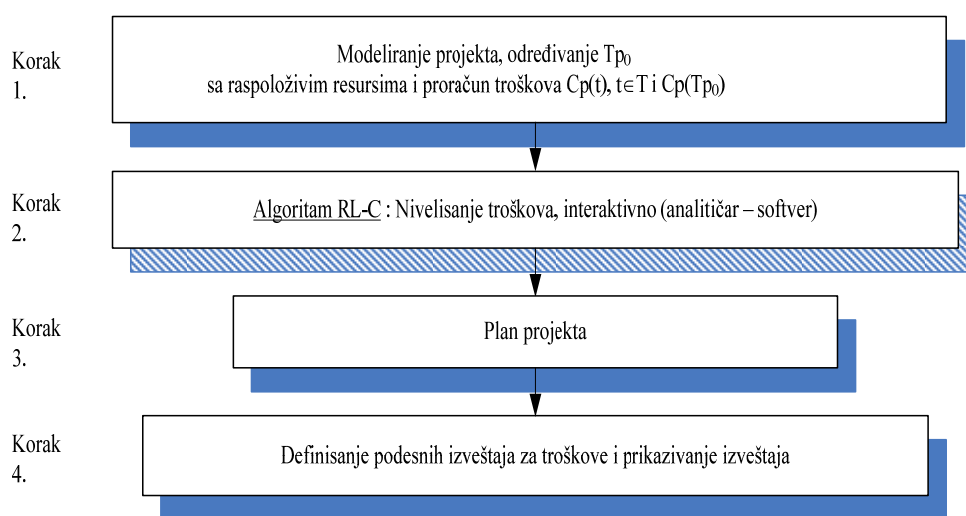
Algoritam 2.1.1. Min. maksimalnih troškova u vremenu za dato Tp_0 (Slika 2.1.1.)

Modeliranje projekta, određivanje Tp_0 sa raspoloživim resursima i proračun troškova $Cp(t)$ na projektu ($t \in T$) i ukupnih troškova $Cp(T_0)$. Algoritam RL-C (Slika 2.1.2) za minimiziranje maksimalnih troškova Cp^+ u vremenu za dato Tp_0 uključuje uvažavanje raspoloživih resursa tipa Work (Algoritma RL-W) i raspoložive zalihe resursa tipa Material (Algoritam RL-M), ako se razmatraju resursi ovog tipa. Plan projekta i izvještaji sadrže polazne podatke (raspoloživi resursi i Tp_0) i ostvarene elemente: Tp_0 , termin završetka projekta, termini za početke i završetke aktivnosti, $Cp(Tp_0)$, Cp^+ , Nr_1^* ($j \in J_1$) i Mz_k^* ($k \in K_1$).

Algoritam RL-C. Nivelisanje troškova u vremenu za dato Tp_0 sa softverom za MP

Nivelisanje ili balansiranje troškova vrši svođenje troškova $Cp(t)$ u vremenu ($t \in T$) na projektu u datu granicu Cp^+ , ako je data, što ima za rezultat odgovarajuće uslovljeno minimalno trajanje projekta $Tp^{\min}(Cp^+)$. Ili se vrši minimizacija maksimalnih troškova u vremenu za dato trajanje projekta Tp_0 i određuje uslovljena minimalna vrijednost $Cp^{\min}(Tp^+)$ za maksimalne troškove. Ovaj algoritam se sprovodi interaktivno (Slika 2.1.2.), tako što analitičar razmatra prvi interval $[t_1, t_2]$ sa $Cp(t) > Cp^+$ na tom intervalu i pomjera početke aktivnosti sa manjim prioritetima na termine $t > t_2$ da se ostvari $Cp(t) \leq Cp^+$ za $t \in [t_1, t_2]$ na aktivnostima većeg prioriteta bez pomjeranja. Dalje se zahtjeva

da softver vrši nivelisanje resursa tipa Work ($j \in J_1$) sa raspoloživim granicama Nr_j (Algoritam RL-W) posle razmatranog intervala, za $t > t_2$. Ako se razmatraju i resursi tipa Material sa datim zalihama Mz_k ($k \in K_1$), vrši se njihovo nivelisanje u odgovarajućem interaktivnom procesu – svodenje potreba u granice datih zaliha (Algoritam RL-M). Navedena dva algoritma se sprovode u zavisnosti od prioriteta tipova resursa. Ako se ne zadržava dato Tp_0 , izvrši se korekcija ranije vrijednosti Cp^+ ponovi postupak. Eventualno $Tp < Tp_0$ nastaje ako se dozvole prekidi aktivnosti. Proces se prekida kada je ostvareno $Cp(t) \leq Cp^+$ ($t \in T$). Algoritam RL-C se sprovodi interaktivno po analogiji sa Algoritmom RL-M, samo što se sada razmatraju maksimalni troškovi u vremenu umjesto jedan od resursa tipa Material sa maksimalnom potrebom u vremenu ili maksimalnim zalihama. Algoritam RL-C se, takođe, zasniva na poznatom heurističkom Algoritmu Gray-Kidd-a koji softver za PM neposredno sprovodi za resure tipa Work (Algoritam RL-W).

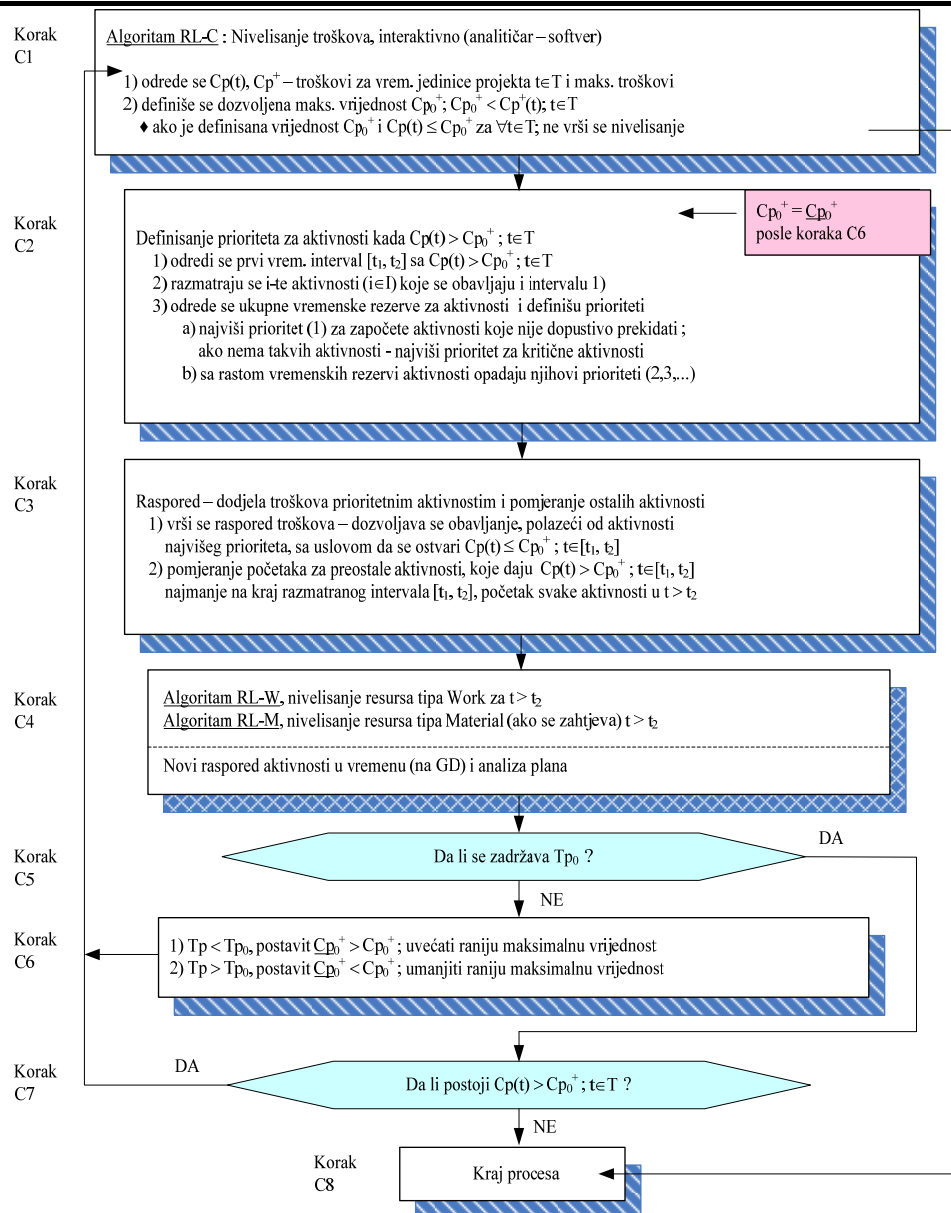


Slika 2.1.1: Algoritam 2.1.1. Minimizacija maksimalnih troškova u vremenu ($t \in T$) za dato Tp_0 i raspoložive resurse

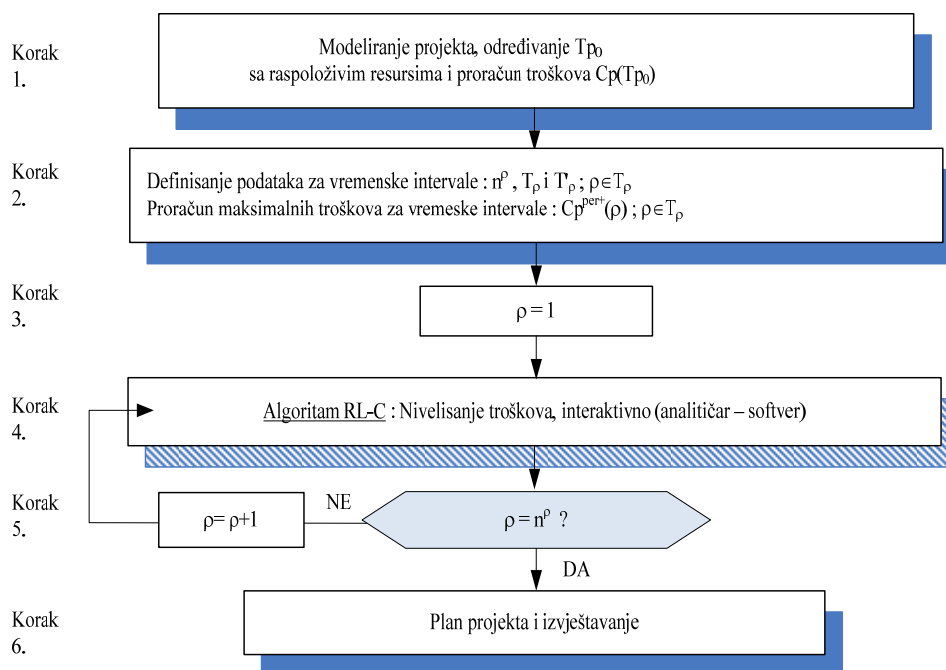
Algoritam 2.1.2. Min. maksimalnih troškova po periodima za dato Tp_0 (Slika 2.1.3.)

Nakon što izvrši modeliranje projekta i odredi Tp_0 sa raspoloživim resursima, definišu se polazni podaci za zahtjevane vremenske periode ($\rho \in T_\rho$) kojima se vrši minimizacija maksimalnih troškova $Tp^{\text{per}+}(\rho)$. Dalje se za svaki period, polazeći od perioda sa najvišim prioritetom, primenjuje Algoritam RL-C. Na kraju se određuje odgovarajući plan projekta.

Algoritam RL-C (Slika 2.1.2.) je potrebno prilagoditi razmatranju vremenskih perioda, tako što se prikazani parametri za vremenske jedinice projekta ($t \in T$) zamjene sa odgovarajućim parametrima za vremenske periode ($\rho \in T_\rho$): $Cp^{\text{per}}(\rho)$, $Cp^{\text{per}+}(\rho)$, $Cp_0^{\text{per}+}(\rho)$ i $\underline{Cp}_0^{\text{per}+}(\rho)$.



Slika 2.1.2: Algoritma RL-C za nivelisanje troškova u vremenu ($t \in T$) za dato T_{p0} i raspoložive resurse, prioritet za resurse tipa Work



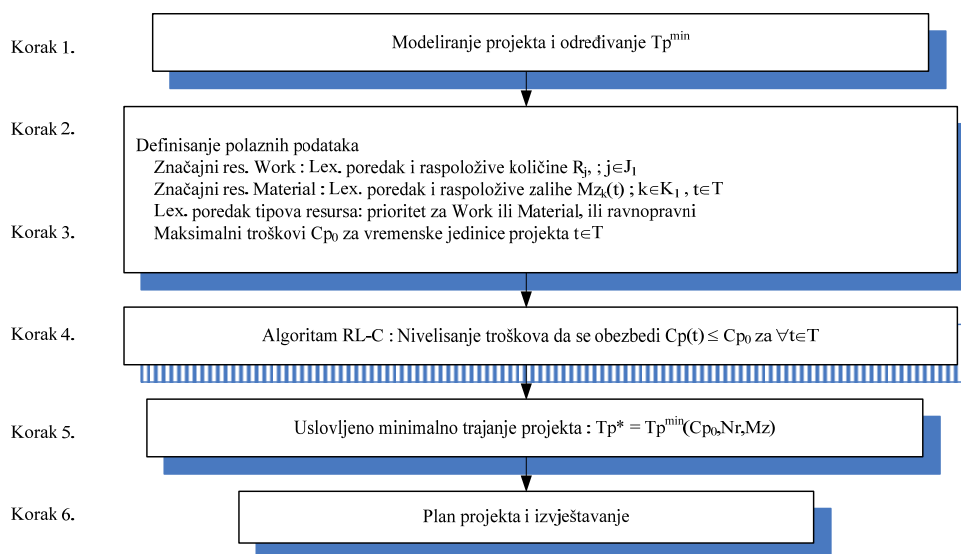
Slika 2.1.3: Algoritam 2.1.2. Minimizacija maksimalnih troškova po vremenskim periodima ($\rho \in T_p$) za dato T_{p0} i raspoložive resurse

2.2. Minimizacija trajanja projekta sa raspoloživim resursima za date maksimalne troškove u vremenu ili po periodima

Minimizira se trajanje projekta sa ograničenjem C_{p0} za maksimalne troškove $C_p(t)$ u vremenu ($t \in T$) i ograničenjima za raspoložive resurse sa datim prioritetima, Model (2.2.1), ili sa ograničenjima $C_{p0}^{per}(\rho)$ za maksimalne troškove $C_p^{per}(\rho)$ u odgovarajućim periodima projekta ($\rho \in T_p$) sa datim prioritetima i ograničenjima za resurse sa datim prioritetima, Model (2.2.2).

$$\left. \begin{array}{l}
 (min) Tp(GD, Cp_0, Wr, Mz) \\
 p.o. \\
 Cp(t) \leq Cp_0 \\
 Wp_j(t) \leq Wr_j; \quad \forall j \in J_1 \wedge \forall t \in T \\
 Mz_k(t) \leq Mz_k; \quad \forall k \in K_1 \wedge \forall t \in T \\
 Lex. poredak : R, M, TR
 \end{array} \right\} \dots\dots\dots(2.2.1)$$

Algoritam 2.2.1. Min. Tp za date maksimalne troškove Cp_0 u vremenu ($t \in T$)
 Modeliranje projekta i određivanje Tp^{min} . Definisanje polaznih podataka za raspoložive resurse i
 zahtjevanu maksimalnu vrijednost Cp_0 . Algoritam RL-C (korak 4) se sada sprovodi za dato Cp_0 ,
 bez koraka C5. (nije dato Tp_0) i bez koraka C6. (time se u koraku C2. izostavlja postavljanje
 $Cp_0^+ = Cp_0^+$ posle koraka C6.). Proces se završava kada je ostvareno $Cp(t) \leq Cp_0$ za svaku t-tu
 vremensku jedinicu projekta (korak C8.). Time je dobijeno uslovljeno minimalno trajanje projekta
 $Tp^* = Tp^{min}(Cp_0)$. Formira se plan projekta sa elementima: Tp^* , termin završetka projekta,
 termini početaka i završetka aktivnosti, Nr_1^* ($j \in J_1$) i Mz_k^* ($k \in K_1$).



Slika 2.2.1: Algoritam 2.2.1. Minimizacija Tp za datu vrijednost Cp_0 maksimalnih troškova u vremenu ($t \in T$) i raspoložive resurse

$$\left. \begin{array}{l}
 (min) Tp(GD, Cp_0^{per}, Wr, Mz) \\
 p.o. \\
 Cp^{per}(\rho) \leq Cp_0^{per}(\rho); \quad \forall \rho \in T_\rho \\
 Wp_j(t) \leq Wr_j; \quad \forall j \in J_1 \wedge \forall t \in T \\
 Mz_k(t) \leq Mz_k; \quad \forall k \in K_1 \wedge \forall t \in T \\
 Lex. poredak : R, M, TR \\
 Lex. poredak za vrem. periode
 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (2.2.2)$$

Algoritam 2.2.2. Min. Tp za date maksimalne troškove $Cp_0^{per}(\rho)$ po periodima ($\rho \in T_\rho$)
 Kao što je pokazano da se Algoritam 2.1.2. definiše na osnovu Algoritma 2.1.1., i ovaj Algoritam 2.2.2. nastaje podesnom modifikacijom prethodnog Algoritma 2.2.1. Sada se razmatraju zahtjevane vrijednosti $Cp_0^{per}(\rho)$ i za svaki period ($\rho \in T_\rho$), redosljedom prioriteta za periode, se vrši nivelisanje troškova (Algoritam RL-C) da se obezbedi $Cp^{per}(\rho) \leq Cp_0^{per}(\rho)$ sa raspoloživim resursima. Određuje se odgovarajuće uslovljeno minimalno trajanje projekta $Tp^* = Tp^{min}(Cp^{per}, Nr, Mz)$.

2.3. Istovrijemena minimizacija trajanja projekta i maksimalnih troškova u vremenu ili po periodima sa raspoloživim resursima

Minimizacija trajanja projekta sa raspoloživim resursima i minimizacija maksimalnih troškova Cp^+ za vremenske jedinice projekta ($t \in T$) opisuje model (2.3.1). Maksimalni troškovi $Cp^{per+}(\rho)$ za vremenske periode ($\rho \in T_\rho$) su uključeni u model (2.3.2). Ovaj pristup ima namjenu da se vrši detaljnija analiza i izvedu zaključci kakva je zavisnost trajanja projekta i maksimalnih troškova u vremenu ili po periodima.

$$\left. \begin{array}{l}
 (min) Tp(GD, Wr, Mz) \\
 (min) \left(Cp^+ = \max_{t \in T} \{ Cp(t) \} \right). \\
 Wp_j(t) \leq Wr_j; \quad \forall j \in J_1 \wedge \forall t \in T \\
 Mz_k(t) \leq Mz_k; \quad \forall k \in K_1 \wedge \forall t \in T \\
 Lex. poredak : R, M, TR
 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (2.3.1)$$

$$\left. \begin{aligned} &(\min) Tp(GD, Wr, Mz) \\ &(\min) \left(Cp^{per+}(\rho) = \max_{\rho \in T_\rho} \{Cp^{per}(\rho)\} \right); \quad \rho \in T_\rho \\ &Wp_j(t) \leq Wr_j; \quad \forall j \in J_1 \wedge \forall t \in T \\ &Mz_k(t) \leq Mz_k; \quad \forall k \in K_1 \wedge \forall t \in T \\ &Lex. \text{ poredak} : R, M, TR \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.3.1)$$

Rješavanje ovih modela se može vršiti primjenom metode ograničavanja kriterijuma. Najjednostavnije je minimizirati trajanje projekta i maksimalne troškove prenijeti u ograničenja sa odabranim granicama.

Shodno navedenom, model (2.3.1) se prevodi u skup modela (2.2.1) u kojima se sukcesivno zamjenjuje prvo ograničenje $Cp(t) \leq Cp_0$ sa $Cp(t) \leq Cp_{0,s}$ ($s = 1, 2, \dots$). Pri tome, podesno je postavljati $Cp_{0,1} = Cp^+(Tp^{\min})$ i $Cp_{0,s+1} < Cp_{0,s}$ za $s > 1$. Za svaku granicu se određuje uslovljeno minimalno trajanje projekta $Tp_{0,s}^* = Tp^{\min}(Cp_{0,s})$. Proces uvođenja granica se završava kada nije više moguće umanjivati maksimalne troškove u vremenu. Na kraju se vrši izdvajanje pareto-optimalnih rješenja sa elementima $[Tp_{0,s}^*, Cp_{0,s}]$ u cilju da se izabere najpovoljnije rješenje.

3. ZAKLJUČAK

U radu je definisano 6 matematičkih modela i razvijeni potrebni algoritmi zasnovani na primjeni standardnog softvera za Project Managament. Takvi modeli su delimično konceptualnog tipa, ali su problemi jasno definisani i tačno rješavaju primjenom softvera za Project Management. U okviru navedenih rezultata istraživanja su posebno značajni novi algoritmi za interaktivno svodenje korišćenja potrošivih resursa tipa Material i novčanih sredstava na projektu u raspoložive granice. Pri tome su razvijeni potrebni algoritmi za određivanje optimalnih planova kada se postavlja jedan kriterij i pareto-optimalnih planova ako je definisano više kriterija.

Izloženi pristup je poželno ostvariti i kada se istovremeno upravlja sa više projekata, što postaje neophodno u slučaju da se neki projekti zajednički finansiraju, a posebno ako ima više grupa projekata sa takvom karakteristikom.

4. LITERATURA

- [1] Nikolić I., Kurtanović O., "Informacioni sistem procesa upravljanja projektom primenom softvera MS Project", *YuInfo 2013, XIX konferencija iz oblasti informacionih i komunikacionih tehnologija*, Kopaonik 3. do 6. marta 2013, str. 1-5,
- [2] Kurtanović O., Nikolić N., "Neki aspekti uvođenja ograničenja za raspored aktivnosti na projektu sa više izvođača radova", *Sym-Op-Is 2013, XL Simpozijum o operacionim istraživanjima*, Zlatibor, 08-12.9.2013., str. 927-932,
- [3] Kurtanović O., "Višekriterijumska optimizacija u procesu upravljanja projektom", *Doktorska disertacija*, Prirodno-matematički fakultet, Sarajevo, 2012.

RAZUMIJEVANJE EKONOMSKOG RASTA I NJEGOVIH IZVORA

UNDERSTANDING OF ECONOMIC GROWTH AND ITS SOURCES

Ferizović Mersud¹ Ferizović Naida²

¹*Ekonomski fakultet, Pape Ivana Pavla II 2/2, Bihać,*

²*Unicredit Bank Sarajevo*

Bosna i Hercegovina

mersud.ferizovic@yahoo.com

SAŽETAK:

U radu su definisani pojmovi ekonomskog rasta i njegovih izvora. Cilj najvišeg ranga svakog društva jeste napredovanje, a ono je nemoguće bez znanja. Razumijevanje izvora ekonomskog rasta, njihove povezanosti i usklađenosti osnova su za ekonomski rast i na taj način povećanje standarda stanovnika. Brojni su problemi ekonomskog rasta, a brojni su i načini njihovih rješavanja. Osnovni cilj je da se stvaranjem prikladnog modela ostvari stabilan ekonomski rast. Na žalost Bosna i Hercegovina, opterećena brojnim problemima pri definisanju osnovnih ekonomskih politika i gradnje adekvatnog ekonomskog sistema, propušta zapravo traženje rješenja i ostvarivanje prikladnog modela rasta.

Ključne riječi: *ekonomski rast, izvori ekonomskog rasta, modeli ekonomskog rasta*

SUMMARY:

The paper defines the terms of economic growth and its sources. The goal of the highest rank of any society is advancing, and what is impossible without knowledge. Understanding the sources of economic growth, their coherence and consistency are the basis for economic growth and thus increase the standard of living. Many problems of economic growth, and there are numerous ways for their way of solving. The main goal is to creating a suitable model achieve steady economic growth. Unfortunately, Bosnia and Herzegovina, burdened with numerous problems in defining the basic economic policies and the construction of an adequate economic system leaks actually search for solutions and the realization of a suitable model for growth.

Keywords: *economic growth, sources of economic growth, models of economic growth.*

1. UVOD

U istorijskom pogledu oduvijek su društvene zajednice, ključne subjekte, učesnike u procesu reprodukcije, pa i pojedince, interesovala pitanja u vezi sa razvojem. Stalni razvoj, napredovanje na bilo kojem nivou, na bilo kojem području, vezano za bilo kojeg subjekta, je zapravo cilj najvišeg ranga, a dostizanje viših nivoa razvoja nije, pored ostalog, ni moguće bez znanja iz ekonomije. Ključna pretpostavka u odvijanju procesa reprodukcije u jednom društvu jeste postojanje, funkcioniranje, *tržišta*: roba i usluga, radne snage i kapitala. Život u obilju je vjerovatno jedna od

najvećih želja čovječanstva. Poslovni je svijet danas tako delikatno izbalansiran s brojnim determinantama i igra snažnu ulogu u pokušaju poboljšanja ljudskog života. Moramo razumjeti i to da je ekonomski rast potpuno moderna ekonomska pojava. Ekonomski rast po glavi stanovnika nije postojao prije 1000 godine nove ere, odnosno standard prosječnoga građanina se nije uopšte mijenjao. Narednih 800 godina, do 1800 godine, postoji, nazovimo tako, djelomičan rast, gdje BDP po glavi stanovnika raste sa 450 \$ na 700 \$¹. Eksplozija ekonomskoga rasta počinje tek nakon 1800 godine². Implikacije ovih podataka su ogromne. Ekonomskog rasta per capita ranije nije bilo, kao niti ekonomskih kriza, poslovnih ciklusa, recesija. Definisanjem problema ostvarivanja ekonomskoga rasta stvorila se i potreba za rješavanjem problema i stvaranjem modela kako ostvariti stabilan ekonomski rast. I danas se traže rješenja i pokušavaju ostvariti prikladni modeli rasta.

2 OSNOVE ZA RAZUMIJEVANJE EKONOMSKOG RASTA I NJегоVIH IZVORA

2.1. Sistem proširene reprodukcije i aktiviranje materijalnih resursa

Reprodukcija je vječiti uslov opstanka i razvoja društva. Određene funkcije u procesu reprodukcije obavljaju se u preduzeću, gdje se vrši stalno angažiranje sredstava radi postizanja kontinuiteta procesa proizvodnje ili prometa. Krajnji cilj angažiranja poslovnih sredstava je postizanje pozitivnih rezultata i trajne rentabilnosti. Obim i struktura poslovnih sredstava bitna je pretpostavka odvijanja procesa reprodukcije. U svakoj zemlji se moraju razviti odgovarajući odnosi na kojima počiva ekonomika finansijskih plasmana, kako bi se pokrenuo investicijsko - dezinvesticijski mehanizam, sa ciljem da se omogući sigurnost, fleksibilnost finansiranja i učinkovitost upotrebe kapitala. Proces reprodukcije, koji je vječiti uslov opstanka i razvoja svakog društva, predstavlja: neprestanu povezanost procesa proizvodnje u neprekinutom toku svoga obnavljanja, a nužnost reproduciranja je opšti ekonomski zakon, važeći u svakom načinu proizvodnje. Proces reprodukcije posmatramo sa više aspekata (kvantitativnih promjena, tipa proizvodnih odnosa), a i sa više nivoa (mikro, mezo, makro). On se ostvaruje preko brojnih veza između ljudi, sa jedne strane, te ljudi i materijalnih faktora, sa druge strane, pa razlikujemo: tehničku (obnavljanje materijalnih dobara) i društvenu stranu reprodukcije (obnavljanje proizvodnih odnosa) u svim osnovnim momentima privrednog života. Proces ekonomskog života, reprodukcije, je osnovni uslov opstanka i razvoja društva. Proizvodnja proizvoda i usluga važna je za podmirenje potreba, različitih potreba, a zadovoljavanje potreba, odnosno podmirenje tih potreba predstavlja uslov i za razvoj pojedinaca, domaćinstava i društva u cjelini. Prateći istoriju civilizacije potvrđuje se da se potrebe razvijaju i mijenjaju i to u kvantitativnom i kvalitativnom smislu. Podmirenje postojećih, te neprekidni nastanak novih stimuliše i prisiljava proizvodnju da obezbjeđuju dobra i usluge kojima se te potrebe zadovoljavaju. Nužnost zadovoljenja potreba je smisao i razlog tih aktivnosti, ali i neprekidna, pokretačka, motorna snaga. Mogućnosti zadovoljavanja potreba zavise od: obima i strukture proizvodnje, dostignuća civilizacijskog nivoa društvene zajednice, karaktera društvenih odnosa. Jednu ekonomsku strukturu, ekonomski proces svojstven određenom stepenu razvoja pojedinih društava, izražavaju ekonomske kategorije kao što su: cijena, roba, profit, tržište, novac, troškovi, renta i druge. Važan opšti zakon ključan za različite ekonomske i društvene sisteme je zakon tržišta. Materijalni resursi su osnovni elementi proizvodnje. Stopa rasta društvenog proizvoda vezana je uz formiranje „fiksnih fondova“ (stalnih sredstava), a ovi su ovisni od proporcije društvenog proizvoda koja se odvaja za investicije. Ključna su pitanja: Šta utiče na formiranje i Šta utiče na korištenje resursa?. Kriterij uspjeha funkcioniranja privrednog

¹ Rast po stopi od 0.07% godišnje

² U 150 godina po prosječnoj stopi od 1,5

sistema je odnos između rezultata i uloženi (društvenih) resursa. Mogu se javiti i dva ograničenja obzirom na rezultate: resursi nisu neograničeni i alocirani resursi isključuju mogućnost alternativne upotrebe. Alokacija investicijskih sredstava odražava se direktno na proces proširene reprodukcije i odnose koji su dominantni u tom procesu. Osnovni cilj privrednog sistema je: ostvariti maksimalnu efikasnost. S time u vezi se ističe efikasnost korištenja raspoloživih resursa, odnosno definisanje uslova za ostvarivanje optimalne alokacije resursa. Na osnovu definisanih uslova alokacije država usmjerava privredni razvoj i koordinira privrednu aktivnost.

2.2. Prirodno bogatstvo i privredni sistem

Istaknuto mjesto u formiranju domaćih materijalnih resursa rada u proširenoj društvenoj reprodukciji pripada prirodnom bogatstvu jedne zemlje, a ovo bogatstvo je temelj egzistencije čovjeka, kao izvorni snabdjevač predmetima rada. Važno je aktiviranje vlastitih materijalnih resursa, smanjenje uvozne ovisnosti zemlje, a to je moguće promjenom postojeće proizvodne strukture u dostizanju cilja: povećanje proizvodnje i stvaranja materijalnih temelja za proširenu reprodukciju.

Privrednim sistemom se može uticati na: proces društvene reprodukcije, potpunije aktiviranje radne snage, tehnički progres³.

Djelovanjem napretka nauke, tehnike i tehnologije (tehnički progres) povećava se: proizvodnost rada u proizvodnji, te smanjuje kapitalni koeficijent investicije (bitno za veličinu razvojnog napora radi realizacije ciljeva proširene reprodukcije). Tehnički progres omogućuje: ekonomski racionalniji odnos akumulacije i ekonomskog rasta na dostignutom stepenu razvoja. Na razne načine se može ubrzavati tehnički progres, pa je važan pažljivi izbor: a) elemenata politike tog napretka i b) sredstava i mjera njihovog učinka. *Tehnički progres* ima multiplikativni učinak na ekonomski i društveni razvoj, pa je oblikovanje uslova za realizaciju napretka nauke, tehnike i tehnologije, neophodno.

2.3. Investicije i razvoj

Ključno je i razvijanje sistema finansiranja procesa reprodukcije. Donja granica stope akumulacije i investicija je određena stopom demografskih investicija, a gornja granica stope akumulacije je određena privrednom strukturom i mogućnostima vanjsko - trgovinske razmjene, odnosno konkretnom materijalnom strukturom društvenog proizvoda nakon razmjene sa inozemstvom, to jest veličinom i strukturom raspoloživih sredstava. Analizi gornje tačke može se prići i ispitivanjem apsorpcijskog kapaciteta privrede determiniranog sa osnovnim varijablama: potrošnjom, zdravljem, znanjem, te ekonomskom i političkom organizacijom. Dakle, sa jedne strane je važno formiranje akumulacije, a sa druge strane važan je kamatni mehanizam, koji će poticati prelijevanje akumulacije, te formiranje i provođenje politike "dodatne akumulacije" iz eksternog okruženja države. *Finansijski mehanizam* je kategorija koja je ovisna o: društveno - ekonomskim uslovima i privrednoj strukturi u potrebi za finansiranjem. Nedovoljna efikasnost finansijskog mehanizma otežava: finansiranje proširene reprodukcije kao i funkcioniranje ukupnog privrednog sistema. *Efikasnost sistema finansiranja ocjenjujemo kroz*: stimuliranje akumulacije, ponudu finansijskih sredstava i ekonomsku alokaciju sredstava⁴.

³ a) obzirom na aktiviranje i korištenje domaćih materijalnih resursa koje sadrži prirodno bogatstvo

b) potpunije angažiranje radne snage ima: ekonomski, socijalni, politički i demografski značaj

c) tehnički progres ima i snažnu ulogu u procesu proširene reprodukcije

⁴ Relativan rast raspoloživih sredstava pojedinaca, domaćinstava, kompanija i javnog sektora za finansiranje proširene reprodukcije i adekvatna alokacija finansijskih sredstava

2.4. Štednja

Finansijska štednja je zapravo neto povećanje depozita kod banaka, stanja na žiro - računima, deviznim računima, povećanje novca u opticaju. Štednja, uopšte, ovisi od više faktora⁵, a njena veličina je važna, ključna, komponenta ukupne akumulacije i značajna odrednica stope rasta. Pored ključnih faktora koji utiču na veličinu štednje, u svakom društvu su važne i njegove politike (ekonomske) stimuliranja štednje i postizanja efikasnog bankarskog i drugog mehanizma u prikupljanju i alokaciji sredstava. Sektori: privrede, stanovništva i država (javni fondovi) igraju ključnu ulogu u sistemu formiranja nacionalne ekonomije. Visina štednje u odnosu na društveni proizvod značajan je indikator finansijskog potencijala, uopšte akumulativne sposobnosti privrede. Razlikujemo stope bruto i neto štednje, a osnovni problem u stvaranju nacionalne štednje iz Y , nacionalnog dohotka, jeste kako: visina stope štednje, raspored štednje, te efikasnost uložених sredstava, te stranih investicija, koje preko multiplikatora djelovanja na dohodak, stvaraju veće ili manje osnove za novi rast akumulacije. Uz problem formiranja štednje u jednoj privredi se moraju i rješavati pitanja odnosa na: mehanizam formiranja, visinu i sektorski raspored štednje, prenosni mehanizam, sistem ulaganja i povezivanja novčane akumulacije (struktura i kvalitet investicija, rokovi, efikasnost investicija...). Ukupna štednja se preko finansijskih institucija i tokova prenosi: direktno (kredit), fiskalnim mehanizmom, bankarskim mehanizmom, finansijskim tržištima, samofinansiranjem.

2.5. Razumijevanje izvora ekonomskoga rasta

Da bi ekonomija mogla imati ekonomski rast i na taj način povećati standard svojih stanovnika potrebno je razumijevati izvore ekonomskoga rasta. Prikladno je isto prikazati formulom rasta iz makroekonomije: $Y = A^{\alpha} K^{\beta} L^{\gamma}$ ⁶

Postizanje ekonomskog rasta u jednoj ekonomiji zahtjeva razumijevanje svakog pojedinog elementa koji čini ciklus proizvodnje: *tehnologija*, *kapital*, *radna snaga*, te kako se promjenama pojedinih elemenata može postići ekonomski rast.

Tehnologija označava koliko je jedan proces proizvodnje automatiziran, a odnosna je na tehničku opremu i same procese proizvodnje⁷. U modernome svijetu sam razvoj tehnologije je temeljni faktor ekonomskoga rasta. Ekonomski rast po glavi stanovnika počinje s industrijskom revolucijom. Uopšte nije teško zaključiti koliko se prosječna produktivnost povećava sa pojavom kompjutera i koliko je proces komunikacije i povezanosti pojednostavljen i ubrzan. *Kapital* u kontekstu ekonomskoga rasta predstavlja strojeve, mašineriju, alate preko kojih se izvršava proizvodna djelatnost, ali isto tako i hardver-e i softwar-e. Upotreba kapitala kod procesa proizvodnje je vrlo važna kod definiranja ekonomije i izvora rasta⁸. Razvojem tehnologije dolazi do povećavanja sposobnosti proizvodnje kapitala. Povećanje proizvodnje nužno vodi i ka povećanju bruto domaćega proizvoda - BDP. Povećanjem tehnologije se može ostvariti ekonomski rast, ali isto tako se ekonomski rast može ostvariti i sa povećanjem kapitala. Važan element ekonomskoga rasta je *radna snaga*, jer jedino

⁵ Štednja ovisi od

- 1) nivoa opšte privredne razvijenosti
- 2) potrošačke navike i sklonosti štednji
- 3) efikasnosti finansijskog mehanizma u stimuliranju i prikupljanju štednje.

⁶ Y – bruto domaći proizvod A – tehnologija u ekonomiji K – kapital u ekonomiji L – radna snaga u ekonomiji
Parametri α , β , γ imaju karakteristiku $\alpha + \beta + \gamma = 1$ i označavaju udio tehnologije (γ), kapitala (α) i rada (β) u proizvodnji određenoga dobra.

⁷ Na makro i mikro nivou

⁸ Ulaganja u fiksne fondove ovise od strukture ekonomije

čovjek može povezati sredstva i predmete rada u procesu reprodukcije. Radna snaga je potrebna kako bi se kapital mogao upotrebljavati, a tehnologija razvijati, a sam odnos kapitala i radne snage jako je važan u ekonomskome rastu. Ekonomija sa puno radne snage, a nedovoljno kapitala ne može ostvarivati velike stope ekonomskoga rasta. Zbog manjka kapitala u ekonomiji jedan dio radne snage ostaje neupotrijebljen. Isto tako agresivan rast se ne može ostvariti bez radne snage koja će moći upotrebljavati kapital. Obrazovanje radne snage je važno kao izvor dugoročnoga ekonomskoga rasta, jer radna snaga mora imati znanja kako upotrebljavati nove tehnologije, a o ovim tvrdnjama postoje očiti brojni primjeri u svijetu⁹.

2.6. O nekim primjerima ekonomskog rasta i odnosima izvora rasta u različitim ekonomijama

Visoko razvijenim zemljama je potreban izvor radne snage, ali i povećanje radne snage samo po sebi ne može biti izvor ekonomskoga rasta. S obzirom da povećanje kapitala i povećanje radne snage ne vode ka ekonomskome rastu, jasno je da ekonomski rast u visoko razvijenim zemljama dolazi iz razvoja tehnologije, a budući da je tehnološki razvoj postupan i odvija se polako¹⁰, takve ekonomije nisu u stanju generirati visoke stope rasta, ali su i njihove stope rasta koraci od sedam milja za nerazvijene zemlje. Visoko razvijene zemlje, posebno USA, je u mogućnosti da se oslanja na na tehnološki napredak kao izvor ekonomskoga rasta, jer su to zemlje koje imaju najbolje školstvo na svijetu i najbolje centre za istraživanja na svijetu.

Najčešće nerazvijene, te slabo razvijene ekonomije zemalja imaju veliku količinu radne snage, ali im je potrebna veća količina kapitala, pa se uvozom i kreiranjem kapitala stvaraju pretpostavke i ostvaruje ekonomski rast. Produktivnost u ekonomiji (naravno, raste i društveni bruto proizvod) se ostvaruje povećanjem kapitala i tehnologije, ali treba imati na umu da postoji i granica kada ekonomski rast ne može biti generiran povećanjem tehnologije i kapitala. Svakako da je dalje rješenje za ekonomski rast pravljenje adekvatne transformacije radne snage. Neke zemlje¹¹ godinama generiraju ekonomski rast u trokutu: *novi kapital, tehnologija, obrazovanje*.

Kod ekonomskoga rasta po glavi stanovnika rast je kontinuiran kroz vrijeme. Znači da svaki novi period građani žive bolje nego neki prošli period. Rast je linearan, a ne eksponencijalan. To znači da se bruto domaći proizvod po glavi stanovnika povećava, ali da kroz vrijeme stope rasta izražene u postotku padaju. Provođenjem pozitivnih ekonomskih mjera koje imaju jednokratni učinak na ekonomski rast, imamo pojavu u ekonomiji da dolazi do skoka u ekonomskome rastu., ali je zato dugoročan ekonomski rast ostao isti. Društveni bruto proizvod po glavi stanovnika se povećava istom brzinom kao i do sada, te je potreban model eksponencijalnog rasta.

3. IZAZOVI ZEMALJA U NOVOM MILENIJUMU

Sve zemlje, a posebno razvijene, mogu eksploatirati znanje, naučnu revoluciju da počnu konkurentnost na svjetskim tržištima, reduciraju domaće siromaštvo i promoviraju održivi razvoj i to :

- podizanjem ekonomskih inicijativa,
- razvojem obrazovanja i sposobnosti ljudi da kreiraju, učestvuju i koriste znanje,
- razvijanjem informacione strukture, te
- kreiranjem efikasnijeg sistema informacija u privrednim društvima, istraživačkim centrima, drugim organizacijama.

⁹ Kina, USA...

¹⁰ Stopa niskog ekonomskog rasta u stvari predstavlja stopu tehnološkoga napretka.

¹¹ Kina, Turska, Brazil...

Izazovi zemalja odnosi su na povećanje produktivnosti i efikasnosti investicija i to u: fizički kapital i znanje, a posebno u više efektivne investicije u obrazovanje, infrastrukture istraživanja i razvoj. Otvaranje ekonomija za strane investicije i potpuno integriranje u globalni sistem u sve većoj internacionalizaciji i interzavisnosti u svijetu, je nužnost. Pri tome je potrebno izvršiti reformisanje vlade.

U novom milenijumu znanje i informacije su ključni faktori razvoja. Povećanje naučnog razumijevanja i napretka u informacijama i komunikacijskim tehnologijama mijenja puteve znanja, njegovog produciranja i širenja.

Obrazovanje je ključno, centralno za razvijanje dinamičkih ekonomija, reduciranje siromaštva i mora biti integrirajuća aktivnost unutar široke državne perspektive. Ono je vezano za obuhvatne, globalne, razvojne napore odnosne na: zdravlje, socijalnu zaštitu, vodu, energiju, upravljanje javnim sektorom, razvoj privatnog sektora, socijalni razvoj, okruženje. *Prema tome, strategija obrazovanja mora biti dio jednog obuhvatnog pristupa razvijanja zemlje počev od ekonomske kompetentnosti i društvene kohezije i na više aspekata razvoja sektora obrazovanja.* Slijedom predhodnog teksta ističe se da su ulaganja u obrazovanje, istraživanje i razvoj, ključna u dostizanju određenog nivoa konkurentnosti i zadržavanja na nivoima globalne konkurentnosti.

Cijenimo važnim da se, primjereno i ovim razmatranjima, koriste određeni podaci o veličinama ekonomija, inovacijama i razvoju, te ulaganjima u investicije.

Tabela 1. Veličine ekonomija¹²

Zemlje	Stanov. (u mil.)	Površ. 000 km ²	Grad. pop. %	GNI	GNI p.c.	PPI GNI		Rast GDP 2011/12	Rast GDPp.c. 2011/12
						Milij.\$	USD \$		
Ø naj.r.	846,5	16.198	28	499	590	1.171	1.383	6,3	4,0
Ø sred.r.	4.897,6	64.212	50	21.405	4.370	35.099	7.167	4,9	3,7
Ø najraz.	1.299,8	53.880	80	49.906	38.394	50.055	38.509	1,5	1,2
USA	313,9	9.832	83	16.430	52.340	16.514,5	52.620	2,8	2,0
Finska	5,4	338	84	272	46.490	212	39.150	-0,8	-1,3
Irska	4,6	70	63	179	39.020	164	35.790	0,2	-0,1
Norv.	5,0	329	80	496	98.780	339	67.450	2,9	1,6
Hrvat.	4,3	57	58	58	13.490	86,2	20.020	-2,0	-1,7
Albanija	3,2	29	54	13	4.030	29	9.280	1,6	1,3
BiH	3,8	51	49	18	4.750	37	9.650	-0,7	-0,6

4 KARAKTERISTIKE IZVORA RASTA I STANJE U BIH

Svakoj ekonomiji, pa i ekonomiji kao što je Bosna i Hercegovina je potrebno povećanje stope ekonomskog rasta i prelazak na model koji će dovesti do *eksponencionalnoga ekonomskoga rasta*.

Najvažnije pitanje kod nas jeste: Koji i kakvi su izvori ekonomskog rasta u Bosni i Hercegovini? Bosna i Hercegovine ne može razvijati nove tehnologije¹³ koje će samo po sebi moći generirati ekonomski rast. Kapital je veliki problem naše ekonomije. Radna snaga kao izvor ekonomskoga rasta jeste tema koja nikada do kraja nije objašnjena u BiH ekonomskoj teoriji. Jedna od karakteristika u BiH, a važnih za ekonomski rast, jeste da kod nas ima jako puno penzionera, a od čega je najveći broj

¹² Izvor : WP of World Bank WDI – 2006. World Development Indicators

GNI = gross national income

GNP = gross national product

PPP = purchasing power parties (kupovna snaga)

1-2 USD (\$) je mjera apsolutnog siromaštva

¹³ Što uopšte ne znači da se nove tehnologije ne stvaraju u BiH; mala ekonomija sa relativno zatvorenim obrazovnim sistemom ne može temeljiti svoj ekonomski rast na razvoju tehnologije

u prijevremenoj penziji, što znači da se je jedan dio aktivne radne snage povučen sa tržišta rada. Preostali dio radnika na tržištu rada zasigurno nema adekvatne vještine ili nije u stanju upotrebljavati kapital (tehnologije) koje se trenutno nude na tržištu. Ovi razlozi ukazuju na činjenicu da je teško je naći izvore rasta u našoj ekonomiji. Trebanmo imati na umu i isto isticati da je ekonomski rast odraz ekonomije ponude, a ne ekonomije potražnje. Bruto domaći proizvod je mjera koja označava proizvodnju u ekonomiji, a jedini put ka ekonomskome rastu jeste proizvodnja novih roba i usluga, nikako ne povećanje potrošnje roba i usluga. Ograničenja koja imamo u vezi sa radom ne otvaraju mogućnost daljih elaboriranja.

Bosna i Hercegovina još nema strategije razvoja, a niti je temeljem toga izgrađen adekvatan ekonomski sistem sa svim potrebnim podsistemima. Funkcioniranje procesa reprodukcije i ostvarenje ekonomskog rasta odvija se na uslovno cjelovitom ekonomskom prostoru uz brojna ograničenja.

Bez velike finansijske krize, te u skladu s glavnim zahtjevima i principima kod nas djeluje sistem valutnog odbora uz snažnu pravnu osnovu koja podržava ovaj monetarni sistem. Privatizacije u finansijskom sektoru su trajale dugo. Stvarni rast BDP-a cijeni se znatno nižim nego što bi trebao biti ne samo kao očekivani nego kao potrebni cilj dostizanja u postratnoj ekonomiji zemlje. Privredni rast u posljednje tri godine prije svjetske ekonomske krize bio blizu 5 % a nije bilo znakova da se zadrži ovaj tempo kasnije. Prema statističkim podacima imali smo rast BDP u 2003 je samo za 3,5 % što se, u ovim okolnostima, može u najboljem slučaju okarakterizirati kao letargičan. Stope rasta poslije 2008 godine su pale, najčešće su bile negativne. Vrijednost BDP-a još nije dostigla svoj predratni nivo. Nemoguće je sa takvim stopama rasta dostizati nivo predratne aktivnosti, a posebno dostizati najniži nivo privrednog razvoja u zemljama Evropske Unije mjeren veličinom BDP. *Prema nekim procjenama taj nivo možemo sa ovim stopama rasta dostizati tek za narednih 40-tak godina.* Mjeru stope inflacije, uz stopu rasta i veličinu BDP, koristi Vlada Bosne i Hercegovine kao jedan od pokazatelja koji ukazuje na uspješnost primjene sistema valutnog odbora. Postoji više razloga zbog kojih se pokazatelji da smo do svjetske ekonomske krize imali stabilne stope rasta BDP-do iznad 5 %, te da imamo prihvatljivu stopu inflacije, ne mogu prihvatiti kao isključivi i opravdavajući za sistem valutnog odbora. Sigurno je da makroekonomska ravnoteža u jednoj državi mora biti dostizana i posmatrana u aspektima interne i eksterne ravnoteže, ali i ravnoteža na tržištima roba i usluga i novca. Ovakvim pristupom zamagljujemo potrebno postavljanje ključnih ciljeva i strategija na nivou države Bosne i Hercegovine. Naime i određena, čak i ne toliko detaljna istraživanja i korištenje dostupnih referentnih podataka relevantnih faktora i institucija u Evropske Unije ukazuju na problem u vezi sa nivoom ukupne konkurentnosti u društvu kao i značajan problem koji dolazi od naše strukture privredne aktivnosti. Trajanje sistema valutnog odbora trebao nam je zapravo poslužiti kao koristan vremenski period pripreme i izvođenja podesnih strategija na nivou Bosne i Hercegovine, a bespovratno smo izgubili taj period. Upoređivanje istih pokazatelja na nivou teritorijalnih jedinica Bosne i Hercegovine, pod ingerencijom iste monetarne vlasti, ukazuje na različite nivoe rasta i stopa inflacije, a to zasigurno smanjuje učinkovitost makroekonomske politike i CB BiH. Snažne političke podjele između entiteta su razlog za zabrinutost, jer se mogu predlagati i provoditi, u nepostojanju jedinstvene strategije, različite mjere i instrumenti. Vanjski dug, koji se procjenjuje na između 35 i 40 % BDP-a u 2008 godini postaje razlogom za zabrinutost. Ali, ozbiljan problem je vrlo veliki deficit platne bilanse. Imamo neodrživ trgovinski deficit koji iznosi skoro 60 % BDP. Iako nije lako za implementaciju dobro je rješenje u smanjenju deficita trgovinskog bilansa putem povećanja konkurentnosti naše privrede u međunarodnoj trgovini.

Moraju se pronaći mehanizmi za smanjivanje potencijalno štetnog djelovanja međunacionalnih i političkih razloga i umjesto toga koncentrirati znanje i energiju i resurse na snaženje privredne osnove na državnom nivou. Tako bismo mogli biti mi sigurno svjedoci poboljšanja ukupnih i snažnijih ekonomskih performansi.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu prezentiranog teksta mogu se istaknuti slijedeći zaključci:

- Cilj najvišeg rang u svakog društvu je napredak, a on se ne može ostvariti bez znanja.
- Reprodukcija je vječiti uslov opstanka i razvoja društva.
- Svako društvo pravi privredni sistem, koji predstavlja okvir u kojem se izvodi proces reprodukcije. Privredni sistem je skup više važnih podsistema kao što su: monetarni, bankarski, fiskalni, finansijski, sistem cijena, sistem reprodukcije i drugi sistemi.
- *Privrednim sistemom* se utiče na: proces društvene reprodukcije, potpunije aktiviranje radne snage, tehnički progres.
- Razvijanje sistema finansiranja procesa reprodukcije i njegova adekvatnost važni su za proces reprodukcije.
- Postizanje ekonomskog rasta u jednoj ekonomiji zahtjeva razumjevanje svakog pojedinog elementa koji čini ciklus proizvodnje, *tehnologija, kapital, radna snaga*, te kako se promjenama pojedinih elemenata može postići ekonomski rast.
- Svi izvori ekonomskog rasta su u direktnim korelacionim vezama.
- Svaka ekonomija ponaosob, temeljem stanja svojih izvora ekonomskog rasta modelira prikladan rast ekonomije.
- Za sve ekonomije, a posebno za male nerazvijene ekonomije, kakva je u Bosni i Hercegovini, važno je izaći iz zatvorenog kruga i napraviti eksponencijalni rast ekonomije.
- Slika ekonomije, njenog rasta, dostizanja nivoa predratne ekonomije, izgrađenosti ekonomskog sistema, u Bosni i Hercegovini, je sumorna, a zbog potencijalno štetnog djelovanja međunacionalnih i političkih razloga, nismo mogli biti svjedoci, u ovom poslijeratnom periodu, poboljšanja ukupnih i ekonomskih performansi.

4. LITERATURA

- [1] Blanchard Olivier, *Makroekonomija*, Mate, Zagreb, III dopunjeno izdanje, Zagreb, 2001.
- [2] Čaušević Fikret, *Finansijske derulacije, globalizacija i ekonomske politike*, Ekonomski fakultet Univerziteta u Sarajevu (doktorska radnja), Sarajevo, 2002.
- [3] Ferizović Mersud, Ferizović Naida, *Razumijevanje finansijskih tržišta*, Univerzitet u Bihaću, Bihać, 2011.
- [4] Ferizović Mersud, Ferizović Naida, *Osnove ulaganja*, Univerzitet u Bihaću, Bihać 2014.
- [5] Hatibović Džemal, *Ekonomski razvoj*, Ekonomski fakultet Univerziteta u Bihaću, Bihać, 2003.
- [6] Krueger Dirk, Sveučilište u Pennsylvaniji, *Makroekonomija*, prevod i prilagođavanje Ivo Bičanić i ost., Ekonomski fakultet Univerziteta u Zagrebu, VIII 2009.

OPTIMIZACIJA REAKCIJE SINTEZE DITIOKARBAMIN-SIRČETNIH KISELINA

OPTIMIZATION OF THE SYNTHESIS OF DITHIOCARBAMIN-ACETIC ACID

Ivan M. Vukićević,¹ Milutin M. Milosavljević,¹ Jasmina S. Markovski,²
Aleksandar D. Marinković³

¹Faculty of Technical Science, University of Priština,
Knjaza Miloša 7, 38220 Kosovska Mitrovica, Serbia

²Vinča Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade,
PO Box 522, 11001 Belgrade, Serbia

³Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade,
Karnegijeva 4, 11120 Belgrade, Serbia

SAŽETAK:

U radu je predstavljen optimizovan postupak sinteze ditiokarbamin-sirćetnih kiselina. Polazi se od alkilamina, ugljen-disulfida i natrijum-monohloracetata, sinteza se odigrava u dva uzastopna stupnja. Reakcija amina sa ugljen-disulfidom i natrijum-hidroksidom predstavlja prvi stupanj reakcije. U drugom stupnju reakcije se dodaje natrijum-monohloracetat, a na dobijenu natrijumovu so alki-ditiokarbaminsirćetne kiseline, zatim reaguje hlorovodoničnom kiselinom i dobija ditiokarbamin-sirćetna kiselina. Ostvareni su visoki reakcioni prinosi i čistoća dobijenih proizvoda ispitivanjem parametara sinteze: vreme reakcije, temperatura, molski odnos reaktanata i stepen konverzije. Struktura sintetisanih jedinjenja je potvrđena savremenim instrumentalnim metodama: GC, ¹H i ¹³C NMR, FTIR i MS. Blagi reakcioni uslovi i upotreba vode kao rastvarača čine razvijeni postupak sinteze ditiokarbamin-sirćetnih kiselina ekološki prihvatljivim.

Cljučne reči: ditiokarbamin-sirćetna kiselina, monohloracetat, alkilamin

ABSTRACT:

In this paper, the optimized method for dithiocarbamin-acetic acid synthesis is presented. Starting from alkylamine, carbon disulfide and sodium monochloroacetate, synthesis is carried out in two successive steps. The reaction of an amine with carbon disulfide is followed by addition of sodium hydroxide in the first step. Reaction is continued in the second step with the addition of sodium monochloroacetate, isolation of alkyl-dithiocarbaminacetate sodium salt, and after reaction with hydrochloric acid, alkyl dithiocarbaminacetic acid is obtained. In order to get highest reaction yield and purity of obtained product, optimization of presented procedures was performed with respect to variable reaction parameters: reaction time, temperature and molar ratio of reactants. The structure of the synthesized compounds was confirmed by GC, ¹H and ¹³C NMR, FTIR and MS instrumental methods. The mild reaction conditions and use of water as a solvent make developed synthesis of dithiocarbamin-acetic acid environmentally benign.

Keywords: dithiocarbamin-acetic acid, monochloroacetate, alkylamine.

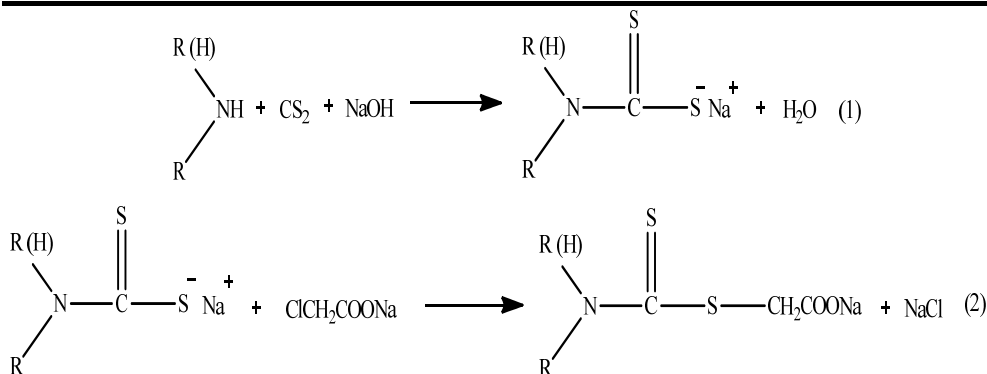
1. INTRODUCTION

As salts of alkyl or aryl esters of dithiocarbamic acid, dithiocarbamates are widely applied in medicine and industry. Dithiocarbamates have received much attention by synthetic and medicinal chemists due to their interesting chemistry and diverse pharmacological properties including potential anti-mycobacterial [1,2], fungicidal [3,4], herbicidal [5], anthelmintic [6,7], antifouling [8], growth depressant [9], algicidal [10], antiparkinson [11], antioxidant [12], and anti-radiation activities [13]. Sodium salt of diethyl dithiocarbamic acid, a well-known immunopotentiator, has been a safe clinical candidate for the treatment of HIV infections [14]. Dithiocarbamin-acetic acid and the corresponding esters show systemic fungicidal effect [15,16]. Dimetildithiocarbamoil acetic acid and dimethylthiocarbamoyloxypropionic acid have fairly strong auxin activity [17]. Further studies were made on examination of the chemical nature of compounds which inhibit the function of the thyroid gland [18], preparation of 3-amino-5-benzylidene-2-thioxo-thiazolidin-4-ones for treatment of dandruff [19], chemical sensitization of silver halide photographic emulsions [20].

Reviewing the literature, synthetic methods of dithiocarbamin-acetic acid and its alkyl and aryl derivatives are generally described as a reaction of corresponding amines and disulfides in various reaction conditions. Dithiocarbamin-acetic acid has been synthesized from $\text{MeNH}_2 \cdot \text{HCl}$, CS_2 , NaOH and EtOH at 20-5 °C during 1-2 h using, followed by reaction with an equivalent amount of $\text{ClCH}_2\text{CO}_2\text{Na}$ in that way corresponding salt was obtained [21]. Reaction of piperidine or pyrrolidine with CS_2 in C_6H_6 in the presence of NaOH gave the corresponding dithiocarbamates which were characterized by reaction with $\text{ClCH}_2\text{CO}_2\text{H}$ [22].

The 3-amino-5-benzylidene-2-thioxo-thiazolidin-4-ones were obtained from $\text{Ph}_2\text{NNH}_2 \cdot \text{HCl}$ and NaOH in EtOH /pyridine following by addition of CS_2 in EtOH /pyridine subjected to external cooling. The mixture was stirred 1 h, $\text{ClCH}_2\text{CO}_2\text{Na}$ was added, and the obtained mixture was further stirred for 1 h to provide 2-(3,3-diphenylaminothiocarbonylthio)acetic acid [19]. Synthesis of S-(2-benzimidazolylmethyl) N-aryl/alkyl dithiocarbamates from Me or Et (un)substituted Ph, morpholino, piperazinyll and $\text{Me}_2\text{NCS}_2\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$ and o-(H_2N) $_2\text{C}_6\text{H}_4$ has been described. $\text{Me}_2\text{NCS}_2\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$ is product of reaction between CS_2 and $\text{R}^1\text{R}^2\text{NH}$ in presence of $\text{ClCH}_2\text{CO}_2\text{H}$ [23]. Synthesis of N,N'-Bis(thiocarbamoyl)hydrazines from dialkyl amine, CS_2 , KOH and $\text{ClCH}_2\text{CO}_2\text{Na}$ gave dialkyldithiocarbamoil acetic acid, and following by addition of hydrazine [24,25]. In reaction of alkyl-isothiocyanates with thioglycolic acid in alkaline environment produce dithiocarbamin-acetic acid [26]. Synthesis of antiviral agents, quinazolones, takes place starting from the substituted anilines, CS_2 and $\text{ClCH}_2\text{CO}_2\text{Na}$, followed by addition of acid chlorides [27]. Synthesis of alkyl-dithiocarbamate has been developed by the one-pot reaction of mercaptans, amines, and bis(benzotriazolyl)methanethione in presence of amidine base under mild reaction conditions [28].

The aim of this work was focused on the optimization of synthesis of dithiocarbamin-acetic acid. Reaction developed in this work starts from alkylamine, CS_2 and NaOH in water as solvent, under mild reaction conditions (reaction 1). Reaction is continued by addition of solution of sodium monohloracetata (NaClAc) in prepared solution of sodium salt of dithiocarbamin acid (Na-DTH) (reaction 2). Sodium salt of dithiocarbamin-acetic acid (Na-DCAC) is acidified with dilute hydrochloric acid and dithiocarbamin-acetic acid (DCCAc) is isolated by extraction.



In order to get highest reaction yield and purity of obtained product, optimization of presented procedures was performed with respect to variable reaction parameters: reaction time, temperature and molar ratio of reactants. The structure of the synthesized compounds was confirmed by GC, ¹H and ¹³C NMR, FTIR and MS instrumental methods.

Considering that the synthesis of Na-DCAC is second order reaction of nucleophilic substitution, SN₂, it was necessary to determine kinetic parameters of the reaction. In addition to nucleophilicity (Na-DTH), reaction medium, mole ratio of reactants, reaction time, *etc.*, it is very important to determine the kinetics of the NaClAc hydrolysis reaction. Since the DNa-DTH hydrolyzes with generation of OH⁻ ions, which hydrolytic decompose NaClAc, it is important to determine in what extent and under what conditions is possible to minimize reaction of hydrolysis in order to ensure greater conversion of Na-DCAC.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Synthesis of NaClAc

Sodium chloroacetate (NaClAc) was synthesized according to the literature procedure [29]. Water (200 cm³) was poured into the flask and 95.0 g (1.0 mol) of 99.4% monochloroacetic acid was added with gentle stirring. During the dissolution of monochloroacetic acid the temperature was decreased from 14 to 5 °C. When the monochloroacetic acid was completely dissolved, 53.0 g (0.5 mol) of 99.5% sodium carbonate solution was added. During the reaction foaming was occurred. It was obtained 325.5 g of 35.8% (1.02 mol/dm³) solution of NaClAc.

2.2. Synthesis of sodium salt of *N,N*-dithiocarbamin acid

In a three-necked flask (500 cm³) equipped with a reflux condenser, dropping funnel, thermometer and magnetic stirrer, 200 cm³ of water and 72.15 cm³ (0.7 mol) of diethyl amine were added. Carbon disulfide, 43.2 cm³ (0.7 mol), was added during 1.5 h providing an intensive mixing and temperature was maintained in the range 30-35 °C. After that, 30% of sodium hydroxide aqueous solution (28.35 g (0.7 mol) of 98% sodium hydroxide and 66.15 cm³ of water) was added dropwise. Sodium salt of *N,N*-diethyl dithiocarbamic acid, 114.0 g (95%), was obtained.. Other sodium salts of the *N,N*-diethyl dithiocarbamic acid were obtained in an analogous manner.

2.3 Synthesis of *N,N*-dithiocarbamin-acetic acid

In a three-necked flask (500 cm³) equipped with a reflux condenser, dropping funnel, thermometer and magnetic stirrer, 200 cm³ of water and 29.2 g of sodium salt of *N,N*-diethyl

dithiocarbamic acid were added with stirring. After dissolving of reactants, 55.33 g (0.17 mol) of 35.8% NaClAc solution was added using a dropping funnel, while temperature of the reaction mixture was maintained from 30 to 35 °C for 1.5 h. Thereafter, pH adjustment to 7 of the reaction mixture was achieved by addition of (1:1) hydrochloric acid. The reaction mixture was placed in a separating funnel and extraction is performed by adding 150 cm³ of diethyl ether. After separation of the ether layer, evaporation was carried out and the 33.12 g (94.1%) of *N,N*-dithiocarbamin acetic acid was obtained. Other dithiocarbamin acetic acid were synthesized in an analogous manner.

2.4 Instrumental techniques used for structure determination of synthesized compounds

All products were characterized by comparison of their spectral and physical data with those of known samples. ¹H NMR spectra were recorded on Bruker AC 250 spectrometer at 250 MHz for ¹H NMR and 62.89 MHz for ¹³C NMR spectra. EI (electron impact) mass spectra were recorded on a Thermo Finnigan Polaris Q ion-trap mass spectrometer, including TraceGC 2000 (ThermoFinnigan, Austin, TX, USA) integrated GC–MS–MS system. DIP (direct insertion probe) mode was used to introduce the sample and EIMS–MS to acquire the spectra. FT-IR spectra were recorded in transmission mode using a BOMEM 100 (Hartmann and Braun) spectrometer. Elemental analysis was performed using a VARIO EL III Elemental analyzer, GC analysis was performed with a Perkin–Elmer 8700.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Synthesis of NaClAc was carried out by reacting of monochloroacetic acid with sodium carbonate in the aqueous solution (reaction 3).



UV spectroscopy data showed that the NaClAc solution (0.10 mol/dm³) has a maksimum absorption peak at 267.2 nm, while the diluted solution (10⁻³ mol/dm³) does not absorb in the range from 190 to 900 nm.

3.1. Kinetic study of hydrolytic degradation of NaClAc

Hydrolytic, nucleophilic displacement of chlorine by present hydroxylic ion, degradation of NaClAc is occurred when sodium hydroxide is released as a result of hydrolytic cleavage of Na-DTH. The reaction is bimolecular substitution and follows second order kinetic law. The reaction rate of the hydrolytic degradation of NaClAc depends on the concentration of NaClAc and sodium hydroxide. Conductometric examination of the kinetics of hydrolytic degradation of NaClAc was carried out at

initial concentrations of 0.002 mol/dm³ and 0.04 mol/dm³ for sodium hydroxide and NaClAc solution, respectively. The initial reaction conditions were evaluated on the basis of the results of previous experiments, where the concentration of NaOH in the system did not exceed 10% of the initial value of Na-DTH. On the basis of conductivity change for the reaction mixture of NaOH and NaClAc at 25, 30, 35 and 40 °C, values of kinetics reaction rate constants were determined by the integral method, as illustrated in Figure 1.

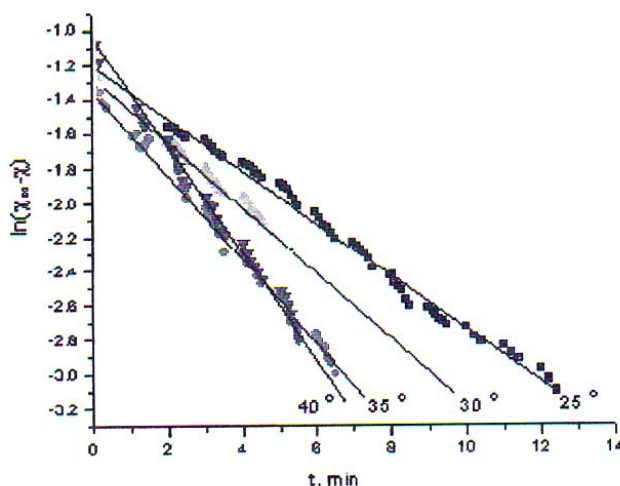


Figure 1. Change of $\ln(\chi_{\infty} - \chi)$ between NaOH and NaClAc in the a reaction of pseudo-first-order rate

The values of pseudo reaction rate constants (k') on the tested temperatures were calculated by the least squares method, while the values of the reaction rate constant (k) were calculated according to equation (4) at $C_{B,0} = 0.04$ mol/dm³, where C_A and C_{A0} are the actual and initial NaOH concentration. The values of k' and k are given in Table 1.

$$-\ln C_A/C_{A0} = k't \quad (4)$$

Since C_A is proportional to $\chi - \chi_{\infty}$, and C_{A0} is proportional to $\chi_0 - \chi_{\infty}$, equation (4) becomes:

$$-\ln \chi - \chi_{\infty} / \chi_0 - \chi_{\infty} = k't$$

In equation (4), χ , χ_0 and χ_{∞} are conductivity of the reaction sistem at the initial time, after some period of time and after the infinite time, respectively. Constant k' is the pseudo first-order reaction rate constant defined as follows:

$$k' = k_2 C_{B,0}$$

where k_2 is the second order reaction rate constant and $C_{B,0}$ is the initial NaClAc concentration.

Table 1. Constants k' and k on the tested temperatures

$t, ^\circ\text{C}$	$1/T, \text{K}^{-1}$	$k' \times 10^3, \text{s}^{-1}$	$k \times 10^2, \text{dm}^3 \text{mol}^{-1} \text{s}^{-1}$
25	0.0034	1.81	4.65
30	0.0033	2.40	5.99
35	0.0032	3.18	7.89
40	0.0031	5.15	12.96

Based on the results of kinetics study of NaClAc hydrolytic degradation (Table 1), following can be conclude: (1) with increasing of reaction temperature, the values of k increase up to $12.96 \times 10^{-2} \text{ dm}^3 \text{mol}^{-1} \text{s}^{-1}$; (2) there is a significant difference in values of the rate constant of the reaction at a temperatures at 30 °C and 40 °C; (3) temperature range that should be followed in the synthetic reaction of Na-DCAC is from 25 °C to 35 °C, due to the slowest formation of by-products in hydrolytic degradation of NaClAc.

3.2 Synthesis of dithiocarbamin acetic acid (DCCAc)

Didithiocarbamin-acetic acids (DCCAc) were synthesized from the previously synthesized Na-DTH and NaClAc, followed by acidification of the hydrochloric acid and by extraction with diethyl ether. The results of the synthesis of *N,N*-dialkilditiokarbaminsirćetnih acids are presented in Table 2.

Table 2. Synthesis of dithiocarbamin-acetic acids (R-C(S)SCH₂COOH)

Compound (R)	Reaction conditions ^(a)		Yield ^(b) %	Melting point (°C)	Purity (GC)
	Vreme (h)	Temperatura °C		Found/(Reported)[lit]	
Me(H)N-	1.6	28-30	92.5	68-70/(69-71)[21]	99.1
Me ₂ N-	1.5	28-30	93.3	146-148/(147-148)[15]	98.6
Et ₂ N-	1.5	30-35	94.1	88-90/(89-90)[15]	99.2
Pr ₂ N-	1.3	30-35	95.4	70-73/(71-73)[24]	99.0
But(H)N-	1.4	28-35	94.6	97-98/(97)[25]	99.2
But ₂ N-	1.5	28-32	95.8	68-69/(69)[25]	98.3
Morfoline-	1.0	25-28	96.0	170-172/(171-172)[25]	99.3

a- The weight ratio of the reactants NaDTH : NaClAc : HCl = 1 : 1 : 1

b- Isolated yields

Considering the results shown in Table 2, it can be seen that high yields of synthesized compounds were in the range from 92.5 to 96.0% with a high purity rate. In all reactions, temperature of synthesis did not exceed 35 °C, and the shortest reaction time was in the synthesis of morpholino-dithiocarbamin-acetic acids.

4. CONCLUSION

The results presented in this work describe an optimal procedure for the laboratory synthesis of dithiocarbamin-acetic acid. High purity and satisfactory yield of dithiocarbamin-acetic acid synthesis was obtained by applying two step procedure. Based on the results of kinetics study of NaClAc hydrolytic degradation it can be conclude that temperature range that should be followed in the synthetic reaction of Na-DCAC is from 25 °C to 35 °C, due to the slowest formation of by-products in hydrolytic degradation of NaClAc. The mild reaction conditions and use of water as a solvent make developed synthesis of dithiocarbamin-acetic acid environmentally benign.

Acknowledgements: This work was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of Serbia (Project Numbers 43007).

5. REFERENCES

- [1] M Ozaki, Y. Adachi, Y. Iwahori, and N. Ishii, Application of fuzzy theory to writer recognition of Chinese characters, *IOSR Journal of Engineering*, 2(2), 2012, 112-116.
Note that the journal title, volume number and issue number are set in italics.
- [2] R.E. Moore, *Interval analysis*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1966.
- [3] P.O. Bishop, Neurophysiology of binocular vision, in J.Houseman (Ed.), *Handbook of physiology*, 4 (New York: Springer-Verlag, 1970) 342-366
- [4] Aboul-Fadl T, Hussein MA, El-Shorbagi AN, Khallil AR (2002) Arch Pharm 335: 438
- [5] Warshawsky A, Rogachev I, Patil Y, Baszkin A, Weiner L, Gressel J (2001) Langmuir 17: 5621;
- [6] Farbwerke HAG (1970) Fr Pat 2015026;
- [7] Schorr M, Duerckheimer W, Behrendt L, Duewel D (1971) Ger Pat 1 947 746;
- [8] Nishimura K, Yasunaga T, Kanada S, Katayama S (1978) Jpn Pat 53-029932;
- [9] Ciba-Geigy AG (1972) Br Pat 1301032;
- [10] Henkel (1970) Fr Pat 1600071;
- [11] Simsek R, Safak C, Erol K, Vural K (1999) Tr J Med Sc 29: 627;
- [12] Orlinskii MM, Zimenkovskii BS (1998) J Pharma Chem 32: 516;
- [13] Stroganova LT, Bolshakova SA, Tuzhilkova TN, Amosova SV, Ivanova NI, Tarasova OA, Alpert ML (1990) J Pharm Chem 24: 3
- [14] St. Georgiev V (1983) Survey of Drug Research in Immunologic Disease. In: Karger S (ed) Basel 1: 403; By Roeder, Kurt; Czyzewski, Alfred From No Corporate Source data available (1957), DE 1017405 19571010, Language: Unavailable, Database: CAPLUS
- [15] By Roeder, Kurt; Czyzewski, Alfred From No Corporate Source data available (1957), DE 1017405 19571010, Language: Unavailable, Database: CAPLUS
- [16] By Zsolnai, Tibor From Zentralblatt fuer Bakteriologie, Abt. 1, Originale A: Medizinische Mikrobiologie, Infektionskrankheiten und Parasitologie (1980), 247(3), 410-17. Language: German, Database: CAPLUS
- [17] By Aberg, Borje From Kgl. Lantbruks-Hogskol. Ann. (1960), 26, 239-50. Language: English, Database: CAPLUS
- [18] By Astwood, E. B.; Bissell, A.; Hughes, A. M. From Endocrinology (1945), 37, 456-81. Language: Unavailable, Database: CAPLUS, DOI:10.1210/endo-37-6-456-

- [19] By Hanefeld, Wolfgang; Roethlisberger, Rudi From Ger. Offen. (1992), DE 4027038 A1 19920305, Language: German, Database: CAPLUS
- [20] By Schroeter, Christoph; Dietzsch, Wolfgang; Hoyer, Eberhard; Steinecke, Guenter From Ger. (East) (1986), DD 235929 A1 19860521, Language: German, Database: CAPLUS
- [21] By Yang, Shih-Hsien; Ch'en, Ju-Yu; Li, Wan-Lin; Tsao, Hui-Fang; Ho, Min-Chang; Hu, Sheng-Wen; Ts'ao, Shan-Ch' From Huaxue Xuebao (1960), 26, 49-52.
- [22] By Postovskii, I. Ya.; Kazarinova, N. F.; Afanas'eva, G. B.; Latosh, N.I. From Doklady Akademii Nauk SSSR (1960), 132, 141-4.
- [23] By Pandey, V. K.; Lohani, H. C. From Acta Ciencia Indica, Chemistry (1982), 8(2), 77-81.
- [24] Fr. (1966), FR 1462951 19661223,
- [25] By Bauer, Denis J.; Sadler, Peter W. From No Corporate Source data available (1966), GB 1026401 19660420
- [26] By Knoppova, V.; Drobica, L. From Collection of Czechoslovak Chemical Communications (1974), 39(6), 1589-95
- [27] By Pandey, V. K.; Agarwal, A. K. From Indian Chemical Journal (1980), 14(10), 27-9.
- [28] Tiwari, A. Singh, H. A. Hussain, B. B. Mishra, V. Tripathi, Monatshefte für Chemie 138, 653-658 (2007) DOI 10.1007/s00706-007-0659-5
- [29] S.S. Milisavljević, A. D. Marinković, M. M. Milosavljević, Novi postupak sinteze N-alkil- i N,N-dialkil-O-etil- i O-izopropiltiokarbamata oksidacijom aminske soli ksantogene kiseline, Hem. ind. 64 (5) (2010) 401-409.

DEFINISANJE OPTIMALNIH USLOVA SINTEZE CINKDITIONITA REDUKCIJOM SUMPORASTE KISELINE SA CINK PRAHOM

DEFINING THE OPTIMAL CONDITIONS FOR ZINC DITHIONATE SYNTHESIS BY REDUCTION OF SULPHUROUS ACID WITH ZINC POWDER

M.Burđić¹, A. Fazlić, J. Sadadinović¹, M.Burđić-Salihović²

¹Tehnološki fakultet Univerziteta u Tuzli,
Univerzitetska 8, Tuzla

²Sisecam soda Lukavac
Prva ulica br.1, Lukavac

SAŽETAK:

Na osnovu eksperimentalnih istraživanja sinteze cinkditionita redukcijom sumporaste kiseline sa cink prahom utvrđeni su optimalni uslovi sinteze u ovisnosti od temperature, kvaliteta cink praha uz konstantan broj okretaja mješalice i konstantan protok vode za hlađenje reakcione mase. Rezultati ispitivanja pokazuju da je optimalna temperatura vođenja reakcije 40°C, omjer cink prah : voda 4:1 i ukupno vrijeme reakcije 65 minuta uz standardni kvalitet cink praha.

Ključne riječi: cinkditionit, sinteza, sumporasta kiselina, optimalni uslovi.

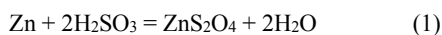
ABSTRACT:

Based on experimental researches of synthesis zinc dithionite, by reduction of sulphurous acid with zinc powder, optimal conditions of synthesis were determined, in a function of temperature, quality of zinc powder, with a constant speed of mixer and a constant flow of water for cooling the reaction mass. Test results show that the optimal temperature of keeping the reaction is 40°C, the ratio of zinc powder: water is 4: 1 and a total reaction time is 65 minutes, with standard quality of zinc powder.

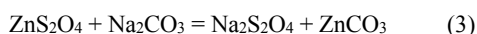
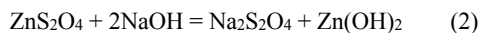
Keywords: zinc dithionate, synthesis, sulphurous acid, optimal conditions.

1. UVOD

U praksi je najzastupljenija metoda sinteze cinkditionita – Zn S₂O₄ redukcijom SO₂ gasa sa cink prahom. U prvoj fazi sumporasta kiselina reaguje sa cink prahom i pri tome se obrazuje cinkditionit prema jednačini:



Cinkditionit je nestabilno jedinjenje i on se u drugoj fazi prevodi u natrijumditionit pomoću natrijumhidroksida ili natrijumkarbonata prema reakcijama:



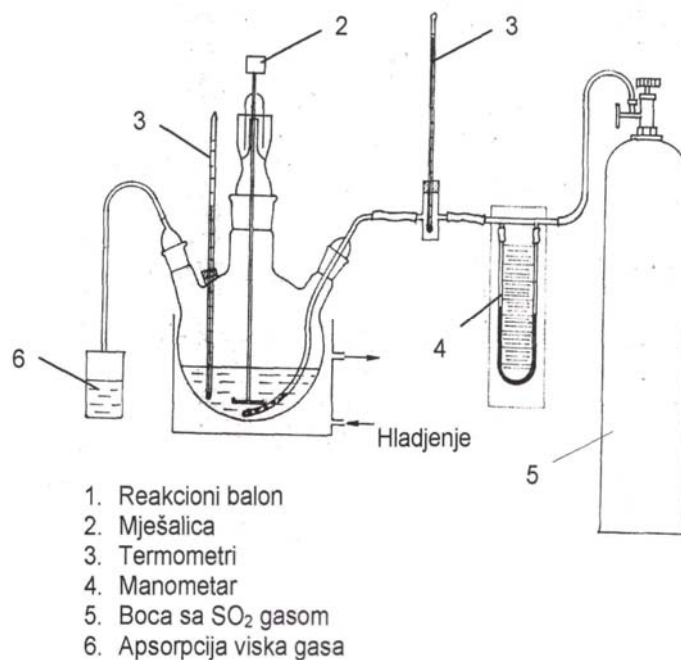
Dobijeni natrijumditionit je u obliku dihidrata koji je takođe nestabilno jedinjenje te se zagrijavanjem na 56°C prevodi u bezvodnu so koja se u suhom stanju može čuvati duže vrijeme.

Natrijum ditionit je u obliku svjetložutih ili svjetlobijelih kristala ili kristalnog praha, gorkog je ukusa, rastvara se u vodi, a ne rastvara u etanolu.

Primjenjuje se za dobijanje drugih spojeva, kao redukciono sredstvo, u industriji boja, kao flotaciono sredstvo, za bijeljenje šećera, u industriji sapuna i analitičkoj hemiji.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

Sinteza cinkditionita po izabranoj metodi redukcijom sumporaste kiseline sa cink prahom eksperimentalno je rađena u laboratorijskim uslovima u aparaturi datoj na slici 1.

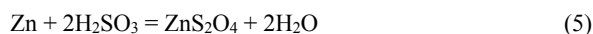


Slika 1. Aparatura za sintezu cinkditionita

Izvođenje eksperimenta provedeno je sa vodenom suspenzijom cink praha omjera 4:1 (150 g cink praha i 600 g vode) u staklenom reaktoru (1) volumena 2 litra uz intenzivno miješanje mješalicom (2). Iz čelične boce (5) u reaktor se uvodi 100% SO₂ gas, preko perforirane staklene cijevi. Stakleni reaktor nalazi se u posudi sa vodom, da bi se osiguralo hlađenje suspenzije. Temperatura suspenzije

prati se termometrom (3) i nesmije preći granicu od maksimalno 45°C. Dihtovanje mješalice ostvareno je pomoću žive. Ukoliko bi u reaktoru vladao nadpritisak višak uvedenog SO₂ gasa apsorbira se u vodi (posuda 6).

Protok SO₂ gasa praćen je preko mjernog uređaja sa zaslonom (4) od stakla sa „U” cijevi napunjenom sumporastom kiselinom. U staklenom reaktoru odvijaju se slijedeće reakcije:



Neophodno je u toku sinteze održavati temperaturu i pratiti količinu uvedenog SO₂ gasa.

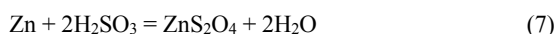
Pošto na višim temperaturama dolazi do razlaganja cinkdionita ^{1,2}, temperatura reakcije treba da se kreće između 35 i 45°C. Isto tako treba pratiti uvedenju količinu SO₂ gasa jer stvaranje viška slobodne sumporaste kiseline dovodi do razlaganja cinkdionita koji je nestabilan u kiselj sredini ^{3,4}.

Kraj reakcije određen je prelazom boje suspenzije iz tamno sive u svijetlo sivu boju. Ukoliko boja suspenzije postane narandžasta znak je da je uveden višak SO₂ gasa, pa je potrebno dodati cink prah i nastaviti sa miješanjem kako bi taj višak SO₂ gasa izreagovao sa cink prahom i da nebi došlo do razlaganja cinkdionita ^{5,6}. Da bi rastvor cinkdionita bio stabilan duže vrijeme dodaje se rastvor natrijumhidroksida do vrijednosti pH = 8 ⁷.

Po završenom uvedenju SO₂ gasa rastvor cinkdionita se filtrira ukoliko cink prah sadrži u sebi neke nečistoće.

2.1 Sintaza cinkdionita

Laboratorijska sinteza cinkdionita rađena je sa sadržajem cink praha u suspenziji 20 – 25 %. Prihvaćen je odnos cink praha i vode 1: 4, a baza je bila 150 g aktivnog cinka. Prema analizi cink praha koji je korišten za ispitivanje izračunata je potrebna količina jer se iz rezultata analize može vidjeti da sadržaj aktivnog cink praha je različit u zavisnosti od kvaliteta cink praha što se mora imati u vidu ^{8,9,10}.



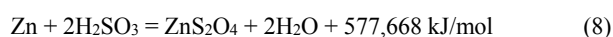
Tabele 1. Osnovne sirovine za sintezu cinkdionita

Sirovina	Ulaz		Izlaz	
	grama	mola	grama	mola
Cink prah	150	2,294	-	-
SO ₂ gas	293,6	4,588	-	-
Voda	600	33,35	600	33,35
ZnS ₂ O ₄	-	-	443,6	2,294

Prema tome za svaki eksperiment uzeto je 150 g aktivnog cink praha i 600 g vode. Gas SO₂ uveden je postepeno do kraja reakcije koja se određuje promjenom boje suspenzije.

• **Određivanje uticaja temperature na brzinu reakcije**

Pri sintezi cinkdionita koja se odvija prema reakciji:



oslobođena količina toplote od 577,668 KJ/mol odvodi se hlađenjem sa vodom. Temperatura na kojoj se vodi reakcija je između 35 i 45°C. Da bi se ustanovio uticaj temperature na brzinu reakcije eksperimenti su rađeni sa standardnim kvalitetom cink praha čija je analiza data u tabeli 2.

Tabela 2. Kvalitet cink praha korištenog kod izvođenja eksperimenta

Sadržaj i veličina čestica cink praha	
ukupnog cinka	99,36 %
aktivnog cinka	97,98 %
ZnO	1,72 %
H ₂ O	0,01 %
čestice veće od 90 μ	3,2 %
čestice između 63 i 90 μ	12,2 %
čestice manje od 63 μ	84,6 %

Eksperimenti su rađeni na sljedećim temperaturama: 35, 37,5, 40, 42,5 i 45°C. Za svaku temperaturu rađena su dva eksperimenta, a po završetku reakcije rastvor je analiziran na sadržaj ZnS₂O₄ i Zn u g/l i mjerena je gustina rastvora. Prilikom rada trajno je održavana izabrana temperatura sa odstupanjem od ± 0,5°C. Broj okretaja mješalice i protok vode za hlađenje bili su konstantni za sve eksperimente. Dobijeni rezultati mjerenja i analiza prikazani su u tabeli 3.

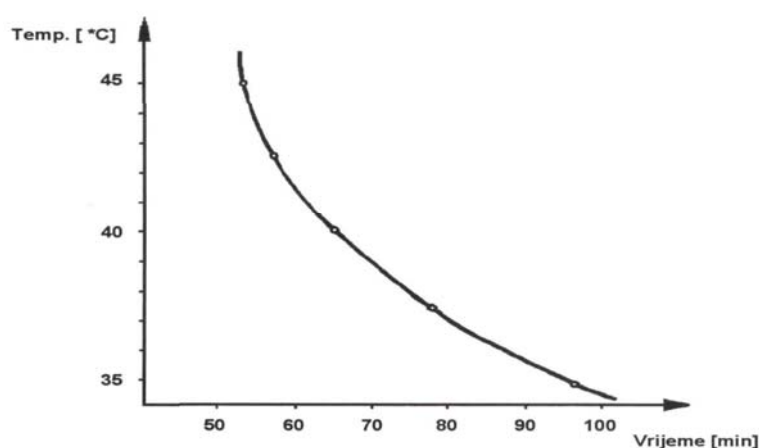
Tabela 3. Rezultati istraživanja sinteze ZnS₂O₄ pri različitim uslovima

Br.	eksperiment	t°C suspENZ.	vrijeme uvođenja u min.	srednje vrijeme	g/l ZnS ₂ O ₄	g/l Zn	gustina suspENZije
1.	0 – 1	35,0	95		658,9	222,6	1,474
2.	0 – 2	35,0	98	96,5	638,5	215,7	1,469
3.	0 – 3	37,5	78		634,1	214,2	1,462
4.	0 – 4	37,5	78	78,0	638,5	215,7	1,467
5.	0 – 5	40,0	65		640,0	216,2	1,462
6.	0 – 6	40,0	65	65,0	636,7	215,1	1,449
7.	0 – 7	42,5	58		638,2	215,6	1,453
8.	0 – 8	42,5	56	57,0	644,4	217,7	1,459
9.	0 – 9	45,0	52		-	-	1,458
10.	0 – 10	45,0	54	53,0	658,0	222,6	1,462

Dobijeni rezultati predstavljeni su grafički (slika 2) gdje je na apscisu nanijeto vrijeme a na ordinatu temperatura na kojoj se provodi reakcija.

Iz rezultata istraživanja može se vidjeti da je potrebno vrijeme za reakciju na 35°C prosječno 96,5 minuta, a na 45°C prosječno 53 minuta.

Isto tako može se konstatovati da je na 40°C prosječno vrijeme 65 minuta, znači kraće je za 31,5 minuta nego na 35°C, a 12 minuta duže nego na temperaturi 45°C.



Slika 2. Uticaj temperature na vrijeme reakcije

Pošto se na temperaturi većoj od 45°C nastali cink ditionit brže razlaže^{11,12,13} (izvjesna količina razlaže se već u toku reakcije nastajanja cink ditionita) to je za proces proizvodnje najpovoljnija temperatura 40°C jer je, kako se vidi na taj način smanjeno vrijeme u odnosu na radnu temperaturu od 35°C, skoro za trećinu.

U narednim istraživanjima za utvrđivanje drugih faktora sinteze su provedene samo pri temperaturi 40°C sa maksimalnim odstupanjem od $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

• Uticaj kvaliteta cink praha na brzinu reakcije

U proizvodnji cink praha postoje slijedeće vrste kvaliteta koje se razlikuju po sadržaju cink oksida i veličini čestica. Analiza korištenog cink praha data je u tabeli 3.

Tabela 4. Kvalitet cink praha korištenog za istraživanje

Kvalitet cink praha	Ukupan Zn	Aktivni Zn	ZnO	H ₂ O	Veličina čestica		
					> 90 μ	63-90μ	> 63 μ
standardni	99,36	97,98	1,72	0,01	3,2	12,2	84,6
superfini	99,24	96,82	3,01	0,01	0,7	1,4	97,9
ultrafini	99,36	96,49	3,57	0,02	1,9	0,4	97,7

U narednim eksperimentima usvojena je radna temperatura od 40°C uz konstantan broj okretaja mješalice i konstantan protok vode za hlađenje reakcione smjese. Urađena su za svaku vrstu kvaliteta cink praha po 2 eksperimenta, i u njima je određivan sadržaj ZnS_2O_4 i Zn u g/l i mjerena gustina rastvora. Temperatura je regulisana preko protoka SO_2 gasa jer je protok vode za hlađenje bio konstantan uz konstantan broj okretaja mješalice. Rezultati su prikazani u tabeli 5.

Tabela 5. Rezultati ispitivanja u funkciji kvaliteta cink praha

Br.	Kvalitet cink praha	vrijeme uvođenja SO_2 gasa u min.	prosječno vrijeme u min.	g/l ZnS_2O_4	g/l Zn	gustina rastvora
1.	standardni	65		632,6	213,94	1,470
2.	standardni	65	65	625,2	211,44	1,470
3.	super fini	68		637,0	215,44	1,471
4.	super fini	70	69	642,9	217,43	1,461
5.	ultra fini	76		642,9	217,43	1,497
6.	ultra fini	74	75	675,0	228,40	1,437

Na osnovu rezultata istraživanja prikazanih u tabeli 5 može se zaključiti da se vrijeme uvođenja SO_2 gasa povećava idući od standardnog kvaliteta cink praha prema ultra finom kvalitetu. Pri konstantnoj temperaturi reakcione mase od $40 \pm 0,5^\circ\text{C}$, kao i protoku vode za hlađenje i broju okretaja mješalice, vidi se da je vrijeme reakcije povećano i ako se veličina čestica smanjuje sa kvalitetom cink praha. Prema tome došlo je do povećanja brzine reakcije. Sa ovim povećanjem brzine reakcije oslobođena količina toplote u jedinici vremena je veća. Kako je naglašeno protok vode za hlađenje bio je konstantan pa prema tome jedini način da se održi utvrđena temperatura je smanjenje protoka SO_2 gasa. To je razlog zbog čega je sa povećanjem čestica od standardnog kvaliteta prema ultra finom kvalitetu cink praha, povećano vrijeme reakcije.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja utvrđeni su optimalni uslovi sinteze cinkdionita u ovisnosti od temperature, kvaliteta cink praha uz konstantan broj okretaja mješalice i konstantan protok vode za hlađenje reakcione mase.

Rezultati ispitivanja pokazuju da je optimalna temperatura vođenja reakcije 40°C, ukupno vrijeme reakcije 65 minuta uz standardni kvalitet cink praha. U svim ispitivanjima eksperimenti su rađeni pod ovim uslovima.

4. LITERATURA

- [1] P. Singh, M. D. Raush, T.E. Bitterwolf, J. Organomet, Chem.352 (1988) 273
- [2] B. Narayana, M.R.Gajendragad, J. IndianChe.Soc.64 (1987) 620.
- [3] A. Nityananda Shettu, R.V. gadag, M.R. Gajendragad, Talanta 35 (1988) 72
- [4]. Joseph, B. Narayana, Asian J. Chem.6 (1994) 233
- [5] A. A.Nityananda Shettu, R.V. gadag, M.R. Gajendragad Indian J. Chem.27A (1988) 82
- [6] P. Shettu A. M, Khader, A. Nityanada Shettu, R.V. Gadag, Indian J. Chem. Technol.1 (1994) 129
- [7] Ulmans, Encyklopädie der Technischen Chemie, Bd. 15, (1964), pp. 480-487.
- [8] Ć. Jelačić, Neorganska hemija II, 1966, Sarajevo.
- [9] M.B. Pozin, Tehnologija mineralnih solej, pp.364-368, Goschizdat(1961).
Anorganischen Chemie, (1998). god.
- [10] H.J. Emelëus unleme der d J.S. Anderson Ergebnisse und Probleme der modernen
Anorganischen Chemie,136 (1998). god.
- [11] Hans-Heinz Emons, Freiberg, Technische Anorganische Chemie, VEB Deutscher
Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig,343(1978).
- [12] Karl Heinz Buchel, Hans- Heinrich Morreto, Peter Woditsch, Industrielle
Anorganische Chemie, Weinheim; New York; Chichester ; Brisbane; Sigapore;
Toronto VCH,312 (1999).
- [13] Peter Hellmold, Merseburg, Technische Anorganische Chemie, Deutscher Verlag für
Grundstoffindustrie GmbH. Leipzig,415 (1990).

PROCJENA KEMIJSKIH I SENZORSKIH KARAKTERISTIKA VRGANJA SA PROSTORA NACIONALNOG PARKA UNA

EVALUATION OF CHEMICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF BOLETUS MUSCHROOMS FROM NATIONAL PARK UNA

Vildana Alibabić¹, Huska Jukić², Zerina Šišić¹

¹Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet Bihać,

²Univerzitet u Bihaću, Visoka zdravstvena škola Bihać,
vildana.btff@gmail.com, huskaj037@gmail.com

SAŽETAK:

Sa nutritivnog aspekta gljive su karakteristične po udjelu dijetalnih vlakana, minerala, aromatskih spojeva, vitamina, te punovrijednih proteina. U zadnje vrijeme dobile su veći značaj zbog svojih antioksidativnih kapaciteta povezanih sa sadržajem ukupnih fenola, antocijana, organskih kiselina i vitamina C. Ovaj rad fokusirao se na istraživanje nutrijenata u gljivi *Boletus edulis* (vrganj), u svježem i sušenom stanju, prikupljenog sa područja Nacionalnog parka Una i Medenog polja, na fizikalne i senzorske karakteristike, kao i utvrđivanje sadržaja spojeva sa antioksidativnim svojstvima. Obzirom na fizikalna i senzorska svojstva vrganj sa područja NP Una ocijenjen je kao vrlo dobar, sa primjetnim dobrim vanjskim izgledom i masom. Kemijski sastav, ujednačen u oba uzorka ima iste ili slične karakteristike opisane u literaturi i za svježi i sušeni uzorak. Obzirom na sadržaj antioksidativnih spojeva, uzorci sa oba područja ističu se visokim udjelom ukupnih fenola (74,34mgGAE/100g), vitamina C (46,91mg/100g), kao i iznimno visokim sadržajem antocijana (1,41mg/100g).

Ključne riječi: antioksidativne komponente, kemijski sastav, vrganj

ABSTRACT:

From the nutritional point, mushrooms characterized by the proportion of dietary fiber, minerals, aromatic compounds, vitamins and lots of valuable proteins. Recently they received a greater significance because of its antioxidative capacity correlated with the content of total phenolics, anthocyanins, organic acids and vitamin C. This work is focused on the study of nutrients in the mushroom *Boletus edulis* (*Boletus*), in its fresh and dry form, collected from the area of the National park Una and Medeno fields (Medeno polje), on its physical and sensory characteristics, as well as determining the content of compounds with antioxidant properties.

Given the physical and sensory properties of *Boletus* from the area of NP Una, is rated as very good, with noticeable good external appearance and weight. Chemical composition, balanced in both samples has the same or similar characteristics as described in the literature, for fresh and dried sample. Considering the content of antioxidant compounds, the samples from both areas are recognized by its high proportion of total phenolics (74,34mgGAE/100g), vitamin C (46,91mg/100g), and the extremely high content of anthocyanins (1,41mg/100g).

Keywords: antioxidants, chemical composition, *Boletus* mushroom

1. UVOD

Gljive su od davnina prepoznate kao vrlo poželjna hrana zbog svojih nutritivnih karakteristika, ali i kao čudesni začini u kuhinjama širom svijeta zbog svojih senzorskih svojstava. Međutim, posljednjih decenija dobivaju sve veći značaj u prehrani ljudi zbog spoznaja o ljekovitim efektima na zdravlje čovjeka. Ekonomski značaj im također raste, jer se sve više kultiviraju [1]. Vrganj (*Boletus edulis*) ulazi u grupu najčešće konzumiranih gljiva, gdje se nalaze još i šampinjoni (*Agaricus bisporus*), lisičarka (*Cantarellus* spp.), mliječnica (*Lactarius* spp.), pečurka (*Psalliota procera*), a jedna od najcjenjenijih, tartuf (*Tuber magnum*), posebno je tražena. Najviše se uzgajaju šampinjoni, shiitake gljive i bukovače, a Kina je najveći svjetski proizvođač [2].

Senzorski, gljive karakterizira vrlo prijatan miris i ukusnost, jedinstvena aroma i izgled, karakterističan za svaku vrstu. Nutritivno, gljive su bogate proteinima, sirovim vlaknima i mineralima, jednostavnim ugljikohidratima, a siromašne mastima [3] zbog čega su izvrsne za prehranu vegetarijanaca, kao i osoba koje imaju probleme sa debljinom. Sadržaj proteina viši je u odnosu na većinu voća i povrća, a odličan su izvor vitamina, naročito vitamina D koji je inače vrlo malo sadržan u hrani [4, 5]. Danas, zbog više od 100 biološki aktivnih tvari do sada identificiranih u gljivama, one postaju sve više interesom farmaceutske industrije, najviše zbog antioksidativnog svojstva. Bioaktivne komponente gljiva imaju pored antioksidativnih i druge mnogobrojne pozitivne efekte na zdravlje čovjeka, antikancerogene, antidijabetske, antialergične, imunomodulativne, antibakterijske, a pokazuju funkciju zaštite kardiovaskularnog sistema, jetre, imaju efekt detoksikacije, bore se sa viškom kolesterola u organizmu, sa upalnim procesima [6, 7]. Pri ovom, mora se naglasiti da su sva svojstva različita od vrste do vrste, od područja do područja gdje rastu pa i od toga da li su samonikle ili kultivirane. Na sadržaj nutritivnih ili bioaktivnih tvari utječe i način čuvanja, prerade, pripreme [8, 9]. U velikom broju istraživanja utvrđeno je da svojstvo antioksidativnosti korelira sa udjelom ukupnih fenola, vitamina C, ukupnih organskih kiselina, a posebno sa udjelom antocijana [10, 11] zbog čega su u ovom istraživanju, pored senzorskih i nutritivnih svojstva, procijenjeni i udjeli komponenata sa antioksidativnim svojstvima. Naročito značajno u ovom radu je da su uzorci vrganja prikupljeni sa zaštićenog prostora Nacionalnog parka Una, gdje slična istraživanja do sada nisu rađena.

2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

2.1. Područje istraživanja

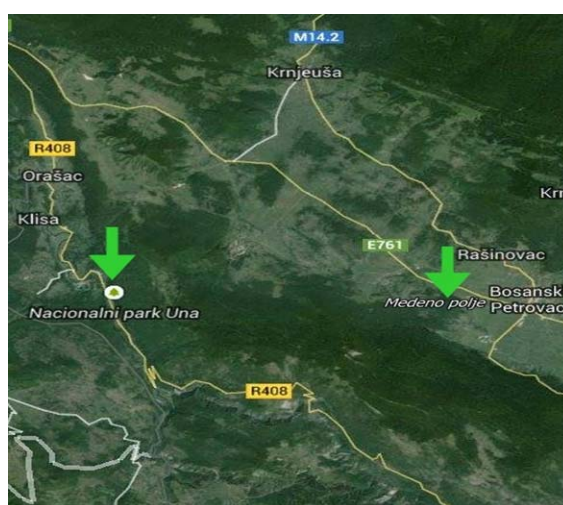
Uzorci za istraživanje uzeti su sa dva lokaliteta prostora Unsko-sanskog kantona (USK), u općini Bihać. Prva se nalazila u zaštićenom prostoru Nacionalnog parka Una, a druga je Medeno polje koji graniči sa zaštićenim, a udaljeno je oko kilometar od glavnog MP3 regionalnog puta, sjeverozapadno (Slika 1). Karakteristike prostora uzorkovanja odlikuju se takvom konfiguracijom terena, geomorfološkom strukturom tla, različitom nadmorskom visinom i bioraznolikošću da uvjetuje postojanje bogatog svijeta gljiva. Raznolikost šume (hrast, bukva, grab), enklave breze i topola, livade i proplanci vrlo su pogodni za utvrđeno prisustvo vrganja, sunčanice, krasnice, koprenke, penjavice, vitezovke, puževice, trubače, blagve, a rasprostranjena crnogorična šuma sa dosta smrče i bora odlično su stanište za rujnice miške i druge gljive.

2.2. Materijal i metode rada

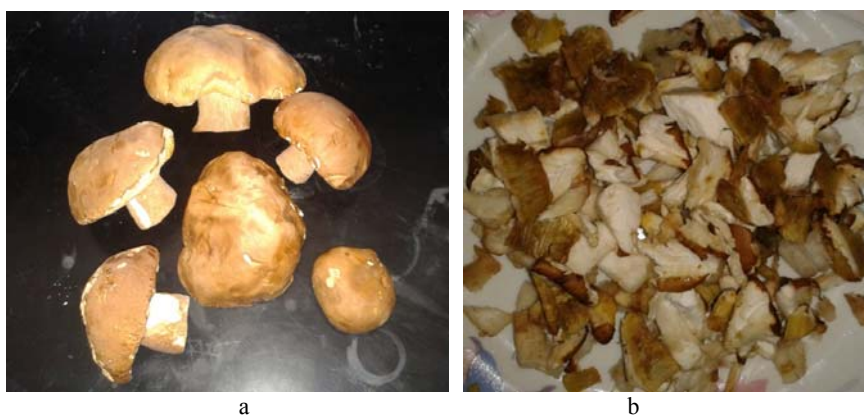
Za istraživanje je odabran vrganj, a uzorci su prikupljeni u nekoliko navrata u julu 2014. godine. Svježi uzorci su očišćeni i analizirani u laboratoriju Biotehničkog fakulteta Univerziteta u Bihaću. Od oko 2kg prikupljenih uzoraka sa svakog lokaliteta pripremljena su dva reprezentativna, sa oznakom

uzorak 1, a drugi lokalitet označen je kao uzorak 2. Jedan dio uzoraka sušen je u domaćinstvu, na suncu i u hladu, prethodno izrezan na komadiće debljine oko 4mm, i okretan više puta u toku sušenja u trajanju od 2 dana, na zraku. Nakon sušenja uzorci su samljeveni laboratorijskim mlinom i čuvani na sobnoj temperaturi do analize. Na slici 2 prikazani su svježi, i za sušenje pripremljeni uzorci.

Pri izvođenju senzorskih analiza, prethodno je trebalo formirati ocjenjivačku komisiju. U postupku odabira kandidata, odnosno preliminarnoj provjeri nivoa osjetljivosti njihovih čula, korišteni su različiti testovi preuzeti iz ISO standarda [12]. Pet odabranih ocjenjivača uradili su senzorsku procjenu deskriptivnom metodom uz pomoć ocjenjivačkog listića preuzetog od ISO 4121:1987-E. Pri ocjenjivanju korištena je skala sa četiri nivoa kvaliteta, odličan (30.00 – 35.00 bodova), vrlo dobar (25.00 – 29.99), dobar (18.00 – 24.99) i loš (manje od 18 bodova).



Slika 1: Lokaliteti uzorkovanja (Nacionalni park Una i Medeno polje)



Slika 2: Svježi vrganji (a) i vrganji pripremljeni za sušenje (b)

U uzorcima su analizirana fizikalna svojstva (masa, visina, širina, dužina) metodama opisanim u radu Milivojevića i suradnika [13], dok je kemijski sastav (udio vode, suhe tvari, proteina, masti, pepela, ugljikohidrata, ukupnih organskih kiselina, sirovih vlakana, kalcija, fosfora) rađen kombinirano prema Vračaru [14] i AOAC metodama [15]. Određivanje antioksidativnih komponenata, fenola rađen je metodom po Folin-Ciocalteu [16], vitamina C jodometrijskom titracijom prema Rasanu [17], a sadržaja antocijana metodom po Wrolstadu i suradnicima [18].

2.3. Rezultati i diskusija

Senzorska analiza urađena je za sušeni vrganj. Utvrđeno je da su oba uzorka od slabije do dobro oblikovani, sa hrapavom površinom, smeđkaste boje sa tamnim rubovima, zadovoljavajućeg poprečnog presjeka sa manjim nedostacima. Tekstura im je homogena, karakteristična sa sjajem, normalnom suhoćom, umjerenom tvrdoćom i dobrom podesnošću za usitnjavanje u ustima. Za oba uzorka najbolje su ocjenjena svojstva mirisa i okusa koji su karakteristični, aroma je prisutna i jako izražena. Miris uzoraka je karakterističan miris na dim i suhovinu, dovoljno izražen. Aromatičnost je prisutna i izražena, slanost karakteristična (normalna), gorčina slabo prisutna. U tabeli 1 se temeljem broja bodova primjećuje razlika u senzorskim svojstvima, pri čemu uzorak 1 ima nešto bolja svojstva. Uzorak 1 uvršten je u kategoriju "vrlo dobar", dok je uzorak 2 uvršten u kategoriju "dobar". Faktori utjecaja na senzorska svojstva su klimatski, jer je prikupljanje obavljano u sunčanim danima između kišnih perioda, a utjecao je i način sušenja u također uvjetima visoke relativne vlage u zraku i nižih temperatura sunčanih razdoblja.

Tabela 1: Rezultati senzorske analize (bodovi) za sušeni vrganj

Senzorsko svojstvo		Uzorak 1 (bod)	Uzorak 2 (bod)	Max. bod
Izgled i boja	Izgled proizvoda	1.50	1.00	1.50
	Boja spoljašnjeg izgleda	2.00	1.00	2.00
	Izgled poprečnog presjeka (mramoriranost)	0.50	0.50	2.00
	Boja poprečnog presjeka	1.00	0.50	2.50
	Ravnomjernost boje presjeka	1.00	0.50	1.50
	Intenzitet boje presjeka	0.50	0.50	2.50
Tekstura	Struktura	1.50	1.50	1.50
	Svježina (sjaj) površine presjeka	1.00	1.50	1.50
	Suhoća površine presjeka	1.50	1.00	1.50
	Tvrdoća/mećoća na pritisak zuba	1.50	1.00	2.00
	Plastičnost na pritisak zuba	1.00	1.50	1.50
	Podesnost za usitnjavanje u ustima	1.00	1.50	2.00
	Sočnost pri usitnjavanju u ustima	2.00	2.00	2.00
Miris i okus	Miris	1.50	1.00	2.50
	Aromatičnost	2.50	2.00	2.50
	Slanost	2.50	2.50	2.50
	Kiselost	1.00	0.50	2.00
	Gorčina	1.00	1.00	1.50
Ukupno bodova		24,50	21.00	30,00

Mjerenjem mase koja je prosječno za sve plodove iznosila 102,9g, visine 6,6cm, dužine (klobuka) 8,8cm i širine 10,6cm utvrđena je nešto niža vrijednost za sve parametre sa lokaliteta 2.

Obzirom na kemijski sastav (tabela 2) sadržaj svih nutrijenata je u dobrom odnosu sa drugim istraživanjima. Sadržaj vode u vrganjima sa drugih područja kreće se od 80,53% [19] do 93% [20]. Redžić je sa suradnicima [21] u istočnom dijelu BiH istraživao nutritivne karakteristike vrganja i utvrdio sadržaj od 85% vode, što je najbliže udjelu vode u ovom istraživanju. Slično je i s proteinima kojih je utvrđeno 4,2 % kod Redžića dok Çaglarlrmak sa suradnicima [19] navodi nešto viši udjel u vrganjima sa područja Turske, od 7,39%.

Tabela 2: Kemijski sastav (mg/100 g) svježih i sušenih vrganja

Parametri istraživanja	Svježi vrganj			Sušeni vrganj		
	X±σ	Raspon	CV	X±σ	Raspon	CV
Sadržaj vode	88.74±0,17	88.62-88.87	0.002	17.22±0,35	16.97-17.47	0.020
Suha tvar	11.20±0,24	11.03-11.38	0.021	82.78±0,35	82.53-83.03	0.004
Proteini	4.95±0,21	4.8-5.1	0.042	34.82±0,03	34.81-34.83	0.008
Masti	0.15±0,07	0.1-0.2	0.466	2.10±0,01	2.10-2.11	0.003
Pepeo	1.6±0,12	2.51-2.69	0.046	6.84±0,12	6.75-6.93	0.018

Utvrđeni sadržaj masti (0.15%) niži je od sadržaja masti 0.8% utvrđenog kod Redžića, dok je Çaglarlrmak izmjerio 1,7%. Pepeo se kreće u okviru literaturnih navoda.

U sušenim uzorcima vrijednosti za udjel nutrijenata povećavaju se za oko 30% u slučaju proteina, što pokazuju i rezultati istraživanja Kuka i Cakste [22] koji su izmjerili odd 32,5 do 52,6mg/100g proteina u sušenim vrganjima. Sadržaj pepela u sušenim vrganjima najbliži je mjerenjima izvršenim u susjednoj Hrvatskoj, a slične vrijednosti mjeri i Kuka sa suradnicima u novijem istraživanju [23]. Sadržaj sirovih vlakana niži je u odnosu sadržaj drugih vrsta gljiva [1] dok je prirodnog inverte nešto više u odnosu na vrganj istočnog dijela BiH (4.2%), prema Redžiću i suradnicima [21]. Čini se da u drugim predjelima vrganj je bogatiji fosforom od vrganja sa prostora NP Una, sudeći prema rezultatima (222,60 mg/100g) koje su dobili Çaglarlrmak i suradnici [19]. To nije slučaj sa kalcijem kojeg ima više u vrganju iz NP Una.

Tabela 3: Udjel nutritivnih i antioksidativnih komponenata u vrganjima (100 g)

Nutrijenti	Sirova vlakna (%)	Prirodni invert (%)	Fosfor (mg/100g)	Kalcij (mg/100g)
X±σ	1.54±0.14	3.56±0.56	155.90±0.38	98.57±1.31
Raspon	1.37-1.67	3.01-4.03	155.35-156.21	97.00-100.00
CV	0.09	0.15	0.002	0.030
Antioksidativne komponente	Ukupni fenoli (%GAE)	Ukupne kiseline (%)	Antocijani (%)	Vitamin C (mg/100g)
X±σ	74.34±1,69	0.042±0,02	1.41±0,71	46.91±1,43
Raspon	71.91-75.91	0.033-0.048	0.93-2.23	45.57-48.60
CV	0.022	0.50	0.50	0.03

Poseban značaj ovom istraživanju dalo je utvrđivanje bioaktivnih tvari koje imaju antioksidativno svojstvo. Tako su istražene fenolne komponente zastupljene u prosječnoj količini u svim uzorcima od

74.34 mg GAE (tabela 3), dok se njihov raspon kretao od 71.91 do 75.91 mgGAE ili 0.074% GAE. Sličan sadržaj fenolnih (0.080%GAE), komponenata u vrganju utvrdili su Muszynska i sur [24]. nešto niži (0.056%GAE i 0.041%GAE) Vamanu i Nita [11] i Vidović sa suradnicima [25].

Niži sadržaj ukupnih kiselina (0.056%) utvrđen je u radu Ribeiro i suradnici [26], dok je Dembitsky [27] izmjerio nešto viši sadržaj (0.094%). Vamanu i Nita [11] ustanovili su sadržaj antocijana u nešto manjoj količini od 0.916%, a sličan sadržaj vitamina C mjereno je u rasponu od 0.020-0.030% kod Barros i suradnika [20] i Jaworske i Bernaš [9].

Antioksidansi su tvari koje u malim koncentracijama u odnosu prema supstratima dovode do odlaganja ili inhibicije oksidacije supstrata. Vitamin C ispoljava svoj antioksidativni kapacitet kroz uklanjanje slobodnih radikala doniranjem elektrona, pri čemu nastaje slabo reaktivan askorbilni radikal, dok fenolni spojevi uklanjaju slobodne radikale i vežu metalne ione. Mehanizam djelovanja do danas još uvek nije dovoljno razjašnjen, ali je poznato da utiču na bolesti koje su povezane sa oksidativnim stresom [28]. Pojedinačno najviši antioksidativni kapacitet (TAC), od istraživanih spojeva, ima vitamin C koji kontribuirao preko 30% TAC-a, između 25-40% kontribuiraju antocijani, a ostalo je raspoređeno na EA derivate (ne-taninske komponente) i flavonoide [29].

3. ZAKLJUČAK

U pogledu senzorskih i fizikalnih svojstava, primjetan je dobar oblik i masa plodova, te u kvantitativnom smislu, zbog očigledno mogućeg postizanja visokih prinosa, vrganji bi mogli biti cilj intenzivne proizvodnje i distribucije kako u svježem, tako i u sušenom stanju. Dva istraжена uzorka svrstana su u kategorije "vrlo dobar" (NP Una) i "dobar" (Medeno polje) na osnovu čega su vrlo prihvatljivi za konzumaciju od strane potrošača. Također, kemijski sastav gotovo je ujednačen u oba uzorka/područja. Vrijednosti gotovo svih iznesenih parametara iste su ili više u odnosu na vrijednosti iz literaturnih izvora (osim masti), što se može zaključiti i za sušeni uzorak.

Po sadržaju antioksidativnih komponenata, uzorci sa oba područja se ističu u visokom sadržaju ukupnih fenola (74.34mgGAE/100g), vitamina C (46.91mg/100g), kao i iznimno visokim sadržajem antocijana (1.41g/100g).

Konačno, ove samonikle jestive gljive se odlikuju izvanrednim svojstvima koje ih slobodno mogu svrstati u vrh kako kulinarskih, tako i namirnica poželjnih sa aspekta nutritivne vrijednosti i antioksidativne sposobnosti. Također, primjenom odgovarajućih uvjeta tokom čuvanja te proizvodnih operacija tokom sušenja, moguća bi bila distribucija ovih plodova za širu potrošnju i konzumaciju, kao jednog novog proizvoda sa područja Unsko sanskog kantona.

4. LITERATURA

- [1] M. Ozaki, M. E. Valverde, T. Hernández-Pérez, and O. Paredes-López, Edible Mushrooms: Improving Human Health and Promoting Quality Life, *International Journal of Microbiology*, 2015, 2015, 376-387.
- [2] S. Patel, and A. Goyal, Recent developments in mushrooms as anticancer therapeutics: a review, *3 Biotech*, 2(1), 2012, 1-15.
- [3] L. Barros, P. Baptista, D. M. Correia, S. Casal, B. Oliveira, and I. C. F. R. Ferreira, Fatty acid and sugar compositions, and nutritional value of five wild edible mushrooms from Northeast Portugal, *Food Chemistry*, 105(1), 2007, 140-145.

-
- [4] F. S. Reis, L. Barros, A. Martins, and I. C. F. R. Ferreira, Chemical composition and nutritional value of themostwidely appreciated cultivated mushrooms: an inter-species comparative study, *Food and Chemical Toxicology*, 50(2), 2012, 191–197.
- [5] P. Kalač, A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(2), 2013, 209–218.
- [6] S. T. Chang and S. P. Wasser, The role of culinary-medicinal mushrooms on human welfare with a pyramid model for human health, *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 14(2), 2012, 95–134.
- [7] T. C. Finimundy, G. Gambato, R. Fontana et al., Aqueous extracts of *Lentinula edodes* and *Pleurotus sajor-caju* exhibit high antioxidant capability and promising in vitro antitumor activity, *Nutrition Research*, 33(1), 2013, 76–84.
- [8] P. Manzi, S. Marconi, A. Aguzzi, and L. Pizzoferrato, Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking, *Food chemistry*, 84(2), 2004, 201-206.
- [9] G. Jaworska, K. Pogoń, E. Bernaś, and A. Skrzypczak, Effect of different drying methods and 24-month storage on water activity, rehydration capacity, and antioxidants in *boletus edulis* mushrooms, *Drying Technology*, 32(3), 2014, 291-300.
- [10] M. Elmastas, O., Isildak, I. Turkecul, and N. Temur, Determination of antioxidant activity and compounds in wild edible mushrooms, *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 2007, 337-345.
- [11] E. Vamanu, and S. Nita, Antioxidant capacity and the correlation with major phenolic compounds, anthocyanin, and tocopherol content in various extracts from the wild edible *Boletus edulis* mushroom, *BioMed Research international*, 2013, Article ID 313905.
- [12] ISO/International Organization for Standardization: Standards ISO 8586-1:1993 (E), ISO 3972:1991 (E), ISO 4121:1987-E, ISO 6731, ISO 5377, ISO 14502-1:2005, ISO 6490-1, ISO 6491, ISO 5498:1996.
- [13] J. Milivojević, V. Maksimović, M. Nikolić, J. Bogdanović, R. Maletić, D. and Milatović, Chemical and antioxidant properties of cultivated and wild *Fragaria* and *Rubus* berries, *Journal of Food Quality*, 34, 2011, 1-9.
- [14] Lj. Vračar, *Priručnik za kontrolu svežeg i prerađenog voća, povrća i pečurki i bezalkoholnih pića*, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2001.
- [15] AOAC, Official Methods of Analysis. 18th Edn., Association of Official Analytical Chemists Inc., Arlington, TX., USA, 2006.
- [16] V. Dewanto, X. Wu, K.K. Adom, and R.H. Lui, Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50, 2002, 3010-3014.
- [17] N. Rasanu, V. Magearu, N. Matei, and A. Soceanu, Determination of vitamin C in different stages of fruit growing, *Analele Universităţii din Bucureşti – Chimie, Anul XIV(I-II)*, 2005, 167-172.
- [18] E.R. Wrolstad, E.A. Terry, A.D. Eric, M.H. Penner, D.S. Reid, S.J. Schwartz, C.F. Shoemaker, D.M. Smith, *Handbook of food analytical chemistry-pigments, colorants, flavors, textur and bioactive food components*, Wiley-Interscience. 1st edition, 2001.
- [19] N. Caglarlrmak, K. Unal, and S. Otles, Nutritional value of edible wild mushrooms collected from the Black Sea region of Turkey, *Micologia Aplicada International*, 14(1), 2002, 1-5.
- [20] L. Barros, D. M. Correia, I. C. F. R. Ferreira, P. Baptista, and C. Santos-Buelga, Optimization of the determination of tocopherols in *Agaricus* sp. edible mushrooms by a normal phase liquid chromatographic method, *Food Chemistry* 110, 2008, 1046–1050.
-

-
- [21] S. Redzic, S. Barudanovic, S. Pilipovic, Wild Mushrooms and Lichens used as Human Food for Survival in War Conditions; Podrinje - Zepa Region (Bosnia and Herzegovina, W. Balkan), *Human Ecology Review*, 17(2), 2010, 175 – 187.
- [22] M. Kuka, and I. Cakste, Bioactive compounds in Latvian wild edible mushroom *Boletus edulis*, *Baltic Conference on Food Science and Technology FoodBalt*, 6(5-6), 2011, 116-120.
- [23] M. Kuka,, I. Cakste, R. Galoburda, and M. Sabovics, Chemical composition of Latvian wild edible mushrooms *Cantharellus cibarius*, *FoodBalt Proceedings*, 2014, 248-252.
- [24] B. Muszynska, K. Sulkowska-Ziaja, and H. Ekiert, Phenolic acids in selected edible Basidiomycota species: *Armillaria mellea*, *Boletus badius*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius*, *Lactarius deliciosus* and *Pleurotus ostreatus*, *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 12(4), 2013, 107-116.
- [25] S. Vidovic, I. Mujic, Z. Zekovic, Ž. Lepojevic, V. Tumbas, and A. Mujic, Antioxidant properties of selected *Boletus* mushrooms, *Food Biophysics*, 5, 2010, 49–58.
- [26] B. Ribeiro, P. Guedes de Pinho, P.B. Andrade, P. Baptista, and P. Valentao, Fatty acid composition of wild edible mushroom species: A comparative study, *Microchemical Journal*, 9(3), 2009, 29-35.
- [27] V.M. Dembitsky, A.O. Terent'ev, and D.O. Levitsky, Amino and Fatty Acids of Wild Edible Mushrooms of the Genus *Boletus*, ACG Publications, *Record of Natural Products*, 4(4), 2010, 218-223.
- [28] A. M. Fine, Oligomeric proanthocyanidin complexes: history, structure, and phytopharmaceutical applications, *Alternative Medicine Review*, 5(2), (2000) 144.
- [29] S.Y. Wang, and P. Millner, Effect of different cultural system on antioxidant capacity, phenolic content, and fruit quality of strawberries (*Fragaria ananassa* Duch.), *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57, 2009, 9651–9657.

OBRAZOVANJE KAO CILJ I FAKTOR RAZVOJA ZEMLJE

EDUCATION AS A GOAL AND FACTOR OF THE STATE DEVELOPMENT

Husein Muratović

Univerzitet u Bihaću

¹Ekonomski fakultet, Pape Ivana Pavla II 2/2,
Bihać, Bosna i Hercegovina

SAŽETAK:

Kvalitetno obrazovanje u svakoj zemlji treba da predstavlja ključni faktor razvoja i cilj razvoja. U ovom Radu razmatrana je povezanost između kvalitetnog obrazovanja i privrednog i društvenog razvika zemlje. Kvalitetno obrazovanje podrazumijeva neophodnost ulaganja, odnosno troškove, dobar koncept, konzistentnu primjenu i kontrolu primjene definisanih standarda. Kvaliteta obrazovanja u ovom Radu razmatrana je poređenjem sadašnjeg stanja u manje razvijenim i više razvijenim zemljama. Posljednji dio rada posvećen je problematici obrazovanja u BiH. U Radu smo pokušali dati odgovor na pitanje kako obrazovanje učiniti kvalitetnim i faktorom privrednog i ukupnog društvenog razvoja zemlje BiH.

Ključne riječi: obrazovanje, razvoj, ulaganja, troškovi, kvalitet, diskontovanje, cost-benefit analiza, cost-effectiveness analiza

ABSTRACT:

High-quality education in every country should represent the basic factor and goal of development. In this Paper we have considered the connection between good education and economic and social progress of the country. High-quality education implies the necessity of investment, expenses, a good concept, consistent application and control of application of certain standards. In this piece of work the quality of education has been considered by comparison of the current circumstances in poorer and richer countries/states. The last part of the work has been dedicated to the education problems in our country. We have tried to give answers such as how to make education better and how to become a factor of economic and social development of Bosnia and Herzegovina.

Keywords: education, development/progress, investment, expenses, quality, discount, cost-benefit analysis, cost-effectiveness analysis.

1. UVOD

U različitim zemljama razvoj se definiše na različite načine, što je i logično s obzirom da autori iz ovih zemalja, po pravilu, imaju različite polazne pristupe ovom problemu. Ipak, najznačajniji autoriteti iz oblasti razvoja slažu se u tome da razvoj predstavlja ostvarivanje kvantitativnih i kvalitativnih ciljeva. Pri tome, kvantitativni ciljevi razvoja su:

- stabilno rastući privredni razvoj,

- zaposlenost ljudi i faktora proizvodnje,
- stabilnost cijena,
- uravnoteženje vanjskotrgovinske razmjene zemlje,
- povećanje bogatstva zemlje i primanja zaposlenih.

Najznačajniji kvalitativni ciljevi razvoja su:

- strukturne promjene u proizvodnji u širem smislu,
- poboljšanje kvaliteta života i sloboda ljudi.

U osnovi jačanja kvaliteta života ljudi i osiguranja društveno-ekonomskog razvoja, najznačajniji faktori su kvalitetno obrazovanje i zdravstvena zaštita.

Svaka zemlja razvojne ciljeve za određeni vremenski period definiše politikom razvoja. Pri tome se politika razvoja definiše kao politika prioriteta. Politiku prioriteta moraju imati i najbogatije zemlje stoga jer i one imaju ograničenja u sredstvima. Teorija i praksa pokazale su (i dokazale) da jedna zemlja može imati uglavnom tri prioriteta, a najbogatije zemlje četiri prioriteta u politici razvoja. Ako zemlja ima više prioriteta, onda ona nema ni ozbiljnu politiku razvoja niti ozbiljnog razvoja¹⁴. Ovo naročito vrijedi za malu, a posebno za nerazvijenu zemlju, kakva je Bosna i Hercegovina, koja ima ograničena sredstva i koja ih mora pažljivo usmjeravati u produktivne, prioritetne namjene, među kojima je i obrazovanje.

Kvalitetno obrazovanje treba da je najvažniji:

- prioritet razvoja,
- kvalitativni cilj razvoja i
- faktor razvoja.

Kvaliteta obrazovanja mora se posmatrati u globalnim okvirima i to stoga jer globalizacija prerasta iz poslovnog procesa u poslovnu ideologiju, koju karakteriše:

1. nadmoć intelektualnog nad fizičkim radom, gdje prvi postaje glavni resurs u odnosu na sirovine, proizvodnu tehnologiju i druge faktore lokacije i odvijanja biznisa, što podrazumijeva da znanje postaje ključni faktor poslovanja i razvoja na globalnom planu,
2. sistem i metode obrazovanja se mijenjaju, tako da se tradicionalno obrazovne institucije moraju prilagoditi potrebama i standardima međunarodnog proizvodnog i finansijskog sektora, budući da su internacionalizovana tržišta radne snage, roba, usluga, novca, deviza, kapitala i slično.

Na osnovu naprijed navedenog, vidljivo je da se ishodište kvalitete obrazovanja verifikuje na konkurentnom, globalnom tržištu. Najvažnije karakteristike po kojima se globalno tržište razlikuje od nacionalnog su:

- ono je eksteritorijalno i nadnacionalno,
- ono ne poznaje niti priznaje nacionalne rukovodioce i direktore, političke lidere i protivnike, nacionalne robne i finansijske produkte i instrumente koji su predmet trgovine, nacionalne dilere i brokere i nacionalne berze, već isključivo standardizovane multinacionalne robne i finansijske produkte i strategije.¹⁵

¹⁴ Šire o tome vidjeti u: Stojanović, R.: Upravljanje razvojem, Savremena administracija, Beograd., 1990., str. 207-269.; Hatibović, Dž.: Ekonomski razvoj, Ekonomski fakultet Univerziteta u Bihaću, 2003., str. 48-49.

¹⁵ O globalizaciji svjetske privrede šire vidjeti u: Đukić, Đ. i drugi: Bankarstvo, CID Ekonomskog fakulteta Beograd, 2006., str. 291-307.; Krugman, P.R. i Obstfeld, M.: Međunarodna ekonomija, teorija i ekonomska politika, sedmo izdanje, MATE, Zagreb, 2009., str. 148.; Muratović, H.: Međunarodni bankarski poslovi, Ekonomski fakultet Univerziteta u Bihaću, 2011., str. 23.

Budući da je tržište radne snage internacionalizovano i da je ljudski kapital, zasnovan na znanju, najvažniji faktor konkurentnosti na ovom tržištu, logično je da ljudski kapital nobelovac M. Fridman uključuje u imovinu zajedno s novcem, dionicama, obveznicama i fizičkim dobrima.¹⁶ Ovo stoga jer je empirijski dokazano da postoji korelaciona povezanost između privrednog rasta (razvoja) i kvalitete obrazovanja. Početkom 21. vijeka 80% svjetske populacije bilo je pismeno, što je relativno dobar pokazatelj. Međutim, problem je u jazu kvaliteta obrazovanja, koji je sada, prema mišljenjima vodećih autoriteta u ovoj oblasti, veći nego što je dopustivo. U takvim okolnostima (i odnosima) neophodno je smanjiti jaz u kvaliteti obrazovanja. Nivo kvalitete obrazovanja mnogo je viši u razvijenim zemljama, budući da one imaju neuporedivo veće (bolje) materijalne, nastavne i tehnološke resurse od zemalja u razvoju, što im preko najvažnijeg proizvodnog faktora (znanja) povećava produktivnost, konkurentnost, odnosno prihode. Stoga se razvojna politika svake zemlje mora usmjeriti na kvalitetno obrazovanje, jer je ono ključni faktor razvoja i povećanja prihoda. Praksa je dokazala (slučaj Finske) da postoji lančana, koleraciona povezanost između većeg ulaganja u obrazovanje i većih prihoda, odnosno bruto društvenog proizvoda. Pri tome je važno da povećani prihodi zemlje budu ravnomjerno raspoređeni među stanovništvom. Nadalje, dokazano je da veći i ravnomjernije raspoređeni prihodi omogućuju bolju prehranu stanovništva i efikasnije učenje djece. Studija slučaja u jednoj pokrajini u Brazilu dokazala je da neuhranjena djeca imaju 20% lošije rezultate u školi od onih koja su normalno uhranjena.¹⁷

Obrazovana osoba daje korist onim oko sebe i društvu kao cjelini preko inovacija i pronalazaka, koji generiraju veću produktivnost i veće prihode. Dokazano je da je neispravna teza da tržište (rada) može da uspostavi efikasnije nivoe obrazovanja. To društvo mora da radi planski. Stoga je Svjetska organizacija rada (ILO) 2000. godine utvrdila „da odgovornost za djelotvornost obrazovnog sistema zemlje leži na njenoj vladi!“. Na vladi zemlje je da osmisli integrirajuću strategiju međusobne povezanosti između zdravlja, obrazovanja i prihoda.¹⁸

2. INVESTIRANJE U OBRAZOVANJE

Praksa je dokazala da se povećani tok budućeg prihoda stvara iz proširenja kvalitetnog obrazovanja. Da bi se mogli upoređivati prihodi stečeni obrazovanjem jedne osobe sa prihodima druge osobe bez dodatnog obrazovanja u određenom vremenskom periodu, vrši se njihovo diskontovanje, odnosno svođenje na neto sadašnju vrijednost (NSV). Nadalje, vrši se upoređivanje budućih (očekivanih) prihoda (benefita) i troškova ulaganja u obrazovanje, da bi se utvrdila isplativost ulaganja u obrazovanje. Za utvrđivanje koristi od ovih ulaganja primjenjuju se finansijsko-tržišna metoda (tamo gdje je moguće izračunati egzaktnu pokazatelj) i cost-benefit analiza i cost effectiveness analiza (za izračunavanje širih, društvenih efekata od ovih ulaganja).¹⁹ Dakle, jednostavnije rečeno, suština cost benefit analize je u tome da se ona bavi utvrđivanjem i poređenjem troškova i koristi sadašnje vrijednosti svih očekivanih troškova i koristi određenog ulaganja, radi procjene opravdanosti ovih ulaganja. Cost-effectiveness analizom nastoji se utvrditi alternativni program koji uz najmanje troškove obezbjeđuje ostvarenje naprijed utvrđenog cilja ili grupe komplementarnih ciljeva. Jednostavnija primjena cost-effectiveness analize u odnosu na cost benefit analizu je što se njeni ciljevi ne moraju primarno izraziti u novčanom izrazu. Primjena cost benefit analize u obrazovanju, kao što je već rečeno, zasniva se na činjenici da ulaganje u obrazovanje kadrova treba tretirati kao

¹⁶ Zaklan, D.: Teorija i politika novca, Ekonomski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“, Mostar, 1998.

¹⁷ Todaro, M.P. i Smith, S.C.: Privredni razvoj, deveto izdanje, IK „Ibrahimpasić, Sarajevo, 2006., str. 355.

¹⁸ Šire o tome vidjeti u Publikaciji ILO OUN, New York, 2000.

¹⁹ Šire o tome vidjeti u: Jurković, P.: Javne financije, MASMEDIJA, Zagreb, 2008., str. 58-87.; Muratović, H.: Uticaj javne potrošnje na privredni razvoj BiH, Panevropski univerzitet, Banja Luka, 2008., str. 30-38.

ulaganje u opremu i zgrade, koji imaju cijenu i od čijih ulaganja se očekuje dobit. Koristi od ulaganja u obrazovane kadrove mjere se povećanom zaradom više obrazovanih kadrova, ali i širom društvenom korisnosti. Koristi od ulaganja u obrazovanje pojedinca mjere se diskontovano vrijednošću ukupnih razlika u njegovim očekivanim zaradama tokom njegovog radnog vijeka u odnosu na zarade radnika koji je manje obrazovan. Formula za izračunavanje (NSV) je:

$$NSV = \sum Et - Nt / (1 + i)^t \quad (1)$$

NSV= neto sadašnja vrijednost

E= prihod stečen obrazovanjem,

N= prihod bez dodatnog obrazovanja,

i= diskontna stopa ili stopa kriterija,

t= godina, odnosno period za koji se vrši obračun.

Da bi se proračunale društvene koristi od ulaganja u obrazovanje jedne osobe potrebno je znati očekivano trajanje radnog vijeka te osobe, očekivani porast produktivnosti u tom razdoblju, te očekivane razlike u zaradama u pojedinim fazama radnog staža i očekivanu distribuciju zarada po kvalifikacijama s istim radnim stažom. Pri tome društveni troškovi obrazovanja obuhvataju: 1. troškove otvaranja i funkcioniranja obrazovne ustanove (materijalne troškove, ulaganja u osnovna i druga sredstva, zarade nastavnog osoblja i sl.), 2. oportunitetne troškove polaznika, prije svega njegovu izgublenu zaradu tokom školovanja, 3. druge uzgredne troškove, kao što su na primjer izdaci za knjige, troškovi prevoza, itd. (Jurković, 68). Za komparaciju procijenjenih društveno korisnih troškova obrazovanja osobe sa višom školom i fakultetom, navedena je slijedeća tabela:²⁰

Tabela 1 – Procijenjeni društveno korisni troškovi obrazovanja po polazniku viših škola i fakulteta u godini X

<i>Opis</i>	<i>Više škole</i>	<i>Fakulteti</i>
I Procijenjene društvene koristi- ukupno godišnje		
1. Godišnja razlika u zaradama u odnosu prema nižim stupnjevima obrazovanja		
2. Očekivano trajanje vijeka (godina)	12.000	20.000
3. Sadašnja vrijednost očekivanih društvenih koristi (PBV)	45	41
- pri diskontnoj stopi 6% (12000 IV ⁴⁵ ₈ ; 20.000 IV ⁴¹ ₈)	185.469	302.760
- pri diskontnoj stopi 10% (12.000 IV ⁴⁵ ₁₀ ; 20.000 IV ⁴¹ ₁₀)	118.353	195.982
II Očekivani društveni troškovi za četiri godine školovanja, ukupno godišnje	36.000	57.000
1. Funkcionalni rashodi	10.000	20.000
2. Izgubljene zarade tokom školovanja	25.000	35.000
3. drugi troškovi	1.000	2.000
4. Sadašnja vrijednost ukupnih troškova (PVC)		
- po diskontnoj stopi 6% (36.000 IV ⁴⁶ ₆ ; 57.000 IV ⁴⁸ ₆)	125.463	197.511
- po diskontnoj stopi 10% (36.000 IV ⁴¹⁰ ₁₀ ; 57.000 IV ⁴¹⁰ ₁₀)	114.113	180.678

²⁰ Jašić, Z.: Obrazovanje i strukturne promjene, Ekonomski institut, Zagreb, 1997., str. 47.

III	Odnos društvenih koristi i troškova (PV_B/PV_C)		
	pri diskontnoj stopi 6%	1,48	1,53
-	pri diskontnoj stopi 10%	1,04	1,08
IV.	Neto ukupne društvene koristi ($PV_B - PV_C$)		
	pri diskontnoj stopi 6%	60.006	105.249
-	pri diskontnoj stopi 10%	4.240	15.304

Iako jednostavno prezentiran, navedeni primjer cost benefit analize u obrazovanju ima određenih nedostataka. Prvi od njih je što koristi od ulaganja u obrazovanje posmatra isključivo preko većih zarada zaposlenih sa višim stepenom obrazovanja, a zanemaruje šire proizvodno-tehničke i društvene koristi što ih pruža više obrazovanje. Drugi nedostatak može biti u tome da struktura i broj obrazovanih nije u skladu sa potrebama društva za pojedinim usmjerenjima, pa se, s tim u vezi, pojavljuju negativne eksternalije, kao npr. u BiH. Naredni nedostatak je u činjenici da analiza polazi od toga da su razlike u zaradama zaposlenih isključivo u stepenu obrazovanja, a ne i u dejstvu drugih faktora (propulzivnosti zanimanja, deficitarnosti kadrova, sposobnosti pojedinaca, motivacije zaposlenih i sl.). Navedeni primjer cost benefit analize zanemaruje doprinos obrazovanja inovacijama, kvaliteti upravljanja složenim sistemima i sl.

Pored navedenih nedostataka, koji se odnose na konkretan primjer, valja imati na umu i druga ograničenja u primjeni cost-benefit analize. Tu se prvenstveno radi o problemu mjerenja koristi i troškova, izbora stope kriterija (diskontne stope) i problem sukoba ciljeva kod ulaganja u određeni projekat. Problem mjerenja društvenih koristi i troškova prisutan je i kod korporativnih projekata i kod javnih projekata, budući da ih je teško utvrditi u vrijednosnom (novčanom) smislu. Čak i tamo gdje se oni mogu mjeriti, normalno bi bilo da se svi inputi i autputi programa (projekta) vrednuju po tekućim tržišnim cijenama. S obzirom da tržišne cijene često ne odražavaju stvarne društvene koristi i troškove, one se koriguju tzv. skrivenim cijenama. Direktna primjena tržišnih cijena u mjerenju inputa i autputa javnog sektora neprihvatljiva je zbog nekompetitivnosti tržišta konkurentnih proizvoda i distorzije cijena, koje se dešavaju zbog različitih razloga, čije elaboriranje prevazilazi temu ovog Rada.

Korigovana cijena inputa trebala bi biti na nivou stvarnih oportunitetnih troškova bez obzira da li se oni izvode iz marginalnih troškova proizvodnje ili iz cijene njihove alternativne upotrebe. Iako teorijski korektno postavljena, ovu cijenu teško je konkretno primjeniti kod javnih projekata. Pri primjeni obračunske cijene za autpute, kao zamjenu za tržišnu cijenu, koja nije ravnotežna, treba voditi računa da li je u pitanju tržište imperfektne konkurencije ili se radi o tržišnoj ravnoteži s viškom, odnosno manjkom tražnje. Ne ulazeći u dalju analizu tržišne situacije, naglašavamo da bi „korigovana cijena autputa trebala biti očišćena od monopolske rente, poreza i dotacija, a po mogućnosti trebala bi sadržavati i mjerljive vanjske učinke, te odražavati krupnije očekivane promjene relativnih cijena, što će nastati ne samo pod uticajem realizacije konkretnog projekta nego i kao izraz postojećeg trenda strukturnih promjena u privredi i šire“ (Jurković, 64).

Izbor diskontne stope (stope kriterija) je od velike važnosti pri izračunavanju neto sadašnje vrijednosti (NSV) projekta. Razlike u NSV nastaju usljed variranja ove stope. S tim u vezi najčešće se javlja dilema da li primjeniti tržišnu (privatnu) kamatnu stopu ili „društvenu“ diskontnu stopu. U slučaju da se primjenjuje tržišna diskontna stopa, tada se očekuje racionalna alokacija resursa. Međutim, problem je u činjenici da ni diskontna tržišna stopa nije jedinstvena i da ona postoji samo u uslovima potpune transparentnosti i perfektnog tržišta kapitala. S obzirom da su obe pretpostavke nerealne, do jedinstvene (jedne) kamatne stope teorijski se dolazi ponderisanjem prosječnih tržišnih kamatnih stopa. Nezavisno kolika je praktična vrijednost ovako utvrđene kamatne stope za svođenje vrijednosti očekivanih koristi i troškova projekta, ova stopa nije adekvatna za utvrđivanje sadašnje vrijednosti društvenih troškova istog projekta. Društveni troškovi zavise iz kojih izvora se projekat finansira. Pri

tome ta, „društvena stopa“, može biti ista ili manja od prosječne tržišne kamatne stope. Obično je ova („društvena“) stopa niža od tržišne stope kod ulaganja u sadržaje javnog karaktera i to stoga jer se ova ulaganje moraju vrednovati sa aspekta više društveno važnih i nezavisnih ciljeva. S obzirom da cost-benefit analiza mjeri društvenu efikasnost sa društvenog, odnosno makroekonomskog aspekta i da se često radi o nemjerljivim ciljevima, njihova stopa kriterija može se utvrditi jedino političkom odlukom datog javno-pravnog kolektiviteta.

Kod primjene cost-benefit analize, odnosno kod vrednovanja ulaganja u projekte javnog sadržaja, pojavljuje se problem onda kada se projekat mora vrednovati sa aspekta više društveno važnih nezavisnih ciljeva. Iako ovi projekti mogu biti jednako važni, kriterij vrednovanja ulaganja i odluka o ulaganju u određeni projekat donosi se političkom odlukom.

3.PROBLEMATIKA OBRAZOVANJA U BIH

Ako problematiku obrazovanja konkretizujemo na Bosnu i Hercegovinu, dolazimo do činjenice da kod nas postoji 12 sistema obrazovanja, da su oni nepovezani, da su usitnjeni, nekvalitetni i da su uglavnom zasnovani na voluntarističkim odlukama datog nivoa javno-pravnog kolektiviteta (kantona, distrikta Brčko, entiteta RS). Prvi korak u rješenje problema je u ustanovljenju integrirajuće strategije obrazovanja na nivou BiH, uz primjenu cost- effectiveness analize, koja se u suštini svodi na primjenu alternativnog programa obrazovanja uz najmanje troškove za ostvarivanje unaprijed postavljenog cilja ili grupe komplementarnih ciljeva.

Iako kod nas ne postoji ozbiljno tržište rada i ono je pokazalo da se putem njega ne može da uspostavi efikasan nivo obrazovanja i da djelotvoran obrazovni sistem treba da bude na nivou centralne vlade. Ovo stoga jer ulaganje u obrazovanje kadrova ima troškove (cijenu) kao i ulaganje u opremu ili građevine i koje treba da osigura isplativost ovih ulaganja. Budući da se svaki razvoj treba zasnivati na racionalnoj upotrebi raspoloživih resursa, koji će rezultirati rentabilnošću, a da BiH ima ograničene resurse za razvoj, onda je logično da ovakvo ulaganje u obrazovanje ne uzima u obzir oportunitetne troškove.

Utvrđivanje neto sadašnje vrijednosti (NSV) u sferi obrazovanja ima smisla ako postoji tražnja za poslovima obrazovanih osoba, odnosno da se oni mogu zaposliti nakon završetka školovanja. Međutim, ako je ponuda obrazovanih lica veća od tražnje i ako se ova lica ne mogu zaposliti, te ako je u pitanju obrazovanje u javnim ustanovama koje finansira ili subvencionira država, onda je teško utvrditi NSV. Upoređivanje koristi i troškova obrazovanja u BiH problematizira i činjenica da je broj studenata na javnim fakultetima određen isključivo političkom odlukom, a ne ekonomskim kriterijima, s obzirom da je broj studentskih mjesta u javnim ustanovama određen visinom sredstava koje vlada odobrava, a ne realnom tražnjom za obrazovanim ljudima.

Širenje obrazovanja po visokoj stopi poželjno je sa stanovišta jednakosti ljudi. Međutim, u BiH ovo (ekstenzivno) širenje obrazovanja ne može se opravdati društveno i finansijski u smislu optimalne alokacije ionako oskudnih sredstava. O oportunitetnim troškovima da i ne govorimo. S obzirom da nema ozbiljnijeg zapošljavanja u realnom sektoru, dolazi do nedopustivo velikog zapošljavanja u javnom sektoru, koje se finansira na teret budžeta, odnosno daljnim fiskalnim i nefiskalnim opterećenjem sektora privrede, što ju cjenovno čini nekonkurentnom na globalnom nivou. Iako se svi nivoi i usmjerenja obrazovanja mogu vrlo teško zaposliti, ekstenzivni način obrazovanja se i dalje nastavlja, a da se pri tom ne utvrđuju nikakvi troškovni ni drugi efekti. Proizlazi da više obrazovanje, pri nemogućnosti zapošljavanja, postaje „posljednje utočište“ za mlade ljude. Budući da većina troškova obrazovanja u javnim ustanovama ide na teret javnih prihoda (budžeta), onda je ovo obrazovanje veoma skup oblik kompenzacije za nezaposlenost.

Problem u BiH je u činjenici što društveni troškovi obrazovanja rastu brže od rasta privatnih troškova i što marginalni troškovi obrazovanja nadmašuju marginalne koristi, a što rezultira negativnim

društvenim efektima. Postavlja se stoga logično pitanje: dokle će ovo ići? Odgovor je vrlo jednostavan: sve dok postoji društveno finansirano (ili subvencionirano) visoko obrazovanje, ljudi će nastojati da se školuju, iako znaju da će teško (ili nikako) dobiti posao u svojoj struci! To što će ovakva politika rezultirati sa najmanje tri pogreške, nikoga ne zabrinjava. Prva od njih biće bolno saznanje da su se ljudi školovali za poslove za koje ne mogu dobiti zaposlenje i da moraju prihvatiti daleko prostije ili bilo kakve poslove, što dovodi do degradiranja njihovih stručnih kvalifikacija i frustracija. Druga pogreška odnosi se na neefikasnost uloženi društvenih sredstava, koja su oskudna i koja su se mogla usmjeriti u produktivne namjene. Treća pogreška je u činjenici da nema jasno definisanih niti transparentno primjenjivanih kriterija da se izvrši odabir i zapošljavanje najkvalitetnijih diplomanata, pa oni odlaze u inostranstvo, tako da mi objektivno finansiramo najproduktivniji proizvodni input razvijenim zapadnim zemljama, što je nedopustivo i što predstavlja očit primjer negativnih eksternalija.

Nakon ukazivanja na osnovne probleme koji postoje u politici obrazovanja u BiH, postavlja se pitanje: kako obrazovanje učiniti kvalitetnim i faktorom privrednog i ukupnog društvenog razvoja zemlje? Da bi politika obrazovanja bila socijalno korektna, društvo mora pružiti šansu omladini svih socijalnih kategorija, ali onim koji zadovoljavaju kriterije kvalitete. Dakle, besplatno (ili subvencionirano) visoko obrazovanje treba da je dostupno onim koji to kvalitetom zaslužuju. Oni ispod prosjeka (ili čak prosječni) mogu da se dalje školuju, ali na sopstveni teret. Ujednačena distribucija obrazovanja, zasnovana na kvantitetu, jednostavno mora biti prekinuta. Prema tome, ekstremne razlike u kvaliteti obrazovanja (i kvaliteti diplomanata) koje postoje kod nas i kod konkurentskih, posebno zapadnih zemalja, moraju se smanjiti na način da se sredstva umjesto finansiranja kvantiteta (i nekvaliteta) usmjere u finansiranje kvaliteta visokog obrazovanja. Istina, ovo će dovesti do nejednakosti među omladinom, ali je i to manje zlo nego da se nastavljaju kontraverze koje danas postoje u obrazovanju u BiH, odnosno:

1. da se i dalje finansira veliki broj javnih univerziteta,
2. da je besplatno školovanje dostupno svima (bez obzira na kvalitet),
3. da mnogi fakulteti nemaju osnovne prostorne, udžbeničke, komunikacijske, nastavne i druge resurse za kvalitetno obrazovanje i
4. da se ishodište ovakvog obrazovanja završava na birou za zapošljavanje.

Obrazovni sistem u BiH ima enormno visok broj nezaposlenih diplomanata upitne stručnosti u globalnim okvirima i po međunarodnim kriterijima i standardima. Umjesto toga, naš obrazovni sistem mora postati sistem kvaliteta i faktor privrednog i društvenog razvoja, a ne sredstvo za jednakost koja rezultira nekvalitetom, visokim troškovima i nezaposlenošću. Ustrajavanje na ovakvom modelu ima svoja ograničenja koja će vrlo brzo doći na naplatu. Naime, budžetski deficiti i enormno visoka neproduktivna javna potrošnja u odnosu na novostvorenu vrijednost, moći će se pokrivati povećanim javnim dugom dotle dok budemo mogli vraćati obaveze po ovom dugu. Kada to ne budemo mogli, a što je veoma blizu, nastaje prvo turbulencije, a kasnije i krah sistema. U uvodu ovog Rada navedeno je da obrazovanje treba da bude cilj razvoja, što nije sporno ni teorijski ni praktično. Isto tako, ustvrdili smo da obrazovanje treba da bude prioritet razvojne politike zemlje, što takođe nije sporno. Da je obrazovanje faktor razvoja svake zemlje ne treba posebno dokazivati. Međutim, ciljevi razvoja obrazovanja i prioritet razvojne politike obrazovanja u BiH nisu zasnovani na kvantitetu već kvantitetu, pa stoga obrazovanje kod nas nije faktor razvoja, već faktor samozavaravanja.

4. ZAKLJUČAK

U ovom Radu pokušali smo dokazati da kvalitetno obrazovanje u svakoj zemlji treba da predstavlja ključni faktor razvoja i cilj razvoja. Da bi obrazovanje bilo faktor razvoja, ono mora biti jedan od prioriteta razvojne politike zemlje i mora biti zasnovano na kvalitetu koji je ustanovljen u globalnim okvirima, jer globalizacija prerasta iz poslovnog procesa u poslovnu ideologiju, koju karakteriše činjenica da je kvaliteta obrazovanja najvažniji proizvodni faktor, budući da se ishodište kvaliteta obrazovanja verifikuje na konkurentnom, globalnom tržištu.

Budući da je tržište radne snage internacionalizovano i da je ljudski kapital, zasnovan na kvaliteti znanja, najvažniji faktor konkurentnosti, a da je kvaliteta obrazovanja u BiH upitna, došli smo do zaključka da sistem obrazovanja u BiH mora biti korjenito izmijenjen. Prvi korak u tome mora biti ustanovljenje integrirajuće strategije razvoja na nivou BiH, uz primjenu cost- effectiveness analize, koja se u suštini svodi na primjenu alternativnog programa obrazovanja uz najmanje troškove za ostvarivanje unaprijed postavljenog cilja ili grupe komplementarnih ciljeva. Cost-benefit analizu treba primjenjivati bar sa pretpostavljenim vrijednostima s obzirom da se ona bavi utvrđivanjem i poređenjem vrijednosti svih očekivanih troškova i koristi određenih ulaganja, radi procjene opravdanosti ulaganja.

5. LITERATURA

- [1] Blanchard, O.: Makroekonomija, treće izdanje, MATE, Zagreb, 2003.
- [2] Đukić, Đ. i drugi: *Bankarstvo*, CID Ekonomskog fakulteta Beograd, 2006.
- [3] Hatibović, Dž.: *Ekonomski razvoj*, Ekonomski fakultet Univerziteta u Bihaću, 2003.
- [4] Jašić, Z.: *Obrazovanje i strukturne promjene*, Ekonomski institut, Zagreb, 1997.
- [5] Jurković, P.: *Javne financije*, MASMEDIJA, Zagreb, 2008. godine
- [6] Krugman, P.R. i Obstfeld, M.: *Međunarodna ekonomija, teorija i ekonomska politika, sedmo izdanje*, MATE, Zagreb, 2009.
- [7] Muratović, H.: *Međunarodni bankarski poslovi*, Ekonomski fakultet Univerziteta u Bihaću, 2011.
- [8] Muratović, H.: *Uticaj javne potrošnje na privr. razvoj BiH*, Panevropski univerzitet, Banja Luka, 2008.
- [9] *Publikacija ILO OUN*, New York, 2000.
- [10] Stojanović, R.: *Upravljanje razvojem, Savremena administracija*, Beograd, 1990.
- [11] Todaro, M.P. i Smith, S.C.: *Privredni razvoj*, deveto izdanje, IK „Ibrahimpašić“, Sarajevo, 2006.
- [12] Zaklan, D.: *Teorija i politika novca*, Ekonomski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“, Mostar, 1998.
- [13] *Zbornik radova BZK „Preporod“*, Sarajevo, 2013.

DOPRINOS PROGRAMIRANOG UČENJA POVEĆANJU PRODUKTIVNOSTI PROCESA USVAJANJA ZNANJA

CONTRIBUTION PROGRAMMED LEARNING INCREASING PRODUCTIVITY OF THE ADOPTION OF KNOWLEDGE

Nezir Halilović

Uprava za obrazovanje i nauku Rijasetu IZ u BiH, Zelenih beretki 17,
Univerzitet u Bihaću, Islamski pedagoški fakultet
nezirhalil@yahoo.com

SAŽETAK:

Programirano učenje postoji kao autentičan oblik učenja jako dugo vremena, pa ipak u dosadašnjem nastavnom procesu na našem podneblju do sada je uglavnom izostajala njegova masovnija primjena. Udžbenici uglavnom nisu koncipirani po modelu programiranog učenja, a i veliko je pitanje koliko su uopće nastavnici, pogotovo oni pri kraju radnog staža, osposobljeni za pripremu i izvođenje takve vrste nastave. Sa druge strane, razvoj informacijskih tehnologija (IT) otvara potpuno nove mogućnosti masovne primjene programiranog učenja i iskorištavanja mogućnosti istog u nastavi i vannastavnim aktivnostima, mada je široj javnosti nepoznata njihova učinkovitost. U ovom radu, osim teorijskog okvira o programiranom učenju i mogućnosti njegove masovnije primjene u edukacijskim procesima, predstavljeni su i rezultati empirijskog istraživanja o efektima korištenja istog. Za potrebe istraživanja kreirane su dvije nezavisne baze pitanja u formi flash-kviza koncipiranog na modelu programiranog učenja, a koji je sadržavao pitanja i odgovore na ista. Na kraju je izmjeren efekat korištenja tog pristupa u usvajanju znanja i utvrđeno je da se korištenjem programiranog učenja u ponuđenoj formi u oba slučaja na nivou statističke značajnosti povećava procenat usvojenosti znanja kod ispitanika. Osim toga, rezultati upućuju i na to da učenici rado koriste nove mogućnosti podržane savremenim tehnologijama.

Ključne riječi: programirano učenje, informacijske tehnologije, flash-kviz, znanje

ABSTRACT:

Programmed learning exist as an authentic form of learning a very long time, yet in the past educational process in our country so far is largely absent its mass application. Textbooks are generally not designed on the model of programmed learning, and the big question is how do teachers, especially those near the end of service, trained in the preparation and presentation of this kind of teaching. On the other hand, the development of information technology (IT) opens up completely new possibilities for mass application of programmed learning and use of the potential of the same curricular and extracurricular activities, although it is unknown to the general public of their effectiveness. In this paper, besides the theoretical framework of programmed learning and the possibilities for its greater implementation of the educational process, are presented and the results of empirical research on the effects of using the same. For the purposes of this research were created two independent base issues in the form of flash quiz conceived on the model of programmed

learning, which included questions and answers to the same. At the end of the measured effect of using this approach in the acquisition of knowledge and it was found that the use of programmed learning in the offered form in both cases at the level of statistical significance increases the percentage of knowledge in the subjects. In addition, the results also suggest that students like to use the new capabilities are supported with modern technologies.

Keywords: *programmed instruction, information technology, flash quiz, knowledge*

1. UVOD

Jedan od pojmova koji nikada neće izgubiti na značaju je pojam učenja. Iako se radi o pojmu koji je skoro nemoguće jednoznačno definirati (slično kao što je sa pojmom ličnosti) radi se o nezaobilaznom pojmu u svakom govoru o razvoju čovjeka. Činjenica je da čitavog života nešto učimo. Također je činjenica da je najintenzivniji period učenja vezan za školovanje (kao ciljani, planski, organizirani, od strane stručnih osoba vođeni proces učenja) i upravo na tom osnovu se zasnivaju obrazovni sistemi svugdje u svijetu. Cilj svakog obrazovnog sistema je da što bolje osposobi i za realni život pripremi narastajuće generacije. Međutim, svjedoci smo da obrazovni sistemi nisu jednako uspješni svugdje u svijetu, i svjedoci smo da i naš obrazovni sistem postiže različite rezultate. Cilj svih obrazovnih sistema je postizanje što boljih rezultata u učenju i na tom osnovu se realiziraju brojne reforme. Te reforme su nekada toliko obimne da zahvataju cijeli obrazovni sistem, a nekada, pak, mijenjaju samo neke njegove dijelove. S obzirom da živimo u informatičkom dobu koje karakteriše dinamičan razvoj informacijskih tehnologija (IT), njihovo sve masovnije prisustvo u brojnim porama svakodnevnog života, kao i krajnje pojednostavljeni načini korištenja istih, sve je aktuelnije pitanje odnosa tih tehnologija i tradicionalnog obrazovnog sistema, odnosno, da li je moguće očigledne prednosti IT-a iskoristiti za potrebe obrazovnog sistema. U ovom radu su predstavljeni rezultati jednog od mogućih pristupa realizirani u dva projekta i sa izmjerenim efektima tog pristupa.

2. UČENJE

Vjerovatno ključni pojam u životu svakog čovjeka je pojam učenja. Naime, realizacija čovjeka kao čovjeka u najvećoj mjeri ovisi o njegovoj uspješnosti u procesu učenja. Upravo to je razlog zašto veliki broj ljudi ima svoju „definiciju“, odnosno svoje razumijevanje učenja, što se u nauci tretira kao laička poimanja učenja. Klasični laički prototip osobe koja uči je slika djeteta, mlade osobe ili čovjeka koji sjedi za stolom sa knjigom i uči. Većina osoba kada govori o učenju, uglavnom ima na umu ovu vrstu aktivnosti. Međutim, laička percepcija učenja otkriva drugu dimenziju sagledavanja ovog fundamentalnog pitanja u životu ljudi. To su pokazali rezultati istraživanja Barry-a i Sahlberg-a, u kome su djeca od 14-15 godina svojim riječima opisala učenje:

- „odlazak u školu da zapamtiš nove stvari koje ti nastavnik kaže i da ih dobro pohraniš u svoju glavu.“
- „pokušaj da pronađeš odgovor na svoja lična pitanja ili sticanje novih vještina. To je, također, i zainteresiranost da ti poraste znanje i razviju se sposobnosti, zato što to neko traži, ili zato što si ti lično zainteresiran za to.“ [1]

Ovo istraživanje je jasno ukazalo na razliku koju učenici prave između „školskog“, tj. formalnog učenja koje karakteriše „obaveznost“ i spoljašnje vođenje procesa učenja, tj. „vanškolskog“ neformalnog i informalnog učenja čije su glavne karakteristike spontanost, lični izbor i unutarnja motivacija.

Značaj procesa učenja u životu čovjeka otkrivaju psihološke definicije učenja. U jednoj od njih se kaže: „Učenje je trajna i relativno specifična promjena ponašanja individue koja se pod određenim uslovima može manifestovati u njenom ponašanju, a koja je rezultat prethodne aktivnosti individue.“ [2] Ova definicija jasno ukazuje da je suština tog procesa u ličnoj aktivnosti osobe koja uči, kao i rezultatima tog procesa koji se mogu, ali i ne moraju, odraziti na ponašanje osobe.

Osim laičkih i psiholoških definicija imamo i pedagoške definicije koje proces učenja razumijevaju kao proces čija primarna funkcija je sticanje znanja i sposobnosti, stavova o okruženju, razvijanje vještina i sticanje navika. Svi navedeni detalji su mjerljive kategorije i u ovom radu su mjerena usvojena znanja učenika nakon tradicionalnog pristupa učenju i savremenom pristupu informatički podržanom učenju.

2.1. Programirano učenje i nastava

Informatičko doba u kojem živimo nametnulo je pitanje govora o programiranom učenju. Programirano učenje se najjednostavnije može opisati kao učenje kratkih, suštinskih jasno definiranih koraka, a programiranje kao unaprijed određen i razrađen slijed koraka. Za razliku od svakodnevnog učenja koje je pretežno spontano, i od školskog učenja koje je djelimično programirano, u programiranom učenju, osim sadržaja, programiran je i sam proces obrade tog sadržaja (način učenja, način predavanja, vježbanja, povratne informacije, i sl.).

Pred pojma programiranog učenja, često se koristi i pojam „programirane nastave“, koja se može definisati kao: „nastava u kojoj je unaprijed određen i do detalja razrađen ne samo sadržaj nego i način njegove obrade;“ [3] i kao: „specijalna metoda po kojoj se nastavno gradivo, koje treba usvojiti, organizira i daje u obliku koji omogućuje samoobrazovanje i samo kontrolu kao i aktivnost učenika da uči sopstvenim ritmom i na osnovu minimalnog predznanja.“ [3]

U suštini, sve definicije programiranog učenja i nastave ukazuju na potrebu razlaganja nastavnog gradiva na što manje, elementarne dijelove, što poboljšava i pospješuje njihovu obradu i usvajanje.

Programirano učenja i nastava bazira se na sljedećim stavovima i shvatanjima:

- učenje je proces koji svaka individua doživljava na svoj poseban način, zbog čega se učenici moraju osposobiti da samostalno uče
- u učenju postoje ogromne individualne razlike među učenicima
- učenje je uspješno samo kad se znaju rezultati učenja
- nastavno gradivo koje se daje učenicima treba da bude stručno izabrano i obrađeno, zadaci tačno definirani i da im se daje ono što je najbitnije i što predstavlja suštinu nastavne jedinice.

U praksi su prisutna dva tipa programiranja: linearni i razgranati tip.

Linearni tip programiranog učenja i nastave razvio je američki psiholog B. F. Skinner (Skinner), koji se smatra osnivačem programirane nastave. U svome naučnoistraživačkom radu „Nauka o vještini učenja i vještini poučavanja“ iz 1954. razvija shemu programiranog učenja:



Slika 1: Shema procesa linearnog tipa programirane nastave

Poučavati znači usmjeravati niz stimulusa i reagovanja da bi dobili željenu promjenu ponašanja. Prema teoriji podsticanja na kojoj je zasnovano programirano učenje, proces učenja se sastoji od tri faze:

- a) **stalnog kontakta učenika sa novom informacijom, činjenicom i sl., tj. sa izvorom znanja,**
- b) **puna angažiranost i aktivnost učenika** permanentno u rješavanju programskih elemenata,

- c) **“podsticanje”, tj. potkrjepljenje mora uvijek biti prisutno**, bilo potvrdno ili odrično. U pravilu, što je povratna informacija neposrednija iza učenikovog odgovora i podsticanje će biti efikasnije.

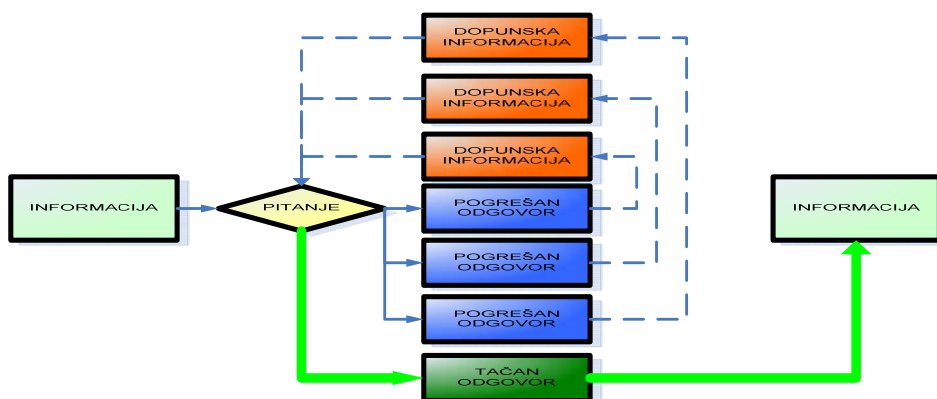
Na osnovu njegove teorije nastao je osnovni tip programirane nastave: *linearni direktivni program*. Po njemu svi učenici idu jednim jedinstvenim načinom učenja, koji se sastoji od “malih koraka”, odnosno malih dijelova programa koji vode ka cilju učenja – novom saznanju. Na kraju svakog koraka, koji se obično sastoji od jedne informacije, postavlja im se po jedan zadatak na koji učenik treba da odgovori. Ako je tačno odgovorio, prelazi se na naredni zadatak. Šematski, taj tip nastave se može predstaviti na sljedeći način:



Slika 2: Shema procesa linearnog direktivnog tipa programirane nastave

Tokom vremena pokazalo se da korištenje istog tipa odgovora, npr: „Da – Ne“, „Tačno – Netačno“ i sl., poslije određenog koraka djeluje monotono i paralizira aktivnosti učenika, zbog čega se u sisteme linearnog programa ugrađivao tzv. „efekat iščezavanja“ (*fading*), tj. u toku prelaženja programa stimulansi postaju sve rjeđi i rjeđi. Razvijeniji tipovi ovog programa učeniku daju mogućnost da napreduje samo ako daje tačne odgovore, ali ako pogriješi, program ga vraća unatrag i zadaje mu određene nizove zadataka ili dopunsko gradivo sa novim informacijama. No, da bi se nedostaci potpuno otklonili razvio se potpuno novi i znatno kompleksniji tip programirane nastave, tzv. razgranati program.

Razgranati program utemeljio je Amerikanac N. Crowder (Krauder) koji obrazovne sadržaje također dijeli na niz manjih koraka, ali nakon pitanja ne traži konstrukcione odgovore, već nudi više odgovora između kojih učenik treba izabrati samo jedan tačan. Zavisno od odgovora koje izabere, učenik se vodi do cilja učenje, naravno idući individualnim tempom, brže ili sporije, ovisno o kvalitetu svojih znanja i sposobnosti. Ovaj tip programa se može šematski predstaviti ovako:



Slika 3: Shema procesa razgranatog tipa programirane nastave

U svakom slučaju, da bi se razradili i jedan i drugi tip programa moraju se proći sljedeće faze:

1. **Definiranje ciljeva koje treba postići** (zavisi od strukture i organizacije učenja i nastave, potreba i zahtjeva korisnika, itd.)
2. **Određivanje sadržaja nastave** (informacija, pravila, radnji koje će dovesti do željenih rezultata, odgovora na pitanja koja znanja, umijeća i navike trebaju biti usvojene)
3. **Organizacija programa** (podjela na dijelove, tj. jedinice, odjeljke, elemente, vodeći računa o logičkim i psihološkim faktorima)
4. **Princip razrade programa** (određivanje načina izlaganja pojmova, izbora objašnjenja, primjera, zadataka i odnosa kakve među njima treba uspostaviti).

Nakon otkrića programiranog učenja i nastave istim je poklonjena velika pažnja, mada nikada nije doživjela neko masovnije ostvarenje u smislu da potpuno ovlada neki od obrazovnih sistema, ali težnja k njoj je svugdje prisutna. Zahvaljujući toj pažnji, i pored različitih tipova programirane nastave, izdvojeni su i određeni principi koji važe za nju:

- *princip podjele nastavnog gradiva na sitne dijelove* (elemente, članke, jedinice, korake, doze, sekvence, itd.) koji odgovaraju prostoj informaciji
- *princip davanja konkretnog odgovora u svakoj od etapa*
- *princip napredovanja u etapama*
- *princip individualnog ritma napredovanja* – jer svi rade individualno s mašinom ili programiranim udžbenikom, odnosno sa obrazovnim softverom,
- *princip neposrednog stimuliranja odgovora*
- *princip stalne kontrole odgovora*
- *princip ponavljanja (utvrđivanja) gradiva*.

Iako navedeni principi važe i za uobičajeno učenje i nastavu, u programiranoj su oni neizostavni, te se sistematski primjenjuju. Nema sumnje da ovaj oblik učenja i rada ima niz značajnih prednosti ali i ograničenja, što se mora imati u vidu kad god se koristi ovaj oblik učenja.

2.2. Prednosti programiranog učenja i nastave

Korištenje programiranog učenja i nastave tokom vremena iskristalisalo je niz prednosti, koje navodi Bogičević, od kojih su najuočljivije sljedeće:

- učenik u najkraćem vremenu ide do cilja (usvajanja željenog sadržaja) jer programirani materijal sadrži samo najbitnije informacije
- programiranjem se uvijek polazi od poznatih pojmova i postupno prelazi na nove
- učenik stiče nova znanja kad već ima određeno predznanje za dalje učenje, što je garancija uspjeha
- učenik se može zadržati na gradivu koliko god hoće, pri čemu je stalno aktivan
- usvojena znanja su temeljitija i potpunija, pa prema tome i trajnija
- učeći samostalno, svaki učenik napreduje prema svojim mogućnostima i sposobnostima
- individualne razlike među učenicima nisu potpuno iščezle, ali je njihov raspon znatno smanjen
- učeniku se pomaže da daje tačne odgovore putem dopunskih informacija
- talentovani učenici dobijaju dodatne grane programa koje ima omogućavaju da više i dublje saznaju o problemima koji ih interesuju
- vremenske uštede u usvajanju gradiva se kreću i do 60 % kod talentovanih i sposobnih učenika
- tempo usvajanja gradiva je individualan, pa i različit prema ličnim sposobnostima
- učenik samostalno uči i tako se privikava na samostalan rad, na samoučenje
- kontrola učenikovog rada je stalno prisutna

- u toku učenja postoji stalna povratna, obostrana veza između učenika i programa, a učenik je stalno obaviješten o svom znanju putem povratne informacije
- poslije svakog odgovora učenik dobije povratnu informaciju o ispravnosti svog odgovora
- sam proces učenja i napredovanja svakog učenika može se pratiti i proučavati, jer se uporedo s procesom učenja odvija i proces testiranja (svi podaci i sa tačnim i sa pogrešnim odgovorima se registruju, stalna su kontrola kvaliteta programa, kao i napredovanja učenika)
- u odnosu na kvalitet znanja programirani materijali su odlični dijagnostički instrumenti za određivanje razlika među učenicima i među razredima
- koristeći programirane materijale (udžbenike, pakete za učenje ili obrazovne softvere) učenici mogu učiti i na drugim mjestima, ne samo u školi
- programirana nastava pomaže nastavniku jer ga oslobađa od izvjesnih rutinskih aktivnosti što mu daje više vremena za druge aktivnosti
- u programiranoj nastavi nema potrebe za redovnim propitivanjima i vježbama jer se precizno zna šta su učenici naučili, a šta nisu, itd. [3]

Spisak prednosti programiranog učenja i nastave je obiman, međutim, i ovaj oblik učenja ima određena ograničenja koja se moraju imati na umu prilikom njegovog korištenja.

2.3. Ograničenja programiranog učenja i nastave

Najčešća ograničenja, pa i zamjerke na račun programiranog učenja su sljedeće:

- Programiranom učenju i nastavi se zamjera da je kao oblik učenja i nastavna metoda još uvijek nedovoljno provjerena, te da je treba još ispitivati.
- Po mišljenju nekih eksperata programirano učenje i nastava su više usmjereni na mehaničko usvajanje gradiva „mehanički efekat“, nego na razvijanje saznavnih procesa.
- Mnogi analitičari zamjeraju da nije jasno u kojoj etapi obrazovanja bi programirana nastava dala najbolje rezultate.
- Ne postoji saglasnost da li je programirana nastava pogodna za sve nastavne oblasti i predmete ili samo za neke od njih, kao ni da li je jednako cjelishodna za sve dijelove jednog nastavnog predmeta, jer u svakom predmetu postoje teme koje se mogu jako uspješno programirati, ali i teme koje je bolje obrađivati standardnim oblicima nastavnog rada.
- Programirano učenje i nastava su zahtjevni modeli i za njihovu primjenu potrebno je imati potpuno obezbijedenu podršku za učenje u vidu: programiranog udžbenika, programiranim materijalima i programiranim paketima za učenje, a u današnje vrijeme, svakako, na odgovarajućim obrazovnim softverima, koji su neodvojivi od pojma programirane nastave.

Zbog svega navedenog davno je konstatovano da je programirana nastava samo jedan od puteva učenja i poboljšanja nastavnog procesa i da se ne može smatrati univerzalnom metodom nastavnog rada. Međutim, danas su mnoge od navedenih nedoumica uspješno riješene razvojem i primjenom informacijskih tehnologija koje su u potpunosti bazirane na principima programiranja.

3. INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Informacijske tehnologije predstavljaju jedan od savremenih sistema. Pod sistemom podrazumijevamo skup međusobno povezanih elemenata koji djeluju ka ostvarenju cilja sistema. Ti međusobno-funkcionalno povezani dijelovi sistema nazivaju se komponentama i oni se mogu dalje dijeliti na manje cjeline (podsisteme). Osnovni elementi svih sistema, pa i sistema informacijskih tehnologija su:

o input (ulaz – ulazna jedinica)

- o proces (obrada – centralna jedinica)
- o output (izlaz – izlazna jedinica)
- o feed back (povratna informacija, tj. kontrolni mehanizam)
- o odgovarajuće okruženje. [4]

Riječ je o izuzetno dinamičnom sistemu. Primjera radi, informacijsko-komunikacijsko područje se u posljednjem desetljeću razvija dvostruko brže od globalne ekonomije. [5] Od mnoštva prisutnih

definicija izdvajamo sljedeću: „Pod informacijsko-komunikacijskih tehnologija danas podrazumijevamo širok spektar alata i tehnika koje se koriste prilikom kreiranja, skladištenja i distribucije podataka (sirovih činjenica, brojki i detalja) i informacija (organizirana, smisljena upotrjebljiva interpretacija tih podataka) u svrhu kreiranja znanja (shvatanje i razumijevanje nekog skupa informacija, kao i načina na koji se one mogu najefikasnije upotrijebiti), te uspostavljanja komunikacije putem tih alata i tehnika. U okviru njih razlikujemo tri osnovne komponente IKT-a: kompjutere, komunikacijske mreže i sposobnost (know-how).“ [6]

Od mnoštva mogućnosti IT-a iskorištena je samo jedna, tj. predstavljanje obrazovnih sadržaja u formi flash-kviza, tj. dvije nezavisne baze pitanja i odgovora u elektronskoj formi, a rezultati su sljedeći:

4. REZULTATI EMIPRIJSKIH ISTRAŽIVANJA

4.1. Rezultati prijemnih ispita za medrese

Prijem učenika u medrese vrši se na osnovu prijemnih ispita, a samo odlični i vrlodobri učenici mogu pristupiti prijemnom. Testovi za prijemne se brižljivo pripremaju a rezultati temeljito analiziraju. Za potrebe prijemnog ispita 2013. godine kreirana je posebna digitalna baza pitanja koja se sastojala od po 150 pitanja iz Bosanskog jezika i književnosti, matematike, i vjeronauke, ukupno 450. Pitanja su sačinjena u .pdf i .doc formatu i učinjena dostupnim putem web-portala Rijaset. Osim toga, ista su kreirana i u vidu interaktivnog flash-kviza koji se mogao direktno koristiti sa web-portala Rijaset, kao i preuzeti i instalirati na svom PC-kompjuteru. Kada se napravila analiza odgovora na pitanja sa prijemnog iz 2010. godine na koji je izašlo 525 učenika i odgovora na identična pitanja koja su informatički prilagođena sa prijemnog iz 2013. godine na koji je izašao 381 učenik, došlo se do sljedećih rezultata.

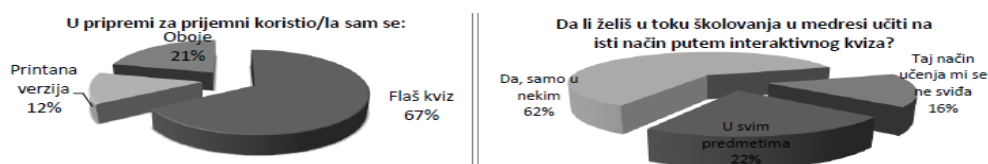
Tabela 1: Rezultati statističke obrade rezultata prijemnog iz 2010. i 2013.

t-Test: Paired Two Sample for Means	Rezultati 2010. (%)	Rezultati 2013. (%)
Mean	40,3333333	58,7555556
Variance	320,272727	261,825253
Observations	45	45
Pearson Correlation	0,63451764	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	44	
t Stat	-8,4356806	
P(T<=t) one-tail	4,8178E-11	
t Critical one-tail	1,68022998	
P(T<=t) two-tail	9,6356E-11	
t Critical two-tail	2,01536757	

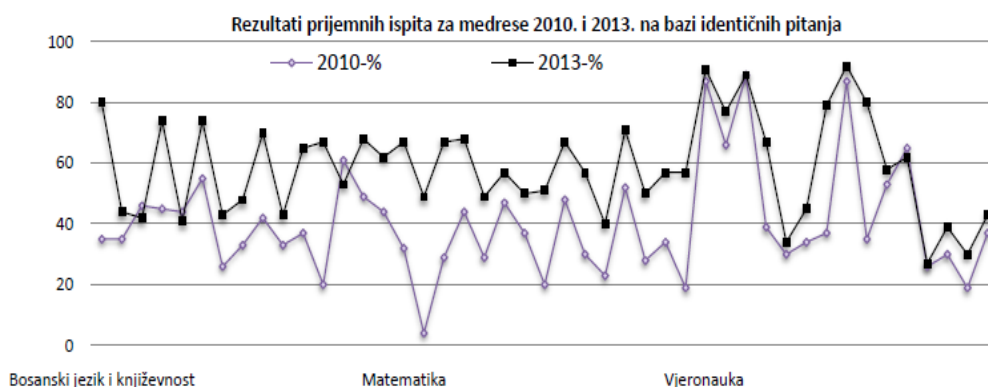
Čak i u slučaju kada je $\alpha=0,01$, t Critical one-tail=2,414, t Critical two-tail=2,6922, a P(T<=t) two-tail=9,635, postoji statistički značajna razlika između rezultata koja ide u prilog informatički

podržanom učenju uz pomoć flash kvizova. Ovi rezultati ukazuju da se sa vjerovatnoćom od 95 %, pa čak i 99 %, mogu očekivati slični rezultati i u drugim sličnim pristupima.

Učenici su na prijemnom pitani i o načinu pripremanja za prijemni, kao i o stavu o digitalnim sadržajima na osnovu kojih su se pripremali, a rezultati su sljedeći:



Slika 4: Struktura uzorka prema u pogledu pripreme za prijemni ispit i stavu o tim materijalima



Slika 5: Grafički prikaz rezultata iz 2010. i 2013. na bazi identičnih pitanja

Najveći procenat ispitanika (67 %) u pripremi za prijemni ispit koristio flash-kvizom, svega 12 % se koristilo samo printanom verzijom digitalne zbirke, dok se 21 % ispitanika izjasnio da se u pripremi za prijemni podjednako koristio i flash-kvizom i printanom verzijom zbirke. Ovi rezultati dokazuju da su inovirani načini učenja i pripremanja kandidata naišli na dobar odziv kod kandidata za upis u medresu. Što se tiče stava učenika o flash-kvizu i želji za standardiziranjem takvog načina učenja u redovnoj nastavi rezultati su pokazali da većina učenika ima pozitivan stav o učenju na inovirani način. Međutim, uočava se kritički pristup kod učenika tako da 62 % učenika sa prijemnog podržava tu ideju ali samo za neke predmete, 22 % pristaje da na taj način uči sve predmete, dok 16 % ističe da im se taj način učenja ne sviđa. Rezultati jasno ukazuju da digitalni sadržaji imaju svoje mjesto u učenju učenika i da se trebaju intenzivnije koristiti u učenju i nastavi.

4.2. Rezultati sa međunarodnog takmičenja iz vjeronauke

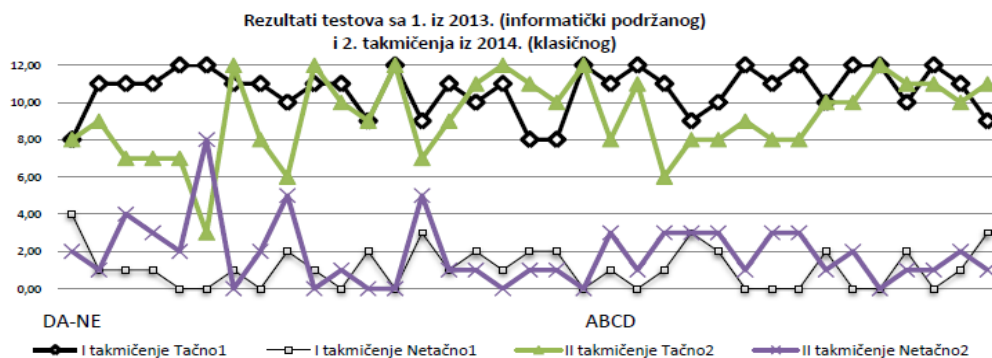
Rijaset IZ u BiH već treću godinu realizira međunarodna takmičenja iz islamske vjeronauke. Tom takmičenju pristupaju najbolji kandidati koji su prošli nivoe: školskih, općinskih, kantonalnih/regionalnih/entitetskih i državnih takmičenja. U takmičenju učestvuju po tri kandidata iz četiri države koje u okviru redovnog školskog sistema imaju nastavu vjeronauke i to Austrija, Bosna i Hercegovina, Hrvatska i Srbija, dakle, ukupno 12 najboljih učenika na državnom nivou. Za potrebe 1.

takmičenja 2013. formirana je digitalna baza od 500 pitanja koja je dostavljena svim učesnicima takmičenja, međutim, u 2. takmičenju 2014. učenicima je samo dostavljena literatura na osnovu koje se trebaju pripremati. Komparacija rezultata testova iz 2013. i 2014. nudi zanimljive pokazatelje.

Tabela 2. Rezultati statističke obrade rezultata testova iz 2013. i 2014.

t-Test: Paired Two Sample for Means	Rezultati informatički podržanog učenja iz 2013.	Rezultati uobičajenog učenja iz 2014.
Mean	10,6571	9,2286
Variance	1,58487	4,6521
Observations	35	35
Pearson Correlation	0,02971	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	34	
t Stat	3,42879	
P(T<=t) one-tail	0,0008	
t Critical one-tail	1,69092	
P(T<=t) two-tail	0,00161	
t Critical two-tail	2,03224	

Iako se ovdje radilo obrnutim redoslijedom nego što je slučaj kod prijemnih ispita u medrese, tj. prve godine su učenici pripremne materijale za takmičenje dobijali u digitalnoj formi, a druge godine u klasičnoj formi, tj. knjige i spisak literature, očigledno je došlo do opadanja rezultata iskazanih na testovima znanja.



Slika 6: Grafički prikaz rezultata iz 2013. i 2014.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je napravljen osvrt na programirano učenje i njegove mogućnosti u vanškolskom učenju učenika. U uvodnom dijelu je ukazano na mogućnosti i ograničenja koja sa sobom nosi programirano učenje i nastava, a u empirijskoj provjeri efikasnosti materijala koncipiranih na principima programirane nastave i podržanih savremenim informacijskim tehnologijama na obuhvaćenom uzorku se jasno došlo do saznanja da se informatički podržanim učenjem na principima programirane nastave, u ovom slučaju uobličeno u formu flash-kvizova sa velikom bazom pitanja (do 500), postižu bolji rezultati na testovima znanja nego kada se učenici prepuste klasičnom načinu pripremanja bilo za prijemne ispite, bilo za takmičenja najvišeg nivoa.

Naravno, ovo nameće i kritički upit da li se radi o mehaničkom učenju, koliko su usvojena znanja trajna i funkcionalna itd., što svakako nameće potrebu dodatnog istraživanja ovih pitanja, ali činjenica je da su informatički pripremani učenici na ponuđenim testovima postigli bolja znanja.

Na kraju krajeva, prvi korak svim učesnicima u obrazovnom procesu je „proizvesti“ odgovarajuća znanja kod učenika, a zatim slijede ostali koraci. Nema sumnje da je korišteni pristup u pogledu „količine“ usvojenih znanja produktivniji nego klasični.

Rezultati su, također, pokazali da se većini učenika sviđa savremeni način učenja, ali i da kritički razmišljaju o njegovoj primjeni u svim predmetima i u većini podržavaju korištenje tog načina samo u nekim predmetima.

6. LITERATURA

- [1] Barry i Sahlberg, *Psychology And Education: Understanding Teaching And Learning*. Chicago London New Delhi , Paris ,Seoul , Sydney , Taipei , Tokyo, 1996., pp. 195.
- [2] S. Radonjić, *Psihologija učenja I dio*, Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva – Beograd, 1985., pp. 29
- [3] M. Bogičević, *Tehnologija savremene nastave*, Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 1974.
- [4] N. Bajgorić, *Informacijska tehnologija*. Mostar: Univerzitetska knjiga, 2003.
- [5] Đ. Nadrljanski, M. Nadrljanski, M. Tomašević, Digitalni mediji u obrazovanju – pregled međunarodnih iskustava, *INFuture*, 2007.
- [6] J.A. Seen, *Informaciona tehnologija – principi – praksa – mogućnosti*, Beograd, Pearson, 2007.

OLAP U PRAVOSUĐU

OLAP IN THE JUDICIARY

Dražena Gašpar¹, Mirela Mabić¹, Danko Krešić²

¹Ekonomski fakultet Sveučilište u Mostaru
Matice hrvatske bb, 88 000 Mostar, BiH

²Kantonarno tužiteljstvo Zapadnohercegovačkog kantona
Zaobilaznica bb, 88 220 Široki Brijeg, BiH
drazena.gaspar@gmail.com
mirela.mabic@gmail.com
dankokresic@hotmail.com

SAŽETAK:

U radu je prikazana mogućnost primjene alata za izravnu analitičku obradu - OLAP alata (engl. Online Analytical Processing) u pravosuđu. Sa stajališta informacija, procesi funkcioniranja pravosuđa generiraju velike količine raznovrsnih podataka te se pred IT stručnjake u pravosuđu stavlja veliki izazov: kako efikasno i ekonomično upravljati velikim količinama podataka. Moguće rješenje je primjena OLAP alata koji kroz raznovrsna OLAP izvješća daju jednostavan i za korisnika razumljiv prikaz bitnih informacija iz baze podataka. Podaci prezentirani u radu nisu stvarni zbog osjetljivosti tematike, dok je struktura rađena na temelju izgleda izvješća Tužiteljstva, konkretnih sugestija djelatnika iz tužiteljstva te krivičnog zakona Federacije BiH.

Ključne riječi: OLAP, podatkovna kocka, pravosuđe, poslovna inteligencija

ABSTRACT:

This paper presents the possibility of applying the tools for online analytical processing - OLAP tools in the judiciary. From the standpoint of information, processes of the judiciary generate large volumes of diverse data and the IT professionals in the justice system face a big challenge: how to efficiently and cost-effectively manage large volumes of data. A possible solution is the use of OLAP tools that through a variety of OLAP reports provide a simple and user-friendly display of relevant information from the database. The data presented in this paper are not real because of the sensitivity of the topic, while the structure was built on the basis of the report of the Prosecutor, concrete suggestions from employees and the prosecution of the criminal code of the Federation of Bosnia and Herzegovina.

Keywords: OLAP, Data Cube, Judiciary, Business Intelligence

1. POSLOVNA INTELIGENCIJA I OLAP ALATI

Važna pretpostavka uspjeha poslovanja u današnjim uvjetima je, prije svega, razumijevanje faktora koji utječu na poslovni sustav poduzeća. Pravovremeni pristup informacijama u takvim okolnostima omogućava donošenje odluka koje mogu značajno unaprijediti rezultate poslovanja. U organizacijama se odluke donose na različitim hijerarhijskim razinama, što za posljedicu ima, potrebu osiguranja potrebnih informacija za svakog zaposlenika. No, ovdje često nastaje problem jer su podaci mnogim zaposlenicima nedostupni, jer se nalaze „skriveni“ u bazama podataka, skladištima podataka, predmetnim skladištima podataka (engl. *data martovima*) i sl. Da bi se tim podacima moglo pristupiti potrebno je poznavanje baza podataka, skladišta podataka, SQL-a i drugih programskih jezika kako bi se na temelju digitalno pohranjenih podataka mogla dobiti potrebna izvješća i pregledi. To znači kako korisnici, koji su zapravo vlasnici podataka, u tako organiziranim sustavima ne mogu samostalno koristiti vlastite podatke, već im je za njihovu uporabu i analizu nužna pomoć IT specijalista. Međutim, korisnički pogled na podatke u pravilu nije statičan. Iste podatke korisnici žele analizirati iz različitih perspektiva što često dovodi do nerazumijevanja i preopterećenosti IT specijalista. Upravo u takvim situacijama veliku prednost imaju alati za izravnu analitičku obradu (engl. *Online analytical processing* – OLAP) jer krajnjim korisnicima omogućuju izravan pristup i analizu podataka iz različitih perspektiva. Za OLAP alate se često kaže da predstavljaju lice skladišta podataka. OLAP alate, danas najčešće koriste analitičari koji pripremaju izvješća za menadžment, ali je neosporna korist OLAP alata za različite organizacije. Naime, OLAP alati omogućavaju dobivanje bitnih informacija i podataka iz baze podataka, prezentiranih kroz OLAP izvješća koja su jednostavna i laka za razumijevanje.

Naziv OLAP se veže u britanskog matematičara E.F. Codda koji je postavio temelje relacijskog računa, a prema „The OLAP Report Glossary“ ova skraćunica podrazumijeva kategoriju aplikacija i tehnologija za skupljanje, obradu i prezentaciju multidimenzijskih podataka namijenjenih analizama u svrhu upravljanja (Ljubetić, 2005).

Najvažnije svojstvo OLAP alata je omogućavanje multidimenzijskih analiza, odnosno promatranje podataka iz više dimenzija (perspektiva), kroz veći broj filtera, što predstavlja prirodan način na koji korisnici analiziraju podatke.

Važna osobina OLAP alata je njegova brzina rada, jer omogućuje menadžmentu postavljanje pitanja i dobivanje odgovora u najkraćem mogućem vremenu, praktično odmah, što pozitivno utječe na donošenje poslovnih odluka. Za razliku od operativnog izvješćivanja kod kojeg svaki upit korisnika zahtjeva izradu novog izvješća, što može trajati danima, kod multidimenzijske analize se menadžmentu omogućuje postavljanje beskonačnog niza pitanja jer se svaka informacija u bazi podataka može teoretski istražiti tako da se poslovna odluka temelji na znanju, a ne na intuiciji.

Karakteristika ovih alata je mogućnost analiziranja velikog broja dimenzija koje praktično nisu ničim ograničene, a u stvarnoj praksi se taj broj kod kvalitetnih OLAP alata može popeti na deset i više.

Kako bi se najbolje predočila obilježja OLAP alata najbolje je opisati njihove mogućnosti. Tako se u literaturi za suvremene OLAP alate navodi sljedeće (Sovilj, 2004):

1. OLAP predstavlja konceptualni i intuitivni model kojega i oni korisnici koji nisu posebno obrazovani i specijalizirani za obavljanje analitičkih poslova mogu lako razumjeti i brzo primijeniti u svom radu. Model se zasniva na metodologiji multidimenzijske analize, što znači da se podatke istovremeno može "gledati" kroz veći broj filtera, koji se u stručnoj terminologiji nazivaju dimenzijama.
2. OLAP alati omogućuju obavljanje vrlo brzih analiza. Brzina rada OLAP sustava omogućuje menadžerima i stručnjacima postavljanje pitanja i dobivanje odgovora u vremenu kraćem

no što je bilo ikada prije pojave tih alata, što, dakako, ima pozitivnog utjecaja na kvalitetu njihovih odluka.

3. OLAP alati u sebi uključuju vrlo robusne sposobnosti računanja, potrebne za zadovoljavanje specifičnih proračunskih zahtjeva koje postavlja višedimenzijaska struktura. Teorijski, broj dimenzija je neograničen, a u praksi nisu rijetki slučajevi da se taj broj u sofisticiranim analizama penje na desetke ili čak i više. To čak nadilazi i kognitivne mogućnosti prosječnog čovjeka, pa se može reći da kvalitetni OLAP alati na neki način predstavljaju proširenje ili nadogradnju čovjekove inteligencije.

Što se tiče karakteristika OLAP alata u fazi korištenja, iste se opisuju nizom dobrih strana:

- Lakoća korištenja i preglednost podataka – sučelje OLAP alata omogućuje interaktivno istraživanje podataka,
- Zumiranje podatka – OLAP alati omogućuju pristup podacima na općoj (višoj) razini, a zatim i na detaljnoj (specifičnoj) razini,
- Centralizirani sustav sigurnosti – OLAP alati funkcioniraju na principu autorizacije, odnosno pristup je dozvoljen samo autoriziranim korisnicima kroz središnji, serverski baziran sustav sigurnosti i kontrole.

Iz opisanog se može zaključiti da OLAP alati obuhvaćaju širok spektar mogućnosti, od jednostavnog pretraživanja i navigacije, preko proračuna (kalkulacija), do ozbiljnijih analiza poput analize vremenskih serija i kompleksnog modeliranja. Na ovaj način, oni mogu "pokriti" čitav lanac donošenja odluka koji započinje podacima, nastavlja se informacijama, a završava poslovnom inteligencijom.

2. Poslovna inteligencija u pravosuđu BiH

Dosadašnje aktivnosti i trenutno stanje u polju informatizacije pravosuđa je opisano u godišnjem izvješću za 2013. godinu koje je objavilo Visoko sudsko i tužilačko vijeće (VSTV) Bosne i Hercegovine na svojim službenim web stranicama (www.hjpc.ba). Tekst koji slijedi je preuzet iz navedenog izvješća.

...Analiza podataka koje svakodnevno generiraju korisnici pravosudnog informacijskog sustava, koji se obrađuju pomoću različitih softverskih alata i generiranje izvještaja i iskoristivih informacija veoma je zahtjevan proces, kako u pogledu ljudskih tako i u pogledu informacijskih resursa. VSTV je radi rješavanja ovog problema u pravosuđu i radi osiguravanja informacija potrebnih za donošenje kvalitetnih rukovodnih odluka pokrenuo proces pilot-provedbe sustava poslovne inteligencije. U cilju testiranja mogućnosti sustava poslovne inteligencije, kao i prepoznavanja eventualnih unapređenja za pravosudni informacijski sustav koja mogu proizaći iz potpunog uvođenja ovog sistema, pokrenut je pilot-projekt za potrebe ad-hoc izvještavanja. S obzirom na to da se radilo o pilot-projektu koji je implementiran uz ograničene ljudske i finansijske resurse, implementirano rješenje je primjenjivo za mali broj korisnika (do 10 korisnika) te za ograničen skup podataka (osnovni podaci o predmetima, pregled podataka o dokumentima u predmetima, osnovne informacije o tužilačkim predmetima, plan rješavanja predmeta). Implementacija rješenja završena je u svibnju 2013. godine, a omogućila je određenim odjelima u okviru VSTV-a veću fleksibilnost, kao i brži odgovor na različite vrste zahtjeva za informacijama od raznih vanjskih interesnih grupa. Sustav je omogućio da se razdoblje od dobivanja zahtjeva do kompletiranog izvještaja smanji sa 15 dana na 3 dana, što predstavlja znatno ubrzanje procesa pripreme izvješća. Pored navedenog, sustav je u mogućnosti analizirati velike količine podataka te na jednostavan način pružiti uvid u trendove i kretanja u broju predmeta po raznim kategorijama i vrstama. Pilot-projekt će poslužiti i kao dobra osnova za potpunu

implementaciju sustava poslovne inteligencije u pravosuđu u okviru projekta „Konsolidacija i daljnji razvoj pravosudnog komunikacijskog i informacijskog sustava“, koji financira Europska unija iz fondova IPA 2012....

3. OLAP u pravosuđu

Trenutni izgled dostupnih službenih izvješća je prikazan na slici 1 i vidljivo je da se izvješća pripremaju u Microsoft Excel-u, nisu složena, ima ih poprilično i razvrstana su po radnim listovima (slika 2).

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet. It contains multiple data tables with various columns and rows. A large, semi-transparent watermark 'Stranica 1' is overlaid across the center of the spreadsheet. The tables appear to be organized into sections, possibly representing different stages of a legal process or different types of data.

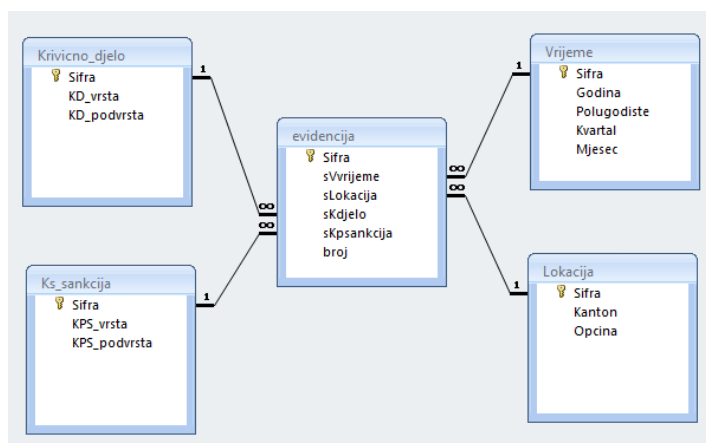
Slika 1: Trenutni izgled izvješća

The image shows a screenshot of a navigation bar or menu for the Excel spreadsheet. It contains several tabs or buttons, each with a label in Croatian. The labels are: 'prijava', 'istrage', 'procesne odluke', 'OPTUZNICE', 'optuznice 2', 'PRESUDE', 'PODACI O KTM', 'PODACI O KTA I KTN', and 'zastara'. The 'optuznice 2' tab is currently selected and highlighted.

Slika 2: Trenutna organizacija izvješća

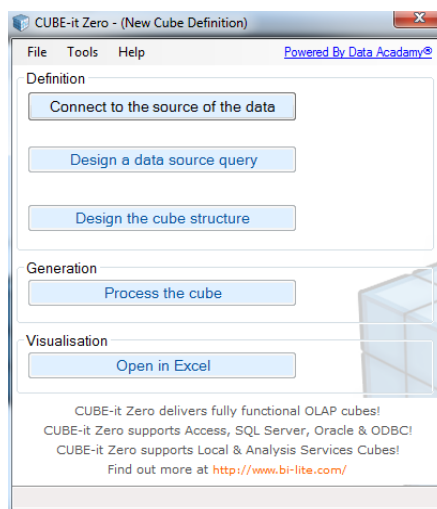
Osim analize spomenutih dostupnih izvješća, tijekom rada na problemu se konzultiralo s djelatnicima tužiteljstva kako bi se stekao što bolji uvid u raznovrsnost podataka i informacijama kojima oni svakodnevno operiraju, složenost izvješća koje sačinjavaju te ovlasti nad podacima. Tako je utvrđeno da struktura i učestalost izvješća ovise od zahtjeva zainteresiranih strana (nadležnih institucija i organa). Ono što je ustaljeno je da Tužiteljstvo polugodišnje i godišnje dostavlja podatke o radu Federalnom tužiteljstvu u Sarajevu kao kontrolnom organu kao i Visokom sudskom i tužilačkom vijeću (VSTV) Bosne i Hercegovine. Navedena izvješća su unaprijed strukturirana i uglavnom sadrže informacije o rješavanju predmeta iz nadležnosti Tužiteljstva. Osim navedenih izvješća u Tužiteljstvu se pripremaju i druga izvješća i to po zahtjevu nadređenih unutar Tužiteljstva te drugih nadređenih i zainteresiranih institucija i organa. Svrha izvješća je statističko praćenje učinkovitosti i kontrole rada i planiranje daljnjih aktivnosti, konkretno analiza riješenosti i zaostatka u rješavanju zaprimljenih predmeta kao i vođenje uredne statistike predmeta.

Prije opisa konkretnog primjera bitno je napomenuti da je kreirani primjer samo jedno moguće rješenje i pokriva samo dio evidencije Tužiteljstva. Na temelju analize dostupnih izvješća i provedenih konzultacija zaključeno je da se napravi podatkovna kocka u kojoj će se moći pratiti broj krivičnihopravnih sankcija i krivičnih djela na području općina Federacije BiH na mjesečnoj bazi. Na temelju navedenog su definirane dimenzije podatkovne kocke: Vrijeme, Lokacija, Krivično djelo, Krivičnoopravna sankcija. Mjera u podatkovnoj kocki je broj riješenih predmeta. Za dimenzije Vrijeme i Lokacija su utvrđene i odgovarajuće hijerarhije. Na temelju definiranih dimenzija i mjera je u Microsoft Access-u kreiran dimenzijski model baze podataka prikazan na slici 3.



Slika 3: Dimenzijski model baze podataka za primjer iz Pravosuđa

Za izgradnju podatkovne kocke je korišten besplatni, na Internetu dostupni, program BI-Lite – CUBE-it Zero, verzija 6.1.19.5063. Izgradnja podatkovne kocke korištenjem spomenutog programa zahtjeva definiranje sljedećeg: 1) uspostavljanje veze prema bazi podataka (engl. *Connect to the source of the data*), 2) definiranje izvora podataka, odnosno baze podataka, a u njoj tablica i upita (engl. *Design a data source query*) te 3) dizajniranje strukture podatkovne kocke – definiranje dimenzija, njihove hijerarhije i mjera (engl. *Design the cube structure*) (slika 4).



Slika 4: CUBE-it Zero dijaloški okvir za definiranje i izgradnju podatkovne kocke

Definiranjem navedenih stavki, izgradnjom definirane kocke te njenom pohranom pristupa se vizualizaciji kreirane podatkovne kroz dijaloški okvir u Microsoft Excel-u u kojem se nad podatkovnim kockama mogu primijeniti najčešće OLAP operacije: metoda raslojavanja i presijecanja (engl. *slice and dice method*), metoda rotacije ili pivotiranje (engl. *pivoting*), metoda svrdlanja (engl. *drill down/up and roll up/down*). Navedene operacije su prikazane i na primjeru iz tužiteljstva.

- **Raslojavanje i presijecanje podatkovne kocke**

Na slici 5 je prikazano izvješće u kojem se analizira zastupljenost samo jedne vrste krivičnihopravnih sankcija prema godinama i županijama, dok je na slici 6 prikazana zastupljenost pojedinih mjera upozorenja u 2011. i 2012. godini po općinama u Hercegovačko-neretvanskoj županiji.

SumOfbroj	Natpisi stupaca	
	☒	
Natpisi redaka	Mjera upozorenja	Sveukupan zbroj
2010	86,	86,
Hercegovačko-neretvanski	31,	31,
Posavski	4,	4,
Tuzlanski	39,	39,
Zeničko-dobojski	12,	12,
2011	94,	94,
Hercegovačko-neretvanski	31,	31,
Posavski	12,	12,
Tuzlanski	19,	19,
2014	36,	36,
Hercegovačko-neretvanski	12,	12,
Posavski	7,	7,
Tuzlanski	10,	10,
Unsko-sanski	7,	7,
Sveukupan zbroj	443,	443,

Slika 5.

SumOfbroj	Natpisi stupaca			
	☒			
Natpisi redaka	Mjera upozorenja	Sudska opomena	Uvjetna osuda	Sveukupan zbroj
Hercegovačko-neretvanski	17,	46,	63,	63,
2011		31,	31,	31,
Čapljina		9,	9,	9,
Čitluk		9,	9,	9,
Mostar		6,	6,	6,
Prozor-Rama		7,	7,	7,
2012	17,	15,	32,	32,
Čapljina		6,	6,	6,

Slika 6.

- **Rotacija ili pivotiranje podatkovne kocke**

Na slici 7 je prikazano izvješće u kojem se analizira broj krivičnihopravnih sankcija po kaznenim djelima prema godinama nastanka, dok je na slici 8 prikazana analiza broja krivičnihopravnih sankcija za svaku godinu prema kaznenim djelima.

SumOfbroj	Natpisi stupaca					
Natpisi redaka	2010	2011	2012	2013	2014	Sveukupan zbroj
KRIVIČNA DJELA PODMIČIVANJA I KRIVIČNA D	14,	47,	86,	233,	45,	425,
Kazna	8,	31,	54,	154,	30,	277,
Mjera upozorenja	6,	16,	32,	79,	15,	148,
KRIVIČNA DJELA PROTIV IMOVINE	176,	173,	153,	237,	84,	823,
Kazna	126,	128,	117,	179,	63,	613,
Mjera upozorenja	50,	45,	36,	58,	21,	210,
KRIVIČNA DJELA PROTIV JAVNOG REDA I PRAV	96,	96,	59,			251,
Mjera upozorenja	30,	33,	17,			80,
Odgojna mjera	66,	63,	42,			171,
KRIVIČNA DJELA PROTIV RADNIH ODNOSA			59,	124,	73,	256,
Kazna			59,	119,	73,	251,
Mjera upozorenja				5,		5,
KRIVIČNA DJELA PROTIV SPOLNE SLOBODE I IV	12,			19,		31,
Kazna	12,			19,		31,
KRIVIČNA DJELA PROTIV ZDRAVLJA LJUDI	85,	101,	141,	147,	51,	525,
Odgojna mjera	48,	55,	55,	74,	28,	260,
Sigurnosna mjera	37,	46,	86,	73,	23,	265,
KRIVIČNA DJELA PROTIV ŽIVOTA I TUJELA	156,	134,	100,	169,	52,	611,
Kazna	156,	134,	100,	169,	52,	611,
KRIVIČNA DJELA TERORIZMA	46,	30,	21,	36,	18,	151,
Kazna	46,	30,	21,	36,	18,	151,
Sveukupan zbroj	585,	581,	619,	946,	342,	3073,

Slika 7.

SumOfbroj	Natpisi stupaca									
	KRIVIČNA DJELA PODMICIVANJA I KRIVIČNA DJELA PROTIV SLUŽBENE I DRUGE ODGOVORNE FUNKCIJE	KRIVIČNA DJELA PROTIV IMOVINE	KRIVIČNA DJELA JAVNOG REDA I PRAVNOG PROMETA	KRIVIČNA DJELA PROTIV RADNIH ODNOSA	KRIVIČNA DJELA PROTIV SPOLNE SLOBODE I MORALA	KRIVIČNA DJELA PROTIV ZDRAVLJA LJUDI	KRIVIČNA DJELA PROTIV ŽIVOTA I TUJELA	KRIVIČNA DJELA TERORIZMA	Sveukup n zbroj	
Natpisi redaka	FUNKCIJE									
2010		14,	176,	96,		12,	85,	156,	46,	585,
Kazna		8,	126,			12,		156,	46,	348,
Mjera upozorenja		6,	50,	30,						86,
Odgojna mjera				66,			48,			114,
Sigurnosna mjera							37,			37,
2011		47,	173,	96,			101,	134,	30,	581,
Kazna		31,	128,					134,	30,	323,
Mjera upozorenja		16,	45,	33,						94,
Odgojna mjera				63,			55,			118,
Sigurnosna mjera							46,			46,
2012		86,	153,	59,	59,		141,	100,	21,	619,
Kazna		54,	117,		59,			100,	21,	351,
Mjera upozorenja		32,	36,	17,						85,
Odgojna mjera				42,			55,			97,
Sigurnosna mjera							86,			86,

Slika 8.

- **Svrđlanje podatkovne kocke**

Na slici 9 je prikazano izvješće u kojem se analizira broj kaznenih djela prema godinama nastanka, dok je na slici 10 prikazana analiza broja kaznenih djela napravljena prema polugodištima, kvartalima i mjesecima unutar svake pojedine godine.

SumOfbroj	Natpisi stupaca					Sveukupna
Natpisi redaka	2010	2011	2012	2013	2014	n zbroj
KRIVIČNA DJELA PODMIČIVANJA I KRIVIČNA DJELA PROTIV SLUŽBENE I DRUGE ODGOVORNE FUNKCIJE	14,	47,	86,	233,	45,	425,
KRIVIČNA DJELA PROTIV IMOVINE	176,	173,	153,	237,	84,	823,
KRIVIČNA DJELA PROTIV JAVNOG REDA I PRAVNOG PROMETA	96,	96,	59,			251,
KRIVIČNA DJELA PROTIV RADNIH ODNOSA			59,	124,	73,	256,
KRIVIČNA DJELA PROTIV SPOLNE SLOBODE I MORALA	12,				19,	31,
KRIVIČNA DJELA PROTIV ZDRAVLJA LJUDI	85,	101,	141,	147,	51,	525,
KRIVIČNA DJELA PROTIV ŽIVOTA I TUJELA	156,	134,	100,	169,	52,	611,
KRIVIČNA DJELA TERORIZMA	46,	30,	21,	36,	18,	151,
Sveukupan zbroj	585,	581,	619,	946,	342,	3073,

Slika 9.

SumOfbroj	Natpisi 2010												0	2011										
	1	1 Ukupni zbroj			2	2 Ukupni zbroj			3	3 Ukupni zbroj			4	4 Ukupni zbroj			1	1 Ukupni zbroj						
Natpisi redaka	1	2	3		4	5	6		7	8	9		10	11	12		1	2	3					
KRIVIČNA DJELA																								
PODMIČIVANJA I KRIVIČNA																								
DJELA PROTIV SLUŽBENE I																								
DRUGE ODGOVORNE																								
FUNKCIJE													4,	10,		14,	14,							
KRIVIČNA DJELA PROTIV																								
IMOVINE		5,	25,		30,	32,	36,	68,	98,	17,			17,	31,	14,	16,	61,	78,	176,	14,	28,	1,	43,	
KRIVIČNA DJELA PROTIV																								
JAVNOG REDA I PRAVNOG																								
PROMETA			10,		10,	13,	18,	31,	41,	11,	15,		26,	9,	3,	17,	29,	55,	96,	4,	18,	5,	27,	
KRIVIČNA DJELA PROTIV																								
RADNIH ODNOSA																								
KRIVIČNA DJELA PROTIV																								
SPOLNE SLOBODE I MORALA		12,			12,				12,									12,						
KRIVIČNA DJELA PROTIV																								
ZDRAVLJA LJUDI		13,	10,		23,	13,	3,	16,	39,	13,	33,	46,					46,	85,	19,	16,		35,		
KRIVIČNA DJELA PROTIV																								
ŽIVOTA I TUJELA		15,	17,	13,	45,	17,	15,	32,	77,	14,	4,	22,	40,	9,	21,	9,	39,	79,	156,	9,	8,	7,	24,	
KRIVIČNA DJELA TERORIZMA		8,	6,	8,	22,	4,	4,	4,	26,	6,	8,	14,	6,			6,	20,	46,	3,	2,	1,	6,		
Sveukupan zbroj		53,	48,	41,	142,	62,	49,	40,	151,	293,	33,	32,	78,	143,	49,	48,	52,	149,	292,	585,	49,	56,	30,	135,

Slika 10.

S druge pak strane, na slici 11 je prikazano izvješće u kojem se vrste krivičnopravnih sankcija analizira na razini općina unutar svake županije, dok je na slici 12 dat prikaz zastupljenosti pojedinih krivičnopravnih sankcija sumarno, samo prema županija.

SumOfbroj	Natpisi stupac				Sveukupan
Natpisi redaka	Kazna	Mjera upoz.	Odgodna mj.	Sigurnosna m.	zbroj
Hercegovačko-neretvanski	505,	149,	54,	26,	734,
Čapljina	203,	40,	14,	13,	270,
Čitluk	126,	48,	10,	9,	193,
Konjic	33,				33,
Mostar	27,	25,	2,		54,
Neum	13,	6,	6,		25,
Prozor-Rama	16,	20,	18,	2,	56,
Ravno	47,	5,	4,	2,	58,
Stolac	40,	5,			45,
Zapadnohercegovački	155,	15,	7,	10,	187,
Grude	87,				87,
Ljubuški	35,	5,	7,		47,
Posušje	18,	3,			26,
Široki Brijeg	15,	7,		5,	27,
Zeničko-dobojski	302,	30,	65,	96,	493,
Breza	219,	14,	53,	78,	364,
Doboj Jug	19,	8,	8,	8,	43,
Kakanj	18,		4,	3,	25,
maglaj	15,	3,		4,	22,
Olovo	17,			3,	20,
Tešanj	14,	5,			19,
Sveukupan zbroj	1934,	443,	431,	265,	3073,

Slika 11.

SumOfbroj	Natpisi stupaca				
Natpisi redaka	Kazna	Mjera upozorenja	Odgodna mjera	Sigurnosna mjera	Sveukupan zbroj
Hercegovačko-neretvanski	505,	149,	54,	26,	734,
Posavski	125,	41,	39,	13,	218,
Tuzlanski	465,	131,	240,	105,	941,
Unsko-sanski	382,	77,	26,	15,	500,
Zapadnohercegovački	155,	15,	7,	10,	187,
Zeničko-dobojski	302,	30,	65,	96,	493,
Sveukupan zbroj	1934,	443,	431,	265,	3073,

Slika 12.

4. ZAKLJUČAK

U radu je kroz pojednostavljen primjer prikazana mogućnost korištenja OLAP alata za izvješćivanje u Pravosuđu. Naravno, izvješćivanje je u Pravosuđu oduvijek prisutno, ali je u ovom radu prikazano kako uporaba OLAP alata može značajno unaprijediti taj proces. Naime, u usporedbi s postojećim načinom izvješćivanja, kreiranjem dimenzijskog modela i podatkovne kocke te primjenom OLAP alata može se znatno olakšati i pojednostaviti priprema različitih izvješća čime se može značajno utjecati na svakodnevnu efikasnost Tužiteljstava, ali i Pravosuđa u cjelini, što se u konačnici može pozitivno odraziti na funkcioniranje cjelokupnog društva. Međutim, pri tome se uvijek mora imati na umu da iako sustavi poslovne inteligencije mogu pravosudnom sustavu uvelike pomoći u njegovom efikasnijem radu, ti sustavi još uvijek ne mogu zamijeniti čovjeka. Kako se ovaj rad bazirao samo na jednu dimenziju aktivnosti u Pravosuđu (statistiku krivičnih sankcija i krivičnih djela) te je prikazan samo dio mogućnosti primjene OLAP alata, rad treba shvatiti kao polazište za daljnja promišljanja o načinima primjene različitih metoda poslovne inteligencije u Pravosuđu.

5. LITERATURA

- [1] Ljubetić, V.: Upravljanje znanjem primjenom alata poslovne inteligencije: magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet, Zagreb, 2005.
- [2] Panian, Ž., Klepac, G.: Poslovna inteligencija, Masmedia, Zagreb, 2003.
- [3] Panian, Ž. i suradnici: Poslovna inteligencija, studije slučajeva iz hrvatske prakse, Narodne Novine, Zagreb, 2007.
- [4] Sovilj, D.: Business intelligence u nautičkom turizmu – implementacija OLAP sustava: diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet, Zagreb, 2004.
- [5] <http://www.hjpc.ba/projects/IPA2010/?cid=5668,2,1> (pristupano 7.11.2014.)
- [6] <http://www.hjpc.ba/secr/cait/?cid=3730,2,1> (pristupano 7.11.2014.)

E-KOMERC U ODJEVNOJ INDUSTRIJI: SA SPECIJANIM OSVRTOM NA ZEMLJE U RAZVOJU

E-COMMERCE IN APPAREL INDUSTRY: WITH SPECIAL REFERENCE TO THE DEVELOPING COUNTRIES

Kingshuk Mukherjee

Assistant Professor, Department of Design, Banasthali University
Kingshuk.bid@banasthali.in

ABSTRACT:

The gap between what we can imagine and what we can achieve has never been smaller. There will be nothing in the 10 year window except e-companies. That does not mean that Brick-and-Mortar (physical stores) will go away, but Click-and-Mortar (virtual stores) will become the only means of survival across many of the product categories.

E-commerce or Electronic commerce refers to trade that actually takes place over electronic channel, i.e. internet, usually through a buyer visiting a seller's website and making transaction there with the help of a payment gateway. The seller then delivers the product or service within the mentioned period of time to the buyer. This transaction can involve tangibles (physical goods such as a book or apparel) as well as intangibles (services such as a airway ticket or a software). Thus e-commerce can be defined as the buying and selling of goods and services on the internet or the World Wide Web.

Keywords: *e-commerce, world wide web, stores, apparel*

1. INTRODUCTION

Clearly, the influence of the web is much wider than just buying and selling. Internet may act as a source of information with consumers using it to compare prices and to update themselves with the latest launches in the market. More often, e-commerce is used to define a broader process of how the Internet is changing the way companies do business. For example, how companies use internet to integrate their supply chain, logistics and automated replenishment systems comes under the broader scope of e-commerce Table 1.

Table 1. E-commerce can take the forms as exhibited below:

The e-commerce matrix	Business (B)	Consumer (C)
Business (B)	B2B Examples: Ford, General Motors, Fibre2fashion.com	B2C Examples: Amazon.com, Dell, Flipkart.com, makemytrip.com
Consumer (C)	C2B Examples: Priceline.com	C2C Examples: Ebay.com, OXL.com

Editors: Isak Karabegović, Vlatko Doleček, Sead Pašić

In all the further discussions in this unit, the following abbreviations would be used:

B2B → Business to Business trade

B2C → Business to Consumer trade

C2B → Consumer to Business trade

C2C → Consumer to Consumer trade

B2B are situations where companies do business with each other. B2C are situations where companies do business with consumers. These two are considered the main forms of e-commerce with B2B possessing the biggest volume of trade on the internet; however, the creation of online auctions has popularized the other two forms, i.e. C2B and C2C. C2C is being pioneered by websites like eBay.com. B2C embraces normal retail activities on the web (thus, can be referred to as e-retailing or e-tailing), such as bookselling by Amazon.com.

B2C activities is basically nothing else but retailing. Retailing through this channel of distribution, i.e. internet, is often referred to as e-retailing or e-tailing. Amazon.com has become synonymous with e-retailing over the past decade.

2. A BRIEF HISTORY OF E-COMMERCE

The origins of e-commerce date back some 35 years and lie in the Electronic Data Interchange (EDI), a standard way to exchange data between companies. At the simplest, it is a way to automate purchasing. Retailers often use it because it allows the stores to link their supplies directly into their stock databases which lead to automatic replenishment whenever required. It is a safe, secure and verifiable electronic environment. Much as it has changed some industries, EDI has got some serious shortcomings. It can still save time and money, but it usually requires an expensive private or dedicated network system connection between two established trading partners. It is not interactive as well, meaning there is no opportunity for discussion or negotiation.

Before internet, e-commerce was largely a hidden B2B affair. The dotcom gold rush brought it into the public limelight for the first time in around 1999. If 1999 was the year of the dotcom start-up, some say 2000 was the period of gradual demise. As it started in 1999, everyone rushed to reap its rewards. As a result of this clutter, the list of dead or dying dotcoms grew longer day by day. Did the internet based e-commerce, finish before it got started? Was e-commerce a passing “fad” after all? It does not seem so viewing the present scenario. Big companies took time to sink in and absorb the gold rush. They gave time for the dust to settle. Companies like Dell Computers took advantage of the window of opportunities created by e-commerce and they pioneered the concept of customized selling to the consumers as well as businesses.

3. THE EMERGENCE OF E-RETAILING AS A MAJOR FORM OF RETAILING

We will majorly talk about the B2C activities, which can be termed as e-retailing. E-retailing is emerging as one of the major channels of retailing over the past decade. It has developed a substantial base in many of the developed countries till date, and its popularity and acceptance in the developing countries is catching up fast. Most of the global retailers such as JCPenney and Walmart, at the present time, are also operating via the electronic channel. That does not mean that they have closed or planning to close other retail formats such as brick and mortar stores and catalogs, but e-retailing has become an inevitable option for most of the retailers. Most of the retailers see this channel as an easy and cost efficient way to expand their businesses across a seamless geographical market.

Some goods and services are tailor made for the web, those that can actually be delivered over the internet. Computer software rank high on this list. Few more categories which are gaining increasing importance are travel tickets, banking and insurance, books and music CDs, downloadable music audios, videos movies and images, to name a few. Highly standardized products such as mobile phones are also doing well over the internet.

The conventional wisdom about traditional retail firms (also known as legacy businesses) and the web has been redefined several times in the recent past. In the early phase, from about 1995, it was said that the legacy folks just did not “get it”-leaving the field clear for electronic traders such as Amazon, which are known as “pure plays”. During 1998, however, this view started to be modified. The relative success on the internet of barnesandnoble.com (now bn.com), began to make the pure plays take notice and get ready for some stiff competition from the legacy retailers. Toys”R”Us, a retail giant in the areas of toys, was initially troubled by the sudden surge of e-retailers such as eToys. They gradually started to recover with their e-initiative “Toysrus.com”. By around 2000, the conventional wisdom has now shifted once again, to almost the other way round. It was said that the pure plays had their years of fun, now the big boys, such as Home Depot, Wal-Mart and K-mart are seriously moving towards web based retailing, and are likely to demolish their virtual rivals. On the face of it, the legacy businesses ought to have some significant advantages over the pure plays. They can reap the rewards of their strong links with the suppliers to demand deep discounts from them. They can easily leverage their established brand names and their already existing huge base of loyal consumers. These big boys can utilize multiple channels to cater to their already existing and the ever evolving customer base.

4. THE ADVANTAGES OF E-RETAILING

Every new and emerging concept has its own set of advantages and disadvantages. E-retailing is no exception to this. E-retailing is of course, a “win-win” situation for the market, which comprises of buyers as well as sellers. Therefore, e-retailing has made lives easy for both the retailers as well as the consumers. No matter what the critics may write about the presence of e-retailing, the emergence and rapid expansion of e-retailing has turned out to be one of the most influential factors in the world retail scenario over the last decade. As a result of this technological expansion, both retailers as well as consumers are benefiting from its presence.

What extra values does the internet offer to the consumers as well as businesses? The web’s reach is global. Moreover, there are no limits of shelf space or warehousing-so it ought in some respects to be able to outdo the real world. Amazon quickly proclaimed itself the world’s biggest book-seller, even though its own physical stock of books was tiny. E-bay aggregates bidders from around the globe, giving it a huge advantage over other conventional bidders.

The most obvious gains come from cutting out shop front costs and removing intermediaries from the traditional distribution network (disintermediation). Disintermediation results in cheaper distribution. This advantage in terms of cost can be partially transferred to the consumers, which in turn would mean that the consumers get the products at a cheaper price than other conventional channels of retailing. This cost advantage also results in an increased margin for the retailers as well as manufacturers. Therefore, it creates a win-win situation for all the members of the distribution network, i.e. the manufacturers, retailers as well as the consumers. E-retailers also save on the warehousing costs as they do not have to create a physical warehouse and maintain physical inventory or stock-keeping. Their virtual stores need not stock all the items displayed on the websites. Usually,

the e-retailers have collaborations with the manufacturers. As soon as the order arrives, it directly goes to the respective manufacturers and they in turn deliver the goods to the consumers. This process saves the efforts to maintain a physical warehouse by the retailer. It also results in more efficient distribution.

3. CONCLUSION

We can conclude that e-commerce has opened up enormous opportunities for businesses to expand and explore. It has encouraged budding entrepreneurs to get started. It has made our lives convenient in numerous ways. It has made shopping a hassle free experience with minimum efforts. The rise and growth of e-commerce, and especially e-retailing has created a Win-Win situation for the manufacturers, retailers as well as consumers. However, it has resulted in the closure of many businesses which served as intermediaries between the manufacturers and the retailers. It has also succeeded in bringing the entire world to one platform and one marketplace. The list is indeed endless. E-retailing has travelled a long way from where it originated. The technology is constantly evolving, and as a result, e-retailing is getting much more refined and the online shopping experience is getting enhanced day by day. It has also made way for retailers to opt for multiple channels to offer their products and services (Multi-Channel Retailing). At this point of time, it can be inferred that e-retailing has shown mixed response and its success has varied among the various product categories and service types. It has proved to be extremely successful across several product categories such as books, software, and downloadable stuff such as music and videos. It also has shown great success in the service industry such as travel tickets, banking and insurances, to name a few. However, there is still a long road to travel for e-retailing and e-retailers.

4. REFERENCES

- [1] M Ozaki, Y. Adachi, Y. Iwahori, and N. Ishii, Application of fuzzy theory to writer recognition of Chinese characters, *IOSR Journal of Engineering*, 2(2), 2012, 112-116.
- [2] R.E. Moore, *Interval analysis*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1966.
- [3] P.O. Bishop, Neurophysiology of binocular vision, in J.Houseman (Ed.), *Handbook of physiology*, 4 (New York: Springer-Verlag, 1970) 342-366

UTJECAJ MODNIH STILOVA NA PROMJENE KROJA MUŠKOG SAKOA

THE INFLUENCE OF FASHION STYLES TO CHANGE THE MALE-CUT JACKET

Ksenija Doležal, Blaženka Brlobašić Šajatović,
Renata Hrženjak, Irena Vitez

Tekstilno – tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
blazenka.brlobasic@utf.hr

SAŽETAK:

U ovom radu predstavljen je razvoj muškog odijela popraćen povijesnim pregledom. Istražene su promjene nastale slijedom razvoja modnih stilova te njihov utjecaj na izradu kroja muškog sakoa. Stoga je na njegovu temeljnom kroju prikazana osnovna razlika izabranih modela s istaknutim elementima tog vremenskog razdoblja.

Ključne riječi: Muško odijelo, konstrukcija muškog sakoa, modeliranje odjeće

ABSTRACT:

This paper introduces the development of male suits accompanied by historical overview. Suitability of the changes resulting from the development of fashion styles and their impact on the development of tailored men's jackets. It is therefore fundamental to the pattern shown basic differences of selected models with prominent elements of that time period.

Keywords: Man suit, construction male jacket, modeling clothes

1. UVOD

Muška odijela imaju relativno kratku povijest, a dio odijevanja su zadnjih 400 godina. Godine 1666. kralj Velike Britanije Charles II uveo je kodeks odijevanja za Vrhovni sud, koji je uključivao: hlače, dugi kaput, prsluk i rubac oko vrata (preteča današnje kravate), kao odgovor na korespondirajući francuski trend Louis-a XIV za sud u Versailles-u. Nakon revolucije (kraj 18. stoljeća), Francuska napušta spomenuti kodeks odijevanja, tako Britanija postaje jedina zemlja koja njeguje ručnu izradu odijela po mjeri.

Moderno odijelo se pojavljuje tek u 19. stoljeću u Londonu, zahvaljujući George Bryan (Beau) Brummell-u (1778. - 1840.). Njegov doprinos najviše se očitovao u strukturi tj. kroju odijela te njegovoj izradi „po mjeri“ klijenta. Od tada pa sve do danas muška odijela prolaze brojne promjene koje su najviše izražene u kroju sako [1,2].

1. RAZVOJ MUŠKOG ODIJELA

Razvoj muških odijela vezan je za početak 19. stoljeća kada se pod utjecajem mode mijenja njegov izgled, ali i funkcionalnost. Tada su se odijela šivala po mjeri s ručno izrađenim šavovima. Takav minimalistički pristup pridonio je postizanju elegancije, a odijela su sačinjavale: hlače (s nogavicama koje se u donjem dijelu sužavaju), škrobljena lanena košulja i pripijeni prsluk (waistcoat). To je postao uniformirani način odijevanja gospode razvijenih zemalja. Od tada pa do početka 20. stoljeća, nisu zabilježene veće promjene.

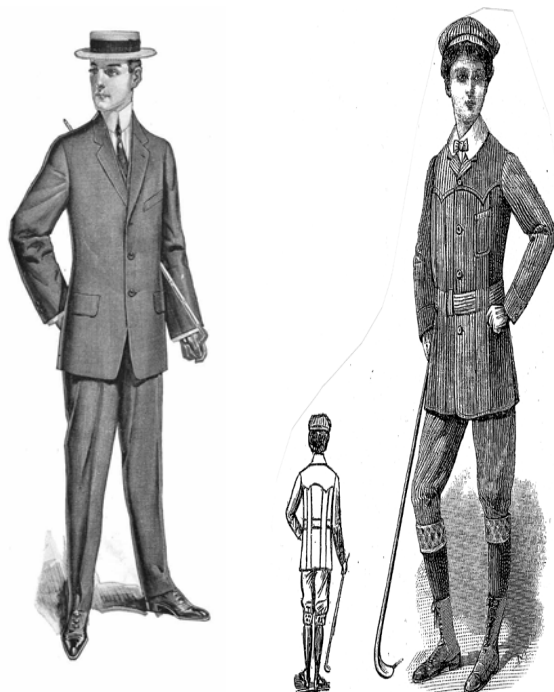
U prvom desetljeću 20. stoljeća pojavilo se odijelo kojeg je obilježavao sako bez svoje uobičajene forme, strukiranje je izuzeto, a stil odjeće poznat je pod nazivom *Hy League*, potekao iz Engleske. U istom se razdoblju pojavljuje i polo kaput (predstavljen u Americi 1910. godine) [1].

Dvadesete su bile godine eksperimentiranja, a tada se pojavljuje i prvi sportski sako (Norfolk) izrađen po uzoru na lovačko odijelo (odijevao ga je Vojvoda od Norfolka početkom 18. stoljeća). Pod utjecajem Prvog svjetskog rata bile su popularne jakne s remenom koje su podsjećale na uniforme. U tom razdoblju, pod velikim utjecajem jazz glazbe, popularna su bila i odijela s predugim, tijesnim sakoima i uskim hlačama.

Najelegantnije razdoblje muške odjeće nastupilo je u tridesetim godinama 20. stoljeća po uzoru na engleski stil.

Razdoblje Drugog svjetskog rata ostavilo je traga i u odijevanju, ponajviše zbog postavljenih ograničenja u industriji odjeće (nedostupnost materijala), ali odmah nakon rata ljudi su bili spremni na promjene.

Pedesete godine obilježilo je odijelo koje su nosili konzervativni poslovni ljudi, a karakteriziralo ga je povratak silueti prirodnih ramena. Uz sako i hlače obavezan dio takvog odijela bio je i prsluk [2].



Slika 1. Muško odijelo iz 1910. Godine [2]

Slika 2. Muško odijelo izrađeno po uzoru na lovačko odijelo, 1920-e godine [2]



Slika 3. Muška odijela iz 1950-ih godina [3]

Slijedilo je razdoblje takozvanog *kontinentalnog izgleda* iz Francuske i Italije kojeg su obilježili kratki strukirani sakoi širokih ramena, kosih džepova, s orukvicama, te s hlačama suženih nogavica. 1940-ih i 50-ih postoje dva glavna trenda supkultura, a to su jazzerski („the Zoot Suit“ ili Gangstersko odijelo) stil i edwardijski stil. Trend koji je započeo u Britaniji 50-ih godina nazvan je *Novi edwardijanski stil* (the New Edwardian look), nastao „na cesti“, a promovirala ga je mlada radna klasa. Šezdesetih je godina pod utjecajem *Paunovske revolucije*, klasična odijela tamnih boja zamijenila uniseks odjeća s mnoštvom boja i kombinacija uzoraka te vrlo pripijena, za razliku od udobne odjeće prijašnjih generacija. Sedamdesete su bile doba modnih kreatora kada dolazi do porasta broja potrošača pomodne odjeće. Nosi se pripijena odjeća nastala pod utjecajem francuskih i talijanskih kreatora. U drugoj polovici 70-ih godina, Europljani prihvataju opušteniji i udobniji stil odijevanja te počinju izbjegavati usku siluetu.

Europski izgled stvorili su kreatori poput Armanija, Basilea i Versacea, premda se veliki broj muškaraca (sve do danas) priklonio više prirodnoj, manje stiliziranoj odjeći. Danas je odijelo prihvaćeno kao uniforma uspješnog poslovnog muškarca, a ne kao dio dnevne odjeće [3].

2. ISTRAŽIVANJE KROJA MUŠKOG SAKOA

Istraživanjem su obuhvaćeni modeli muških sakoa prikazani na slici 4. i 5. Model sakoa iz pedesetih godina 20. stoljeća uvelike se razlikuje od modela iz 60-ih godina, na čijim će primjerima razlike biti

najuočljivije. Sako sa slike 4 dvorednog je kopčanja, s istaknutim reverima te ovratnikom. Navedeni model dodatno naglašava muški torzo što upućuje na promjene kroja. Zatim, na modelu sa slike 5 uočavaju se obilježja minimalizma, jednostavnih je i prirodnih linija s istaknutim jednorednim kopčanjem.

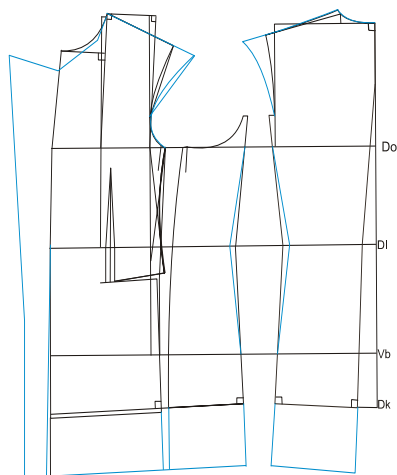


Slika 4. Muški sako s kraja 50-ih godina 20. Stoljeća [2]

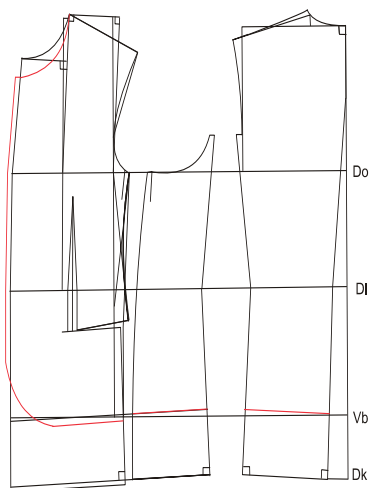


Slika 5. Muški sako iz 60-ih godina 20. Stoljeća [4]

Kako bi se najbolje prikazale razlike tih modela te odstupanja od tjelesnih dimenzija konstruiran je temeljni kroj muškog sakoa. U postupku modeliranja temeljna konstrukcija je prilagođena modelu [5].



Slika 6. Konstrukcija i modeliranje muškog sakoa prema zadanom modelu (slika 4.)



Slika 7. Konstrukcija i modeliranje muškog sakoa prema zadanom modelu (slika 5.)

Pri izradi modela sakoa iz 50-ih godina duljina kroja je produžena za 15 cm. U području šava, na stražnjem i bočnom dijelu dodatno je strukiran. Nadalje, dužina ramenog šava produžena je i ne prati stvarne dimenzije duljine ramena što je ujedno potvrda isključivog utjecaja modnog stila na izgled odjevnog predmeta.

Za izradu sakoa iz 60-ih godina bilo je potrebno skratiti duljinu kroja, a s obzirom da nema revera povećan je vratni izrez na prednjem dijelu. Kroj ovog modela se u potpunosti oslanja na tjelesne dimenzije, a samim tim udovoljava kriterijima pristalosti. Stoga, potvrđen je utjecaj modnog stila i na ovom modelu, ali ta činjenica ne umanjuje važnost izrade kroja temeljenim na tjelesnim izmjerama.

3.ZAKLJUČAK

Modni stilovi su od uvijek imali velik utjecaj na razne aspekte života pa tako i na odjeću. Najvažnije je bilo prilagoditi je modnim pravilima određenog razdoblja, a to je ponekad zahtijevalo odstupanje od stvarnih tjelesnih dimenzijama te ciljano predimenzioniranje pojedinih dijelova tijela. Povijesni pregled razvoja muškog odijela stoga potvrđuje dominaciju modnih diktata, a time ujedno otkriva promjene, vrijednosti i svijest društva u cjelini.

4.LITERATURA:

- [1] Gunn, T.; Calhoun, A.: *Tim Gunn's Fashion Bible*, Gallery Books, ISBN 978-1451643862, New York, (2012)
- [2] Vitez, I.: *Elementi muške odjeće u ženskom odijevanju*, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, (2014.)
- [3] Dostupan na <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/0f/b9/19/0fb919a3191a84ad6ff7b5ceb371a9f4.jpg> Pristupljeno: 2015-2-2
- [4] Dostupan na <http://www.liverpoolmuseums.org.uk/wml/exhibitions/thebeatgoeson/thebeatgoesononline/image/fashion/beatles.aspx> Pristupljeno: 2015-2-2
- [5] Ujević, D.; Rogale, D. & Hrastinski, M.: *Tehnike konstruiranja i modeliranja odjeće*, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, ISBN 978-953-7105-36-5, Zagreb, (2010.)

INOVACIJE U 3-D DIZAJNU ODJEĆE

INNOVATIONS IN 3-D CLOTHES DESIGN

Lunina E.V.¹, Petrosova I.A.², Guseva M.A.³

¹Moscow State University of Design and Technology,

²Moscow State University of Design and Technology,

³Moscow State University of Design and Technology,

katushty@hotmail.com

guseva_marina67@mail.ru

76802@mail.ru

ABSTRACT:

In modern life the apparel production in European countries will be competitive only if it takes minimum time and guarantees innovative unique quality to products. The new technologies in 3-D clothes design, which are developed in Moscow state university of design and technology, allow quickly create patterns for new fashions, estimate quality of fitting and foresee features of textile materials structure deformation. The task of our research is to organize all processes of clothes design in 3-D. Special attention we pay to noncontact measurement and united process of texture structure design and clothes form creation.

Keywords: *three-dimensional scanning, 3D model, fitting quality assessment, virtual design, virtual fitting.*

1. INTRODUCTION

Many scientists from different countries, for example researchers at State Universities in Illinois and Oklahoma, Texas A&M University, Milan Polytechnic University, discusses the concept of mass customization as a promising direction of apparel industry development.

The term “mass customization of garments” [1] refers to the manufacture of products in an industrial environment with the possibility of its adaptation or modification in accordance with the requirements of consumers, i.e., the sum approaches the mass production of clothes and individual tailoring products. Implementation of the concept can occur through the development of automated applications for users on the selection of appropriate and well-fitting clothes from industrial collections on the manufacturers' websites using simultaneous comparison of three-dimensional models of consumer's body and a garment. The complexity of such applications development is caused by a variety of garments and forms of human bodies, difficulty of proper selection of suitable products corresponding to individual body measures.

In apparel industry the concept of mass customization can be implemented using three-dimensional technology, first of all due to 3D scanning of human bodies and 3D clothes pattern design.

2. Development of an integrated system for three-dimensional garments design

The article authors developed an integrated system for scanning of individual figures, conducting of virtual fitting and realization of garment pattern design in the three-dimensional environment. The functionality of the developed system allows to obtain the exact configuration of the cross sections, contours and relief lines of a body. At the same time the system automatically generates data in the form of a cloud of points with homogeneous coordinates, which are possible to compare if it is necessary to study any virtual models in working three-dimensional environment.

2.1. The system for three-dimensional scanning

The system is based on a fundamentally new virtual measuring tool. The novelty of the method is confirmed by the patent [2]. The system consists of a material part (Fig. 1), which is built in serial digital equipment, and experienced software [3]. The scanning system includes:

- 1) 12 digital cameras located along the arc of a circle at an angle of 15° to each other;
- 2) platform for the measurement object;
- 3) special background located on the arc of a circle behind the measurement object;
- 4) equipment synchronization system, controlled remotely;
- 5) computer.

Principal scheme of equipment placement in stationary three-dimensional scanning system and its appearance are shown in Fig. 1.



Figures 1: Stationary three-dimensional scanning system: general view of the scanning system (a); monitor image (b)

The system provides accurate three-dimensional construction and mapping of external anthropometric body shape in the form of a point cloud, the exact definition of any size characteristics of a body, as well as data export in apparel CAD-system for design of three-dimensional virtual mannequins and pattern making. The input data which is required for clothes pattern design, virtual assessment of bodies and mannequins is obtained using the system of the three-dimensional scan and contains: coordinates of the 3 million points defining a three-dimensional shape of the body with high accuracy; anthropometric points; cross-sections in transversal, frontal, horizontal plane; the

configurations of any vertical outlines of the body, arc dimensions; circumference dimensions; projection dimensions; the slopes angles of the lines which form the shape of body's different parts. The anthropometric assessment of developed garment is based on a list of parameters that require control. In order to determine this list the experts presented by 110 people were interviewed, including experts for quality control of products from apparel industry, retailers and teachers with experience from seven to twenty-five years. Key evaluation criteria to measure compliance for shoulder garments were determined following: back length, sleeve length, back width, the width of the product at the waist, chest, hips, arm width; for trousers - width at the waist and hips, length along inseam; for skirt - width at waist and hips level. Based on the data charts, which show the criteria significance of anthropometric concordance of the designed garment form, the sequence of stages in the assessment procedure was generated with the help of 3D scanning by creating a database: parameters of the typical men's, women's and children's bodies; 3D virtual mannequins model shapes; 3D models of individual bodies, obtained by 3D scanning; 2D patterns of garments; 3D sketches; 2D photographs of the manufactured garments; 3D models of garments samples.

2.2. 3D design of clothes and headdresses patterns

Developed system for three-dimensional scanning is part of a unified apparel 3D-CAD system. This CAD is intended for design of external forms and patterns of basic female fashions and headdresses in virtual environment. During design process the designer has an opportunity to use a new measure data, select from archival or typical body dimensions, choose the shape, the silhouette and other parameters for the developing fashion.

The results of body-scanning are required to obtain the necessary dimensional characteristics, create a virtual three-dimensional model of the body and construct of three-dimensional virtual mannequin. Module of basic women's clothes computer aided design includes three sections: "3D sketch", "2D editor", "Virtual simulation". Developed software package is compatible with many universal graphics system that allows to export the received source information in the form of point cloud in a graphical environment of universal CAD for further modeling of 3D and 2D object.

For example, it is possible to obtain cross-sections of head form, to design the external shape and set of required gaps between an item and the body (head) surface (Fig. 2).

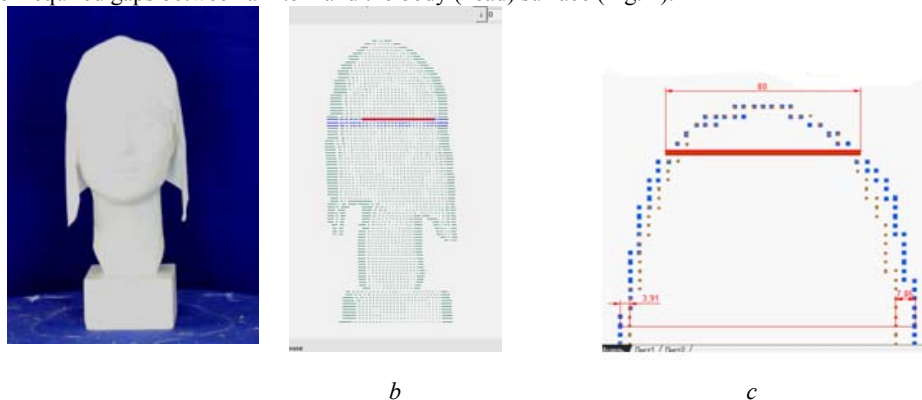


Figure 2: Gathering of input data for design of headdress form in 3D-CAD: model of a female head with headdress (a), three-dimensional model (b), cross-sections of the head and headdress surfaces in program SizeReader (c)

Qualitative visualization of the examined object provides a detailed review of the 3D shape of a head and a headdress on levels which designer need to see. The sizes of allowances are determined by the graphic images of the head model and dressed head model at specified levels under different angle of view; that is especially important in design of asymmetric headdresses and complex shapes with variable radius of curvature in different parts of the item.

Compatible scanning software system with universal CAD gives the ability to design various forms of headdresses and their lasts [4, 5]. So, for example, export of the point cloud, which describes the 3D head mannequin, into the universal CAD Solidworks allows you to get a virtual mannequin (Fig. 3, a). In this case the design of headdress forms is made on a supporting surface of headdress relative to the line of setting (Fig. 3, b).

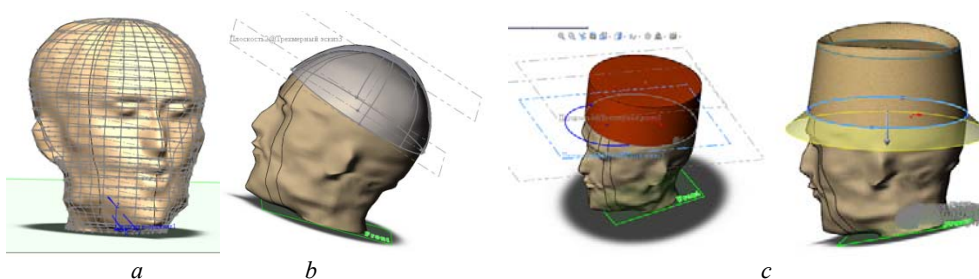


Figure 3: Three-dimensional design in CAD Solidworks: head mannequin (a); formation of the headdress inner surface (b); design of three-dimensional shapes of headdress details (c)

The shape of the headdress can be designed in different ways: creation of an elongated surface with alteration of the angle of inclination and shape; modeling of forms in sections using graphic primitives (spline, circle, ellipse); using the revolved surface in order to create closed or unclosed profile along the axis (Fig. 3, c).

The most difficult stage of the three-dimensional design is the virtual prototype creation of the desired garment. This prototype must be made taking into account all complex interactions in the system “form-design-material” and reflect the ability of the material to repeat the three-dimensional shape of a body and at the same time defend on the magnitude of the gap or to create its own smooth or wrinkled surface. This can be made using various combinations of different methods for surface design.

2.3. Realization of 3-D body scanning in design of seamless garments

The development of science and technology necessitated the creation of radically new materials for the perfection of textiles quality for clothes manufacture, household goods and special textile technical goods due to improvement of their reliability and increase of lifetime. One of the promising new technologies for development of unique textile products is worked out in Moscow State University of Design and Technology: it is the design and manufacture methods for production of seamless three-axial textile enclosures.

The architectural theory of shells and non-Euclidean geometry were taken as a basis for the development of these methods [6]. The new woven structure differs from common two-axial by the fact that it consists of triangular cells. The woven three-axial enclosure is made of three types of basic threads: initial, right and left wefts, and also of the supplementary moulding threads. This gives to the

enclosure the determined three-dimensional form with possibility to make variable curvature and stability to the fabric structure.

From the technological point of view, the process of seamless three-axial enclosures manufacturing consists of three stages:

1. Creation of products surface in 3-dimentional design space (fig.4,a);
2. Computation of the threads location in three-axial enclosures structure (fig.4,b);
3. Manufacture of the three-axial enclosures (fig. 4,c).

The first stage of this process in successfully realized using developed system of 3-D body-scannig.

The present method of making seamless three-axial enclosures is already adopted for reinforcing shell of astronaut suit, carbonic preforms for aircrafts details and braided seamless footwear uppers [6].

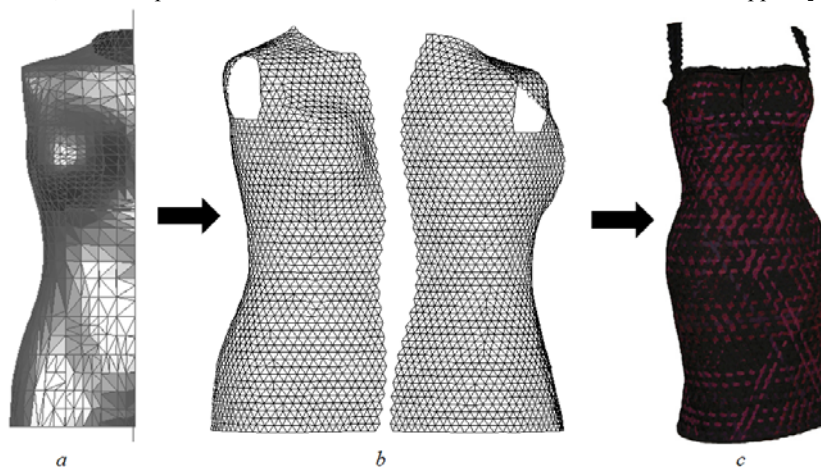


Figure 4. Design of three-axial enclosure in 3-D space: 3-D surface (a), designed three-axial enclosures structure (b), ready seamless dress (c)

3. CONCLUSION

Due to introduction of new technologies the virtual three-dimensional design will successfully replace the classical planar design method and in future will exclude full-scale prototype working out, which will significantly increase production efficiency and reduce consumption, increase the frequency of fashions replacement.

The developed system allows to present virtual images of the designed items on any virtual individual or typical figures which is demanded by the consumer or industrial customer. The system is an objective tool for virtual assess of designed item fitting quality on the human body and contributes the virtual fitting on realistic 3D models of consumers bodies.

This software application will provide an introduction of the mass customization concept, interaction with customers to increase sales and strengthen relationships with a circle of customers due to accumulation of information about them and their purchases for subsequent analysis and formation of manufacturing plan and sales strategy.

4. REFERENCES

- [1] Song H.K., Ashdown S.P. Development of automated custom-made pants driven by body shape, *Clothing and Textiles Research Journal*. - 2012, Vol.30, Is.4, 315-329.
- [2] Петросова И. А., Коблякова Е. Б. Способ бесконтактного определения проекционных размеров объекта и получения его трехмерной модели. *Patent RF*. Пат. 2311615 Российская Федерация, МПК G01B11/25. патентообладатель Моск. госуд. универ-т дизайна и технологии. – № 2005122014/28; заявл. 13.07.05; опубл.: 27.11.07, Бюл. № 33 – 10 р.
- [3] Петросова И. А., Андреева Е. Г., Ключков Р. С. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010616185 РФ. Бесконтактный измерительный комплекс. *The certificate of state registration of computer programs*. – № 2010616185; заявл. 08.10.10; зарег. 20.10.10.
- [4] И.А. Петросова, М.А. Гусева, Л.В. Лопасова Подготовка исходной информации и проектирование головных уборов в трёхмерных САПР. *Дизайн и технологии*. – 2013, №36 (78), 42–47.
- [5] Лопасова Л.В., Гусева М.А. Автоматизированное проектирование головных уборов в 3D САПР. *Дизайн и технологии*. – 2012 № 32, 32-33.
- [6] Lavris E. Andreeva E. (2009), Seamless three-axial woven items, *Internet journal Fibre2fashion*. Reference <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/23/2294/seamless-three-axial-woven-items1.asp>

O MODI U DJEČIJOJ OBUĆI ABOUT FASHION IN CHILDREN FOOTWEAR

Kostyleva V.V.¹, Bekk M. V.², Bekk N. V.³

¹Moscow State University of Design and Technology,

²⁻³Novosibirsk branch of Moscow State

University of Design and Technology,

kostyleva.vv@mail.ru

8dayofangel@mail.ru

ABSTRACT:

During a long time "children's fashion" did not exist. Sociologists and philosophers explain this situation by the fact that in previous century due to high mortality the society did not pay enough attention to appearance and even the lives of children. Only in the age of Enlightenment attitudes towards children began to change. Design of children's clothes and footwear is a very complicated field. Despite globalization and harmonization of existing international experience, children's fashion still has its own characteristics. Today children are included in the social process and share the lifestyle of the parents, their clothes and shoes have changed.

Keywords: footwear, fashion, range.

1. INTRODUCTION

Fashion is a difficult social phenomenon. Researchers from different sciences are engaged in its studying: sociologists, philosophers, psychologists, market researchers, etc. Various factors and aspects of this phenomenon are analyzed depending on the objectives, but, as a rule, all researchers notice close interrelation between fashion and society development, pointing out the social foundations of fashion.

2. HISTORICAL ASPECTS OF CHILDREN'S FOOTWEAR FASHION

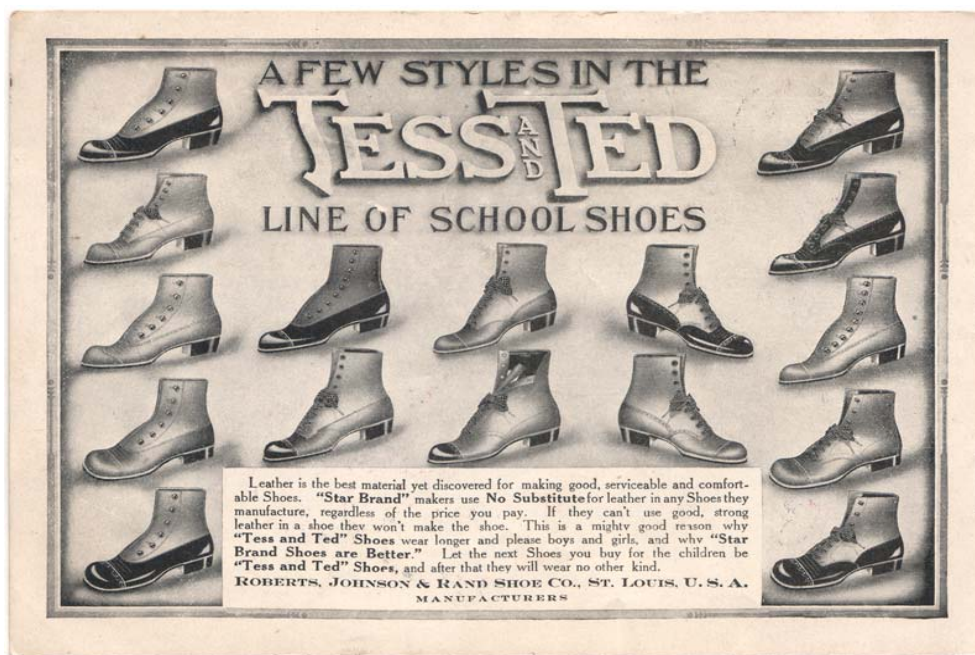
Children's fashion has a special place. Long enough such concept as "children's fashion" didn't exist. Historians of fashion often use the term "ugly dwarfs" for the description of children wearing garments of distant eras, as children looked so ridiculously in disproportionate copies of adult costumes. Sociologists and philosophers explain such situation by the fact that in former centuries the society didn't care about children's appearance and even their life because of high rate of infant mortality.

Only in the Age of Enlightenment the attitude to children started changing. The philosopher Jean-Jacques Rousseau, calling for recognition of the rights of children on an equal basis with adults, suggested to dress children in loose fitting and comfortable clothes providing their active lifestyle.

Under the influence of the philosopher's ideas a sailor's suit for boys appeared in the 1780. At the end of the 19th century the idea of rational and hygienic approach to creation of a children's costume became progressive and resulted in designing items having new cut and proportions. The attention to children increased, and in transition of mankind to the industrial era on the turn of the 19-20th centuries the children's items were separated in a special range, shoe and trade enterprises began develop children's lines of goods (fig. 1).

However the revolutionary shocks, the First and Second World Wars "conserved" the development of children's fashion almost for half a century. Up to the fifties-sixties of the 20th century the main kinds of children's footwear were boots, open shoes or sandals of rather simple designs. Naturally such design was also affected by social orientation for equality between all people, as well as between genders. The footwear carried out only a functional purpose.

But already in the late sixties and especially in the early seventies a rapid widening of the children's range and its dressing (fig. 2) began. Manufacturers began to pay attention to the esthetic function of footwear [3-6].



Figures 1: Examples of footwear of the beginning of the XX century



Figure 2: Examples of footwear of the 70th years

The children's fashion differs in specific decisions of designers. Design of children's products is a very difficult sphere. Moreover, it is possible to consider that in the century of globalization and combination of the available world experience, the domestic range of children's footwear has its own proper features. Earlier, in the 20th century footwear industrial manufacture was developed differently by Soviet enterprises and western firms, getting various experience and being guided by different needs of customers.

The greatest widening of the range can be observed in the first decade of the 21st century. Estimating foreign brands presented in the modern footwear market there should be noted high competitiveness, the quality of footwear and the desire of their manufacturers to be the leaders for a long term.

The brands LelliKellyShoes, Oilily can serve as examples. Products of these brands are known all over the world owing to the quality and skillfulness of their making in combination with the unique design. Developers follow footwear ergonomics: the technology of odor removal was patented; in each model, internal details are made of the genuine punched antibacterial leather. Esthetic decisions and the quality of products has been the result of many years of research intended for improvement of the children's footwear range.

A "long-liver" of the children's shoe market is also PetitShoes producing a very wide range of footwear for different age categories from nursery to teenage groups; there are also offers for persons of seventeen years old. Long presence of PetitShoes in the market gives evidence of using modern technologies of fashion forecasting and careful studying of psychology and physiology of each age group.

The KangaroosShoes firm constantly searches for the offers of combining an original design and practicality of products of all children's age groups. For example, the models can have pockets sewn in for keeping keys, money, etc.

The combination of sports and futuristic styles is used by the brands KeenShoes, PrimigiShoes, StrideRiteShoes, etc. The Etnies brand fights for the originality of design. Nowadays the footwear of

these producers is the only global skateboard brand for extreme sports and active recreation. It is that case when the design has influenced on the development of new technological decisions.

Turning point in the market development was the emergence of a new age category in the market at the end of the 20th century when the market faced a consumer category of teenagers. Living conditions provoked emergence of the appropriate style of garment and footwear. Over the years an integral component of wardrobe both of adults and children has become identical sports suits, t-shirts with symbols of sports clubs and bands, sneakers and baseball caps, cowboy's boots, moccasins, etc.

In the modern world children are included in the social process. Since the time when children began to share the lifestyle of their parents from the early age, their clothes and footwear [1-6] has changed.

There has appeared a new but very perspective tradition – to create a general family style of wardrobe when children wear the same clothes and footwear as their parents and in which their parents could feel modern and comfortable.

The market of children's goods is one of sales leaders. Nowadays in conditions of the global market, in spite of the fact that the number of children in Europe decreases, the quantity of brands of products intended for children increases. More often both children and parents wear clothes and footwear of the same designers.

The most active businessmen try to influence on consumption of similar goods by adults through the children's market.

At the beginning of the 21st century The fashion in children's footwear reached a wide assortment variety. When developing new products psychological and physiological features of each age group, extent of their social adaptation, influence of a product on health are considered.

3. CONCLUSION

In modern conditions increase of competitiveness of the enterprises is connected with successful forecasting of a set of characteristics of footwear, both in the field of art modeling and ergonomic designing.

4. REFERENCES

- [1] Obukhova L.F. *Age psychology*. [Text]://L.F. Obukhova. – M.: Uright, 2013. – 460 pages.
- [2] Obreimova N. I., Petrukhin A.S. *Fundamentals of anatomy, physiology and hygiene of children and teenagers*. [Text]://N. I. Obreimova, A.S. Pterukhin. – M.: Academy, 2007. - 376 pages.
- [3] Terry Jones, Susie Rushton. *Fashion Now*. – M.: Knizhnyyd, 2006. – 192 pages.
- [4] Children's fashion [An electronic resource] – the access Mode <http://fashion.artyx.ru/books/item/f00/s00/z0000000/st050.shtml>
- [5] Fashion as a social phenomenon [An electronic resource] — the Mode of access of <http://www.consumers.narod.ru/lections/fashion.html>
- [6] Kidswear history [An electronic resource] – the Mode of access of http://amnesia.pavelbers.com/detskaja_moda.htm

Autors Indeks – Indeks autora

<i>A</i>	<i>page</i>	<i>Đ</i>	<i>page</i>
<i>Arnautović A.</i>	<i>153</i>	<i>Đukanović M.</i>	<i>162</i>
<i>Arnautović M.</i>	<i>124</i>	<i>Đukić H.</i>	<i>109</i>
<i>Alibabić V.</i>	<i>481</i>	<i>E</i>	
<i>B</i>		<i>Ekinović S.</i>	<i>48</i>
<i>Bašić H.</i>	<i>233</i>	<i>Ekinović E.</i>	<i>48</i>
<i>Balić S.</i>	<i>131</i>	<i>F</i>	
<i>Bajramović H.J.</i>	<i>326, 335</i>	<i>Fakić B.</i>	<i>77, 116</i>
<i>Baralić E.</i>	<i>233</i>	<i>Fazlić A.</i>	<i>474</i>
<i>Bajić D.</i>	<i>227</i>	<i>Ferizović N.</i>	<i>458</i>
<i>Bekk M. V.</i>	<i>531</i>	<i>Ferizović M.</i>	<i>458</i>
<i>Bekk N. V.</i>	<i>531</i>	<i>G</i>	
<i>Begić S.</i>	<i>312, 359</i>	<i>Gašpar D.</i>	<i>507</i>
<i>Bešlagić E.</i>	<i>131</i>	<i>Grizelj B.</i>	<i>94</i>
<i>Begović E.</i>	<i>48</i>	<i>Grizelj M.</i>	<i>94</i>
<i>Botis M.</i>	<i>272</i>	<i>Grizelj T.</i>	<i>326, 335</i>
<i>Božo J.</i>	<i>441</i>	<i>Gajšek P.</i>	<i>88</i>
<i>Brlobašić –Šajatović B.</i>	<i>520</i>	<i>Gotlih J.</i>	<i>177</i>
<i>Brezočnik M.</i>	<i>177, 186</i>	<i>Gotlih K.</i>	<i>177</i>
<i>Brezočnik L.</i>	<i>379</i>	<i>Guseva M. A.</i>	<i>525</i>
<i>Burgić M.</i>	<i>474</i>	<i>H</i>	
<i>C</i>		<i>Hadžalić M.</i>	<i>210,</i>
<i>Cuatzo Conde V.</i>	<i>369</i>	<i>Halilović N.</i>	<i>497</i>
<i>Č</i>		<i>Haznadar Z.</i>	<i>35</i>
<i>Čubela D.</i>	<i>77</i>	<i>Hrženjak R.</i>	<i>520</i>
<i>Č</i>		<i>Husak E.</i>	<i>186, 193</i>
<i>Čulafić S.</i>	<i>227</i>	<i>I</i>	
<i>D</i>		<i>Isić S.</i>	<i>138, 193</i>
<i>Delalić Z.</i>	<i>436</i>	<i>Ivanišević A.</i>	<i>104</i>
<i>Doleček V.</i>	<i>1, 369, 374</i>	<i>J</i>	
<i>Doleček –Jovanović G.</i>	<i>369, 374</i>	<i>Jovanović Đ.</i>	<i>288</i>
<i>Dobrucky B.</i>	<i>385</i>	<i>Jovanović O.</i>	<i>288</i>
<i>Doležal K.</i>	<i>520</i>	<i>Jovanović J.</i>	<i>319</i>
<i>Drndarević D.</i>	<i>170</i>	<i>Jurković M.</i>	<i>94</i>
<i>Dutina V.</i>	<i>217</i>	<i>Jukić H.</i>	<i>481</i>
<i>Durakbasa N.</i>	<i>104</i>	<i>Jašin D.</i>	<i>441</i>
<i>Dugić P.</i>	<i>359</i>		
<i>Dž</i>			
<i>Džih E.</i>	<i>139</i>		
<i>K</i>		<i>N</i>	

<i>Karabegović I.</i>	13, 193, 241	<i>Nagode B.</i>	116
<i>Karabegović E.</i>	124, 186, 257	<i>Nefić A.</i>	355
<i>Karčmarčik J.</i>	104, 210	<i>Nikolić G.</i>	201
<i>Karić A.</i>	153	<i>Nožić M.</i>	109
<i>Karim A. T.</i>	278	<i>Nežirić E.</i>	138
<i>Kingshuk M.</i>	516	<i>Nagode B.</i>	116
<i>Kožuh S.</i>	116	<i>Nović Dž.</i>	305
<i>Kološa S.</i>	38	O	
<i>Kokorić S.</i>	94	<i>Ognjanović I.</i>	397, 426
<i>Kovačević M.</i>	217	<i>Omerdić M.</i>	448
<i>Kostyleva V.V.</i>	531	<i>Oruč M.</i>	116
<i>Krešić D.</i>	507	<i>Onišćuk Y.</i>	162
<i>Krupić N.</i>	407, 417	P	
<i>Kupusović T.</i>	295	<i>Pašagić H.</i>	58,
<i>Kurtanović O.</i>	448	<i>Pašagić E.</i>	58,
<i>Kovačić M.</i>	88, 217	<i>Polajner I.</i>	38,
L		<i>Petrosova I. A.</i>	525
<i>Lunina E.V.</i>	525	<i>Presečki A.</i>	58,
Lj		<i>Plančak M.</i>	104
<i>Ljucović J.</i>	426	<i>Posavac B.</i>	94
M		<i>Pihura D.</i>	305
<i>Mabić M.</i>	507	<i>Petrović Z.</i>	312, 359
<i>Milosavljević M.</i>	466	<i>Paškala M.</i>	385
<i>Mahmić M.</i>	124	<i>Podržaj P.</i>	38,
<i>Manevski T.</i>	227	R	
<i>Marinković A.</i>	466	<i>Rimac M.</i>	77, 116
<i>Marković L.J.</i>	217	S	
<i>Markovski J.</i>	466	<i>Strkonjić A.</i>	67
<i>Mehremić S.</i>	241	<i>Selimi A.</i>	153
<i>Memčić S.</i>	305	<i>Sprečić D.</i>	147, 265
<i>Milković M.</i>	94	<i>Stoić M.</i>	94
<i>Milivojević M.</i>	170	<i>Seferović R.</i>	250
<i>Mijanović-Markuš M.</i>	162	<i>Samardžija L.J.</i>	355
<i>Milić-Marković L.J.</i>	217	<i>Sučeska S.</i>	392
<i>Movrin D.</i>	104	<i>Simičević J.</i>	397
<i>Mićić V.</i>	312, 359	<i>Sadadinović J.</i>	474
<i>Mrkaljević F.</i>	147, 265	<i>Salihović M.</i>	474
<i>Mulahalilović F.</i>	147, 265	<i>Salah-Eldein O.</i>	67
<i>Mujagić D.</i>	305	<i>Softić A.</i>	233
<i>Mujčić E.</i>	407, 417		
<i>Muratović H.</i>	489		
Š			
<i>Škopljanac F.</i>	35		
<i>Šunje E.</i>	138		

Štarkel S.	88
Šemić E.	257
Šupuk M.	326
Štefanec P.	385
Šušlik B.	385
Šendelj R.	397, 426
Šišić Z.	481
T	
Tolnai M.	104
Trakić A.	131
Trkulja B.	35
U	
Uran M.	38
Uzunović-Zaimović N.	131
V	
Vitez I.	520
Verber D.	379
Vučijak B.	295
Vujičić A.	335
Vukićević I.	466
Z	
Zver A.	177

SOCIETY FOR ROBOTICS OF BOSNIA AND HERZEGOVINA



The Society for Robotics has years of experience in education and training of personnel in Bosnia and Herzegovina. The Society for Robotics is working to increase the role of knowledge in Bosnia and Herzegovina, and thus to influence the positioning of Bosnia and Herzegovina as high as possible on an innovative scale in Europe and the world. The role of the Society for Robotics is to encourage the development of science and technology, as well as to increase their contribution to the development of society, with the widest possible application of new knowledge and new technologies. Thus, it aims to encourage the transformation of Bosnian-Herzegovinian society into a modern knowledge-based society. For these reasons, the objectives of the Society for Robotics are: scientific and technical research in the field of robotics and robotic systems; education and improvement of education in robotics, robotic systems and mechatronics; application of robots and robotic systems in the industry; establishment of laboratories for education and knowledge transfer; establishment of centers for robotics and robotic systems at universities, secondary and vocational schools; innovators in the wider field of robotic systems conducting various activities; organizing scientific and professional conferences in the country and abroad; having innovators in the field of robotics, robotic systems and mechatronics organize exhibitions; cooperation with similar societies abroad. Activities of the Society for Robotics are the following: gathering scientists, researchers, engineers, teachers and students who work in all areas of robotics; publishing and encouraging the publication of monographs, textbooks, journals and other publications in the field of robotics; helping teachers to introduce new ideas and modern methods in teaching robotics; organizing congresses, conferences, symposia, seminars, and other scientific meetings of scientists and engineers; cooperation with similar professional organizations in the country, international societies and associations; popularization and dissemination of knowledge, as well as training and assistance in the training of scientific novices and researchers.

*Address:
Petog Korpusa br. 3,
77 000 Bihać,
Bosni and Herzegovina
www.robotika.ba
E-meil: robotikabih@yahoo.com*

*President Society for Robotics B&H
Academician Vlatko Doleček*


Secretary general

*Society for Robotics B&H
Prof.dr.sc. Isak Karabegović*



DRUŠTVO ZA ROBOTIKU U BOSNI I HERCEGOVINI



Društvo za robotiku ima višegodišnje iskustvo u edukaciji i obrazovanju kadrova u Bosni i Hercegovini. Društvo za robotiku radi na tome da poveća ulogu znanja u Bosni i Hercegovini, a samim tim da utiče na pozicioniranje Bosne i Hercegovine na što više mjesto na inovativnoj skali u Evropi i svijetu. Uloga Društva za robotiku je da postiče razvoj nauke i tehnologije, te poveća njihov doprinos razvoju društva, uz najveću moguću primjenu novih znanja i novih tehnologija, i da na taj način podstakne transformaciju bosanskohercegovačkog društva u moderno društvo temeljno na znanju. Zbog navedenih razloga ciljevi Društva za robotiku su slijedeći: naučno-stručna istraživanja u oblasti robotike i robotskih sistema, edukacija i unapređenje obrazovanja iz robotike, robotskih sistema i mehatronike, aplikacija robota i robotskih sistema u industriji, formiranje laboratorija za edukaciju i transfer znanja, formiranje centara za robotiku i robotskih sistema na univerzitetima, srednjim i stručnim školama, održavanje aktivnosti inovatora iz šire oblasti robotskih sistema, organiziranje naučno-stručnih skupova u zemlji i inostranstvu, organiziranje izložbi inovatora iz oblasti robotike, robotskih sistema i mehatronike, saradnja sa sličnim društvima u inozemstvu. Djelatnosti Društva za robotiku su slijedeće: okupljanje naučnika, istraživača, inženjera, nastavnika, studenata i učenika koji rade u svim područjima robotike, objavljivanje i poticanje objavljivanja monografija, udžbenika, časopisa i ostalih publikacija u području robotike, pomaganje nastavnicima u uvođenju novih ideja i modernih metoda u nastavi robotike, organiziranje kongresa, konferencija, simpozijuma i seminara te ostalih naučnih okupljanja naučnika i inženjera, surađivanje sa sličnim stručnim organizacijama u zemlji, surađivanje sa sličnim međunarodnim društvima i savezima društva, populariziranje i širenje znanja kao i izobrazba i pomoć u izobrazbi znanstvenih novaka i istraživača.

Adresa:
Petog Korpusa br. 3,
77 000 Bihać,
Bosna i Hercegovina
www.robotika.ba
E-meil: robotikabih@yahoo.com

Predsjednik Društva za robotiku
Akademik Vlatko Doleček

Generalni sekretar Društva za robotiku
Prof.dr.sc. Isak Karabegović