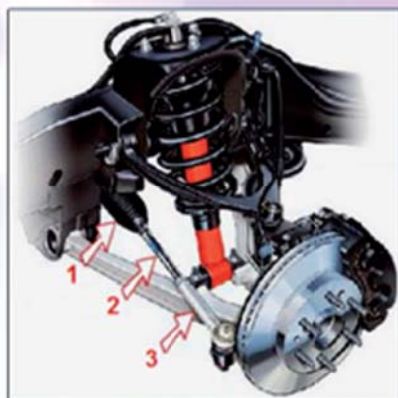


Tehnički Glasnik

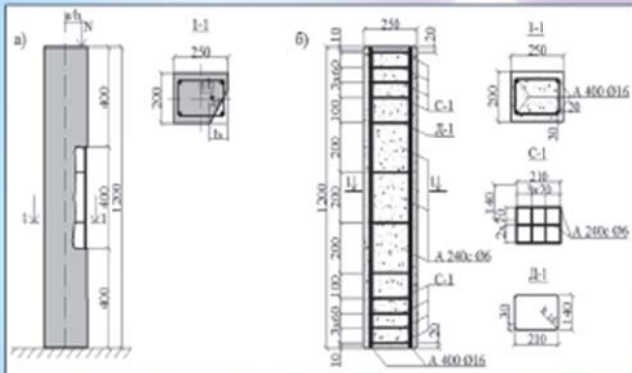
Technical Journal



Promjena mehaničkih svojstava materijala pri kovanju dijela upravljačkog mehanizma vozila



Metodologija ispitivanja i osnovne značajke proračuna oštećenih tlačno opterećenih armirano betonskih stupova



ISSN 1846-6168 (Print)
ISSN 1848-5588 (Online)
Godište (Volume) 8
Broj (Number) 2
Stranica (Pages) 119-202
Varaždin, lipanj (June) 2014.

TEHNIČKI GLASNIK TECHNICAL JOURNAL

Znanstveno-stručni časopis Sveučilišta Sjever
Scientific professional journal of University North

Godište (Volume) 8
Varaždin, lipanj (June) 2014.

Broj (Number) 2
Stranica (Pages) 119-202

Adresa uredništva (Address of Editorial Office):

Sveučilište Sjever – Tehnički glasnik
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, 42000 Varaždin, Hrvatska;
Tel. ++385/ 42/ 493 328, Fax. ++385/ 42/ 493 333
e-mail: casopis@unin.hr
<http://www.unin.hr/sveucilisna-knjiznica/izdavastvo/tehnicki-glasnik/>

Osnivač i izdavač (Founder and Publisher):

Sveučilište Sjever

Savjet časopisa (Council of Journal):

Predsjednik Marin MILKOVIĆ (UNIN Varaždin), član Milan KLJAJIN (SF Slavonski Brod),
član Ante ČIKIĆ (VTŠ Bjelovar), član Krešimir BUNTAK (MS Koprivnica), član Živko
KONDIĆ (UNIN Varaždin)

Urednički odbor (Editorial Board):

Marin MILKOVIĆ, Živko KONDIĆ, Damir VUSIĆ, Ivan ŠUMIGA, Marko STOJIC, Goran
KOZINA, Marko HORVAT (UNIN Varaždin); Krešimir BUNTAK (MS Koprivnica);
Duško PAVLETIĆ i Branimir PAVKOVIĆ (TF Rijeka); Božo SOLDI (GTF Varaždin); Nikola
MIRVAC i Igor ZJAKIĆ (GF Zagreb); Biserka RUNJE i Krešimir GRILEC (SF Zagreb); Ivan
SAMARDŽIĆ, Dražan KOZAK, Leon MAGLIĆ, Roberto LUJIĆ, Ante STOJIC i Katica
ŠIMUNOVIĆ (SF Slavonski Brod); Ante ČIKIĆ (VTŠ Bjelovar); Darko DUKIĆ (Sveučilište u
Osijeku, Odjel za fiziku); Srđan MEDIĆ (VELK Karlovac); Sanja KALAMBURA (Veleučilište
Velika Gorica); Marko DUĐER (FF Rijeka, Odsjek za politehniku)

Međunarodni urednički savjet (International Editorial Council):

Boris TOVORNIK (UM FERI Maribor); Nenad INJAC (KPH Wien/Krems); Džafer
KUDUMOVIC (MF Tuzla); Marin PETROVIĆ (MF Sarajevo); Salim IBRAHIMEFENDIĆ (KF
Kiseljak); Zoran LOVREKOVIĆ (VTŠ Novi Sad); Igor BUDAK (Fakultet tehničkih nauka,
Univerzitet u Novom Sadu); Darko BAJIĆ (Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore);
Tomáš HANÁK (Brno University of Technology, Czech Republic); Aleksandr Viktorovich
SHKOLA, Kliment Evgenij VLADIMIROVIĆ, Oleg Aleksandrovich POPOV (Odessa State
Academy of Civil Engineering and Architecture, Ukraine)

Glavni urednici (Editors-in-Chief):

Živko KONDIĆ, Marin MILKOVIĆ

Tehnički urednici (Technical Editor):

Milan KLJAJIN, Goran KOZINA

Grafički urednik (Graphics Editor):

Dean VALDEC

Tajništvo (Secretary Office):

Domagoj TROJKO

Lektori i prevoditelji (Linguistic Advisers and Translators):

Ivana GRABAR, Ivana JURKOVIĆ (za engleski jezik)
Ljiljana ŠARAC (za hrvatski jezik)

Informatička podrška (IT support):

Davor LEVANIĆ

Svi objavljeni članci u časopisu su recenzirani (All papers published in journal have
been reviewed)

Časopis je besplatan i izlazi u četiri broja godišnje (The journal is free and published
four issues per year)

Naklada (Circulation): 100 primjeraka (issues)

Časopis je referiran u (Journal is referred in):

EBSCOhost Academic Search Complete
Hrčak - Portal znanstvenih časopisa RH

Rukopisi se ne vraćaju (Manuscripts are not returned)

Registracija časopisa (Registration of journal):

Časopis "Tehnički glasnik" upisan je u Upisnik HGK o izdavanju i distribuciji tiska 18.
listopada 2007. godine pod rednim brojem 825.

Uređenje zaključeno (Preparation ended):

Lipanj (June) 2014.

SADRŽAJ

CONTENT

<i>Heffer G., Puškarić M., Plaščak I.</i> PROMJENA MEHANIČKIH SVOJSTAVA MATERIJALA PRI KOVANJU DIJELA UPRAVLJAČKOG MEHANIZMA VOZILA CHANGING THE MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIALS BY FORGING OF PART OF VEHICLE'S STEERING MECHANISM	119
<i>Pavlic T., Hršak B., Šabić R.</i> PRILAGODBA CAD/CAM SUSTAVA ZA 2.5D I 3D GLODANJE NA 4-OSNOJ CNC GLODALICI HAAS VF6 CAD/CAM SYSTEM CUSTOMIZING FOR 2.5D AND 3D MILLING ON HAAS VF6 4-AXIS CNC MILLING MACHINE	123
<i>Klimenko Y., Krutko T., Orešković M., Soldo B.</i> METODOLOGIJA ISPITIVANJA I OSNOVNE ZNAČAJKE PRORAČUNA OŠTEĆENIH TLAČNO OPTEREĆENIH ARMIRANO BETONSKIH STUPOVA METHODOLOGY OF STUDY AND BASIC CHARACTERISTICS FOR CALCULATION OF COMPRESSED DAMAGED CONCRETE COLUMNS	129
<i>Vincek S., Cvitaš Lj.</i> SUSTAV ZA NADZOR I UPRAVLJANJE POZICIONERA FOTONAPONSKIH PLOČA ENGINEERING ETHICS IN THE PROCESS OF PROBLEM-SOLVING	134
<i>Pinterić E., Markulak D.</i> POKAZATELJI KVALITETE NA GRAĐEVINSKOM FAKULTETU OSIJEK – DEFINIRANJE, PRAĆENJE, ANALIZA, OCJENA I IZMJENE QUALITY INDICATORS AT THE FACULTY OF CIVIL ENGINEERING OSIJEK - DEFINING, MONITORING, ANALYSIS, EVALUATION AND MODIFICATION	140
<i>Glavaš B., Peršec Z.</i> TEHNIČKI ASPEKTI LITOTRIPTORA I PRIMJENA TERAPIJE UDARNIH VALOVA /ESWL/ U LIJEČENJU KAMENACA MOKRAČNOG SUSTAVA TECHNICAL ASPECTS OF LITHOTRIPTERS AND APPLICATION OF SHOCK WAVE THERAPY /ESWL/ IN THE TREATMENT OF URINARY TRACT STONES	145
<i>Hozdić E., Hozdić E.</i> MODELIRANJE I SIMULACIJA STRUKTURA KOMPLEKSNIH PROIZVODNIH SISTEMA MODELING AND SIMULATION OF STRUCTURE OF COMPLEX MANUFACTURING SYSTEMS	150
<i>Martinec M.</i> METODE PREVENCIJE LIKVEFAKCIJE METHODS OF PREVENTING LIQUEFACTION	157
<i>Petrović I., Petrović Z., Vincek S.</i> KARAKTERIZACIJA PARAMETARA ELEKTRIČNOG MODELA FOTONAPONSKOG MODULA PARAMETER CHARACTERIZATION FOR ELECTRICAL MODEL OF PHOTOVOLTAIC MODULE	161
<i>Uršulin-Trstenjak N., Levanić D., Šušnić S., Gazibara D., Šušnić V.</i> IMPLEMENTACIJA SUSTAVA I APLIKACIJA SOFTVERA ZA MONITORING SUSTAVA SIGURNOSTI HRANE U DJELATNOSTI UGOSTITELJSTVA IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM AND APPLICATION SOFTWARE FOR THE MONITORING OF THE FOOD SAFETY SYSTEM IN HOSPITALITY	166
<i>Naglaš D., Horvatić M., Šumiga I.</i> IZRADA PROTOTIPA CNC STROJA PROTOTYPING OF A CNC MACHINE	171
<i>Bašić, N., Kulenović, E., Hozdić, E.</i> LJEPLJENJE LAMELIRANIH ELEMENATA ZA PROIZVODNJU GRAĐEVINSKE STOLARIJE GLUE LAMINATED ELEMENTS FOR WOOD JOINERY	176
<i>Krpan Lj., Furjan M., Maršanić R.</i> POTENCIJALI LOGISTIKE POVRATA U MALOPRODAJI RESOURCES RECOVERY RETAIL LOGISTICS	182
<i>Kolednjak M., Grabar I.</i> INŽENJERSKA ETIKA U PROCESU RJEŠAVANJA PROBLEMA ENGINEERING ETHICS IN THE PROCESS OF PROBLEM-SOLVING	192
<i>Baglama I.</i> POSTUPAK GOSPODARENJA OTPADOM U PETROKEMIJI WASTE MANAGEMENT IN PETROKEMIJA	197
Naputak autorima Instructions for authors	III

PROMJENA MEHANIČKIH SVOJSTAVA MATERIJALA PRI KOVANJU DIJELA UPRAVLJAČKOG MEHANIZMA VOZILA

CHANGING THE MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIALS BY FORGING OF PART OF VEHICLE'S STEERING MECHANISM

Goran Heffer, Marko Puškarić, Ivan Plaščak

Prethodno priopćenje

Sažetak: Upravljački mehanizam jedan je od najvažnijih sustava na vozilima. S obzirom na njegovu važnost u pogledu cjelokupne sigurnosti vozila, posebna pozornost tijekom izrade dijelova mehanizma posvećuje se izboru materijala i odgovarajuće tehnologije. Određeni dijelovi upravljačkog mehanizma vozila izrađuju se tehnologijom kovanja u više tehnoloških faza. Karakteristični predstavnik takvih dijelova je krajnik spona. Prilikom kovanja u pojedinim fazama se mijenja mikrostruktura materijala, a time i mehaničkim svojstvima materijala izratka. Rad prikazuje navedene promjene na primjeru promjene tvrdoće, utvrđene mjerenjem na površini i u karakterističnom presjeku izratka.

Ključne riječi: mehanička svojstva, tvrdoća materijala, kovanje, upravljački mehanizam vozila

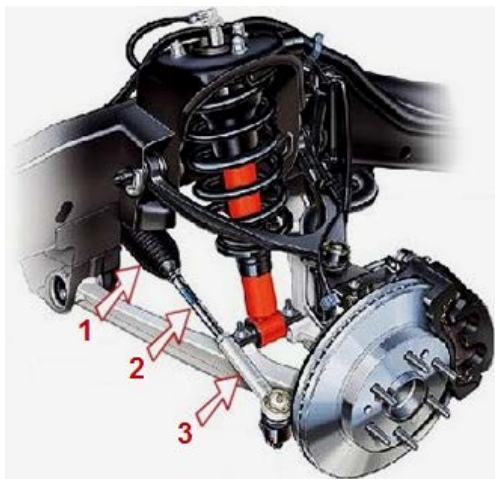
Preliminary notes

Abstract: Steering mechanism is one of the most important systems on vehicles. Due to its importance in terms of overall vehicle safety, special attention is given to material selection and appropriate technology during the development of parts of the mechanism. Certain parts of the vehicle's steering mechanism are made by forging technology in several technological phases. A typical representative of such parts is the track (tie) rod. During the forging in particular phases the microstructure of the material is changing, and thus the mechanical properties of materials of the workpiece. This paper presents these changes through the changes in hardness, determined by measuring on the surface and in typical cross-section of the workpiece.

Key words: mechanical properties, hardness of material, forging, vehicle's steering mechanism

1. UVOD

Upravljački mehanizam jedan je od najvažnijih sustava motornih vozila, koji omogućuje upravljanje vozilom i vožnju u željenom pravcu [1]. On objedinjuje više dijelova, što se vidi na slici 1, pri čemu su najvažniji letva upravljača (1), spona (2) i krajnik spona (3).



Slika 1. Dijelovi upravljačkog mehanizma vozila [2]

Krajnik spona i spona najviše su opterećeni dijelovi upravljačkog mehanizma, budući da su tijekom vožnje najviše izloženi vibracijama i udarcima koje prihvataju s kotača i prenose ih na ostatak sustava.

Zbog značaja za aktivnu sigurnost vozila, propustima u izradi ili ugradnji dijelova upravljačkog mehanizma mogu nastati problemi tijekom vožnje, koji uglavnom rezultiraju gubitkom kontrole nad vozilom i prometnom nezgodom, čime se ugrožava sigurnost vozila, putnika i prevoženog tereta. To se prvenstveno odnosi na izbor odgovarajućeg materijala i tehnologiju izrade dijelova.

Dijelovi upravljačkog mehanizma uglavnom se izrađuju od kvalitetnih čelika [3], primjenom tehnologije višefaznog kovanja u kovačkim alatima (ukovnjima).

Tijekom pojedinih faza kovanja dolazi do promjena u mikrostrukтури materijala izratka, čime se mijenjaju i njegova mehanička svojstva – tvrdoća, čvrstoća, itd. [4].

Neke od promjena u materijalu mogu se relativno jednostavno utvrditi mjerenjem na uzorcima, izrađenim od izradaka u pojedinim fazama kovanja. Pri tome se najjednostavnije može utvrditi i pratiti promjena tvrdoće materijala, kako na površini izratka tako i u njegovim presjecima na mjestima bitne promjene oblika izratka.

Praćenje promjena u materijalu provodi se kao oblik kontrole pravilnog izvođenja tehnološkog postupka.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

Kao predstavnik dijelova upravljačkog sustava na kome je proveden eksperimentalni dio rada, mjerenjem tvrdoće, izabran je krajnik spone, prikazan na slici 2.



Slika 2. Krajnik spone

Materijal od kojega se izrađuje krajnik spone je čelična šipka $\varnothing 32 \times 128$ mm, koja se naziva *sirovac*.

U proizvodnji otkivaka poput krajnika spone koristi se čelik poznate i zajamčene kvalitete.

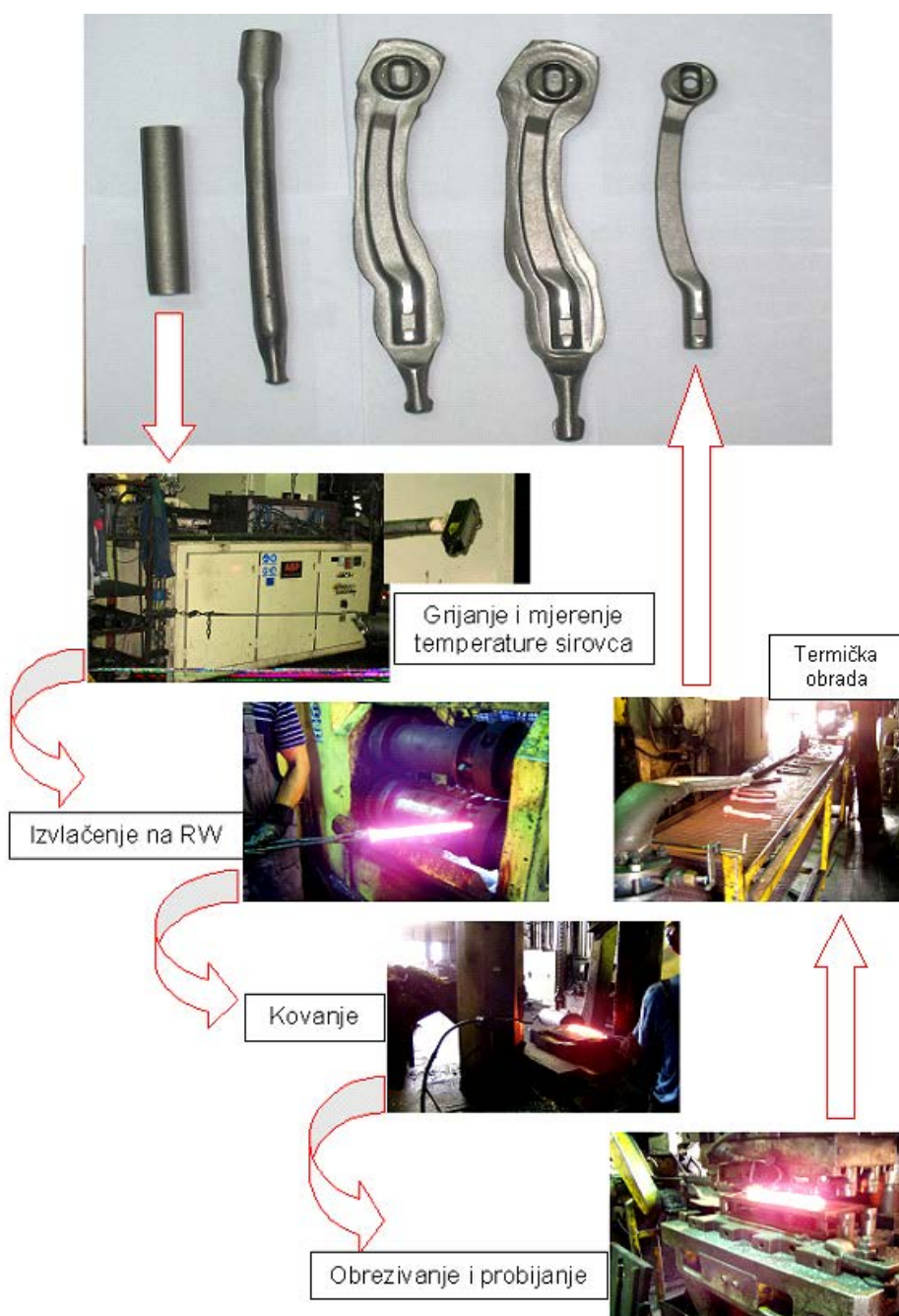
Proizvođač čelika je dužan pri isporuci priložiti kupcu odgovarajući atest isporučenog materijala. To je dokument kojim se jamči ispravnost čelika, te iz kojega se mogu vidjeti njegova svojstva, kemijski sastav i obavljena ispitivanja.

U prikazanom slučaju koristi se mikrolegirani čelik 30MnVS6, kemijskog sastava prikazanog u tablici 1.

Tablica 1. Sastav mikrolegiranog čelika [5]

C	Si	Mn	Cr	Ni	V	Mo
0,31	0,57	1,44	0,17	0,07	0,09	0,02
Al	Cu	Ti	B	N	S	P
0,025	0,12	0,029	0,0008	0,017	0,06	0,017

Tehnologija kovanja krajnika spone sastoji se iz više faza, kao što je prikazano na slici 3.



Slika 3. Tehnologija kovanja krajnika spone

Prikazane tehnološke faze kovanja i uređaji na kojima se izvode su:

1. grijanje sirovca i mjerenje temperature – indukcijska peć,
2. izvlačenje sirovca na potrebnu dužinu otkivka – posebni kovački stroj (RW - rekvalica)
3. kovanje otkivka u dvije faze (predoblik i gotovi oblik) – kovački bat,
4. obrezivanje otkivka i probijanje rupa na otkivku – ekscentar preša,
5. termička obrada otkivka – kontrolirano hlađenje na žičanom transporteru.

U svakoj od opisanih tehnoloških faza nastaje izradak koji je definiran oblikom gravure u ukovnju.

Praćenje promjene tvrdoće provedeno je mjerenjem tvrdoće na površini izratka iz pojedine tehnološke faze, prema planu mjesta mjerenja, prikazanom na slici 4.



Slika 4. Mjesta mjerenja tvrdoće izradaka

Tvrdoća izradaka mjerena je metodom Brinell, na mjernom uređaju sa sljedećim parametrima mjerenja:

- utiskivač tvrdomjera – čelična kuglica $\varnothing 5,0$ mm;
- sila utiskivanja kuglice – 7355 N.

Osim na površini, tvrdoća je izmjerena i u presjecima izradaka koji su dobiveni njihovim presijecanjem na svim prikazanim mjestima mjerenja. Time se dobila potpunija slika promjene tvrdoće materijala u svim tehnološkim fazama kovanja.

Tvrdoća na presjecima izradaka također je mjerena metodom Brinell, pri čemu su parametri mjerenja na uređaju bili sljedeći:

- utiskivač tvrdomjera – čelična kuglica $\varnothing 2,5$ mm;
- sila utiskivanja kuglice – 1837,5 N.

Postupak kovanja krajnika spone i sva mjerenja tvrdoće provedeni su u pogonu tvrtke „Unidal“ d.o.o. Vinkovci, u odjelima Kovačnice te Kontrole kakvoće proizvoda i proizvodnog procesa. Tvrtka proizvodi otkivke iz programa ovjesne i spojne opremu za sve vrste dalekovoda do 500 kV, elektrifikaciju željezničkih pruga, automobilsku industriju, te druge vrste otkivaka različitih namjena [6].

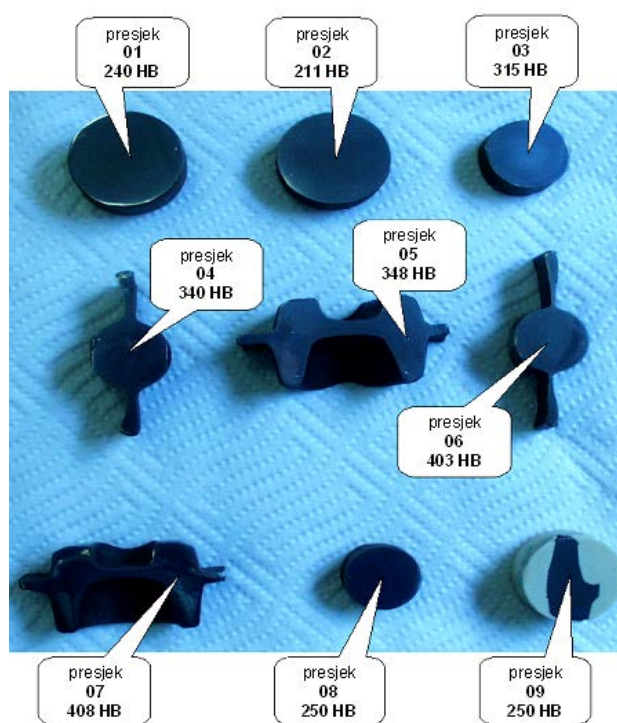
3. REZULTATI I RASPRAVA

Na površini izradaka u pojedinim fazama kovanja izmjerena je tvrdoća prikazana u tablici 2.

Tablica 2. Tvrdoća površine izratka u fazama kovanja

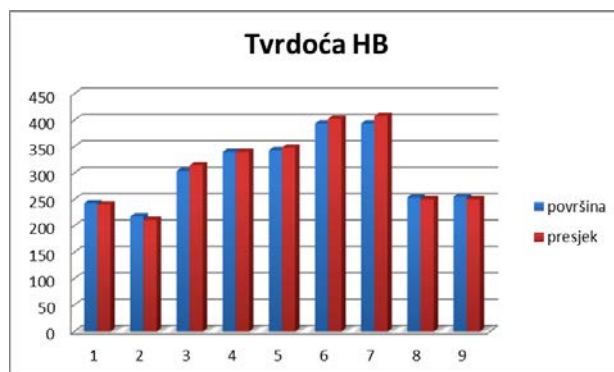
Mjesto mjerenja	Tvrdoća HB
1	243
2	218
3	304
4	340
5	343
6	394
7	394
8	254
9	255

Na istim mjestima izrađeni su i presjeci izradaka u kojima je izmjerena tvrdoća, što je prikazano na slici 5.



Slika 5. Tvrdoće u presjecima izradaka

Izmjerene vrijednosti tvrdoće na mjestima mjerenja mogu se usporediti, kao što se vidi grafikona na slici 6.



Slika 6. Usporedba tvrdoća na mjestima mjerenja

Iz dobivenih rezultata mjerenja evidentna je velika podudarnost između tvrdoća izmjerenih na površini i u presjeku izradaka na mjernim mjestima, što je pokazatelj homogenosti strukture materijala, dobivene kvalitetno izvedenim kovanjem u svim tehnološkim fazama.

Promjene tvrdoća na mjernim mjestima u pojedinim fazama obrade kovanjem nastale su zbog sljedećega:

- Tvrdoća na mjernom mjestu 1 (odrezani sirovac) predstavlja tvrdoću materijala u isporučenom stanju od strane proizvođača čelika. Riječ je perlitnom čeliku koji je, nakon obrade vučenjem u čeličani, termički obrađen postupkom normalizacije. To je termička obrada kojom se gotovi proizvodi (čelične šipke) jednolično zagrijavaju po čitavom obujmu te se nakon toga također jednolično ohlade na zraku.
- Tvrdoća na mjernom mjestu 2 smanjena je u odnosu na tvrdoću na mjestu 1. U tom dijelu izratka ostala je početna perlitna mikrostruktura, budući da isti nije obrađen nikakvom deformacijom. Zagrijavanjem cijelog izratka i njegovim sporim hlađenjem nakon obrade izvlačenjem, dio izratka s mjernim mjestom je u žarenom stanju, uslijed čega je omekšao u odnosu na početnu tvrdoću.
- Tvrdoće na mjernim mjestima 3, 4, 5, 6 i 7 nastale su zbog promjena mikrostrukture uslijed zagrijavanja, obrade deformacijom (kovanje) i bržeg hlađenja. Riječ je o mikrostrukturama martenzita i bainita koje nastaju u pojedinim fazama kovanja izratka.
- Tvrdoće na mjernim mjestima 8 i 9 predstavljaju tvrdoću materijala perlitne mikrostrukture u stanju nakon provedene termičke obrade gotovog izratka postupkom normalizacije.

4. ZAKLJUČAK

Provedeno istraživanje, mjerenjem tvrdoće izradaka u pojedinim fazama kovanja krajnika spone, kao tipičnog predstavnika dijelova upravljačkog mehanizma vozila, pokazalo je da se tijekom izvođenja tehnologije kovanja u materijalu izratka mijenjaju i mehaničkih svojstava materijala.

Do takve promjene dolazi zbog toga što se, uslijed toplinskih i mehaničkih uvjeta u kojima se odvija tehnologija, mijenja i mikrostruktura materijala.

U istraživanom slučaju kovanja krajnika spone, tijekom procesa obrade u materijalu nastaje nekoliko različitih tipova mikrostrukture – perlitna, martenzitna i bainitna mikrostruktura.

Da bi se točno definirale promjene mikrostrukture, te njihovo pridruživanje izmjerenim vrijednostima tvrdoća, potrebno je obaviti metalografsku analizu mikrostrukture kojom se može dobiti cjelokupna slika promjene stanja materijala pri obradi kovanjem odabranog predstavnika upravljačkog sustava.

5. LITERATURA

- [1] Popović, G.; Vadjon, V.: Tehnika motornih vozila, Hrvatska obrtnička komora i Pučko otvoreno učilište, Zagreb, 2004.

- [2] <http://www.2carpros.com/articles/how-car-steering-works> (dostupno 19.2.2014.)
- [3] Novosel, M.; Krumes, D.: Željezni materijali II – konstrukcijski čelici, Strojarski fakultet, Slavonski Brod, 1998.
- [4] Musafija, B.: Obrada metala plastičnom deformacijom, Svjetlost, Sarajevo, 1988.
- [5] Čeličana Štore, tehnička dokumentacija (atesti)
- [6] <http://www.dalekovod.hr/unidal.aspx> (dostupno 10.02.2014.)

Kontakt autora:

dr.sc. Goran Heffer, izv.prof.

Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet Osijek
Kralja Petra Svačića 1d
31000 Osijek
e-mail: gheffer@pfos.hr

Marko Puškarić, ing.

„Unidal“ d.o.o.
Kneza Mislava 42
32100 Vinkovci
Tel: +385 32 323 999
Fax: +385 32 323 206

dr.sc. Ivan Plaščak, docent

Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet Osijek
Kralja Petra Svačića 1d
31000 Osijek
e-mail: ivan.plascak@pfos.hr

PRILAGODBA CAD/CAM SUSTAVA ZA 2.5D I 3D GLODANJE NA 4-OSNOJ CNC GLODALICI HAAS VF6

CAD/CAM SYSTEM CUSTOMIZING FOR 2.5D AND 3D MILLING ON HAAS VF6 4-AXIS CNC MILLING MACHINE

Tomislav Pavlic, Božidar Hršak, Renato Šabić

Stručni članak

Sažetak: U ovom radu opisana je problematika konstruiranja složenog kalupa, pomoću programskog alata SolidWorks. Za konstruiranje kalupa korišteni su programski moduli Surface i Mold, pomoću kojih se izradio zahtjevni 3D model žlice (programski modul Surface), te s obzirom na nju konstruirani su matrica i žig (programski modul Mold). Nakon 3D modeliranja kalupa, izrađena je simulacija 3D obrade glodanja u programskom modulu SolidCAM, gdje je nakon definiranja obrade generiran G-kod za stroj Haas VF-6 na kojemu je sam kalup i izrađen.

Ključne riječi: površine, kalup, CAD/CAM, 2.5D glodanje, 3D glodanje

Professional paper

Abstract: In this thesis we work on modelling a complex mold, with the help of SolidWorks software. For constructing this mold, moduls of Surface and Mold were used for making the spoon (Surface) and then, based on the spoon, mark and countermark (Mold) where made. After modelling a mold in 3D, 3D milling simulation was made in the SolidCAM module, where a G-code of milling for the Haas VF-6 was generated and a mold was made.

Key words: Surface, Mold, CAD/CAM, 2.5D Milling, 3D Milling

1. UVOD

Razvitkom tehnologije u području obrade metala odvajanjem čestica moguća je izrada kompleksnijih dijelova, što je prije bilo nezamislivo izraditi obradom odvajanja čestica. Upotrebom računalnih programskih alata danas je moguće napraviti geometrijski složene obratke s velikim brzinama obrade i visokom točnošću. Korištenjem CAD/CAM tehnologije moguće je konstruirati geometrijski kompliciran izradak u prirodnoj veličini i zatim napraviti simulaciju obrade tog izradka. Korekcijom parametara tijekom simulacije smanjuje se mogućnost pogreške pri obradi, što nam štedi vrijeme zbog nepotrebnih obrada sirovca dok ne dobijemo točno željeni izradak. Također, verifikacijom simulirane obrade, sprječavaju se neki nepoželjni događaji poput, npr. kolizije stroja i stege. Danas je nezamisliva obrada odvajanjem čestica bez CAD/CAM programskih alata, jer bez njih ne možemo kvalitetno raditi višeosnu simultanu obradu glodanja, što je u današnje vrijeme postao standardni zahtjev u obradi materijala pomoću CNC glodalica. U ovome radu, kao primjer složenog proizvoda, tj. kalupa za njega, izabrana je žlica. Svima dobro poznat proizvod, kojeg je nemoguće izvesti

obradom odvajanja čestica bez kombinacije CAD/CAM sustava i CNC glodalice sa tri simultane NC-osi.

2. PROGRAMIRANJE CNC GLODALICA

CNC programiranje je postupak pisanja programa prema unaprijed definiranoj tehnologiji, a može se obaviti ručno ili pomoću računala. Programiranje pomoću računala podrazumijeva definiranje obrada na osnovu izabranih parametara kao što su: dimenzije sirovca, putanja alata, izbor alata, režima rada i sl., u posebnim programskim alatima, kao što su npr. *Catia*, *Mastercam*, *Solidcam* i dr. Također je moguća simulacija obrada i zapis samog programa u izabrane upravljačke jedinice CNC glodalica. Ovime se skraćuje vrijeme i smanjuju troškovi izrade programa, te je brža izrada prvog komada na stroju [1].

Proizvodnja podržana računalom (CAM) je oblik automatizacije u kojem se radne (operativne) informacije proizvodnoj opremi, strojevima, predaju izravno iz računala. Ta tehnologija se razvila iz numerički upravljanih strojeva s početka 50-ih godina 20. stoljeća, čijim radom se upravljalo pomoću niza kodiranih naredbi sadržanih na bušenim karticama ili bušenoj vrpci. Današnja računala mogu upravljati radom niza robota, glodalica, tokarilica, strojeva za zavarivanje i drugih strojeva i uređaja, transportirajući obradak od stroja do

stroja, kada je operacija na prethodnom stroju završena. Takvi sustavi dozvoljavaju jednostavno i brzo reprogramiranje, što omogućuje brzu primjenu konstrukcijskih promjena. Napredniji sustavi, koji su obično integrirani s CAD sustavima, mogu upravljati i takvim zadaćama kao što su narudžbe dijelova, raspoređivanje i izmjena alata. Konstruiranje pomoću računala (CAD) je u pojednostavljenom obliku elektronička crtača daska, jer se umjesto olovkom i papirom, konstruira na računalu. CAD se može povezati s proizvodnjom, pri čemu se prenose specifikacije i proces izrade konstruiranog proizvoda. CAD sistemi se najčešće koriste bibliotekom pohranjenih oblika i instrukcija. Rezultati konstruiranja mogu biti iscrtani na pisaču, ali je još važnije da su pohranjeni u memoriji na računalu, što omogućuje spretno mijenjanje konstrukcije i interaktivnu elektroničku komunikaciju s proizvodnjom.

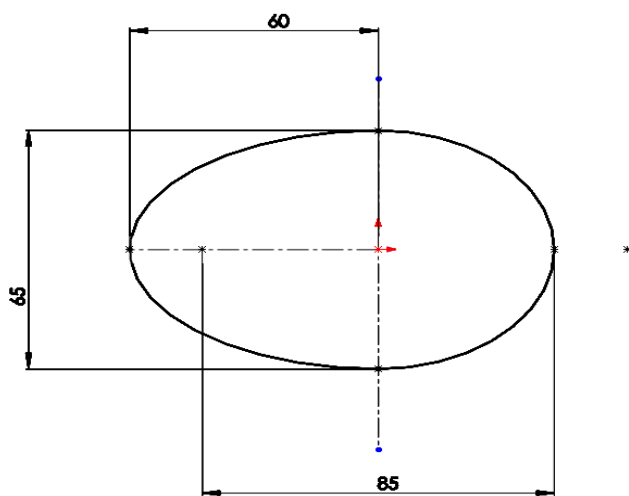
Vrste CAD/CAM programiranja obrada glodanja:

- 2.5D - alat se kreće po Z-osi stroja, a zatim po X/Y osima, i obratno;
- 3D - alat se kreće u X/Y/Z osi istovremeno;
- 4 - osno simultano glodanje – uz 3 pravocrtna gibanja postoji i rotacijsko gibanje (na vertikalnim glodalicama je to rotacija oko X-osi (A-os), dok je na horizontalnim strojevima rotacija oko Y-osi (B-os));
- 5 - osno simultano glodanje - mogućnost gibanja alata u 3 translacije i 2 rotacije istovremeno.

3. 3D OBLIKOVANJE MODELA KALUPA U PROGRAMSKOM ALATU SOLIDWORKS

Modeliranje kalupa u programskom alatu *SolidWorks* izrađuje se pomoću modula za izradu kalupa (*eng. Mold*). Način modeliranja je taj da se prvo konstruira izradak (odljevak) a zatim s obzirom na njega, zrcalno, izradi se matrica i žig [2].

Modeliranje žlice (Slika 1.) započinje izradom skice baze žlice u gornjoj ravlini (*Top Plane*).



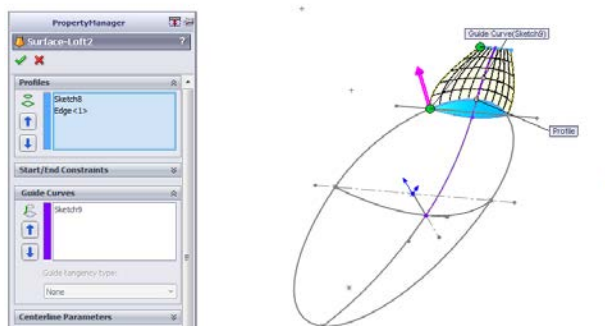
Slika 1. Skica baze žlice

Nakon skiciranja oblika baze žlice, značajkom *Surface Swept* modelira se površina baze žlice (Slika 2.). *Surface Swept* je značajka kojom se zadani profil popunjuje po putanji.



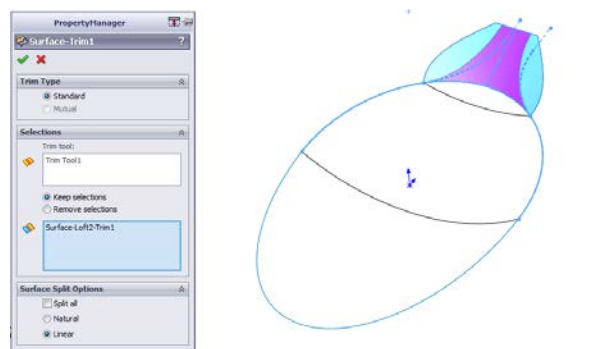
Slika 2. Zaobljenje površine (*Surface Sweep*)

Nakon toga nacrtaju se nove skice u kojima se definiraju linije pomoću kojih će se modelirati drška žlice (Slika 3.). Značajkom *Surface Loft* spajaju se dva profila po zadanoj putanji u površinu držača žlice.



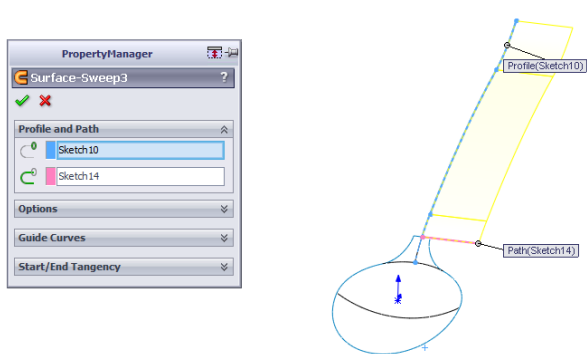
Slika 3. Opcija *Surface Loft*

Značajkom *Surface Trim* otklanjaju se nepotrebne površine (Slika 4.). Potrebno je označiti dio koji se odstranjuje i dio na kojoj površini se vrši odsijecanje. Odabirom *Keep selections* označava se da odabrana kontura ostaje netaknuta, a sve izvan konture se odsijeca.



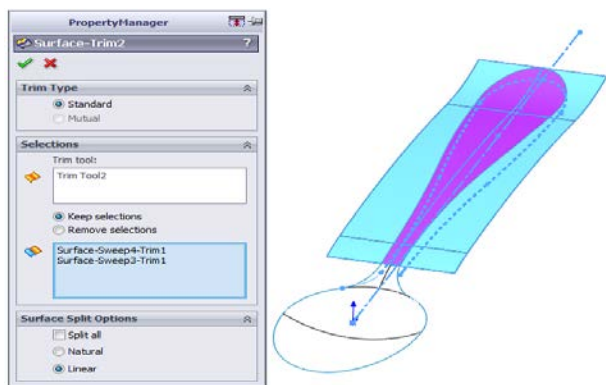
Slika 4. Opcija za odsijecanje površina (*Surface Trim*)

Nakon spajanja baze žlice i početka drške žlice modelira se ostatak drške žlice. S dvije nove skice definira se širina i dužina drške, te se zatim značajkom *Surface Swept* stvara površina drške (Slika 5.).



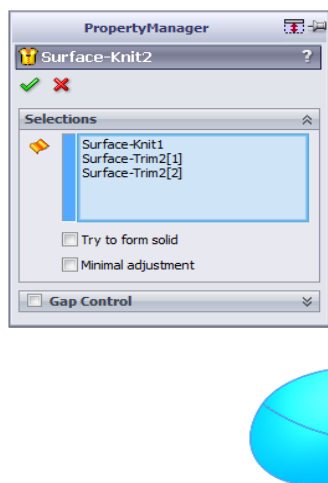
Slika 5. Izrada površine drške žlice

Kako je dobivena samo površina drške žlice potrebno je odsjeći višak materijala drške kako bi se dobila točna konstrukcija drške. U novoj skici definira se geometrija tijela drške, te se zatim značajkom *Trim Surface* otklanja višak materijala (Slika 6.).



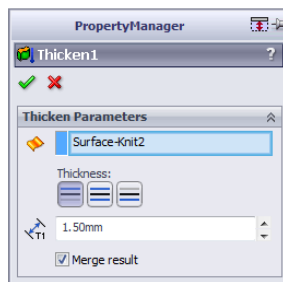
Slika 6. Opcija Surface Trim

Zatim je potrebno cijelu dršku povezati s ostatkom žlice u jednu cjelinu značajkom *Knit Surface* (Slika 7.).



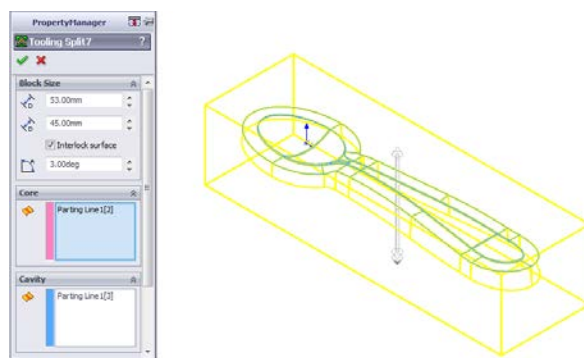
Slika 7. Spajanje baze žlice i drške (Surface Knit)

Kako je završeno modeliranje oblika žlice potrebno je zadati debljinu (Slika 8.). Značajkom *Thicken* dodaje se sloj materijala od 1,5 mm u željenom smjeru po odabiru.

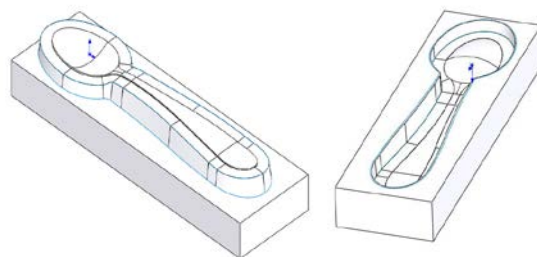


Slika 8. Opcija Thicken

Modul *Tooling Split* koristi se za izradu jezgre i šupljine blokova za kalup (Slika 9.). Za korištenje značajke *Tooling Split*, dio mora imati najmanje tri površine tijela u mapi površine tijela: jezgra površine tijela, površine šupljine tijela i površina razdvajanja tijela (Slika 10.).



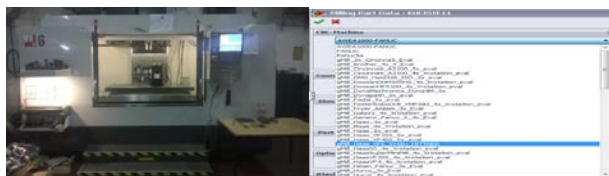
Slika 9. Opcija Tooling Split



Slika 10. Model žiga i matrice

4. DEFINIRANJE OPERACIJA GLODANJA U PROGRAMSKOM ALATU SOLIDCAM

Prije definiranja novih operacija glodanja, u programskom alatu *SolidCam*, potrebno je odrediti parametre poput nul-točke obratka, definiranja sirovca i obratka, te je potrebno odabrati postprocesor za stroj koji se koristi u obradi [3]. U ovom slučaju parametri su definirani i odabrani za 4-osnu glodalicu Haas VF6 (Slika 11.), stoga se odabire spomeniti postprocesor (*gMill_Haas_VF6_VTSBJ_HITTNER*) (Slika 11.).

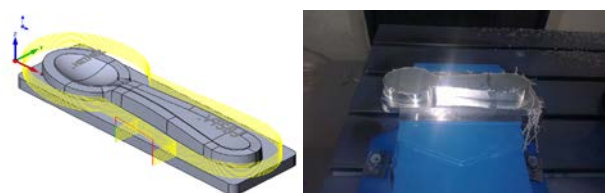


Slika 11. 4-osna glodalica Haas VF6 [4] i odabir prilagođenog postprocesora [3], [5]

4.1. Obrada žiga

4.1.1. 2.5D glodanje konture žiga - gruba obrada

Prva operacija strojne obrade je grubo glodanje konture (Slika 12.). Ono služi za dobivanje konture kalupa. U izborniku za definiranje obrade konture se određuje geometrija tijela na kojoj će se vršiti obrada, odabir alata, razina obrade, tehnologija obrade i vrsta ulaska i izlaska alata u proces obrade. U ovoj operaciji ostavlja se dodatak na konturi za fini obradu [6].



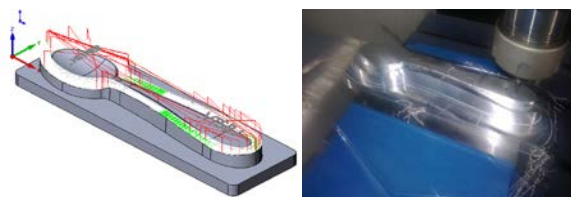
Slika 12. Prikaz simulacije i gotove 2.5D obrade glodanja konture žiga - gruba obrada

4.1.2. Glodanje konture žiga - fina obrada

Nakon grube obrade slijedi fina obrada po istoj konturi. Alat je jednim prolazom ($Z=-14,1$ mm) pušten po istoj putanji alata koja je bila definirana operaciju grubog glodanja konture.

4.1.3. 3D glodanje površine žiga

Nakon dobivene konture kalupa, obrađuje se površina kalupa. Prvo se grubom obradom 3D glodanja odabrane površine rasterećuju, da bi se nakon toga finim prolazom uklonio dodatak koji je ostavljen (Slika 13.). U djelu *Technology* odabire se gruba obrada s načinom izvršenja *Hatch*, sa 0,5 mm dodatka na svim površinama za fini obradu. Također odabire se završna obrada tipa *Pencil Milling* za fini obradu. *Hatch* strategija izvršava grubu obradu po konstantnoj Z-visini koja se automatski računa uzimajući u obzir *Lower level*, *Surface offset* i *Step down* parametre [3].



Slika 13. Prikaz simulacije i gotove operacije 3D glodanja površine žiga

4.1.4. Operacija glodanja žiga – 3D glodanje površine žlice

Koriste se opcija *Contour* grube obrade i *Circular pocket* završna obrada (Slika 14.). *Contour* gruba obrada omogućuje obradu džepova na konstantnoj visini pri različitim razinama Z osi. Ostavljen je dodatak (*Surface offset*) od 0,5 mm za završnu obradu.



Slika 14. Prikaz simulacije i gotove operacije 3D glodanja površine žiga na mjestu gdje dolazi žlica

4.1.5. 3D graviranje žiga

Modulom *Engraving* pokreće se proces obrade graviranjem. U djelu *Geometry* odabire se tekst koji se želi gravirati. U djelu *Multi-chain* pritiskom na tipku *Add* otvara se novi prozor, *Chains Selection*. Ovdje je omogućen odabir većeg broja profila. U djelu *Type* potrebno je odabrati opciju *Text*. Ova opcija omogućuje da se odabere tekst iz *sketch-a* 3D modela. 3D graviranje je operacija graviranja u kojoj gravirani tekst prati krivulju površine, stoga je graviranje jednake dubine na cijeloj površini (Slika 15.).



Slika 15. Prikaz gotove operacije 3D graviranja žiga

4.1.6. 3D glodanje konture žiga

Nakon 3D glodanja oblika ostao je dio neobrađenog materijala. Za obradu tog dijela koristila se dodatna operacija *3D Contour*. *3D Contour* operacija omogućuje i korištenje tehnologije 3D graviranja za obradu 3D konture (Slika 16.).



Slika 16. Prikaz gotove operacije 3D glodanja konture žiga

Kada su sve obrade potpuno definirane potrebno je izračunati sve putanje korištenih alata (Tabela 1.). Desnim klikom na opciju *Operations* i odabirom *Calculate All*, programski alat *SolidCAM* proračunava sve putanje alata za definirane obrade, kao i njihovo trajanje (Tabela 2.). Nakon toga opcijom *Simulate* moguće je provjeriti simulaciju svih obrada. Odabirom *G-code All→Generate*, generira se .NC datoteka obrade koja se, ukoliko je ispravna, prenosi na stroj i omogućuje izvođenje stvarne strojne obrade.

Tabela 1. Alati korišteni u obradi žiga

Vrsta obrade	Vrsta alata	S [okr/min]	F [mm/min]
Gruba obrada konture	Ø25 	5000	1000
Fina obrada konture	Ø10 	5000	1000
3D glodanje površine kalupa	Ø3 	7000	2000
3D glodanje površine žlice	Ø3 	7000	2000
3D graviranje	Ø10 	3000	500
3D obrada konture	Ø3 	2500	300

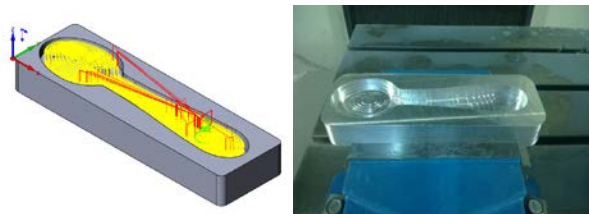
Tabela 2. Vrijeme obrade žiga na stroju

Vrsta obrade	Vrijeme obrade [min:s]
Gruba obrada konture	10:21
Fina obrada konture	1:50
3D glodanje površine kalupa	48:37
3D obrada površine žlice	67:12
3D graviranje	2:04
3D obrada konture	0:50
Σ	130:54

4.2. Obrada matrice

4.2.1. 3D glodanje – gruba obrada

Prva operacija strojne obrade je grubo glodanje koje se vrši radi rasterećenja finoj obradi. Potrebno je ukopati džep u koji će nasjedati žig kalupa (Slika 17.). U djelu *Tehnology* definiramo strategiju obrade. Koristi se gruba *Contour* obrada s dodatkom 0,5 mm na svim površinama.



Slika 17. Prikaz simulacije i gotove 3D obrade glodanja konture matrice - gruba obrada

4.2.2. 3D glodanje konture matrice

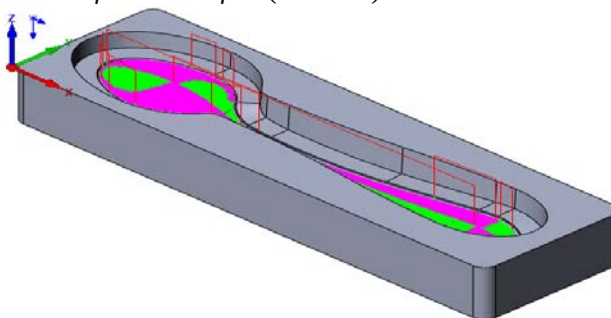


Slika 18. Prikaz gotove operacije 3D glodanja konture matrice

Sljedećim postupkom obrađuje se širina kalupa na nazivnu mjeru te se u istoj operaciji obrađuje donja površina kalupa koja nasjeda u žig (Slika 18.).

4.2.3. 3D glodanje – fina obrada

Završna obrada radi se na zakrivljenim površinama kalupa nakon rasterećenja. Pokretanjem nove operacije 3D glodanja potrebno je definirati površine za završnu obradu. Odabirom *Geometry → Working Area → Define*, otvara se novi prozor u kojemu se označava *Work on selected faces → Define* (Slika 19.).



Slika 19. Prikaz simulacije 3D glodanja površine matrice na mjestu gdje dolazi žlica



Slika 20. Prikaz gotovog žiga i matrice

Tabela 3. Alati korišteni u obradi matrice

Vrsta obrade	Vrsta alata	S [okr/min]	F [mm/min]
3D gruba obrada glodanja	Ø5 	5000	2000
3D Contour obrada	Ø5 	5000	500
3D završna obrada	Ø3 	7000	2000

Tabela 4. Vrijeme obrade matrice na stroju

Vrsta obrade	Vrijeme obrade [min:s]
3D gruba obrada glodanja	31:07
3D Contour obrada	1:56
3D završna obrada	66:13
Σ	99:06

5. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme, kada je potrebno izvršiti složene obrade (Slika 20.), u područje obrade metala odvajanjem čestica od velike je važnosti izrada virtualne simulacije obrade. Samim time izbjegava se pogreška koja dovodi do oštećenja alata, odnosno i cijelog stroja. Prikaz korištenih alata također je jasno prikazan (Tabela 3.). Programski alat *SolidWorks* se pokazao kao vrlo praktičan programski alat za modeliranje, dok programski alat *SolidCAM* pomaže u realizaciji virtualne simulacije kompliciranih obrada. Pravilnom prilagodbom postprocesora (*gMill_Haas_VF6_VTSBJ_HITTNER*), 4-osna glodalica Haas VF6 funkcionira ispravno, pri čemu se misli na pravilno izvršavanje naredbi definiranih generiranim G-kodom iz programskog CAD/CAM alata *SolidWorks/SolidCAM*. Kao nastavak započetome poslu,

biti će potrebno uskladiti vremenske koeficijente prije spomenutoga postprocesora, tako da vremensko trajanje virtualnih simulacija obrada (Tabela 4.) traje identično kao i stvarna obrada na stroju. Trenutno ipak postoji razlika, te je teže realno procijeniti točno sve parametre na temelju same simulacije.

6. LITERATURA

- [1] http://bib.irb.hr/datoteka/527909.Diplomski_rad_-_Mladen_elikovi.pdf (27. veljače, 2014)
- [2] SolidWorks Online Help
- [3] http://www.solidcam.com/fileadmin/downloads/SolidCAM/doc/EN/2010/SolidCAM_gpptool_user_guide.pdf (10. veljače, 2014)
- [4] Slika stroja Haas VF6, u tvrtci Hittner d.o.o. (27. veljače, 2014)
- [5] http://www.haascnc.com/we_spec1.asp?id=VF6/40&sizeID=50_64INCH_VMC#gsc.tab=0 (10. veljače, 2014)
- [6] <http://www.solidcam.com/support/documentation/solidcam-2012/> (10. veljače, 2014)

Kontakt autora:

Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Trg Eugena Kvaternika 4, 43000 Bjelovar

Tomislav Pavlic, mag.ing.mech.
E-mail: tpavlic@vtsbj.hr

Božidar Hršak, mag.ing.mech.
E-mail: bhrsak@vtsbj.hr

Renato Šabić (bivši student)
E-mail: renato.sabic@gmail.com

METODOLOGIJA ISPITIVANJA I OSNOVNE ZNAČAJKE PRORAČUNA OŠTEĆENIH TLAČNO OPTEREĆENIH ARMIRANO BETONSKIH STUPOVA

METHODOLOGY OF STUDY AND BASIC CHARACTERISTICS FOR CALCULATION OF COMPRESSED DAMAGED CONCRETE COLUMNS

Yevgeniy Klimenko, Krutko Tatjana, Orešković Matija, Soldo Božo

Prethodno priopćenje

Sažetak: *Aktualni propisi za armiranobetonske konstrukcije koji se koriste u Ukrajini i zemljama EU sadrže određena pravila za proračun ab konstrukcija. Pravila i poglavlja za proračun čvrstoće presjeka bazirana su na dimenzijama najkritičnijeg presjeka elementa. Veličine tamo korištene unificirane su i naširoko prihvaćene. Propisi su većinom, rađeni za elemente punog, gotovog poprečnog presjeka. Postavlja se pitanje provođenja proračuna na elementima oštećenog presjeka, odabira veličina i parametara. U tu svrhu provedena su istraživanja ponašanja armiranobetonskih stupova s "ugrađenim" oštećenjima, pod tlačnim opterećenjem do stanja sloma, te su analizirani najkritičniji presjeci. Izvedeni su preduvjeti za proračun sustava jednadžbi za pronalaženje nepoznatih veličina koje nisu razmatrane u postojećim normativnim dokumentima i propisima.*

Ključne riječi: *ab stup, oštećenje, slom, nosivosti, pravokutni poprečni presjek, kružni poprečni presjek*

Preliminary notes

Abstract: *Current regulations for reinforced concrete structures that are used in countries of EU and Ukraine contain specific rules for the calculation of RC structures. Rules and chapters for strength of cross-section calculation are based on dimensions of the most critical cross-section of the element. Values used there are unified and widely accepted. Regulations are mostly made for the elements of a full, finished cross-section. The question of implementation of calculation on elements with damaged cross-section arises, as well as the selection of values and parameters. For this purpose, research to study the behaviour of reinforced concrete columns with "built-in" damage under compressive load to a state of collapse with the most critical cross-sections being analysed were carried out. The preconditions for calculation systems of equations for finding the unknown parameters that have not been considered in the existing normative documents and regulations are proposed.*

Key words: *rc column, damage, collapse, bearing capacity, rectangular cross section, circular cross section*

1. INTRODUCTION, THE RELEVANCE OF THE WORK

Reinforced concrete is widely used and is perspective construction material for construction of buildings and constructions. In the process of exploitation of construction there is awareness of structure and their elements. To avoid its extremely negative consequences, it is necessary to conduct periodic monitoring of building condition in general (whole construction) and separate designs in particular.

Current regulations [1-2] do not give comprehensive answers regarding some problems in reconstruction. Therefore, the actual problem remains – determination of residual bearing ability of the damaged bearing elements.

The authors examined a specific case of damage – local damage in a part of a section. In such a case, the characteristic of that kind of damaged elements appears when there is damage in plane compressed structures and therefore, an oblique eccentric compression appears, i.e.

the case where the force plane does not coincide with any of the main axis of the damaged section. Stress-strain state and bearing capacity of exposed longitudinal compression reinforcement bars also has its own characteristics and they are not included in the existing norms in Ukraine.

2. INVESTIGATED SAMPLES

The research included columns of different sections, rectangular and circular. On the basis of international collaboration, rectangular columns were manufactured and tested in Odessa, Ukraine, by all government regulations and standards, while the circular columns were manufactured and tested in Varaždin, Croatia, unifying the Ukrainian and European standards.

In the Odessa State Academy of Construction and Architecture for the solution of this problem 17 columns of rectangular cross-section with damages were made,

and at the same time at University North (Varaždin, Croatia) 15 columns with damages were made.

RC samples have the following geometrical characteristics: the rectangular ones with section size – 200x250 mm; circular ones with section diameter – 300 mm, column height – 1000 mm. Rectangular columns were made of concrete class C15 and reinforced with longitudinal reinforcement 4 ϕ 16 while the circular ones were made of concrete C25/30, reinforced with 6 ϕ 12. The difference in concrete class is a result of a different

concrete placing technology that is implemented in these countries.

Artificial damage is located in the middle third of element (Fig. 1). Damage depth, angle of a damage and relative force eccentricity varied. Position of the stirrups and their refinement at the column ends as well as the design of damaged part can be seen in Figure 1 ((a) for rectangular sample and (b) for the circular one).

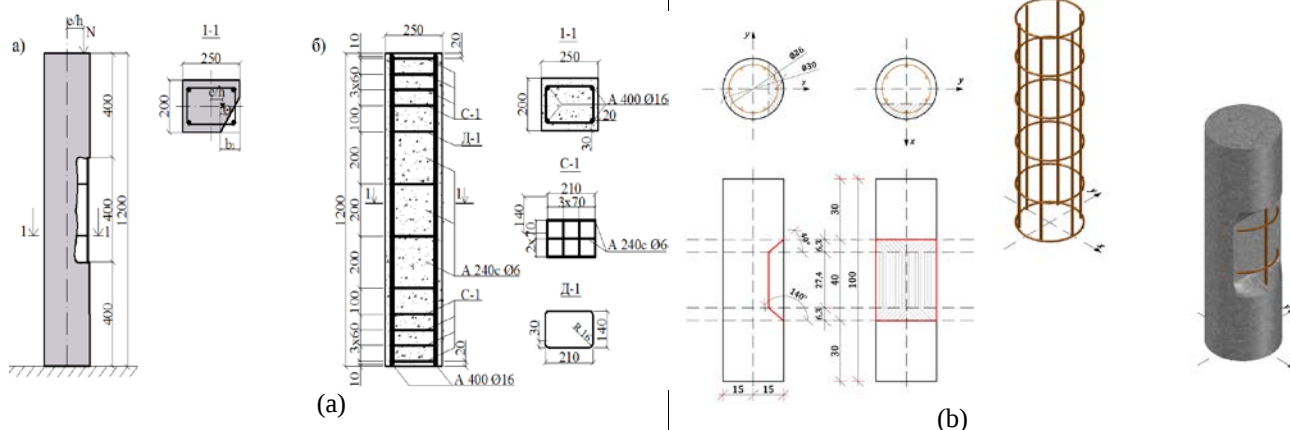


Figure 1 Scheme of column models (samples) with internal reinforcements and designed damage

(a) Rectangular column (Odessa, Ukraine)

(b) Circular column (Varaždin, Croatia)

3. IMPLEMENTATION OF THE EXPERIMENTS

Experiments were conducted on various types of hydraulic presses. Rectangular columns were tested at the press with capacity of 500 t (Figure 2) while the circular ones were tested at the press with capacity of 300 t (Figure 3). Measuring instruments (strain gauges) are glued on each reinforcement bar and along the perimeter of a sample, directly on concrete. All strain gauges were installed in the middle column (the critical section). Three-factor plan was chosen for the experiment, according to which the samples were prepared (Table 1). The force was applied gradually (0.1 F_{max}) while retaining a few minutes at every level of application.



Figure 2 Implementation of experiment on models of rectangular cross section, with oblique damage.

By reviewing and analysing the results, it can be concluded that the capacity of RC elements mostly depends on the eccentricity of applied force. The depth of the damage certainly reduces the element bearing capacity but it is considerably reduced with combination of damage and eccentricity.



Figure 3 Implementation of experiment on model of circular cross section, with oblique damage, model with damaged depth R (radius)

Looking at the rectangular samples, if we compare the case of central load on the sample without damage with the one with highest degree of damage, then the bearing capacity of the damaged model is $0,38N_{nodamage}$. By moving the applied force to the edge of the element bearing capacity is reduced to $0,19N_{nodamage}$. By observing same case with elements of circular cross section, in the first case, the ratio is $0,30N_{nodamage}$, and at the force applied on the edge of a model, it is reduced to $0,25N_{nodamage}$.

4. BASIC PRECONDITIONS FOR CALCULATION

In the research process, the basic parameters of the stress-strain state were established, which enabled the formulation of the basic premise for calculating the residual load-bearing capacity of elements:

- 1) The plane sections hypothesis is taken, i.e. after deformation sections remain plane, deformation through the section height changes according to linear dependence.
- 2) Stresses in the compressed zone are evenly distributed with intensity ηf_{cd} .
- 3) Concrete capacity in the tensile zone is not taken into account.
- 4) Tensile stresses in the reinforcement not higher than the calculated tensile strength f_t .
- 5) Compressive stresses in the reinforcement not higher than the calculated resistance to the compression f_{yd} .
- 6) Damage front has a rectilinear shape
- 7) Stresses in the reinforcement are determined depending on the relative height of the compressed zone of concrete.
- 8) Exposures of reinforcing bars is taken into account.
- 9) A parallelism condition of force planes: point of application of external force (A), resultant force of compressive stresses in the concrete and reinforcement (B) and the point of application of the resultant forces in the tensile reinforcement (C) must lay on a straight line (Figure 4).

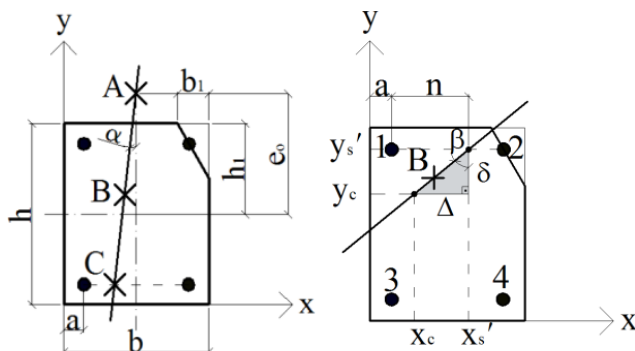


Figure 4 Justification of the precondition 9.

To solve the problem, namely the determination of residual load-bearing capacity of compressed concrete structures damaged during the exploitation, there are five unknown values that we find from five equations:

1. The equilibrium equation regarding the x axis:

$$N - f_{cd} + \sum \sigma_{1-4} \cdot A_{1-4} = 0; \quad (1)$$

2. The equation of the sum of the moments concerning an axis x:

$$N \cdot e - f_{cd} \cdot A_c \cdot x_c - \sigma_{1-2} \cdot A_{1-2} \cdot h_0 + \sigma_{3-4} \cdot A_{3-4} \cdot a = 0; \quad (2)$$

3. The equation of the sum of the moments concerning an axis y:

$$N \cdot \frac{b}{2} - \sigma_1 \cdot A_1 \cdot a - \sigma_2 \cdot A_2 \cdot (b - a) + \sigma_3 \cdot A_3 \cdot a + \sigma_4 \cdot A_4 \cdot (b - a) - f_{cd} \cdot A_c \cdot y_c = 0; \quad (3)$$

4. Static moment relative to compressed area of concrete, the x axis (Fig.5(a)):

$$S_{x1} = A_1 y_1 - A_2 y_2; \quad (4)$$

5. Static moment relative to compressed area of concrete, the y axis (Fig.5(b)):

$$S_{y1} = A_1 x_1 - A_2 x_2; \quad (5)$$

In equations (2-3) stresses in rebars are defined by the expression:

$$\sigma_{si} = \frac{\sigma_{sc,u}}{1 - \frac{\omega}{1,1}} \left(\frac{\omega}{\xi_i} - 1 \right); \quad (6)$$

$$\text{where: } \xi_i = \frac{x}{h_{oi}}; \quad (7)$$

h_{oi} – distance from the axis passing through the centroid of the observed i reinforcing bar and parallel to the line restricting the compression zone, to the most remote point of the compressed zone of the section. We can determine values of h_{oi} from the geometry of the cross section.

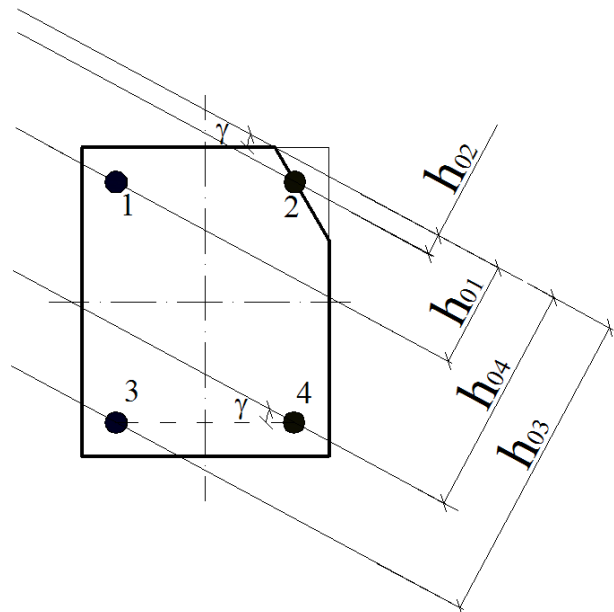


Figure 5 The geometrical position of values h_{oi} .

We find the static moments (4-5), by dividing the section into simple shapes.

When calculating the model of circular cross section we also follow the same calculation concept, only now with altered basic parameters and taking into account the different geometry of the element and the corresponding primary values (Fig. 5).

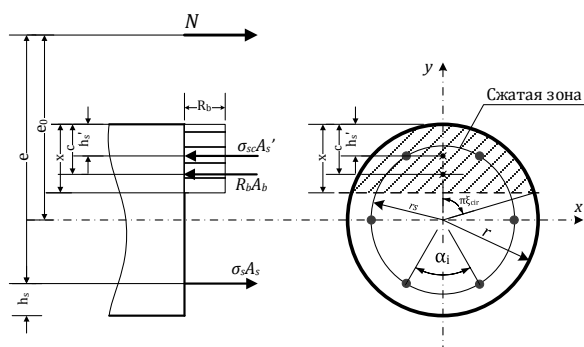


Figure 6 The scheme for the calculation of eccentrically loaded circular cross-section

Calculation of section according to Figure 6, with minimal reinforcement distributed evenly around the circle and including at least 6 bars of longitudinal reinforcement is performed by fulfilling the conditions:

$$M \leq \frac{2}{3} R_b A_r m \frac{\sin^3 \pi \xi_{sir}}{\pi} + R_s A_{s,tot} \left(\frac{\sin \pi \xi_{sir}}{\pi} + \phi \right) r_s, \quad (8)$$

ξ_{cir} - relative area of the compressed zone, defined by solving the equation:

$$\xi_{cir} = \frac{N + R_s A_{s,tot} + R_b A \frac{\sin 2\pi \xi_{sir}}{2\pi}}{R_b A + 2,55 R_s A_{s,tot}}; \quad (9)$$

Taking into account the part of the section that is defined the angle $\pi \xi_{cir}$, we can introduce an

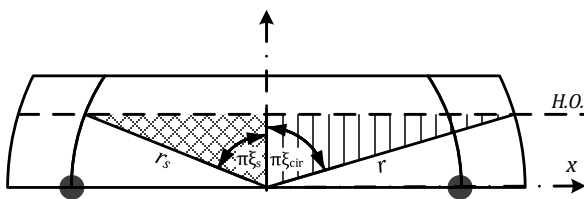


Figure 7 Incised section part with indicated radiuses and angles

analogue value ξ_s , which defines a circle drawn through the centroids of longitudinal reinforcement A_{stot} , that can be expressed using the equation:

$$r_s \cos \pi \xi_s = r \cos \pi \xi_{cir} \quad (10)$$

Solution is as follows:

$$\xi_s = \frac{\arccos \left(\frac{r}{r_s} \cdot \cos \pi \xi_{cir} \right)}{\pi} \quad (11)$$

This result in relative value of ξ_s defines the compressive part of reinforcement in the cross-section which does not coincide with the value of ξ_{cir} .

Conditions will prove more complicated in the case of eccentricity and damage, because analogously to rectangular cross-section, as so with circular ones, there is inclination of neutral axis so the compressive zone is at an angle γ . Likewise, stresses in the individual reinforcement bars are parallel to the angle of inclination of the pressure zone so it is necessary to find their distances from the furthest compressive edge of rc element (Fig 8).

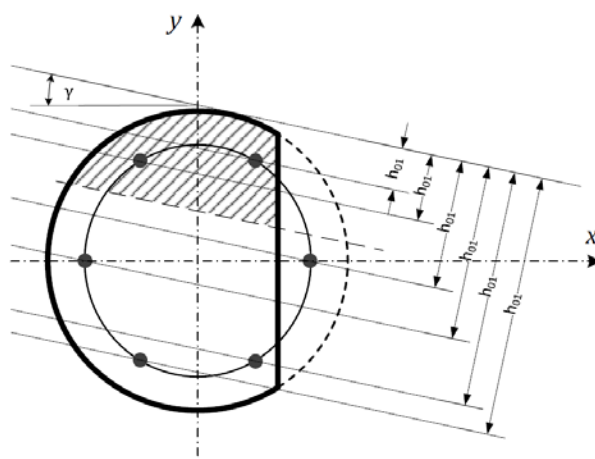


Figure 8 h_{0n} Distance from the compressive edge of element to the centroid of each reinforcement bar.

Further element calculation will be carried out according to (1...5) by adjusting all the parameters and conditions of equilibrium to the geometry of the circular cross-section.

The system of equations (1-5) can be solved by Newton's method (the method of successive iterations). Thus, we obtain the value of the five unknown values. By knowing the height of the compressed zone of x , we find the value of stresses, existing in reinforcement bars by (6). If the stress greater than the limiting $\sigma_{si} \leq f_{yd}$, then we take $\sigma_{si} = f_{yd}$, and recalculate with this correction. It is also necessary to take into account that the values of N , x , δ are positive values and cannot be less than zero, therefore from the obtained we must choose the appropriate one.

The value of residual bearing capacity for the elements of rectangular cross section obtained by the above method is shown in Table 2. Calculation method is quite accurate and can be used to calculate the damaged compressed elements with error about 10,66%.

Table 2. Bearing capacity of the samples

No	Marking of the sample	N_{exp} , T	N_{theory} , T	N_{theory} / N_{exp}
1	-1-1-1	65.20	65.10	0.9984
2	-1-1 1	14.00	17.10	1.2214
3	-1 1-1	30.0	29.56	0.9853
4	1-1-1	81.10	82.00	1.0110
5	-1 1 1	7.90	8.07	1.0215
6	1-1 1	14.5	10.68	0.7365
7	1 1-1	55.2	50.58	0.9163
8	1 1 1	12.3	13.82	1.1235
9	1 0 0	23.3	21.81	0.9360
10	-1 0 0	15.1	14.40	0.9536
11	0 1 0	21.3	20.47	0.9610
12	0-1 0	31.35	29.77	0.9496
13	0 0 1	12.67	10.82	0.8539
14	0 0-1	60.9	61.54	1.0105
15	0 0 0	22.8	23.50	1.0307
16	0 0 0	23.1	23.50	1.0173
17	0 0 0	21.9	23.50	1.0730

5. CONCLUSION

The article describes the concept and methodology of testing and examination of reinforced concrete columns of two most common cross-sections for the purpose of analysing their residual capacity. The columns are modelled with damages that are most commonly encountered in exploitation of structures and buildings. The examination demonstrated a significant reduction of element bearing capacity and a dependence of the residual capacity with three different factors, mostly with eccentricity of applied force, has been confirmed. A similarity was determined depending on the given parameters (depth of damage, angle of applied force and its eccentricity) in both examinations.

The basic parameters of the stress - strain state are obtained by calculation that enabled to formulate the basic premise for calculating the residual load-bearing capacity of elements, set of equations for determining the bearing capacity of the damaged element. Thus, it is possible to extend the existing standards [1] to the case where part of the cross section of the compressed element is damaged.

With further analysis it is necessary to determine basic parameters for the calculation of damaged rc elements with circular cross-section. The basic elements of calculation will be the equilibrium equations as with rectangular cross section, but the difference certainly occurs due to the cross-sectional geometry and different types of damage.

6. REFERENCES

- [1] Бетонні та залізобетонні конструкції (II-а ред): ДБН В.2.6.-2009. – [Чинний від 2011-06-01]. – К.: МІНРЕГІОНБУД України, 2009. – 101 с. (Державні будівельні норми України).
- [2] Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1: General rules and rules for buildings, European Committee for Standardization, 2001.
- [3] Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84), М.: Госстрой СССР, 1986. – 194с.

Author's contact:

The Odessa State Academy of Building and Architecture
Ukraine, Odessa, Didrihsona 4 str., 65029

Yevgeniy Klimenko, doctor of technical sciences, professor
klimenkoev@mail.ru

Krutko Tatjana, postgraduate
krutko-tatjana@mail.ru

Orešković Matija, postgraduate
matias.oreskovich@mail.ru

Soldo Božo doctor of technical sciences, professor
bsoldo@gmail.com

SUSTAV ZA NADZOR I UPRAVLJANJE POZICIONERA FOTONAPONSKIH PLOČA

SYSTEM FOR MONITORING AND CONTROL TRACKER FOR PHOTOVOLTAIC PANELS

Stanko Vincek, Ljubivoj Cvitaš

Stručni članak

Sažetak: U radu je opisano kako na jednostavan način napraviti daljinski nadzor i vizualizaciju upravljanja sustavom za pozicioniranje fotonaponskih kolektora. U uvodnom se dijelu razmatra od čega bi se sve sastojao jedan takav sustav i na koji ga način realizirati. Slijedi opis i razmatranje prednosti fotonaponskog sustava s ugrađenim sustavom za praćenje Sunca naspram nepokretnih sustava. Treće poglavlje opisuje sastavne dijelove solarnog pozicionera, a četvrto opisuje dva načina na koja je moguće realizirati nadzor i upravljanje solarnim pozicionerom. Prvi je pomoću ugrađenog WEB servera, a drugi je pomoću Wi-Fly modula koji se priključuje na elektroniku za upravljanje solarnim pozicionerom te navodi optimalno rješenje. Peto poglavlje se bavi isključivo testiranjem načina rada Wi-Fly modula i ugradnjom Wi-Fly modula.

Ključne riječi: daljinski nadzor, upravljanje, pozicioner, fotonaponske ploče

Professional paper

Abstract: The paper consists of six chapters which in a simple way describe how to create a visualization and manage the sun tracking system in order to make better use of solar collectors. The introductory part takes into consideration what such a system should consist of and how it should be realized. It is followed by a description and the discussion of the advantages of photovoltaic system with the integrated sun tracking system as opposed to fixed systems. The third chapter describes the components of the solar tracker whereas the fourth describes two ways in which it is possible to realize the control and management of the solar tracker – the first one is by using the embedded Web server and the other one by using the Wi-Fly module that is connected to the electronics for managing the solar tracker and provides an optimal solution. The fifth chapter deals exclusively with testing the WiFly module performance and its incorporation. A detailed elaboration of the problem and the solution described are followed by the conclusion that briefly highlights the benefits of photovoltaic systems controlled by the built-in microprocessor systems.

Key words: remote surveillance, control, tracker, photovoltaic panels

1. UVOD

Sunčeva energija je obnovljiv i neograničen izvor energije koji se koristi za pretvorbu u toplinsku energiju za pripremu potrošne tople vode i grijanja, te u solarnim elektranama. Pretvorba energije Sunca u električni oblik vrši se pomoću fotonaponskih ćelija. Količina dobivene električne energije ovisi o kutu upada Sunčevih zraka. Najmanje gubitaka stvara se kada Sunčeve zrake padaju okomito na fotonaponski kolektor. Budući da Zemlja rotira oko svoje osi i oko Sunca dolazi do promjene kuta upada Sunčevih zraka na površinu Zemlje odnosno na foto naponski kolektor. Ako se želi postići da upad Sunčevih zraka uvijek bude okomit na fotonaponski kolektor potrebno je pratiti kretanje Sunca.

Uređaji koji su konstruirani da se na njih montiraju fotonaponski kolektori i koji se zakreću kako bi mogli pratiti kretanje Sunca nazivaju se solarni pozicioneri (engl. *solar tracker*). Osnovni dijelovi takvih sustava su upravljačka elektronika, senzori za detektiranje pozicije sunca, motori koji zakreću fotonaponske kolektore i mehanička konstrukcija. Zakretanje fotonaponskih

kolektora se može zasnivati na temelju podataka dobivenih iz optičkih senzora za detekciju položaja Sunca ili na temelju astronomskih podataka koji ovise o datumu i vremenu te geografskoj poziciji fotonaponskih kolektora.

Kako bi se moglo nadzirati i upravljati takvim sustavom potrebno je imati prikladno korisničko sučelje. Neke od informacija o sustavu važne za korisnika su: trenutni napon na izlazu iz fotonaponskih kolektora, trenutna pozicija, jačina vjetra, temperatura. S obzirom na vrijeme globalne mobilizacije i Interneta poželjno je imati sustav koji omogućuje nadzor i upravljanje s bilo kojeg mjesta na Zemlji i u bilo koje doba dana. Da bi to bilo moguće sustav je potrebno povezati s Internetom. Postoje nekoliko rješenja, a ovdje će se razmotriti dva koja su cjenovno prihvatljiva.

Prvo rješenje je ugradnja jednostavnog sustava koji se sastoji od mikroupravljača spojenog na Internet u kojem je zapisan kôd web stranice (engl. *Embedded WEB server*). Na taj se način dobije korisničko sučelje kojem je lako pristupiti bilo pomoću osobnog računala, prijenosnog računala, dlanovnika ili mobilnog telefona.

Uređaj pomoću kojeg se spaja na korisničko sučelje sustava, također, treba biti povezan s Internetom.

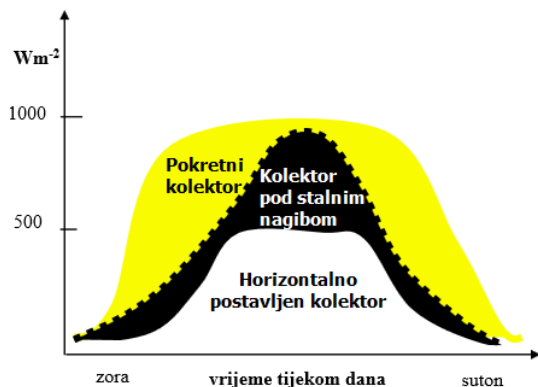
Drugo i pogodnije rješenje je u postojeću upravljačku elektroniku ugraditi Wi-Fly bežični modul, odnosno Wi-Fi (engl. *Wireless-Fidelity*) modul, te sustavu pristupiti bežično pomoću aplikacije na računalu ili mobilnom uređaju.

2. SOLARNI SUSTAVI SA POZICIONEROM

Sustavi sa solarnim pozicionerom su samostojeći sustavi koji prate sunce tijekom cijeloga dana pod optimalnim kutom i na taj način postižu 25-45% veću proizvodnju električne energije od sustava koji nemaju mogućnost praćenja Sunca. Postoje sustavi s jednim stupnjem slobode, koji se mogu zakretati samo horizontalno, i s dva stupnja slobode koji se zakreću i horizontalno i vertikalno.



Slika 1. Solarni pozicioner s dva stupnja slobode. [1]

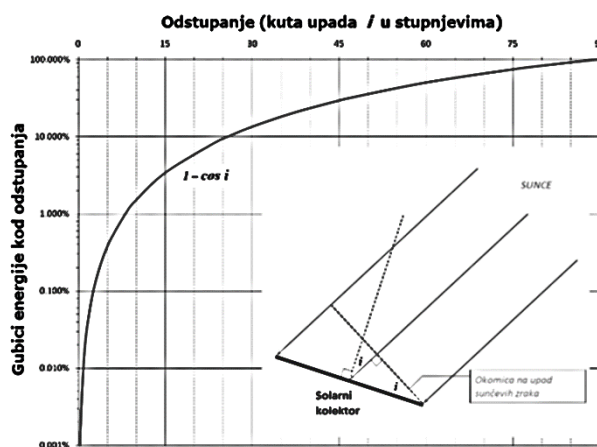


Slika 2. Grafički prikaz dobivene energije tijekom jednog dana. [2]

Iz grafa se može vidjeti kako horizontalno postavljeni i pokretni solarni kolektori imaju po obliku približno istu krivulju samo što je vrijednost dobivene energije na pokretnom kolektoru skoro duplo veća. Vidljivo je, također, da na kolektoru koji je pod stalnim nagibom maksimum postiže samo u kratkom periodu oko podneva, dok se kod pokretnog kolektora maksimum rasteže skoro tijekom cijelog dana.

Ako se gleda sa strane planeta Zemlje, Sunce tijekom dana putuje od istoka prema zapadu i na taj način mijenja kut od 0° do 360° s obzirom na solarni kolektor koji je položen na Zemlji. Kada se uzme u obzir samo polovica dana odnosno samo period u kojem Sunčeve zrake mogu obasjati kolektor kut iznosi 180° , te kad se oduzme efekt

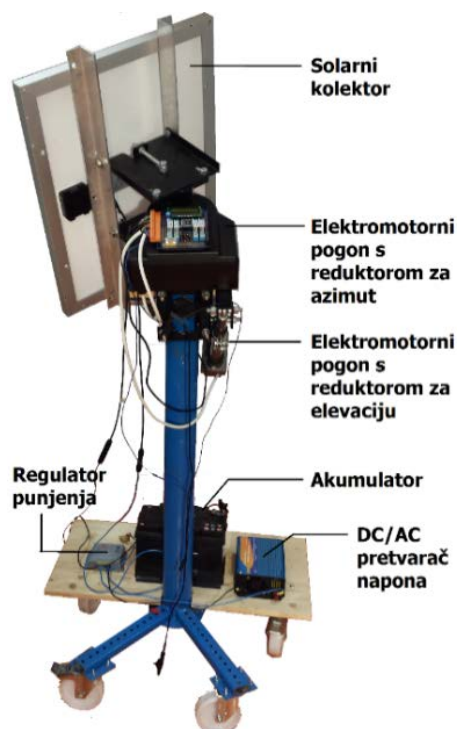
horizonta dobije se da je kolektor potrebno zakretati 150° što iznosi 75° u jednom smjeru i 75° u drugom smjeru. Sunce se tijekom godine, također, pomiče za 46° sjeverno i južno, te je s toga poželjno imati pozicioner s dva stupnja slobode. Mjerenja pokazuju da dobivena električna energija na solarnom kolektoru drastično opada s povećanjem odstupanja kuta upada Sunčevih zraka od optimalnog kuta. Tako, na primjer, ako je odstupanje kuta upada Sunčevih zraka za 5° od optimalnog kuta gubici su manji od 1%, a ako je odstupanje 45° dobije se 30% manje energije. [3]



Slika 3. Prikaz gubitka energije kod odstupanja upada Sunčevih zraka od optimalnog kuta. [3]

2.1. Razvojni sustav solarnog pozicionera

Sustav se sastoji od metalne konstrukcije na kojoj se nalazi foto naponski kolektor, motori za zakretanje foto naponskog kolektora, mikroupravljački sklop, optički senzor za detektiranje pozicije Sunca, regulator punjenja baterija i baterije.



Slika 4. Konstrukcija i dijelovi solarnog pozicionera.

3. NADZOR I UPRAVLJANJE SOLARNOG POZICIONERA

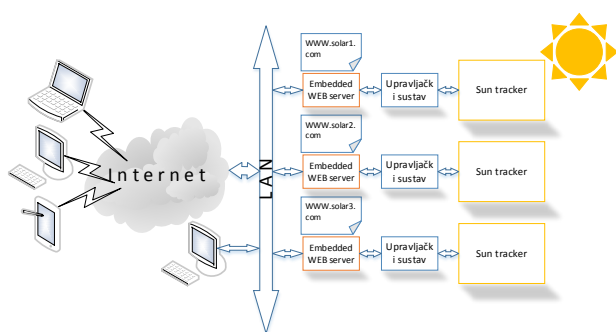
Kao što je već prije spomenuto poželjno je da upravljački sustav pozicionera FN kolektora omogućuje daljinski pristup. Nadzor ovakvih sustava ima vrlo veliku ulogu kod većeg broja solarnih kolektora jer omogućuje nadzor sustava i ranu detekciju podbacivanja (zbog kvara ćelije ili drugih uzroka) izlazne energije sustava.

S obzirom na spomenute zahtjeve dobro je rješenje spajanje sustava na Internet mrežu koja je danas lako dostupna svima. Ovisno o tome da li se želi distribuirani ili centralizirani sustav razmotrit će se dva rješenja. Prvo rješenje je pomoću ugrađenog WEB servera koji zadovoljava zahtjeve distribuiranog sustava gdje svaki solarni pozicioner ima zasebno svoj WEB server odnosno svoje web sučelje. Dok se kao drugo i svakako pogodnije rješenje razmatra ugradnja Wi-Fly (Wi-Fi) modula na postojeću upravljačku elektroniku.

3.1. Nadzor i upravljanje solarnog pozicionera pomoću web servera

WEB server je obično računalo koje je stalno spojeno na Internet i na kojem se nalazi WEB stranica i pripadajuća programska podrška. Ugrađeni web server je rješenje koje ne zahtjeva korištenje računala ili skupih servera, već koristi mikroupravljač koji je znatno jeftinije rješenje.

Napredovanjem znanosti i tehnologije mikroupravljači su dostigli zavidnu razinu gdje se u samo jednom čipu nalaze sve potrebne komponente za razvoj najzahtjevnijih sustava. Tako jedan mikroupravljač može imati implementirani A/D pretvornik (analogno digitalni pretvornik), priključak za I2C, RS232, SPI, USART (engl. Universal Synchronous-Asynchronous Receiver-Transmitter), USB komunikaciju, modul za PWM modulaciju (engl. Pulse Width Modulation), Ethernet kontroler, komparator signala i raznorazne druge module.



Slika 5. Blok shema sustava s ugradbenim WEB serverom.

Kao što je vidljivo na slici 5. korisnik može pristupiti sustavu preko mobitela, tableta, prijenosnog računala ili osobnog računala koje je povezano na lokalnu ili Internetsku mrežu. S druge strane se na svakom solarnom pozicioneru nalazi WEB server na kojem se nalazi WEB stranica sa podacima o sustavu. Za takav sustav je uz solarni pozicioner potrebno koristiti WEB server i HTML (engl. Hypertext Markup Language).

Na tržištu, također, postoje gotova rješenja za koja je potrebno napisati upravljački program i priključiti ga na željeni sustav. Takva rješenja se većinom koriste za razvoj i testiranje te nam na taj način omogućuju lakši razvoj vlastitog sklopa. Jedan od proizvođača takvih uređaja je OLIMEX Ltd. koji u svojoj ponudi nudi razvojni sustav za WEB server. Razvojni sustav se sastoji od mikroupravljača PIC18F67J60 koji u sebi sadrži sve potrebne module za izvedbu web servera.



Slika 6. Razvojni sustav za WEB server. [4]

U ovom sustavu WEB server je mikroupravljač s dodatnom memorijom u kojoj se nalazi web stranica u HTM obliku. Sustav solarnog pozicionera može komunicirati sa web serverom preko RS232, I2C, USB, TCP/IP protokola ovisno o mogućnostima upravljačke elektronike solarnog pozicionera.

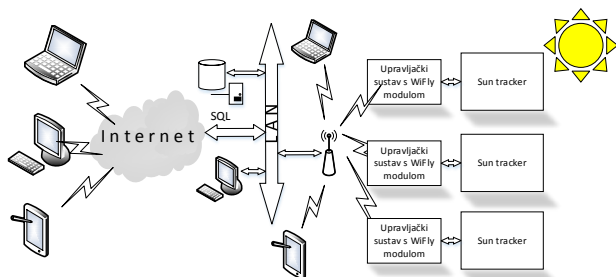
Informacije koje su korisniku ovakvog sustava potrebne su: trenutni napon i struja na kolektoru, položaj kolektora, temperatura okoline, brzina vjetrova. Ako se želi upravljati sustavom tu su onda još i informacije o nalogu za promjenu pozicije solarnog kolektora i ostale naredbe za upravljanjem popratne opreme kao što je npr. osvjetljenje elektrane. Takav sustav obično ima mogućnost spremanja svih važnih informacija u log datoteku iz koje se može kasnije vidjeti koliko je energije prikupljeno, brzina vjetrova, u kojoj poziciji se nalazili solarni kolektori. Svi navedeni podaci se mogu prikazati u obliku tablice ili grafa što nam daje kompletnu sliku o svemu što se događalo tijekom dana, mjeseca, godine.

Kao što je prije spomenuto ovaj sustav je pogodan ukoliko je potrebno nadzirati i upravljati samo jednim solarnim pozicionerom zato jer se na svaki sustav ugrađuje po jedan web server. Ako se zamisli elektrana od nekoliko desetaka pozicionera i svaki ima svoj WEB server i svoju WEB stranicu dobije se distribuirani sustav koji je na pojedinačan način nemoguće nadzirati, te je u takvom slučaju svakako pogodniji centralizirani sustav.

3.2. Nadzor i upravljanje solarnog pozicionera ugradnjom Wi-Fly (Wi-Fi) modula

Kao pogodnije rješenje nameće se ugradnja Wi-Fly modula u postojeću mikroupravljačku elektroniku. Takvom se nadogradnjom postiže jednostavnost sustava (samo jedna elektronika) dok je u prethodno opisnom sustavu upravljački sustav i sustav za komunikaciju odvojeni. S obzirom da na taj način upravljački sustav, uz primarnu funkciju upravljanja, ima mogućnost slanja i primanja podataka putem Wi-Fi mreže omogućena je razmjena podataka između jednog ili više solarnih

pozicionera i centralne jedinice što karakterizira centralizirani sustav.



Slika 7. Blok shema sustava upravljanja s ugrađenim Wi-Fly modulom.

Kao što se može vidjeti iz blok sheme upravljački moduli sa svakog pozicionera šalju podatke preko Wi-Fi pristupne točke, a pristupna točka je povezana s LAN mrežom i Internetom. Podaci se pohranjuju u bazu podataka koja se nalazi na serveru za podatke. Server se s bazom podataka može nalaziti unutar lokalne mreže ili na Internetu. Da bi korisnik mogao nadzirati i upravljati sustavom, potrebno je napraviti aplikaciju ili web stranicu koja će moći iz baze podataka čitati i zapisivati informacije.

4. Wi-Fly (Wi-Fi) MODUL RN-XV (RN-171)

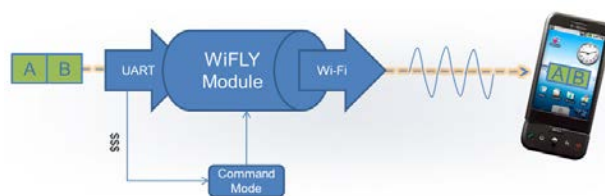
RN-XV modul je proizvod tvrtke Roving Networks koji je certificirano Wi-Fi rješenje dizajnirano za korisnike koji žele prijeći iz postojeće IEEE 802.15.4 (ZigBee) ili IEEE 802.15.1 (Bluetooth) arhitekture na standardnu TCP/IP baziranu platformu bez preinaka na elektronici uređaja.



Slika 8. Vrste kompatibilnih modula.

Modul se, također, može programirati da obrađuje ulazne podatke i prema programu postavlja izlaze. Odlikuje ga jednostavno spajanje sa drugim sustavima. Sve što je potrebno je napajanje i dvije žice za UART komunikaciju (PWR (engl. Power), GND (engl. Ground), TX (engl. Transmitted data), RX (engl. Received data)). [5]

Wi-Fly modul pojednostavnjuje slanje podataka preko Wi-Fi mreže, odnosno može se reći da radi kao »bežični serijski kabel«. Modul može raditi u jednom od dva moda: podatkovni mod i komandni mod. Podatkovni mod je jednostavan engl. »data-in data-out« mod, odnosno podatke koje primi preko UART sučelja direktno prosljeđuje preko Wi-Fi mreže i podatke koje primi preko Wi-Fi sučelja prosljedi preko UART sučelja. Komandni mod se koristi za podešavanje postavki Wi-Fly modula kao što su SSID, zaštita mreže, itd. [5]



Slika 9. Blok dijagram rada Wi-Fly modula.

Nakon uključanja modul se nalazi u podatkovnom modu. Da bi se pristupilo komandnom modu potrebno je preko terminala modulu poslati sljedeće znakove: \$\$\$\$. Kad modul uđe u komandni mod na terminalu se ispiše CMD. Modul se konfigurira pomoću ASCII komanda, gdje svaka komanda završava sa <cr>. Većina ispravno napisanih komandi vraća odgovor AOK, dok neispravne komande vraćaju ERR. Izlaz i komandnog moda i vraćanje u podatkovni mod ostvaruje se slanjem komande exit. ASCII komande možemo podijeliti u 5 skupina:

1. SET – postavljanje vrijednosti
2. GET – prikaz spremljenih vrijednosti
3. STATUS – prikazuje što se događa na sučelju, npr. IP status
4. ACTION – pokreće akcije kao što su skeniranje, spajanje...
5. FILE IO – nadogradnja, pozivanje i spremanje konfiguracije, brisanje datoteka

5. TESTIRANJE I UGRADNJA Wi-Fly MODULA

Kao što je ranije spomenuto, modul je potrebno ugraditi u mikroupravljački sustav solarnog pozicionera. Da bi se ostvarila komunikacija između upravljačkog sustava i Wi-Fly modula, za mikroupravljač je bilo potrebno napisati upravljački program. Kako bi se dobila sveukupna slika principa rada Wi-Fly modula i kako bi se potvrdilo znanje o tome kako uistinu radi Wi-Fly modul obavljena su početna testiranja kako bi se potvrdilo funkcioniranje modula. Takvo testiranje daje dodatno iskustvo i sigurnost korisniku kod implementacije modula u neki drugi sustav kod kojeg ne postoje alati za prikazivanje stanja modula. Testiranje se obavilo prijenosom podataka preko UDP (engl. User Data Protocol) protokola. UDP je jedan od temeljnih Internet protokola. Radi na principu da se ne zahtjeva uspostava veze s klijentom već se samo šalju podaci. Radi se o jednostavnom protokolu koji nema mogućnost provjere primitka poruke jer ne čuva informaciju o stanju veze. Koristi se za prijenos informacija kada je bitnija brzina i efikasnost od pouzdanosti, npr. za prijenos govora i slike u realnom vremenu (VoIP (engl. Voice Over Internet Protocol) telefonija, video veze) i kad je potrebno slanje iste poruke na više odredišta (engl. multicast). Omogućuje slanje kratkih poruka (datagrama) između aplikacija na umreženim uređajima. Za razliku od TCP protokola, ne treba se slati naredba za uspostavu veze.

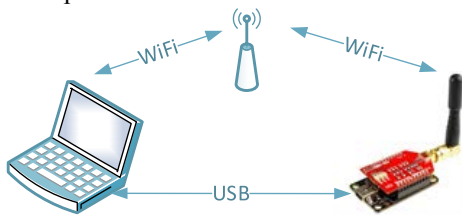
Zadatak glavnog testiranja bio je pomoću Wi-Fly modula poslati i primiti podatak preko UDP protokola. Potrebno je povezati računalo i Wi-Fly modul na zajedničku bežičnu pristupnu točku AP (engl. Acces

Point). Također je potrebno Wi-Fly povezati s računalom preko USB/UART adaptera. Na taj način se zatvorio krug komunikacije PC(Wi-Fi)↔AP↔Wi-Fly(Wi-Fi) i Wi-Fly(UART)↔PC(USB/UART). Za slanje i primanje podataka su potrebna dva terminala, jedan za UART komunikaciju (TeraTerm) a drugi za slanje i primanje UDP paketa (UDP Test Tool). Pri tom ispitivanju koristio se zaseban bežični usmjerivač čije se postavke postavljaju samo za svrhu testiranja. Ako bi se želio koristiti postojeći bežični usmjerivač koji je već podešen, a njegove postavke nije prikladno mijenjati, trebalo bi podesiti DHCP (engl. Dynamic Host Configuration Protocol) postavke. Naravno, potrebno je i u Wi-Fly modul upisati ispravne postavke (SSID (engl. Service Set Identification) zaštitu mreže).

Za testiranje je korišteno:

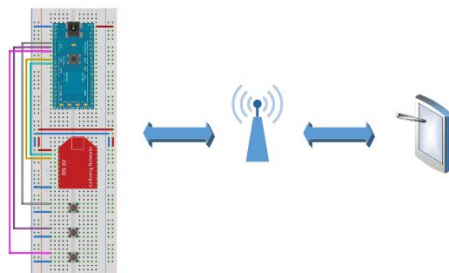
- Wi-Fly modul
- USB/UART adapter
- Računalo sa Wi-Fi adapterom
- TeraTerm terminal
- Wi-Fi pristupna točka (bežični usmjerivač)

Glavni zadatak testiranja bio je provjeriti što se dogodi na Wi-Fi sučelju ako se podatak pošalje na UART sučelje i što se dogodi na UART sučelju ako se podatak pošalje na Wi-Fi sučelje Wi-Fly modula koristeći UDP protokol.



Slika 10. Blok shema testiranja Wi-Fly modula.

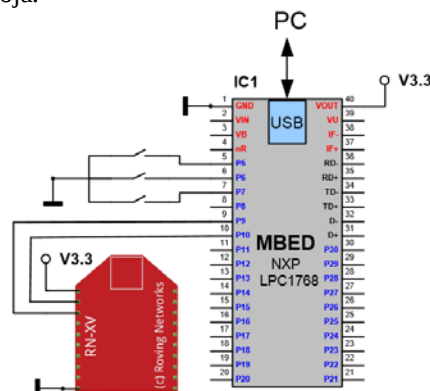
Nakon uspješno provedenih testiranja utvrđeno je kako radi Wi-Fly modul. U procesu testiranja koristio se Wi-Fly modul, računalo, mobitel i bežični usmjerivač te se modul podesio tako da se spoja na bežičnu mrežu čiji je SSID: Test1. Utvrđeno je da sve što dobije na UART sučelje proslijedi na WLAN mrežu i obratno. Sljedeći korak bio je ponoviti test na način da se na UART umjesto računala spoji MBED platforma koja je ujedno i upravljačka elektronika solarnog pozicionera.



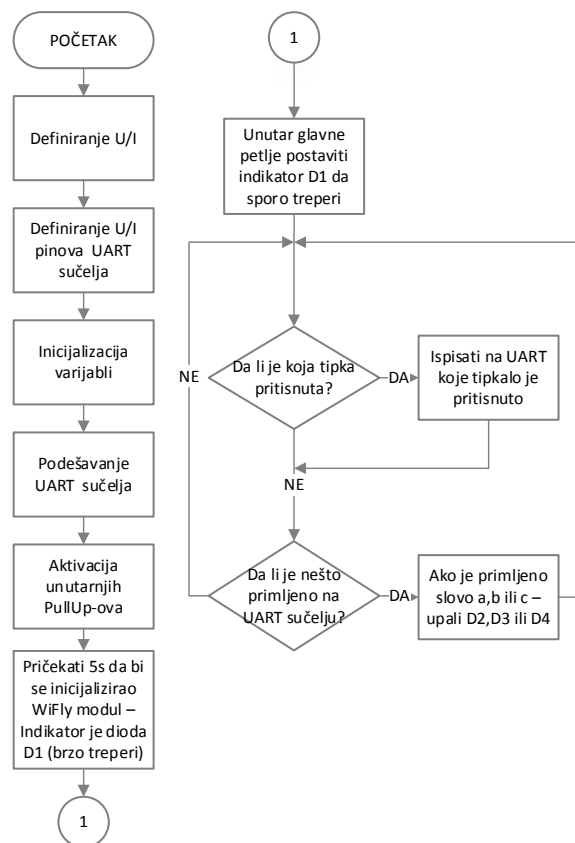
Slika 11. Blok shema spajanja MBED-a i Wi-Fly modula.

Za potrebe testiranja napisan je programski kôd za MBED LPC 1768 platformu koji šalje i prima podatke preko UART sučelja, odnosno Wi-Fly modula. Zadatak

testa je da se preko »pametnog« mobilnog uređaja može upravljati LED diodama koje se nalaze na MBED platformi. Da bi se postigla komunikacija i u drugom smjeru, na MBED su priključena tri tipkala tako da se šalje poruka kad su pritisnuta. Prije pisanja programskog kôda svakako je dobro još jednom obratiti pozornost na shemu spoja.



Slika 12. Shema spoja MBED-a i Wi-Fly modula.



Slika 12. Dijagram toka testnog programa.

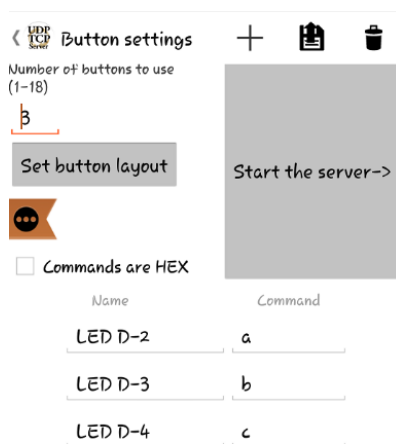
Da bi se pristupilo pisanju programskog kôda potrebno je otvoriti korisnički račun na <http://mbed.org> stranici. Nakon što se pristupi sustavu gdje se nalazi i sam kompajler potrebno je otvoriti novi projekt te krenuti s pisanjem kôda.

Sljedeći korak nakon pisanja kôda je priključivanje sustava na napajanje i utvrditi da li se može na »pametnom« mobilnom telefonu ispisati poruka kada se pritisne jedna od tipki. Potrebno je bilo, također, provjeriti da li se s mobilnog telefona mogu uključiti ili

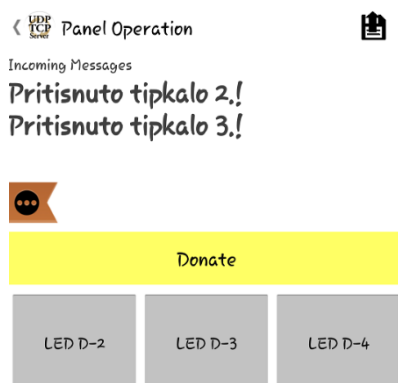
isključiti LED diode. Uz MBED i Wi-Fly potrebno je uključiti prethodno podešeni bežični usmjerivač, a na mobilnom uređaju je potrebno preuzeti iz trgovine besplatnu aplikaciju UDP TCP server te ju pokrenuti. Program za MBED je napisan na način da mijenja stanje LED dioda ako se na UART sučelju pojavi slovo:

- »a« za LED D-2
- »b« za LED D-3
- »c« za LED D-4

Nakon toga potrebno je u UDP TCP serveru definirati tipke koje će, kad se pritisnu, poslati jedno od gore navedenih slova.



Slika 13. Prikaz postavki tipki UDP TCP servera



Slika 14. Prikaz poruke primljene preko WLAN mreže.

Kao što se može vidjeti na slici 14 na mobilni uređaj su preneseni podaci o stanju tipkala koja se nalaze na testnoj pločici zajedno s MBED upravljačkim sustavom i Wi-Fly modulom. Pritiskom na jednu od tipki LED D-2, LED D-3 i LED D-4 se promjeni stanje LED dioda koje su ugrađene na MBED platformi. Time je dokazan princip rada i ponuđeno je rješenje za prijenos podataka preko WLAN mreže.

6. ZAKLJUČAK

Svakim danom se sve više cijeni energija dobivena iz alternativnih izvora energije. S obzirom da su fotonaponski kolektori već razvijeni potrebno se usmjeriti na poboljšanje njihove učinkovitost tijekom dana, odnosno

omogućiti im da u što kraćem periodu prikupe što više energije. Na taj način se u kraćem vremenskom periodu vraćaju troškovi investicije.

Efikasnost fotonaponskih kolektora se može poboljšati ugradnjom sustava za praćenje Sunca. Vrlo važnu ulogu u ovome procesu ima nadzor i upravljanje tog sustava.

Prednosti su nadzora u tome da se može, u bilo kojem trenutku, vidjeti kakvo je stanje sustava. Ujedno se pravovremeno dojavljuje kvar na fotonaponskom kolektoru jer je količina prikupljene energije manja od očekivane. U navedenom slučaju daje se prednost centraliziranom sustavu naspram distribuiranog sustava rješenja. Idealno rješenje za upravljanje i nadzor takvim sustavom je ugradnja Wi-Fly modula u upravljačku elektroniku. Prednosti navedenog rješenja problema je mala cijena, mala potrošnja energije, male dimenzije, a zadovoljavaju se svi zahtjevi koji su potrebni za nadzor i upravljanje solarnim pozicionerom.

7. LITERATURA

- [1] GS Tracker 3500-A, http://goldensun.sk/GS-Tracker-3500-A_c-91 (Dostupno 05.05.2014.)
- [2] Šimić, Z.: Energija sunca, <http://oie.mingo.hr/UserDocsImages/Sunce%20prezentacija.pdf> (Dostupno 05.05.2014.)
- [3] Solar tracker, http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_tracker (Dostupno 05.05.2014.)
- [4] PIC-WEEB REV.C development board – User's manual <https://www.olimex.com/Products/PIC/Development/PIC-WEB/resources/PIC-WEB-C.pdf> (Dostupno: 01.04.2014.)
- [5] ROVING NETWORKS, RN-XV Dana sheet, RN-XV, DS v0.3 8/18/2011

Kontakt autora:

Stanko Vincek, struč. spec. ing. el.

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3
42000 Varaždin
e-mail: stvincek@unin.hr

dr.sc. Ljubivoj Cvitaš, dipl. ing.

Tehničko veleučilište u Zagrebu
Elektrotehnički odjel
Konavoska 2
10000 Zagreb
e-mail: lcvtas@tvz.hr

POKAZATELJI KVALITETE NA GRAĐEVINSKOM FAKULTETU OSIJEK – DEFINIRANJE, PRAĆENJE, ANALIZA, OCJENA I IZMJENE

QUALITY INDICATORS AT THE FACULTY OF CIVIL ENGINEERING OSIJEK - DEFINING, MONITORING, ANALYSIS, EVALUATION AND MODIFICATION

Edita Pinterić, Damir Markulak

Stručni članak

Sažetak: Građevinskom fakultetu Osijek je dana 3. listopada 2011. godine izdan Certifikat Agencije za znanost i visoko obrazovanje kojim se potvrđuje da je sustav osiguravanja kvalitete visokog učilišta učinkovit i u razvijenoj fazi na temelju kriterija Agencije ocjenjivanih u vanjskoj neovisnoj periodičnoj prosudbi sustava osiguravanja kvalitete. Naša je ustanova prvo visoko učilište u Hrvatskoj kojemu je izdan ovaj certifikat. Navedeno je rezultat dugogodišnjeg ulaganja u uspostavu i unaprjeđivanje sustava, promicanje kulture kvalitete te potvrda da se krećemo u pravom smjeru. U važećim dokumentima, a osobito u Strategiji razvika Građevinskog fakulteta Osijek za razdoblje 2009.-2013. godine definirani su pokazatelji kvalitete koji će se pratiti. Certifikat i dokumenti obvezuju nas na daljnje osiguravanje i unaprjeđivanje sustava. Obzirom na navedeno, nužne su izmjene kojima će se postići poboljšanja. U ovom radu prikazani su pokazatelji kvalitete, način njihova praćenja i analize te rezultati, odnosno potreba i razlozi za izmjenu pojedinih pokazatelja

Ključne riječi: visoko obrazovanje, osiguravanje kvalitete, pokazatelji kvalitete

Professional paper

Abstract: On October 3, 2011, the Croatian Agency for Science and Higher Education issued a Certificate which confirms there is a quality assurance system at the Faculty of Civil Engineering Osijek that is efficient and in developed phase based on the Agency criteria assessed during external, independent, periodic quality assurance system audit. Our institution is a first higher education institution in Croatia to which this Certificate has been issued. It is a result of long-time investment in setting up and developing the system, quality culture promotion and also as confirmation of moving in right direction. Monitored quality indicators are defined in existing documents especially within the Development strategy. According to the Certificate and documents, we are obliged to the further assurance and enhancement of the system. Therefore, modifications in order to achieve improvement, are necessary. In this paper, quality indicators, their monitoring, analysis, results of analysis, necessity and reasons for its modification will be presented.

Key words: higher education, quality assurance, quality indicators

1. UVOD

Građevinski fakultet Osijek prepoznao je važnost sistematičnog i kontinuiranog praćenja svih aktivnosti i pokazatelja kvalitete sukladno zahtjevima sustava upravljanja kvalitetom i sustava osiguravanja i unaprjeđenja kvalitete. Početak uspostave sustava kvalitete vezan je uz ishođenje certifikata certifikacijske kuće TÜV Nord d.o.o. kojim se potvrđuje kako na Fakultetu u području većeg dijela djelatnosti Fakulteta, a prvenstveno nastavnog procesa, postoji sustav sukladan zahtjevima norme HRN EN ISO 9001:2002. Osim toga, Građevinski fakultet Osijek u siječnju 2008. godine bio je prvo visoko učilište u sastavu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku uključeno u pilot projekt vanjske neovisne periodične prosudbe. Pilot projekt je provela Agencija za znanost i visoko obrazovanje u suradnji s CARDS konzultantima u sklopu CARDS 2003 projekta

„Jačanje Agencije za znanost i visoko obrazovanje u području osiguravanja kvalitete i razvoj pratećeg informacijskog sustava“. Preporuke nastale kao rezultat provedenog pilot projekta vanjske prosudbe uvelike su pokrenule aktivnosti oko uspostave sustava kvalitete sukladno ESG-European Standards and Guidelines in Higher Education Area. Istodobno, u srpnju 2010. godine proveden je recertifikacijski audit i produljen je certifikat kojim se potvrđuje sukladnost sustava kvalitete s zahtjevima norme HRN EN ISO 9001:2008.

2. SUSTAV KVALITETE NA GRAĐEVINSKOM FAKULTETU OSIJEK

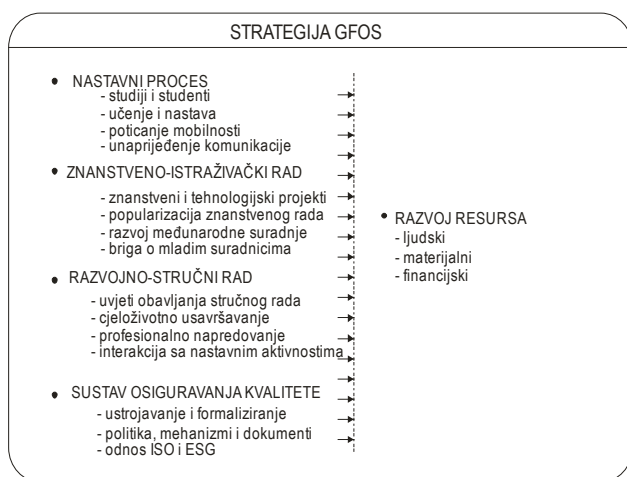
Ranije spomenute preporuke iz Završnog izvješća vanjske neovisne periodične prosudbe provedene u

sklopu pilot projekta rezultirale su osnivanjem Ureda za unaprjeđivanje i osiguravanje kvalitete visokog obrazovanja, Povjerenstva za praćenje i osiguranje kvalitete visokog obrazovanja, Radne skupine za praćenje i osiguravanje kvalitete te Radne skupine za ishode učenja.

Osim toga, izrađeni su važni dokumenti kao temelj sustava u kojima su definirani pokazatelji kvalitete i postupci koji se provode u svakodnevnom radu:

- Strategija razvitka Građevinskog fakulteta Osijek za razdoblje 2009.-2013. godine
- Priručnik za unaprjeđivanje i osiguravanje kvalitete Građevinskog fakulteta Osijek
- Politika kvalitete

Svi dokumenti u sustavu kvalitete za cilj imaju definirati i povezati sve postupke, aktivnosti i pokazatelje kvalitete i osigurati njihovo kontinuirano praćenje.



Slika 1. Sadržajna podjela Strategije razvitka Građevinskog fakulteta Osijek

Nadalje, Agencija za znanost i visoko obrazovanje uvrstila je naš Fakultet u Plan provođenja vanjske prosudbe za 2010/2011. godinu te je u studenom 2010. godine proveden postupak vanjske prosudbe čiji su rezultat ponovno bile preporuke neovisnog Prosudbenog povjerenstva. Navedene preporuke smo uvažili u većem dijelu i proveli u obliku aktivnosti i ciljeva tijekom follow-up postupka vanjske prosudbe. Najvažniji rezultati su:

- definiranje jasnije i konkretnije misije i vizije Fakulteta
- poboljšanje sustava protoka informacija među svim dionicima sustava kvalitete
- integriranje sustava upravljanja kvalitetom prema HRN EN ISO 9001:2008 i sustava osiguravanja i unaprjeđivanja kvalitete prema ESG u jedinstveni sustav-Q-GFOS
- sukladno integraciji sustava, izrađen je novi Priručnik kvalitete
- revidirani su svi postupci

Nakon implementacije preporuka i svih poduzetih aktivnosti, Fakultet je zaprimio Završno izvješće Prosudbenog povjerenstva u kojem se potvrđuje kako su poduzete aktivnosti i mjere poboljšanja učinkovite te su

osigurale učinkovit i razvijen sustav kvalitete. Temeljem navedenog, predložili su Agenciji za znanost i visoko obrazovanje da Fakultetu izda certifikat kojim se navedeno i potvrđuje. Građevinski fakultet Osijek bio je prva visokoškolska ustanova u Republici Hrvatskoj kojoj je izdan ovakav certifikat. Isti je izdan na vrijeme od pet godina nakon kojeg se razdoblje mora obnoviti putem ponovne vanjske neovisne periodične prosudbe sustava kvalitete.

Također, Agencija za znanost i visoko obrazovanje uvrstila je našu ustanovu u Plan reakreditacije za 2011/2012. godinu. Postupak reakreditacije proveden je na temelju izrađene samoanalize i posjeta Fakultetu te je konačan prijedlog Akreditacijskom vijeću bio da izda dopusnicu za rad na vrijeme od pet godina. Osim toga, predložena je izrada akcijskog plana koji će sadržavati aktivnosti i mjere za poboljšanje sustava kvalitete pomoću kojeg će se pratiti rad Fakulteta tijekom razdoblja od tri godine.

Iskustvo u provedenim prosudbama te postupku reakreditacije kao i primjena svih preporuka uvelike su pomogli u daljnjem unaprjeđenju i poboljšanju sustava.

3. POKAZATELJI KVALITETE NA GRAĐEVINSKOM FAKULTETU OSIJEK

Pokazatelji kvalitete definirani su i prate se putem nekoliko dokumenata:

1. Strategija razvitka Građevinskog fakulteta Osijek za razdoblje 2009.-2013. godine u kojoj su definirani (kroz ciljeve i zadatke) pokazatelji koji će se pratiti.
2. Izvješće o provedbi Strategije koje se izrađuje jednom godišnje i putem kojeg se prate i uspoređuju te analiziraju pokazatelji kvalitete.
3. Semestralno izvješće koje popunjavanju nastavnicima za svoje predmete i putem kojeg se prate određeni pokazatelji kvalitete.
4. Izvješće o mjerama poboljšanja sustava osiguravanja kvalitete u nastavi i Analiza učinkovitosti mjera poboljšanja sustava osiguravanja kvalitete u nastavi koji se temelje na prikupljenim i obrađenim podacima iz semestralnih izvješća.

Na temelju prikupljenih podataka i analize izrađuju se mjere poboljšanja sustava kvalitete.

Pokazatelji kvalitete koji su definirani za praćenje su:

- broj prijavljenih u odnosu na broj upisanih studenata na I godinu studija
- broj upisanih u višu godinu studija
- broj diplomiranih studenata u godini
- zapošljavanje po diplomiranju
- prosječna duljina studiranja
- prosječna ocjena studiranja
- prolaznost na kolokvijima/ispitima
- uspješnost prelaska studenata sa sveučilišnog preddiplomskog na diplomski studij
- broj studenata koji su izgubili status studenta
- omjer broja nastavnika i studenata
- udio korištenja e-alata u nastavi
- broj objavljenih radova djelatnika
- stanje opreme

- broj stručnih putovanja/ studentskih ekskurzija/ terenske nastave
- postotak ostvarivanja potpisa po predmetima i studijima

4. PRIMJERI PRAĆENJA I ANALIZE POKAZATELJA KVALITETE

Strategijom razvitka Građevinskog fakulteta Osijek za razdoblje 2009.-2013. godine definirani su strateški ciljevi i zadatci pomoću kojih se ti ciljevi planiraju ostvariti u zadanom srednjoročnom razdoblju. Primjer je strateški cilj 1 u dijelu Strategije razvitka koji se odnosi na nastavni proces, a kojim se planira „kontinuirano poboljšavanje i revidiranje studijskih programa temeljeno na opažanim pokazateljima kvalitete.“. Više pokazatelja kvalitete obuhvaćeno je konkretnim zadacima čijim se izvršenjem nastoji postići ostvarenje navedenog cilja. Primjerice, zadatak 1.2. u okviru gore spomenutog cilja podrazumijeva „analizu povratnih informacija tržišta o zapošljavanju diplomiranih studenata s ciljem njihova 100%-tnog zapošljavanja“. Podatci se redovito prikupljaju od nadležne područne službe Hrvatskog zavoda za zapošljavanje te se evidentiraju i analiziraju u Izvješću o provedbi Strategije razvitka koje jednom godišnje izrađuje Ured za unaprjeđivanje i osiguravanje kvalitete visokog obrazovanja. Ovo se izvješće prezentira svim djelatnicima te daje na raspravu i usvajanje na Fakultetskom vijeću, a nakon usvajanja i javno objavljuje na Internet stranicama Fakulteta tako da informacije o prikupljenim i analiziranim podacima te trenutnom stanju budu na transparentan način dostupne svim strukturama sustava kvalitete. Analizom podataka iz Tablice 1 izveden je zaključak kako je sveopća kriza i trenutna situacija u gospodarstvu neminovno utjecala i na zapošljavanje završenih studenata našeg Fakulteta koja je ranije bila 100%-tna. Obzirom je Strategija razvitka donesena na vremensko razdoblje od pet godina, u slučaju promjene trenutne situacije, još uvijek može doći do potpunog ispunjenja zadatka, a time i ostvarenja strateškog cilja.

Tabela 1. Zapošljavanje po diplomiranju

Stanje	31.12.2009		
	Ukupno	Bez radnog iskustva	Trajanje nezaposl. (mj.)
Dipl. građevinski inženjer / Mag.ing. građ.	14	5	2,3
Inženjer građevinarstva	27	6	4,3
Stanje	31.12.2010		
Dipl. građevinski inženjer / Mag.ing. građ.	25	11	5,2
Inženjer građevinarstva	42	9	8,4
Stanje	31.12.2011.		
Dipl. građevinski inženjer / Mag.ing. građ.	24	14	4,0
Inženjer građevinarstva	54	14	6,3

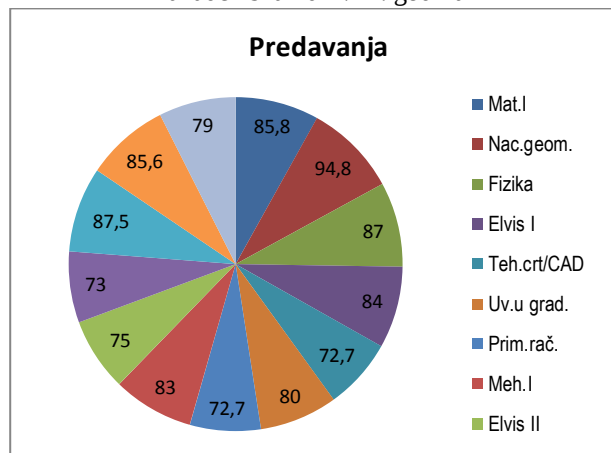
Unutar istog strateškog cilja zadatkom 2.5. definirano je praćenje još jednog pokazatelja kvalitete, a to je „održavati razinu prosječne duljine studiranja na sveučilišnom preddiplomskom i na stručnom studiju ispod četiri godine te na sveučilišnom diplomskom ispod tri godine u petogodišnjem razdoblju“. Analizom ovog pokazatelja kvalitete jasno je kako je do akademske 2011/12. godine na sveučilišnom preddiplomskom zadatak uspješno ostvarivan, no posljednje akademske godine to nije slučaj. Stručni izvanredni studij pak ima odstupanje kada je prosječna duljina studiranja u pitanju u posljednje dvije akademske godine. Na ostalim je studijima održana zadana razina prosjeka duljine studiranja.

Tabela 2. Prosječna duljina studiranja

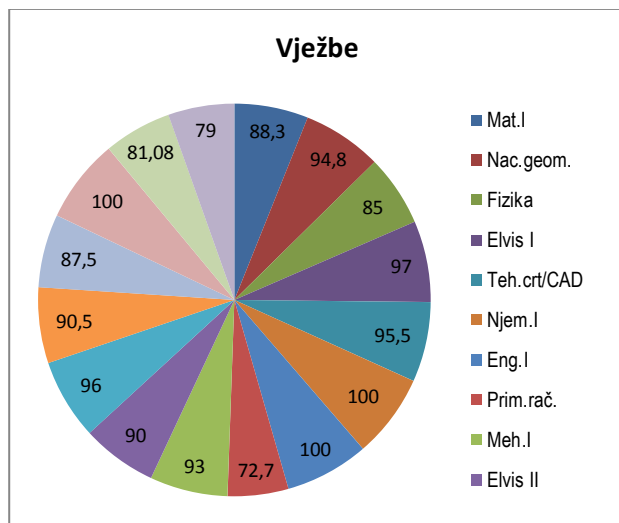
Studij	Prosječna duljina studiranja			
	2008/2009	2009/2010	2010/11	2011/12
sveučilišni preddiplomski studij	3 god., 6 mj.	3. god., 7 mj.	3.god., 11 mj.	4,09 god.
sveučilišni diplomski studij	2 god., 1 mj.	2 god.	1.god., 10.mj.	2 god.
stručni studij redoviti / izvanredni	3 god., 4 mj.	3 god., 5 mj.	4.god.	3.god., 6mj.
		3 god., 4 mj.	4.g., 5.mj.	4.god., 7.mj.

Semestralna izvješća su obrasci koje popunjavaju svi nastavnici za svoje predmete po završetku semestra. Izvješća se prikupljaju za cijelu akademsku godinu, analiziraju i prezentiraju putem Izvješća o mjerama poboljšanja sustava osiguravanja kvalitete u nastavi i Analize učinkovitosti mjera poboljšanja sustava osiguravanja kvalitete u nastavi koji se temelje na prikupljenim i obrađenim podacima iz semestralnih izvješća. Primjerice, prati se redovitost pohađanja predavanja i vježbi na svim godinama i na svim studijima.

Tablica 3. Grafički prikaz redovitosti pohađanja predavanja, I semestar, sveučilišni preddiplomski studij, akademska 2011/12. godina



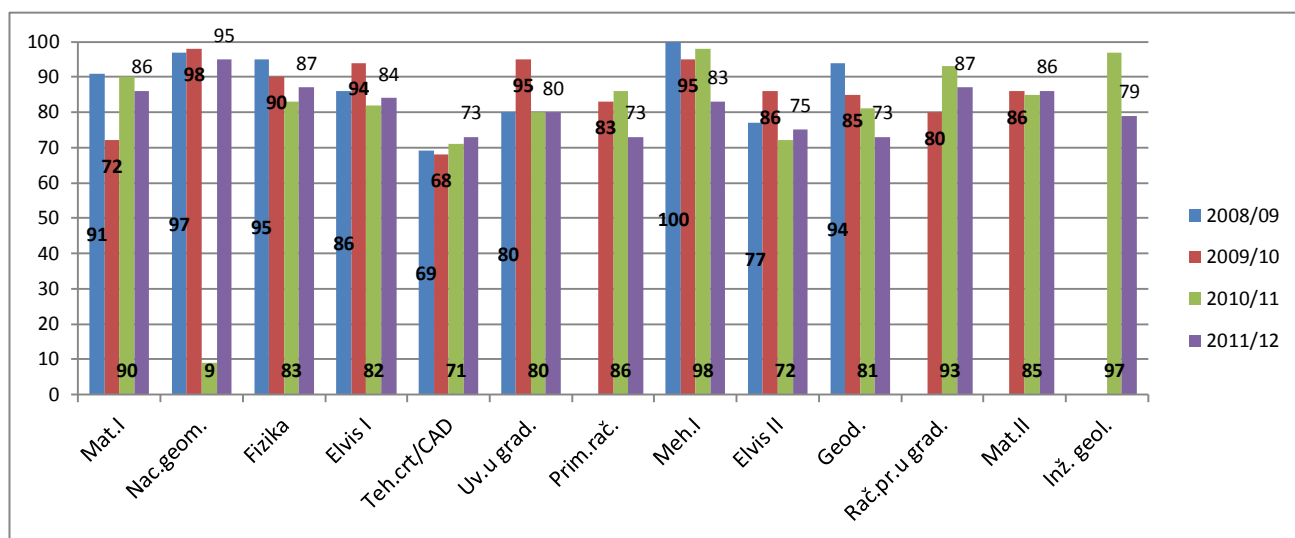
Tablica 4. Grafički prikaz redovitosti pohađanja vježbi, I semestar, sveučilišni preddiplomski studij, akademska 2011/12. Godina



definiraju, a postoji mogućnost i da se uvedu pojedini novi pokazatelji.

Konkretno, putem Izvješća o mjerama poboljšanja sustava osiguravanja kvalitete u nastavi između ostalog, pratio se i postotak kolokviranja određenog ispita. Međutim, u praksi praćenja ovog pokazatelja, pojavilo se pitanje izračunava li se traženi postotak od ukupnog broja studenata koji su slušali predmet ili od ukupnog broja studenata koji su izašli na kolokvij. Kako bi se osigurali rezultati koji će biti relevantni za praćenje i osigurati mogućnost usporedbe te time eventualno i poduzimanja određenih konkretnih mjera, izmijenjen je obrazac za izradu semestralnog izvješća. Izmjenama je obuhvaćeno i praćenje ukupnog broja studenata koji su pristupili kolokviju (od ukupnog broja studenata koji slušaju predmet), ukupni broj studenata koji su kolokvirali ispit (od ukupnog broja koji su izašli na kolokvij), broj studenata koji su kolokvirali bez obveze polaganja usmenog ispita te broj studenata koji su kolokvirali s obvezom polaganja usmenog ispita. Rezultat poduzete mjere izmjene i dopune obrasca bio je jasnoća i transparentnost na prvom mjestu, detaljnije praćenje ovog pokazatelja kvalitete i mogućnost preciznije statističke obrade.

Tablica 5. Grafički prikaz analize i usporedbe redovitosti pohađanja predavanja i vježbi, I semestar, sveučilišni preddiplomski studij, akademske 2008/09. do 2011/12. godine



Za svaki se semestar prati status pohađanja predavanja i vježbi. Konačna usporedba obuhvaća više akademskih godina. Ocjenjuje se učinkovitost poduzetih mjera te kreiraju nove po potrebi. Konkretno, kod uočavanja pada u postotku pohađanja predavanja i vježbi kao mjera je predviđeno obvezno prozivanje i/ili potpisivanje studenata (obzirom u praksi nastavnici imaju izbor provjeravati pohađanje ili ne).

5. PRILAGOĐAVANJE POKAZATELJA KVALITETE – IZMJENE I DOPUNE

Pojedini pokazatelji kvalitete kroz određeno su vremensko razdoblje ili brisani na način da se izmjenama i dopunama dokumenata donese odluka o nemogućnosti adekvatnog praćenja pokazatelja ili da se isti konkretnije

Nadalje, putem Izvješća o provedbi Strategije razvitka pratimo i pokazatelj koji se odnosi na broj prijava za upis na Fakultet u odnosu na broj upisanih. Pomoću navedenog se namjerava pratiti zainteresiranost za građevinsku struku te eventualno ulagati u različite načine promidžbe i privlačenja studenata. Praćenje tog pokazatelja naišlo je na određene poteškoće počevši od akademske 2010/2011. godine. Naime, od te godine upisi se obavljaju prema rezultatima državne mature. Broj prijava je u velikom porastu zbog mogućnosti prijave kandidata na više fakulteta. Obzirom na koncept prijave i samog postupka državne mature, nije moguće dobiti tako jasan i konkretan broj prijavljenih kao što je to bilo do tada putem razredbenog postupka. Slijedom toga, u narednom razdoblju potrebno je prilagoditi/izmijeniti svrhu praćenja pokazatelja ili definirati novi pokazatelj zainteresiranosti za građevinsku struku.

Pokazatelj kvalitete koji se također redovito prati je i upis studenata u višu godinu studija. Jedan od zadataka za ostvarenje strateškog cilja u nastavi je „Uspješnost upisa na višu godinu studija povećati na 60% u razdoblju od pet godina“. Prema dosadašnjim analizama, na većini studija uspješnost upisa na višu godinu studija uglavnom je bila u porastu, uz manja odstupanja. Nakon održanih tribina i brojnih konzultacija s nastavnicima i studentima Fakultet je donio odluku o podizanju razine praga ECTS (European Credit Transfer System odnosno europski sustav prijenosa bodova) za upis u višu godinu studija s 42 na 50, počevši od akademske 2012/13. godine. Prvotno uspostavljen prag od 42 boda egzistirao je od početka primjene Bolonjskog procesa u visokom obrazovanju. Donošenjem odluke o podizanju bodovnog praga namjerava se pozitivno utjecati na pokazatelje kvalitete i sustav kvalitete u cjelini te ostvariti gore navedeni zadatak i u konačnici i strateški cilj. Upravo to i je svrha uspostavljenog sustava praćenja pokazatelja – da se nakon određenog vremena učine potrebne izmjene i dopune koje su se putem analize učinkovitosti pokazale nužnima za daljnji napredak.

Unaprjeđivanje i osiguravanje kvalitete kontinuirani je proces. Važno je definirati mehanizme pomoću kojih će se sustav prilagođavati i razvijati. U ovom su radu navedeni samo pojedini primjeri prilagodbe sadržaja praksi.

6. ZAKLJUČAK

Osim odabranih pokazatelja kvalitete, definirani su brojni postupci odnosno aktivnosti koje se provode sukladno relevantnoj dokumentaciji i za to predviđenim obrascima. Provode se postupci samoevaluacije nastavnika, ispitivanje zadovoljstva studenata radom stručnih službi, ispitivanje zadovoljstva djelatnika stručno administrativnih službi uvjetima rada, anketiranje poslodavaca i završenih studenata u svrhu ispitivanja razine stečenih kompetencija i drugo. Osim toga, unaprijed su planirane i redovito se održavaju tribine kao sredstvo informiranja i rješavanja problema na koje studenti nailaze, stručne radionice, popularno-znanstvena predavanja i slično.

Sve navedeno u cjelini pomaže utvrđivanju trenutnog stanja, analizi pokazatelja i prikupljenih podataka te kreiranju mjera poboljšanja kojima će se dalje kontinuirano unaprjeđivati i poboljšavati sustav kvalitete. Iznimno je važno ulagati napore u razvoj ovog sustava obzirom isti kontinuirano i sve više dobiva na važnosti. Potvrda navedenome je i reguliranje područja osiguravanja i unaprjeđivanja kvalitete Zakonom o osiguravanju kvalitete u znanosti i visokom obrazovanju (Narodne novine br. 45/09).

čime se osigurava kvaliteta na nacionalnoj razini sukladno standardima i smjernicama koje dugo postoje na međunarodnoj razini. Na visokoškolskim je ustanovama da se prilagode i implementiraju važeće odredbe, smjernice i preporuke te tako osiguraju kvalitetu na mikro, odnosno institucionalnoj razini. Time se doprinosi kako razvoju kulture kvalitete, tako i osvježavanju važnosti ovog područja i uspostave

ovakvog sustava u svim aspektima djelovanja našeg društva.

Građevinski fakultet Osijek kroz svoj svakodnevni administrativni, znanstveno-istraživački, stručni rad te svakako kroz proces poučavanja podiže razinu kulture kvalitete, provodi definiranu politiku kvalitete i nastoji ostvariti svoje strateške ciljeve kao i unaprijediti sustav kako bi osigurali kompetentna znanja i vještine budućih generacija.

5. LITERATURA

- [1] Strategija razvitka Građevinskog fakulteta Osijek za razdoblje 2009.-2013. godine, Građevinski fakultet Osijek, Osijek, 2009., pročišćeni tekst, Osijek, 2011.
- [2] Izvješće o provedbi Strategije razvitka Građevinskog fakulteta Osijek za razdoblje 2009.-2013. godine u 2012. godini, Građevinski fakultet Osijek, travanj 2013.
- [3] Priručnik kvalitete, Građevinski fakultet Osijek, Osijek, 2011.
- [4] Vodič kroz sustav osiguranja i unaprijeđenja kvalitete na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Gradska tiskara Osijek d.d., Osijek, 2007.
- [5] Izvješće o mjerama poboljšanja sustava osiguravanja kvalitete u nastavi za akademsku 2011/12. godinu, Građevinski fakultet Osijek
- [6] Analiza učinkovitosti mjera poboljšanja sustava osiguravanja kvalitete u nastavi, Građevinski fakultet Osijek

Kontakt autora:

Edita Pinterić, dipl. iur.
Građevinski fakultet Osijek
Crkvena 21, 31000 Osijek
e-mail: epinteric@gfos.hr

prof. dr. sc. Damir Markulak
Građevinski fakultet Osijek
Crkvena 21, 31000 Osijek
e-mail: dekan@gfos.hr

TEHNIČKI ASPEKTI LITOTRIPTORA I PRIMJENA TERAPIJE UDARNIH VALOVA /ESWL/ U LIJEČENJU KAMENACA MOKRAĆNOG SUSTAVA

TECHNICAL ASPECTS OF LITHOTRIPTERS AND APPLICATION OF SHOCK WAVE THERAPY /ESWL/ IN THE TREATMENT OF URINARY TRACT STONES

Branka Glavaš, Zoran Peršec

Stručni članak

Sažetak: Danas tretman litotripsije udarnim valovima (ESWL) predstavlja prvi izbor za liječenje kamenaca u bubregu, u mokraćovodima i bubrežnim nakapnicama. U usporedbi s otvorenim i endoskopskim metodama, ESWL je neinvazivna metoda, metoda za koju nije potrebna anestezija, a postiže visoke postotke uspješnosti tretmana u bolesnika s urolitijazom. Učinkovitost ESWL leži u njegovoj osobitosti fragmentiranja konkremenata „in vivo“ koji se nakon tretmana spontano eliminiraju kroz mokraćni sustav. Današnji uređaju za litotripsiju sastoje se od četiri osnovne komponente: (1) generatora udarnih valova, (2) sustava fokusiranja, (3) mehanizma povezivanja, i (4) jedinice za sliku/lokalizaciju konkrementa.

Generatori udarnih valova mogu biti: elektrohidraulični, piezoelektrični ili elektromagnetski. Mehanizam djelovanja omogućava da konkrement bude fragmentiran, onog trenutka kada snaga udarnih valova nadilazi vlačnu čvrstoću kamena. Iako nedovoljno razjašnjena, fragmentacija konkrementa nastaje kombinacijom mehanizama, pri čemu se snaga udarnih valova, uz učinak kavitacije smatra najvažnijim.

U Kliničkoj bolnici Dubrava danas koristimo LITHOSKOP® multifunkcijski litotriptor tvrtke Siemens koji posjeduje prilagodljivu udarnu glavu za izvođenje litotripsije u pozicijama iznad i ispod stola te nema potrebe za repozicioniranjem pacijenta tijekom procedure. Frekvencija udarnih valova glave je 60-120 pulseva/min sa dubinom penetracije maksimalno 16 cm, a energija je podesiva u 38 razina. Rentgenski C-luk, služi za lokalizaciju i sinkrono slijedi automatsko pomicanje terapijske glave. Osim lokalizacije rentgenskim zrakama sustav je opremljen i naprednim računalnim programom za automatsko pomicanje pacijenata u terapijski fokus nakon označavanja kamena te s Color Doppler ultrazvučnim aparatom koji omogućuje "inline" ultrazvučnu lokalizaciju.

Ključne riječi: izvantjelesna terapija udarnim valovima (ESWL), tehnički aspekti litotriptora, mehanizam djelovanja litotriptora, načini i razlozi medicinske primjene

Professional paper

Abstract: Nowadays, the treatment using shock wave lithotripsy (ESWL) is becoming the first choice for the treatment of stones in kidneys, ureter, and renal pelvis. Compared with open and endoscopic methods, ESWL is a minimally invasive method which does not require anaesthesia, and achieves high success rates in patients with urolithiasis. The effectiveness of ESWL lies in its specifics of fragmenting calculi "in vivo" which are upon treatment spontaneously eliminated through the urinary tract. All lithotripsy devices consist of four basic components: (1) shock wave generator, (2) focusing system, (3) linking mechanism, and (4) units for image/localization of stones.

Shock wave generators can be electrohydraulic, electromagnetic or piezoelectric. The mechanism of activity that allows stones be fragmented the moment when the power of shock waves exceeds the tensile strength of the stone. Although incompletely explained, fragmentation of stones is performed by the combination of mechanisms, while the strength of shock waves and cavitation are considered to be the most important. In Clinical Hospital Dubrava nowadays LITHOSKOP®, a multifunctional lithotripter made by Siemens, is used. It has a flexible impact head to perform lithotripsy in positions above and below the table, and there is no need for repositioning the patient during the procedure. Frequency of the head shock waves is 60-120 pulses/min with a penetration depth up to 16 cm and the energy is adjustable to 38 levels. The X-ray C-arm is used for localization and it synchronously follows the automatic movement of the therapeutic head. In addition to the localization of X-ray system it is also equipped with advanced software to automatically move patients in therapeutic focus after selecting the stone and with Color Doppler ultrasound device that enables "inline" ultrasound localization.

Key words: therapy with shock waves, technical aspects of lithotripters, mechanism of lithotripter activity, ways and reasons for medical applications

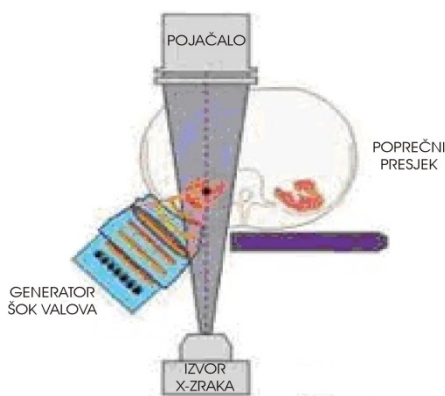
1. UVOD

Do uvođenja u primjenu izvantjelesnog razbijanja konkremenata udarnim valovima (ESWL) 1980. godine liječenje kamenaca u mokraćnom sustavu kao i izbor neinvazivnih postupaka je bio značajno sužen, a za konkreme koji ne mogu spontano pasirati kroz mokraćni sustav izbor je bila otvorena operacija (1). Od tada, primjenom litotripsije udarnih valova (ESWL) navedena metoda postaje prvi izbor za liječenje bubrežnih kamenaca, kamenca bubrežnih nakapnica i mokraćovoda. Učinkovitost ESWL leži u njegovoj osobitosti fragmentiranja konkremenata „in vivo“ koji se nakon tretmana spontano eliminiraju kroz mokraćni sustav. Udarni valovi se generiraju, a zatim usmjeravaju na željenu točku u tijelu (fokus), prodirući kroz tijelo s neznatnim rasipanjem energije (a time i štete) zbog minimalne razlike u gustoći mekih tkiva. Na površini konkrement – tekućina, zbog relativno velike razlike u gustoći, zajedno s koncentracijom udarnih valova u malom prostoru, stvara se veliki rasap energije. Preko različitih mehanizama, ta energija je u stanju prevladati vlačnu čvrstoću kamenca, što dovodi do fragmentacije. Ponavljanje tog procesa na kraju dovodi do pulverizacije kamenca u male fragmente (idealno < 1 mm), koji kroz mokraćni sustav mogu proći i spontano i bezbolno (izmokraivanjem) [1].

2. TEHNIČKI ASPEKTI LITOTRIPTORA

Svi uređaji za litotripsiju sastoje se od četiri osnovne komponente:

1. generatora udarnih valova
2. sustava fokusiranja,
3. mehanizma povezivanja i
4. jedinice za sliku/lokalizaciju konkrementa [1] [2] [3].



Slika 1. Shematski prikaz komponenti litotriptora (preuzeto iz Smith's Textbook of Endourology, 1996.)

Udarni valovi mogu biti generirani na tri moguća načina, i to:

- elektrohidraulični: izvorni način generiranja udarnih valova uređaja (koristi se u sustavima Dornier hM3) je elektrohidraulični, što znači da se udarni val se proizvodi preko iskra-gap tehnologije. U elektrohidrauličnim generatora, visokonaponska električna struja prolazi kroz iskra-gap elektrode koje

se nalaze unutar spremnika napunjenog vodom. Pražnjenje energije proizvodi isparavanja, koja se šire i odmah padnu, čime se stvara pritisak, odnosno val visoke energije [1, 2, 3].

- piezoelektrični: piezoelektrični efekt proizvodi električnu energiju putem primjene mehaničkog stresa. Piezoelektrična keramika ili kristali, postavljeni su u spremnik ispunjen vodom, a pobuđuju se djelovanjem visokofrekventnih električnih impulsa. Takve izmjenične promjene stres/naprezanja u materijalu stvaraju ultrazvučne vibracije, što rezultira nastanak udarnih valova [1] [2] [3].
- elektromagnetski: u elektromagnetskom generatoru (kao što se vidi u nastavku), visoki napon utječe na elektromagnetske zavojnice, bilo izravno ili preko sekundarne zavojnice inducira vibracije visoke frekvencije u susjednoj metalnoj membrani. To zatim prenosi vibracije na medij širenja vala (voda) [1] [2] [3].

2.1. Elektromagnetski sustav generatora

2.1.1. Sustav za fokusiranje

Sustav fokusiranja omogućuje usmjeravanje valova proizvedenog u generatoru u žarišnu točku (fokus) u sinkroniziranom modu. Sustavi fokusiranja se razlikuju, ovisno o vrsti generatora udarnih valova koje se koristi. Elektrohidraulični sustavi koriste načelo elipse, u piezoelektričnim sustavima keramički kristali raspoređeni unutar polukuglastih tijela usmjeravaju proizvedenu energiju prema žarištu (fokus). U elektromagnetskim sustavima, udarni valovi su usmjereni ili pomoću akustične leće (uređaji tvrtke Siemens) ili valjkastog reflektora (uređaje tvrtke Storz) [1] [2] [3].

2.1.2. Kontaktni mehanizmi

U širenju i prijenosu vala, energija se gubi na površine s različitim gustoćama. Zbog toga, kontaktni mehanizmi su potrebni kako bi smanjili rasap energije jer udarni val prolazi kroz površinu kože. Uobičajeni medij koji se koristi je voda, jer ima gustoću sličnu mekim tkivima i vrlo je dostupna. Kod prvih generacija lithotriptora (Dornier hM3), pacijent je bio smješten u vodenoj kupelji. Međutim, kod novijih generacija uređaja (druga i treća generacija lithotriptora), mali spremnici ispunjeni vodom ili jastuci sa silikonskim membrama koriste se umjesto velikih vodenih kada i osiguravaju direktan kontakt s kožom pacijenta. Ova inovacija olakšava liječenje kamenaca u bubregu ili mokraćovoda, gotovo bez analgetika u odnosu na prve generacije uređaja [1] [4] [6].

2.1.3. Sustav za lokalizaciju (fokusiranje)

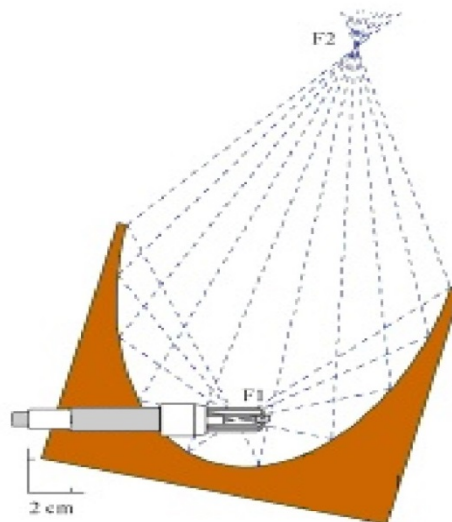
Lokalizacijski sustavi (imaging sustavi) se koriste za lokalizaciju (fokusiranje) konkremenata i usmjeravanje udarnih valova na, a kao metode obično se koriste fluoroskopija i ultrazvuk. Fluoroskopija, koji je poznata većini urologa, uključuje primjenu ionizirajućeg zračenja

za vizualizaciju konkremenata u mokraćnom sustavu. Kao takva, fluoroskopija je izvrsna metoda za otkrivanje i praćenje radiološki vidljivih konkremenata u bubrežima i mokraćovodu. S druge strane, nije priklada za lokalizaciju radiolucenčnih konkremenata (npr., kamenaca sastavljenih od mokraćne kiseline: tzv. uratni kamenci). Da bi kompenziralo ovaj nedostatak, intravenski kontrast može se uvesti retrogradno putem sonde u mokraćovod i retrogradno prikazati defekt punjenja (tj. retrogradna pijelografija), odnosno lokalizirati indirektno konkrement. Ultrazvučna lokalizacija omogućuje vizualizaciju obje skupine kamenaca u mokraćnom sustavu; i radiopacificirajućih i radiolucenčnih bubrežnih kamenaca i tzv. „real-time“ praćenje učinka litotripsije. Većina novijih generacija lithotriptora mogu koristiti ovu mogućnost prikaza, što je puno jeftinije i odnosno bez ikakvih posljedica od radioloških invazivnih metoda. Iako ultrazvuk ima prednost u sprječavanju izloženost ionizirajućem zračenju, tehnički postoje ograničenja vizualizacije posebice manjih kamenaca u mokraćovodu obično zbog zrakom ispunjenih vijuga crijeva. Dornier hM3 litotriptor, izvorno dizajniran za testiranje dijelova nadzvučnog zrakoplova, bio je prvi litotriptor uveden u Sjedinjenim Američkim Državama. Unatoč tome, to je još uvijek jedan od najučinkovitijih litotriptora i postao je standardni uređaji za usporedbu prema ostalim. Dizajn hM3 temelji se na elektrohidrauličnom generatoru udarnih valova koji su usmjereni putem metalne elipsoide u vodom napunjenoj kadi u kojoj se nalazi i generator udarnih valova. Biplanarni fluoroskop upotrebljava se za lokalizaciju konkrementa i omogućuje postavljanje kamenaca u fokus zoni.

Druga generacija lithotriptora obično koriste piezoelektrične ili elektromagnetske generatore kao izvor energije. U kombinaciji s odgovarajućim uređajem, ti generatori udarnih valova obično imaju manju žarišnu zonu. To svakako smanjuje štetu prema okolnom tkivu, međutim tijekom pomaka prilikom disanja, dovodi do izlaska konkrementa izvan žarišne zone što smanjuje učinak fragmentacije konkrementa. Kao kontaktni mehanizam kod uređaja druge generacije litotriptora koristi se silikonski vodom ispunjen jastuk koji prileže pacijentu, a dizajnom uvelike olakšava pozicioniranje pacijenata. Najnovije generacije litotriptora su dizajnirani uz sve veću jednostavnost i prilagodljivost primjene. Ti sustavi često pružaju mogućnost i fluoroskopije i ultrazvučne detekcije kamenaca. Većina takvih modernih litotriptora koristi elektromagnetski generator. Elektromagnetski generatori i njihovi sustavi fokusiranja su sposobni osigurati intenzitet udarnih valova kao hM3, ali u manjoj fokalnoj zoni. Kao što je spomenuto ranije, teoretski to bi imalo prednost minimaliziranja oštećenja okolnog mekog tkiva. Međutim, zbog manje žarišne zone, disanje bolesnika (respiratorni pomak) može dovesti do izlaska konkrementa iz ciljanog fokusa tretmana. Poboljšanje tehnike lokalizacije, te korištenje analgezije omogućava ponavljanje metode do konačnog uspješnog fragmentiranja konkrementa. Dakle, uređaji druge i treće generacije omogućuju veću učinkovitost, manju postotak neuspjeha kod tretmana i potrebu za ponavljanjem postupka [1] [6].

2.2. Mehanizam djelovanja

Do fragmentiranja konkrementa dolazi onog trenutka kada snaga udarnih valova nadilazi vlačnu čvrstoću kamena. Iako nedovoljno razjašnjeni, fragmentacija konkrementa nastaje kombinacijom mehanizama, uključujući i sabijanje i snagu udaraca, erozijom površine konkrementa, ljuštenjem i kavitacijom. Od tih navedenih mehanizama djelovanja, udarni valovi i snaga, te mehanizam kavitacije se smatra najvažnijim. Kada se udarni val širi kroz medij (voda), gubi vrlo malo energije dok ne prelazi u medij različite gustoće. Ako je medij je gušći, tlačne sile prenose se na novi medij. Slično tome, ako je novi medij je manje gustoće, vlačno naprezanje je veće na prethodnom mediju. Nakon udarca na prednju površinu kamena, kompresija udarca dovodi do promjena u gustoći konkrementa, uzrokujući fragmentaciju. Kada val nastavlja prolazak kroz kamen do stražnje površine konkrementa, promjena od visoke do niske gustoće dovodi do prijenosa energije udarnih valova i nastanka i djelovanja vlačne sile, što opet remeti strukturu konkrementa i dovodi do fragmentacije. Kod kavitacije, energija udarnih valova na žarište dovodi do pretvaranja tekućine u mjehuriće vodene pare. Ovi plinoviti mjehurići kolabiraju eksplozivno, stvarajući mikrololve i nagrizanje strukture konkrementa. Ovaj proces može se pratiti u realnom vremenu tijekom tretmana pomoću ultrazvuka kada se pojavljuje kovitlanje fragmenata i tekućine u žarišnoj zone tretmana [1] [4] [6] [9].



Slika 2. Mehanizam nastanka i fokusiranja udarnih valova (preuzeto iz Smith's Textbook of Endourology, 1996.)

3. MEDICINSKI ASPEKT PRIMJENE (INDIKACIJE I KONTRAINDIKACIJE ZA PRIMJENU METODE)

Trenutne opcije na raspolaganju za liječenje bubrežnih kamenaca, kao i kamenaca i bubrežnim nakapnicama i mokraćovoda su konzervativno liječenje (spontana eliminacija), izvantjelesna litotripsija udarnim valovima (ESWL), endoskopske tehnike (semirigidna ili fleksibilna ureterskopska litotripsija) i perkutani tretmani [7] [8] [9]. Smjernice Američke urološke asocijacije (AUA), kao i Europskog urološkog društva

(EUA) za liječenje urolitijaze klasificiraju ESWL kao potencijalno prvu metoda izbora u liječenju bubrežnih kamenaca i kamenaca nakapnice i mokraćovoda veličine do 2 cm [1] [8].

Indikacije za ESWL posebno uključuju sljedeće:

- Osobe koji rade u zanimanjima u kojima neočekivani simptomi /bubrežne kolike/ mogu potaknuti opasne situacije (npr. pilota, vojnog osoblja, liječnika)
- Osobe sa solitarnim (jednim) bubregom u kojima konzervativni tretman i spontana eliminacija konkrementa može dovesti do opstrukcije i posljedične anurije (prekida mokrenja)
- Bolesnici s povišenim krvnim tlakom, dijabetesom ili drugim komorbiditetima koji stvaraju predispoziciju za razvoj bubrežne insuficijencije [1] [4] [8].

Apsolutne kontraindikacije za izvantjelesnu litotripsiju udarnim valovima (ESWL) uključuju sljedeće:

- Akutna infekcija urinarnog trakta ili urosepsa
- poremećaji krvarenja (koagulopatije)
- Trudnoća
- Distalne opstrukcije mokraćnog sustava ispod nivoa konkrementa

Relativne kontraindikacije uključuju sljedeće:

- habitus bolesnika: pretilost i ortopedski ili deformitet kralježnice može zakomplicirati ili onemogućiti ispravan položaj za litotripsiju
- ektopija bubrega ili malformacije (npr. potkovičasti bubrezi i bubrezi lokalizirani u zdjelici)
- stenoze pijeloureteralnog spoja
- slabo kontrolirana hipertenzija (zbog povećanog rizika krvarenja)
- insuficijencije bubrega :u bolesnika s bubrežnim zatajenjem (57 %) (serumski kreatinin razini od 2 do 2,9 mg / dl) bile su značajno niže nego u bolesnika s boljom funkcijom bubrega (66 %) (razina kreatinina u serumu < 2 mg/dl).

Već postojeći plućni i srčani problemi nisu zapreka, pod uvjetom da su na odgovarajući način kontrolirani i prije i u tijeku tretmana [1] [6] [7] [8] [9]. Kod bolesnika s ugrađenim srčanim stimulatorima srca primjena ESWL tretmana također nije kontraindicirana, ali uz kontrolu i suglasnost kardiologa. Primjena lijekova protiv zgrušavanja krvi, tzv. oralnih antikoagulanasa npr., klopidogetrel (Plavix) i varfarina (Coumadin) trebaju se prekinuti prije tretmana zbog postizanja normalizacije zgrušavanja krvi [1] [9].

U KB Dubrava sada koristimo LITHOSKOP® multifunkcijski litotriktor tvrtke Siemens koji razvijen je u skladu sa svjetskim zahtjevima za efikašnošću i optimizacijom radnog toka s najvećim mogućim stupnjem brige za pacijenta. Obzirom na sofisticirani dizajn namjena sustava osim litotripsije je i širok spektar ostalih uroloških aplikacija te omogućuje nesmetan pristup pacijentu sa svih strana stvarajući optimalne radne uvjete. Sustav posjeduje prilagodljivu udarnu glavu za izvođenje litotripsije u pozicijama iznad i ispod stola te nema potrebe za repozicioniranjem pacijenta tijekom procedure. Frekvencija udarnih valova glave je 60-120

pulseva/min sa dubinom penetracije maksimalno 16 cm, a energija je podesiva u 38 razina. Dokazana i efikasna PULSO™ tehnologija udarne glave smanjuje broj potrebnih tretmana na minimum. Rentgenski C-luk, snage generatora 65 kW, služi za lokalizaciju i sinkrono slijedi pomicanje terapijske glave, a svi ti automatski pomaci aktiviraju se pritiskom na jedan gumb. C-luk je izocentričan i motoriziran. Osim lokalizacije rentgenskim zrakama sustav je opremljen i naprednim softverom za automatsko pomicanje pacijenata u terapijski fokus nakon označavanja kamena te s Color Doppler ultrazvučnim aparatom koji omogućuje "inline" ultrazvučnu lokalizaciju [1] [9].

4. ZAKLJUČAK

Primjena litotripsije udarnih valova (ESWL) danas je prvi izbor za liječenje bubrežnih kamenaca, kamenca u uretera i nakapnica do veličine 2cm. U usporedbi s otvorenim i endoskopskim metodama, ESWL je minimalno invazivna metoda, bez potrebe za anestezijom, a postiže visoke postotke uspješnosti rješavanja litijaze u bolesnika s urolitijazom.

U KB Dubrava sada koristimo LITHOSKOP® multifunkcijski litotriktor tvrtke Siemens sa prilagodljivom udarnom glavom za izvođenje litotripsije u pozicijama iznad i ispod stola i bez potrebe za repozicioniranjem pacijenta tijekom procedure. Frekvencija udarnih valova glave je 60-120 pulseva/min sa dubinom penetracije maksimalno 16 cm, a energija je podesiva u 38 razina. Dokazana i efikasna PULSO™ tehnologija udarne glave smanjuje broj potrebnih tretmana na minimum.

Do sada je u Kliničkoj bolnici Dubrava u Zagrebu je tretirano u ovom postupkom 150 bolesnika s uspješnošću razbijanja konkrementa preko 80 % uz postizanje tzv. „stone free“ statusa nakon tretmana što je u skladu s ostalim vodećim centrima koje koriste ovu metodu.

5. LITERATURA

- [1] Lingeman JE, Zafar FS. Lithotripsy systems. In: Smith AD, Badlani GH, Bagley DH, et al. Smith's Textbook of Endourology. St Louis, Mo: Quality Medical Publishing; 1996:553-89.
- [2] Zehnder, P.; Roth, B.; Birkhäuser, F.; Schneider, S.; Schmutz, R.; Thalmann, GN.; et al.: A Prospective Randomised Trial Comparing the Modified HM3 with the MODULITH® SLX-F2 Lithotripter, Eur Urol, Apr 2011, 59(4):637-44. [Medline].
- [3] Auge, BK.; Preminger, GM.: Update on shock wave lithotripsy technology, Curr Opin Urol, Jul 2002, 12(4):287-90. [Medline].
- [4] Lee, C.; Ugarte, R.; Best, S.; Monga, M.: Impact of renal function on efficacy of extracorporeal shockwave lithotripsy, J Endourol, May 2007, 21(5):490-3. [Medline].
- [5] Madaan, S.; Joyce, AD.: Limitations of extracorporeal shock wave lithotripsy, Curr Opin Urol, Mar 2007, 17(2):109-13. [Medline].

- [6] Martin, TV.; Sosa, RE.: Shock-wave lithotripsy. In: Walsh PC, Retik AB, Vaughan ED, Wein AJ, Campbell's Urology, Vol 3. 7th ed. Philadelphia, Pa: WB Saunders; 1998:2735-52.
- [7] Moody, JA.; Evans, AP.; Lingeman, JE.: Extracorporeal shockwave lithotripsy. In: Weiss RM, George NJR, O'Reilly PH, eds. Comprehensive Urology. Mosby International Limited; 2001:623-36.
- [8] Segura, JW.; Preminger, GM.; Assimos, DG.; Dretler, SP.; Kahn, RI.; Lingeman, JE.; et al.: Nephrolithiasis Clinical Guidelines Panel summary report on the management of staghorn calculi. The American Urological Association Nephrolithiasis Clinical Guidelines Panel. J Urol. Jun 1994, 151(6):1648-51.
- [9] Weiland, D.; Lee, C.; Ugarte, R.; Monga, M.: Impact of shockwave coupling on efficacy of extracorporeal shockwave lithotripsy. J Endourol. Feb 2007, 21(2):137-40.

Kontakt autora:**Branka Glavaš, bacc. med. tech**

Klinička bolnica Dubrava
Avenija Gojka Šuška 6.
10000 Zagreb

Dr. sc. Zoran Persec, dr. med., spec. urolog

Klinička bolnica Dubrava
Avenija Gojka Šuška 6.
10000 Zagreb
Tel. 01/2903518
me-mail: persec@kbd.hr

MODELIRANJE I SIMULACIJA STRUKTURA KOMPLEKSNIH PROIZVODNIH SISTEMA

MODELING AND SIMULATION OF STRUCTURE OF COMPLEX MANUFACTURING SYSTEMS

Elvis Hozdić, Emine Hozdić

Stručni članak

Sažetak: Proizvodni sistem je kompleksna struktura koja se sastoji od niza povezanih elemenata, kao što su pripremak, izradak, alati, strojevi i opreme ili radnih resursa, operatera, entiteta odlučivanja i proizvodnih procesa. Proizvodni sistemi sa svojim strukturama u vremenu četvrte industrijske revolucije sve su kompleksniji. Modeliranjem struktura kompleksnih proizvodnih sistema teži se obvladavanju kompleksnošću unutar kompleksnih proizvodnih sistema, koja nastaje prije svega uslijed interakcije proizvodnog sistema sa okolinom i sve zahtjevnijim tržištem. U ovom radu prikazane su metode modeliranja kompleksnih proizvodnih sistema, kao i različiti pristupi modeliranju preko razvijenog modelirnog okvira ADMO do modeliranja agentima u kompleksnim mrežama. Modeliranje proizvodnih sistema samo za sebe nije dovoljno, pa je potrebno kontinuirano raditi na razvijanju metoda i oruđa te njihovom učinkovitom djelovanju tijekom cjelokupnog životnog ciklusa proizvodnog sistema. Za to je potrebno razvijanje i usvajanje novog znanja iz područja modeliranja i simulacije kompleksnih proizvodnih sistema.

Ključne riječi: ADMO, kompleksni proizvodni sistemi, kompleksne mreže, modeliranje, simulacija,

Professional paper

Abstract: Manufacturing system is a complex structure which comprises of several connected elements, such as preparation, construction, tools, machines and equipment, or working resources, operators, deciding entities and production processes. Production systems, with their structures in the time of the fourth industrial revolution, are more and more complex. Structure modeling of complex production systems strives towards overcoming the complexity within the complex production systems, caused primarily by the interaction of the production system with the environment and increasingly demanding market. This paper presents modeling methods of complex production systems, as well as different approaches to modeling through developed modeling ADMO frame and agent modeling within complex networks. Modeling of production systems is not sufficient on its own, and it is necessary to work continuously on the methods and tools development for their efficient action throughout the entire lifecycle of the production system. This requires the development and obtaining new knowledge in the area of modeling and complex production systems simulation.

Key words: ADMO, complex production systems, complex networks, modeling, simulation.

1. UVOD

Osnovna je svrha modeliranja definiranje matematičkih modela i drugih prikaza koji su neophodni za optimizaciju, simulaciju, revitalizaciju i upravljanje procesima i sistemima. Prema tome, osnovna je svrha modeliranja procesa i sistema izgradnja matematičkih modela, koji će u odgovarajućem stupnju točnosti adekvatno opisati proces ili sistem, u cilju:

- Simulacije varijantnih rješenja, analize i prognoziranja stanja procesa još u fazi projektiranja,
- definiranja matematičkih modela koji su neophodni za optimizaciju procesa i iznalaženje optimalnih rješenja,
- izgradnje modela upravljanja za dati sistem, odnosno objekt optimizacije,

- znanstvenih istraživanja i praktične primjene u realnim procesima.

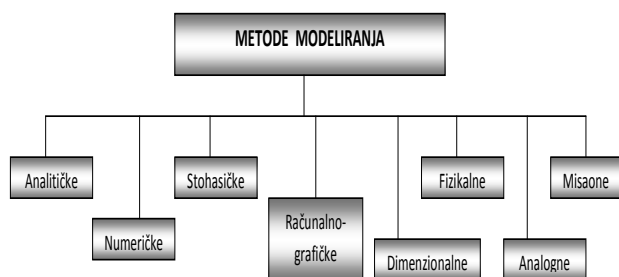
Prema tome, krajnji cilj modeliranja i optimizacije obradnih procesa i sistema je jeftinija, kvalitetnija i profitabilna proizvodnja. Model predstavlja pojednostavljen ili idealiziran opis sistema, situacija ili procesa, često u matematičkom obliku, radi olakšanja proračuna ili predviđanja nekih događaja.

2. METODE MODELIRANJA

Jedan od glavnih faktora koji doprinosi kompleksnosti međudjelovanja između elemenata sistema je mijenjanje nekih parametara s vremenom. Metode modeliranja usavršavane su razvojem

primijenjene matematike, matematičke statistike, operacijskih istraživanja, eksperimentalnih i informatičkih metoda. Danas postoji više različitih metoda modeliranja. Koja će od postojećih metoda biti korištena ovisi o objektu modeliranja, zahtijevanom stupnju pouzdanosti modela, vrsti procesa, odnosno sistema, raspoloživoj opremi, potrebi automatizacije i izgradnji sistema upravljanja. Osnovne metode modeliranja mogu biti determinističke i stohastičke [1]. U analizi i istraživanju procesa i sistema mogu biti primijenjene neke od slijedećih metoda modeliranja, kako pokazuje slika 1.

Moćan razvoj informacionih tehnologija, odnosno digitalnih računala, je učinio da je računar, u posljednje vrijeme, postao veoma korisno sredstvo u svim fazama istraživanja, razvoja, projektiranja, konstruiranja, proizvodnje, korištenja i održavanja proizvoda, uopće, i upravljačkih komponenti i sistema različite fizičke prirode (mehaničke, fluidne, termo, električne, elektronske i kombinirane) posebno [2],[3],[4]. Među najuspješnijim simulacijskim metodama danas je korištenje softverskih agenata. Svaki je agent zasebni softverski entitet čije ponašanje ovisi o unutrašnjoj strukturi i zadanim ciljevima. Sposoban je ponašati se autonomno i biti svjestan dostupnih opcija prilikom donošenja odluka [5].



Slika 1. Klasifikacija metoda modeliranja [1]

Osnovi cilj teorije kompleksnih sistema je proučavanje obrazaca pravilnosti na makroskopskoj razini odnosno pojava koje se javljaju u kompleksnom sistemu iz decentraliziranih, lokalnih interakcija između skupa entiteta sistema. Holtzer i De Meer dali su pregled metoda matematičkog modeliranja u svrhu proučavanja ponašanja samoorganizirajućih i kompleksnih sistema koje su klasificirali u modeliranje na makrorazini (engl. *macro-level modelling*) i modeliranje na mikrorazini [6]. Koristeći model na mikrorazini potrebno je opisati ponašanja svih entiteta sistema i interakcije između njih, dok je kod modeliranja na makrorazini potrebno opisati samo ponašanje varijable od interesa. Boccara je dao opsežan pregled metoda za modeliranje kompleksnih sistema [7]. Većina metoda za modeliranje kompleksnih sistema tradicionalno je bila korištena s ciljem stvaranja jednostavnih matematičkih reprezentacija sistema dinamičkim sistemima (skupom jednačbi čije rješenje opisuje evoluciju stanja sistema u vremenu) kao što je korištenje diferencijalnih jednačbi i rekurentnih (rekurzivnih) relacija (npr. logistička mapa) ili Monte Carlo simulacija.

Za podršku pri modeliranju adaptivnih distribuiranih proizvodnih sistema razvijen je adaptivni distribuirani modelirni okvir (ADMO)[8].

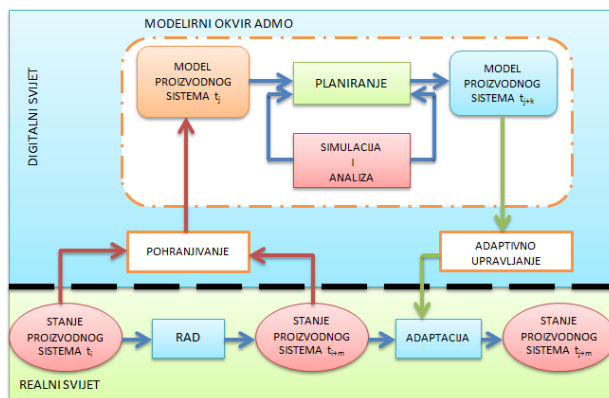
3. ADAPTIVNI DISTRIBUIRANI MODELIRNI OKVIR – ADMO

Adaptivni distribuirani modelirni okvir je cjelokupno okruženje za potporu adaptivnim distribuiranim proizvodnim sistemima. ADMO se sastoji od nekoliko sistema kako bi se osigurala provedba različitih procesa da podrže planiranje i kontrolu proizvodnih sistema. To su dinamične strukture koje su u suprotnosti s konvencionalnim proizvodnim sistemima, kratkog životnog ciklusa. Prilagođenost za realizaciju određenog proizvoda i ispunjenje zadatka ne postoji. ADMO okvir se sastoji od građevnih blokova i alata za rad u distribuiranom i suradničkom okruženju, što zahtijeva stalnu dinamičku prilagodbu potrebama kupca i nastalih promjena u okruženju ili u samom sistemu. Rješavanje pitanja međuovisnosti, integracije, razumijevanja i razmjene informacija se odvija u stvarnom vremenu unutar okvira ADMO sa zajedničkim informacijsko-komunikacijskog sistemima s potrebnom infrastrukturom za obavljanje tih procesa.

Cilj modelirnog okvira ADMO je zadovoljiti generična, sistematična i adaptivna okruženja za potrebe modeliranja proizvodnih sistema sa nasljednim funkcijama:

- podržati opisnu logiku građevnih blokova proizvodnog sistema,
- osigurati neovisnost blokova i mogućnost njihove integracije,
- pružiti metode dizajna,
- pružiti alate za planiranje i olakšati njihovu integraciju,
- imati bazu modela,
- podržati praćenje i prilagodbu realnog proizvodnog sistema u realnom vremenu,
- očuvati znanja proizvodnih sistema.

Na slici 2. je prikazan model ADMO.



Slika 2. Pozicija ADMO okruženja u realnom i digitalnom okruženju [9]

ADMO predstavlja sistemske i metodološke korake vođene dizajna proizvodnih sistema, koji uključuju različite metode za identificiranje, planiranje, simulacije, analizu i kontrolu. Koraci planiranja mogu biti sekvencijalni, paralelni, koji uključuje donošenje odluka u petlji (optimizacije procesa), a često su u provedbi aktivnosti koje mogu biti podržane od strane nekoliko metoda (provjerite ista stvar na različite načine). Same metode moraju se realizirati za uporabu u obliku alata. ADMO okvir, pružiti generičkih sučelja za pristup tim alatima, a time i njihova integracija u svakoj fazi planiranja. Podrška za nove proizvodne koncepte u obliku mrežnih vremenskih struktura proizvodnje zahtijeva suradnju i interakciju autonomnih blokova koji će biti aktivno uključeni u njihov razvoj. ADMO je u tu svrhu ukupan prostorni model za kolaborativno planiranje i kontrolu proizvodnog sistema, u koji moraju biti uključeni stručnjaci u pojedinim sistemima rada. Model prostora mora biti kompaktilan s vanjskim informacijskim sistemima i uslugama. Integracijom novih ADS i prezentacijom njihovih modela dobiva se funkcionalno bogat zajednički okvirni model, dok neki dijelovi (lokalne baze podataka, unutrašnji radni modeli autonomnih sistema, itd.) ostaju u skrbištvu i na upravljanje svakom pojedinačnom sudioniku [8].



Slika 3. Komponente modelirajućeg okvira ADMO [10]

Na slici 3. prikazane su nezavisne komponente koje oblikuju ADMO. To su reference proizvoda, koncepti modeliranja, metodologije i metode, ontologija, parcijalni referentni modeli radnih sistema, referentni modeli radnih sistema, modeli proizvodnih sistema i modelirni alati koji omogućuju prilagodbu i integraciju postojećih, kao i razvoj, podršku i provedbu novih distribuiranih proizvodnih sistema [10].

ADMO okvir treba osigurati mogućnost ponovne upotrebe blokova za izgradnju, te prikupljanje i sastavljanje povezanih znanja. To znanje bi trebao biti dostupno kao dio planiranja i podrške novim proizvodnim sistemima.

Unutar ADMO okvira povezani su modelirni sistemi, informacijsko – komunikacijski sistemi i kolaborativni radni sistemi. Modelirani sistem implementira procese

opisujući građevne blokove, modelira i sintezuje modele proizvodnog sistema i njegove simulacije, analize, i pruža podršku za kontrolu. Informacijsko-komunikacijski sistem omogućuje procese integracije različitih sistema i pohranu podataka i strukturiranju znanja, interakcijska modeliranja i sistema stručnjaka i njihove integracije u sistemu. Sistem podržava kolaborativno upravljanje procesima rada, zajednički prostor za sastanke stručnjaka, identificiranje i rješavanje sukoba u kolektivnom odlučivanju [8].

4. MODELIRANJE I SIMULACIJA ZASNOVANI NA AGENTIMA

Metode koje se danas uobičajeno koriste za proučavanje kompleksnih sistema su modeliranje zasnovano na agentima (engl. *Agent-Based Modelling*; modeliranje ABM) za razvoj računalnih modela simulacije ponašanja sistema te razvoj modela kompleksnih mreža (engl. *complex networks*) za analizu interakcija entiteta sistema iz stvarnih ili umjetno stvorenih podataka. Nijazi je u svom doktorskom radu pokazao potrebu za povezivanjem agentskih modela i kompleksnih mreža te predložio jedinstveni okvir za razvoj formalnih, mrežnih i agentskih modela sistema CAS [11].

Model zasnovan na agentima je model koji predstavlja skup pojedinih agenta i njihovo ponašanje. Shalizi definira agenta kao entitet koji ima stanje vrijedno reprezentacije i koji ostvaruje interakcije s drugim agentima uzrokujući promjenu njihovih stanja [12]. Sastavnice modela zasnovanog na agentima su skup agenata i njihovih stanja, pravila koja uređuju interakcije agenata i okolina unutar koje se agenti nalaze. Na temelju drugih agenata, stanja i pravila, agent će izvesti (ili neće) neku akciju. Akcija može utjecati na druge agente, njegovo stanje ili pravilo i okolinu.

Bitno je istaknuti kako interpretacija pojma agent ima drugačije značenje u kontekstu modeliranja ABM u odnosu na ono u višeagentskim sistemima (engl. *Multi-Agent System*; sustav MAS). U kontekstu sistema MAS, agent se najčešće definira kao računalni sistem, smješten u okolini, sposoban za autonomno djelovanje u svrhu ispunjenja zadanih ciljeva koji ima svojstva reaktivnosti, proaktivnosti i društvene sposobnosti [13].

U kontekstu modeliranja ABM, agent opisuje metaforu načina razmišljanja za modeliranje ponašanja određenih aktera sistema. Modeliranjem ABM stvara se model u svrhu *simulacije* stvarnog sistema gdje su agenti modeli samostalnih donositelja odluka u sistemu koji se proučava. Dok s druge strane, sistem MAS uključuje *izradu* raspodijeljenih donositelja odluka za obavljanje određenog zadatka kao što je primjerice raspodijeljeni sistem upravljanja. Sukladno tome, agentske tehnologije u računarstvu zasnovanom na agentima (engl. *agent-based computing*) mogu se razmatrati iz tri perspektive [14]: agenti kao metafora za oblikovanje sistema (npr. agentska paradigma nudi razvojnom programeru način strukturiranja programskih sistema oko autonomnih komponentni), agenti kao izvor tehnologija (npr. agenti se koriste kao ključni elementi algoritma za rješavanje

nekog problema kao što raspodjela resursa) i konačno agenti za simulaciju sistema (npr. Agenti predstavljaju domene u stvarnome svijetu zato što je primjerice domena presložena da bi se opisala drugačije).

Modeliranje ABM omogućuje simulaciju entiteta kompleksnog sistema i njihove međusobne interakcije, tako omogućujući prirodno pojavljivanje izranjajućih kompleksnih svojstava sistema. To je u suprotnosti s tradicionalnim metodama modeliranja diferencijalnim jednačinama u kojima su svojstva sistema na puno višoj razini osnovni elementi modela (npr. gustoća populacije) radije nego pojedinačni entiteti sistema. Osnovne pogodnosti modeliranja ABM su te što može otkriti izranjajuće pojave u sistemu i nudi prirodan i fleksibilan način njegovog opisa. Detaljan pregled mogućnosti, ograničenja i problema u primjeni modeliranja zasnovanog na agentima opisan je u [15]. Cilj modeliranja ABM je oblikovanje modela koji su dovoljno jednostavni kako bi se mehanizam izranjanja mogao razumjeti, a ipak dovoljno detaljni kako bi mogli pokazati zanimljivo ponašanje. Modeliranje ABM uspješno se koristilo za empirijsko ispitivanje specifičnih pojavljivanja izranjanja [16] i za otkrivanje izranjanja u kompleksnim sistemima [17]. Modeliranje ABM prepoznato je kao osnovna paradigma modeliranja kompleksnih sistema, no u osnovi ono ima značajno ograničenje jer se isključivo zasniva na paradigmi modeliranja odozdo prema gore (engl. *bottom-up*). To znači da se ponašanjem agenata, koji su opisani na mikroskopskoj razini, modelira opće ponašanje sistema na makroskopskoj razini. U nekim slučajevima korisno je uvesti dvosmjerne relacije između razina ili uvesti nove među-razine (npr. različite prostorno / vremenske skale ili domene interesa) [18].

Modeliranje zasnovano na agentima u više razina (engl. *multi-level agent-based modelling*) proširuje klasičnu paradigmu modeliranja ABM omogućavanjem interakcije i dijeljenja zajedničke okoline između više modela predstavljajući različite razine istog sistema (npr. organizacije, znanosti, analize). Ova vrsta modeliranja najčešće se koristi za modeliranje uzajamnih interakcija između različitih razina sistema (npr. upravljanje povratnom spregom odozgo prema dolje) i dinamičke prilagodbe razine detalja simulacija (npr. korištenje najbolje dostupnog modela u danom kontekstu).

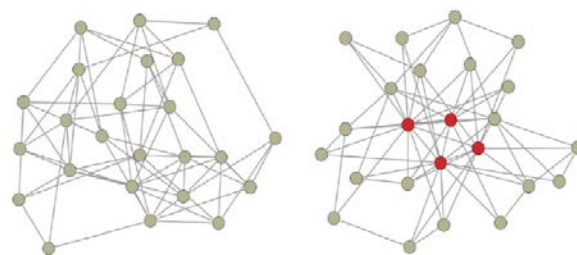
5. KOMPLEKSNE MREŽE

Kompleksna mreža je reprezentacija kompleksnog sistema korištenjem skupa čvorova međusobno povezanih skupom veza. Čvorovi predstavljaju entitete kompleksnog sistema (npr. računala, osobe, proteine), a veze povezanost ili interakcije između čvorova. Mreža stoga pruža prigodan formalni opis kompleksnog sistema kojim se pokušavaju pojednostaviti detalji entiteta sistema i istodobno zadržati složenost njihovih interakcija. Formalni koncept mreža i njihova terminologija pretežito potječu iz matematičkog područja teorije grafova.

Teorija mreža postaje sve istaknutija u istraživanju kompleksnih sistema [19][20]. Cilj teorije mreža u području kompleksnih sistema je razumjeti nastajanje i

karakteristike mreža koje opisuju različite kompleksne sisteme.

Mnoge mreže tehnoloških, društvenih i bioloških sistema okarakterizirane su netrivialnim svojstvima svojih topologija kao što su mala srednja duljina puta između čvorova (dobra povezanost između čvorova) – mreže malog svijeta (engl. *small world networks*) [21],[22] raspodjela bez skale stupnja čvora – mreže bez skale (engl. *scale-free networks*) [23] te visoki stupanj grupiranja i modularna struktura – postojanje zajednica [24]. Za prve je karakterističan zakon ovlasti, ali za druge, udaljenost između dva nasumce odabrana čvorova varira proporcionalno logaritmu veličine mreže. Za male mreže karakterističan je zakonu moći. Raspodjela tih oblika se može naći u velikom broju pojava u rasponu od veličine gradova, snaga potresa, kratera na mjesecu, solarne baklje, računalnih datoteka, ratova, učestalost riječi u bilo kojem ljudskom jeziku, broj citata znanstvenih radova itd [25]. Kod malih mreža zakon moći opisuje broj priključaka od svakog elementa. To znači da postoji veliki broj labavo povezanih komponenti i mali broj snažno povezanih komponenti [26]. Elementi sa značajno nadprosječnim povezivanjem naziva središte mreže. Primjer čvorišta mreže u slobodnoj okolini i usporedbi sa slučajnim mrežama prikazan je na slici 4.



a) Slučajna mreža

b) Mreže bez mjerila

Slika 4. Prikaz slučajeva mrežnog povezivanja [26]

Opisane osobine omogućuju da su mreže bez mjerila robusne. Ako pretpostavimo slučajnu pojavu smetnji kod najslabije povezani čvorova vjerojatnost će doći do poremećaja u središtu je povezanost vrlo mala. S druge strane, poremećaj ili uništavanje ključnih čvorišta može dovesti do raspada mreže na više labavo povezanih pod-mreža.

Za područje mreža vrijedi zakon potencije koji je opisan u slijedećoj jednačini:

$$p(x) = C \cdot x^{-\alpha} \quad (1)$$

Odnosno

$$1 = \int_{x_{min}}^{\infty} p(x) dx = C \cdot \int_{x_{min}}^{\infty} x^{-\alpha} dx = \frac{C}{1-\alpha} [x^{1-\alpha}]_{x_{min}}^{\infty} \quad (2)$$

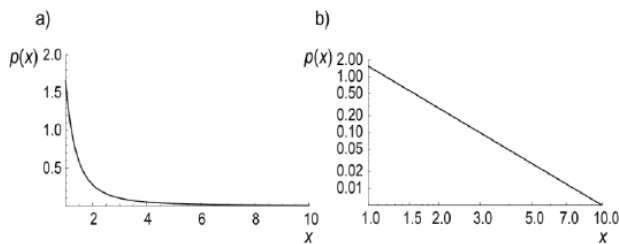
Pa iz tog slijedi da je konstanta C

$$C = (\alpha - 1)x_{min}^{\alpha-1} \quad (3)$$

Uvrštavanjem dobivenog u početnu jednačinu dobivamo normalni oblik zakona potencije:

$$p(x) = \frac{\alpha-1}{x_{min}} \cdot \left(\frac{x}{x_{min}}\right)^{-\alpha} \quad (4)$$

Na sljedećoj slici prikazan je zakon potencije na linearnoj i logaritamskoj skali [27].



Slika 5. Zakon potencije na linearnoj (a) i logaritamskoj skali (b)

$$P(x|\alpha) = \prod_{i=1}^n \frac{\alpha-1}{x_{min}} \cdot \left(\frac{x_i}{x_{min}}\right)^{-\alpha} \quad (5)$$

Primjenom Bayesovog obrazca dobivamo:

$$P(\alpha|x) = P(x|\alpha) \frac{P(\alpha)}{P(x)} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \ln P(x|\alpha) &= \sum_{i=1}^n \left[\ln(\alpha-1) - \ln x_{min} - \alpha \ln \frac{x_i}{x_{min}} \right] \\ &= n \ln(\alpha-1) - n \ln x_{min} - \alpha \sum_{i=1}^n \ln \frac{x_i}{x_{min}} \end{aligned} \quad (7)$$

U konačnom dobivamo vrijednost eksponenta α :

$$\alpha = 1 + n \left[\sum_i \ln \frac{x_i}{x_{min}} \right]^{-1} \quad (8)$$

Stanje čvorova (npr. mišljenje osobe ili pozicija senzora) u mreži uobičajeno se mijenja kroz vrijeme. Ta promjena ne ovisi samo o intrinzičnoj dinamici samog čvora već i o jačini njegove povezanosti s najbližim susjedima. Jačina povezanosti čvorova povećava kompleksnost zajedničkog ponašanja što dovodi do potrebe za modeliranjem, analizom i predviđanjem ponašanja brojnih dinamičkih procesa na mrežama kao što su greške, napadi, kaskadni ispadi ili proces širenja (npr. zaraza, informacija, mišljenja) [28][29]. U zadnjem desetljeću došlo se do brojnih saznanja o utjecaju strukture topologije na ponašanje dinamičkih procesa na statičkim ili sporo promjenjivim mrežama u odnosu na dinamički proces [30] [31]. Strukturna svojstva kompleksnih mreža proučavana su iz perspektive stvarnih komunikacijskih mreža Interneta i WWW-a [32]. Osim toga, predstavljena je potreba i za proučavanjem strukturnih i evolucijskih svojstava bežičnih mreža osjetila [33].

Doduše, veze u stvarnim mrežama su mnogo promjenjivije. Čak i ako postoji fiksna topološka struktura, veze između čvorova mogu biti aktivne ili neaktivne prilagođavanjem kroz vrijeme [34]. Novi trend istraživanja postaje proučavanje mreža s vremenski promjenjivom topologijom (engl. temporal networks). Pošto neka pretpostavljena svojstva statičkih mreža, kao što je tranzitivnost između veza, ne vrijede uvijek kod mreža s vremenski promjenjivom topologijom, pristup

proučavanju njihovih svojstva i dinamičkih procesa na njima moraju se promijeniti u odnosu na pristupe statičkim mrežama. Holme i Saramäki daju pregled dosadašnje literature o mrežama s promjenjivom topologijom. Proširivanje analize mreže na dinamičku topologiju moglo bi imati konkretnu primjenu u društveno-tehničkim sistemima od ad-hoc mrežnog povezivanja (tj. mrežno povezivanje u jako promjenjivim usmjerivačkim mrežama) do oblikovanja masivnih raspodijeljenih sustava [35] ili analize velikih komunikacijskih sistema kao što su pokretni uređaji.

Općenito, model kompleksne mreže može imati dva tipa promjenjivosti u vremenu: dinamiku stanja čvorova (tj. dinamički proces na mreži) i promjenu topologije same mreže (tj. dinamika same mreže). U mnogo slučajeva oba tipa dinamike pojavljuju se neovisno. Adaptivna mreža (engl. adaptive network) povezuje dinamički proces na mreži s dinamikom same mreže. Povezivanje ta dva tipa dinamike posebice je važno kada su vremenske skale dinamičkih procesa na mreži usporedive s dinamikom mreže. U tim slučajevima može se primijetiti dvostruka povratna sprema jer topologija mreže utječe na dinamičke procese na čvorovima u mreži i istodobno, stanja čvorova (rezultat dinamičkih procesa) posljedično izazivaju novo oblikovanje mreže. U takvim mrežama, lokalne dinamike stanja čvora ovisne su o topologiji mreže i razvoj veza u mreži ovisan je o stanju čvorova u mreži. Sukladno tome može se reći kako stanje čvorova u mreži i topologija mreže zajedno međusobno evoluiraju (engl. state-topology coevolution). Nekoliko tipova mreža na Webu (npr. informacijske, društvene i kolaborativne) okarakterizirane su kao adaptivne mreže u svrhu razumijevanja Weba kao kompleksnog adaptivnog sistema [19].

Između strukturnih i dinamičkih svojstava kompleksnih mreža postoje zanimljive veze. Upravljujivost kompleksne mreže očituje se u mogućnosti dovođenja mreže iz bilo kojeg početnog stanja u bilo koje željeno stanje u konačnom vremenu nametanjem odgovarajućih vanjskih signala na podskup njezinih čvorova (upravljački čvorovi), gdje se mreža promatra kao dinamički sistem kroz dinamiku njezinih čvorova [36] ili njezinih veza. Mogućnost upravljanja kompleksnim sistemom daje osnovni dokaz njegovog potpunog razumijevanja i predstavlja važno sredstvo za donositelje odluka. Razumijevanje glavnih faktora upravljivosti mreža stoga predstavlja i osnovni korak za oblikovanje robusnih i sigurnih tehnoloških sistema [33].

Prethodna istraživanja usredotočuju se na ograničeni slučaj nezavisne pojedinačne mreže koja ne djeluje međusobno s drugim mrežama. Međutim, kompleksni sistemi su najčešće međusobno povezani i trebali bi se modelirati međuzavisnim mrežama (engl. interdependent networks). Buldyrev i suradnici pokazali su kako komunikacijska mreža između elektrana utječe na stabilnost električne mreže te su uveli matematički alat zasnovan na teoriji perkolacije za proučavanje robusnosti mreža formiranih iz međuzavisnih mreža [37], [38].

U društveno-tehničkim sistemima prirodno je očekivati da su društvene i tehničke mreže strogo povezne (npr. povezivanje društva ovisi o izvorima električne energije). Dodatno, mreže je bitno analizirati i na drugačijim skalama. Primjerice, kod širenja zaraza gdje zaraženi

ljudi mogu prelaziti udaljenosti na različitim skalama koristeći različite prijelaze: duge i brze prijelaze letovima između zračnih luka ili kraća i češća putovanja javnim prijevozom. U tome slučaju transportne mreže na različitim skalama imaju utjecaj jedne na druge.

Iz prethodnog je primjetno da je jedna od osnovnih poteškoća u modeliranju kompleksnih sistema modelom mreže odrediti i prikupiti bitne podatke za njegovu ispravnu i potpunu izgradnju. Cjelovita struktura mreža stvarnih kompleksnih sistema često nije dostupna zbog ekonomskih, pravnih ili tehničkih razloga ili, kao što je spomenuto u prethodnom primjeru, jedna mreža možda nije dovoljna za reprezentaciju cijelog sistema. U takvim situacijama koriste se zamjenski podaci od srodnih sistema, metode zaključivanja o strukturi mreže ili sintetički generirane mreže sa željenim strukturnim svojstvima [19].

6. ZAKLJUČAK

Proučavajući enormno brz razvoj industrijskih proizvodnih sistema, novih sistema koji se pojavljuju, kao i njihovu kompleksnost uočavamo da je neophodno usporedo s njihovim razvojem proučavati i razvijati metode i alate za modeliranje i simulaciju takvih sistema kako bi bili u korak s vremenom. U implementaciji novih cyber – phsical sistema, koji povezuju realni i digitalni proizvodni svijet neizbježno je povećanje kompleksnosti kao nužne osobine kompleksnih proizvodnih sistema. Kako bi smo se nosili s tom osobinom kompleksnih proizvodnih sistema, obvladavali je i bolje razumjeli neophodno je razvijati nove metode za modeliranje i simulaciju cyber – pysical proizvodnih sistema u distribuiranom proizvodnom okruženju. U ovom radu pregledno su prikazani neki od modela i date smjernice za daljnja istraživanja.

7. LITERATURA

- [1] M. Jurković, *Matematičko modeliranje inženjerskih procesa i sistema*. Bihać: Mašinski fakultet Bihać, 1999.
- [2] M. Kalajdžić, *Proizvodne tehnologije - nosilac razvoja industrijskog privrednog kompleksa*. Kraljevo, 2000.
- [3] R. Gatala, "Primjena vještačke inteligencije u projektovanju proizvoda," 2000.
- [4] N. Nedić and D. Pršić, *Računarsko modeliranje i simulacija u savremenoj tehnologiji*. Kraljevo: Mašinski fakultet Kraljevo, 2001.
- [5] J. Dale and E. Mamdani, "Open Standards for Interoperating Agent - based Systems," *Foundation for Intelligen Physical Agents Organisation*. [Online]. Available: www.fipa.org.
- [6] R. Holzer and H. De Meer, "Modeling and Application of Self-Organizing Systems," *2011 IEEE Fifth Int. Conf. Self-Adaptive Self-Organizing Syst.*, pp. 235–243, Oct. 2011.
- [7] N. Boccara, *Modeling Complex Systems*. Chicago, 2010.
- [8] V. Zelatelj, *Modelirno okolje za gradnju distribuiranih proizvodnih sistemov*, Doktorsko . Ljubljna: Fakulteta za strojništvo Ljubljana, 2008.
- [9] E. Westkämper, "Digital Manufacturing in the global Era," pp. 1–11, 2006.
- [10] V. Zaletelj, a. Sluga, and P. Butala, "A Conceptual Framework for the Collaborative Modeling of Networked Manufacturing Systems," *Concurr. Eng.*, vol. 16, no. 1, pp. 103–114, Mar. 2008.
- [11] M. A. K. Niazi, *Towards a novel unified framework for developing formal, network and validated agent - based simulation models of complex adaptive systems*. Disertacija, Sveučilište Stifling, 2011.
- [12] C. R. Shalizi, *Methods and techniques of complex systems science: An overview*. arXiv:nlin/0307015v4, 2006.
- [13] N. R. Jennings, "On Agent-Based Software Engineering," *Artif. Intell.*, vol. 177, pp. 277–296, 2000.
- [14] Luck.M. et.al., *Agent Technology: Computing as Interaction. A Roadmap for Agent Based Computing*. AgentLink III, 2005.
- [15] D. Helbing and S. Baliotti, "How to do agent-based simulations in the future: from modeling social mechanisms to emergent phenomena and interactive systems design," *neobjavljen*, 2011.
- [16] O. Paunovski, G. Eleftherakis, and A. J. Cowling, "Disciplined exploration of emergence using multi-agent simulation framework," *J. Comp. Info.*, vol. 28, pp. 369 – 391, 2009.
- [17] M. A. K. Niazi and A. Hussain, "Sensing Emergence in Complex Systems," *IEEE Sensors*, vol. 11, pp. 2479 – 2480, 2011.
- [18] T. Lipić, "Modeliranje i oblikovanje kompleksnih sustava," *Centar za informatiku i računarstvo, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Zagreb*.
- [19] T. Lipić, "Modeliranje i oblikovanje kompleksnih sustava."
- [20] A. L. Barabasi, "The network takeover," *Nat. Phys.*, vol. 8, pp. 14 – 16, 2012.
- [21] D. J. Watts and S. H. Strogatz, "Collective dynamics of small world network," *Nature*, vol. 393, no. 440, 1998.
- [22] R. Albert, J. H., and A. L. Barabasi, "Diameter of the world wide web," *Nature*, vol. 401, pp. 130 – 131, 1999.
- [23] A. L. Barabasi and R. Albert, "Emergence of scaling in random networks," *Science (80-.)*, vol. 286, no. 5439, pp. 509 – 512, 1999.
- [24] S. Fortunato, "Community detection in graphs," *Phys. Rep.*, vol. 486, no. 3–5, pp. 75 – 174, 2010.
- [25] M. E. J. Newman, "Power Laws, Pareto Distributions and Zipfs Law," *Contemp. Phys.*, vol. 46, no. 5, pp. 323 – 351, 2005.
- [26] R. Vrabič, "Krmljenje avtonomnih obdelovalnih sistemov v proizvodnem okolju." Fakulteta za strojništvo Ljubljana, Ljubljana, 2012.
- [27] R. Vrabič, D. Husejnagić, and P. Butala, "Discovering autonomous structures within complex networks of work systems," *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 61, no. 1, pp. 423–426, Jan. 2012.

- [28] A. Barrat, M. Barthelemy, and A. Vespignani, *Dynamical processes on complex networks*. Cambridge UP, 2008.
- [29] A. Vespignani, "Modelling dynamical processes in complex socio-technical systems," *Nat. Phys.*, vol. 8, pp. 32 – 39, 2012.
- [30] M. E. J. Newman, "The structure and function of complex networks," *SIAM Rev.*, vol. 45, no. 2, pp. 167 – 256, 2003.
- [31] S. Boccaletti, V. Latora, Y. Moreno, M. Chavez, and D.-U. Hwang, "Complex networks: Structure and dynamics," *Phys. Rep.*, vol. 424, no. 4–5, pp. 175 – 308, 2006.
- [32] P. Antoniou and A. Pitsillides, *Understanding Complex Systems: A Communication Networks Perspective*. Teh.izv., 2007.
- [33] P. Antoniou and A. Pitsillides, *Wireless Sensor Networks Control: Drawing Inspiration from Complex Systems*. MedHocNet, 2007.
- [34] S. A. Hill and D. Braha, "Dynamic model of time-dependent complex networks," *Phys. Rev. E*, vol. 82, no. 4, 2010.
- [35] R. Pfitzner, *Time-Explicit graphs: A framework for dynamic network analysis*. Wurzburg: Modeling and Analysis of Novel Mechanisms in Future Internet Applications, 2012.
- [36] Y.-Y. Liu, J.-J. Slotine, and A. L. Barabasi, "Controllability of complex networks," *Nature*, vol. 473, pp. 167 – 173, 2011.
- [37] S. V. Buldyrev, R. Parshani, G. Paul, H. E. Stanley, and S. Havlin, "Catastrophic cascade of failures in interdependent networks," *Nature*, vol. 464, pp. 1025 – 1028, 2010.
- [38] J. Gao, S. V. Buldyrev, H. E. Stanley, and S. Havlin, "Networks formed from interdependent networks," *Nat. Phys.*, vol. 8, pp. 40 – 48, 2012.

Kontakt autora:

Elvis Hozdić, univ. dipl. inž. strojništva
Fakulteta za strojništvo Ljubljana
Aškarčeva 6, Ljubljana
ehozdic@yahoo.com

Emine Hozdić, apsolvent mašinskog fakulteta
Tehnički fakultet Bihać
Ul. Irfana Ljubijankića bb Bihać
emine_hozdic@yahoo.com

METODE PREVENCIJE LIKVEFAKCIJE

METHODS OF PREVENTING LIQUEFACTION

Maja Martinec

Stručni članak

Sažetak: Tektonske ploče koje čine, danas poznato, Zemljino lice neprestano se gibaju. Taj proces se ne može zaustaviti, pa tako ni međusobne interakcije ploča. Na granicama ploča neizbježni su potresi, neovisno o svom intenzitetu. Na neke posljedice potresa kao što likvefakcija ne možemo utjecati, osim preporukom da se na takvim mjestima ne gradi. Obzirom na to da je većina područja s likvefakcijskim potencijalom već gusto urbanizirana, u takvim se područjima potrebno oslanjati na mogućnosti tehnologije. Likvefakcija tla izazvana potresom je važan faktor urbane seizmičke opasnosti. Posljedice likvefakcije u izgrađenim područjima mogu biti iznimno štetne. Evoluiranjem tehnologije javljaju se raznovrsne nove mogućnosti preventivnog djelovanja u područjima ugroženim od likvefakcije, od kojih su najzastupljenije različite mogućnosti temeljenja, izvedbe drenova, izrade šljunčanih pilota, zbijanje tla i drugo.

Ključne riječi: Drenovi, likvefakcija, potresi, prevencija, šljunčani piloti, zbijanje tla

Professional paper

Abstract: Tectonic plates that make the face of Earth as we know it today are constantly moving. This process cannot be stopped just like mutual interactions of plates. At the plate boundaries earthquakes are inevitable, regardless of its intensity. We cannot influence some effects of earthquake, such as liquefaction, except by giving recommendation on avoiding building in such places. Since the most areas with liquefaction potential are already densely urbanized, in such areas we should rely on technology possibilities. Soil liquefaction caused by the earthquake is an important factor of urban seismic hazard. The effects of liquefaction in built-up areas can be extremely harmful. Technology evolvement presents a variety of new opportunities for preventive actions in areas endangered by liquefaction, of which the most common are various possibilities of foundations, drain performance, gravel piles, soil compaction, and other.

Key words: drains, earthquakes, gravel piles, liquefaction, prevention, soil compaction

1. UVOD

Likvefakcija, odnosno otekućenje, se javlja kao jedna od popratnih pojava jakih potresa. Možemo je definirati kao fenomen preobrazbe stabilnog i nosivog tla u stanje guste tekućine. Posmična čvrstoća i stabilnost nosivih saturiranih nekoherentnih tala smanjuje se sve do hidrauličnog sloma. Likvefakcija može nastati pod utjecajem potresa ili nekog drugog dinamičkog opterećenja u uvjetima visoke saturacije tla. Glavni faktori o kojima ovisi likvefakcijski potencijal tla su niski indeks zbijenosti i visoki stupanj saturacije, odnosno, zasićenosti vodom. Opasnost likvefakcije leži u prevrtanju zgrada što uzrokuje dodatne štete i u diferencijalnom slijeganju zgrada koje se događa zbog iznenadnog gubitka čvrstoće.

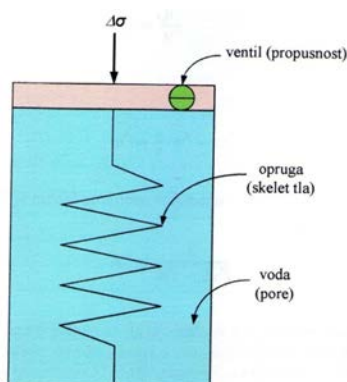
2. OPIS LIKVEFAKCIJE

Događa se samo u rahlim pješčanim ili prahovitim saturiranim tlima. Razlog tome je tendencija pijeska da smanji svoj volumen (preraspodjelom čestica u obujmu) prilikom primjene opterećenja, za razliku od zbijenog tla

koje se proširuje u volumenu. Kao reakcija na kompresiju tla, povećava se porni tlak koji tada pokušava teći u zonu nižeg tlaka koja je obično površina zemlje. Međutim, ako je opterećenje primijenjeno brzo te je dovoljno veliko ili je cikličko (nekoliko puta uzastopno primijenjeno), tako da voda ne stigne istjeći prije idućeg ciklusa opterećenja, voda može naći najkraći put kroz prostor između čestica tla koje su u međusobnom kontaktu. Ti kontakti su sredstva kojima se masa konstrukcije prenosi na stijene koje se nalaze na većim dubinama. Ovaj gubitak strukture uzrokuje gubitak čvrstoće, odnosno mogućnosti prenošenja opterećenja te se može promatrati kao otekućenje nosivog tla. S tehničkog gledišta, stanje likvefakcije nastaje kad su efektivna naprezanja smanjena gotovo do nule, što odgovara potpunom gubitku čvrstoće. To može biti inicirano bilo od naglog monotonog opterećenja ili cikličkog opterećenja. U oba slučaja tlo je saturirano i pri tome može generirati značajan porni tlak zbog promjene u opterećenju, te će se najvjerojatnije otekućiti. Navedena promjena se događa jer nevezana tla imaju sklonost stisnuti se pod naprežanjem, generirajući veliki višak porne vode kako se opterećenje prenosi iz temeljnog tla na susjedne porne vode prilikom

nedreniranog opterećenja. Kako tlak porne vode raste, javlja se progresivni gubitak čvrstoće tla. Za lakše objašnjavanje spomenutog nedreniranog i dreniranog stanja, poslužit ću se slikom 1. koja prikazuje mekanu oprugu koja predstavlja skelet čvrstih čestica, a voda u posudi predstavlja vodu u porama tla. Ventil na poklopcu posude ima uski otvor kroz koji voda može istjecati iz posude. Otpor brzom strujanju vode kroz ventil ekvivalentan je Darcyevom zakonu u realnom tlu, što znači da manje otvoren ventil znači manju vrijednost koeficijenta k . Podsjećam, Darcyev zakon je zakon slojevitog procjeđivanja podzemnih voda kroz homogenu i izotropno tlo, prema kojemu je srednja brzina proporcionalna hidrauličkom padu.

Kada se ovaj mehanički sustav optereti silom na čep posude, tada sila podijeljena s površinom čepa daje naprezanje $\Delta\sigma$. Dok je ventil zatvoren, u posudi vladaju nedrenirani uvjeti. To znači da voda, kao krući materijal od opruge, u potpunosti preuzima vanjsko opterećenje. Budući da opruga pri tome nije preuzela ni dio vanjskog opterećenja, onda se ne miče. Opruga se može skratiti samo ako odgovarajući volumen vode isteče iz posude kroz ventil. To se događa nakon što otvorimo ventil. Za sitnozrnata tla slijedi proces konsolidacije koji je ponekad vrlo dugotrajan. Taj proces traje sve dok opruga u potpunosti ne preuzme vanjsko opterećenje, pri čemu kažemo da u posudi vladaju drenirani uvjeti.



Slika 1. Model za objašnjavanje dreniranog i nedreniranog stanja

Konsolidacija je proces promjenjivih volumnih deformacija skeleta tla u vremenu, koje nastaju kao posljedica postupnog istjecanja vode iz tla nakon pojave viška tlaka vode, u nedreniranom stanju. Konsolidacija je prijelazna faza između nedreniranog i dreniranog stanja tla. Tijekom konsolidacije, kad voda istječe iz tla, vanjsko opterećenje se postupno prenosi s vode u porama tla na skelet tla, a efektivna naprezanja u svakom trenutku narastu upravo za vrijednost pada viška tlaka vode. Kako efektivna naprezanja rastu, tako se realizira i volumna deformacija tla. Konsolidacija je u dobro propusnim tlima, pijesku i šljunku toliko brza za uobičajene promjene opterećenja koje se susreću da ju niti ne primjećujemo.

Nedrenirano stanje tla javlja se u slučajevima kada je opterećenje na tlo nanoseno tako brzo da u vremenu nanošenja opterećenja samo zanemariv volumen vode može napustiti tlo. Nedrenirano stanje tla određeno je uvjetom da je volumna deformacija jednaka nuli, što u

tlu znači da nije došlo do porasta efektivnih naprezanja i da je tlak porne vode porastao za veličinu promjene ukupnog naprezanja $\Delta\sigma$. Porast tlaka vode uslijed promjene ukupnog naprezanja u nedreniranim uvjetima naziva se viškom tlaka vode. Nasuprot tome, drenirano stanje tla može se definirati kao stanje tla pri mirnoj vodi ili pri stacionarnom strujanju vode kroz tlo (nema promjene tlaka vode u vremenu). Za primjer opruge u posudi s vodom sa slike 1., ovo stanje se ostvaruje kada opruga preuzme ukupno vanjsko opterećenje, skratilo se do svoje konačne duljine i više se ne miče.

3. SMANJENJE OPASNOSTI OD LIVKEFAKCIJE

U osnovi postoje tri mogućnosti za smanjenje opasnosti od likvefakcije pri projektiranju i izgradnji nove zgrade ili drugih objekata kao što su mostovi, tuneli i ceste. Ponajprije, valjalo bi izbjegavati tla podložna likvefakciji, odnosno tla koja imaju likvefakcijski potencijal. Prije same gradnje, poželjno je ispitati tlo te prema određenim kriterijima utvrditi da li ono ima likvefakcijski potencijal i da li je pogodno za željenu građevinu.

Iduća mogućnost koja se nameće je gradnja otporne građevine. U slučaju da je gradnja građevine na tlu s likvefakcijskim potencijalom potrebna zbog ograničenja prostora, povoljnog položaja ili zbog sličnih razloga, možda je moguće izvesti otpornu građevinu dizajniranjem temeljnih elemenata koji se mogu oduprijeti efektu likvefakcije.

Treća opcija uključuje ublažavanje likvefakcije poboljšanjem čvrstoće, gustoće i/ili drenažnih karakteristika tla. To se može postići korištenjem raznih metoda poboljšanja tla.

Kriteriji na koje je potrebno obratiti pažnju su slijedeći:

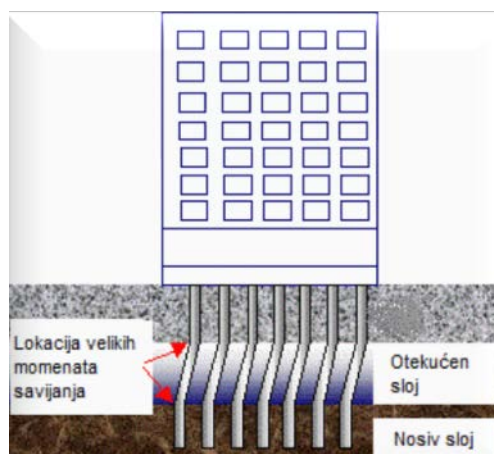
Povijesni kriteriji – Zapažanja iz ranijih potresa mogu pružiti mnoštvo informacija o likvefakcijskoj osjetljivosti pojedinih tala i područja. Tlo koje je otekućeno u prošlosti, može se ponovo otekućiti kod potresa. Ukoliko se počinje sa gradnjom građevine u seizmički aktivnom području ili okolini takvog područja, bilo bi dobro provjeriti da li je dotično područje podložno likvefakciji na kartama koje tome služe.

Geološki kriteriji – Vrsta geološkog procesa koji je stvorio koji je stvorio naslagu tla ima utjecaj na njezin likvefakcijski potencijal. Saturirani depoziti tla nastali taloženjem u rijekama i jezerima (fluvijalni ili aluvijalni nanosi), depoziti nastali taloženjem erodiranog materijala i depoziti formirani nanosima vjetra mogu biti podložni likvefakciji. Ovi procesi sortiranja čestica u jednolično granulirane depozite pridonose gubitku čvrstoće prilikom potresa. Tendencija za zbijanjem dovodi do povećanja tlaka porne vode i gubitka čvrstoće.

Kompozicijski kriteriji – Osjetljivost na likvefakciju ovisno je o vrsti tla. Glinasta tla, osobito osjetljiva, mogu pokazivati ponašanje slično likvefakciji, ali se ne otekućuju kao pjeskovita tla. Tla sačinjena od čestica približno iste veličine imaju veći potencijal za otekućenje od tala koje imaju veći raspon veličina čestica. U tlima sačinjenim od različitih veličina čestica, manje čestice popunjavaju praznine između većih te se na taj način

sprečava povećanje pornog tlaka prilikom potresa. Također, trenje između nepravilnih čestica je veće nego između oblikih čestica, stoga je tlo s nepravilnijim česticama čvršće i manje osjetljivo na likvefakciju.

Konstrukcija koja posjeduje svojstvo duktilnosti (žilavosti), odnosno može prihvatiti velike deformacije prije samog sloma, i ima posebno dizajnirane temelje može ublažiti štetu na konstrukciji uzrokovanu pojavnom likvefakcije. Za postizanje takvih značajki u konstrukciji, postoji nekoliko aspekata koje treba uzeti u obzir. Jedan od njih je plitko temeljenje. Kod plitkog temeljenja, važno je da su svi temeljni elementi povezani kako bi se omogućilo ravnomjerno pomicanje i ravnomjerno slijeganje čime se smanjuje količina poprečnog naprezanja induciranog u konstrukcijskim elementima koji se oslanjaju na temelje. Pogodna je upotreba temeljnih ploča pri plitkom temeljenju jer ona može prenijeti opterećenja s lokalno otekućeg tla na susjedno, čvrsto tlo kao što je prikazano na idućoj slici.



Slika 3. Opterećenje pilota pri dubokom temeljenju

4. METODE PREVENCIJE

Najznačajnija metoda smanjenja štete prouzročene likvefakcijom je, već spomenuto, poboljšanje svojstava tla. Glavni cilj većine tehnika poboljšanja svojstava tla zbog likvefakcije je izbjegavanje velikih povećanja pornog tlaka prilikom potresa. To se može postići zbijanjem tla i/ili poboljšanjem drenažnih sposobnosti. U nastavku ću navesti i opisati neke metode za poboljšanje svojstava tla.

a) Vibroflotacija

Ovaj način poboljšanja temeljnog tla je učinkovitiji od zbijanja s površine. Vrlo je koristan za tla sklona likvefakciji (rahli pijesci jednolikog granulometrijskog sastava), kao i za ojačanje hidrotehničkih nasipa nastalih refiliranjem pijeska. Hidrotehnički nasipi su osnovne građevine za pasivnu zaštitu od poplava. Regulacijske su građevine, smještene izvan korita vodotoka sa svrhom zaštite područja od poplava. Da su nasipi nastali refiliranjem pijeska znači da se pijesak zajedno s vodom odložio na određenu površinu gdje se voda ocijedila, a pijesak je stvorio novu površinu. Postupak je prvi puta primijenjen 70-tih godina 20. stoljeća u Njemačkoj. Relativno je jeftin i vremenski brz. Pokazalo se da je

učinkovit do dubine od oko 4,0 m. Može se izvoditi bez ili sa dodavanjem nekoherentnog tla u podtemeljno tlo. Postupak se temelji na pobudi čestica nevezanog tla, koje se premještaju iz rahlog u zbijeniji položaj. Na taj se način postiže veća relativna zbijenost i poboljšavaju se fiziko-mehanička svojstva tla. Postupak vibroflotacije se u krupnozrnatim tlima vrši isključivo vibriranjem dok se u koherentnim tlima u prostor nastao vibriranjem i spuštanjem sonde, dodatno puni šljunkom i tako nastaju uspravni drenovi koji ubrzavaju proces disipacije (lat. dissipatio – rasipanje, razbacivanje, raspršavanje) pornog tlaka u bližoj okolini. U koherentnom tlu nije moguće vibriranjem pokrenuti čestice tla. Za korištenje ove metode nema izravnih teoretskih rješenja. Do danas postoje praktična iskustva koja su dostupna korisnicima najčešće na način da ih izvođači stavljaju korisnicima na raspolaganje. Postoje i razrađeni modeli za proračune s pripadajućim računalnim programima. Pored svega bitno je provesti strogu provjeru učinkovitosti postupka.

b) Dinamička kompaktacija

Dinamička kompaktacija, odnosno, dinamičko zbijanje se vrši ispuštanjem određene mase čelika ili betona s određene visine. To pruža ekonomičan način za poboljšanje tla i ublažavanje likvefakcijskog potencijala. Prilikom postupka, lokalno otekućenje se može pojaviti ispod ispuštene mase što omogućava lakše zbijanje čestica tla. Kad se višak tlaka porne vode iz dinamičkog opterećenja rasprostrani, događa se dodatno zbijanje.

c) Stabilizacija dubokih slojeva tla dodacima

Današnja tehnologija omogućuje dodavanje veziva i miješanje s tlom u dubokim slojevima. Pribor se vrti i razrahljuje tlo do potrebne dubine. Zatim se kroz središnju cijev pod pritiskom ubacuje vezno sredstvo, pribor ubrzano rotira i miješa tlo i vezivo, a istovremeno se pribor programirano podiže.

d) Zbijanje i zamjena tla miniranjem

Ova metoda je poznata dugi niz godina. Korištena je u Rusiji za zamjenu lošeg, površinskog sloja tla, naročito treseta, pri gradnji prometnica. Postupak se sastoji u tome da se u tlu izvedu bušotine u koje se ugradi eksploziv, a zatim se prostor prekrije određenom količinom šljunka tako da nakon eksplozije šljunak utone u novonastali prostor. Tijekom vremena se ova tehnika zamjene tla i poboljšanja temeljnog tla usavršila. Danas se na tržištu mogu naći izvođači specijalizirani za ove vrste radova. Tehnologija je usavršena tako da se danas koristi u dva pravca: miniranje s površine i miniranje u bušotini. Miniranjem se pobuđuju potresni valovi unutar mase tla. Oni izazivaju flotaciju čestica. Korišti se za površinsko i dubinsko zbijanje rahlih, nekoherentnih tala, najčešće rahlih pijesaka sklonih likvefakciji.

e) Izvedba drenova

Sustav drenova služi za odvodnju vode iz tla, čime se smanjuje likvefakcijski potencijal tla na nekom području. U današnje doba postoji nekoliko vrsta drenova koji se mogu primijeniti. Šljunčani drenovi su vrlo slični šljunčanim pilotima. Izvode se tako da se strojno napravi bušotina u koju dolazi šljunak veće propusnosti od okolnog tla. Postoje i već predgotovljeni drenovi od

prirodnih vlakna koji su savitljivi, ali postoje i plastični. Slika u nastavku prikazuje polje s ugrađenim plastičnim drenažnim cijevima.

f) Ugradnja šljunčanih pilota

Ugradnja šljunčanih stupova, pilota je odavno poznati način poboljšanja podtemelnog tla. Izvodili su se nekom od tehnika za izvođenje pilota, s tim da je umjesto betona u tlo ugrađen šljunak. Nove tehnologije znatno su proširile mogućnosti izvedbe šljunčanih stupova kao i njihovu učinkovitost. Danas se izvode uz vibriranje, što je jedna od prvih mjera za ublažavanje posljedica likvefakcije. Šljunčani stupovi imaju dvostruki učinak. Kada se izvode nekom od metoda opisanih u poglavlju o pilotima, koje bitno zbijaju okolno tlo, tada imaju učinak zbijanja. U tu se svrhu primjenjuju u rahlim nekoherentnim tlima i u mekim, koherentnim tlima. Prilikom potresa, šljunčani bitno povećava poboljšanje podtemelnog tla u smislu dodatnog zbijanja. Ovako zbijenije tlo ima povećanu čvrstoću na smicanje čime je povećana nosivost, smanjeno slijeganje, ubrzano dreniranje, a smanjena je i opasnost od likvefakcije. Ugradnja šljunčanih stupova je bila jedna od prvih mjera za ublažavanje posljedica jer stupovi otežavaju nastanak likvefakcije u njoj sklonom tlu. Jedan od razloga je različita krutost šljunčanih stupova i okolnog tla. Na šljunčane stupove, kod kojih su dominantne gravitacijske sile, nije moguć tako snažan utjecaj ubrzanja od potresa. Šljunčani stupovi djeluju drenirajuće i trenutno mijenjaju sliku pomih pritisaka u korist povećanja efektivnih naprežanja u okolnom tlu. U svim tehnikama izvođenja smisao je da se postigne zbijanje okolnog tla i punjenje nastalog prostora nekoherentnim tlom veće propusnosti od okolnog tla. Važno je da se ugradnja vrši usporedo s dubinskim vibriranjem te se na taj način zbija okolno tlo, ali se zbija i ugrađeni kameni agregat te postižu značajni učinci.

5. ZAKLJUČAK

Činjenica jest da na neke posljedice potresa kao što je likvefakcija ne možemo utjecati, osim preporukom da se na takvim mjestima ne gradi. S obzirom na to da je većina područja s likvefakcijskim potencijalom već gusto urbanizirana, u takvim se područjima potrebno oslanjati na mogućnosti tehnologije kako bi se prevenirala ova pojava te njezine štetne posljedice. Evoluiranjem tehnologije javljaju se raznovrsne nove mogućnosti preventivnog djelovanja u područjima ugroženim od likvefakcije. Od ranije navedenih i opisanih metoda prevencije najekonomičnija je metoda vibroflotacija, dok je najučinkovitija ugradnja šljunčanih stupova.

Smatram da je ovo vrlo zanimljiva tematika kojoj građevinska struka može dati znatan doprinos te postoji još velik potencijal istraživanja i razvoj novijih metoda preveniranja likvefakcije.

6. LITERATURA

- [1] Herak, M.: Geologija, Školska knjiga, Zagreb, 1990.
- [2] Nonveiller, E.: Geomehanika, Sveučilište u Zagrebu, 1964.
- [3] Roje – Bonacci, T.: Poboljšanje svojstava temeljnog tla, Split, 2010.
- [4] Alan, F.: Rauch – Soil liquefaction in Earthquakes
- [5] Khatibi, B.R.; Sutubadi, M.H.; Moradi, G.: Liquefaction potential influenced by building constructions, Univesity of Tabriz, Iran, 2012.
- [6] <http://en.wikipedia.org/wiki/Earthquake> (Dostupno: srpanj 2013.)
- [7] <http://geoclass.wordpress.com> (Dostupno: kolovoz 2013.)
- [8] <http://www.livescience.com> (Dostupno: kolovoz 2013.)
- [9] www.ce.washington.edu/~liquefaction (Dostupno: rujan 2013.)

Kontakt autora:

Maja Martinec, bacc. ing. aedif.
e-mail: mamartinec@gmail.com

KARAKTERIZACIJA PARAMETARA ELEKTRIČNOG MODELA FOTONAPONSKOG MODULA

PARAMETER CHARACTERIZATION FOR ELECTRICAL MODEL OF PHOTOVOLTAIC MODULE

Igor Petrović, Zdravko Petrović, Stanko Vincek

Prethodno priopćenje

Sažetak: U smislu upravljanja proizvodnjom električne energije fotonaponskim modulom važno je znati sa koliko energije raspolažemo u određenom trenutku. Električni teret ili distributivna mreža preuzimaju ovako proizvedenu energiju. Električni model fotonaponskog panela može se koristiti kao izvor informacija za regulaciju toka energije od fotonaponskog panela prema teretu ili mreži, a ne obratno. Za svaku radnu točku sustava postoji optimalno opterećenje koje će preuzeti upravo svu električnu energiju koja je dostupna u tom trenutku. Budući da se opterećenje u većini slučajeva ne može proizvoljno mijenjati potrebno je osigurati tok energije kroz pretvarač upravljačkim sustavom, odnosno postavljanjem pretvarača u radnu točku maksimalne radne snage (MPP) fotonaponskog panela. U ovom članku prikazani su utjecaji promjene pojedinih parametara električnog modela fotonaponskog panela na izlaznu karakteristiku struje i napona.

Ključne riječi: FN modul, električni model, radna točka MPP

Preliminary notes

Abstract: In terms of PV module electrical energy production management it is important to know how much energy is available at any given time. Electrical load or distributive grid is consuming this produced energy. The electrical model of PV module can be used as a source of information for regulation of energy flow from PV module towards the load or the grid, and not the other way around. There is an optimal load for every operating point of the system, which will consume all of available electrical energy at a given moment. It is necessary to ensure the energy flow through the converter using the converter control system since the load cannot be arbitrarily altered, by setting the operating point of converter to maximum power point (MPP) of PV module. In this paper the influence of single parameter is presented for electrical model of PV module on output characteristic of current and voltage.

Key words: PV module, electrical model, operating point MPP

1. INTRODUCTION

The usage of PV technology became very spread in terms of energy production. From the aspect of possibilities of energy production it is commonly considered as one of the most popular “green” energy providers as in [1]. PV modules life cycle is also one of the main issues of present, as in [2]. Therefore, the modeling efforts are focused on obtaining every possible increase in electrical energy production available, as for example in [3] or [4]. The most dominant influences on PV module/plant energy production are irradiation and temperature. Therefore, a lot of research is provided especially for the irradiation modeling improvements, as provided in [5]. Also, it is important to give attention to location and specific climate conditions of the PV module/plant while modeling the irradiation, as in [6].

The electrical model of PV module allows insight in electrical behavioral when electrical load is varied. These behavioral preferences are the most important aspect of MPP tracking in electrical converters used for providing

the PV energy to electrical load and/or distribution grid. If PV module is not regulated in MPP operating point for current conditions, it will reduce efficiency of electrical energy production.

2. PV MODULES

The modelling in this research is based on the most commonly used PV cell model called Single Diode Model (SDM) as presented in Figure 1. The model consists of a current source which provides a photon current I_L and is present when a PV cell is exposed to light. This photon current is the fundamental current in PV cell, caused by a photovoltaic effect. When the PV cell is not illuminated by the light it acts like a conventional diode that does not depend on any light parameters [7]. Behavior of a PN diode is described through a current-voltage characteristic which is based on the Shockley equation (1).

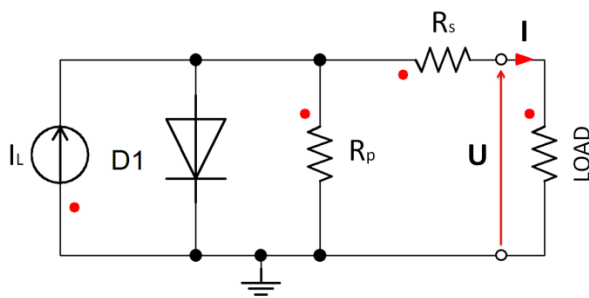


Figure 1. Electrical model of PV module

$$I = I_L - I_0 \cdot \exp\left(\frac{U + I \cdot R_s}{m \cdot U_T}\right) - \frac{U + I \cdot R_s}{R_p} \quad (1)$$

Where U_T is temperature equivalent voltage (thermal voltage) and can be described with equation (2). The voltage U is the voltage between anode and cathode of a PN diode, the current I_0 is a saturation current which flows when PN junction is reversed polarized, and m is ideality factor (values from 1 to 2) which is in close correlation with diode forward voltage value.

$$U_T = \frac{k \cdot T}{q} \quad (2)$$

Where k is Boltzmann constant of 1.380650×10^{-23} J/K, q is electron charge of 1.602176×10^{-19} C and T is temperature in Kelvins.

The current I_0 exists due to minority carriers (voids) in region N and minority carriers (electrons) in region P, and it is directed from N to P region. A current-voltage (I-U) characteristic of a diode is very temperature dependent, as can be seen from Shockley equation. The saturation current I_0 and thermal voltage U_T change with the change of temperature respectively. Diode current I_D will increase with temperature increase because of I_0 but at the same time it will decrease with the increase of thermal voltage U_T . The increase of the saturation current has a stronger impact than the increase of thermal voltage, and therefore the diode current I_D increases with the increase of temperature and constant diode voltage U_D . Single diode model of a PV module also includes the most common parasitic resistances, series resistance and shunt resistance respectively [8]. Series resistance in a PV module has three causes. Primarily, the movement of carriers (current) through the emitter (N region) and base (P region) of the PV module. Secondly, the contact resistance, introduced between the metal contact and the silicon. Finally, the resistance of the top and rear metal contacts of the PV module. The main impact of series resistance is the fill factor reducing, although its excessively high values may also reduce the short-circuit current. Series resistance R_S varies with the reciprocal of the irradiance. Shunt resistance R_P is parallel leakage resistance and is typically large. The low shunt resistance causes power losses in PV module by providing an alternate current path for the light-generated current. Such a diversion reduces the amount of current flowing through the PV module junction and reduces the voltage

of the PV cell. The effect of a shunt resistance is particularly severe at low light levels, since there will be less light-generated current. Therefore, the loss of this current to the shunt has a larger impact on final output current. In addition, the impact of a parallel resistance is large at lower voltages where the effective resistance of the PV module is high. This component can be neglected in many applications except for low light conditions. The output PV module current is final as provided in (1).



Figure 2. Sample of PV module

Table 1. PV module nominal data

PV module parameter	Nominal value
Model	DSP-10M
P_M	10 ($\pm 3\%$) W
U_M	9.00 V
I_M	1.11 A
U_{PH}	10.80 V
I_{KS}	1.28 A
T_{noct}	-45 – 80 °C
U_{max}	60 DC V
Dimensions	284 x 350 x 17 mm
Standard test conditions	AM = 1.5; $H = 1000 \text{ W/m}^2$; $T = 25 \text{ °C}$

The number of cells in a PV module can be reached by comparing the open-circuit voltage with the conducting voltage of a diode U_0 (0.6 V) as provided in equation (2). Therefore, the number of cells N must be implemented in the thermal voltage U_T , along with m which is the diode ideality factor and depends on the type, doping density and quality of the semiconductor material. The usual value of m for this PV module is 1.3.

$$N = \frac{U_{PH}}{U_0} = \frac{10.80}{0.6} = 18 \quad (2)$$

3. ELECTRICAL MODEL OF PV MODULE

Modeling of PV module I-U characteristics, like presented in Figure 2., is basically an adjustment of parameters used in equation (1) in order to produce exponential function exactly as real PV module I-U characteristic.

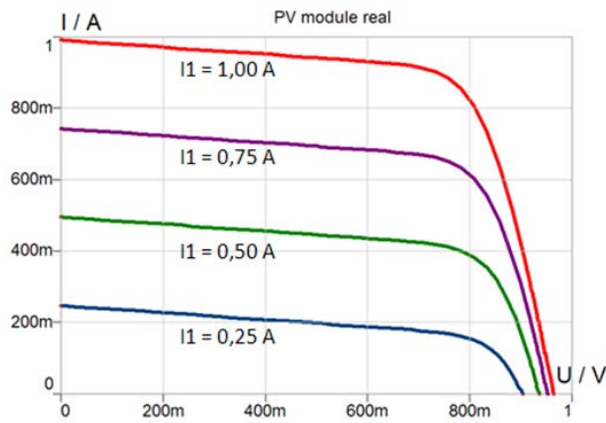


Figure 3. Sample exponential I-U characteristics of PV module

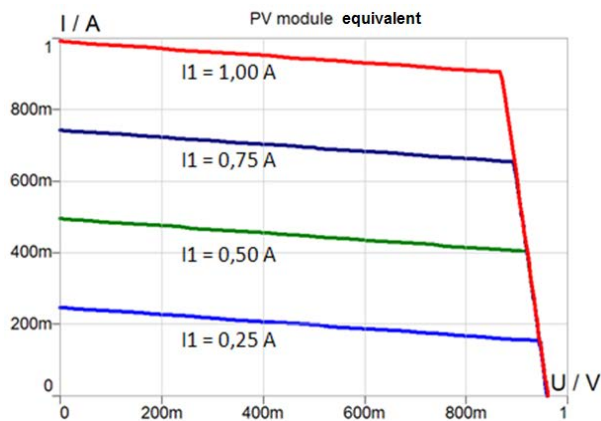


Figure 4. Sample linear I-U characteristics of PV module

The real PV module can be described by exponential function as presented in Figure 3, or in simplified case as two linear functions as presented in Figure 4. Linear model will introduce some errors which are the most prominent in the surroundings of MPP (maximum power point). Since the MPP is the optimal operating point, the exponential function should be used in any serious research of PV module.

The influence of changing single parameter in electrical model for PV module is simulated through Excel calculation as presented in Figure 5. These characteristics present PV module output I-U characteristic when all parameters except one are fixed. The calculations of characteristics are generally made for PV module current, and PV module power is then calculated from these characteristics.

The calculation procedure is divided in two loops which are searching for the solution on current and voltage couples that comply with provided exponential function regarding the parameters in equation (1). The outer loop is the voltage search which is given for range from 0 V to 0.8 V, which is just above U_0 , in 0.01 V raster. For each of these voltages the associated current is calculated using inner loop for range from 0 A to 1 A, which is the maximum I_L used in this simulations. The result values are saved when the appropriate couple of current and voltage is reached, and the outer loop is progressing to the next step.

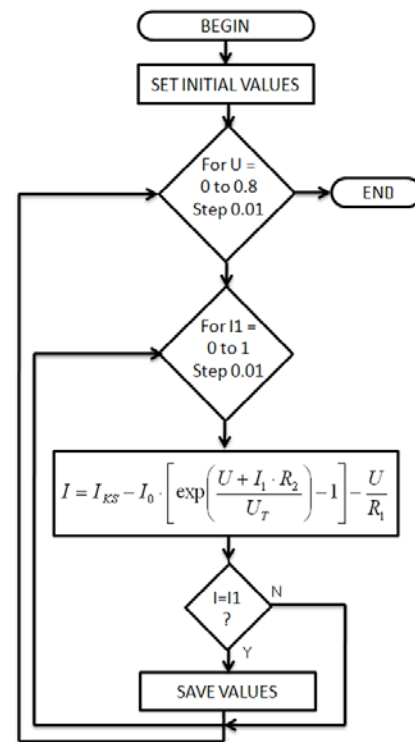


Figure 5. Modeling of PV module in VB for MS Excel

4. RESULTS FOR PARAMETER ADJUSTMENT IN PV MODULE OF ELECTRICAL MODEL

The modeling of PV module output characteristic is provided from Excel model. The serial resistance of PV module is presenting the voltage drop on output connection of PV module. If the resistance is low, it will not change the output voltage significantly from the voltage on internal diode. The original exponential voltage is rapidly decreasing when the serial resistance is increasing, as presented in Figure 6. The output power is also reducing if the serial resistance is increasing, since the losses on the serial resistance are increasing, as presented in Figure 7. The serial resistance is commonly from 0.01 Ω to 1 Ω .

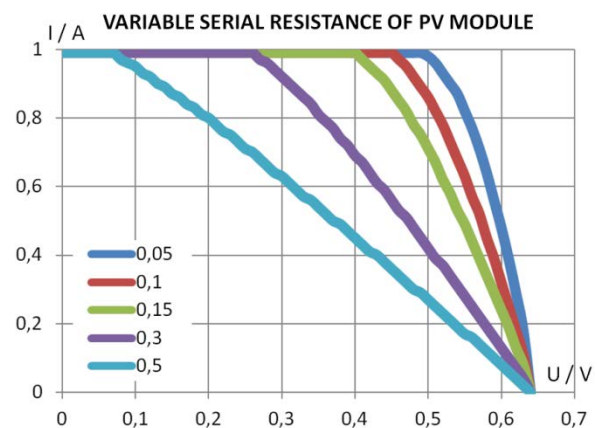


Figure 6. I-U characteristics for variable values of R_s and fixed $R_p = 10 \Omega$ i $I_L = 1 A$

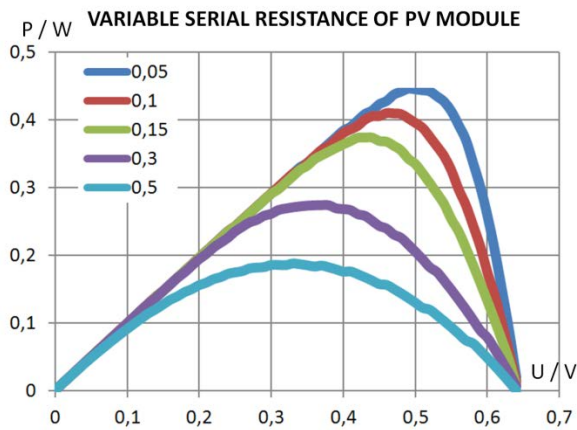


Figure 7. P-U characteristics for variable values of R_s and fixed $R_p = 10 \Omega$ i $I_L = 1 \text{ A}$

The parallel resistance of PV module is presenting the current losses inside the PV module. If the resistance is high, it will not change the output current significantly from the internal source current. The original current is rapidly decreasing when the parallel resistance is decreasing, as presented in Figure 8. The output power is also reducing if the parallel resistance is decreasing, since the internal losses on the parallel resistance is increasing due to increase of current, as presented in Figure 9. The parallel resistance is commonly from 100Ω to 300Ω .

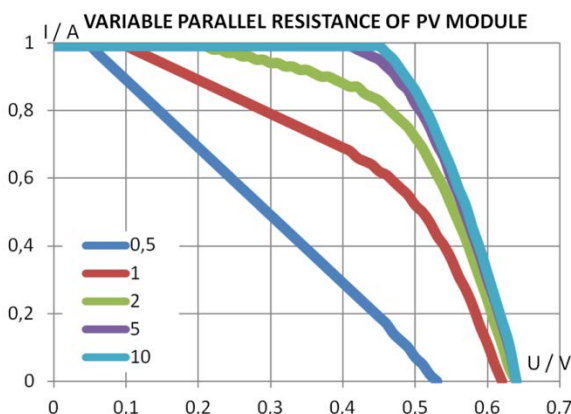


Figure 8. I-U characteristics for variable values of R_p and fixed $R_s = 0.1 \Omega$ i $I_L = 1 \text{ A}$

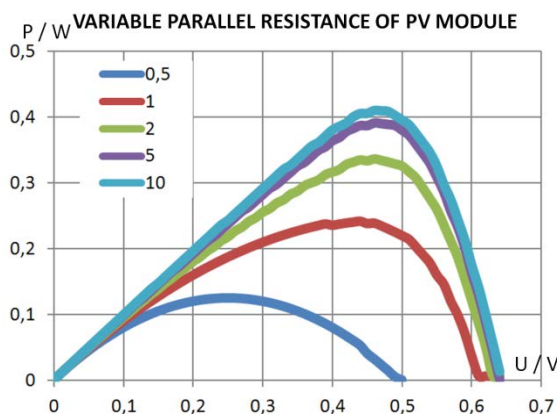


Figure 9. P-U characteristics for variable values of R_p and fixed $R_s = 0.1 \Omega$ i $I_L = 1 \text{ A}$

The internal source current of PV module is presenting the current available from the PV module for specific irradiation on PV module surface. If the irradiation is high, it allows significant internal source current. The internal source current is linearly decreasing when the irradiance is decreasing, as presented in Figure 10. The output power is also linearly reducing if the irradiance is decreasing, since the lower current is available at the same output voltage, as presented in Figure 11. The internal source current is related to nominal PV module short-circuit current.

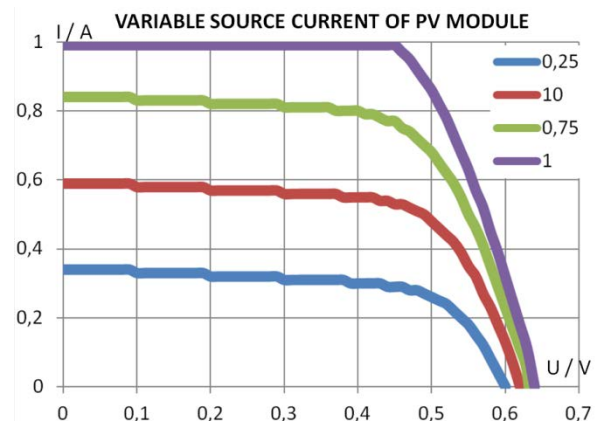


Figure 10. I-U characteristics for variable values of I_L and fixed $R_p = 10 \Omega$ i $R_s = 0.1 \Omega$

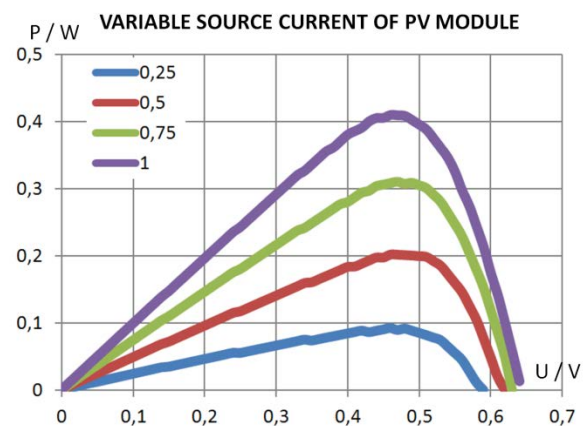


Figure 11. P-U characteristics for variable values of I_L and fixed $R_p = 10 \Omega$ i $R_s = 0.1 \Omega$

5. CONCLUSION

The electrical model of PV module is used to describe all electrical effects which are taking place inside PV module while solar energy is converted into electrical energy. Each element in model represents one physical property of PV module, and must be understood as representation of such a property. The current source is presenting available solar energy and diode is presenting a PN junction inside the PV cells. The serial and parallel resistors are not really applied in PV module, but rather represent current losses (parallel resistor) and voltage losses (serial resistor) inside the PV module regarding the ideal state. These parameters are fully enabling PV module state description and energy

resources. Therefore, it is the best way to perform MPP tracking with energy converter. The main prerequisite is good parameterization of all elements used in electrical model of PV module. The measuring system must enable good data on solar irradiance and ambient temperature, and output electrical values of voltage, current and power.

Stanko Vincek, struč. spec. ing. el.
University North
University Center Varaždin
104. brigade 3
42000 Varaždin
e-mail: stvincek@unin.hr

6. REFERENCES

- [1] Razykov, T. M.; Ferekides, C. S.; Morel, D.; Stefanakos, E.; Ullal, H. S.; Upadhyaya, H. M.: Solar photovoltaic electricity: current status and future prospects, *Solar Energy*, Vol. 85, No. 8 (2011) 1580-1608
- [2] Raugei, M.; Frankl, P.: Life cycle impacts and costs of photovoltaic systems: current state of the art and future outlooks, *Journal of Energy*, Vol. 34, No. 3 (2009) 392-399
- [3] Petrović, I.; Šimić, Z.; Vražić, M.: Advancements in PV plant energy production prediction with model improvement based on measured data, *Journal of International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.)*, Vol. 8, No. 2 (2013) 832-838
- [4] Petrović, I.; Šimić, Z.; Vražić, M.: Advanced PV plant planning based on measured energy production results – Approach and measured data processing, *Journal of Advances in Electrical and Computer Engineering*, Vol. 14, No. 1 (2014) 49 – 54
- [5] Badescu, V.: *Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface - recent advances*, Springer, 2008
- [6] Shayani, R. A.; Gonçalves de Oliveira, M. A.: A New Index for Absolute Comparison of Standalone Photovoltaic Systems Installed at Different Locations, *IEEE transactions on sustainable energy*, Vol. 2, No. 4 (2011) 495-500
- [7] Ma, J.; Ting, T. O.; Man, K. L.; Zhang, N.; Guan, S.-U.; Wong, P. W. H.: Parameter Estimation of Photovoltaic Models via Cuckoo Search, *Journal of Applied Mathematics*, Vol. 2013, (2013) 1-8
- [8] de Blas, M. A.; Torres, J. L.; Prieto, E.; Garcia, A.: Selecting a suitable model for characterizing photovoltaic devices, *Renewable Energy*, Vol. 25, No. 3 (2002) 371-380

Kontakt autora:

Igor Petrović, PhD

Technical college in Bjelovar
Trg Eugena Kvaternika 4, 43 000 Bjelovar
043 / 241 – 201
e-mail: ipetrovic@vtsbj.hr

Zdravko Petrović, MEE

Ipsus d.o.o. Pitomača
Petra Preradovića 3b, 33 405 Pitomača
033 / 715 – 093
e-mail: ipsus.doo@gmail.com

IMPLEMENTACIJA SUSTAVA I APLIKACIJA SOFTVERA ZA MONITORING SUSTAVA SIGURNOSTI HRANE U DJELATNOSTI UGOSTITELJSTVA

IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM AND APPLICATION SOFTWARE FOR THE MONITORING OF THE FOOD SAFETY SYSTEM IN HOSPITALITY

Natalija Uršulin-Trstenjak, Davor Levanić, Saša Šušnić, Dragan Gazibara, Vesna Šušnić

Stručni članak

Sažetak: U cilju osiguravanja sustavnog i kontinuiranog nadzora KT i KKT HACCP sustava u djelatnosti ugostiteljstva, čime se osigurava sigurnost hrane, moguće je primijeniti informatičku podršku. U slučaju kada se radi o velikom broju uređaja (rashladne i termičke opreme) s velikom dislokacijom unutar cijelog objekta, odgovarajuće rješenje nudi se kroz uspostavu sistemske i aplikativne programske opreme centralnog nadzornog sustava (CNS). Sastoji se od sistemske i aplikativne programske opreme. Sistemska oprema postavljena je putem „novaPro“ stanica sa oznakom MASTER i Function Block Diagram programom. Aplikativnu opremu čine nadzorni sustav, alarmiranje na nadzornom nivou (NN), izvještaji, sustav AS-a (automatske stanice), kronologija na NN i zaštita na NN. Sastav programske opreme nastao je na temelju zahtjeva korisnika. Jedan takav sustav nadzora prikazati će se i u ovome radu. Prednosti sustava iskazuju se u kontinuiranom monitoringu, trenutnom prepoznavanju odstupanja od postavljenih parametara, ustanovljavanju kvarova opreme, olakšanom dokumentiranju parametara i stvaranju baze podataka koji se mogu iskoristiti za analizu trendova i provođenje preventivnih radnji, što utječe i na optimizaciju ljudskih resursa.

Ključne riječi: informatizacija, HACCP, rashladna oprema

Professional paper

Abstract: In order to ensure a systematic and continuous monitoring of CPs and CCPs of the HACCP system in the hospitality sector – which ensures food safety – it is possible to provide support using information technology. In the case of a large number of devices (refrigeration and cooking equipment) spread across the entire facility, the proper solution is offered through the implementation of the system and application software equipment of the central monitoring system (CMS). The system equipment is realized via “novaPro” stations marked MASTER and Function Block Diagram programme. Application equipment consists of a control system, alerting on the monitoring level (ML), reports, AS (automatic stations) system, the ML chronology and the ML protection. Specification of software was created based on user requirements. Such a monitoring system will be presented in this paper.

The advantages of the system are reflected in the continuous monitoring, in momentary identification of deviations from the current set of parameters, in establishing equipment failures, in facilitated documenting of parameters, and in the creation of a database that can be used for trend analysis and implementation of preventive actions, which affects the optimization of human resources.

Key words: informatization, HACCP, refrigeration equipment

1. INTRODUCTION

The new concept of food safety insurance stems from the fact that safety depends on the control of all procedures, including the system of hospitality (Uršulin-Trstenjak, Vahčić, Šušnić, 2008). The importance of the concept is in its preventive activity focused on the control of procedures, not the status of the final product (Uršulin-Trstenjak, Šušnić, 2005). The legal framework for the introduction of the HACCP system is defined by the Food Act and the Food Hygiene Regulations (NN xx/2013; NN 118/2009). It is based on seven principles based on hazard and risk analysis (CAC/RCP 1-1969, Rev 4-2003).

In order to ensure a systematic and continuous monitoring of each Critical Point (CP) and Critical Control Point (CCP) – required by the Principles 3 and 4 of the HACCP system in the hospitality – it is possible to provide support using information technology (Sun, Ockerman, 2005; Šušnić, Šušnić, 2004; Uršulin-Trstenjak, 2004). Such a monitoring system implemented in the hospitality of the hotel Termal in Daruvarske toplice (spa and wellness facility in Daruvar) will be presented in this paper. CPs and CCPs are defined by the creation of the HACCP plan. Some of them are monitored by the central monitoring system (CMS): CCP4-food serving (cold), CP3-storage (freezing) and CP2-storage (cold).

2. AIM OF THE PAPER

The aim of this paper is to give an overview of ensuring the systematic and continuous monitoring of CPs and CCPs of the HACCP system in hospitality – the hotel Termal in Daruvarske toplice – using the information technology support regarding the refrigeration equipment: storage (freezing), storage (cold) and food serving (cold).

3. MATERIALS AND METHODS

3.1. Applying the Principles 3 and 4 of the HACCP system

By implementing the HACCP system in hospitality of the hotel Termal in Daruvarske toplice the HACCP team and its members' duties have been defined; the description of the product has been made; the flow chart has been developed; hazards have been identified and risks have been estimated; CTs, CCPs and critical limits have been determined; corrective actions have been defined together with the method of documenting the system verification.

- By applying the Principle 3 of the HACCP system the critical limits have been established – they are specified, validated and measurable for each CP or CCP related to measuring the temperature;
- By applying the Principle 4 of the HACCP system the procedure of monitoring the CPs and CCPs has been defined (CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-2003).

All documents and records related to the monitoring of CPs and CCPs are signed by the person conducting the monitoring and are approved by the person responsible.

3.2. Specification and description of the central monitoring system for measuring the temperature in the refrigerators of the hotel Termal, Daruvarske toplice

Central monitoring system (CMS) is formed so as to ensure the central control and management of the temperature measurement systems in refrigerating chambers, refrigerators and kitchen areas of the hotel Termal, Daruvar. Automatic stations (AS) of local monitoring and control function on the principle of direct digital control (DDC) according to the programs made in a special programming language developed for the purpose of automatic control and monitoring of these thermo-technical and other installations. Each AS substation performs automatic regulation and storage of the data collected independently of the communication with the central computer. Operations control, collected data review and control can be conducted by using the local control unit connected to the AS substations.

CMS consists of a standard computer configuration which contains elements available on a wide market. The interface for connection to the AS substations is connected to the standard communication port of the

computer. “novaNET” system bus, which enables communication based on the question-answer principle, is used for communication between the computer and AS substations, with all the changes registered by the AS substations and then being sent through novaNET connection to the control station where the data are further processed, displayed on the screen, stored in memory and/or printed out. Termination of operation of one of the AS substations does not interrupt communication between the computer and the other substations, or between AS substations. Monitoring part (Figure 1) of the whole system is performed on the “novaPro” station marked MASTER.

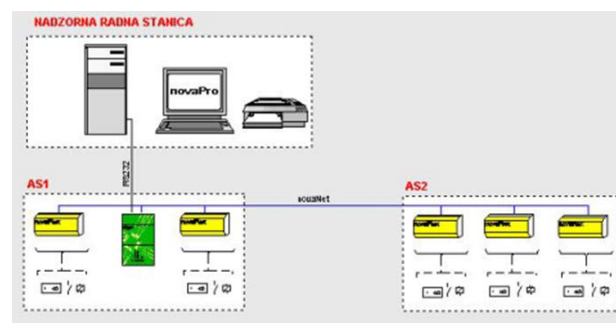


Figure 1. Monitoring station

Given the fact that there is a large number of devices (refrigeration and thermic equipment) that CPs and CCPs are connected to which are spread across the facility, the optimal solution for monitoring the temperature is offered by implementing the systematic and application software of the CMS.

Specification of software was created based on user requirements and architectural design documents.

The computer with “novaPro” station installed contains the following software: Operating system (Windows 2000), “novaPro” system (SWMLIGHTUSB – USB-Dongle, Licence 150 DP, 1 PC), control program for communication with the controller within the “novaPro” package (EY3600 drive) and Tool for report preparation (SWMPBPROT). The applications on automatic stations (AS) have been created using a program specified by the producer CASE FBD editor v 5.0 SR2.

3.3. Alerting on the monitoring level (ML)

If the value of the input signal differs from the set value, the alarm is activated. Certain alarms that are defined after its creation cause a predefined action or are of warning character. The monitoring level takes over the information on the occurring alarms and displays them to the user in different ways.

The ways of grouping and displaying different alarms will be described in this part of the paper. The display of a specific alarm is described within the description of the system functionality.

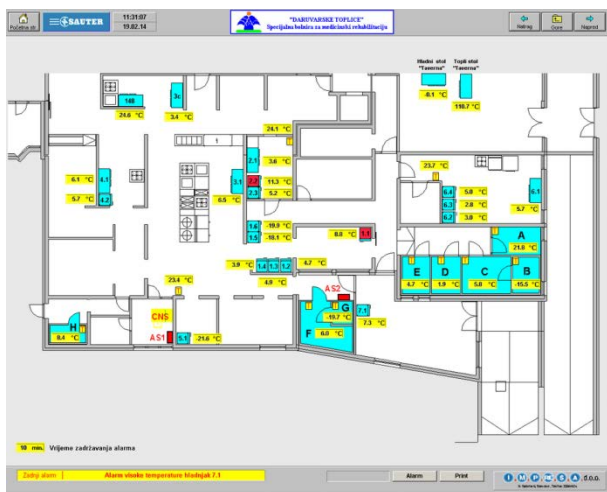
The alarm information on the monitoring level is divided into groups (Table 1).

Table 1. Groups of alarm information

Group	Group description	Action
AL	Alarm	The alarm activates a specific action on the AS level – turning on the signal bulb or siren. The information on the alarm is forwarded to the ML. Quitting is performed by using the ML button...in case there is the function of retaining the alarm condition, after the cause was removed.
LV	Limit values	The alarm activates a specific action on the AS level – affecting the regulatory function. The information on the alarm is forwarded to the ML.

For each alarm group the following is defined: the request for acceptance by the operator as well as the request for the image change (system display in which the alarm occurred), the text colour of the information on the alarm at its occurrence, acceptance and disappearance, the printing of the occurrence, acceptance and disappearance of the alarm, and sending the alarm information to a printer or software clip.

A short text description of the last alarm information received is displayed in the yellow field located in the bottom left corner of the screen (Figure 2). The screen automatically displays the image of the system that sent the alarm information. The presented regulatory element or device that sent the alarm information is filled with the warning red. The arrival of a new alarm is accompanied by a short beep on the computer. The printer prints out the addresses of the alarm point, the short text information on the type of the alarm and the time of its occurrence, acceptance or disappearance. The information on the alarm is automatically entered in the Alarm Journal.

**Figure 2.** An overview of refrigeration equipment

3.3.1. Reports on the alarm activities on the monitoring level (Alarm Journal)

By clicking on the ALARM button a window novaPro - Alarm Journal is opened.

In the Alarm Journal, all the current, accepted and interrupted unaccepted alarms are listed in different colours: RED (current alarm), PURPLE (accepted current alarm), GREEN (unaccepted interrupted alarm),

GREY (alarm not required to be accepted, accepted interrupted alarms).

The confirmation of the alarm on the on-screen Alarm Journal using the button "Acknowledge" has nothing to do with the function of quitting (reactivating the system or functions after removing the cause of the alarm). By acknowledging the alarm the operator only confirms that he is familiar with the events in the process.

3.4. Monitoring level protections

The monitoring level is protected from an unauthorised system handling with the log-in system. The application software (novaPro) has the option of downloading a valid Windows protection system or it can create it by itself. Each user has their own user name and password. The users are divided into groups according to the permission assigned to each group (Table 1).

Table 2. User groups

Group name	Label	Description of the permission in the system
Start Guest	G	General group without special permission, it only allows an overview of screen images, without active system control (the access to the chronology and an overview of the alarm is not enabled). The exit from ML to the operating system is not allowed. To switch from the Main image to other images of the system the window for user registration automatically opens.
Technologist	T	It has all the permissions of the group Start Guest + allowed changing of the set values, setting the limit alarm values, disconnection of the control system, etc.
System administrator	S	It has all the permissions of the group Technologist + enabled exit to the ML to the operating system, the access to system files and the change of the ML application.

3.5. Instructions for working with the computer

Employees responsible for monitoring the CPs and CCPs and registry lists management work according to the defined instructions.

3.5.1. Basic instructions for working with the computer

The computer is designed for monitoring the temperature of the refrigeration devices in the HACCP system, and the use of computers for other purposes is prohibited. The computer must be turned on at all times.

No external devices are to be inserted into the computer, nor the attached devices are to be removed from the computer. It is not allowed to insert any data transfer media into the computer (CD, DVD, floppy discs, memory stick, etc.).

In case the screen becomes dark, moving the mouse or pressing any key will again enable the image display. When you see the image on the screen, follow the on-screen instructions.

3.5.2. Basic instructions for working with the programme

The main screen of the program is 'TEMPERATURE MEASUREMENT'. There you can see the temperature of different measurement locations. In the case of the temperature that exceeds the given parameters, the measurement location changes colour to red (ALARM CONDITION).

In case the alarm is activated, it needs to be checked whether the device is switched on, whether the device is in the condition of defrosting (DEFROST), whether the door is closed, whether a greater amount of fresh goods has been inserted.

If the alarm is not caused by any of the above, be sure to call the technical service engineer on duty and fill in the Records on identifying inconsistencies.

4. RESULTS

4.1. Risk analysis

As the result of the HACCP system implementation in the hospitality of the hotel Termal in Daruvarске toplice, 6 CPs and 5 CCPs have been defined by analysing the risk of each phase of the process. In this paper, CP2-storage (cold), CP3-storage (freezing), and CCP4-food serving (cold), have been discussed.

4.2. Monitoring of CPs and CCPs

Those CPs and CCPs that monitoring is related to by the surveillance of the critical limits of the temperature measurement by using the information technology equipment are as follows: CP2-storage (cold), CP3-storage (freezing), and CCP4- food serving (cold) (Table 3).

Table 3. HACCP plan – CCPs and CPs

PROCEDURE	CP/CC		DANGER	CRITICAL LIMITS (CL)		MONITORING	
	#	DESCRIPTION	#	DESCRIPTION	PROCEDURE	FREQUENCY	PERSON RESPONSIBLE
CP 2 Storage COLD	2	Storage temperature control	2.1.	Storage temperature: according to the settings of the CMS (temperature requirements on the label)	Temperature monitoring through the CMS (temperature deviation shown in red)	Continuously every 2 minutes	Chef

CP 3 Storage FREEZING	2	Storage temperature control	2.2.	Storage temperature: according to the settings of the CMS (temperature requirements on the label)	Temperature monitoring through the CMS (temperature deviation shown in red)	Continuously every 2 minutes	Chef
CCP 4 Food serving COLD	6	Temperature and time of food serving control (cold)	6.1.	Temperature and time of food serving monitoring: (maximum of 4 hours at the temperature to 8°C)	Temperature monitoring through the CMS (temperature deviation shown in red)	Continuously every 2 minutes	Chef
Corrective action:				In case of deviation from the required temperature it is necessary to remove the food from the cold table and inform the Chef or the person responsible in the shift. Leftovers after serving may be used only by thermal treatment at the required temperature. Until the thermal treatment, the leftovers must be separately stored in refrigeration devices (separate device or space within the device intended for the type of food).			

Information technology monitoring of refrigeration equipment and food serving is controlled and monitored on the CMS (Figure 2), where an insight into the temperature levels of each refrigerating device and of the cooling table can be obtained at any time. Since the main screen of the programme is the "temperature measurement", all temperature levels at individual measuring points can be seen. They are displayed by diagrams (Figures 3 and 4).

In case the alarm is activated, it needs to be checked whether the device is switched on, whether the device is in the condition of defrosting (DEFROST), whether the door is closed, whether a greater amount of fresh goods has been inserted.

If the alarm is not caused by any of the above, be sure to call the technical service engineer on duty and fill in the Records on identifying inconsistencies.

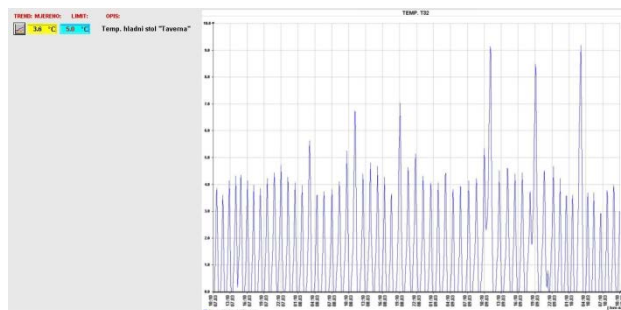


Figure 3. Temperature overview – cold table

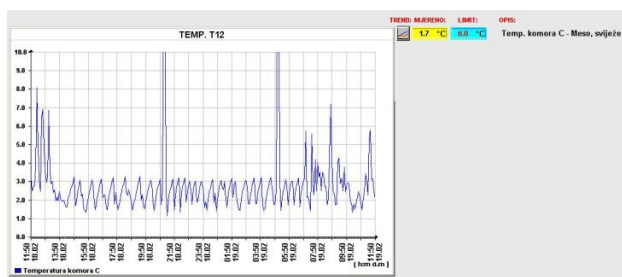


Figure 4. Temperature overview – fresh meat chamber

4.4. Implementation of the CP and CCP monitoring

The HACCP team leader daily views the state of diagrams on all devices. In case of irregularities, he warns technical service.

The HACCP team leader and representative of the Technical Services list and review the diagrams of refrigerating equipment every fifteen days.

On the diagrams listed, they enter the label OK in case of regular status or describe the cause of temperature deviations and undertaken corrections/corrective actions. Reviewed diagrams are signed by the HACCP team leader and Technical service representative.

5. CONCLUSION

The implementation of the system and application software equipment of the central monitoring system (CMS) in the monitoring of CPs and CCPs represents the optimal solution. The advantage of such a system has been recognized and applied in the hospitality of the hotel Termal in Daruvarske toplice. It is reflected in the continuous monitoring, immediate identifying of deviations from the set parameters, establishing the equipment failures, facilitated documenting of parameters and creating a database that can be used for trend analysis and implementation of preventive actions, which influences the optimization of human resources, which ultimately facilitates continuous quality implementation and maintenance of the HACCP system.

6. REFERENCES

- [1] Codex Alimentarius Commission (2003) Recommended International Code Practice-General Principles of Food Hygiene. CAC/RCP 1-1969., Rev 4-2003.
- [2] Pravilnik o higijeni hrane (Narodne novine, 99/2007, 27/2008, 118/1009.)
- [3] Sun, Yi-Mei.; Ockerman, H. W.: (2005) A review of the needs and current applications of hazard analysis and critical control point (HACCP) system in foodservice areas. Food Cont. 16, 325-332.
- [4] Šušnić, V.; Šušnić, S.: (2004) Problematika izrade i implementacije HACCP planova u ugostiteljstvu.

Zbornik radova 16. Seminara DDD i ZUP, 17-19. Ožujak, rovinj, 223-227.

- [5] Uršulin-Trstenjak, N.: (2004) HACCP analiza opasnosti. Naše zdravlje i okoliš, 1, (1) 11-13.
- [6] Uršulin-Trstenjak, N.; Vahčić, N.; Šušnić, S.: (2008) Food safety systems the rough the HACCP system in catering. The 2008 Joint Central European Congress, 4th Central European Congress on Food, 6th Croatian Congress of Food Technologists, Biotechnologists and Nutritionists. Cavtat, Hrvatska, 15-17.05.2008.
- [7] Uršulin-Trstenjak, N.; Šušnić S.: (2005) Zakonska obveza i primjena HACCP sustava u djelatnosti ugostiteljstva, Turizam, 53, (3), 295-296.
- [8] Zakon o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu (Narodne novine, 81/2013.)

Kontakt autora:

Dr. sc. Uršulin-Trstenjak Natalija, v.pred.

Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, 42000 Varaždin
E-mail: natalija.ursulin-trstenjak@unin.hr

Davor Levanić, dipl. inf.

Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, 42000 Varaždin
E-mail: davor.levanic@unin.hr

Saša Šušnić

ŠUŠNIĆ d.o.o., Rijeka
E-mail: sasa.susnic@ri.t-com.hr

Dragan Gazibara

Daruvarske toplice, Daruvar
nutricionist@daruvarske-toplice.hr

Vesna Šušnić

ŠUŠNIĆ d.o.o., Rijeka
vesna.susnic@ri.t-com.hr

IZRADA PROTOTIPA CNC STROJA

PROTOTYPING OF A CNC MACHINE

David Naglaš, Miroslav Horvatić, Ivan Šumiga

Stručni članak

Sažetak: U članku je prikazan postupak izrade elektroničkih sklopova za upravljanje koračnim motorima i izrada prototipa cijelog CNC stroja. Do izrade prototipa CNC stroja došlo je zbog želje za utvrđivanjem principa rada koračnih motora. Ispitan je rad stroja na primjeru ispisa teksta velikog formata.

Ključne riječi: elektronički sklopovi za upravljanje koračnim motorima, koračni motor, CNC

Professional paper

Abstract: In this work stepper motor control circuits are implemented and CNC prototype machine is developed. The machine was prototyped due to the desire for establishing the work principles of stepper motors. For the purpose of demonstration, large size text is drawn on paper.

Key words: stepper motor drives, stepper motor, CNC

1. UVOD

Industrijska proizvodnja danas se često odvija korištenjem računalnih numeričko upravljanih strojeva (CNC). Razvoj CNC strojeva u stalnom je porastu, pa su tako već prisutni u raznim segmentima proizvodnje, od glodanja, bušenja, rezanja, itd.. Upotrebom takvih strojeva omogućena je veća brzina obrade, visoka preciznost i pouzdanost obrade.

U ovom članku biti će prikazan postupak izrade prototipa CNC stroja manjih dimenzija, koji se može koristiti za ispis, bušenje, glodanje ili za lasersko graviranje. Konstrukcija prikazanog stroja je takva da omogućava obradu mekših materijala. Pozicioniranje materijala koji se obrađuje i alata koji vrši obradu izvedeno je s tri električna koračna motora, gdje svaki motor vrši pomak po jednoj osi. Električno napajanje koračnih motora vrši se elektroničkim sklopovima za upravljanje. Na temelju signala koje dobivaju od računala, ovi sklopovi oblikuju električne impulse za koračne motore. Galvansko odvajanje ulaznih pinova upravljačkog računala i izlaza stroja, realizirano je sklopom za komunikaciju s paralelnim portom računala.

U nastavku će ukratko biti opisana izrada pojedinih sklopova prototipa CNC stroja. Najprije će biti opisani elektronički sklopovi za upravljanje koračnim motorima. Nakon toga slijedi opis elektroničkog sklopa za komunikaciju s paralelnim portom računala. Prikazana je blokovska shema spajanja upravljačkog računala, elektroničkih sklopova i koračnih motora za sve tri osi gibanja. Mehanička konstrukcija stroja kratko je opisana nakon prikaza njegovih elektroničkih sklopova. Podešavanje opcija upravljačkog programa koji se

izvršava na računalu i jednostavan primjer upotrebe stroja za ispis teksta, prikazani su prije zaključka.

2. ELEKTRONIČKI SKLOPOVI ZA UPRAVLJANJE KORAČNIM MOTORIMA

Prije izrade sklopa za upravljanje koračnim motorima potrebno je imati podatke o koračnim motorima koji se koriste u stroju. Za ovaj jednostavni CNC stroj kao koračni elektromotori odabrani su dostupni motori iz komercijalnog printera i DVD čitača.

Za pokretanje y i x osi stroja, uzeti su koračni motori koji se koriste u printerima, a imaju oznaku PM55L-048 i PM35L-048 [1], [2]. Za pokretanje z osi stroja koristi se motor iz DVD optičkog pogona.

Elektronički sklopovi za upravljanje koračnim motorima x i y osi stroja izvedeni su u jednostavnoj unipolarnoj izvedbi. Kod ovakve izvedbe struja kroz pojedini namot motora teče samo u jednom smjeru, jer se svaki namot motora serijski spaja sa jednim MOSFET tranzistorom.

Koračni motor za pokretanje z osi stroja napaja se bipolarnim elektroničkim sklopom realiziranim dvostrukim H mostom. Struktura bipolarnog elektroničkog sklopa je složenija od strukture unipolarnog sklopa. Ovakva složenija struktura upravljačkog sklopa omogućava da struja na izlazu H mosta teče u oba smjera.

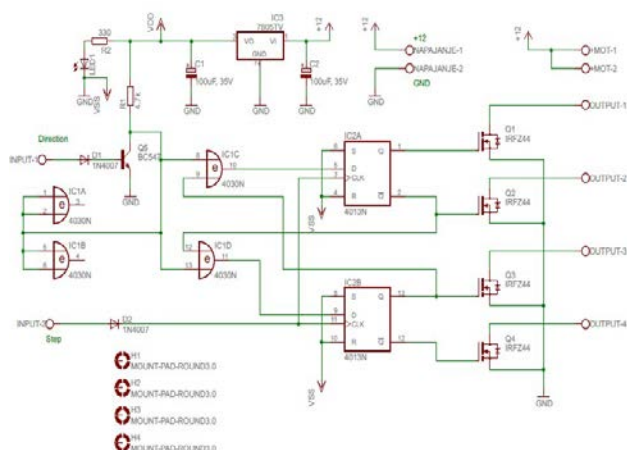
Elektronički sklopovi za upravljanje koračnim motorima realizirani su diskretnim komponentama, čime je dobivena niža cijena nego što je imaju sklopovi sa specijaliziranim integriranim sklopom.

U nastavku će biti opisani unipolarni i bipolarni elektronički upravljački sklopovi koračnih motora i sklop za komunikaciju sa paralelnim portom računala.

2.1. Unipolarni sklop za upravljanje koračnim motorom

Kod projektiranja upravljačkih sklopova koračnih motora važno je znati koji motori će se koristiti kako bi se mogao izvršiti pravilni odabir izlaznog MOSFET tranzistora. Budući da brzina rada samog sklopa ne treba biti velika, kao osnovni parametar za izbor MOSFET energetskog tranzistora promatra se struja koja teče kroz namot motora. Tranzistor se bira tako da nazivna vrijednost struje tranzistora bude veća od struje koja teče kroz namot motora. Iz navedenog se može zaključiti da izbor energetskog tranzistora nije kritičan, tj. mogu se izabrati neki od tranzistora IRF520, TIP31, TIP120, itd.. Mogu se odabrati i tranzistori koji već imaju ugrađene poredne diode koje osiguravaju pouzdan rad, kao što je npr. tranzistor IRF44n. Zbog već ugrađenih porednih dioda odabran je MOSFET IRF44n kako bi se smanjila površina svakog pojedinog sklopa.

Elektronička shema unipolarnog sklopa za upravljanje koračnim motorom prikazana je na slici 1.



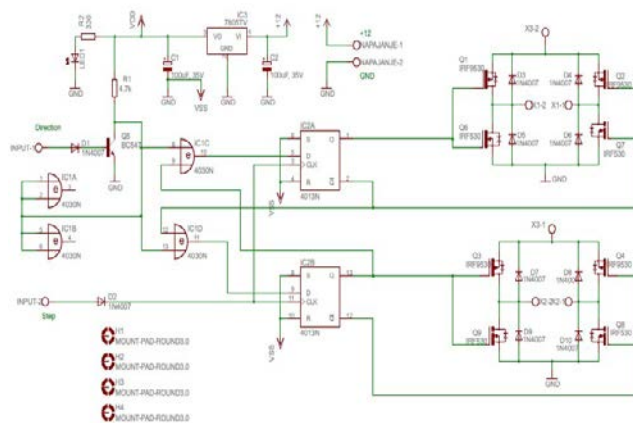
Slika 1. Elektronička shema unipolarnog sklopa za upravljanje koračnim motorom

Upravljački dio sklopa koji upravlja uključivanjem izlaznih energetskih tranzistora je relativno jednostavan, a izveden je pomoću dvostrukog D bistabila (CD4013) i pomoću isključivo ILI vrata (CD4030). Signali koje određuju rad upravljačkog dijela sklopa su signal smjera (eng. direction), označen sa INPUT-1 i signal koraka (eng. step), označen sa INPUT-2. Signal smjera određuje smjer vrtnje koračnog motora, a signal koraka određuje trenutak kada će se dogoditi vrtnja motora.

U izlaznom dijelu unipolarnog sklopa za upravljanje koračnim motorom, korišteni su MOSFET energetski tranzistori koji su pojedinačno spojeni svaki na jedan kraj namota koračnog motora.

2.2. Bipolarni sklop za upravljanje koračnim motorom

Kao što je prikazano na slici 2, bipolarni sklop za upravljanje koračnim motorom od unipolarnog sklopa se razlikuje jedino po izlaznom krugu koji je izveden kao dvostruki H most. Za bipolarno napajanje korištenog koračnog motora potrebna su dva H mosta. Svaki H most sastoji se od dva N kanalna i dva P kanalna MOSFET-a, a na svojem izlazu X1-1 i X1-2, odnosno X2-1 i X2-2 daje bipolarne naponske impulse. Dio sklopa koji upravlja uključivanjem i isključivanjem H mostom, jednak je kao i kod unipolarnog sklopa.

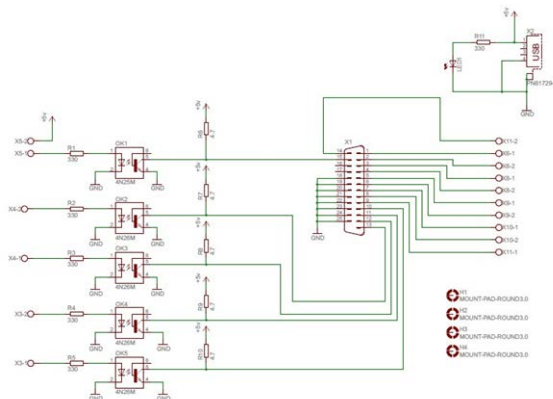


Slika 2. Elektronička shema bipolarnog sklopa za upravljanje koračnim motorom

2.3. Sklop za komunikaciju s paralelnim portom računala

Upravljanje koračnim motorima vršiti će se putem paralelnog porta standardnog osobnog računala. Zbog toga je napravljen dodatni sklop za komunikaciju preko kojeg će sklopovi za upravljanje koračnim motorima i izlazni pinovi stroja komunicirati s računalom.

Sklop za komunikaciju s paralelnim portom računala prikazan je na slici 3, a sastoji se od muškog priključka paralelnog porta X1, te otpornika R6 do R10, spojenih u kolektorski krug tranzistora optičkih izolatora.[3]

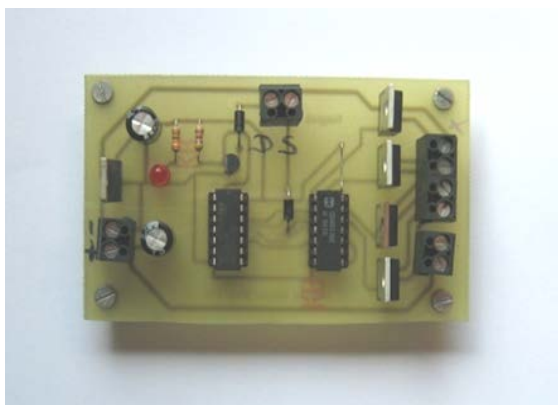


Slika 3. Elektronička shema sklopa za komunikaciju s paralelnim portom računala

Sklop za komunikaciju s paralelnim portom računala omogućava komunikaciju u oba smjera, jer su neki njegovi pinovi ulazni, a drugi izlazni. Ulazni pinovi su pinovi koji prenose signale prema računalu. Zbog sigurnosti, ulazni pinovi su galvanski odvojeni optičkim izolatorima OK1 do OK5. USB priključak vidljiv na slici 3 je priključak putem kojeg dovodimo napajanje iznosa 5 volti tranzistorima unutar optičkih izolatora.

3. IZRADA TISKANIH PLOČICA SVIH ELEKTRONIČKIH SKLOPOVA

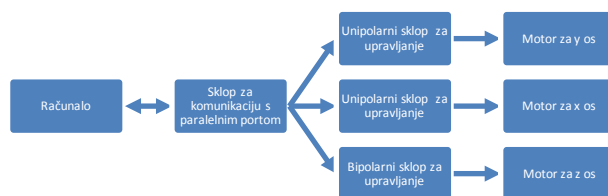
Projektiranje izgleda tiskanih pločica svih elektroničkih sklopova napravljeno je programom Eagle. Prije izrade pločica rad svih sklopova je ispitan na univerzalnim testnim pločicama. Izrada tiskanih pločica provedena je foto postupkom. Postupak počinje tako da se shema električnih vodova tiskane pločice ispisuje laserskim printerom na paus papir. Zaštitna naljepnica s neobrađene tiskane pločice se skida, a na nju se stavlja paus papir s isprintanim električnim vodovima. Pločica se zatim osvjetljava. U konkretnom slučaju, pločica je osvjetljivana reflektorom snage 500 W u trajanju od 12 minuta. Nakon toga pločica je stavljena u 7% otopinu natrijeve lužine (NaOH) kako bi se skinuo ostatak foto laka. Nakon skidanja viška foto laka pločica je oprana pod mlazom vode te stavljena u otopinu natrijevog persulfata (Na₂S₂O₈) na jetkanje. Kada jetkanje završi provjere se dobiveni tiskani vodovi na pločici, te se izbuše rupe za nožice elektroničkih elemenata. Nakon toga se montiraju i leme elektronički elementi. Taj postupak se provodi za tiskane pločice svih elektroničkih sklopova. Na skici 4 je prikazana jedna od gotovih tiskanih pločica.



Slika 4. Gotova tiskana pločica elektroničkog sklopa za unipolarno upravljanje koračnim motorima

4. SPAJANJE SKLOPOVA

Pojedinačni elektronički sklopovi se spajaju u sustav koji upravlja CNC strojem prema blok shemi prikazanoj na slici 5. Svi sklopovi su stavljeni u kućište kako bi se olakšalo njihovo prenošenje i provela zaštita od eventualnih mehaničkih oštećenja iz okoline. U kućištu, prikazanom na slici 6, stavljen je i ventilator koji osigurava potrebno hlađenje svih elektroničkih sklopova.



Slika 5. Blok shema spajanja električnih i elektroničkih sklopova za upravljanje CNC strojem

U kućište s elektroničkim sklopovima stavljaju se i otpornici za ograničavanje struje kroz namote motora, jer se motori priključuju na veći napon od nazivnog. Na ovaj način se dobiva veća brzina porasta struje motora.



Slika 6. Kućište u kojem su smješteni elektronički sklopovi koji upravljaju CNC strojem

Odabir otpornika koji se dodaje u seriju s namotom faze motora vrši se prema jednadžbi (1). Gdje je R_s traženi otpor otpornika, U je napon napajanja namota motora, I je dozvoljena struja po fazi namota motora kod 20°C, a R_f je otpor faze kod 20°C.[4]

$$R_s = \frac{U}{I} - R_f \quad (1)$$

Kod otpornika koji ograničavaju struju važna je i njihova nazivna snaga. Na tim se otpornicima, ovisno o iznosu struje I , mogu disipirati veliki iznosi snage. Snaga P otpornika bira se prema jednadžbi (2), tako da bude veća od maksimalne disipirane snage koja se može pojaviti na otporniku.

$$P = I^2 \cdot R_s \quad (2)$$

5. MEHANIČKI DIO STROJA

Za nosivi dio CNC stroja odabrana je iverica debljine 18 mm zbog vrlo lagane obrade. Na nosivi dio vijcima su pričvršćene vodilice po y osi, debljine 10 mm i duge 500 mm. Vratilo koračnog motora y osi spojeno je, preko gumene spojke, s navojnom šipkom M6 koja ima funkciju navojnog vretena. Kao što se vidi na slici 7, na

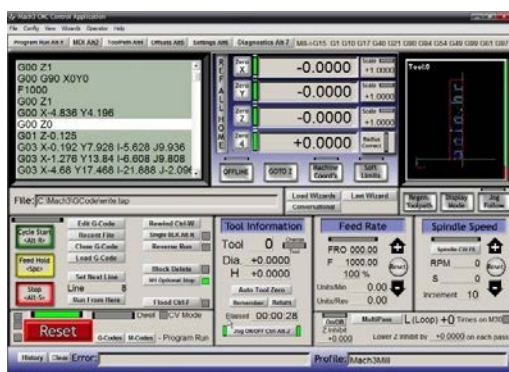
vodilicama y osi nalaze se linearni ležajevi koji omogućavaju klizanje cijele osi bez zastajkivanja. Os x izvedena je na isti način kao os y, a os z je cijela uzeta iz komercijalnog DVD uređaja.



Slika 7. Izgled y osi stroja i pripadnog koračnog motora

6. PROGRAM ZA UPRAVLJANJE STROJEM

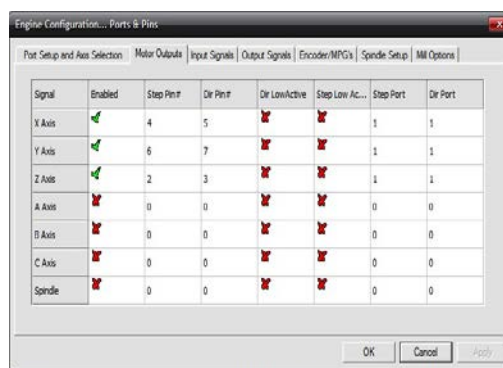
Za upravljanje opisanim CNC strojem koristi se komercijalni program Mach3. Ovaj program, čiji je izgled sučelja prikazan na slici 8, često se upotrebljava za upravljanje CNC strojevima, a koristi tzv. G-kod. G-kod je programski jezik kojim se CNC stroju daje do znanja što i na koji način treba raditi. U konkretnom primjeru za opisani stroj, u G-kodu pišu koordinate na koje koračni motori trebaju dovesti alat za obradu, kako bi stroj mogao obaviti zadanu obradu materijala.



Slika 8. Izgled sučelja upravljačkog programa Mach3 s učitanim G-kodom

Kako bi upravljački program računala znao na koje pinove paralelnog porta treba dati signale za koračne motore odgovarajuće osi, potrebno je izvršiti podešavanje u izborniku *Config->Port and Pins*. Pinovi paralelnog porta moraju biti podešeni točno tako kako su određenim pinovima paralelnog porta fizički dodijeljeni unipolarni ili bipolarni elektronički sklopovi za upravljanje koračnim motorima određene osi. Mach3 prema upravljačkim sklopovima šalje po dvije vrste signala za svaki upravljački sklop. Signal smjera i signal koraka te svaki upravljački, unipolarni ili bipolarni sklop, posebno obrađuje i pojačava te signale. U navedenom izborniku, prikazanom na slici 9, podešava se koji pin

upravlja kojim koračnim motorom, te da li taj pin određuje smjer motora ili vrši korak motora.



Slika 9. Izgled izbornika za podešavanje funkcije pinova paralelnog porta upravljačkog računala

7. ISPITIVANJE RADA STROJA

Nakon podešavanja upravljačkog programa napravljeno je jednostavno ispitivanje rada stroja bez korištenja stvarnog alata za obradu materijala. Tijekom ispitivanja, kao alat je korišten flomaster, pomoću kojeg je izvršena provjera da li stroj vrši ispravno pozicioniranje alata. Konkretno ispitivanje stroja je provedeno tako da je u upravljačkom programu zadano da stroj mora na papir ispisati natpis *unin.hr* u smjeru osi x i veći natpis *unin* u smjeru osi y. Slika 10 pokazuje da je ispis zadanog teksta uspješno obavljen.



Slika 10. Ispitivanje rada stroja na primjeru ispisa teksta

Na slici 11 prikazani su svi dijelovi CNC stroja. Lijevo je monitor sa sučeljem upravljačkog programa, u sredini kućište s upravljačkim elektroničkim sklopovima stroja, a desno mehanički dio stroja s pogonskim koračnim motorima.



Slika 11. Prikaz dijelova CNC stroja

Na mehaničkoj konstrukciji stroja se vidi crvena sigurnosna sklopka koja služi za zaustavljanje stroja u nuždi. Izlazi sigurnosne sklopke mogu se spojiti s upravljačkim računalom putem optički izoliranih ulaza sklopa za komunikaciju s paralelnim portom računala.

8. ZAKLJUČAK

U radu je opisan postupak izrade prototipa jednostavnog CNC stroja. Prikazana je izrada upravljačkih elektroničkih sklopova stroja i sklopova za komunikaciju stroja s računalom.

Upravljanje strojem realizirano je programom Mach3 i paralelnim portom upravljačkog računala. Za pokretanje stroja koriste se komercijalni koračni motori koji su uzeti iz printera te koračni motor iz DVD uređaja koji je korišten s cijelom konstrukcijom iz DVD uređaja.

Tijekom provedenog ispitivanja pokazano je da se stroj može koristiti za pisanje teksta većeg formata i za ostale primjene gdje na alat ne djeluju veće mehaničke sile. Ovo je i glavno ograničenje stroja koje se javilo zbog relativno male snage korištenih koračnih motora. Ugradnjom motora veće snage opisani stroj se može koristiti npr. za glodanje mekših materijala.

Daljnja poboljšanja preciznosti stroja moguće je postići zamjenom korištenih navojnih šipki s navojnim vretenima i povećanjem krutosti mehaničke konstrukcije.

9. LITERATURA

- [1] <http://www.nmbtc.com/motors/part-numbers/Permanent-Magnet-Stepper/PM55L-048/4873> (Dostupno: 25.5. 2014.)
- [2] <http://www.nmbtc.com/motors/part-numbers/Permanent-Magnet-Stepper/PM35L-048/4861> (Dostupno: 25.5. 2014.)
- [3] http://probotix.com/manuals/PBX-2_manual.htm (Dostupno: 25.5. 2014.)
- [4] <http://gmpwebsite.com/wp-content/uploads/2011/02/LR-Stepper-Drives-Choosing-Current-Limiting-Resistors.pdf> (Dostupno: 25.5. 2014.)

Kontakt autora:

David Naglaš, student
Sveučilište Sjever
danaglas@unin.hr

mr.sc. **Ivan Šumiga**, dipl. ing.
Sveučilište Sjever
ivan.sumiga@unin.hr

Miroslav Horvatić, dipl.ing.
Sveučilište Sjever
miroslav.horvatic@unin.hr

LJEPLJENJE LAMELIRANIH ELEMENATA ZA PROIZVODNJU GRAĐEVINSKE STOLARIJE

GLUE LAMINATED ELEMENTS FOR WOOD JOINERY

Natko Bašić, Elvir Kulenović, Elvis Hozdić

Prethodno priopćenje

Sažetak: U želji da se poveća stupanj iskorištenja drveta (kako kvalitativno tako i kvantitativno), razvile su se razne tehnike i tehnologije lijepljenja drva. Lijepljene drvene poluproizvode prepoznajemo na tržištu pod nazivom "engineering wood" i u grubljoj ih klasifikaciji možemo smatrati kompozitnim materijalom. Takav su proizvod i lamelirani elementi za proizvodnju građevinske stolarije, a proizvode se dužinskim i debljinskim lijepljenjem drveta i mogu uspješno zamijeniti elemente od masivnog drveta. Lamelirani elementi imaju i neke prednosti u odnosu na elemente od masivnog drveta, to su smanjenje deformacija i racionalnija upotreba drveta. Za proizvodnju građevinske stolarije najčešće se koriste lamelirani elementi izrađeni od tri lamele. Za ocjenu kvalitete lijepljenja lameliranih elemenata potrebno je provoditi temeljita ispitivanja čvrstoća lijepljenih spojeva, i to kontinuirano, radi potvrde pravilnog izbora ljepila i režima lijepljenja. Na taj je način opravdana zamjena masivnog drveta lameliranim elementima i osigurano jamstvo kvalitete.

Cljučne riječi: čvrstoća lijepljenja, dužinsko spajanje, kompozitni materijal, kvaliteta lameliranog elementa,

Preliminary notes

Abstract: In order to increase the efficiency of wood (both qualitatively and quantitatively), a variety of techniques and technologies of wood gluing have been developed. Glued semi-manufactured timber is recognized in the market as "engineering wood". In a rougher classification, it can be considered as a composite material. Laminated elements for the production of joinery are such a product – they are produced by lengthwise and diameter wood gluing and can successfully replace elements of solid wood. Laminated elements have some advantages over the elements of solid wood – they are reducing strain and use wood more rationally. Laminated elements made of three panels are commonly used for the production of joinery. For evaluating the quality of adhesive laminated elements it is necessary to conduct a thorough and continuous testing of bonded joints' strength to confirm the correct choice of adhesive and bonding regime. In this way, laminated elements make a justifiable substitute for solid wood and a quality guarantee is provided.

Key words: adhesive strength, lengthwise bonding, composite materials, laminated element quality

1. UVOD

Kapacitet proizvodnje ne definira kvalitetu lameliranih elemenata. Ocjena kvalitete uglavnom se svodi na vizualni izgled lamela, odnosno estetski izgled vanjskih lamela, kao i uočavanje delaminacije sljubnice. Upotrijebljeno ljepilo, odnosno njegov certifikat prema normama EN204/EN205 praktično je jedina potvrda odnosno zaštita kupca (proizvođača lamela odnosno kupca gotovih lamela). Ljepilo nije jedini faktor koji utječe na kvalitetu lameliranih elemenata, jer kvaliteta elemenata ovisi i o izboru optimalnih parametara procesa proizvodnje te o ispravnom vođenju tog procesa.

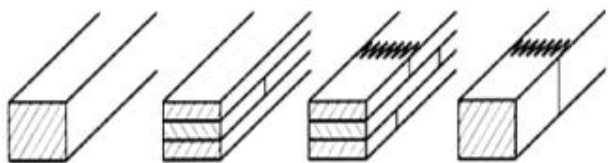
Delaminacija sljubnice (otvaranje sljubnice) na lameliranom elementu posljedica je nepoštovanja uvjeta i postupka lijepljenja odnosno nekvalitetna izvedba pojedinih faza obrade. Delaminacija se može pojaviti odmah nakon završetka procesa lijepljenja, ali i kasnije

kao prikrivena greška kada je lamelirani element već ugrađen u finalni proizvod [1].

Na slici 1. prikazane su različite vrste elemenata za izradu profila na elementima građevinske stolarije:

- element iz masivnog drveta,
- lijepljeni element, gdje su vanjske lamele izrađene iz jednog komada dok je središnja lamela dužinski spajana,
- lijepljeni element, gdje su i vanjske i unutarnje lamele dužinski spajane i dužinski spajan element.

Najčešći oblik lameliranog elementa prikazana je na slici 1. i njegova bi se kvaliteta osim vizualnom i dimenzionalnom provjerom trebala odrediti i provjerom čvrstoće na savijanje za dužinske spojeve, odnosno ispitivanjem čvrstoće lijepljenih spojeva na smicanje za debljinske spojeve.



Slika 1. Vrste elemenata za izradu prozorskih profila [2]

Konstrukcija lameliranih elemenata umanjuje promjene oblika (deformacije elemenata koje mogu nastati kao posljedica nehomogenosti i anizotropnosti drveta), ali se povećava i iskorištenje drveta. Pri tome lamelirani elementi imaju istu ili veću čvrstoću i krutost nego elementi od masivnog drveta [1].

U konstrukcijskom smislu lijepljeni elementi, (uobičajeni je naziv lamelirani elementi) pripadaju grupi dužinski i debljinski lijepljenog drveta pri čemu se dobivaju obradci potrebnih dimenzija. Lamelirani elementi služe za izradu prozora i najčešće se rade od tri lamele te se na taj način postižu ove dodatne prednosti: mogućnost izrade elemenata velikog poprečnog presjeka, sortiranjem lamela odvajamo unutrašnje od vanjskih pa tako koristimo materijal lošije kvalitete za unutrašnje lamele, lamelirani elementi imaju bolja mehanička svojstva nego masivno drvo, povećanje dimenzionalne i geometrijske stabilnosti, pojedinačne lamele se bolje i lakše se suše. Time se omogućava ispunjavanje potrebnih zahtjeva za kvalitetom lameliranih elemenata za izradu građevinske stolarije, ali i za boljim korištenjem drveta.

Optimalne parametre procesa obrade moguće je postići na tri načina i to: preporukom proizvođača opreme, na bazi iskustva proizvođača lameliranih elemenata ili u suradnji sa stručnim organizacijama (fakulteti, instituti, laboratoriji) [1].

2. ELEMENTI KOJI UTJEČU NA KVALITET LAMELIRANOG ELEMENTA

Sa stanovišta kvalitete lameliranog elementa prilikom izrade treba obratiti pažnju na tri faktora [3]:

- Ljepilo i kvaliteta lijepljenja,
- interakcije drveta i ljepila,
- obradu elemenata od drveta na strojevima.

2.1. Ljepilo i kvaliteta lijepljenja

Ljepila su materijali koji u određenim uvjetima bilo zbog kemijske reakcije, bilo zbog utjecaja temperature u smislu zagrijavanja i hlađenja imaju svojstvo otvrdnjavanja i međusobnog čvrstog povezivanja jednakih ili različitih materijala.

Osnovni dio svakog ljepila je vezivo koje može biti životinjskog, mineralnog i sintetičkog podrijetla. Osim veziva, kao komponente ljepila dolaze razrjeđivači, plastifikatori, punila i otvrdjivači [2].

S obzirom na uvjete koje će lamelirani elementi imati u tijeku upotrebe (mogućnosti povećane vlažnosti i povećane temperature ta njihove cikličke promjene), kvaliteta lijepljenja izuzetno je važna. Postoje četiri klase otpornosti (od D1 do D4) koje su definirane u EN 204

„Klasifikacija termoplastičnih adheziva za drvo za ne noseće građevinske konstrukcije”. Prikaz primjene ljepila sa stanovišta otpornosti dat je u tabeli br.1

Ljepila za drvo uvijek klasificiramo prema porijeklu, kemijskom sastavu, načinu primjene, načinu vezanja, svojstvima i slično. Međutim, najbolji i jednostavniji uvid daje podjela prema porijeklu i kemijskim svojstvima. Prema porijeklu, ljepila se dijele na skupine prirodnih (ljepila na osnovi bjelanjčevina, ljepila na osnovi polisaharida, asfaltna ljepila, vodeno staklo) i sintetičkih ljepila (polikondenzacijska ljepila, polimerizacijska ljepila i ljepila poliadiacijskih produkata) [2].

Prema načinu prerade i pripreme, ljepila se razlikuju prema načinu vezivanja:

- ona koja vežu na hladno (15 - 25°C),
- na toplo (50 - 80°C) i
- na vruće (80 - 160°C).

Ljepila se prema primjeni u drvojoj industriji dijele na:

- ljepila za spajanje masivnih drvnih dijelova i montažu,
- ljepila za proizvodnju iverice,
- ljepila za proizvodnju vlaknatica,
- ljepila za proizvodnju laminata,
- ljepila za proizvodnju lameliranih građevinskih nosača,
- ljepila za lijepljenje laminata, folija i dr.

Tabela 1. Prikaz mjesta primjene ljepila sa stanovišta otpornosti [1]

Skupina	Uvjeti	Primjeri uporabe
D1	Lijepljenje koje je stabilno pod unutarnjim uvjetima s prosječno niskom vlažnošću nije direktno izloženo vanjskim uvjetima	Unutrašnji namještaj i tesarski radovi u suhim uvjetima (primjer: dijelovi namještaja i površinska obrada)
D2	Lijepljenje koje je stabilno pod unutrašnjim uvjetima s visokom i promjenjivom vlažnošću i povremenim izlaganjima vode	Aplikacije kao za skupinu D1, ali u kuhinjama, kupaoionicama i drugim mjestima s visokom vlagom
D3	Lijepljenje koje može biti izloženo utjecajima vlažnih klimatskih uvjeta	Konstrukcije od vanjskih drvenih proizvoda (vanjska vrata i prozori) i unutarnje upotrebe s većim izlaganjem atmosferskoj vlazi i vodi (kuhinska radna gornja ploha)
D4	Koristi se kao za skupinu D3s otporom na dugotrajno spajanje s efektima vode i atmosferskim uvjetima	Drveni dijelovi za vanjsku upotrebu naročito izloženi nepovoljnim klimatskim uvjetima (obojeni ili lakirani prozori, vanjske obloge) i također za unutarnju uporabu pod ekstremnim uvjetima (bazeni, tuš kabine), proizvodnja paluba za brodove i vanjske strukture za građ. objekte

2.2. Interakcija ljepila i drveta

Pod lijepljenjem drveta podrazumijeva se čvrsto površinsko spajanje dviju drvenih ploha ljepljivom. Između tih ploha nalazi se tanki (optimalni) sloj ljepila. S obzirom da je drvena ploha, odnosno površina drveta porozna, sloj ljepila ulazi u pore drveta i kad sloj ljepila otvrdne, stvara se mreža iglastih krakova u porama obiju površina drveta.

Kod povezivanja, odnosno lijepljenja drveta djeluju međusobno privlačne sile zvane *kohezija* i *adhezija*, tako da stvaraju kemijsko-mehaničke veze koje osiguravaju čvrstoću lijepljenog spoja. Kohezija je sila koja drži na okupu molekule tekućeg ili čvrstog tijela. Zbog toga drvo i ljepljivo moraju biti u vrlo bliskom dodiru pomoću vanjskog pritiska dok je ljepljivo još u tekućem stanju. Važno je da sloj ljepila vlaži drvo prilikom procesa lijepljenja i prodre u strukturu drveta te uspostavi dodir između dvije supstance. Ako ljepljivo ne vlaži drvo, dolazi do odbojnog djelovanja sile između molekula i stvaranja disperzijske sile s obzirom da su većina ljepila za drvo koloidne otopine koje u procesu lijepljenja prelaze iz tekućeg stanja u želatinozno i potom otvrdnjavaju, pa nastaje čvrsti spoj ljepila. Taj spoj može biti reverzibilan (ako se sloj ljepila otapa u vodi) ili obrnuto ireverzibilan. Prodiranje ljepila u pore drveta ovisi o viskoznosti ljepila, veličini i trajanju pritiska. Viskoznost ljepila brzo se smanjuje kad se temperatura povećava, pa treba voditi brigu o optimalnoj viskoznosti za sve vrste primjene prilikom lijepljenja. Najvažnije informacije za proces lijepljenja moraju biti jasno definirane u uputama proizvođača ljepila [3].

Za proces lijepljenja drveta je veoma bitno tzv. "vlaženje drveta". Drvo je higroskopno, kapilarno porozno, anizotropno i polarni materijal što je za lijepljenje veoma značajno. S obzirom na to da se lijepljenje ne može ostvariti bez da se u procesu lijepljenja navlaži površina koja se lijepe, to je vlaženje površina tj. razlijevanje ljepila po površini drveta na koju je nanoseno najvažniji uvjet za uspješno i kvalitetno lijepljenje. Veoma je važno da polimer – ljepljivo u tekućem stanju ima visoku adheziju prema drvetu i da ga kvasi, naravno kada je riječ o tekućem ljepljivu. U proizvodnoj praksi lijepljenja drveta nekada, istina vrlo rijetko, se koriste ljepila koja nisu tekuća (folije). Međutim, i takva ljepila u procesu lijepljenja moraju proći kroz tekuću fazu, jer bez toga zaista nema lijepljenja drveta.

Reološka svojstva materijala koji u procesu lijepljenja učestvuju su veoma važna za proces lijepljenja, a još više nakon što je proces lijepljenja završen, ljepljivo stvrdnulo i zalijepljeni spojevi dati u eksploataciju. Zbog toga jer dugotrajna postojanost kvaliteta zalijepljenih spojeva u velikoj mjeri zavisi od reoloških svojstava drveta na granici spoja sa ljepljivom i otvrdnutog filma ljepila. Za primjenu ljepila pri lijepljenju drveta veoma su važna reološka svojstva tekućeg ljepila, jer od njih, uglavnom, zavisi uspješna i jednostavna primjena ljepila. Zatim su važne promjene reoloških svojstava ljepila u procesu lijepljenja i stvaranja adhezivne veze sa drvetom i konačna svojstva kada ljepljivo otvrdne, te eventualne

promjene svojstva u procesu dugotrajne eksploatacije spojeva.

Za uspješno i kvalitetno lijepljenje i za dobivanje zalijepljenih spojeva postoje kvalitete od posebne važnosti je da otvrdnuto ljepljivo u spoju ima približno ista reološka svojstva kao drvo. Radi toga se pripremi i izboru ljepila i pripremi drveta za lijepljenje mora pokloniti posebna pažnja.

Dakle, za ostvarenje kvalitetnog lijepljenja veoma su važni, pravilan izbor i priprema ljepila i kvalitetna priprema drveta, odgovarajuća oprema i režimi lijepljenja. Ako se uključi priprema ljepila i drveta lijepljenja se svodi na: osiguravanje odgovarajućeg viskoziteta u vremenu za koje se koristi pripremljeno ljepljivo, nanos odgovarajuće količine ljepila na površine koje se lijepe, otvoreno vrijeme – vrijeme od momenta nanosa ljepila do ostvarenja kontakta među površinama drveta koje se lijepe, ostvarenje vanjskog pritiska prilikom lijepljenja sa ciljem, da se ostvari puni kontakt među površinama koje se lijepe, vrijeme lijepljenja – vrijeme od momenta ostvarenja do momenta otpuštanja pritiska, vrijeme i uvjeti aklimatizacije zalijepljenih spojeva.

2.3. Obrada elemenata od drveta na strojevima

Površine lamela koje se lijepe obrađuju se blanjanjem – cilindričnim glodanjem, kojim se mora osigurati mala hrapavost površine i odgovarajuća dubina i dužina traga cikloide, koji nastaje od alata prilikom blanjanja drveta. Zbog nužnosti da se osiguraju što manja unutrašnja naprezanja u zalijepljenom spoju potrebno je da dubina traga alata bude $h \leq 0,020\text{mm}$. Polazeći od toga i karakteristika stroja na kome se obrađuje drvo dubina h i dužina I (traga alata) mogu se odrediti iz sljedećih obrazaca:

$$U_n = I \frac{U}{n \cdot z} \quad (1)$$

gdje je:

U = pomak [m/min]

U_n = pomak po jednom nožu rezne glave [m/min];

n = broj obrtaja rezne glave [O/min],

z = broj noževa na reznoj glavi;

I = dužina vala – traga cikloide [m].

Rezna glava obično može imati 2 – 8 noževa, međutim, priprema alata i podešavanja noževa su takvi da postoji razlika u raznim krugovima koji opisuju pojedini noževi.

Zbog toga se u proračun uzima samo jedan nož (U_1), pa jednačba (1) poprima oblik:

$$U_1 = I \frac{U}{n} \quad (2)$$

Dubina vala – traga reznog alata možemo izračunati jednačbom:

$$h = \frac{I^2}{8R} \quad (3)$$

gdje je:

R – polumjer kruga reznog alata koji opisuju noževi [m].

Znajući veličinu I, jer je $h \leq 0,025\text{mm}$ može se odrediti dozvoljeni pomak materijala na stroju prilikom obrade jednadžbom:

$$U_d = U * n \quad (4)$$

Način slaganja lamela koje se lijepe ima veoma veliki utjecaj na kvalitetu lijepljenja i unutrašnja naprezanja u zalijepljenom sloju. Naime, pogrešnim slaganjem lamela kada u eksploataciji nosača dolazi do promjena vlage drveta i kao posljedica toga do bubrenja i utezanja, može doći do destrukcije – loma zalijepljenog spoja (što se često događa) i bez dodatnog vanjskog opterećenja. Takva destrukcija je posljedica unutrašnjih naprezanja u spoju, kojom prilikom dolazi do loma – destrukcije po ljepilu ili po drvetu uz granični sloj sljubice.

Prilikom blanjanja površina lamela mora se osigurati kvalitetno brušenje reznog alata tako da blanjanjem ne ostaju neravnine – uzvišenja kasnog dijela (tvrdeg) nad ranijim (mekim) dijelom goda, jer takve neravnine mogu biti relativno velike i mogu i stvarati velika unutrašnja naprezanja u zalijepljenom sloju [3]. Poželjno je da se lijepljenje lamela izvrši najdalje 2 – 3 sata nakon blanjanja površina, ili prije, ako je moguće. Pored navedenog površine lamela moraju biti potpuno očišćene od prašine i ne smiju biti zaprljane uljima, mastima itd.

3. PRODULJIVANJE DRVETA

Proširenjem domena upotrebe drveta, neuspjehom nastojanja da se upotreba drveta u nekim oblastima zamijeni drugim materijalima, porast potreba za drvetom, smanjenje zalihe drveta i ozbiljan raskorak između potrebe i proizvodnje rezultirali su istraživanjima mogućnosti lijepljenja drveta po dužini.

Tri su najvažnija utjecajna faktora na mogućnost lijepljenja drveta po dužini i na kvalitetu zalijepljenih spojeva: svojstva ljepila, geometrijski elementi spoja, svojstva drveta. Izbori priprema ljepila, kao i u drugim slučajevima, su veoma važni za kvalitetu zalijepljenih spojeva. Ovisno o tome u kakvim će uvjetima spojevi biti lijepljeni po dužini vrši se izbor ljepila. Naime, spojevi trebaju zadovoljiti sljedeće uvjete: visoku čvrstoću zalijepljenog spoja, da izdrže sve uvjete u kojima će se u toku upotrebe naći, da imaju veliku trajnost.

Viskozitet ljepila koje se koristi za uzdužno lijepljenje drveta treba da bude relativno visok $v \geq 180\text{s}$ F4. Sadržaj suhih materija mora biti visok, koeficijent stezanja ljepila zbog sušenja trebao bi biti po mogućnosti što manji, a elastičnost osušenog ljepila visoka.

Ljepilo se nanosi u relativno velikoj količini, jer se zbog presječenih lamela stanica lumeni djelomično ponašaju kao otvorene kapilare, tako da mnogo više ljepila penetrira u drvo, nego pri drugim lijepljenjima. U svakom slučaju treba nanijeti veliku količinu ljepila, da bi u samom spoju ostalo dovoljno suhih materija da se formira tanki isprekidani osušeni film ljepila. Prema iskustvu i mjerenjima u praksi nanosi se $259 - 300 \text{ gr/m}^2$ ljepila.

U slučaju usporednog lijepljenja otvoreno je vrijeme i vrijeme otvrdnjavanja ljepila nemaju značaj koji inače imaju pri drugim lijepljenjima. Naime, u ovom slučaju se odmah nakon nanosa ljepila ostvaruje puni kontakt među elementima koji se lijepe te zbog toga otvoreno vrijeme nema nikakav tehnološki značaj. Vrijeme otvrdnjavanja ljepila u ovom slučaju je značajno sa stanovišta vremena koje je potrebno da zalijepljeni elementi miruju do nastavka dalje obrade, tj. dok ljepilo stvrdne do stupnja koji to omogućava. Ovo vrijeme, u ovom slučaju, nema nikakvog značaja s tehnološkog stanovišta i sa stanovišta korištenja tehnološke opreme, jer se praktično radi o protočnoj tehnologiji. Naime, čeonim pritiskom prilikom uzdužnog lijepljenja spojeva s grupnim klinastim čepovima ima za posljedicu stvrdnjavanje sile samokočenja u spoju, koja mada ljepilo odmah ne otvrdne, sprječava rastavljanje spoja, odnosno drži ga u stanju kakvo je bilo prilikom zatezanja, bez dalje upotrebe bilo kakvih steznih naprava. Jedini uvjet je da sila samokočenja bude sposobna da to otvrdnjavanje ljepila zadrži elemente koji se lijepe u punom kontaktu, da je učepljenje dobro izvedeno i da čvrsto nasjeda. U ovom slučaju kao vrijeme kondicioniranja zalijepljenih spojeva može se smatrati vrijeme od ostvarenja kontakta spoja do otvrdnjavanja ljepila [3].

Sila pritiska se računa po formuli:

$$A = a * b \quad (5)$$

$$A = a * l * 2 * n - n * z \quad (6)$$

gdje je:

A – površina lijepljenja [m^2];

l – dužina čepa [m];

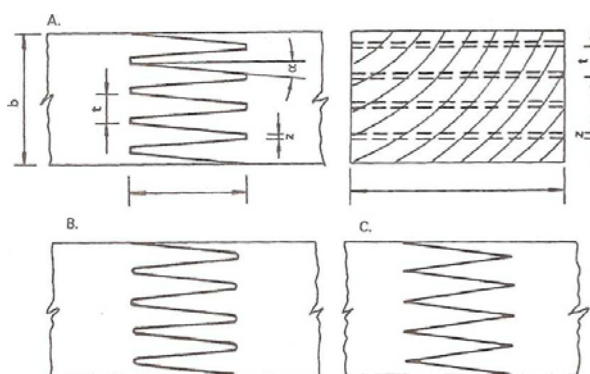
a – širina čepa [m];

n – broj čepova;

z – zatupljenje [m].

Svaka lamela poprečnog presjeka izrađuje se iz većeg broja segmenata uzdužno spojenih lijepljenjem. Spajanje može biti izvedeno:

- sučeonim spojem,
- klinastim spojem,
- zupčastim spojem.



Slika 2. Zupčasti spojevi [1]

Prva dva načina spajanja gotovo da se više ne upotrebljavaju u proizvodnji, tehnološke linije su prilagođene izvedbi nastavaka zupčastim spojem [3].



Slika 5. Uređaj za ispitivanje Zwick(Igmat) [3]

Tabela 2. Rezultati ispitivanja

LJEPILO	SVOJSTVA	JEDINICE	JELA/ SMREKA
Bostik D4 BS- EN-204-D4	Ugibna tvrdoća	N/mm ²	54
Bostik D4 BS- EN-204-D4	Modula elastičnosti	N/mm ²	1581

Tabela 3. Rezultati testiranja uzorka jela/smreka sa ljepilom Bostik D4

	Uzorak	Ljepilo	Deb.	Šir.	F1	F2	Fmax.	I	w1	w2	e	EM
			mm	mm	N	N	N	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	J/S	D4 bost	19,7	19,7	254,7	560,35	1018,81	8,5	2,4	4,49	47,97	1258,40
2	J/S	D4 bost	20	19,8	359,9	791,78	1439,59	6,41	2,1	3,74	65,44	2154,61
3	J/S	D4 bost	19,9	20,2	291,12	640,46	1164,47	6,18	2,19	3,54	52,4	2106,73
4	J/S	D4 bost	20,1	20	278,59	612,91	1114,37	9,16	2,44	4,54	49,65	1270,37
5	J/S	D4 bost	19,8	19,6	275,32	605,7	1101,27	8,65	2,4	4,49	51,6	1346,54
6	J/S	D4 bost	19,8	19,9	372,42	819,33	1489,68	8,92	2,58	4,62	68,74	1838,00
7	J/S	D4 bost	19,9	19,7	270,89	595,95	1083,55	9,41	2,45	4,82	50	1144,97
8	J/S	D4 bost	19,9	19,7	345,64	760,41	1382,56	7,84	2,32	4,14	63,8	1902,46
9	J/S	D4 bost	20,1	19,7	238,9	525,59	955,62	6,76	2,15	3,79	43,22	1416,18
10	J/S	D4 bost	19,8	19,8	277,82	611,21	1111,29	8,57	2,58	4,63	51,54	1371,33
Min. vrijednost											43,22	1144,97
Max. vrijednost											68,74	2154,61
Srednja vrijednost											54,44	1580,96
Standa.odstupanje											8,03	359,39

Dakle, prema standardima ljepilo zadovoljava traženu kvalitetu.

4. ZAKLJUČAK

Nedostatak kvalitetne drvene sirovine u svijetu će sve više usmjeravati svoje interesiranje na razvoj tehnika produljivanja i proširivanja drveta. Naročita pažnja se mora posvetiti kvalitetu sljubnice i kontaktnog spoja između dva elementa lamele i između dvije lamele. Posebnu pozornost treba se posvetiti alatima za izradu zupčastih veza i njihovom održavanju, kako bi se ostvario što bolji kontakt između zubaca elemenata. Zbog toga u praksi se sve više koriste alati sa izmjenjivim zubima koji se nakon upotrebe ne oštire nego mijenjaju. Ovo je naročito bitno kod izrade zupčastih veza gdje geometrija zuba veze utiče na ugao samokočenja prilikom kontakta dva nazubljena elementa a samim tim i kvaliteta spoja. Ljepilo kao veoma bitan faktor, razvojem kemije polimera, imati će sve veći značaj. Danas se sve više posvećuje pažnja kvalitetu življenja i ekološkim aspektima. Zbog toga ljepila trebaju biti ekološki neškodljiva i po zdravlje ljudi bezopasna. Prema ispitivanjima mehaničkih osobina drveta sam zupčasti spoj ima kvalitetu zdravog cijelog drveta.

5. LITERATURA

- [1] Ljuljka, B.: I sur 1978: „Lijepljenje u tehnologiji finalnih proizvoda“ SIZ odgoja usmjerenog obrazovanaj šumarstva i drvene industrije SRH.
- [2] Salah-Eldien, O.: Tehnologija proizvodnje namješta Tehnički Fakultet Bihać 2004, ISBN 9958624192
- [3] Backović, M.: „Lijepljenje u tehnologi prerade drveta, Sarajevo Bosna Public 396 str COBISS.SI-ID 70183

Kontakt autora:

Natko Bašić, bachelor drvene tehnologije
Doo „Stolar komerc“, Velika Kladuša
e-mail: basic.natko@gmail.com

Elvir Kulenović, dipl.ing.
Doo „Aldihani“, Cazin
e-mail: elvir.kulenovic@gmail.com

Elvis Hozdić, univ. dipl. inž. strojništva
Fakuleta za strojništvo Ljubljana
Aškarčeva cesta 6
1000 Ljubljana
e-mail: ehodzic@yahoo.com

POTENCIJALI LOGISTIKE POVRATA U MALOPRODAJI

RESOURCES RECOVERY RETAIL LOGISTICS

Ljudevit Krpan, Marijana Furjan, Robert Maršanić

Stručni članak

Sažetak: U ovom radu analizira se problematika potencijala logistike povrata u maloprodaji. Logistički procesi sve su prisutniji u svakodnevnom životu, dok tvrtke koje se bave logističkim djelatnostima, uz optimalno planiranje logističkih procesa, ostvaruju veću dobiti i stabilniji položaj na tržištu. Kako bi se logistika mogla definirati, potrebno je istaknuti elemente logističkih sustava. Pritom se kroz sustav integralne logistike, uglavnom, približavaju proizvođači krajnjim korisnicima. U ovom radu će biti riječi o logistici povrata te o njezinom utjecaju na maloprodaju. Istražit će se i analizirati strukturu logistike povrata, njena uloga u maloprodaji te nakon toga ponuditi moguća rješenja kojima bi se ta usluga poboljšala.

Ključne riječi: logistika povrata, opskrbni lanac, maloprodaja, integralna logistika.

Professional paper

Abstract: This paper analyses the issue of reverse logistics potential in retail. Logistics processes are increasingly present in everyday life while logistics companies with optimal planning of logistics processes achieve increased profit and more stable market position. In order to define logistics, elements of logistics system should be highlighted. Different systems derive from logistics, one of which is integrated logistics system. Integrated logistics systems generally make products closer to consumers. In this paper the reverse logistics and its impact on retail will be discussed. Structure of reverse logistics and its role in retail will be examined and analysed and possible solutions that could improve this service will be offered.

Key words: reverse logistics, supply chain, retail, integrated logistics.

1. UVOD

Kretanje sirovina i poluproizvoda do proizvodnog poduzeća zahtijeva upravljačke procese, pri čemu je potrebno znati upravljati i kretanjem gotovih proizvoda, i to od proizvodnog postrojenja do daljnjeg procesiranja, zatim do maloprodajnog mjesta i/ili do krajnjeg korisnika. Upravljanje tim kretanjima naziva se "upravljanje integralnom logistikom".

Problem istraživanja u ovome radu jest područje logistike povrata te njegov utjecaj u maloprodaji. Vodeći trgovci za suvremene odrednice konkurentnosti često primjenjuju inovacije u oblikovanju maloprodajnih objekata, inovacije u informacijskoj tehnologiji, logističkim i menadžment procesima i slično.

Predmet istraživanja je istražiti, analizirati i dijagnosticirati temeljnu strukturu logistike povrata, njezine značajke te njezinu ulogu u maloprodaji. Nakon pomnog istraživanja i analiziranja strukture potrebno je pronaći optimalno rješenje kojim bi se poboljšala logistika povrata u maloprodaji.

Na temelju navedenog, potreban je i objekt istraživanja, odnosno maloprodajni objekt u kojem će se provoditi istraživanje. Budući da je ovaj rad rezultat završnog rada jednog od autora, istraživanje je provedeno u trgovini na malo naziva "CAKI Trans" d.o.o. iz okolice Varaždina. Navedena tvrtka bavi se prodajom svih vrsta robe te se u

svom redovnom poslovanju aktivno sreće i sa logistikom povrata, što ovu tvrtku čini idealnom za istraživanje.

Iz postavljenog predmeta istraživanja proizlazi radna hipoteza koja glasi: Kvalitetnom primjenom logistike povrata u maloprodaji se iznimno povećava poslovna efikasnost i produktivnost poduzeća.

Svrha ovog istraživanja je prikazivanje potencijala logistike povrata u maloprodaji, kao i definiranje mogućih rješenja koja omogućavaju efikasno i produktivno izvođenje poslovnih procesa unutar maloprodajnih kanala distribucije. U radu će se uz opis karakteristika logistike povrata i maloprodaje prikazati moguća rješenja za povećanje potencijala u kanalu logistike povrata.

2. OPĆENITO O LOGISTICI

Logistika je naziv koji je na područje proizvodnje preuzet iz vojnog nazivlja. Pojam logistika potječe iz grčke riječi *logistikos* što znači biti vješt i iskusan u računanju, vođenju rata, u opskrbi vojske i vojnih formacija na terenu i slično. Kao i kod svih pojmova postoji više definicija, no one su se na neki način uskladile pa se danas pod pojmom logistike podrazumijeva upravljanje tokovima robe i pohrana materijala, odnosno sve aktivnosti u premještanju sirovina, poluproizvoda, reprodukcijskog materijala i

gotovih proizvoda, i to od proizvođača do krajnjeg potrošača. Definicija logistike sukladno direktivama i preporukama Vijeća Europe glasi: „Logistika predstavlja upravljanje tokovima robe i sirovina, procesima izrade, završenih proizvoda i pridruženim informacijama od točke izvora do točke krajnje uporabe u skladu s potrebama kupaca. U širem smislu logistika uključuje povrat i raspolaganje otpadnim tvarima.“ [4]

Razvoj logistike kreće u 17. stoljeću u Francuskoj. Logistika se u to doba bavila opskrbom vojnih trupa potrebnim sredstvima, prijevozom dobara i vojske te osiguranjem prehrane i smještajem vojske. Krajem 19. stoljeća javlja se u SAD-u, također u vojne svrhe. Sredinom 20. stoljeća izraz je iz vojnog područja ušao u gospodarsko - znanstveno područje. Godine 1961. iz tiska izlazi prva knjiga iz područja poslovne logistike koja je bila orijentirana na fizičku distribuciju. Smatra se da razvoj suvremene logistike započinje 60-tih godina 20. stoljeća kada se nastoji boljim povezivanjem organizacijskih funkcija poduzeća smanjiti troškovi. U drugoj polovici 20. stoljeća logistika se formira kao znanost i gospodarska aktivnost u mnogo širem značenju.

2.1. Čimbenici logistike

Pojava novih tržišta, širenje postojećih, kao i ekonomska mjerila uspješnosti dovode do razvoja logistike. Razvoju logistike pridonio je i sve veći broj stanovnika te povećanje vrednovanja radne snage. Potreba za brži razvoj informacijskih i telekomunikacijskih tehnologija ima veliki utjecaj na sve aspekte modernog načina života. Zbog toga kao čimbenike koji su utjecali na ubrzani razvoj logistike možemo navesti:

- 1) globalizacija i koncentracija gospodarskih aktivnosti,
- 2) internacionalizacija proizvodnje i trgovine,
- 3) ubrzani rast i razvoj znanstvenih spoznaja u svim znanstvenim područjima,
- 4) implementacija načela ekonomije obujma,
- 5) jačanje konkurencije,
- 6) ubrzani razvoj i modernizacija prometne infrastrukture i transportnih tehnologija,
- 7) razvoj i afirmacija robno-transportnih, robno-trgovinskih i logističkih centara, različitih terminala i slobodnih zona,
- 8) povećanje kupovne moći stanovništva visokorazvijenih i srednje razvijenih zemalja,
- 9) jačanje EU u globalnim razmjerima,
- 10) ubrzani proces deregulacije, privatizacije i liberalizacije gospodarskih sektora i pojedinih gospodarskih djelatnosti i
- 11) jačanje demokracije. [5]

2.2. Logistički sustavi

Logistički sustav je skup elemenata tehničke, tehnološke, organizacijske, ekonomske i pravne naravi s ciljem optimizacije tokova materijala, roba, informacija, energije i ljudi na određenom području radi ostvarivanja najvećih ekonomskih efekata. [1]

Svaki logistički sustav sastoji se od niza elemenata koji su međusobno povezani i utječu na troškove transporta, skladištenja, maloprodaje, manipulacije robom i ostalo.

Logistički sustav sastoji se od sljedećih elemenata: transporta, skladištenja, zaliha, distribucije, manipulacije, čimbenik-čovjek, informacija i integracija.

Elementi logističkog sustava mogu se proučavati prema:

- 1) vrstama poslova u proizvodnim objektima,
- 2) subjektima i objektima prometa,
- 3) fazama proizvodnje,
- 4) iskorištenju skladišnog prostora,
- 5) izboru prijevoznih sredstava i
- 6) robnim tokovima. [6]

Elementi logističkog sustava imaju prostornu i vremensku funkciju u čijem ostvarenju pored proizvođača i potrošača sudjeluju različiti posrednici trgovina, prijevoznici, špediteri, agenti, skladišta, kontrola kvalitete i kvantitete robe, osiguravatelji, banke, carine i niz drugih institucija.

2.3. Upravljanje lancem opskrbe

Upravljanje lancem opskrbe je proces planiranja, organiziranja i kontroliranja tijeka materijala, sirovina i usluga od dobavljača do krajnjih korisnika, odnosno kupaca. Ovaj integralni pristup obuhvaća dobavljače, upravljanje opskrbom, integralnu logistiku i operativu.

Kad upravljamo lancem opskrbe koordiniramo upravljanjem nabave, operativom i integralnom logistikom unutar neprekinutog procesa s ciljem održavanja neprestanog tijeka proizvoda ili usluga. Upravljanje nabavom javlja se kako bi se u tvrtkama omogućila strateška prednost i potencijal za dodavanje vrijednosti. Nabava je shvaćanje potrebe, lociranje i odabir dobavljača, pregovaranje o cijeni i drugim relevantnim uvjetima, kao i praćenje robe s ciljem izvršenja isporuke. [2]

Upravljanje operativom definira se kao skup aktivnosti koje stvaraju robu i usluge transformacijom inputa u outpute. Upravljanje operativom odnosi se na proizvodnju usluga kao i fizičkih proizvoda, a začeto je u industrijskoj proizvodnji. Glavni doprinos upravljanju operativom je postignut preko uvođenja kontrole kvalitete.

Integralna logistika definira se kao proces predviđanja potreba i želja kupaca - prikupljanje materijala, kapitala, ljudi, tehnologija i informacija potrebnih za ispunjenje tih potreba i želja. Sastoji se od ulazne logistike, logistike u poduzeću te izlazne logistike. Ulazna logistika je kretanje proizvoda u poduzeću. Logistika u poduzeću obuhvaća kretanje proizvoda unutar tvornice ili skladišnih prostora, a izlazna logistika je kretanje proizvoda iz tvornice prema kupcu.

2.4. Integralna logistika

Integralna logistika definira se kao proces predviđanja potreba i želja kupaca, odnosno skupljanja kapitala, materijala, ljudi, tehnologija i informacija potrebnih za zadovoljenje tih potreba i želja. Integralna logistika je uslužno orijentiran proces. Njen rezultat nije fizički proizvod. Umjesto toga ona obuhvaća akcije koje pomažu pokrenuti proizvod od izvora sirovine do krajnjeg kupca. Dok to radi podržava marketing i operativu u prodaji i

proizvodnji roba. Učinkovito upravljanje sustavom integralne logistike stvara kvalitetnu uslugu kupcu. To proizlazi iz podrške koju integralna logistika pruža operativnim i marketinškim strategijama. Strategije integralne logistike mogu podržati razine usluge koje se podudaraju s strategijom proizvođača najnižeg troška ili čak mogu osigurati osnovu za razlikovanje poduzeća od njenih konkurenata. Tijekom posljednjih dvadeset godina poraslo je zanimanje za integralnu logistiku. Zbog toga su se pojavile adaptacije originalne koncepcije. Pet koncepcija koje su izbile u prvi plan su:

1) *logistička potpora stvaranja usluge*

Tradicionalna logistička koncepcija koja prati kretanje proizvoda, a bavi se koordinacijom nematerijalnih aktivnosti s ciljem učinkovitog i pravovaljanog izvršenja usluge. Fizička logistika i logistička potpora stvaranja usluge su međuvisna. Mnoge aktivnosti logističke potpore stvaranja usluge usko su vezane za logističke aktivnosti komunikacije i informacije.

2) *logistika brzog odgovora*

Logistika brzog odgovora je drugo ime za pravovremene, odnosno „just in time“ sustave ili elektronsku razmjenu podataka. Logistika brzog odgovora znači smanjenje ciklusa narudžbe. Mnoge velike maloprodajne tvrtke usvojile su ovu koncepciju integralne logistike. Kod logistike brzog odgovora, kada su proizvodi kupljeni, skeniraju se bar-kodovi te se tako bilježi smanjenje zaliha. Automatski se stvaraju narudžbe nove robe i elektronički ulaze iz prodavaonica u računala dobavljača. Poduzeća usvajaju logistiku brzog odgovora zbog smanjenih pogrešaka pri unosu narudžbi, manje papirologije, kraćeg vremenskog ciklusa narudžbi, nivoa maloprodajnih zaliha, skladišnih potreba i povećanog obrta zaliha, što smanjuje troškove i povećava profit.

3) *logističko rješavanje problema*

Ovaj pojam se odnosi na vezu između integralne logistike i usluge kupcu. Logističko rješavanje problema definira se kao brzina kojom integralna logistika reagira na grešku u usluzi i preokreće pogrešku u prednost usluge kupcu. Kao primjer možemo uzeti politiku zamjene pokvarenog dijela stroja. Ako se dio nekog stroja pokvari, proizvođač može garantirati isporuku novog dijela na lokaciji kupca u određenom razdoblju unutar kojeg se treba prijaviti kvar. Ovo pokazuje spremnost odgovaranja na potrebe kupca. Logističko rješavanje problema zanima kako dobavljač reagira na problem.

4) *učinkovit odgovor potrošaču*

Učinkovit odgovor potrošaču je uveden u industriju robe široke potrošnje. Kao i kod logistike brzog odgovora, cilj je učinkovitog odgovora potrošaču smanjiti vrijeme ciklusa naručivanja. U ovom sustavu, trgovci na malo i dobavljači usko surađuju kako bi pokupili informacije s prodajnih mjesta te ih poslali s prodajnih mjesta nazad kroz distribucijski kanal. Kada se informacije prime, narudžbe se automatski zaključuju i proizvodi šalju u trgovinu. Zaliha pada, vrijeme ciklusa naručivanja se skraćuje, a troškovi se snižavaju.

5) *logistika povrata*

Logistika povrata bavi se proizvodima koji prolaze u suprotnom smjeru od standardnih logističkih kanala. To

uključuje povratni tijek rizičnog i nerizičnog otpada, materijala za recikliranje, proizvoda za ponovnu uporabu, povrata proizvoda, oštećene robe, kao i svaki drugi obrnuti tijek proizvoda. Logistika povrata povećava pritisak kako bi se osigurao ispravan rad sustava integralne logistike.

3. LOGISTIKA POVRATA

Logistika povrata potječe od pojmova "Reverse channel" i "Reverse flow" koji su se koristili u znanstvenoj literaturi sedamdesetih godina 20. stoljeća, a bili su vezani za procese recikliranja.

Vijeće Europe (Council of Logistic Management) početkom devedesetih godina donosi formalnu definiciju logistike povrata: "... pojam koji se odnosi za definiranje uloge logistike u procesima reciklaže, zbrinjavanja otpada te upravljanja opasnim otpadom; u širem smislu pojam obuhvaća sve logističke aktivnosti koje su vezane uz recikliranje, zamjenu i ponovno korištenje, kao i smanjenje materijala i otpada."

Krajem devedesetih godina 20. stoljeća, Vijeće Europe donosi službenu definiciju logistike povrata definirajući je kao: "... proces planiranja, implementacije i kontrole obrnutog toka sirovina, od procesa proizvodnje, distribucije ili točke korištenja, do točke obnavljanja ili prikladnog zbrinjavanja."

Sustavi integralne logistike uglavnom približavaju proizvode potrošačima. Ovi sustavi moraju proizvode vraćati natrag kroz opskrbni lanac. Ovaj sustav je poznat kao sustav logistike povrata. Logistika povrata oslanja se na logističke aktivnosti te rukovoditeljske sposobnosti kako bi se smanjio i riješio problem proizvodnog otpada. Logistika povrata bavi se proizvodima koji teku u suprotnom smjeru od standardnih logističkih kanala. U osnovi, cilj povratne logistike je smanjiti sve tipove otpada kada je to moguće. Ponekad proizvodi koji se vraćaju tvrtki teku u istom kanalu kao i proizvodi koji teku potrošačima, pritom stvarajući zagušenja. U nekim se slučajevima, potpuno drugi distribucijski kanal koristi s različitim posrednicima. Logistika povrata također istražuje: 1) aktivnosti logistike povrata, 2) razloge za logistiku povrata, 3) upravljanje povratom te 4) outsourcing logistike povrata.

3.1. Aktivnosti logistike povrata

Efikasnija manipulacija robom u procesu povrata od neizmjerne je važnosti zbog konstantnog pada cijene proizvoda. Funkcionalnost opskrbnog lanca, osim manjeg postotka vraćene robe, osigurava i brži protok robe u povratu.

Aktivnosti logistike povrata su procesi koje poduzeće koristi kako bi skupilo korištene, oštećene, neželjene ili proizvode kojima je istekao rok valjanosti, a isto tako i ambalažu od strane krajnjeg potrošača ili dobavljača. Sustav povratne logistike relativno je novi pojam te se usluge postepeno razvijaju. Kada je proizvod vraćen u poduzeće, ono se može redistribuirati sa ciljem postizanja najveće moguće vrijednosti proizvoda.

Proizvod može biti vraćen proizvođaču uz povrat pune vrijednosti kako slijedi:

- 1) nekorišten proizvod vraćen u prodaju,
- 2) usmjeren u "outlet" trgovine,
- 3) usmjeren na sekundarna tržišta,
- 4) redizajniran,
- 5) odvezen na odlagališta i
- 6) recikliran. [7]

Ambalaža vraćena u poduzeće može se:

- 1) ponovo iskoristiti,
- 2) popraviti,
- 3) preraditi,
- 4) reciklirati i
- 5) ostalo.

3.2. Razlozi za logistiku povrata

Glavni razlozi za sustave logistike povrata i njihovi primjeri su kako slijedi:

- povrat proizvoda koji se zamjenjuju ili se vraćaju za novac (primjerice, potrošač može vratiti videorekorder koji ne ispunjava očekivanja uz povrat novca);
- povrat temeljem kratkoročnog ili dugoročnog unajmljivanja (primjerice, povrat građevinskog alata koji je unajmljen za taj dan);
- povrat proizvođaču radi popravka, ponovne izrade ili povrata bitnog dijela proizvoda (primjerice, povrat upotrijebljenog automobilskog alternatora na ponovnu izradu i ponovnu prodaju);
- povratna ambalaža (primjerice, povrat staklenih boca na čišćenje i ponovnu uporabu);
- slanje proizvoda na doradu (primjerice, staro računalo poslano proizvođaču na instalaciju CD-ROM-a);
- preuzimanje povrata (primjerice, nepotrebna ambalaža za zaštitu proizvoda i nepotrebne palete koje se uzimaju natrag);
- povrat proizvoda (primjerice, povrat automobila zbog neispravnog sigurnosnog pojasa);
- povrat dijelova proizvođaču radi kontrole i popravka (primjerice, medicinska ili ronilačka oprema vraćena radi kontrole i usklađivanja s normama);
- povrat proizvoda koje ne ispunjavaju garancijska prava (primjerice, povrat televizora kada ne ispunjava očekivanja koja su obećana potrošaču).

Upravljanje povratom robe ima fokus na upravljanju (menadžmentu) povratnim tokom materijala i proizvoda. Postoje različiti načini upravljanja povratom koji pozitivno ili negativno mogu utjecati na poslovanje poduzeća. Iznimno je bitno istaknuti da pravilno upravljanje povratom utječe na unapređenje svakog sustava logistike povrata. Ključni elementi upravljanja povratnom logistikom su:

- 1) kontrola ulaza,
- 2) kompaktnost vremena dispozicije,
- 3) informacijski sustavi povratne logistike,
- 4) centralizirani povratni centri,
- 5) nula povrata,
- 6) popravak i prenamjena proizvoda,
- 7) sredstva vraćena u prvobitno stanje,
- 8) pregovori,
- 9) financijski menadžment i
- 10) outsourcing.

Sustav logistike povrata dopušta potrošačima povrat neželjenih proizvoda te zbog toga taj isti sustav mora na brz i jednostavan način riješiti problem vraćenih proizvoda. Kupci vraćaju proizvode s nedostatkom, proizvodi putuju od potrošača do maloprodajne podružnice. Sudionici cijelog opskrbnog lanca nastoje sačuvati ukupnu kvalitetu proizvoda dok je on u sustavu, ali manjkavi ili oštećeni proizvodi još uvijek nalaze put do potrošača te je za povrat novih proizvoda potreban duži povratni kanal od onoga koji je potreban pri povratu upotrijebljenih proizvoda. Kupci vraćaju oštećene ili manjkave proizvode maloprodajnoj podružnici, dobivajući pri tom zamjenski proizvod ili povrat novca. U ovakvim slučajevima maloprodajna podružnica šalje oštećene, odnosno manjkave proizvode natrag kroz opskrbni lanac. Ako je manjkav proizvod isporučila tvornica, trgovac obično vraća proizvod kroz opskrbni lanac. Tada će otpremnik, distribucijski centar ili neki drugi dio opskrbnog lanca snositi odgovornost za štetu, naravno financijsku. Ako se stranka odgovorna za oštećenje ne može pouzdano utvrditi, maloprodaja, odnosno prodavaonica će najvjerojatnije sama snositi gubitak.

Kupce se potiče na vraćanje korištenih dijelova, pri čemu dobivaju novčanu naknadu. Kao primjer, uzmimo automobilsku industriju gdje kupci dobivaju novčanu naknadu ako vrate „jezgru“ upotrijebljenog proizvoda. Alternatori ili, primjerice, vodene pumpe mogu se ponovno proizvesti koristeći upotrijebljene dijelove. Prodavaonice automobila oblikuju i provode ovakve sustave logistike povrata. Nakon što trgovac primi upotrijebljeni proizvod, pakira ga i šalje distributeru proizvođača automobila. Distributer nagrađuje trgovca i šalje upotrijebljene automobilske dijelove proizvođaču, odnosno preradivaču. Jednom preradeni rezervni dijelovi postaju jeftina alternativa novim automobilskim zamjenskim dijelovima.

Ovaj logički sustav počinje s poticajima za povrat upotrijebljenih proizvoda u prodavaonicu. Uobičajeniji poticaj javlja se u obliku popusta na preradeni zamjenski dio. Da bi ovaj popust dobio, kupac mora vratiti upotreblijivi dio („jezgru“) u vrijeme kupovine novog proizvoda. U slučaju da kupac to ne može učiniti, cijena preradenog dijela se povećava.

Mnogi vraćeni proizvodi moraju proći neku vrstu prerade, odnosno moraju proći kroz proces preinake, pri čemu se neki proizvodi mogu ponovno iskoristiti uz minimalan trud. Sterilizacijom i čišćenjem neke staklene boce, ona se može iskoristiti više puta. U mnogim mjestima, prodavaonice naplaćuju određenu svotu za svaku staklenu bocu te kada one budu vraćene, prodavaonica nagrađuje kupca. Prodavaonice koriste sustav logistike povrata za povrat praznih boca tvornici pića. Tvornica pića ih čisti i sterilizira te ih ponovno puni, zatvara svaku bocu i vraća na tržište.

Briga za okoliš potiče mnoge tvrtke na outsourcing nekih ili svih svojih funkcija logistike povrata. Logistički outsourcing, odnosno korištenje usluga trećih operatera definiramo kao „odluku da se koriste nezavisna i vanjska poduzeća u svrhu postizanja nekih ili svih funkcija koje se odnose na logistiku unutar tvrtke.“

Poduzetnici su koristili outsourcing da bi postigli razne logističke potrebe uključujući upravljanje materijalima za

proizvodnju u pravo vrijeme, prijevoz te skladištenje. U posljednje vrijeme sve više poduzetnika traži od trećih operatera da prošire uobičajenu uslugu uključujući funkcije logistike povrata, pa tako mnogi operateri danas nude specijalizirane usluge kako bi pomogli svojim kupcima u provedbi ekološko svjesne logistike.

4. PRIMJENA LOGISTIKE POVRATA U REPUBLICI HRVATSKOJ

U Europi je sustav logistike povrata fokusiran na zaštitu okoliša, pri čemu dolazi do liberalizacije. U nekim državama liberalizacija je potpuno nepoznat pojam, a ponekad ovisi i o kulturi ljudi. U nekim sustavima povrat nije uopće dozvoljen, pa čak ni od strane menadžera i/ili znanstvenika. Smatra se da bi bio iskorištavan od strane kupaca, pa čak i kompanija. Kada se liberalizacija smatra primarnom strateškom varijablom, proizvod može biti vraćen, čak i u slučaju da se jednostavno ne sviđa kupcu.

Hrvatska politika povrata, po razini liberalizacije je u „zlatnoj“ sredini, odnosno između visoko razvijenih sustava logistike povrata i potpuno ne prepoznatih aktivnosti. Hrvatska poduzeća (ne uključujući multinacionalna poduzeća) ne uključuju ovakve aktivnosti u svoje poslovanje, odnosno ne prepoznaju ih kao strateške. Glavne prepreke pri razvoju su nedostatak interesa, nedostatak pratećeg sustava, politika tvrtke, nedovoljna financijska sredstva te nedostatak educiranog osoblja. Prema nekim rezultatima istraživanja u Hrvatskoj dolazi se do dva različita upitnika koja su rezultirala sa dva potpuno različita konačna odgovora. Naime, poduzeća smatraju da je liberalizacija povrata za kupce na visokoj razini (skoro najvišoj), dok kupci nisu zadovoljni sa mogućnošću povrata te vrlo često nikada nisu niti vratili neki proizvod.

U Hrvatskoj, ekološka osviještenost postaje kriterij kupca pri kupnji te trenutno ima mali utjecaj, dok će u budućnosti 90% kupnji ekološki osviještenih kupaca imati veći utjecaj. Hrvatski potrošač je uglavnom vratio proizvod jer je bio neispravan ili nije sadržavao sve potrebne elemente. Problem u Hrvatskoj je nedostatak nedovoljne informiranosti kupaca o programima recikliranja (zeleni program). Postoji potreba za kreiranjem novih programa, novih zakona i pravila koji će obvezati kupca na sudjelovanje. Dobro informiran kupac može biti aktivan dio sustava. Zbog toga imamo potrebu za vidljivim informacijama o pravilnom odlaganju proizvoda.

Značaj logistike povrata je u tome što su se neka poduzeća uvjerila da se primjenom logističkih načela i metoda mogu uvelike smanjiti troškovi, a što u konačnici za njih znači povećanje profita. Nakon ulaska Republike Hrvatske u Europsku uniju, mnoga hrvatska poduzeća smatraju kako će se povećati njihovi prihodi ako imaju kvalitetno ustrojenu logistiku povrata, no to su prvenstveno veća logistička poduzeća. Usprkos gospodarskoj krizi, ali i svim zavrzlamama oko ulaska u Uniju te oko granica sa susjednim državama, očito je da su hrvatski poduzetnici uvelike optimistični te u članstvu vide samo prednosti. No, ulaskom u EU neki smatraju da će logistika povrata u Hrvatskoj ostati na istom mjestu

kao i sada, dok drugi očekuju pomake u položaju ove grane. U početku je logistika povrata bila kombinacija ekološke osviještenosti, pritisaka kupaca i zadržavanja profita. Do rješavanja problema logistike povrata dolazi zbog lošeg menadžmenta, dugog vremena dispozicije, krivih procjena stanja proizvoda, gubljenja zarade kao i kupaca.

U Republici Hrvatskoj logistika povrata je povezana. Povezanost više poduzeća javlja se zbog toga jer većina njih nema educirano osoblje, ni strategiju razvoja i optimizacije, što rezultira dužim vremenom dispozicije. Zbog trenutnog stanja poduzeća u Republici Hrvatskoj strateška varijabla koncipirana je primarno na zadržavanju profita, a ne na zadovoljstvo kupaca. Jedan od razloga je što sustavi logistike povrata najčešće nisu implementirani niti su prepoznati kao strateška varijabla. Najčešći problem je u tome da imamo nedostatak pratećih sustava, politika poduzeća, ali i problemi sa financijama. Mnoštvo multinacionalnih poduzeća pokušava implementirati svoje postojeće sustave u sustav Republike Hrvatske.

Prilikom jednog istraživanja koje je provedeno u svim segmentima, od proizvođača, preko maloprodaje do distributera dokazano je da aktivnosti logistike povrata postoje u poduzećima, ali samo na osnovnoj razini. Upravo zbog toga u Republici Hrvatskoj postoji potreba kreiranja novih pravila i propisa kojima bi se korisnici obvezali na sudjelovanje u logistici povrata.

5. LOGISTIKA U MALOPRODAJI

Logistika u maloprodaji ili takozvana trgovinska logistika odnosi se na logistiku unutar djelatnosti trgovine, a ona, svakako, prelazi granice trgovinskog poduzeća. Stoga se smatra da trgovinska logistika obuhvaća integrirano planiranje, odvijanje, oblikovanje i kontrolu ukupnih tokova robe i informacija vezanim uz njih, a sve između trgovinskoga poduzeća i njegovih dobavljača te unutar trgovinskoga poduzeća i između trgovinskog poduzeća i njegovih kupaca. Ako se promatraju različite etape robnih tokova od nabavnog tržišta do prodajnog tržišta i nazad, tada se kod trgovinske logistike donose uglavnom odluke vezane uz logistiku nabave, zatim logistiku distribucije i logistiku zbrinjavanja. Poznato je da troškovi za logističke središnje funkcije u trgovini iznose između 20 i 25% ukupnih troškova trgovinskoga poduzeća i najmanje dvostruko su značajniji nego li u proizvodnoj industriji.

Veliki maloprodajni lanci počeli su razvijati vlastite logističke sustave povezanih sa svojim dobavljačima. Zbog većeg udjela logističkih troškova u ukupnim troškovima u trgovinskom poduzeću, značenje logistike za trgovinsko poduzeće veće je nego za industrijsko. Trgovinska logistika i logistički troškovi u Republici Hrvatskoj imaju veliko značenje i zbog toga što je domicilna proizvodnja relativno slabo razvijena. Značenje trgovinske logistike i njezinih troškova značajno je za hrvatske gospodarske subjekte i zbog toga što velikim europskim i svjetskim maloprodajnim lancima ne mogu konkurirati sniženjem troškova na temelju ekonomike obujma. Stoga, hrvatska maloprodajna poduzeća, paralelno s razvijanjem svojih strategija okrupnjavanja moraju izgrađivati suvremene logističke sustave,

temeljene na uporabi suvremenih informacijskih i komunikacijskih tehnologija.

5.1. Maloprodaja i funkcije maloprodaje

Maloprodaja je pojam koji se najčešće poistovjećuje sa pojmom „trgovina na malo“. Radi se o skupu poslovnih aktivnosti koje dodaju vrijednost proizvodima i uslugama koje se prodaju potrošačima za njihovu osobnu upotrebu.

Maloprodaje se obično klasificiraju prema vrsti proizvoda, kao što su primjerice prehrambeni proizvodi, roba sa dužim vijekom trajanja u koju pripadaju bijela tehnika, elektronika, namještaj i slično, zatim roba s kraćim vijekom trajanja ili potrošni materijal, kao što su odjeća, obuća te roba koja se konzumira samo jednom ili ima ograničeni rok trajanja. Funkcije maloprodaje jesu: 1) osiguravanje asortimana proizvoda i usluga, 2) Breaking bulk, odnosno raspačavanje velikih količina proizvoda u manje prema potrebama kupaca, 3) držanje zaliha i 4) pružanje usluga za lakšu kupnju i korištenje proizvoda.

5.2. Razvoj modela upravljanja maloprodajom

Upravljanje maloprodajom predstavlja marketinšku filozofiju u skladu sa tržišnim pravilima i postavljenim korporativnim ciljevima. Isto tako, upravljanje maloprodajom predstavlja holistički pristup realizaciji maloprodajnog potencijala organizacije i njenih proizvoda/usluga. Efikasan model upravljanja maloprodajom mogao bi se predstaviti kao model zasnovan na sedam polja djelovanja, i to:

- 1) maloprodajno mjesto,
- 2) konkurencija,
- 3) potrošač,
- 4) proizvod,
- 5) utjecajni faktori,
- 6) komunikacija i
- 7) organizacija.

Navedena polja djelovanja mogla bi biti grupirana po sljedećim etapama djelovanja:

Etapa 1.: Analiza - Uključuje početni uvid, istraživanje i pronalaženje različitih mogućnosti, a sve u cilju potpunog razumijevanja maloprodajnog mjesta, konteksta konkurencije u okviru kojeg se posluje i interakcije potrošača i ponude. Proces počinje tako što se analizira gdje će biti ostvarena prodaja, zatim tko još ostvaruje prodaju na tom mjestu i što točno definira kupovinu u promatranoj kategoriji i na koji način potrošači donose odluku o kupovini.

Etapa 2.: Planiranje - U ovoj etapi potrebno je osmisлити ono što se prodaje, kao i način na koji se prodaje. Pri osmišljavanju proizvoda, treba shvatiti samu prirodu onoga što se želi prodati, kao i ustanoviti što bi to ostvarilo optimalnu prodaju. Na osnovu prethodne etape, moguće je ustanoviti kako oblikovati optimalnu ponudu. S obzirom na činjenicu da proizvod ne može biti promatran neovisno od okruženja, promatra se samo u određenom kontekstu maloprodaje. Utjecaj maloprodaje usmjerava se, od stvaranja ideje o proizvodu, ka realizaciji samog čina kupovine, odnosno načinu na koji se želi izvršiti prodaja.

Etapa 3.: Realizacija - Nakon što je analizirano stanje i donesena odluka o tome što i kako se namjerava prodati, potrebno je osmisлити način na koji treba pristupiti komunikaciji i kako sve organizirati. Nijedno od navedenih polja djelovanja neće imati efekta, ukoliko se ne izvrši adekvatno strukturiranje organizacije i zaposlenih, tako da čitav sustav daje efekte u maloprodaji. Često, to podrazumijeva i promjenu stavova i prioriteta organizacije kako bi težište marketinške orijentacije bilo na maloprodaji.

5.3. Fizička distribucija

Fizička distribucija je procesni čin koji obuhvaća aktivnosti vezane uz kretanje robe od proizvođača do potrošača. To je skup aktivnosti koje omogućavaju djelotvorno kretanje gotovih proizvoda s kraja proizvodnog procesa do potrošača. Ove aktivnosti obuhvaćaju sustav dostavljanja i obradu narudžbi, upravljanja zalihama, skladištenja, manipulacije robom i prijevoz. Također uključuje planiranje i kontrolu fizičkih tokova robe od njezina izvora do mjesta uporabe kako bi se uz ostvarenje profita što bolje zadovoljile potrebe kupca, odnosno potrošača. Iz toga proizlaze i distribucijska načela u poslovanju, a ona glase: u pravo vrijeme, na pravom mjestu, u optimalnim količinama, u odgovarajućem asortimanu i uz najniže troškove. Temeljna karakteristika jest stalan tok materijala ili proizvoda, s time da taj tok na određenim točkama doživljava zastoje.

Prodaja predstavlja čin promjene vlasništva nad prodanom robom, a distribucija premještanje robe od jednog vlasnika prema drugom. Roba se može distribuirati kroz različite etape proizvodnje unutar istog vlasništva, a da nije prodana, što je čest slučaj u suvremenoj proizvodnji. Distribucija i prodaja moraju raditi zajedno kako bi zajedno osigurali opskrbu kupaca u pravo vrijeme, na pravom mjestu u odgovarajućem asortimanu. Globalizacija tržišta, dislokacija proizvodnje, pojava novih tehnologija u prijevozu, pakiranju i održavanju robe u ispravnom stanju pridonijeli su mogućnosti da se proizvodi u jednoj državi za potrebe drugih država.

Fleksibilnost u proizvodnji ključna je stvar. Potrebno je proizvesti robu određene vrste i kvalitete koju potrošači žele i hoće kupiti, uz troškove koje će prihvatiti tržište. Suvremena poslovna strategija temelji se na maksimalnoj fleksibilnosti prema zahtjevima kupaca i težnji da se smanje ne samo proizvodni troškovi, već i troškovi distribucije.

5.4. Kanali distribucije

Put kojim se proizvod premješta od proizvođača do potrošača naziva se kanal distribucije. U njemu sudjeluje proizvođač i po potrebi više poduzeća iz različitih djelatnosti koje međusobno surađuju. Da bi proizvod „tekao“ kroz kanal, njegovi sudionici poduzimaju niz aktivnosti koji čine fizičku distribuciju.

U širem smislu, kanali distribucije su skup međuovisnih institucija povezanih zajedničkim poslovnim interesom, a svrha im je da se olakša prostorna i vremenska

transformacija dobara od proizvođača do potrošača. Jednostavno rečeno, to su putovi prodaje za koje se odluči neko poduzeće.

U suvremenom poslovanju učinkovita distribucija nije moguća bez uključivanja jednog ili više posrednika. Posrednici su u pravilu, visoko specijalizirane organizacije iz područja prijevoza, trgovine na malo, trgovine na veliko i slično. Posrednik može biti agent, broker, diler, distributer, prodavač na malo, veletrgovac i preprodavač. Uloga posrednika u kanalu dolazi do izražaja pri obavljanju distribucijskih aktivnosti vezanih uz fizičko kretanje i čuvanje robe te financiranje distribucije robe, komuniciranje sudionika u razmjenskom procesu. Koristi od posrednika u kanalu prije svega dolaze do izražaja kroz smanjenje distribucijskih troškova, usklađenje količine i asortimana na relaciji proizvođač-potrošač, bolje usluge potrošačima te specijalizacije pojedinih sudionika u distribucijskom kanalu.

Zbog mogućnosti da se prilikom distribucijskih operacija kod pojedinih posrednika u kanalu distribucije pojave suprotna kretanja, što može izazvati konfliktne interese, osiguranje optimalnih distribucijskih ciljeva postiže se samo putem kompromisa odgovarajućeg kanala distribucije.

Distribucijski kanali razvrstavaju se prema:

- 1) dužini i pravcu kretanja robe - na izravne, neizravne i povratne kanale;
- 2) vrsti potrošnje - na kanale za robu krajnje potrošnje, robu industrijske potrošnje i usluge;
- 3) rasprostranjenosti s obzirom na tržište - na domaće i međunarodne kanale te
- 4) zakonska ograničenja - na legalne i ilegalne.

1) izravni i neizravni kanali distribucije - U izravnom kanalu proizvođači neposredno prodaju robu potrošačima, a kod neizravne javljaju se posrednici. Izravne kanale koriste poljoprivrednici, liječnici, bankari, stomatolozi, izdavači i slični. Kod izravnog oblika prodaje, proizvođači mogu prodavati robu putem kataloga, prodajom od vrata do vrata, prodavaonice na mjestu proizvodnje, kućnim prezentacijama i na drugi sličan način. Neizravni kanal može biti kratak i dug. U kratkom kanalu distribucije sudjeluje samo jedan posrednik, a u dugom dva ili više posrednika. Prevelik broj posrednika može stvoriti probleme oko kontrole tijeka robe kroz distribucijski sustav i informiranost proizvođača o promjenama na tržištu. Posrednici mogu biti: trgovinska poduzeća na veliko i malo, distribucijski centri, trgovački zastupnici ili brokeri te druga specijalizirana poduzeća za pružanje distribucijskih usluga. Dugi kanali prikladni su za opskrbu većeg broja potrošača na većim geografskim područjima. Kratke kanale bolje je primijeniti kada je u pitanju manji broj kupaca na geografski ograničenom području.

2) kanali za robu krajnje potrošnje, industrijske potrošnje i usluge - S obzirom na vrstu potrošnje razlikuju se kanali za robu krajnje potrošnje, robu industrijske potrošnje i usluge:

- kanali za robu krajnje industrijske potrošnje. Svi proizvodi pripadaju ovoj vrsti kanala. Proizvodi krajnje potrošnje namijenjeni su krajnjim potrošačima, a roba industrijske potrošnje za proizvodnju drugih proizvoda.

Kod ovog kreiranja kanala imamo nekoliko vrsta kanala: kanal „A“, kanal „B“, kanal „C“ te ostali kanali („D, E, F, G i H“).

- distribucijski kanali za usluge. Usluge su karakteristične po tome što nisu fizičke prirode, one su nedodirljive, ne može ih se posjedovati, a najčešće se proizvode i koriste u isto vrijeme (prijevozne, turističke, bankarske, medicinske i druge slične usluge), pa se distribuiraju kroz kratke kanale.

- ilegalni distribucijski kanali. Ilegalni distribucijski kanali služe za distribuciju robe na koju nije plaćena carina, zatim ukradena roba i intelektualno vlasništvo, narkotici te robe pod embargom. Kao posrednici javljaju se narkodileri, krijumčari i slično.

- distribucijski kanali u međunarodnom marketingu. Razlike između domaće i međunarodne distribucije su u činjenici da je roba u pravilu duže izvan kontrole prodavača, potrebno je više dokumenata koji prate robu, pakiranje i osiguranje robe na putu je skuplje. Pri prijevozu robe se najčešće koriste kontejneri i multimodalni transport.

6. POVEZANOST LOGISTIKE POVRATA I MALOPRODAJE

Logistika je esencijalna za svako poduzeće. Bez logistike niti jedan se entitet ne kreće, nijedna operacija se ne može izvršiti, niti jedan proizvod se ne može dostaviti, niti jedan kupac ne može biti uslužen. Pojava globalizacije i širenja tržišta generiralo je povećanje konkurencije u svim granama industrije i gospodarstva. Da bi se optimizirala vrijednost u logističkim sustavima, potrebno je planirati i donositi odluke na raznim područjima logističkog djelovanja. Logistika povrata je područje logistike koje proizvodima i ambalaži nakon korištenja omogućava vraćanje vrijednosti provođenjem određenih aktivnosti. Prilikom implementacije logistike povrata u postojeće sustave potrebno je zadovoljiti tri osnovna cilja:

- 1) povećati razinu zadovoljstva krajnjeg korisnika,
- 2) ekološki aspekt poslovanja i
- 3) smanjiti troškove unutar poduzeća.

Sa aspekta zaštite životne sredine, a s obzirom na prirodu logističkih procesa bitne su sve etape realizacije robnih tokova, međutim, posebno treba istaknuti logistiku povrata koja je nastala kao odgovor na pojačane ekološke zahtjeve.

U današnje vrijeme logistika povrata sve se više implementira u maloprodajne objekte. Maloprodajni objekti imaju točno propisana pravila kojih se moraju pridržavati kako bi logistika povrata mogla funkcionirati. Propisi o pakiranju, transportu, problemi sa otpadom, jasno stavljaju do znanja da će otpad i zbrinjavanje otpada u budućnosti biti značajno područje angažiranja logistike. Sve ovo ukazuje da se u okviru logistike primjećuju i neke pozitivne promjene sa aspekta zaštite okoline. Međutim, ukoliko bi se atraktivnost i aktualnost ovog područja mjerilo brojem objavljenih radova u vodećim europskim časopisima tada se, nažalost, mora zaključiti da se radi o nedovoljno analiziranoj temi.

Zbog premalog istraživanja teme logistike povrata dolazi se do neinformiranosti maloprodavača te najviše kupaca koji nisu upoznati sa potencijalima koje nudi logistika povrata. Kada bi se ova problematika obradila na načine kao što se analizira i neka druga problematika, kupci bi puno više pažnje pridavali logistici povrata. Problem se sastoji i od toga što kupci, a ni neki maloprodavači nisu upoznati da im je logistika povrata prisutna u maloprodajnom objektu. Ili, primjerice, čuli su za logistiku povrata, ali misle da se pod tim pojmom podrazumijeva samo povrat ambalaže. Što se tiče prosječnih kupaca, činjenica je da oni to doista i misle. Kupci čine element logistike povrata te pridodaju na njezinoj važnosti, ali samo na način da vraćaju ambalažu u maloprodajni objekt. Nažalost, većina kupaca koji sudjeluje u povratu radi to zbog mogućnosti povrata naknade na vraćenu ambalažu.

6.1. Uloga i značaj maloprodajnog objekta „CAKI Trans” d.o.o. u sustavu logistike povrata

Tvrtka „CAKI Trans” d.o.o. maloprodajni je objekt osnovan 1999. godine. Trgovina je započela s radom kao trgovina na malo, i to pićima u specijaliziranim prodavaonicama. Tijekom vremena proširen je posao, pa je tako otvorena i nova prodavaonica u mjestu Vinica. Poslove koje obavlja navedena tvrtka su kupnja i prodaja robe, obavljanje trgovačkog posredovanja na domaćem i inozemnom tržištu, pripremanje hrane i pružanje usluga prehrane, pripremanje i usluživanje pića i napitaka, pripremanje hrane za potrošnju na drugom mjestu (u prijevoznim sredstvima, na priredbama i slično) te primitak povratne ambalaže. Maloprodajni objekt „CAKI Trans” d.o.o. ima značajnu ulogu u Vinici. Naime, to je jedini maloprodajni objekt na tom području koji se bavi otkupom povratne ambalaže. Uloga maloprodajnog objekta je pružiti zadovoljstvo korisnika svojih usluga, kako postojećih, tako i budućih. Otkup ambalaže započet je prije nekoliko godina, pri čemu je postojao točno određeni broj ambalaže koji se zaprimao tijekom dana, a sve zbog ograničenog prostora objekta. Upravo iz navedenog razloga, a zbog sve većeg broja kupaca, izgrađeno je i skladište, pri čemu tvrtka danas posjeduje maloprodajni objekt sa vlastitim skladištem i sa vlastitim sustavom logistike povrata. [3]

6.2. Problemi logistike povrata u maloprodajnom objektu – primjer tvrtke CAKI Trans d.o.o.

Najznačajniji problemi koji se javljaju u navedenom maloprodajnom objektu su problemi outsourcinga. Tvrtka koristi outsourcing tvrtke „Lotus 91” iz Varaždina. Njihovo poslovanje je usmjereno na pružanje usluga gospodarenjem otpada korištenjem vlastitih tehničkih i ljudskih potencijala. Tvrtka „Lotus 91” u maloprodajni objekt „CAKI Trans” d.o.o. dolazi dva puta tjedno kako bi utovarila i prikupila ambalažu. Nakon prikupljanja ambalaže, odvozi se u skladište te se tamo iz njega odvajaju korisni sadržaji. Nakon kompaktiranja, takav otpad odvoze oporabiteljima, dok ostatak odlažu na odlagališta. U nastavku se navode i opisuju analizirani problemi:

- 1) Problem sa povratom proizvoda. Prvi problem koji se javlja u maloprodajnom objektu „CAKI Trans” d.o.o. je povrat proizvoda od strane korisnika njihovih usluga. Broj povrata nije prevelik, no ipak se javlja. Primjerice, korisnici najviše vraćaju električne proizvode, kao što su tosteri, pegle te mikseri. Proizvodi se vraćaju zbog loše instalacije električnih kabela te manjih oštećenja. Također, do oštećenja dolazi i prilikom prijevoza robe od dobavljača, pretovara, utovara te nepravilnog rukovanja robom.
- 2) Problem sa kašnjenjem i dolaskom po ambalažu. Problem koji se javlja je kašnjenje tvrtke „Lotus 91” prilikom dolaženja po ambalažu. Kašnjenje se najčešće događa za vrijeme državnih blagdana ili praznika. Iako je ugovor o preuzimanju potpisan, takva situacija nije predviđena niti jednim člankom ugovora. U takvim situacijama, u maloprodajnom objektu „CAKI Trans” d.o.o. dolazi do gomilanja prevelikog broja ambalaže iz razloga što korisnici svakodnevno dolaze i vraćaju ambalažu.
- 3) Problem sa nepridržavanjem pravila. Sljedeći problem je u tome što se korisnici ne pridržavaju pravila o pravilnom odlaganju ambalaže. Na vratima gdje se obavlja povrat jasno su istaknuta pravila za odlaganje, no većina korisnika ih zanemaruje. Pretpostavlja se da je razlog tome što je uputstvo rukom napisano na običnom A4 papiru, pa je samim tim nejasno. Također, sljedeće pravilo kojih se ne pridržavaju su ta da dovoze oštećene boce, boce sa čepovima, napukle boce i svakojake druge boce u nadi da će za te boce dobiti novčanu naknadu.
- 4) Problem sa manipulacijom ambalaže. Nakon što je zaprimljena ambalaža, ona se slaže po određenom redoslijedu. Plastične boce slažu se u vreće sa plastičnim bocama i na kraju svake popunjene vreće piše se koliko je ambalaže unutra. U jednu vreću sa plastičnim bocama može stati 50 boca. Tijekom mjeseca popuni se od 40 do 60 vreća plastičnih boca. To znači da se u prosjeku dnevno zaprimi i do 70 boca. Što se tiče staklenih boca, one se najmanje zaprimaju. Mjesečno se zaprimi do 7 vreća staklenki. U jednu vreću stane nešto manje boca nego u prethodnom slučaju, točnije 40 staklenih boca, što znači da se u prosjeku dnevno zaprimi samo 9 boca. Što se tiče limene ambalaže, kroz mjesec se popuni 15 do 20 vreća, dok je zapremina jedne vreće 100 limenki. Dnevni prosjek je 70 limenki, kao i plastičnih boca. Pošto je broj vreća tako velik, potrebna je pravilna manipulacija prilikom odlaganja vreća do dolaska tvrtke „Lotus 91”.

Radnici na povratu, sve manipulacije trenutno rade ručno, dok se u budućnosti očekuje korištenje opreme koja bi uvelike smanjila vrijeme odlaganja, a također bi pomogla u odlaganju većeg broja vreća od jednom.

6.3. Prijedlog rješenja

Na temelju svih navedenih problema u prethodnom pretpoglavlju, moguće je implementirati nekoliko

rješenja, čime bi se problemi riješili ili barem smanjili te time dokazali i potvrdili radnu hipotezu.

Prvi problem rješava se na načina pri kojem pomno odabiremo proizvode koje stavljamo na police u maloprodajni objekt. Prilikom prijevoza robe, roba se zaštićuje od svih mogućih oštećenja, osobito ukoliko se to do sada nije radilo. Roba se, također, zaštićuje tako da je pravilno pakiramo, ovisno o vrsti robe. Prije izbora ambalažnog materijala potrebno je utvrditi kojim se utjecajima pošiljka izlaže za vrijeme transporta ili skladištenja. Ako se u istoj pošiljci nalazi više proizvoda ili više dijelova istog proizvoda potrebno ih je unutar paketa odvojiti zaštitnim pregradama, čime se izbjegava njihovo oštećenje ili lom. Oblik zaštitnih pregrada prilagođava se obliku proizvoda kako bi se onemogućilo pomicanje tokom transporta, osobito za osjetljive proizvode koje se uzima za navedeni objekt. Nakon pravilnog pakiranja i transporta, a prilikom slaganja na police radnici objekta moraju pravilno rukovati robom kako ne bi došlo do oštećenja u objektu jer u protivnom dolazi do gubitka.

Drugi problem je kašnjenje prilikom dolaska po ambalažu. Spomenuto je kako do kašnjenja dolazi zbog blagdana, praznika i neradnih dana te kako navedeno nije uračunato u plan rada i pokriveno stavkama ugovora. Kašnjenja se mogu izbjeći na način da se preuzimanje ambalaže obavi dan prije dogovorenog, a ako slijedi neki neradni dan potrebno je obavijestiti vlasnika objekta kako bi mogao prilagoditi mogući broj ambalaže kapacitetima objekta. Tako ne bi došlo do nagomilavanja ambalaže. Jedan od rješavanja problema kašnjenja sastoji se iz toga da se ugovor sa prijevoznikom tvrtkom raskine, uz zadržavanje prava od strane vlasnika objekta „CAKI Trans” d.o.o. kojom potražuje naknadu štete od prijevoznika zbog zakašnjenja.

Treći problem koji se javlja je nepridržavanje pravila korisnika kada se radi o povratu ambalaže. Kao što je spomenuto, korisnici dovoze boce koje su oštećene, prljave, sa čepovima ili boce inozemnog proizvođača za koje se ne dobiva povratna naknada. Problem je u tome što su pravila napisana na A4 papiru, pa nisu svima toliko vidljiva, ponajviše osobama koji dolaze po prvi puta. Za rješavanje tog problema potrebno je napraviti veliku informativnu ploču sa svim jasno istaknutim i navedenim pravilima kojih se korisnici moraju striktno pridržavati.

I posljednji problem koji se javlja je problem prilikom manipulacije robe. Prodavatelj je dužan omogućiti postavljanje i manipulaciju spremnicima ili drugom opremom za skupljanje ambalažnog otpada ako je njegov prodajni prostor veći od 200 četvornih metara. Prodavatelj može prikupljeni ambalažni otpad privremeno skladištiti u okviru svog zatvorenog ili otvorenog poslovnog prostora ili ga predavati na privremeno skladištenje u ovlaštena privremena skladišta. Oprema koja bi se mogla uvesti i s kojom bi se značajno smanjio proces manipulacije robe je viljuškar, čime ne bi dolazilo do nepotrebnog čekanja.

7. ZAKLJUČAK

Logistički procesi oduvijek su podrška procesu proizvodnje, pritom značajno pomažu osiguranju dostupnosti proizvoda prema krajnjem korisniku. Nakon

završenog korisnog vijeka proizvoda, korisnik ne želi da ono što je ostalo od tog proizvoda ostane kod njega, već želi ukloniti taj proizvod iz svoje okoline. Tada nastupa logistika povrata koja pruža podršku procesu vraćanja proizvoda od kupca prema proizvođaču. Ovaj proces je proširen na način da obuhvaća i otpad koji nastaje tokom procesa proizvodnje, kao i ambalažu koja je korištena za pakiranje proizvoda. Povratna logistika ima zadatak da prihvati materijal koji nastaje tokom procesa proizvodnje, zatim neispravan proizvod koji je greškom poslan kupcu, proizvod kojem je istekao rok trajanja te ambalažu koja je korištena za zaštitu proizvoda tokom transporta. Sustavi integralne logistike uglavnom približavaju proizvode potrošačima, no ponekad ovi sustavi moraju proizvode vraćati natrag kroz opskrbni lanac. Logistika povrata oslanja se na logističke aktivnosti te rukovoditeljske sposobnosti kako bi se smanjio i riješio problem proizvodnog otpada. Prije svega je usmjerena na postizanje ekonomskih i ekoloških koristi koje proizlaze iz boljeg korištenja otpadnih materijala. Naime, potrebe za odlaganjem otpada i reciklažom dovele su do otvaranja novih mogućnosti na tržištu. U ovim poslovima logistika nesumnjivo pomaže zaštitu životne sredine, ali pri tome istovremeno obavlja i neposredni utjecaj na životnu sredinu.

Situacija u svijetu je trenutno takva da je postizanje zaštite životne sredine još daleko. U taj kontekst treba staviti i napore koji se poduzimaju u cilju trajne integracije logističkih aktivnosti u koncept očuvanja životne sredine.

U ovom radu nastojalo se predočiti logistiku povrata u maloprodajnom objektu „CAKI Trans” d.o.o. kao veliki potencijal koji nosi u maloprodaji te se očekuje da će i u budućnosti ova tema biti zastupljena na način koji to ona i zaslužuje. Najvažniji problemi koji se javljaju u analiziranoj tvrtki su kašnjenje outsourcing tvrtke, povrat proizvoda od strane korisnika, nepridržavanje pravila o pravilnom odlaganju proizvoda te problem manipulacije ambalaže.

Nakon proučavanja došlo se do mogućih rješenja problema povrata. Rješenja koja su prikazana i koja se mogu barem djelomično implementirati u poslovanje tvrtke u budućnosti su:

- 1) odabrati primjerene proizvode koji se žele koristiti u maloprodajnom objektu, zatim
- 2) pravilna zaštita robe od oštećenja te
- 3) raskidanje ugovora sa outsourcing tvrtkom, uz zadržavanje prava od strane vlasnika objekta da potražuje naknadu štete od prijevoznika zbog zakašnjenja, uvođenje pravila i propisa koji obvezuju korisnika na korištenje usluga logistike povrata.

Time bi vlasnik trebao omogućiti postavljanje i manipulaciju spremnicima ili drugom opremom za skupljanje ambalažnog otpada.

Na temelju tih rješenja dokazuje se kako logistika povrata ima potencijal u maloprodaji, čime se dokazuje radna hipoteza rada.

8. LITERATURA

- [1] Bloomberg, D.; LeMay, S.; Hanna J. B.: Logistika, Grafotisak d.o.o., 2006.
- [2] Leenders, M. R.; Fearon, H. E.: Purchasing and materials management, Irwin, 1993.
- [3] Furjan, M.: Potencijali logistike povrata u maloprodaji (završni rad), Veleučilište u Varaždinu, 2013.
- [4] <http://www.scribd.com/doc/25374863/LOGISTIKA-Skra%C4%87ena-Skripta-Za-Test> (Dostupno: 07. 2013.)
- [5] <http://hr.wikipedia.org/wiki/Logistika> (Dostupno: 06. 2013.)
- [6] <http://www.scribd.com/doc/74151948/Logistika-skripta-> (Dostupno: 06. 2013.)
- [7] <http://bs.scribd.com/doc/99010392/rastere%C4%8Duju%C4%87a-skripta> (Dostupno: 06. 2013.)

Kontakt autora:

Doc. dr. sc. Ljudevit Krpan

Adamićeva 10, 51 000 Rijeka

051 351 900, 051 351 909, ljudevit.krpan@pgz.hr**Marijana Furjan, bacc. ing. log**

M. Dolanskog 12, 42207 Vinica (Varaždin)

042/208-508, 097/670-2682,

marijana.furjan@gmail.com**Dr. sc. Robert Maršanić**

Fiumara 13, 51 000 Rijeka

051 352 521, 051 317 233,

marsanic@rijekapromet.hr

INŽENJERSKA ETIKA U PROCESU RJEŠAVANJA PROBLEMA

ENGINEERING ETHICS IN THE PROCESS OF PROBLEM-SOLVING

Marijana Kolednjak, Ivana Grabar

Stručni članak

Sažetak: Znanost i tehnika, kao pokretačke snage mnogih promjena, izazivaju kako znanstvenike tako i inženjere da sve više razmatraju etiku. Njihov svakodnevni rad podliježe etičkom vrednovanju budući da aktivnosti u kojima su angažirani uključuju rad s ljudima i za ljude, te se tako nalaze u situacijama u kojima je potrebno donositi etičke odluke. Inženjeri često izražavaju značajne razlike u mišljenju kada su suočeni s predmetima koji zahtijevaju etičko rješenje. Ovo rješenje može se postići pomoću modela rješavanja problema koji je predstavljen i raspravljen u ovomu radu. Model od pet koraka može se primijeniti u različitim stručnim okolnostima. Autori su tako uzeli u obzir razliku između etike i morala s obzirom na različite kontekste u području inženjerstva. Djelovanje jedne osobe može utjecati na opću prirodu i smjer djelovanja u društvu i njegove moralne standarde, a kojih bi inženjeri trebali biti svjesni kada se bave etičkim dvojabama.

Ključne riječi: etika, inženjerstvo, rješavanje problema

Professional paper

Abstract: Science and engineering, being the driving forces of many changes, challenged both the scientists and engineers to start taking ethics into consideration. Their everyday work is subject to ethical evaluation because the activities they are included in involve working with and for people and thus making ethical choices. Engineers often express significant differences of opinion when faced with cases requiring an ethical solution. This solution can be achieved by using the problem-solving model presented and discussed in this paper. This five-step model can be applied in various professional settings. The authors have also taken into consideration the difference between ethical and moral given the different contexts in the field of engineering. The actions of one person can affect the general nature and direction of actions in a society and its moral standards, which engineers should be aware of when dealing with ethical dilemmas.

Key words: engineering, ethics, problem-solving

1. INTRODUCTION

Engineering has made an enormous contribution to providing the material wellbeing that promotes human flourishing. The everyday benefits of engineering include the provision of energy, clean water, sanitation, hygienic food production, pharmaceutical manufacture, buildings, transport, communications and computers. Many of these benefits have become so closely integrated with our everyday life that we are often unaware of our dependence on them until a failure occurs [1].

Science and engineering are the driving forces for the majority of changes witnessed in the 20th century. They require a critical mind that is free of prejudice and open to new ways of thinking, with the capability of investigators to apply honest principles. Since the rapid development of modern science and engineering began during the Renaissance, at the beginning of the 19th century, there was a remarkable rise in academic research at universities. Scientists and engineers have become increasingly interested in questions of ethics, even though they differ regarding the practice applied

(scientists explore the natural world discovering new knowledge while engineers apply that knowledge to solve practical problems, often with an eye toward optimizing cost, efficiency, or other parameters). Ethics deals with values, good and bad, and right and wrong. Both scientists and engineers cannot avoid not being involved in ethics, for what they do and what they do not do is always subject to ethical evaluation.

In conventional English usage, the designation *ethics* is to a large extent used interchangeably with the designation *morality*. The origin of the word *ethics* lies in the Greek *ethikos* referring to *ethos*, that is, distinctive character, spirit or attitude. *Morality* comes from the Latin *moralis*, especially as used in Cicero's translations and commentaries on Aristotle, and is more concerned with which actions are right or wrong [1]. Taking this into consideration, ethics is the study of goodness and rightness [2]. Ethics at its core is about how we relate to others. In such relationships, problems may arise for several reasons, including limited resources and limited sympathy generating competition and conflict rather than mutually beneficial cooperation; limited agreement on

goals and different conceptions of *good*; inadequate rationality, insufficient information and limited understanding; poor communication [1]. Life is complex. Ethics and engineering are complex, too.

The realm of ethics is concerned with standards and requirements for socially acceptable behavior, in addition to following proper procedures for getting things done at any level of interaction – individual, group, organizational, community, governmental or regional.

Various types of professionals, including engineers, often express significant differences of opinion when faced with cases requiring an ethical solution. Scientific and engineering disciplines are considered to be highly ethical professions in which scientists and engineers exhibit behavior of the highest ethical and moral standards [3].

What is the right thing to do in circumstances involving ethical issues in the engineering profession? There are many perspectives that this question can be considered from. For example, from an economic perspective, the right thing to do is whatever is the most profitable; or, from a personal interest perspective, the right thing to do is whatever maximizes one's own wellbeing. Besides the aforementioned perspectives, there may be other ones such as religious, political, social, etc. However, the perspective to be considered in this article is the moral, or ethical, perspective. We want to know what is the morally correct, or right thing to do when faced with situations involving questions of right and wrong, good and evil, virtue and vice.

2. THE FRAMEWORK OF ETHICS

Ethics is based on feelings and instinct, which provides information that allows ethical choices to be made. In addition, ethics does not necessarily involve following cultural law. Some cultures may be ethical while other cultures are corrupt or ignore ethical concerns – following the old adage, *when in Rome, do as the Romans do*, is not a satisfactory ethical standard. On the other hand, ethics provides many reasons for how scientists and engineers *ought* to act [3]. One of the hurdles of applying ethics to science and engineering is to find the correct place to start.

Ethics (morality) is a core branch of philosophy that attempts to define right and wrong; what a scientist does. In philosophical studies, ethics is usually divided into three sub-fields: meta-ethics, normative ethics, and applied ethics. *Meta-ethics* includes investigation of whether or not ethical claims are capable of being true or false, or if they are expressions of emotion. *Normative ethics* attempts to arrive at practical moral standards that would tell, for example, the scientist or engineer what is right or what is wrong. *Applied ethics* is the application of theories of right and wrong and theories of value to specific issues such as honesty and lying [3].

It is clear that:

1. scientific and engineering ethics (morality) require a *human agent* (the scientist or engineer) to carry out the actions and often, but not always, also a human as the recipient of the action;

2. the moral action requires the capacity within the scientist or engineer to reason with the actions, and then understand whether such actions are ethical or unethical (moral or immoral); and

3. the scientist or engineer must be responsible for his actions and have the freedom – in some cases it is designated as *academic freedom* – to act otherwise.

3. ETHICAL TERMS AND DEFINITIONS

In contemporary literature, for example, in W. K. Frankena [4] and J. Rawls [5], the term 'ethics' often refers to reflective and theoretical perspectives of right and wrong, what dictionaries call *moral philosophy*. It also refers to the system or code of morals practiced by a particular person, group, or profession. The term morality refers generally to actual principles of conduct practiced by individuals or groups of individuals or to ethics. Because of the obvious overlap in the meaning of these terms, we generally find both being used interchangeably in the literature [6]. For this reason, the words morality and ethics will be treated as synonyms in this article.

In their broadest and most familiar meaning, morality and ethics are concerned with many forms of belief about good and bad, right and wrong, appropriate and inappropriate human behavior, rights, virtue, and vice. Morality and ethics are studies of what we *ought* to do and how we *ought* to behave from a moral viewpoint, as opposed to an economic, religious, political, or prudential viewpoint. From these perspectives, what we ought to do may be very different from what we ought to do from a moral perspective. For example, if one wants to get to an important interview on time, it might be prudent to exceed the speed limits while driving to one's appointment. In this case, he or she ought to speed. However, if it is morally wrong to speed, then the moral thing to do is not to speed. In this case, *there is a* difference between what a person ought to do morally, the so-called *moral ought*, and what he or she ought to do to further some non-moral goal (such as an economic goal), which is sometimes referred to as the *prudential ought* [6].

The kinds of situations that are particularly challenging in ethics are those that involve an *ethical dilemma*. An ethical dilemma exists whenever moral reasons or considerations can be offered to support two or more opposing courses of action. For example, respect for individual self-determination could be offered as a moral reason to support a person's decision not to wear seatbelt while respect for the value of human life might be used to support, or justify, mandatory seatbelt laws [6].

4. PROBLEM-SOLVING IN ETHICS

Problem-solving that may be needed when dealing with various ethical issues can be approached by using a five-step model. This model can be applied in various professional settings as it is displayed in Figure 1.

According to Humphreys [6], these five steps are as follows.

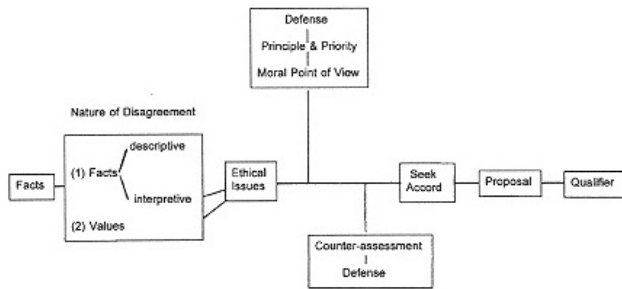


Figure 1. Problem-solving in ethics

By formulating the exact nature of the ethical problem or dilemma as the first step of the model proposed, we would be able to recommend a solution or give advice relevant to the interested parties.

In the next step, we identify the facts that we have and gather all the relevant facts available and make sure we understand them. This will enable us make an informed decision relevant for the case. Nevertheless, adequate knowledge of the facts is no guarantee that a morally appropriate decision will be reached. However, anything less would make the decision-making process both arbitrary and impertinent. Another reason is that sometimes a problematic looking issue is not really a disagreement over sensitive moral issues or values but a disagreement over the *descriptive nature of the facts*. These are the cold, hard facts, such as whether it is raining today in Zagreb or not, that we have to interpret in terms of certain moral values and genuine beliefs that we have, which is consequently morally debated.

The third step is used to assess the strengths and weaknesses of competing moral viewpoints as carefully and critically as possible by making the best possible case for them and defending them as thoroughly as possible. The reasons that have been offered must be ultimately justified. Moral reasoning is what forces us to consider the interest of others as equivalent and sometimes prior to our own interests. Morality on one side and prudence and self-interest on the other side sometimes do not coincide precisely because morality generally imposes obligations to promote the interests of others over one's own interests. Truth telling, for example, is a moral duty that imposes an obligation to tell the truth even though one's personal ends might be better served by lying. In other words, we are attempting to justify our position by offering a solid defense grounded in compelling reasons.

Case ethics requires immediate reaction/decision since there is no time for leaving the problems unsolved. The following step is taking a stand since the competing positions have been considered. The practical issue that arises is how to decide which of the competing moral viewpoints is the most compelling or most correct. For example, if an individual is making a decision, it will be a personal estimation, no matter how good it is. However, when a committee is making a decision, it is likely to be decided by a vote of all the committee members, which makes it less personal and biased.

Because a consensus is sometimes not unanimous, committees must qualify the recommendations they make by describing the level of consensus achieved, which means the final, fifth step has been taken.

5. WHAT IS THE ISSUE?

At its best, engineering changes the world for the benefit of humanity. However, there are significant imbalances in the application of engineering knowledge. In some instances, appropriate technology is available but is not being applied.

A prominent example is water treatment. The provision of drinkable supplies through more effective management and treatment of freshwater resources and through desalination of sea and ground water is one of the most significant challenges that the world is faced with. Appropriate water management and treatment processes, both simple and advanced, are available. Therefore, it might be expected that the design, installation and operation of such processes would be accepted as being unequivocally good and would be given the highest priority. However, this is not the case. As a result, 2 billion people are affected by water shortages in over forty countries, 1.1 billion people do not have safe drinking water and 2.4 billion have no provision for sanitation. The consequences are severe: it is estimated that 25,000 people die every day from water-related hunger (some specifically from thirst) and that 6,000 people, mostly children under the age of five, die every day from water-related diseases [7].

6. PRACTICAL OUTCOMES

What is obviously ethical and moral in one context may be quite the opposite in another. In engineering, the distinction between black and white is often even less clear. Engineers operate in a multinational, multicultural business environment in which what is considered moral and ethical often varies from one location to another. In some cultures it is legal and morally acceptable business practice for substantial gifts to be exchanged between those desiring to do business in that area and those seeking to have the work done. In Western cultures, this is considered to be bribery and is illegal.

Clearly, ethics is not black or white – it is many shades of gray depending upon the given situation. Nevertheless, engineers do have guidance in determining what ethical standards they should apply to their life and work applying the codes of ethics of their professional societies. For the engineer, these codes define what is acceptable and what is not. They define what engineering ethics is and what it is not. Every engineer and engineering student should become thoroughly familiar with the code of ethics of his or her disciplinary engineering society [6].

7. ETHICAL CHALLENGES IN ENGINEERING, CONSTRUCTION, AND PROJECT MANAGEMENT

According to Humphreys [6], the myth of amoral business persists and indeed a common observation is that the phrase *business ethics* is an oxymoron. But such a view is dependent on the subjugation of personal interests that insist on business people acting under the guidance of a moral philosophy that is often contrary to business itself.

Humphreys states that the nature of projects themselves presents many ethical concerns. First, in the project initiation and feasibility stage, there are concerns about such things as falsification of estimates, invalid requests for proposals that are really only an effort to obtain project ideas, and concerns about the ethical responsibilities of external consultants.

Then, when the project progresses to the planning and organization stage, many more areas of ethical concern arise such as bid rigging (which involves divulging of confidential information to some bidders in an effort to influence the amounts of the bids or to give some bidders an unfair advantage over other bidders), low balling (contractors attempting to buy the project by bidding low in the expectation of recovering any costs via subsequent change orders, contract renegotiations, or simply by cutting corners), bribery (particularly in international project work), firms declaring their capability to perform while not truly being able to do so, falsified estimates of cost and schedule, discrimination in hiring, and many others.

In the implementation and execution phase many additional concerns may arise including padding of expense accounts, using substandard materials, compromising health and safety standards, withholding information from clients, owners, or superiors, etc.

Finally, at project closing, problem areas such as failing to honor commitments to project personnel, failure to recognize or admit project failure, and sloughing off to protect one's position can occur.

Ethical dilemmas are common for engineers, project managers, and construction managers. Among those identified in discussions with a number of project professionals are:

- being offered gifts from contractors or vendors
- pressuring to alter status reports with backdated signatures or faded documents to mask reality of project status
- compromising quality
- falsifying reports of charges for time and expenses
- lowering the quality of communication with co-workers and management and clients
- abusing power and openness and transparency of information.

8. CONCLUSION

Personal thoughts and behavior can override the influence of any other factor, including the Codes of Ethics of professional bodies. The ability to manage

emotions during the processes of scientific and engineering research orients many individuals to act on feelings and engage in unethical practices. This is reflected in the increasing frequency of reports of misconduct in the scientific and engineering disciplines [3].

Indeed, the actions of one person can have an impact on the actions of others and, as such, the general nature and direction of actions in a society may affect the choices of others and their level of consideration for moral standards. Such actions influence concerns for the common good, levels of egoism and altruism, and the eventual emergence of rights, duties and entitlements.

Engineers should place service before profit, the honor and standing of the profession before personal advantage, and the public welfare before all other considerations.

Professionalism is not a visual appearance or a facade one puts on to impress others, nor is it a masochistic desire to sell your soul to the company store. Instead, it is an attitude, a desire to do a good job, to do it in an ethical and cost-effective manner, to strive to do an even better job in the future, to continue to educate yourself and expand your scope of knowledge, and to assist others who come along behind you to emulate what you do and know and to do it better for the benefit of future generations [6].

The continuity of civilization depends on people, i.e. scientists and engineers, interacting in a genuinely ethical manner.

Ethics has sometimes been viewed by engineers as a somewhat arcane theoretical aspect of philosophy having little relevance to their practical activities in the world. However, ethics is in essence practical, for the way in which we choose to act and live is the primary objective of such analysis and contemplation. Ethical decisions, like engineering decisions, may have significant consequences for human wellbeing [1].

9. REFERENCES

- [1] Bowen, W. R.: Engineering Ethics Outline of an Aspirational Approach, Springer-Verlag, London, 2009
- [2] http://www.davidschmidt.com/sites/default/files/files/Language_of_Ethics.pdf (retrieved on May 27, 2014)
- [3] Speight, J. G.; Foote, R.: Ethics in Science and Engineering, Scrivener Publishing LLC, Salem, 2011
- [4] Frankena, W. K.: Ethics, 2nd ed. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, NJ, 1973
- [5] Rawls, J.: A Theory of Justice, Cambridge, Harvard University Press, MA, 1971
- [6] Humphreys, K. K.: What Every Engineer Should Know About Ethics, Marcel Dekker, Inc., New York, 1999
- [7] First UN system-wide evaluation of global water resources: http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=10064&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html (retrieved on May 25, 2014)

Kontakt autora:

Marijana Kolednjak

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3
42000 Varaždin
e-mail: mkolednjak@unin.hr

Ivana Grabar

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3
42000 Varaždin
e-mail: igrabar@unin.hr

POSTUPAK GOSPODARENJA OTPADOM U PETROKEMIJI

WASTE MANAGEMENT IN PETROKEMIJA

Ivanka Baglama

Stručni članak

Sažetak: Petrokemija d.d. je kemijska industrija koja se kod gospodarenja otpadom pojavljuje kao proizvođač otpada, posjednik otpada i oporabitelj otpada. Proizvođač otpada odgovoran je za odabir najprihvatljivijeg i za okoliš najmanje štetnog postupka obrade ili zbrinjavanja.

Sve organizacijske cjeline čijom djelatnošću nastaje otpad i/ili postupaju s otpadom provode mjere gospodarenja otpadom sukladno odredbama Zakona o otpadu, podzakonskim aktima, postupcima i uputama za rad. Provodi se cjelovito gospodarenje otpadom koje obuhvaća sve aktivnosti od educiranja zaposlenika o vrstama otpada, postupcima prevencije nastanka, karakteristikama i svojstvima otpada, o štetnom djelovanju na okoliš, mogućnostima reduciranja, uporabi i potencijalnim uštedama. Posjedujemo ovlaštenja za sakupljanje, skladištenje, uporabu, odlaganje i zbrinjavanje neopasnog i opasnog otpada. Ažurno se vode svi zapisi o otpadima i pravovremeno dostavljaju nadležnim tijelima.

Dobrim gospodarenjem otpadom smanjujemo utjecaj na okoliš i poboljšavamo učinkovitost, a time povećavamo konkurentnost naših proizvoda na tržištu.

Cilj nam je spriječiti nastajanje otpada gdje god je to moguće i smanjivati količine otpada na mjestu nastanka te smanjivanje opasnih svojstava otpada čiji se nastanak ne može spriječiti, a sukladno NRT-u (najbolje raspoloživim tehnikama) kao i ciljevima IPPC-a.

Ključne riječi: gospodarenje otpadom, proizvođač otpada, obrada otpada

Professional paper

Abstract: Petrokemija, Plc. is a chemical industry, which is a waste generator, owner and recovery operator in the waste management process. The waste generator is responsible for selecting the most acceptable and least environmentally harmful process of waste recovery or disposal.

All organizational units, whose activity generates waste and / or deal with waste, implement waste management measures in accordance with the provisions of the Waste Act, by-laws, procedures and work instructions. An integrated waste management that is conducted encompasses all the activities of educating employees on the types of waste, waste generation prevention procedures, characteristics and properties of the waste, harmful impact on the environment, the possibility of reducing and recycling waste and potential savings. We have a certificate for the collection, storage, recycling and disposal and management of hazardous and non-hazardous waste. Records of all waste are kept, updated and promptly reported to competent authorities.

Good waste management reduces the waste impact on the environment and improves efficiency, thereby increasing the competitiveness of our products in the market.

Our goal is to prevent the generation of waste wherever possible, reduce the amount of waste at its source and reduce hazardous waste properties whose generation cannot be prevented and in accordance with BAT (best available techniques) as well as the objectives of IPPC.

Key words: waste management, waste generator, waste processing

1. UVOD

U Petrokemiji d.d. Kutina gospodarenje otpadom je davno prepoznato kao važan aspekt okoliša i posvećuje mu se maksimalna pažnja s ciljem da se smanjuju količine na mjestu nastanka i odabiru najmanje štetni postupci recikliranja, obrade i/ili zbrinjavanja otpada s maksimalnom zaštitom okoliša i zdravlja ljudi. Gospodarenje otpadom provodi se sukladno Zakonu o zaštiti okoliša, Zakonu o otpadu i nizu pod zakonskih

propisa (uredbe i pravilnici) i Međunarodnim ugovorom – Baselska konvencija.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

Na nivou Republike Hrvatske u primjeni su dokumenti gospodarenja otpadom:

- Nacionalna strategija zaštite okoliša i Nacionalni plan djelovanja za okoliš

- Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske
- Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007. – 2015. godine
- Plan gospodarenja otpadom u Sisačko-moslavačkoj županiji (Službeni glasnik SMŽ)

Petrokemija d.d. Kutina smještena je u Sisačko-moslavačku županiju koja je temeljem Zakona o otpadu donijela Odluku o donošenju Plana gospodarenja otpadom u kom predlaže koncept održivog sustava gospodarenja otpadom na razini Županije, uključujući lokalnu samoupravu (gradove i općine) i subjekte u sustavu gospodarenja otpadom (komunalna poduzeća, proizvođače, sakupljače, obrađivače). Plan gospodarenja otpadom izrađuje proizvođač otpada koji godišnje proizvodi više od 150 tona neopasnog otpada i/ili više od 200 kilograma opasnog otpada, dužan je planirati gospodarenje otpadom za razdoblje od četiri godine.

Planove gospodarenja otpadom Petrokemija izrađuje na obrascu PGO-PO koji se sastoji od sljedećih cjelina:

1. Podaci o proizvođaču / posjedniku otpada
2. Podaci o otpadu (ključni broj, vrsta otpada, sadašnji procesi nastanka, planirani trend nastajanja, mjere sprečavanja ili smanjivanja nastajanja otpada i njegove štetnosti)
3. Postojeći način oporabe / zbrinjavanja
4. Potvrđeni način oporabe / zbrinjavanja

Planove dostavlja Upravnom odjelu za zaštitu okoliša i prirode Sisačko-moslavačke županije i Agenciji za zaštitu okoliša.

Prema obvezama i odgovornostima u gospodarenju otpadom koje proizlaze iz Zakona o otpadu i pripadajućim pod zakonskim aktima proizvođač/posjednik otpada odgovoran je za gospodarenje svim vrstama otpada koje nastaju njegovom djelatnošću i snosi troškove gospodarenja otpadom prema količinama i svojstvu otpada uz primjenu načela „onečišćivač plaća“.

Prema mjestu nastanka otpad se dijeli na : komunalni otpad, proizvodni otpad i posebne kategorije otpada.

Komunalni otpad je otpad iz kućanstava, ali i iz proizvodnih procesa i/ili uslužnih djelatnosti ako je po svojstvima i sastavu sličan otpadu iz kućanstva.

Proizvodni otpad je otpad koji nastaje u proizvodnom procesu u industriji, obrtu i drugim procesima, a po sastavu i svojstvima se razlikuje od komunalnog otpada. Proizvodnim otpadom se ne smatraju ostaci iz proizvodnog procesa koji se koriste u proizvodnom procesu istog proizvođača.

Posebne kategorije otpada su otpadi za koje se gospodarenje propisuje posebnim propisom Zakona o otpadu tj. Pravilnicima o gospodarenju otpadnim uljima, ambalaži i ambalažnom otpadu itd.

Otpad po svojstvu dijelimo na: opasni otpad, neopasni otpad i inertni otpad.

Popis djelatnosti koje generiraju otpad, ključni broj i naziv otpada, mogući postupci obrade otpada navedeni su u Uredbi o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada koja služi proizvođaču/posjedniku otpada za pravilno razvrstavanje otpada i na koji način će postupati sa nastalim otpadom.

Cilj Ministarstva zaštite okoliša i prirode, lokalne samouprave i subjekata u sustavu gospodarenja otpadom je uspostavljanje sustava sakupljanja, recikliranja, oporabe i/ili zbrinjavanja, zaštita okoliša i zdravlje ljudi. Da bi se ostvarili planirani ciljevi potrebno je provoditi sljedeće aktivnosti:

- osigurati primjenu zakonske regulative,
- smanjivati količine otpada,
- odvojeno sakupljati otpad,
- povećati financijska sredstva za gospodarenje,
- provesti sanaciju odlagališta,
- izgraditi uređaje za obradu otpada,
- kontrolirati sakupljanje i zbrinjavanje otpada.

Da bi se prethodno navedeno postiglo neophodno je permanentno obrazovanje svih ciljnih skupina i njihovo aktivno sudjelovanje u ostvarenju planiranih ciljeva, uz adekvatna financijska ulaganja.

2.1. Gospodarenje proizvodnim neopasnim otpadom

Postupanje s vlastitim neopasnim otpadom u smislu njegovog trajnog zbrinjavanja provodi se na sljedeće načine (ovisno o otpadu):

- trajno odlažu na odlagalište Petrokemije ili odlagalište izvan Petrokemije (uz prethodno kondicioniranje ako je potrebno)
- predaja ovlaštenoj vanjskoj ustanovi na trajno zbrinjavanje
- predaja u drugi profitni centar unutar Petrokemije na daljnje postupanje
- predaja u drugi profitni ili troškovni centar na trajno zbrinjavanje.

Organizacijske cjeline su odgovorne za razvrstavanje, odvojeno sakupljanje, pakiranje i ispravno skladištenje otpada do predaje u definirani i ovlašteni profitni centar koji otpad predaje sakupljaču/prijevozniku uz Prateći list (obrazac PL-No/Io). Za sve nastale otpade vode se Očevidnici o nastanku i tijeku otpada (obrazac ONTO) sukladno Pravilniku o gospodarenju otpadom.

Organizacijska cjelina čijom djelatnošću nastaje neopasni otpad koji se trajno zbrinjava odlaganjem na odlagalište neopasnog otpada mora osigurati od strane akreditiranog laboratorija Izvješće o ispitivanju fizikalnih i kemijskih svojstava otpada sukladno Pravilniku o načinima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada. Sukladno navedenom pravilniku za otpad koji se trajno zbrinjava odlaganjem treba provesti Osnovnu karakterizaciju otpada kao i provjeru sukladnosti koja je u njoj definirana.

Po isteku kalendarske godine ispunjava se Prijavni list (obrazac PL-PPO) za otpade koji su izravno predani ovlaštenoj tvrtki na zbrinjavanje i zbrinute na odlagalište Petrokemije.

2.2. Gospodarenje opasnim otpadom

U Petrokemiji nastaju određene vrste opasnog proizvodnog otpada, a veći dio opasnog otpada spada u

grupu posebnih kategorija otpada. Postupanje s opasnim otpadom provodi se na sljedeći način:

- prikupljanje u profitnim i troškovnim centrima gdje je otpad nastao te predaja ovlaštenoj tvrtki na zbrinjavanje i/ili uporabu preko profitnog centra u Petrokemiji
- prikupljanje otpada i direktna predaja ovlaštenoj tvrtki za zbrinjavanje (katalizatori, zauljeni otpad)

Otpadna ambalaža onečišćena opasnim tvarima zbrinjava se o trošku i na način dogovoren s proizvođačem, a što se definira u postupku nabave.

Kada se opasni otpad predaje ovlaštenoj tvrtki na zbrinjavanje i/ili uporabu proizvođač izdaje Prateći list (PL-Oo), a kada je to otpad gdje nije moguće uzeti prosječan uzorak ili je godišnja količina otpada manja od jedne tone predaje se potpisana i ovjerena Deklaracija o fizikalnim i kemijskim svojstvima otpada (DKFSO).

Ako je godišnja količina opasnog otpada jednaka ili veća od jedne tone ili je sastav nepoznat mora se osigurati od strane akreditiranog laboratorija adekvatno Izvješće o ispitivanju fizikalnih i kemijskih svojstava otpada, s određenim parametrima koji se definiraju ovisno o predviđenom postupku uporabe/zbrinjavanju otpada.

Za sve nastale otpade vode se Očevidnici o nastanku i tijeku otpada na propisanim obrascima.

2.3. Gospodarenje posebnim kategorijama otpada

Djelatnošću Petrokemije nastaju i otpadi koji se svrstavaju u posebnu kategoriju otpada, a to su: ambalažni otpad, otpadna ulja, otpadni električki i elektronički uređaji i oprema, otpadne baterije i akumulatori, otpadne gume, otpadna vozila, otpad koji sadrži poliklorirane bifenile i poliklorirane terfenile i dr. Otpadi po svojstvu mogu biti neopasni i/ili opasni.

Za sve nastale otpade vode se Očevidnici o nastanku i tijeku otpada (obrazac ONTO, ONTOU- za otpadna ulja i ONTOBA- za otpadne baterije i akumulatore) sukladno Pravilniku o gospodarenju otpadom, otpadnim uljima, otpadnim gumama, otpadnim baterijama i akumulatorima.

Ambalažni otpad odvojeno se prikuplja po vrstama i putem ovlaštenog profitnog centra predaje na trajno zbrinjavanje ovlaštenim sakupljačima uz popunjeni Prateći list (obrazac PL-No/Io).

Količine i vrste ambalaže u kojoj su proizvodi Petrokemije stavljeni na tržište Republike Hrvatske vode se u očevidnicima na obrascu OONZ (za kvartalna izvješća) i OONZPPPN (za godišnja izvješća) koji se dostavlja Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost za naplatu naknade za zbrinjavanje ambalažnog otpada sukladno Pravilniku o ambalaži i ambalažnom otpadu.

Korisnici proizvoda Petrokemije d.d. mogu dogovoriti besplatno zbrinjavanje neopasne otpadne ambalaže (vreće od gnojiva) sa ovlaštenim tvrtkama, a mogu se odložiti i u postojeće namjenske kontejnere za otpadnu plastiku ili dogovoriti postavljanje namjenskih kontejnera za tu svrhu. Ambalaža onečišćena amonijevim

nitratom (N 34,8 % i N 33,5 %) zbrinjava se putem tvrtki ovlaštenih za zbrinjavanje opasnog otpada.

Na nivou Petrokemije ili organizacijskih cjelina gdje otpad nastaje primjenjuju se postupci ili upute u kojima je detaljno opisano postupanje sa navedenim otpadom, edukaciji zaposlenika, vođenju potrebnih zapisa, pravovremenom informiranju nadležnih tijela i čuvanje zapisa sukladno zakonskim propisima.

2.4. Gospodarenje komunalnim otpadom

Komunalni otpad odlaže se u namjenske kontejnere koji su postavljeni na definirane lokacije po organizacijskim jedinicama. Postupanje s komunalnim otpadom detaljno je opisano uputom Upravljanje komunalnim i nekorisnim otpadom.

Evidenciju o količinama nastalog otpada vodi odgovorna osoba u Troškovnom centru Zajednički i opći poslovi.

2.5. Izvoz neopasnog i opasnog otpada

Proizvodni otpadi koji se ne mogu reciklirati, uporabiti, a ni trajno zbrinuti u Republici Hrvatskoj izvozi se sukladno Zakonu o otpadu, Baselskoj konvenciji i Uredbi o nadzoru prekograničnog prometa otpadom. Petrokemija je registrirana za djelatnost izvoza neopasnog otpada, a opasni otpad se izvozi putem ovlaštenih tvrtki pri MZOIP. Organizacijska cjelina u kojoj nastaje otpad vodi očevidnik o nastanku i tijeku otpada, dostavlja svu potrebnu popratnu dokumentaciju (izvješće o ispitivanju, prateći list i na kraju godine popunjava obrazac PL-PPO).

2.6. Gospodarenje neopasnim i opasnim otpadom drugih proizvođača/posjednika

Postupanje s neopasnim i opasnim otpadom u Petrokemiji opisano je u:

- Planu gospodarenja neopasnim otpadom i posebnim kategorijama neopasnog otpada,
- Planu gospodarenja otpadom koji se odlaže na sekciji 41300 (neutralizacija) i 41100 (odlagalište fosfogipsa)
- Planu gospodarenja opasnim otpadom

Petrokemija d.d. sukladno važećoj dozvoli za obavljanje djelatnosti gospodarenja opasnim otpadom može na dijelu svojih proizvodnih postrojenja provoditi:

- privremeno skladištenje postupkom R13- skladištenje otpada prije bilo kojeg postupka uporabe R 1-R 12,
- uporabe postupkom R5 recikliranje/obnavljanje
- obrade postupkom D 9, a koja za posljedicu ima konačne sastojke i mješavine koje se zbrinjavaju bilo kojim postupkom D 1- D 12. postupkom R neopasnog i opasnog otpada kao i odlaganje neopasnog otpada na odlagalište.

Sukladno važećoj Dozvoli za gospodarenje neopasnim otpadom Petrokemija d.d. može obavljati djelatnosti:

- sakupljanja i prijevoza,

- privremenog skladištenja,
- obrade neopasnog otpada (postupkom R 7 – uporaba otpadnih sastojaka koji se koriste za smanjivanje onečišćenja)
- odlaganje neopasnog otpada (postupcima D1- odlaganje otpada u ili na tlo i D 4- odlaganje otpada u površinske bazene)

Neopasni otpad odlaže se na postojeće odlagalište otpada fosfogipsa sukladno dozvoli koja je izdana temeljem Zakona o otpadu i Pravilnika o načinu i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada. Nakon ispitivanja eluata otpada, u slučaju potrebe provodi se prethodna obrada-kondicioniranje, a potom se otpad trajno odlaže prema pravilima za odlaganje na odlagalištu.

Sve aktivnosti postupanja s neopasnim i opasnim otpadom drugih proizvođača/posjednika moraju biti popraćene adekvatnim zapisima sukladno zakonskim propisima.

2.7. Obveze proizvođača otpada

Petrokemija kao proizvođač i posjednik otpada prema odredbama Zakona o otpadu i pod zakonskim propisima dužna je o tome voditi podatke i dostavljati ih nadležnim tijelima, a u svrhu praćenja tokova otpada, nadzora nad provedbom propisa, izrade izvješća i ocjene provedenih mjera na području gospodarenja otpada.

Proizvođač/posjednik otpada ima obvezu vođenja, dostave i čuvanja propisane dokumentacije o nastanku i tijeku otpada.

Tablica 1. Obveze vođenja zapisa i prijave podataka za otpad

Vrsta zapisa	Obrazac	Mjesto dostave	Rok za dostavu
Plan gospodarenja otpadom	PGO-PO	- nadležnom tijelu županije - AZO - arhiva proizvođača	svake 4 godine
Očevidnik o nastanku i tijeku otpada	ONTO	-arhivira proizvođač/posjednik	- kontinuirano vodi posjednik otpada
Prateći listovi: - za opasni otpad - za neopasni/inertni otpad - za komunalni otpad	PL-Oo PL-No/Io PL-Ko	-preuzima sakupljač/obrađivač uz pošiljku otpada	- uz svaku pošiljku otpada
Prijavni listovi za Registar onečišćavanja okoliša-za:proizvođača/posjednika proizvodnog otpada, Oporabitelja/zbrinjavatelja, Sakupljač/prijevoznik komunalnog otpada, Sakupljač/prijevoznik proizvodnog otpada	PI-1 PI-2 PL-PPO PL-OPKO PL-SKO PL-SPO	- nadležnom tijelu u Sisačko-moslavačkoj županiji	- do 1.3. za proteklu kalendarsku godinu

Izvoznik neopasnog otpada (prateći list za prekogranični promet)	NO-PLPPNO	-proizvođaču/posjedniku -sakupljaču/prijevozniku -nadležnom tijelu u županiji	- nije propisan
Izvoznik opasnog otpada (obrazac dokumenata o prometu)	DOP	- ovjerena kopija izvozniku (posjedniku) i u MZOIP	- za svaku pošiljku
Podaci o realiziranom izvozu otpada (godišnje izvješće)	- nije propisan	- MZOIP - AZO	- 31.3.
Očevidnik- obračuna nak. zbrinjavanja ambalaže	OONZ	- FZOEU	-tromjesečno -godišnje do 1.3.
Očevidnik za obračun nak. zbr.povratne i poticajne naknade	OONZPPN	- FZOEU	- do 31.3.tekuće godine
Očevidnik o nastanku i tijeku otpadnih ulja	ONTOU	- posjednik	- kontinuirano vodi posjednik
Očevidnik- za baterije i akumulatore	ONTOBA	- posjednik	- kontinuirano vodi posjednik
Očevidnik za otpadne gume	ONTOG	- posjednik	- kontinuirano vodi posjednik
Izvješće o fizikalnim i kemijskim svojstvima otpada od akreditiranog laboratorija	-nije propisan	- sakupljaču, prijevozniku, obrađivaču - posjednik	- uz svaku pošiljku
Deklaracija o fiz. i kem. svojstvima otpada	DFKSO	- sakupljaču, prijevozniku, obrađivaču i posjedniku	- uz svaku pošiljku
Izvješće o provjeri sukladnosti neopasnog otpada	- nije propisan	- posjednik	- svake godine
Opća karakterizacija otpada za odlaganje	- nije propisan	- posjednik	- svake godine

4. ZAKLJUČAK

Otpad osim što prouzrokuje onečišćenja u prirodi i okolišu predstavlja gubitak resursa iz proizvodnje i resursa iz prirode. Nastanak otpada i dobro gospodarenje otpadom je važno područje za Petrokemiju d.d. kao proizvođača s ciljem da se proizvodnja otpada svede na najmanju moguću mjeru što pridonosi poboljšanju učinkovitosti, smanjenju troškova i smanjenju utjecaja na okoliš.

U okviru načela cjelovitog sprječavanja i nadzora onečišćenja (IPPC) otpadom potrebno je primijeniti najbolje raspoložive tehnike utvrđene Zakonom o zaštiti okoliša.

Prilikom određivanja najbolje raspoloživih tehnika (NRT) treba razmotriti:

- primjenu tehnologija koje proizvode malo otpada (ako je moguće i ekonomski opravdano)
- uporaba i recikliranje tvari korištenih i nastalih u procesu kao i otpada
- upotrebljavati manje štetnih tvari

- potrošnju sirovina uključujući i prirodne resurse (voda) korištene u procesu te energetske učinkovitost procesa
- smanjenje na najmanju mjeru općeg utjecaja emisija na okoliš i rizika po okoliš.

Svaka tvrtka bi trebala imati sustavni pristup radi utvrđivanja mogućnosti za smanjivanje količina otpada.

Koraci sustavnog pristupa su:

- faza procjene,
- rangiranje opcija,
- priprema akcijskog plana,
- provedba i upravljanje,
- preispitivanje i revizija,
- povratna informacija.

Prednosti sustavnog pristupa gospodarenja otpadima su:

- poboljšanje učinkovitosti proizvodnih procesa i poslovanja,
- prepoznavanje stvarnog troška otpada i njegovog učesća u ukupnom poslovanju,
- poznavanje i mijenjanje postupaka i smanjivanja količina otpada i sprječavanje nastanka otpada
- primjena materijala u proizvodnim procesima koji su manje štetni za okoliš

Svi dionici moraju se permanentno obrazovati i prema potrebi dodatno osposobljavati, kontinuirano provoditi nadzor nad sustavom i postupcima i ako je opravdano provesti zamjenu i/ili rekonstrukciju postojećih tehnologija.

Uključivanjem svih zaposlenika koji moraju biti svjesni ciljeva i svoje uloge u njihovoj realizaciji može se očekivati napredak i ostvarenje planiranih ciljeva sa kvantificiranim pokazateljima koji će nam ukazati da li smo razumno i odgovorno gospodarili otpadom.

Samo dobrim gospodarenjem otpadom možemo očekivati očuvanje prirodnih resursa i čistiji okoliš koje trebamo ostaviti mlađim naraštajima u nasljeđe čija će zadaća biti daljnje očuvanje, a to se može postići samo tako da se obrazovanje i dobre navike provode od rane mladosti do kraja života.

- [7] Priručnik za vođenje podataka o otpadu, AZO
- [8] Smjernice za najbolje raspoložive tehnike – Smanjivanje količine otpada, MZOIP
- [9] Smjernice za najbolje raspoložive tehnike – Odlagališta, MZOIP
- [10] Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada, NN 117/2007, 111/2011, 17/2013.

Kontakt autora:

Ivanka Baglama
Petrokemija d.d. Kutina
ivanka.bagluma@petrokemija.hr

5. LITERATURA

- [1] Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, NN 130/2005
- [2] Zakon o otpadu, NN 178/2004, 111/2006, 60/2008, 87/2009.
- [3] Pravilnik o gospodarenju otpadom, NN 23/2007, 111/2007.
- [4] Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007-2015.godine, NN 85/2007, 126/2010, 31/2011.
- [5] Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada, NN 50/2005, 39/2009.
- [6] Pravilnik o registru onečišćavanja okoliša, NN 35/2008.

12pt

12pt

12pt

NASLOV NA HRVATSKOM JEZIKU (Stil: Arial Narrow, 14pt, Bold, Verzal, Center)

12pt

NASLOV NA ENGLESKOM JEZIKU (Stil: Arial Narrow, 14pt, Verzal, Center)

12pt

Ivan Horvat, Thomas Johnson (Stil: Times, 12pt, Bold, Italic, Center)

12pt

Kategorizacija članka

Sažetak: Sažetak članka na hrvatskom jeziku sa najviše 150 riječ pisan jezikom članka (obično hrvatski). Sažetak mora što vjernije odražavati sadržaj članka. U njemu se navode upotrijebljene metode i ističu ostvareni rezultati kao i doprinos članka. Časopis *TEHNIČKI GLASNIK / TECHNICAL JOURNAL* objavljuje znanstvene i stručne radove iz područja strojarstva, elektrotehnike, graditeljstva, multimedije, logistike a također i iz njihovih graničnih područja. Ovaj dokument se koristiti kao predložak za pisanje članka kako bi svi članci imali isti način prijeloma (Stil: Times New Roman, 10 pt, Italic)

10pt

Cljučne riječi: Abecedni popis ključnih riječi na hrvatskom jeziku (5-6 ključnih riječi). Ključne riječi u pravilu su iz naslova članka, a samo eventualno iz sažetka članka. (Stil: Times New Roman, 10 pt, Italic)

10pt

Categorization article

Abstract: Sažetak članka na engleskom jeziku (Stil: Times New Roman, 10 pt, Italic)

10pt

Key words: ključne riječi na engleskom jeziku (Stil: Times New Roman, 10 pt, Italic)

10pt

10pt

1. OBLIKOVANJE ČLANKA (Stil: Arial Narrow, 12pt, Bold, Verzal, Align Center)

10pt

Članak se piše latiničnim pismom, a za oznake se može koristiti i grčko pismo. Opseg članka u pravilu se ograničava na osam stranica A4 formata (sukladno predlošku s uključenim svim slikovnim prilogima). Pri oblikovanju teksta članka ne smije se koristiti postavka za automatsko rastavljanje riječi.

10pt

1.1. Osnovna uputstva (Stil: Arial Narrow, 12pt, Bold, Align Left)

10pt

(Uvlaka prvog reda 5mm) Dokument je formata A4 sa marginama 20 mm sa svake strane. Koristi se prijelom u dvije kolone međusobno udaljene 7 mm. Za tekući tekst se koristi vrsta pisma Times New Roman sa jednostrukim proredom, veličina pisma 10 pt, obostrano poravnanje.

Naslov članka mora jasno odražavati problematiku članka (sadrži ne više od 15 riječi).

Tekst članka dijeli se na poglavlja, a po potrebi poglavlja se dijele na podpoglavlja. Poglavlja se označavaju rednim arapskim brojevima. Podpoglavlja, kao dijelovi poglavlja, označavaju se s dva redna arapska broja kao npr. 1.1, 1.2, 1.3, ... Podpoglavlje se može podijeliti na još manje cjeline koje se označavaju sa tri redna arapska broja, npr. 1.1.1, 1.1.2, ... Daljnja podjela nije poželjna.

Nazivi glavnih poglavlja se pišu velikim slovima (verzalom) i poravnavaju se u centar, a nazivi podpoglavlja (kao i manjih cjelina) pišu se malim

slovima (kurentom) te se poravnavaju u lijevo. Ako tekst naziva podpoglavlja i manjih cjelina prelazi u više redaka tada se definira viseća uvlaka (hanging intent) 0,7 mm.

10pt

Grafičke oznake (bullet-a) koje se koriste za označavanje stavki u nekoj listi, odnosno za nabranjanje započinju na početku retka, a nakon zadnje stavke dolazi razmak od 10pt:

- Stavka 1
- Stavka 2
- Stavka 3

10pt

Isto pravilo vrijedi prilikom numeriranja stavki u nekoj listi:

1. Stavka 1
2. Stavka 2
3. Stavka 3

10pt

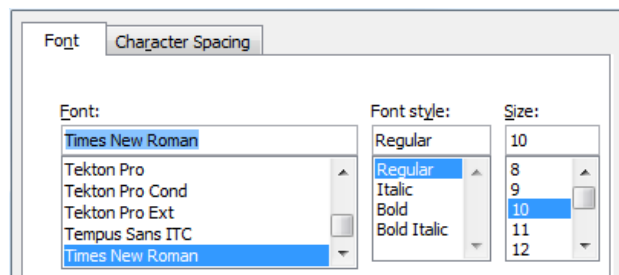
1.2. Oblikovanje slika, tabela i jednadžbi (Stil: Arial Narrow, 12pt, Bold, Align Left)

10pt

Slike (crteži, dijagrami, fotografije) koje čine sadržaj ugrađuju se u članak te poravnavaju se u centar. Kako bi slika uvijek zauzimala isto mjesto u odnosu na tekst prilikom uvoza moraju se definirati postavke Text wrapping / Inline with text.

Slike moraju biti pripremljene za grafičku reprodukciju sa minimalnom rezolucijom od 300dpi. Slike skinute s interneta sa 72dpi u veličini 1:1 nisu primjerene za reproduciranje u tisku zbog loše kvalitete.

10pt



Slika 1. Tekst ispod slike [1]

(Stil: Times New Roman, 10pt, Align Center)

10pt

Tisak knjižnog bloka je u crnoj boji stoga treba prilagoditi slike takvom načinu reproduciranja kako se svijetli tonovi (svijetle boje) ne bi izgubili u tisku ili tekst u slikama bio nečitljiv. Slike moraju ostati u koloru zbog objavljivanja u elektronskom obliku. Slike se kroz čitavi članak numeriraju u slijedu arapskim brojkama.

10pt

Tabela 1. Naslov tabele poravnat u centar
(Stil: Times New Roman, 10pt, Align Center)

	1	2	3	4	5	6
ABC	ab	ab	ab	ab	ab	ab
DEF	cd	cd	cd	cd	cd	cd
GHI	ef	ef	ef	ef	ef	ef

10 pt

Tekst i ostali podaci u tabelama oblikuju se kao Times New Roman, 8pt, Normal, Align Center.

Prilikom opisivanja slika i tabela fizikalne veličine i njihovi faktori ispisuju se kosim slovima latinične abecede ili grčkog alfabeta, dok se za mjerne jedinice i brojke upotrebljavaju uspravni znakovi.

Jednadžbe u tekstu numeriraju se arapskim brojevima u okruglim zagradama uz desni rub teksta, a na njih se u tekstu poziva pomoću broja jednadžbe u okruglim zagradama, npr. ".... iz (5) slijedi"

10pt

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (1)$$

10pt

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta) \quad (2)$$

10pt

Veličine (varijable) koje se koriste u jednadžbama, ali i u tekstu članka ili u tabelama oblikuju se kao *kurziv* u istoj veličini teksta.

Slike i tabele koje su sastavni dio članka moraju se spomenuti u pratećem tekstu i na taj način povezati sa sadržajem, npr. „... prikazano na slici 1 ...“ ili „... podaci iz tabele 1 ...“ i slično.

10pt

10pt

2. UVODNE NAPOMENE

10pt

Ponudeni članak ne smije biti ranije objavljen, bilo u jednakom ili sličnom obliku, niti smije biti istodobno ponuđen drugom časopisu. Za sadržaj članka, autentičnost podataka i tvrdnji u njemu isključivo i u cijelosti odgovara autor ili autori.

Članci prihvaćeni za objavljivanje svrstavaju se u četiri kategorije: izvorni znanstveni članci (original scientific papers), prethodna priopćenja (preliminary

communications), pregledni članci (subject reviews) i stručni članci (professional papers).

U **izvorne znanstvene članke** svrstavaju se radovi, koji po ocjeni recenzenata i Uredničkog odbora, sadrže originalne teorijske ili praktične rezultate istraživanja. Ovi članci trebaju biti napisani tako da se na osnovi danih informacija može ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate, odnosno autorova opažanja, teorijske izvode ili mjerenja.

Prethodno priopćenje sadrži jedan novi znanstveni podatak ili više njih, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućavale provjeru kao kod izvornih znanstvenih članaka. U prethodnom se priopćenju mogu dati rezultati eksperimentalnih istraživanja, rezultati kraćih istraživanja ili istraživanja u tijeku, kojih se objavljivanje procijeni korisnim.

Pregledni članak sadrži cjelovit prikaz stanja i tendencija određenog područja teorije, tehnologije ili primjene. Članci ove kategorije su preglednog karaktera s kritičkim osvrtom i ocjenom. Citirana literatura mora biti dovoljno cjelovita tako da omogući dobar uvid i uključivanje u prikazano područje.

Stručni članak može sadržavati prikaz originalnog rješenja nekog uređaja, sklopa ili instrumenta, prikaz važnijih praktičnih izvedbi i slično. Rad ne mora biti vezan uz originalna istraživanja, nego sadrži doprinos primjeni poznatih znanstvenih rezultata i njihovoj prilagodbi potrebama prakse, pa je doprinos širenju znanja, itd.

Izvan navedene kategorizacije Urednički odbor časopisa pozdravit će i članke zanimljivog sadržaja za rubriku "Zanimljivosti". U ovim člancima daju se opisi praktičnih izvedbi i rješenja iz proizvodnje, iskustva iz primjene uređaja i slično.

10pt

10pt

3. PISANJE ČLANKA

10pt

Članak se piše hrvatskim jezikom te se metrološki i terminološki valja uskladiti sa zakonskim propisima, normama (ISO 80000 serija) i međunarodnim sustavom jedinica (SI). Materija u članku izlaže se u trećem licu jednine.

Uvod sadrži opis problema i prikaz važnijih rezultata radova opisanih u citiranoj literaturi. Navodi se način rješavanja problema, koji se opisuje u članku, kao i prednosti predloženog postupka.

Središnji dio članka može se sastojati od nekoliko dijelova. Treba izbjegavati matematičke izvode koji opterećuju praćenje izlaganja. Neizbježni matematički izvodi mogu se po potrebi, dati kao cjeline u obliku jednog priloga ili više njih. Preporuča se navođenje primjera kad je potrebno ilustrirati proceduru eksperimenta, postupak primjene rezultata rada u konkretnom slučaju ili algoritam predložene metode. Razmatranje treba u pravilu eksperimentalno potvrditi.

Zaključak u kojem se navode ostvareni rezultati i naglašava efikasnost korištenog postupka. Istaknuti treba eventualna ograničenja postupka kao i područja moguće primjene dobivenih rezultata.

10pt

10pt

4. ZAKLJUČNE NAPOMENE

10pt

Kako bi članci bili pripremljeni istovjetno ovom predlošku preporuča se ubacivanje sadržaja u njega. Gotovi članci pripremljeni u MS Word za Windows i prelomljeni prema ovom predlošku šalju se Uredništvu časopisa Tehnički Glasnik na slijedeću e-mail adresu: zivko.kondic@unin.hr

Urednički odbor zadržava pravo manjeg redakcijskog ispravka članka u okviru pripreme za tisak. Članke, koji u bilo kojem pogledu ne zadovoljavaju naputak autorima, Urednički će odbor vratiti autoru. Radi eventualnih nejasnoća u svezi predloženog članka, Urednički se odbor obraća samo prvom autoru, ako ima nekoliko autora, i uvažava samo stavove koje iznese prvi autor.

10pt

10pt

5. LITERATURA

10pt

Literatura se navodi redoslijedom kojim se citira u članku. Pojedine literarne reference iz popisa literature u tekstu pozivaju se odgovarajućim brojem u uglatim zagradama, npr. "... u [7] je pokazano ...". Ako su literarne reference poveznice (linkovi) hiperveza se mora ukloniti kao što je vidljivo kod literarne reference 8. Također se uklanjaju hiperveze sa e-mail adresa kod kontakta autora. U popisu literature svaka se jedinica označava brojem, a navodi se prema sljedećim primjerima (podnaslovi iznad referenci se izostavljaju – navedeni su samo kao primjer izvora):

10pt

knjige:

- [1] Franklin, G. F.; Powel, J. D.; Workman, M. L.: Digital Control of Dynamic System, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1990
- [2] Kostrenčić, Z.: Teorija elastičnosti, Školska knjiga, Zagreb, 1982.

članci u časopisima:

- [3] Michel, A. N.; Farrell, J. A.: Associative Memories via Artificial Neural Networks, IEEE Control System Magazine, Vol. 10, No. 3 (1990) 6-17
- [4] Dong, P.; Pan, J.: Elastic-Plastic Analysis of Cracks in Pressure-Sensitive Materials, International Journal of Solids and Structures, Vol. 28, No. 5 (1991) 1113-1127
- [5] Kljajin, M.: Prijedlog poboljšanja proračuna parametara dodira na primjeru evolventnih bokova zubi, Tehnički vjesnik/Technical Gazette, Vol. 1, No. 1,2 (1994) 49-58

članci u zbornicima znanstveno-stručnih skupova:

- [6] Albertsen, N. C.; Balling, P.; Laursen, F.: New Low Gain S-Band Satellite Antenna with Suppressed Back Radiation, Proc. 6th European Microwave Conference, Rome, September 1976, 14-17
- [7] Kljajin, M.; Ergić, T.; Ivandić, Ž.: Izbor robota za zavarivanje uvjetovan konstrukcijom proizvoda, Zbornik radova - 3. međunarodno savjetovanje proizvodnoga strojarstva/3rd International Conference on Production Engineering CIM '95, Zagreb, November 1995, C-35 - C-41

poveznice (linkovi):

- [8] http://www.sciencedaily.com/articles/w/wind_power.htm (Dostupno:19.06.2012.)

10pt

10pt

Kontakt autora:

10pt

Ime Prezime, titula

Institucija, tvrtka

Adresa

Tel./Fax,e-mail