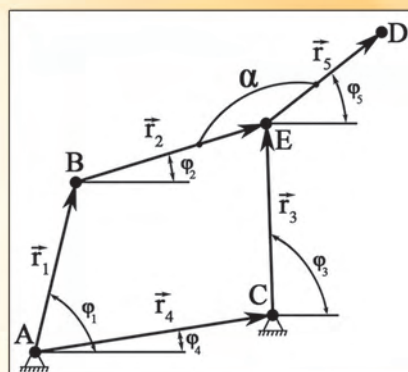
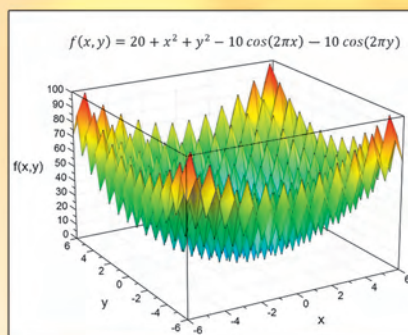
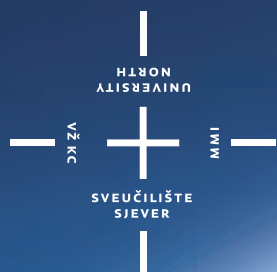
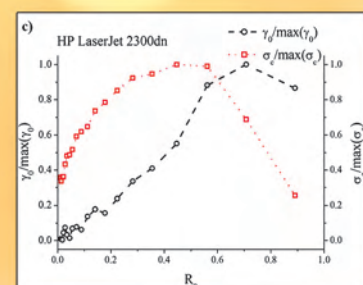
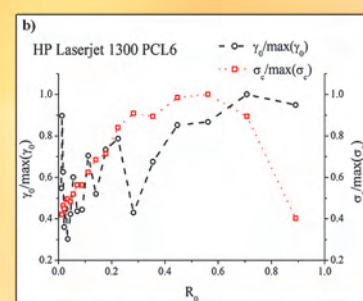
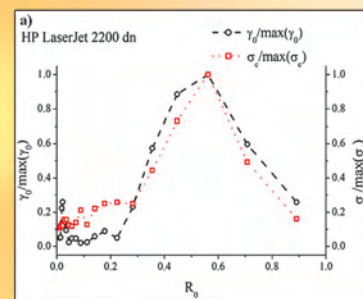


Tehnički Glasnik

Technical Journal



Multikriterijska optimizacija putanje četveripolužnog mehanizma zasnovana na genetičkim algoritmima



Šum i TTF reprodukcijskih sustava

TEHNIČKI GLASNIK TECHNICAL JOURNAL

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

Godište (Volume) 8
Varaždin, ožujak (March) 2014.

Broj (Number) 1
Stranica (Pages) 1-118

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/izdavstvo/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 FER Maribor); Nenad INJAC (KPH Wien/Krems); Džafer
KUDUMOVIĆ (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): 150 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):

Ožujak (March) 2014.

SADRŽAJ

CONTENT

Uvodna riječ	III
<i>Petrović I., Vinković M.</i> KORIŠTENJE I PREDNOSTI PROFIBUS KOMUNIKACIJSKOG PROTOKOLA U INDUSTRIJI USAGE AND ADVANTAGES OF PROFIBUS COMMUNICATION PROTOCOL FOR INDUSTRY	1
<i>Hozdić E., Hozdić E.</i> METODE RECIKLAŽE OTPADNIH PNEUMATIKA U BOSNI I HERCEGOVINI I OKRUŽENJU METHODS OF WASTE TIRE RECYCLING IN BOSNIA AND HERZEGOVINA AND IN THE REGION	5
<i>Maretić M., Vrhovski Z., Purković, D.</i> MULTIKRITERIJSKA OPTIMIZACIJA PUTANJE ČETVEROPOLUŽNOG MEHANIZMA ZASNOVANA NA GENETIČKIM ALGORITMIMA MULTIPLE-CRITERIA OPTIMIZATION OF A FOURBAR MECHANISM TRAJECTORY BASED ON GENETIC ALGORITHMS	11
<i>Čirjak I., Modrić D., Valdec D.</i> ŠUM I TTF REPRODUKCIJSKIH SUSTAVA IMAGE NOISE AND TONE TRANSFER FUNCTION OF IMAGING SYSTEMS	18
<i>Buntak K., Droždek I., Koščak M.</i> METODOLOGIJA IMPLEMENTACIJE UPRAVLJANJA RIZICIMA FMEA METODOM IMPLEMENTATION METHODOLOGY OF RISK MANAGEMENT WITH FMEA METHOD	25
<i>Spaho K.</i> UPRAVLJANJE POSLOVNIM PROJEKTIMA PRIMJENOM STANDARDA ISO 10006 BUSINESS PROJECT MANAGEMENT BASED ON ISO 10006 STANDARD	34
<i>Tomić J.</i> IZRADA PARCELACIJSKOG ELABORATA U SVRHU REKONSTRUKCIJE LOKALNE CESTE A SUBDIVISION OF THE STUDY IN ORDER TO RECONSTRUCTION OF LOCAL ROADS	40
<i>Solonenko I. P.</i> CEMENTNO BETONSKI CESTOVNI KOLNICI ROAD PAVEMENTS OF CEMENT CONCRETE	45
<i>Križmarić Ž.</i> STRATEŠKI MENADŽMENT U KORELACIJI S UPRAVLJANJEM RADNOM USPJEŠNOŠĆU I OBLIKOVANJEM POSLOVA STRATEGIC MANAGEMENT IN CORRELATION WITH JOB EFFICIENCY MANAGEMENT AND WORK DESIGN	48
<i>Abraham M., Tomljenović V.</i> PRIMJENA DIJAGNOSTIČKIH METODA ISPITIVANJA U ODRŽAVANJU NISKONAPONSKIH ASINKRONIH MOTORA THE APPLICATION OF DIAGNOSTIC TESTING METHODS TO THE MAINTENANCE LOW VOLTAGE INDUCTION MOTORS	53
<i>Trupković I., Botak Z.</i> UTJECAJ GEOMETRIJE REZNE OŠTRICE NA VIJEK TRAJANJA SVRDLA INFLUENCE OF GEOMETRY OF CUTTING EDGE TO DRILL LIFE	59
<i>Kondić V., Horvat M., Mađerić D.</i> PREPOZNAVANJE UTJECAJNIH FAKTORA NA KVALITETU I POUZDANOST MALIH RASHLADNIH UREĐAJA RECOGNITION OF INFLUENTIAL FACTORS ON THE QUALITY AND RELIABILITY OF SMALL REFRIGERATION EQUIPMENT	64
<i>Vuković P., Keček D., Benković M., Benko L.</i> IRACIONALNOST NEKIH POZNATIH KONSTANTI IRRATIONALITY OF SOME WELL KNOWN CONSTANTS	70
<i>Bojanić B., Kondić V., Gotal M.</i> PRILOG ANALIZI TROŠKOVA POUZDANOSTI CONTRIBUTION TO THE RELIABILITY COSTS ANALYSIS	76
<i>Golubić S., Badrov T., Kondić Ž.</i> INTERNA PROSUDBA U SUSTAVU OSIGURAVANJA KVALITETE VISOKOG OBRAZOVANJA NA PRIMJERU VISOKE TEHNIČKE ŠKOLE U BJELOVARU INTERNAL AUDIT OF THE QUALITY ASSURANCE SYSTEM IN HIGHER EDUCATION ON THE EXAMPLE OF TECHNICAL COLLEGE IN BJELOVAR	84
<i>Petrović I., Vinković M.</i> KORIŠTENJE I PREDNOSTI PROFINET KOMUNIKACIJSKOG PROTOKOLA U INDUSTRIJI USAGE AND ADVANTAGES OF PROFINET COMMUNICATION PROTOCOL FOR INDUSTRY	92
<i>Sathish Gandhi V. C., Kumaravelan R., Ramesh S., Venkatesan M., Siva Rama Krishnan M.</i> AERODINAMIČAN DIZAJN I ANALIZA MOTORISTIČKE KACIGE S VIZIROM PROTIV ODSJAJA AERODYNAMIC DESIGN AND ANALYSIS OF MOTORCYCLE HELMET WITH ANTI-GLARE VISOR	97

Čovran K., Bernik A., Vusić D. AUTODESK MAYA - DINAMIČNA POLJA U RAČUNALNOJ ANIMACIJI AUTODESK MAYA - DYNAMIC FIELDS IN COMPUTER ANIMATION	102
Čerepinko D., Periša M., Valdec D. INTEGRATIVNI MODEL PROIZVODNJE MEDIJSKOG SADRŽAJA TISKANIH MEDIJA U MULTIPLATFORMSKIM PRODUKCIJSKIM UVJETIMA INTEGRATIVE MODEL OF MEDIA CONTENT PRODUCTION FOR PRINTED MEDIA IN MULTIPLATFORM PRODUCTION CONDITIONS	109
Hršak B., Pavlic T., Radić A. REKONSTRUKCIJA I IZRADA 3D MODELA DVO-OSNE KONVENCIONALNE TOKARILICE HOBBYMAT MD65 RECONSTRUCTION AND DEVELOPMENT OF 3D MODEL FOR BIAXIAL CONVENTIONAL LATHES HOBBYMAT MD65	114
Naputak autorima Instructions for authors	V

UVODNA RIJEČ GLAVNIH UREDNIKA

Nakon dugotrajnog procesa te u suradnji sa svim nadležnim institucijama dovršena je integracija Veleučilišta u Varaždinu i Medijskog sveučilišta, a novo, regionalno sveučilište imena Sveučilište Sjever – eng. “University North” dana 24. siječnja 2014. godine, rješenjem Trgovačkog suda u Varaždinu, upisano je u registar pravnih subjekata RH.

Ovime je sjeverozapadna Hrvatska dobila svoje regionalno sveučilište čiji su ravnopravni osnivači gradovi partneri Varaždin i Koprivnica. Dopršetkom integracije postavljena je osnova daljnjeg razvoja visokog obrazovanja u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, jedinoj regiji u budućoj makro-regionalnoj podjeli RH koja do sada nije imala svoje sveučilište.

Sveučilište Sjever ustrojava se i djeluje kroz dva ravnopravna sveučilišna centra: Varaždin i Koprivnica, a nastaviti će izvoditi studijske programe institucija iz kojih je integracijom nastalo i za koje ima dopusnice resornog ministarstva. Na studijskim programima Sveučilišta Sjever u ovom trenutku studira više od 3000 studenata kojima predaje više od 250 nastavnika i suradnika u različitim znanstvenim i umjetničkim poljima, kao i niz stručnjaka iz različitih gospodarskih grana, od kojih su mnogi u samom vrhu svojih djelatnosti u Hrvatskoj, ali i šire.

Sveučilište Sjever izvodi nastavu na 11 različitih studijskih programa iz tehničkog, biomedicinskog, društvenog i umjetničkog područja, od čega je 9 studija na preddiplomskoj razini (Elektrotehnika, Proizvodno strojarstvo, Multimedija, oblikovanje i primjena; Tehnička i gospodarska logistika, Graditeljstvo, Sestrinstvo, Novinarstvo, Medijski dizajn, Poslovanje i menadžment u medijima), a dva na diplomskoj razini (Odnosi s javnošću i Poslovna ekonomija. U planu je uvođenje novih studija sukladno potrebama društva i privrednih subjekata naše regije te u srednjoročnom razdoblju i podizanje postojećih stručnih studija na sveučilišnu razinu.

Sveučilište Sjever suorganizator je više međunarodnih znanstvenih skupova i konferencija te preuzima i izdavačku djelatnost postojećih institucija, koja uključuje niz udžbeničkih izdanja, ali i znanstveni časopis B kategorije u području tehničkih, odnosno A kategorije u području društvenih znanosti. Nova

ustanova preuzima i ugovore koje su potpisali Veleučilište u Varaždinu i Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta u svibnju prošle godine o punoj subvenciji participacije redovitih studenata u troškovima studija u akademskim godinama 2012./2013., 2013./2014. i 2014./2015., a Ministarstvo je najavilo i daljnje sufinanciranje deficitarnih studijskih programa iz tehničkog i bio-medicinskog područja.

Početak idućeg semestra za studiranje će se otvoriti i prva zgrada Sveučilišnog kampusa u Sveučilišnom centru Koprivnica od 4000 m² koja će osigurati bolje i kvalitetnije uvjete studiranja, a uz niz novih predavaonica i laboratorija imati će i vlastiti TV i foto studio. Rekonstrukcijom i revitalizacijom druge zgrade Sveučilišnog centra Varaždin dobit će se novih 2000 m² radnih prostora koji će sadržavati, između ostalog, dvije velike multimedijalne predavaonice kapaciteta 160 mjesta svaka, više manjih predavaonica i laboratorija, kao i prostor za studentske aktivnosti odnosno nastavno i administrativno osoblje.

S obzirom na integraciju Veleučilišta u Varaždinu i Medijskog sveučilišta u Koprivnici, Sveučilište Sjever baštini tradiciju obiju institucija koje seže u 2001./2002. akademsku godinu kada s radom započinje Visoka elektrotehnička škola u Varaždinu, koja je kasnije, uvođenjem novih programa prerasla u Veleučilište. Medijsko sveučilište u Koprivnici započelo je djelovati u akademskoj godini 2012./2013.

Tim povodom rektor Sveučilišta Sjever prof.dr.sc. Marin Milković izjavio je kako ova regija mora dobiti ono što zaslužuje, mora postati ravnopravna i mora biti sposobna razvijati se u skladu sa svojim potrebama i željama. Njezino vlastito javno sveučilište odgovarat će kvalitetno i brzo na sve potrebe našeg gospodarstva te kulturnog i društvenog života. Vjerujem da ćemo potaknuti razvoj cijele regije, ali i šire te postati jedno od najboljih sveučilišta u ovom dijelu Europe.

Tim ciljevima stremit ćemo i mi te se nadamo kako ćemo izdavačkim aktivnostima i znanstveno-istraživačkim člancima koji će biti objavljeni u Tehničkom glasniku, doprinijeti razvoju Sveučilišta Sjever kao i sjeverozapadne Hrvatske.

Glavni urednici

KORIŠTENJE I PREDNOSTI PROFIBUS KOMUNIKACIJSKOG PROTOKOLA U INDUSTRIJI

USAGE AND ADVANTAGES OF PROFIBUS COMMUNICATION PROTOCOL FOR INDUSTRY

Igor Petrović, Mario Vinković

Stručni članak

Sažetak: U komunikacijskim standardima visoke i srednje razine može se vrlo jednostavno definirati zahtjeve na takve mreže i kvalitetu protoka podataka. U prvom redu traže se komunikacije na visokim brzinama prijenosa podataka, a zatim i zahtjev na kvalitetu podataka prilikom stizanja na odredište. Zbog takvih zahtjeva industrijska komunikacija jednim svojim dijelom prati i razvoj komunikacijskih mreža koje se koriste u svakodnevnom životu, no uvijek mora garantirati bolju kvalitetu zbog lošijih uvjeta u kojima se odvija prijenos podataka. Profibus standard razvijen je kao rezultat velikog projekta upravo za industrijsku i procesnu okolinu. Njegova primjena je postala jedna od najprisutnijih u automatizacijskim sustavima veće složenosti, a prihvaćen je od strane gotovo svih značajnih proizvođača automatizacijskih sustava.

Ključne riječi: komunikacijski protokol, Profibus mreža, automatizacija, industrija

Professional paper

Abstract: In communication standards of high and middle level it can be easy to define demands on such networks and quality of data flow. Primarily high speed of data flow is demanded, and then also demands on quality of data at the end of transmission channel. Due to such demands industrial communication in one part always follows development of communication network systems for everyday usage, but must also produce better results in terms of bad environment conditions in which the data transfer is performed. The Profibus standard was developed as a result of great project for industry and process environment. The Profibus became one of most applicable communication standards for automation systems with high complexity, and is accepted by almost all significant vendors of automation system equipment.

Key words: communication protocol, Profibus, automation, industry

1. INTRODUCTION

The new industry solutions are often very big and complex (part of big example for big system is presented in [1]), and therefore require automation system to be divided in more segments. If these parts of industry plant must work synchronously, some parameters must be accessed by multiple devices in that plant. Since communication must be mounted inside industry plant, it is necessary to ensure good quality of signal on receiving end of communication pair of devices. Standard communication network solutions are not provided for environment with so much external interference and influences.

The main growth of such industrial plants and machines is in automation segment where advanced options and preferences are needed to ensure better performance of production. When communication is provided through such environment, robust data transfer demands are highly outlined. One of such examples for robust machine is dual-axis tracking system for PV module like presented in [2], [3], [4], [5] and [6]. One of

such automation communication standard is Profibus, which is very common in every form of industrial automation systems, regardless of used equipment vendor.

2. DEVICES AND MACINES IN INDUSTRY PLANT

In following sections two examples of industry plants are presented. Each example is provided with some form of industrial communication standard.

The example of brick drying automation system, presented in Figure 1., is provided by two automation parts, CPU (part 3) and SCADA interface (part 1). The CPU is placed very near energy supply paths, and must be resistant to external electromagnetic interferences made by electronic and mechanical drives and machines (part 2). The SCADA is also placed inside the same plant in order to allow operators to control the system from small distance. Since both of these parts are placed inside production section of industrial plant, communication standard used to provide data transfer between CPU and

SCADA (part 4) must be very resilient to electromagnetic interferences.

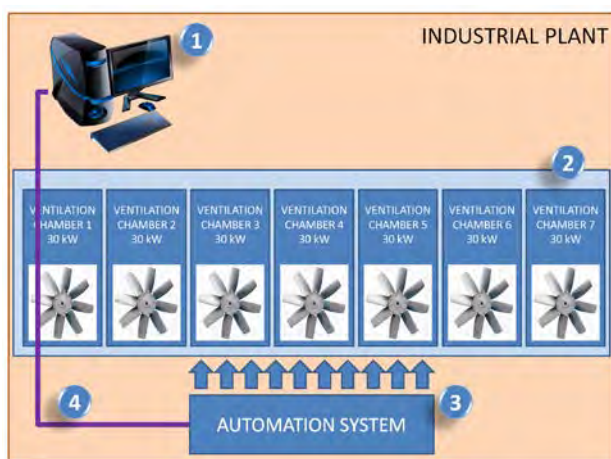


Figure 1. Brick drying automation system

The example of milk industry is regularly provided by complex mechanical solutions since food industry has very rigorous regulations for processing of raw materials. The CPU (API S7-300) for control of production part presented in Figure 2. works with distributed I/O devices (ET-200M) on large surface, and must be placed in three separate buildings to meet regulations for production process. The power supply is not of great importance for this solution since no linear, rotary or otherwise moving mechanical drives are used. This will allow free choice of solution to meet other significant process demands.

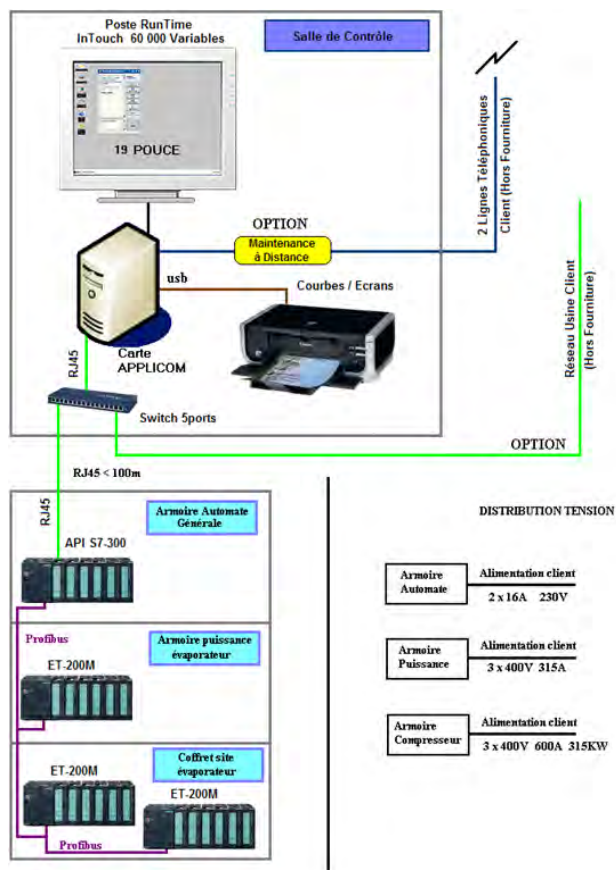


Figure 2. Milk industry automation system

In both of these automation systems it is obvious that communication network is needed to guaranty the good quality and high safety of production process. In next sections Profibus standard is applied on both of these examples.

3. PROFIBUS NETWORK FOR AUTOMATION SYSTEM

The Process Field Bus (Profibus) is middle process level standard for communication trough bit-serial fieldbus, with great respect to basic requirements of the field device interfaces. Development started in 1980's by a group of companies in Germany trough master project "Field bus" from 1986. Original specification was presented in 1989. The idea was to establish communication between field devices. It is most often used to communicate between multiple CPU's and distributed field I/O devices, Human Machine interfaces, etc. as presented in Figure 3. Profibus is not open technology, although it is accepted by almost all significant automation vendors.

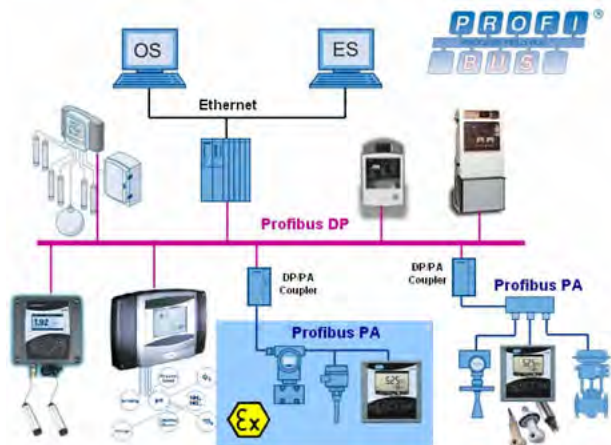


Figure 3. Example of automation system network [7]

First presented Profibus was Profibus FMS (Field bus Message Specification) which was complex, but latter was simplified trough new generations of Profibus protocol (Profibus DP and Profibus PA). Profibus network is easy to implement in automation system. The network is composed of few standard components: master (or masters), slaves (CPU's and I/O devices), power supplies (may or may not be same for whole network) and wiring with Profibus cable. Profibus cable is shielded twisted pair cable with characteristic impedance of 150 Ω . The cross-section of Profibus cable is presented in Figure 4.

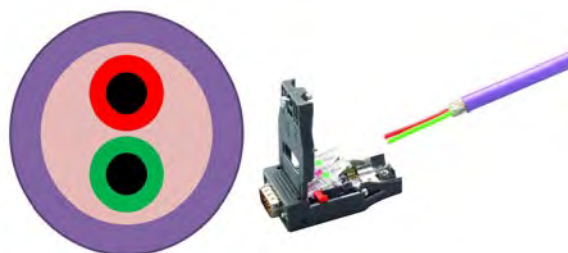


Figure 4. Profibus shielded cable

Profibus DP (Decentralized Peripherals) works in a bit rate range from 9.6 kbit/s till 12 Mbit/s. The communication speed is determined by complexity of the network. Single cable length can be from 100 m till 1200 m which depends on the used bit rate, before using repetitors. Profibus DP uses transmission method for communication with other devices. The optical transmission allows 15 km before using repetitors. Since the RS-485 balanced transmission is used, 32 devices is maximum number of stations on the network.

Profibus PA (Process Automation) is based on MBP (Manchester Bus Powered) transmission technology and allows data and power feed through the same cable. This technology can be used in explosive-hazardous environment if power is reduced. Bus topology of network will allow 1900 m length and 60 m of branching for devices. For Profibus PA the bit-rate is fixed on speed of 31.25 kbit/s.

Profibus DP and Profibus PA are compatible in the same network if DP/PA Coupler modules are used. All of this information are available in [8], [9], [10] and [11]. Figure 5. presents Profibus DP slave module for Siemens Simatic S7-1200 automation systems.



Figure 5. Profibus DP slave module for Siemens Simatic S7-1200 [12]

4. IMPLEMENTATION OF PROFIBUS NETWORK FOR FIELD DEVICES

The automation for brick drying system that consists of one field device provided by S7-300 rack (Figure 6.) and SCADA application (Figure 7.) is basic model when Profibus standard should be used for communication.

Since both of these devices are inside same building, along with mechanical equipment and power supply installation, whole space is very susceptible to noise in communication media. Therefore, Profibus was selected due to its resilient isolation and good speed of data transfer. The S7-300 rack is configured to provide 96 digital outputs and accept 64 digital and 16 analogue inputs. All digital outputs are used to start separate motors in production system. The analogue readings are for temperature and moisture inside every of 7 chambers. Digital inputs are mostly used for terminal switches, positions and protection of machines in production system. Therefore, the Profibus DP is sufficient to

provide insight in process status for seven chambers of brick drying system, in signal transmission quality and speed of data interchange as well.

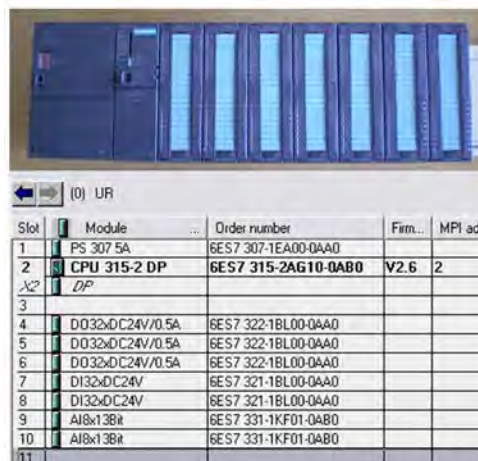


Figure 6. S7-300 rack with Profibus DP for Brick drying automation system



Figure 7. Sample of SCADA screens for Brick drying automation system

The example of milk industry can be presented with solutions for milk processing system (Figure 8.). The CPU for milk processing management will need some information about system output. Therefore, the CPU acquires some I/O devices in distributed parts of system, since milk processing system is distributed in three separate buildings. The Profibus DP is selected in order to enable good regulation properties. Multiple lines of material flow from input to output of system have direct influence on automation system. If single part of system works at high production speed, than all other parts of system will either increase processing speed (if possible), or will influence on that part of system to reduce its production speed. Communication can be provided by simple Profibus standard Point-to-Point communication between the CPU for processing system and the I/O modules for packing system. The main issue in such communication is in fact how to recognize when such event is present. It can be provided by displaced I/O devices, in this case sensors and actuators throughout the system controlled by the CPU. In order to provide such solution, the Siemens Simatic ET 200 remote I/O device

modules are used. The usage of Profibus DP network for field device level solution can provide, if necessary, connection of SCADA to the whole system. The PC station with Profibus DP port and WinCC Runtime application can be used to monitor whole industry system from one center. In this application the CPU is used with PROFINET network for central monitoring of the system.

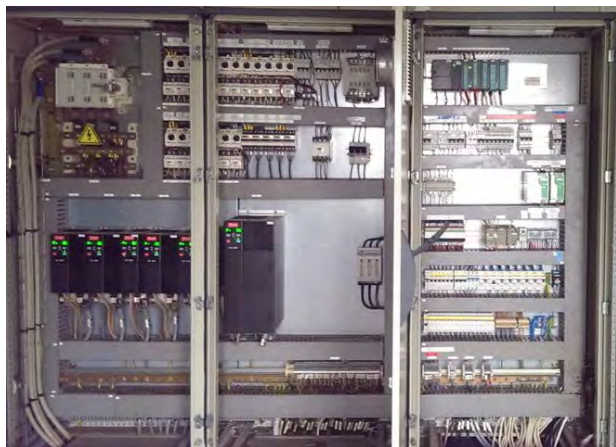


Figure 8. Profibus DP network master (S7-300) for milk industry automation system

5. CONCLUSION

In automated production systems very often quick interchange between automation units is of great importance. If such communication is transferred inside production process objects, it is important to ensure good signal quality resilient to external electrostatic interference and influences. With Profibus DP speed of data transfer can go up to 12 Mbit/s. Also, power supply can be provided for field devices if Profibus PA is used. Therefore, Profibus standard became one of most popular solution for automation systems with high demands of field data interchange between multiple CPU units and/or field I/O devices.

6. REFERENCES

- [1] Jurčević, D.; Petrović, I.: Automation of sewage pumping station shaft, Technical Journal, Vol. 7, No. 1 (2013) 8-12
- [2] Gašparac, I.; Vražić, M.; Petrović, I.: Sensor distribution strategy for dual-axes photovoltaic positioning system, EDPE 2009 - 15th international conference on electrical drives and power electronics, Zagreb, 2009., 1-6
- [3] Petrović, I.; Gašparac, I.; Vražić, M.: Comparison of expected and measured values of luminance sensors in dual-axis photovoltaic positioning system, The XIX International Conference on Electrical Machines (ICEM 2010), Rome, 2010, 7-10
- [4] Gašparac, I.; Vražić, M.; Petrović, I.: Expected and measured values of luminance sensors in dual-axis photovoltaic positioning system, Proceedings of Joint

IMEKO TC 11 – TC 19 – TC 20 International Symposium Metrological Infrastructure, Environmental and Energy Measurement, Zagreb, 2011, 52-56

- [5] Petrović, I.; Šimić, Z.; Vražić, M.: Comparison of fixed and dual-axis tracking PV systems, 14th International Scientific Conference on Production Engineering CIM 2013 June 19 - 22, 2013 Biograd, Croatia, 213-216
- [6] Petrović, I.; Purković, D.; Vrhovski, Z.: Comparison of PV systems in different modes of operation, Technical Journal, Vol. 7, Nr. 3, 2013, 225-228
- [7] <http://www.aprotedi.com/ima/fotosb/profibus1.jpg> (Available on 04. 11. 2013.)
- [8] Siemens Simatic NET: PROFIBUS Networks Manual, Release 2 05/2000
- [9] Siemens Simatic NET: PROFIBUS Network Manual, Edition 04/2009
- [10] <http://en.wikipedia.org/wiki/Profibus>, (Available on 29.10.2013.)
- [11] Siemens Simatic: S7-1200 Programmable controller system manual, Issue A5E02486680-06, 04/2012
- [12] http://intenso.name/images/stories/CM_1242-5_Slave_vR_SW_sRGB.jpg, (Available on 08. 11. 2013.)

Kontakt autora:

Technical college in Bjelovar
Trg Eugena Kvaternika 4
43 000 Bjelovar
043/241-201

Igor Petrović, PhD
ipetrovic@vtsbj.hr

Mario Vinković, student
mariovinkovic@gmail.com

METODE RECIKLAŽE OTPADNIH PNEUMATIKA U BOSNI I HERCEGOVINI I OKRUŽENJU

METHODS OF WASTE TIRE RECYCLING IN BOSNIA AND HERZEGOVINA AND IN THE REGION

Emine Hozdić, Elvis Hozdić

Stručni članak

Sažetak: Tematski obrađena materija ovog rada imala je za cilj postaknuti javnost, faktore odlučivanja na nivou Bosne i Hercegovine o nužnosti primjene standarda i metoda s aspekta zbrinjavanja otpadnih pneumatika, a samim tim upoznati sudionike ovog projekta o načinima, metodama i mogućnostima zbrinjavanja otpadnih pneumatika. U ovom radu dat je akcenat na reciklažu kao ekološki prihvatljiv način zbrinjavanja ove vrste otpada.

Cljučne riječi: granulat, otpad, otpadni pneumatici, reciklaža

Professional paper

Abstract: The purpose of this paper is to encourage the public and decision-makers at the level of Bosnia and Herzegovina to consider the necessity of applying standards and methods from the standpoint of waste tire disposal, and to familiarize participants of this project with the ways, methods and possibilities of waste tire disposal. This paper focuses on recycling as an ecologically acceptable way of disposing this kind of waste.

Key words: granules, waste, waste tires, recycling

1. INTRODUCTION

Rapid industrial development directly influences the existence of large amounts of waste, which obliges every developing country to set up the optimal strategy for waste management.

The framework for the European policy for waste management is contained in the resolution of the EU Council pertaining to the Strategy for Waste Management (97/C76/01) that is based on the formerly valid framework Waste Directive (75/442/EEC) and other European regulations in the area of waste management.

There are three key European principles:

- Prevention of waste formation – for the purpose of preserving nature and resources waste formation must be minimized and avoided wherever possible,
- Recycling and reuse – if waste formation cannot be prevented, it should be reused or recycled or used in the energy recovery process,
- Improvement of the final disposal and monitoring – in cases when waste cannot be reused, it should be treated and adequately disposed or burnt. Both of these methods require monitoring due to them potentially causing hazardous environmental damage.

2. PROCESS OF RUBBER FORMATION

Materials that at room temperature and subjected to ductility strain may at least double their length without remaining deformations upon the strain are defined as elastomers. Such materials are very often defined using the term rubber. The most important property of these materials is a high level of elasticity. In order for a material to be highly elastic, intermolecular bonds must not be too strong and crystallites must not be formed.

Properties of elastomers depend on:

- properties of the main polymer chains,
- intermolecular bonds between polymer chains and
- the amount of covalent bonds of polymer chain atoms.

In the production of elastomers we differ between obtaining rubber from natural rubber in vulcanization process and from synthetic rubber.

Natural rubber may be found in nature in the colloid of the rubber tree. In the vulcanization process that is carried out under pressure at the temperature of 150°C, the properties of natural rubber adapt to the needs of increased strength and elasticity.

Synthetic rubber has found its usage after the Second World War and today its properties are as good as the ones of the natural rubber. Raw materials for the

production of synthetic rubber are coal, limestone, potatoes and crude oil.

According to the application, several groups of products obtained by elastomer processing may be distinguished:

- Tires (road and professional vehicles, bicycles, motorcycles etc.),
- Technical products (panels, seals, pipes, profiles, insulators etc.),
- Other products (footwear, office and school supplies, medical equipment, sports equipment etc.).

3. RUBBER PRODUCTS

The production and sales of rubber products in the world have experienced a mild increase in the last couple of years. In the period between 2004 and 2008 annual increase amounting to 6.7 % may be observed [1].

As the production of new tire products increases, the amount of worn tire products increases as well. Such products represent a specific kind of waste.

It is estimated that in the EU countries around 250,000,000 waste tires accumulate every year, while in the Eastern Europe, North America, South America, Asia and in the Middle East the annual amount equals around 1,000,000,000. Over the years additional amounts of tires are added to these numbers, billions of which are stored or buried at landfills, and uncountable millions found in illegal locations, warehouses and fields around the world, which is shown in Figure 1 [2].

It is estimated that in Bosnia and Herzegovina 13 to 17 thousand tons of worn tires of various sorts accumulate every year.

Waste tires may easily be collected, processed and a new value may be created from them. Tires may be a significant alternative material in the production of certain new rubber products and in obtaining various forms of energy.



Figure 1. Waste tires

Developed countries apply Waste Management Strategies in order to define various methods of tire disposal.

The most frequently applied methods in the EU countries are:

- mechanical recycling (cryogenic crushing, mechanical crushing etc.),
- thermal recycling (incineration in blast furnaces, cement factories etc.),
- chemical recycling (pyrolysis).

New values obtained by recycling of tires are often used as valuable raw materials and their usage contributes to sustainable development [3].

Bosnia and Herzegovina today has two factories dealing with waste tires, one of which applies the process of mechanical recycling, and the other one with the process of chemical recycling. Although there are still no regulations on managing this sort of waste, Bosnia and Herzegovina has a strategy at the level of its entities based on which this sort of waste is defined.

4. MECHANICAL RECYCLING OF WASTE TIRES

Mechanical recycling of waste tires is a procedure that allows for the separation of components from tires in an environmentally-friendly manner. In this process rubber is separated in the way that 60 % refers to rubber granules, 35 % to steel wires and 5 % to canvas, whereat the environment suffers no harmful effects [4].

According to the applied technology and the temperature of the mechanical crushing process, two basic crushing methods may be differentiated:

- cryogenic crushing and
- mechanical crushing.

Currently in Europe and therefore also in our region the process of mechanical crushing is most widely applied.

Figure 2 shows the structure of a classical tire.



Figure 2. Tire structure

4.1. Recycling of waste tires by cryogenic crushing

In the process of cryogenic crushing the tire is first frozen by using liquid nitrogen to reach the temperature between -80 °C and -100°C. At this temperature rubber becomes so brittle that it may relatively easily be cut at

the cutting plant. It is even easier to separate textile and metal parts from the rubber ones. Disadvantage of this process are high energy demands, manipulation problems and relatively high costs. The output product (granules) has a high production price and, along with this, the main properties of rubber are altered.

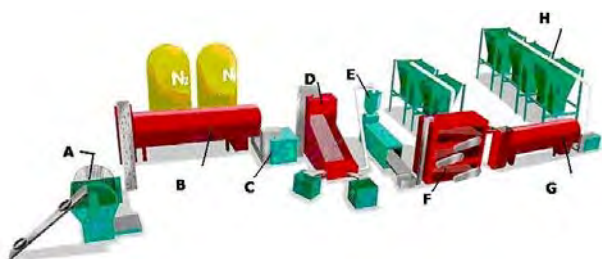


Figure 3. System of cryogenic tire recycling

A schematic representation of cryogenic waste tire recycling is shown in Figure 3. In this process tires are crushed in the crusher (A) up to the size of around 50 mm and transported to the cooling tunnel (B), where they are cooled by liquid nitrogen. In the mill (C) fractions are reduced from 0.4 mm to 0.6 mm, and at the mill exit steel, textile and dust particles (D) are removed.

Thereafter the granules are dried (E) and separated according to the grain size (F). The process continues with secondary crushing (G) and storing of granules (H) [3].

4.2. Recycling of waste tires by applying the mechanical crushing method

The process of mechanical crushing is carried out at the external temperature. In this way structure homogeneity and process stability are assured. Working temperature is achieved by internal friction in mills.

There is a difference between granules of tires for passenger cars and the ones for freight vehicles. In freight vehicle tires, steel threads may have diameter up to 8 mm, so it is necessary to remove them previously in order to prolong the life span of cutters and the whole crushing line. Steel threads are removed by cutting the tires along their length.

Upon removing steel threads tires are put into the machine – crusher with toothed cylinders moving in opposite directions, where they are crushed to small pieces with dimensions of 4 x 5 cm, as shown in Figure 4.



Figure 4. Toothed cylinders

The main products of mechanical processing are rubber granules of various fraction sizes, rubber dust, cut out steel wire and textile [2].

A schematic representation of the mechanical recycling of tires is shown in Figure 5.

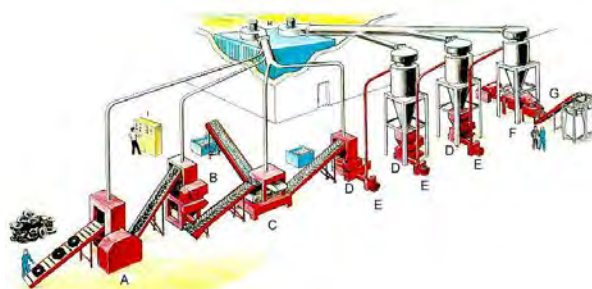


Figure 5. System of mechanical recycling of waste tires

Input crusher (A) chops up the material. Granulator (B) fragments rubber pieces and provides for total separation of mixed material, so steel and textile are sucked out by exhausters (H), i.e. over a magnetic line (C). Further process involves milling for obtaining the desired size of granules (D) [5].

5. RECYCLING TIRES BY APPLYING THE PYROLYSIS PROCEDURE

Pyrolysis is based on thermal separation of molecules with bonds between carbon and hydrogen being preserved [3].

Processes are carried out at higher temperatures in the reactor and in vacuum.

Certain ingredients are separated by condensation, while others are obtained by physical-chemical processes. The quality and amount of output products depend on the type of technology and pyrolysis conditions. Chopped up waste tires in rotational circular furnaces (reactors) are transformed into gases influenced by high temperatures and in vacuum. Gas produced in this manner is transferred to the next system part, where solid fractions are separated. The gas gradually cools, pressure is altered and it transforms into a liquid. Pyrolytic gas that is created in this process is used as source of thermal energy and, in the case of realizing a cogeneration unit, as a source of electrical energy, so the plant practically produces a certain amount of required energy by itself [6].

Along with pyrolytic gas, significant products are ashes, pyrolytic oil, heavy oils, alkane-containing oils, benzene-containing oils, metal and steel swarf.

Rubber waste is a raw material with a high content of carbon. During pyrolysis rubber degrades to simpler carbohydrates with simple bonds and inorganic matter. Cooling of the gas leads to the condensation of the liquid that has the following properties:

- light oil that may be used as heating oil or diesel fuel,
- medium oil with properties suitable for producing lubricants, and
- heavy oil for producing carbon fibers.

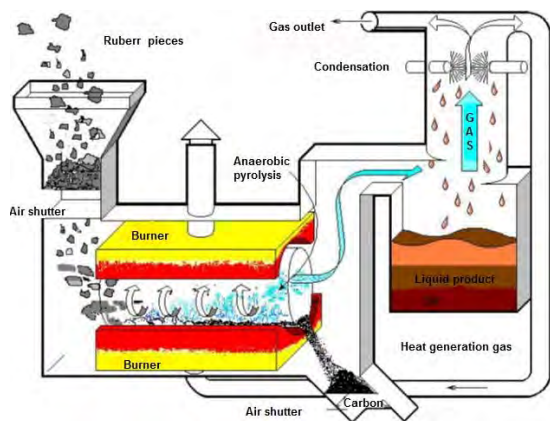


Figure 6. Pyrolysis procedure

Fragmented waste tires in reactors transform in gaseous state influenced by high temperature and without the presence of air. The gas obtained in this way transfers into the next part of the operative system, where solid matter is separated. The gas gradually cools, the pressure is altered and it transforms into a liquid [7]. The pyrolysis process is shown in Figure 6.

In the following figure a schematic representation of the pyrolysis process at the company SGI d.o.o. Sarajevo is shown.



Figure 7. Production layout at the plant SGI d.o.o. Sarajevo

6. EXAMPLES OF RECYCLING IN THE NEIGHBOURING COUNTRIES AND IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

There are no accurate data regarding the amount of rubber waste, which primarily involves waste tires, in the Republic of Serbia. It is estimated that it amounts up to 30,000 tons per year, based on the information on the amount of vehicles in the Republic of Serbia. A certain amount of waste tires, around 7,000 tons ends up at the cement factory "Holcim Srbija" in Novi Popovac in the vicinity of Paraćin, where they are used as alternative fuel. The company ECO – Recycling from Novi Sad is one of the largest processing facilities of waste tires in the Republic of Serbia. With its expanded capacities it can process up to 46,000 tons per year. Figure 8 represents a part of the plant at the factory ECO – Recycling doo Novi Sad.



Figure 8. Recycling plant Novi Sad

In the Republic of Croatia systematic disposal of waste tires is carried out according to the Regulations of the Ministry of the Republic of Croatia, which refers to the whole system, starting from collecting and transporting to recycling tires. Today there are around 30,000 tons of waste tires in the Republic of Croatia.

The concession for the disposal of this sort of waste is held by several companies, and the disposal is carried out by incineration at the cement factory (up to 7,000 tons per year), while the largest part of processed by Gumiimpex d.o.o. Varaždin in the process of mechanical recycling, Figure 9.



Figure 9. Plants Gumiimpex d.o.o. Varaždin

In Bosnia and Herzegovina the amounts equal between 13,000 and 17,000 tons per year with the increase of up to 50 % for the amounts that have accrued at illegal landfills in the last ten years.

In Bosnia and Herzegovina environment and ecology are constitutionally governed by entities, which makes the functioning itself more complex. The Ministry of Environment and Ecology of Bosnia and Herzegovina passed the Strategy on Waste Disposal and Management 2012 – 2017, by which it defined relevant parameters and guidelines for waste management. It is expected that additional regulations are to be passed soon, which would define the management of waste accrued due to waste tires.

In the meantime in Bosnia and Herzegovina two plants for the disposal of waste tires have been opened, one of which at the recycling plant using the pyrolysis procedure for obtaining of fuel at the company SGI d.o.o. Sarajevo, and the second at the mechanical recycling plant of the company OS Petrol d.o.o. Srebrenik with the capacity amounting up to 100 tons a day.



Figure 10. The plant SGI d.o.o. Sarajevo

7. APPLICATION OF PRODUCTS OBTAINED BY RECYCLING

Thanks to contemporary modern technologies that have developed in the last ten years in the area of recycling waste tires, and primarily thanks to technologies for mechanical recycling of waste tires, there is a wide range of application of recycled rubber products.

In industrial production the greatest application is the one of rubber granules of various fractions, as shown in Figure 11.

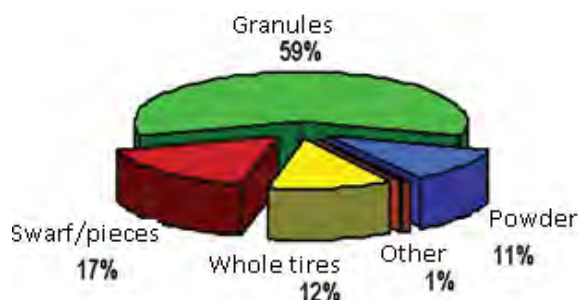


Figure 11. Content of fractions in recycling

The resulting products can be used in industry for the manufacturing of floor coverings, floors of sports fields, children's playgrounds, barn floors, warehouses etc. In the construction industry rubber granules have wide application in the production of sound and insulating barriers, in civil engineering they represent a quality admixture to asphalt and concrete in order to improve their properties.

First of all it is important to emphasize that the usage of recycled products leads to satisfying the conditions of alternative energy sources, i.e. the recycling of waste tires represents renewable sources, whereby new value is created.

Rubber granules, as the most important product of mechanical recycling today, is produced in several fractions, which affects its further application, so there are:

- GG 00 05, refers to granules sized from 0.0 to 0.5 mm, which represents the rubber powder that is widely used in the footwear industry, sports

equipment, insulation material for coating cables, automotive parts, pigments, inks, porous asphalt binder materials, coatings and sealants.



Figure 12. Rubber granules 00 05

- GG 05 20, refers to granules sized from 0.5 to 2.0 mm, which represents rubber granules which are widely used in the production of barn floors, floor tiles, roofs, floors of sports fields, rubber asphalt, speed bumps etc.



Figure 13. Rubber granules 05 20

- GG 20 35, refers to granules sized from 2.0 to 3.5 mm, which represents rubber granules which are widely used in the construction industry as light fills in general civil engineering, drainage systems, construction of sidewalks, construction and maintenance of landfills, pillars for supporting bridges and agricultural products.



Figure 14. Rubber granules 20 35

- GB xx xx, is available in various sizes and is obtained from mechanically shredded tires, which are split into unequal parts sized from 5 to 300 mm, and the most common applications are in the construction of embankments, drainage systems, thermal insulation, sound barriers, landfill construction, temporary roads, etc.



Figure 15. Rubber granules xx xx

It may be concluded that due to physical properties of the tire, such as non-toxicity, biodegradability, shape, mass and elasticity, waste tires are classified in a wide range of potential applicants for the formation of a new product, which meets the requirements of sustainability.

8. CONCLUSION

Non-selective disposal of used car tires and generally used products made of rubber to sanitary landfills, or in the worst case, to illegal landfills represents a serious problem for human health and for the safety of the environment. It is estimated that in developed countries one waste tire per capita is produced each year, with the tendency of growth. At recycling centers, whether applying mechanical recycling by crushing or by pyrolysis, it is possible to recycle worn tires in an environmentally-friendly way, by means of which new value is created, and the ecological aspect of disposing this kind of waste is not raised as question at the same time.

In the EU there have existed legal regulations for a long time, which regulate the way and procedures related to the disposal of waste tires. In Bosnia and Herzegovina legal documents for regulating this area are in the finalization process.

The pyrolysis process for this type of waste is very effective and that in the combination with recycling plastics it constitutes a compact system that, using a simple line, has a capacity of about 10,000 tons of plastic and tires annually, while on the other hand there is mechanical crushing which has a much greater capacity.

In Bosnia and Herzegovina the two plants were self-initiated without regulations that would regulate this area. Without regulations and ordinances governed by ministries at the entity level, it is very difficult to believe that these plants are cost-effective and efficient. This reflects primarily in the high prices of equipment, transport systems to recycling centers, waste collection and sorting system on the one hand, and the prices of the products obtained on the other hand.

The financial supplement to recycling production is complemented by environmental taxes paid by citizens as ultimate consumers of each product. A positive example of such functioning is present in the Republic of Croatia, where precise legislation governs the area, accompanied by regulations and concessionaires in this area, whereby ecological tax is regulated for each new tire that is produced in or imported to the Republic of Croatia, as

well as for its management, which ultimately represents an incentive both for the Concessionaire carrying out the recycling, as well as for the authorized collector and the authorized transporter. In Bosnia and Herzegovina a more serious approach to this problem is required with the aim to develop awareness among citizens about the problem of waste disposal, but also to encourage the implementation of economic programs for the establishment of a company for organized collection of waste tires that would be handed over to authorized recycling centers.

9. REFERENCES

- [1] Gradimir, D.; Gavrić, P.; Momčilović, V.; Bunčić, S.: Eksploatacija i održavanje pneumatika komercijalnih vozova, Journal Istraživanja i projektovanja za privredu, 25 – 2009 VII, Beograd, 2009
- [2] Vukelić, Đ.: Reciklaža i prerada otpadnih pneumatika, Festival kvaliteta 2008, Fakultet tehničkih nauka, Kragujevac, May 13 – 15, 2008
- [3] Hodolić, J.; Badida, M.: Reciklažne tehnologije, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2008
- [4] Vrekić, S.: Prilog recikliranju materijala u automobilske industrije i ugrožavanje životne sredine, Festival Kvaliteta 2012, Visoka tehnička škola strukovnih studija Kragujevac, 2012
- [5] Đekić, P., Temeljkovski, D., Stojančević, N.: Izbor optimalnog procesa reciklaže otpadnih pneumatika, Istraživanja i projektovanja za privredu, Beograd, 2010
- [6] Sadhan, K.; De Avraam, I.; Isayev, K. K.: RUBBER RECYCLING, Taylor&Francis Group, 2005
- [7] Šooš, Lj.: Odpady 1, Enviromentalne tehnologije, Slovenska tehnicka univerzita v Bratislave, Bratislava, 2007
- [8] <http://www.reciklaza.sr.gov.yu>
- [9] <http://www.gumiimpex.hr>
- [10] <http://www.etra-eu.org>

Contact:

Elvis Hozdić, graduate engineer of mechanical engineering

Fakultet za strojništvo Ljubljana
Hasana Kikića 67
77230 Velika Kladuša
E-mail: ehodzic@yahoo.com

Emine Hozdić, student

Tehnički fakultet Bihać
Ul. Irfana Ljubijankića bb
77000 Bihać
E-mail: emine_hodzic@yahoo.com

MULTIKRITERIJSKA OPTIMIZACIJA PUTANJE ČETVEROPOLUŽNOG MEHANIZMA ZASNOVANA NA GENETIČKIM ALGORITMIMA

MULTIPLE-CRITERIA OPTIMIZATION OF A FOURBAR MECHANISM TRAJECTORY BASED ON GENETIC ALGORITHMS

Miroslav Maretić, Zoran Vrhovski, Dalibor Purković

Pregledni članak

Sažetak: U radu je opisana optimizacija skalarnih matematičkih funkcija i multikriterijska optimizacija putanje četveropolužnog mehanizma zasnovana na genetičkim algoritmima. Genetičkim se algoritmom optimiziraju parametri Hoekenovog četveropolužnog mehanizma koji na jednom dijelu putanje aproksimira pravocrtno gibanje. Problem optimizacije parametara četveropolužnog mehanizma promatra se kao dvokriterijski jer je potrebno zadovoljiti položaj krajnje točke mehanizma po x-osi i po y-osi. Algoritam realiziran u JavaScript programskom jeziku optimizira parametre Hoekenovog mehanizma koji su sintetizirani u programskom alatu SAM 6.0.

Ključne riječi: genetički algoritmi, multikriterijska optimizacija, mutacija, putanja četveropolužnog mehanizma, rekombinacija, spretnost

Subject review

Abstract: The paper presents the optimization of scalar mathematical functions and the multiple-criteria optimization of a fourbar mechanism trajectory based on genetic algorithms. The genetic algorithm optimizes the parameters of the Hoeken fourbar mechanism which approximates rectilinear motion along a part of its trajectory. The optimization problem related to the fourbar mechanism parameters is observed as having two criteria due to the fact that it is necessary to simultaneously satisfy the position of the end point of the mechanism on both the x-axis and the y-axis. The algorithm, which is realized in the JavaScript programming language, optimizes the parameters of the Hoeken fourbar mechanism which are synthesized in the SAM 6.0 software tool.

Key words: genetic algorithms, multiple-criteria optimization, fourbar mechanism trajectory, mutation, recombination, fitness

1. UVOD

Genetički algoritmi su numerička metoda optimizacije temeljena na evoluciji organizama koja se susreće u biološkom svijetu. Pojavljuju se ranih 60-tih godina prošlog stoljeća te od tada napreduju u strukturi i primjeni [1]. Mnogim pojmovima koji su preuzeti iz biologije su u okviru genetičkih algoritama svrsishodno prilagođena značenja. Evolucija se u prirodi, kao izričaj dinamike biološkog svijeta, promatra kroz okvir poboljšanja karakteristika organizma iz neke populacije s ciljem povećanja vjerojatnosti preživljavanja tog organizma i stvaranja potomaka. U genetičkim algoritmima analogno tome promatra se populacija rješenja koja je podvrgnuta simuliranim evolucijskim silama s ciljem pronalaženja rješenja funkcije cilja koje zadovoljava određene kriterije. Funkcija cilja je funkcija koju je potrebno minimizirati ili maksimizirati, odnosno optimizirati. Važnu ulogu u genetičkim algoritmima ima jedan atribut rješenja koji odražava kvalitetu rješenja u okviru danog problema, a koji se naziva sposobnost preživljavanja ili spretnost. U ovom će se radu koristiti naziv spretnost (engl. *fitness*).

Genetički će se algoritmi u ovom radu koristiti za optimizaciju putanje četveropolužnog mehanizma (engl. *fourbar mechanism*) [2]. Prednosti genetičkih algoritama naspram tradicionalnih analitičkih postupaka optimizacije (npr. gradijentnih Newtonovih metoda) je u tome što funkcija cilja koja se optimizira ne treba biti niti analitička niti derivabilna funkcija.

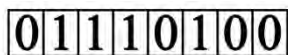
Rad je strukturiran na sljedeći način. U drugom poglavlju opisana je terminologija i način realizacije pojedinih komponenti genetičkih algoritama. Treće poglavlje opisuje način primjene genetičkih algoritama na primjeru određivanja numeričkog minimuma skalarnih matematičkih funkcija na nekom intervalu. Poglavlje četiri opisuje tematiku multikriterijske optimizacije koja predstavlja realne probleme s nizom istodobno promatranih spretnosti rješenja. Nakon toga je prikazana primjena multikriterijske optimizacije na primjeru optimizacije putanje četveropolužnog mehanizma te su prikazani dobiveni rezultati. U petom poglavlju dan je zaključak.

Algoritmi su realizirani u JavaScript [3] programskom jeziku u pozadini HTML stranice koja predstavlja sučelje. Za analizu i sintezu planarnih

mehanizma korišten je programski alat SAM 6.0 [4] iz kojeg su preuzete slike dobivenih mehanizama.

2. GENETIČKI ALGORITMI

Rješenja su u ovom radu predstavljena binarnim nizom zbog pogodnosti takve notacije s obzirom na potrebu proračuna genetičkog algoritma. Postoje i drugačiji načini notacije rješenja u zavisnosti od tipa problema koji se rješava [1]. Primjer jednog rješenja je prikazan na slici 1.



Slika 1. Primjer rješenja

Bitovi niza su strukturni elementi rješenja na razini gdje djeluju evolucijski operatori. Postoje dva važna evolucijska operatora, mutacija i rekombinacija [5]. Rekombinacija djeluje na način da rekombinira postojeće informacije u populaciji tvoreći tako rješenja koja ne sadrže intrinzično nove informacije. Mutacija djeluje na pojedinim bitovima rješenja mijenjajući ih i tvoreći tako potencijalno nove informacije u populaciji. Oba operatora djeluju s određenim vjerojatnostima čije se vrijednosti ponajbolje određuju eksperimentalno za pojedine tipove problema. Primjer rekombinacije dva rješenja na dvije točke niza te mutacije prvog kreiranog rješenja na trećem bitu je prikazan na slici 2.



Slika 2. Primjer rekombinacije i mutacije

Kao kriterij na osnovu kojeg se odabiru rješenja pomoću kojih se kreiraju naredne generacije populacije, koristit će se spretnost. Spretnost je realan broj koji u sebi objedinjuje karakteristike rješenja na osnovu kojih se određuje kvaliteta tog rješenja. Rješenje koje je prema nekom kriteriju kvalitetnije ima veću spretnost i obratno. Općenito se način određivanja spretnosti bazira na tipu problema koji se rješava. Često je potrebno i poželjno dodatno skalirati spretnost rješenja s obzirom na ostatak populacije kako bi se dobio ravnomjerniji selekcijski pritisak [1], [5], [6].

Tijekom procesa mutacije i odabira rješenja za rekombinaciju može se dogoditi da mutiraju informacije najspretnijeg člana trenutne generacije ili da se on uopće ne odabere kao roditelj. Naredna generacija ne mora

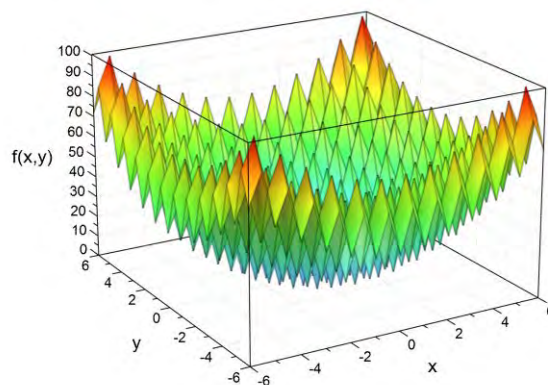
nužno imati rješenje koje je spretnije od najspretnijeg člana prethodne generacije. Da bi se takvi gubici potencijalno korisnih informacija izbjegli, vrši se prije uvođenja naredne generacije elitistička provjera [1]. Nakon što se formira naredna generacija, provjerava se da li prethodna generacija ima član koji ima veću spretnost od najspretnijeg člana naredne generacije. Ako je tako, nasumično se jedan član naredne generacije zamjeni tim članom prethodne generacije.

3. OPTIMIZACIJA SKALARNIH MATEMATIČKIH FUNKCIJA

Kao jedan od primjera upotrebe genetičkih algoritama prikazuje se pronalaženje numeričkog minimuma skalarnih matematičkih funkcija na nekom intervalu. Obično se genetički algoritmi koncipiraju tako da se definira funkcija cilja koju je potrebno optimizirati, a s kojom je povezana spretnost na način da rješenja imaju veću spretnost što bolje optimiziraju funkciju cilja. Evaluacija funkcije cilja za pojedina rješenja obično zauzima najviše računalnog vremena kao resursa te je stoga potrebno posvetiti pažnju učinkovitosti tog dijela kôda [7]. Svako rješenje je potrebno dekodirati iz binarnog oblika u realni broj na osnovu kojeg se može odrediti vrijednost funkcije cilja.

Kao testna funkcija cilja koristit će se Rastriginova funkcija (1) koja je vrlo pogodna za testiranje genetičkog algoritma na čisto numeričkom problemu. Dvodimenzionalna funkcija prikazana je na slici 3.

$$f(x, y) = 20 + x^2 + y^2 - 10 \cos(2\pi x) - 10 \cos(2\pi y) \quad (1)$$



Slika 3. Rastriginova funkcija

Funkciju cilja koju će algoritam minimizirati je vrijednost funkcije (1) na intervalu $x \in [-6, 6]$, $y \in [-6, 6]$. Na danom će se intervalu tražiti minimum funkcije. Rastriginova funkcija, kao što se vidi na slici 3, ima niz lokalnih minimuma te bi pronalaženje globalnog minimuma bio problem s tradicionalnim gradijentnim metodama minimizacije. Gradijentne metode minimizacije "zaglavile" bi u nekom od lokalnih minimuma jer rješenje ovisi isključivo o početnim uvjetima.

Spretnost pojedinog rješenja s određuje se na osnovu izraza (2). Iz grafa se funkcije vidi da je minimum

funkcije (1) u točki $f(0,0) = 0$ te bi spretnost u danoj točki bila $s = 1/0 = \infty$.

$$s = \frac{1}{|f(x,y)|} \quad (2)$$

Ukoliko se pretpostavi bitovni niz 10100101, prva četiri bita predstavljaju varijablu x , a naredna četiri bita predstavljaju varijablu y . Tako su dobiveni ekvivalentni cijeli brojevi $z_x(1010) = 10$ i $z_y(0101) = 5$ koji se prema izrazu (3) [7] preslikavaju u intervale $x \in [-6, 6]$, $y \in [-6, 6]$ u kojem se promatraju rješenja.

$$r_i = \frac{r_{max} - r_{min}}{2^l - 1} z_i + r_{min}, \quad i = x, y \quad (3)$$

Varijable r_{max} i r_{min} predstavljaju granice intervala (u ovom slučaju $r_{max} = 6$, $r_{min} = -6$), a varijabla l predstavlja duljinu bitovnog niza pojedine varijable (u ovom slučaju $l = 4$). Prema izrazu (3) dobivene su vrijednosti $r_x = 2$ i $r_y = -2$. Za dobivene vrijednosti r_x i r_y , vrijednost funkcije cilja je $f(r_x, r_y) = f(2, -2) = 8$, a vrijednost spretnosti je $s = \frac{1}{8} = 0.125$.

Kao što je napomenuto, dobivenu sirovu spretnost potrebno je skalirati kako bi se uravnotežio selekcijski pritisak prilikom odabira roditelja s ciljem izbjegavanja konvergiranja rješenja u neki od lokalnih minimuma. U ovom slučaju će se koristiti sigma skaliranje spretnosti prema izrazu [6]:

$$s_e = 1 + \frac{s_i + S_{avg}}{2\sigma} \quad (4)$$

gdje je s_i sirova spretnost dobivena izrazom (2), S_{avg} srednja spretnost populacije, a σ standardna devijacija sirove spretnosti. Srednja spretnost i standardna devijacija sirove spretnosti definirane su izrazima:

$$s_e = 1 + \frac{s_i + S_{avg}}{2\sigma} \quad (5a)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n (s_i - S_{avg})^2} \quad (5b)$$

pri čemu je n broj članova populacije. Na osnovu skalirane spretnosti odabiru se parovi roditelja čiji se bitovni nizovi podvrgavaju rekombinaciji te mutaciji s ciljem dobivanja članova naredne generacije populacije. Jedna od tradicionalno popularnih metoda selekcije roditelja je proporcionalna selekcija u kojoj je vjerojatnost da će neko rješenje biti izabrano za roditelja proporcionalno njegovoj spretnosti. Implementacija proporcionalne selekcije definirana je sljedećim koracima:

1. Sumiraju se spretnosti svih članova populacije: $S_p = \sum_1^n s_e(i)$.
2. Nasumično se odabere broj iz intervala $[0, S_p]$.
3. Zbrajaju se spretnosti članova populacije redom (članovi ne smiju biti u strukturi populacije poredani po spretnosti) sve dok ta suma ne pređe odabrani

nasumični broj. Zadnji dodani član se tada odabire kao roditelj.

Rekombinacija i mutacija roditelja odvija se s određenom vjerojatnošću. Vjerojatnost rekombinacije koja se koristi u ovom radu je $v_{rec} = 0.95$, a vjerojatnost mutacije $v_{mut} = 0.02$. Nakon odabira dva roditelja, generira se nasumični broj u intervalu $rec_{nas} \in [0, 1]$. Ukoliko vrijedi $rec_{nas} > v_{rec}$ roditelji se ne rekombiniraju, već se samo prosljeđuju u narednu generaciju. Ako je $rec_{nas} \leq v_{rec}$ tada dolazi do rekombinacije roditelja. Nakon što se kreira kompletna naredna generacija populacije, prolazi se kroz sve bitove bitovnih nizova članova s ciljem mutacije. Prilikom razmatranja svakog bita generira se nasumično broj u intervalu $mut_{nas} \in [0, 1]$. Ukoliko vrijedi $mut_{nas} \leq v_{mut}$ odabrani bit mutira.

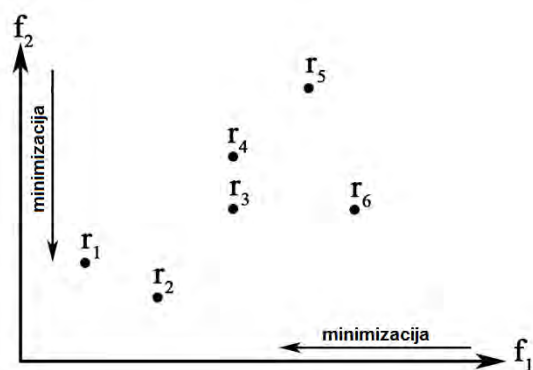
Nakon obrađene i kreirane naredne generacije vrši se elitistička provjera nakon koje novokreirana generacija postaje trenutna generacije populacije te se kompletan algoritam ponavlja do zadovoljenja određenog kriterija na funkciju cilja.

4. MULTIKRITERIJSKA OPTIMIZACIJA

Navedeni primjer optimizacije skalarne matematičke funkcije je primjer gdje je potrebno minimizirati samo jednu funkciju cilja koja predstavlja kvalitetu rješenja. Realni problemi često posjeduju niz parametara koji određuju krajnju kvalitetu rješenja na način da tvore nekoliko funkcija cilja koje je potrebno minimizirati. Parametri problema su najčešće spregnuti tako da nije moguće minimizirati jednu funkciju cilja bez da se promijeni vrijednost druge funkcije cilja.

Općenito vrijedi da se problem promatra tako da se kreira vektor parametara kojima se mijenja vrijednost. Taj vektor tvori niz funkcija cilja koje je potrebno minimizirati, $f_1(\vec{x}), f_2(\vec{x}), \dots, f_m(\vec{x})$. Svako rješenje (član populacije) je ciljani vektor koji sadrži funkcije cilja, $\vec{F} = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$. Pomoću Pareto dominacije [8] određuje se relativna kvaliteta između dva rješenja. Općenito, vektor $\vec{F}_a$ dominira nad vektorom $\vec{F}_b$ ako vrijedi:

$$\begin{aligned} f_{a,i} &\leq f_{b,i} \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, m\} \wedge \\ \wedge f_{a,j} &\leq f_{b,j} \quad \exists j \in \{1, 2, \dots, m\} \end{aligned} \quad (6)$$



Slika 4. Primjer populacije rješenja dvokriterijskog problema

Dominacija vektora $\vec{F}_a$ nad vektorom $\vec{F}_b$ označavat će se s $\vec{F}_a < \vec{F}_b$. Primjena Pareto dominacije će biti prikazana na primjeru dvokriterijskog problema na slici 4 gdje su pojedina rješenja $\vec{F}_i$ obilježena oznakama r_i .

Sa slike 4 određuje se dominacija rješenja kako slijedi:

1. $r_1 < \{r_3, r_4, r_5, r_6\}$
2. $r_2 < \{r_3, r_4, r_5, r_6\}$
3. $r_3 < \{r_4, r_5, r_6\}$
4. $r_4 < r_5$

Na osnovu broja dominirajućih rješenja svakom se rješenju dodjeljuje rang prema izrazu (7) gdje je q_i broj rješenja koja dominiraju nad odgovarajućim rješenjem i .

$$\text{rang}(i) = 1 + q_i \quad (7)$$

Na osnovi izraza (7) rješenja sa slike 4 imaju sljedeće rangove:

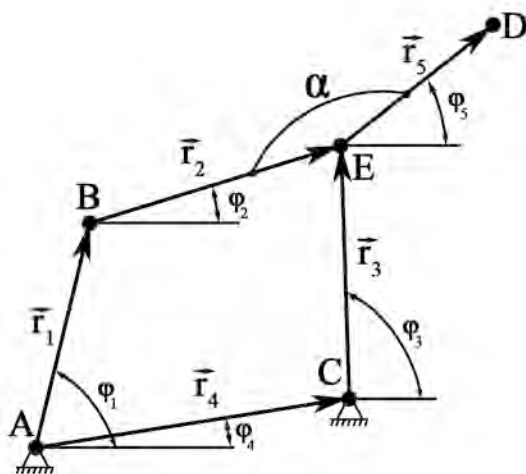
1. $\text{rang}(r_1) = 1$
2. $\text{rang}(r_2) = 1$
3. $\text{rang}(r_3) = 3$
4. $\text{rang}(r_4) = 4$
5. $\text{rang}(r_5) = 5$
6. $\text{rang}(r_6) = 4$

Iako postoje razne metode određivanja spretnosti [9] obrnuto proporcionalni odnos spretnosti i ranga (8) daje dobre rezultate.

$$s_i = \frac{1}{\text{rang}(r_i)} \quad (8)$$

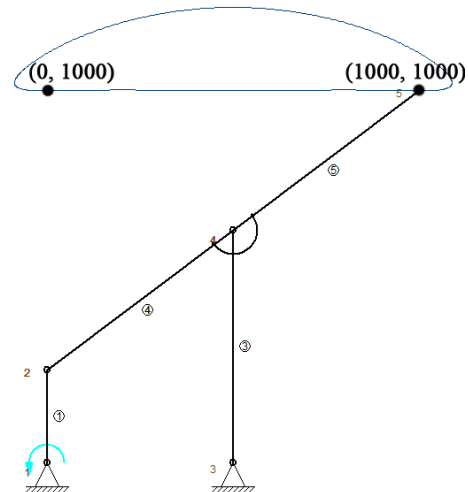
4.1. Multikriterijska optimizacija putanje četveropolužnog mehanizma

Kao primjer primjene multikriterijske optimizacije zasnovane na genetičkim algoritmima predlaže se optimizacija planarne putanje četveropolužnog mehanizma. Opći četveropolužni mehanizam prikazan je na slici 5, pri čemu su poluge označene vektorima zbog potrebe matematičke analize [6].



Slika 5. Opći izgled četveropolužnog mehanizma s naznačenim geometrijskim parametrima

Referentna putanja za generiranje parametara mehanizma i mehanizam koji ostvaruje putanju su prikazani na slici 6. Mehanizam je poznat iz prakse pod nazivom Hoekenov mehanizam, i kao što se vidi, on aproksimira pravocrtno gibanje na jednom dijelu putanje. Dakle, cilj genetičkog algoritma je kreirati Hoekenov mehanizam optimizacijom putanje prikazane na slici 6. Problem optimizacije promatra se kao dvokriterijski jer je potrebno zadovoljiti položaj točke D po x-osi i po y-osi.



Slika 6. Hoekenov mehanizam s naznačenom putanjom i koordinatama

Hoekenov mehanizam sa slike 6 kreiran je tako da je smješten u nepomični referentni koordinatni sustav u kojem se promatraju sve potrebne geometrijske osobine mehanizma. Koordinata oslonca A smještena je u ishodište (0,0), a koordinata oslonca C u točku (500,0). Uz odabrane dužine poluga $|\vec{r}_2| = |\vec{r}_3| = |\vec{r}_5| = 625 \text{ mm}$, $|\vec{r}_1| = 250 \text{ mm}$ i $|\vec{r}_4| = 500 \text{ mm}$ te $\alpha = 180^\circ$ slijedi da dio putanje koji aproksimira pravac ima krajnje točke (0,1000) i (1000,1000). Dužine poluga definirane su odnosima poluga u Hoekenovom mehanizmu [2].

U algoritmu optimizacije se kao parametri koriste geometrijske osobine mehanizma. Prema slici 5. određuju se vrijednosti dužina poluga $|\vec{r}_1|, |\vec{r}_2|, |\vec{r}_3|, |\vec{r}_5|$, kuta α te koordinate oslonca C, (x_C, y_C) . Svako rješenje je predstavljeno bitovnim nizom duljine 70 bitova te svakom parametru pripada redom 10 bitova. Dužine poluga su ograničene na $|\vec{r}_i| \in [100, 1000]$. Koordinate oslonca ograničene su na $x_C, y_C \in [100, 1000]$. Vrijednost kuta ograničena je na $\alpha \in [100, 270]$. Početne vrijednosti parametara u nultoj generaciji generiraju se nasumično u zadanim granicama.

Za određivanje koordinate točke D koriste se izrazi:

$$x_D = |\vec{r}_1| \cos(\varphi_1) + |\vec{r}_2| \cos(\varphi_2) + |\vec{r}_5| \cos(\varphi_5) \quad (9a)$$

$$y_D = |\vec{r}_1| \sin(\varphi_1) + |\vec{r}_2| \sin(\varphi_2) + |\vec{r}_5| \sin(\varphi_5) \quad (9b)$$

Za svaki stupanj kuta $\varphi_1 \in [90, 270]$ i pogonske poluge $|\vec{r}_1|$ izračunati su položaji točke D Hoekenovog mehanizma te su pohranjeni u nizove $\vec{X}_{Dh}$ i $\vec{Y}_{Dh}$. Svako

rješenje u algoritmu optimizacije se podvrgava istim proračunima te se određuju položaji točke D mehanizama koji se spremaju u nizove $\vec{X}_{De}$ i $\vec{Y}_{De}$. Svakom mehanizmu je početni položaj definiran pomoću kuta $\varphi_1 = 90^\circ$. Funkcije cilja koje je potrebno minimizirati su u ovom slučaju srednje kvadratne pogreške putanje u promatranim točkama po x-osi i y-osi predstavljene izrazima:

$$MSE_x = \frac{1}{180} \sum_{i=1}^{180} [\vec{X}_{De}(i) - \vec{X}_{Dh}(i)]^2 \quad (10a)$$

$$MSE_y = \frac{1}{180} \sum_{i=1}^{180} [\vec{Y}_{De}(i) - \vec{Y}_{Dh}(i)]^2 \quad (10b)$$

Dvije spretnosti bazirane na ovim funkcijama cilja određuju se na osnovu izraza:

$$s_x = \frac{1}{MSE_x} \quad (11a)$$

$$s_y = \frac{1}{MSE_y} \quad (11b)$$

Prema već opisanom postupku svako rješenje rangira se na osnovi Pareto dominacije (6) (7), spretnost se određuje na osnovu dobivenog ranga (8) te se vrši proporcionalna selekcija nad tako dobivenom populacijom.

Kod nasumičnog kreiranja rješenja u nultoj generaciji te kreiranja rješenja u narednim generacijama na osnovu rekombinacije i mutacije moguće je kreirati mehanizam kojeg fizički nije moguće ostvariti ili koji ima ograničenu pokretljivost. Takvim se rješenjima spretnost postavlja na 10^{-10} , a srednje kvadratna pogreška na ∞ .

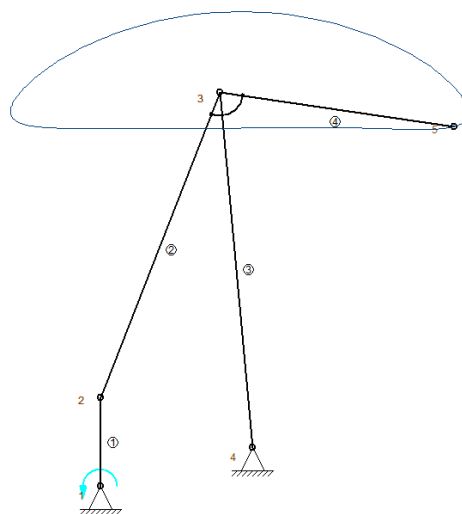
Elitistička provjera je izvedena tako da se iz trenutne generacije odabere rješenje koje ima najveću spretnost po osi y (11b) te se ono uspoređuje s rješenjem iz međupopulacije (nastale rekombinacijom i mutacijom trenutne generacije) koje ima najveću spretnost prema (11b). Zanemaruje se eksplicitna provjera spretnosti po osi x (11a) jer je oslonac A fiksno postavljen u ishodište koordinatnog sustava te je važnije imati manje oscilacije po osi y, nego po osi x. Zbog ograničenosti oslonca A i ograničenja duljine poluga neposredno se kod elitističke provjere prati i spretnost po osi x.

Ovaj algoritam optimizacije, iako implementira samo osnove genetičkih algoritama te ne upotrebljava složenije određivanje spretnosti multikriterijskih problema (pogledati [8] i [9]), daje rezultate koji ilustriraju uspješnost uporabe ove metode. Na slikama 7 i 8 su dani primjeri mehanizama i putanje koje opisuje točka D.

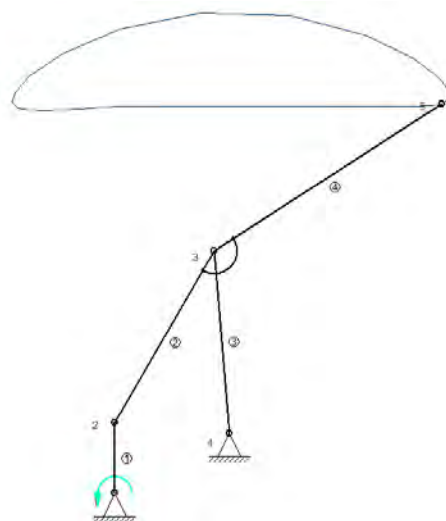
Mehanizam sa slike 7 ima vrijednosti geometrijskih parametara dobivenih multikriterijskom optimizacijom:

$$\begin{aligned} |\vec{r}_1| &= 247 \text{ mm} \\ |\vec{r}_2| &= 916 \text{ mm} \\ |\vec{r}_3| &= 996 \text{ mm} \\ |\vec{r}_5| &= 662 \text{ mm} \\ x_C &= 426 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_C &= 108 \text{ mm} \\ \alpha &= 240^\circ \end{aligned}$$



Slika 7. Primjer dobivenog mehanizma multikriterijskom optimizacijom (1)

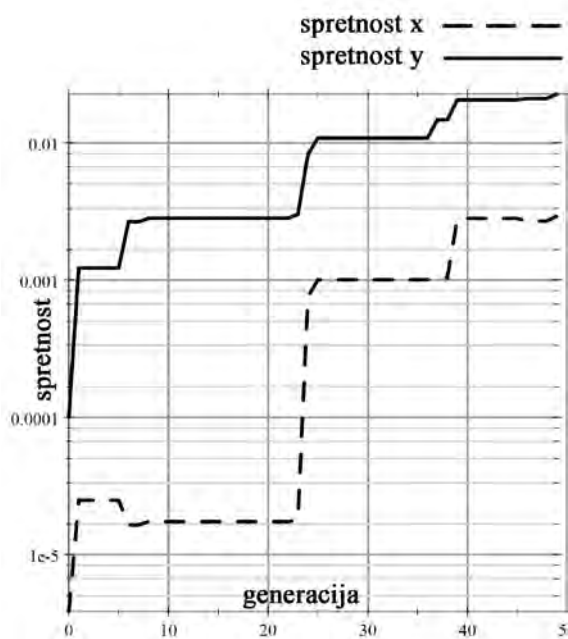


Slika 8. Primjer dobivenog mehanizma multikriterijskom optimizacijom (2)

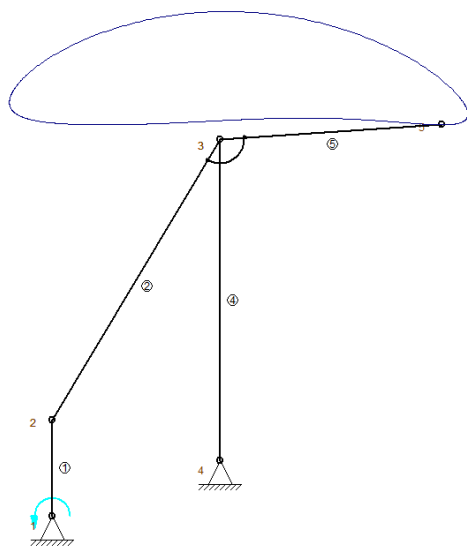
Mehanizma sa slike 8. ima vrijednosti geometrijskih parametara dobivenih multikriterijskom optimizacijom:

$$\begin{aligned} |\vec{r}_1| &= 183 \text{ mm} \\ |\vec{r}_2| &= 513 \text{ mm} \\ |\vec{r}_3| &= 473 \text{ mm} \\ |\vec{r}_5| &= 701 \text{ mm} \\ x_C &= 296 \text{ mm} \\ y_C &= 155 \text{ mm} \\ \alpha &= 207^\circ \end{aligned}$$

Na slici 9 je prikazana ovisnost maksimalne spretnosti s_x i s_y u prvih 50 generacija jedne populacije uz vrijednosti vjerojatnosti rekombinacije $v_{rec} = 0.95$ i vjerojatnosti mutacije $v_{mut} = 0.02$. Na slici 10 je prikazan dobiveni mehanizam nakon 50 generacija jedne populacije. Promjena spretnosti s_x prati promjenu spretnosti s_y , iako se tijekom elitističke provjere eksplicitno ne provjerava.



Slika 9. Tok maksimalne spretnosti tijekom 50 generacija



Slika 10. Primjer dobivenog mehanizma na temelju prvih 50 generacija jedne populacije

Mehanizma sa slike 10. ima vrijednosti geometrijskih parametara dobivenih multikriterijskom optimizacijom na temelju prvih 50 generacija jedne populacije:

$$\begin{aligned} |\vec{r}_1| &= 244 \text{ mm} \\ |\vec{r}_2| &= 830 \text{ mm} \\ |\vec{r}_3| &= 816 \text{ mm} \\ |\vec{r}_5| &= 563 \text{ mm} \\ x_C &= 426 \text{ mm} \\ y_C &= 140 \text{ mm} \\ \alpha &= 235^\circ \end{aligned}$$

S obzirom na mali broj generacija, aproksimacija pravocrtnog gibanja je loša. Povećanjem broja generacija dobiveni su bolji rezultati (slike 7 i 8).

5. ZAKLJUČAK

U radu su sustavno obrađeni pojmovi genetičkih algoritama te njihova primjena kod optimizacije skalarnih matematičkih funkcija i multikriterijske optimizacije putanje četveropolužnog mehanizma. Primjena genetičkih algoritama na prikazanim problemima optimizacije daje zadovoljavajuće rezultate.

Rješenje optimizacijskog algoritma predstavljeno je bitovnim nizom duljine 70 bitova te svakom parametru pripada redom 10 bitova. Svako se rješenje rangira prema Pareto dominaciji. Spretnost rješenja određuje se na osnovu dobivenog ranga te se vrši proporcionalna selekcija nad tako dobivenom populacijom.

Funkcije cilja koje je potrebno minimizirati u slučaju optimizacije parametara četveropolužnog mehanizma su srednje kvadratne pogreške putanje.

Četveropolužni mehanizmi koji su dobiveni multikriterijskom optimizacijom na zadovoljavajući način aproksimiraju dio putanje s pravcem.

Unatoč svim prednostima i atraktivnostima genetičkih algoritama treba imati na umu da oni postaju opcija rješavanja nekog problema ako tradicionalni algoritmi ne daju zadovoljavajuće rezultate ili kada funkcija cilja nije analitička i derivabilna funkcija. Algoritam razvijen specijalno za neki problem u pravilu će dati kvalitetnije i brže rješenje od genetičkog algoritma.

6. LITERATURA

- [1] Sivanandam, S.N.; Deepa, S.N.: Introduction to Genetic Algorithms, Springer, Berlin, 2008.
- [2] Norton, R.L.: Design of Machinery: An Introduction to the Synthesis And Analysis of Mechanisms and Machines, Second Edition, McGraw-Hill Inc., USA, 1999.
- [3] Goodman, D.; Morrison, M.: JavaScript Bible, 5th Edition, Wiley Publishing, Inc., 2004.
- [4] <http://www.artas.nl/en/sam> (Dostupno 8.01.2014.)
- [5] Melaine, M.: An Introduction to Genetic Algorithms, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1999.
- [6] Maretić, M.: Numerička analiza skalarnih matematičkih funkcija bazirana na genetičkim algoritmima, Završni rad, Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, 2013.
- [7] Coley, D. A.: An Introduction to Genetic Algorithms for Scientists and Engineers, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 1999.
- [8] Tan, K.C.; Khor, E.F.; Lee, T.H.: Multiobjective Evolutionary Algorithms and Applications, Springer-Verlag London Limited, 2005.
- [9] Konak, A.; Coit, D. W.; Smith, A. E.: Multi-Objective Optimization Using Genetic Algorithms: A Tutorial, 2005.

Kontakt autora:

Miroslav Maretić, bacc.ing.mech. (bivši student)

e-mail: miroslav.maretic00@gmail.com

Zoran Vrhovski, mag.ing.el.techn.inf.

Visoka tehnička škola u Bjelovaru

Trg Eugena Kvaternika 4

43000 Bjelovar

e-mail: zvrhovski@vtsbj.hr

Dalibor Purković, mag.ing.el.techn.inf.

Visoka tehnička škola u Bjelovaru

Trg Eugena Kvaternika 4

43000 Bjelovar

e-mail: dpurkovic@vtsbj.hr

ŠUM I TTF REPRODUKCIJSKIH SUSTAVA

IMAGE NOISE AND TONE TRANSFER FUNCTION OF IMAGING SYSTEMS

Ivana Čirjak, Damir Modrić, Dean Valdec

Izvorni znanstveni rad

Sažetak: Prilikom reprodukcije i stvaranja slike dolazi do očekivane pogreške prilikom prenošenja informacije s jednog reprodukcijjskog sustava na drugi. Ta pogreška naziva se šum u reprodukciji, a posljedica je samih reprodukcijjskih sustava. U ovom je radu obrađena pojava šuma u reprodukciji na otisnutim materijalima te korelacija između tonskih vrijednosti piksela originala i gustoće zacrnjenja reprodukcije za više osobnih pisača. U radu je korišten uzorak tonske skale (KODAK Gray Scale) te je reproduciran na tri različita pisača. Ono što je u originalnoj datoteci bila tonska vrijednost pojedinog piksela, u reprodukciji se pojavljuje kao gustoća zacrnjenja, odnosno refleksija. Skeniranjem uzorci su prevedeni u digitalni oblik, te uz pomoć mnogih softverskih alata analizirani. Uočeno je da postoji razlika između ulaznih vrijednosti originala i izlaznih vrijednosti na reprodukciji te obzirom na te vrijednosti zaključeno je da je moguće rekonstruirati TTF (Tone Transfer Function, prijenosna funkcija tonova) svakog pojedinog korištenog uređaja. Upravo je TTF nužna za razumijevanje načina reprodukcije, šuma koji se u njoj javlja kao očekivana greška, te optimizacije reprodukcijjskih sustava.

Ključne riječi: šum, TTF, histogram, siva skala, reprodukcijjski sustav

Original scientific paper

Abstract: During reproduction and creation of an image comes to the expected error when transferring information from one reproduction system to another. This error is called reproduction noise, resulting in a very reproductive system. This paper examines the phenomenon of noise in the reproduction of the printed materials and the correlation between the tonal values of the original pixel density and opacity playing for several personal printers. In this paper is used a sample tone scale (Kodak Gray Scale) and is reproduced on three different printers. Tonal value of each pixel in the original file in the reproduction appears as density opacity or reflection. Scanning patterns are translated into digital form, and analyze them with a variety of software tools. It was noted that there is a difference between the input original values and the output reproduction values. It was noted that there is a difference between the input and output values of the original values in the reproduction, which indicates that it is possible to reconstruct the TTF (Tone Transfer Function, transfer function tones) of each used device. It is TTF that is necessary to understand the noise modes, that appears as expected error and to optimize reproductive system.

Key words: noise, TTF, histogram, gray scale, the reproductive system

1. UVOD

Niti jedan reprodukcijjski sustav nije idealan i svaki će uzrokovati neku određenu smetnju na reprodukciji koja će kopiju razlikovati od originala. To se događa jer različiti reprodukcijjski sustavi imaju različite funkcije prijenosa tonova (TTF) i različiti uzorak, te se gubi određena količina informacija. Ta količina može biti tolika da se golim okom ne primjećuje promjena u kvaliteti, a može biti i izrazito primjetna što znači da taj reprodukcijjski sustav ima veći "šum". Šum je svaka smetnja ili gubitak kvalitete na kopiji u odnosu na original ^[1]. Na slici 1 se vidi razlika u šumu na originalnoj slici i na njejoj kopiji koja je ispisana na uredskom pisaču, te skenirana kako bi ponovno poprimila digitalni oblik.

Osim što sam reprodukcijjski sustav, u ovom slučaju pisač, daje šum u reprodukciji originala, postoje još neki čimbenici koji ga pospješuju. Prije svega, karakteristika medija na kojem je ispisana slika, odnosno papir. Papir zbog svojeg sastava i tehnološkog procesa kojim se izrađuje nije savršeno bijel niti savršeno gladak. Samim time ni slika koja je reproducirana na njemu ne može biti idealna čak ni u slučaju kada sam reprodukcijjski sustav ne bi uzrokovao nikakav šum. Također, različite tinte i toneri različito interagiraju sa različitim vrstama papira tj. tiskovne podloge. Neke će podloge brže upijati tintu, dok je neke uopće neće prihvaćati. Upravo tom interakcijom bojila i podloge dolazi do još jedne neizbježne pojave u tisku koja se naziva "mottling", a posljedica je upravo nejednolikog prihvaćanja bojila na tiskovnu podlogu.

Jedan od ciljeva ovog eksperimenta je okarakterizirati, odnosno opisati šum pisača te pokazati kako se funkcija šuma ponaša u nekoliko različitih reproduksijskih sustava.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Šum u reprodukciji

Šum je slučajna (nije prisutan u slici objekta) varijacija svjetline ili informacije o boji u slikama, a obično je rezultat elektronskog šuma, koji može potjecati od strane senzora i strujnih krugova skenera ili digitalne kamere. Šum slike također može biti posljedica zrnatosti filma ili nezaobilaznog tzv. shot šuma idealnog detektora fotona. Šum je nepoželjni nusproizvod akvizicije slike koji dodaje lažne i opterećujuće informacije. Šum se obično mjeri pomoću RMS (root mean square) devijacije refleksije, σ . Signal sa kopirnog uređaja je faktor refleksije, R_C , pa je šum zapravo RMS devijacija njegove refleksije, σ_R . Često se uočava kako magnituda šuma varira u odnosu na početnu vrijednost. U ovom istraživanju, mjerit će se σ_R na svakom koraku duž čitavog klina i promatrati promjene σ_R duž klina.

Nakon što se uzorak skale ispiše na tri različita pisača, otisci se skeniraju na maksimalnoj rezoluciji i obrade pomoću programa ImageJ^[2]. U ImageJ-u za svaku stepenicu sive skale dobije se srednja vrijednost sivog tona i njegova standardna devijacija. Izmjeri se srednja vrijednost piksela, $\bar{P}$, i standardnu devijaciju vrijednosti piksela, σ_P . Koristeći jednadžbe (1) i (2) izračunate su vrijednosti refleksije, R , i pripadne standardne devijacije refleksije σ_R , za svaki korak na kopiranoj slici.

$$R = \frac{\bar{P}}{P_{ref}} \cdot R_{ref} \quad (1)$$

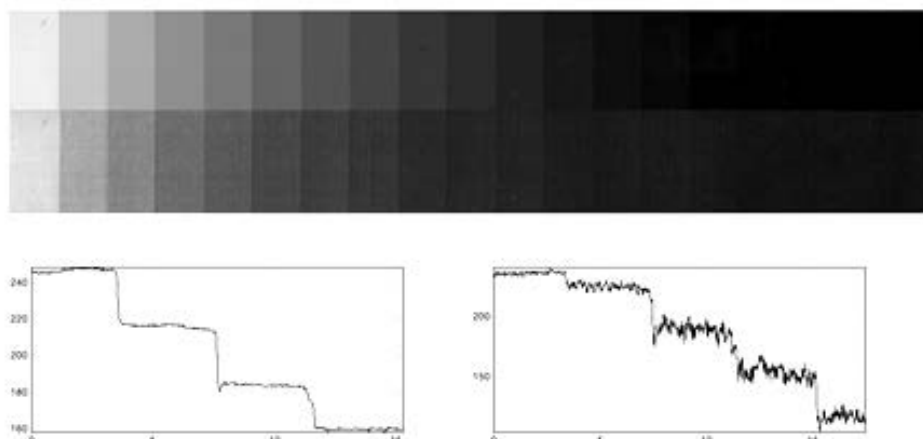
$$\sigma_r = \frac{\sigma_P}{P_{ref}} \cdot R_{ref} \quad (2)$$

gdje su:

P_{ref} i R_{ref} – odgovarajuće referentne vrijednosti glatkog bijelog referentnog uzorka.

Originalni sivi klin

Sivi klin kopije



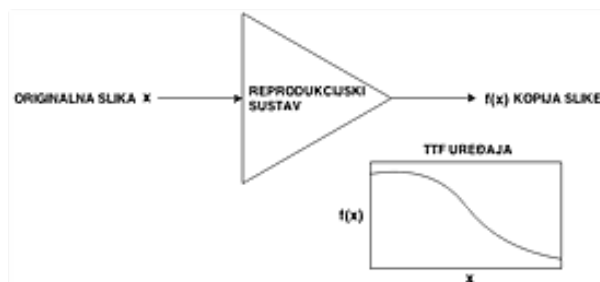
Slika 1. Vrijednosti sivih tonova na originalnoj slici i kopiji

2.2. Prijenosna funkcija tona (TTF)

Svaki uređaj za stvaranje slike može biti opisan pomoću *tone transfer function*, TTF, tj. prijenosne funkcije tona. Cjelokupni sustav shematski je prikazan na slici 2. TTF je izlazna funkcija uređaja, $f(x)$, u ovisnosti o ulaznom parametru uređaja, x . Svi uređaji za kreiranje slike mogu biti opisani pomoću TTF, ali često se tim funkcijama daju različita imena. Termini poput "karakteristična krivulja", "I/O funkcija", "pregledna tablica", "DLogH krivulja", itd. koriste se ovisno o tehnologiji koja se koristi.

TTF ne opisuje sva svojstva uređaja za stvaranje slike. Opisuje samo prosjek ulazno/izlaznog ponašanja uređaja. TTF ne sadrži informacije o položaju ili obliku objekata na slici niti način na koji položaj i oblik mogu biti iskrivljeni zbog utjecaja uređaja. Svojstva takve vrste nazivaju se "prostorna" svojstva uređaja za stvaranje slike. Prostorna svojstva uređaja su značajno pod

utjecajem TTF, stoga je razumijevanje TTF važan preduvjet za razumijevanje prostornih svojstava uređaja.



Slika 2. Shematski prikaz uređaja za stvaranje slike i njegova Tone Transfer Funkcija (TTF)

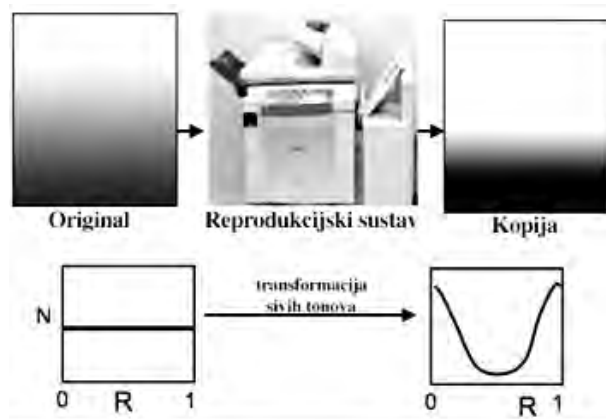
TTF se može prikazati grafički, kao što je to prikazano na slici 1, ili pomoću jednadžbe, $f(x) = y$. Grafički prikaz koristan je za vizualizaciju/predočavanje

ponašanja sustava, ali jednadžba je važna za izvođenje kvantitativne analize ili kontrole uređaja.

Postoje tri pristupa modeliranju TTF: mehanicističko modeliranje, heurističko modeliranje i parametarsko modeliranje. U ovom istraživanju se koristi heuristički pristup. Naime više nego često, fizikalni mehanizmi uređaja za akviziciju slike nisu dovoljno dobro poznati da bi jednostavno generirali TTF. Postoje mnoge heurističke tehnike koje se mogu primijeniti na modeliranje skupa eksperimentalnih podataka, kao što su: linearna interpolacija^[3] i polinomska regresija^[4]. Linearna interpolacija je metoda generiranja krivulja korištenjem linearnog polinoma (pravca) između dvije poznate točke. Odnosno, linearna interpolacija na skupu točaka $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ definira se kao ulančavanje linearnih interpolanata između svakog para točaka, što općenito rezultira kontinuiranom krivuljom s diskontinuiranom derivacijom.

Polinomska regresija je oblik linearne regresije u kojoj je odnos između nezavisne varijable x i zavisne varijable y je modeliran kao polinom n -tog reda. Polinomska regresija uklapa nelinearni odnos između vrijednosti x i odgovarajuće uvjetne srednje vrijednosti y i koristi se za opis nelinearnih fenomena kao što su na primjer stope rasta tkiva, raspodjelu izotopa ugljika u sedimentu, napredovanje epidemije bolesti, itd..

Kako bi se opisala svojstva reprodukcijского sustava vezano uz svjetlinu i kontrast, originalna slika sa dobro poznatim svojstvima je kopirana kako bi se mogla točno definirati promjena koja se dogodila. Najčešće se za to koristi slika koja prikazuje tonski prijelaz od crne do bijele (sivi klin), sa jednakom zastupljenošću svih sivih tonova, i čiji histogram je poznat i izgleda poput vodoravne linije. Kao što je prikazano na slici 3, histogram kopirane slike koja u sebi sadrži utjecaj reprodukcijского sustava, u ovom slučaju fotokopirnog uređaja, se uvelike razlikuje od onog koji opisuje originalnu sliku. Izlazna slika i njezin histogram postaju alat kojim će se opisati ponašanje određenog uređaja i kreirati prijenosna funkcija tona.

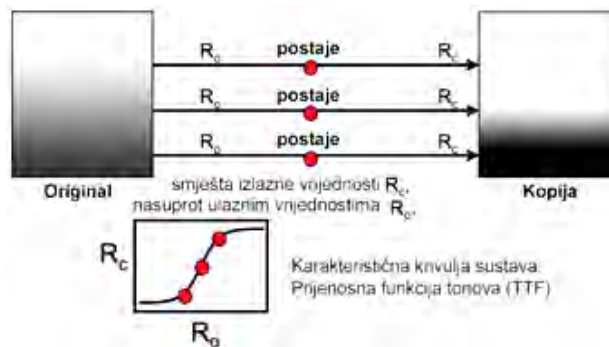


Slika 3. Utjecaj reprodukcijского sustava na prijenos sivih tonova

Na slici 4 je prikazano kako se pomoću originala, kojemu su poznata svojstva i histogram i pomoću kopije dobivene reprodukcijским sustavom, može konstruirati krivulja koji karakterizira taj sustav. Vrijednosti sive na originalu suprotstavljene su vrijednostima sive na kopiji

kako bi se konstruirala krivulja koja se naziva karakteristična krivulja sustava, ili prijenosna funkcija tona (TTF; Tone Transfer Function). Ova krivulja je najučestaliji način prikaza svojstava svjetline i kontrasta uređaja za reprodukciju slike.

TTF prikazana na slici 4 koristi reflektanciju kao mjerilo za vrijednost sive. Često se koriste i druge jedinice, ovisno o obliku originalne i izlazne slike.



Slika 4. Kreiranje prijenosne funkcije tonova pomoću ulaznih i izlaznih vrijednosti reprodukcijского sustava, gdje je R_o – reflektancija originala i R_c – reflektancija kopije

Na primjer, TTF za desktop skener može biti prikazan krivuljom izlazne vrijednosti piksela, P , u odnosu na reflektanciju originala, R_o . Ultrazvučni detektor koji se koristi u medicinskim slikovnim sustavima može proizvesti izlaznu sliku u jedinicama napona, V , za ulazni original izražen gustoćom mase, m , u g/m^2 . Bez obzira na jedinice, TTF se prikazuje krivuljom izlaza u odnosu na ulaz. Sljedeća rasprava će koristiti za primjer stroj za kopiranje, ali pojmovi vrijede jednako dobro na druge vrste slikovnih sustava.

Karakteristike kontrasta slikovnog uređaja mogu se opisati s niskim, normalnim i visokim kontrastom. Kontrast uređaja određen je oblikom TTF krivulje. Kako bi se usporedili različiti uređaji, korisno je definirati indeks kontrasta, kao i indeks osjetljivosti. Indeks kontrasta uređaja se često naziva gama i simboliziran je grčkim slovom γ . Definicija γ ovisi o vrsti uređaja, baš kao što i definicija osjetljivosti, S , ovisi o tipu uređaja. U općoj upotrebi za definiranje γ postoje dvije različite konvencije, no kao što će biti prikazano, one su zapravo blisko povezane.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Kao uzorak za mjerenje korištena je skala sivih tonova, KODAK Gray Scale, koja je ispisana na tri različita pisača. Pisači koji su dio ovog istraživanja su navedeni u tablici 1, a izgled mjerne skale prikazan je na slici 5.

Tablica 1. Uredski pisači korišteni u istraživanju

Redni broj pisača	Naziv i model pisača
1	HP LaserJet 1300 PCL6
2	HP LaserJet 2200 dn
3	HP LaserJet 2300 dn



Slika 5. Uzorak za mjerenje skale sivih tonova (KODAK Gray Scale)

Otisci su napravljeni na različitim klasičnim uredskim papirima za ispis, gramature 80 g/m^2 (npr. Navigator kao jednom od papira koji se najčešće koristi, IQ, Discovery,...). Svi papiri su pokazivali praktično iste rezultate neovisno o porijeklu. Utjecaj tiskovne podloge, primjenom navedenih papira, na pojavu šuma u reprodukciji je zanemariv u odnosu na utjecaj uredskih pisaca tako da je istraživanje fokusirano na pisace.

Originalni sivi klin približno je bez šuma ($\sigma_R \approx 0$). Uspoređujući ga sa ispisanim klinom na pisačima može se vidjeti da ispisan klin ima značajan šum. Taj šum na kopiji je znak postojanja šuma na pisaču, obzirom da se na originalu ne zamjećuje. Također se primjećuje kako se količina šuma na kopiji mijenja s obzirom na stupanj sivoće sivog klina.

3.1. TTF skenera

Skener u ovom istraživanju služi kao uređaj za mjerenje refleksije. Kako bi se prevele vrijednosti piksela skenera u vrijednosti refleksije, R , potrebno je izmjeriti i opisati krivulju TTF^{-1} skenera. Pomoću ImageJ softvera izmjeren je svaki pojedini korak na sivom klinu originalne reprodukcije.

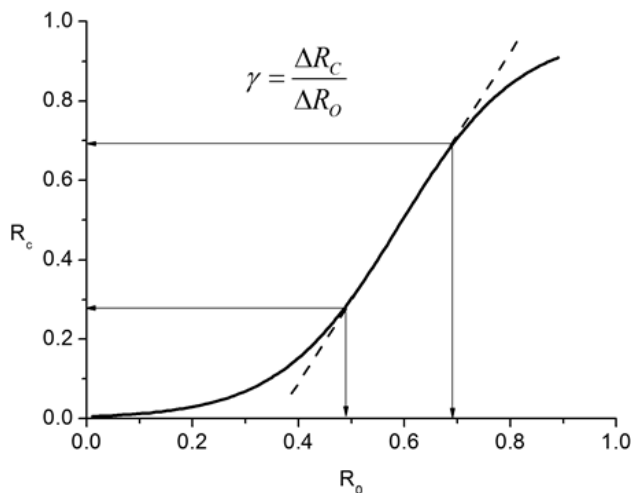
3.2. Šum i TTF skenera

Modeliranje je često korištena tehnika za određivanje parametara koje je teško ili nemoguće izravno izmjeriti. Analiza eksperimentalnih podataka koristiti se tehnikom modeliranja za izdvajanje svojstva šuma uređaja za kopiranje. Koristeći softverski alat ImageJ-a izračunata je srednja vrijednost i standardna devijacija (P i σ_P) vrijednosti piksela duž kopiranog sivog klina. Pomoću TTF^{-1} skenera konvertira se P u R , te σ_P u σ_R . Zatim se nacrti i oblikuje TTF krivulja kopirnog uređaja kao R_C vs R_O gdje su R_C i R_O vrijednosti refleksije na kopiranom i na originalnom sivom klinu. Drugom krivuljom se oblikuje σ_R vs R_O . Jednostavan pristup koji sasvim dobro služi za većinu praktičnih primjena je odrediti RMS zrnatosti slike. Pri tome je važan izbor odgovarajućeg niza eksperimentalnih uvjeta za ovu metriku. To se može ilustrirati primjerom u kojem se pretpostavlja da je mjerenje napravljeno i da je rezultat RMS devijacija refleksije $\sigma = 0,0034$. Ukoliko je slikovni proces sposoban reproducirati minimalnu refleksiju $R_{\min} = 0,010$ (tipično za ink jet tinte) i maksimalnu refleksiju $R_{\max} = 0,850$ (tipičan uredski papir), tada je ukupni broj prepoznatljivih tonova sive razine koji se mogu reproducirati $(R_{\max} - R_{\min}) / \sigma = 247$.

3.3. Gamma

Definira se γ kao nagib TTF krivulje kopirnog uređaja, $\gamma = (\partial y / \partial x)$. Koristi se vlastiti model TTF kako bi se procijenila γ , te skicirala krivulja γ vs R_O . Gamma kao nagib krivulje je konvencija koja se često koristi za filmske kamere i uredske strojeve za kopiranje. Prosječni nagib je definiran duž korisnog raspona TTF krivulje uređaja. Korisno područje i prosječni nagib se ponekad određuju proizvoljno prema namjeni uređaja. Slika 5 prikazuje primjer u kojem je korisni raspon linearni središnji dio TTF. Nagib TTF se definira kao nagib pravca (crtkana linija na slici 5.) između početka i kraja korisnog raspona.

Gamma funkcija je modelirana na temelju definicije gamma funkcije kao derivacije TTF, kao što je prikazano u jednadžbi (6) ili na slici 5. To se može modelirati uzimanjem diskretnih razlika duž TTF ili numerički odrediti derivaciju na modelu TTF. Ovo je mjesto gdje eksperimentalni šum može biti problem. Ako su podatkovne točke previše blizu jedna drugoj, procjena γ točku po točku može biti slučajna i generirati vrlo visoke vrijednosti.



Slika 5. Primjer γ definirane kao nagib

3.4. Parametarsko oblikovanje šuma

Postoje mnogi načini da se definira parametarski model. Ključ leži u tome da se identificira korisna funkcija koja može aproksimirati opis najbliži eksperimentalnim podacima. Ovo zahtijeva neka iskustva s matematičkim funkcijama različitih tipova, te znanje o načinu kako parametri kontroliraju oblik funkcije.

U ovom slikovnom procesu postoje tri izvora šuma. Prvi je sam papir. Treba napomenuti da i neotisnuti papir ima standardnu devijaciju reflektancije različitu od nule. Ta devijacija se naziva zrnatost σ_p (p - papir) te pridonosi najvećoj zrnatosti slike kod $R_{\max}$. Međutim, pri $R_{\min}$, na najtamnijem dijelu kopirane slike, toner potpuno prekriva papir, i zrnatost je prvenstveno posljedica varijabilnosti u strukturi tonera. Ova zrnatost se naziva σ_i (i - ink). Kako se papiri sve više i više premazuju na različite načine, važnost σ_p bi se trebala smanjiti, a važnost σ_i bi se trebala povećati.

Ovaj efekt se može modelirati definiranjem dijelova slike F_p i F_i kao što je prikazano jednadžbama (3) i (4).

F_p i F_i su izraženi u postotcima i pokazuju postotak nepokrivenosti F_p , odnosno postotak pokrivenosti tintom F_i .

$$F_p = \frac{(R_{x,y} - R_{\min})}{(R_{\max} - R_{\min})} \quad (3)$$

$$F_i = 1 - F_p \quad (4)$$

gdje je:

$R_{x,y}$ – reflektancija slike u točki (x,y) koja nije prekrivena tintom.

Osim varijabilnosti papira i tonera, također i kopirni uređaj ima neku svoju intrinzičnu varijabilnost. Ovdje je predstavljen šum slikovnog sustava kao standardna devijacija i označen je kao σ_c . Oboje, iskustvo i teorija upućuju na to da je varijabilnost sustava općenito pojačana nagibom, γ , TTF sustava. Dodavanje ove varijabilnosti sustava, ukupnom šumu, kreirana je jednačba (5) za ukupnu varijancu sustava.

Kopirni uređaj omogućuje dobar prikaz ponašanja šuma u većini uređaja koji oblikuju sliku. Šum doseže svoj maksimum aproksimativno na istom mjestu na TTF kao i γ . Ovakvo ponašanje šuma je toliko uobičajeno da se parametarsko oblikovanje jednačbe (5) često koristi za oblikovanje šuma u uređajima koji oblikuju sliku.

$$\sigma^2 = F(R_o) \cdot \sigma_p^2 + (1 - F(R_o)) \cdot \sigma_t^2 + \gamma(R_o)^2 \cdot \sigma_c^2 \quad (5)$$

$$\text{gdje je } F(R_o) = \frac{R_o - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}} \quad (6)$$

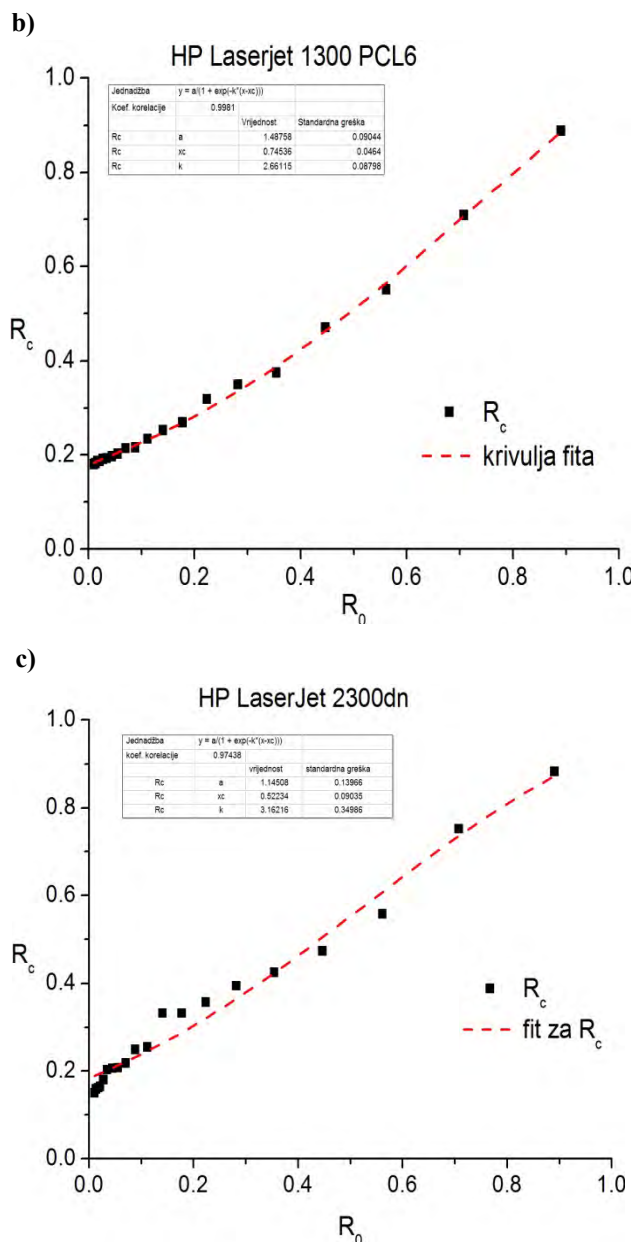
σ – šum izlazne slike,

F – parcijalna udaljenost duž TTF između $R_{\min}$ i $R_{\max}$,

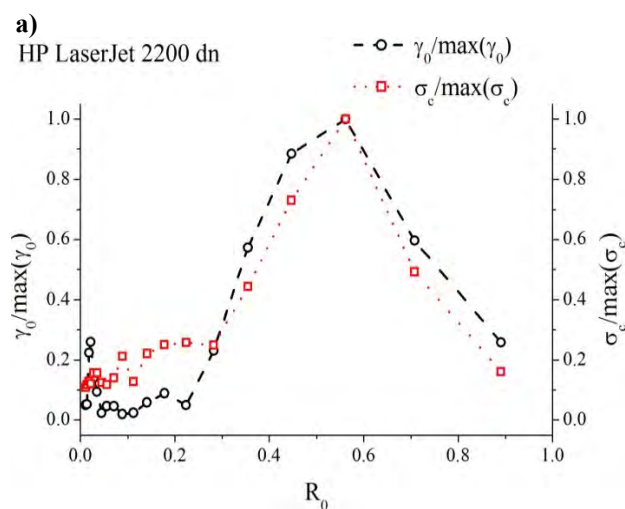
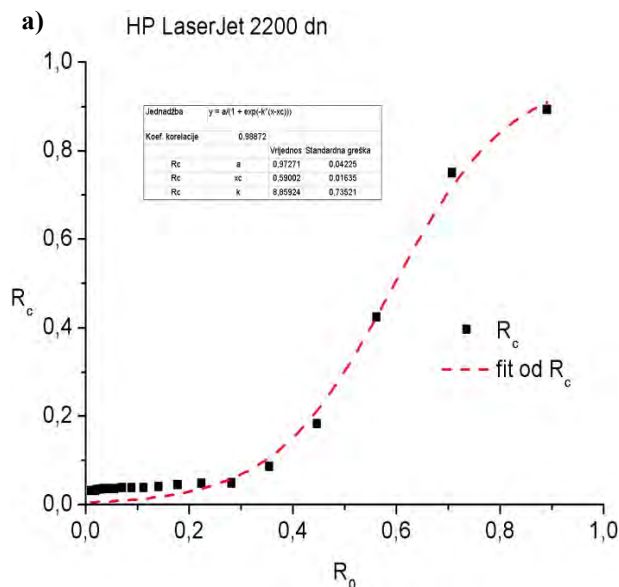
σ_p – šum pozadinskog papira,

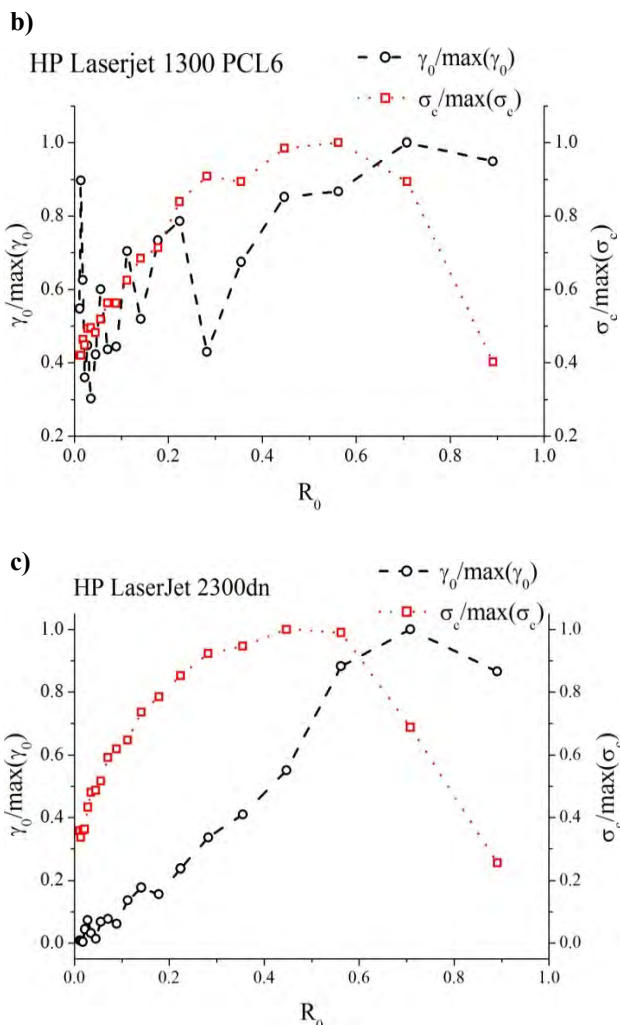
σ_t – šum čvrstog/praškastog tonera,

σ_c – vrijedost šuma koja karakterizira pravi šum kopirnog uređaja.



Slika 6. Dobivene TTF krivulje za sva tri mjerena uređaja. U tablicama su date vrijednosti parametara sigmoidalnog fita





Slika 7. Dobivene vrijednosti γ i šuma σ_c za sva tri mjerena uređaja

Dobivene mjerene vrijednosti računalno su obrađena programom MathCad 11 [5]. Sva tri mjerena uređaja pokazuju da indeks kontrasta uređaja gamma raste prema srednjim vrijednostima reflektancije R_0 , međutim tek usporedba sa šumom koji se javlja pri određenim vrijednostima sive skale pokazuje da porastom kontrasta raste i šum uređaja. To se najbolje vidi kod HP LaserJet 2200 dn pisača, dok ostali pisači pokazuju izrazito loše karakteristike transfera kontrasta i šuma koji je evidentno intrističan samim uređajima. Nadalje, taj uređaj također pokazuje da je tipična vrijednost za zrnatost (šum) $\sigma = 0,02645$ u jedinicama refleksije, a tipičan raspon refleksija je od $R_{min} = 0,14589$ do $R_{maks} = 0,97155$.

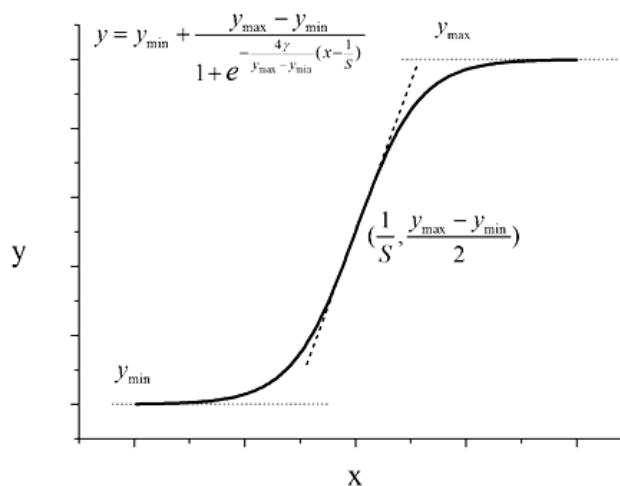
To znači da uređaj može reproducirati $(0,97155 - 0,14589) / 0,02645 = 31$ sivi ton koji se može razlikovati. Ostali uređaji pokazuju lošije rezultate.

3.5. Jednadžba funkcije kojom je aproksimirana TTF funkcija pojedinog pisača (Sigmoidna funkcija)

Mnogi prirodni procesi, kao što je na primjer rast neke populacije, pokazuju progresiju od malih početaka koji ubrzavaju i približavaju se vrhuncu tijekom vremena. Kada nedostaje detaljan opis, često se koristi sigmoidna funkcija [6].

Jednadžba (7) daje vrlo korisnu funkciju za modeliranje eksperimentalnih podataka koji prikazuje sigmoidalno ponašanje. U početku, često se sigmoidna funkcija odnosi na poseban slučaj logističke funkcije koja je prikazana na slici 8, a definirana je jednadžbom:

$$y = y_{min} + \frac{y_{max} - y_{min}}{1 + e^{-\frac{4\gamma}{y_{max} - y_{min}}(x - \frac{1}{S})}} \quad (7)$$



Slika 8. Prikaz funkcije i parametra koji se pojavljuju u tablici

Inicijalno, ova funkcija izgleda kompleksno, međutim, ona sadrži samo četiri parametra, y_{min} , y_{max} , γ i S . Svaki od tih parametara lako se vežu na dijelove eksperimentalnog skupa podataka. Na primjer, y_{min} , y_{max} su minimalne i maksimalne vrijednosti od izlaza iz procesa snimanja, a parametar S je identičan osjetljivosti. Osim toga, može se pokazati da je vrijednost γ identična nagibu funkcije pola puta između y_{max} i y_{min} , odnosno:

$$\gamma = \frac{dy}{dx} \text{ u točki } y = y_{min} + \frac{y_{max} - y_{min}}{2} \quad (8)$$

Logistička funkcija pronalazi aplikacije u širokom rasponu područja, uključujući i umjetne neuronske mreže, biologiju, biomatematiku, demografiju, ekonomiju, kemiju, matematičku psihologiju, vjerojatnost, sociologiju, politologiju i statistiku.

4. ZAKLJUČAK

Svjetlina i kontrast su svojstva slike, dok su osjetljivost i gama svojstva slikovnih sustava koji kontroliraju svjetlinu i kontrast slike. Često se, međutim, pojmovi svjetline i kontrasta također primjenjuju i na slikovne sustave. Nedosljednost u nomenklaturi je manifestacija brzog rasta u elektronske i digitalne akvizicije slike u posljednjih nekoliko desetljeća i stapanja tradicionalne nomenklature vezane uglavnom za filmske kamere, elektronske senzore i digitalne tehnologije. Unatoč tim razlikama u nazivlju, osnovne ideje su iste. Raspodjela sive skale slike, predstavljena histogramom slike, je potpuna metrika slikovnog

kontrasta i svjetline, a TTF je potpuna metrika kontrasta i svjetline (osjetljivost i gama) karakteristika slikovnih sustava. Ova metoda može pomoći pri određivanju kvalitete reprodukcije obzirom da može dati podatke o broju različitih vrijednosti sive skale koju slikovni sustav može pružiti. Ovo se posebno pokazuje značajnim ako reproduciramo slike s mnoštvom sivih tonova. Razumijevanje TTF je osnova za razumijevanje prostornih svojstava (lokacija objekta, način izobličenja lokacije uređajem za snimanje) slike.

5. LITERATURA

- [1] Dainty, J.C.; Shaw, R.: "Image Science", Academic Press, NY, 1974.
- [2] Imagej user-guide, rsbweb.nih.gov/ij/docs/user-guide.pdf
- [3] Hazewinkel, M.: "Linear interpolation", Encyclopedia of Mathematics, Springer, 2001. ISBN 978-1-55608-010-4
- [4] Gergonne, J. D.: "The application of the method of least squares to the interpolation of sequences". *Historia Mathematica* 1 (4), (1974) 439–447, doi:10.1016/0315-0860(74)90034-2.
- [5] Hoffman, J. M.: A Mathcad Instruction Manual, <http://antoine.frostburg.edu/phys/hoffman/Mathcad%20Manual/Cover%20Sheet.htm>
- [6] Gibbs, M. N.: "Variational Gaussian process classifiers". *IEEE Transactions on Neural Networks* 11 (6), (2000) 1458–1464.

Kontakt autora:

Dr. sc. Damir Modrić

Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

Getaldićeva 2, Zagreb

e-mail: damir.modric@grf.hr

Dr. sc. Dean Valdec, v. pred.

Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Varaždin

104. brigade 3, Varaždin

e-mail: dean.valdec@unin.hr

METODOLOGIJA IMPLEMENTACIJE UPRAVLJANJA RIZICIMA FMEA METODOM

IMPLEMENTATION METHODOLOGY OF RISK MANAGEMENT WITH FMEA METHOD

Krešimir Buntak, Ivana Droždek, Marijana Koščak

Stručni članak

Sažetak: Rizici su tema koja se ne smije zanemarivati, već s kojom se treba suočiti kako bi se povećali izgledi za opstanak i rast. Iako oni predstavljaju neizvjesnost i negativan utjecaj, ovim radom je prikazana metodologija implementacije upravljanja rizicima FMEA metodom, odnosno kako ih analizirati i suočiti se s njima. Rad ima za cilj ukazivanje na postojanje potrebe za pravilnim upravljanjem rizicima u organizaciji, te je u njemu prikazana primjena implementacije organizacije FMEA metodom općenito i na poduzeću XY.

Ključne riječi: rizici, implementacija, FMEA metoda, organizacija, ISO norma 31000:2009

Professional paper

Abstract: Risks are topic that should not be ignored, but with which to be faced in order to increase the likelihood of survival and growth. Although they represent the uncertainty and the negative impact, this work presents a implementation methodology of risk management with FMEA method, and how to analyze and deal with them. The work aims to point out the existence of the need for proper risk management in the organization, and it describes the application of the implementation of FMEA method in general and the company XY.

Key words: risks, implementation, FMEA method, organization, ISO standard 31000:2009

1. UVOD

Životi ljudi prepuni su rizika od trenutka rođenja kao i životni vijek organizacije od trenutka postojanja. Može se reći da je cjelokupno upravljanje organizacijom ili poduzećem vezano za mogućnost rizika. Iako oni predstavljaju neizvjesnost i negativan utjecaj ovim radom je prikazana metodologija implementacije upravljanja rizicima FMEA metodom, odnosno kako ih analizirati i suočiti se s njima. Kroz rad će se opisati općenito vanjsko i unutarnje okruženje organizacije, definirati rizici i upravljanje rizicima sukladno normi ISO 31000:2009, primijeniti norma ISO 31000:2009 za implementaciju sustava upravljanja rizicima, primijeniti FMEA metoda kao alat za procjenu i upravljanje rizicima te na kraju prikazati primjenu implementacije organizacije FMEA analize na poduzeću XY. Rad ima za cilj ukazivanje na postojanje potrebe za pravilnim upravljanjem rizicima u organizaciji.

2. ORGANIZACIJA U NESIGURNOM OKRUŽENJU

Procesi svake organizacije se odvijaju u uvjetima manje ili veće neizvjesnosti stanja o budućnosti što dovodi do posljedice da se ciljevi poslovnih procesa, a time i poslovne politike organizacije ostvaruju u nesigurnom okruženju. Ako poslovne politike imaju za cilj zahtjeve koje treba osigurati, onda je upravljanje sa sigurnošću okruženja u kojem se odvijaju svi poslovni procesi sa svojim podprocesima jedan od ključnih

zahtjeva opstanka i unapređenja poslovanja[1]. Organizacija ovisi o unutarnjem i vanjskom okruženju, a da bi se procijenila okruženja u ovom slučaju biti će iskorištena SWOT analiza.

SWOT analiza (engl. *Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats*) se sastoji od četiri čimbenika: snage, slabosti, prilike i prijetnje (slika 1.)

	Pozitivno	Negativno
Unutarnje okruženje	Snaga (S)	Slabosti (W)
Vanjsko okruženje	Prilike (O)	Prijetnje (T)

Slika 1. Shema SWOT analize [2]

Najvažniji vanjski i unutarnji čimbenici za budućnost organizacije nazivaju se strateškim čimbenicima, te se sumiraju u SWOT analizi. U konačnici bi SWOT analiza trebala identificirati prilike koje se trenutno ne mogu iskoristiti zbog nedostatka potrebnih resursa i jedinstvene kompetencije koje organizacija posjeduje. Vanjsko okruženje sastoji se od varijabli (prilika i prijetnji) koje su izvan poduzeća i obično nisu unutar kratkoročne kontrole menadžmenta.

2.1. Unutarnje okruženje - slabosti i snage

Unutarnje snage i slabosti uvelike se razlikuju za različite subjekte, a mogu se kategorizirati na menadžment i organizaciju, operacije, financije i ostale čimbenike. Kod kategorizacije unutarnjih čimbenika za

potrebe SWOT analize čini se opravdanim koristiti se najvažnijim unutarnjim čimbenicima organizacije: ciljevi i strategije, tehnologija i zadaci, veličina, kadrovi, životni ciklus poduzeća, proizvodi, lokacija.

Kod utvrđivanja snaga određuju se jake točke i izuzetno je bitno da ih organizacija identificira kako bi mogla da ih iskoristi što je moguće više, a pritom se mogu postaviti sljedeća pitanja:

- Postoje li jedinstvene razlikovne prednosti koje čine ovu organizaciju različitom od konkurencije?
- Zašto potrošači odabiru ovu organizaciju umjesto konkurenata?
- Postoje li proizvodi i usluge koje konkurencija ne može imitirati (sada i u budućnosti)?

Kod slabosti se određuju nedostaci sa stajališta organizacije i sa stajališta potrošača. Slabosti su ograničenja ili nedostatak resursa, vještina i znanja. Slabe strane nekad mogu utjecati na produktivnost, na proizvodnost ili nedostatak resursa, sposobnosti i mogućnosti. Najbolje ih je priznati bez suzdržavanja i pritom se mogu postaviti sljedeća pitanja:

- Postoje li operacije ili procedure koje mogu biti naglašenije?
- Što i kako konkurencija radi bolje?
- Postoji li neko izbjegavanje kojeg bi organizacija trebala biti svjesna?
- Je li konkurencija osvojila određeni tržišni segment [3]?

2.2. Vanjsko okruženje - prilike i prijetnje

U analizi vanjskog okruženja moraju se uzeti u obzir mnogi različiti čimbenici. Ti se čimbenici, koji mogu biti ili prijetnje ili prilike, mogu grupirati u sljedeće kategorije: ekonomski, društveni, političko-pravni, tehnološki, ekološki, etički i ostali. Ili se može koristiti neki drugi pristup analizi okruženja za koji se autori opredijele. Najvažniji dio vanjskog okruženja je industrijsko okruženje (kupci, dobavljači, konkurencija).

Važno je odrediti kako organizacija može nastaviti rast na tržištu. Prilike su svuda, kao što su promjene u tehnologiji, vladina politika, tržišni segmenti, itd. Neka od pitanja koja se mogu postaviti kod određivanja prilika su:

- Koje su atraktivne prilike na tržištu?
- Javlja li se novi trendovi?
- Koje se nove prilike mogu predvidjeti u budućnosti?

Prijetnje su vanjski čimbenici izvan kratkoročne kontrole menadžmenta poduzeća. Organizacija mora biti spremna suočiti se s prijetnjama, čak i tijekom turbulentnih situacija. Većina prijetnji se može kontrolirati do neke granice. Cilj SWOT analize jest da identificira kritične točke u svakoj situaciji i organizira ih u pravac koji će se uklopiti sa strategijom poduzeća.

Neka od pitanja koja se pritom mogu postaviti su:

- Koji potezi konkurencije potiskuju razvoj organizacije?

- Postoje li promjene u potražnji potrošača zbog kojih su potrebne nove karakteristike proizvoda i usluga?
- Štete li promjene (primjerice tehnologije) položaju organizacije na tržištu?

2.3. Uzroci nesigurnosti

U svakoj organizaciji postoje odstupanja od postignute funkcionalnosti i ostvarenih ciljeva bilo kojeg poslovnog sistema od planiranih i očekivanih koja mogu biti toliko velika da dovode do ugrožavanja njihove održivosti i u konačnici mogu dovesti do uništenja poslovnog sistema. Do tih odstupanja dolazi zbog nesigurnosti ili prijetnje koje postoje u organizaciji. Pojednostavljeni fizikalni princip pojave rizika prikazan je na slika 2., a značenje pojedinih veličina u tabela 1.



Slika 2. Blok shema pojednostavljenog fizikalnog principa pojave rizika [4]

Tabela 1. Značenje pojedinih veličina na slika 2. [4]

Prijetnja	- mogući uzrok neželjenog incidenta koji može uzrokovati štetu organizaciji.
Ranjivost	- slabost organizacije koju jedna ili više prijetnji mogu iskoristiti.
Posljedica	- rezultat ili učinak nekog događaja.
Sigurnosna mjera (Kontrola)	- sredstvo upravljanja rizikom, uključujući politike, procedure, smjernice, praksu ili organizacijske strukture, koje mogu biti administrativne, tehničke, upravne ili zakonodavne naravi.
Sigurnosni događaj (Incident)	- prepoznatljiv slučaj stanja sustava koji upućuje na moguću povredu sigurnosne politike ili neuspjeh zaštite ili do tada nepoznate okolnosti koje mogu biti važne za sigurnost.

3. RIZICI I UPRAVLJANJE RIZICIMA SUKLADNO NORMI ISO 31000:2009

Mnoge organizacije se susreću u svojem poslovanju s golemim rizicima različitog porijekla (vanjskog i unutarnjeg). Područje analize i upravljanja rizicima neraskidivo je vezano za strategiju organizacije koja je, kako je već spomenuto, u stalnoj interakciji i međusobnoj ovisnosti s vanjskim i unutarnjim okruženjem.

3.1. Definiranje i strukturiranje rizika

U literaturi se mogu pronaći različite definicije i objašnjenja rizika. Robert L. Simons definira rizik kao: "Neočekivani događaj ili niz okolnosti koji u značajnoj mjeri reducira sposobnost menadžera da implementiraju svoju namjeravanu poslovnu strategiju" [5]. U knjizi Jonesa i Ashendena rizik je definiran kao funkcija razine prijetnje, ranjivosti i vrijednosti informacijske imovine [6]. Točnije rečeno rizik je vjerojatnost prijetnje da iskoristi neku ranjivost imovine te time ugrozi imovinu. Matematički, rizik možemo izraziti sljedećom formulom (1):

$$\text{Rizik} = \text{prijetnja} * \text{ranjivost} * \text{vrijednost imovine} \quad (1)$$

S aspekta poslovnih rizika, rizik se definira kao vjerojatnost nastupanja događaja koji će imati negativne učinke na vrijednost očekivanih zarada, novčanih tokova i vrijednosti organizacije, odnosno koji će ugroziti njezine poslovne ciljeve [7].

Da bi se mogli odrediti načini mjerenja te instrumenti i strategije upravljanja rizicima u organizaciji, potrebno je odrediti vrste rizika. U ovom radu biti će prikazana jedna vrsta kategorizacije rizika i to rizika koji se razlikuju prema događaju koji ih je uzrokovao. Tu se ubrajaju tržišni rizici, rizici likvidnosti, kreditni rizici, operativni rizici, te ostali. Na slika 3. prikazana je shema integralnog rizika organizacije s kratkim opisom gdje je usmjeren i kako nastaje neki od tih rizika.



Slika 3. Integracija rizika u organizaciji [8]

Tržišni rizici mogu nastati zbog nepovoljnog kretanja svojih faktora poput tržišnih kamatnih stopa, cijena dobara na robnim burzama te tržišne vrijednosti glavnice.

Rizici likvidnosti predstavljaju rizike da novčani primici organizacije neće biti dovoljni za pokrivanje novčanih izdataka, a to često rezultira u likvidaciji imovine organizacije manjim vrijednostima od realnih kako bi se nadomjestio manjak novčanih sredstava.

Kreditni rizici predstavljaju postojeće ili potencijalne nesposobnosti poslovnih partnera da podmiru dospjele obveze ili izvrše dogovorenu poslovnu transakciju.

"Operativni rizik je rizik gubitaka koji nastaju zbog neadekvatnih procedura i neuspjelih internih procesa, ljudskog faktora, sistemskih ili eksternih događaja." Ova

definicija operativnih rizika ugrađena je u Novi okvir kapitalne adekvatnosti - Bazelski sporazum [9].

3.2. Procjena rizika

Svaka organizacija treba identificirati izvore rizika, područja utjecaja, događaje (uključujući i promjenjive okolnosti) i njihove uzroke te moguće posljedice. Cilj ovog koraka je generirati sveobuhvatnu listu rizika, koji mogu stvarati, promijeniti, spriječiti, degradirati ili odgoditi postizanje cilja organizacije. Važno je identificirati rizike koji osporavaju neku priliku organizacije. Sveobuhvatna identifikacija je kritična, jer postoji mogućnost da se pojedini uzrok rizika ili rizik izostavi, te on neće biti uključen u daljnju analizu. Dakle, u ovoj fazi je potrebno utvrditi koji rizici mogu imati utjecaj na tok odnosno na ostvarenje planiranih aktivnosti. Nakon što je rizik identificiran procjenjuje se vjerojatnost njegove pojave, stupanj utjecaja na planirani raspored, opseg, troškove i kvalitetu aktivnosti, a zatim se određuju prioriteti.

Zahvaljujući analizi rizika dolazimo do rangiranja svih evidentiranih potencijalnih rizika do čega možemo doći koristeći [10]:

- kvalitativne analize koje se daju opisnu skalu za opisivanje vjerojatnosti i posljedica rizika,
- polu – kvantitativne analize koje određuje numeričke vrijednosti za opisivanje skale, brojevi su korišteni kako bi se kvantificirali faktori rizika,
- kvantitativne analize koje koriste numeričke skale za mogućnosti i posljedice rizika.

Svaki rizik koji je rangiran tijekom analize mora biti nadziran. Svi prepoznatljivi rizici bi trebali biti uneseni u registar rizika, koji sadrži sve informacije o riziku kao i tretmane koji su povezani s njima i dokumentirani kao rizici gubitaka.

Procjena rizika (*engl. Risk assessment*) je dio jednog većeg procesa kojeg nazivamo upravljanje rizikom (*engl. Risk management*). Procjena rizika je proces prepoznavanja, kvantificiranja i razvrstavanja rizika po prioritetima prema kriterijima za prihvatanje rizika i ciljevima važnim za organizaciju. Procjena rizika sastoji se od dva potprocesa, a to su analiza rizika i vrednovanje rizika [11].

Postoje mnogi načini i metode koji se koriste za prepoznavanje opasnosti i procjenu rizika, a svaki od njih ima svoje prednosti i nedostatke. Kod izbora adekvatne metode treba uzeti u obzir određene podatke. Oni uključuju svrhu procjene, aktualno stanje u organizaciji, dostupne podatke ili financijske mogućnosti i osobnu sklonost ocjenitelja. Svaka metoda treba omogućiti jasan uvid u pojedine korake postupka procjene, kako korisnicima rezultata procjene tako i svim zaposlenicima koji mogu biti izloženi riziku.

3.3. Upravljanje rizicima

Minimiziranjem, praćenjem i kontrolom vjerojatnosti i utjecaja nepoželjnih događaja, nakon prepoznavanja, procjenjivanja i klasificiranja rizika po važnosti definira se upravljanje rizicima ili *risk management*.

Upravljanje rizicima kao najvažniji instrument anticipativnog upravljanja krizom, jedna je od najsloženijih poslovnih aktivnosti u kojoj se traži istraživanje i stručno prosuđivanje koje zahtijeva poznavanje metoda i načina adekvatnog izračunavanja različitih vrsta rizika uz praktično primjenjivanje na aktualne probleme.

Poduzeća su ranije upravljala rizicima na tradicionalan način [12]:

- upravljanje rizicima kada menadžment reagira nakon spoznaje i nastanka rizika,
- upravljanje rizicima je usmjereno prema unutra, u žarištu su rizici računovodstva i plaćanja – tradicionalna područja interne revizije; neučinkovito osoblje je primarni izvor poslovnih rizika,
- u žarištu upravljanja su finansijsko-ekonomski rizici (kamatni, valutni i sl.) i time je njihovo praćenje zadatak određenog odjela,
- upravljanje rizicima se promatra fragmentarno, tj. svaka funkcija i svako područje analizira se odvojeno s obzirom na rizike,
- upravljanje rizicima nije bio sastavni dio aktivnosti vrhovnog menadžmenta poduzeća;
- menadžeri su imali averziju prema riziku,
- rizici su promatrani individualno, svaki za sebe.

Takvo upravljanje rizicima nije davalo zadovoljavajuće rezultate. Suvremen pristup upravljanja rizicima uključuje proaktivni pristup, rizik proučava kao priliku, a ne samo kao prijetnju te obilježava sljedeće:

- vrednovanje rizika je kontinuiran proces,
- u upravljanju rizicima sudjeluju svi,
- menadžment preuzima odgovornost za vrednovanje i upravljanje rizicima, te se definira plan upravljanja rizicima,
- neprekidno se promatraju i vrednuju stvarni izvori rizika, i to preventivno.

Sustav upravljanja rizicima (*engl. Enterprise risk management, ERM*) prema standardu za upravljanje rizicima proces je kojim organizacije metodički vode računa o rizicima povezanim s njihovim aktivnostima s ciljem postizanja kontinuiranog probitka, kako unutar svake pojedine aktivnosti, tako i u cjelokupnom portfelju aktivnosti. Upravljanje rizikom sve se češće prepoznaje kao sustav koji uključuje pozitivne (*engl. upside risk*) i negativne aspekte rizika (*engl. downside risk*) [13].

Sustav upravljanja rizicima u poduzeću sastoji se od sljedećih komponenti:

- proces upravljanja rizicima
- elementi organizacijske strukture
- instrumenti, metodologije i sustavi i
- znanje i vještine u upravljanju rizicima.

3.4. Norma ISO 31000:2009 za implementaciju sustava upravljanja rizicima

Generički pristup upravljanju rizicima koji promovira norma ISO 31000:2009 ne zavisi od područja primjene, a konceptijski pruža kvalitetnu osnovu za analizu,

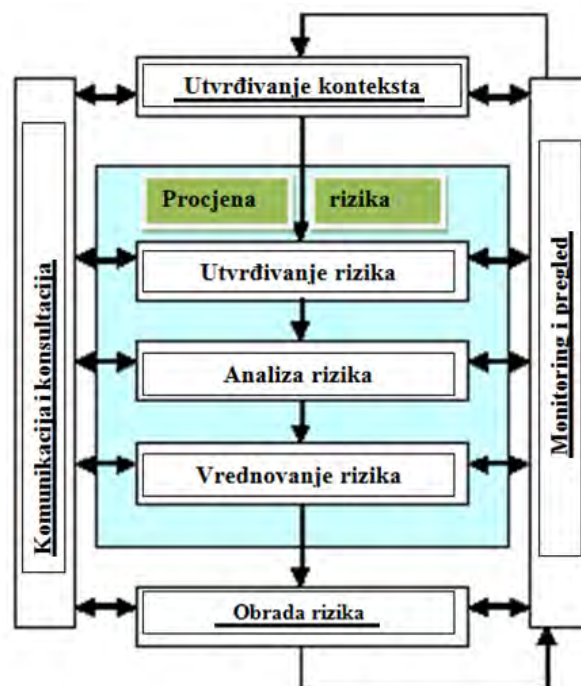
procjenu te obradu rizika. U okviru te norme procjena rizika ne tretira se u metodološkom smislu, pa generički pristup omogućava da se proces upravljanja rizicima bez teškoća primjeni u bilo kojem području, bilo da se radi o procesima sigurnosti nekom drugom poslovnim procesu ili društvenim procesima. ISO 31000:2009 navodi da je upravljanje rizicima treba sadržavati sljedeće principe:

- učešće u stvaranju viška vrijednosti,
- sastavni dio ostalih poslovnih procesa,
- učešće u donošenja odluka,
- izričito adresira nesigurnosti,
- sustavnost, strukturiranost i pravovremenost,
- organizira i provodi na temelju najbolje dostupne informacije,
- prilagođen potrebama organizacije i djelatnosti gdje se koristi,
- uzimanje ljudskih i kulturnih elemenata u obzir,
- transparentnost i inkluzivnost,
- dinamičnost, iterativnost i odgovore na promjene,
- omogućavanje stalnog unapređenja i poboljšanja organizacije.

Norma ISO 31000:2009 Upravljanje rizicima – Principi i smjernice, detaljno opisuje sistematičan i logičan proces upravljanja rizicima.

Norma ustanovljava brojne principe koje treba primijeniti kako bi upravljanje rizikom bilo učinkovito. ISO 31000:2009 preporuča da organizacije razviju, primjene i kontinuirano poboljšavaju okvir rada čija je svrha integrirati proces upravljanja rizikom u sveopćem upravljanju organizacije, njezinoj strategiji i planiranju, menadžmentu, procesima izvješćivanja, politici, vrijednostima i kulturi.

Blok shema procesa za upravljanje rizicima kako se predlaže u normi ISO 31000:2009 prikazana je na slika 4., a osnovni opisi elemenata prikazanih na slika 4., nalaze se u tabela 2.



Slika 4. Proces upravljanja rizicima prema ISO 31 000 [14]

Tabela 2. Osnovni opisi elemenata prikazanih na slici 4. [14]

Komunikacija i konzultacija	- s internim i eksternim ulagačima - zainteresiranim stranama, kako je primjereno (tehnoški), na svakom stupnju procesa upravljanja rizikom i razmatranje procesa kao cjeline.
Utvrđivanje konteksta	- utvrđivanje eksternog, internog i konteksta upravljanja rizikom u kojem će se odvijati ostatak procesa, - utvrditi kriterije prema kojima će se procjenjivati rizik i definirati struktura analize.
Identifikacija rizika	- gdje, kada, zašto i kako bi događaji mogli spriječiti, umanjiti, odložiti ili povećati postizanje ciljeva.
Analiza rizika	- ova analiza treba razmotriti područje potencijalnih posljedica i kako bi se one mogle pojaviti.
Procjena rizika	- usporedba procijenjenih razina rizika s prethodno utvrđenim kriterijima i razmatranje ravnoteže između potencijalnih koristi i nepovoljnih rezultata, - omogućuje donošenje odluka o opsegu i prirodi potrebnih obrada i o prioritetima.
Obrada rizika	- izrada i primjena specifičnih troškovno učinkovitih strategija i akcijskih planova za povećanje potencijalnih koristi i smanjenje potencijalnih troškova.
Praćenje i preispitivanje	- neophodno je pratiti učinkovitost svih koraka procesa upravljanja rizikom, - važno je za neprekidno poboljšavanje, - potrebno je pratiti rizike i učinkovitost mjera obrade kako bi se osiguralo da promjena uvjeta ne mijenja prioritete.

4. FMEA METODA - ALAT ZA PROCJENU I UPRAVLJANJE RIZICIMA

Analiza utjecaja i posljedica pogrešaka (*engl. Failure Mode and Effect Analysis*) sustavna je metoda kojom se identificiraju i sprečavaju problemi na proizvodu ili procesu prije njihova nastanka. FMEA metoda fokusirana je na prevenciju pogrešaka i smanjivanje mogućnosti da se pogreška dogodi te povećanje zadovoljstva korisnika [15]. Za popularnost ove metode najviše je zaslužna njezina jednostavnost i mogućnost prilagodbe svim područjima promatranja nekog problema te činjenica da su potrebu primjene analize utjecaja i posljedica pogrešaka prepoznale i strukturne međunarodne organizacije koje predlažu i usvajaju standarde kvalitete. Prilagodba FMEA metode rješavanju različite problematike očituje se prije svega u mogućnosti kreiranja tablica za procjenu važnosti, vjerojatnosti pojavljivanja i vjerojatnosti otkrivanja, gdje se i opisno mogu karakterizirati intervali rizičnosti pojedine potencijalne pogreške i pripadajućih posljedica.

Učinkovitost FMEA se očituje u identificiranju korektivnih mjera potrebnih kako bi se spriječilo da dođe do propusta, a kako bi se osiguralo što više profita, kvalitete i pouzdanosti.

4.1. Definiranje i povijest FMEA metode

Po definiciji, FMEA je sustavna metoda potencijalnog propusta u načinu rada koja ima za cilj spriječiti i korigirati te propuste. Kako bi se ovo moglo

ostvariti, FMEA metodu je potrebno početi primjenjivati što je prije moguće, bez obzira što u danom trenutku svi podaci ili informacije nisu u potpunosti poznati. Stoga je i moto FMEA metode: "učini najbolje što možeš, s onim što sada imaš" [16]. U idealnom slučaju, FMEA se provodi u dizajnu proizvoda ili procesu razvojnog stadija te na bilo koji željeni nivo detaljnosti - sustav, podsustav, sklop ili komponentu.

FMEA se koristi već više od četrdesetak godina. Počeci razvijanja i primjenjivanja vezani su najprije za NASA-in svemirski program. Ubrzo metoda postaje formalizirana i bolje definirana te se primjena širi kroz vojnu i avionsku industriju. Osamdesetih godina FMEA postaje alat za Total Quality Management a devedesetih Six Sigma alat. Industrija motornih vozila (AIAG - *Automotive Industry Action Group*) i američko društvo za kontrolu kvalitete (ASQC - *American Society for Quality Control*) u veljači 1993. godine su zaštitili autorska prava na FMEA standarde koji su bili široko rasprostranjeni u industriji [17].

FMEA je postala dio zahtjeva za dobivanje certifikata ISO QS 9000, a također je razmatrana i unutar ISO serije standarda ISO 9001 i ISO 14 000. Kratkoročno, FMEA daje popis potencijalnih otkaza i identificira ozbiljnost njihovih efekata i određuje prioritet akcija korekcije. Dugoročno, FMEA razvija kriterij za planiranje testiranja sustava, osigurava dokumentaciju za buduće analize pouzdanosti u slučaju izmjene dizajna sustava, osigurava osnovu za planiranje održavanja, osigurava osnovu za kvalitativnu i kvantitativnu analizu pouzdanosti sustava.

Postoje nekoliko vrsta analiza utjecaja i posljedica pogrešaka :

- FMEA sustava
- FMEA dizajna
- FMEA procesa
- FMEA usluge
- FMEA softvera

4.2. Primjena FMEA metode

Kod primjene razlikujemo FMEA za projektiranje i za proizvodni proces. Postupak je gotovo identičan, ali su razlike u ciljevima i mogućnostima korištenja rezultata FMEA. Kod projektiranja naglasak je na identificiranje potencijalno problematičnih područja koja mogu zahtijevati detaljnije razmatranje glede projekta, analize ili testiranja. Postupak može otkriti i doprinijeti projektiranju nalazima koje je inače moguće propustiti.

FMEA je moguće vrlo uspješno primjenjivati za više različitih svrha. Glavne primjene su:

- Kreiranje tablica za jednostavnije pronalaženje kvarova.
- Primjena zahtjeva za preventivno održavanje, vjerojatnost i kritičnost nekog kvara određuju potrebu za preventivnim ili korektivnim pristupom održavanju.
- Dodatna pomoć kod ugrađenih testiranja, indikacija kvarova i redundantnosti.
- Za analizu korištenje automatskih ili manualnih rješenja.
- Kod kreiranja, održavanja i spremanja dokumentacije o analizi pouzdanosti i sigurnosti postrojenja.

- Optimiranje proizvodnog procesa, te ispitivanje potencijala za pojavljivanje problema kod proizvodnje.

4.3. Faze uvođenja FMEA metode

Uvođenje FMEA metode u organizaciji se odvija kroz nekoliko faza, u ovom slučaju su to dizajn FMEA i postupke FMEA. Dizajn FMEA metode se priprema prije nego sustav počne djelovati u poduzeću. Osiguran je kroz djelovanje tima koji je odgovoran za razvoj proizvoda te koji surađuje s uredom za osiguranje kvalitete, planiranje proizvodnje, tehnološkim i proizvodnim odjelima i po potrebi s potrošačima. Kod dizajna se u obzir uzimaju postojeći podaci o kvaliteti i probni rezultati sličnih elemenata. Tokom dizajniranja FMEA primjenjuju se sljedeći koraci:

- pripremiti listu karakteristika elemenata ili sustava koja sadrži dijelove sustava i njihove moguće defekte,
- prikazati i opisati sve moguće zasebne defekte na funkcijama sustava te navesti detalje oko mogućnosti otkrivanja defekata.

Dizajnom FMEA se osigurava baza za provedbu postupka FMEA metode. Bez obzira na mjesto utvrđivanja nepravilnosti funkcioniranja procesa kao rezultata specifične greške, FMEA postupci određuju tu nepravilnu funkciju kao moguću grešku te ju analiziraju. Postupci FMEA pripremaju se u odjelu za planiranje proizvodnje, uredu za osiguranje kvalitete ili proizvodnom odjelu sa sudjelovanjem specijalista iz određenog područja i po potrebi u suradnji s potrošačem.

4.4. Priprema dizajna FMEA metode

S ciljem osiguranja usklađenosti rada s FMEA u dizajnu i procesu organizacije preporuča se korištenje jednoobraznih i standardnih obrazaca. U daljnjem tekstu su opisani podaci potrebni za kreiranje obrasca FMEA te aktivnosti koje se provode u sklopu analize grešaka i efekata u nekom procesu, a to su:

- osnovni podaci
- naziv/karakteristike sustava
- potencijalne greške
- potencijalne posljedice pogreške
- potencijalni uzroci greški
- planirana ispitivanja
- vjerojatnost događaja
- utjecaj na kupca
- RPR - razina potencijalnog rizika
- preporučene preventivne mjere
- odgovornost
- usvojene mjere
- ponovna procjena
- novi finalni RPR .

5. IMPLEMENTACIJA SUSTAVA UPRAVLJANJA RIZICIMA U ORGANIZACIJI PRIMJENOM FMEA METODE

Primjena FMEA metode u upravljanju rizicima u organizaciji posebice se odnosi na fazu definiranja i predviđanja svih mogućih rizika te izračuna RPR faktora razine potencijalnih rizika. Za efikasnu procjenu rizika i provođenje mjera njihovog smanjivanja treba provesti FMEA u timu čiji članovi imaju osnovna znanja iz područja generiranja ideja. Kod korištenja FMEA metode treba rangirati određene pokazatelje, a to su pokazatelj procjene značenja odstupanja (P), vjerojatnosti nastanka odstupanja (V) te vjerojatnosti otkrivanja odstupanja, tzv. detekcija (D). Tabela rangova kao prilog izvještaju FMEA metode prikazana je u tabela 3.

Tabela 3. Tabela rangova [18]

P rang	Zapažanje korisnika	Značenje odstupanja za korisnika je:		
1	Vjerojatno neće primijetiti odstupanje	neznatno		
od 9-10	Ugrožena je sigurnost korisnika, proizvod je neupotrebljiv	vrlo veliko		
V rang	Intenzitet odstupanja	Rasipanje	Cpk	Vjerojatnost nastanka odstupanja je
1	$1 < 1 \cdot 10^{-6}$	$< -5s$	$\geq 1,67$	Gotovo nikakva
10	1 u 2			Vrlo velika
D rang	Vjerojatnost otkrivanja odstupanja pomoću SPC je			Vjerojatnost otkrivanja odstupanja je
1	Gotovo sigurna			Vrlo velika
10	Odstupanje neće biti otkriveno			Nikakva

Bez obzira o kakvim se rizicima radi, FMEA metoda može pouzdano procijeniti mogućnost njihove realizacije kroz izračun RPR faktora, čije su prihvatljive vrijednosti unaprijed zadane. Računanje pokazatelja veličine rizika prikazano je u tabela 4. Kao prilog izvještaju FMEA analize prilaže se i tabela za FMEA analizu prikazana u tabela 5.

Tabela 4. Računanje pokazatelja veličine rizika [19]

RPR	Komentar rizika	Rizik
< 50	V neznatna, D velika, odstupanje se otkriva na mjestu nastanka	Neznatan
>50 <100	V neznatna, P mala, D mala, odstupanje može doći do korisnika, V umjerena, P mala, D velika	Značajan
>100	V velika, P velik, D mala	Velik
1000	Kritično, odstupanje može imati posljedice za korisnika	Vrlo velik

Tabela 5. Tabela za FMEA analizu [20]

Područje	Zahtjev	Odstupanje	Posljedica	Uzrok	Značenje greške (P)	Vjerojatnost nastanka (V)	Detekcija (D)	Veličina rizika (RPR)	Preventivne/popravne radnje
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					od 1-10	od 1-10	od 1-10	1000	
		RPR < 50 neznatan			RPR > 100 velik				
		RPR > 50 < 100 značajan			RPR = 1000 vrlo velik				

Nakon provođenja FMEA metode vrše se preventivne ili popravne radnje.

6. PRIMJENA IMPLEMENTACIJE SUSTAVA UPRAVLJANJA RIZICIMA U ORGANIZACIJI PRIMJENOM FMEA METODE U PODUZEĆU XY

Prije prikaza implementacije u poduzeću XY u ovom radu biti će prikazan postupak upravljanja nabave i skladištenja robe i materijala u tom poduzeću, a koji se primjenjuje sukladno zahtjevima norme HRN EN ISO 9001:2009.

Postupak upravljanja nabavom i skladištenjem primjenjuje se u odjelu nabave i skladišta, a odgovornost snosi Voditelj nabave i skladištenjem.

6.1. Postupak upravljanja nabavom i skladištenjem robe i materijala u poduzeću XY primjenom norme ISO 9001:2009

Postupak upravljanja nabavom i skladištenjem robe i materijala se sastoji od:

- inventure
- plana zaliha
- nabave robe
- zaprimanja
- izdavanja robe
- kupovanja robe na terenu
- povrata robe u skladište
- povrata robe dobavljaču
- obračuna troškova
- skladište gotovih proizvoda.

6.2. Opis FMEA postupka

Kao što je već i spomenuto u radu, FMEA metoda je sustavna metodologija za relativno međusobno rangiranje rizika, a pomaže organizaciji da se fokusira i razumije utjecaj potencijalnih rizika. Rizik se računa za svaku vrstu opasnosti i njegove posljedice.

Razina potencijalnog rizika (RPR) funkcija je koja se sastoji od triju čimbenika: posljedice (P), vjerojatnosti pojavljivanja uzroka (V) i mogućnosti detekcije uzroka (D).

FMEA metoda se koristi kao temelj za Planove kontrole, a oni su broj prevencije grešaka i reakcijskih detekcijskih tehnika. U oba tipa FMEA provodi se deset koraka prikazanih u tabela 6.

Tabela 6. 10 koraka FMEA postupka

1.	Pregled procesa
2.	Oluja mozgova o potencijalnim vrstama opasnosti
3.	Popis potencijalnih posljedica opasnosti
4.	Pridruživanje razina vjerojatnosti
5.	Pridruživanje razina posljedici
6.	Pridruživanje razina detekcije
7.	Računanje rizika
8.	Izrada akcijskog plana
9.	Provedba akcija
10.	Računanje novih rizika

Za provedbu FMEA metode treba biti zadužen tim, a ne pojedinac. Ono što je potrebno izbalansirano timu za uspješnu provedbu FMEA su vještine i iskustvo. Rezultat postupka FMEA je procjena razine rizika (RPR) za svaku potencijalnu opasnost. Redoslijed poduzimanja mjera slijedi RPR od najveće vrijednosti prema manjoj.

6.3. Primjena FMEA u postupku skladištenja robe i materijala u poduzeću XY

Postupak FMEA metode u skladištenju robe i materijala se započinje tako da se odrede izvori opasnosti, uzroci te njihove posljedice. Kod skladištenja robe neki od mogućih izvora opasnosti su :

- temperatura,
- vlaga,
- poplava,
- mehanička oštećenja,
- krađa, itd.

Kod postupka FMEA bitne su sljedeće napomene:

- Napomena 1: U svakom se koraku može dogoditi više grešaka i svaka greška može imati više uzroka i posljedica.
- Napomena 2: Razina potencijalnog rizika se računa formulom (3):

$$RPR = P * V * D \quad (3)$$
a računa se prije i poslije provedenog Plana aktivnosti.
- Napomena 3: FMEA se mora koristiti i za izradu Plana aktivnosti.
- Napomena 4: Politikom upravljanja rizicima definiraju se mjerne skale koje se ne smiju mijenjati, odnosno definiraju se ponderi za određene parametre. Politikom upravljanja rizicima definiraju se boje semafora (zelena, žuta, crvena).
- Napomena 5: Izvori koji u sustav unose rizik su obično: čovjek, stroj (mjerilo i pribor), metoda, mjerenje, materijal, okoliš i organizacija.

Najprije se definiraju ponderi za parametre, odnosno pondere za vjerojatnost, detekciju te posljedice. U ovom slučaju su to:

- Vjerojatnost nastanka uzroka posljedice:
5 – jednom u godini
3 – jednom od jedne do pet godina
1 - jednom u pet godina

- Detekcija opasnosti ili uzroka:
 - 5 – nemoguća detekcija
 - 3 – moguća detekcija
 - 1 – sigurna detekcija
- Posljedica realizacije opasnosti:
 - 5 – trošak otklanjanja posljedice veći od 50 000 kn
 - 3 – trošak otklanjanja posljedice od 5 000 do 50 000 kn
 - 1 – trošak otklanjanja posljedice do 5 000 kn

Nakon određivanja pondera za parametre, vjerojatnosti, posljedice i detekcije, kreće se na provedbu FMEA. Provedba FMEA postupka je prikazana u tabela 7., iz koje je izdvojen i napravljen semafor koji prikazuje rezultat FMEA postupka a tumači se politiko upravljanja rizicima prikazan na slika 5.

Tabela 7. FMEA skladištenja robe i materijala u skladištu

Analiza rizika – FMEA skladištenja robe i materijala						
Izvor	Uzorak	Posljedica	P	V	D	RPR
Temperatura	Loša izolacija	Nemogućnost neadekvatne regulacije temperature	3	1	5	15
	Previsoke/ preniske temperature u skladištu	Pokvarljivost robe	3	5	3	45
Vlaga	Neprikladna ambalaža	Kalo robe ili materijala	1	5	3	15
	Prodiranje vode izvana	Oštećenje	5	3	5	75
	Neadekvatno skladištenje	Smanjuje se ili čak gubi uporabna vrijednost	5	3	3	45
Poplava	Prirodna nepogoda	Oštećenje ili uništenje robe i materijala	5	5	3	75
Krađa	Od strane radnika	Nestanak/ manjak robe ili materijala	3	5	3	45
	Provala	Manjak robe ili materijala	3	5	5	75
Mehanička oštećenja	Neadekvatno rukovođenje kod skladištenja	Roba ili materijal više nisu iskoristivi	3	5	3	45
	Oštećenje kod transporta	Povrat robe ili materijala	3	5	3	45

RPR	1	3	5	15	45	75	125
-----	---	---	---	----	----	----	-----

Slika 5. Prikaz semafora koji se definira politikom upravljanja rizicima

7. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Svaka organizacija se nalazi pod utjecajem vanjskog i unutarnjeg okruženja, što joj može donijeti različiti prilike, ali i prijetnje. a to su uglavnom rizici s kojima se organizacije svakodnevno susreću.

Norma ISO 31 000:2009 preporuča da organizacije razviju, primjene i kontinuirano poboljšavaju okvir rada čija je svrha integrirati proces upravljanja rizikom u sveopće upravljanje organizacijom, a upravljanje rizikom prema zahtjevima ove norme može se primijeniti na cjelokupnu organizaciju.

FMEA metoda odgovara na dva osnovna pitanja: koje se sve potencijalne pogreške mogu pojaviti te koja je vjerojatnost njihova pojavljivanja i važnost posljedica koje sa sobom nosi njihova realizacija. Korištenje FMEA metode daje veće povjerenje u donošenje ispravnih odluka na temelju činjenica razvijanje timskog rada i razmjene znanja, aktivnosti dokumentirane u Izvještaju o FMEA postupku, koji se provodi u posebnom FMEA obrascu. Ukoliko se želi smanjiti mogućnost nastanka pogreške, potrebno je u potpunosti ili djelomično eliminirati uzrok njezina nastanka, jer pogreška koja je kasnije prepoznata, donosi veće posljedice, a time i veće troškove za organizaciju.

8. LITERATURA

- [1] <http://www.kvalis.com/component/k2/itemlist/tag/ISO9001>
- [2] http://hr.wikipedia.org/wiki/SWOT_analiza
- [3] <http://www.besplatniseminarskiradovi.com/PROIZVODNI%20I%20USLUZNI%20MENADZMENT/Pri menaSwotAnalize-.htm>
- [4] <http://www.kvalis.com/component/k2/itemlist/tag/rizik>
- [5] Gilad, B.: Rano upozoravanje, HESPERIJAedu, Beograd, 2009.
- [6] Jones, A., Ashenden, D.: Risk Management for Computer Security, ELSEVIER, Amsterdam, 2005.
- [7] Sprčić, D. M.: Upravljanje rizicima, Sinergija, Zagreb, 2013.
- [8] <http://www.kvalis.com/component/k2/item/688-operativni-rizici-kao-temelj-sustava-upravljanja>
- [9] Basel II, International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards, Bank for International Settlements, 2004.
- [10] Cooper, D.; Grey, S.; Raymong, G.; Walker, P.: Project risk management guidelines: managing risks in large projects and complex procurements, John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, 2005.
- [11] http://security.foi.hr/wiki/index.php/Procjena_rizika
- [12] <http://www.amazon.com/Corporate-Risk-Management-Value-Creation/dp/1904339832>
- [13] Jakaša, T.; Osmanagić Bedenik, N.; Iliopoulos, F.: Određivanje učinkovitosti sustava, Energija, god.57(2008), br.2, str.156-177
- [14] <http://www.kvalis.com/component/k2/item/165-iso-31000-upravljanje-rizicima>
- [15] McDermont, R.E.; Mikulak, R.J.; Beauregard, M.R.: The basic of FMEA, Productivity INC., New York, USA, 1996.
- [16] http://issuu.com/kvaliteta.net/docs/pi_v2_no2
- [17] <http://www.laboi.fon.rs/data/OI/FMEA.pdf>
- [18] http://www.hgk.hr/wpcontent/files_mf/FMEA%20analiza%20kao%20mo%20C4%87an%20alat%20u%20svijetu%20rizika%20%20%20prezentacija35.pdf

- [19] http://www.hgk.hr/wpcontent/files_mf/FMEA%20analiza%20kao%20mo%C4%87an%20alat%20u%20svijetu%20rizika%20%20%20prezentacija35.pdf
- [20] http://www.hgk.hr/wpcontent/files_mf/FMEA%20analiza%20kao%20mo%C4%87an%20alat%20u%20svijetu%20rizika%20%20%20prezentacija35.pdf

Kontakt autora:

Dr.sc. Krešimir Buntak, docent

Veleučilište u Varaždinu
J.Križanića 33, 42000 Varaždin
kresimir.buntak@inet.hr

Ivana Droždek, univ.spec.oec.

Veleučilište u Varaždinu
J.Križanića 33, 42000 Varaždin
ivana.drozdek@velv.hr

Marijana Koščak, bacc.ing.log

marijanakoscak@hotmail.com

UPRAVLJANJE POSLOVNIM PROJEKTIMA PRIMJENOM STANDARDA ISO 10006

BUSINESS PROJECT MANAGEMENT BASED ON ISO 10006 STANDARD

Kenan Spaho

Stručni članak

Sažetak: Moderno poslovanje temelji se na projektnom pristupu. To je naročito prisutno na organizacijskom tržištu gdje su glavni kupci javne kompanije kao što su Elektroprivreda, Telecom, državne institucije itd. Cilj ovoga rada je pokazati kako kombinacijom postulata standarda ISO 10006 i znanstvene metode kreirati jedinstven model koji omogućuje standardizaciju projektnog poslovanja kao i jasnu strategiju nastupa prema javnim kompanijama kao kupcima. U radu ćemo se fokusirati na: odnos prema kupcima, vrste vođenja na projektu (leadership), upravljanje resursima (resource management), organizacija projekta, komunikacija na projektu, upravljanje rizicima (risk management) i mehanizmima kontrole svega ovoga. Za realizaciju modela primijenit ćemo znanstvenu metodu koja podrazumijeva primjenu znanstvene literature i dosadašnjih znanstvenih istraživanja iz područja poslovne ekonomije.

Ključne riječi: ISO 10006, procesni pristup, upravljanje projektima

Professional paper

Abstract: Modern business is based on project approach. This is especially present in organizational market where the main customers are public companies such as power operators, telecom operators, state institutions etc. The purpose of this paper is to show how to create a unique model of project management by combination of postulates of ISO 10006 standard and the scientific method. In the paper the following shall be focused on: customer relation management, project leadership, resource management, project organization, risk management and control mechanisms. For the realization of the model scientific method shall be used, which presupposes the application of scientific sources and research in the area of business economy.

Key words: ISO 10006, process approach, project management

1. INTRODUCTION

Just as each country has a constitution and laws which one must abide by, every company needs to have its own rules of conduct. These rules are best defined by ISO 9000 standards, and today there are almost no companies that have not yet introduced a quality management system according to these standards.

Modern business is based on project-based business operations and, in order for a project to be successful, it has to be realized by certain rules. The International Standardization Organization (ISO) has defined two standards for project management, ISO 10006 and ISO 21500. The topic of this paper is the ISO 10006 standard, which will be dealt with in a separate section.

As stated in the subtitle, the subject of the paper is the application of scientific methods in project management. Scientific method is based on the use of scientific achievements in some areas, as opposed to the empirical method, which is based on the use of other people's or own experiences [1].

Project-based business operations are characteristic for industrial markets, so in this paper it shall be assumed that industrial market is in question, where the main customers are public companies that in their

purchasing actions usually buy complex objects whose sale requires project approach.

2. PROJECT AND PROJECT-BASED BUSINESS OPERATIONS

In this section the fundamentals of project-based business operations are presented. First we shall provide a definition of a project and then, using the process approach, we shall clearly define what affects the realization of a project, as well as the resources necessary for the successful implementation of the project.

There are several definitions of the project and in this paper this will be limited to three definitions. According to the first definition, project is a set of related activities aimed at achieving the objectives and of limited duration [2]. According to another definition, project is a closed, complete and complex undertaking whose characteristics and objectives can be defined, and that must be achieved in a given time, and which requires coordinating the efforts of several services, i.e. staff employed in these services [3]. Finally, according to the ISO 10006, project is a unique process that consists of a set of coordinated and controlled activities with a defined start and

completion dates, undertaken to achieve an objective harmonized with specific requirements, including constraints of time, costs and resources (ISO 10006:2004). From these definitions it can be concluded that projects are of transient nature and practice shows that each project brings a new experience to be applied in future projects and makes their implementation easier.

In order to understand project management and project-based business operations we shall implement a process approach to make it easier to explain why a project was initiated, what affects its implementation, which resources are necessary for the implementation of the project and what its outcome is. Figure 1 shows the process model of projects.

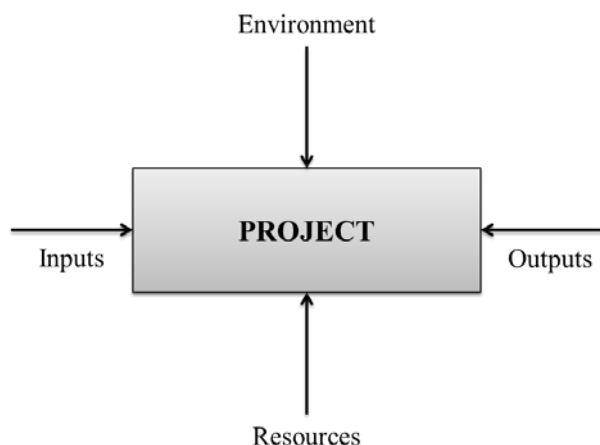


Figure 1. Process model of projects (according to [4])

Inputs represent specific requirements or needs that should be met through the implementation of the project. In the business world these requirements and needs are defined by the customer in the form of tender documents or request for submission of bids.

Outputs are the result of the project. Based on the defined requirements and needs, a company defines the offer in terms of project documentation, which should be a response to the request / meeting needs. In this way in the business world complex objects of various types are constructed, such as the ones in the area of construction, mechanical engineering, electrical power, etc.

Environment implies the business environment in which the project is implemented. Specifically, we are aware that we are not alone in the business, but that we operate within an environment that imposes its rules and controls that we have to implement during and after project implementation. There are three types of business environments [5]:

- Macro environment. Macro environment consists of political - legal environment, economic environment, demographic environment, cultural environment and technological environment.
- Meso environment. Meso environment consists of competition and the public.
- Micro environment. Micro environment consists of suppliers, various dealers and consumers.

Resources are necessary resources for the successful implementation of the project. Key resources for successful implementation of the project are [6]:

- Human resources. Human resources are employees of companies with their knowledge, creativity, skills, mental and physical abilities, and their ability to acquire new knowledge, skills and habits. Employees drive business processes, monitor their implementation and implement improvements.
- Knowledge resources. Knowledge resources are inseparable from human resources, as human resources without knowledge cannot contribute to the development of business processes and therefore the successful implementation of projects. This knowledge is found in books, professional journals, web resources, as well as in various internal documents that constitute a business secret.
- Equipment. Equipment refers to hardware and software tools used by employees (human resources) in order to use knowledge resources to carry out processes in the company. Hardware tools are used in the production of physical product testing and software tools in the process of collecting and processing data and process analysis and modeling. The term equipment also involves office supplies and furniture, computer equipment, etc.
- Infrastructure installations. Infrastructure installations are installations that apply hardware and software in the form of a network to link different parts of the company. Secured infrastructure network is essential to carry out all activities in the company.
- Buildings and workspace. Buildings and workspace are the places where the processes are carried out. These resources provide suitable working conditions because the size, shape and functionality of buildings and office spaces are very important for the effective and efficient implementation of business activities, implementation of products / projects etc.
- Financial resources. Financial resources are the money that the company owns at some point. In addition to this money the company has to take into account the claims and debts in order to know whether the current financial resources are sufficient to carry out business activities or whether it should take a loan.

3. ISO 10006 STANDARD

The ISO 10006 provides guidelines for quality management in projects. It can be applied to all kinds of projects, from small projects to the realization of very complex projects. For the purpose of this paper we shall assume that complex projects are in question, which are mainly implemented in industrial markets where the main buyers are public companies such as JP Elektroprivreda, Telecom operators, etc. Under paragraph 4.2.1 of this standard the key principles of quality management in projects are defined (ISO 10006:2004):

- Customer orientation
- Leadership
- Human participation
- Process approach

- System approach to management
- Constant improvement
- Fact-based decision-making
- Mutually useful customer relations

Below we present the key elements of ISO 10006 using the scientific method. It is important to instantly emphasize that these are only guidelines that still need to be developed in practice in order for organizations to be able to efficiently and effectively manage projects.

3.1. Management responsibility

In every project there is the project manager who is to be appointed at the beginning of the project. They have the key responsibility for the project but managers at higher levels are also not exempted from this responsibility. Responsibility relation should be clearly defined at the beginning of the project and this is only possible with clearly defined communication during the project. Therefore, this will be dealt with in more detail in the section that deals with communication.

3.2. Customer orientation

In industrial market there are not many customers, so customer relations should be given special attention in order to retain them. Such customers are called key accounts and their main characteristics are high purchasing power, the complexity of behavior when buying and readiness of entering into long-term partnership [7]. For successful relations with key accounts, the same authors propose the following:

- Developing long-term relationships through direct communication
- Negotiating on all the key issues in business relations
- Developing good interpersonal relations without which no business relationship is possible
- Monitoring of the major competitors in order to provide a better service based on this information
- Monitoring of contract realization of projects that are in progress
- Providing quick service for the client through teamwork in the company

Finally it should be emphasized that for good relations with a business partner confidence is crucial. Confidence means that the communication with a business partner is honest and open from the very beginning. Such approach allows for concluding long-term business relations with a business partner. First, one should enter a smaller investment project with a business partner to see whether one may trust the business partner. If so, one may get involved in larger business arrangements and establish long-term relations with the business partner.

3.3. Leadership

In order to ensure a successful implementation of the project, it is necessary to clearly define the style of

project management. When it comes to leadership styles, there are several approaches. We focus here on the Likert style that consists of four leadership systems [8]:

- System 1. This is an extremely authoritarian system and this manager is an autocrat who has little trust in subordinates.
- System 2. This is a benevolent authoritarian system where managers have patronizing confidence in subordinates, motivate them with rewards, and only in some occasions with fear and punishment.
- System 3. This is a consultative system where managers have extensive but not complete confidence in subordinates, they apply the opinion of subordinates and for motivation use rewards and occasionally punishments.
- System 4. This is a participatory collaborative system where managers have complete confidence in subordinates and always use their ideas and opinions.

For the purpose of project management the best variant is the combination of systems 2 and 3. The practice has shown that it is not good if the manager is too authoritarian, but also if there is too much trust in collaborators on the project. Furthermore, the same principle should be applied by senior managers towards the project manager, because the practice has also shown that too much freedom given to the project manager results in bad outcomes regarding the project.

3.4. Human resources management

For the successful implementation of the project it is very important to choose the right participants. There is no single criterion for the selection of team members who will implement the project, so here we present two models that can be used as the basis for setting up criteria for the selection of team members for the project [9]. The first model is the Rodger's Seven-Point Plan, which includes: physical characteristics, achievements, general intelligence, special abilities, interests, character and circumstances. The second model is based on Fraser assessment based on five items: the impact on others, qualifications or acquired knowledge, innate abilities, motivation, adaptability and emotional balance.

3.5. Organizational structure

Basic forms of project organizations are [10]:

- Pure project organization is an independent organization of project management. It is a comparative organizational unit together with other organizational units.
- Influential project organization is a form of organization where project management has limited duties and responsibilities in terms of coordination, planning, and control of deadlines and costs.
- Matrix project organization is a combination of functional organization and pure project organization.

Figure 2 shows these structures.

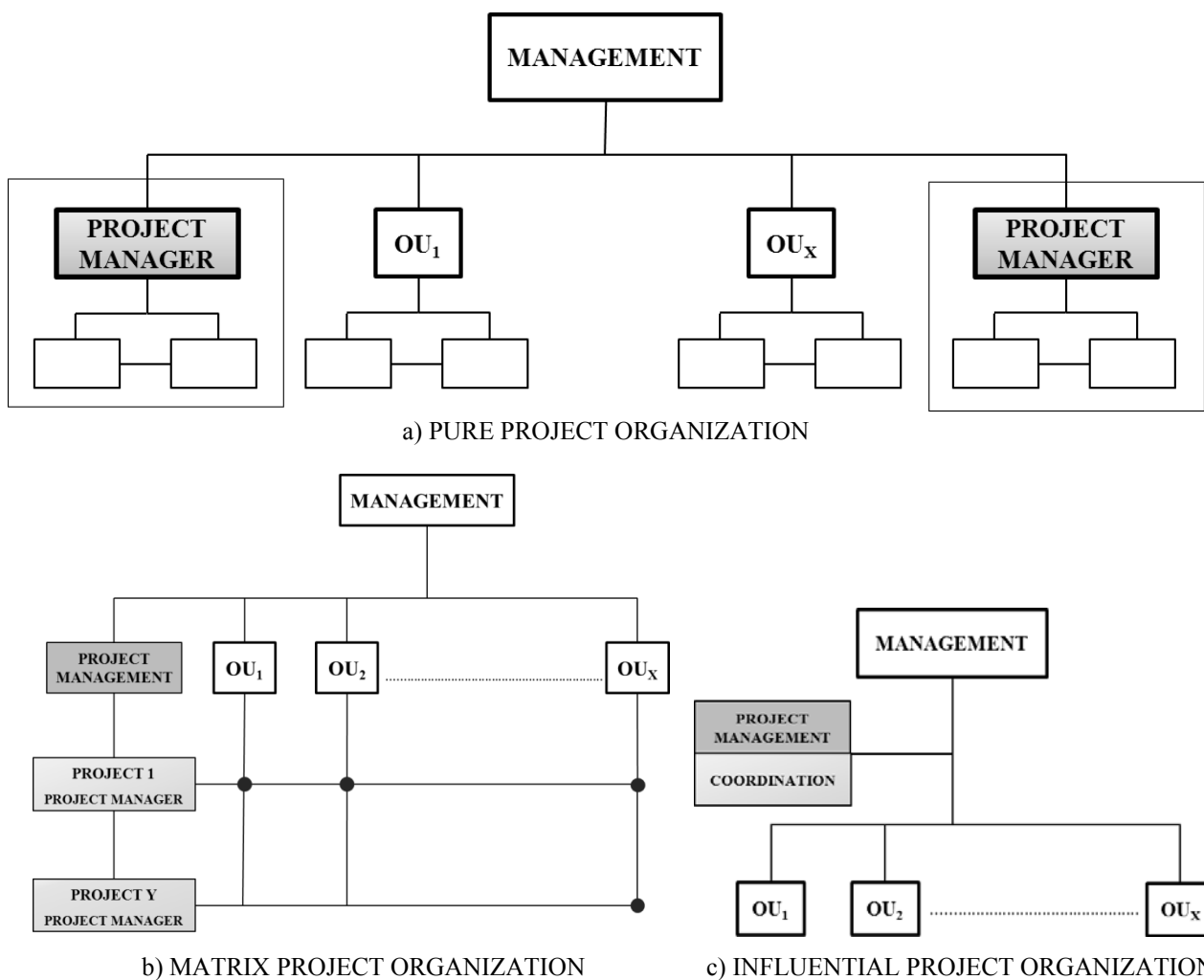


Figure 2. Types of project organizational structures [10]

3.6. Teamwork

For the purpose of realization of a concrete project teams are formed. In order for a project to be successfully realized, the following should be taken into account during the formation of the team [11]:

- Defining roles. In order for a team to be successful, it is necessary to clearly define what should be done by whom. The essence of the existence of each team is to assure that people with different skills and abilities tackle the task that is set before them.
- Team composition. When it comes to team composition, it is not a problem to set the team up in terms of professional competence of team members, but more in terms of human characteristics, because some people are not team players, but they are very professional. In each team there should be two types of interactions: cooperation and competition. Cooperation refers to team spirit, dedication, loyalty, and trust. Competition shows that the achieved diversity is needed for the development and dynamics of the team. Project manager is expected to encourage competition and prevent conflicts.
- Training and rewarding. In order for team members to be as good team players as possible, proper training is needed, which aims to perfect the skills of

current employees as well as to show the team members that they can show and achieve much more by working together than individually. In order for team members to be good team players, they should be rewarded through an appropriate system of incentives such as salary increase, promotion, stimulation, etc. It is necessary to reward each individual that promotes teamwork, helps train new members, expands their knowledge and develops new skills, resolves conflicts etc.

- Building trust. Without trust there is no successful teamwork. Trust has five key dimensions: integrity, competence, consistency, loyalty and openness. Integrity implies that individuals respect personal integrity and fairness. Competence refers to professional knowledge as well as the ability of interpersonal communication. Consistency implies reliability, order and successful coping with all situations. Loyalty means protecting the integrity of each team member. Finally, openness implies the wish to share ideas and information with others.

3.7. Initiating and planning projects

Project planning is an activity that cannot stand alone, but it should be coupled with guidance and project monitoring. Therefore, here we present all three

activities. When planning one should stick to the following principles [4]:

- The purpose of the project – how and when the project is carried out and its scope
- Objectives – specific results that the project will produce
- Restrictions – restrictions that limit what one wishes to achieve by implementing the project
- Assumptions – uncertain information that one considers in the preparation, execution, implementation and completion of the project

Project management is carried out in two ways, through a regular program of activities and contractor teams that are formed based on a specific project [10]. At the beginning of the project realization, project manager has to present the following to all stakeholders [10]:

- Project work order
- Complete or partial initiation study
- Project work plan
- Plan of monitoring the implementation of the project
- Additional relevant information

Finally, project monitoring is carried out in the following three ways [10]:

- Monitoring according to the project plan, by means of which performance dates, actual costs and actual resource loads are reviewed
- Monitoring in project surroundings, by means of which various disturbances and changes may be noticed that have occurred outside of the project if their impact can threaten the planned execution of the project
- Monitoring project work, monitoring related to the periods in which certain project activities have to be carried out.

3.8. Communication

Projects involve four types of communication: top-down communication, bottom-up communication, horizontal communication and diagonal communication [12]. Should we apply this to the communication between the project manager and his superiors, it would mean the following:

- Top-down communication implies that senior management seeks information from the project manager or informs them on something. This form of communication has to take place in the form of meetings and written correspondence.
- Bottom-up communication implies that the project manager provides their superior with information. This type of communication should also be conducted in the form of meetings and written correspondence.
- Horizontal communication implies that the Project Manager A communicates with the Project Manager B on common actions. This form of communication, along with meetings and written correspondence, may also be conducted orally, in order for business activities to be conducted in a faster and easier manner.

- Diagonal communication implies that the project manager directly communicates with top management leaving the middle-level and first line managers out. This form of communication should be avoided because it means that there is no trust and that there is a conflict, which should be avoided in the course of the project implementation.

These communication forms are shown in Figure 3.

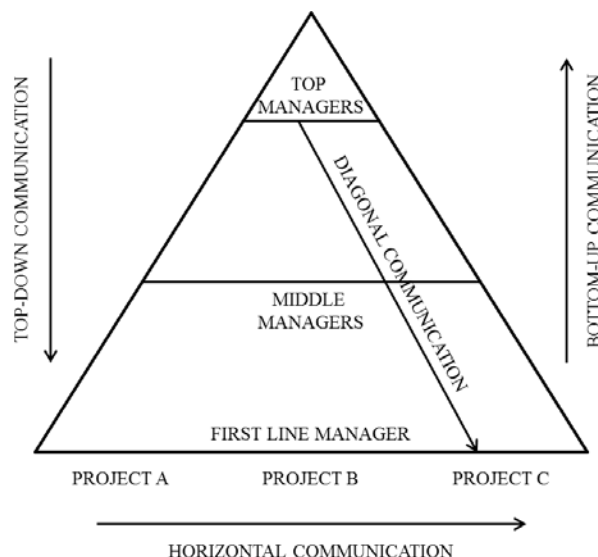


Figure 3. Project communication
(source: created by the author)

3.9. Risk management

Each project brings certain risks that need to be identified on time in order to adequately respond to them and mitigate their effects on the successful implementation of the project. There are several approaches to risk management and for the purpose of this article we shall restrict ourselves to the approach to risk management that consists of three phases [13]:

- Phase 1. At this stage project risk management is prepared. This includes determining the categories and sources of risk, defining risk parameters of the project and establishing strategies for project risk management.
- Phase 2. At this stage the identification and analysis of project risk factors are carried out. This includes identifying project risk factors and prioritization of project risk factors.
- Phase 3. At this stage mitigation of project risk factors is carried out. This includes the development and implementation of a plan for mitigating the risks.

4. CONCLUSION

In this paper we dealt with the issues of the application of project management standards ISO 10006 using the scientific method. It is clear that it was not possible to offer a complete concept of project management, so it was restricted to the basic items of

standards without which one could not manage a project in practice and which were connected with definitions from scientific sources. This paper presents the basic guidelines that should be worked out in practice for the purpose of effective and efficient project implementation.

5. REFERENCES

- [1] Grabovac, N.: Prodaja i prodajni menadžment, Aca System, Sarajevo, 2005
- [2] Žaja, M.: Poslovni sustav, Školska knjiga, Zagreb, 1993
- [3] Sajfert, Z.; Đorđević, D.; Bešić, C.: Leksikon menadžmenta, Agencija Matić, Beograd, 2006
- [4] Omazić, M. A.; Baljkas, S.: Projektni menadžment, Sinergija, Zagreb, 2005
- [5] Tihi, B.; Čičić, M.; Brkić, N.: Marketing, Ekonomski fakultet, Sarajevo, 2010
- [6] Mileković, R.: Upravljanje resursima u procesnom modelu organizacije // Prvo savjetovanje Upravljanje resursima-čimbenik poslovnog uspjeha / Radić, Jure (ed.), Hrvatski inženjerski savez, Zagreb, 2004
- [7] Džober, D.; Lankaster, DŽ.: Prodaja i upravljanje prodajom, Clio, Beograd, 2006
- [8] Weihrich, H.; Koontz, H.: Menadžment, Mate, Zagreb, 1998
- [9] Torrington, D.; Hall, L.; Taylor, S.: Menadžment ljudskih resursa, Datastatus, Beograd, 2004
- [10] Hauc, A.: Projektni menadžment i projektno poslovanje, M.E.P. Consult, Zagreb, 2007
- [11] Petković, M.: Organizaciono ponašanje, Ekonomski fakultet, Beograd, 2011
- [12] Miljković, D.; Rijavec, M.: Organizacijska psihologija, IEP, Zagreb, 2008
- [13] Đuričić, M.; Bojković, R.; Đuričić, R.; Skorup, S.: Menadžment rizikom projekta, Međunarodna naučna konferencija Menadžment 2010, Kruševac, March 2010

Kontakt autora:

Mr.sc. Kenan Spaho
Energoinvest d.d. Sarajevo
Hamdije Čemerlića 2
71000 Sarajevo
Bosnia and Herzegovina
kenan.spaho@energoinvest.ba

IZRADA PARCELACIJSKOG ELABORATA U SVRHU REKONSTRUKCIJE LOKALNE CESTE

A SUBDIVISION OF THE STUDY IN ORDER TO RECONSTRUCTION OF LOCAL ROADS

Jure Tomić

Stručni članak

Sažetak: Članak obrađuje izradu parcelacijskog elaborata u svrhu rekonstrukcije lokalne ceste. Ovaj elaborat je potreban da bi se uopće krenulo sa rekonstrukcijom bilo koje ceste, a i da bi se sama cesta poslije obavljenog zahvata pustila u promet. Opisani su poslovi i zadaci koje je potrebno uraditi prilikom ovog projekta - izrada geodetskog projekta, postavljanje operativnog poligona, te izrada i sadržaj parcelacijskog elaborata.

Ključne riječi: Geodetski projekt, operativni poligon, projekt rekonstrukcije, Područni ured za katastar, parcelacijska linija, izvedeno stanje, izvođač radova, parcelacijski elaborat.

Professional paper

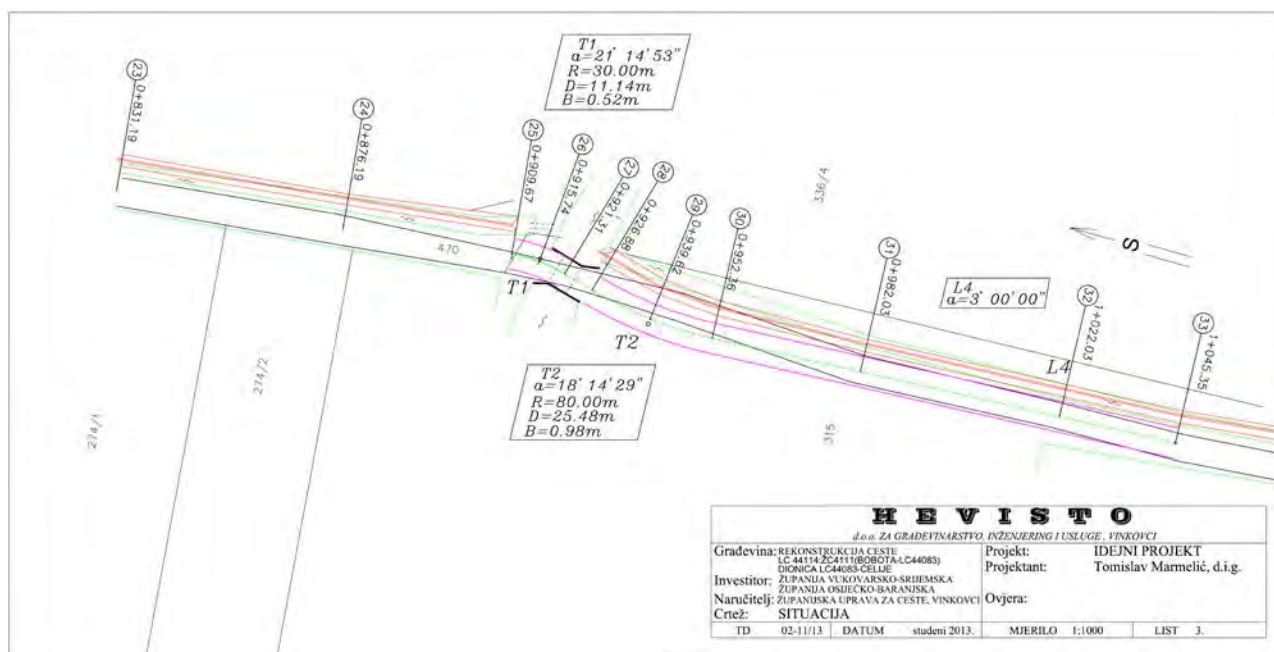
Abstract: The article considers the creation of the parcelling survey for the purpose of reconstruction of local roads. This study is needed even started with the reconstruction of any road, and to the road itself after completion of the project put into circulation. Described the activities and tasks that need to be done in this project - development of surveying projects, setting up operational polygons, and the preparation and content of the subdivision survey.

Keywords: Surveying projects, the operating range, reconstruction project, Regional Office for Surveying, subdivision line, derived condition, contractor, parcelling survey.

1. UVOD

Tijekom vremena i razvijanjem društva te razvijanjem prometnih vozila došlo je do potrebe za izgradnjom većih i sigurnijih prometnica. Tu je došlo do problema jer je velika većina lokalnih cesta u našoj zemlji izrađena dosta davno i na lošim podlogama

odnosno pojedine lokalne ceste ne zadovoljavaju tehničke i sigurnosne uvjete za promet. Samim time potrebna je njihova obnova. U zavisnosti od samog terena, odnosno samog stanja ceste, izrađuje se idejni projekt (slika 1), na osnovu kojeg će se izvršiti ostali poslovi. Idejni projekt je skup međusobno usklađenih nacrti i dokumenata struka koje, ovisno o vrsti zahvata



Slika 1. Idejni projekt

u prostoru, sudjeluju u projektiranju [3]. Idejni projekt izrađuje projektant. Projektant je fizička osoba strukovnog naziva arhitekt ili ovlašteni inženjer.

Važno je naglasiti da se projekt napravi tako da cesta bude koliko god je to moguće sigurnija i bolja za prometovanje uzimajući u obzir i ekonomsku isplativost.

Prije početka bilo kojeg zahvata na terenu potrebno je izraditi **Geodetski projekt** od strane ovlaštenog geodetskog izvođača [5]. Projekt treba biti pravilno napravljen da bi sam Izvođač radova rekonstrukcije mogao kvalitetno i na vrijeme izvršiti svoje poslove.

2. POSTAVLJANJE OPERATIVNOG POLIGONA

U suradnji s naručiteljem geodetskog projekta, te ostalim stručnim osobama koje sudjeluju u izradi idejnog odnosno glavnog projekta ovlašteni inženjer geodezije utvrđuje područje zahvata zadatka. Po potrebi se obavlja i terenski uviđaj.

Za potrebe izmjere postavlja se operativni poligon koji prati os buduće rekonstrukcije ceste. Poligon se postavlja tako da ne smeta prilikom izvođenja građevinskih radova, odnosno tako da i same poligonske točke ne budu uništene. Udaljenost između poligonskih točaka je oko 250 m., a od osi trase od 20 do 30 m. Ipak i to je uvjetovano prema samoj konfiguraciji terena na kojem se izvode radovi. Također je potrebno da se točke dogledaju.

Izrada projekta poligonskog vlaka potrebnog za izmjeru prilikom izrade parcelacijskih elaborata (stabilizacija, mjerenja i računanja točaka poligonskog vlaka) provode se u skladu s pravilima geodetske struke za takvu vrstu radova (slika 2).

Stabilizacija točaka poligonskog vlaka (u ovisnosti o terenu):

- betonski stup dimenzija 10x10x50 s definiranim centrom (bolcna, križ),
- bolcna betonirana u nekom stabilnom objektu (most, propust, živa stijena i sl.).

Geodetski instrumenti za mjerenje točaka poligonskog vlaka su:

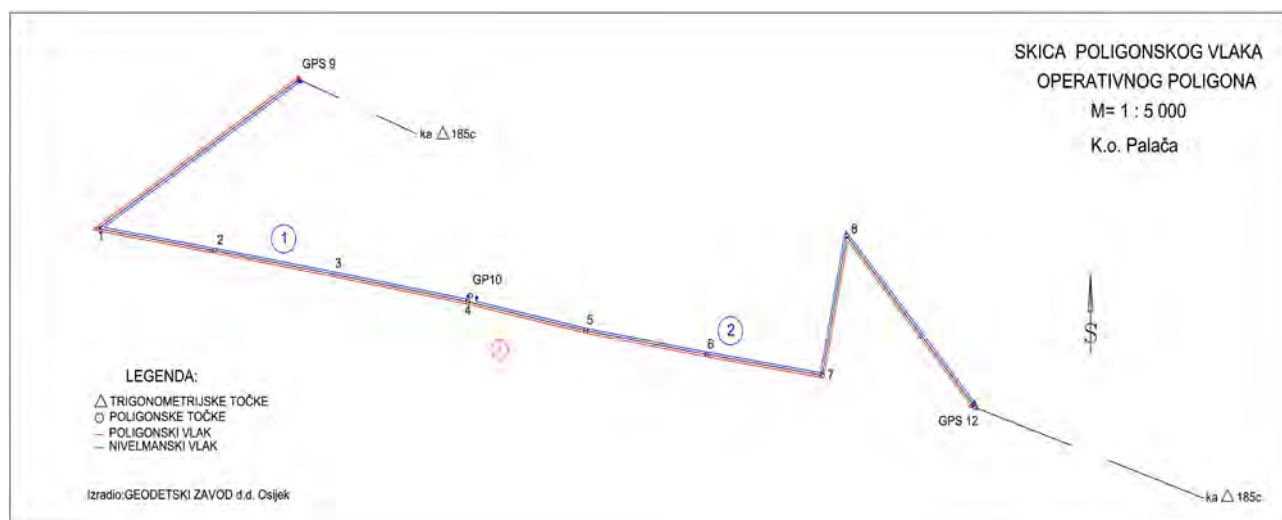
- totalne mjerne stanice
- GNSS uređaji
- niveliri

3. IZRADA GEODETSKOG PROJEKTA

Geodetski projekt izrađuje se kao dio dokumentacije u postupku ishoda lokacijske dozvole za određenu građevinu, ili kao sastavni dio glavnog projekta za građevinsku dozvolu za građenje građevine za koju se prema posebnom zakonu ne izdaje lokacijska dozvola [3]. Prema idejnom rješenju, a s obzirom na veličinu zahvata u prostoru, geodetski projekt se izrađuje na način da je omogućen pregled, potvrđivanje te provedba geodetskih elaborata izrađenih u okviru geodetskog projekta u katastarskom uredu.

Geodetski projekt [7] predstavlja skup javnih isprava i ostale geodetsko-tehničke dokumentacije, odgovarajućih geodetskih elaborata i tehničkih izvješća o izvedenim geodetskim radovima, izvedenih u svrhu projektiranja zahvata u prostoru, praćenja izgradnje i evidentiranja novoizgrađenih građevina u katastarskom operatu i zemljišnoj knjizi. Na temelju geodetskog projekta koji je sastavni dio glavnog projekta koji je sastavni dio građevinske dozvole međusobno se usklađuje stanje u katastru, zemljišnoj knjizi i naravi, ako je to potrebno, te se provodi formiranje građevne čestice u katastru, iskolčenje građevine i evidentiranje građevine u katastru, bez izrade dodatnih snimaka i elaborata te izdavanja potvrda, propisanih posebnim propisima koji uređuju državnu izmjeru i katastar.

Izrađuje se u dva dijela, Geodetski projekt I. dio i Geodetski projekt II. dio, sukladno fazama projektiranja, izgradnje i završnog nadzora izvedenih radova.



Slika 2. Skica poligonskog vlaka operativnog poligona

Geodetski projekt I. dio sadrži:

1. Naslovna stranica geodetskog projekta.
2. Prikupljeni podaci o stanju katastarskih i zemljišnoknjižnih podataka na području zahvata.
3. Geodetski situacijski nacrt stvarnog stanja u položajnom i visinskom smislu (slika 3).
4. Izvješće o stanju katastarskih i zemljišnoknjižnih podataka na području zahvata.
5. Javne isprave izdane od strane katastarskog ureda odnosno zemljišnoknjižnog odjela općinskog suda nakon provedenog usklađenja stanja u katastru, zemljišnoj knjizi i stanja u naravi ako je isto potrebno.
6. Geodetska situacija građevine.

Geodetski projekt II. dio sadrži:

1. Geodetski elaborat kojim se formira građevna čestica (parcelacijski elaborat)
2. Geodetski elaborat za evidentiranje zgrada i drugih građevina.

Geodetski situacijski nacrt stvarnog stanja prikazuje podatke o svim objektima u području zahvata u položajnom i visinskom smislu, odnosno cjelokupnu situaciju na terenu (os ceste, kanale, međe katastarskih čestica, zgrade, vodove, slivnike, drveće, ograde...). Položaj objekata i katastarskih čestica prikazuje se koordinatama, a visinska konfiguracija terena se može prikazati slojnicama ili u ovom slučaju kotama.

Geodetski projekt I. dio treba biti ovjeren od strane
Područnog ureda za katastar.

Ovjeravanje od strane katastarskog ureda izvršiti će se nakon utvrđivanja da li je katastarski plan pravilno uklopljen u digitalni ortofoto plan, odnosno topografski prikaz. Za ispravnost izrade digitalnog ortofotoplana odnosno topografskog prikaza odgovara ovlaštena osoba.

4. IZRADA PARCELACIJSKOG ELABORATA

Na osnovu ovjerenog I. dijela geodetskog projekta projektanti izrađuju glavni projekt za rekonstrukciju ceste. Projekt se dostavlja geodetskom Izvođaču i služi za izradu Geodetskog elaborata kojim se formira građevna čestica odnosno parcelacijskog elaborata. Prvi zadatak je određivanje parcelacijske linije. Parcelacijska linija je linija kojom se izdvajaju dijelovi katastarskih čestica zahvaćenih u zadatku. Iskolčavanje točaka parcelacijske linije vrši se na terenu s poligonskih točaka operativnog poligona. Prilikom obavljanja terenskih radnji i provedbe terenskih mjerenja, ovlašteni geodetski stručnjaci, imaju pravo ući u prostor katastarskih čestica obuhvaćenih u elaboratu i u prostor susjednih katastarskih čestica [2]. Dozvoljeno je odstraniti drveće, grmlje i ostalo raslinje u nužnom opsegu koje ometa poslove na izradbi elaborata. Dužnost je geodetskih stručnjaka obavijestiti nositelje prava [1] o radovima na katastarskim česticama koje su predmet elaborata, kao i nositelje prava na susjednim katastarskim česticama. Ove kao i sve ostale radnje se provode sukladno pravilniku o parcelacijskom elaboratu [4].

O obavljanju poslova na zaštićenim i šticećenim područjima obavještava se nadležno ministarstvo. Nepotrebne štete koje bi bile načinjene pri obavljanju terenskih radnji i prilikom provedbe terenskih mjerenja Izvođač je dužan nadoknaditi oštećenim strankama.

Terenska mjerenja moraju biti obavljena barem istom točnošću koju imaju snimljeni podaci koji se koriste pri izradi Elaborata. Mjerenja se obavljaju opremom koja je prethodno ispitana, odnosno ispravna. Za ispravnost opreme za mjerenje odgovoran je ovlašteni geodetski stručnjak.

U okviru izradbe elaborata obavljaju se sljedeće radnje [4]:

1. Prikupljanje dokumenata koji dozvoljavaju izradu elaborata, prikupljanje sudskih odluka o uređenju međa i dokumentacije o uspostavljenim posebnim pravnim režimima na zemljištu,
2. Prikupljanje katastarskih i zemljišnoknjižnih podataka.
3. Prikupljanje dokumentacije o zgradama i drugim građevinama.
4. Obavljanje terenskih radnji i provedba terenskih mjerenja (terenski uvidaj, terensko utvrđivanje postojećih međa i drugih granica, provedba terenskih mjerenja u svrhu obilježavanja postojećih međa i drugih granica, terensko obilježavanje postojećih međa i drugih granica vidljivim trajnim oznakama, provedba terenskih



Slika 3. Geodetski situacijski nacrt stvarnog stanja

Geodetski situacijski nacrt se izrađuje u skladu s Pravilnikom o kartografskim znakovima [6] i pravilima struke. U kojem mjerilu izrade te u kojem formatu digitalnog zapisa će biti izrađen geodetski izvodač dogovara s projektantom.

mjerjenja u svrhu uspostave novih razgraničenja, terensko obilježavanje novo uspostavljenih međa i drugih granica vidljivim trajnim oznakama, provedba terenskih mjerjenja u svrhu evidentiranja zgrada i drugih građevina, provedba terenskih mjerjenja u svrhu evidentiranja granica načina uporabe katastarskih čestica).

5. Prikupljanje isprava o vlasnicima i ovlaštenicima.
6. Obrada terenskih mjerjenja i drugih prikupljenih podataka i izrada sastavnih dijelova elaborata.
7. Predočavanje elaborata.
8. Pribavljanje potrebnih potvrda.

Nakon izvršenja ovih radnji može se pristupiti izradi parcelacijskog elaborata.

Parcelacijski elaborat sadrži slijedeće:

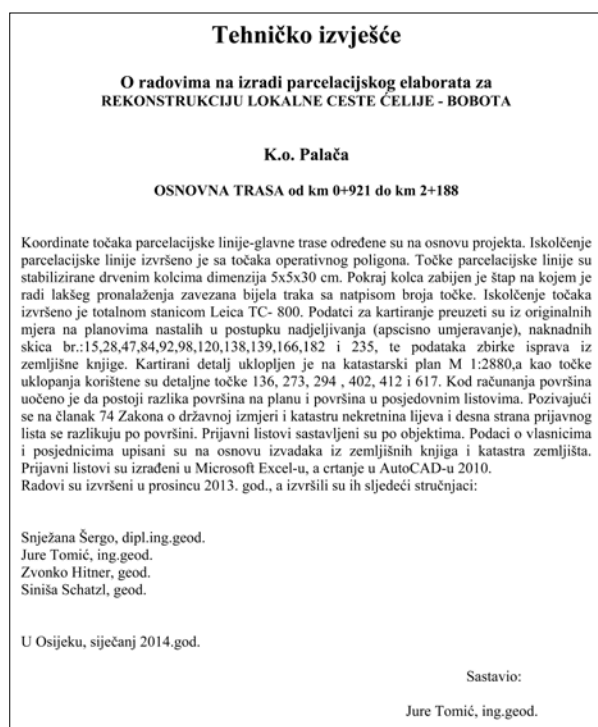
- naslovna stranica (ime predmeta, popis dijelova elaborata, ime Izvođača – ovjereno te ovjerenje ovlaštene osobe iz Područnog ureda za katastar),
- skica izmjere (cjelokupni prikaz zadatka s prikazanim katastarskim česticama, brojevima poligonskih i detaljnih točaka, vrstom uporabe zemljišta, udaljenostima između detaljnih točaka te podacima o vlasniku katastarske čestice),
- popis koordinata (broj točke te njezine koordinate -x,y, izražavaju se u metrima i iskazuju na dvije decimale)
- položajni opisi točaka geodetske osnove (ime točke, koordinate točaka, prikaz položaja točke na TK25, te fotografija položaja točke)
- terenski zapisnici mjerjenja (podaci za iskolčenje lomnih točaka parcelacijske linije-ime točke, koordinate točaka, horizontalni kut i duljina iskolčenja točke),
- iskaz površina parcela (sastoji se od tablice računanja površina parcela iz koordinata sa prikazom popravaka na površinu iz katastarskog operata),
- prijavni list za katastar zemljišta (naslovna stranica sa podacima o zadatku s napomenom za katastar zemljišta, ime posjednika, broj, naziv, vrsta obrade, površina katastarske čestice i broj zemljišno-knjižnog uložka prije i poslije izvedenog stanja, te oznaka promjene, broj lista detalja i napomena),
- prijavni list za zemljišnu knjigu (naslovna stranica sa podacima o zadatku s napomenom za zemljišnu, ime posjednika, broj, naziv, vrsta obrade, površina katastarske čestice i broj zemljišno-knjižnog uložka prije i poslije izvedenog stanja, te oznaka promjene, broj lista detalja i napomena (slika 4)),
- skica geodetske osnove (prikaz poligonskog vlaka operativnog poligona)
- kopija katastarskog plana (plan sa prikazanim stanjem starih odnosno novonastalih katastarskih čestica ovjeren od nadležnog Područnog ureda za katastar),
- abecedni popis posjednika (naziv zadatka, ime posjednika, broj katastarske čestice koja se izvlašćuje, vrsta kulture, broj katastarske čestice koja ulazi u objekt, izvlaštena površina, broj zemljišno-knjižnog uložka i redni broj stavke prijavnog lista),
- izvješće o izrađenom elaboratu (izvješće o utvrđivanju međa i drugih granica te o novim razgraničenjima, izvješće o zgradama i drugim građevinama, izvješće o terenskom uviđaju, tehničko izvješće (slika 5)),

Dosadašnje stanje								Novo stanje								Napomena
Broj posjedovnog lista	Ime posjednika, očevo ime i prezime mjesto stanovanja i kućni broj	Broj parcele	Naziv katastarske čestice	Vrsta obrade (kultura i klasa)	Površina ha a m²	Broj z. k. ul.	Oznaka promjene	Broj posjedovnog lista	Ime posjednika, očevo ime i prezime mjesto stanovanja i kućni broj	Broj parcele	Naziv katastarske čestice	Vrsta obrade (kultura i klasa)	Površina ha a m²	Broj z. k. ul.	Broj LD	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1539	Republika Hrvatska Zagreb, Viskoka ulica 22	265/1	Silaš	oranica	80 06			1539	Dosadašnji	265/1	Silaš	oranica	72 94		5,9	2
								1539	ist	265/28	Silaš	oranica	46		9	
								1539	ist	265/29	Silaš	oranica	2 43		9	
													75 83			
218	Bički Nebojša Silaš, Proleterska 8	265/2		oranica	2 31 69	657		218	Dosadašnji	265/2	Silaš	oranica	2 21 07	657	5,9	3
								219	ist	265/30	Silaš	oranica	81	657	9	
								220	ist	265/31	Silaš	oranica	6 18	657	9	
													2 28 06			
977	Čolaković Drago Silaš, Dragosavljevića 12	265/3	Paljevina	oranica	57 55	421		977	Dosadašnji	265/3	Silaš	oranica	56 13	421	5,9	4
								977	ist	265/32	Silaš	oranica	13	421	9	
								977	ist	265/33	Silaš	oranica	1 59	421	9	
													57 85			
1269	Bjelotomić Miroslav Silaš, P. Vukše 27	265/4	Paljevina	oranica	2 28 93	369		1269	Dosadašnji	265/4	Silaš	oranica	2 23 83	369	5,9	5
								1269	ist	265/34	Silaš	oranica	6 54	369	9	
													2 30 37			

Slika 4. Prijavni list

Elaborati se izrađuju u dovoljnom broju primjeraka. Jedan primjerak elaborata zadržava katastarski ured, jedan primjerak zadržava ovlaštena osoba, a jedan primjerak se izrađuje za naručitelja elaborata. Ostali primjerci elaborata izrađuju se kada je to potrebno. Za istovjetnost primjeraka odgovara ovlašteni geodetski stručnjak. Elaborat namijenjen za zadržavanje u katastarskom uredu sadrži potrebne isprave, dokumentaciju i dokaze u originalu. Primjerak elaborata za zemljišnu knjigu sastoji se iz prijavnog lista za zemljišnu knjigu i kopije katastarskog plana za zemljišnu knjigu. Svi primjerci elaborata, osim elaborata za katastar i zemljišnu knjigu, se uvezuju.

Završen Elaborat se ovjerava u Područnom uredu za katastar čime se potvrđuje da je izrađen u skladu s geodetskim i katastarskim propisima.



Slika 5. Tehničko izvješće

Nakon toga se može početi sa iskolčavanjem točaka obuhvaćenih zahvatom. Iskolčavanje se vrši sa već uspostavljenog operativnog poligona. Sve točke se obilježavaju vidljivim trajnim oznakama. Iste se po završetku posla predočavaju predstavnicima investitora i svim ostalim strankama koje su uključene u projekt. Radi se zapisnik o primopredaji posla te ukoliko nema nikakvih primjedbi od svih zainteresiranih strana građevinski radovi mogu početi.

5. ZAKLJUČAK

Kao što je već u uvodu spomenuto, rekonstrukcije lokalnih cesta su vrlo važan posao i zadatak zbog uspostavljanja što sigurnijeg i kvalitetnijeg prometa.

Premda je vrlo važno kako će građevinski izvođač obaviti svoje radove, veliku i važnu ulogu ima i geodetski izvođač. Pravilnom izradom parcelacijskog

elaborata rekonstrukcije ceste stvaraju se uvjeti za kvalitetno rješavanje zadanog projekta. Također se završnom izmjerom izvedenog stanja omogućuje buduće pravilno održavanje rekonstruirane ceste.

Tijekom cijelog ovog procesa potrebna je uska suradnja svih sudionika počevši od Područnog ureda za katastar, geodetskog izvođača, projektanta, te građevinskog izvođača.

6. LITERATURA

- [1] Narodne novine: Zakon o zemljišnim knjigama. Službeni list Republike Hrvatske, br. 91/96, 68/98, 137/99, 114/01, 100/04, 107/07, 152/08, 126/10, 55/13, 60/13, Zagreb
- [2] Narodne novine: Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina. Službeni list Republike Hrvatske, br. 16/07, 124/10, 56/13, Zagreb
- [3] Narodne novine: Zakon o prostornom uređenju. Službeni list Republike Hrvatske, br. 153/13., Zagreb, 2013.
- [4] Narodne novine: Pravilnik o parcelacijskim i drugim elaboratima. Službeni list Republike Hrvatske, br. 86/07, 25/09, 148709, Zagreb
- [5] Narodne novine: Zakon o gradnji. Službeni list Republike Hrvatske, br. 153/13., Zagreb, 2013.
- [6] Narodne novine: Pravilnik o kartografskim znakovima. Službeni list Republike Hrvatske, br. 104/11., Zagreb, 2011.
- [7] Narodne novine: Pravilnik o geodetskom projektu. Službeni list Republike Hrvatske, br. 12/14., Zagreb, 2014.

Kontakt autora:

Jure Tomić, ing. geod.

Geodetski zavod d.d. Osijek

Lorenza Jagera 4, Osijek

e-mail: juretomidj@gmail.com

CEMENTNO BETONSKI CESTOVNI KOLNICI

ROAD PAVEMENTS OF CEMENT CONCRETE

Irina Petrovna Solonenko

Stručni članak

Sažetak: U radu se razmatra utjecaj na fizikalno-mehaničke pokazatelje svojstva modificiranog sitnozrnatog betona, dodavanjem u njegov sastav plastifikatora C3, aditiva za stvaranje zračnih pora (aeranta) PT-1 i polipropilenskih vlakana MAPEFIBRE NS 12 / NS 18.

Ključne riječi: plastifikator, cementni beton, abrazija, vlakna, čvrstoća.

Professional paper

Abstract: The paper examines the impact on physical and mechanical properties of modified fine-grained concrete by adding into its composition C3 plasticizer, air-entraining additive PT-1 and polypropylene fibers MAPEFIBRE NS 12/ NS 18.

Key words: concrete pavement, plasticizer, cement mix, abrasion, fiber, durability

1. PROBLEM FORMULATION

The quality and durability of roads substantially depend on physical and mechanical properties of the road pavement, which in turn depends on the material it is made of. [1] Currently, the most common two types of pavement are asphalt (A.) and cement (C.).

Researches carried out by the author [2] show that Ukraine is on one of the last positions in Europe for construction of highways (H.) with C. pavement (A. and C. H. together don't exceed 3,2 km of the total length of roads). Comparative analysis reveals that the pace of construction of roads with A. and C. has recently increased. The number of highways with hard cover pavement in France is 14,2 km per 1000 inhabitants. In Russia there have been built and successfully operated more than 6 thousand km of roads with A. or C. pavement. In the U.S. 60% of the interstate highways, with heavy traffic are paved with concrete [3, 4].

This is because the concrete pavement increases the durability of roads at a minimum cost of maintenance, assuring at the same time high transportation and operating quality. [4].

The quality of concrete pavement depends on the proper selection of components, as well as on the use of additives and fillers that improve their physical and mechanical properties.

The purpose of this paper is to determine the impact of C3 plasticizer and fillers on the physical and mechanical properties of the concrete when being introduced in its composition.

2. THE PURPOSE OF THE STUDY

The purpose of the study is to evaluate the impact on the physical and mechanical properties of roads paved with concrete of the addition into pavement composition of C3, air-entraining agent PT-1 and polypropylene fibers MAPEFIBRE NS 12/ NS 18 [5].

In order to achieve this goal, the following objectives have been set and accomplished:

- Preparation of concrete mixture [6];
- Manufacture and test of experimental samples of road pavement (RP) (compression, bending, abrasion, impact resistance);
- Recommendations on the selection of the composition of cement for the RS.

The samples used in the experiment were made up according to the method described in [2, 6], using the following materials:

- Cement PC-I-500 N ("Yugcement");
- washed silica sand, (Voznesensky quarry, Mykolaiv region), particle size (MCR) 2,5;
- Screening of crushed granite (0,14 to 5 mm).

In the concrete mixture included the following additives ::

- Plasticizer C3 ("Poliplast");
- air-entraining admixture, PT-1, («Mapel»);
- polypropylene fiber - MAPEFIBRE NS 12/NS 18 (diameter – 0,34 micron, fiber length 12-18 mm, density – 0,91 kg/m³, tensile strength - 700 MPa), («Mapel»).

Preliminary tests conducted by the author and described in [6] served as theoretical ground for choosing the composition of the concrete mixture, which was used in the manufacture of the samples (table 1).

Table 1. The composition of prototypes

Components	Concrete pavement mixture								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cement, kg/M ³	521	521	521	518	520	518	516	518	521
Sand, kg/M ³	473	473	473	473	473	473	473	473	473
Macadam, kg/M ³	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
Water, l/M ³	255	195	195	197	197	195	195	195	195
V/C	0,48	0,37	0,38	0,38	0,37	0,38	0,37	0,37	0,37
C-3, %	--	1	1	1	1	1	1	1	1
PT-1, l/M ³	--	--	--	1,2	1,2	--	1,2	--	1,2
Fp, % of C.	--	--	--	0,2	--	0,2	0,2	0,2	--
OC, cm	16	20	20	19,5	20	19,67	20	19	20

The experiments were conducted in the laboratories of the construction materials and design, construction and operation in Highways and airports department in Odessa State Academy of Construction and Architecture, according to the methodology described in [7-10]. The samples were of size 4x4x16 cm (bending (f_{ctk})) and the size 10x10x10 and 7x7x7 cm (compression ($f_{ck,cube}$), abrasion (G) and bump (P)).

After fabrication, the samples gained strength in normal solidifying conditions ($t = 20^{\circ}\text{C}$, 80% humidity) for 28 days. They were then tested. The strength of samples has been tested by the press machine STU-250 [8]. Bending test was carried out on the device MII-100 [7]. Abrasion test of the 7x7x7 cm samples has been carried on LCI-3 [9], the impact tests – on laboratory impact machine. [10].

The results of the experiment are presented graphically in Figures 1, 2, 3, 4.

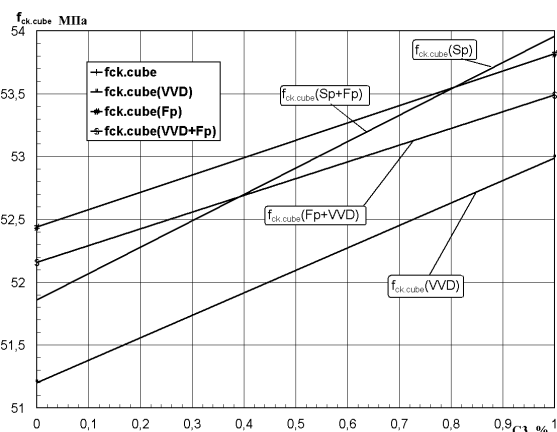


Figure 1. The dependence of the compressive strength on the added substance: super-plasticizer C3 (Sp), air-entraining agent PT-1 (VVD) and polypropylene fibers (Fp)

The relations illustrated in figure 1 prove that 1% of SP C3 added into C. increases the $f_{ck,cube}$ strength of the sample up to 4,05%. The introduction of SP C3 into concrete with air-entraining agent (PT-1) increases the strength by 3,5%. When added into C. with

polypropylene fiber, C3 increases the strength by 2, 7 %. C3 addition into C. already containing both polypropylene fiber and air-entraining agent (PT-1) increases the C. strength by 2,54%.

The tests of bending strength (fig. 2) demonstrate that the use of Sp C3 at 1% increases in the strength of concrete sample by 15,23%. The introduction of the same quantity of Sp C3 into cement with air-entraining agent (PT-1) increases the bending strength by 9,06%. The addition of Sp C3 into C. with polypropylene fiber increases the strength by 15,52%. The addition of Sp C3 into cement with polypropylene fiber and air-entraining agent (PT-1) increases the strength by 8,59%.

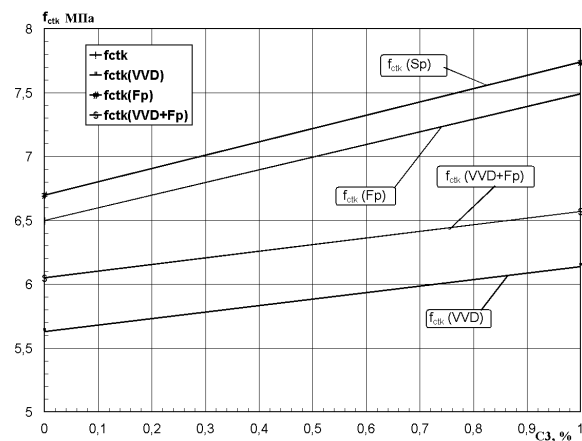


Figure 2. Dependence of the bending strength of concrete on the additives: super plasticizer C3 (Sp), the air-entraining agent, PT-1 (VVD) and polypropylene fibers (Fp)

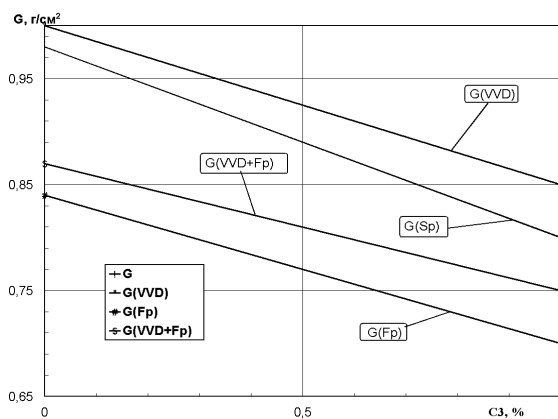


Figure 3. Abrasion samples (G, g/cm2): super plasticizer C3 (SP), the air-entraining agent, PT-1 (VVD) and polypropylene fibers (Fp)

The relations presented in Figure 3 prove that the addition of 1 % of SP C3 into the sample reduces abrasion by 8,9% (to 0,8 g/cm²). The introduction of the same quantity of SP C3 into cement with air-entraining agent (PT-1) reduces abrasion by 7,6% (to 0,85 g/cm²). The addition of SP C3 into C. with polypropylene fiber reduces the abrasion by 20% (to 0,7g/cm²). The addition of SP C3 into cement by polypropylene fiber and air-entraining agent (PT-1) reduces abrasion by 16% (to 0,75g/cm²).

As can be seen from the graphical dependences (Fig. 4), the use of Sp C3 at 1% increases the impact strength of concrete by 19,6%. The addition of Sp C3 into concrete with air-entraining agent (PT-1) increases impact strength by 27,8%. The addition of Sp C3 into C. with polypropylene fiber increases impact strength by 12%. The addition of Sp C3 into cement with polypropylene fiber and air-entraining agent (PT-1) increases impact strength by 24,8%.

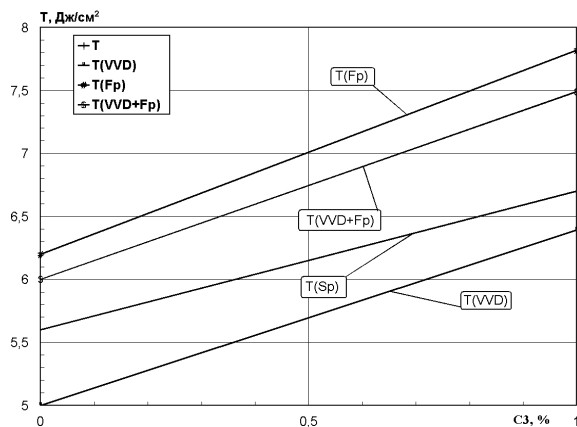


Figure 4. Impact test: super plasticizer C3 (Sp), the air-entraining agent, PT-1 (VVD) and polypropylene fibers (Fp)

3. CONCLUSIONS

Based on the research, the following conclusions have been drawn:

- The use of additives C3 increases the compressive strength by 4.05%, bending strength—by 15.23%, impact strength – by 19.6% and reduces abrasion with 8.9% (0.8 g/cm²).
- The addition of air-entraining additive PT-1 into concrete leads to a decrease in strength with respect to the addition of the modified with C3 concrete: compressive strength – by 5%, bending strength – by 10%, impact strength – by 27%, abrasion is increased by 20% (1 g/cm²).
- The use of polypropylene fibers in concrete results in a reduction in strength considering the addition of the modified C3 concrete: compressive strength – by 5.2%, bending strength – by 18.5%, abrasion - by 20% (0.7 g/cm²) and increased strike strength by 26.12%.

4. REFERENCES:

- [1] Федотова, Г. А.; Поспелова, П. И.: Справочник энциклопедии дорожника, Том 5, «Проектирования автомобильных дорог», Москва, 2007.
- [2] Солоненко, И. П.: Цементобетонные композиции на основе добавки ХТС-6 для дорожного строительства, Містобудування та територіальне планування, К., КНУБА, 2012., Вип. 45, Частина 3, 118-122
- [3] Радовский, Б. С.: Строительство дорог с цементобетонными покрытиями в США: новые тенденции (организация и направления исследований в области цементобетонных покрытий), «Доронная техника» №10, Санкт – Петербург, 62 - 70
- [4] Ушаков, В. В.: Источник: Журнал "Строительная техника и технологии", март-апрель, 2001.
- [5] ТУУВ. 2.7-24.6-02498197-385-2004 воздуховлекающая добавка РТ-1, полипропиленовая фибра МАРЕФИБРЕ NS 12/ NS 18, Фирма Marfel, Италия
- [6] Солоненко, И. П.: Сучасні пластифікуючі добавки для цементобетонів у дорожньому будівництві, Вестник ОГАСА, Вип. №45, Одесса: ТОВ «Зовнішнєрекламсервіс» 2012., 254-258
- [7] ГОСТ 26633-91: Бетоны тяжелые и мелкозернистые, Технические условия
- [8] ГОСТ 18105-86: Бетоны, Правила контроля прочности
- [9] ГОСТ 13087-81: Бетоны, Методы определения истираемости
- [10] ГОСТ 23046 – 78: Метод испытания на удар

Author's contact:

Irina Petrovna Solonenko, M. Eng. C.E.
Odessa State Academy of Construction and Architecture, Ukraine
+380974666579
e-mail:odarina08@rambler.ru

STRATEŠKI MENADŽMENT U KORELACIJI S UPRAVLJANJEM RADNOM USPJEŠNOŠĆU I OBLIKOVANJEM POSLOVA

STRATEGIC MANAGEMENT IN CORRELATION WITH JOB EFFICIENCY MANAGEMENT AND WORK DESIGN

Željka Križmarić

Stručni članak

Sažetak: *Strateški menadžment se kao koncept razvio tijekom vremena. Jedan od vidova njegovog razvoja vuče poveznicu sa sve prisutnijim nastojanjima upravljanja radnom uspješnošću zaposlenika, a time i cjelokupnih ljudskih resursa poduzeća. Kao preduvjet radne uspješnosti postavlja se oblikovanje poslova, pri čemu se može upotrijebiti motivacijski, mehanicistički, biološki ili percepcijski pristup, smatrajući da nijedan djelatnik neće dati najbolje od sebe ukoliko posao nije oblikovan po njegovoj mjeri. Upravljanje oblikovanjem poslova, radnom uspješnošću, integrativno povezati odjel ljudskih resursa sa strateškim menadžmentom i primijeniti pravilnu strategiju, izazovi su s kojima se susreće današnji strateški menadžment.*

Ključne riječi: *ljudski resursi, oblikovanje posla, radna uspješnost, strategija, strateški menadžment*

Professional paper

Abstract: *Strategic management is, as a concept developed over time. One of its aspects of development draws the connection with the all the present endeavours to manage work efficiency of the employees and all the human resources of the company. The work efficiency presumes that the good job is designed using the motivational, mechanistic, biological or peceptual approuch, considering that every employee won't do its best if the design of the operations are not according to its qualifications. Managing the job design, work efficiency and the integral connection of the human resources and strategic management along with the right strategy are the challenges confronting the today's strategic management.*

Key words: *human resources, job design, job efficiency, strategy, strategic management*

1. UVOD

Upravljanje radnom uspješnošću moguće je samo ukoliko menadžeri poduzeća odbacuju pretpostavke koje godinama imaju i uče ono što ne znaju. Ponavljanje učenja onoga što se zna, a zaboravilo se spletom poslovnih okolnosti, predstavlja temelj upravljanja radnom uspješnošću i trošak koji si svaki menadžer i poduzeće može priuštiti u 21. stoljeću.

Brze promjene u svim spektrima života prisiljavaju današnjicu da se ne može uspoređivati s proizvodnom ili prodajnom orijentacijom u poslovanju od prije dvadesetak godina. Pravovremeno reagiranje i stavljanje educiranih ljudi u žarište svih informacija, samo je jedan od načina na koji se pomoću strateškog menadžmenta može utjecati na radnu uspješnost.

Suvremeni trendovi upravljanja radnom uspješnošću i oblikovanja poslova nastali su kao rezultat prilagodbe novonastalim uvjetima, baziranim na ljudskim resursima kao najvažnijoj poslovnoj funkciji, na čelu sa strateškim menadžmentom kao anticipatorom promjena.

Strateški menadžment čini set menadžerskih odluka i akcija, kojima se determiniraju dugoročne performanse u

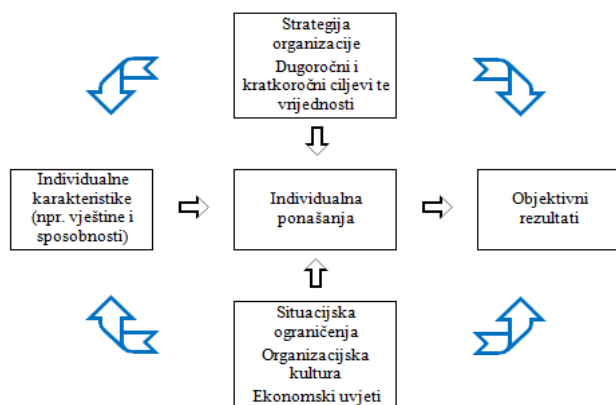
poduzeću, te ukazuje da poslovni stratezi svakoga dana moraju voditi brigu o naizgled nevažnim detaljima.

Ovaj stručni rad nastoji odgovoriti na pitanja kako oblikovati posao da bi se postigla maksimalna radna uspješnost zaposlenika i zadovoljile težnje razine najvišeg menadžmenta: kako se pravilno i jasno fokusirati na daljnju, bolju, poslovnu budućnost.

2. UPRAVLJANJE RADNOM USPJEŠNOŠĆU

Upravljanje radnom uspješnošću definira se kao proces, kojim menadžeri osiguravaju da su aktivnosti i rezultati zaposlenika u skladu sa ciljevima organizacije.

Sustav upravljanja uspješnošću ima tri dijela: definiranje uspješnosti, njeno mjerenje, te davanje povratne informacije o istoj. Prvo, sustav upravljanja uspješnošću specificira koji su aspekti rada relevantni organizaciji, prvenstveno kroz analizu posla. Drugo, mjeri te aspekte procjenom uspješnosti, što je samo jedna od metoda mjerenja postignutih rezultata zaposlenika. Treće, daje zaposlenicima povratnu informaciju kroz sastanke povratnih informacija o uspješnosti, kako bi oni mogli prilagoditi svoj rad ciljevima organizacije.



Slika 1. Model upravljanja uspješnošću u organizacijama [1]

Kao što slika 1. prikazuje, osobine pojedinca, kao što su: vještine, sposobnosti i slično, sirovine su za radnu uspješnost. Primjerice, u prodajnom poslu organizacija želi nekog tko ima dobre međuljudske vještine i znanje o proizvodima. Ove se sirovine transformiraju u objektivne rezultate kroz ponašanje zaposlenika. Zaposlenici mogu pokazati ponašanja samo ako imaju potrebno znanje, vještine i sposobnosti. To znači da zaposlenici s dobrim znanjem o proizvodima i međuljudskim vještinama mogu govoriti o prednostima različitih marki i mogu se ponašati prijateljski te biti voljni pomoći. S druge strane, zaposlenici s malo znanja o proizvodu i sa slabim međuljudskim vještinama ne mogu uspješno pokazati ova ponašanja. Objektivni rezultati su mjerljivi, opipljivi rezultati rada te su posljedica ponašanja zaposlenika ili grupe.

Još jedna važna komponenta organizacijskog modela upravljanja uspješnošću je strategija organizacije. Često se zanemaruje povezanost između upravljanja uspješnošću i strategije organizacije i ciljeva. Većina poduzeća slijedi određenu vrstu strategije radi povećanja prihoda, dobiti i ciljeva tržišnog udjela. Odsjeci, odjeli, radne grupe i pojedinci u poduzeću moraju ujednačiti svoje aktivnosti s tim strategijama i ciljevima. Ako nisu ujednačeni, onda se vjerojatnost postizanja ciljeva smanjuje. Ta se veza u organizaciji uspostavlja prvenstveno specifikacijom onoga što treba postići i koja će ponašanja dovesti do primjene strategije poduzeća. Navedena se veza sve više smatra nužnom, a sustavi planiranja i procjene uspješnosti stječu sve veću popularnost. Oni teže povezivanju službenog procesa procjene uspješnosti sa strategijama poduzeća i to određivanjem, na početku razdoblja procjene, vrsta i razine uspješnosti koje je potrebno postići da bi se strategija izvršila. Na kraju razdoblja se pojedinci i grupe procjenjuju na osnovi toga koliko su se njihovi stvarni rezultati približili planu. U savršenom bi svijetu sustavi upravljanja uspješnošću osigurali da sve aktivnosti podupiru strateške ciljeve organizacije.

Također, model upravljanja uspješnošću u organizacijama navodi da u sustavu upravljanja uspješnošću uvijek djeluju situacijski pritisci. Primjerice, zaposlenik može imati potrebne vještine, a ipak ne pokazati potrebna ponašanja. Ponekad organizacijska kultura obeshrabrjuje zaposlenike da rade stvari koje bi mogle biti učinkovite. Norme radne grupe često diktiraju što rade članovi grupe i rezultate koje proizvode. S druge

strane, neki ljudi jednostavno nisu motivirani za pokazivanje pravog ponašanja. To se često događa ako zaposlenici ne vjeruju da će njihova ponašanja biti nagrađena. Konačno, ljudi mogu pokazati učinkovita ponašanja, a da rezultati ne uslijede. Primjerice, izvanredan prodavač možda nema visoke novčane rezultate, zato jer je gospodarstvo u lošem stanju i ljudi jednostavno ne kupuju.

Tabela 1. Preporuke za oblikovanje učinkovitog sustava upravljanja uspješnošću [1]

1	Nastojte biti precizni pri definiranju i mjerenju uspješnosti.
2	Definirajte uspješnost s težištem na vrijednim ishodima. Koristite ishode koji se mogu definirati, obzirom na relativnu učestalost ponašanja.
3	Uključite kriterije uspješnosti koji sadrže razne načine na koje zaposlenici mogu dodati vrijednost proizvodu ili usluzi.
4	Uključite mjerenja radnih ponašanja koja dodaju vrijednost dalje ili šire od potrebnog za izvršenje posla.
5	Povežite dimenzije uspješnosti sa zadovoljavanjem potreba unutarnjih i vanjskih klijenata.
6	Procijenite i ispravite utjecaj situacijskog ograničenja.
7	Nadgledajte stvarna i zamijećena ograničenja putem intervjua, upitnika i promatranja.

Kao što je vidljivo u preporukama iz tabele 1, zaposlenici moraju imati određene osobine da bi pokazali niz ponašanja i postigli neke rezultate. Bez obzira na posao ili poduzeće, učinkoviti sustavi upravljanja uspješnošću mjere kriterije uspješnosti (primjerice, ponašanje, prodaju) što je moguće točnije.

3. STRATEŠKI MENADŽMENT

Strateški menadžment ljudskih resursa jest uzorak planiranih razvoja i aktivnosti ljudskih potencijala namijenjenih omogućavanju organizaciji da postigne svoje ciljeve, dok se menadžment ljudskih resursa odnosi na politike, prakse i sustave koji utječu na ponašanje zaposlenika, njihove stavove i radnu uspješnost.

Strateški menadžment definira se kao proces koji uključuje određivanje ciljeva, stratešku analizu, strateško odlučivanje, oblikovanje i implementaciju strategije, te kontrolu izvedbe. U stranoj literaturi neki autori sumiraju aktivnosti strateškog menadžmenta u katicu MOST (engl. mission, objectives, strategy, tactics), koja obuhvaća misiju i viziju organizacije te ukazuje na smjer djelovanja, ciljeve koje organizacija želi postići, strategiju u smislu usmjeravanja resursa i kompetencija, te taktiku u smislu planiranih akcija [2].

Nekoliko je temeljnih karakteristika strateškog menadžmenta [3]:

- Strateški menadžment je kontinuiran proces koji neprestano traje u poduzeću.
- Angažman menadžera u procesu strateškog menadžmenta manifestira se u seriji etapa koje započinju analizom okoline, nastavljaju se na postavljanje organizacijskog usmjerenja i formuliranja, implementaciju strategije, sve do kontrole i evaluacije postojeće strategije.

- U procesu strateškog menadžmenta menadžeri donose niz odluka i poduzimaju niz akcija kojima se teži ostvarenju ciljeva poduzeća.
- Kako bi strateški menadžment efektivno djelovao kao instrument ostvarenja ciljeva poduzeća, mora osigurati da se poduzeće organizira tako da može odgovarati zahtjevima promjenjive okoline.
- Proces strateškog menadžmenta je iterativan – započinje prvom etapom, završava zadnjom etapom i tada ponovno počinje prvom etapom.

Strategija, kao okosnica strateškog menadžmenta, nema smisla ako se ne provede implementacija same strategije, odnosno ukoliko se ista ne stavlja u akciju, kroz niz programa, procedura i pravila. U konkretnom slučaju, koji se tiče uspostavljanja radne uspješnosti, strategija uključuje promjene unutar cijelog poduzeća, uz stalog nadzor top menadžmenta.

4. POVEZANOST LJUDSKIH RESURSA I STRATEŠKOG MENADŽMENTA

Proces odlučivanja o ljudskim resursima poduzeća obično se odvija na najvišim razinama, u skupinama za strateško planiranje koje se sastoje od generalnog direktora, financijskog direktora, predsjednika i različitih potpredsjednika. Međutim, svaki dio procesa uključuje pitanja vezana uz ljude. Zbog toga funkcija ljudskih resursa mora biti uključena u svaki od ovih dijelova. Nedavno istraživanje [4] 115 strateških poslovnih jedinica koje pripadaju 500 kompanija s lista časopisa Fortune, pokazalo je da u 49 do 69% poduzeća postoji određena razina povezanosti između upravljanja ljudskim resursima i procesa strateškog planiranja. Međutim, razina povezanosti se razlikuje i bitno ih je razumjeti.

Postoje četiri razine povezanosti funkcije ljudskih resursa i funkcije strateškog menadžmenta [5]: administrativna, jednosmjerna, dvosmjerna i integrativna povezanost.

4.1. Administrativna povezanost

Kod administrativne povezanosti, koja predstavlja najnižu razinu integracije, pažnja funkcije ljudskih resursa je usmjerena na svakodnevne aktivnosti. Menadžer ljudskih resursa nema vremena, ni prilike, da se strateški odnosi prema pitanjima ljudskih resursa. Funkcija strateškog poslovnog planiranja poduzeća postoji bez ikakvih inputa iz odjela ljudskih resursa. Na ovoj razini povezanosti odjel ljudskih resursa je u potpunosti odvojen od bilo kojeg dijela procesa strateškog menadžmenta, kako kod formulacije strategije, tako i kod njene primjene. Odjel se jednostavno bavi administrativnim poslovima.

4.2. Jednosmjerna povezanost

Kod jednosmjerne povezanosti, funkcija strateškog poslovnog planiranja poduzeća razvija strateški plan i nakon toga obavještava funkciju ljudskih resursa o planu. Ova razina povezanosti znači strateško upravljanje

ljudskim resursima, odnosno uloga funkcije ljudskih resursa je da oblikuje sustave i programe koji će provoditi strateški plan. Iako jednosmjerna povezanost prepoznaje važnost ljudskih resursa u provedbi strateškog plana, ona sprečava poduzeće u razmatranju pitanja ljudskih resursa pri formuliranju strateškog plana. Ova razina integracije često ima za posljedicu strateške planove koje poduzeće ne može uspješno provesti.

4.3. Dvosmjerna povezanost

Dvosmjerna povezanost dozvoljava razmatranje pitanja ljudskih resursa tijekom procesa formulacije strategije. Ova se integracija javlja u tri slijedna koraka. Prvo, tim za strateško planiranje obavještava funkciju ljudskih resursa o različitim strategijama koje poduzeće razmatra. Nakon toga menadžeri ljudskih resursa analiziraju utjecaje različitih strategija na ljudske resurse, te predstavljaju rezultate ovih analiza timu za strateško planiranje. Na kraju se, nakon strateškog odlučivanja, strateški plan prenosi menadžeru ljudskih resursa koji razvija programe za njegovu primjenu. Kod dvosmjerne povezanosti, funkcije strateškog planiranja i funkcija ljudskih resursa su međusobne.

4.4. Integrativna povezanost

Integrativna povezanost je dinamična i višedimenzionalna, te je temeljena na neprestanoj, prije nego li na slijednoj interakciji. U većini slučajeva, menadžer ljudskih resursa je sastavni član tima viših menadžera. Funkcija ljudskih resursa je u poduzećima s integrativnom povezanošću sastavni dio formulacije strategije i procesa njene primjene.



Slika 2. Grafički prikaz povezanosti ljudskih resursa i strateškog planiranja [5]

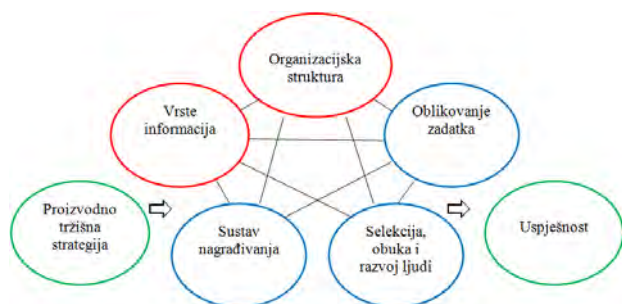
Kao što slika 2 prikazuje, najbolji ishod moguć je u integrativnoj povezanosti.

Kod strateškog upravljanja ljudskim resursima, funkcija ljudskih resursa uključena je u formulaciju strategije, kao i u njenu primjenu. Menadžer ljudskih resursa daje strateškim planerima podatke o sposobnostima ljudskih resursa poduzeća, a te su sposobnosti obično izravna funkcija sustava ljudskih resursa. Ti podaci o sposobnostima ljudskih resursa pomažu vrhovnim menadžerima izabrati najbolju strategiju, obzirom da mogu razmotriti koliko se uspješno svaka od strateških alternativa može primijeniti. Jednom kad se odredi strateško usmjerenje, uloga ljudskih resursa se mijenja prema razvoju i uravnoteženju praksi ljudskih resursa, koje poduzeću osiguravaju zaposlenike s vještinama potrebnim za primjenu strategije. Uz to, prakse ljudskih resursa se oblikuju tako da potaknu djelovanje zaposlenika u poduzeću.

5. PRIMJENA STRATEGIJE NAKON DONOŠENJA IZBORA OD STRANE STRATEŠKOG MENADŽMENTA

Nakon što je poduzeće prošlo proces formulacije strategije i donijelo strateški izbor, ono mora provesti strategiju, odnosno oživotvoriti je u svakodnevnom poslovanju. Strategija koju poduzeće slijedi diktira određene potrebe ljudskih resursa. Da bi poduzeće imalo dobre temelje strategije, određeni zadaci moraju se obaviti prilikom ostvarivanja ciljeva poduzeća, pojedinci moraju posjedovati određene vještine da bi ih izvršili, a ti pojedinci moraju biti motivirani, kako bi djelotvorno iskoristili svoje vještine.

Temeljna značajka primjene strategije je da „organizacija može izabrati između različitih struktura i organizacijskih procesa prilikom primjene strategije i da ovaj izbor ima ekonomske posljedice“ [6]. Pet važnih varijabli određuju uspješnost primjene strategije: organizacijska struktura; oblikovanje zadatka; selekcija, obuka i razvoj ljudi; sustav nagrađivanja; vrste informacija i informacijski sustav.



Slika 3. Grafički prikaz varijabli koje treba razmotriti u primjeni strategije [1]

Kako se vidi na slici 3 menadžment ljudskih resursa primarno odgovara za tri od pet varijabli primjene: zadatak, ljude i sustav nagrađivanja. Osim toga, menadžment ljudskih resursa može izravno utjecati na preostale dvije varijable: strukturu, informaciju i procese odlučivanja.

Prvo, da bi se strategija uspješno primijenila, zadaci moraju biti oblikovani i grupirani u sklopu radnih mjesta na djelotvoran i učinkovit način. Drugo, funkcija ljudskih resursa mora osigurati da organizacija raspolaže ljudima koji imaju potrebno znanje, vještine i sposobnosti za izvršenje svoje uloge u primjeni strategije. Ovaj cilj se ostvaruje prvenstveno kroz zapošljavanje, selekciju i raspored na radna mjesta, trening, razvoj i upravljanje karijerom. Uz to, funkcija ljudskih resursa mora razviti sustave upravljanja uspješnošću i sustave nagrađivanja koji usmjeravaju zaposlenike da rade za strateški plan i podupiru ga.

Drugim riječima, uloga funkcije ljudskih resursa postaje [7]:

- Osiguravanje da poduzeće ima prikladan broj zaposlenih s razinom i vrstama vještina nužnim za ostvarenje strateškog plana.
- Razvijanje sustava kontrole koji osiguravaju takvo ponašanje zaposlenih, koje će unaprijediti ostvarenje ciljeva pobliže opisanih strateškim planom.

6. OBLIKOVANJE POSLA U SVRHU POBOLJŠANJA RADNE USPJEŠNOSTI

Oblikovanje posla predstavlja proces odlučivanja o načinu na koji će se posao izvršavati i koje zadatke određeni posao zahtijeva. Preoblikovanje posla odnosi se na mijenjanje zadataka ili načina izvršavanja već postojećeg posla. Da bi netko oblikovao posao, mora potpuno razumjeti postojeći posao i njegovo mjesto u širem procesu tijeka rada radne jedinice. Kada detaljno poznaje zadatke koji se izvršavaju u radnoj jedinici i na određenom poslu, menadžeru su na raspolaganju mnogi alternativni načini za oblikovanje načina rada, koji na kraju vode do poboljšanja radne uspješnosti svih zaposlenih.

Istraživanja su identificirala četiri osnovna pristupa korištena u raznim disciplinama, koja su se bavila pitanjima oblikovanja posla u svrhu poboljšanja radne uspješnosti. To su: motivacijski, mehanicistički, biološki i percepcijski pristup [8].

6.1. Motivacijski pristup

Motivacijski pristup oblikovanju posla ima svoje korijene u organizacijskoj psihologiji i literaturi o menadžmentu. Usredotočuje se na karakteristike posla koje utječu na psihološko značenje i motivacijski potencijal, te promatra varijable ponašanja poput zadovoljstva, prave motivacije, uključenosti u posao, te varijable ponašanja kao što su prisutnost i radna uspješnost, kao najvažnije rezultate oblikovanja posla. Preporuke motivacijskog pristupa usredotočuju se na povećanje složenosti poslova pomoću intervencija, kao što su proširivanje i obogaćivanje posla te izgradnja posla oko socio-tehničkih sustava.

Intervencije oblikovanja posla u svrhu poboljšanja radne uspješnosti, koje naglašavaju motivacijski pristup, usredotočuju se na povećanje motivacijskog potencijala posla. Većina rada na proširenju i obogaćivanju posla te osamostaljivanju radnih timova, ima svoje korijene u motivacijskom pristupu oblikovanju posla. Iako su mnoga istraživanja ovih intervencija pokazala da one povećavaju zadovoljstvo zaposlenika i kvantitativnu radnu uspješnost, te intervencije ne rezultiraju dosljedno povećanjem kvalitativne uspješnosti.

6.2. Mehanicistički pristup

Mehanicistički pristup nastao je u klasičnom industrijskom inženjerstvu. Njegovo težište je u prepoznavanju najjednostavnijeg načina organizacije rada, kojim se maksimalizira učinkovitost. To najčešće uključuje smanjenje složenosti rada, kako bi se povećala učinkovitost ljudskih potencijala, odnosno takvo pojednostavljivanje posla da svatko može brzo i lako naučiti obavljati ga. Ovaj se pristup usredotočuje na oblikovanje posla prema konceptima specijalizacije zadataka, pojednostavljanja vještina i ponavljanja.

Mehanicistički pristup u današnjem kontekstu smatra da poslove treba oblikovati tako da budu vrlo jednostavni i da nemaju značajnu važnost. Oblikovanjem poslova na taj način organizacija smanjuje potrebe za visoko

kvalificiranim djelatnicima i postaje manje ovisna o pojedinačnim djelatnicima.

6.3. Biološki pristup

Biološki pristup oblikovanju posla dolazi prvenstveno iz biomehanike, odnosno proučavanja pokreta tijela, psihologije rada i medicine rada, a obično se odnosi na ergonomiju. Cilj ovog pristupa je minimalizirati fizički napor djelatnika strukturiranjem fizičkog okruženja rada, prema načinu funkcioniranja ljudskog tijela. Stoga se usredotočuje na pokazatelje poput fizičkog umora, boljki, boli i zdravstvenih smetnji.

Biološki se pristup primjenjuje preoblikovanjem opreme koja se koristi u fizički zahtjevnim poslovima. Takvo preoblikovanje često ima za cilj smanjenje fizičkih zahtjeva određenih poslova, tako da ih svatko može obavljati. Osim toga, mnoge se biološke intervencije usredotočuju na preoblikovanje strojeva i tehnologije, primjerice, prilagodba visine računalne tipkovnice radi minimaliziranja profesionalnih oboljenja. U mnogim je uredskim poslovima vrlo važno dizajniranje stolica i stolova u skladu sa zahtjevima položaja tijela, što je još jedan primjer biološkog pristupa oblikovanju posla.

6.4. Percepcijski pristup

Percepcijski pristup oblikovanju posla nastao je iz literature o ljudskom faktoru te se usredotočuje na ljudske mentalne sposobnosti i ograničenja. Cilj je oblikovati poslove na način koji jamči da ne nadilaze mentalne sposobnosti i ograničenja ljudi. Ovaj pristup uglavnom nastoji poboljšati pouzdanost, sigurnost i reakcije korisnika oblikovanjem poslova na način koji smanjuje zahtjeve posla vezane za obradu informacija. Pri oblikovanju posla, promatraju se sposobnosti najmanje sposobnog djelatnika i onda stvaraju zahtjevi posla, koje osoba takve razine sposobnosti može obavljati. Slično kao mehanicistički pristup, ovaj pristup ima učinak smanjivanja i kognitivnih zahtjeva posla.

Poslovi kao što su kontrolor zračnog prometa, tehničar u rafineriji nafte i inspektor kontrole kvalitete, zahtijevaju obradu velikog broja informacija. Mnogi činovnički poslovi i poslovi na pokretnoj traci, s druge strane, traže obradu vrlo malog broja informacija. Međutim, pri oblikovanju svih poslova u svrhu poboljšanja radne uspješnosti, menadžeri moraju biti svjesni zahtjeva za obradom informacija i osigurati da ti zahtjevi ne nadilaze sposobnosti najmanje sposobne osobe, koja bi potencijalno mogla obavljati taj posao.

7. ZAKLJUČAK

Kompleksnost pojma strateškog menadžmenta vidljiva je iz širokog spektra prema kojem se može odnositi na ljude, proces ili znanstvenu disciplinu. Sfera ljudskih resursa u ovom kontekstu prvenstveno se odnosi na uspostavljanje pozitivne radne uspješnosti, čiji jedan instrumentarij predstavlja oblikovanje poslova.

Upravljanje radnom uspješnošću počinje i završava u ljudima. Ljudi su najvažniji resurs svakog poduzeća te isti stvaraju i rješavaju gotovo sve probleme. Od toga kakvi će se ljudi izabrati i s kakvim ljudima će se raditi, ovisi uspješnost nekog poduzeća i koliko briga, odnosno problema, uspjeha i zadovoljstva, može donijeti zajednički rad.

Plodonosno upravljati radnom uspješnošću znači kontinuirano ulagati u stimulaciju trajne uspješnosti djelatnika, što se ponajprije čini oblikovanjem poslova na zadovoljstvo zaposlenika. Oni su ti koji trebaju određenu dozu individualne slobode i pravilno oblikovan posao, kako bi mogli produktivno i kontinuirano doprinosti ciljevima poduzeća, a time i postizanju radne uspješnosti, kao jednog od ciljeva strateškog menadžmenta.

8. LITERATURA

- [1] Noe, R. A., Hollenback, J. R., Gerhart, B., Wright, P. M.: Management ljudskih potencijala, Mate, Zagreb, 2006.
- [2] <http://poduzetnik.biz/blog/strateski-menadzment-osnovni-pojmovi/> (Dostupno: 08.02.2014.)
- [3] <http://www.pfst.hr/old/data/materijali/Strateski%20menadzment%20%20sazetak%20prva%20tri%20po%20glavlja.pdf> (Dostupno: 08.02.2014.)
- [4] Martell, K., Carroll, S.: How Strategic is HRM?, Human Resource Management 34, (1995) 253–267
- [5] Golden, K. i Ramanujam V.: Between a Dream and a Nightmare: On the Integration of the Human Resource Function and the Strategic Business Planning Process, Human Resource Management 24, (1985) 429–451
- [6] Galbraith J., Kazanjian R.: Strategy Implementation – Structure, Systems and Process, St. Paul, MN, West Publishing, 1986.
- [7] Snell, S.: Control Theory in Strategic Human Resource Management – The Mediating Effect of Administrative Information, Academy of Management Journal 35, (1992) 292–327
- [8] Noe, R. A., Schmitt, N.: The Influence of Trainee Attitudes on Training Effectiveness, Test of a Model, Personnel Psychology 39, (1986) 497–523

Kontakt autora:

Željka Križmarić, univ.bacc.oec.

Diplomski studij "Marketing"

Ekonomski fakultet u Osijeku

E-mail: zkrizmaric@gmail.com

PRIMJENA DIJAGNOSTIČKIH METODA ISPITIVANJA U ODRŽAVANJU NISKONAPONSKIH ASINKRONIH MOTORA

THE APPLICATION OF DIAGNOSTIC TESTING METHODS TO THE MAINTENANCE LOW VOLTAGE INDUCTION MOTORS

Mario Abraham, Veselko Tomljenović

Stručni članak

Sažetak: Pažljivo održavanje svakoga električnog stroja i postrojenja vrlo je važno u očuvanju sigurnosti ljudi i najbolja je zaštita od oštećenja uređaja i zastoja u proizvodnji. Dijagnostička ispitivanja i monitoring električnih strojeva nezaobilazne su aktivnosti u procedurama održavanja svake ozbiljne organizacije. U radu je obrazložena potreba, način i važnost dijagnostičkih ispitivanja, planiranja i provedba proaktivnog održavanja električnih strojeva. Teorijski obrazložena tematika, praktično je primijenjena na konkretnom primjeru ispitivanja i održavanja niskonaponskog asinkronog motora (1,1 kW) u laboratoriju električnih strojeva Veleučilišta u Varaždinu.

Ključne riječi: asinkroni motor, dijagnostika, preventivno održavanje

Professional paper

Abstract: Careful maintenance of each electric machine and plant is very important in preserving of people security and production. Diagnostic tests and monitoring of electrical machines are essential activities in maintenance procedures of every serious organization. In this paper efforts were made to explain the need and importance of diagnostic testing, planning and implementation of proactive maintenance of electrical machines. Theoretically expounded theme is practically applied to a concrete example of testing and maintaining the low-voltage induction motor (1,1 kW) in electrical machinery laboratory at The Polytechnic of Varaždin.

Keywords: induction motor, diagnostics, preventive maintenance

1. UVOD

Električni strojevi su ključni dio svih industrijskih elektromotornih pogona, budući da upravo oni ostvaruju funkcionalnost procesa. Kvar motora može izazvati prekid cijelog proizvodnog procesa i nanijeti veliku štetu, bilo zbog prestanka proizvodnje, bilo kroz oštećenja izazvana kvarom stroja. Implementacija sustava održavanja smanjuje mogućnost nastanka kvara, što uvjetuje uvođenje sustava održavanja u sve pogone, a svrha mu je izbjeći neplanirane zastoje u proizvodnji i produljiti radni vijek stroja. Posebno su pogodni sustavi održavanja koji temelje svoj rad na dijagnostičkim ispitivanjima. Dijagnostička ispitivanja mogu uvelike doprinijeti kvaliteti sustava održavanja jer omogućuju pravovremenu reakciju i planiranje akcija održavanja čim se manifestira početak kvara. U ovom radu fokus je na asinkronim motorima zato što su oni, s obzirom na broj ugrađenih jedinica, danas najzastupljenija vrsta motora u industrijskim pogonima.

2. ODRŽAVANJE

Održavanje je kombinacija svih tehničkih, administrativnih i menadžerskih postupaka tijekom vijeka trajanja nekog elementa s ciljem zadržavanja ili vraćanja elementa u stanje u kojem može izvoditi zahtijevanu funkciju [1]. Ciljevi kojima su aktivnosti održavanja usmjereni zajednički su gotovo svim tehničkim uređajima i sustavima, a to su: sigurnost u radu, veća raspoloživost, veća pouzdanost i reduciranje troškova. S obzirom na djelovanje prema kvaru, tri su osnovne vrste održavanja tehničkih uređaja i sustava: preventivno održavanje, korektivno održavanje i preventivno-korektivno održavanje. Oblik preventivno-korektivnog održavanja ili tzv. održavanja prema stanju, definira niz aktivnosti koje sprečavaju nastanak kvara, a poduzimaju se obzirom na informacije o stanju postrojenja ili njegovih komponenata odnosno na temelju rezultata dijagnostičkih ispitivanja asinkronih strojeva.

2.1. Održavanje asinkronih strojeva

Održavanje asinkronih strojeva obuhvaća pravilno planiranje servisnih zahvata i njihovo pravodobno izvođenje, a poduzimaju se na temelju informacije o stanju pojedinih parametara motora kao što su: struja, napon, temperatura, vibracije, radni otpor namota, kontrola maziva ležajeva i drugo. Promjene tih parametara mogu se registrirati različitim dijagnostičkim metodama koje uključuju: pregled kućišta stroja, nadgledanje ležajeva i sustava za podmazivanje, ispitivanje namota statora i rotora, i dr. Kontrolne metode specifične su za određenu vrstu strojeva, stoga u nizu danas primjenjivih postupaka ranog otkrivanja kvarova, vrlo je važno primijeniti one koje daju potpunu informaciju o stanju stroja. S obzirom na navedeno, u nastavku ovog rada nalaze se opisi i rezultati ukupno sedam dijagnostičkih metoda (DM) karakterističnih za ispitivanje niskonaponskih strojeva.

3. DIJAGNOSTIČKA ISPITIVANJA

Dijagnostika je pravovremeno ili periodičko određivanje stanja nekog stroja s ciljem procjene pouzdanosti daljnjeg pogona i predlaganja načina i obima servisiranja [4]. Integracija dijagnostike u sustav održavanja olakšava planiranje akcija održavanja čime se vrijeme zastoja nastalo zbog izvođenja radnji održavanja smanjuje na minimum. Dijagnostički sustavi mogu biti opremljeni elementima i sklopovima koji u bilo kojem trenutku mogu dati operateru informaciju o tehničkom stanju električnog rotacijskog stroja. Ispitivanja obuhvaćaju kontrolne metode koje se mogu izvesti na motoru kad je on u pogonu, i postupke koji se jedino mogu izvesti na zaustavljenom stroju.

3.1. Ispitne metode

1. **Vizualni pregled (1DM)** - obuhvaća inspekciju svih ljudskom oku dostupnih dijelova i elemenata stroja koji su za tu metodu prethodno demontirani i rastavljeni. Potraga za fizičkim oštećenjima (npr. stanje varova, postojanje napuknuća, dijelovi podložni habanju, hrđa, oštećenja izolacije i ostala oštećenja namota, rotora, ležajeva i statora).
2. **Mjerenje temperature (2DM)** - je uobičajena metoda nadzora stanja električnih strojeva i pogona od pregrijavanja. Ovaj tip ispitivanja može se izvesti na motoru u pogonu (senzori u namotu) i kad je zaustavljen. Granice korištenja električnih strojeva su uvelike određene najvećom temperaturom koju izolacija stroja može izdržati. Metode za mjerenje temperature stroja su: mjerenje omskog otpora namota U-I metodom, mjerenje temperature pomoću ugrađenih temperaturnih senzora (kontaktno lokalno mjerenje temperature), mjerenje temperature pomoću naknadno postavljenih termometara, mjerenje omskog otpora namota metodom superpozicije i beskontaktno mjerenje temperature - IC termografija [3].

3. **Mjerenje rasipnih magnetskih tokova (3DM)** - je metoda koja se temelji na mjerenju i spektralnoj analizi magnetskog polja električnog stroja. Kvar pojedinog dijela motora može izazvati nesimetrije rasipnih magnetskih tokova [7]. Informacija o nesimetriji magnetskog polja se dobiva pomoću mjernih senzora koji su raspoređeni izvana po kućištu.
4. **Ispitivanja rotacijom pri jednofaznom napajanju (4DM)** - zbog izmjenjivanja grijanja i hlađenja rotora može doći do malog pomaka kaveza unutar paketa što dovodi do pucanja štapova. Ovom metodom izvodi se provjera ispravnosti štapova u rotorskom paketu. [5].
5. **Mjerenje otpora namota statora (5DM)** - provjerava se simetričnost namota armature i stroja kao tereta trofaznog simetričnog sustava.
6. **Ispitivanje izolacijskog otpora (6DM)** - odnosi se na utvrđivanje kvalitete izolacije namota asinkronog motora prema zemlji i s obzirom na druga dva namota. Mjeri se U-I metodom istosmjernim naponom. Na izvod faze, kojoj se mjeri izolacijski otpor, priključuje se jedan kraj izvora istosmjernog napona dok se drugi kraj priključuje na masu [8]. Ovim ispitivanjima mogu se otkriti međufazni i međuzavojni kratki spojevi. Ispitivanje se provodi nakon servisa i tijekom redovitog održavanja radi otkrivanja kvarova koji nastaju zbog starenja izolacije.
7. **Mjerenje vibracija (7DM)** - visoke ili rastuće vibracije asinkronog motora ukazuju na promjene stanja stroja. Postoje tzv. električne vibracije - to su vibracije kojima su uzroci električne veličine, pa tako ovise prvenstveno o frekvenciji, indukciji, obliku napona i javljaju se kod nesimetrija magnetskog polja u stroju. Jedan od uzroka nastanka nesimetrija magnetskog polja je nesimetrija u rasporedu struja koja može biti izazvana oštećenjem štapova u rotoru. Mehaničke vibracije se javljaju zbog oštećenja u ležajevima ili zbog nepravilnog spoja motora s teretom i podlogom, pri čemu i mala odstupanja u spoju mogu uzrokovati znatne vibracije. Više o mjerenju vibracija moguće je pronaći u [9].

4. POSTUPAK ISPITIVANJA

4.1. Vizualni pregled:



Slika 1. Fotografija ispitivanog motora

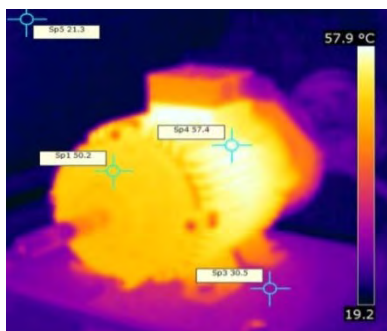
Kontrola se radi najprije izvana na kompletnom montiranom stroju (slika 1.), a zatim se motor rastavi na dijelove i prema već unaprijed definiranom planu (tabela 1.), pregledava se svaki segment stroja zasebno.

Tabela 1. Plan vizualnog pregleda statora i rotora

Stator i rotor	Kontrola/Test	Zadovoljava	Broj napomene
Jezgra statora – paket limova	Popravci, napuknuća, varovi	Da, uz napomenu	1
Statorski trofazni namot	Oštećenja na izolaciji	Da	-
Priključnice statora	Kontakti, izolacija	Da	-
Instrumentacija	Stanje kabela i veza između kabela	Da	-
Rotorski paket	Napuknuća, čistoća	Da	-
Vratilo	Napuknuća, čistoća, hrđa	Da	2
Kratkospojni prsten	Napuknuća, hrđa	Da	-

4.2. Mjerenje zagrijavanja i temperature

Ispitivanja se izvode termovizijskom kamerom [3]. Prednost takvog mjerenja je rano otkrivanje kvarova bez zaustavljanja stroja. Motor u praznom hodu radi dok mu se temperatura izmjerena na kućištu ne ustali na određenoj vrijednosti (slika 2.).

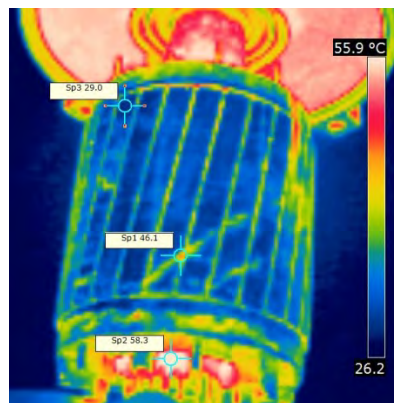


Slika 2. Termoslika motora u pogonu

Vrlo brzo se otvori ležajni štit i izvadi rotorski paket (slika 3.). Važno je da se sve navedene radnje izvedu što brže kako bi se izbjeglo znatnije hlađenje stroja. Termografska slika (slika 4.) daje podatak o izmjerenoj vrijednosti temperature u određenoj točki koji se upisuje u pripadnu tabelu (tabela 2.).



Slika 3. Fotografija rotorskog paketa i kaveza s perima za balans



Slika 4. Termoslika rotorskog paketa i kaveza 1 min nakon zaustavljanja motora

Tabela 2. Rezultati ispitivanja

Objekt mjerenja	ϑ (°C)	ϑ_0 (°C)	ε	l (m)	Napomena
Kavez, mjerna točka 1	46,1	20,5	0,95	2	1
Kavez, mjerna točka 2	29,0	20,5	0,95	2	Zadovoljava
Krajevi štapova rotora	58,3	20,5	0,95	2	Zadovoljava

ϑ – izmjerena temperatura °C

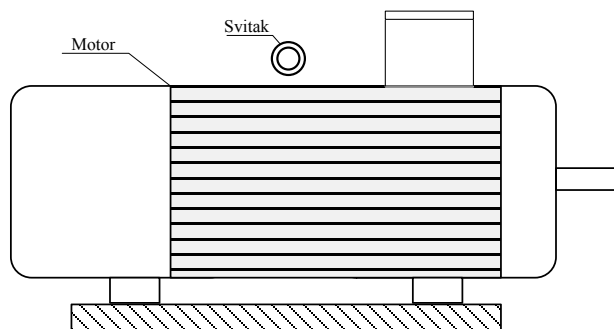
ϑ_0 – temperatura radne okoline

ε – emisivnost

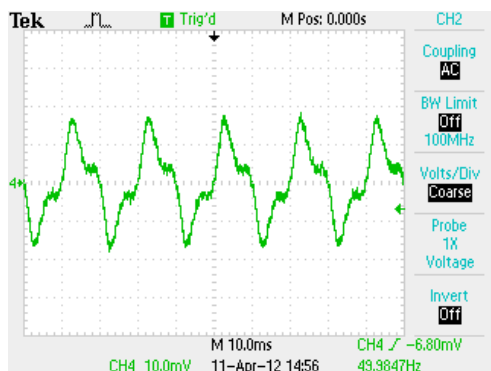
l – udaljenost kamere od ispitivanog objekta

4.3. Ispitivanje rasipnih magnetskih tokova

Mjerenje se izvodi pomoću specijalne valjkaste zavojnice, koja se postavlja neposredno uz motor u položajima koji dobro obuhvaćaju rasipna magnetska polja (slika 5.). Na taj način mjeri se srednja vrijednost promjene gustoće magnetskog toka (slika 6.) pri različitim aksijalnim, radijalnim i tangencijalnim položajima mjernog svitka prema vratilu. Ispitivanjem se provjerava ispravnost kaveza rotora [7].



Slika 5. Položaj svitka na hrptu motora



Slika 6. Snimljeni rasipni magnetski tokovi

4.4. Ispitivanja rotacijom pri jednofaznom napajanju.

Na dva motorska izvoda priključi se jednofazni napon iznosa $\approx 25\%$ nazivnog napona motora. Zatim se rotor stroja zakreće rukom i pri tome se pomoću strujnih kliješta promatra vrijednost struje koja se zatvara kroz opisani strujni krug. U trenutku kada slomljeni rotorski štap dođe u položaj ispod napajanog para polova, pojavit će se zamjetno veće odstupanje struje naspram ostalih izmjerenih u jednom punom zakretu (titranje struje). Ukupno je izvedeno sedam mjerenja za sedam različitih položaja osovine (tabela 3.).

Tabela 3. Izmjereni rezultati

U, V	$r, ^\circ$	I_s, A
90	0	2,386
90	30	2,374
90	60	2,372
90	90	2,368
90	120	2,365
90	150	2,378
90	360	2,385

4.5. Mjerenje otpora namota statora

Izvodi se mjerenjem otpora za svaku fazu zasebno. Na krajeve istog statorskog svitka spaja se precizni termometar kojim se najprije mjeri temperatura namota a zatim i ohmmetar koji mjeri vrijednost otpora. U pokusu je izvedeno mjerenje otpora namota pri 20°C , stoga se izmjereni rezultati dodatno preračunavaju na pogonski toplo stanje (75°C).

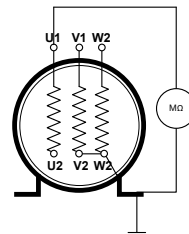
Tabela 4. Rezultati mjerenja

Oznaka namota	$\vartheta_0, ^\circ\text{C}$	$\vartheta, ^\circ\text{C}$	R_{ϑ_0}, Ω	R_{ϑ}, Ω
U1 – U2	20	75	7,95	9,67
W1 – W2	20	75	8,15	9,90
V1 – V2	20	75	8,05	9,74

Iz navedenih rezultata dobivenih pri temperaturi 20°C nema većih odstupanja u vrijednostima otpora što dokazuje simetričnost namota armature (tabela 4.).

4.6. Ispitivanje otpora izolacije namota statora

Ispitivanje se provodi pomoću mjerača izolacije (induktor), istosmjernim naponom (500 V) između namota i uzemljenja motora, po shemi kako je navedeno u shematskom prikazu (slika 7.). Rezultati kontrolnog ispitivanja izolacije za svaku fazu namota prema zemlji i ostalim namotima dani su u tabeli niže (tabela 5.).



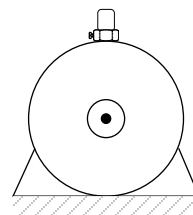
Slika 7. Mjerenje izolacijskog otpora za svaku fazu namota prema zemlji i ostalim namotima

Tabela 5. Rezultati ispitivanja

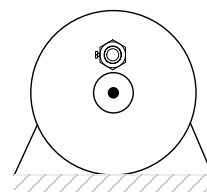
Oznaka stezaljki	Otpor izolacije, MΩ	Ispitni napon, V
U1 – W2, V2, PE	> 1000	515
V1 – V2, U2, PE	> 1000	515
W1 – U2, W2, PE	> 1000	515

4.7. Mjerenje vibracija

Razine vibracija su obzirom na njihove srednje vrijednosti podijeljene u nekoliko razreda ili klasa koje daju informaciju o njihovom djelovanju na rotacijski stroj (A-dobro; B-zadovoljavajuće; C-dopustivo i D-nedopustivo djelovanje). Njihove međusobne granice, osim vrijednosti samih, definirane su i s obzirom na veličinu i tip motora, a sadržane su u normativnim dokumentima [6]. Mjerenja se izvode na prednjem i stražnjem ležajnom štitu motora piezoelektričkim pretvornikom u radialnom (slika 8.) i aksijalnom (Slika 9) položaju s obzirom na osovinu asinkronog motora, a rezultati upisuju u pripadne tabele (tabela 6.).



Slika 8. Mjerenje vibracija piezoelektričkim pretvornikom u radialnom položaju

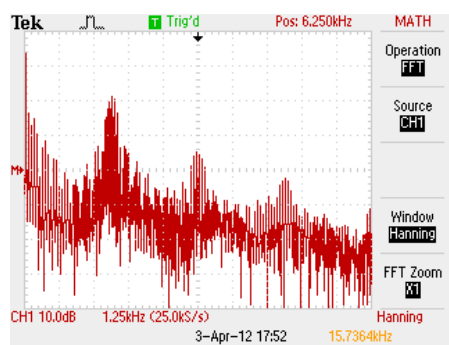


Slika 9. Mjerenje vibracija piezoelektričkim pretvornikom u aksijalnom položaju

Tabela 6. Izmjerene vrijednosti jačine vibracija na navedenim mjernim mjestima

Točka mjerenja	Srednja vrijednost vibracija v_{ef} , mm/s	Brzina vrtnje, min^{-1}
Radijalno na prednji ležajni štit	0,89	1482
Aksijalno na prednji ležajni štit	0,91	1483
Radijalno na stražnji ležajni štit	1,19	1483
Aksijalno na stražnji ležajni štit	1,74	1482

Vibracijski signal iz piezoelektričnog pretvornika može se iskoristiti i za analitičko višefunkcijsko (FFT) mjerenje vibracija [3]. Prepoznavanjem harmonika rotacijskih dijelova motora mogu se otkriti različite greške u sustavima: asimetrije, ekscentričnosti, greške u ležajevima, neravnnoteže i sl. Pojava harmonika na frekvenciji jednako dvostrukoj brzini vrtnje (2xRPM) ukazuje na nepravilnosti vezane uz ležaj (slika 10.).

**Slika 10.** Frekvencijski spektar vibracijskog signala radijalno na stražnji ležajni štit

8. REZULTATI I ANALIZA ISPITIVANJA

Vizualnim pregledom ustanovljena su mehanička oštećenja na rotorskom paketu limova (tabela 1 – napomena 1) koja u daljnjem radu mogu dovesti do većih nesimetrija u magnetskim tokovima i povećanog zagrijavanja stroja. Osovina rotora prekrivena je mazivom, vjerojatno iz samopodmazivajućeg ležaja, što indicira njegovu neispravnost (tabela 1 – napomena 2).

Povećano zagrijavanje izmjereno je na oštećenim mjestima rotorskog paketa koja su već ranije uočena vizualnim pregledom. Klasa izolacije (F) dopušta navedeno zagrijavanje, a kako opisana mehanička oštećenja nisu kritična i ne izazivaju poremećaj drugih karakteristika motora (vibracije, magnetski tokovi), zasada nije potrebno intervenirati s time u svezi.

Magnetsko polje stroja vrlo je kompleksno jer se sastoji od polja osnovne frekvencije na koje su superponirana polja viših i nižih frekvencija. Da bi se to moglo izmjeriti, potrebno je istodobno koristiti specifične mjerne svitke. S obzirom na referentne podatke i izvedena ispitivanja rasipnih magnetskih tokova [3] može se ustanoviti da ne postoji nesimetrija magnetskih tokova izazvana kvarom na rotorskom kavezu.

Ispitivanje rotacijom pri jednofaznom napajanju provodi se radi kontrole stanja štapova u rotorskom

paketu. Ako vrijednost struje na ampermetru varira za više od 5% od prosječne vrijednosti, to je indikator prekinutog štapa rotora. Prema rezultatima ispitivanja (tabela 3.) taj podatak iznosi najviše 1%, što dokazuje da su štapovi rotorskog kaveza – ispravni.

Analizom izmjerenih vrijednosti otpora statorskog namota pri temperaturi namota 20°C, (tabela 4.) nisu ustanovljena veća odstupanja u rezultatima za sva tri namota, što dokazuje simetričnost namota armature i stroja kao trofaznog opterećenja.

Prema rezultatima kontrole (tabela 5.), stanje izolacije zadovoljava propisane norme i kriterije prihvatljivosti. Za niskonaponske strojeve vrijednost otpora izolacije mora biti veća od 1 kΩ/V pogonskog napona. U praksi se stroj sa izolacijskim otporom manjim od 1 MΩ smatra neprihvatljivim za pogonski rad.

Ako se izmjerene brzine vibracija usporede s referentnim vrijednostima iz normativnog dokumenta, one na prednjem ležajnom štitu se mogu okvalificirati kao zadovoljavajuće, jer se podudaraju s vrijednostima iz B razreda. Povećane vibracije izmjerene su na stražnjem ležajnom štitu (tabela 6.). Vrijednosti su im još u B razredu, no vrlo blizu granice s C razredom (dopustivo).

Ispitivanja su pokazala da je neophodno zamijeniti kotrljajući ležaj u stražnjem ležajnom štitu. Na to upućuju mjerenja vibracija i temperature te vizualni pregled unutrašnjosti motora. Ostali dijelovi motora su ispravni, što su potvrdile i ostale mjerne metode.

9. PROGRAM ODRŽAVANJA

Program održavanja električnih strojeva sadrži popis, raspored i intervale svih preventivnih ispitivanja i kontrolno-servisnih aktivnosti. Preventivna ispitivanja se izvode kroz čitav radni vijek stroja a mogu se organizirati i izvoditi u četiri razine (faze) održavanja (R1, R2, R3, i R4). Međusobno se razlikuju po vrsti, vremenskom trajanju i veličini predviđenih zahvata. Intervali po kojima se one međusobno smjenjuju (tabela 7.) definirani su s obzirom na potrebno razdoblje između dvije preventivne aktivnosti, a mogu se mjeriti vremenski (u danima, mjesecima, godinama) ili u efektivnim radnim satima stroja (Eq. h).

Tabela 7. Intervali preventivnih aktivnosti

Razine održavanja	Ekvivalent satova rada (Eq.h)	Vremenski interval
R1	4000/12000/ 20000/28000	Svakih 6 mjeseci
R2	8000/16000	Svake godine
R3	24000	Svakih 3-5 godina
R4	80000	Remont

Razina 1 ili R1 održavanje se sastoji od vizualnih kontrola i manjih popravaka. Na temelju tog pregleda donose se određene preporuke o tome koji bi se radovi na održavanju trebali napraviti u nekoj od sljedećih faza održavanja. Razina 2 ili R2 održavanje obuhvaća kontrole, testove i manje zahvate na strojevima. Svrha joj

je provjeriti stanje stroja i napraviti manje popravke kako bi se osigurao daljnji nesmetan rad. Razina 3 ili R3 održavanje se sastoji od detaljnijih kontrola i popravaka koji su već za tu razinu određeni tijekom prethodnih faza održavanja, (npr. zamijeniti dijelove podložne habanju). Razina 4 ili R4 održavanje predstavlja remont rotacijskog stroja. Sastoji se od najopširnijih kontrola i zahtjevnih servisno-korektivnih akcija kojima je za cilj vratiti stroj u normalno, sigurno i funkcionalno radno stanje [3]. U donjoj tabeli (tabela 8.) su sadržane kontrolne aktivnosti u opisane poglavlju (3.1.), raspoređene prema fazama održavanja.

Tabela 8. Program dijagnostičkih metoda ispitivanja statora i rotora niskonaponskog asinkronog motora

Objekt održavanja	R1	R2	R3	R4
Feromagnetski paket limova statora	1DM	1DM	1DM	1DM 2DM 3DM
Izolacija na namotima statora	1DM	1DM	1DM 6DM	1DM 6DM 7DM
Namot statora preko izvoda	1DM	1DM	1DM	1DM 5DM
Držači namota statora	1DM	1DM	1DM	1DM
Utorski klinovi statora	1DM	1DM	1DM	1DM
Priključnice statora	1DM	1DM	1DM	1DM
Feromagnetski paket rotora	1DM	1DM	1DM 2DM 3DM	1DM 2DM 7DM
Spojevi kaveznih prstenova i štapova	1DM	1DM	1DM 2DM	1DM 2DM
Uravnoteženost vratila	1DM	1DM	1DM	1DM 7DM
Štapovi kaveza	1DM	1DM	1DM 3DM	1DM 3DM 4DM

10. ZAKLJUČAK

Dijagnostička ispitivanja su učinkovita metoda za utvrđivanje stvarnog stanja stroja, što je potvrđeno mjerenjima na asinkronom stroju prikazanim u članku. Na temelju dijagnostičkih ispitivanja donosi se plan održavanja koji uzima u obzir zatečeno stanje stroja. Plan, odnosno program održavanja donesen za ovaj stroj ima cilj uspostaviti rutine održavanja koje će jamčiti dugotrajan i pouzdan rad motora.

11. LITERATURA

- [1] Hrvatski normativni dokument HRN EN 13306:2011, Hrvatski zavod za norme, 2011
- [2] Wolf, R.: Ispitivanje električnih strojeva III dio; Elektrotehnički fakultet Zagreb, 1964
- [3] Abraham, M.: Utvrđivanje stanja električnog rotacijskog stroja nakon razdoblja korištenja i prijedlog plana i programa budućeg održavanja, diplomski rad, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb, 2012.
- [4] Ban, D. i suradnici: Tehničke preporuke za redovito održavanje elektrostrojarske opreme u termoelektranama HEP-a, Knjiga 1: Opći dio, FER, Zagreb, 1999.
- [5] Miletić, A.: Dijagnostičke metode i kriteriji za ocjenu elektromehaničkog stanja asinkronog stroja, magistarski rad, FER, Zagreb, 2002.
- [6] ISO 10816-1:1995: Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts - Part 1: General guidelines, ISO, Ženeva, Švicarska, 1995.
- [7] Srb, N.: Magnetski monitoring električnih rotacijskih strojeva; Graphis Zagreb 2007.
- [8] Čorak, T.: Sustav automatiziranog ispitivanja asinkronog stroja u tvornici; Magistarski rad: Fakultet elektrotehnike i računarstva; Zagreb 2001
- [9] Tavner, P.; Ran, L.; Penman, J.; Sedding, H.: Condition Monitoring of Rotating Electrical Machines; Institution of Engineering and Technology, London, United Kingdom; 2008

Kontakt autora:

Mario Abraham, struč. spec. ing. el.
Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3
42000 Varaždin
mario.abraham@unin.hr

Mr.sc. Veselko Tomljenović, v. pred.
Tehničko veleučilište u Zagrebu
Elektrotehnički odjel
Konavoska 2
10000 Zagreb
vtomljenovic@tvz.hr,

UTJECAJ GEOMETRIJE REZNE OŠTRICE NA VIJEK TRAJANJA SVRDLA

INFLUENCE OF GEOMETRY OF CUTTING EDGE TO DRILL LIFE

Ivan Trupković, Zlatko Botak

Stručni članak

Sažetak: Geometrija rezne oštrice spiralnog svrdla može biti različitog oblika, a pri obradi odvajanjem čestica može imati odlučujući utjecaj na uspješnost obrade. Karakteristike materijala iz kojih se najčešće izrađuju svrdla i postupak njihove izrade utječu na njihovu produktivnost i ekonomičnost. U eksperimentalnom dijelu rada prikazani su rezultati obrade za nekoliko svrdla, izrađenih iz odgovarajućih materijala i različitih oblika čelone oštrice.

Ključne riječi: bušenje, geometrija oštrice, izrada svrdla, materijal alata

Professional paper

Abstract: Helical drill can have several different cutting edge geometries, which can have a decisive influence on the success of treatment in machining. The characteristics of the drill materials are mentioned, and the process of making drills is described. In the experimental part of the paper the results of treatment for a number of drills, made of suitable materials and various forms of frontal blade, are presented.

Key words: drilling, drill geometry, drill manufacturing, tool material

1. UVOD

Rezni alati su sredstva za rad koja dolaze u direktni dodir s materijalom, oblikuju ga i utječu na njegov završni izgled obradom odvajanjem čestica ili deformiranjem.

Rezni alati mogu biti:

- Alati za sječenje koji u izravnom dodiru razdvajaju materijal pomoću oštrice u obliku klina, bez odvajanja čestica (noževi na škarama, žigovi i matrice štanci);
- Alati za odvajanje koji u izravnom dodiru režu materijal odvajanjem čestica pomoću oštrice u obliku klina (tokarski nož, glodalo, svrdlo);
- Alati za odnošenje bez izravnog dodira materijala i rezne oštrice, koji obrađuju materijal odnošenjem čestica korištenjem energije (elektroda za obradu elektroerozijom).

Oštrica reznog alata za vrijeme obrade razara međusobnu povezanost čestica materijala, prilikom čega je izložena mehaničkom, toplinskom i kemijskom djelovanju, odnosno trošenju. Postojanost i vijek trajanja oštrice ovise o materijalu alata i obratka, režimima rada, a najviše o brzini rezanja. Alat se sastoji od reznog dijela koji omogućava proces obrade (klin) i držala cilindričnog ili konusnog oblika, koje služi za stezanje na alatni stroj te prijenos vrtnje i sila rezanja.

2. SVRDLA

Svrdla su alati koji se upotrebljavaju za bušenje i proširivanje otvora i provrta, a dijele se na spiralna, ravna, s pločicama od tvrdog metala, zabušivače, specijalne izvedbe, te noževe i motke za bušenje.

Spiralna ili navojna svrdla izrađena su iz okruglog čelika, sa žljebovima jednolikog uspona urezanim u tijelu valjka. Na vrhu svrdla nalazi se šiljak s izbrušenim plohama, koje zajedno sa čelnim plohama žlijeba tvore glavne rezne oštrice. Osnovne osobine radnog dijela spiralnog svrdla su konusni radni vrh i dva spiralna žlijeba za odvod čestica i dovod tekućine za hlađenje. Tijelo radnog dijela svrdla izvodi se konusno od vrha prema držalu u omjeru 1:1000, odnosno 0,1 mm na svakih 100 mm duljine oštrice. Time se smanjuje trenje dijela alata koji ne reže i materijala te sprečava zaribavanje alata u materijalu. Jezgra alata povećava se prema dršci, odnosno produljuje se poprečna oštrica zbog povećanja čvrstoće alata. Držalo svrdla može biti cilindričnog ili konusnog oblika.

Svrdla s pločicama od tvrdog metala upotrebljavaju se za obradu materijala koji ne zahtijevaju veliki kut uspona spirale. Najviše se koriste u slučajevima kad se alat iz brzoreznog čelika mnogo troši ili potpuno zataji. Kroz vrh oštrice običnog spiralnog svrdla izgleda se utor za ugradnju pločice iz tvrdog metala, koja se nakon namještanja tvrdo zalemi.

Ravna ili plosnata svrdla koriste se za bušenje provrta manjih od 1 mm, ili velikih provrta za koje ne postoje spiralna svrdla dovoljne veličine. Najčešće se izrađuju kovanjem iz brzoreznih čelika. Rezne oštrice

izbrušene su pod određenim kutom, a moguć je rad u oba smjera. Upotrebljavaju se za obradu plitkih rupa i krhkih materijala (lijevanog željeza, bronce, mjedi), a neki modeli mogu imati i žljebove za lomljenje strugotine.

Zabušivačima se izrađuju središnji uvrta za centralno podupiranje dugačkih vretena, osovina i vratila. Imaju šiljak na oba kraja i režu po čitavoj dužini bočne površine. Zabušivači sa središnjim kutom 60° upotrebljavaju se za obratke masa do 100 kg i manje sile rezanja, a oni sa središnjim kutom 90° za obratke masa većih od 100 kg.

U specijalne izvedbe svrdla spadaju spiralna svrdla s dovođenjem ulja, produžena spiralna svrdla, svrdla za duboke provrte, šuplja svrdla i svrdla za završnu obradu [1].

Bušenje je operacija koja se izvodi kružnim i translatorskim gibanjem svrdla, gdje alat vrtnjom pod pritiskom prodire u materijal i reže ga uz stvaranje krupnije ili sitnije strugotine. Pri bušenju većih provrta potrebno je provesti predbušenje, kako bi se smanjila aksijalna sila bušenja. Promjer predbušenog provrta približno je jednak polovini nazivnog promjera, tj. prilikom bušenja provrta 30 mm potrebno je predbušiti svrdlom promjera 15 mm. Provrt izbušen svrdlom često nema zadovoljavajuću geometrijsku točnost i kvalitetu površine (N12-N8), a to se može poboljšati naknadnom obradom razvrtavanjem.

2.1. Materijali za izradu svrdla

Ovisno o namjeni, tj. materijalu obrade, bira se i materijal iz kojeg se izrađuje svrdlo.

Ugljični alatni čelici podnose male brzine rezanja, a oštrica može izdržati temperaturu do 250°C . Rijetko se koriste za rezne alate u strojnoj obradi.

Niskolegirani alatni čelici sadrže do 1,2 % ugljika i do 10 % legirajućih elemenata, kao što su Cr, Mn i drugi. Oštrica može izdržati temperaturu do 350°C . Koriste se uglavnom za ručne rezne alate i djelomično za svrdla [2].

Brzorezni čelik, HS ili HSS (engl. High Speed Steel) vrsta je alatnog čelika predviđenog za rad u uvjetima povišene i visoke temperature rezne oštrice, tj. za rezanje velikim brzinama. Najčešće su brzorezni čelici tokom rada izloženi lokalnom zagrijavanju do $\approx 600^\circ\text{C}$ (ponekad i 1000°C), trošenju, te udarnom djelovanju obratka na alat. Kemijski sastav ove skupine čelika karakterizira povišeni udio ugljika (0,7-1,3%) i legiranje jakim tvorcima karbida poput kroma, volframa, vanadija i molibdena. Povišeni udio ugljika utječe na stvaranje karbida, koji su postojani i pri povišenim temperaturama.

Sinterirani karbidi se u današnje vrijeme najviše koriste za proizvodnju reznih alata. Isporučuju se kao pločice u obliku trokuta, kvadrata, pravokutnika i drugih geometrijskih oblika, s formiranom oštricom i reznim kutovima. Na držače se pričvršćuju tvrdim lemljenjem ili mehaničkim putem. Pločica pričvršćena lemljenjem može izdržati temperaturu do 900°C , a nakon zatupljenja oštri se brusnim pločama iz silicijeva karbida. Pločice pričvršćene mehanički izdrže radnu temperaturu do 1100°C . Nakon zatupljenja obično se ne bruse, već samo zaokreću tako da sljedeća oštrica dođe u radni položaj. Sinterirani karbidi ne podnose udarce, veliki presjek

strugotine i male brzine rezanja. Zbog velikih brzina rezanja, učinak rezanja im je razmjerno velik, a kvaliteta obrađene površine dobra [2].

Sinterirane tvrde kovine razvijene su u Njemačkoj (Krupp, 1926.) pod nazivom Widia (njem. wie Diamant; kao dijamant) i znatno su utjecale na razvoj tehnika obrade. Sastoje se od metalnih karbida kao nosioca tvrdoće (WC, TiC i TaC, pa i NbC) te Co, a i Ni i/ili Mo kao veziva. Proizvodnja tvrdih metala sastoji se od prešanja (tlačenja) prašaka karbida i veziva te sinteriranja (toplinske obrade), za što se upotrebljavaju preše i alati za sabijanje praha. Alati su konstruirani prema željenom obliku tvrdog metala, a nakon sinteriranja izvodi se brušenje dijamantnim brusevima [3]. Tvrdoća im doseže vrijednosti 1300 do 1800 HV , a pri temperaturi od 1000°C smanji se samo za 10%. Sinterirane tvrde kovine s TiC su i pri 700°C tvrde od brzoreznog čelika pri sobnoj temperaturi.

Rezna keramika se kao alat za obradu primjenjuje u novije vrijeme. Izrađuje se u obliku pločica, slično kao i sinterirani karbidi, a na držač se pričvršćuje samo mehanički. Oštrica može izdržati radnu temperaturu do 1250°C , ima veliku tvrdoću, a nakon zatupljenja svih oštrica pločica se baca. Pločice su osjetljive na promjenu temperature, udarce i vibracije, a podnose velike brzine rezanja ($300 - 400\text{ m/min}$) [2].

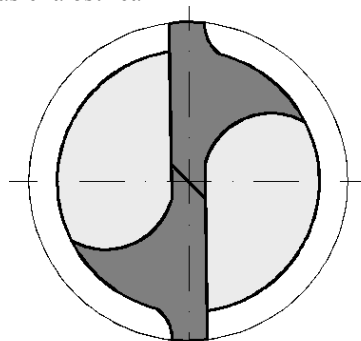
Dijamant je čisti ugljik s kubičnom kristalnom rešetkom. Najtvrdi je rezni materijal i najotporniji prema trošenju. Nedostaci su mu osjetljivost na udarce i niska tlačna čvrstoća. Postojan je samo do temperature 600°C , a iznad 800°C izgara. U upotrebi su prirodni monokristalni dijamant (za finu obradu), te prirodni i umjetni polikristalni dijamant (PCD). Dijamantni alati pogodni su za obradu aluminija, aluminijevih slitina, titana, bakra i bakrenih slitina, zlata, srebra, umjetnih materijala, tvrde gume, grafita, keramike, stakla, kamena i azbesta [4].

2.2. Geometrija oštrice svrdla

Dužina rezne oštrice alata i ukupna dužina alata ovise o standardu prema kojem je izrađen. Kod standardne izvedbe je radna dužina svrdla najčešće $3xd$, $4xd$, $5xd$, $8xd$ ili $12xd$ (d – promjer svrdla). Kod specijanih izvedbi je radna dužina najčešće: dubina bušenja + 4 mm.

Geometrija alata prilagođava se materijalu koji se obrađuje, a vrh rezne oštrice može poprimiti nekoliko različitih oblika.

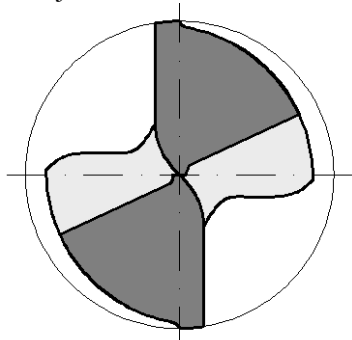
- Klasična oštrica



Slika 1. Klasična oštrica svrdla

Oštrica ovog tipa uglavnom se koristi kod svrdla malih promjera (do 1,5 mm), za mekane čelike, aluminij i njegove legure, drvo i plastiku. Nije postojana na trošenje.

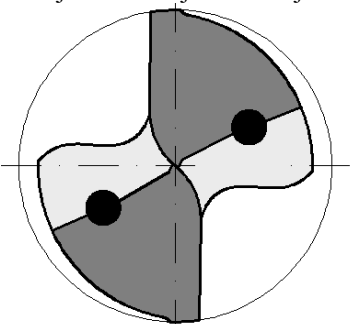
- S korekcija



Slika 2. S korekcija čeone oštrice svrdla

Čeona oštrica ima mali radijus, a pogodna je za obradu ugljičnog čelika, sivog lijeva, lijevanog željeza i legiranog čelika čvrstoće do 1000 N/mm². Kvaliteta obrade provrta je visoka. Konus (pomlađivanje) je 0,2/100 mm. Brzina rezanja $v_c = 60-100$ m/min bez hlađenja i 70-120 m/min s hlađenjem, posmak $f \approx 0,025 \times d$, mm/okr.

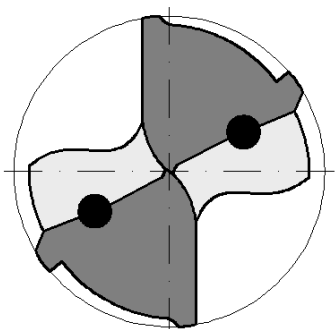
- S korekcija s unutarnjim hlađenjem



Slika 3. S korekcija s unutarnjim hlađenjem čeone oštrice svrdla

Kod S korekcije se čeona oštrica svrdla hladi kroz alat, tj. unutarnjim hlađenjem. Koristi se za obradu ugljičnog čelika, sivog lijeva, lijevanog željeza i legiranog čelika čvrstoće do 1000 N/mm². Kvaliteta obrade provrta je visoka. Brzina rezanja $v_c = 60-100$ m/min bez hlađenja i 70-120 m/min s hlađenjem, posmak $f \approx 0,025 \times d$, mm/okr.

- S korekcija s dvostrukim vođenjem



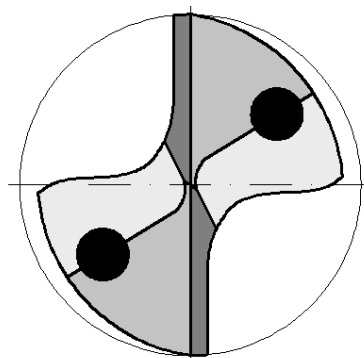
Slika 4. S korekcija čeone oštrice svrdla s dvostrukim vođenjem

Koristi se prilikom obrade ugljičnog čelika, sivog lijeva, lijevanog željeza i legiranog čelika čvrstoće do 1000 N/mm², te za povećane zahtjeve glede kvalitete obrađene površine (ravnost, tolerancija). U dobrim uvjetima postiže kvalitetu obrađene površine N8, dok je u vrlo dobrim uvjetima moguće postići N7. Brzina rezanja $v_c = 60-100$ m/min bez hlađenja i 70-120 m/min s hlađenjem, posmak $f \approx 0,025 \times d$, mm/okr.

- S korekcija s lomačem strugotine

Geometrija svrdla potpuno je ista kao i kod obične „S korekcije“, samo što je kod ovog svrdla fazeta čeone oštrice prerezana na nekoliko mjesta kako bi se strugotina lomila. Takav oblik čeone oštrice koristi se kod žilavih materijala.

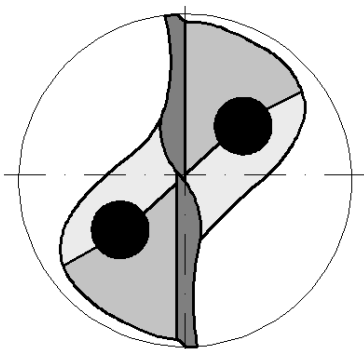
- Oštrica s dvije čeone fazete



Slika 5. Čeona oštrica svrdla s dvije čeone fazete

Koristi se za obradu nehrđajućeg čelika, sivog lijeva, legiranih čelika čvrstoće preko 1000 N/mm², legura titana i legura nikla. Čeona oštrica ima dva kuta, što povećava vijek trajanja alata, a izvedena je s velikim radijusom. Brzina rezanja $v_c = 20-50$ m/min bez hlađenja i 25-60 m/min s hlađenjem, posmak $f \approx 0,0080-0,02 \times d$, mm/okr (ovisno o čvrstoći materijala koji se obrađuje).

- S korekcija za obradu lakih metala



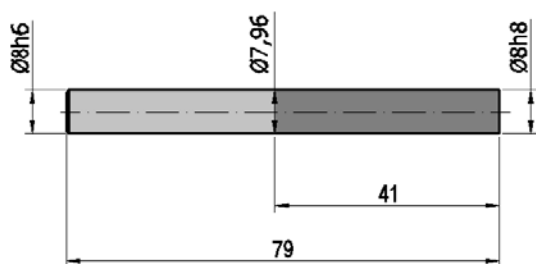
Slika 6. S korekcija čeone oštrice svrdla za obradu lakih metala

Koristi se za obradu lakih metala (aluminij, magnezij i njihove legure). Prednost joj je velika točnost provrta (ravnost i tolerancija) kao i visoka kvaliteta obrade. Oštrica je slična čeonoj oštrici s dvije fazete, ali je radijus povećan. Brzina rezanja $v_c = 150-350$ m/min, a posmak $f \approx 0,03-0,06 \times d$, mm/okr (ovisno o čvrstoći materijala koji se obrađuje).

3. IZRADA SVRDLA

Za materijal svrdla upotrijebljena je šipka $\phi 8h6$ iz tvrdog metala P01, pogodnog za bušenje velikim brzinama rezanja. Radni dio svrdla je izrađen prema standardu DIN 6537, a stezni dio prema DIN 6535 HA. Dužina radnog dijela za svrdlo promjera $\phi 8$ mm iznosi 41 mm, ukupna dužina 79 mm, a max. dubina bušenja je 36 mm. Rezni dio izrađuje se u toleranciji h8, a cilindrična drška u toleranciji h6.

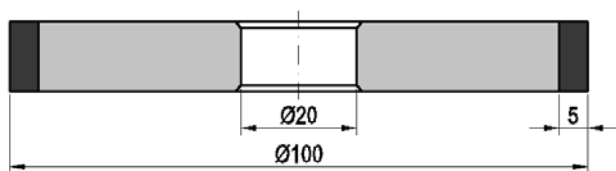
Pošto je polazni materijal već brušen na toleranciju h6, nije potrebno obrađivati dršku. Brusi se samo konus radnog dijela 1:1000, što na dužini od 41 mm iznosi 0,041 mm.



Slika 7. Brušenja konusa na radnom djelu svrdla

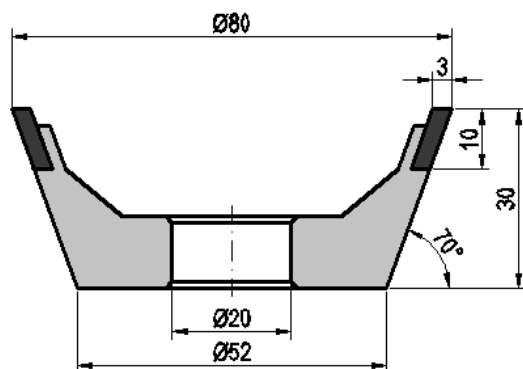
Nakon brušenja konusa radnog dijela na kružnoj brusilici, slijedi završno brušenje reznih oštrica svrdla na CNC alatnoj brusilici. Dijamantnim brusevima izrađuju se spiralni utori, natražna faza i čeone oštrice svrdla. Hlađenje obradka i dijamantnog brusa vrši se uljem, radi dobivanja što bolje kvalitete obrađene površine.

Za brušenje su dovoljna dva tipa dijamantnih bruseva. Brus oznake 1A1 (slika 8) služi za brušenje spiralnih utora, brušenje natražne faze te za urezivanje čela ili brušenje zašiljka.



Slika 8. Brusna ploča 1A1

Za izradu čeone oštrice koristi se brus oznake 11V9 (slika 9).



Slika 9. Brusna ploča 11V9

4. TESTIRANJE SVRDLA

Za potrebe testiranja izrađeno je pet svrdla promjera 8 mm. Šesto svrdlo je standardno svrdlo izrađeno iz brzoreznog čelika (HSS - High Speed Steel). HSS svrdlo koristi se samo za usporedbu kvalitete bušenja i kvalitete obrade. Svrdla iz tvrdog metala imaju 3 različite geometrije rezne oštrice, a označena su nazivima „Uzorak 1“ do „Uzorak 5“ (tabela 1).

Tabela 1. Svrdla za ispitivanje

Naziv	Geometrija oštrice	Metalna prevlaka
Uzorak HSS	klasična	nema
Uzorak 1	S korekcija	nema
Uzorak 2	S korekcija s 2 fazete	nema
Uzorak 3	S korekcija s 2 fazete	TiN
Uzorak 4	S korekcija s 2 fazete	TiAlN
Uzorak 5	S korekcija s 2 fazete i dvostrukim vođenjem	nema

Svrdla su testirana na klasičnoj alatnoj glodalici Prvomajska ALG 100, na materijalu oznake Ck 45 (Č1531). Izabran je broj okretaja svrdla 1020 min^{-1} i posmak $f=0,15 \text{ mm/okr}$. Bušenje je izvršeno uz hlađenje emulzijom Fuchs ecocool 5000. To je djelomično sintetička, biostabilna, emulgirajuća tekućina za tešku i normalnu i tešku obradu čelika, lijevanog željeza, obojenih metala i aluminija. Ne sadrži klor, cink ni sumpor. Preporučeni omjer koncentracije je 3-5%.

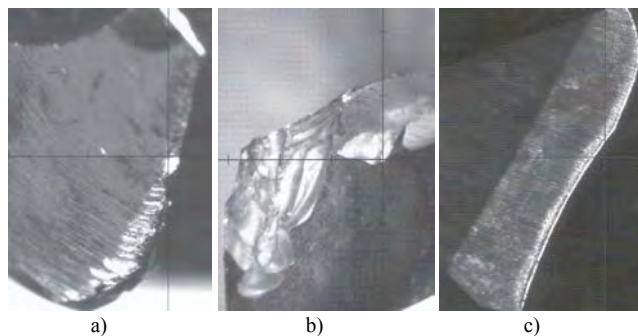
Oštećenje svrdla periodično se prati na optičkom uređaju ZOLLER Smarcheck CNC, čija preciznost iznosi $\pm 0.001 \text{ mm}$.

Prilikom testiranja svrdla praćene su promjene na reznoj oštrici nakon svakih 10 izbušenih rupa, a rezultati su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati testiranja svrdla

Uzorak	Broj rupa			Lom strugotine	Napomena
	10	20	30		
HSS	8 -	-	-	srednje dobro	oštećena rezna oštrica
1	•	13 -	-	dobro	lom rezne oštrice
2	•	•	•	dobro	nema oštećenja
3	•	•	•	dobro	nema oštećenja
4	•	•	•	dobro	nema oštećenja
5	•	•	•	dobro	nema oštećenja

Nakon izvršenih testiranja pristupilo se detaljnom pregledu rezne oštrice svakog svrdla.



Slika 10. Oštrice svrdla nakon testiranja

Svrdlo iz brzoreznog čelika (slika 10a) nije moglo podnijeti visoke režime obrade, te je njime izbušeno samo 8 rupa. Prilikom bušenja svrdlom Uzorak 1 (slika 10b) došlo je do kolizije alata i radnog komada, pri čemu se rezna oštrica alata oštetila. Razlog kolizije je ljudska pogreška,

Svrdlo pod nazivom Uzorak 2 se kod testiranja pokazalo najboljim. Strugotina je bila jednolikog oblika i jednoliko lomljena, a odvođenje strugotine je najbolje u usporedbi s ostalim svrdlima.

Svrdla Uzorak 3 i Uzorak 4 imala su jednaku geometriju rezne oštrice, s tim da su na njih nanese tvrdometalne prevlake. Nakon izbušenih 30 provrta na svrdlima nije bilo vidljivih oštećenja rezne oštrice.

Prilikom testiranja svrdla Uzorak 5 primijećeno je slabije odvođenje strugotine, a oblik strugotine bio je dobar, kao i stanje rezne oštrice nakon izbušenih 30 rupa. Izgled rezne oštrice svrdla Uzorak 2, Uzorak 3, Uzorak 4 i Uzorak 5 bio je veoma sličan i prikazan je na slici 10c.

Kontakt autora:

mr.sc. Zlatko Botak

Sveučilište Sjever

104. brigade 1

42000 Varaždin

042/493-339

zbotak@unin.hr

5. ZAKLJUČAK

Iz rezultata testiranja vidljivo je da svrdlo izrađeno iz HSS materijala ne može parirati svrdlu iz tvrdog metala pri obradi čelika. Prednost mu je jedino u relativno niskoj cijeni od 20-tak kn, dok se cijena svrdla iz tvrdog metala istog promjera kreće u granicama 250 - 350 kn, ovisno o proizvođaču. Veliku ulogu prilikom eksploatacije ima i tvrdometalna prevlaka. Alat s prevlakom može biti 1-7 puta učinkovitiji, brzina rezanja može biti veća i do 90%, a potrošnja električne energije smanjiti se i do 70%. Kvaliteta obrađene površine također je bolja kod svrdla s prevlakom.

Provedeno testiranje upotpunjuje činjenicu da je rezna oštrica s tzv. S korekcijom daleko bolja od klasične oštrice.

Problem kod testiranja bio je u stroju, jer klasična glodalica ALG-100 ima masu od svega nekoliko stotina kilograma, pa veliki problem kod bušenja stvaraju vibracije, koje mogu prouzročiti oštećenja ili lom alata.

Testiranjem različitih geometrija rezne oštrice u realnim uvjetima proizvodnje, moguće je proizvesti kvalitetan i konkurentan proizvod za tržište, a eventualni nedostaci mogu se ukloniti u ranoj fazi izrade.

Nakon što se proizvede tehnološki kvalitetan proizvod, kreće se u daljnja poboljšanja, a to su uglavnom smanjenja vremena izrade.

6. LITERATURA

- [1] http://hr.wikipedia.org/wiki/Rezni_alat
(Dostupno:19.01.2014.)
- [2] Matošević, M.: Tehnologija obrade i montaže, UM, Nova Gradiška, 2001.
- [3] Hrgović, D.: Tehnički materijali 2, Školska knjiga Zagreb, 2001.
- [4] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Sajema, Zagreb, prosinac 2009.
- [5] Rebec, B.: Rezni alati, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1988.

PREPOZNAVANJE UTJECAJNIH FAKTORA NA KVALITETU I POUZDANOST MALIH RASHLADNIH UREĐAJA

RECOGNITION OF INFLUENTIAL FACTORS ON THE QUALITY AND RELIABILITY OF SMALL REFRIGERATION EQUIPMENT

Veljko Kondić, Marko Horvat, Damir Maderić

Prethodno priopćenje

Sažetak: Tijekom eksploatacije rashladnih uređaja dolazi do pada vrijednosti njihove pouzdanosti zbog trošenja, poremećaja spojeva, temperaturnih promjena i drugih faktora. Iz tih se razloga poduzimaju različite aktivnosti održavanja kako bi se zahtijevana pouzdanost vratila na željenu vrijednost. Najčešće su to aktivnosti preventivnog ili korektivnog karaktera. Uspjeh tih aktivnosti ovisi o dobro i precizno definiranoj tehnologiji. Poznavajući kritične elemente i sklopove koji najviše utječu na kvalitetu i pouzdanost malih rashladnih uređaja, te najutjecajnije faktore, realno je očekivati zadržavanje pouzdanosti na zahtijevanoj razini.

Ključne riječi: Rashladni uređaji, kvaliteta, pouzdanost, kritični sklopovi, preventivno održavanje

Preliminary note

Abstract: During exploitation of refrigeration equipment, its reliability value decreases due to wear, compound disorders, temperature changes, and other factors. Thus various maintenance activities are conducted in order to restore the required reliability to the desired value. The most common activities are those of preventive or corrective character. The success of these activities depends on a well and precisely defined technology. Upon knowing the critical elements and assemblies that have the strongest impact on the quality and reliability of small refrigeration equipment, as well as the most influential factors, it is realistic to expect to retain reliability at the required level.

Key words: refrigeration equipment, quality, reliability, critical assemblies, preventive maintenance

1. UVOD

Jedan od najvažnijih zahtjeva, koji se postavlja pred suvremene rashladne sustave različitih vrsta, kategorija i namjene je visoka pouzdanost, kako uređaja u cjelini, tako i elemenata konstrukcije.

Pod pojmom pouzdanosti rashladnih uređaja ili njegovih sastavnih sklopova i elemenata podrazumijeva se sposobnost očuvanja kvalitete u određenim uvjetima eksploatacije za određeno vrijeme [1].

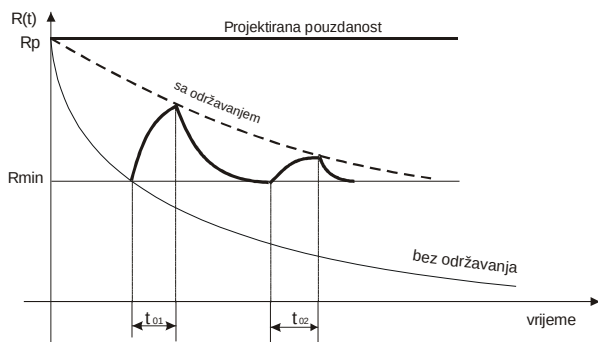
Za definiranje ili predviđanje pouzdanosti uređaja mogu se koristiti različiti pokazatelji pouzdanosti [2]:

- Funkcija pouzdanosti
- Funkcija nepouzdanosti
- Intenzitet kvara
- Raspoloživost
- Vjerojatnost popravka
- Srednje vrijeme rada do kvara
- Srednje vrijeme rada između kvarova
- Koeficijent upotrebljivosti uređaja i dr.

Izbor kriterija i pokazatelja pouzdanosti zavisi, prije svega od ciljeva izračuna ili istraživanja pouzdanosti.

Pouzdanost je jedna od najvažnijih pokazatelja kvalitete i predstavlja inherentno svojstvo rashladnog uređaja, čija početna vrijednost ovisi od mnogo faktora, definiranih još u fazi oblikovanja, odnosno razvoja. To su najčešće: izbor materijala, tolerancije i dosjedi, kinematičke veze, uvjeti podmazivanja i drugi [3].

Kako tijekom njegove eksploatacije dolazi do pada vrijednosti pouzdanosti elemenata i modularnih cjelina, zbog trošenja, poremećaja spojeva, temperaturnih i klimatskih utjecaja, korozije, zamora, destrukcije materijala, i dr., potrebno je poduzimati različite aktivnosti održavanja kako bi se zahtijevana pouzdanost vratila na željenu vrijednost (slika 1.). Najčešće su to aktivnosti koje imaju preventivni ili korektivni karakter. Preventivno održavanje je u svim varijantama u prednosti, jer osigurava kontinuitet rada uređaja, smanjuje ukupne troškove i rješava probleme (uzroke) prije pojave neispravnosti ili kvara [2].



Slika 1. Shematski prikaz kvalitativne promjene funkcije pouzdanosti sa i bez održavanja

Za uspjeh preventivnih aktivnosti važno je dobro definiranje njihovih tehnologija (što, kada, tko, gdje, koliko, s čim?). Osim toga, bitno je poznavanje i kritičnih elemenata i modularnih cjelina na uređajima. Ukoliko se raspolaže s vjerodostojnim podacima iz eksploatacije moguće je:

- utvrditi karakter, vrstu i broj kvarova u određenom vremenskom periodu ili intervalima rada;
- utvrditi zakone razdiobe pojave kvarova konkretnih elemenata, modularnih cjelina i uređaja u cjelini;
- utvrditi utjecaj perioda eksploatacije na pojavljivanje kvar.

Zbog nesigurnosti u podatke iz eksploatacije (različiti uzroci) s jedne i veoma dugog vremena za njihovo prikupljanje u stvarnom životu, s druge strane, veoma često se pribjegava informacijama i podacima iz drugih izvora. Laboratorijska ispitivanja pouzdanosti sigurno su veoma dobra i zadovoljavaju sve potrebe za definiranje tehnologija održavanja, ali su vrlo skupa, dugotrajna i zahtijevaju kompetentne resurse (mjernu opremu, educirane kadrove, financijska sredstva itd.).

Općenito se može kazati, da je za izračunavanje pouzdanosti sustava u strojarstvu i definiranje tehnologija održavanja povezano s mnogo poteškoća. Zbog toga je za praktične probleme prikladno i dozvoljeno uvođenje određenih pojednostavljenja, prvenstveno zbog zanemarivanja elemenata čiji je utjecaj na pouzdanost relativno mali.

U praktičnom radu kod rashladnih uređaja nailazi se na niz poteškoća, kao što su:

- veliki broj elemenata i modula različitog značaja i utjecaja na pouzdanost, različit način rada, cijena, karakteristike u pogledu upotrebe;
- različiti oblici neispravnosti i kvarova na pojedinim elementima i modularnim cjelinama;
- specifičnost veze između nekih elemenata;
- različit stupanj utjecaja kvarova jednog elementa i modularne cjeline na rezultirajuću ispravnost i pouzdanost rashladnog uređaja.

Za utvrđivanje kritičnih elemenata na rashladnim uređajima može se iskoristiti metodologija bodovanja [4,5], te izračunati faktor kritičnosti svakog elementa i modula prema izrazu (1):

$$K_k = F_z \cdot R_i + (P_p + P_z) \cdot C_e \quad (1)$$

gdje je:

K_k - faktor kritičnosti elemenata

$F_z = (10 - 30)$ - funkcionalni značaj (utjecaj na izlazne karakteristike)

$R_i = (5 - 10)$ - iskustvena razina pouzdanosti

$P_p = (1 - 5)$ - pristupačnost za popravak (zamjenu)

$P_z = (1 - 5)$ - mogućnost popravka (ili zamjene)

$C_e = (1 - 5)$ - cijena elementa

Prema metodologiji, veći iznos pojedinih faktora označava nepovoljnije stanje koje povećava kritičnost promatranog elementa ili modula. Izbor najkritičnijih, odnosno zanemarivanje manje kritičnih elemenata vrši se prema sljedećem kriteriju [3]:

$$K_{\min} \geq K_{sr} + \sigma \quad (2)$$

gdje je:

K_{sr} - srednja vrijednost izračunatih faktora kritičnosti

σ - srednje odstupanje

Nakon prepoznavanja kritičnih elemenata potrebno je sagledati i najutjecajnije faktore koji utječu na pouzdanost uređaja. Za tu aktivnost moguće je provesti i procjenu na ekspertnom nivou pomoću metode apriornog rangiranja faktora [4,6].

2. PREPOZNAVANJE KRITIČNIH ELEMENATA NA MALIM RASHLADNIM UREĐAJIMA

Opisano razmatranje problema kritičnih elemenata, pouzdanosti i preventivnog održavanja razmotreno je na skupu malih rashladnih uređaja koji se koriste za hlađenje piva u ugostiteljskim objektima.

Prvo su prikupljeni podaci o kvarovima na izabranom uzorku koji su prikazani u tablici 1. Promatranu populaciju predstavljalo je oko 1500 uređaja u jednom regionalnom području. Uzorak se sastojao od 100 uređaja, što iznosi 5% promatrane populacije. Po obliku i karakteristikama može se svrstati u kvotni, odnosno namjerni uzorak, što znači da su autori izabrali objekte, odnosno uređaje na osnovu spoznaja o populaciji. Uzorak je, također, i „nestatistički“, zasnovan na prosudbi istraživača. Obuhvaća uređaje (objekte gdje su instalirani) do kojih se u trenutku istraživanja „moglo doći“.

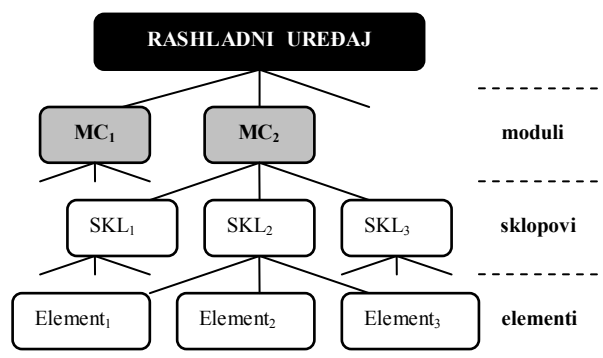
Odabran je reprezentativni uređaj koji se već duže vremena proizvodi i koristi u skoro svakom ugostiteljskom objektu gdje se toči ohlađeno pivo.

U istraživanje su autori uključili 10 iskusnih servisera i projekatana koji se profesionalno bave razvojem i održavanjem ovih uređaja, te prikupili podatke o kvarovima, a u drugoj fazi su bili uključeni u rangiranje i izbor kritičnih cjelina na uređajima.

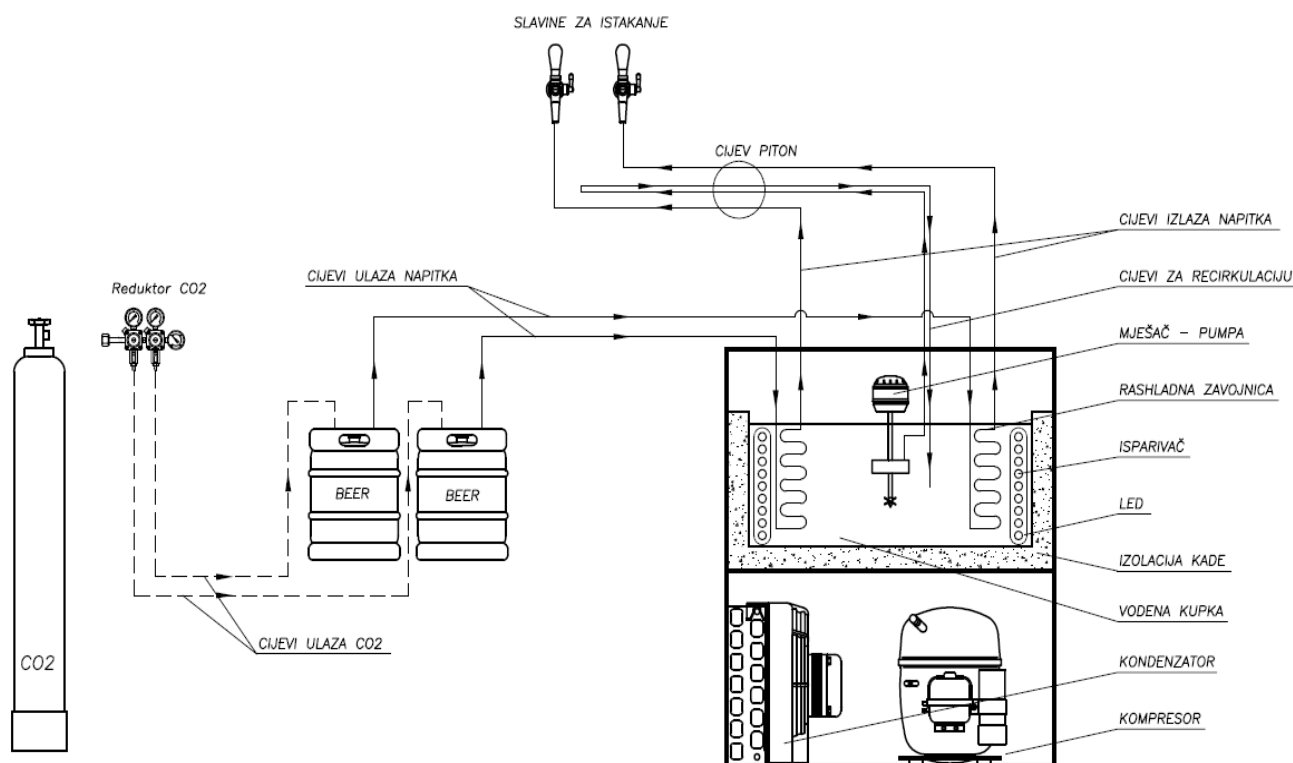
Ovo razmatranje se ograničava i prihvaća pretpostavku da je rashladni uređaj, svaki put kad se našao u servisnoj radionici gdje je izvršena popravka ili kad je na mjestu korištenja serviser izvršio intervenciju, bio u stanju "u kvaru".

Za prepoznavanje kritičnih elemenata izrađena je strukturna shema rashladnog uređaja. To je tehnički sustav sastavljen od više modularnih cjelina i elemenata, koje su međusobno povezane različitim vezama (serijska, čista paralelna, djelomično paralelna, pasivna paralelna, kvazi serijska, kvazi paralelna i kombinacija navedenih).

Struktura uređaja prikazuje se kroz razlaganje sustava na modularne cjeline, sklopove i elemente (slika 2. i 3.). Rezultati bodovanja su, zbog rangiranja elemenata prema kritičnosti prikazani u tablici 1.



Slika 2. Shematski prikaz strukture rashladnog uređaja



Slika 3. Presjek rashladnog uređaja za pivo sa sustavom za istakanje

Kao što se vidi iz tablice 1, vrijednost faktora kritičnosti se za elemente kreće između 52 i 306, dakle, s relativno velikim rasponom od $R = 254$ (3):

$$R = K_{k \max} - K_{k \min} \quad (3)$$

Prepoznavanje najkritičnijih elemenata vrši prema (2). Iz toga proizlazi da su kritični elementi svi oni kod kojih je $K_k \geq 230$, odnosno od ukupno 26 elemenata koji su analizirani, na njih 6 treba obratiti posebnu pozornost. Za usporedbu se u koloni 10 tablice 1. prikazani i rangovi kritičnosti na osnovu prikupljenih podataka iz servisne dokumentacije.

Na osnovu iznalaženja najkritičnijih elemenata i modularnih cjelina (ili sklopova), pouzdanost rashladnog

uređaja se razmatra na osnovu pouzdanosti ovih najkritičnijih cjelina. Jadan od problema, koji se javlja pri ovakvim analizama je definiranje strukture, tj. načina vezivanja pojedinih cjelina. U tom smislu zahtjeva se dobro poznavanje konstrukcijskih rješenja i principa rada od kojih ovisi strukturna shema, a samim tim i strukturna shema pouzdanosti.

Provedena metoda rangiranja elemenata odabranog sustava prema kritičnosti ima i svojih nedostataka koji se uglavnom ogledaju u subjektivnom i iskustvenom rangiranju elemenata. Međutim, metoda s dovoljnom sigurnošću izdvaja elemente čiji je utjecaj na pouzdanost sustava najveći, te pomože u usmjeravanju aktivnosti održavanja.

Tabela 1. Tabela rangova kritičnosti elemenata

Redni broj	Element - šifra	Funkcionalni značaj - F_z	Iskustvena pouzdanost - R_i	Pristupačnost za popravak (zamjenu) - P_p	Mogućnost popravka (zamjene) - P_z	Cijena - C_i	Faktor kritičnosti (K_i)	Rang kritičnosti prema dokumentaciji	Rang kritičnosti prema bodovanju
		10-30	5-10	1-5	1-5	1-5			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	354037	30	5	1	1	5	160	13	-
2.	354039	30	7	1	5	2	222	8	7
3.	354040	28	8	4	5	5	269	2	-
4.	222002	10	6	1	2	1	63	25	-
5.	354052	20	7	2	3	3	155	18	-
6.	204051	12	6	3	4	5	107	21	-
7.	399024	25	8	3	4	3	236	6	4
8.	103007	30	5	1	1	3	156	16	-
9.	619513	30	9	3	4	3	306	1	3
10.	242018	30	6	1	5	5	210	11	8
11.	242021	25	9	3	4	2	239	4	2
12.	126009	15	7	4	2	4	137	19	-
13.	204027	25	9	3	4	2	239	3	1
14.	850025	30	7	2	2	3	222	9	5
15.	116103	25	8	2	2	3	212	10	9
16.	116301	15	6	1	2	1	92	22	-
17.	249004	10	5	1	1	1	52	26	-
18.	354048	30	7	5	5	2	230	7	-
19.	247074	30	5	5	5	1	160	14	-
20.	222002	30	7	4	5	2	238	5	6
21.	224127	20	6	2	2	2	128	20	-
22.	211283	30	6	3	2	1	185	12	-
23.	354153	10	6	2	5	1	67	24	-
24.	212051	30	5	3	2	2	158	15	-
25.	211198	30	5	3	2	1	155	17	-
26.	345008	10	8	1	3	2	88	23	-

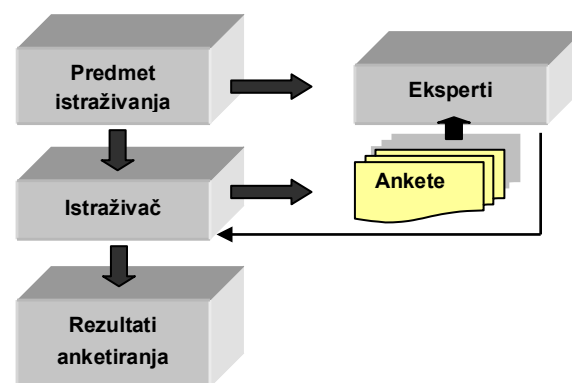
3. APRIORNO RANGIRANJE UTJECAJNIH FAKTORA

Više utjecajnih faktora ima utjecaj na pouzdanost rashladnih uređaja tijekom njegove eksploatacije. Ekspertnom procjenom utvrđeni su faktori koji imaju utjecaja na pouzdanost, a to su [5]:

- F_1 -Savršenost konstrukcije (predstavlja tehničku razinu s aspekta funkcionalnosti, pogodnosti za servisiranje, kao i ispunjenje uvjeta i režima rada tijekom eksploatacije);
- F_2 -Starost rashladnog uređaja (podrazumijeva period eksploatacije izražen brojem godina rada);
- F_3 -Kvaliteta izvršenih servisnih pregleda i općenito servisiranja uređaja;
- F_4 -Uvjeti čuvanja (prije instaliranja i kad prestaje potreba za njegovim korištenjem);
- F_5 -Uvjeti eksploatacije;
- F_6 -Učestalost servisiranja;
- F_8 -Intenzitet eksploatacije (režimi korištenja rashladnog uređaja);
- F_9 -Kvaliteta komponenata ugrađenih u rashladni uređaj;

Nakon izvršenog izbora faktora rangiranje se izvodi u cilju sagledavanja razine utjecaja pojedinih faktora kako bi se sagledale mogućnosti djelovanja na one s prioritetom, odnosno na podizanje pouzdanosti i kvalitete rashladnih uređaja.

Za analizirani rashladni uređaj primijenjena je metoda apriornog rangiranja faktora čija je strukturna shema prikazana je na slici 4.

**Slika 4.** Shema apriornog rangiranja faktora

Rangiranje je vršeno dodjeljivanjem rangova svakom faktoru; rang 1 najutjecajnijem, rang 9 najmanje utjecajnom. Faktorima s jednakim utjecajem dodijeljen je isti rang. Iz tih razloga bilo je nužno preformirati tablicu rangova.

Provjera adekvatnosti izvorne i preformirane tabele izvršena je pomoću Spearmanovog koeficijenta korelacije ranga [7]:

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{j=1}^k (Q_j^{(1)} - Q_j^{(2)})^2}{k(k^2 - 1)} \quad (4)$$

Provjera statističke vrijednosti r_s izvršena je pomoću testa hipoteze o značajnosti koeficijenta linearne korelacije t_r . Statistička vrijednost za r_s provjerena je pomoću t-razdiobe čija je vrijednost izračunata prema izrazu [7]:

$$t_r = \frac{r_s}{\sqrt{\frac{1 - r_s^2}{k - 2}}} \quad (5)$$

Kako je $t_r > t_i \Rightarrow$ test hipoteze o značajnosti koeficijenta linearne korelacije potvrdio je jednosmjernu pozitivnu korelaciju. Vrijednost Spearmanovog koeficijenta korelacije ranga $r_s = 0,98$ približava se vrijednosti 1, što je potvrdilo da je preformirana tabela adekvatna izvornoj tabeli, pa se mogla koristiti u daljnjem razmatranju utjecajnih faktora.

Nakon izračuna Spearmanovog koeficijenta provjeren je stupanj suglasnosti mišljenja anketiranih eksperata pomoću Kendallovog koeficijenta suglasnosti [7]:

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^k \Delta_j^2}{m^2 \cdot k(k^2 - 1)} \quad (6)$$

Za provjeru statističke vrijednosti Kendallovog koeficijenta suglasnosti W , primijenjen je hi-kvadrat test [7]:

$$\chi_r^2 = m \cdot (k - 1) \cdot W \quad (7)$$

Računska vrijednost hi-kvadrata uspoređuje se s vrijednošću iz tablice za razdiobu pri odabranom nivou značajnosti i određenom broju stupnjeva slobode.

Budući da je $\chi_r^2 > \chi_i^2 \Rightarrow$ test hipoteze o suglasnosti mišljenja anketiranih eksperata govori da su nizovi rangova međusobno zavisni, što znači da je usvojena hipoteza o postojanju suglasnosti mišljenja anketiranih eksperata.

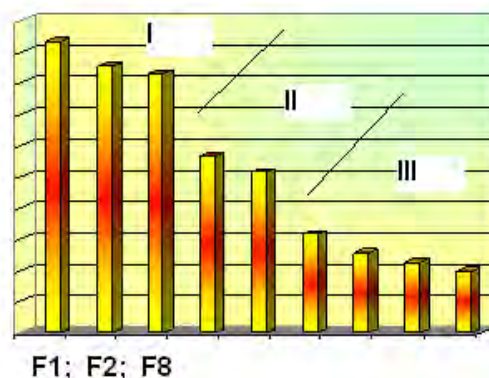
Stupanj utjecaja svakog faktora na pouzdanost i kvalitetu rashladnih uređaja određena je pomoću koeficijenta značajnosti utjecajnog faktora [6]:

$$M'_j = \frac{\sum_{i=1}^m a_{ij} Z_i}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k a_{ij} Z_i} \quad (8)$$

Težinski faktor ili faktor značajnost svakog eksperta izračunat je prema:

$$Z_i = a + b \sum_{h=1}^5 a_{ih} \quad (9)$$

Slika 5. prikazuje apriorni dijagram rangova utjecajnih faktora na pouzdanost rashladnih uređaja.



Slika 5. Apriorni dijagram rangova utjecajnih faktora

Faktori su razvrstani u tri grupe:

- U I grupi su najutjecajniji faktori F1; F2; F8
- U II grupi su srednje utjecajni faktori F3; F5;
- U III grupi su najmanje utjecajni faktori F4; F6; F7; F9

Najutjecajniji faktori su faktori iz grupe I, donosno:

- Savršenost konstrukcije (F_1),
- Starost rashladnog uređaja (F_2) i
- Intenzitet eksploatacije (F_3).

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu iznalaženja najkritičnijih elemenata i modularnih cjelina, pouzdanost rashladnog uređaja se može razmatrati na osnovu pouzdanosti najkritičnijih cjelina. Utvrđivanjem kritičnih sklopova (elemenata) na funkcioniranje rashladnih uređaja, moguće je odrediti vremenski resurs za intervencije održavanja. Na pouzdanost rashladnih uređaja tijekom njegove eksploatacije utječe više faktora. Ekspertnom procjenom utvrđeni su faktori koji imaju najveći utjecaja na pouzdanost.

Za predviđanje pouzdanosti malih rashladnih uređaja u eksploataciji ili u fazi oblikovanja i razvoja, ovakva razmatranja mogu biti vrlo korisna i značajna. Međutim, procjenom dobrih poznavatelja rashladnih uređaja (eksperata) dobiju

se orijentacioni pokazatelji te je poželjno za daljnje analize primijeniti neku od metoda prognozirivanja.

5. LITERATURA

- [1] Sebastijanović, S.: Osnove održavanja strojarских konstrukcija, Strojarски fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, 2002
- [2] Kondić, Ž.; Samardžić, I.; Maglić, L.; Ćikić, A.: Pouzdanost industrijskih postrojenja, Strojarски fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, 2011.
- [3] Todorović, J; Zelenović, D.: Efektivnost sistema u mašinstvu, Naučna knjiga, Beograd, 1981.
- [4] Kondić, Ž.; Prilog usvaršavanju organizacije održavanja za opremu izvan eksploatacije, Magistarski rad, Fakultete strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, Zagreb, 1991.
- [5] Fedorov, D. I.: Nadjožnost metalokonstrukcij zemlerojnih mašin, Mašinostroenie, Moskva, 1971.
- [6] Kondić, Ž.; Maglić, L.; Samardžić, I.: Istraživanje i rangiranje utjecajnih faktora na neprimjenu 6σ metodologije u malim proizvodnim organizacijama metodom apriornog rangiranja faktora, Tehnički vjesnik/Technical Gazette, Vol. 16, No. 2 (2009) 17-25
- [7] Horvat J.: Statistika pomoću SPSS/PC+, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku - Ekonomski fakultet Osijek, Osijek, 1995.

Kontakt autora:

Veljko Kondić, mag. ing. mech.

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

Marko Horvat, dipl. ing.

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

Damir Maderić, dipl. ing.

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

IRACIONALNOST NEKIH POZNATIH KONSTANTI

IRRATIONALITY OF SOME WELL KNOWN CONSTANTS

Predrag Vuković, Damira Keček, Martina Benković, Lucija Benko

Stručni rad

Sažetak: U radu su predstavljeni dokazi iracionalnosti nekih poznatih konstanti. Na samom kraju rada je dana veza između pet najvažnijih matematičkih konstanti: $0, 1, \pi, e$ i imaginarne jedinice i .

Ključne riječi: beskonačnost, razlomak, konstanta, iracionalan broj, metoda kontradikcije

Professional paper

Abstract: The paper presents proofs of the irrationality of some well known constants. At the end of this article the connection between five most important mathematical constants: $0, 1, \pi, e$ and imaginary unit i is given.

Keywords: infinity, fraction, constant, irrational number, contradiction method

1. UVOD

Sljedbenici učenja grčkog filozofa Pitagore, Pitagorejci, bili su uvjereni da se svaki broj može prikazati u obliku kvocijenta dva cijela broja, sve dok nisu pokušali izmjeriti hipotenuzu jednakokračnog pravokutnog trokuta. Činjenicu da se ona ne može zapisati kao omjer dva prirodna broja vrlo su teško prihvatili. Za detalje pogledati u [1].

Racionalan broj je onaj broj koji se može zapisati u obliku razlomka $\frac{m}{n}$, gdje su m, n cijeli brojevi i n nije

jednak nuli. Skup racionalnih brojeva, koji se označava sa Q , je gust skup, tj. između bilo koja dva razlomka, bez obzira kako oni blizu bili, može se smjestiti beskonačno mnogo razlomaka. Racionalni brojevi unatoč svojoj gustoći ostavljaju „rupe“ duž brojevnog pravca. Te „rupe“ su točke koje ne odgovaraju racionalnim brojevima, već iracionalnim brojevima.

Iracionalan broj je, dakle, onaj broj koji nije racionalan. Skup iracionalnih brojeva označava se sa I . Riječ iracionalan dolazi od latinskih riječi i što znači *ne* i *ratio* što znači *omjer*. Richard Dedekind, njemački matematičar, definirao je 1872. godine skup realnih brojeva kao skup koji se dobiva upotpunjavanjem skupa racionalnih brojeva skupom iracionalnih brojeva. Matematičkim jezikom, ova se tvrdnja može zapisati kao $R = Q \cup I$, pri čemu su skupovi Q, I disjunktni, tj. vrijedi $Q \cap I = \emptyset$. Svaki realan broj može se prikazati u decimalnom zapisu (to je tzv. algebarski pristup skupu R). Postoje tri tipa decimalnog zapisa:

1. Decimalni zapis s konačno mnogo decimala, npr. $\frac{3}{20} = 0,15$
2. Decimalni zapis s beskonačno mnogo decimala, koje se periodički ponavljaju, npr. $\frac{9}{11} = 0,81818181... = 0,8\overline{1}$
3. Decimalni zapis sa beskonačno mnogo decimala koje se periodički ne ponavljaju (iracionalni brojevi), npr. $\sqrt{2} = 1,41421...$

Decimalno predstavljanje realnih brojeva pokazuje da u svrhu mjerenja iracionalni brojevi nisu pretjerano korisni. Međutim, iracionalni brojevi se uvijek mogu približno odrediti pomoću nizu racionalnih približnih vrijednosti s željenom preciznošću. Navedena tvrdnja može se vidjeti na primjeru broja $\sqrt{2}$. Za detalje vidjeti npr. u [2].

Iracionalni brojevi i dokazivanje iracionalnosti bila je tema diplomskog rada [3] koji je pridonio izradi ovog članka.

2. METODE ZA DOKAZIVANJE IRACIONALNOSTI

Za dokazivanje iracionalnosti brojeva postoje kriteriji kao što su neperiodičnost decimalnih mjesta u decimalnom zapisu broja te racionalne nultočke polinoma. Međutim, navedeni kriteriji se ne mogu uvijek uočiti pa se za dokazivanje iracionalnosti koriste i neke druge metode. Jedna od njih je tzv. metoda kontradikcije.

2.1. Metoda kontradikcije

Metodom kontradikcije dokazat će se da broj $\sqrt{2}$ pripada skupu iracionalnih brojeva I . Budući da se ova metoda koristi kroz čitav rad, ovaj dokaz navodi se u cijelosti.

Dokaz: Pretpostavlja se da je $\sqrt{2}$ racionalan broj, odnosno da je oblika $\frac{m}{n}$ pri čemu su m i n relativno prosti. (Relativno prosti brojevi su brojevi koji nemaju zajedničkih djelitelja osim broja 1.) Budući da vrijedi $I = \mathbb{R} \setminus \mathbb{Q}$, broj $\sqrt{2}$ je ili racionalan ili nije racionalan broj (dakle, iracionalan broj). Ukoliko se u dokazu dobije kontradikcija s početnom pretpostavkom, broj $\sqrt{2}$ je iracionalan. Kvadriranjem jednakosti

$$\frac{m}{n} = \sqrt{2} \quad (1)$$

slijedi

$$\frac{m^2}{n^2} = 2 \quad (2)$$

odnosno

$$m^2 = 2n^2 \quad (3)$$

Broj m^2 je paran odakle slijedi da je i m paran broj. U suprotnom, iz $m = 2r + 1$ slijedi $m^2 = 2(2r^2 + 2r) + 1$, što je nemoguće (broj m^2 je paran). Uvrštavanjem $m = 2p$ u jednakost (3) slijedi

$$(2p)^2 = 2n^2 \quad (4)$$

odnosno

$$4p^2 = 2n^2 \quad (5)$$

pa je dijeljenjem (5) sa 2

$$2p^2 = n^2 \quad (6)$$

Slično kao za broj m , iz (6) može se zaključiti da je i n paran broj. Ako su i m i n parni brojevi, oni imaju zajedničkog djelitelja, a to je u kontradikciji s pretpostavkom da su relativno prosti. Dakle, pretpostavka o broju $\sqrt{2}$ je pogrešna pa broj $\sqrt{2}$ pripada skupu iracionalnih brojeva.

2.2. Poznate iracionalne konstante

Poznate iracionalne konstante su broj e i broj π . Povijest broja π ide do drevnih vremena. Broj π pojavljuje se s problemom u geometriji (odnos opsega i promjera kruga). Podrijetlo broja e je manje jasno. Pretpostavlja se da ide natrag u 16. stoljeće kada je bio zabilježen izraz

$$e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n \quad (7)$$

2.2.1. Broj e

Broj e jedan je od najznačajnijih brojeva u suvremenoj matematici. Leonhard Euler, švicarski matematičar, uveo je slovo e za bazu prirodnog logaritma (koji su prvi otkriveni jer se najlakše izračunavaju) pa se e zato i naziva Eulerov broj. Do desetog decimalnog mjesta, broj e iznosi:

$$e \approx 2,71828182\dots$$

Broj e je iracionalan. U nastavku je dan dokaz iracionalnosti broja e .

Dokaz: U dokazu iracionalnosti broja e koristi se tzv. Taylorov red. Neka je $I \subseteq \mathbb{R}$ otvoreni interval i neka je $f: I \rightarrow \mathbb{R}$ zadana funkcija koja ima na intervalu I derivacije proizvoljnog reda. Neka je $c \in I$. Red

$$f(c) + \frac{f'(c)}{1!}(x-c) + \frac{f''(c)}{2!}(x-c)^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(c)}{n!}(x-c)^n + \dots \quad (8)$$

naziva se Taylorov red funkcije f u točki c . O Taylorovom redu može se više pronaći u [4]. Za funkciju $f(x) = e^x$, $x \in \mathbb{R}$ te za $c = 0$ i $I = \mathbb{R}$ vrijedi $f^{(n)}(x) = e^x$ i $f^{(n)}(0) = 1$ pa je prema (8) pripadni Taylorov red za funkciju $f(x) = e^x$ jednak

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots \quad (9)$$

Za $x = 1$ formula (9) daje

$$e = 1 + 1 + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \dots \quad (10)$$

Slijedi dokaz da je broj e iracionalan. Pretpostavlja se suprotno, tj. da je broj e racionalan. Tada se on može

zapisati u obliku razlomka $\frac{m}{n}$ pri čemu su m i n prirodni brojevi. Tada je prema (10)

$$e = \frac{m}{n} = 1 + 1 + \frac{1}{2!} + \dots + \frac{1}{n!} + \frac{1}{(n+1)!} + \dots \quad (11)$$

Množenjem jednakosti (11) s $n!$ slijedi

$$m(n-1)! = n! + n! + \frac{n!}{2!} + \dots + 1 + \frac{1}{n+1} + \dots \quad (12)$$

Lijeva strana jednakosti (12) je cijeli broj kao i svi pribrojnici na desnoj strani do broja 1. Svi članovi iza broja 1 su razlomci, a zbroj tih razlomaka je manji od zbroja geometrijskog reda (13)

$$\begin{aligned} \frac{1}{n+1} + \frac{1}{(n+1)^2} + \frac{1}{(n+1)^3} + \dots &= \frac{\frac{1}{n+1}}{1 - \frac{1}{n+1}} \\ &= \frac{1}{n+1-1} = \frac{1}{n} < 1 \end{aligned} \quad (13)$$

Dakle, desna strana jednakosti (12) jednaka je zbroju cijelog broja i pozitivnog broja manjeg od 1 što vodi na kontradikciju (lijeva strana jednakosti je cijeli broj, dok desna strana nije), odakle slijedi da je e iracionalan broj.

U nastavku se može vidjeti kako je baš broj e otkriven kao baza prirodnog logaritma i zašto se naziva "prirodnim" (vidi [5]).

U vrijeme otkrića logaritama (prva polovica 17. stoljeća) još nije bilo poznato potenciranje s razlomcima već su se promatrali isključivo pozitivni i cjelobrojni eksponenti. Promatranjem tabela potencija s cjelobrojnim eksponentima, poput tabele 1 s bazom 2 uočeno je sljedeće svojstvo: rezultat dobiven množenjem dva broja x -retka jednak je rezultatu dobivenom potenciranjem baze zbrojem odgovarajuća dva broja y -retka. Brojevi u y -retku za koje vrijedi navedeno svojstvo nazivaju se logaritmi.

Tabela 1. Cjelobrojne potencije s bazom 2

	0	1	2	3	4	5	6
	1	2	4	8	16	32	64

Problem se javio zbog velike razlike među x -evima i postavilo se pitanje kako dobiti finiju razdiobu x -eva (uz podsjetnik da još nije bilo poznato potenciranje razlomcima). Nepier i Bürgi istovremeno su se pozabavili tim pitanjem i zaključili da se najfinija razdioba dobiva uzimanjem broja 1 za bazu. Tada je Bürgi za bazu odabrao 1,0001, a Nepier 0,9999999.

Problem potenciranja velikim eksponentima, npr. $1,0001^{131}$, riješili su tako da su iskoristili prethodni rezultat i računali prirast do sljedećeg broja x . Dakle, ako je $x = 1,0001^y$, oni traže Δx takav da je $x + \Delta x = 1,0001^{y+1}$. U tom slučaju je

$$\Delta x = (x + \Delta x) - x = 1,0001^{y+1} - 1,0001^y, \text{ odnosno}$$

$$\Delta x = 1,0001^y (1,0001 - 1) = \frac{x}{10000}.$$

Jednostavni algoritam glasi: "pomakni zarez za četiri mjesta ulijevo i dobivenu vrijednost pribroji početnoj vrijednosti", a tabela (tabela 2) izgleda ovako:

Tabela 2. Tablica prirasta

y	x	Δx
0	1	0,0001
1	1,0001	0,00010001
2	1,00020001	0,000100020001
3	1,000300030001	itd.

Proporcionalnim umanjivanjem y -a (neka stare vrijednosti budu označene s $\bar{y}$) dobiva se nova tablica s

$$y = \frac{\bar{y}}{10^4} \text{ u kojoj i dalje vrijedi svojstvo logaritama. Sada}$$

$$\text{je: } x = 1,0001^{\bar{y}} = 1,0001^{10000y} = (1,0001^{10000})^y$$

Nova logaritamska tablica ima bazu

$$1,0001^{10000} = \left(1 + \frac{1}{10^4}\right)^{10^4} \approx e$$

Odabirom baze još bliže broju 1, npr. $1 + \frac{1}{10^{100}}$ i

prijelazom na novu tablicu kao u gore opisanom postupku dobiva se još finija razdioba x -eva i bolja aproksimacija prirodnih logaritama.

2.2.2. Broj π

Matematička konstanta $\pi \approx 3,1415926535\dots$

često se koristi u matematici i fizici. Arhimed iz Sirakuze je računajući opseg krugu upisanih i opisanih mnogokuta, krećući od pravilnog šesterokuta do 96-erokuta, dao vrlo dobre ograde za broj π :

$$3\frac{10}{71} < \pi < 3\frac{1}{7}, \text{ odnosno } \pi \approx 3,14185. \text{ Arhimedova}$$

preciznost je zadivljujuća ako se uzme u obzir da nije poznavao simbol za nulu kao ni decimalni zapis. Arhimedovom metodom broj π je, između ostalih, izračunavao i Ludolf van Ceulen, njemačko-nizozemski matematičar. Prema spomenutim matematičarima, broj π poznat je i pod imenom Arhimedova konstanta te Ludolphov broj. U današnje vrijeme pomoću računala može se odrediti velik broj decimala broja π .

Dokaz da je broj π iracionalan je nešto teži. Postupak dokazivanja polazi od dokaza da je π^2 iracionalan broj, odakle onda slijedi da je i broj π iracionalan. Ova tvrdnja slijedi prema kontrapoziciji tj. ako A povlači B, onda negacija tvrdnje B povlači negaciju tvrdnje A. Obrnuto, iz dokaza iracionalnosti

broja π ne može se zaključiti da je π^2 iracionalan. U potpoglavlju 2.1 dan je dokaz o iracionalnosti broja $\sqrt{2}$. Njegov kvadrat $(\sqrt{2})^2 = 2$ nije iracionalan broj, već racionalan. U nastavku slijedi dokaz o iracionalnosti broja π (vidi [6]).

Dokaz: U ovom dijelu dokaza potrebna je formula za parcijalnu integraciju. Poznato je da se ista može primijeniti više puta ukoliko su ispunjeni dovoljni uvjeti u svakom koraku. Neka su, dakle, f i g funkcije $(n+1)$ puta diferencijabilne na intervalu $[a, b]$ i neka su njihove derivacije $f^{(n+1)}$ i $g^{(n+1)}$ integrabilne. Tada se $(n+1)$ -strukom parcijalnom integracijom dobiva formula:

$$\begin{aligned} \int_a^b f(x)g^{(n+1)}(x)dx &= \left[f(x)g^{(n)}(x) \right]_a^b - \\ &- \left[f'(x)g^{(n-1)}(x) \right]_a^b + \left[f''(x)g^{(n-2)}(x) \right]_a^b - \\ &- \cdots + (-1)^n \left[f^{(n)}(x)g(x) \right]_a^b - \\ &- (-1)^n \int_a^b f^{(n+1)}(x)g(x)dx \end{aligned} \quad (14)$$

Promatraju li se funkcije f i g na intervalu $[0, 1]$, formula (14) prelazi u

$$\begin{aligned} \int_0^1 f(x)g^{(n+1)}(x)dx &= \left[f(x)g^{(n)}(x) \right]_0^1 - \\ &- \left[f'(x)g^{(n-1)}(x) \right]_0^1 + \left[f''(x)g^{(n-2)}(x) \right]_0^1 - \\ &- \cdots + (-1)^n \left[f^{(n)}(x)g(x) \right]_0^1 - \\ &- (-1)^n \int_0^1 f^{(n+1)}(x)g(x)dx \end{aligned} \quad (15)$$

Pod pretpostavkom da je $f(x)$ polinom n -tog stupnja, $f^{(n+1)}(x) = 0$ pa formula (15) prelazi u

$$\begin{aligned} \int_0^1 f(x)g^{(n+1)}(x)dx &= \left[f(x)g^{(n)}(x) \right]_0^1 - \\ &- \left[f'(x)g^{(n-1)}(x) \right]_0^1 + \left[f''(x)g^{(n-2)}(x) \right]_0^1 - \\ &- \cdots + (-1)^n \left[f^{(n)}(x)g(x) \right]_0^1 \end{aligned} \quad (16)$$

odnosno nakon uvrštavanja granica poprima oblik

$$\begin{aligned} \int_0^1 f(x)g^{(n+1)}(x)dx &= f(1)g^{(n)}(1) - \\ &- f'(1)g^{(n-1)}(1) + \cdots + (-1)^n f^{(n)}(1)g(1) - \\ &- \left[f(0)g^{(n)}(0) - f'(0)g^{(n-1)}(0) + \right. \\ &\left. + \cdots + (-1)^n f^{(n)}(0)g(0) \right] \end{aligned} \quad (17)$$

Za dokaz iracionalnosti broja π^2 potrebna je i sljedeća tehnička lema koja se navodi bez dokaza:

Lema 1: Ako je $h(x)$ polinom sa cjelobrojnim koeficijentima, onda za polinom

$$f(x) = \frac{x^{m-1}h(x)}{(m-1)!}, \quad m \text{ cijeli broj, } m \geq 2 \quad (18)$$

vrijedi:

1. $f^{(s)}(0) = 0, s < m-1$,
2. $f^{(m-1)}(0) = h(0)$,
3. Koeficijenti polinoma $f^{(s)}(x), s \geq m$ su cjelobrojni i djeljivi s m .

U formulu (17) stavi se $n = 2r$, r paran,

$$f(x) = \frac{x^r(x-1)^r}{r!}, \quad g(x) = \cos \pi x.$$

Može se primijetiti da zbog parnog r slijedi

$$f(x) > 0 \text{ za } x \in (0, 1) \quad (19)$$

Također vrijedi

$$\sin \pi x > 0 \text{ za } x \in (0, 1) \quad (20)$$

Nadalje, funkcija $f(x) = \frac{x^r(x-1)^r}{r!}$ ima, uz zamjenu

$m = r+1$ i $h(x) = (x-1)^r$, oblik (18) pa su stoga prema Lemi 1 $f(x)$ i sve derivacije od $f(x)$ cijeli brojevi za $x = 0$. Funkcija

$$\varphi(x) = f(x+1) = \frac{(x+1)^r x^r}{r!} \text{ i sve derivacije od}$$

$\varphi(x)$ su također prema Lemi 1 cijeli brojevi za $x = 0$.

Općenito vrijedi: $\varphi^{(s)}(x) = f^{(s)}(x+1)$, odakle za $x = 0$ je $\varphi^{(s)}(0) = f^{(s)}(1)$. Stoga su $f(x)$ i njene derivacije i za $x = 1$ cijeli brojevi.

Nadalje vrijedi:

$$g^{(2s)}(x) = (-1)^s \pi^{2s} \cos \pi x \quad (21)$$

$$g^{(2s+1)}(x) = (-1)^{s+1} \pi^{2s+1} \sin \pi x \quad (22)$$

odnosno

$$g^{(2s)}(0) = (-1)^s \pi^{2s} \quad (23)$$

$$g^{(2s)}(1) = (-1)^{s+1} \pi^{2s} \quad (24)$$

$$g^{(2s+1)}(0) = g^{(2s+1)}(1) = 0 \quad (25)$$

Uzimajući u obzir formule (21) do (25), formula (17) glasi:

$$\begin{aligned} \int_0^1 f(x) \underbrace{(-1)^{r+1}}_{=-1} \pi^{2r+1} \sin \pi x dx &= f(1) \underbrace{(-1)^{r+1}}_{=-1} \pi^{2r} - f'(1) \cdot \underbrace{g^{(2r-1)}(1)}_{=0} + f''(1) \underbrace{(-1)^r}_{=-1} \pi^{2r-2} - \\ &- f'''(1) \cdot \underbrace{g^{(2r-3)}(1)}_{=0} + f^{(4)}(1) \underbrace{(-1)^{r-1}}_{=-1} \pi^{2r-4} - \dots + f^{(2r-2)}(1) \underbrace{(-1)^2}_{=-1} \pi^2 + f^{(2r)}(1) \underbrace{(-1)^1}_{=-1} \pi^0 - \\ &- f(0) \underbrace{(-1)^r}_{=-1} \pi^{2r} + f'(0) \cdot \underbrace{g^{(2r-1)}(0)}_{=0} - f''(0) \underbrace{(-1)^{r-1}}_{=-1} \pi^{2r-2} + f'''(0) \cdot \underbrace{g^{(2r-3)}(0)}_{=0} - \\ &- f^{(4)}(0) \underbrace{(-1)^{r-2}}_{=-1} \pi^{2r-4} + \dots - f^{(2r-2)}(0) \underbrace{(-1)^1}_{=-1} \pi^2 - f^{(2r)}(0) \underbrace{(-1)^0}_{=-1} \pi^0 \end{aligned} \quad (26)$$

Pretpostavlja se da je π^2 racionalan, tj. da se može zapisati u obliku

$$\pi^2 = \frac{a}{b}, \quad (27)$$

gdje su a i b prirodni brojevi. Sređivanjem (26) te uvrštavanjem (27) u (26) dobiva se

$$\begin{aligned} -\frac{a^r}{b^r} \pi \int_0^1 f(x) \sin \pi x dx &= -f(1) \frac{a^r}{b^r} + f'(1) \underbrace{(-1)^r}_{=-1} \frac{a^{r-1}}{b^{r-1}} - f^{(4)}(1) \frac{a^{r-2}}{b^{r-2}} + \\ &+ \dots + f^{(2r-2)}(1) \frac{a}{b} - f^{(2r)}(1) - f(0) \frac{a^r}{b^r} + f'(0) \frac{a^{r-1}}{b^{r-1}} - f^{(4)}(0) \frac{a^{r-2}}{b^{r-2}} + \\ &+ \dots + f^{(2r-2)}(0) \frac{a}{b} - f^{(2r)}(0) \end{aligned} \quad (28)$$

Množenjem (28) sa $-b^r$ i sređivanjem, dobiva se

$$\begin{aligned} a^r \pi \int_0^1 f(x) \sin \pi x dx &= a^r [f(1) + f(0)] - a^{r-1} [f'(1) + f'(0)] + \\ &+ a^{r-2} b^2 [f^{(4)}(1) + f^{(4)}(0)] - \dots - ab^{r-1} [f^{(2r-2)}(1) + f^{(2r-2)}(0)] + \\ &+ b^r [f^{(2r)}(1) + f^{(2r)}(0)] \end{aligned} \quad (29)$$

Prema (19) i (20) može se zaključiti da je

$$\int_0^1 f(x) \sin \pi x dx > 0 \quad (30)$$

a kako su $f(x)$ i sve njene derivacije za $x=0$ i $x=1$ cijeli brojevi, to je desna strana od (29) cijeli broj koji je prema (30) pozitivan i barem jednak 1. Stoga je lijeva strana od (29) veća ili jednaka od 1, tj.

$$a^r \pi \int_0^1 f(x) \sin \pi x dx \geq 1. \quad (31)$$

U nastavku slijedi ocjena integrala iz nejednakosti (31). Iz $x \in (0,1)$ i $(x-1)^r \in (0,1)$ (zbog parnog r) slijedi

$$f(x) < \frac{1}{r!}, \text{ za } x \in (0,1), \quad (32)$$

a zbog

$$0 < \sin \pi x \leq 1 \text{ za } x \in (0,1) \quad (33)$$

je

$$\int_0^1 f(x) \sin \pi x dx < \int_0^1 \frac{1}{r!} dx = \frac{1}{r!} \quad (34)$$

Stoga je prema (34)

$$a^r \pi \int_0^1 f(x) \sin \pi x dx < \pi \frac{a^r}{r!} \quad (35)$$

Obzirom da je $\lim_{r \rightarrow \infty} \frac{a^r}{r!} = 0$, odabirom r tako velikog da

bude $\frac{a^r}{r!} < \frac{1}{\pi}$ dobiva se

$$a^r \pi \int_0^1 f(x) \sin \pi x dx < 1, \quad (36)$$

što je u kontradikciji s nejednakosti (31) čime je dokaz gotov.

2.2.3. Još malo o e i π

Može se pokazati da, prema (8), Taylorov red funkcije $f(x) = \sin x$ za $c=0$ glasi

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots \quad (37)$$

a za funkciju $f(x) = \cos x$

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \dots \quad (38)$$

Uvrštavanjem kompleksne varijable ix , gdje je i imaginarna jedinica, umjesto varijable x u Taylorov red (9) funkcije $f(x) = e^x$ te izračunavanjem potencija od i dobiva se tzv. Eulerova formula

$$\begin{aligned} e^{ix} &= 1 + \frac{ix}{1!} + \frac{i^2 x^2}{2!} + \frac{i^3 x^3}{3!} + \frac{i^4 x^4}{4!} + \frac{i^5 x^5}{5!} + \dots \\ &= 1 + \frac{ix}{1!} - \frac{x^2}{2!} - \frac{ix^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \frac{ix^5}{5!} - \dots \\ &= \underbrace{\left(1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \dots\right)}_{=\cos x \text{ (prema (38))}} + \underbrace{\left(\frac{ix}{1!} - \frac{ix^3}{3!} + \frac{ix^5}{5!} - \dots\right)}_{=\sin x \text{ (prema (37))}} i \\ &= \cos x + i \sin x \end{aligned} \quad (39)$$

Za $x = \pi$ formula (39) prelazi u tzv. Eulerov identitet

$$e^{i\pi} + 1 = 0 \quad (40)$$

koji prikazuje vezu između pet najvažnijih matematičkih konstanti: $0, 1, \pi, e$ i imaginarne jedinice i te triju osnovnih matematičkih operacija (zbrajanja, množenja i potenciranja).

3. ZAKLJUČAK

Iracionalni brojevi imaju jednu vrlo zanimljivu karakteristiku. Nakon određenog decimalnog mjesta, npr. kod brojeva e i π , teško je zaključiti koja znamenka (od 0 do 9) slijedi. Beskonačno mnogo decimalnih mjesta kod iracionalnih brojeva, a ovdje je zapravo riječ o beskonačno malim veličinama, mogu se aproksimirati s određenom preciznošću. Tako se npr. nanotehnologija bavi s veličinama (tzv. nanometrma) koje su ljudskom oku nevidljive, a imaju ogromnu primjenu. Dakle, računala i ostala pomagala koja je izumio čovjek, rade s puno većom preciznošću nego što se to moglo i zamisliti. Možda se u matematičkim teorijama odmah ne vidi neki smisao, no one kad-tad dobivaju svoju primjenu.

4. LITERATURA

- [1] Gleizer, G. I.: Povijest matematike za školu, Školske novine i HMD, Zagreb, 2003.
- [2] Keček D.; Vuković P.: Matematika 1, Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, 2012.
- [3] Benko, L.: Iracionalni brojevi, Diplomski rad, Učiteljski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Odsjek u Čakovcu, 2010.
- [4] Kurepa, S.: Matematička analiza, II dio, Tehnička knjiga, Zagreb, 1980.
- [5] Krnić, L.; Šikić, Z.: Račun diferencijalni i integralni, I dio, Školska knjiga, 1992.
- [6] Blanuša, D.: Viša matematika, II dio, drugi svezak, Tehnička knjiga, Zagreb, 1965.

Kontakt autora:

Izv.prof.dr.sc. Predrag Vuković

Učiteljski fakultet Zagreb

Odsjek u Čakovcu

Dr. Ante Starčevića 55

40 000 Čakovec

predrag.vukovic@ufzg.hr

Damira Keček, dipl.ing.mat.

Sveučilište Sjever

Sveučilišni centar Varaždin

104. brigade 3

42 000 Varaždin

damira.kecek@unin.hr

Martina Benković, dipl.ing.mat.

Tehničko veleučilište u Zagrebu, vanjski suradnik

Vrbik 8

10 000 Zagreb

martina_benkovic@hotmail.com

Lucija Benko (student)

Učiteljski fakultet Zagreb

Odsjek u Čakovcu

Dr. Ante Starčevića 55

40 000 Čakovec

lucija.benko@gmail.com

PRIOLOG ANALIZI TROŠKOVA POUZDANOSTI

CONTRIBUTION TO THE RELIABILITY COSTS ANALYSIS

Branislav Bojanić, Veljko Kondić, Maja Gotal

Pregledni članak

Sažetak: U članku se prikazuje analiza troškova pouzdanosti za industrijska postrojenja i to za sve faze životnog vijeka s naglaskom na fazu projektiranja i razvoja, proizvodnju te fazu eksploatacije. Autori su prepoznali i utvrdili sve vidljive i nevidljive troškove te dali prikladne izraze za njihov izračun. U drugom dijelu rada pojašnjava se način njihove optimizacije i smanjenja. Rad na prikladan i jednostavan način pojašnjava vrlo značajno pitanje za sva industrijska postrojenja i tehničke sustave u cjelini, odnosno troškove u njihovom životnom vijeku.

Ključne riječi: industrijsko postrojenje, pouzdanost, troškovi

Subject review

Abstract: The paper gives the cost analysis of reliability for industrial plants for all the stages of life cycle with an emphasis on the design and development stage, the production stage, and the exploitation stage. The authors identified all the visible and invisible costs and provided appropriate expressions for their calculation. The second part explains the method of their optimization and reduction. The paper appropriately explains a very important issue for all industrial plants and technical systems in general, and the costs in their life cycle.

Keywords: industrial plant, reliability, costs

1. UVOD

Može se ustvrditi da su mnogi tehnički sustavi planirani, projektirani, proizvedeni i rade bez uzimanja u obzir troškova životnog ciklusa. Obično se troškovi razmatraju u fazi razvoja samo fragmentarno. Ako se razmatraju ekonomski aspekti tehničkog sustava, mora se sagledati cjelokupni trošak u svim fazama životnog ciklusa.

Ukupne troškove tehničkih sustava treba promatrati s aspekta eksploatacije i rada. Ako se ne vrše spomenute analize, troškovi eksploatacije su obično veći od očekivanih. Prema navodima prof. Blancharda, loše upravljanje i planiranje može se usporediti s efektom „ledenog brijega“ koji pliva u moru i kod kojeg je vidljiv samo manji dio (slika 1).



Slika 1. Efekt „ledenog brijega“ [1]

Ako se analizira slika 1, može se konstatirati da su:

1. Vidljivi dio:

- troškovi nabave, bez obzira kupuje li se ili razvija tehnički sustav (istraživanje, projekt, ispitivanje, proizvodnja)

2. Nevidljivi dio:

- troškovi distribucije i rukovanja,
- pogonski troškovi (kapaciteti, energija, oprema i dr.),
- troškovi edukacije (edukacija serviseri i operatera),
- troškovi održavanja i remonta (preventivno i korektivno servisiranje),
- troškovi tehničke dokumentacije (upute, priručnici, katalozi, prospekti i dr.),
- troškovi zaliha (rezervni dijelovi, potrošni i repromaterijal, ambalaža)
- troškovi rashodovanja (troškovi vezani za rashod, odnosno otuđenje tehničkog sustava).

2. TROŠKOVI ŽIVOTNOG CIKLUSA

Pod životnim ciklusom tehničkog sustava podrazumijeva se vremenski period od trenutka definiranja potreba korisnika (zadatak), do definiranja tehničkih, tehnoloških i funkcionalnih zahtjeva, planiranja, istraživanja, projektiranja, razvoja, proizvodnje, verifikacije, eksploatacije i rashodovanja [1].

Prirodno je da svaku od ovih faza prate i određeni troškovi. Tako definirane troškove nazivamo ukupnim troškovima životnog ciklusa tehničkog sustava.

Na slici 2 prikazane su osnovne faze razvoja i aktivnosti u životnom ciklusu tehničkog sustava.

Troškovi životnog ciklusa mogu se, načelno, izraziti formulom (1):

$$T = T_R + T_P + T_E$$

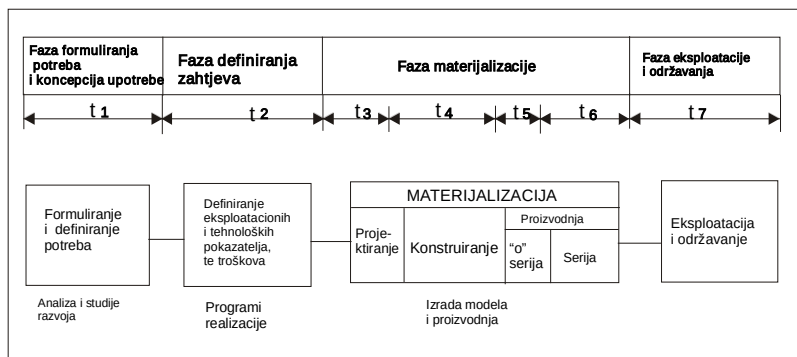
(1)

gdje su:

T_R - troškovi istraživanja i razvoja

T_P - troškovi proizvodnje

T_E - troškovi eksploatacije i održavanja.



Slika 2. Osnovne faze razvoja i aktivnosti u životnom ciklusu tehničkog sustava [1]

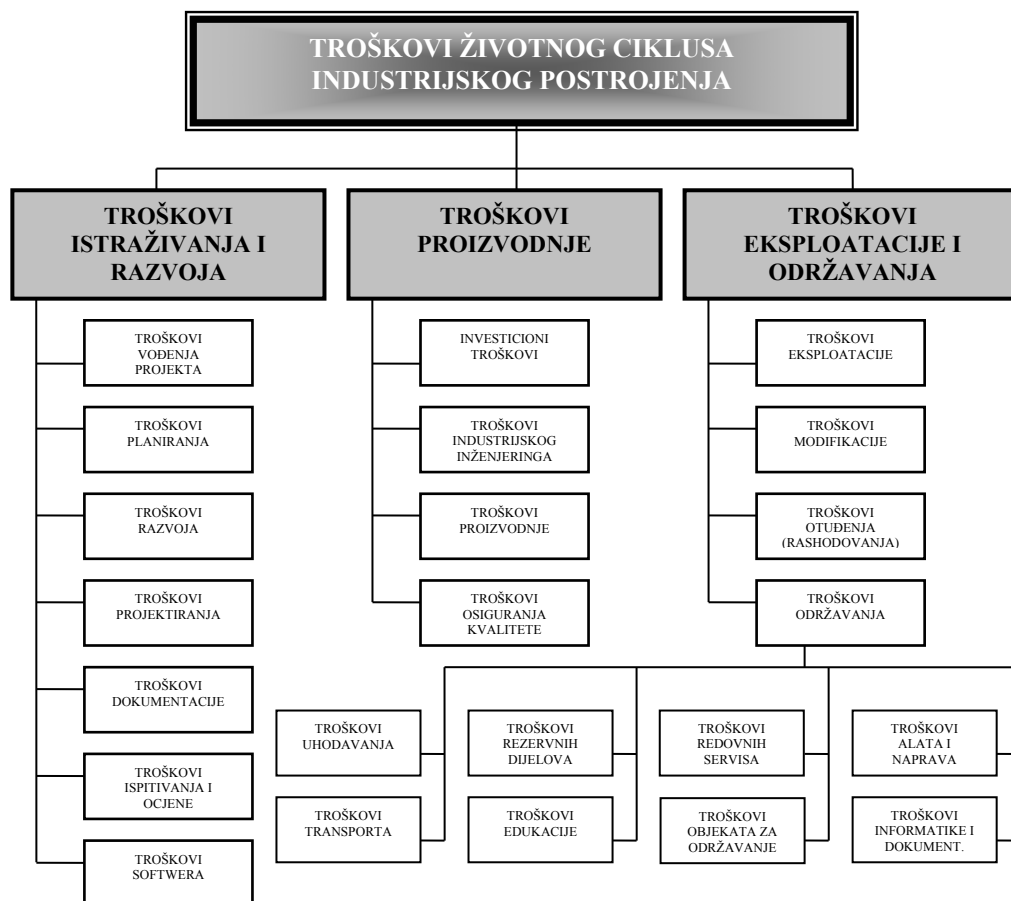
Praksa pokazuje da se tako jednostavan izraz može raščlaniti na više vrsta troškova koji postoje u životnom ciklusu tehničkog sustava (slika 3).

Povezivanje svih navedenih troškova tijekom životnog ciklusa tehničkog sustava pomaže nam:

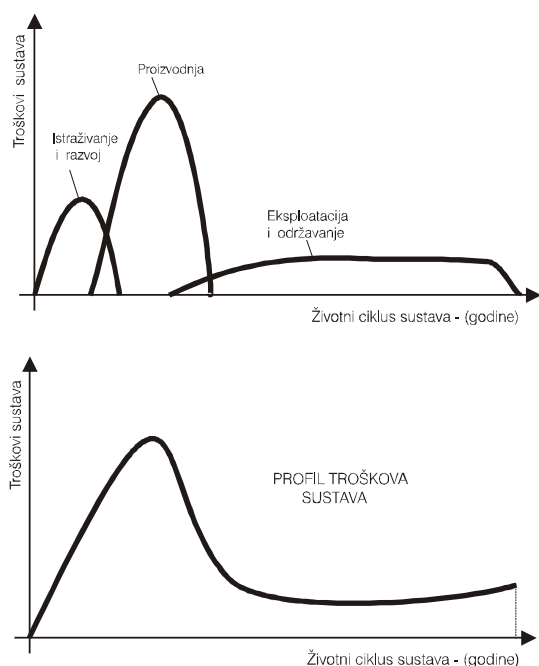
- da pravovremeno sagledamo, pored operativnih parametara i performansi, koliko će nas te performanse koštati,
- da efikasnost tehničkog sustava svedemo na troškovni princip (Life cycle cost efficiency),

- da se novčana sredstva racionalno i planski troše.

Osim općih napomena navedenih pod točkom 1, a u vezi s razmatranjem troškova prilikom razvoja, te gledanjem na ove troškove s aspekta proizvođača i s aspekta kupca, potrebno je izvršiti detaljnu analizu svih troškova u životnom ciklusu tehničkog sustava. Slike 3 i 4 prikazuju načelnu strukturu i odnos troškova koje treba analizirati.



Slika 3. Troškovi u životnom ciklusu tehničkog sustava [1]



Slika 4. Odnos troškova u životnom ciklusu sustava [1]

3. ANALIZA TROŠKOVA POUZDANOSTI

Kod analize troškova treba prepoznati troškove loše kvalitete tehničkog sustava, odnosno troškove niskog nivoa pouzdanosti.

Ako želimo definirati troškove loše kvalitete, na vrlo jednostavan način možemo reći da je loša kvaliteta sve ono što ima svoju cijenu i nije dobro urađeno iz prvog pokušaja.

Troškovi loše kvalitete sadrže, prije svega, direktne troškove. Dakle, ono što se može procijeniti, odnosno ono što se može direktno izmjeriti. Sastoje se od troškova: škarta, popravaka, reklamacija, superrevizije i dr.

Navedenim direktnim troškovima, važno je dodati indirektno, a to su troškovi koji se ne mogu predvidjeti, kao što su troškovi vezani za gubitak imidža firme, nepredviđeno povećanje cijena, i sl.

Ako želimo imati uvid u ukupne troškove loše kvalitete, svakako treba zbrojiti direktne i indirektno troškove. U brošuri koju je objavila Industrija za astronautiku navodi se da ukupne troškove možemo dobiti tako da direktne troškove pomnožimo s koeficijentom 3. Istraživanja koja su provedena 1975. god. u 64 poduzeća u SAD-u, a u vezi s troškovima loše kvalitete, pokazala su da direktne troškove loše kvalitete treba pomnožiti koeficijentom 5 kako bi se dobili ukupni troškovi [1].

3.1. Troškovi loše kvalitete

U razvijenim zemljama tendencija je da se troškovi loše kvalitete procjenjuju. Tako je J. C. Watrin, direktor službe za kvalitetu Alisthom Atlantique, prve procjene u velikim francuskim poduzećima izvršio 1982. godine. Njegove procjene pokazuju da su troškovi loše kvalitete činili od 15 do 20% ukupnog prometa. Druge procjene koje su vršene u francuskim poduzećima također ukazuju

da se troškovi loše kvalitete kreću od 15 do 25% ukupnog prometa. Nedavno je jedno francusko poduzeće električne industrije, koje se može uzeti kao model po svojoj organizaciji i poslovanju, procijenilo da njeni troškovi loše kvalitete iznose oko 30% ukupnog prometa [1].

S druge strane, prema neslužbenim informacijama, u japanskim poduzećima troškovi loše kvalitete čine 5% od ukupnog prometa. Iako je teško povjerovati u ovu tvrdnju, poznato uspješno poslovanje japanskih firmi to potkrepljuje.

Bez obzira koliko iznose navedeni troškovi, na njih se može djelovati i oni se mogu smanjiti. Prvi primjer koji to pokazuje navodi dr. Juran. Riječ je o američkom proizvođaču televizijskih uređaja kojeg su kupili Japanci.

Početna situacija, 1974. god. bila je sljedeća:

- broj kvarova na sto gotovih uređaja se kretao od 150 do 180,
- broj radnika koji je radio u kontroli i na doradi bio je 120,
- troškovi reklamacija u garantnom roku iznosili su 22 milijuna dolara.

Japanci su primijenili svoju tehniku poboljšanja kvalitete i tri godine poslije (1977.) situacija je izgledala znatno drugačije [2]:

- broj kvarova na sto gotovih uređaja bio je 3 do 4,
- broj radnika koji je radio u kontroli i na doradi bio je 8 do 16,
- troškovi intervencija u garantnom roku iznosili su 4 milijuna američkih dolara.

To nije bilo sve. U 1980. god. kada je i dr. Juran obavio posjet konkretnoj firmi, rezultati su bili daleko bolji od upravo navedenih, s tendencijom smanjenja troškova loše kvalitete. Suština iznijetog primjera je da se na troškove loše kvalitete može djelovati samo pod uvjetom da se troškovi prepoznaju te da postoji volja i politika posloводства firme usmjerena na njihovo smanjenje.

Drugi primjer je iz Francuske, a navodi ga stručnjak za kvalitetu Watrin. On je želio saznati mogu li se japanske metode primijeniti u Francuskoj, i to u tvornicama koje nemaju serijsku proizvodnju. Godine 1982. izvršio je ispitivanja u ljevaonici grupacije Alisthom Atlantique. Rezultati pokusa provedenih 6 mjeseci kasnije su pokazali da elementi koji su dobiveni lijevanjem imaju poboljšan stupanj kvalitete za 4, a ukupne uštede su iznosile 20%.

Oba primjera nam govore da se radilo o lošoj kvaliteti proizvoda, odnosno niskom nivou pouzdanosti. Kako bi se nivo pouzdanosti podigao, potrebno je ostvariti određena poboljšanja koja se ogledaju u sljedećem:

- reorganizaciji poslovanja
- novim metodama rada, odnosno tehnologiji,
- osiguranju kvalitete podignutom na viši stupanj,
- investicijskim ulaganjima i dr.

U skladu s prikazanim, mogu se postaviti pitanja: Kolika je cijena tih poboljšanja i koje su sve investicije potrebne?

Iskustva pokazuju da su investicije u kvalitetu vrlo rentabilne, ali ako se pravilno usmjere. Smatra se da niti jedna investicija u ljude nije previsoka. Ulagati u ljude, odnosno njihovu edukaciju, je investiranje koje prepoznaju uspješni menadžeri. O ljudima sve ovisi, oni su planeri, organizatori, izvođači, kontrolori itd. Bez njih je nemoguće zamisliti bilo koji poslovni ili tehnološki proces. U kombinaciji s drugim čimbenicima proizvodnje, ljudi su ti koji materijaliziraju sve procese proizvodnje.

Na drugoj strani su kupci koji zahtijevaju od proizvođača kvalitetne i pouzdane proizvode.

Često se ugovorom između kupca i proizvođača (dobavljača) reguliraju troškovi životnog ciklusa tehničkog sustava u kojem kupac može postaviti sljedeće zahtjeve:

- a) da se realiziraju minimalni troškovi u fazama razvoja i proizvodnje;
- b) da se realiziraju minimalni troškovi podrške vezane za servisiranje;
- c) da se realiziraju minimalni troškovi tijekom cjelokupnog životnog ciklusa.

Prvi zahtjev podrazumijeva relativno niske razine pouzdanosti i pogodnosti za servisiranje, što se nužno odražava na visoke troškove održavanja i tehničke podrške, uslijed velikog broja rezervnih dijelova i potrebnih intervencija koje su posljedica povećanog broja kvarova.

Drugi pristup uključuje niske troškove servisiranja. Međutim, ovaj pristup poskupljuje zbog povećanih troškova za vrijeme razvoja i proizvodnje, kako bi se postigle visoke razine pouzdanosti i pogodnosti za servisiranje.

Treći zahtjev daje minimalne troškove tijekom životnog ciklusa i tu se može naći optimalni nivo.

Vidi se da pri povećanju pouzdanosti troškovi eksploatacije opadaju, ali zato troškovi razvoja i proizvodnje rastu. Slično se događa i s analizom pogodnosti za servisiranje.

3.2. Troškovi pouzdanosti

Kako je već rečeno, pouzdanost je čimbenik kvalitete i njen porast ili pad ima direktan utjecaj na kvalitetu tehničkog sustava, što znači da pouzdanost ima svoju cijenu. Uz trošak pouzdanosti se vežu dva najčešća stajališta:

1. „Trošak pouzdanosti je nemoguće odrediti“

Trošak pouzdanosti predstavlja mjerljiv iznos. Istina je da će proračun troškova od proizvođača tehničkih sustava zahtijevati uzimanje u obzir niz čimbenika i da je to proces koji uvijek treba provoditi.

Proizvođači tehničkih sustava koji prihvaćaju ovo stajalište obično pouzdanosti i kvaliteti pristupaju općenito „intuitivno“. Budući da ne raspolažu stvarnim podacima i elementima koji pokazuju pouzdanost, zaključci i odluke su često pogrešni.

Valja napomenuti da se velik broj stručnjaka iz područja kvalitete slaže da je trošak pouzdanosti, odnosno kvalitete, ipak moguće odrediti.

2. „Pouzdanost je skupa“

Razumljivo, visok zahtjev za pouzdanost bilo kojeg uređaja ima i svoju cijenu. Međutim, zadatak menadžmenta je upravo u tome da umanji cijenu pouzdanosti. Ako uspiju to realizirati kroz svoje aktivnosti onda se uspješno mogu nositi s konkurencijom. Ne smije se zaboraviti da upravo konkurencija određuje cijenu kvalitete, nudeći uvijek nešto više i bolje. Kupac prihvaća ono što mu je povoljnije. Upravo ta bespoštedna borba s konkurencijom vodi razvoju sve pouzdanijih i boljih tehničkih sustava. Troškove i pouzdanost treba uskladiti u cilju optimizacije želja kupaca i proizvođača.

Troškovi pouzdanosti se najčešće prate uz ostale troškove kvalitete i poželjno ih je upravo tako i promatrati. Prema Američkoj asocijaciji za kvalitetu, troškovi kvalitete se dijele na [3]:

- troškove preventivne,
- troškove ocjene kvalitete,
- troškove unutarnjih gubitaka i
- troškove vanjskih gubitaka.

3.3. Kontinuirano praćenje troškova kvalitete

Kako bi se moglo intervenirati na troškove kvalitete, potrebno ih je kontinuirano pratiti. Za praćenje tih troškova preporuča se sljedeći pristup koji obuhvaća [1,4]:

1. formiranje radnog tima za praćenje troškova pouzdanosti,
2. snimanje i konstataciju trenutnog stanja,
3. izbor parametara za praćenje troškova pouzdanosti,
4. uspostavu programa praćenja troška pouzdanosti,
5. analiziranje učinka sustava za praćenje troškova pouzdanosti na ukupnu kvalitetu i na ukupne troškove poslovanja.

3.3.1 Formiranje radnog tima za praćenje troškova pouzdanosti

U ovaj tim treba uključiti operativne menadžere, konstruktore, inženjere za pouzdanost, kontrolore, djelatnike iz računovodstva te ostale djelatnike prema potrebi i konkretnim prilikama. Tim treba formirati i organizirati prema svim zahtjevima koji se postavljaju pred grupu zaduženu za obavljanje nekog važnijeg zadatka. Za uspješno izvršenje zadatka vrlo je važan timski rad. To znači da taj tim treba imati maksimalno određene zadatke, vođu, vrijeme rada i drugo.

3.3.2 Snimanje i konstatacija trenutnog stanja

Ovo je faza kada tim počinje s radom. Metode rada su različite. Obično se počinje s intervjuima glavnih menadžera, a završava s prikupljenim podacima iz računovodstva i drugih pomoćnih službi. Anketa je često korištena metoda koja se primjenjuje za snimanje trenutnog stanja.

Podaci i informacije se prikupljaju:

- iz računovodstvenih lista,
- iz standarda i normativa,
- iz tehničkih tablica i preporuka vodećih proizvođača,

- iz ugovora i zahtjeva kupaca,
- iz knjige reklamacija prema dobavljačima,
- iz knjige reklamacije kupaca,
- iz prospekata i kataloga,
- intervjuima i anketama raznih djelatnika,
- intervjuima i anketama kupaca i dr.

U ovoj bi fazi tim morao raspolagati s ukupnim troškovima pouzdanosti, troškovima pouzdanosti komponenata, strategijom za povećanje pouzdanosti, brojem reklamacija kupaca, najčešćim kvarovima, rezultatima ispitivanja i verifikacije itd.

Taj posao je veoma opsežan i zahtijeva veliki fizički napor tima. Zbog toga njegove akcije moraju biti pravilno isplanirane, vođene i koordinirane. U ovoj fazi do izražaja dolazi sposobnost vođe tima.

Bez obzira kako i na koji način se vrši snimanje stanja, cilj je doći do objektivnih informacija i podataka koji se odnose na troškove pouzdanosti, odnosno kvalitete, kako bi se na temelju toga moglo konstatirati trenutno stanje.

Zašto je potrebno konstatirati trenutno stanje? Razloga ima više, a najvažniji su:

- utvrđivanje polazne baze za rad tima,
- utvrđivanje objektivne istine o troškovima,
- dobivanje mogućnosti usporedbe polaznog i konačnog rješenja.

3.3.3 Izbor parametara za praćenje troškova pouzdanosti

Radni tim bi morao u svakoj kategoriji i svakom odjelu ili području rada identificirati parametre koji utječu na trošak pouzdanosti. Parametri moraju imati značajni utjecaj na trošak pouzdanosti i biti lako prepoznatljivi.

Radni tim može utvrditi da je broj reklamacija od strane kupaca velik i da se skoro na svaku reklamaciju kupca intervenira odlaskom kod klijenta i određenim aktivnostima na samom sustavu. U tome je slučaju svakako parametar za praćenje spomenutih izdataka trošak. To uključuje, odlazak kod klijenta i trošak servisiranih ili zamijenjenih rezervnih dijelova ili jednostavno trošak reklamacije.

3.3.4 Uspostava programa praćenja troška pouzdanosti

Kad se jednom odaberu parametri (kriteriji i mjerila), treba pratiti osnovne vrijednosti troškova. U ovoj se fazi evidentiraju gotovo svi troškovi koji se pojave, od trenutka razvoja do rashodovanja tehničkog sustava.

Pri navedenoj aktivnosti treba angažirati službu financija i računovodstva te korištenjem adekvatnih programskih paketa evidentirati sve parametre vezane za pouzdanost.

Tehnika koju usvaja velik broj poduzeća je „Obračun troškova zasnovan na aktivnostima“ (Activity based Cost Accounting ili ABC) [4].

3.3.5 Analiziranje učinka sustava za praćenje troškova pouzdanosti na ukupnu kvalitetu i na ukupne troškove poslovanja

Ako su sve prethodno navedene faze korektno provedene, onda se u ovoj fazi mogu donositi korisni zaključci koje treba primijeniti u vezi s pouzdanošću komponenata i sustava u cjelini. Zaključke treba donositi na bazi činjenica i stvarnih pokazatelja, a ne na bazi pretpostavki i nagađanja.

U poduzeću svjetskog ugleda Motorola Corporation su izračunali da su poboljšanja pouzdanosti i kvalitete tijekom godine donijela uštedu od 950 milijuna dolara. To pokazuje da se kvalitetom više štedi nego troši [1].

4. OPTIMIZACIJA TROŠKOVA POUZDANOSTI

Razine pouzdanosti industrijskih postrojenja uvijek su u korelaciji s troškovima. U tome smislu, za bilo koji uspješno projektirani sustav treba s visokom pouzdanošću predvidjeti ekonomsku isplativost. Ponekad će dva proizvoda niže pouzdanosti biti bolje rješenje od jednog pretjerano skupog proizvoda visoke pouzdanosti. Naravno, u praksi ima situacija kad je ekonomski aspekt svjesno zanemaren i kad se određeni tehnički sustav proizvodi bez obzira na njegovu ukupnu cijenu. Takvi i slični slučajevi najčešće su karakteristični za velike sustave, povezane uz nacionalne interese.

Kod analize i optimizacije troškova pouzdanosti najvažnije je naći optimalni nivo pouzdanosti pri kojem su nabavna cijena proizvoda, troškovi eksploatacije i troškovi održavanja minimalni. Na te troškove kupci i proizvođači gledaju različito. Ako su troškovi za određenu pouzdanost proizvoda minimalni, smatra se da je to optimalni nivo pouzdanosti za proizvođača. Isto tako, postoji i pouzdanost za koju su ukupni troškovi kupca ili korisnika minimalni. Spomenuta dva optimalna nivoa pouzdanosti nemaju jednake vrijednosti.

Prilikom razvoja tehničkog sustava teži se optimalnoj razini pouzdanosti koju treba realizirati uz minimalne troškove. Ova veza između pouzdanosti i troškova pouzdanosti može se predstaviti jednadžbom (2):

$$T_R = k_1 + k_2 \cdot \ln \bar{T}_{uk} \quad (2)$$

gdje su:

T_R – troškovi pouzdanosti

$\bar{T}_{uk}$ – srednje vrijeme između kvarova

k_1 i k_2 – konstante koje se određuju na osnovi podataka i informacija o troškovima razvoja nekog sličnog tehničkog sustava za određenu specificiranu vrijednost pouzdanosti.

Ako pretpostavimo da će tehnički sustav raditi u tzv. korisnom periodu rada (period s konstantnim intenzitetom kvara), onda $\bar{T}_{uk}$ ima konstantnu vrijednost i pouzdanost R se može računati kao (3):

$$R = e^{-\frac{t}{\bar{T}_{uk}}} \quad (3)$$

Za visoke vrijednosti pouzdanosti ili za velike vrijednosti srednjeg vremena između kvarova, pouzdanost se može računati kao (4):

$$R = 1 - \frac{t}{T_{uk}} \quad (4)$$

gdje t predstavlja vrijeme za obavljanje konkretnog posla (zadatka).

Kvarovi su neizbježna pojava u eksploataciji industrijskih postrojenja. Ta pojava je nepoželjna, jer izaziva određene gubitke u poslovanju. Sve gubitke koje izazivaju kvarovi moguće je prikazati pomoću relacije (5):

$$T_G = T \cdot N \cdot (1 - R) \quad (5)$$

gdje je:

T_G – trošak uslijed nastalih gubitaka

N – broj zadataka

T – trošak za izvršenje određenog zadatka.

Na temelju izraza (2) i (5) moguće je izračunati ukupni trošak (6):

$$T_u = T_R + T_G \quad (6)$$

Zamjenama preuzetima iz izraza (2) i (5) dolazi se do novog izraza (7):

$$T_u = k_1 \cdot \ln \bar{T}_{uk} + k_2 + T \cdot N \cdot (1 - R) \quad (7)$$

Za pronalaženje optimalnog srednjeg vremena između kvarova $\bar{T}_{uk}$, odnosno onog srednjeg vremena između kvarova koje odgovara minimalnom trošku, potrebno je diferencirati izraz (7) u odnosu na $\bar{T}_{uk}$, te ga izjednačiti s nulom i riješiti po $\bar{T}_{uk}$ (8).

$$\frac{dT_u}{d\bar{T}_{uk}} = \frac{k_1}{\bar{T}_{uk}} - T \cdot N \cdot \frac{dR}{d\bar{T}_{uk}} = 0 \quad (8)$$

Za velike vrijednosti pouzdanosti ili za velike vrijednosti srednjeg vremena između kvarova izraz (3) se može razviti u red i na taj način dolazi se do izraza za R koji daje dovoljno točan rezultat za praktičnu upotrebu (9).

$$R = 1 - \frac{t}{\bar{T}_{uk}} \quad (9)$$

Daljnijim obradama dolazi se do (10):

$$\frac{dR}{d\bar{T}_{uk}} = -\frac{t}{\bar{T}_{uk}^2} \quad (10)$$

Ako se izvrši zamjena ovog izraza u izrazu (5), dolazi se do (11):

$$\frac{k_1}{\bar{T}_{uk}} \cdot T \cdot N \cdot \frac{t}{\bar{T}_{uk}^2} = 0 \quad (11)$$

Optimalno srednje vrijeme između kvarova računa se kao (12):

$$\bar{T}_{uk} = \frac{T \cdot N \cdot t}{k_1} \quad (12)$$

gdje je:

T – trošak za izvršenje određenog zadatka

N – broj zadataka.

Praksa nam pokazuje da je za određenu komponentu koja ima velik intenzitet kvara često nemoguće daljnje povećanje nivoa pouzdanosti, a istovremeno se ne mogu ublažiti uvjeti eksploatacije. U ovakvim slučajevima se najčešće koristi multipliciranje, tj. umjesto jedne ugrađuju se dvije ili više komponenata, tako da zajedno imaju veću razinu pouzdanosti, a time i manji intenzitet kvarova.

Multipliciranje komponenata u nekom sklopu svakako je pozitivna stvar, ali ima svoju cijenu. Povećanjem ovih troškova postavlja se logičko pitanje: Koliko su ti troškovi opravdani? Stoga se mora analizirati gubitak novčanih sredstava zbog svakog kvara, paralelno s troškovima vezanim uz multipliciranje komponenata.

Iz navedenih razloga optimalnost broja komponenata je jako bitna, a za njen izračun koristi se izraz (13) [1]:

$$n = \frac{\ln \left[\frac{\frac{K}{T \cdot N}}{\ln \left(1 - e^{-\frac{t}{\bar{T}_{uk}}} \right)} \right]}{\ln \left(1 - e^{-\frac{t}{\bar{T}_{uk}}} \right)} \quad (13)$$

gdje je:

n – optimalni broj komponenata

N – broj zadataka ili operacija koje treba izvršiti

C – troškovi izvršenja jedne operacije ili zadatka

T – vrijeme za realizaciju

$\bar{T}_{uk}$ – srednje vrijeme između kvarova

K – trošak za izradu jedne komponente.

U sljedećim primjerima pokazuje se način izračuna pouzdanosti i optimalni broj elemenata na sustavu kad su poznati podaci o troškovima pouzdanosti i njegovim aktivnostima.

Ukupni su troškovi pouzdanosti $T_R = 2\,500\,000$ eura za industrijsko postrojenje koje treba obaviti neki zadatak $N=100$ puta. Iz podataka o sličnim proizvodima utvrđeno je $k_1=10\,000$ eura i da je vrijeme potrebno za izvršenje zadatka $t=2$ sata. Potrebno je izračunati pouzdanost za opisano projektirano postrojenje.

Prvo je potrebno izračunati trošak izvođenja jednog zadatka T (14):

$$T = \frac{2.500.000}{100} = 25.000 \text{ eura} \quad (14)$$

Ako se iskoristi izraz (12), može se izračunati srednje vrijeme između kvarova (15):

$$\bar{T}_{uk} = \frac{25.000 \cdot 100 \cdot 2}{10.000} = 500 \text{ sati} \quad (15)$$

Na temelju izraza (3) izračunava se optimalna pouzdanost za ovo postrojenje (16):

$$R = e^{-\frac{2}{500}} = 0,996 \quad (16)$$

U drugom slučaju treba se odlučiti za optimalan broj elemenata ako je poznato: vrijeme za izvršenje funkcije $t=2$ sata, troškovi za izvršenje jedne funkcije (zadatka) $C=25\,000$ eura, broj zadataka koje treba izvršiti $N=10$, pritom je trošak izrade jednog elementa, uz srednje vrijeme između kvarova $\bar{T}_{uk}=50$ sati, $K=10\,000$ eura. Za rješavanje problema (17) upotrijebljen je izraz (13):

$$n = \frac{\ln \left[\frac{-10000}{25000 \cdot \ln \left(1 - e^{-\frac{2}{50}} \right)} \right]}{\ln \left(1 - e^{-\frac{2}{50}} \right)} = 1,36 \approx 1 \quad (17)$$

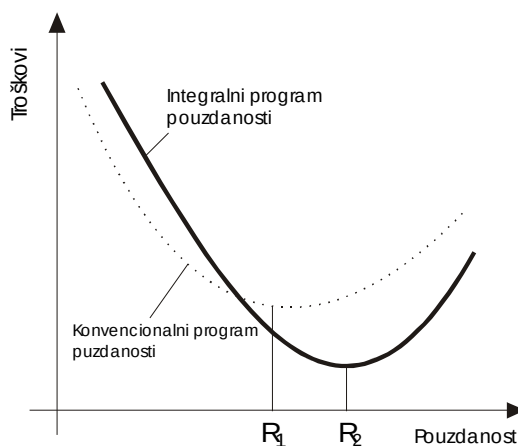
Analizom rezultata može se zaključiti da multipliciranje elemenata ne bi bilo ekonomski opravdano.

5. SMANJENJE TROŠKOVA

Vjerojatno ne postoji proizvođač tehničkih sustava koji nema za cilj smanjenje sveukupnih troškova. Ovaj cilj moguće je postići primjenom tzv. integralnog programa pouzdanosti koji se zasniva na osnovnim principima pouzdanosti. To je program koji koordinira napore za podizanje pouzdanosti u svim fazama životnog ciklusa jednog tehničkog sustava.

Promatrana ideja integralnog programa pouzdanosti prikazana je na slici 5, gdje krivulja nacrtana punom crtom pokazuje da takav program može podići optimalni nivo pouzdanosti, a da se u isto vrijeme ukupni troškovi kupca mogu smanjiti.

Ovim se programom mora osigurati da svi zahtjevi pouzdanosti tijekom istraživanja, razvoja, ispitivanja i verifikacije, proizvodnje, kontrole, pakiranja, transporta i isporuke budu zadovoljeni, a ako je moguće i premašeni. Kako bi se postigao taj cilj, koncept pouzdanosti s pripadajućim osnovnim principima mora se primijeniti od samog početka.



Slika 5. Integralni program pouzdanosti [1]

Program mora rezultirati:

- smanjenjem potrebnog broja sastavnih elemenata,
- boljim rasporedom sastavnih elemenata u tehničkom sustavu,
- izborom kvalitetnijeg materijala,
- prikladnijim odabirom odnosa između radnog i kritičnog opterećenja pri konstruiranju novih elemenata,
- korištenjem metoda statistike i teorije vjerojatnosti kako bi se odabrale optimalne razdiobe radnog i kritičnog naprezanja,
- izradom kontrolnih lista kojima se otkrivaju moguće greške u konstrukciji i kojima se signaliziraju eventualna poboljšanja u konstrukciji, što doprinosi optimalnoj pouzdanosti.

Nivo pouzdanosti predviđen konstrukcijom veoma je dragocjen za donošenje odluka. Primjerice, ako se iz eksploatacije uređaja za hlađenje napitaka dobiju izvješća o pojavi kvara, odmah se izračunava intenzitet kvara elemenata koji su otkazali i uspoređuju s nivoom pouzdanosti (intenzitetom kvara) predviđenim konstrukcijom. Ako je izračunani intenzitet kvara mnogo manji od onog predviđenog konstrukcijom, svi kvarovi spadaju u statistički očekivane i nema razloga za zabrinutost. S druge strane, u slučaju da je izračunani intenzitet kvara mnogo veći, to je signal za korektivnu akciju koju treba što prije poduzeti.

6. ZAKLJUČAK

Ukupni troškovi pouzdanosti, promatrani odvojeno, ne moraju izazvati nikakvu pozornost. Ta suma može biti velika, ali takva je i lista ukupnih troškova poslovanja, ukupnih troškova kupljenog materijala itd. Kada se nekom menadžeru pokaže takav pregled, najčešće njegovo pitanje glasi: Je li to loše ili dobro? Bez obzira koji je odgovor u konkretnom slučaju, uvijek treba dati objašnjenje u smislu zašto je nešto dobro ili loše. Ako je odgovor negativan onda treba dati prijedlog što treba poboljšati.

Troškove pouzdanosti najjednostavnije je tumačiti metodom usporedbe s poznatim podacima preuzetim od konkurencije. Međutim, do takvih podataka je vrlo teško doći iz više razloga: konkurencija ne želi svoje podatke dati u javnost; razlike u poslovanju i veličini poduzeća; razlike u sustavu vođenja računovodstva; razlike u organizaciji poslovanja itd. Do sada su ovakve prepreke u znatnoj mjeri utjecale na stvaranje otpora za vođenje stvarno korisnih analiza.

Drugi značajniji pristup u tumačenju troškova pouzdanosti je izračun onoga što se smatra troškovima „koji se mogu izbjeći“.

Treći pristup tumačenju je procjena koliko troškovi pouzdanosti mogu biti ekonomski umanjeni. Prema mišljenju J.M. Jurana, troškovi pouzdanosti se u većini slučajeva mogu prepoloviti.

Za čitatelje koji se budu profesionalno bavili ovom problematikom predlaže se korištenje stručne literature iz teorije troškova i njihova veza za ostvarenje optimalnog nivoa pouzdanosti. Treba naglasiti da će praksa uvijek

biti kompromis između teorije troškova i učinka koji se želi postići.

7. LITERATURA

- [1] Kondić, Ž., Maglić, L., Samardžić, I., Čikić, A.: Pouzdanost industrijskih postrojenja, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, 2011.
- [2] Ishikawa, K.: Kako celovito obvladovati kakovost, Japanska pot, Tehnička založba Slovenije, Ljubljana, 1989.
- [3] Skoko, H.: Ekonomija kvalitete u izradbi obzirom na konformnost proizvoda, Strojstvo 36/94, Zagreb, 1994.
- [4] Gašparović, V.: Uvod u ekonomiku i organizaciju proizvodnje, Informator, Zagreb, 1984.

Kontakt autora:

Mr.sc. Branislav Bojanić

Pula parking d.o.o.

Prilaz kralja Salomona 4

52100 Pula

branislav.bojanic@pulaparking.hr

Veljko Kondić, mag.ing.mech.

Sveučilište Sjever

Sveučilišni centar Varaždin

104. brigade 3

42000 Varaždin

veljko.kondic@unin.hr

Maja Gotal, MBA

Sveučilište Sjever

Sveučilišni centar Varaždin

104. brigade 3

42000 Varaždin

maja.gotal@unin.hr

INTERNA PROSUDBA U SUSTAVU OSIGURAVANJA KVALITETE VISOKOG OBRAZOVANJA NA PRIMJERU VISOKE TEHNIČKE ŠKOLE U BJELOVARU

INTERNAL AUDIT OF THE QUALITY ASSURANCE SYSTEM IN HIGHER EDUCATION ON THE EXAMPLE OF TECHNICAL COLLEGE IN BJELOVAR

Stjepan Golubić, Tatjana Badrov, Živko Kondić

Stručni članak

Sažetak: U radu se prikazuju osnove ustroja sustava osiguravanja kvalitete u visokoškolskim institucijama te mjesto i uloga internih prosudbi u njegovom funkcioniranju. Nadalje se detaljnije razrađuje proces interne prosudbe i postupci za njegovu praktičnu primjenu na primjeru jedne visokoškolske institucije.

Ključne riječi: prosudba, interna prosudba, visoko obrazovanje, sustav osiguravanja kvalitete

Professional paper

Abstract: This paper gives the basics of the structure of quality assurance system in higher education institutions and the place and role of the internal audits in its functioning. It further elaborates the process of internal audit and the procedures for its practical application on the example of a higher education institution.

Key words: audit, internal audit, higher education, quality assurance system

1. UVOD

Unutar Bolonjskog procesa, važnost pojma kvalitete neprestano raste. Postupci povezani s procesom osiguravanja kvalitete unutar Europskog prostora visokog obrazovanja postaju sve kompleksniji i sofisticiraniji. Visoka učilišta se potiče na posvećivanje osobite pozornosti praćenju, provjeravanju i vrednovanju svih aspekata svoje djelatnosti te uspostavi usporedivih kriterija procjene i pripadnih metodologija. Sve ovo vodi se kao preduvjet izgradnji cjelovitih sustava osiguravanja kvalitete.

Izgradnja sustava za osiguravanje kvalitete na visokim učilištima postavljena je kao nužnost i jedan od ciljeva Bolonjske reforme. Ovako postavljeni cilj potaknuo je mnoge rasprave o specifičnostima sustava osiguravanja kvalitete u prostoru visokog obrazovanja, promatrane u odnosu na sustave osiguravanja kvalitete u proizvodnim djelatnostima kao i druge rasprave vezane uz njegovu organizaciju, verificiranje i potrebne resurse za implementaciju, održavanje i poduzimanje stalnog poboljšavanja [1].

U središtu sustava osiguravanja kvalitete na visokoškolskim učilištima sve se više koristi pojam kulture kvalitete. Riječ je o pojmu koji prenosi ideju kvalitete kao zajedničke vrijednosti i zajedničke odgovornosti svih dionika visokoškolskih učilišta, uključujući ne samo nastavno nego i administrativno osoblje, studente, poslodavce, zainteresirane udruge, širu društvenu zajednicu i dr. Ovakvo shvaćanje kvalitete podrazumijeva i ugrađivanje kontinuiranog

poboljšavanja svih glavnih, upravljačkih i logističkih procesa na učilištu. Kvaliteta u ovom slučaju počiva na Demingovom principu PDCA gdje sve počinje planiranjem aktivnosti i njihovom realizacijom te kontrolom i poboljšanjem. Pojam kulture kvalitete podrazumijeva postavljanje studenta u centar svih zbivanja unutar učilišta. Kao direktno zainteresirana strana, očekuje se njegovo ushićenje i oduševljenje procesom izobrazbe i drugim procesima na učilištu. Iz tih se razloga zahtjeva njihovo aktivno učešće u svim djelatnostima učilišta kao i kritički osvrt. Osim toga, kultura kvalitete visokoškolskog učilišta podrazumijeva ustroj i preispitivanje svih aktivnosti s aspekta njihove kvalitete, učinkovitosti i efikasnosti. Ništa nije tako dobro da se ne bi moglo poboljšati. Sve je moguće unaprijediti samo je pitanje mjere i prioriteta. Prosudbe, nadzori, kontrole i analize u funkcioniranju sustava za osiguravanje kvalitete zauzimaju dominantno mjesto. Njihovi rezultati i zaključci postaju temelj za izradu planova kontinuiranih i skokovitih poboljšavanja. Ovaj se proces ponavlja i nikada ne prestaje.

Kad je riječ o operacionalizaciji ovako načelnog shvaćanja kulture kvalitete, valja reći da ipak postoje stanovite smjernice na koje se moguće osloniti u konkretnom djelovanju u visokoškolskim učilištima. U posljednje vrijeme može se primijetiti da se pojam osiguravanja kvalitete sve češće povezuje s konkretnim primjerima dobre prakse na nacionalnoj i na međunarodnoj razini, uz brojne poticaje da se kao temelj sustava usvoje Europski standardi i smjernice (ESG).

2. USTROJ SUSTAVA OSIGURAVANJA KVALITETE

Sustav osiguravanja kvalitete na visokoškolskim učilištima treba slijediti potrebe svih dionika uključenih u procese [2, 3]. Ovakva su razmišljanja prethodila usvajanju dokumenta „Standardi i smjernice za osiguravanje kvalitete u Europskom prostoru visokog obrazovanja“ („Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European higher Education Area“, ili skraćeno ESG). Ovaj je dokument izradila ENQA u suradnji s EUA-om, EURASHE-om i ESIB-om, a prihvatili su ga svi ministri nazočni na konferenciji u Bergenu 2005. godine [4].

Konkretno je riječ o dokumentu koji ne predstavlja popis zahtjeva što ih je potrebno ostvariti u sustavu obrazovanja, nego o vrlo široko postavljenim savjetima o standardima i mehanizmima koje bi trebalo ostvariti na visokoškolskim učilištima koje žele pripadati Europskom prostoru visokog obrazovanja (EHEA). Dokument se odnosi na tri područja osiguravanja kvalitete, i to:

1. Područje unutarnjeg osiguravanja kvalitete (uspostavlja se unutar učilišta visokog obrazovanja),
2. Područje vanjskog osiguravanja kvalitete (aktivnosti usmjerene na ono što bi trebalo izvana evaluirati u učilištima visokog obrazovanja,
3. Načini na koje bi trebalo provoditi aktivnosti vezane uz vanjsko osiguravanje kvalitete.

Suština i sama filozofija definiranja ESG je da se učilištima u Europskom prostoru visokog obrazovanja ne nude formalni i kruti zahtjevi nego da se ponude smjernice i sugestije o tome što je potrebno učiniti da bi se približile učinkovitom sustavu osiguravanja kvalitete. Na ovaj se način izbjeglo nametanje rješenja koja se u pojedinim tradicijama osjećaju kao strana ili neprikladna. S druge strane na taj se način željela naglasiti razlika između procesa osiguravanja kvalitete u visokom školstvu, u odnosu na one koji se provode u poslovnim organizacijama.

Prilikom ustroja sustava za osiguravanje kvalitete na načelima standarda i smjernica ESG treba imati u vidu sljedeće činjenice [1]:

- ESG ne propisuje procedure nego nudi mehanizme za ostvarivanje standarda koji bi trebalo stalno razvijati,
- Postupke osiguravanja kvalitete na visokoškolskom učilištu odlikuje neprestana potraga za specifičnim i kompleksnim rješenjima koja odgovaraju prirodi obrazovnog procesa,
- Prilikom implementacije standarda u visokoškolskim učilištima, u pravilu dolazi do otpora akademske zajednice,
- Zaposlenici i ostali dionici ignoriraju sustav osiguravanja kvalitete, sve dok ih se ne uspije uvjeriti u potrebu i vrijednosti uvođenja takvog sustava. U tom procesu uvjeravanja ESG standardi mogu odigrati ključnu ulogu, jer njihovo usvajanje ne znači inspekciju nego dijalog,
- Uspostavljanje sustava osiguravanja kvalitete prema ESG-u ponekad ugrožavaju političari koji žele brzo popravljati standarda,

- Primjena ESG-a sve se više koristi za usporedbu učilišta i njihovo rangiranje,
- ESG uzima u obzir nastavne procese kao i sve druge procese,
- Dio prepreka u primjeni ESG-a posljedica je stava unutar akademske zajednice, prema kojem se s Bolonjskom reformom humanistički ciljevi zamjenjuju političkim i ekonomskim,
- Bolonjski proces na principima ESG-a je segment „regulirane globalizacije“, koji zasad postoji jedino na europskom kontinentu.

Ustroj sustava za osiguravanje kvalitete na visokoškolskim učilištima moguće je temeljiti i na zahtjevima niza normi ISO 9000 [5]. Norme su univerzalnog tipa i namijenjene su za sve vrste, oblike i veličine organizacija. Mišljenja kompetentnih stručnjaka su podijeljena u pogledu primjene ISO standarda u visokoobrazovnim institucijama. Kreću se od njihovog odobravanja i oduševljenosti pa do potpunog podcjenjivanja i omalovažavanja. Istina je sigurno negdje između. Može se postaviti i logičko pitanje, kako to da je njihova primjena dobra u realnom gospodarstvu a u obrazovnim sustavima nije? Smisao postojanja obrazovnih učilišta je edukacija stručnjaka i znanstvenika koji će raditi u realnom gospodarstvu. Kad je to tako, onda i sustavi moraju biti kompatibilni, a njihovi sustavi za osiguravanje kvalitete moraju počivati na identičnim principima kvalitete. S druge strane, oni koji forsiraju primjenu ISO standarda ispred ESG-a također nemaju u potpunosti ispravan stav. Niz normi ISO 9000 ipak favorizira proizvodne sustave i u tom smislu njihova koncepcija, terminologija i zahtjevi su u potpunosti prilagođeni potrebama gospodarskih subjekata. Međutim, to ne isključuje njihovu primjenu u visokoškolskim učilištima uz određena isključenja [5]. Suština je u razumijevanju zahtjeva i njihovoj prilagodbi za procese obrazovanja.

Treći način ustroja, a koji se sve više javlja u našim visokoškolskim učilištima je ustroj sustava za osiguravanje kvalitete na integriranim načelima ISO standarda i standarda i smjernica ESG-a. I ovaj model ima svojih pristalica i protivnika. Pristalice naglašavaju sveobuhvatnost, temeljitost, jednoobraznost, sustavnost i druge prednosti, dok se protivnici uglavnom koncentriraju na opsežnu dokumentiranost i nepotrebnost precizno razrađenim kriterijima i mjerilima za praćenje uspješnosti.

Bez obzira na koji se model ustroja sustava osiguravanja kvalitete visokoškolsko učilište odluči, mora voditi računa da sustav pokriva područja [4]:

1. Strategije razvoja i postupke za osiguravanje kvalitete;
2. Odobranja, nadziranja i periodičnih pregleda programa i kvalifikacija;
3. Ocjenjivanja studenata;
4. Osiguranje kvalitete nastavničkog kadra;
5. Resursa za učenje i pomoć studentima;
6. Sustave informiranja;
7. Javno informiranje.

Osim navedenog, ustroj sustava osiguravanja kvalitete na visokoškolskim učilištima mora se temeljiti na načelima:

- Sustavnog pristupa;
- Procesnog pristupa;
- Uključivanja studenata;
- Zadovoljstvu svih dionika;
- Stalnog poboljšavanja;
- Cjeloživotnoj izobrazbi.

Prema Zakonu o osiguravanju kvalitete u znanosti i visokom obrazovanju između ostaloga uređeno je osiguravanje i unapređivanje kvalitete postupcima inicijalne akreditacije, reakreditacije, tematskog vrednovanja i vanjske neovisne periodične prosudbe unutarnjeg sustava osiguravanja kvalitete (audit) [2, 3].

Ustroj, funkcioniranje, održavanje i poboljšavanje sustava za osiguravanje kvalitete treba promatrati kao proces u kojem se prepoznaju sljedeće glavne aktivnosti [6, 7]:

- Pokretanje projekta SOK-a;
- Imenovanje Povjerenstva za kvalitetu;
- Orijentacija Povjerenstva za kvalitetu;
- Edukacija članova Povjerenstva i svih dionika;
- Dokumentiranje SOK-a;
- Odobranje i objava dokumenata;
- Interna prosudba;
- Eksterna prosudba;
- Certifikacija SOK-a;
- Poboljšavanje.

U daljnjem radu opisuje se proces provedbe internih prosudbi kao vrlo važnih aktivnosti u njegovom funkcioniranju.

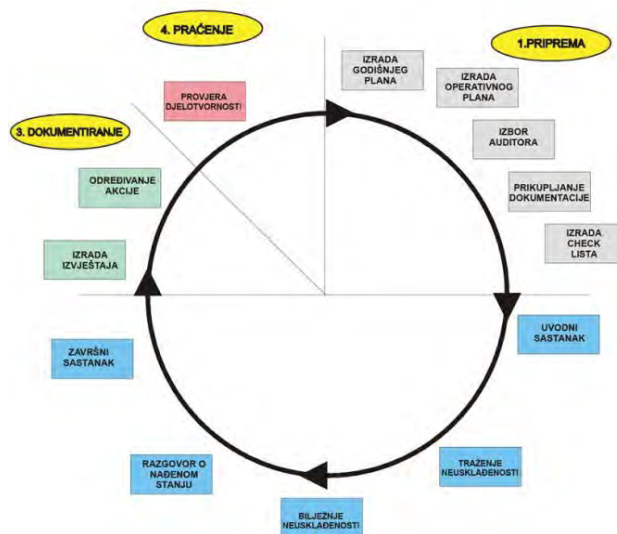
3. INTERNA PROSUDBA

Cilj interne prosudbe je utvrditi sukladnost sustava osiguranja kvalitete sa zahtjevima usvojenih normi, zahtjevima Standarda i smjernica za osiguravanje kvalitete u Europskom prostoru visokog obrazovanja (ESG) i potvrditi da je sustav osiguranja kvalitete primjenjiv i djelotvorno održavan. Procedura za provođenje interne prosudbe obvezna je za sve interne prosuditelje i za sve predstavnike prosudbenih područja. Svrha provođenja interne prosudbe je utvrđivanje sukladnosti sustava i kontinuirano poboljšanje funkcioniranja svih procesa. Interna prosudba provodi se i zbog ocjenjivanja učinkovitosti implementiranog sustava osiguranja kvalitete, uočavanja nesukladnosti u procesima, pomoći zaposlenicima pri ispunjenju zahtjeva iz normi, prikupljanja podataka i informacija potrebnih za ocjenu funkcioniranja sustava u cjelini, priprema za provedbu vanjske (eksterne) prosudbe, i ostalih razloga koji se mogu javiti u trenutnoj situaciji.

Provedba interne prosudbe propisana je odgovarajućom procedurom kojom je definiran postupak planiranja, provedbe, dokumentiranja interne prosudbe i praćenje učinkovitosti sustava osiguranja kvalitete.

Provedba interne prosudbe provodi se kroz četiri faze:

- priprema za provedbu interne prosudbe,
- provjera procesa (područja),
- dokumentiranje interne prosudbe,
- praćenje učinkovitosti sustava osiguranja kvalitete.



Slika 1. Proces provedbe interne prosudbe [6]

U svim fazama interne prosudbe važna je komunikacija između dionika procesa. Interni prosuditelji u svojim zahtjevima trebaju biti jasni i nedvosmisleni, a istovremeno voditi računa da sudionici procesa prepoznaju korist interne prosudbe za unapređenje sustava, a ne samo otkrivanje nepravilnosti i osobne odgovornosti pojedinaca za eventualne nesukladnosti.

3.1. Priprema za provedbu interne prosudbe

Priprema obuhvaća izradu planova, izbor i obuku (pripremu) internih prosuditelja i pripremu prosudbenih područja koja će se prosuđivati. Izrada planova uključuje izradu godišnjeg plana internih prosudbi u kojem je potrebno predvidjeti područja u kojima će se prosudba provoditi, popisati zahtjeve norme i povezati ih s točkom norme (ISO, odnosno ESG). Zahtjeve norme potrebno je povezati s prosudbenim područjem. Primjer obrasca za godišnji plan interne prosudbe prikazuje slika 2.

Terminski plan interne prosudbe uz podatke iz godišnjeg plana sadrži i sljedeće podatke: datum, vrijeme, prosudbeno područje, prosuditelj, sugovornik, zahtjev norme i potpis sugovornika. Područja provođenja interne prosudbe u sustavu visokog obrazovanja su: dekan, prodekani, voditelji studija, predstavnik uprave za kvalitetu, pravna i kadrovska služba, studentska služba, nabava, informatička podrška, knjižnica i laboratoriji. Primjer obrasca za terminski plan interne prosudbe prikazuje slika 3.

Predstavnik uprave za kvalitetu, uz odobrenje dekana bira iz redova osposobljenih zaposlenika interne prosuditelje vodeći računa o poštivanju kriterija za izbor (neutralnost, znanje, iskustvo, sklonost, i sl.).

		GODIŠNJI PLAN internih prosudbi za xxxx./yyyy. godinu				Strana: 1 od xy Prilog broj 1 OB-OK-03 za QP-OK-02 Stranica 1/1											
Red. br.	Zahtjevi norme	ESG	ISO 9001:2008	Prosudbeno područje	Mjesec												
					X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1.	Politika kvalitete i postupci za osiguravanje kvalitete	1.1		D; PD;													
	Opredjeljenost uprave za kvalitetu; usmjerenost na studente; Politika kvalitete		5.1; 5.2; 5.3														
	Planiranje; Odgovornosti, ovlasti i komuniciranje; Preispitivanje upravljanja koje provodi uprava		5.4; 5.5; 5.6														
2.	Odobrovanje, praćenje i periodična vrednovanja programa i kvalifikacija	1.2		VS PD D													
	Razvoj novih programa i usluga		7.3														
	Planiranje realizacije poslova; Procesi realizacije		7.1; 7.5	PUK SS													
3.	Praćenje i mjerenje		8.2														
	Ocjenjivanje studenata	1.3		PD PUK													
4.	Praćenje i mjerenje		8.2														
	Osiguravanje kvalitete nastavnika	1.4		PK D VS													
5.	Pribavljanje resursa i ljudski resursi		6.1; 6.2														
	Obrazovni resursi i pomoć studentima	1.5		D; VS SS; K													
6.	Infrastruktura i radno okruženje		6.3; 6.4														
	Informacijski sustavi	1.6		VIP PUK													
7.	Zahtjevi koji se odnose na dokumentaciju		4.2														
	Informiranje javnosti	1.7		D													
8.	Opći zahtjevi sustava osiguranja kvalitete		4.1	PUK													
	Procesi koji se odnose na studente		7.2	PD; SS													
9.	Nabava		7.4	NA													
	Upravljanje mjernom opremom		7.6	VL													
10.	Općenito (Mjerenje analiza i poboljšanja)		8.1	PUK													
	Nadzor nesukladnosti		8.3	PUK													
11.	Analiza podataka		8.4	PUK; PD; PK;													
	Poboljšavanje (preventivno-korektivne radnje)		8.5	PUK													

D-dekan; **PD**-prodekan; **VIP**-voditelj informatičke podrške; **PUK**-predstavnik uprave za kvalitetu; **VL**-voditelj laboratorija; **NA**-nabava; **PK**-pravna i kadrovska služba; **VS** – voditelj studija; **SS** – studentska služba; **K** – knjižnica

IZRADIO:

Datum:

ODOBRIO:

Slika 2. Primjer godišnjeg plana interne prosudbe [7,8]

		TERMINSKI PLAN interne prosudbe br.x za xxxx./yyyy. godinu				Strana: 1 od vx Prilog broj 2 OB-OK-04 za QP-OK-02 Stranica 1/1											
Red. br.	Zahtjevi norme	ESG	ISO 9001:2008	Datum - Vrijeme - Prosudbeno područje - Prosuditelj - Sugovornik - Zahtjev norme - Potpis													
				Datum	Vrijeme	Prosudbeno područje	Prosuditelj	Sugovornik	D	PD	VS	PUK	PK	SS	NA	VIP	K
1.	Politika kvalitete i postupci za osiguravanje kvalitete	1.1															
	Opredjeljenost za kvalitetu; usmjerenost na studente; Politika kvalitete		5.1; 5.2; 5.3														
	Planiranje; Odgovornosti, ovlasti i komuniciranje; Preispitivanje upravljanja koje provodi uprava		5.4; 5.5; 5.6														
2.	Odobrovanje, praćenje i periodična vrednovanja programa i kvalifikacija	1.2															
	Razvoj novih programa i usluga		7.3														
	Planiranje realizacije poslova; Procesi realizacije		7.1; 7.5														
3.	Praćenje i mjerenje		8.2														
	Ocjenjivanje studenata	1.3															
4.	Praćenje i mjerenje		8.2														
	Osiguravanje kvalitete nastavnika	1.4															
5.	Pribavljanje resursa i ljudski resursi		6.1; 6.2														
	Obrazovni resursi i pomoć studentima	1.5															
6.	Infrastruktura i radno okruženje		6.3; 6.4														
	Informacijski sustavi	1.6															
7.	Zahtjevi koji se odnose na dokumentaciju		4.2														
	Informiranje javnosti	1.7															
8.	Opći zahtjevi – sustav osiguranja kvalitete		4.1														
	Procesi koji se odnose na studente		7.2														
9.	Nabava		7.4														
	Upravljanje mjernom opremom		7.6														
10.	Općenito (Mjerenje analiza i poboljšanja)		8.1														
	Nadzor nesukladnosti		8.3														
11.	Analiza podataka		8.4														
	Poboljšavanje (korektivno-preventivne radnje)		8.5														
Potpis																	

D-dekan; **PD**-prodekan; **VIP**-voditelj informatičke podrške; **PUK**-predstavnik uprave za kvalitetu; **VL**-voditelj laboratorija; **NA**-nabava; **PK**-pravna i kadrovska služba; **VS** – voditelj studija; **SS** – studentska služba; **K** – knjižnica

IZRADIO:

Datum:

ODOBRIO:

Slika 3. Primjer terminskog plana interne prosudbe [7,8]

3.2. Provedba interne prosudbe

Provedba uključuje uvodni sastanak, utvrđivanje sukladnosti/nesukladnosti, razgovor o utvrđenom stanju i završni sastanak.

Cilj uvodnog sastanka kojim rukovodi dekan, a prisustvuju mu svi voditelji, prosuditelji, te predstavnici prosudbenih područja je upoznavanje sa svrhom interne prosudbe, načinom, satnicom i metodama provedbe i pojašnjenje eventualnih nejasnoća povezanih s procesom provedbe interne prosudbe. Jedan od najvažnijih segmenata interne prosudbe je prikupljanje objektivnih dokaza da sustav osiguranja kvalitete postoji, da je efikasan i da je propisno dokumentiran. Pri ocjeni sustava prosuditelj se mora pridržavati plana i programa interne prosudbe. Prikupljanje objektivnih dokaza obično se obavlja na licu mjesta uz korištenje upitnih (check) listi. Prosuditelj rijetko postavlja pitanja direktno s liste, već koristi relevantna pitanja (tko, zašto, što, kad, gdje, kako) o određenoj temi, kako bi došao do odgovora na određeno pitanje. Dokumenti sustava osiguranja kvalitete (priručnik, procedure, radne upute) se uvijek provjeravaju u uredima rukovoditelja i to prije početka prosudbe. Prosuditelju se određuje pratitelj (predstavnik

područja) tijekom trajanja prosudbe s ciljem omogućavanja razgovora sa zaposlenicima (u konkretnom području, procesu, službi, odjelu). Pratitelj pomaže prosuditelju razjasniti sve nejasnoće, objasniti funkcioniranje procesa i potvrditi vjerodostojnost dokaza sakupljenih tijekom prosudbe. Tijekom interne prosudbe provjerava se funkcioniranje sustava kvalitete pregledom dokumentacije i zapisa u prosudbenom području. Prosuditelji tijekom provedbe interne prosudbe nenametljivo bilježe zapise o zapažanjima koji trebaju biti kratki, ali sadržavati sve relevantne informacije o ispunjavanju ili neispunjavanju zahtjeva norme i koje objašnjavaju funkcioniranje sustava. Preporuča se voditi zapis o internoj prosudbi na Upitnim listama. Zapisi o zapažanjima se koriste za pisanje izvješća koje se izrađuje i prezentira nakon svake interne prosudbe. Neispunjenje specificiranih zahtjeva definirano je kao nesukladnost. Kod utvrđivanja konkretne nesukladnosti interni prosuditelj mora imati točno definiran dokaz i zahtjev za konkretnu „stvar“ elementa. Zahtjevi se nalaze u dokumentima kao što su ESG, ISO 9001, zakonska regulativa, priručnik kvalitete, statut, procedure, pravilnici, radne upute, odluke, pravila dobre prakse.

		ZAPIS o nesukladnostima, korektivnim i preventivnim radnjama (NCR – Nonconformance report)		Broj: Datum:
OPIS NASTALE NESUKLADNOSTI ILI POTENCIJALNE NESUKLADNOSTI				
Prijava nesukladnosti od: ☐ Studenta ☐ Nastavnika ☐ Vanjskog suradnika ☐ Voditelja studija ☐ Prodekana ☐ Dekana ☐ Zaposlenika ☐ Internog auditora ☐ Eksternog auditora ☐ Ostali	Nesukladnost vezana na: ☐ Upravu ☐ Tajništvo ☐ Računovodstvo ☐ Studentska služba ☐ Tehničke službe ☐ Jedinica za kvalitetu ☐ ME ☐ SE ☐ Nabava	Nesukladno sa: ☐ Zakonom ☐ Pravilnikom ☐ Priručnikom ☐ Procedurom ☐ Odlukom ☐ Normom ☐ Dobrom praksom ☐ Ugovorom ☐ Zahtjevima	Nesukladnost pokrenuta: ☐ Tijekom izv.nastave ☐ Tijekom ispita ☐ Pritužbom studenata ☐ Na internom auditu ☐ Na eksterni audit ☐ Nalazom inspekcije ☐ Analizom poslovanja ☐ Samoanalizom ☐ Preispitivanje sustava	☐ Veća ☐ Manja Kratki opis nesukladnosti (ili potencijalne nesukladnosti): Potpis: (tko prijavljuje nesukladnost)
KRATKI OPIS RJEŠENJA NESUKLADNOSTI: Datum: _____ nesukladnost)		Popunjava PUK: Troškovi nesukladnosti		NESUKLADNOST RIJEŠENA DA NE Datum: _____ Potpis _____
PODUZETA KOREKTIVNA ILI PREVENTIVNA RADNJA:				
POKRENUTA: ☐ KOREKTIVNA RADNJA ☐ PREVENTIVNA RADNJA Datum pokretanja: _____ Rok za realizaciju i odgovorna osoba: _____		KOREKTIVNA RADNJA Popunjava odgovorna osoba za rješavanje korektivne radnje UZROK NESUKLADNOSTI: Komentar: _____ Potpis odgovorne osobe i datum: _____ PREVENTIVNA RADNJA Popunjava odgovorna osoba za rješavanje preventivne radnje PODUZETE PREVENTIVNE RADNJE: Komentar: _____ Potpis odgovorne osobe i datum: _____		
OCJENA UČINKOVITOSTI KOREKTIVNE ILI PREVENTIVNE AKTIVNOSTI: (popunjava PUK) Nakon provedene preventivne ili korektivne radnje potrebno je provesti njenu verifikaciju, odnosno ocjenu učinkovitosti.				
RJEŠENO DA NE		Ocjena učinkovitosti: _____ Datum verifikacije i potpis: _____		

Slika 4. Primjer obrasca Zapis o nesukladnostima, korektivnim i preventivnim radnjama [7,8]

Sve nesukladnosti koje se otklone tijekom prosudbe se ne evidentiraju. Za svako ustanovljeno odstupanje koje nije tijekom prosudbe otklonjeno potrebno je izraditi poseban izvještaj o nesukladnosti (NCR – nonconformance report). Izvještaji o nesukladnosti su dokumentirana osnova za praćenje provedbe korektivnih i preventivnih radnji. Slika 4. prikazuje primjer obrasca za izvještaj o nesukladnosti (NCR-obrazac).

Tijekom prosudbe o zatečenom stanju može se pojedinačno razgovarati s voditeljima prosudbenih područja s ciljem upoznavanja o trenutnom stanju. Nakon završene interne prosudbe potrebno je organizirati završni sastanak koji vodi čelna osoba ustanove, a vodeći prosuditelj obavještava sve prisutne o stanju snimljenom

tijekom interne prosudbe u obliku kratkog izvješća sa prezentacijom pronađenih nesukladnosti.

3.3. Dokumentiranje interne prosudbe

Dokumentiranje interne prosudbe kao prvo podrazumijeva izradu izvješća o provedenoj prosudbi i donošenje ocjene o funkcioniranju bitnih standarda, a kao drugo je arhiviranje svih dokumenata i zapisa koji su služili u pripremi i provedbi.

Nakon dokumentiranja provedene prosudbe slijedi izrada Plana aktivnosti koje će se poduzeti s ciljem podizanja kvalitete razine sustava za osiguravanje kvalitete.

		IZVJEŠĆE o provedenoj internoj prosudbi br. 01/2012.-2013.		Strana: 1 od xy	

I OSNOVNI PODACI O PROSUDBI			Ustanova: VTŠBJ Studij: MEHATRONIKA SESTRINSTVO	II REFERENTNI DOKUMENTI ZA PROVEDBU		
Datum prosudbe				ESG		
Najavljena prosudba	DA	NE		Norma ISO 9001:2008		
Vodeći prosuditelj				Norma ISO 190011:2005		
Interni prosuditelji:				Norma ISO 9000:2005		
			IWA2			
			Priručnik kvalitete			
			Procedura za internu prosudbu			
			Godišnji plan internih prosudbi			
			Terminski plan interne prosudbe			
			Upitne liste za provjeru			

III PODACI O NESUKLADNOSTIMA NA INTERNOJ PROSUDBI (NCR)							
Red. br.	Zahtjevi norme	ESG	ISO 9001:2008	Prosudbeno područje	detašniji opis nesukladnosti	br. NCR-a	riješeno da ne

IV ZAKLJUČNA OCJENA NAKON PROVEDENE INTERNE PROSUDBE	
Opća ocjena sustava kvalitete	
Prijedlozi za poboljšavanje	

Vodeći prosuditelj:

Slika 5. Primjer obrasca za Izvješće o provedenoj internoj prosudbi [7,8]

Dokumentiranje interne prosudbe uključuje ažuriranje zapisa o nesukladnosti te izradu i dostavljanje Izvješća odgovornoj osobi. Ažuriranje zapisa o utvrđenim nesukladnostima na internoj prosudbi je u odgovornosti Predstavnik uprave za kvalitetu. Ažuriranjem se definiraju podaci potrebni za brzo otklanjanje nesukladnosti, te poduzimanje korektivnih i/ili preventivnih radnji.

3.4. Praćenje učinkovitosti sustava osiguravanja kvalitete

Nakon provedbe interne prosudbe potrebno je otkloniti nesukladnosti, provesti korektivne i preventivne radnje za što su odgovorni voditelji procesa. Nadzor nad efikasnošću i pravovremenosti provedenih aktivnosti je u nadležnosti Ureda za kvalitetu ili Povjerenstva koje je

provelo prosudbu. Nakon provedbe korektivne radnje utvrđuje se njena djelotvornost i učinkovitost. U slučaju potrebe poduzimaju se dodatne radnje.

4. ZAKLJUČAK

Rezultati interne prosudbe pokazuju uvid u stvarno stanje sustava za osiguravanje kvalitete te potvrđuju da li je učinkovito primjenjivan i djelotvorno održavan te da li se poduzimaju mjere poboljšavanja. Donošenje zaključaka i ocjena moguće je temeljiti na kriterijima ESG (tablica) koje prikazuje tabela 1. Pozitivna ocjena i cilj kojemu treba težiti pri internim prosudbama je da prva dva standarda budu u razvijenoj fazi i ostali standardi budu ocjenjeni ne manjom ocjenom od razvijene.

Tabela 1. Kriteriji za prosudbu stupnja razvijenosti sustava osiguravanja kvalitete visokih učilišta u RH [4]

ESG-standardi	Priprema faza	Početna faza	Razvijena faza	Napredna faza
1.1. Politika, misija, vizija, opća strategija visokog učilišta/pod-strategije; Ciljevi, cjelokupna organizacija i unutarnja povezanost sustava osiguravanja kvalitete; Dokumentacija – uključujući politiku kvalitete, postupke i odgovornosti svih dionika objavljeni su javno.	Politika, misija, vizija, opća strategija u fazi su pripreme i izrade. Ustrojava se sustav osiguravanja kvalitete. Učilište nije izradilo postupke osiguravanja kvalitete za svoje aktivnosti.	Politika, misija, vizija, opća strategija izrađene su, usvojene i javno objavljene. Ustrojen je sustav osiguravanja kvalitete. Postoje postupci osiguravanja kvalitete za neke aktivnosti, ali nisu sustavno strukturirani ni međusobno povezani.	Osiguravanje kvalitete pokriva mnoge aktivnosti visokog učilišta i postupci osiguravanja kvalitete čine konzistentan sustav koji se učinkovito unapređuje na temelju rezultata unutarnje i vanjske prosudbe. Svi dokumenti sustava su javno objavljeni.	Osiguravanje kvalitete pokriva sve aktivnosti visokog učilišta. Sustav se učinkovito unapređuje na temelju rezultata unutarnje i vanjske prosudbe.
1.2.1. Odobravanje, promatranje i periodična revizija studijskih programa i stupnjeva obrazovanja	Ne postoje formalni mehanizmi za odobravanje, promatranje i periodičnu reviziju programa i stupnjeva obrazovanja. Nisu izrađeni ishodi učenja za sve studijske programe. Osiguran je minimum resursa za poučavanje i učenje. Studenti i drugi dionici nisu uključeni u aktivnosti osiguravanja kvalitete. Ne prikupljaju se povratne informacije.	Postoje formalni mehanizmi za odobravanje, promatranje i periodičnu reviziju programa i stupnjeva obrazovanja koji se djelomično primjenjuju. Izrađeni su ishodi učenja za sve studijske programe. Resursi su djelomično osigurani. Studenti su uključeni u aktivnosti osiguravanja kvalitete.	Mehanizmi za odobravanje, promatranje i periodičnu reviziju programa i stupnjeva obrazovanja primjenjuju se u cijelosti. Ishodi učenja su revidirani i po potrebi poboljšani. Osigurana su odgovarajuća sredstva za veći dio planiranih aktivnosti. Studenti i drugi dionici uključeni su u aktivnosti osiguravanja kvalitete.	Redovito se prikupljaju povratne informacije svih dionika te koriste za unapređenje sustava osiguravanja kvalitete (unapređenje procesa odobravanja, promatranja i periodične revizije programa i stupnjeva obrazovanja). Osigurana su odgovarajuća sredstva za sve aktivnosti.
1.2.2. Znanstveno - istraživački rad (Stručni rad)	Ne postoje formalni mehanizmi praćenja i ocjenjivanja kvalitete znanstveno- istraživačkog rada i njegovog utjecaja na razvoj društva. Nove istraživačke metode ne primjenjuju se u procesima poučavanja i učenja.	Djelomično su uspostavljeni mehanizmi praćenja i ocjenjivanja kvalitete znanstveno- istraživačkog rada i njegovog utjecaja na razvoj društva. Učinkovitost uspostavljenih mehanizama ne prati se sustavno. Nove istraživačke metode počinju se primjenjivati u procesima poučavanja i učenja.	Uspostavljeni su mehanizmi praćenja i ocjenjivanja kvalitete znanstveno- istraživačkog rada i njegovog utjecaja na razvoj društva. Učinkovitost uspostavljenih mehanizama ne prati se sustavno. Nove istraživačke metode primjenjuju se u procesima poučavanja i učenja, ali se ne ocjenjuje njihova učinkovitost.	Sustavno se prati i ocjenjuje učinkovitost uspostavljenih mehanizama praćenja i ocjenjivanja kvalitete znanstveno- istraživačkog rada i njegovog utjecaja na razvoj društva. Ocjenjuje se učinkovitost primjene novih istraživačkih metoda u procesima poučavanja i učenja.
1.3. Ocjenjivanje studenata	Ne postoje javno objavljeni kriteriji, pravila i postupci za ocjenjivanje ishoda učenja studenata.	Postoje kriteriji, pravila i postupci za ocjenjivanje ishoda učenja studenata, ali su studentima samo djelomično dostupni i ne primjenjuju se dosljedno.	Kriteriji, pravila i postupci za ocjenjivanje ishoda učenja studenata dosljedno se primjenjuju, javno su objavljeni i studenti su upoznati s njima.	U skladu s kurikulumom i ishodima učenja, trajno se poboljšavaju procedure ocjenjivanja ishoda učenja.
1.4. Osiguravanje kvalitete nastavnog osoblja, njegova interakcija, utjecaj na društvo znanja te doprinos regionalnom razvoju	Osiguran je minimalan broj nastavnog osoblja s odgovarajućom znanstvenom, nastavnom i stručnom kvalifikacijom, u skladu sa standardima opterećenja nastavnog osoblja. Nastavno osoblje nije aktivno uključeno u regionalni razvoj.	Vještina prijenosa znanja na studente i učinkovitost poučavanja vrednuju se samo studentskim anketama. Nesustavno provođenje usavršavanja nastavnog osoblja. Nastavno osoblje djelomično utječe na regionalni razvoj.	Vještina prijenosa znanja na student i učinkovitost poučavanja istovremeno se vrednuju različitim metodama. Mehanizmi koji omogućuju stručno i znanstveno usavršavanje nastavnog osoblja djelomično se primjenjuju. Nastavno osoblje aktivno utječe na regionalni razvoj.	Prikupljene povratne informacije o kvaliteti i učinkovitosti procesa poučavanja koriste se za unapređivanje kompetencija nastavnog osoblja. Rezultati znanstvenih istraživanja u području poučavanja uključeni su u sustavno organiziran proces poučavanja nastavnog osoblja. Nastavno osoblje značajno utječe na regionalni razvoj.
1.5. Resursi za učenje i potporu studentima	Sustav osiguravanja kvalitete ne provjerava resurse potrebne za potporu studentima. Resursi vezani uz studentski standard zadovoljavaju minimum.	Sustav osiguravanja kvalitete provjerava postojeće resurse za učenje koji su djelomično dostupni i primjereni za svaki ponuđeni studijski program. Resursi vezani uz studentski standard djelomično zadovoljavaju potrebe studenata.	Resursi potrebni studentima za učenje dostupni su i primjereni za svaki ponuđeni studijski program. Resursi vezani uz studentski standard u većoj mjeri zadovoljavaju potrebe studenata.	Visoka učilišta sustavno prate i unapređuju resurse za potporu studentima za svaki ponuđeni studijski program. Resursi vezani uz studentski standard u potpunosti zadovoljavaju potrebe studenata.
1.6. Važnost i pristup informacijama sustava osiguravanja kvalitete	Sustav osiguravanja kvalitete ne pruža niti unutarnjim niti vanjskim dionicima informacije o sustavu i visokom učilištu.	Informacije se nesustavno prikupljaju i obrađuju te su djelomično dostupne unutarnjim i vanjskim dionicima. Informacije se nesustavno koriste u procesu planiranja i kontinuiranog poboljšavanja sustava osiguravanja kvalitete.	Relevantne informacije su dostupne svim dionicima i uglavnom se koriste za procese planiranja i kontinuiranog poboljšavanja sustava osiguravanja kvalitete.	Sustav osiguravanja kvalitete u cijelosti je transparentan. Informacije se sustavno i ciljano razmjenjuju među svim dionicima/djelovima visokog učilišta. Relevantne informacije temelj su procesa planiranja i kontinuiranog poboljšavanja sustava osiguravanja kvalitete.
1.7. Javno informiranje	Učilišta ne objavljuju relevantne i nepristrane informacije o programima i stupnjevima obrazovanja koje pružaju.	Učilišta djelomično objavljuju relevantne i nepristrane informacije o programima i stupnjevima obrazovanja koje pružaju.	Učilišta uglavnom objavljuju relevantne i nepristrane informacije o programima i stupnjevima obrazovanja koje pružaju.	Učilišta redovito objavljuju relevantne i nepristrane informacije o programima i stupnjevima obrazovanja koje pružaju.

Interna prosudba je proces koji se periodički provodi i nikad ne prestaje. Njegova uloga u održavanju i poboljšavanju sustava je ogromna. Treba ga shvatiti kao alat za „brušenje“ sustava osiguravanja kvalitete, odnosno fino podešavanje. Iz tih razloga može se provoditi na sustavu, procesima ili pojedinim segmentima djelovanja. Njihova učestalost je veća dok se ne dođe do željenih rezultata [7].

Uspjeh internih prosudbi jamče educirani prosuditelji, dobra organizacija i stvarna podrška vodstva visokoškolske institucije. Pri tome valja voditi računa da se u interne prosuditelje uključe sve zainteresirane strane, odnosno dionici koji participiraju oko učilišta.

5. LITERATURA

- [1] Proroković, A.; Tomić-Koludrović, I.: Bolonja u praksi, Doprinos razvoju sustava osiguranja kvalitete na Sveučilištu u Zadru, Sveučilište u Zadru, Zadar, 2011.
- [2] Zakon o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, NN
- [3] Zakon o osiguravanju kvalitete u znanosti i visokom obrazovanju, NN
- [4] Standardi i smjernice za osiguranje kvalitete u europskom prostoru visokog obrazovanja, ESG-ENQA (Europska organizacija za osiguranje kvalitete u visokom obrazovanju), 2005.
- [5] Norma, EN ISO 9001:2008.
- [6] Priručnik o kvaliteti, Veleučilište u Varaždinu
- [7] Priručnik o kvaliteti, Visoka tehnička škola u Bjelovaru
- [8] Interni audit, procedura, Visoka tehnička škola u Bjelovaru.

Kontakt autora:

mr.sc. Stjepan Golubić, viši predavač

Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Trg E. Kvaternika 4, 43000 Bjelovar
sgolubic@vtsbj.hr

mr.sc. Tatjana Badrov, predavač

Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Trg E. Kvaternika 4, 43000 Bjelovar
tbadrov@vtsbj.hr

dr.sc. Živko Kondić, izv.profesor

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, 42000 Varaždin
zkondic@unin.hr

KORIŠTENJE I PREDNOSTI PROFINET KOMUNIKACIJSKOG PROTOKOLA U INDUSTRIJI

USAGE AND ADVANTAGES OF PROFINET COMMUNICATION PROTOCOL FOR INDUSTRY

Igor Petrović, Mario Vinković

Stručni članak

Sažetak: U složenim industrijskim procesima proizvodnje potrebno je ugraditi sustav automatizacije sa posebnim naglaskom na nadzor procesa. Veliki broj uređaja u automatizacijskom sustavu traži velike resurse u količini i brzini protoka podataka unutar sustava. Ukoliko se radi o velikom broju uređaja protokoli kao što su Profibus i slični očito ne mogu zadovoljiti sve potrebe takvog pogona. Uvođenje uređaja za nadzor i eventualno upravljanje pogonom u prostore koji nisu nužno vezani za samu proizvodnju, kao što su uredi inženjera, voditelja pogona, i slično, otvara se mogućnost kombinacije standardnih metoda komunikacije sa industrijskim protokolima. Jedan od najprihvaćenijih je Profinet koji koristi Ethernet standard u industrijske svrhe, i opisan je u ovom radu.

Ključne riječi: komunikacijski protokol, Profinet mreža, automatizacija, industrija

Professional paper

Abstract: In complex industrial production processes it is necessary to introduce automation system with special consideration to process supervision. High number of automation devices in system will require great resources in quantity and speed of data transfer. The protocols such as Profibus or similar obviously will not satisfy all demands of these production processes since the high number of devices are used. The possibilities of combining standard methods of communication with industrial protocols are available by introducing the devices for supervision and eventually process management placed outside the industrial plant, such as engineers or plant manager offices, etc. One of the most popular such protocols are Profinet which uses Ethernet standard for industrial purposes, and is described in this paper.

Key words: communication protocol, Profinet, automation, industry

1. INTRODUCTION

The modern industry solutions are commonly equipped with high complexity automation system. In order to get clear insight in system status, automation system is often developed in modular structure (example for module of complex system is described in [1]). If such organization is applied it can primarily be divided in high, medium and low process levels. In order to provide synchronous operation of such modular automation system it is necessary to establish connection and active data interaction between these modules. Each process level is provided with unique set of demands on communication, as different requirement on applications are demanded.

In low process level the direct contact of electrical energy transfer and signal acquisition with mechanical equipment used for technology or manufacturing process is demanded, with less regard to data transfer speed. This level is described in [2]. These solutions are often provided in high EM noise and mounting problematical environments. In medium process level good quality of signal on receiving end of communication pair of

modular automation devices is required. Multiple devices are often mounted inside hazardous environment so communication must be robust, but good for interchange a big sets of data. The high process level is providing data exchange for devices in automation system inside and outside the industry plant. Such demands require stabile, reliable and fast data exchange, often not affected with EM noise. The most common high process level interface is Profinet.

2. DEVICES AND MACINES IN INDUSTRY PLANT

The high process level in complex industry solutions is mainly provided for production process synchronization between devices. They all imply CPU's (Central Process Unit) devices responsible for each part of big automation system, PC's, hydraulic or pneumatic devices, switches, routers, etc. The idea of connecting HMI (Human-Machine Interface) devices, described in detail in [3], and SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) device, described in detail in [4], is easiest solution since the CPU's are connected to one single

network. The devices available in such networks are automation master and slave devices (CPU's, IO devices, etc.), SCADA devices, HMI panels and programming stations. Each automation device can be accessed from programming station regardless of connection place in network. In such way single programming station can access all devices in phase of developing and testing of process programs. The HMI panels are also available for accessed from programming station in order to configure user application. Various software are necessary for configuration of such devices since there is wide spread of HMI panel models. The most common place for HMI panels mounting is in near surroundings of the specified machine. Often HMI panels use only data from local PLC (Programmable Logical Controller) of the machine, but sometimes it is necessary to provide data from other PLC's in network. The SCADA device is usually only one and is placed in main control room which is not necessary placed inside the plant building. The main task of SCADA system is to supervise processes, enable control throughout the automation system, and finally gather all relevant information about industry process. In such way it is able to analyze historical data of production process and eventually conclude on some features important for work and improvement of such process. The configuration of industry plant automation system with Profinet network implemented in all process levels is presented in Figure 1. The example of implementation of programming station in a small automation system with SCADA is presented in Figure 2.

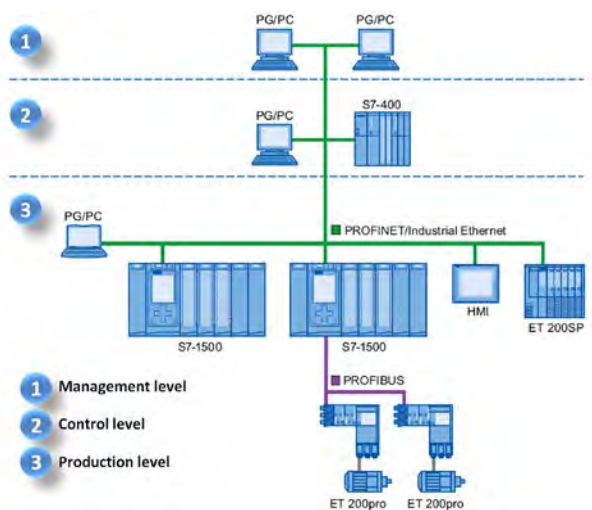


Figure 1. Process levels with Profinet in industry [5]

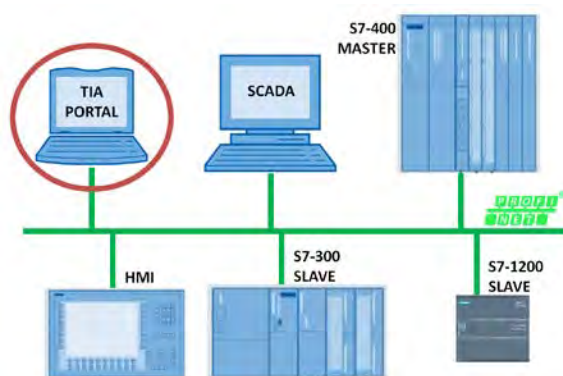


Figure 2. Programming station in Profinet network

3. PROFINET NETWORK FOR AUTOMATION SYSTEM

The Profinet IO was developed from knowledge provided from Profibus DP and Industrial Ethernet. Profinet IO is an Ethernet-based automation standard of Profibus International for universal communication between various vendors and models. The process data view is similar to Profibus DP and consists of I/O data, data records (storage) and connection to diagnostic system. All stations can simultaneously use the network, and simultaneously send and receive data, since the full-duplex operation of Switched Ethernet is used with speed of 100 Mbit/s via Profinet cable Type A, as presented in Figure 3. The Profinet IO is also used for communication of field devices between themselves. For Simatic, the controllers between themselves communicate through Profinet CBA (Component Based Automation). The Profibus CBA was inspired by IEC61499 standard. The Profinet IO and Profinet CBA are mutually supported.

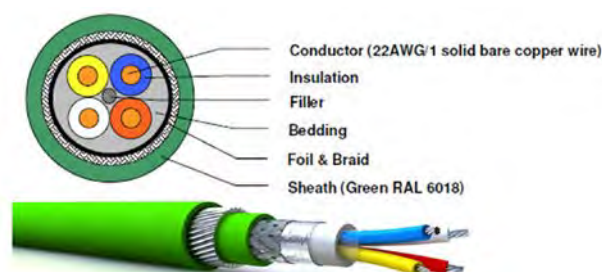


Figure 3. Mechanical Data Profinet Type A

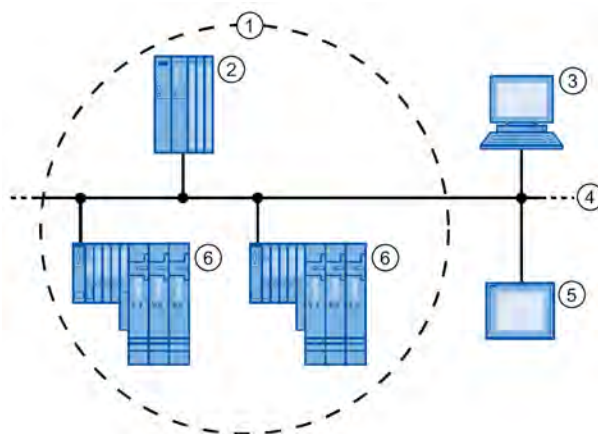


Figure 4. Parts of Profinet network [6]

When considering block (part) description presented in [6] and Figure 4., it can be divided that Profinet IO system (1) consists of IO controller (2) and multiple IO devices (6), all connected to single network (4). The Profinet IO supervisor (3) is a device for commissioning and diagnostics for network. The HMI (5) is used for operating and monitoring functions. This block structure is inherited from Profibus DP network. The similarity in network structure is evident, as it can be seen that for example Profinet IO supervisor is equivalent to Profibus DP Class 2 DP Master, Profinet IO controller is equivalent to Profibus DP Master, and Profinet IO device

is equivalent to Profibus DP slave. The example of configuration for Simatic is with Simatic NET. The application relation (AR) is established between controller and device. The AR's are used to define Communication Relationships (CR) for Profinet network. The usage of TCP/IP and IT standards are implemented in real-time applications for automation. The IT standard is available in Profinet from the Office environment for diagnostics and maintenance.

Three protocol levels are available:

- TCP/IP for Profinet CBA with reaction time of maximum 100 ms
- RT (Real-Time) protocol for Profinet CBA and Profinet IO with applications cycle time up to 10 ms
- IRT (Isoncronus Real-Time) for IO drive systems with cycle time less than 1 ms

The Real-Time level protocol is used for process data and alarms and is based on definitions of IEEE and IEC. It allows limited time for executing real-time services and within a bus cycle. The RT has always higher priority than TCP/IP. The Isoncronus Real-Time level protocol includes switch ports integrated inside field devices. This level has high degree of determinism and the start of a bus cycle is maintained with high precision. It is most often used for motion control and similar applications.

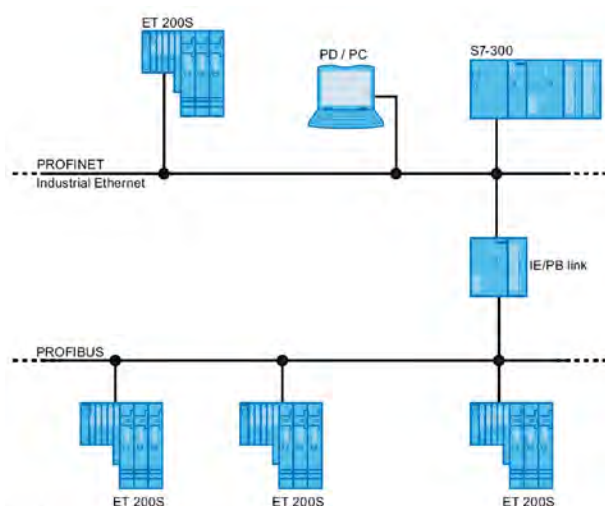


Figure 5. Multiple protocol network [6]

In the Profinet environment *device* is the generic term for Automation systems, Distributed I/O devices, Field devices, Active network components, Gateways to other types of networks and all Profibus or Profinet devices, as presented in [6] and Figure 5. In order for device to be Profinet device, it is necessary to have at least one Profinet port, regardless of all other characteristics. If device for example has 1 Profinet port and 4 Profibus ports, it is still Profinet device as well as it is Profibus device at the same time.

The Profinet devices can be provided with two ports for Linear topology, or with three or more ports for Star or Tree topology. The switch can be integrated in Profinet device, but it is not necessary. The examples of these topologies are presented in Figure 6. and Figure 7.

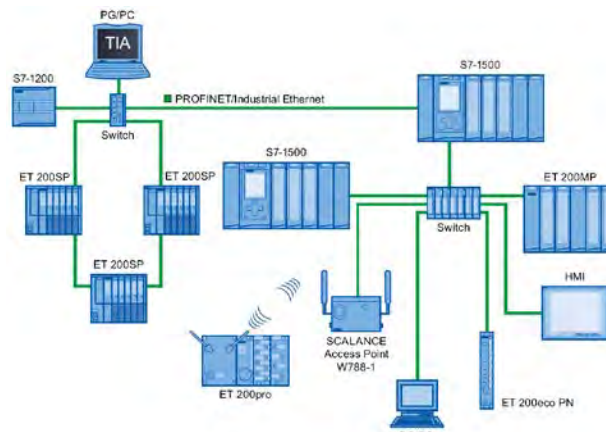


Figure 6. Combined topology network, sample 1 [3]

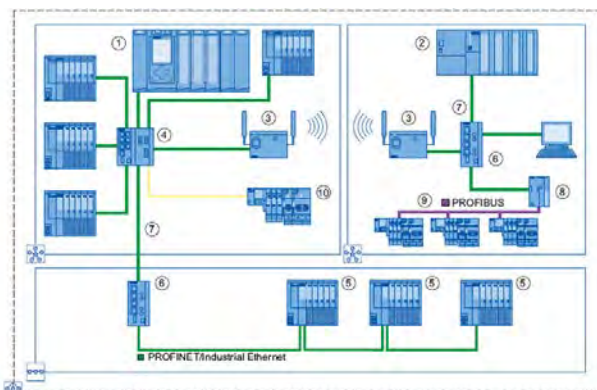


Figure 7. Combined topology network, sample 2 [3]

Each device on Profinet network has its own unique identity via its Profinet interface. The Profinet interface has a MAC address, IP address and device name. MAC address is unique for each device and is set as factory default value. Any change of devices will cause the MAC address to change since the new device is mounted. Since the IP address is dynamically assigned, the device name is used for a device identity. Symbols for interfaces and ports of all modules and devices are: X for interface (1, 2, etc.), and P for port (1, 2, etc.) for each interface. For example port address can be X2.P3. For allocation of IP addresses, subnet mask and gateway DCP (Discovery and Configuration Protocol) or DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) is used. The connection of CPU as a Profinet device in a Profinet network is presented in [7] and Figure 8.



Figure 8. The CPU module S7-1200 with connection on Profinet network [7]

4. IMPLEMENTATION OF PROFINET NETWORK FOR FIELD DEVICES

Profinet network can be used for total insight in process automation. It can be platform for HMI and SCADA applications with predefined visualization parameters. When used in this way, it can provide easy and good process status analysis in normal operating state. In other cases it can be good diagnostic tool since it allows direct access to each Profinet device. The same network can be used even for program download to any CPU connected to this network.

The usage in SCADA application can allow the SCADA to be placed in any location, which does not necessary have to be in direct contact to process plant. The Profinet network is very flexible for use in combination with any other network protocol. If standard field bus solutions, such as AS-I or Profibus, are neglected since they are almost always present, the most interesting additional solutions are wireless and internet network solutions. The Profinet network can easily be upgraded using WLAN, internet and GSM/GPRS, which are most popular additions to automation systems, as presented in Figure 9.

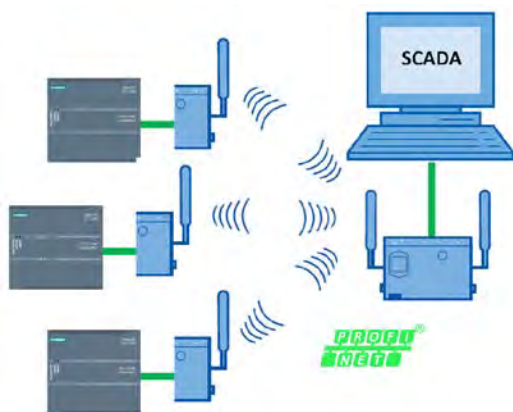


Figure 9. GSM/GPRS internetwork inside Profinet network

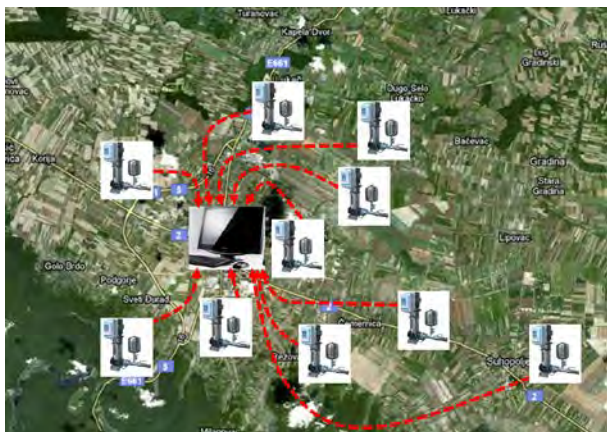


Figure 10. SCADA for water system

The PC used for SCADA is often, in some cases always, placed rather far from devices. The best example for SCADA very far from field devices is water or sewage system. In case of water system the pipeline is equipped with control shafts where water pressure and

water flow is measured and used for system diagnostics. In case of sewage system a pumping station is placed whenever the ground configuration requires media rise, as described in [1]. One of such SCADA system is presented in Figure 10. These pumping stations and shafts are regularly so far from SCADA that wire connection is not economically solution. In such cases the wireless networks are used as an inter-connection inside a Profinet network. Therefore, all Profinet devices see Profinet network at their interface ports, although for example GSM/GPRS network is used to transfer Profinet protocol packages from one point to another.

The Profinet network can be used for accessing and programming any CPU in the network. By simple IP scan on network single CPU can be selected. Once selected and accessed, all properties of device can be altered on-line and changes will take effect immediately. The state of Profinet network with on-line CPU's which connections can be established is presented in Figure 11.

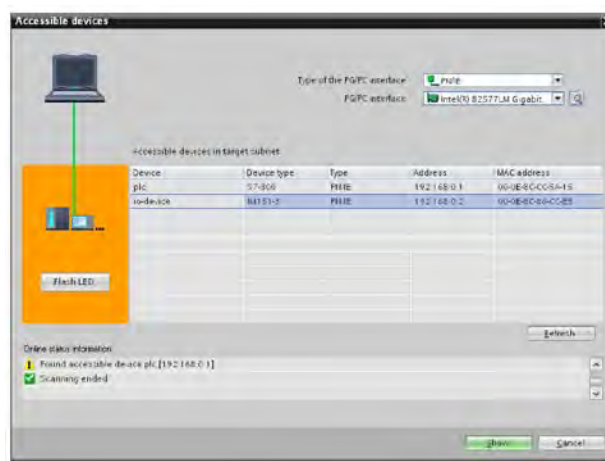


Figure 11. Accessible devices for configuration on network

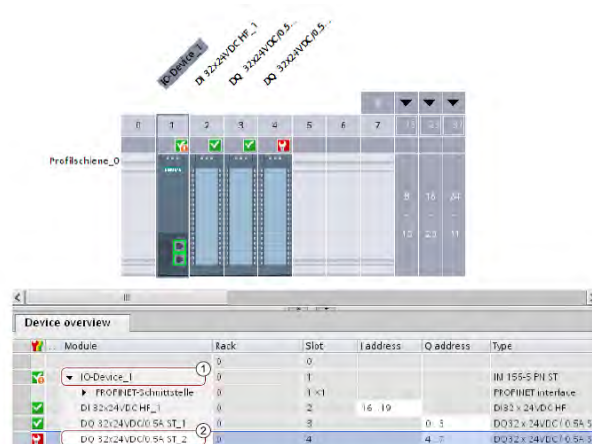


Figure 12. On-line device system diagnostic

If any additional information about device status is necessary it is easy to access required device and make diagnostics without stopping the device. The diagnostics are available in terms of device components status (on-line, error, etc.), parameter status (memory bits, bytes, etc., data blocks, I/O, etc.) and program status. The example of device components status is presented in Figure 12.

5. CONCLUSION

In complex automation systems with multiple CPU, HMI and SCADA the modules are usually not installed in same part of plant. If some modules are mounted in different buildings, but communicate between themselves, it is expensive to provide new lines of communication. Therefore, it is recommended to use standard networking solutions, such as Ethernet network, for necessary industry automation network. The most common standard computer network is Ethernet. The best way to use available network infrastructure is to provide Profinet protocol in automation system. It is possible to provide any alternative internetwork inside automation network, such as WLAN, GSM/GPRS, radio, etc., with no influence on data interchange quality for distributed automation modules. Various protocols are compatible, with response times of 100 ms, 10 ms, 1 ms or less. Therefore, the Profinet network is currently the best solution for complex automation network solutions.

6. REFERENCES

- [1] Jurčević, D.; Petrović, I.: Automation of sewage pumping station shaft, *Technical journal*, Vol. 7, Nr. 1, 2013, pages 8-12
- [2] Petrović, I.; Vinković, M.: Usage and advantages of ASI communication protocol for industry, *Technical journal*, Vol. 7, Nr. 4, 2013, pages 355-358
- [3] Siemens Simatic HMI: HMI devices Basic Panels – Operating Manual, Issue A5E02421799-03, Edition 04/2012
- [4] Siemens Simatic NET: Profinet with Step 7 V12 – Function Manual, Issue A5E03444486-03, Edition 01/2013
- [5] Siemens Simatic HMI: WinCC flexible 2008 Compact/Standard/Advanced User's Manual, Issue A5E01024750-02, Edition 07/2008
- [6] Siemens Simatic NET: Profinet System Description – System Manual, Issue A5E00298288-04, Edition 06/2008
- [7] Siemens Simatic: S7-1200 Programmable controller system manual, Issue A5E02486680-06, Edition 04/2012

Kontakt autora:

Technical college in Bjelovar
Trg Eugena Kvaternika 4
43 000 Bjelovar
043/241–201

Igor Petrović, PhD
ipetrovic@vtsbj.hr

Mario Vinković, student
mariovinkovic@gmail.com

AERODINAMIČAN DIZAJN I ANALIZA MOTORISTIČKE KACIGE S VIZIROM PROTIV ODSJAJA

AERODYNAMIC DESIGN AND ANALYSIS OF MOTORCYCLE HELMET WITH ANTI-GLARE VISOR

V. C. Sathish Gandhi, R. Kumaravelan, S. Ramesh, M. Venkatesan, M. Siva Rama Krishnan

Prethodno priopćenje

Sažetak: Broj motociklističkih nesreća u posljednja se dva desetljeća povećao. Kaciga u određenoj mjeri može zaštititi motocikliste od teških ozljeda koje je moguće zadobiti tijekom prometne nesreće. Prilikom dizajniranja funkcionalne kacige važno je analizirati oblik kacige i veličinu vizira. Iz tog se razloga pokušalo dizajnirati i analizirati novu kacigu uzimajući u obzir tlak otpora zraka i vizir protiv odsjaja. Tlak otpora zraka pritišće kacigu na vratni dio tijela vozača. Oblik aerodinamične kacige može smanjiti pritisak otpora zraka. Kacige sfernog oblika i novog aerodinamičnog oblika izrađene su pomoću Pro-E software-a. Izračunati su tlakovi otpora zraka za oba oblika kacige i napravljena je usporedba rezultata.

Ključne riječi: kaciga, tlak otpora zraka, aerodinamičan, indeks loma

Preliminary note

Abstract: The number of motorcycle accidents has increased in the last two decades. Helmet can protect the vehicle riders from severe injuries during road accident to certain extent. To design a functional helmet, it is important to analyse the shape of the helmet and visor portion. Therefore, the attempt has been made to design and analyze new helmet by considering the pressure drag and anti-glare visor. The pressure drag resistance presses the helmet against the neck portion of the rider. The shape of an aerodynamic helmet can reduce the drag pressure. The spherical shape and new aerodynamic shape helmets are designed using Pro-E software. Pressure drag is calculated and comparison is made on the basis of drag pressure.

Key words: Helmet, drag pressure, aero-dynamic, refractive index

1. INTRODUCTION

As per the 'Mechanism of head injury', the data collected from the USA shows that many persons lost their lives as they did not wear helmets. The results from various sectors indicate that riders were affected by neck pain in the spherical shape helmet and also in night time riding their vision was impaired through the visor in the helmet. Helmets must provide crash protection, adequate ventilation, and reduced aerodynamic drag. The aerodynamic drag resulting from surface friction is quite low compared to the resulting pressure drag. Therefore, the largest reductions in coefficient of drag can be achieved when the pressure drag is reduced by maintaining low drag coefficient.

2. LITERATURE REVIEW

Several studies have been conducted to evaluate the protective performance of helmets during direct head impact, with constant-rate compression and drop-impact tests which are typically used to investigate the

protective contribution of individual helmet components in [1], [2], [3], [4]. In [5] the effectiveness of mandated motorcycle helmet used in Taiwan by applying logit modelling approach was presented and before-and-after comparisons were made. In [6] the helmet design variations in terms of different variables other than headform linear acceleration were presented and suggested that the model had optimized cost, weight and helmet size. The biomechanical characteristics of head impact with both metal form and ABS helmets suggested that the metal form shell performed well compared with ABS helmet [7]. In [8] the rotational and linear acceleration of a Hybrid II headform, representing a motorcyclist's head, in such impacts, considering the effects of friction at the head/helmet and helmet/road interfaces by Finite element analysis was presented. In [9] the simulation models of helmet and human head were used to study the impacts on a protected and unprotected head in a typical motorcycle related collisions. In [10] the simulation method was used to determine the velocity of air flow in the helmet models with pressure and stresses in the brain. In [11] the head injuries by Finite element simulation were presented. In

[14] it can be seen that during a long bicycle time trial or during the cycling portion of a triathlon, 80 to 90 percent of the power developed by the athlete is used to overcome aerodynamic drag. In [15] many of these events are won or lost by only seconds. Small reductions in overall aerodynamic drag can easily save seconds in any of these events, giving the athlete a decisive advantage. In [16] it is said that the helmets must provide crash protection, adequate ventilation, and reduced aerodynamic drag. In air at typical cycling speeds the Reynolds number for an aerodynamic helmet is in the range of 300,000 to 500,000. Reynolds numbers in this range show that the aerodynamic properties will be dominated by inertial effects. In [12] an experimental bird strike tests were conducted on aluminium foam based double sandwich panels. They predicted the failure of structural components with aluminium foam in bird-strike events through a numerical model. In [13] triple layer dielectric systems were investigated, in which the reflection at the main contact surface is decreased due to the interference of the reflected light from each interface, so that the refractive index $n(x)$ is an unknown piecewise constant function. The results from various sectors indicate a very high percentage of injuries can be prevented by using helmet. Even though people wear helmets, due to their inadequate quality, the neck pain was developed and glare in the visor is high. Hence it is essential to produce standard helmet with proper aero-dynamic shape to reduce the neck pain of the rider in the long journey paraded with anti-glare in the visor. The attempt has been made to design and analyse the aerodynamic shape helmet model by using 'Pro-E' software.

3. MATERIALS AND METHODS

The standard spherical shape helmet model is created in the Pro-E software as per the dimensions shown in Figure 1.

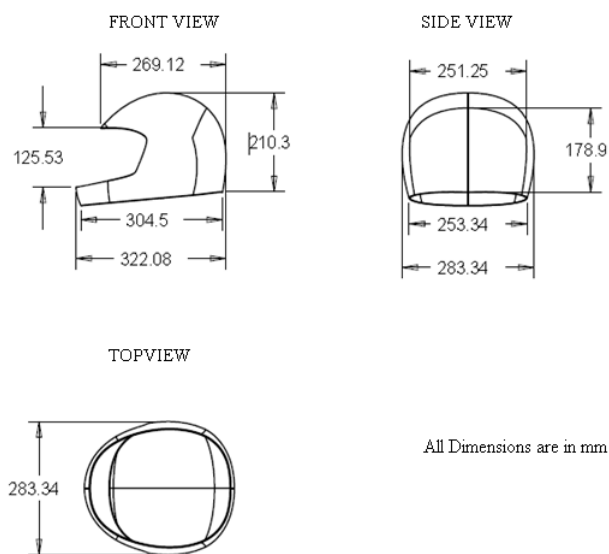


Figure 1. Standard dimension of various parts in helmet

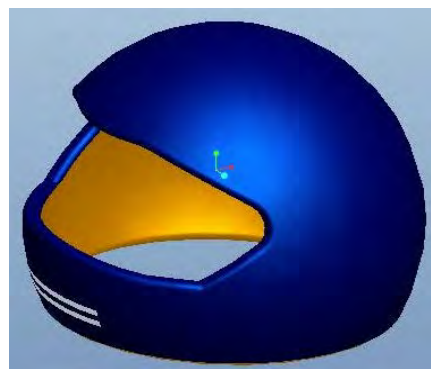


Figure 2. Helmet CAD model

Figure 2 shows the spherical shape helmet model developed in the Pro-E software. This model helmet has created more neck pain during a long journey. So the attempt has been made to redesign the helmet considering the aerofoil profile.

3.1. Selection of an aerofoil profile

The main type of drag acting against a cyclist is pressure drag. It is caused by the air particles being more compressed (pushed together) on the front-facing surfaces and more spaced out on the back surfaces. The drag force depends upon the various shapes and drag coefficients.

Table 1. Drag coefficient values for different aerofoil shapes

S. No.	Shape	Figure	Drag coefficient
1	Sphere		0.47
2	Half-sphere		0.42
3	Cone		0.50
4	Cube		1.05
5	Angled cube		0.80
6	Long cylinder		0.82
7	Short cylinder		1.15
8	Streamlined body		0.04
9	Streamlined half-body		0.09

Table 1 shows the measured drag coefficient values for the different aerofoil shapes. It is clearly shown that the streamlined body shape is having the low drag coefficient compared with other shapes. So this shape is chosen for redesigning the helmet for minimizing the drag force.

3.2. Redesign of Helmet

The spherical shape model helmet is redesigned with the new aerofoil shape of streamline body. Figure 3 shows the redesign model of the helmet considering the aerodynamic concept. In the back side of the helmet, the streamline air flow is considered and the shape has been modified to reduce the drag coefficient.

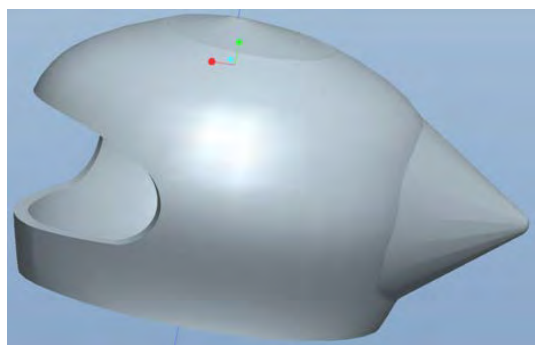


Figure 3. Redesigned helmet (Streamline shape)

3.3 Drag Pressure

The drag force is estimated for the spherical shape helmet model from the Equation (1).

$$F_d = 0.5 \times V \times \rho \times C_d \times A \quad (1)$$

where,

F_d = Drag force in N

V = Velocity of air in m/s

ρ = Density of air in kg/m^3

C_d = Drag coefficient

A = Frontal area of helmet in m^2

Drag Pressure (D_p) = Drag force / Frontal area of helmet (2)

The pressure drag is estimated from the expression (2) for the specifications considered in the spherical shape helmet model.

3.4. Refractive index in the visor without coating

The reflection from any given interface at normal incidence is related to the ratio of refractive index of the materials forming the interfacing and has characteristics by the percentage of reflectance. In optics, the refractive index or index of refraction (n) of a substance (optical medium) is a dimensionless number that describes how light, or any other radiation, propagates through the medium.

$$\text{Refractive index, } n = \frac{C}{V} \quad (3)$$

Where, C is the speed of light in vacuum and V is the speed of light in the substance.

The percentage of reflectance through the visor is calculated from expression (4)

$$2 [(n_0 - n_s)/(n_0 + n_s)^2] 100 \quad (4)$$

Where, n_0 is the refractive index of the first layer (air) and n_s is the refractive index of the second layer (window).

Thus, for a crown glass window, $n_0 = 1$ and $n_s = 1.52$ giving a reflectance at normal incidence of 4.3% per surface, i.e. a total reflectance of 8.6% from the window. In order to minimize or remove this reflectance, a further layer of refractive index (n_1) is coated completely onto the window so that reflections from the air/coating and coating/window interfaces undergo destructive interference to the greatest possible extent.

4. RESULTS AND DISCUSSION

The pressure drag and the coefficient of drag are estimated from the Equation (1) and (2) for the streamline shape of the redesigned helmet with the following specification

Frontal area of helmet = 0.08m^2

Velocity of air = 22.2m/s

Density of air = 1.22 kg/m^3

Drag coefficient = 0.47

$$\begin{aligned} \text{Drag force } (F_d) &= 0.5 \times 22.2 \times 0.47 \times 1.22 \times 0.080 \\ &= 0.509 \times 9.81 \\ &= 5\text{N} \end{aligned}$$

Therefore, Drag pressure (D_p) = $5 / 0.080 = 62.43\text{ N/m}^2$

From these calculations, the drag pressure value is estimated at 62.43 N/m^2 in the spherical shape helmet model. The attempt has been made to estimate the drag pressure for the modifying streamline shape helmet. The drag pressure value depends on the drag coefficient of the aerofoil shape. The drag coefficient value for streamline shape is 0.04 . From Equation (1) and (2), the Drag pressure (D_p) is estimated for streamline shape helmet is 5.775 N/m^2 .

Figure 4 shows the relation between drag coefficient and drag pressure. It is clearly shown that drag pressure increases with the increase of the drag coefficient. The neck pain for the rider increases if there is the increase of the drag pressure. So it is identified that the streamline shape model helmet reduces the neck pain for the rider in the long time journey when compared with spherical shape model helmet.

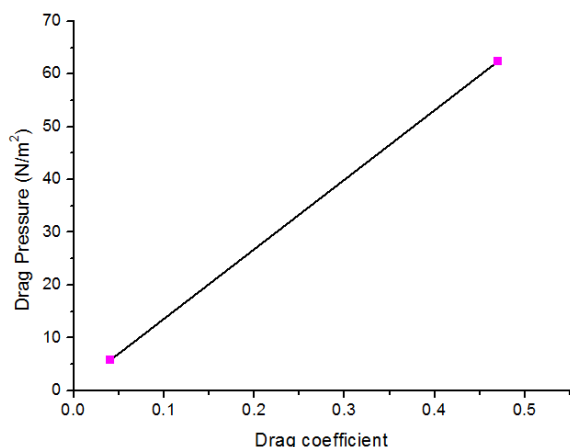


Figure 4. Drag coefficient Vs Drag Pressure

4.1. Anti-glare visor - percentage of reflection with coating

The percentage of radiation glare through the polymer coating is estimated from the Equation (4). In this equation n_o is replaced as n_x , where, n_x is a high refraction index to the polymer coating equal to 1.97.

$$\begin{aligned} \text{Percentage of reflection through the visor with coating} &= 2 [(1.97-1.52)^2 / (1.97+1.52)^2] 100 \\ &= 33.3\% \end{aligned}$$

Comparison of percentage of reflection has been made with and without coating from the visor portion to resist the glare penetrating the rider's eye. The difference in reflection percentage is as follows: $33.3 - 8.6 = 24.7\%$.

The polymer coating reduces the headlight glare of 24.7%. The visor made of polymer coating reduces the glare of the rider from the lighting source.

5. CONCLUSION

The design of a helmet shape has been carried out by streamline shape with anti-glare visor. The study has been made for two different aspects. In the first case, an aerodynamic shape has been considered and in the next case the hybrid high refractive index coating in the visor has been studied. The results show that the streamline shape of a helmet is having low drag pressure and reduces the neck pain of the rider for long journeys. The visor portion of a helmet is coated by a polymer and it reduces the refractive index of the visor. This polymer coating reduces the glare of 24.7 % compared with non-coated visor and eliminates the opposite headlight glare for the night time riders.

6. REFERENCES

[1] KINGSBURY, H. B.; ROHR, P. R.: Structure Characteristics of Motorcycle Helmets, *Paper No. 810372*, Society of Automotive Engineers, Inc, 1981.

[2] GALE, A.; MILLS, N. J.: Effect of Polystyrene Foam Liner Density on Motorcycle Helmet Shock Absorption, *Plastics and Rubber Processing and Applications*, 5(1985), 2, 101-108.

[3] MILLS, N. J.; GILCHRIST, A.: The Effectiveness of Foams in Bicycle and Motorcycle Helmets, *Accident Analysis and Prevention*, 23 (1991), 2-3, 153-163.

[4] GILCHRIST, A.; MILLS, N. J.: Impact Deformation of ABS and GRP Motorcycle Helmet Shells, *Plastics and Rubber Processing and Applications*, 21 (1994a), 3, 141-150.

[5] CHANG, L. Y.: Empirical analysis of the effectiveness of mandated motorcycle helmet use in Taiwan, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6 (2005), 3629 - 3644.

[6] RUEDA, M. A. F.; GILCHRIST, M. D.: Computational analysis and design of components of protective helmets, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 226 (2012), 3(4), 208-219.

[7] PRAVEEN, K.; PINNOJI, P. K.; BOURDET, N.; MAHAJAN, P.; WILLINGER, R.: New motorcycle helmets with metal foam shell, *IRCOBI Conference proceedings-Bern (Switzerland)*, 449 - 452, 2008

[8] MILLS, N.J.; WILKES, S.; DERLER, S.; FLISCH, A.: FEA of oblique impact tests on a motorcycle helmet, *International Journal of Impact Engineering*, 36 (2009), 913 - 925.

[9] TOMA, M.; NJILIE, F. E. A.; GHAJARI, M.; GALVANETTO, U.: Assessing motorcycle crash-related head injuries using Finite Element simulation, *Int. J. simul model*, 9 (2010), 143 - 151.

[10] PINNOJI, P. K.; MAHAJAN, P.: Impact analysis of helmets for improved ventilation with deformable head model, *IRCOBI Conference - Madrid (Spain)* 159 - 170, 2006.

[11] AFSHARI, A.; RAJAAI, S. M.: Finite element simulations investigating the role of the helmet in reducing head injuries, *International Journal of Simulation modelling*, 7 (2008), 1, 42 - 51.

[12] HANSEN, A. G.; GIRARD, Y.; OLOVSSON, L.; BERSTAD, T.; LANGSETH, M.: A numerical model for bird strike of aluminium foam-based sandwich panels, *Int. J. of Impact Engg.*, 32 (2005), 1127-1144.

[13] NUBILE, P.: Analytical design of antireflection coatings for silicon photovoltaic devices, *Thin Solid Films*, 342 (1999), 257-261.

[14] ALAM, F.; SUBIC, A.; AKBARZADEH, A.: Aerodynamics of Bicycle Helmets, *The Engineering of Sport*, 7 (2008), 1, 337-334.

[15] BLAIR, K.; SIDELKO, S.: Aerodynamic Performance of Cycling Time Trial Helmets, *The Engineering of Sport*, 7 (2008), 2, 371-377.

[16] WILSON, D.: *Bicycling Science*, 3rd ed. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 110-120 and 174-205, 2004.

Author's contact:**V. C. Sathish Gandhi**

Department of Mechanical Engineering,
University College of Engineering Nagercoil,
Anna University: Tirunelveli Region, Konam,
Nagercoil - 629004, Tamilnadu, India.
Email: vcsgandhi@gmail.com

R. Kumaravelan

Department of Mechanical Engineering,
Velalar College of Engineering and Technology,
Erode - 638012, Tamilnadu, India.

S. Ramesh

Department of Mechanical Engineering,
Annai Mathammal Sheela Engineering College,
Namakkal - 637013, Tamilnadu, India.

M. Venkatesan

Department of Mechanical Engineering,
University College of Engineering Nagercoil,
Anna University: Tirunelveli Region, Konam,
Nagercoil - 629004, Tamilnadu, India.

M. Siva Rama Krishnan

Department of Mechanical Engineering,
University College of Engineering Nagercoil,
Anna University: Tirunelveli Region, Konam,
Nagercoil - 629004, Tamilnadu, India.

AUTODESK MAYA - DINAMIČNA POLJA U RAČUNALNOJ ANIMACIJI

AUTODESK MAYA - DYNAMIC FIELDS IN COMPUTER ANIMATION

Krunoslav Čovran, Bernik Andrija, Vusić Damir

Stručni članak

Sažetak: Ovim radom će se objasniti način korištenja dinamičnih polja u Mayi. Dinamika je grana fizike koja opisuje kako se objekti kreću u prostoru. Dinamične animacije koriste fizikalna pravila prilikom simulacija prirodnih sila. Pomoću dinamičnih opcija u Mayi, mi određujemo koje akcije i pokrete želimo da objekt ili čestica napravi, a zatim pustimo da softver odredi kako će se objekt animirati. Dinamične animacije dopuštaju da se kreiraju realistični pokreti koji bi se teško kreirali pomoću tradicionalne animacije pomoću ključeva (eng. keyframe animation). Na primjer, pomoću dinamičnih animacija mogu se kreirati kocke u pokretu, zastave koje se vijore na vjetru i vatromet. Opisati će se opcije programa pomoću kojih se mogu napraviti aktivna i pasivna kruta tijela koja imaju međusobnu interakciju, meka tijela, objasniti će se kako se kreiraju polja sila kao što su gravitacija, vjetar, turbulencija i vrtložna polja, te kako ih manipulirati da bi dobili željeni efekt.

Ključne riječi: Autodesk Maya, animiranje, efekti, polja sile, meka i kruta tijela

Professional paper

Abstract: This paper will explain how to use dynamic fields in Maya. Dynamics is a branch of physics that describes how objects move in space. Dynamic animation uses physical rules during simulation of natural forces. Using the dynamic options in Maya, we determine what actions and movements we want for object or particle to make and then let the software determine how an object will be animated. Dynamic animation allows to create realistic movements that would be difficult to create using traditional animation using keys (eng. keyframe animation). For example, using dynamic animation can create cubes in motion, flags fluttering in the wind and fireworks. We will describe the options of the program by which they can make active and passive rigid bodies with interaction or soft body. We will explain how to create force fields such as gravity, wind, turbulence and vortical fields, and how to manipulate them to get the desired effect

Key words: Autodesk Maya, animation, effects, force fields, soft and rigid bodies

1. UVOD

Maya se do 2010 prodavala u dvije različite edicije: Maya Complete i Maya Unlimited. Dok je Maya Complete nudila sve alate koje bi korisnik mogao poželjeti pri stvaranju 3D računalne grafike, Maya Unlimited je nudila još i realne simulatore tkanina, različitih čestica, tekućina, kose i krzna, te sličnih alata. Uza sve to, Maya Unlimited je nudila korištenje Maya Live, alata pomoću kojeg se razni dijelovi iz slike i videa mogu vjerodostojno prenijeti u okruženje Maye. Maya Unlimited je bila i do dva puta skuplja od Maye Complete, koja je stajala dvije do tri tisuće američkih dolara. Sa izdanjem Autodesk Maye 2010, ukinute su edicije, te se korisnicima za prosječnu cijenu nude svi alati, a samim time i veliki broj mogućnosti. Velika mogućnost prilagođavanja i nadogradnje Maye je glavni razlog zašto dosta studija odabere Mayu naspram ostalih programa. Naime, razvojnim studijima je u interesu imati program koji mogu prilagoditi svojem načinu rada te time si ubrzati produktivnost i preteći konkurenciju. Mayina arhitektura i sučelje omogućavaju otvorenost te

suradnju sa ostalim programima, pri čemu je moguće totalno izmijeniti izgled i funkcionalnost same Maye u skoro novi program. Iako originalno pisan u C++, Maya koristi jezik Maya Embedded Language (MEL) koji ne samo da olakšava korištenje kompliciranih i ponavljajućih radnji u Mayi, nego i omogućuje mijenjanje njenih izvornih funkcija. Uz MEL, velika prednost Maye jest što podržava i Python, univerzalan programski jezik koji se koristi u razne svrhe (desktop aplikacije, web dizajn, administracija sustava...). Unutar programa je ugrađena podrška za rad s poljima koji simuliraju fiziku stvarnih pojava. S dinamičnim poljima mogu se simulirati kretanja prirodnih sila. Na primjer, može se povezati polje vrtloga na emitirane čestice za stvaranje pokreta sličnog tornadu. Polja su sile koje koristimo za animiranje gibanja čestica, nParticles, nCloth, mekih tijela, krutih tijela, tekućina i kose. Meko tijelo je poligonalna površina, NURBS površina (eng. NURBS surface), NURBS krivulja (eng. NURBS curve) ili rešetke (lattice). Kruto tijelo je poligonalna ili NURBS površina. Može se stvoriti polje na objekt ili kao samostalna sila.

2. PODJELA POLJA

Samostalna polja (eng. Stand-alone fields)

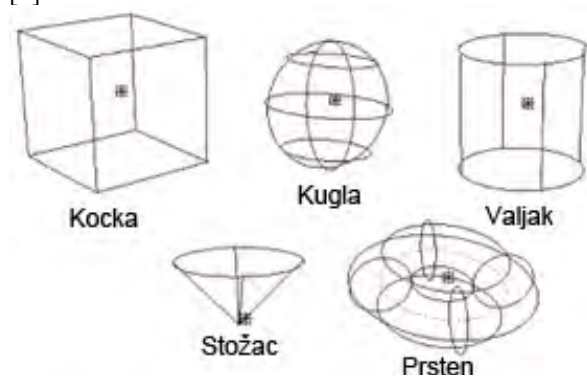
Samostalna polja utječu na objekte iz stacionarnih ili pokretnih mjesta u sceni. Samostalno polje nije u vlasništvu geometrije. Polje je predstavljeno kao ikona na sceni i nezavisni čvor (eng. node) u Outliner-u.[2]

Objektna polja (eng. Object fields)

Objektna polja su u vlasništvu objekta i utječu na objekt. Objektno polje predstavlja ikona na ili u blizini objekta u sceni, i kao unos ispod objekta u Outliner-u. Objekt može posjedovati više polja. Polje se mogu dodati polygonima, NURBS krivuljama ili površinama, česticama, rešetkama (eng. lattices) ili krivuljama na površinama. Može se dodati polje za sve čestice (eng. particles), ali i samo na neke od čestica. Za krivulje na površini, mogu se dodati polja za cijelu krivulju ili određene dijelove krivulje.[2]

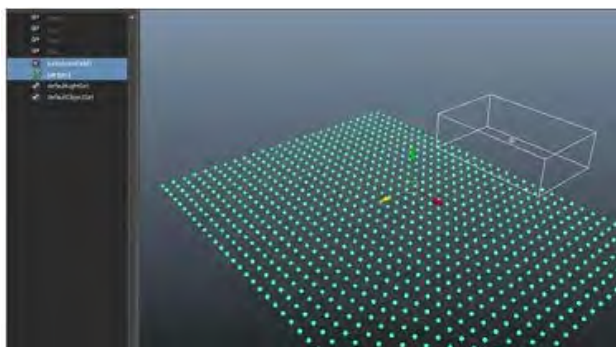
Volumenska polja (eng. Volume fields)

Mogu se odabrati volumenska polja i definirati regije u sceni u kojem će čestice ili kruta tijela biti pogođeni s određenim silama. Volumen oblika koje možemo koristiti su kocka, kugla, valjak, stožac i prsten.[2]

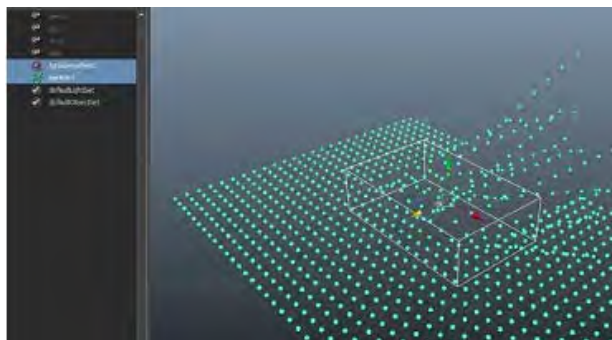


Slika 1. Mogući izgledi objektnih polja

Na primjer, ako se stvori polje turbulencije i za njezin volumen odabere oblik kocke, samo čestice ili kruta tijela u regiji kocke će biti pogođeni turbulencijom. Kako se vidi na slici 2. postavljena je scena s volumenskim poljem. Na slici 3. vidi se kako polje prolazi kroz čestice i utječe na samo na one čestice koje su zahvaćene poljem.



Slika 2. Volumenskog polja



Slika 3. Interakcija s Volumenskim poljem

3. VRSTE POLJA

3.1. Polje zraka

Polje zraka (eng. air field) simulira utjecaj kretanja zraka. Objekt koji se spoji na polje zraka ubrzava ili usporava tako da im brzina odgovara polju zraka kako animacija odmiče. Polje zraka može se pridružiti pokretnom dijelu objekta za simulaciju vala vjetra iz tog dijela. Na primjer, ako imamo lika koji hoda kroz lišće ili prašina na tlu, može se pridružiti polje zraka u podnožju lika.[2]

Osnovne funkcije zračnog polja su objašnjeni u nastavku:

Wind - Postavlja atribut Air polja na zadane postavke koje približno opisuju djelovanje vjetra. Spojeni objekti povećavaju svoju brzinu dok se ne podudaraju s 5 jedinica po okviru (eng. units per frame) u smjeru X-osi.

Wake - Postavlja atribut Air polja na zadane postavke koje približno opisuju kretanje zraka koji je poremećen i guran uz objekt u pokretu. Zadane postavke nemaju nikakvog utjecaja na objekte osim ako se polje kreće.

Fan - Postavlja atribut Air polja na zadane postavke koje približno opisuju učinak ventilatora. Spojeni predmeti kreću se u 45 stupnjeva širine duž X-osi po 5 jedinica po okviru.

Ostale postavke pomoću kojih se definiraju polja su:

Magnitude - Postavlja snagu Air polja, koje postavlja brzinu u smjeru u kojem se zrak kreće. Veličinu i smjer X, Y i Z atributi postavljaju brzinu vjetra. Što je veći broj, jača je sila. Može se koristiti negativni broj kako bi preokrenuti smjer sile.

Attenuation - Postavlja koliko se snaga u polju smanjuje što se udaljenost pogođenih objekta povećava. Stopa promjene je eksponencijalna s udaljenosti; attenuation je eksponent. Ako se postavi na 0 Attenuation, sila ostaje konstantna tijekom cijele udaljenosti. Negativni brojevi ne vrijede.

Direction X, Y, Z - Određuje smjer puhanja zraka.

Speed - Kontrolira kako brzo će spojeni predmeti ubrzati na odgovarajuću brzinu polja. Ako se postavi na 0, predmeti se ne miču. Ako se postavi na 1, predmeti ubrzaju na odgovarajuću brzinu zraka gotovo trenutačno.

Inherit Velocity (ili Inherit) - Kada se Air polje kreće ili je pridruženo na objekt u pokretu, ova vrijednost određuje koliko će se brzina Air polja dodati smjeru (eng. Direction) i veličini (eng. Magnitude). Koristi se vrijednost od 0 do 1.

Inherit Rotation - Ako se uključi ova opcija i Air polje se rotira ili je pridruženo na rotirajući objekt, tok zraka prolazi kroz iste rotacije. Bilo kakve promjene u rotaciji i polje mijenja smjer prema kojem je zrak usmjeren. To je slično rotirajućim ventilatorima ili zraku iz usta lika čija se glava kreće.

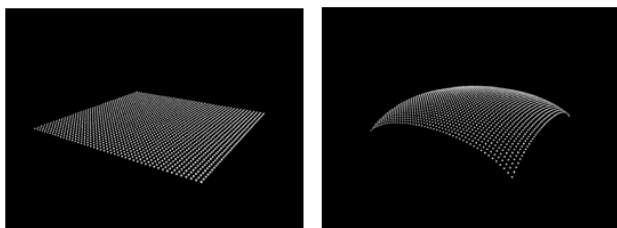
Component Only - Ako je ova opcija isključena, Air polje primjenjuje koju god silu koja je potrebna da bi se brzina objekta pod utjecajem polja izjednačila brzini polja. Ako je opcija uključena, Air polje primjenjuje samo snagu koja je određena u prijašnjim opcijama. Također, sile nije primijenjena da uspori objekt na tom smjeru; sila se primjenjuje samo na povećanje brzine.

Enable Spread - Određuje hoće li se koristiti određeni kut na kojem će djelovati sila. Ako je opcija uključena, samo na objekte unutar područja koji su pod utjecajem ove postavke utječe Air polje. Sila se širi radijalno prema van u izgledu stošca. Ako se postavi opcija Magnitude kao negativna vrijednost i ako je Enable spread uključen, čestice se privlače prema centru. Ovaj efekt može se koristiti ako se želi da izgleda kao da se čestice usisavaju.

Use Max Distance - Ako se uključi ova opcija, Air polje utječe na povezane objekte unutar područja definiranog pomoću ove postavke. Na bilo koje povezane objekte izvan maksimalne udaljenost ne utječe polje. Ako je opcija isključena, svi povezani objekti su pogođeni poljem, bez obzira na udaljenost.

Falloff Curve - Dostupno kada se koristi maksimalna udaljenost. Kada se koristi polje za silu, ponekad objekt koji prima snagu može imati problema smiriti se nakon što je sila postignuta. Ova krivulja može se koristiti da odredimo snagu. Na primjer, pri centru polja se postiže jaka sila, a što se objekt više udaljava sila je sve slabija.

Apply Per Vertex - Postavlja gdje polje sile izvire iz objekta. Ako se uključi ova opcija, svaki pojedinačna točka (CV, čestica) odabranog objekta emitira silu jednako i punom snagom. Ako se isključi, polje se emitira samo od centralnog položaja navedenih točaka.



Slika 4. Čestice bez utjecaja polja (lijevo) i s utjecajem polja (desno)

3.2. Polje povlačenja

Polje povlačenja (eng. Drag field) djeluje na objekt koji je animirani pomoću trenja ili sile kočenja.

Osnovne funkcije polja povlačenja su navedene u nastavku [2]:

Magnitude - Postavlja snagu polja. Što je veća veličina, veća je sila kočenja na objekt u pokretu.

Attenuation - Postavlja koliko se snaga u polju smanjuje ovisno o udaljenosti objekta od polja. Stopa promjene je eksponencijalna s udaljenosti; attenuation je eksponent.

Ako postavimo na 0 Attenuation, sila ostaje konstantna tijekom cijele udaljenosti.

Speed Attenuation - smanjuje utjecaj polja ako je brzina čestice manja od zadane vrijednosti. To omogućuje da polje nema veliki utjecaj na čestice koje se sporo kreću, ali ima normalan utjecaj na brze čestice.

Use Direction - Određuje da sila kočenja utječe samo na objekt koji se nalazi u smjeru X, Y, Z. Na primjer, ako se koristi ova opcija naš objekt se kreće u istom smjeru kao i polje, puna snaga kočenja će se primijeniti na njega. Ako se objekt kreće okomito u odnosu na polje, ne primjenjuje se nikakva sila kočenja. Ako se objekt kreće u suprotnom smjeru, on ubrzava.

Direction X, Y, Z - Postavlja smjer prema kojem će polje imati utjecaj.

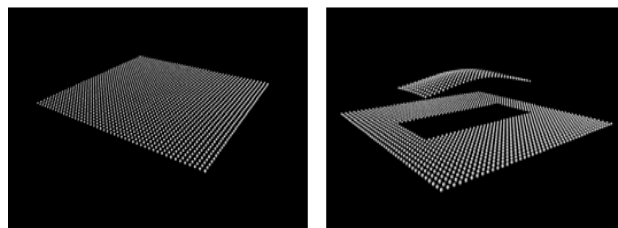
Inherit Velocity - iznos sile je relativan u odnosu na kretanje polja. Polje je kao blok zraka, vode ili blata, ovisno o magnitudi. Ovaj atribut dopušta da se blok preseli kad se polje pomiče. Ako je opcija postavljena na 1,0 onda se kreće točno s poljem. Ako je magnituda visoka, svi predmeti koji se nalaze u određenom rasponu od polja će osjetiti utjecaj istog, kao kad šljunak zaglavi u blatu.

Motion Attenuation - Smanjuje utjecaj otpora kada se polje kreće polako. Kada je ova opcija veća od nule, polje nema nikakav utjecaj kada miruje. Ova opcija ima samo utjecaj onda kad Inherit velocity nije 0.

Use Max Distance - Ako se uključi ova opcija, polje utječe na povezane objekte unutar područja definiranog pomoću ove postavke. Na bilo koje povezane objekte izvan maksimalne udaljenost ne utječe polje. Ako je opcija isključena, svi povezani objekti su pogođeni poljem, bez obzira na udaljenost.

Max Distance - Postavlja maksimalnu udaljenost do koje će polje imati učinak.

Apply Per Vertex - Postavlja gdje polje sile izvire iz objekta. Ako se uključi ova opcija, svaka pojedinačna točka (CV, čestica) odabranog objekta emitira silu jednako punom snagom. Ako je isključena, polje se emitira samo od centralnog položaja navedenih točaka.



Slika 5. Čestice bez utjecaja polja (lijevo) i s utjecajem polja (desno)

3.3. Gravitacijsko polje

Gravitacijsko polje simulira Zemljinu gravitacijsku silu. Ona ubrzava objekt u određenom smjeru. Opcije za gravitacijsko polje su sljedeće [2]:

Magnitude - Postavlja snagu gravitacijskog polja. Veća veličina, objekti će brže ubrzati u smjeru gravitacijske sile.

Attenuation - Postavlja koliko se snaga u polju smanjuje ovisno o udaljenosti objekta od polja.

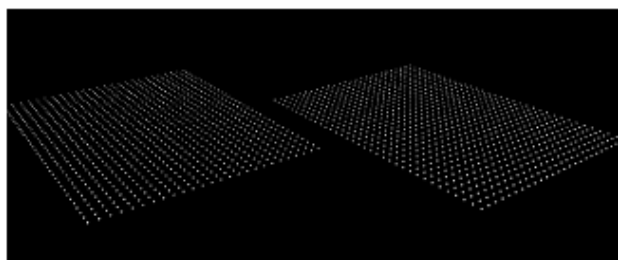
Direction X, Y, Z - Postavlja smjer gravitacijske sile.

Use Max Distance - Ako je opcija uključena, polje utječe na povezane objekte unutar područja definiranog

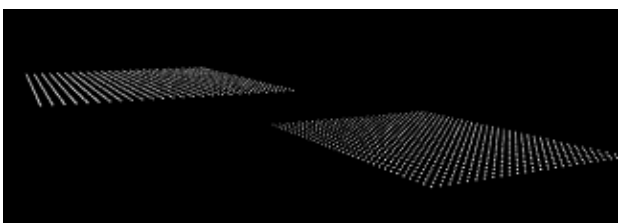
pomoću ove postavke. Na bilo koje povezane objekte izvan maksimalne udaljenost ne utječe polje. Ako se isključi opcija, svi povezani objekti su pogođeni poljem, bez obzira na udaljenost.

Max Distance - Postavlja maksimalnu udaljenost do koje će polje imati učinak.

Apply Per Vertex - Postavlja gdje polje sile izvire iz objekta. Ako je opcija uključena, svaka pojedinačna točka (CV, čestica) odabranog objekta emitira silu jednako punom snagom. Ako je isključena, polje se emitira samo od centralnog položaja navedenih točaka.



Slika 6. Dva polja čestica u početnom stanju



Slika 7. Na desno polje se primijenila gravitacija i polje počinje padati

3.4. Newton polje

Newton polje vuče objekte prema sebi. To nam omogućuje da se stvore efekti kao što su orbite planeta ili lopte koje se sudaraju. Ovo polje se temelji na načelu da postoje međusobne privlačne sile između bilo koja dva objekta u svemiru, proporcionalne produktu njihovih masa. Kako se udaljenost između predmeta povećava, snaga se smanjuje. [2]

Newton polje koristi se za:

- privući objekt prema samostalnom Newton polju.
- privući objekt na NURBS, poligonalni predmet ili čestice koje posjeduju Newton polje.

Newton polje je pod utjecajem mase povezanih objekata. Opcije za stvaranje Newton polja su:

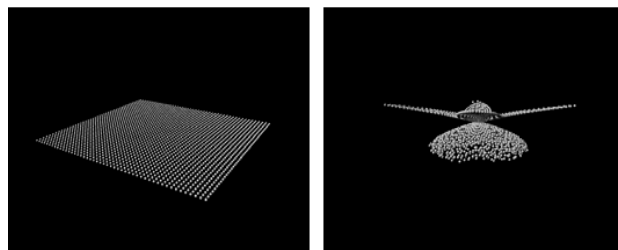
Magnitude - Postavlja snagu Newton polja. Što je veći broj, jača je snaga. Pozitivan broj vuče predmete prema polju. Negativan broj gura objekte dalje od polja.

Attenuation - Postavlja koliko se snaga u polju smanjuje ovisno o udaljenosti objekta od polja.

Min i Max Distance - Postavlja minimalnu ili maksimalnu udaljenost od Newton polja na kojem se vrši sila.

Use Max Distance - Ako je opcija uključena, polje utječe na povezane objekte unutar područja definiranog pomoću ove postavke. Na bilo koje povezane objekte izvan maksimalne udaljenost ne utječe polje. Ako se isključi, svi povezani objekti su pogođeni poljem, bez obzira na udaljenost.

Apply Per Vertex - Postavlja gdje polje sile izvire iz objekta. Ako se uključi, svaki pojedinačna točka (CV, čestica) odabranog objekta emitira silu jednako punom snagom. Ako je isključena, polje se emitira samo od centralnog položaja navedenih točaka.



Slika 8. Čestice bez utjecaja polja (lijevo) i s utjecajem polja (desno)

3.5. Radijalno polje

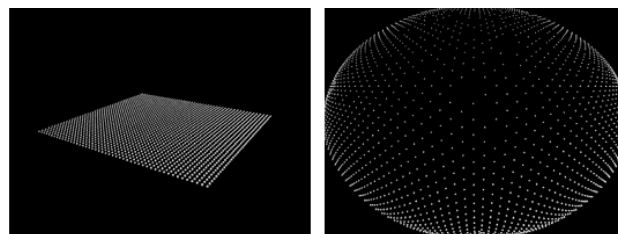
Radijalno polje (eng. Radial field) gura objekte ili ih vuče prema sebi, poput magneta. Opcije za stvaranje radijalnog polja su [2]:

Magnitude - Postavlja snagu polja. Što je veći broj, jača je snaga. Pozitivan broj gura objekte. Negativan broj privlači objekte prema polju.

Attenuation - Postavlja koliko se snaga u polju smanjuje ovisno o udaljenosti objekta od polja.

Radial Type - Određuje kako se efekt radijalnog polja smanjuje s prigušenjem (eng. attenuation). Vrijednost od 1 uzrokuje učinak radijalnog polja da padne brzo na nulu kada se objekt približava maksimalnoj udaljenosti od polja. Vrijednost od 0 uzrokuje efekt radijalnog polja da se postupno približava (ali nikad dostigne) 0 što se više približava maksimalnoj udaljenosti od polja.

Sve ostale opcije su iste kao kod ostalih polja.



Slika 9. Čestice bez utjecaja polja (lijevo) i s utjecajem polja (desno)

3.6. Polje turbulencije

Polje turbulencije (eng. Turbulence field) uzrokuje nepravilnosti u kretanju pogođenih objekata. Te nepravilnosti se također nazivaju buka ili podrhtavanje. Mogu se kombinirati ostala polja s turbulencijom da bi oponašali slučajna gibanja u tekućini ili plinovitim sredstavima, kao vode i zraka. Opcije za stvaranje ovog polja su sljedeće [2]:

Magnitude - Postavlja snagu turbulencije. Što je veći broj, jača je snaga. Mogu se koristiti pozitivne ili negativne vrijednosti za kretanje objekata u polju.

Attenuation - Postavlja koliko se snaga u polju smanjuje ovisno o udaljenosti objekta od polja.

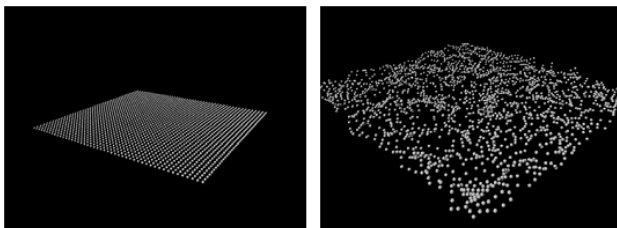
Frequency - Postavlja frekvenciju turbulencije. Veće vrijednosti uzrokuju češće nepravilnosti u pokretu.

Phase X, Y, Z - Postavlja fazni pomak u turbulenciji. To određuje smjer poremećaja.

Interpolation Type – Linearna opcija određuje linearnu interpolaciju između vrijednosti u tablici turbulencije. To može stvoriti primjetne prekide duž linija sile. Kvadratna interpolacija stvara glatki izgled, ali zahtijeva znatno više procesorskog vremena.

Noise Level – što je veća vrijednost, nepravilnija je turbulencija.

Ostale opcije su iste kao i kod ostalih polja.



Slika 10. Čestice bez utjecaja polja (lijevo) i s utjecajem polja (desno)

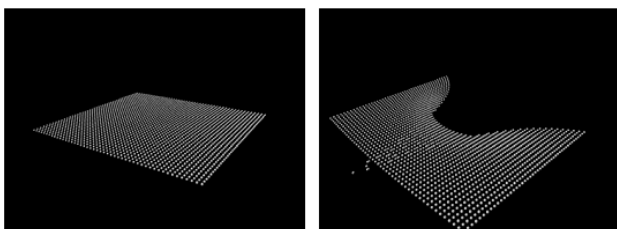
3.7. Uniformno polje

Uniformno polje (eng. Uniform field) gura objekte u jedinstvenom smjeru. Opcije za ovo polje su sljedeće [2]:

Magnitude - Postavlja snagu polja. Što je veći broj, jača je snaga. Možemo koristiti pozitivne ili negativne vrijednosti za guranje objekta ili privlačenje istog prema polju.

Attenuation - Postavlja koliko se snaga u polju smanjuje ovisno o udaljenosti objekta od polja.

Direction X, Y, Z - Određuje smjer u kojem polje gura objekte. Ostale opcije su iste kao i kod ostalih polja.



Slika 11. Čestice bez utjecaja polja (lijevo) i s utjecajem polja (desno)

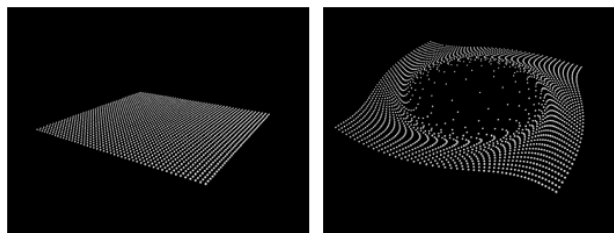
3.8. Vrtložno polje

Vrtložno polje (eng. Vortex field) vuče objekte u kružnom ili spiralni smjeru. Možemo koristiti ovo polje s česticama za stvaranje efekta kao što su tornada. Opcije za stvaranje ovog polja su [2]:

Magnitude - Postavlja snagu polja. Što je veći broj, jača je snaga. Pozitivan broj vuče objekt suprotno kazaljki na satu. Negativan broj vuče objekt u smjeru kazaljke na satu.

Attenuation - Postavlja koliko se snaga u polju smanjuje ovisno o udaljenosti objekta od polja.

Axis X, Y, Z - Određuje osi oko koje polje vrši svoju silu. Ostale opcije su jednake kao i kod ostalih polja.



Slika 12. Čestice bez utjecaja polja (lijevo) i s utjecajem polja (desno)

3.9. Volumno polje

Volumno polje (eng. Volume field) omogućuje pomicanje predmeta, uključujući čestice i nParticles, u različitim smjerovima u definiranom volumenu. Može se koristiti za stvaranje efekata kao što su čestice koje teku oko prepreke, solarne baklje, oblak u obliku gljive, eksplozija i tornada. Opcije za stvaranje polja su [2]:

Attenuation - Postavlja koliko se snaga u polju smanjuje od središnje osi polja. Ako se prigušenje postavi na 1, snaga polja smanjuje se na linearan način od pune snage u središnjoj osi do nulte snage na rubu volumena. Vrijednosti veće od 1 čine da se snaga polja smanjuje na nulu na eksponencijalan način, što je veća vrijednost, snaga se brže smanjuje. Vrijednost od 0 omogućava da snaga ostaje konstantna od središnje osi do kraja volumena.

Volume Shape - Određuje zatvoren volumen koji definira područje u kojem sila utječe na čestice i kruta tijela. Može se birati između pet volumena: kocka, kugla, valjak, stožac i prsten. Može se pomicati, rotirati ili povećavati i smanjivati polje.

Volume Offset X, Y, Z – pomiče polje od stvarne lokacije polja.

Volume Sweep - Definira opseg rotacije za sve oblike volumena osim volumena kocke. To može biti vrijednost od 0 do 360 stupnjeva.

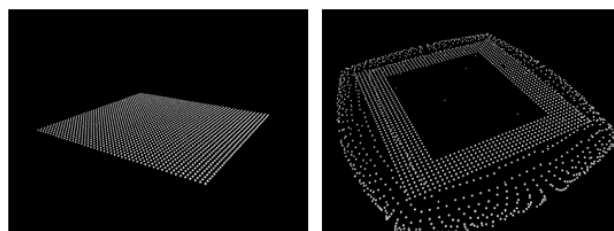
Invert Attenuation - Kada je uključena opcija i imamo prigušenje postavljeno na vrijednost veću od 0, snaga na području kraja volumena je najjača i polako opada prema centru volumena.

Away From Center – Određuje brzinu po kojoj će se objekti udaljavati od centra volumena. Može se koristiti ako se želi kreirati efekt eksplozije.

Along Axis – Određuje brzinu po kojoj će se objekti micati uz centar volumena.

Around Axis - Određuje brzinu po kojoj će se objekti micati oko centra volumena.

Direction X, Y, Z – Pomiče objekte u smjeru zadane X, Y i Z osi.



Slika 13. Čestice bez utjecaja polja (lijevo) i s utjecajem polja (desno)

4. MEKA I TVRDA TIJELA

4.1. Meka tijela

Svaki se geometrijski objekt može definirati kao fleksibilni element pri čemu se koriste funkcionalnosti mekih tijela (eng. Soft Bodies). Mogu se koristiti razne tehnike animacije da bi se meka tijela svijala ili izobličila poput mekih predmeta u prirodi (zastava). [3][4]

Kada se napravi meko tijelo iz geometrije, Maya stvara odgovarajući objekt čestica. Taj objekt je naveden pod geometrijom u Outliner-u. Kombinacija geometrije i čestica je naše mekano tijelo. Objekt ima jednu česticu na svakoj točki geometrije. Kada polje sile ili sudar utječe na jednu česticu, odgovarajuće točke geometrije odgovaraju na kretanje te čestice. Čestice se ne renderiraju, one postoje samo tako da se može utjecati na geometriju pomoću dinamike. Renderira se geometrija.

Meka tijela uključuju čestice, ima iste statičke i dinamične attribute kao čestica. Ti atributi mogu se promijeniti na isti način kao i za druge čestice. Meka tijela se mogu stvoriti iz [6]:

- poligonalne površine
- NURBS krivulje i površine
- rešetke (lattices)

Meka tijela ne mogu se stvoriti iz:

- IK kostura
- NURBS površine (osim ako se ne pretvore u poligon)

4.2. Kruta tijela

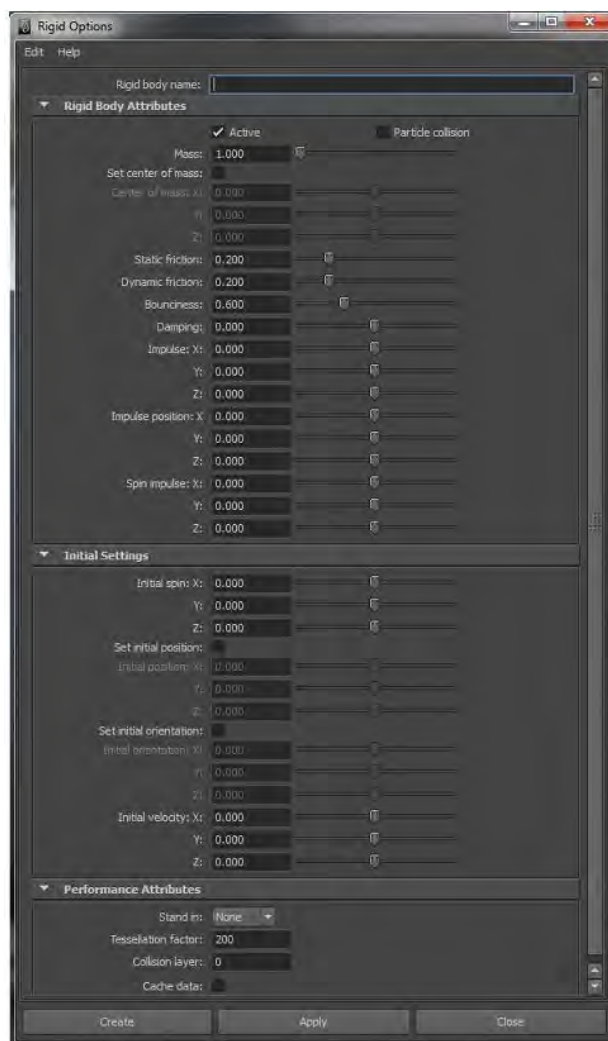
Kruto tijelo (eng. Rigid Bodies) je poligonalna ili NURBS površina pretvorena u čvrst oblik. Za razliku od uobičajenih površina, kruta tijela se sudaraju s drugim objektima u sceni. Da bi se animirao pokret krutog tijela, koriste se polja, ključevi (eng. keys), izrazi (eng. expressions), ograničenja ili sudari s česticama. [3]

Maya ima dvije vrste krutih tijela, aktivne i pasivne. Aktivno kruto tijelo reagira na dinamiku i polja, sudare i opruge, a ne ključeve (keys). Pasivno kruto tijelo može imati aktivna kruta tijela koja se sudaraju s njom. Dinamika nema nikakvog učinka na njega. Na primjer, da bi lopta odskočila sa poda, lopta bi se napravila kao aktivno kruto tijelo, jer treba padati sa gravitacijom i odskočiti nakon sudara s podom. Pod pasivno kruto tijelo bi se naveo pod. Dinamička animacija krutih tijela kontrolira komponenta u Mayi koja se zove Rigid body solver. [4][6]

NAPOMENA

- Može se stvoriti samo jedno kruto tijelo po objektu.
- Samo jedna strana krutog tijela se može sudarati, strana s normalama okrenutim prema van. Poruke o pogrešci pojaviti će se ako kruta tijela prolaze kroz druga.
- Ne smije se animirati veličina ili druge deformacije krutih tijela.
- Krivulja ne može biti kruto tijelo.

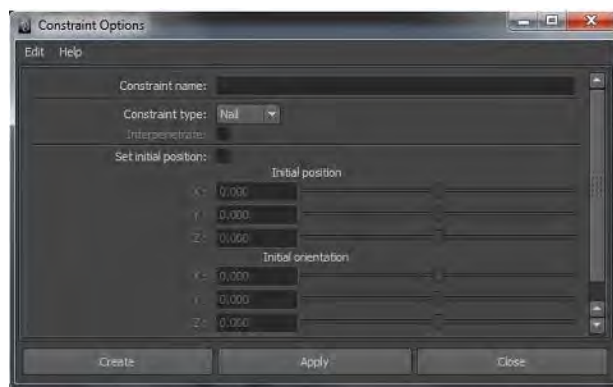
- Moguće je napraviti da se kruto tijelo sudara unutar drugog.



Slika 14. Opcije za stvaranje aktivnog i pasivnog krutog tijela

4.3. Ograničenja

Ograničenja krutih tijela ograničavaju gibanje istih. Ograničenja simuliraju ponašanje stvari u stvarnom svijetu kao što su: igle, čavli, barijere, okovi i opruge. Kruta tijela mogu se ograničiti na položaj u sceni ili sa drugim krutim tijelom. [2][3]



Slika 15. Opcije za stvaranje ograničenja

Ako se stvorilo ograničenje na objekt, Maya automatski objekt pretvara u kruto tijelo. Na raspolaganju su pet tipova ograničenja koja se biraju prema željenom efektu simulacije. [3]

"Nail" ograničenje

Nail ograničenje zabija jedan aktivni objekt na položaj u radnom prostoru. Djeluje kao da čvrsta šipka povezuje kruto tijelo s položajem ograničenja. [2] Ne može se koristiti ovo ograničenje na pasivno kruto tijelo. Ako se želi animirati aktivno kruto tijelo s poljem kao što je gravitacija, može se koristiti ovo ograničenje za stvaranje efekata kao što je lopta koja se njiše pomoću kabela [4]

"Pin" ograničenje

Ovo ograničenje povezuje dva kruta tijela u određenom položaju.[2] Djeluje kao da su dva objekta povezana metalnom iglom s kuglastim zglobovima između svojih krajeva. Može se koristiti za stvaranje efekata kao što su karika u lancu ili robotska ruka. Spojiti se mogu dva aktivna kruta tijela; aktivno i pasivno kruto tijelo.[4]

"Hinge" ograničenje

Hinge ograničenje ograničava kruto tijelo uz određenu os pomoću zgloba. Može se koristiti za stvaranje efekata kao što je zglob na vratima ili veza koja povezuje vagone na vlaku. Može se stvoriti ograničenje između[4]:

- jednog aktivnog ili pasivnog krutog tijela i položaja u sceni
- dva aktivna kruta tijela
- aktivno i pasivno kruto tijelo.

Hinge ograničenje može reagirati sa poljima sila. Svoje osi rotira kad se primjeni okretni moment, što joj daje realni izgled kada zglob leti kroz zrak ili odskakuje od drugih krutih tijela.[2]

"Spring" ograničenje

Ovo ograničenje simulira elastični kabel. Može se koristiti za stvaranje efekta kao što je čovjek koji skače bungee-jumping s zgrade. Moguće je stvoriti ograničenje između [2][4]:

- jednog aktivnog ili pasivnog krutog tijela i položaja u sceni
- dva aktivna kruta tijela
- aktivnog i pasivnog krutog tijela.

"Barrier" ograničenje

Ograničenje koje stvara beskonačnu barijeru nakon koje se centar mase krutog tijela neće pomaknuti. Može se koristiti za kreiranje objekta koji blokira druge objekte, na primjer zid ili pod. Može se uštedjeti na vremenu obrade koristeći ovu vrstu ograničenja umjesto učinka sudara. Međutim, objekti će skrenuti, ali se neće odbiti od barijere. Da bi se ograničilo više objekata, mora se stvoriti barijera za svaki objekt. Ovo ograničenje radi samo s jednim aktivnim krutim tijelom i ne ograničava pasivno kruto tijelo.[2][4]

5. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Dinamičnim silama i efektima moguće je stvoriti kvalitetne i impresivne animacije. Opcije koje su na raspolaganju u Mayi omogućavaju da se, uz ponešto truda, kreiraju efekti koji će raditi točno onu zadaću koju se zamislila za određeni objekt, a koja bi bila gotovo nemoguća za napraviti pomoću tradicionalne animacije.

Uz mnoštvo opcija koje se nude ponekad je poželjno kombinirati nekoliko njih kako bi se dobio željeni efekt. Na primjer, korištenjem samo Vortex polja nemože se dobiti željeni efekt vrtloga, već da bi se dobio realistični efekt mora se kombinirati vortex polje sa turbulence, wind i newton poljem. Također je poželjno da se efekti, kao što su vatra, nanose na jedan objekt nekoliko puta da bi se dobio realističniji izgled. Naravno opcije se uvijek moraju podešavati da bi se dobio željeni efekt. One ovise u veličini objekta i veličine scene, tako da nema fiksnog pravila u korištenju istih, već se svaki put mora testirati i pomoću Trial and Error metode dobiti željeni rezultat.

Dinamični efekti su vrlo snažan alat za izradu efektivnih animacija, ali iziskuju naprednije znanje korištenja programa i dovoljno vremena korisnika, jer dodavanjem nekoliko efekata znači da će procesor sve više raditi i testiranje istih će rezultirati čekanjem izračuna efekata. Na kraju, trud i vrijeme koje smo uložili u određeni projekt će se isplatiti jer rezultati mogu biti uistinu zapanjujući.

6. LITERATURA

- [1] Čovran, K.: Autodesk Maya - Dynamics, Završni rad br. 88/MM/2010, VELV Varaždin, 2012
- [2] Kelle, r E.: Mastering Autodesk Maya 2011, Wiley Publishing, Indianapolis, Indiana, 2010.
- [3] <http://download.autodesk.com/us/maya/2009help/index.html>, (Dostupno: 15.11. 2013.)
- [4] <http://www.expertrating.com/courseware/MayaCourse/MAYA-Dynamics-SpecialEffects-1.asp>, (Dostupno: 15.11.2013.)
- [5] http://www.imanishi.com/mayablog_en/maya/mayadynamics/, (Dostupno: 15.11.2013.)
- [6] http://www.cgtutorials.com/c33/Dynamics_and_Special_FX/, (Dostupno: 21.10. 2013.)
- [7] <http://www.3dm3.com/tutorials/maya/rigid/>, (Dostupno: 16.11.2013.)

Kontakt mentora:

Andrija Bernik, dipl.inf, predavač
Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3
42000 Varaždin
bernik.velv@gmail.com

INTEGRATIVNI MODEL PROIZVODNJE MEDIJSKOG SADRŽAJA TISKANIH MEDIJA U MULTIPLATFORMSKIM PRODUKCIJSKIM UVJETIMA

INTEGRATIVE MODEL OF MEDIA CONTENT PRODUCTION FOR PRINTED MEDIA IN MULTIPLATFORM PRODUCTION CONDITIONS

Darijo Čerepinko, Mario Periša, Dean Valdec

Prethodno priopćenje

Sažetak: Rad daje pregled proizvodnje medijskog sadržaja u multiplatformskim produkcijskim uvjetima i na temelju postojećih teorijskih spoznaja istražuje metode proizvodnje multimedijских i cross medijskih sadržaja iz perspektive vanjskog promatrača. Istraživanje stupnja medijske konvergencije hrvatskih dnevnih listova pokazuje da proizvodnja sadržaja za pojedine platforme nije objedinjena niti se u dovoljnoj mjeri koriste mogućnosti koje pružaju nove tehnologije. Stoga se u radu predlaže novi model proizvodnje medijskog sadržaja koji bi objedinjavao pojedine faze produkcije i osigurao kvalitetnu multiplatformsku distribuciju.

Ključne riječi: multiplatformska produkcija, integrativni model, multimedijски i cross medijski sadržaji

Preliminary note

Abstract: In this paper authors give an overview of media content production in multiplatform production conditions. They examined methods of multimedia and cross media content production from the perspective of external observer, based on existing theoretical background. Analysis of the degree of media convergence of Croatian daily newspapers shows that the production of content for specific platforms is not unified nor sufficiently use the opportunities provided by new technologies. This paper proposes a new model of content production that would encompass different phases of production and ensure quality multiplatform distribution.

Key words: Multiplatform Production, Integrative Model, Multimedia and Cross Media Content

1. UVOD

Tehnološki razvoj posljednjih nekoliko godina tiskanim medijima omogućio je svojevrsnu informacijsku revoluciju tj. transfer u digitalne tehnologije odnosno proizvodnju sadržaja u tzv. multiplatformskim produkcijskim uvjetima. Riječ je, prije svega, o širenju tiskanih medija odnosno novina i magazina na internet, a potom i u aplikacije za mobilne uređaje i tablet računala. Takav transfer sadržaja stavlja pred tiskane medije nove tehnološke produkcijske zahtjeve koji se očituju prije svega u pronalazenu proizvodnog modela koji će omogućiti brzu, jednostavnu i ekonomski prihvatljivu proizvodnju multimedijского sadržaja (ne samo teksta i fotografije) te njegov što je moguće jednostavniji transfer u različite medijske formate odnosno platforme. Iako se unatrag desetak godina činilo da je pitanje medijske konvergencije objašnjeno i riješeno, tiskani mediji, pogotovo hrvatski, još uvijek ne pronalaze kvalitetne načine objedinjenja proizvodnje u multiplatformskim produkcijskim uvjetima pa ne mogu u potpunosti iskoristiti ni sve prednosti koje konvergencija može pružiti. Ovaj rad neće se detaljno baviti pitanjima stila i žanrova medijskih sadržaja niti ekonomskim modelima koji omogućuju ekonomsku isplativost multiplatformskog pristupa, što su definitivno pitanja na

koja je potrebno dati jasan odgovor, već će istražiti tehnološke zahtjeve za objedinjavanje i publiciranje sadržaja te će predložiti metodu provjere stupnja konvergencije medijskih redakcija odnosno njihovih proizvoda na različitim medijskim platformama. Kako bi se određena društvena pojava, pogotovo ona nastala uvođenjem novih tehnoloških rješenja, mogla nazvati informacijskom revolucijom, potrebno je zadovoljiti nekoliko kriterija [1]: promjena mora biti takva da bitno mijenja ustaljene načine ponašanja, ključni nositelji promjene su mediji koji moraju biti prošireni kroz zajednicu te istovremeno utjecati na promjene i biti njima mijenjani. Kada je riječ o tiskanim medijima, prije svega novinama, podaci govore da su svi uvjeti za ključnu promjenu prisutni. Izvještaj Istraživačkog centra američkog Kongresa [2] pokazuje kako je stanje u tiskanoj industriji poražavajuće: pada broj korisnika, pada prodaja, padaju i prihodi od prodaje oglasnog prostora. Istovremeno, raste utjecaj i prisutnost na internetu i, kao najnoviji trend, javlja se jačanje mobilnog interneta odnosno aplikacija koje se koriste na različitim mobilnim uređajima. Cilj ovog rada je iz perspektive vanjskog promatrača procijeniti postojeće modele i isprobati spomenutu metodu promatranja medijskih sadržaja te dati osnovu za razvoj integrativnog

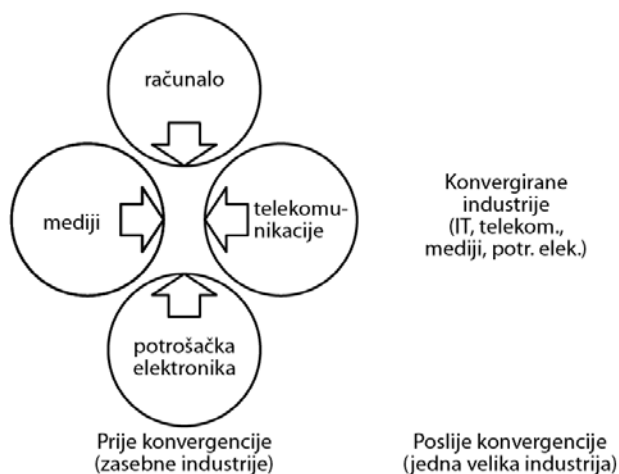
modela proizvodnje medijskog sadržaja u multiplatformskim produkcijskim uvjetima.

2. MEDIJSKA KONVERGENCIJA, MULTIPLATFOME I CROSS MEDIA SUSTAVI

Pojam medijske konvergencije 1979. Nicolas Negroponte predstavlja tzv. 'M.I.T. Media Lab konstruktom' koji je konvergenciju predstavio trima međusobno povezanim krugovima koji su predstavljali izdavačku industriju u tiskanim medijima, TV i filmsku industriju i računalnu industriju [3] (slika 1). Pojam konvergencije u širem tehnološkom smislu najčešće podrazumijeva spajanje četiri ključne medijske tehnologije – medije, računala, IT i telekomunikacije te potrošačku elektroniku – u jednu produkcijsku cjelinu ili jedan proizvod [4] (slika 2).



Slika 1. Negroponteov model medijske konvergencije



Slika 2. Opći tehnološki model medijske konvergencije

Petersen [5] tvrdi da je medijsku konvergenciju moguće promatrati s dva osnovna aspekta: s pozicije vanjskog promatrača odnosno iz pozicije publike i iznutra, iz pozicije organizacijskog procesa. Konvergentni mediji počivali bi pri tome na integraciji proizvodnje i s tehnološke i sa strane stvaranja sadržaja (novinarsko/uredničko/grafička koja postaje multiplatformskoj distribuciji).

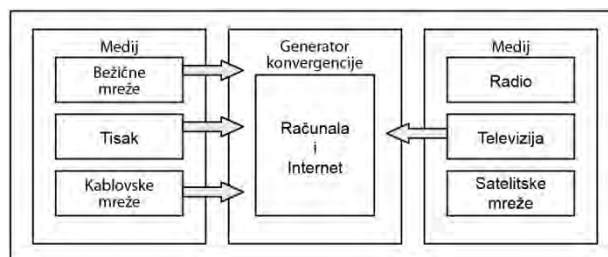
Polazeći iz perspektive korištenja medijskog sadržaja i preklapanja pojedinih segmenata medijske produkcije, Dailey et all. predlažu model konvergencijskog

kontinuum (Convergence Continuum Model) [6] koji se sastoji od pet preklapajućih krugova (slika 3.) koji predstavljaju stupnjeve proizvodnje, počevši s kooperacijom pri proizvodnji sadržaja kao centralnim krugom, a završavajući s jedne strane u cross promociji, a s druge u konvergenciji. Potpuna konvergencija, prema ovom modelu, postiže se kada partneri ili platforme koriste jedan zajednički centar proizvodnje sadržaja, a potpuna cross promocija nastaje kada partneri ili platforme u potpunosti prenose i promoviraju sadržaje ovog drugog.



Slika 3. Konvergencijski kontinuum [6]

Boczowski i Ferris [7] tvrde kako postoje tri temeljna načina proizvodnje medijskog sadržaja za multiplatformsku odnosno cross media produkciju u tiskanim medijima: prenamjena, preslagivanje i ponovno stvaranje, pri čemu odvajaju samu aplikaciju sadržaja od medijske platforme i sadržaju daju djelomičnu nezavisnost od platforme. Pri tome, pod platformom se misli na grupu podsustava ili sučelja koji tvore zajedničku strukturu korištenu za produkciju sadržaja neke uspješno izvedene i distribuirane aplikacije sadržaja, pri čemu je multiplatforma upotreba različitih platforma u istoj komunikacijskoj situaciji, ali bez međusobno povezanog djelovanja, a cross media sustav je, prema pojedinim autorima, nadgradnja multiplatforme i podrazumijeva komunikaciju ili proizvodnju kod koje su dvije ili više platformi integrirane zajedno odnosno njihov finalni rezultat ovisi o upotrebi svih integriranih platformi [8].



Slika 4. Lawson-Borders model konvergencije

Lawson-Borders [9] konvergenciju promatra s tehnološke strane i smatra kako je riječ prije svega o distribuciji sadržaja kroz spajanje postojećih medijskih platformi u jednu, posredstvom računala i interneta (slika 4.).

Pojavom interneta i World Wide Web-a javljaju se i prva istraživanja prilagodbe tiskovina 'novim medijima'. Istražuje se prijelaz novina u 'online izdanja' [10] uz zaključak da većina tiskanih medija dodaje svojim izdanjima 'online' komponentu (prije svega mrežnu stranicu) kako bi povećali interes čitatelja i povećali zaradu prodajući pristup online izdanjima. Kod

postojećih web stranica prevladavao je uglavnom tekstualni format, uz nešto manji opseg drugog multimedijskog materijala te linkova [11], a online izdanja najčešće su bila vertikalno orijentirana [12]. Istraživanja pokazuju da kod proizvodnje 'novina' u novim multiplatformskim uvjetima treba uzeti u obzir i čitateljevo prijašnje iskustvo jer web novine koje slijede ustaljene prakse i obrasce postižu bolje rezultate u čitanju i razumijevanju prezentiranih informacija [13].

3. METODOLOGIJA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Promatrajući medijsku konvergenciju izvana, s aspekta publike, kako predlaže Petersen [5, p. 57], na osnovu komparativne analize sadržaja moguće je doći do zaključka kakva je interna organizacija proizvodnje medijskog sadržaja odnosno stupanj integracije pojedinog tiskanog medija, u smislu kako je vide Dailey et al. [6]. Kako bi se provjerila uspješnost predloženog pristupa, provest će se analiza svih dnevnih novina po tri osnovna kriterija: 1) postojanje aktivne i dnevno osvježavane web stranice; 2) mogućnost online pristupa tiskanom izdanju, sa ili bez pretplate i 3) postojanje aplikacije dnevnih novina za tablet izdanje. Nakon toga, metodom analize sadržaja analizirat će se istovjetnosti sadržaja u tiskanom, web i tablet izdanju kroz usporedbu ukupnog broja objavljenih članaka po izdanju, pri čemu je članak bilo koji izdvojeni tekst s naslovom, osim servisnih informacija, horoskopa, viceva i sl. Formirano je pet istraživačkih pitanja:

Q1: Koliko se članaka iz tiskanog izdanja ponavlja u web izdanju.

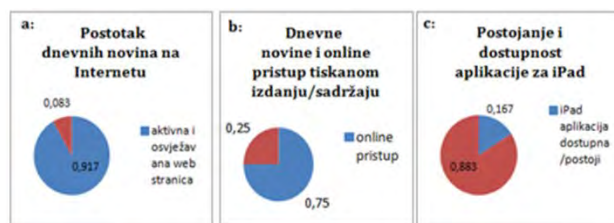
Q2: Koliko se članaka iz tiskanog izdanja ponavlja u tablet aplikaciji.

Q3: Koliko se članaka iz tiskanog izdanja unaprijed pojavljuje u web izdanju?

Q4: Koliko se članaka iz tiskanog izdanja ponavlja u unaprijed pojavljuje u tablet izdanju?

Q5: U kojoj se mjeri preklapaju tablet i web izdanje?

Prema podacima Hrvatskog novinarskog društva, tijekom izrade ovog rada u Hrvatskoj je bilo ukupno 12 dnevnih listova i to: poslovni listovi Business.hr i Poslovni dnevnik, zatim dnevni listovi s nacionalnom pokrivenošću Novi list, Večernji list, Jutarnji list, 24 sata i Slobodna Dalmacija, regionalni dnevnik Glas Slavonije i Glas Istre, lokalni Zadarski list, sportski dnevnik Sportske novosti te dnevnik na jeziku talijanske nacionalne manjine La Voce Del Popolo. Svi spomenuti dnevni listovi imali su aktivnu i dostupnu web stranicu koja sadrži osvježeni sadržaj. Svi dnevni listovi prisutni su i na društvenim mrežama. Također, većina dnevnika, njih dvije trećine odnosno 75 posto, nudi uz pretplatu pristup i tzv. online izdanju, u kojem, najčešće u formi pdf dokumenta, nude mogućnost pristupa i čitanja tiskanog izdanja sa svim objavljenim vijestima i informacijama. Izuzetak su već spomenuti La Voce Del Popolo te Glas Slavonije, dok Zadarski list dopušta pristup samo skeniranim naslovnica (slika 5b.).



Slika 5. Prilagođenost dnevnih novina multiplatformskim tehnologijama

Pregledom online trgovine Apple Store na dan 29. srpnja 2012., pronađene su aplikacije sljedećih dnevnika: Business.hr, Večernji list, Jutarnji list i 24 sata, s tim da su aplikacije dnevnika Business.hr i 24 sata razvijene za korištenje na iPhone uređajima te su njihov izgled, sadržaj i funkcionalnost karakteristični i ograničeni odnosno određeni zahtjevima samog uređaja na kojem se prikazuju, što govori da tek 16,7 posto hrvatskih dnevnih novina ima aplikacije razvijene za mobilne tablet uređaje (slika 4c.). Za potrebe ovog rada istraživano je tiskano izdanje novina na dan 30. srpnja 2012. godine kao i verzije aplikacija od 29. srpnja odnosno 30. srpnja te web stranice obaju listova na dan 31. srpnja (uz pretpostavku da će vijesti koje su objavljene dan do dva ranije i dalje biti dostupne na web stranici). Aplikacija Jutarnjeg lista od 29. srpnja zadnji puta je osvježena u 23:27, a aplikacija od 30. srpnja u 23:34. Što se tiče aplikacija Večernjeg lista, korišten je sadržaj u finalnim verzijama objavljenim u spomenuto vrijeme.

U tablici 1. vidljivo je da su dva promatrana dnevna lista na različite načine iskoristile mogućnosti koje im pružaju nove tehnologije. Odgovori u tablici odnose se na: A0 – ukupan broj objavljenih članaka u tiskanom izdanju; A1 – broj članaka objavljenih u tablet izdanju dan ranije; A2 – broj članaka objavljenih u tablet izdanju na dan promatranja; A3 – postotak članaka objavljenih unaprijed u tablet izdanju; A4 – postotak članaka iz tiskanog izdanja objavljenih u tablet izdanju na dan promatranja; A5 – postotak članaka iz tiskanog izdanja objavljenih u web izdanju.

Tablica 1. Odnos članaka pojedinih izdanja

	A0	A1	A2	A3	A4	A5
Jutarnji list	104	61	60	0,115	0,0192	0,134
Večernji list	120	193	204	0,233	0,075	0,308

Objekt promatrane aplikacije imaju standardan, tabloidni prijelom naslovne stranice kod kojeg na naslovnici dominiraju fotografije s naslovom članka. Objekt imaju i dinamičnu naslovnicu koja se mijenja kako dolaze nove ili važnije vijesti. Večernji list donekle odskaka od tabloidnog standarda jer za pojedine članke daje kratak sažetak, dug tek nekoliko riječi (mini lead), ali i dalje je daleko od standardnog, ozbiljnog prijeloma. Objekt aplikacije imaju objavljen sadržaj ranijeg datuma nastanka u odnosu na promatrani, što znači da aplikacije zadržavaju dio sadržaja, a ne brišu ga dolaskom novih izdanja, vjerojatno jer ga nemaju čime nadomjestiti.

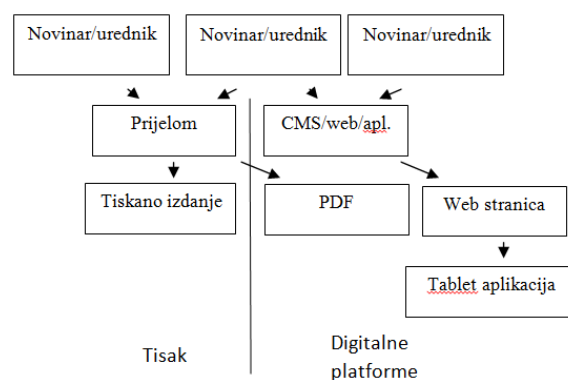
Postotak preklapanja članaka izuzetno je nizak kod oba dnevna lista. Vidljivo je i da se članci za tablet izdanje generiraju iz baze članaka u web izdanju, a članci koji se pojavljuju i u tiskanom i u web odnosno tablet izdanju su isključivo članci prilagođeni ili preneseni u web izdanju, što je posebno vidljivo u člancima u Jutarnjem listu koji nose potpuno istu opremu (npr. naslov u kojem se sugerira video sadržaj), iako je očito da multimedijске komponente nema.

4. DISUKSIJA REZULATA

Iz rezultata istraživanja je vidljivo da ne postoji gotovo nikakva konvergencija u proizvodnji sadržaja između tiskanih i digitalnih platformi odnosno aplikacija, što ukazuje na činjenicu da postoji odvojena linija proizvodnje sadržaja. Slijedeći Petersonov pristup, može se zaključiti da organizacijska struktura proizvodnje medijskog sadržaja u istraživanim tiskovinama nije u potpunosti konvergirala u cross media produkciju, nego u najmanjoj mjeri koristi načine proizvodnje definirane od strane Boczkowskog i Ferrisa za multiplatformsku produkciju. Time nije ispunjen prvi zahtjev za potpunu konvergenciju, a to je integracija proizvodnje sadržaja.

Iz istraživanja je vidljivo da se za proizvodnju i distribuciju sadržaja koristi multiplatformski model prikazan na slici 6. kod kojeg je proizvodnja sadržaja za pojedine platforme u velikoj mjeri nezavisna, a tek se u manjem segmentu sadržaj dijeli odnosno sadržaj se dijeli samo između digitalnih platformi, bez većeg upliva sadržaja objavljenih u tiskanom izdanju. Tako je vidljivo (tablica 1., stupac A5) da od ukupnog broja članaka objavljenih u tiskanom izdanju samo manji broj njih dopiše u digitalne inačice, pri čemu Večernji list prednjači s gotovo 30 posto objavljenih članaka i u tiskanom i u web izdanju. Jutarnji list je više nego upola lošiji i objavljuje tek 13,4 posto članaka iz tiskanog u svojem web izdanju pa funkcioniraju skoro poput odvojenih web portala. Kod objave sadržaja u tablet izdanjima situacija je u odnosu na tiskana izdanja još lošija (tablica 1., stupci A3 i A4) jer je istovjetnost tiskanih i tablet sadržaja još niža s, primjerice, manje od 2 posto članaka iz tiskanog izdanja objavljenih u tablet izdanju na dan promatranja za Jutarnji list, odnosno 7,5 posto za Večernji list, što pokazuje da se tablet izdanje ne koristi kao novi multiplatformski kanal za distribuciju sadržaja tiskanog izdanja. Nastavno na spomenuto, vidljivo je i da se tablet izdanja obaju novina tek u manjoj mjeri koriste kao marketinški kanal za najavu tiskanog izdanja jer je i taj postotak, iako donekle viši (tablica 1., stupac A3), još uvijek relativno nizak za oba promatrana dnevnika.

Viši nivo konvergencije odnosno prijelaza u teoretski zamišljene cross media platforme, bio bi vidljiv kroz komparativnu analizu sadržaja i u tom slučaju bi postotak ponavljanja i/ili preklapanja morao iznositi višestruko više (svakako više od 50 posto sadržaja) no što je to slučaj u promatranim tiskovinama.



Slika 6. Postojeći multiplatformski model produkcije sadržaja u hrvatskim tiskanim medijima

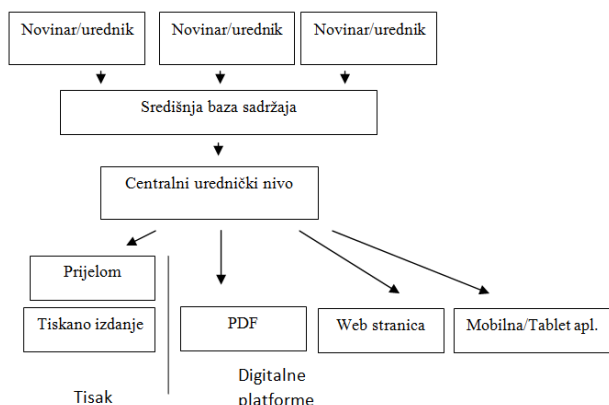
Pri tome je istraživanje pokazalo da obje dnevne novine imaju mogućnost online pristupa pdf formatu tiskanih novina, što pokazuje da je sadržaj tiskanih novina ipak digitaliziran, ali nije priređen za multiplatformsku distribuciju. I druge promatrane dnevne novine imaju slične pokazatelje (slika 5., a,b,c) pa iako je tek 16,7 posto svih dnevnih novina u Hrvatskoj razvilo aplikacije za tablet računala, njih 91,7 posto posjeduju web izdanje odnosno web stranicu, a 3/4 promatranih omogućuje i pristup digitaliziranom sadržaju tiskanog izdanja uz plaćanje, što govori da su domaće dnevne novine prepoznale mogućnosti multiplatformske distribucije, ali je još uvijek ne koriste u potpunosti te dodatno dio digitalnog sadržaja uopće ne naplaćuju (pristup najvećem dijelu web izdanja i tablet izdanjima). Stoga se može zaključiti kako domaći tiskani mediji još uvijek nisu pronašli odgovarajući tehnološki (ni ekonomski) model koji bi omogućio integraciju (i zaradu) sadržaja aplikacija u svim promatranim platformama.

5. ZAKLJUČAK

Stupanj konvergencije u promatranim medijima može se procijeniti nedovoljnim u usporedbi s predloženim teorijskim modelima i niti prema jednom ne dostiže potpunu konvergenciju. Web portali promatranih medija funkcioniraju poput bilo kojeg drugog news portala i moraju se za čitatelje boriti s konkurencijom koja funkcionira na drugačiji način od klasične novinske redakcije. Pri tome ne koriste u potpunosti prednosti koje ima daju ozbiljne novinske redakcije tiskanih medija, bilo u pogledu sadržaja, bilo tehnološki, što je vidljivo iz niskog postotka preklapanja sadržaja. S obzirom da se sadržaj tiskanog izdanja, koji je novinarski ozbiljniji i kvalitetniji ne koristi za web i tablet izdanja niti se tim izdanjima naplaćuje pristup (u trenutku istraživanja niti jedna od spomenutih novina nije zahtijevala plaćanje pristupa člancima objavljenim na svom portalu), očito je da tiskano izdanje nastaje i funkcionira u velikoj mjeri odvojeno od web i tablet izdanja.

Kako bi se povećao stupanj konvergencije prema predloženim teorijskim zahtjevima [6] [7] [14], potrebno je definirati novi, integrativni model proizvodnje (slika 7.).

Integrativni model predviđa objedinjavanje novinarske proizvodnje pri čemu bi se sadržaj trebao proizvoditi slijedeći najopćenitija stilska i žanrovska pravila, prilagođena modernim digitalnim medijima, a njegove aplikacije u različite platforme događale bi se na centralnom uredničkom nivou. Pri tome bi se kvalitetan sadržaj pripremljen za jedno izdanje mogao tek uz eventualne manje izmjene ili čak i bez njih jednostavno prilagoditi distribuciji u različitim izdanjima odnosno na različitim platformama (u tisku, na webu i u tablet izdanju).



Slika 7. Integrativni model multiplatformske proizvodnje

Dizajn sustava morao bi omogućiti primjerenu prilagodbu svakoj pojedinoj platformi, a novinari s više sposobnosti mogli bi proizvoditi multimedijske proizvode primjerene korištenju na više različitih platformi dok bi softversko rješenje određivalo stupanj tehnološke interaktivnosti pojedinog članka. S obzirom da bi svi članci bili povlačeni iz istog centra, time bi se smanjilo ili u potpunosti poništilo ponavljanje i/ili dupliranje novinarskog posla i ispunio prvi uvjet integracije proizvodnje. Drugi uvjet, multiplatformska distribucija riješio bi se kvalitetnim softverskim rješenjem koje bi omogućavalo 'izlaz' u različite formate i koje u pravilu već postoji, a moguće ga je koristiti uz manje modifikacije.

S obzirom na ograničenja ovog istraživanja (malen broj promatranih tiskovina i relativno kratko razdoblje promatranja) u daljnjim istraživanjima trebalo bi detaljnije razviti metodologiju istraživanja iz pozicije vanjskog promatrača, dodatno razraditi predloženi integrativni model na stručnoj odnosno praktičnoj razini te ga eksperimentalno provjeriti odnosno potvrditi u praksi.

6. REFERENCE

- [1] Fang, I.: A History of Mass Communication, Six Information Revolutions, Boston, Focal Press – Elsevier, 1997.
- [2] Kirchner, A.: CRS Report for Congress, The U.S. Newspaper Industry in Transition, Washington DC, Congressional Research Service, 2010.
- [3] Fidler, R.: Mediamorphosis, Understanding News Media, Thousand Oaks, CA, PineForgePress, 1997.
- [4] Bohlin, E.; Brodin, K.; Lundgren, A.; Thorngren, B.: (eds), Convergence in Communications and Beyond, Amsterdam, Elsevier, 2000.
- [5] Petersen, A.: »Realizing Cross media,« u Ambivalence Towards Convergence, Gothenburg, Nordicom, 2007.
- [6] Dailey, L.; Demo, L.; Spillman, M.: »The Convergence Continuum, A Model for Studying Collaboration Between Media Newsrooms,« u Newspaper Division of the Association for Education in Journalism and Mass Communication, Muncie, IN, 2005.
- [7] Boczkowski, P. J.; Ferris, J. A.: »Multiple media, convergent processes, and divergent products,« The Annals of the American Academy, svez. 597, br. 1, pp. 32-47, 2005.
- [8] Erdal, I.: »Bridging the Gap: Toward a Typology of Cross-media News Production Processes« u The Handbook of Global Online Journalism, Malden, MA, Wiley-Blackwell, 2012.
- [9] Lawson-Borders, G.: »Integrating New Media and Old Media: Seven Observations of Convergence as a Strategy for Best Practices in Media Organizations« International Journal on Media Management, svez. 5, br. 2, 2003.
- [10] Peng, F.Y.; Tham, N.I.; Hao, X.: »Trends in online newspapers«, Newspaper Research Journal, svez. 20, br. 2, pp. 52-63, 1999.
- [11] Li, X.: »Web page design and the graphics of three U.S. newspapers«, Journalism & Mass Communication Quarterly, svez. 75, br. 2, pp. 353-365, 1998.
- [12] Wearden, S.T.; Fidler, R.; Schierhorn, A.B.; Schierhorn, C.: »Portrait vs. Landscape: Potential users' preferences for screen orientation« Newspaper Research Journal, svez. 20, br. 4, pp. 50-62, 1999.
- [13] Vaughan, M. D. A.: »Why structure and genre matter to users of digital information: a longitudinal study with readers of a web-based newspaper« International Journal of Human-Computer Studies, svez. 64, pp. 502-526, 2006.
- [14] McHaney, R.: 'The New Digital Shoreline: How Web 2.0 and Millennials Are Revolutionizing Higher Education, Sterling: Stylus, 2011.

Kontakt autora:

Sveučilište Sjever,
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3
42000 Varaždin

v. pred. Dario Čerepinko, dipl. ing.
e-mail: dario.cerepinko@unin.hr

v. pred. Mario Periša, dipl. ing.
e-mail: mario.perisa@unin.hr

dr.sc. Dean Valdec, v. pred.
e-mail: dean.valdec@unin.hr

REKONSTRUKCIJA I IZRADA 3D MODELA DVO-OSNE KONVENCIONALNE TOKARILICE HOBBYMAT MD65

RECONSTRUCTION AND DEVELOPMENT OF 3D MODEL FOR BIAXIAL CONVENTIONAL LATHES HOBBYMAT MD65

Božidar Hršak, Tomislav Pavlic, Antonio Radić

Stručni članak

Sažetak: Prikazan je postupak rekonstrukcije konvencionalne tokarilice Hobbymat MD65 u CNC (Computer Numerical Control) stroj s dvije simultane osi ugradnjom koračnih motora tipa NEMA 23 i upravljanih PC programskim sustavom Mach3-Lathe. 3D model je izrađen u programskom alatu Solid Edge ST4 – Ordered Technology, a fotorealistički prikaz modela u programskom modulu ERA (ExplodeRenderAnimate). Na temelju dokumentacije o montaži i održavanju i mjernih skica izrađena je kompletna 2D tehnička dokumentacija stroja. U programskom alatu AutoCAD Mechanical i programskim modulima Shaft Generator i Shaft Calculation izrađen je kontrolni proračun naprezanja vratila stezne glave, a analiza naprezanja- FEA u programskom modulu Femap – Solver NX Nastran.

Ključne riječi: 3D, 2D, ST4, tokarski stroj, CNC

Professional paper

Abstract: A process of reconstruction for conventional lathes Hobbymat MD65 in CNC (Computer Numerical Control) machine with two simultaneous axes installing stepper motor type NEMA 23 and managed PC programming tool Mach3-Lathe is presented in this paper. A 3D model is created in the programming tool Solid Edge ST4 – Ordered Technology, and realistically display models is created in the programming module ERA (ExplodeRenderAnimate). Complete 2D technical documentation of the machine was made based on the documentation on the installation and maintenance of measuring and drawing. The software tool AutoCAD Mechanical and program modules Shaft Generator and Shaft Calculation are used for controlling stress calculation returned chucks and FEA stress analysis in software module Femap – Solver NX Nastran.

Key words: 3D, 2D, ST4, lathes, CNC

1. UVOD

Nabavljena je konvencionalna tokarilica Hobbymat MD65 i zatim rekonstruirana u CNC tokarski stroj s dvije simultane osi te instalirana u laboratorij za elektrostrojarstvo (slika 1.).



Slika 1. Rekonstrukcija tokarilice Hobbymat MD65 instalirane u laboratoriju za elektrostrojarstvo [1]

Time je omogućeno izvođenje laboratorijskih vježbi s primjerima iz prakse. Prikazana je rekonstrukcija i izrada

3D modela tokarilice Hobbymat MD65 na temelju postojeće dokumentacije o montaži i održavanju od strane proizvođača, te izrade mjernih skica.

2. REKONSTRUKCIJA TOKARILICE HOBBYMAT MD65



Slika 2. Postojeća konvencionalna tokarilica Hobbymat MD65



Slika 3. Rekonstrukcija tokarilice Hobbymat MD65

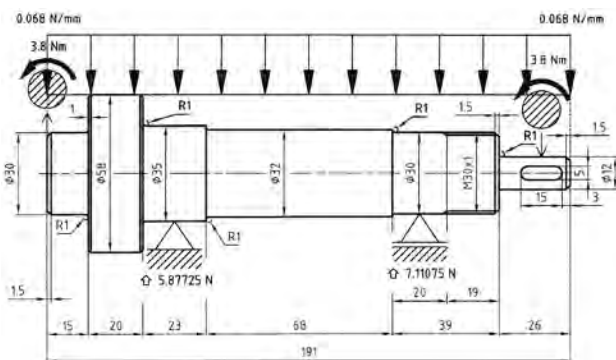
Konvencionalna tokarilica HOBBYMAT MD65 pripada grupi "jednostavnijih" tokarskih strojeva. Pogonski motor je elektromotor snage 250 W. Prijenos snage od motora do vratila stezne glave izveden je pomoću remenskog prijenosa. Radi rekonstrukcije provedeno je njeno potpuno rastavljanje (slike 2., 3.).

Tada su izrađene detaljne mjerne skice svih dijelova tokarilice u cilju izrade 3D modela i generiranja kompletne 2D tehničke dokumentacije. Suportna vretena su pogonjena pomoću spojke koračnim motorima tipa NEMA 23 i upravljana PC programskim sustavom Mach3-Lathe.

3. KONTROLNI PRORAČUN I ANALIZA NAPREZANJA FEA (FINITE ELEMENT ANALYSIS) VRATILA STEZNE GLAVE

Za razliku od osovine, vratila su uz istodobno vršenje kružnog gibanja i aktivni elementi u prijenosu snage. Zbog toga su izložena vrlo kompleksnom sustavu opterećenja, koje iziskuje i njihovo primjereno dimenzioniranje i oblikovanje [2].

Temeljem izrađenog proračuna, prikazan je kontrolni proračun i dimenzioniranje vratila stezne glave prema kriteriju čvrstoće za ulazni moment $M_t = 3,8$ Nm, masu $m = 1,33$ kg, definiranu postojeću geometriju i odabrani materijal Č0460, te $\sigma_d = 30$ N/mm² u programskom alatu *AutoCAD Mechanical* i programskim modulima *Shaft Generator* te *Shaft Calculation* (slika 4.).

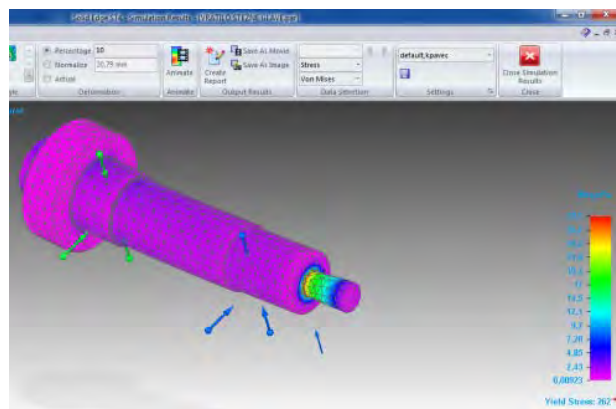


Slika 4. Rezultati kontrolnog proračuna napreznja vratila stezne glave u programskom alatu *AutoCAD Mechanical* i programskim modulima *Shaft Generator* te *Shaft Calculation*

Nakon provedenog kontrolnog proračuna napreznja vratila stezne glave, slijedi (vizualna) završna provjera napreznja u programskom alatu *Solid Edge ST4* i programskom modulu *Femap – Solver NX Nastran*.

Kao fiksni oslonci vratila stezne glave definirani su položaji ležajeva, a na ulazni dio vratila moment torzije $M_t = 3,8$ Nm. Kao materijal za analizu izabran je Č0460 čije su karakteristike definirane u bazi programskog alata *Solid Edge ST4*.

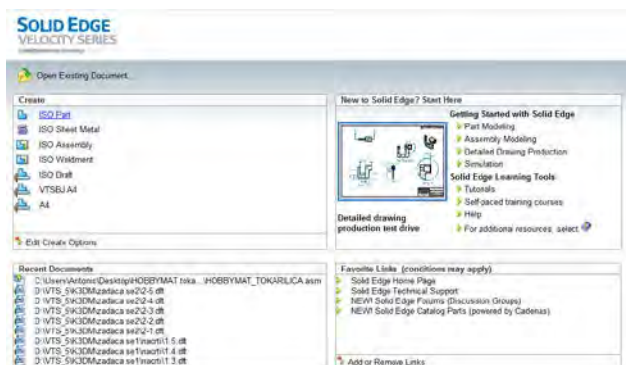
Rezultati kontrolnog proračuna kao i završne provjere napreznja – FEA, potvrđuju da su nazivna napreznja očitana prema slici 4. i na skali na slici 5. manja od dozvoljenog napreznja $\sigma_d = 30$ N/mm², te se može zaključiti da su polazni analitički i kontrolni proračuni za dimenzioniranje vratila točni.



Slika 5. Opterećenja i napreznja na vratilu stezne glave u programskom modulu *Femap – Solver NX Nastran*

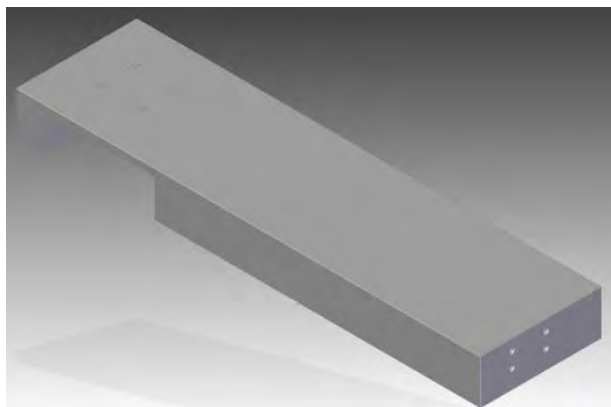
4. IZRADA 3D MODELA TOKARILICE HOBBYMAT MD65

3D model CNC tokarilice izrađen je u programskom alatu *Solid Edge ST4* (slika 6.) modeliranjem u "tradicionalnoj" tehnologiji (Ordered Technology).

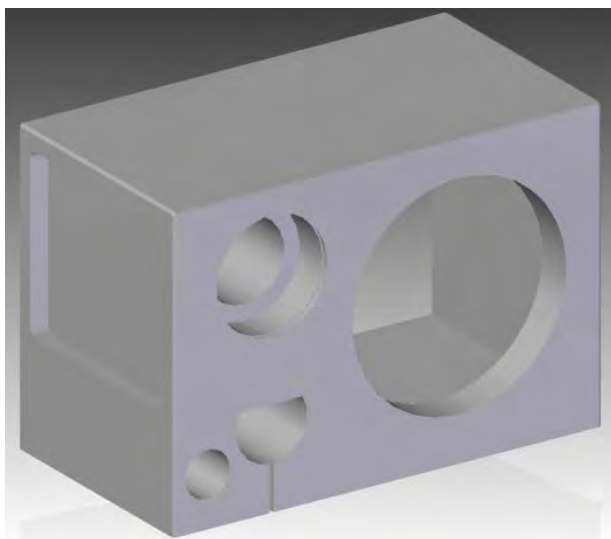


Slika 6. Programski alat *Solid Edge ST4* [3]

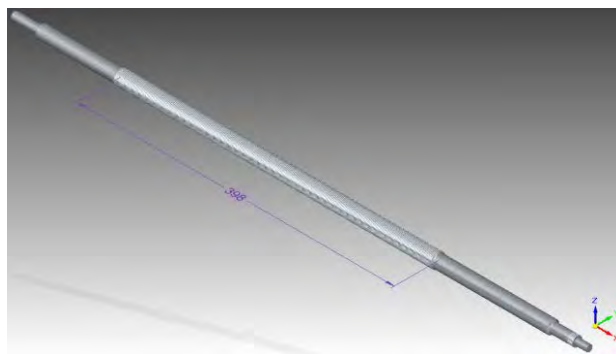
Postupak 3D modeliranja počinje modeliranjem temeljne ploče (slika 7.), nosača motora (slika 8.) i navojnog vretena (slika 9.).



Slika 7. Temeljna ploča

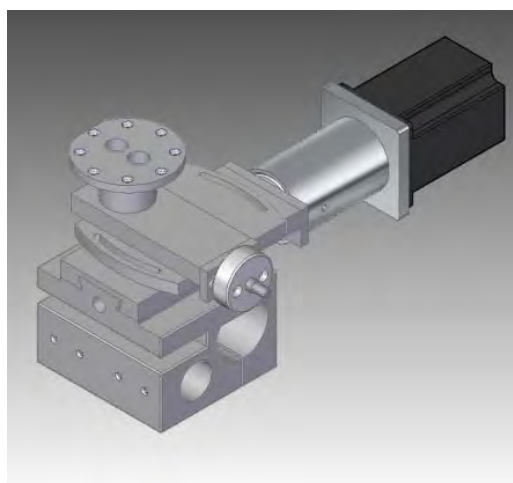


Slika 8. Nosač motora

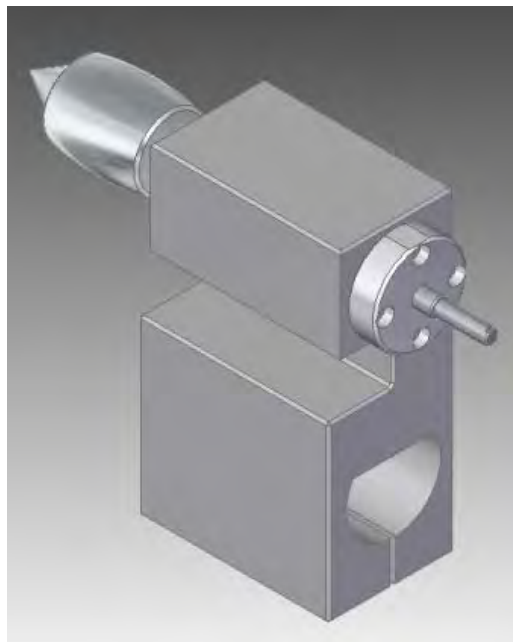


Slika 9. Navojno vreteno

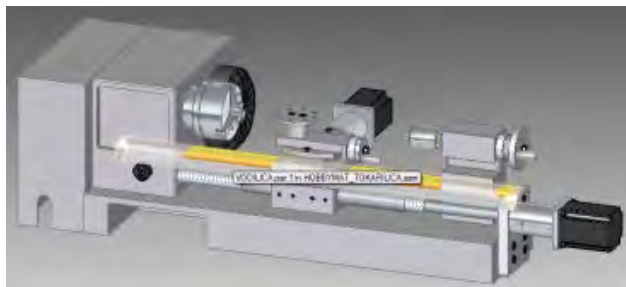
Nakon 3D modeliranja svih dijelova tokarilice, obavlja se njihovo spajanje u podsklopove (slike 10. i 11.) i objedinjavanje u glavni sklop (slika 12.), tj. u konačan 3D model CNC tokarskog stroja.



Slika 10. Podsklop suporta



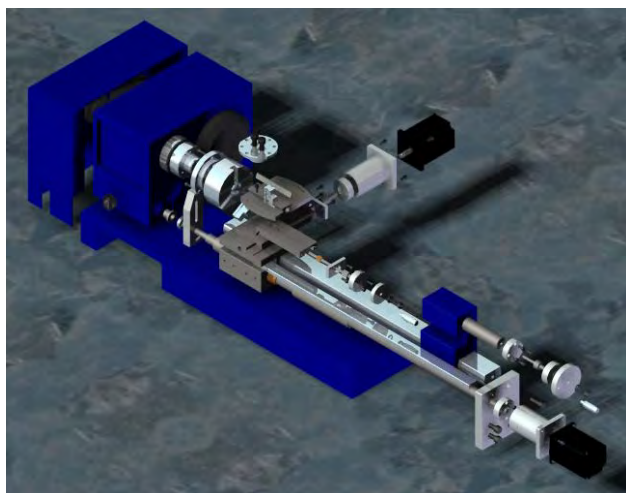
Slika 11. Podsklop konjića



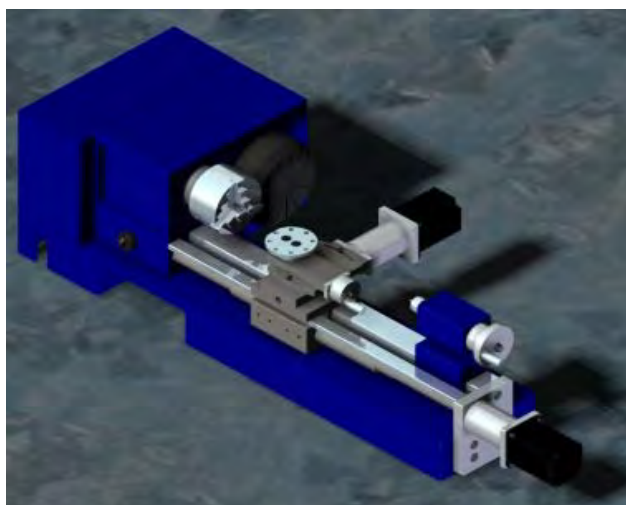
Slika 12. Gotov 3D model rekonstrukcije tokarilice Hobbymat MD65 u programskom alatu Solid Edge ST4

5. VIZUALIZACIJA 3D MODELA

U programskom alatu *ERA (ExplodeRenderAnimate)* izrađen je fotorealistični prikaz 3D modela tokarilice Hobbymat MD65 u rastavljenom i sastavljenom stanju (slike 15., 14.).



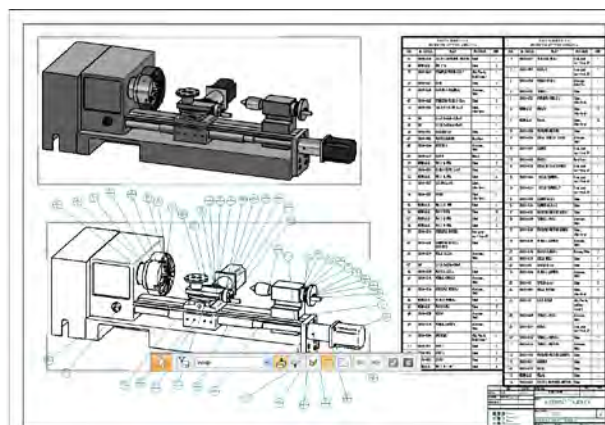
Slika 13. Fotorealistički prikaz rekonstrukcije tokarilice Hobbymat MD65 - rastavljeno u programskom modulu *ERA (ExplodeRenderAnimate)*



Slika 14. Fotorealistički prikaz rekonstrukcije tokarilice Hobbymat MD65 - sastavljeno u programskom modulu *ERA (ExplodeRenderAnimate)*

6. ZAKLJUČAK

Nadogradnjom i modernizacijom konvencionalne tokarilice Hobbymat MD65 u numerički upravljani CNC tokarski stroj omogućeno je izvođenje laboratorijskih vježbi s primjerima iz prakse. Temeljem izrađenog analitičkog proračuna i kontrolnih proračuna u 2 neovisna programska alata, naprednim tehnikama 3D modeliranja u programskom alatu *Solid Edge ST4* i reverznim inženjeringom, izrađen je zahtjevan 3D model CNC tokarskog stroja i kompletna 2D tehnička dokumentacija (slika 15.).



Slika 15. 2D montažni crtež sa sastavnicom svih dijelova tokarilice Hobbymat MD65

Značajno poboljšanje je izvedeno pogonjenjem suportnih vretena koračnim motorima tipa *NEMA 23* i upravljanih PC programskim sustavom *Mach3-Lathe*, a rekonstruirani 3D model tokarilice Hobbymat MD65 može se upotrebljavati za daljnje analize i poboljšanja.

7. LITERATURA

- [1] Laboratorij za elektrostrojstvo – VTŠBJ, 2013.
- [2] Horvat, Z. i suradnici: VRATILO (Proračun), FSB Zagreb
- [3] Programski alat *Solid Edge ST4*

Kontakt autora:

Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Trg Eugena Kvaternika 4, Bjelovar

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

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

Antonio Radić, (bivši student)
E-mail: aradic.bj@gmail.com

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

Ključne 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 nabrojanje 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

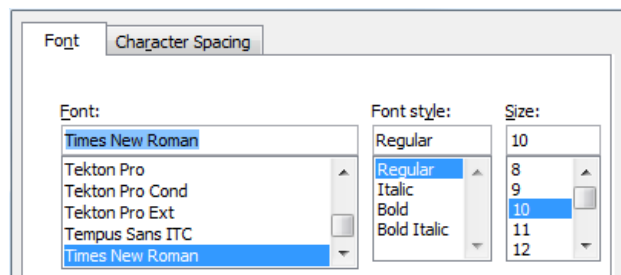
1.2. Oblikovanje slika, tabela i jednadžbi (Stil: Arial Narrow, 12pt, Bold, Align Left)

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 brojeke 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 ponudjen 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 izvide 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