



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



# **ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА**

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXIX

Број: 3/2014

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“  
Година: XXIX Свеска: 3

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад  
Главни и одговорни уредник: проф. др Раде Дорословачки, декан Факултета  
техничких Наука у Новом Саду

Уређивачки одбор:

Проф. др Раде Дорословачки  
Проф. др Владимир Катић  
Проф. др Драгиша Вилотић  
Проф. др Филип Кулић  
Проф. др Срђан Колаковић  
Проф. др Владимир Црнојевић  
Проф. др Дарко Реба  
Проф. др Драган Јовановић  
Проф. др Мила Стојаковић

Проф. др Драган Спасић  
Проф. др Драгољуб Новаковић  
Проф. др Миодраг Хаџистевић  
Проф. др Растислав Шостаков  
Проф. др Војин Грковић  
Проф. др Стеван Станковски  
Проф. др Иван Луковић  
Проф. др Ђорђе Лађиновић  
Доц. др Милан Мартинов

Редакција:

Проф. др Владимир Катић, уредник  
Проф. др Жељен Трповски, технички  
уредник  
Проф. др Зора Коњовић

Проф. др Драгољуб Новаковић  
Мр Мирослав Зарић  
Бисерка Милетић

Штампа: ФТН – Графички центар ГРИД, Трг Доситеја Обрадовића 6

Техничка обрада: Графички центар ГРИД

Штампање одобрио: Савет за издавачко-уређивачку делатност ФТН у Н. Саду

Председник Савета: проф. др Радош Радивојевић

CIP-Каталогизација у публикацији  
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)  
62

**ЗБОРНИК радова Факултета техничких наука** / главни и одговорни уредник  
Раде Дорословачки. – Год. 7, бр. 9 (1974)-1990/1991, бр.21/22 ; Год. 23, бр 1 (2008)-. – Нови  
Сад : Факултет техничких наука, 1974-1991; 2008-. – илустр. ; 30 цм. –(Едиција: Техничке  
науке – зборници)

Двомесечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

## ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је трећа овогодишња свеска часописа „Зборник радова Факултета техничких наука“.

Часопис је покренут давне 1960. године, одмах по оснивању Машинског факултета у Новом Саду, као „Зборник радова Машинског факултета“, а први број је одштампан 1965. године. Након осам публикованих бројева у шест година, пратећи прерастање Машинског факултета у Факултет техничких наука, часопис мења назив у „Зборник радова Факултета техничких наука“ и 1974. године излази као број 9 (VII година). У том периоду у часопису се објављују научни и стручни радови, резултати истраживања професора, сарадника и студената ФТН-а, али и аутора ван ФТН-а, тако да часопис постаје значајно место презентације најновијих научних резултата и достигнућа. Од броја 17 (1986. год.), часопис почиње да излази искључиво на енглеском језику и добија поднаслов «Publications of the School of Engineering». Једна од последица нарастања материјалних проблема и несрећних догађаја на нашим просторима јесте и привремени прекид континуитета објављивања часописа двобројем/двогодишњаком 21/22, 1990/1991. год.

Друштво у коме живимо базирано је на знању. Оно претпоставља реорганизацију наставног процеса и увођење читавог низа нових струка, као и квалитетну организацију научног рада. Значајне промене у структури високог образовања, везане за имплементацију Болоњске декларације, усвајање нове и активне улоге студената у процесу образовања и њихово све шире укључивање у стручне и истраживачке пројекте, као и покретање нових дипломских-мастер докторских студија, доносе потребу да ови, веома значајни и вредни резултати, постану доступни академској и широј јавности. Оживљавање „Зборника радова Факултета техничких наука“, као јединственог форума за презентацију научних и стручних достигнућа, пре свега студената, обезбеђује услове за доступност ових резултата.

Због тога је Наставно-научно веће ФТН-а одлучило да, од новембра 2008. год. у облику пилот пројекта, а од фебруара 2009. год. као сталну активност, уведе презентацију најважнијих резултата свих дипломских-мастер радова студената ФТН-а у облику кратког рада у „Зборнику радова Факултета техничких наука“. Поред студената дипломских-мастер студија, часопис је отворен и за студенте докторских студија, као и за прилоге аутора са ФТН или ван ФТН-а.

Зборник излази у два облика – електронском на веб сајту ФТН-а ([www.ftn.uns.ac.rs](http://www.ftn.uns.ac.rs)) и штампаном, који је пред вама. Обе верзије публикују се више пута годишње у оквиру промоције дипломираних инжењера-мастера.

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 01.05.2014. до 31.05.2014. год., а који се промовишу 29.06.2014. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова. Део радова већ раније је објављен на некој од домаћих научних конференција или у неком од часописа.

У Зборнику су ови радови дати као репринт уз мање визуелне корекције.

Велик број дипломираних инжењера–мастера у овом периоду био је разлог што су радови поводом ове промоције подељени у две свеске.

У овој свесци, са редним бројем 3, објављени су радови из области:

- машинства,
- електротехнике и рачунарства,
- грађевинарства,
- саобраћаја и
- графичког инжењерства и дизајна,

У свесци са редним бројем 4. објављени су радови из области:

- архитектуре,
- инжењерског менаџмента,
- инжењерства заштите животне средине,
- мехатронике,
- математике у техници,
- геодезије и геоматике и
- регионалне политике и развоја.

Уредништво се нада да ће и професори и сарадници ФТН-а и других институција наћи интерес да публикују своје резултате истраживања у облику регуларних радова у овом часопису. Ти радови ће бити објављивани на енглеском језику због пуне међународне видљивости и проходности презентованих резултата.

У плану је да часопис, својим редовним изласком и високим квалитетом, привуче пажњу и постане довољно препознатљив и цитиран да може да стане раме-уз-раме са водећим часописима и заслужи своје место на СЦИ листи, чиме ће значајно допринети да се оствари мото Факултета техничких наука:

**„Високо место у друштву најбољих“**

**Уредништво**



## SADRŽAJ

	Strana
<b>Radovi iz oblasti: Mašinstvo</b>	
1. Darko Elesin, PROJEKTOVANJE PNEUMATSKOG TRANSPORTA NA LINIJI ZA PROIZVODNJU PELETA .....	399
2. Đorđe Dražić, KARBONSKE NANOCEVI: STRUKTURA, OSOBINE I PROIZVODNJA .....	403
3. Bojan Matijević, TERETNA VOZILA SA SAMOISTOVARNIM SANDUKOM .....	407
4. Ištvan Rajšli, REALIZACIJA MODELA PNEUMATIKA SA RADIJALNIM OPRUGAMA POMOĆU PROGRAMSKOG PAKETA ADAMS .....	411
5. Ivan Buača, Marin Gostimirović, Dragan Rodić, MODELIRANJE TEHNOLOŠKIH KARAKTERISTIKA ELEKTROEROZIVNE OBRADE PRIMENOM NEURO-FAZI SISTEMA .....	415
<b>Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo</b>	
1. Darko Raspudić, MENADŽMENT KVAROVA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA .....	419
2. Miloš Jotić, REALIZACIJA DIGITALNOG OSCIOSKOPA KORIŠĆENJEM PIC MIKROKONTROLERA .....	423
3. Dejan Jeličić, Darko Marčetić, Marko Gecić, REALIZACIJA LABVIEW SCADA SISTEMA SA MODBUS PROTOKOLOM .....	427
4. Vladimir Milović, Željko Trpovski, IP SISTEMI VIDEO NADZORA .....	431
5. Vladimir Lešić, ENERGETSKA EFIKASNOST U ELEKTROENERGETICI .....	435
6. Ognjen Stanić, ANDROID LOKACIJSKO BAZIRANI SERVISI ZA PODRŠKU JAVNOM PREVOZU .....	439
7. Veljko Rudan, PRORAČUN PODEŠENJA PREKOSTRUJNE I DISTANTNE ZAŠTITE .....	443
8. Dejan Zelenović, ADAPTIVNA RELEJNA ZAŠTITA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA SA DISTRIBUTIVNIM GENERATORIMA .....	447
9. Igor Gavranović, Predrag Vidović, TESTIRANJE PRORAČUNA TOKOVA SNAGA RADIJALNIH DISTRIBUTIVNIH MREŽA .....	451
10. Vladimir Vajdić, Vladimir Katić , SOLARNI SISTEM ZA NAVODNJAVANJE U OKOLINI SOMBORA .....	455
11. Sanja Bajić, OPTIMIZACIJA NAPONA I REAKTIVNIH SNAGA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA .....	459

12.	Boban Milosavljević, TERMIČKA ZAŠTITA TRANSFORMATORA .....	463
13.	Branislav Kovačević, UTICAJ VETROAGREGATA NA STRUJU TROFAZNOG KRATKOG SPOJA .....	467
14.	Kemal Sokolović, VEB BAZIRANI GRAFIČKI EDITOR ELEKTRIČNIH ŠEMA – KLIJENSKA STRANA .....	471
15.	Slaviša Lečić, ZAŠTITNI UREĐAJI I NJIHOVA KOORDINACIJA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA .....	475
16.	Marko Letić, KLIJENSKO ISCRTAVANJE MREŽE NA HTML5 KANVASU KORISTEĆI OPENSTREETMAP LEJERE .....	479
17.	Marko Stanačev, POSTAVLJANJE LABELA NA MAPI .....	483
18.	Dragan Ždrnja, IZVEŠTAVANJE U SISTEMU ZA TESTIRANJE HARDVERSKIH UREĐAJA .....	487
19.	Mišo Šolaja, SPECIFIKACIJA JEZIKA ZA OPIS POSLOVNIH PROCESA PRILAGOĐENOG KRAJNEM KORISNIKU .....	491
20.	Branko Đorđević, Željko Trpovski, SIMULACIJA PRENOSA PODATAKA U SISTEMU 4G – LTE .....	495
21.	Milivoj Šljapić, Miroslav Nimrihter, IZVORI INFORMACIJA O STANJU TRANSFORMATORA ZA RANGIRANJE TOKOM PLANIRANJA U ASET MENADŽMENTU .....	499

## **Radovi iz oblasti: Građevinarstvo**

1.	Nenad Tomić, PROCENA STANJA I SANACIJA VISEĆEG PEŠAČKOG MOSTA U ZRENJANINU .....	503
2.	Данијела Тодоровић, ПРОЦЕНА СТАЊА И ОЈАЧАЊЕ АБ КОНСТРУКЦИЈЕ ВИШЕСПРАТНЕ СТАМБЕНЕ ЗГРАДЕ НАКОН ДОГРАДЊЕ .....	507
3.	Коста Лалошевић, ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА РАЗДВАЈАЊА КАНАЛИЗАЦИОНЕ МРЕЖЕ У ЗОНАМА САНИТАРНЕ ЗАШТИТЕ ИЗВОРИШТА ВОДЕ "ШТРАНД" У НОВОМ САДУ .....	511
4.	Марјана Нешковић, ПРОЈЕКАТ ДОГРАДЊЕ И ОЈАЧАЊЕ АБ КОНСТРУКЦИЈЕ ВИШЕСПРАТНЕ СТАМБЕНЕ ЗГРАДЕ У УЛИЦИ АТАНАСИЈА ГЕРЕСКОГ У НОВОМ САДУ .....	515
5.	Тихомир Ђокић, ПРОЈЕКАТ АРМИРАНОБЕТОНСКЕ ВИШЕСПРАТНЕ СТАМБЕНЕ ЗГРАДЕ ПРЕМА ЕВРОПСКИМ СТАНДАРДИМА .....	519
6.	Иван Којовић, ГРАЂЕВИНСКО ПОСЛОВАЊЕ И РЕГУЛАТИВА – УПОРЕДНА АНАЛИЗА ФИДИК УСЛОВА УГОВАРАЊА И ПРАВНЕ РЕГУЛАТИВЕ У ЦРНОЈ ГОРИ .....	523
7.	Јадранка Поповић, ПРОЦЕНА СТАЊА, САНАЦИЈА И ОЈАЧАЊЕ СТАМБЕНО-ПОСЛОВНОГ ОБЈЕКТА У БАЊА ЛУЦИ .....	526
8.	Јово Тешић, Небојша Радовић, МЕТОДОЛОШКЕ ОСНОВЕ ПЛАНИРАЊА И ПРОЈЕКТОВАЊА ОБИЛАЗНИЦА И ВЕЗА СА ГРАДСКОМ ПУТНОМ МРЕŽОМ .....	530
9.	Предраг Рафајловић, ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА КАНАЛИЗАЦИЈЕ ПОД ПРИТИСКОМ СА ПРИМЕНОМ НА НАСЕЉЕ НАДАЉ .....	534

10.	Milan Dinić, PUMPNA STANICA ZA SNIŽAVANJE NIVOA VODE PRI IZGRADNJI PUMPNE STANICE PREKA BARA .....	538
11.	Petar Mitrović, Matija Stipić, HIDRAULIČKA ANALIZA VODOSNABDEVANJA PODSISTEMA BEZDAN .....	542

### **Radovi iz oblasti: Saobraćaj**

1.	Nevena Kosorić, Dragana Šarac, PREDLOG PRIMENE NFC TEHNOLOGIJE U POŠTI SRBIJE .....	546
2.	Jelena Vuković, UNAPREĐENJE AUTOMATIZOVANOG PRAĆENJA POŠTANSKIH POŠILJAKA PRIMENOM SAVREMENIH INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA .....	550
3.	Miljan Milošević, ZONE ŠKOLE U FUNKCIJI UNAPREĐENJA BEZBEDNOSTI DECE PEŠAKA .....	554
4.	Милош Драгић, ТИПОВИ САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА СА ПЕШАЦИМА .....	558
5.	Дијана Ивић, ПРОСТОРНА ДИСТРИБУЦИЈА САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА СА ПЕШАЦИМА У НОВОМ САДУ .....	562
6.	Дејан Вејин, ПРИМЕНА КОНТРОЛНИХ ЛИСТА И ОБУКА ИНСПЕКТОРА У ОБЛАСТИ ИНСПЕКЦИЈЕ БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА .....	566

### **Radovi iz oblasti: Grafičko inženjerstvo i dizajn**

1.	Borjan Simić, Dragoljub Novaković, Nemanja Kašiković, PROMENA UGLA OŠTRENJA GORNJEG NOŽA NA MAŠINI ZA AUTOMATSKU DORADU NOVČANICA CAT – PAC II .....	570
2.	Nataša Marković, Savka Adamović, Miljana Prica, PRAĆENJE MIGRACIJE METALA IZ POLIMERNIH FLEKSO ŠTAMPANIH AMBALAŽNIH MATERIJALA .....	574
3.	Aleksandar Malivuk, Nemanja Kašiković, Rastko Milošević, POSTOJANOST OTISAKA NA POLIMERNIM MATERIJALIMA IZLOŽENIH VEŠTAČKOJ SVETLOSTI .....	578
4.	Rajna Milović, Nemanja Kašiković, Rastko Milošević, UTICAJ GUSTINE TKANJA SITA U PROPUSNOJ ŠTAMPI NA KVALITET OTISKA NA PLASTIČNIM MATERIJALIMA .....	582
5.	Jasmina Bašić, Dragoljub Novaković, Nemanja Kašiković, UTICAJ TVRDOĆE TAMPONA NA KVALITET OTISKA .....	586
6.	Tamara Tomin, Gojko Vladić, ISTRAŽIVANJE UTICAJA STAROSNE DOBI KORISNIKA NA PREFERENCIJU VELIČINE GRAFIČKIH SIMBOLA NA PROIZVODU .....	590
7.	Dušan Bukvić, ISPITIVANJE TAČNOSTI 3D SKENIRANJA NA OSNOVU FOTOGRAFIJA PRIMENOM CAD INSPEKCIJE .....	594
8.	Momčilo Petrović, Dragoljub Novaković, Gojko Vladić, RAZVOJ KONCEPTA ELEKTRONSKOG UČENJA O GRADNJI ŠTAMPARSKOG AGREGATA ZA OFSET ŠTAMPU .....	598
9.	Igor Nović, Vesna Kecić, Jelena Kiurski, EMISIJA AEROPOLUTANATA U FOTOKOPIRNICI .....	602



**PROJEKTOVANJE PNEUMATSKOG TRANSPORTA NA LINIJI ZA PROIZVODNJU PELETA****PROJECTING PNEUMATIC TRANSPORT OF THE PELLET PLANT**Darko Elesin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu dat je projekat linije za proizvodnju peleta od drvene piljevine. Data su objašnjenja o sirovini iz koje se izrađuje pelet, biomasa drvnih ostataka, drvena piljevina. Opisana je linija za proizvodnju peleta i dat je njen sklopni crtež. Urađen je prethodni i završni proračun linije pneumatskog transporta 1 i 2 za peletiranje.

**Abstract** – This paper presents the project line for the production of pellets from wood chips. Explanations are given about the material that makes the pellets, biomass wood residues, wood chips. Pellet production line is described and its given conceptual design. Its made a preliminary and final calculation of the line of pneumatic conveying 1 and 2 for pelleting.

**Ključne reči:** pneumatski transport, biomasa, drvena piljevina, linija za peletiranje, proizvodnja, pelet

**1. UVOD**

Pelet je ekološki čisto gorivo, koji se dobija isključivo presovanjem pod velikim pritiskom piljevine i strugotine suvog visoko kaloričnog drveta ili drugih biomasa, a bez dodavanja bilo kakvih vezivnih sredstava, sa veoma malom količinom vlage (8%). Kao sirovina za proizvodnju peleta može da posluži drvo iz šumskog otpada, ogревно drvo, piljevina i ostali otpad iz prerade drveta (drveni pelet). Cilindričnog su oblika, prečnika oko 6-10 mm. Pelet ima energetska vrednost od 4,9 [kWh/kg], a procenat vlage od 8% mu omogućava visoku efikasnost sagorevanja.

U ovom radu dat je projekat linije za proizvodnju peleta od drvene piljevine. Opisani su glavni procesi u proizvodnji peleta, kao i tehničko – tehnološki opis linije za peletiranje. Dat je prethodni i završni proračun pneumatskog transporta linije 1 i 2 za peletiranje. Usvojeni su ventilatori, cikloni i filteri za proračunato postrojenje pneumatskog transporta linije 1 i 2.

**2. BIOMASA**

Biomasa je biorazgradivi deo proizvoda koje se dobija od biljaka ili delova biljaka kao što su drvo, slama, stabljike žitarica, ljuštore itd. Najčešće se koristi drvena masa koja je nastala kao sporedni proizvod ili otpad, kao i ostaci koji se ne mogu više iskoristiti.

Najvažnija svojstva tj. karakteristike biomase su:

- sadržaj vlage,
- sadržaj pepela,

- sadržaj isparljivih sastojaka,
- hemijski sastav,
- ogrevna vrednost i
- gustina [1].

**2.1. Pelet**

Peleti od drvene biomase se najviše proizvode od piljevine i otpadaka od drveta komprimovanih pod visokim pritiskom. U procesu peletiranja najčešće nije potrebno dodavati vezivna sredstva, jer su vezivna sredstva sami sastojci piljevine - lignin. Cilindričnog (valjkastog) su oblika, prečnika obično 6 - 10 mm, a dužine 10 - 40 mm. Peleti u potpunosti zadovoljavaju visoke ekološke standarde čime omogućavaju kvalitetniji život ne ugrožavajući okolinu i prirodu. Osnovne karakteristike peleta prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Pregled osnovnih karakteristika peleta [2]

Karakteristika	Osnovno gorivo	Premijum gorivo
Gustina [kg/m <sup>3</sup> ]	veća od 640	
Dimenzije	Prečnik [mm]	6 - 10
	Dužina [mm]	10 - 40
Finoća mlevenja	> 0,5 % (ASTM E-776)	
Sadržaj pepela [%]	manji od 3	manji od 1
Sadržaj vlage [%]	manji od 8	
Gornja toplotna moć [kJ/kg]	veća od 19000	

Kilogram peleta može proizvesti oko pet kilovat sati toplotne energije.

**2.2. Trendovi za zagrevanje biomasom**

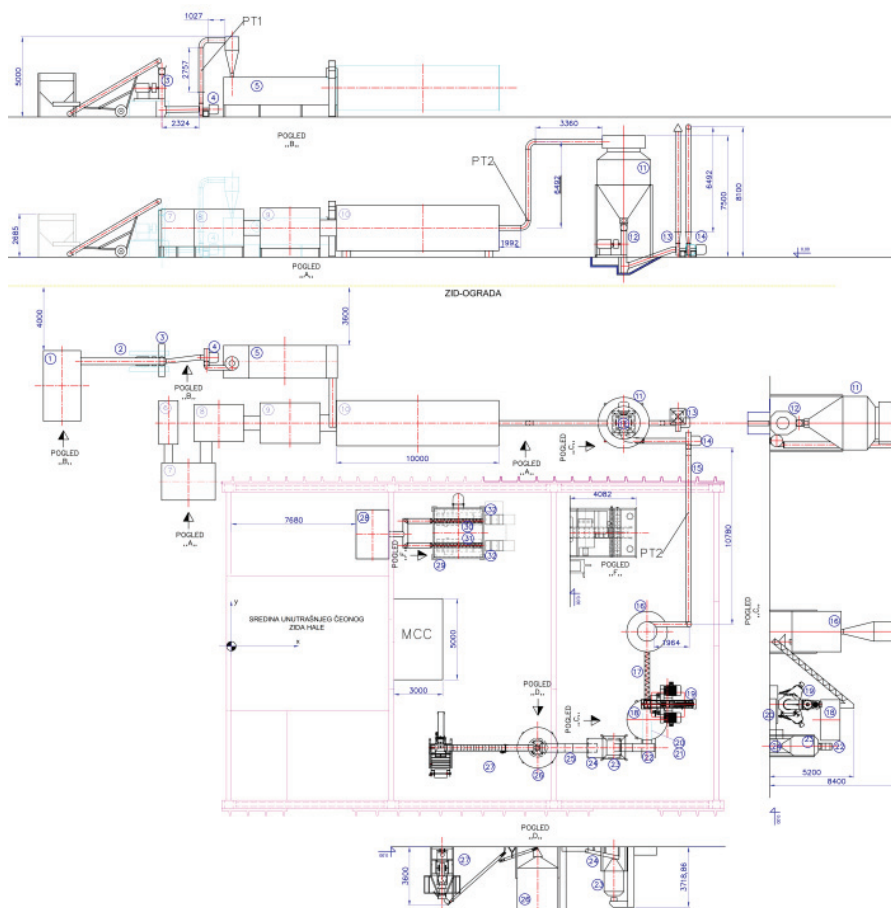
Posle biomase iz poljoprivrede, drugi veliki izvor biomase leži u drvnj biomas, koje u Srbiji ima u značajnoj količini. Drvena biomasa u energetici najčešće se upotrebljava u vidu peleta, briketa i drvnog čipsa. Proizvodnja drvnog peleta je u stalnom porastu. Centralno grejanje sa kotlovima na drvene pelete je isto tako udobno kao i grejanje na tečna goriva. Nije neophodno stalno nadgledanje i kontrola rada s obzirom da tu funkciju obavlja mikroprocesor, a snabdevanje kotla peletima se obavlja automatski iz skladišta za pelete. To omogućava izuzetno visoku efikasnost sagorevanja (čak i preko 90%) i veoma nisku emisiju dima. S obzirom da imaju mogućnost automatskog potpaljivanja kotlovi na drvene pelete se mogu programirati za početak i završetak rada. Zbog svega navedenog kotlovi na drveni pelet su izuzetno pouzdani i omogućavaju vrlo visok nivo fleksibilnosti [3].

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Maša Bukurov, vanr. prof.

**3. LINIJA ZA PELETIRANJE**

Postrojenje linije za proizvodnju peleta dato je na slici 1.



Slika 1. Postrojenje linije za proizvodnju peleta

Ulazna sirovina linije za peletiranje je drvena piljevina, koja je prikazana na slici 2.



Slika 2. Drvena piljevina, izgled sirovine

Proces proizvodnje peleta počinje sa dopremanjem drvene piljevine, u prihvatnu posudu (1). Potom se drvena piljevina trakastim transporterom drvene sečke (2) prebacuje do mlina čekićara (3). Mlin čekićar vrši izjednačavanje materijala za peletiranje na situ. Nakon usitnjavanja vlažnog materijala (drvene piljevine), vrši se pneumatski transport linijom 1. Preko ventilatora pneumatskog transporta linije 1 (4); od mlina čekićara vlažnog materijala (3) do prihvatne posude sušare sa dozatorom goriva (5a-5b), vlažna piljevina se doprema u cilindar rotacione sušare (10), gde se suši na vlažnost 10 – 14%.

Rotaciona sušara (10) ima svoju posudu za prihvatanje goriva peći (6), dozator za gorivo (7), komoru za sagorevanje (8) i mešač vazduha (9). Sušenje vlažne drvene piljevine vrši se na liniji sušenja. U pogonu je instalirana jedna linija sušenja. Materijal se iz prijemno-dozirnog bunkera dozira u sušaru preko pužnog dozatora. Usitnjeni materijal ulazi u sušaru, gde se vlažna drvena piljevina suši. Osušeni materijal se izdvaja u ciklonu (16a) i ulazi u pužni transporter (16) i dalje kreće ka liniji za peletiranje.

Nakon sušenja vrši se pneumatski transport linijom 2 preko transportnog ciklonskog odvajača sušare (11) do mlina čekićara suve drvene piljevine (12), gde se drvena piljevina melje na određenu granulaciju.

Ventilator pneumatskog transporta linije 2 (13) od sušare (10) transportuje drvenu piljevinu do ciklona (11). Potom se preko transportnog ventilatora (14), ventilatora pneumatskog transporta linije 2, prebacuje osušena i samlevena suva drvena piljevina od mlina čekićara suvog materijala (12) do homogenizatora (16b). Transport od mlina čekićara suvog materijala (12) do homogenizatora (16b) se obavlja preko cevovoda pneumatskog transporta linije 2 (15).

Drvena piljevina se iz cevovoda pneumatskog transporta linije 2 (15) prebacuje u pužni transporter (16). Dalje, pužni transporter (17) od homogenizatora (16b) prebacuje usitnjeni i osušeni materijal do prihvatne posude peletirke (18).

Materijal ulazi u pelet presu – peletirku (19) i tu pod visokim pritiskom prolazi kroz matricu pelet prese (19). Na presi se vrši odsecanje peleta na željenu dužinu pomoću ugrađenih noževa. Nakon izlaska iz prese pelet je vruć i treba ga ohladiti pre pakovanja. Vruć pelet se transportuje do suprotnosmernog hladnjaka (23) peleta pomoću trakastog transportera (20) i kofičastog transportera (22). Hlađenje peleta u hladnjaku (23) vrši se pomoću vazduha, odnosno produvanjem sadržaja hladnjaka i odvođenjem toplog vazduha. Temperatura ovog vazduha nije veća od 70 °C. Automatski se reguliše vreme zadržavanja peleta u hladnjaku kako bi se postigla

optimalna temperatura peleta. Peleti se potom prosejaju na vibrositu (24).

Peleti se preko kofičastog transportera (25) skladište u posudu za skladištenje peleta (26). Iz posude za skladištenje peleta (26) se preko transportne trake upućuju na pakericu (27), gde se vrši pakovanje peleta u vreće.

Selekcija pakovanja peleta – vreće 15 kg ili "Big Bag" vreće 1000 kg - vrši se preko zaokretnog trakastog transportera koji se postavlja u zadati položaj.

Vreće sitnog pakovanja formiraju se iz PVC folije na pakerici (27) i trakastim transporterom se upućuju do radnika koji vrši slaganje u formi redova i formira paletu.

Formirana paleta se dalje ručno obmotava streč folijom.

Kapacitet pogona za proizvodnju drvenih energetskih peleta koncipiran je na osnovu sledećih parametara:

- optimalnog tehničkog kapaciteta i
- mogućnosti kontinuirane proizvodnje i plasmana. Instalirani kapacitet linije je:
  - 5-10 t/h u delu prijema i sušenja sirovine,
  - u delu proizvodnje energetskih peleta:
  - 4 t/h - kapacitet linije 1 pneumatskog transporta i
  - 2,5 t/h - kapacitet linije 2 pneumatskog transporta.

#### 4. PRORAČUN PNEUMATSKOG TRANSPORTA

Na osnovu datih polaznih podataka, za liniju 1 i 2 pneumatskog transporta:

$\rho_{s1} = 250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  - nasipna gustina linije 1 pneumatskog transporta,

$\rho_{s2} = 150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  - nasipna gustina linije 2 pneumatskog transporta,

$\rho_a = 1,16 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  - gustina vazduha,

$q_{L1} = 4 \frac{\text{t}}{\text{h}} = 1,11 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$  - kapacitet linije 1 pneumatskog transporta,

$q_{L2} = 2,5 \frac{\text{t}}{\text{h}} = 0,694 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$  - kapacitet linije 2 pneumatskog transporta,

$R_{v1} = 40 - 50 \%$  - vlažnost drvene piljevine 1,

$R_{v2} = 8 - 10 \%$  - vlažnost drvene piljevine 2,

$d_c = 1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}$  - prečnik baze cilindra drvnog opiljka,

$l_{v1} = 7 \text{ mm} = 0,007 \text{ m}$  - dužina valjka drvnog opiljka 1,

$l_{v2} = 4 \text{ mm} = 0,004 \text{ m}$  - dužina valjka drvnog opiljka 2;

usvojene brzina strujanja  $v = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  (za nestišljivo

strujanje, preporuka [4]), uzete dinamičke viskoznosti vazduha  $\mu = 0,00001816 \text{ Pa} \cdot \text{s}$  pri temperaturi od  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  [5] i sa crteža (slika 1) određenih dužina horizontalnog i vertikalnog dela cevovoda linije 1 i 2 pneumatskog transporta:

$L_H = 2,324 + 1,027 = 3,351 \text{ m}$  - linija PT1,

$L_V = 2,757 \text{ m}$  - linija PT1,

$L_H = 3,36 + 10,78 + 1,992 = 16,132 \text{ m}$  - linija PT2,

$L_V = 1,964 + 2 \cdot 6,492 = 14,948 \text{ m}$  - linija PT2,

pristupa se prethodnom proračunu.

Prvo se usvaja prečnik cevovoda  $D = 300 \text{ mm}$  – preporuka [4]. Potom se računa zapreminski protok vazduha

$$Q_a = v \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} = 30 \cdot \frac{0,3^2 \cdot \pi}{4} = 2,119 \frac{\text{m}^3}{\text{s}},$$

i maseni protok vazduha

$$\dot{m}_a = \rho_a \cdot Q = 1,16 \cdot 2,119 = 2,458 \frac{\text{kg}}{\text{s}}.$$

Potom se pristupa završnom proračunu, gde se određuje prečnik cevovoda D za usvojenu brzinu strujanja vazduha

$$D = \sqrt{\frac{4Q_a}{v\pi}}. \quad (1)$$

Za usvojenu vrednost prečnika cevovoda  $D = 300 \text{ mm}$  iz prethodnog proračuna, dobijena je ista vrednost  $D = 300 \text{ mm}$  u završnom proračunu. Usvojena je prava vrednost prečnika cevovoda u prethodnom proračunu.

Potom se određuje zapreminski protok vazduha, Rejnoldsov broj i funkcija Rejnoldsovog broja, poroznost, gustina smeše, zapremina čestice, merodavni prečnik čestice preko zapremine i brzina taloženja. Ovo se radi za svaku liniju pneumatskog transporta ponaosob.

Potom se vrši određivanje pada pritiska.

##### 4.1. Ukupni pad pritiska

Kod određivanja pada pritiska uzima se u obzir trenje vazduha o cev i trenje čestica o zid cevi. Određuju se padovi pritiska za horizontalni i vertikalni deo, i sabiraju se.

Kod određivanja ukupnog pada pritiska uzimaju se u obzir sledeći padovi pritiska:

- pad pritiska usled trenja,
- pad pritiska usled lokalnih (mesnih) otpora,
- pad pritiska na ciklonu, i
- pad pritiska na filteru.

$$\Delta p_{uk} = 1,1 \cdot (\Delta p_\lambda + \Delta p_{lok} + \Delta p_c + \Delta p_f). \quad (2)$$

gde su:

1,1 – koeficijent koji uzima u obzir 10% povećanja ukupnog pada pritiska,

$\Delta p_\lambda$  - pad pritiska usled trenja [Pa] [6]; koji se računa po formuli

$$\Delta p_\lambda = \Delta p_H + \Delta p_V, \quad (3)$$

$\Delta p_{lok}$  - pad pritiska usled lokalnih (mesnih) otpora [Pa] [6]; koji se računa po formuli

$$\Delta p_{lok} = \Delta p_j \cdot l_{ek}, \quad (4)$$

$l_{ek}$  - ukupna ekvivalentna dužina [m],

$\Delta p_c$  - pad pritiska na ciklonu [Pa] [6];

$\Delta p_f$  - pad pritiska na filteru [Pa] [6].

Ukupni pad pritiska u sistemu, na liniji 1 pneumatskog transporta iznosi  $\Delta p_{uk1} = 1897,287 \text{ Pa}$ , a na liniji 2 pneumatskog transporta iznosi  $\Delta p_{uk2} = 3513,304 \text{ Pa}$ .

##### 4.2. Izbor ciklona

Za ciklone standardnih dimenzija se može napisati da je pad pritiska u gasnoj struji kroz ciklon:



$$\Delta p_c = 16 \cdot c \cdot \rho_a \cdot \frac{Q^2}{D_2^4} \quad (5)$$

Gde su:

$c$  – konstanta [-], koja zavisi od odnosa  $\frac{D_2}{D_e}$  i koeficijenta

$n$  [5],

$n$  – konstanta [-], koja zavisi od prečnika  $D_2$  i temperature u ciklonu [5].

Na osnovu izračunatog pada pritiska na ciklonu, na prvoj liniji pneumatskog transporta:  $\Delta p_c = 833,847$  Pa, usvojen je CIKLON tipa "C - 2", C-2.07.1.1, proizvođača DICIZ d.o.o., Beograd.

Dobijeni pad pritiska na ciklonu,  $\Delta p_c = 833,847$  Pa zadovoljava, jer je preporučena vrednost pada pritiska na ciklonu  $\Delta p_{c_{doz}} = 700-1000$  Pa.

### 4.3. Izbor filtera

Pad pritiska na filteru računa se prema formuli [6]:

$$\Delta p_f = B \cdot q_t^n \quad (5)$$

gde su:

$B = 0,13-0,14$  - koeficijent,

$n = 1,2-1,3$  - koeficijent,

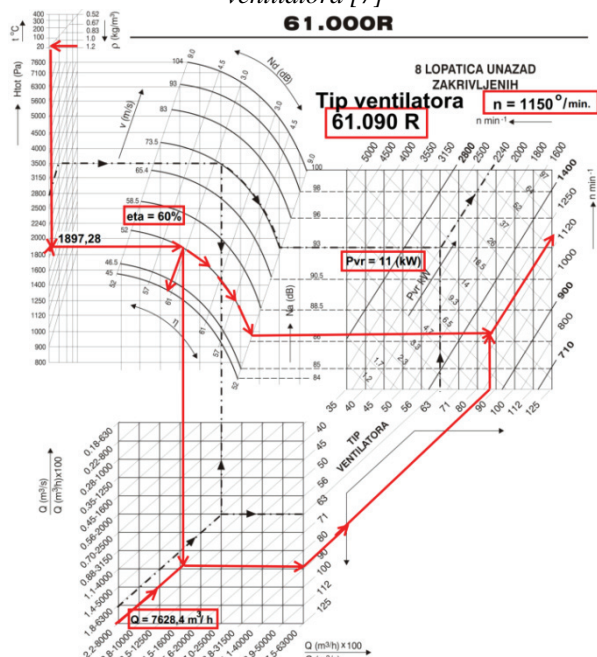
$q_t$  – protok zaprašenog vazduha  $\left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} / \text{m}^2 \right]$ .

Na osnovu izračunatog pada pritiska na filteru, na prvoj liniji pneumatskog transporta:  $\Delta p_f = 45,051$  Pa, usvojen je FILTER tipa "FVU-P", FVU-P-84/4, proizvođača Vemos d.o.o., Zagreb, Hrvatska.

### 4.4. Izbor ventilatora

Na osnovu izračunatog ukupnog pada pritiska u sistemu,  $\Delta p_{uk} = 1897,287$  Pa (linija 1 pneumatskog transporta), kao i potrebnog zapreminskog protoka  $Q = 7628,4 \text{ m}^3 / \text{h}$ , na osnovu dijagrama proizvođača (dijagram 1);

Dijagram 1. Dijagram učinka i izbor karakteristika ventilatora [7]



usvaja se:

centrifugalni transportni ventilator 61.090R firme

„POTEX“ iz Beograda

Sa dijagrama 1 (konstrukcija je prikazana crvenom bojom), za 61.090R, dobija se:

$n = 1150 \frac{\text{0}}{\text{min}}$  - potreban br. obrtaja na vratilu ventilatora,

$\eta = 60 \%$  - ukupni stepen korisnog dejstva ventilatora,

$P = 1,25 \cdot P_{vr} = 1,25 \cdot 11 = 13,75$  kW -snaga na pogonskom vratilu ventilatora,

$P_{vr} = 11$  kW - snaga na vratilu ventilatora.

## 5. ZAKLJUČAK

Peleti imaju sve značajniju ulogu u proizvodnji toplotne energije. U Vojvodini godišnje se proizvede 352.048 t šumske i drvoprerađivačke biomase (ostatak i otpadak), bez ogrevnog drveta, dok na teritoriji cele Srbije ta količina iznosi 770.500 t.

Pneumatski transport se koristi pri proizvodnji peleta. Pneumatski transport je, neosporno, obavezan deo svake proizvodne tehnologije u preradi drveta jer obezbeđuje zdravu radnu sredinu za radnike, bolje uslove za rad mašina i alata, olakšava održavanje čistoće u pogonu. Sa druge strane pneumatski transport, kao jedan od najvećih potrošača pogonske energije u pogonima prerade drveta, pruža mogućnosti za stalna poboljšanja, rekonstrukcije i gradnju novih sistema.

U okviru master rada, prethodnim proračunom potvrđene su dimenzije cevovoda, prečnika  $D = 300$  mm. Na osnovu proračuna usvojeni su ventilatori, cikloni i filteri.

## 6. LITERATURA

- [1] J. Bates, O. Edberg, C. Nuttall, "Minimising greenhouse gas emissions from biomass energy generation", Environment Agency, 2009.
- [2] D. Tucaković, T. Živanović, D. Stojilković, V. Jovanović, B. Agbaba, I. Radulović, N. Manić, "Razvoj uređaja za peletiranje piljevine", Mašinski fakultet, Beograd, 2010. godine
- [3] B. Glavonjić, "Drvna goriva: vrste, karakteristike i pogodnosti za grejanje", SNV Montenegro, Podgorica, Crna Gora, 2011. godine
- [4] M. Šašić, "Proračun transporta fluida i čvrstih materijala cevima", Naučna knjiga Beograd, 1985. godine
- [5] M. Bukurov, "Uređaji za mehaničko prečišćavanje vazduha", FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2009. godine
- [6] M. Šašić, "Transport fluida i čvrstih materijala cevima", Naučna knjiga Beograd, 1990. godine
- [7] Katalog Centrifugalni transportni ventilator 61.000 proizvođača „POTEX“ iz Beograda, 2009. godine

### Kratka biografija:



**Darko Elesin** rođen je u Novom Sadu 1981. god. Završio je Gimnaziju "Svetozar Marković" 2000. god. u Novom Sadu. Diplomski - master rad odbranio je 2014. god. na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Mehanika fluida.



**KARBONSKE NANOCEVI: STRUKTURA, OSOBINE I PROIZVODNJA**  
**CARBON NANOTUBES: STRUCTURE, PROPERTIES AND PRODUCTION**Đorđe Dražić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom master radu opisana je sinteza karbonskih nanocevi, njihova struktura, osobine i primena sa osvrtom na njihovu moguću primenu u mašinstvu.

**Abstract** – This master work paper describes synthesis of carbon nanotubes, geometry, synthesis and application of carbon nanotubes. With reference to its use in mechanical engineering.

**Ključne reči:** Nanotehnologije, Karbonske nanocevi, Sinteza, Struktura, Primena.

**1. UVOD**

Napredak i razvoj ljudske vrste je uvek bio najviše ograničen mogućnostima materijala koji su mu bili poznati. Od kamenog doba kada je koristio prvobitna oruđa i oružija napravljena od kamena, preko bronzanog doba do gvođenog doba materijala, čovek je koristio materijal bez konkretnih analiza njegovih osobina. Otkrićem parne mašine od strane škotskog inženjera Jamesa Watta počinje danas nam poznato moderno industrijsko doba koje je sve se promenilo. Razvoj industrije je doveo do potrebe da se materijali i njihove mogućnosti odrede u potpunosti, što se i postiglo sveobuhvatnim naučnim pristupom analizi materijala. U poslednjih par decenija zahvaljujući razvoju računara mogućnost analize materijala je dobila potpuno novu dimenziju, tačnije nano dimenziju. Ove mogućnosti su nam otkrile do sada neke nepoznate materijale, već dugo nam poznatih hemijskih elemenata. Među kojima je i materijal koji je opisan u ovom radu.

**2. NANOTEHNOLOGIJE**

Otkrivanju karbonskih nanocevi predhodi početak razvoja nanotehnologija gde njen „otac“ i začetnik Richard Feynman u svom poznatom govoru „Na dnu ima mesta za sve“, 29. decembra 1959. godine predstavlja polje nanotehnologije na sledeći način:

“...Želeo bih da opišem naučno polje koje je slabo istraženo, ali koje ima velikog potencijala. Govoriću Vam o problemu manipulacije i kontrole stvari malih dimenzija... U dalekoj budućnosti, moći ćemo da preuređujemo atome po želji, same atome, od samog početka! Zamislite šta bi se desilo da možemo da prekomponujemo atome po želji, jedan po jedan... Ne sumnjam da ćemo dobiti veći broj mogućih svojstava koje će supstance posedovati, čim budemo imali određenu kontrolu nad rasporedom stvari malih razmera. Samim tim, dobićemo mogućnosti da postignemo mnogo više...”

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branko Škorić, red.prof.**

Nanotehnologija je multidisciplinarna nauka koja proučava fizička, hemijska i biološka svojstva molekula i atomskih čestica. Pored toga nanotehnologija je i inženjerska disciplina koja proučava tehnološke procese stvaranja funkcionalnih materijala, uređaja i sistema putem kontrole materije u nanometarskim razmerama (1-100 nm). Ono što nanotehnologiju posebno čini interesantnom u budućnosti jeste mogućnost stvaranja novih materijala sa posebnim svojstvima (preuređenjem atoma ili molekula). Na primer, dijamant je moguće stvoriti preuređenjem atoma u uglju; računarske čipove bi bilo moguće stvoriti preraspodelom atoma u pesku (uz dodavanje još par elemenata).

Naučnici danas u laboratorijskim uslovima, eksperimentišući, uspešno manipulišu materijalima još na atomskom nivou uz pomoć raznih metoda sinteze. Razvijene su sledeće metode sinteze nanomaterijala:

- hemijska depozicija iz parne faze (CVD)
- fizička depozicija iz parne faze (PVD)
- pulsna laserska depozicija (PLD)
- sol-gel metoda

Pored ovih metoda postoje i savremeni uređaji bez kojih nebi bilo moguće uočiti i napisati karakterizaciju nanomaterijala kao što su transmisioni elektronski mikroskop (TEM), skenirajući elektronski mikroskop (SEM), mikroskop atomskih sila (AFM) i skenirajući tunelski mikroskop (STM), sa rezolucijom manjom od 0,1 nm (Slika 1).

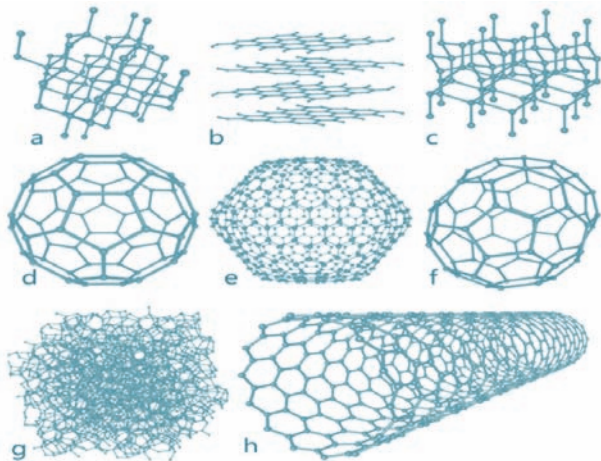


Slika 1. AFM/STM mikroskop

**3. UVOD U KARBONSKE NANOCEVI**

Glavni krivac za vrtoglavi razvoj nanotehnologija unazad tri decenije je nama mašincima veoma dobro poznati hemijski element ugljenik. Do sredine 80-tih godina prošlog veka verovalo da se ugljenik javlja u dve osnovne

alotropske modifikacije: grafit i dijamant. Da bi se u poslednjim decenijama prošlog veka istraživanjem došlo do otkrića treće alotropske modifikacije ugljenika nepoznatog oblika nazvanom *bakminsterfulerena*( $C_{60}$ ) i njemu srodnih *fulerena*( $C_{24}, C_{28}, C_{32}, C_{70}$  itd.). Kasnije su otkrivene i druge alotropske modifikacije, kao što su: ugljenične nanocevi, lonsdaleit i dr.(Slika 2).



Slika 2. Alotropske modifikacije ugljenika: (a) dijamant, (b) grafit, (c) lonsdaleit, (d)  $C_{60}$ , (e)  $C_{54}$ , (f)  $C_{70}$ , (g) amorfni ugljenik i (h) ugljenična nanocev

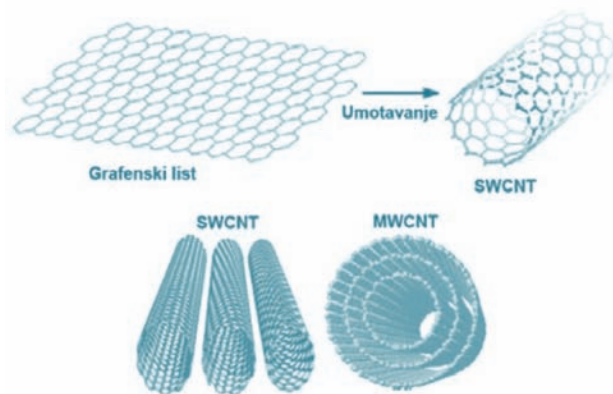
Ovo otkriće se dogodilo 1985. godine u eksperimentima sa molekularnim laserom koje je sprovodio tim naučnika sa Univerziteta Rice i Univerziteta Sussex. Tri naučnika iz ovog tima Harold W. Kroto, Robert F. Curl i Richard E. Smalley dobila su Nobelovu nagradu iz hemije 1996. godine za otkriće alotropske modifikacije ugljenika  $C_{60}$ . Smalley još 1990. godine tvrdi da je u suštini fuleren u obliku cevi moguć, ako je sa oba kraja zatvoren sa na primer dve hemisfere alotropske modifikacije ugljenika  $C_{60}$  koje bi bile povezane ravnim delom cevi. Ta cev bi u strukturi imala samo šestougone jedinice. Millie Dresselhaus je nazvala ovakve zamišljene strukture „baki-cevi“. Sumio Iijima japanski naučnik 1991. godine sve ovo potvrđuje otkrivanjem karbonske nanocevi dok je posmatrao čađ koja se stvarala pri izlaganju ugljenika postupku električnog pražnjenja, korišćenom za dobijanje fulerena uočio je jedinjenja ugljenika u obliku cevi na transmissionom mikroskopu (TEM). Ova čista jedinjenja ugljenika sada su mogla da se razumeju iz ugla fulerena, što je pomoglo da se shvati i objasni njihova molekulska struktura. Cevi su imale najmanje dva, a često i više slojeva, zbog čega su kasnije i nazvane višeslojne ugljenične nanocevi (multi-walled carbon nanotubes, MWCNT). Spoljašnji prečnik im je bio veličine od 3 do 30 nm. Svaka cev je bila zatvorena na oba kraja. Nova vrsta ugljeničnih nanocevi sa samo jednim slojem, otkrivena je 1993. godine. Tada su Iijima i Bethune iz korporacije IBM nezavisno uočili jednoslojne ugljenične nanocevi (single-walled carbon nanotubes, SWCNT). Prečnik ovih cevi je bio od 1 do 2 nm sa dužinom od nekoliko mikrometara i blagim izgledom zakrivljenosti.

#### 4. GEOMETRIJA KARBONSKIH NANOCEVI

Da bi se razumela struktura i siteza nanocevi, mora se početi od grafita, najstabilnijeg oblika kristalizovanog ugljenika. Grafit je sastavljen od slojeva ugljenikovih

atoma. Unutar tih slojeva, atomi su poredani u uglovima heksagonalnih prstenova koji ispunjavaju celokupnu ravan. Atomi ugljenika su jakim kovalentnim vezama međusobno vezani, a rastojanje između dva atoma ugljenika je oko 0,14 nm. Sami slojevi su slabo međusobno vezani Van der Valsovim interakcijama, a rastojanje između slojeva je 0,34 nm. Slabo povezani slojevi grafita čine ovaj materijal samo naizgled slabim.

Grafenska ravan u obliku pčelinjeg saća predstavlja jedan atomski sloj kristalizovanog grafita, dok ugljenične nanocevi predstavljaju makromolekul ugljenika, podudaran sa ravni grafita koja je umotana u valjak (Slika 3). Nanocevi su na oba kraja zatvorene grafenskim poluloptama. Nanocevi imaju male gustine, fleksibilne su, termički stabilne i hemijski inertne. Mogu se ponašati kao metali ili poluprovodnici, u zavisnosti od načina „umotavanja“ cevi.



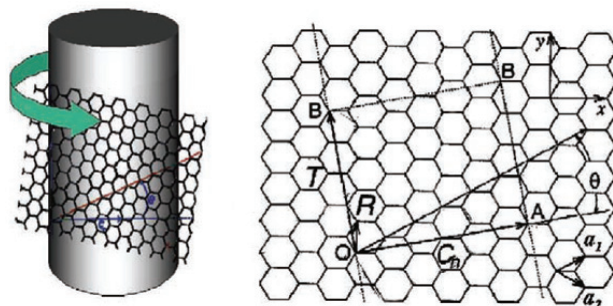
Slika 3, Grafenska ravan umotana tako da obrazuje ugljeničnu nanocev

#### 4.1 Struktura jednoslojnih ugljeničnih nanocevi

Prikazuje se preko jednodimenzionalne jedinične ćelije nanocevi. Jedinična ćelija je određena hiralnim vektorima  $C_h$  i  $T$ , pri čemu je hiralni vektor  $C_h$  jednak:

$$C_h = na_1 + ma_2$$

gde su  $a_1$  i  $a_2$  jedinični vektori, a  $n$  i  $m$  su celi brojevi koji predstavljaju moguću cilindričnu strukturu nanocevi. Hiralni vektor povezuje dva kristalografski identična mesta na dvodimenzionalnoj grafenskoj ravni, tj. tačke O i A(Slika 4).



Slika 4, Jednodimenzionalna rešetka koja pokazuje hiralni vektor  $C_h$ , translatorski vektor  $T$  i jediničnu ćeliju

Presek vektora  $OB$  (koji je normalan na  $C_h$ ) sa prvom tačkom rešetke određuje osnovni jednodimenzionalni translacioni vektor  $T$ . Vektor  $T$  određuje pravac ose nanocevi. Jedinična ćelija jednodimenzionalne rešetke je

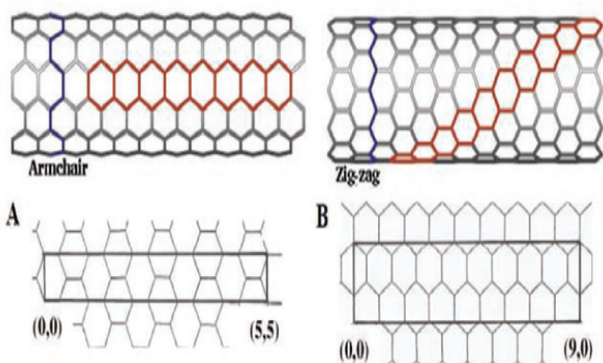


pravougaonik koji je određen vektorima  $C_h$  i  $T$ . Osnovni operator simetrije  $R$  predstavlja odnos ugla rotacije  $\psi$  i translacione jedinice ili koraka  $t$ :

$$R = (\psi / t)$$

Nanocjev sintetizovana na ovaj način naziva se  $(n,m)$  nanocjev.

Umotavanje grafenske ravni oko ose simetrije daje ili „zig-zag“ ( $m = 0$ ) ili „armchair“ ( $n = m$ ) nanocjev. Ugao savijanja ili hiralni ugao  $\theta$  formira se između vektora  $C_h$  i „armchair“ linije. Ako se  $C_h$  nalazi na armchair liniji ( $\theta = 0^\circ$ ), naziva se „armchair“ nanocjev, a ako je ugao  $\theta = 30^\circ$ , onda je cev „zig-zag“ oblika. Kada je hiralni ugao  $0^\circ < \theta < 30^\circ$ , onda se radi o „hiralnoj“ nanocjevi. Jedinčna ćelija (5,5) „armchair“ nanocjevi i (9,0) „zig-zag“ nanocjevi pokazana je na slici 5.

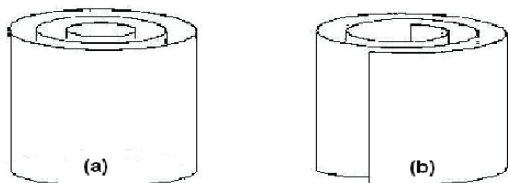


Slika 5, Jedinična ćelija nanocjevi (A) „armchair“ (5,5) i (B) „zig-zag“ (9,0)

Hiralnost, s druge strane, utiče na provodljivost, gustinu, strukturu rešetke, kao i na druga svojstva nanocjevi. SWCNT pokazuje metalna svojstva ako je vrednost  $n - m$  deljiva sa tri. Ako nije, onda se nanocjev ponaša kao poluprovodnik.

#### 4.2 Struktura višeslojnih ugljeničnih nanocjevi

Za razliku od jednoslojnih, višeslojne nanocjevi se ponašaju samo kao metalni provodnici. Rastojanje između slojeva kod MWCNT, je na približno istoj udaljenosti od 0,34 nm. Strukture MWCNT opisane su pomoću dva modela: „Russian doll“ i „Swiss roll“ koji se još naziva i model „pergamenta“. Kod „Russian doll“ modela, grafenski listovi su poređani u koncentrične cilindre i izgledaju kao da se SWCNT sa manjim prečnikom nalazi unutar SWCNT sa većim prečnikom. Kod modela „Swiss roll“, jedan grafenski list je umotan oko svoje ose i tako podseća na pergament ili uvijene novine (Slika 6).



Slika 6, MWCNT (a) „Russian doll“ i (b) „Swiss roll“

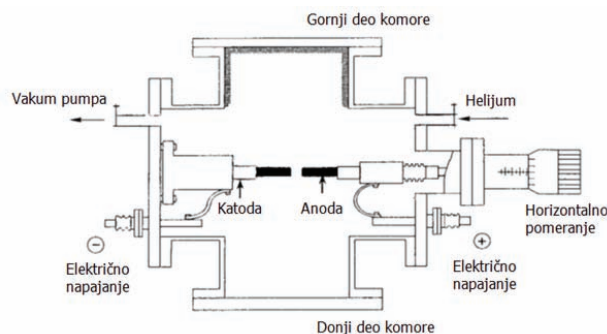
### 5. SINTEZA KARBONSKIH NANOCEVI

Sinteza nanocjevi katalizom je poznata već decenijama. Razlog zašto su sve zasluge pripale Iijimi za okriće 1991.

godine nanocjevi leži u njihovom kvalitetu. Iijima je postupkom električnog pražnjenja dobio visokokvalitetne višeslojne nanocjevi (MWCNT) jedinstvenih fizičkih i hemiskih osobina, što je dovelo da one postaju predmet interesovanja naučne i stručne javnosti i njihovog istraživanja u mnogim oblastima nauke i inženjerstva.

#### 5.1 Sinteza CNT postupkom električnog pražnjenja

Prvobitna sinteza nanocjevi sastojala se od Kratschmer-Huffman tehnike za proizvodnju  $C_{60}$  sa razlikom u tome da je Iijima umesto da u procesu električnog pražnjenja grafite elektrode budu jedna u kontaktu sa drugom, odlučio je da ove elektrode budu razmaknute. Usred ovih okolnosti jedan deo karbona koji je ispario sa anode se kondenzovao na katodi u vidu sloja čađi. Analizirajući ovaj sloj Iijima je uočio pored nanočestica i postojanje nanocjevi. Uglavnom kako to i biva u početku količina nanočestica je bila izuzetno mala. Pravi rezultati dolaze tek u Junu 1992. godine, udruživanjem snaga Thomas Ebbsen i Pulickel Ajayan radeći u istoj laboratoriji kao i Iijima, otkrivaju da povećanjem pritiska helijuma (He) u komori (Slika 7) gde se odvija električno pražnjenje, dovodi do dramatičnog povećanja količine dobijenih nanocjevi.

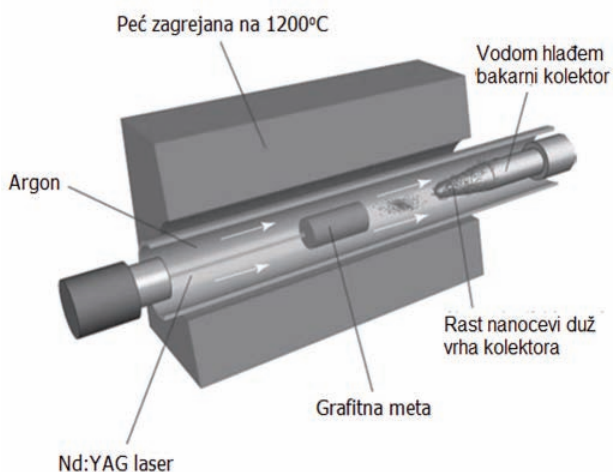


Slika 7, Šema reaktora (vakumske komore) od nerđajućeg čelika gde se odvija električno pražnjenje pri procesu dobijanja fulerena i nanocjevi

Primitili su da sa porastom pritiska raste i broj dobijenih nanocjevi, kada je pritisak porastao iznad 500 torra postalo je jasno da nema promene u kvalitetu nanocjevi, ali da dolazi do smanjenja broja dobijenih nanocjevi. Dužina svake elektrode je različita, anoda je uglavnom duža i ima prečnik od 6mm, dok je katoda kraća sa nešto većim prečnikom od 9mm. Struja koja je potrebna za obavljanje postupka je jednosmerna sa električnim naponom od 20V, dok je jačina struje se uglavnom kreće u granicama od 50 do 100A. Ovim postupkom su se dobile MWCNT, jedina prava razlika u postupku dobijanja SWCNT je bila upotreba modifikovanih elektroda (impregniranih lantalom, niklom, kobaltom i dr.).

#### 5.2 Sinteza SWNT postupkom laserske ablacije

Kako smo spomenuli bakminsterfuleren  $C_{60}$  je prvi put sintetizovan na Rice Univerzitetu 1985. godine u eksperimenatima vezanim za isparavanje grafita Nd:YAG laserom. 1995. godine Smalleyeva grupa je objavila sintezu SWNT upotrebom laserske ablacije. Uređaj koji je koristio Riceov tim se sastojao od peći zagrejane na temperaturu od oko 1200°C i inertnog gasa (uglavnom argona) koji struji kroz cev prečnika od 5cm sa konstantnim pritiskom od 500 torra (Slika 8).

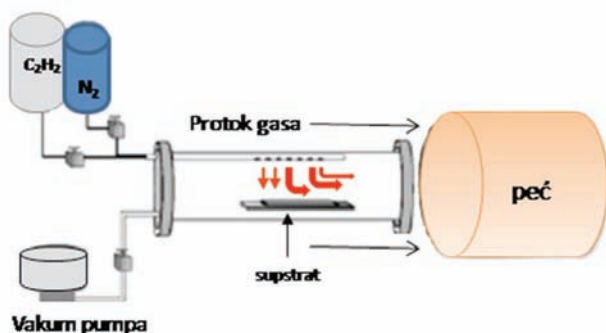


Slika 8, Šema sinteze SWNT postupkom laserske ablacije

U centar peći je postavljena cilindrična grafitna meta za čije se isparavanje koristi dvostruki laserski impuls. Ovaj metod proizvodi oko gram SWNT na dan, omogućujući Ricevoj grupaciji komercijalnu prodaju.

### 5.3 Sinteza CNT primenom CVD postupka

Kataliza ili hemijska parna depozicija (CVD) ima mnoge prednosti nad procesima sinteze CNT električnim pražnjenjem i laserom ablacijom. Sinteza se ostvaruje u manje zahtevnim uslovima što dovodi do jeftinije proizvodnje i lakšeg upravljanja procesom, pored ovoga i količina dobijenih CNT je mnogo veća nego kod drugih procesa. Kod ove metode najčešće se kao izvor ugljenika koriste se CO, CO<sub>2</sub>, kao i razni ugljovodonici. Izvori energije za razbijanje izvora ugljenika na reaktivne atome, koriste se plazma ili peć. Reaktivni atomi ugljenika difunduju do supstrata (npr. MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>, CaO, SiO<sub>2</sub>), sa metalnim katalizatorima (npr. Fe, Co, Ni, Cu), molekuli oblažu katalizator i na taj način se formiraju CNT, tj. rastu na supstratu. Temperatura sinteze CNT pomoću ove tehnike se kreće od 500 do 1200 °C, a korišćenjem ove metode može se kontrolisati prečnik i rast nanocevi. U slučaju da je supstrat sa metalnim katalizatorom na supstratu dobijamo SWCNT. Šematski prikaz CVD metode prikazan je na slici 9.



Slika 9, Šema sinteze CNT primenom CVD postupka

## 6. PRIMENA CNT

Izuzetna mehanička i jedinstvena električna svojstva, visoka hemijska stabilnost i velika specifična površina, čine nanocevi interesantnim materijalima za korišćenje u raznim oblastima. Neke od oblasti su zaštita životne sredine (prečišćavanje i transport vode), elektro industrija (superkondenzatori, senzori), medicina (dostava lekova na

tačno određeno mesto) i nama najbitnija primena u mašinskoj industriji (kompozitni materijal). Zbog svojih izuzetnih mehaničkih osobina gde zatezna čvrstoća iznosi 63 GPa, a modul elastičnosti 1TPa uz malu gustinu CNT su idealne kao jedan od elemenata kompozitnih materijala.

## 7. ZAKLJUČAK

Ugljenične nanocevi kao što vidimo će dokazati svoju vrednost i snagu kroz primenu u različitim oblastima projektovanja, a od svih oblasti najviše u mašinstvu, zbog toga ga sa punim pravom možemo nazvati „mašinski materijal 21.veka“. Iako danas postoje problemi vezani za cenu, tip sintetizovane nanocevi, ograničenja u obradi i metode montaže su barijere koje se moraju prevazići za njihovu širu upotrebu, ali kako je ovaj materijal izuzetnih mehaničkih osobina i enorman rast studija u poslednjim godinama vezanih za njega, pitanje je samo vremena kada će u potpunosti ostvariti svoj ogromni potencijal.

## 8. LITERATURA

- [1] Y. Saito, K. Nishikubo, K. Kawabata et al., Carbon nanocapsules and single-layered nanotubes produced with platinum-group metals (Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt) by arc-discharge, J. Appl. Phys. 80, 3062 (1996).
- [2] [www.photon.t.u-tokyo.ac.jp/~maruyama/kikan2002/kikan2002.html](http://www.photon.t.u-tokyo.ac.jp/~maruyama/kikan2002/kikan2002.html) (Februar 2014).
- [3] P.J.F. Harris, Carbon nanotubes and related structures, Cambridge University Press, United Kingdom, Cambridge 1999.
- [4] A. Hirsch, Angew. Chem. Int. Ed. 41 (2002) 1853–9.
- [5] A. Merkoci, Microchim. Acta 152 (2006) 157–74.
- [6] [www.simple.wikipedia.org/wiki/File:Eight\\_Allotropes\\_of\\_Carbon.png](http://www.simple.wikipedia.org/wiki/File:Eight_Allotropes_of_Carbon.png), (Februar 2014).
- [7] G. D. Vuković, Sinteza, Karakterizacija i Primena Funkcionalizovanih Ugljeničnih Nanocevi - Doktorska disertacija, TMF Beograd 2010.
- [8] J.W.G. Wildoer, L.C. Venema, A.G. Rinzler, R.E. Smalley, C. Dekker, Nature 391 (1998) 59–62.
- [9] S. Amelinckx, D. Bernaerts, X.B. Zhang, G. Vantendelloo, J. Vanlanduyt, Science 267 (1995) 1334–8.
- [10] O. Zhou, R.M. Fleming, D.W. Murphy, C.H. Chen, R.C. Haddon, A.P. Ramirez, S.H. Glarum, Science 263 (1994) 1744–7.
- [11] [www.ipn2.epfl.ch/CHBU/NTproduction1.htm](http://www.ipn2.epfl.ch/CHBU/NTproduction1.htm), (Februar 2014).
- [12] Z.Y. Ding, B.M. Sun, J.S. Bi, X.L. Ding, Purification of Carbon Nanotubes Synthesized by Pyrolysis Flame, Key Eng. Mat. 492 (2012) 493-496.

### Kratka biografija:



**Dorde Dražić** rođen je u Dubrovniku 1981. god. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodno mašinstvo - Inženjerstvo površina, a na temu "Karbonske Nanocevi: struktura, osobine i proizvodnja" odbranio je 2014. god.

**TERETNA VOZILA SA SAMOISTOVARNIM SANDUKOM  
COMMERCIAL VEHICLES WITH THE SELF-UNLOADING TRAILER**Bojan Matijević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – Cilj rada je bio da se kamioni sa samoistovarnim sandukom uporede sa kamionima sa nepokretnom nadgradnjom. Dalje, razmotreni su uslovi bezbednosti i stabilnosti vozila, kao i povezivanje glavne i pomoćne šasije kiper kamiona, pomoću krutih i elastičnih veza. Zatim je opisan postupak ugradnje samoistovarnog sanduka i nivo opremljenosti radionice u kojoj se vrši postupak ugradnje. Takođe, prikazani su elementi za rukovanje procesom istovara. Da bi se proverili naponi u nosećoj šasiji tovarnog sanduka, urađena je statička analiza nosećeg rama sanduka.

**Abstract** – The goal of this work is to compare tippers with the self-unloading trailer to the trucks with the immobile superstructure. Furthermore, the aim is to consider the safety and stability conditions of the vehicles, as well as the linkage of the main and the auxiliary chassis of tippers via rigid and flexible connections. A description of the implementation of the self-unloading trailer is given, together with the one of the equipment which is available in a repair shop in which the process of the implementation of the trailer is done. The elements of the process of unloading are described. Finally, the project for the implementation of the self-unloading trailer is provided.

**Ključne reči:** motorna vozila, kiper kamioni, gradnja kiper kamiona, stabilnost pri istovaru.

**1. UVOD**

Kamioni sa samoistovarnim sandukom kao i sva druga vozila se sastoje od velikog broja komponenti, sistema i podsistema, na čijem projektovanju rade timovi inženjera. Korišćenje ovakvih nadgradnji izaziva povećanja napreznja noseće konstrukcije što nameće potrebu za povećanom pažnjom pri izboru baznog vozila, komponenta nadgradnje i načina njihovog međusobnog povezivanja, kao i eventualno neophodnih postupaka ojačanja nosećih elemenata. Nadgrađivanjem baznog vozila sprovode se poštujuće smernice proizvođača vozila i nadgradnje, vodeći pri tome računa o nacionalnoj i međunarodnoj regulativi koja definiše ograničenja relevantnih tehničkih i bezbednosnih parametara.

Kamioni samoistovarivači najčešće su korišćena prevozna sredstva za prevoz materijala kao što su kamen, pesak, zemlja tucanik, šljaka, ugalj, asfalt, kao i građevinskih materijala izvan gradilišta tj. za građevinske svrhe.

Kamioni sa samoistovarnom nadgradnjom se u odnosu na

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ferenc Časnji red.prof.**

kamione sa fiksnim tovarnim sandukom, odlikuju određenim specifičnostima u konstrukciji i eksploataciji. Uprkos širokoj zastupljenosti ovih vozila u upotrebi, u okviru postojeće stručne literature su relativno malobrojne publikacije koje se bave problemima njihovog pravilnog izbora, eksploatacije, izrade, modifikacije i sl.

**2. USLOVI RADA U ODNOSU NA KAMIONE SA NEPOKRETNOM NADGRADNJOM**

Glavna razlika između kamiona sa samoistovarnim sandukom i kamiona sa nepokretnom nadgradnjom je automatsko istovarivanje tereta, što znači da je veća ušteda vremena pri istovaru materijala. Šasija kod kamiona sa nepokretnom nadgradnjom kao i šasija kod kamiona sa samoistovarnim sandukom je torziono fleksibilna.

U oba slučaja se postiže relativna fleksibilnost korišćenjem “U” profila pri izradi pomoćnog rama. Međuosovinski razmak kod kamiona sa samoistovarnom nadgradnjom je manji u odnosu na kamione sa nepokretnom nadgradnjom, prema tome je šasija (tovarni prostor) kod vozila sa nepokretnom nadgradnjom duža u odnosu na vozila sa samoistovarnim sandukom.

Vozila namenjena dugolinijskom transportu, kao i vozila za kabastu robu, mogu da imaju manju rezervu čvrstoće u odnosu na vozila koja se koriste u lošijim uslovima eksploatacije.

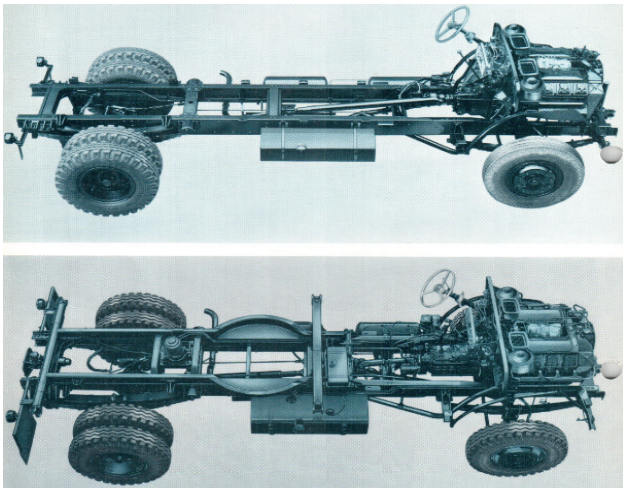
To znači da kamioni sa samoistovarnim sandukom moraju da imaju šasiju veće krutosti (torzionu i savojnu) u odnosu na kamione sa nepokretnim sandukom. Kamioni sa nepokretnom nadgradnjom imaju manju visinu šasije (pri čemu se misli na visinu od tvrde podloge do visine tovarnog dela).

U lokalnom saobraćaju najveći uticaj na efikasnost prevoza imaju način utovara i istovara i manevarske sposobnosti. Pa prema tome, kada se neka roba treba istovarati ručno ili ako je ima puno, odnosno kabasta je, praktičniji su kamioni sa nepokretnom nadgradnjom. Takođe, prednost je što može više robe da stane u odnosu na vozila sa samoistovarnim sandukom. Na slici 1. prikazana su konstruktivna rešenja šasija sa pokretnim i nepokretnim sandukom. U pitanju je Magirus šasija starije izvedbe.

**3. BEZBEDNOST PRI TRANSPORTU I VRŠENJU ISTOVARA**

Prilikom transporta materijala u kamionima sa samoistovarnim sandukom, transportovani materijal ne sme biti iznad stranica kamiona, zbog toga što može da ugrozi druge učesnike u saobraćaju i da izazove nezgodu.





Slika 1. Magirus šasija sa pokretnim i nepokretnim sandukom

Kada se vozilo natovari obavezno je tovarni prostor prekriti ceradom, slika 2. Cerada, koja je lagana i jednostavna za korišćenje se prebacuje sa unakrsnim zatezanjem, ona potpuno pokriva kiper nadgradnju i osigurava je od uticaja vetra, ako se vozi neki sitni materijal. Cerada može biti dostupna u manualnoj ili električnoj verziji.



Slika 2. Kiper sa ceradom

Prilikom istovara sanduk kiper kamiona treba podići do visine koja je dovoljna za samoistovar materijala bez ugrožavanja stabilnosti vozila. Iskustva pokazuju da vozilo gubi stabilnost (dolazi do njegovog preturanja) kada ugao naginjanja sanduka pri samoistovaru tereta prelazi 60°. Dugogodišnja iskustva govore da je za samoistovar rasutih tereta u građevinarstvu, od suvog peska, šljunka do gline dovoljno ostvariti uglove u intervalu od 15° do 38°. U praksi se prilikom samoistovara unazad usvaja ugao dizanja tovarnog sanduka od 45° do 48°, a za bočni samoistovar od 42° do 45° [1].

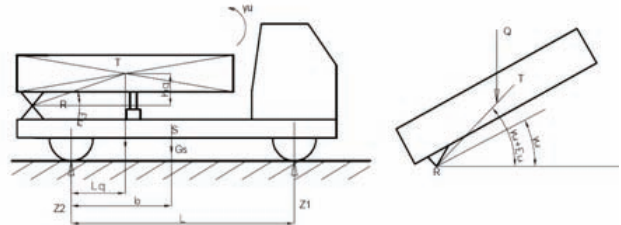
#### 4. STABILNOST PRI ISTOVARU UNAZAD

Stabilnost vozila tokom operacije bilo kog sistema nadgradnje je odgovornost kako konstruktora tako i korisnika. Korisnik bi trebalo da u svakom trenutku bude siguran da je stabilnost vozila zagarantovana. Zato je važno da se daju jasne instrukcije za upotrebu nadgradnje. Na slici 3 su prikazane sile koje deluju na vozilo pri uzdužnom istovaru tereta. Preturanje vozila može nastupiti oko zadnje osovine, kada je reakcija na prednjoj osovini jednaka nuli, tj. kada je ispunjen uslov [1]:

$$G_S \cdot b = Q \cdot \overline{RT} \cos \cdot (E_u + \gamma_u) \quad (1)$$

Gde su:

Q - težina tovarnog sanduka i korisnog rasutog tereta,  
 b - položaj težišta šasije vozila bez tovarnog sanduka,  
 G<sub>S</sub> - težina šasije vozila bez tovarnog sanduka,  
 T - težište tovarnog sanduka,  
 R - oslonac tovarnog sanduka,  
 E<sub>u</sub>+ γ<sub>u</sub> - ugao naginjanja od oslonca do težišta tovarnog sanduka.



Slika 3. Stabilnost vozila pri samoistovaru unazad

Izraz za izračunavanje ugla pri kome dolazi do prevrtanja vozila oko zadnje osovine:

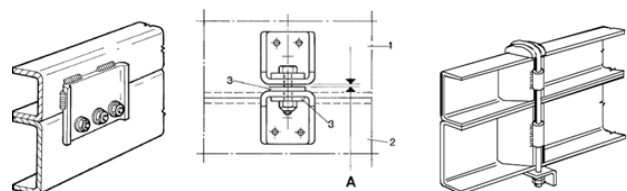
$$\gamma_{up} = \arccos \frac{G_S \cdot b \cdot \cos E_u}{Q \cdot L_q} - E_u \quad (2)$$

Gde je:

L<sub>q</sub> – horizontalna udaljenost težišta tovarnog sanduka od zadnje osovine.

#### 5. ELEMENTI ZA VEZU GLAVNE I POMOĆNE NOSEĆE ŠASIJE KIPER KAMIONA

Pomoćni ram i šasija su povezani krutim vezama, koje su sa donje strane pričvršćene vijčanom vezom za šasiju, a sa gornje strane zavarene za pomoćni ram. Oni su takodje povezane sa elastičnim vezama sa prednje strane. Ova veza onemogućava bilo kakvo pomeranje između dva rama. Fiksiranje pomoćnog rama za šasiju sprovodi se tako što fleksibilne veze (držači ili steg) moraju biti postavljene na prednjem kraju, a zadnji kraj zahteva kruti tip spojeva da bi doprineo više krutosti u celini. Na slici 4 je prikazano nekoliko tipova veza. Da bi se obezbedio fleksibilan spoj mora postojati razmak od 1 do 2 mm između držača na šasiji i onih na pomoćnom ramu pre nego što se pritegnu vijčanom vezom.



Slika 4. Veze pomoćnog rama i šasije

A - Potreban zazor pre pritezanja 1 - 2 mm

1. Pomoćni noseći okvir;
2. Glavni noseći okvir (šasija);
3. Podmetači

#### 5.1. ELEMENTI ZA RUKOVANJE PROCESOM ISTOVARA

Komande za kipovanje služe za aktiviranje izvoda snage (PTO) i ventila hidrauličnog sistema. Ručice mogu biti mehaničke, električne i pneumatske za upravljanje

pomoćnim izvodom snage i kiper ventilima. Jedno od rešenja sistema za podizanje samoistovarnog sanduka, prikazano je na slici 5.

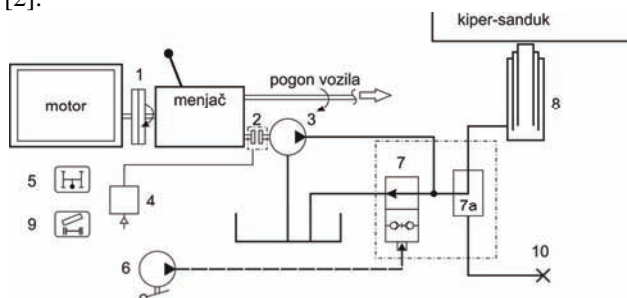
Hidraulička pumpa (3), pogon dobija od motora vozila, preko pomoćnog pogona (2) sa menjača vozila.

Pomoćni pogon (2), uključuje se pneumatskim ventilom (4), pneumatski ventil pušta vazduh pod pritiskom iz pneumatske instalacije vozila u pneumatski cilindar koji aktivira spojnicu pomoćnog pogona na menjaču.

Ručna pumpa - davač (6), za aktiviranje razvodnog ventila.

Razvodni ventil (7), za regulaciju dovoda ulja pod pritiskom iz pumpe u hidro-cilindar (8) za podizanje kiper-sanduka.

Razvodni ventil ima dva položaja (7a), za izbor podizanja kiper-sanduka kamiona ili kiper-sanduka prikolice (10) [2].



Slika 5. Šema sistema za podizanje kiper-sanduka (pojednostavljena)

## 6. POSTUPAK UGRADNJE SAMOISTOVARNOG SANDUKA I OPREMLJENOST RADIONICE

Pri postupku ugradnje samoistovarnog sanduka sa aspekta praktičnog izvođenja, ako se vrši prepravka sa kamiona koji na sebi ima nepokretni tovarni deo, a želi se da na tom vozilu imamo samoistovarni sanduk, najvažnije je da pratimo smernice proizvođača da bi to vozilo zadovoljilo sve kriterijume koji se traže od vozila. Kamioni sa samoistovarnim sandukom imaju manja osovinska rastojanja u odnosu na kamione sa nepokretnim sandukom, pa prema tome kada vršimo prepravku moramo da skraćujemo šasiju vozila.

Ne smemo da skraćujemo šasiju između osovina, već moramo da pomeramo kompletnu zadnju osovinu unapred, kao i instalaciju vozila (signalizacija), tako da bismo zadovoljili međuosovinsko rastojanje. Nakon toga skraćujemo zadnji prepust. Zadnji prepust ne smemo da skraćujemo koliko želimo već moramo isto da se pridržavamo propisa proizvođača.

Kada se sve to zadovolji i uradi, tek onda možemo da ugradimo samoistovarni sanduk, ostale delove i razne nosače.

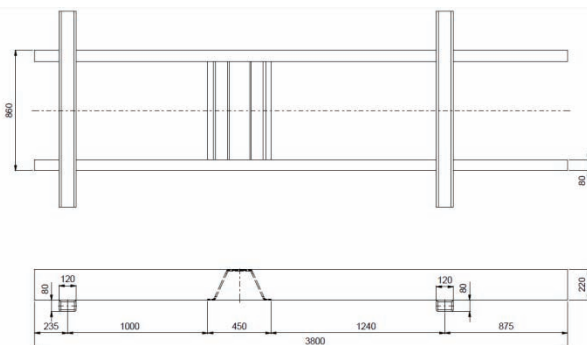
Radionica u kojoj se vrši ugradnja, odnosno u kojoj se vrše prepravke treba da ima potrebne alate pomoću kojih će se izvršiti prepravka vozila:

- Razni ključevi (vilasti, okasti itd.), klešta, čekići itd.
- Aparati za zavarivanje
- Razne brusilice (stone, ručne...)
- Bušilice
- Dizalice (mosna ili neka druga)
- Mašinu za savijanje limova (savijačicu) i dr.

## 7. RAČUNSKA PROVERA NOSEĆEG RAMA TOVARNOG SANDUKA KIPER KAMIONA

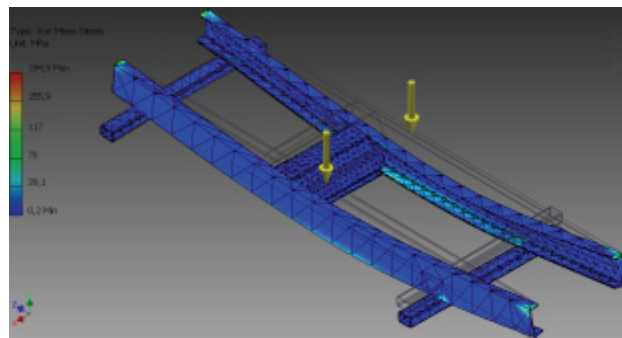
Statička analiza je izvršena metodom konačnih elemenata u softverskom paketu Autodesk Inventor 2014. Statička analiza je izvršena kako bi se prikazala provera deformacije rama, odnosno provera njegovog najvećeg ugiba i najvećeg napona koji se javlja na datoj šasiji. Metod konačnih elemenata je metod diskretne analize i zasniiva se na fizičkoj diskretizaciji razmatranog domena. Suština određivanja niza metodom konačnih elemenata je da se razmatrani domen, pomoću zamišljenih linija ili površi, deli na određeni broj poddomena konačnih dimenzija. Pojedini poddomeni se nazivaju konačni elementi, a njihov skup za ceo domen je mreža konačnih elemenata.

Materijal od koga se izrađuje noseći ram sanduka je konstrukcioni čelik S 355. Izrađen je od dva podužna „U“ profila dimenzije 220x80x5 mm, prema DIN standardu, a poprečni od cevnih nosača dimenzije 120x80x10 mm, na rastojanju od 2690 mm i omega profila za uležištenje gornjeg dela hidrauličkog cilindra, slika 6. Veze između profila ostvarene su zavarivanjem.



Slika 6. Noseći ram kiper sanduka

Noseći ram kiper sanduka je opterećen na sredini uzdužnih nosača silom od  $Q_u = 102,74$  kN, na osnovu čega se došlo do rezultata napona savijanja i deformacija nosećeg rama sanduka. Naponi koji se javljaju na nosećoj šasiji kiper sanduka prikazani su na slici 7, a deformacije koje se javljaju na ramu na slici 8.

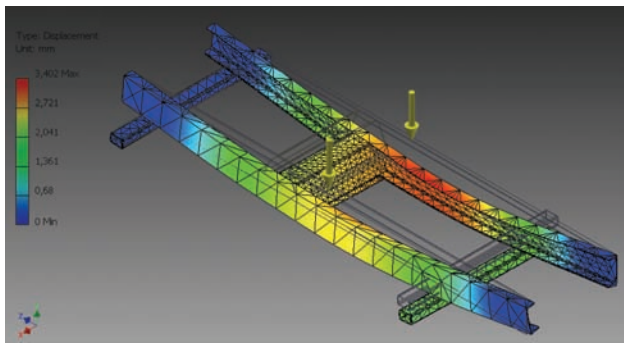


Slika 7. Naponi na nosećem ramu kiper sanduku

Maksimalni naponi javljaju se na podužnim nosačima „U“ profila, ispred kućista hidrauličkog cilindra  
Minimalni i maksimalni napon na nosećem ramu sanduka vozila:

$$\sigma_{min} = 0,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = 194,9 \text{ MPa}$$



Slika 8. Savijanje nosećeg rama kiper sanduka

Deformacije koje se javljaju usled delovanja opterećenja na slici 8, može se videti koliko je maksimalno savijanje nosećeg rama kiper sanduka:

$$\delta_{max} = 3,402 \text{ mm}$$

Na osnovu odnosa dozvoljenog i izračunatog napona dobijen je stepen sigurnosti koji prelazi gornju granicu, na osnovu kog je zaključeno da je data šasija predimenzionisana. To dalje implicira da je moguće usvojiti manje dimenzije nosećeg rama sanduka, pri čemu bi se došlo do uštede kako materijala, tako i sredstava neophodnih za izradu. Stepenn sigurnosti jednak je odnosu dozvoljenog i izračunatog napona:

$$v = \frac{\sigma_e}{\sigma_{max}} = \frac{355}{194,9} = 1,8 \quad (3)$$

Preporučene vrednosti stepena sigurnosti za opterećenje pomoćne šasije na savijanje iznosi  $v = 1,1 - 1,4$  [3].

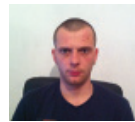
## 8. ZAKLJUČAK

Prilikom izrade ovog rada doslo se do nekih značajnih zaključaka. Prvo, pri projektovanju kamiona sa samoistovarnim sandukom neophodno je obratiti pažnju na materijal od kog se izrađuju pomoćna šasija, noseća šasija tovarnog sanduka, pod i stranice tovarnog sanduka. Drugo, neophodno je voditi računa o postavljanju elemenata hidrauličkog sistema, kao i hidrauličnog cilindra na pomoćnu šasiju kiper kamiona.

## 9. LITERATURA

- [1] Demić Miroslav, Pijevac V., Čalić S., Vasiljević M.: Osnovi projektovanja teretnih motornih vozila, Uređaj za samoistovar: 134-136. Univerzitet u Kragujevcu Mašinski fakultet, 1994.
- [2] Ružić Dragan: Motorna vozila, Kiperi: 88-89. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013.
- [3] Lukin Petr, Gasparyants G, Rodinov V.: Automobile chassis desing and calculations, MIR Publishers, Moscow, 1989.

### Kratka biografija:



**Bojan Matijević** rođen je u Karlovcu, Republika Hrvatska 1989. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva odbranio je 2014.god.



**REALIZACIJA MODELA PNEUMATIKA SA RADIJALNIM OPRUGAMA POMOĆU PROGRAMSKOG PAKETA ADAMS****DEVELOPMENT OF A RADIAL SPRING TIRE MODEL USING THE SOFTWARE PACKAGE ADAMS**

Ištvan Rajšli, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je predstavljen razvoj virtualnog modela traktorskog pneumatika, koji omogućuje njegovo kvazistatičko ispitivanje na tvrdim preprekama. Obrazložena je potreba za ovakvim modelima i prikazane su različite vrste koncepcije. U drugom delu rada je izvršeno modeliranje u programskom paketu Adams, definisani su neophodni elementi. Razvijen je postupak koji obezbedi degresivnu karakteristiku radijalnih opruga. Rezultati su prikazani pomoću dijagrama.

**Abstract** – This paper presents the development of a virtual model of tractor tires, which allows the quasistatic testing on hard obstacles. Need for such investigations is justified and some usual tire models are described. In the later part of the work, the tyre model is realized in the software package Adams, the essential elements are also defined. A method was developed to ensure the regressive elasticity of the radial springs.

**Ključne reči:** traktorski točak, modeliranje

**1. UVOD**

Poljoprivredni niskopritisni pneumatici se u realnim uslovima kreću pretežno po neravnim podlogama, što dovodi sa sobom i određene specifičnosti pri njihovom ispitivanju [1]. U slučaju kada su dužine neravnina podloge male u odnosu na dužinu površine kontakta pneumatika i podloge, lokalno se deformiše gazeći sloj pneumatika i savija se oko tih neravnina.

Usled geometrijskih karakteristika i fleksibilnosti pneumatika dolazi do filtriranja geometrijskog oblika profila podloge, time je oscilatorna pobuda ublažena u nekoj meri.

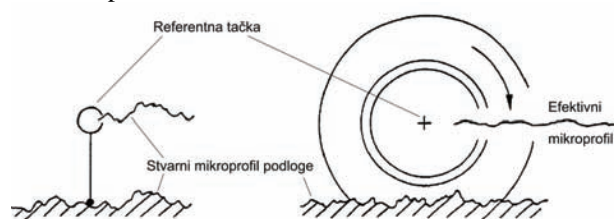
Cilj ovog rada je da se razvije virtualni model pneumatika delimično zasnovan na stvarnoj fizičkoj strukturi pneumatika pomoću kojeg se mogu dobiti informacije o filtrirajućem ponašanju pneumatika na kratkim neravninama.

Svrha razvoja ovakvog modela jeste njegova upotreba u okviru eksperimentalnih istraživanja posmatranog fenomena kako bi se izbegla ili bar umanjila potreba za sprovođenjem fizičkih eksperimenata.

**2. TEORIJSKO RAZMATRANJE PROBLEMA****2.1 Kvazistatička envelopa kretanja**

Na slici 1 prikazano je poređenje kretanja jednog krutog

mehaničkog elementa koji ostvaruje kontakt sa podlogom u jednoj singularnoj tački, i elastičnog pneumatskog točka, po neravnom profilu podloge. Za referentnu tačku krutog štapa čije kretanje se posmatra izabran je njegov drugi kraj, dok referentnu tačku pneumatika predstavlja centar naplatka.



Slika 1: Stvarni i efektivni mikroprofil (prema [2])

Prilikom kretanja štapa duž geometrijskog profila podloge trajektorije referentne tačke identičan je formi tog profila. Kretanje referentne tačke pneumatika se, međutim, odlikuje drugačijim karakteristikama. Usled geometrijskih karakteristika i fleksibilnosti pneumatika dolazi do transformacije geometrijskog oblika profila podloge tako da se referentna tačka kreće po drugačijoj putanji. Trajektorija referentne tačke (centra) pneumatika naziva se efektivni mikroprofil [3].

Za dalje proučavanje problema od interesa je da se uvede pojam efektivnog mikroprofila definisanog u statičkim odnosno kvazistatičkim uslovima, dakle pri izbegavanju dinamičkih efekata u vidu oscilatornog kretanja oslonjene mase. Pri tome je pre svega važno naglasiti da se misli na uslove u kojima su vertikalna reakcija, radijalna defleksija i kontaktna dužina konstantni. Efektivni mikroprofil generisan u ovakvim uslovima biće nazvan kvazistatička envelopa kretanja pneumatika.

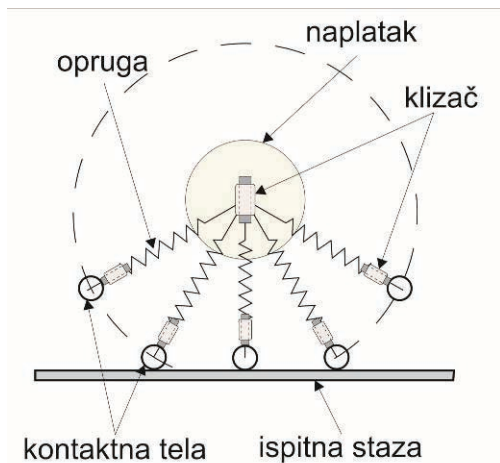
**2.2 Model sa radijalnim oprugama**

Ovaj model (slika 2), u svojoj bazičnoj formi, sastoji se samo od radijalnih opruga. Najvažnija karakteristika modela da uzima u obzir uticaj geometrije strukture pneumatika. Nedostatak ovog koncepta je nedostatak uzimanja u obzir savojne krutosti gazećeg sloja, kojima se obuhvata ovaj efekat.

Kao i kod svakog modela zasnovanog na diskretizaciji kontinualne strukture, tačnost rezultata zavisi od broja radijalnih elemenata. S obzirom na to da se ravnotežni položaj modela određuje iterativnim postupkom, porast gustine mreže diskretnih elemenata neophodan za poboljšanje kvaliteta dobijenih rezultata dovodi do značajnog porasta vremena potrebnog za izvršavanje.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ferenc Časnji, red.prof.

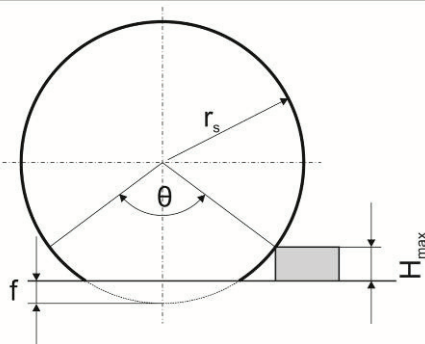


Slika 2: Šematski prikaz modela

Bez obzira na navedene nedostatke, u ovom radu je izabran model sa radijalnim oprugama za modeliranje kvazistatičke fenomene zbog povoljnog odnosa između potrebnog angažmana za implementaciju i kvaliteta dobijenih rezultata. Pre izbora modela treba uzeti u obzir da li postoji adekvatno interpretacija u softverskom okruženju, jer jedan jako složen model možda ne dovodi do upotrebljivih informacija o ponašanju pneumatika. U tom slučaju korisnik se izgubi u detaljima, koji su apsolutno zanemarljivi sa stanovišta simulacije.

### 3. RAZVOJ MODELA

Posmatrajući sliku 3, lako se može primetiti da nije neophodno uzimati u obzir kompletan obim pneumatika već samo njegov donji segment za koji je realno pretpostaviti da može doći u kontakt sa preprekom. Uzimanje u obzir celokupnog obima pneumatika bi dovelo do značajnog povećanja složenosti modela i produženja vremena izvršavanja a bez uticaja na validnost dobijenih rezultata.



Slika 3: Dijapazon ugaonog segmenta

Polazni podaci za definisanje dijapazona ugaonog segmenta su: slobodni radijus točka  $r_s=625$  mm, maksimalna visina prepreke koja je usvojena na osnovu raspoloživih elemenata  $H_{max}=150$  mm, defleksija točka  $f=30$ mm.

Dijapazon ugaonog segmenta  $\theta$  je:

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left( \frac{r_s - (H_{max} + f)}{r_s} \right) = 90^\circ$$

Pošto u proračunu uzet u obzir samo slobodni radijus točka, a ne stvarni statički radijus koji zavisi od pritiska i od vertikalnih opterećenja, radi sigurnosti usvaja se:

$$\theta = 100^\circ$$

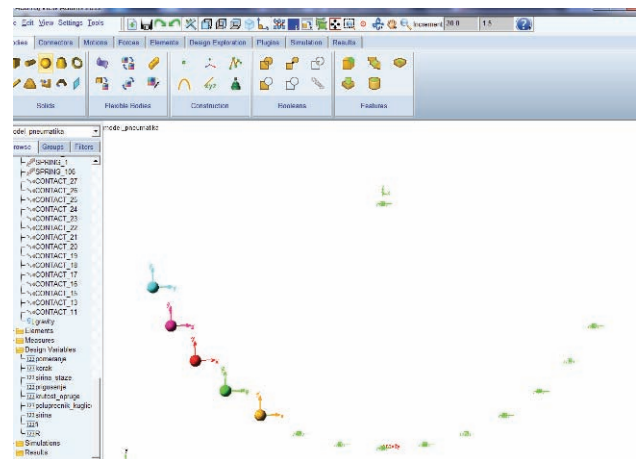
S ciljem da broj elemenata bude između 30-50, usvaja se ugaon između susednih tela  $\varphi=2.5^\circ$ . U modelu se ova vrednost unosi putem parametara, što omogućuje laku promenu celog sistema. Broj elemenata  $N$  može se odrediti iz sledeće jednačine:

$$N = \frac{\theta}{\varphi} = 40, \text{ usvaja se } N = 41$$

Važno je uskladiti da se dobije neparan broj radijalnih elemenata da bi jedan od njih bio u vertikalnom položaju što je bitno zbog preslikavanja geometrijskih karakteristika

### 3.1 Kontaktne tela

U ravanskom radijalnom modelu gazeći sloj pneumatika zamenjuje se loptama. Poluprečnik ovih kuglica treba da bude što manji radi boljeg prilagođavanja terenu. U našem slučaju usvaja se poluprečnik  $r=4$  mm, masa ovih tela je zanemarljivo mala (2-3 grama). Kuglice su smeštene u modelu tako što im se težište poklapa sa prethodno definisanim tačkama. Izgled radnog okruženja ADAMS prikazan na slici 4



Slika 4: Radno okruženje programa

### 3.2 Ispitna staza

Ispitna staza je modelirana pomoću softvera Inventor 2011, pošto zbog složenosti iste ne bi bilo moguće u softveru ADAMS. Važno je napomenuti da su definisane samo najvažnije mere podloge i prepreke koje su korišćene pri ispitivanju pneumatika u Laboratoriji za motorna vozila –FTN, Novi Sad. Dimenzije udarnih prepreka prikazane pomoću table 1.

Tabela 1: Karakteristike prepreka

Br. prepreke	1	2	3	4	5
Dužina $L_p$ (mm)	100	300	200	300	200
Visina $H_p$ (mm)	50	50	100	100	150

### 3.3 Veze između elemenata

Da bi elementi modela činili neku celinu, odnosno da bi mogli da izvršavaju zadate funkcije između njih se moraju definisati veze. U simulaciji su potrebne veze sa 1 stepenom slobode koje će obezbediti pravolinijsko kretanje. Zbog toga se upotrebljava translaciona veza (*Translational joint*).

Potrebno je obezbediti sledeća pomeranja:

- o kretanje centra naplataka u odnosu na podlogu (ground part) duž vertikalne ose y

- kretanje ispitne staze duž svoje uzdužne ose (paralelno sa horizontalnom osom x)
- kretanje kuglica u odnosu na naplatak. Pravac ove veze je određen između težišta kuglica i težišta naplataka.

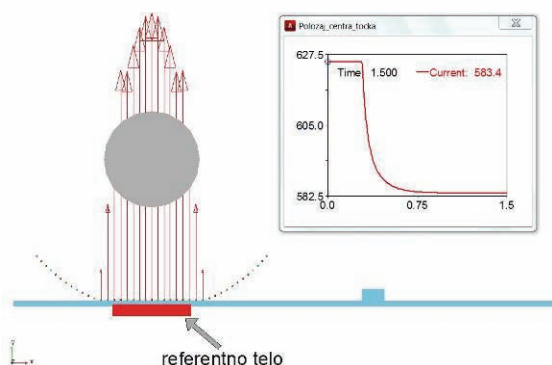
### 3.4 Opruge

Pneumatik je modelovan pomoću sistema radijalnih opruga. Krutost i prigušno svojstvo ovih opruga igraju ključnu ulogu u simulaciji, za određivanje te karakteristike treba da se definišu adekvatni postupci. Krutost opruge obezbeđuje nosivost modela odnosno prijem vertikalnih opterećenja, dok prigušenje služi za odvođenje nepotrebne energije, jer bez prigušnih elemenata sistem bi neprekidno oscilovao oko ravnotežnog položaja, a rezultati ne bi bili upotrebljivi. Ne bi trebalo zaboraviti da krutost radijalnih opruga nije linearna, već je degresivnog karaktera shodno prirodnim karakteristikama pneumatika.

U prvoj fazi razvoja modela krutost opruga je linearna. Pošto ova karakteristika zavisi od mnoštvo faktora (broj elemenata, ugao između njih, pritisak itd.), neophodno je koristiti eksperimentalni-iterativni pristup. Polazni podaci za određivanje linearne karakteristike su: kontaktna dužina između pneumatika i podloge  $L=330\text{mm}$  i defleksija točka  $f=30\text{mm}$ .

Tok eksperimenta je sledeći:

- pneumatik se spušta na glatku podlogu
- meri se rastojanje između centra točka i težišta kuglice  $R_0$ . Za ovu svrhu može da se koristi alat Measure-defleksija.
- posmatra se rastojanje između najudaljenijih kuglica od vertikalne ose koje se dodiruju sa podlogom. Za lako i pouzdano određivanje koristi se vizualni metod, tako što se ispod ispitne staze ubacuje jedno telo, čija ivica odgovara kontaktnoj dužini-kontaktna dužina. Izgled radnog okruženja programa ADAMS je prikazan na slici 5.



Slika 5: Određivanje linearne karakteristike

Nemoguće je potpuno uskladiti da se istovremeno kontaktna dužina i defleksija potpuno poklapaju pri izmerenim vrednostima. Najmanje odstupanje je dobijeno za  $c=50\text{N/mm}$ .

Prelazak na kvadratnu karakteristiku treba da obezbedi da dobijeni podaci budu tačniji, odnosno da se model ponaša bliže prirodnoj karakteristici.

Poznavajući koeficijente krive ( $c_1$  i  $c_2$ ) i deformaciju opruge ( $x$ ) sila u opruzi ( $F$ ) se izračunava iz sledeće jednačine:

$$F = c_1 \cdot x - c_2 \cdot x^2$$

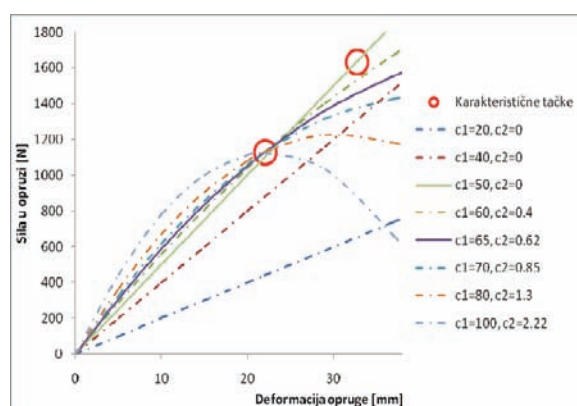
Sa stanovišta naše simulacije najvažnije je odrediti nepoznate konstante  $c_1$  i  $c_2$ , što ujedno i najteži zadatak u okviru ovog rada. Pošto u literaturi ne postoji jednoznačna preporuka za njihovo određivanje, treba da se razvije adekvatan postupak.

U prvom koraku se određuje deformacija najopterećenije opruge i sila u istoj na glatkoj horizontalnoj podlozi ( $x_{gp}$ ,  $F_{gp}$ ) i na prepreci 1 ( $x_{p1}$ ,  $F_{p1}$ ).

U sledećem koraku se formira familija krivih, koje sadrže tačku ( $x_{gp}$ ,  $F_{gp}$ ). Koeficijenti krive  $c_1$  su izabrani (20, 40, 60, 80, 100). Koeficijenti  $c_2$  su određeni iz sledećeg uslova:

$$c_2 = \frac{c_1 \cdot x_{gp} - F_{gp}}{x_{gp}^2}$$

Dobijene krive su predstavljene pomoću grafikona na slici 6.

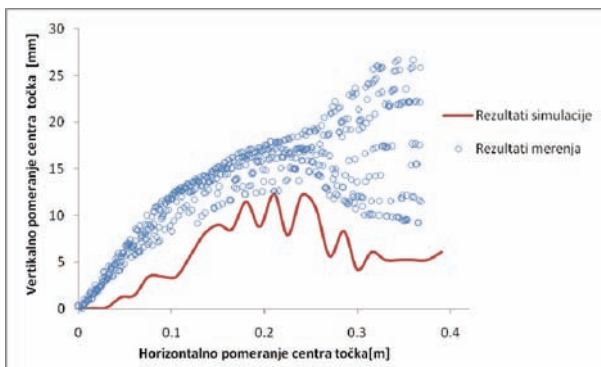


Slika 6: Familija krivih

Analizom grafikona može se zaključiti da kriva tj. prava  $c_1=20$  i  $c_1=40$  koja se ne seče sa karakterističnom tačkom, jedino bi moglo ako su ove krive progresivnog karaktera tj.  $c_2 < 0$ . Sa stanovišta naše simulacije te krive su neupotrebljive jer je istaknuto da trebaju da budu degresivne. Prava  $c_1=50$  je prikaz linearnog modela, i služi kao referencija. Ostale krive zadovoljavaju prethodno definisani uslov. Posle više pokušaja, pri kasnijem ispitivanju modela dokazano je da je najpogodnija kriva  $c_1=65$ ,  $c_2=0.62$ . Radi izbegavanja nepotrebnih informacija rezultati ovih pokušaja nisu prikazani.

## 4. REZULTATI

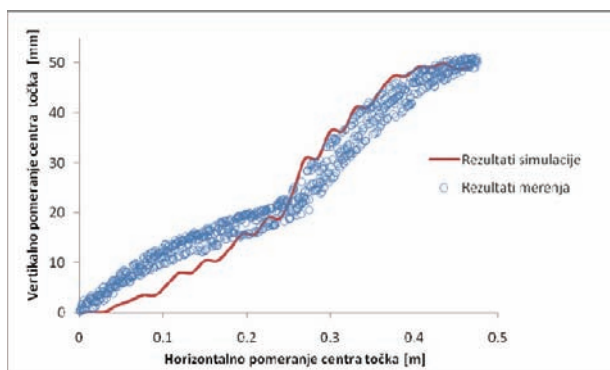
Pre prikazivanja rezultata potrebno je istaći da je pri izradi simulacije nije uzet u obzir veliki broj faktora, što svakako dovodi do određene greške pri upoređivanju podataka dobijenih eksperimentalnim i numeričkim putem. Ne bi trebalo ni zaboraviti da razvoj modela nije završen do kraja, odnosno mora da se ulaže mnogo truda i rada za njeno usavršavanje.



Slika 7: Rezultati merenja i simulacije, prepreka 1

Analizom grafikona na slici 7 se lako može zaključiti da je rasipanje rezultata prisutno u velikoj meri ne samo kod rezultata dobijenih preko simulacije nego i kod rezultata merenja. Detaljnim razmatranjem dolazi se do pretpostavke da greška merenja mogla nastati pri uticaju neravnomernosti prečnika pneumatika kao posledica dugog stajanja istog, odnosno velik uticaj imaju i rebra pneumatika. Prisutno je veliko rasipanje i kod podataka dobijenih numeričkim putem. Na rezultate ogromni uticaj ima broj kontaktnih elemenata, odnosno pri nailasku novog tela na gornju površinu (vrh) prepreke povećava se broj elemenata koji učestvuju u prenošenju opterećenja, time se naglo podiže centar točka.

Pri nailasku pneumatika na prepreku 3 (slika 8), prisutna je određena razlika između rezultata merenja.



Slika 8: Rezultati merenja i simulacije, prepreka 3

Ova greška može da se pripisuje raznim fenomenima i pojednostavljenjima. S obzirom da cela simulacija zasnovana na raznim pretpostavkama, dobijeni rezultati su sasvim prihvatljivog karaktera.

## 5. ZAKLJUČAK

Analizom rezultata se lako može zaključiti da model ne može da se upotrebi pri ispitivanju prepreke čija visina veća od 100 mm. Gustina kontaktnih elemenata je niska, nema dovoljan broj elemenata za savršenu realizaciju kontakta, zbog toga se javlja fluktuacija rezultata koja se vidi na grafikonima. Nažalost, zbog računarskih kapaciteta ne postoji mogućnost za povećanje broja radijalnih elemenata.

## 6. LITERATURA

- [1] Ferhadbegović B.: *Entwicklung und Applikation eines instationären Reifenmodells zur Fahrdynamiksimulation von Ackerschleppern*, Dissertation, Universität Stuttgart, Institut für Agrartechnik, 2008
- [2] Antonius J. C. Schmeitz: *A Semi-Empirical Three-Dimensional Model of the Pneumatic Tyre Rolling over Arbitrarily Uneven Road Surfaces*, 2004
- [3] Wallentovitz, Henning: *Vertikal- / Querdynamik von Kraftfahrzeugen*, IKA Aachen, 1996

### Kratka biografija:



**Ištvan Rajšli** rođen je u Senti, 1989.god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva odbranio je 2014.god



**MODELIRANJE TEHNOLOŠKIH KARAKTERISTIKA ELEKTROEROZIVNE OBRADNE PRIMENOM NEURO-FAZI SISTEMA****MODELING OF TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS IN ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING USING NEURO-FUZZY SYSTEMS**Ivan Buača, Marin Gostimirović, Dragan Rodić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – *Proizvodnost, zazor i hrapavost su bitni pokazatelji procesa elektro-erozivne obrade, matematičko modeliranje ovih parametara je veoma otežano zbog velikog broja uticajnih faktora. U današnje vreme pri rešavanju ovakvih problema uspešno se mogu koristiti sistemi zasnovani na veštačkoj inteligenciji. U radu su prikazani osnovni koncepti fazi logike i ANFIS sistema u cilju modeliranja proizvodnosti, zazora i hrapavosti obrađene površine. Nakon modeliranja izvršeno je testiranje i poređenje kreiranih modela i na taj način utvrđena je podobnost njihove primene.*

**Abstract** – *Material removal rate, gap distance and surface roughness are important indicators of the process EDM processing, mathematical modeling of these parameters is very difficult because of the large number of influential factor. Today in solving such problems could be successfully used systems based on artificial intelligence. This paper presents the basic concepts of fuzzy logic and ANFIS system to modeling material removal rate, gap and surface roughness. After the modeling was performed testing and comparison of created model and thus determined the suitability of their application.*

**Ključne reči:** *Fazi logika, Fazi-neuro sistemi, Elektroerozivna obrada, Proizvodnost, Zazor, Hrapavost površine*

**1. UVOD**

Veštačka inteligencija (VI) se može smatrati eksperimentalnom naukom u kojoj se eksperimenti vrše na računaru u okviru modela, čijim se testiranjem i doradivanjem postižu neki modeli ljudske inteligencije, ovde je nerealno očekivati da VI u potpunosti zameni ljudsku. Međutim javlja se potreba za rešavanjem problema u kojima treba prevazići ljudski nedostatak, npr, velika količina znanja kojim je teško upravljati čak i uz pomoć velikog broja ljudi. Jedna od oblasti veštačke inteligencije sa svojim pod oblastima je računarska inteligencija (soft computing) – fazi logika i sistemi, neuronske mreže, genetski algoritmi, primene u automatskom odlučivanju i upravljanju. **Soft Computing** – u našoj literaturi se prevodi kao **meko računarstvo**. Pojam Soft Computing odnosno pojam računarske inteligencije (Computational Intelligence) u pojedinim literaturama se javlja i kao pojam bio-informatika, što nije slučajno jer mnogi modeli računanja i ideje su potekle od bioloških modela.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marin Gostimirović, red. prof.**

**2. OPIS EKSPERIMENTA**

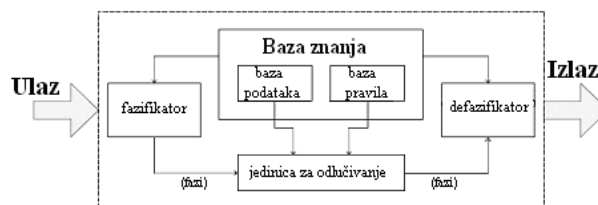
Ekasperimentalni podaci su sprovedeni iz istraživanja sprovedenih na FTN-u [1]. Obradak, koji se koristi u eksperimentu, izrađen je od Mangan-vanadijum alatnog čelika, ASTM A681 ili DIN 90MnV8 (0.9%C, 2%Mn, i 0,2%V), tvrdoće 62HRC-a. Alat je napravljen od elektrolitičkog bakra čistoće 99%, preseka 20x10 mm. Dielektrik je nafta. Zbog malog nagrizanja površine korišćeno je prirodno ispiranje. Ispitivanja su sprovedena na „FUMEC – CNC 21“ EDM mašini iz Južne Koreje sledećih karakterisitka:

- Struja pržnjenja  $I_c = 0 - 100$  A
- Dužina impulsa  $t_i = 0 - 1000$   $\mu$ s
- Dužina pauze  $t_0 = 0 - 100$   $\mu$ s
- Napon  $U_0 = 0 - 100$  V

Ulazni podaci su varirani i rezultati EDM obrade su praćeni i evidentirani. Mereni su: proizvodnost  $V_w$ , zazor  $a$  i hrapavost obrađene površine  $R_a$ .

**3. FAZI LOGIKA (FL)**

Reč fazi je engleskog porekla i označava nejasan, neodređen, neprecizan, rasplinut pojam. Poslednjih godina, fazi sistemi su u velikoj meri postali zamena konvencionalnim tehnologijama u velikom broju naučnih aplikacija i inženjerskih sistema, naročito u oblasti upravljanja sistemima i prepoznavanju oblika. Takođe, svedoci smo naglog porasta upotrebe fazi logike u veoma raznovrsnim komercijalnim aplikacijama i industrijskim sistemima. Fazi tehnologija je našla i primenu u informacionim tehnologijama i ekspertskim sistemima, gde se koristi kao podrška pri odlučivanju. Njena primena je moguća za bilo koji kompleksan sistem koji se može kvalitativno opisati. Prednosti FL: jednostavna za razumevanje, matematički koncept je jednostavan i svaki sistem baziran na FL je fleksibilan, toleriše neprecizne podatke, može da opiše iskustvo eksperta što neuronske mreže ne mogu, bazirana je na prirodnom jeziku što predstavlja osnovu ljudske komunikacije. Fazi sistem zaključivanja prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Fazi sistem zaključivanja

- **baza pravila**-sadrži određeni broj if-then fazi pravila
- **baza podataka**-koja definiše funkcije pripadnosti ulaznih/izlaznih varijabli koje se koriste u fazi pravilima
- **jedinica za donošenje odluka**-koja obavlja operaciju zaključivanja
- **fazifikator**-koji transformiše krip ulaz u stepen pripadnosti određenoj lingvističkoj vrednosti
- **defazifikator**-koji fazi rezultat zaključivanja transformiše u krip izlaz

Najčešće su ulazne vrednosti predstavljene brojem, pri čemu se želi da i izlazna vrednost bude u brojčanom obliku. Međutim u fazi logici dati sistem je opisan verbalno (kvalitativno) preko produkcionih pravila. Zbog toga se na određen način brojčane vrednosti moraju konvertovati odnosno fazifikovati. To se naziva **fazifikacija**, odnosno proces koji konvertuje svaki brojčani ulazni podatak u stepen pripadnosti koji je različit za svako pravilo. Za svaku ulaznu promenljivu postoji određen stepen pripadnosti. Nakon toga slede tri faze: **agregacija**, **aktivizacija** i **akumulacija**. Brojčana izlazna vrednost se dobija procesom **defazifikacije**.

### 2.1. Tipovi sistema zaključivanja

Postoje dva osnovna tipa sistema fazi zaključivanja: **Mamdani** i **Sugeno**. Mamdani fazi sistem zaključivanja je najčešće primenjen postupak fazi metodologije. Ovaj sistem fazi zaključivanja pretpostavlja da je izlazna veličina procesa zaključivanja fazi skup. U mnogim slučajevima je potrebno koristiti jednu vrednost, **singleton**, kao izlazni fazi skup za svako pravilo zaključivanja, a ne distribuirani fazi skup. Ovakvo pojednostavljenje ubrzava računski postupak prilikom defazifikacije i čini zaključivanje efikasnijim. **Sugeno** model podržava ovakav tip izlaznih funkcija. Sličnost oba modela zaključivanja se sastoji u istom pristupu fazifikaciji ulaznih veličina i primeni fazi operatora.

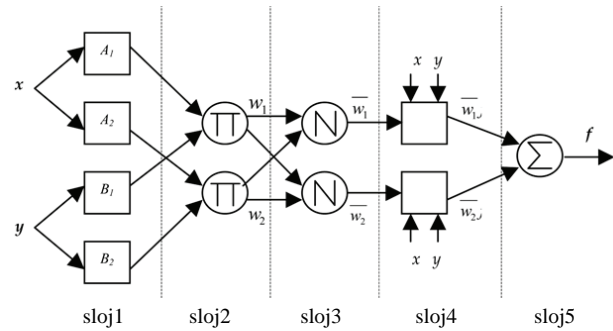
## 4. FAZI-NEURO SISTEM (ANFIS)

Naziv **ANFIS** je akronim i potiče iz imena **Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System** (Slika 2). Koristeći zadati ulazno/izlazni skup podataka, ANFIS formira fazi sistem zaključivanja (FIS) kod kojeg su parametri funkcija članica podešavani koristeći algoritam povratne propagacije ili u kombinaciji sa metodom najmanje kvadratne greške. Ovakav pristup omogućava da fazi sistem uči na osnovu podataka koje modelira. Adaptivni neuro-fazi sistemi predstavljaju specifičnu kombinaciju veštačkih neuronskih mreža i fazi logike i na taj način objedinjuju sposobnost učenja veštačkih neuronskih mreža sa logičkom interpretacijom koja je karakteristika fazi logike.

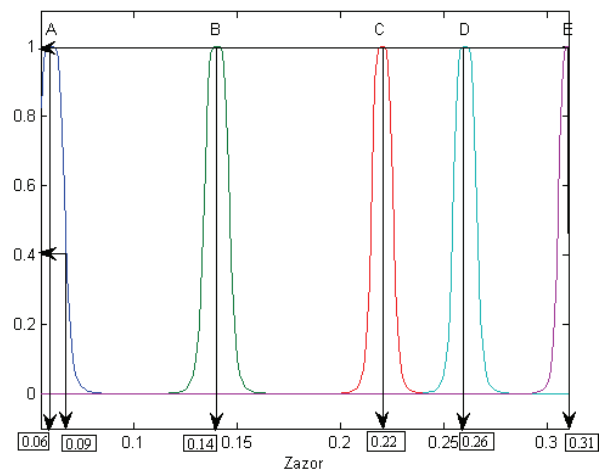
## 5. FAZI modeli

Za realizaciju modela koristi se programski jezik MatLab, modeli na bazi fazi logike dobijeni su na osnovu 28 različitih eksperimentalnih podataka, od kojih je za prvi primer korišće 21 eksperimentalni podatak za obučavanje mreže, a preostalih 7 eksperimentalnih podataka je korišćeno za testiranje mreže i prikazani su u tački 6.1. Izabrani tip metoda zaključivanja je mamdani. Broj

funkcija pripadnosti svake ulazne promenljive (struje pražnjenja i trajanja impulsa) je 7. Izabrani tipovi funkcija pripadnosti su *gbellmf* (f-je u obliku zvona). Vrednosti zazoru podeljene su u 5 skupova (Slika 3) na sličan način podeljene su funkcije pripadnosti ostalih promenljivih. Proizvodnost kao izlazna promenljiva podeljena je u 9 skupova. A vrednosti hrapavosti podeljene su u 6 skupova. Za formiranje pravila koristi se svaki pojedinačan eksperiment.

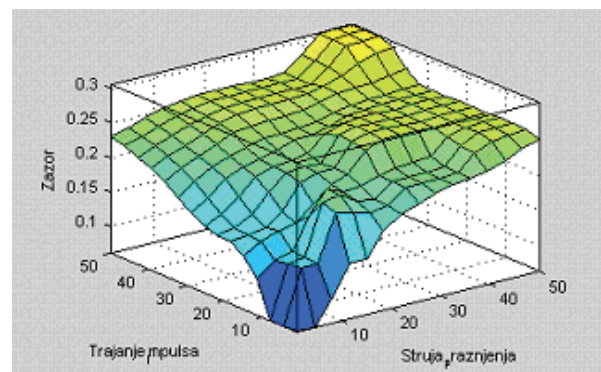


Slika 2. Arhitektura neuro-fazi sistema



Slika 3. Funkcije pripadnosti za zazor

Slika 4. predstavlja grafički prikaz rezultata dobijenih posle procesa defazifikacije. Sličan trodimenzionalni prikaz dobijen je i za proizvodnost i hrapavost površine.



Slika 4. Uticaja struje pražnjenja i trajanja impulsa na zazor

## 5.1. Analiza rezultata fazi modela (primer 1.)

Rezultati dobijeni u prvom primeru, primenom mamdani fazi sistema zaključivanja, uz pomoć pravila koja su definisana na osnovu eksperimentalnih podataka (tabela 1.), pokazuju slaganje sa rezultatima eksperimenta. Kod određivanja proizvodnosti prosečno odstupanje iznosi 10.5%. Kod određivanja zazora prosečno odstupanje iznosi 10.46%.

Kod određivanja hrapavosti prosečno odstupanje iznosi 4.94%. Prosečna greška u prva dva slučaja je oko 10%, a u trećem slučaju je oko 5%, što nam pokazuje da su izabrani tipovi funkcija pripadnosti ( $g_{bellmf}$ ), tip mehanizma zaključivanja po metodi MIN - MAKS i izabrana defazifikaciona metoda *centroid* (*centar gravitacije*) predstavljaju dobar izbor.

Tabela 1. Rezultati dobijeni primenom mamdani fazi sistema zaključivanja

Redni broj	Izlazni podaci					
	Proizvodnost Vw (mm3/min) Eksperiment	Proizvodnost Vw (mm3/min) Model	Zazor a (mm) Eksperiment	Zazor a (mm) Model	Hrapavost obradene površine R <sub>a</sub> (μm) Eksperiment	Hrapavost obradene površine R <sub>a</sub> (μm) Model
1	1.28	1,2897	0.055	0.0611	1.9	2.1057
2	2.35	1,2897	0.06	0.0611	2.1	2.1059
3	1.97	1,2897	0.06	0.0611	2.3	2.1057
4	3.22	3,9962	0.09	0.0611	3.9	4.4987
5	6.47	6,4005	0.10	0.1398	5.1	4.4974
6	4.31	3,9962	0.105	0.1399	5.1	4.4998
7	14.9	15,7011	0.14	0.1400	8.8	9.1970
8	9.49	9,1230	0.155	0.1401	9.0	9.1975
9	5.24	3,9962	0.155	0.1400	9.8	9.1984
10	6.13	6,4005	0.165	0.1401	9.2	9.1998
11	10.1	9,1292	0.20	0.2200	9.7	9.2000
12	6.62	6,4005	0.21	0.2199	10.3	10.3985
13	24.9	24,8649	0.20	0.1947	10.2	10.4001
14	26.0	24,8649	0.23	0.2041	10.8	10.4001
15	17.1	15,7015	0.24	0.2200	11.2	11.8008
16	39.2	42,1145	0.23	0.2200	10.8	10.4002
17	56.2	61,9960	0.25	0.3076	11.8	11.8008
18	40.8	42,1145	0.26	0.2600	12.5	11.8008
19	46.6	42,1145	0.28	0.2600	11.8	11.8008
20	66.3	61,9960	0.30	0.2600	12.5	11.8008
21	72.2	72,9140	0.31	0.2600	13.2	13.1273
	<b>10.5%</b>		<b>10.46%</b>		<b>4.94%</b>	

## 5.2. Analiza rezultata fazi modela (primer 2.)

U drugom primeru korišćeno je svih 28 eksperimentalnih podataka obrade. Izabrani tip metoda zaključivanja je mamdani, broj funkcija pripadnosti svake ulazne promenljive (struje pražnjenja i trajanja impulsa) je 7. Izabrani tipovi funkcija pripadnosti su  $g_{bellmf}$  (f-je u obliku zvona). Proizvodnost kao izlazna promenljiva podeljena je u 9 skupova. Vrednosti zazora podeljene su u 5 skupova, a vrednosti hrapavosti podeljene su u 8 skupova.

Rezultati dobijeni u drugom primeru, primenom mamdani fazi sistema zaključivanja, uz pomoć pravila koja su definisana na osnovu eksperimentalnih podataka (tabela 2.), pokazuju slaganje sa rezultatima eksperimenta. Prosečna greška u prva dva slučaja je oko 10%, a u trećem slučaju je oko 5%, što nam pokazuje da su izabrani tipovi funkcija pripadnosti ( $g_{bellmf}$ ), tip mehanizma zaključivanja po metodi MIN - MAKS i izabrana defazifikaciona metoda *centroid* (*centar gravitacije*) predstavljaju dobar izbor.

Tabela 2. Rezultati dobijeni primenom mamdani fazi sistema zaključivanja

Redni broj	Izlazni podaci					
	Proizvodnost Vw (mm3/min) Eksperiment	Proizvodnost Vw (mm3/min) Model	Zazor a (mm) Eksperiment	Zazor a (mm) Model	Hrapavost obradene površine R <sub>a</sub> (μm) Eksperiment	Hrapavost obradene površine R <sub>a</sub> (μm) Model
1	0.86	0.9302	0.055	0.0555	1.8	1.8057
2	1.28	0.9538	0.055	0.0559	1.9	1.8057
3	2.35	1.2133	0.06	0.0585	2.1	1.8057
4	1.97	1.8258	0.06	0.0576	2.3	1.8057
5	3.22	3.8582	0.09	0.0557	3.9	4.4721
6	4.16	3.8991	0.095	0.0564	4.2	4.4721
7	6.47	6.6126	0.1	0.1314	5.1	4.4721
8	4.31	4.4684	0.105	0.1395	5.1	4.4721
9	7.71	6.6248	0.13	0.1379	8.2	8.5104
10	14.89	16.7262	0.14	0.1382	8.8	8.5147
11	9.49	10.2085	0.155	0.1396	9	9.3406
12	5.24	3.8622	0.155	0.1403	9.8	9.4504
13	6.13	6.6249	0.165	0.1390	9.2	9.4541
14	18.71	16.7519	0.18	0.1391	9.4	9.4576
15	10.71	10.2086	0.2	0.1889	9.7	9.4845
16	6.62	6.6245	0.21	0.2293	10.3	10.4017
17	24.49	29.8737	0.2	0.1789	10.2	10.4027
18	31.82	29.8568	0.22	0.1974	10.4	10.4027
19	26.7	29.8661	0.23	0.2294	10.8	10.4027
20	17.11	16.7485	0.24	0.2344	11.2	11.4064
21	39.92	41.2013	0.23	0.2054	10.8	10.4089
22	53.3	48.9525	0.24	0.2294	11.3	11.4048
23	56.82	49.1244	0.25	0.2344	11.8	11.4064
24	40.48	48.9526	0.26	0.2345	12.5	12.833
25	46.36	49.0827	0.28	0.2294	11.8	11.4064
26	66.83	66.5323	0.3	0.3052	12.5	12.833
27	72.92	72.9156	0.31	0.3052	13.2	12.833
28	60.6	63.5641	0.33	0.3299	13.4	13.363
	<b>10,85%</b>		<b>10,95%</b>		<b>4,80%</b>	

## 6. ANFIS modeli

Za modeliranje hibridnog neuro-fazi sistema takođe je korišćen MatLab. U prvom primeru od 28 eksperimentalnih podataka za treniranje adaptivne mreže izabran je 21 eksperimentalni podatak. Testiranje je izvršeno pomoću 7 podataka. U drugom primeru za treniranje adaptivne mreže korišćeno je svih 28 eksperimentalnih podataka, a za testiranje mreže korišćeno je 7 podataka koju su očitani sa dijagrama. Anfis sistem kao metod zaključivanja uvek koristi *sugeno*

model. Nakon pripreme podataka, njihovog unosa na radnu površinu MatLaba i pozivanja ANFIS alata izvršeno je definisanje adaptivne mreže i funkcija pripadnosti. Sledeći korak je treniranje i testiranje sistema sve dok se ne dobije minimalna greška. Modeli imaju sledeće parametre: broj funkcija pripadnosti svake ulazne veličine je 7, ulazne funkcije pripadnosti su u obliku zvona *gbellmf*, korišćen je hibridni metod optimizacije, a broj ciklusa obučavanja je 100.

### 6.1 Analiza rezultata ANFIS modela (primer 1)

ANFIS kao sistem ima mogućnost da sam izračunava grešku.

Tabela 3. Eksperimentalne vrednosti, vrednosti dobijene pomoću ANFIS-a, test podaci

Re. Br.	Proiz. Eksp.	Proizv. Model	Zazor Eksp.	Zazor Model	Hrap Eksp	Hrapav. Model
1	0.86	0.9805	0.055	0,0551	1.8	1,8307
2	4.16	4.0402	0.095	0,0906	4.2	4,1161
3	7.71	7.3426	0.13	0,1284	8.2	7,1621
4	18.71	12.3196	0.18	0,1804	9.4	9,5975
5	31.82	32.9541	0.22	0,2153	10.4	10,3827
6	53.3	50.4733	0.24	0,2582	11.3	11,1255
7	60.6	62.7138	0.33	0,3138	13.4	13,8974
	<b>9,74%</b>		<b>2,97%</b>		<b>3,41%</b>	

Dobijene vrednosti za proizvodnost pokazuju približno slaganje sa očekivanim vrednostima. Prosečna greška celokupnog sistema za određivanje proizvodnosti iznosi (*check2*) 0.0009%, greška test podataka iznosi (*test2*) 9.74%. Prosečna greška celokupnog sistema za određivanje zazora iznosi (*check2*) 6.3%, greška test podataka iznosi (*test2*) 2.97%. Prosečna greška celokupnog sistema za određivanje hrapavosti iznosi (*check2*) 0.34%, greška test podataka iznosi (*test2*) 3.41%.

### 6.2 Analiza rezultata ANFIS modela (primer 2)

Tabela 4. Eksperimentalne vrednosti, vrednosti dobijene pomoću ANFIS-a, test podaci

Re. Br.	Proiz. Eksp.	Proizv. Model	Zazor Eksp.	Zazor Model	Hrap Eksp	Hrapav. Model
1	1.97	2,1173	0.06	0,0574	2	2,0999
2	5.39	5,7520	0.102	0,1039	5,1	5,0828
3	7.71	6,7501	0.155	0,1566	9,4	9,2245
4	7,8	4,8216	0.21	0,2089	10,1	10,0598
5	22	21,3621	0.235	0,2391	11	11,2137
6	50	50,9267	0.255	0,2567	12	11,2886
7	72,9	72,6559	0.31	0,3103	13,1	12,0960
	<b>9.98%</b>		<b>1.4%</b>		<b>3.30%</b>	

Dobijene vrednosti za proizvodnost pokazuju približno slaganje sa očekivanim vrednostima. Prosečna greška celokupnog sistema za određivanje proizvodnosti iznosi (*check2*) 0.0004%, greška test podataka iznosi (*test2*) 9.98%. Prosečna greška celokupnog sistema za određivanje zazora iznosi (*check2*) 0.57%, greška test podataka iznosi (*test2*) 1.4%. Prosečna greška celokupnog sistema za određivanje hrapavosti iznosi (*check2*) 0.4%, greška test podataka iznosi (*test2*) 3.3%.

## 7. ZAKLJUČAK

U prvoj fazi ovog rada izvršeno je modeliranje proizvodnosti, zazora i hrapavosti obrađene površine pomoću fazi logike (mamdani model). Greška rezultata dobijenih pomoću „mamdani“ modela nisu zavisni od broja podataka koji su korišćeni za dobijanje modela, nego greška modela zavisi od: definisanih pravila odnosno da ne dođe do njihovih preklapanja, izbora funkcija pripadnosti, njenih parametara, izabrane faze fazifikacije i defazifikacije. U drugoj fazi izvršeno je modeliranje parametara pomoću ANFIS sistema (sugeno), koji ima mogućnost predviđanja parametara. ANFIS sam formira fazi sistem zaključivanja (FIS) gde su podešene funkcije pripadnosti i generisana pravila. Da bi se dobili što tačniji rezultati ANFIS modelom potrebno je da postoji dovoljan broj numeričkih podataka

## 8. LITERATURA

- [1] Gostimirović M., Kovač P., Sekulić M., Škorić B.: Influence of discharge energy on machining characteristics in EDM, Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 26/1, 2012, pp. 173-179.
- [2] Kovač P., Rodić D., Savković B.: Primena Fazy logike i ANFIS sistema u istraživanjima procesa obrade čeonim glodanjem, zbornik radova, FTN, Novi Sad
- [3] Kovač P., Rodić D., Pucovski V., Savković B., Gostimirović M.: Application of fuzzy logic and regression analysis for modeling surface roughness in face milling, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 24, 2013, pp. 755-762.
- [4] Gostimirović M., Kovač P., Škorić B., Sekulić M.: Effect of electrical pulse parameters on the machining performance in EDM, Indian Journal of Engineering & Materials Sciences, Vol. 18/6, 2011, pp. 411-415.
- [5] Radovanović M., Madić M.: Methodology of neural network based modeling of machining processes, International Journal of Modern Manufacturing Technologies, 2/2, 2010, pp. 77-82

### Kratka biografija:



**Ivan Buača** rođen u Novom Sadu 1987. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog Masinstva – Fleksibilne tehnologije, sistemi i računarom integrisana proizvodnja, iz predmeta Baze podataka, odbranio je 2014. godine



**Prof. dr Marin Gostimirović** rođen je u Osijeku 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1997. god. Oblasti njegovog interesovanja su procesi obrade skidanja materijala, nekonvencionalni postupci obrade, inverzni zadatak.



**Dragan Rodić** rođen u Bačkoj Palanci 1984. godine. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2010. god. Oblasti njegovog interesovanja su procesi obrade skidanjem materijala, modelovanje, veštačka inteligencija



**MENADŽMENT KVAROVA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA****FAULT MANAGEMENT IN DISTRIBUTION NETWORKS**Darko Raspudić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – *Ovaj rad opisuje principe rešavanja kvarova u distributivnim mrežama. Analizirane su tradicionalne i pametne distributivne mreže. Kao metode za rešavanje kvarova i njihovo sprečavanje opisane su metoda polovljanja, sistem za lokaciju, izolaciju kvara i restauraciju napajanja (FLISR) i uvođenje automatizacije u distributivne mreže.*

**Abstract** – *This paper describes the principles of resolving faults in distribution networks. It analyzes the traditional and smart distribution network. As a method for resolving faults and their prevention are described dichotomy method, fault location, isolation and supply restoration (FLISR) and automation in distribution network.*

**Ključne reči:** *Automatizacija, kvarovi*

**1. UVOD**

Nijedan sistem, pa ni elektroenergetski, ne može da radi besprekorno. Dešavaju se teškoće u radu koje za posledicu imaju pojavu kvarova. Najčešći kvarovi u elektroenergetskim sistemima (EES) su kratki spojevi. Kratak spoj je najteža vrsta kvara u mreži. Uopšteno se uzroci kratkog spoja mogu podeliti na prolazne uzroke i trajne uzroke.

Osnovna motivacija u funkcionisanju EES-a, nalazi se u povećanju pouzdanosti elektrodistributivne mreže u smislu isporuke što veće količine električne energije, odnosno minimizaciji beznaponskih pauza potrošača. Ovaj rad razmatra različite metode, koje za cilj imaju eliminisanje kvara iskraćenje vremena trajanja kvara.

U drugom delu rada su opisano rešavanje kvarova u tradicionalnim distributivnim mrežama, dok je u trećem delu predstavljeno rešavanje kvarova u "pametnim" mrežama. Raymatranja u radu su zaokružena Yaključkom i Literaturom u poslednja dva dela.

**2. REŠAVANJE KVAROVA U TRADICIONALNIM DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA**

U tradicionalnim distributivnim mrežama, utvrđivanje lokacije kvara se vrši prilično grubo, koristeći se, uglavnom, metodom „polovljenja izvoda s kvarom“ sa probnim stavljanjem pod napon [1,2].

Kada se dogodi kvar na distributivnom sredjenaponskom (SN) izvodu poznato je jedino da se kvar nalazi negde na SN mreži izvoda koji je ostao bez napajanja. Postupak traženja kvara zahteva određeno vreme tokom koga

potrošači, pa i oni na zdravom delu mreže, ostaju bez napajanja.

Vreme trajanja prekida napajanja električnom energijom u ovom slučaju svodi se na vreme potrebno za dojavu o nastanku kvara, okupljanje ekipe, lokalizaciju kvara i uspostavljanje vanredne konfiguracije napajanja potrošača. Sledi obilazak trase u cilju nalaženja kvara. Po metodi polovljenja izvoda distributivna transformatorska stanica na "sredini" izvoda u kvaru predstavlja prvo "mesto skoka". Dispečerska ekipa odlazi u tu transformatorsku stanicu i manipuliše rastavljačem sa strane osnovnog napajanja i odvaja prvu polovinu izvoda. U tom trenutku dispečer, koji je radio-vezom obavešten o manipulaciji rastavljačem, uključuje prekidač na početku izvoda. Ako prekidač ostane uključen, kvar je na drugoj polovini izvoda. U suprotnom (ako prekidač proradi) to znači da je kvar na prvoj polovini izvoda. U sledećem koraku, dispečerska ekipa zatvara prethodno otvoreni rastavljač i premešta se na polovinu onog dela izvoda koji je u kvaru. Sukcesivnim ponavljanjem ovih aktivnosti nalazi se deonica u kvaru. Taj se deo ostavlja bez napona, ostatak mreže se dovodi pod napon, a mikro-lokacija kvara se tada istražuje odgovarajućim postupcima, pa se onda prilazi sanaciji kvara (popravci). Čitav ovaj postupak može da potraje nekoliko časova.

Rizik od pogrešnih manipulacija prekidačkom opremom i neoptimalnih odluka je visok, zbog toga što dispečer ima ograničene informacije o kvaru i opterećenju mreže.

Od brzine, efikasnosti i preciznosti utvrđivanja lokacije kvara direktno zavisi količina neisporučene električne energije potrošačima distributivne mreže. Što je količina neisporučene električne energije manja, to su štete koje trpe potrošači manje. Zbog relativno dugog trajanja prekida napajanja, danas se sve više koriste moderne tehnologije za rešavanje kvarova koji se svode na automatizaciju i uštedu, kako vremena, tako i ljudskih resursa.

**3. REŠAVANJE KVAROVA U PAMETNIM DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA**

Pametne distributivne tehnologije su ključne u postizanju benefita od primene Smart Grid rešenja i u spoznavanju svih potreba 21. veka. Tok informacija i tok snage između snabdevača i potrošača postaje dvosmeran.

Prekidi u napajanju svih tipova potrošača električnom energijom dovode do ekonomskog gubitka ne samo distributivno preduzeće, već i državu. Ekonomski gubici na nivou jedne države su veliki u slučaju raznih uznemiravanja i grešaka u mreži, ali poboljšanja distributivne mreže su moguća putem njene inteligentne automatizacije. Iz ovog sledi da svako distributivno preduzeće treba da kreira plan koji će se sastojati iz više

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Duško Bekut, red.prof.**

različitih, ali podjednako bitnih delova. Pretvaranjem svakog pojedinačnog dela plana u stvarnost omogućava se sigurnije, kvalitetnije, pouzdanije i pristupačnije napajanje svakog potrošačkog čvora u mreži električnom energijom.

Inteligentna automatizacija mreže se sastoji od:

- Korišćenja distributivnog menadžment sistema i sistema za upravljanje prekidima napajanja i
- Automatizacije distributivne mreže i trafostanica

### 3.1. Distributivni menadžment sistem – Distribution Management System (DMS) i Sistem za lokaciju, izolaciju kvara i restauraciju napajanja (FLISR)

Modernizacija poslovanja podrazumeva instalaciju savremenog DMS-a, odnosno ulaganje u odgovarajuću opremu za daljinski nadzor i upravljanje energetskim objektima, uspostavljanje komunikacionih veza za potrebe tehničkog i poslovnog informacionog i upravljačkog sistema, ugradnju računarske opreme i računarskih mreža, kao i instalaciju odgovarajućih softvera za većinu oblasti poslovanja distribucije. Troškovi modernizacije poslovanja su niži za red veličine od troškova izgradnje, održavanja i proširenja distributivne mreže, a efekti su nekoliko puta veći od ulaganja.

Ključna poluga za postizanje tog cilja jeste procedura za menadžment kvarovima – tj. sistem za lokaciju kvara, izolaciju kvara i restauraciju napajanja (eng. *Fault Location, Isolation and Supply Restoration – FLISR*). Ta procedura se u suštini zasniva na vrlo složenoj energetskej funkciji koja se, pre svega, aktivira u vanrednim pogonskim uslovima. Ovi uslovi su izazvani ispadima značajnih kapaciteta SN mreže, koji nastaju posle delovanja relejne zaštite kod kratkih spojeva i preopterećenja.

Otkazi u SN mreži mogu se pojaviti posle trajnih kratkih spojeva ili preopterećenja deonica izvoda ili bilo kog drugog elementa mreže. Takvo delovanje prekidača izaziva prekid napajanja u više delova SN mreže. Sistem za Lokaciju, izolaciju kvara i restauraciju napajanja (FLISR) obezbeđuje optimalan plan kontrolnih radnji u slučaju kvara na izvodu u distributivnoj mreži, na osnovu kog se kvar detektuje, locira i izoluje, a takođe i vraća napajanje u zdravi deo izvoda sa kvarom. Koristeći ovu aplikaciju, moguće je efikasno koristiti svu postojeću opremu koja je instalirana na terenu kako bi se minimizovalo trajanje kvara i neisporučene energije, a samim tim poboljšali SAIFI i SAIDI indeksi za konfiguracije različitih izvoda na različitim nivoima zaštite i automatizacije.

Stanje bez napona u SN mreži nastaje nakon nekog trajnog kvara (jedino se uzimaju u obzir kratki spojevi) na delu izvoda ili nekom drugom elementu mreže što izaziva automatsko otvaranje odgovarajućeg prekidača ili riklozera na izvodu.

Uočavanje da je prekidač ili riklozer promenio status zbog kvara predstavlja inicijalni korak (pokretanje) FLISR aplikacije.

FLISR ima mogućnost da detektuje trajne kvarove koji se javljaju na izvodu. Sledeći tipovi kvarova mogu biti detektovani: jednopolni, dvopolni, dvopolni sa zemljom i tropolni kratki spoj.

Svaki neplaniski prekid napajanja predstavlja kvar i novi zapis se kreira u evidenciji kvarova. Funkcija može da se izvršava u ručnom ili automatskom režimu rada.

FLISR obuhvata sledeće korake:

- Lokacija kvara,
- Lokalizacija kvara,
- Izolacija kvara,
- Restauracija napajanja,
- Restauracija velikog područja,
- Vraćanje na normalno stanje.

Lokacija kvara se koristi za brzo određivanje skupa deonica na izvodu koji sadrži deonicu sa kvarom. Veličina skupa deonica zavisi od nivoa instalirane opreme za lokaciju kvara: skup može da uključi samo jednu deonicu na izvodu (deonicu sa kvarom) ukoliko je dostupno više uređaja ili čitav izvod, ukoliko nisu instalirani uređaji za lokaciju/detekciju kvara.

Lokalizacija kvara obezbeđuje lokaciju i izolaciju izvoda sa niskim stepenom instalirane opreme za lokaciju kvara. Ova funkcija obezbeđuje redosled manipulacija sa daljinski i/ili ručno kontrolisanim rasklopnim uređajima, kao i radnje koje vrši dispečer ili ekipa na terenu pri lociranju i izolovanju deonice sa kvarom.

Izolacija kvara obezbeđuje redosled manipulacija za izolaciju elementa sa kvarom (skup elemenata – rezultat prethodne dve funkcije).

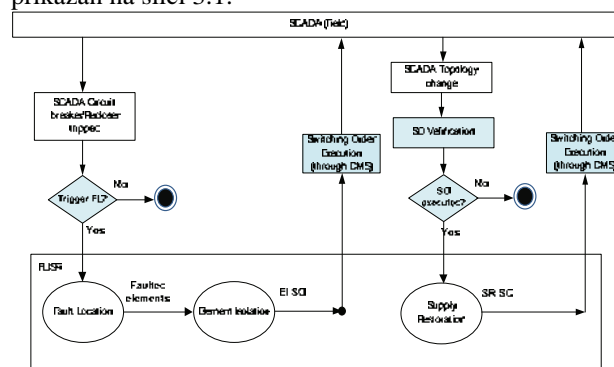
Restauracija napajanja obezbeđuje optimalan plan za vraćanje napajanja u velika područja distributivne mreže, koja su ostala bez napajanja nakon planskih ili neplanskih isključenja na napojnom transformatoru ili sabirmici (visokonaponskoj ili srednjenaponskoj) na transformatorskoj stanici.

Vraćanje na normalno stanje obezbeđuje redosled manipulacija kojima se mreža vraća u svoje normalno stanje (osnovno ili u ono u kom je bila pre nastanka kvara).

#### 3.1.1. Automatski režim FLISR funkcije

Automatski režim (automatsko izvršenje – zatvorena petlja) – Lokacija kvara, Izolacija kvara i Restauracija napajanja se vrše jedna posle druge, bez interakcije sa korisnikom. Automatski režim može da se primeni samo na izvodima uz pomoć odgovarajućih daljinski kontrolisanih uređaja za detekciju i lokaciju kvara i daljinski kontrolisanih prekidača, riklozera i drugih uređaja. U ovom režimu, FLISR identifikuje i automatski izvršava potrebne manipulacije za izolaciju deonice izvoda sa kvarom bez uključivanja dispečera.

Jedan 'ciklus' izvršenja automatskog FLISR-a je prikazan na slici 3.1.



Slika 3.1 – 'Ciklus' automatskog izvršenja FLISR-a

Kada se pokrene FLISR u automatskom režimu, Lokacija kvara je prvi korak FLISR aplikacije. U ovom režimu, lokacija kvara se određuje samo na osnovu statusa indikatora kvara. Stoga, dodatni preduslov za FLISR automatski režim za izvode je postojanje SCADA indikatora kvara. Rezultat Lokacije kvara je skup elemenata (deonica) gde se potencijalno desio kvar.

Sledeći korak u FLISR proceduri je Izolacija kvara. Nakon što je Lokacija kvara uspešno izvršena, Izolacija kvara se automatski pokreće. U slučaju da se Lokacija kvara ne izvrši uspešno (nijedan od elemenata nije označen kao da sadrži kvar), Izolacija kvara se ne pokreće i izvršenje FLISR funkcije je otkazano (generiše se alarm).

Rezultat Izolacije kvara je redosled manipulacija za izolaciju dela sa kvarom na izvodu. On sadrži rasklopne uređaje koje kontroliše SCADA. Obaveštenje o tome da je FLISR izvršen se dodaje na listu sa događajima i redosled manipulacija se obezbeđuje odgovarajućim komandnim sistemom. Redosled manipulacija koji Izolacija kvara predloži se skladišti u bazi podataka. Čitava lista manipulacija se vrši automatski bez interakcije sa korisnikom. Sledeći korak FLISR-a je Restauracija napajanja. Ova aplikacija se pokreće automatski nakon uspešne verifikacije svih manipulacija sa liste i ukoliko se nikakvi ograničavajući uslovi ne ispreče. Restauracija napajanja generiše redosled manipulacija za vraćanje napajanja u zdravi deo izvoda. Lista prekidačkih manipulacija sadrži uređaje koje kontroliše isključivo SCADA. Generiše se samo najbolji redosled manipulacija (prema predefinisanim opcijama).

Ukoliko redosled manipulacija nije prazan i svi delovi bez napajanja na izvodu dobiju napajanje kao rezultat Restauracije napajanja, poruka (Restauracija napajanja je izvršena) se dodaje u listu sa događajima. Ukoliko proračun Restauracije napajanja ne uspe, generiše se alarm i prekida se izvršenje FLISR-a. Međutim, FLISR se u ovom slučaju ne prekida. Ova lista prekidačkih manipulacija se šalje komandnom sistemu koji je dalje šalje na izvršenje preko odgovarajućih uređaja. Redosled manipulacija i ostali rezultati Restauracije napajanja se skladište u bazi podataka.

### 3.1.2. Ručni režim FLISR funkcije

Ručno izvršenje FLISR funkcije je moguće za sve trajne kvarove na izvodu. Preduslov za pokretanje bilo koje od funkcija u ručnom režimu rada FLISR-a je postojanje kvara u evidenciji (listi) kvarova. Ovo predstavlja osnovnu razliku između ovih funkcija kada se pokreću kao deo FLISR-a i kada se pokreću kao nezavisne aplikacije.

U ručnom režimu FLISR-a, korisnik ručno pokreće funkcije. Takođe, njihovi rezultati (redosledi manipulacija) se primenjuju ručno (kroz Optimalan redosled manipulacija). Redosled izvršenja aplikacija nije striktno određen, ali se moraju pratiti izvesna pravila. Kada se kreira evidencija kvara (automatski ili ručno), korisnik ima mogućnost da pokreće određene funkcije (npr. Lokaciju kvara). Nakon toga, Lokalizacija kvara može da se pokrene (ulazni podatak za Lokalizaciju kvara je rezultat Lokacije kvara – elementi označeni kao sa kvarom). Konačni rezultat Lokalizacije kvara je skup elemenata sa kvarom. Na osnovu ovih rezultata, može se pokrenuti Izolacija kvara. Zatim, korisnik može da pokrene Restauraciju napajanja i

da vrati napajanje elementima bez napona. Korisnik takođe može da preskoči Restauraciju napajanja i da vrati napajanje ručno, kreiranjem redosleda manipulacija. Kao konačni korak, Vraćanje na normalno stanje (stanje pre kvara) može da se izvrši kada se kvar popravi (što korisnik ručno potvrđuje).

Za ručno pokretanje bilo koje od ovih funkcija, korisnik može da menja podešenja (opcije). Parametri podešeni za izvode su jedine predefinisane opcije – korisnik može da prekine automatsko izvršenje i da ih lično kontroliše.

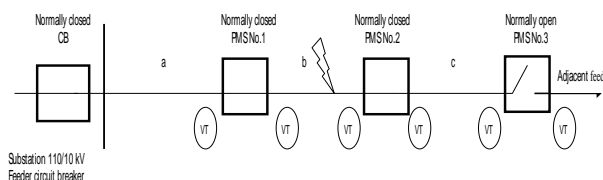
## 3.2. Automatizacija u distributivnim mrežama

Motivacija za automatizaciju SN mreže nalazi se u činjenici da je najveći broj prekida napajanja potrošača električne energije izazvan događajima u toj mreži. Da bi se smanjilo prosečno trajanje prekida napajanja po potrošaču u slučaju kvarova u SN mreži, prioritet je dat smanjenju vremena potrebnog za restauraciju napajanja posle kvarova.

Lokalna automatika obezbeđuje pravovremene informacije koje su neophodne pri donošenju operativnih odluka. Lokalna automatika se sastoji od sledećih komponenti: električna zaštita, kontrola, merenje, monitoring i komunikacija.

### 3.2.1. Lokalna automatika sa senzorima napona u nadzemnoj mreži

Kvarovi se najčešće dešavaju na nadzemnim vodovima. Zato treba posvetiti pažnju ovim pojavama. Ovde je primenjen takozvani „naponski senzorski sistem“ (engl. Voltage sensing system) kao detekcija kvara. Sekcionalizacija koristi senzore na prekidačima da bi se identifikovao gubitak napona, kao i da bi se detektovao prolazak struje kvara. Na taj način se određuje kada treba otvoriti prekidač. Ovaj sistem ne zahteva pomoćno napajanje (uključuje se rastavljač samo u prisustvu napona, a isključenje je bez napona pod dejstvom akumulisane energije opruge) ni komunikaciju sa napojnom transformatorskom stanicom (TS) ili centrom upravljanja, ima minimalno održavanje i cenu, a jedini nedostatak je što struja kvara mora dva puta da protekne da bi se locirao i izolovao kvar. Naponski transformatori su postavljeni sa obe strane stubnih prekidača. Na slici 3.2. je prikazan jedan deo nadzemnog voda na kom je objašnjena logika i princip rada lokalne automatike. U normalnom pogonskom stanju, od tri stubna prekidača dva su normalno zatvorena (PMS1 i PMS2), a jedan je normalno otvoren (PMS3). Opisan je slučaj ako se kvar desio na sekciji „b“



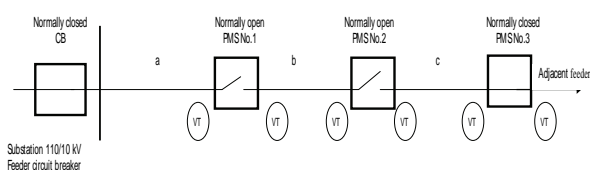
Slika 3.2 – Automatika na nadzemnom vodu

U slučaju da se kvar desio na sekciji „b“, prekidač u transformatorskoj stanici će reagovati tj. otvoriće kontakte i prekidači PMS1 i PMS2 će izgubiti napon na naponskim transformatorima i automatski će se otvoriti. Posle određenog vremena  $t$  (ovo vreme se razlikuje od tipa prekidača) CB će se automatski zatvoriti. PMS1 će primiti



napon i posle par sekundi će se zatvoriti. U narednom vremenskom intervalu, ako ponovo izgubi napon (ako je kvar nizvodno) CB će opet reagovati i PMS1 opet gubi napon, pa će se opet automatski otvoriti i zaključati u tom stanju. U ovom periodu PMS2 prima ostatak napajanja posle mesta kvara (između 30 – 80 % vrednosti napona) i on se zaključava u otvorenom stanju. PMS3 gubi napajanje sa jedne strane. Ako posle nekog vremena **t1** dobije ostatak napajanja on će ostati u otvorenom stanju, a ako ne dobije napajanje on će se automatski zatvoriti. Posle sledećih nekoliko sekundi prekidač CB će se opet zatvoriti.

Kao rezultat se dobija da je sekcija „a“ energizovana od strane prekidača CB, sekcija „b“ je ne energizovana i sekcija „c“ je energizovana od strane prekidača PMS3. Stanje mreže nakon ovih manipulacija je prikazano na slici 3.3.



Slika 3.3. – Vod nakon kvara i delovanja opreme

### 3.2.2. Lokalna automatika u ringovima kablovske mreže

Automatizacija je u svojim počecima zahvatila samo nadzemnu SN mrežu s obzirom da je izloženija spoljašnjim uticajima, te je i broj kvarova koji se u njoj javljaju velik. Medjutim, s obzirom na visoku cenu neisporučene električne enerije, automatizacija se pojavila i u kablovskoj SN mreži. U kom će stepenu automatizacija biti zastupljena, ponajviše zavisi o materijalnim sredstvima koja su na raspolaganju, ali i o strategiji distributivnog preduzeća.

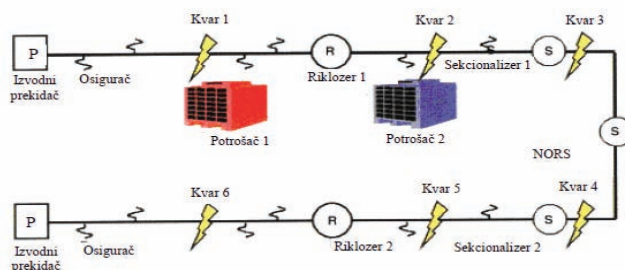
Kablovske mreže su standardizovane tako da se duž izvoda nalaze potrošački čvorovi sa distributivnim transformatorskim stanicama, od kojih svaka ima rasklopnu opremu na svom ulazu i izlazu. To omogućuje efikasnu sekcionalizaciju nakon kvara, posle čega obično samo mali broj potrošača ostaje bez napajanja.

U kablovskim mrežama uzrok kvarova je najčešće starenje vodova, pojava i širenje parcijalnih pražnjenja u izolaciji i kao najčešći uzroci kvarova u svim zemljama su kidanje kablovskih vodova usled radova građevinskih mašina. Samo pronalaženje mesta kvara je teže nego na nadzemnim mrežama.

Kada se dogodi kvar u nekoj od transformatorskih stanica preko opreme se vrši komunikacija između stanica i vrše se manipulacije rasklopnom opremom potrebom da kvar zahvati što manji deo mreže. Posle trajnog kvara, postojeća rasklopna oprema na izvodu isključuje kvar i izoluje deonicu u kvaru. Posle određenog vremenskog intervala normalno otvoren rastavljač snage (NORS) se automatski zatvara i restaurira napajanje potrošačima.

Neka se posmatra primer sa slike 3.4. sa normalno otvorenim sklopka-rastavljačem. Za kvar 1, tok događaja je sledeći:

- Kvar se locira i isključuje pomoću izvodnog prekidača u napojnoj TS,
- Putem upravljačkog Sistema ( lokalne automatike,) riklozer 1 se otvara,
- NORS se zatvara čime se restaurira napajanje potrošača preko susednog izvoda.



Slika 3.4 – Primer izvoda sa riklozerom, autosekcionalizerom i mogućnošću rezervnog napajanja iz susednog izvoda pomoću NORS

Za kvar 1, potrošač 1 je ostao bez napajanja, jer je potrošač lociran na deonici na kojoj je kvar. Na prikazanom primeru, sučeljavanjem izvoda iz različitih napojnih TS ili njihovim povezivanjem u prstene, korišćenjem opreme za izolaciju kvara obezbeđuje se najveći stepen pouzdanosti. Sa riklozerima, autosekcionalizerima i NORS, bez napajanja ostaju samo potrošači koji se nalaze na deonicama između dva rasklopna aparata.

## 4. ZAKLJUČAK

Prekidi napajanja predstavljaju najdrastičniju i najnepredvidljiviju promenu koja se dešava u radu distributivne mreže. Veoma je značajno da se potrošačima obezbedi nesmetano snabdevanje električnom energijom. U tom cilju se čini sve da se problemi koji se javljaju u procesu proizvodnje prenosa i distribucije svedu na minimum. Primenom nekog od ovde izloženih rešenja se sprečava nastanak i smanjuje vreme trajanja prekida napajanja, učestanost prekida napajanja i postižu se uštede na angažovanju resursa i povećava efikasnost u vođenju mreže.

## 5. LITERATURA

- [1] Dragan Popović, Duško Bekut, Valentina Treskanica – Specijalizovani DMS algoritmi, DMS Group, 2004.
- [2] Nenad Katić – Distributivni Menadžment Sistem – Smart Grid rešenje za distributivne mreže, FTN Novi Sad, 2006.

### Kratka biografija:



**Darko Raspudić** rođen je u Novom Sadu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2014.god.

**REALIZACIJA DIGITALNOG OSCILOSKOPA KORIŠĆENJEM PIC MIKROKONTROLERA****REALIZATION OF A DIGITAL OSCILLOSCOPE USING PIC MICROCONTROLLER**Miloš Jotić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu obrađeni su osnovni principi vezani za funkcionisanje osciloskopa pri čemu je akcent dat na opis digitalnih osciloskopa. Navedena je njihova podela, opisani su sastavni delovi ovih uređaja i funkcije svakog ponaosob. Krajnji cilj bio je realizovati jedan takav uređaj, na osnovu izložene teorijske osnove. Ovaj uređaj se bazira na korišćenju PIC mikrokontrolera i PC računara, čije povezivanje je ostvareno mrežnim interfejsom. Na strani PC računara pokreće se aplikacija koja obezbeđuje korisnički interfejs.

**Abstract** – This paper analyzed the basic principles related to the operation of the oscilloscope with the emphasis given to the description of the digital oscilloscope. We listed their types, described the components of the device and the function of each individual. The ultimate goal was to implement such a device, based on a given theoretical basis. This device is based on the use of PIC microcontroller and PC, whose connectivity was achieved using network interface. On the PC runs an application that provides a user interface.

**Ključne reči:** Digitalni osciloskop, PIC mikrokontroler, A/D konvertori, digitalna obrada signala, merni sistemi.

**UVOD**

Energija koja se oslobađa prilikom različitih fizičkih pojava može se registrovati posredstvom senzora i pretvoriti u električni signal. Ovakav električni signal možemo posmatrati pomoću osciloskopa. Osciloskop je univerzalni instrument. Osnovna namena mu je prikazivanje vremenskih oblika naponskih signala, ali može se koristiti i za prikazivanje međusobne zavisnosti dva naponska signala tj. merenje faze i učestanosti, snimanje prenosne karakteristike nelinearnih rezistivnih kola itd. Postoje analogni i digitalni osciloskopi.

**1. OSNOVNI PRINCIPI RADA OSCILOSKOPA**

Za razliku od običnih mernih instrumenata sa kazaljkom ili brojačnikom, koji pokazuju naponski nivo, osciloskop poseduje ekran na kome grafički prikazuje talasni oblik.

**1.1. Grafički prikaz talasnog oblika signala**

Osnovni element kod analognih i velikog broja digitalnih osciloskopa je katodna cev [1]. Namena katodne cevi je prikaz dijagrama posmatranih signala na ekranu. Rad

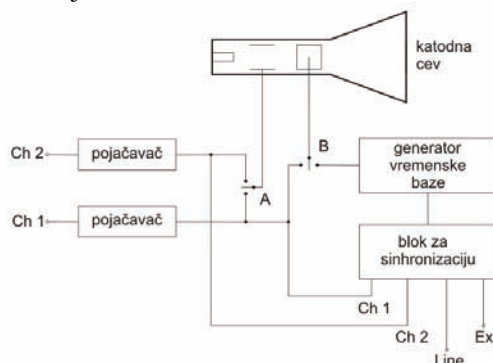
**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Željko Trpovski, vanr. prof.

katodne cevi zasniva se na emisiji fotona sa fosfornog sloja na unutrašnjem delu ekrana, kada je pogođen snopom ubrzanih elektrona. Elektronski mlaz na putu od izvora do ekrana prolazi kroz sistem koji se sastoji od ploča za vertikalno i horizontalno skretanje mlaza. Koordinate tačke udara elektronskog mlaza o ekran linearno zavise od napona na pločama za skretanje. Napone na pločama obezbeđuju elementi osciloskopa koji će u nastavku biti razmatrani i njihova vrednost je posledica merene veličine.

**1.2. Analogni osciloskop**

Blok šema analognog osciloskopa prikazana je na slici 1. Pored katodne cevi, osnovne elemente analognog osciloskopa predstavljaju još i pojačavači ulaznog signala, generator vremenske baze i blok za sinhronizaciju slike.



Slika 1. Blok šema analognog osciloskopa

Zadatak sistema za vertikalno skretanje je da prilagodi signal sa ulaza osciloskopa, tako da on bude pogodno prikazan na ekranu. To znači da signal sa ulaza treba biti pojačan ili oslabljen.

Da bi prikaz signala dobio drugu dimenziju, i na taj se način formirao dijagram, na ploče za horizontalno skretanje mlaza mora biti doveden napon koji treba da predstavlja protok vremena. Prema tome mlaz mora skretati konstantnom brzinom. Funkciju generisanja ovog napona ima sistem za horizontalno skretanje.

Sistem za sinhronizaciju mora da obezbedi da elektronski mlaz na ekranu osciloskopa iscrta dijagram uvek istog dela signala i time obezbedi stabilnost prikaza.

**1.3. Osciloskopske sonde**

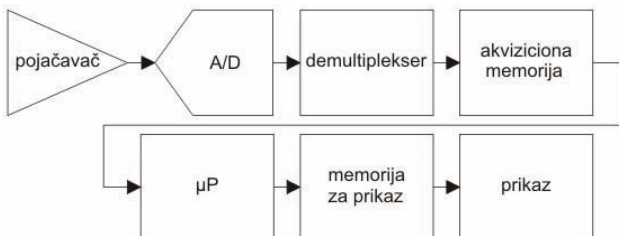
Osciloskopske sonde su deo mernog sistema, a osnovna funkcija im je obezbeđivanje lakog pristupa signalu koji se posmatra, a u većini slučajeva i njegovo slabljenje [3]. Postoje više tipova sondi, npr. pasivne i aktivne.

## 2. DIGITALNI OSCILOSKOP

Razvoj digitalne elektronike i pojeftinjenje komponenata uzrokovali su pojavu digitalnih osciloskopa. Pored svih mogućnosti koje je mogao da ponudi analogni osciloskop, u digitalnim se ovaj skup samo povećao. Jedna od novina je mogućnost trajnog čuvanja rezultata merenja. Vremenom su katodne cevi zamenjene displejem na bazi tečnog kristala.

### 2.1. Tipovi digitalnih osciloskopa

Za razliku od analognih, rad digitalnih osciloskopa zasniva se na pretvaranju vrednosti izmerenog napona u digitalni zapis, pre njegovog prikaza. Digitalni osciloskopi mogu da se podele u tri grupe [2] i to: 1. digitalni memorijski osciloskopi (DSO); 2. digitalni fosfor osciloskopi (DPO); 3. i digitalni osciloskopi za uzorkovanje. Na slici 2 prikazana je blok šema digitalnog memorijskog osciloskopa.



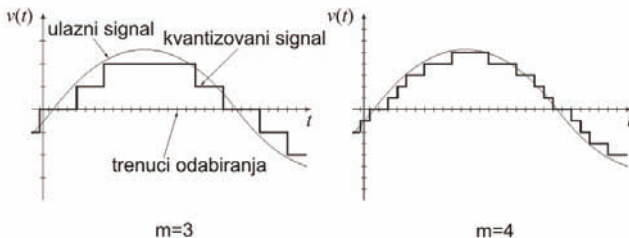
Slika 2. Blok šema digitalnog memorijskog osciloskopa

### 2.2. Analogno-digitalni konvertor i odabiranje

Analogno-digitalni konvertor predstavlja najznačajniji deo digitalnog osciloskopa, bez čijeg prisustva ne bi mogla da se izvrši sprega između merenog signala koji je analogne prirode i digitalnih kola za obradu i prikaz [4]. On vrši prevođenje signala iz domena kontinualnog vremena i kontinualne amplitude u domen diskretnog vremena i diskretne amplitude. Jako je bitno da se u digitalnim osciloskopima digitalizacija signala izvrši što je brže moguće, pa se u tu svrhu upotrebljavaju fleš A/D konvertori [4].

### 2.3. Vertikalna rezolucija i broj bita analogno-digitalnog konvertora

Minimalan broj cifara binarnog zapisa na izlazu A/D konvertora kojim se mogu predstaviti sve vrednosti kvantnih nivoa naziva se broj bita A/D konvertora -  $m$ . Na slici 3. prikazan je uticaj ovog parametra na izgled signala.



Slika 3. Izgled kvantizovanog signala u zavisnosti od  $m$

Vidimo da u slučaju trobitnog A/D konvertora kvantizovani signal mnogo manje liči na originalni, za razliku od slučaja sa četvorobitnim. Zato sa porastom broja bita A/D konvertora raste i vertikalna rezolucija prikaza signala omogućavajući uočavanje detalja.

Digitalni osciloskopi obično koriste osmobarne A/D konvertore (256 naponskih nivoa za predstavu signala).

### 2.4. Horizontalna rezolucija i brzina odabiranja

Brzo promenljivi signali zahtevaju veću brzinu odabiranja kako bi se registrovali svi događaji. Horizontalna rezolucija zavisi od brzine odabiranja pa se ona povećava sa njenim povećanjem. Ova zavisnost data je sa:

$$f_s = \frac{1}{T_s}, \quad (1)$$

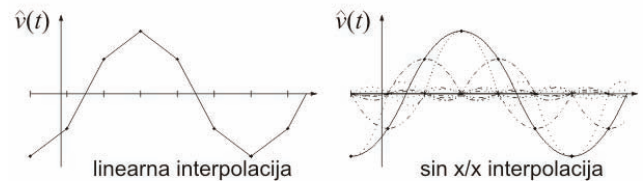
gde  $f_s$  predstavlja brzinu odabiranja a  $T_s$  rezoluciju.

### 2.5. Uticaj brzine odabiranja na ispravnost rekonstruisanog signala

Prema *Nyquistovoj (Nyquist) teoremi* najmanja učestanost odabiranja ne sme biti manja od dvostruke vrednosti najviše učestanosti u spektru signala nad kojim se vrši odabiranje [5]. Drugim rečima mora se ispuniti uslov:

$$f_s \geq 2f_H, \quad (2)$$

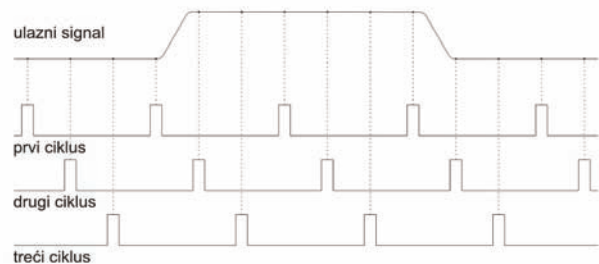
gde je  $f_H$  gornja vrednost učestanosti u spektru. U slučaju digitalnog osciloskopa ovo nije dovoljno. Pošto se zahteva i očuvanje informacije o amplitudi merenog signala, brzina odabiranja mora biti višestruko veća od one date uslovom (2). Pri rekonstrukciji signala koristi se interpolacija kako bi se popunio prostor između realnih odbiraka [2]. Obično su korišćene *linearna* i *sin x/x* interpolacije koje možemo videti na slici 4.



Slika 4. Primena interpolacije pri rekonstrukciji signala

### 2.6. Metode odabiranja

Današnji digitalni osciloskopi koriste dve osnovne metode i to: *odabiranje u realnom vremenu* i *odabiranje u ekvivalentnom vremenu* [2]. Odabiranje u realnom vremenu se može koristiti kod signala koji zadovoljavaju uslov (2). Korišćenje ove metode odabiranja jedini je način da se registruju brzi pojedinačni prelazni događaji, pošto se dešavaju samo jednom i potrebno je izvršiti odabiranje baš u momentu kada se pojave. Odabiranje u ekvivalentnom vremenu se koristi kada je učestanost signala višestruko veća od same brzine odabiranja, odnosno kada uslov (2) nije zadovoljen. Ova metoda koristi činjenicu da je većina događaja koji se javljaju u prirodi ponavljajuća, stoga uzima delić informacije pri svakom ponavljanju signala kako bi na kraju sastavila celokupnu sliku. Ovo je prikazano na slici 5.



Slika 5. Odabiranje u ekvivalentnom vremenu



## 2.7. Načini okidanja

Okidački sistem omogućava sinhronizaciju prikaza merenog signala. Trenutak okidanja definisan je uslovima i izvorom okidačkog signala. Osnovni način okidanja ostvaruje se zadavanjem naponskog nivoa koji mereni signal treba da dostigne. U slučaju digitalnog osciloskopa okidanje može biti definisano vremenom, amplitudom, logičkim stanjima ili obrascem (logičko okidanje) itd.

## 2.8. Načini rada i dodatne funkcije

Digitalni osciloskopi omogućavaju mnogo načina akvizicije kojima se može kreirati talasni oblik signala. Digitalni osciloskopi objedinjuju i mogućnost vršenja različitih matematičkih operacija nad talasnim oblicima signala kao što su sabiranje i oduzimanje, množenje, deljenje, integraciju, brzu Furijeovu transformaciju signala itd. Digitalni osciloskopi mogu vršiti i automatska merenja različitih parametara signala, mogućnost štampanja rezultata merenja i snimanja u okviru datoteke, više interfejsa za povezivanje osciloskopa sa računarem i Internetom.

## 3. PC OSCILOSKOPI

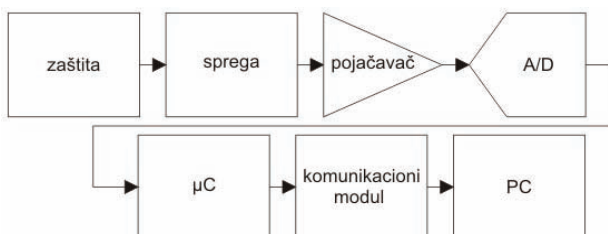
Cena osciloskopa sa prosečnim performansama može biti nepristupačna pojedinačnom korisniku. Da bi se smanjila cena ovih uređaja potrebno je redukovati hardver koji se koristi. Ovo je izvedeno premeštanjem uloge prikaza, kontrole, dodatne obrade i skladištenja prikupljenih podataka na personalni računar. Ovakav uređaj vrši akviziciju signala, a prikupljene podatke šalje personalnom računaru preko odgovarajućeg komunikacionog interfejsa. Ovo je prikazano na slici 6.



Slika 6. PC osciloskop

## 4. REALIZACIJA DIGITALNOG OSCILOSKOPA

Odmah možemo izvršiti dekompoziciju problema i formirati odgovarajuće funkcionalne blokove. Blok šema osmišljenog uređaja data je na slici 7.



Slika 7. Blok šema realizovanog osciloskopa

### 4.1. Zaštita i sprega

Ovaj blok štiti uređaj od previsokog napona signala čije merenje vršimo. Predviđeno je da maksimalna vrednost ulaznog napona, koja se može izmeriti, bude 2 V, bez obzira na polarizaciju, odnosno 4 V<sub>pp</sub>. Zaštita je ostvarena pomoću para zener dioda i otpornika. Time je obezbeđeno

da maksimalni efektivni napon koji smemo dovesti na ulaz osciloskopa bude nešto viši od 30 V. Signal sa ulaza vodimo na pojačanje. Sprezanje sa pojačavačkim blokom vršimo direktno ili preko kondenzatora korišćenjem releja. Ulazna impedansa osciloskopa iznosi 1 MΩ.

### 4.2. Pojačavač

Pre digitalizacije, mereni signal moramo prilagoditi zahtevima dinamičkog opsega ulaza A/D konvertora. Signal moramo pojačati ili oslabiti kako bi ga doveli na željeni nivo. Ovo ostvarujemo korišćenjem operacionih pojačavača [6]. Prvi stepen pojačava snagu merenog signala ne menjajući njegov napon, što postizemo korišćenjem jediničnog neinvertujućeg pojačavača [8]. Drugi stepen omogućava promenu pojačanja. Ovo je ostvareno korišćenjem invertujućeg pojačavača kome se otpornost u reakcionoj grani menja pomoću analognog multipleksera [7]. Potrebna pojačanja dobijamo na osnovu dinamičkog opsega A/D konvertora. Ona su data u tabeli 1. Zadnji pojačavački stepen centrira signal oko napona od 1 V. Ovde koristimo invertujuć pojačavač sa jediničnim pojačanjem na čiji neinvertujuć kraj dovodimo odgovarajući napon sa naponske reference. Ovim su zadovoljeni uslovi koje postavlja A/D konvertor.

Tabela 1. Određivanje potrebnih pojačanja

Opseg	Ulaz u osciloskop	Potrebno pojačanje	Dinamički opseg A/D
0.5 V/pod.	4 V <sub>pp</sub>	×0.5	2 V
0.2 V/pod.	1.6 V <sub>pp</sub>	×1.25	2 V
0.1 V/pod.	800 mV <sub>pp</sub>	×2.5	2 V
50 mV/pod.	400 mV <sub>pp</sub>	×5	2 V
20 mV/pod.	160 mV <sub>pp</sub>	×12.5	2 V
10 mV/pod.	80 mV <sub>pp</sub>	×25	2 V

### 4.3. A/D konvertor AD7822

AD7822 je brzi osmobaritni *half-flash* A/D konvertor sa jednim ulaznim kanalom i vremenom konverzije od 420 ns [9]. Glavni cilj je omogućiti maksimalnu brzinu odabiranja merenog signala koju bi mikrokontroler bio u stanju da obradi. Pošto je radni takt mikrokontrolera 64 MHz, pri čemu je za izvršenje jedne instrukcije potrebno četiri takta, dobijamo da mašinski ciklus traje:

$$\Delta t_{mck} = \frac{1}{brzina\_procesora} = \frac{1}{16 \cdot 10^6 s^{-1}} = 62.5 ns, \quad (3)$$

što se uklapa u vreme od 110 ns koje nam je ostavljeno za očitavanje vrednosti sa izlaza A/D konvertora. Ovde imamo vremena samo za instrukciju čitanja, što ostvarujemo nezavisnim načinom rada A/D konvertora.

### 4.4. Mikrokontroler PIC18F45K22

Ovaj mikrokontroler [10] predstavlja centralni deo realizovanog uređaja kojim je ostvareno njegovo upravljanje. On ostvaruje kontrolu sprege i pojačanja, upravljanje radom A/D konvertora, preuzimanje izmerenih vrednosti i njihovo skladištenje, praćenje vrednosti analognog signala na ulazu u A/D konvertor i određivanje trenutka u kome će započeti merenje, generisanje test signala kao i prijem i obrada zahteva i slanje odgovora PC računaru. U ovu svrhu iskorišćeni su sledeći moduli: 1. oscilator; 2. izvor fiksnog referentnog napona; 3. D/A konvertor za generisanje naponskih nivoa

okidača; 4. komparator upotrebljen u svrhu obezbeđivanja okidačkih funkcija; 5. tajmer0; 6. MSSP modul za povezivanje sa ethernet kontrolerom; 7. CCP1 modul za generisanje test signala.

#### 4.5. Razvojni sistem EasyPIC v7

*EasyPIC v7* predstavlja razvojni sistem namenjen PIC mikrokontrolerima [11]. Namenjen je programiranju više od 250 različitih PIC mikrokontrolera, testiranju i debagovanju softvera.

#### 4.6. Komunikaciona pločica ETH click

*ETH click* predstavlja pomoćnu ploču čija je funkcija omogućavanje prenosa podataka preko ethernet interfejsa [12]. Spreže se sa mikrokontrolerom preko SPI interfejsa.

#### 4.7. Napajanje

Uređaj se napaja iz mrežnog priključka 220 V 50 Hz i obezbeđuje stabilisan napon potreban za rad svih upotrebljenih analognih i digitalnih kola.

#### 4.8. Firmver mikrokontrolera

Prilikom izrade firmvera korišćen je kompajler *mikroC PRO for PIC* [13]. Rad mikrokontrolera zamišljen je na sledeći način: on u svakom trenutku prati vrednost analognog signala i određuje trenutak u kome će započeti proces odabiranja prema uslovima koje je zadao korisnik, periodičan prijem korisničkih zahteva u kome su sadržani parametri za upravljanje radom čitavog sistema, obrada tih zahteva i slanje odgovora u obliku izmerenih vrednosti. Najveća brzina odabiranja je 1 MS/s, a sve ostale izvedene su unošenjem kašnjenja prema tabeli 2.

Tabela 2. Dodata kašnjenja za različite vremenske baze

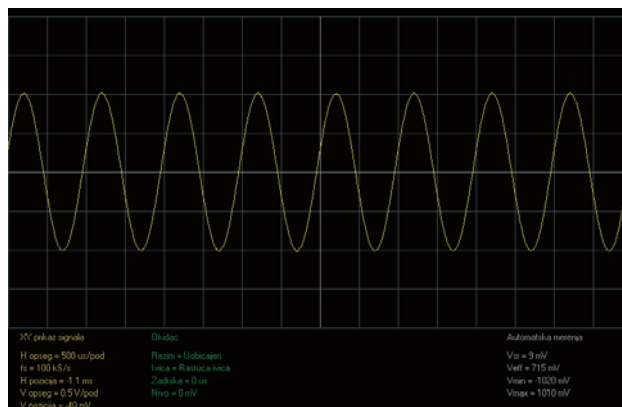
Opseg	Perioda odabiranja	Vreme izvršenja	Dodatno kašnjenje
1 MS/s	1 $\mu$ s	1 $\mu$ s	-
500 kS/s	2 $\mu$ s	1 $\mu$ s	1 $\mu$ s
250 kS/s	4 $\mu$ s	1 $\mu$ s	3 $\mu$ s
100 kS/s	10 $\mu$ s	1 $\mu$ s	9 $\mu$ s
50 kS/s	20 $\mu$ s	1 $\mu$ s	19 $\mu$ s
25 kS/s	40 $\mu$ s	1 $\mu$ s	39 $\mu$ s
10 kS/s	100 $\mu$ s	1 $\mu$ s	99 $\mu$ s

#### 4.9. PC aplikacija

Aplikacija je izrađena korišćenjem razvojnog okruženja Borland Delphi 7 [15]. Aplikacija omogućava grafički prikaz rezultata merenja i interfejs koji koristimo za kontrolu uređaja. Ona vrši i obradu nad rezultatima merenja i izračunavanja kojima se određuju parametri signala. U sklopu aplikacije postoji i analizator spektra. Aplikacija obezbeđuje i komunikaciju sa uređajem.

#### 4.10. Testiranje uređaja

Prvo testiranje vršeno je merenjem jednosmernog napona a rezultati merenja provereni su digitalnim voltmetrom. Uočena su odstupanja od par mV, koja su posledica tolerancije komponenti. Drugo testiranje vršeno je merenjem sinusoidnog signala učestanosti 1 kHz, amplitude vrednosti 1 V, pri brzini odabiranja od 100 kS/s (0.5 V/pod. i 500  $\mu$ s/pod.). Rezultati su potvrdili očekivanja i prikazani su na slici 8.



Slika 8. Merenje sinusoidnog signala

## ZAKLJUČAK

Osciloskopi predstavljaju koristan instrument svakog inženjera elektrotehnike. Razvoj digitalne elektronike omogućio je stvaranje veoma sofisticiranih osciloskopa visokih performansi. Ipak, možemo primetiti da je glavni nedostatak ovih uređaja visoka cena. Cilj projekta bio je izrada digitalnog osciloskopa gde primat ne predstavljaju performanse. Ovaj uređaj se može upotrebiti u svrhu edukacije u uslovima gde je teško doći do skupe opreme.

## LITERATURA

- [1] Predrag Pejović, *Princip rada i primena osciloskopa - priručnik za rad u laboratoriji*, ETF u Beogradu, 1999.
- [2] *XYZs of Oscilloscopes*, Tektronix, Inc., 2001.
- [3] Joe Weber, *Oscilloscope probe circuits*, 1969.
- [4] *A/D konvertori – “Merni sistemi u telekomunikacijama”*, KELM - FTN Novi Sad
- [5] Željko Trpovski, Vladimir Milošević, Miodrag Temerinac, *Osnovi telekomunikacija*, FTN Novi Sad, 2002.
- [6] *TL07x Data Sheet*, Texas Instruments Inc, 2013.
- [7] *DG408 Data Sheet*, Vishay Intertechnology, 2012.
- [8] Miloš B. Živanov, *ELEKTRONIKA, komponente, teorija i zadaci*, FTN Novi Sad, 2002.
- [9] *AD7822 Data Sheet*, Analog Devices Inc, 2006.
- [10] *PIC18(L)F2X/4XK22 Data Sheet*, Microchip, 2012.
- [11] *EasyPIC v7 User Manual*, MikroElektronika, 2012.
- [12] *ETH click User Manual*, MikroElektronika, 2012.
- [13] *mikroC PRO for PIC User Manual*, MikroElektronika, 2009.
- [14] *mikroProg Suite for PIC User Manual*, MikroElektronika, 2012.
- [15] *Delphi 7 Quick Start*, Borland Software Corporation., 2002.

## Kratka biografija:



**Miloš Jotić** rođen je u Negotinu 1983. god. Diplomski-master rad odbranio je 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije



**REALIZACIJA LABVIEW SCADA SISTEMA SA MODBUS PROTOKOLOM  
REALIZATION OF LABVIEW SCADA SYSTEM WITH MODBUS PROTOCOL**Dejan Jeličić, Darko Marčetić, Marko Gecić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Svaki proces u industriji koji ima smisla automatizovati može biti kandidat za primenu SCADA sistema. Razvoj SCADA sistema prati razvoj informacionih tehnologija i složenih komunikacionih protokola bez kojih povezivanje i komunikacija u realnom vremenu ne bi bila moguća. PLC je sastavni deo takvog sistema, ima ih više i najčešće se koriste kao serveri kojima upravlja jedan klijent u obliku centralne procesorske stanice sa HMI uređajem. U ovom radu je prikazana jedna realizacija upravljanja temperaturom pomoću PLC uređaja. Zadavanje reference i praćenje odziva temperature je pomoću SCADA sistema napravljenog u LabVIEW programu. Komunikacija između klijenta i servera je putem Modbus TCP protokola.

**Abstract** – Every industrial process that has a reason for automation is a good candidate for application of SCADA systems. Development of SCADA systems followed the development of information technology and complex communication protocols, without them networking and communication in real time wouldn't be possible. PLC is a crucial part of such a system, there are more of them and are commonly used as servers, controlled by a single client in the form of a central processing station with HMI device. This work shows one realization of temperature control with a PLC. Giving a reference and following the response is done with SCADA system built with LabVIEW program. Communication between a client and a server is done with Modbus TCP protocol.

**Ključne reči:** PLC, TIA Portal, SCADA, Modbus, LabVIEW, HMI, virtualna instrumentacija.

**1. UVOD**

Rad se bavi Modbus komunikacionim protokolom i njegovom realizacijom na personalnom računaru primenom LabVIEW programa za realizaciju SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sistema. Komunikacioni protokoli su sastavni deo savremenih industrijskih sistema koji se sastoje od brojnih upravljačkih i mernih uređaja, izvršnih organa i objekata upravljanja koji su distribuirani. Imaju potrebu za razmenom podataka kako u lokalnoj mreži, tako i na daljinu. Vremenom su se razvili razni komunikacioni protokoli koji služe kao standard za razmenu podataka između svih vrsta uređaja i podržava ih većina njih. U ovom radu je korišćen Modbus TCP protokol [1].

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor bio dr Darko Marčetić, vanredni profesor.

Softver i hardver PLC-a (*Programmable Logic Controller*) je prilagođen industrijskom okruženju i kao takav se najčešće koristi kao upravljački uređaj u različitim automatizovanim sistemima, kod kojih se procesi odvijaju u realnom vremenu. Opisan je Siemens SIMATIC S7-1200, korišćen u ovom radu koji ima ulogu servera, kao i portal za totalnu integrisanu automatiku (*Totally Integrated Automation – TIA Portal*) koji služi za njegovo programiranje. TIA Portal je takođe proizvod kompanije Siemens i razvijen je sa namerom lakšeg programiranja i povezivanja različitih uređaja [1].

Modbus TCP je jednostavan, besplatan i nezavisan komunikacioni protokol namenjen za nadzor i kontrolu automatizacije opreme [2]. Protokolom se prenose poruke koristeći internet kao medij, putem standardnog TCP/IP protokola [3]. Na osnovu toga se vrši komunikacija između uređaja koji imaju funkciju klijenta (*master*) i servera (*slave*) bilo gde na svetu.

LabVIEW programski paket firme National Instruments dizajniran je za merenje i analizu različitih vrsta signala, korišćenjem novog koncepta – virtualne instrumentacije [4]. Pruža grafičko razvojno okruženje koje omogućava razvoj kompletne aplikacije uključujući akviziciju, analizu i prezentaciju podataka. Koristi se za testiranje, telekomunikaciju, merenje, dizajn, proizvodnju, kontrolu i automatizaciju. LabVIEW programi su modularni i hijerarhijski. To znači da se složeni problemi mogu podeliti na više delova, koji i sami mogu biti podeljeni na delove, dok se ne svedu na jednostavne probleme. Takođe, to znači da se mogu koristiti kako samostalno, tako i kao potprogrami, nezavisno od dubine integracije.

**2. PLC UREĐAJ**

PLC je kompaktni računar projektovan za upotrebu u automatizaciji industrijskih procesa, bilo električnih ili mehaničkih. Na primer pokretnih traka u fabrikama, presa u štamparijama i sl. Za razliku od namene opštih PC-a, PLC je projektovan za više ulaza i izlaza, i imun je kako na električni šum tako i na srove uslove u fabrikama, a takođe je i projektovan za rad u realnom vremenu. Može se lako programirati i postavljati u postojeće industrijske sisteme i po potrebi nadograđivati modulima.

SIMATIC S7-1200 je kompaktni kontroler, prostorno je štedljiv i namenjen je za male automatizacije sisteme koji zahtevaju bilo jednostavne, ili malo naprednije funkcionalnosti za logička, HMI i mrežna kola. Kompaktan dizaj, niska cena i moćne karakteristike čine ga odličnim rešenjem za kontrolisanje malih do srednjih korisničkih aplikacija.

### 3. TIA PORTAL

*TIA Portal* je najnovija generacija inženjerskog softvera za automatizaciju u industriji. Prvi je inženjerski softver sa „jednim integrisanim okruženjem“ za sve zadatke automatizacije. Ovo znači da sjedinjuje sve softverske alate potrebne za automatizaciju, u jednom razvojnom okruženju lakom za upotrebu [1].

*TIA Portal*, napravljen za potrebe kompanije *Siemens*, je softver čija je namena programiranje PLC-a, HMI-a, konfiguracija mreže, podešavanje parametara, i mnoge druge funkcije potrebne za brzo i efikasno rešavanje problema automatizacije. *TIA Portal* pruža alate za upravljanje i fino podešavanje svih elemenata u projektu. Pruža korisniku prilagođeno okruženje za razvoj, uređivanje i praćenje logike potrebne za upravljanje projektom. Kako bi se pomoglo korisniku i povećala produktivnost *TIA Portal* nudi dva različita pogleda na projekat:

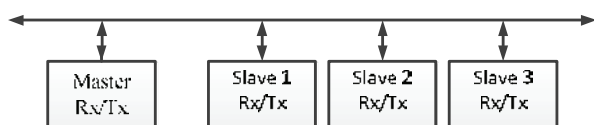
1. Pogled usmeren zadatku (*Portal view*), koji je organizovan na način da se postigne potpuna preglednost, funkcionalnost i lako snalaženje i
2. Pogled usmeren na elemente u projektu (*Project view*).

### 4. MODBUS PROTOKOL

Komunikacioni protokoli obezbeđuju sintaksna i semantička pravila komuniciranja [1]. Tokom komunikacije između uređaja postoji određeni set pravila i propisa kome se moraju pridržavati, nezavisno od tipa koji se koristi, kako bi se uspešno izvršila razmena podataka. U zavisnosti od toga kakav je industrijski proces u pitanju, za razmenu i prenos podataka se koristi jedan ili više komunikacionih protokola.

Komunikacioni protokoli primenjeni u elektro-energetici se razvijaju u dva osnovna pravca. Sa jedne strane raste potreba za protokolima koji ostvaruju komunikaciju u realnom vremenu, i time omogućuju daljinski nadzor bez kašnjenja i pravovremenu kontrolu fizičkih procesa, što je za nas inženjere jako bitno. Sa druge strane raste i potreba za protokolima za daljinski nadzor, pre svega preko interneta, koji nudi više mogućnosti ali ne garantuje uvek rad u realnom vremenu.

Između više uređaja u industrijskim sistemima se javlja potreba za simultanom razmenom podataka, od kojih svaki ima neku specifičnu funkciju u proizvodnom procesu. U ovom sistemu uobičajeno postoji i centralni komandni uređaj, *master* jedinica, koji kontroliše liniju veze i inicira svaki pojedinačni proces, dok svi ostali uređaji, *slave* jedinice, dobijaju jedinstvene adrese na osnovu kojih se pozivaju. Pre poziva su pasivni i obavljaju svoje funkcije. Sledeća slika predstavlja primer *master – slave* sistema komunikacije [2].



Slika 1. *Master – slave* komunikacija

U *stand-by* stanju svi *slave* uređaji su postavljeni za prijem, dok je *master* postavljen za predaju. Na početku

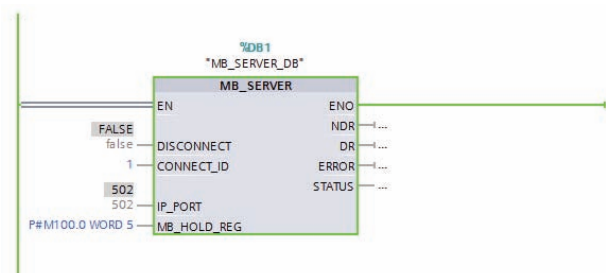
poruke *master* postavlja adresu *slave* uređaja sa kojim hoće da komunicira i započinje pozivanje. Nakon što je pozvana adresa *slave* uređaja, *master* se postavlja za prijem, a pozvani *slave* uređaj za predaju. Svi ostali *slave* uređaji nisu prepoznali svoju adresu i ne odazivaju se. Pozvani *slave* uređaj šalje odgovor *master*-u i zatim se opet postavlja u stanje prijema.

*Modbus* je komunikacioni protokol dizajniran od strane kompanije *Modicon* (sada *Schneider Electric*) 1979. godine, za upotrebu u komunikaciji njihovih PLC uređaja. Jednostavan i robusan, od tada je postao standardan komunikacioni protokol. Dostupan je svima kao sredstvo povezivanja industrijskih elektronskih uređaja. Koristi *half-duplex* prenos, omogućava komunikaciju u oba smera, ali samo jedan smer istovremeno. Kada uređaj počne da prima poruku mora da sačeka do kraja prenosa pre nego što može da odgovori. Protokol predviđa slanje poruka koje čini grupa bajtova sa unapred specifikanim sastavom i namenom. Danas postoje tri tipa: *Modbus ASCII* (poruka se sastoji od *ASCII* karaktera), *Modbus RTU* (poruka se sastoji od binarnih brojeva) i *Modbus TCP* (u kome se poruka ugrađuje u standardni *TCP/IP* okvir) koji je korišćen u ovom radu i u ovom protokolu *master* i *slave* dobijaju imena klijent i server respektivno. *Modbus TCP* podržava ogroman broj raznih uređaja i koristi se uglavnom za razmenu podataka između klijent jedinice i veoma udaljenih I/O server jedinica. Kod *Modbus TCP* poruka se mora koristiti IP destinaciona adresa (kod *RTU* i *ASCII* je to *slave* ID broj) i prenosi se putem *Ethernet*-a (kod *RTU* i *ASCII* se poruka prenosi preko *RS232* i *RS485* protokola). *Modbus TCP* ima sledeće karakteristike:

1. Jednostavnost: *Modbus TCP* jednostavno uzima poruku i stavlja je u *TCP/IP* okvir (zaglavlje i kraj) čime omogućuje prolaz poruke do destinacije kroz internet. Svaki *TCP/IP* uređaj može da komunicira preko *Modbus TCP* protokola,
2. Podržava standardni *Ethernet*: *Ethernet* adapteri su veoma pristupačni i mnogi uređaji ih poseduju. Cena *Ethernet* uređaja opada, dok brzina prenosa raste vrtoglavo. Dodatna prednost je u tome da *Modbus TCP* protokol ima rezervisan ekskluzivni *Ethernet* port 502,
3. Protokol je otvoren tj. *open source*: znači da se njegova upotreba ne naplaćuje. *Modbus-IDA* nastaje u aprilu 2004. godine sa specifikacijama koje se mogu preuzeti i koristiti,
4. Veliki broj uređaja ga podržava: pogotovo uređaji koji se vezuju za *SCADA* sisteme. Mnogi proizvođači standardno ugrađuju *Modbus TCP* protokol u svoje uređaje.

### 3. MODBUS SERVER NA PLC-U

Za realizaciju *Modbus TCP* komunikacije na PLC uređaju je iskorišćen *Siemens*-ov blok *MB\_SERVER* napravljen u *TIA Portal*-u. Blok uspostavlja vezu sa *Modbus TCP* klijentom, prima zahteve i šalje odgovore. Komunicira kao *Modbus TCP* server preko *PROFINET/Ethernet* priključka PLC-a. Da bi se ovaj blok koristio, nije potreban dodatni hardver nego samo uređaj koji podržavaju *Modbus* protokol.



Slika 2. Online mod MB\_SERVER bloka

MB\_SERVER blok poseduje više ulaznih i izlaznih parametara, i svaki od njih ima specifičnu ulogu, kako bi se izvršavale Modbus funkcije čitanja i pisanja. Najvažniji je MB\_HOLD\_REG za rad sa Holding registrima. U radu ima vrednost P#M100.0 WORD 5 što znači da koristi pet memorijskih lokacija tipa WORD sa početnom adresom 100. Kada se parametri ne koriste mogu se ostaviti da „vise”. Pored ovog bloka u projekat još ulaze matematičke i logičke funkcije sa namerom upravljanja temperaturom. Sve korišćene promenljive tj. tagovi su prikazani na slici.

Name	Tag table	Data type	Address	Retain
1	Trenutna Vrednost	Default tag table	UInt	%MW100
2	Zadata Vrednost	Default tag table	UInt	%MW102
3	Temperaturna Sonda	Default tag table	UInt	%IW64
4	Real	Default tag table	Real	%MD4
5	Inkrement	Default tag table	UInt	%MW106
6	Pomocni bit 1	Default tag table	Bool	%M1.0
7	ON	Default tag table	Bool	%Q0.0
8	Pomocni bit 2	Default tag table	Bool	%M2.0
9	Pomocni Izlaz	Default tag table	Bool	%Q0.1
10	Umanjena Vrednost	Default tag table	UInt	%MW108
11	Izlaz 4	Default tag table	Bool	%Q0.3
12	Vrednost u °C	Default tag table	UInt	%MW104
13	ALARM	Default tag table	Bool	%Q0.2
14	<Add new>			

Slika 3. Tagovi TIA Portal projekta

### 3. LABVIEW PROGRAM

Virtualni instrumenti se sastoje od softvera i hardvera dodatih personalnom računaru opšte namene, i svi zajedno omogućavaju korisniku kreiranje tradicionalnih mernih instrumenata.

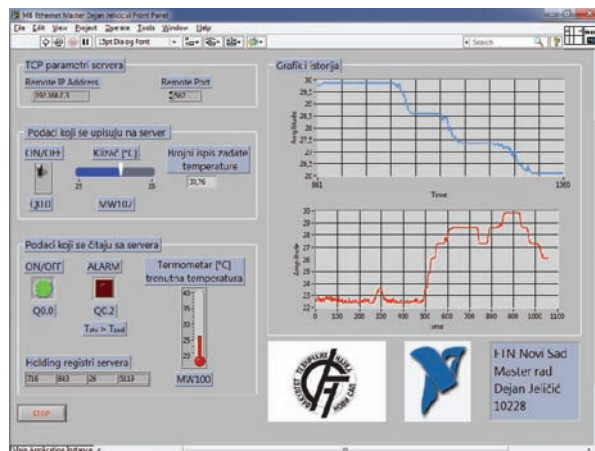
Uzimaju prednosti savremene tehnologije ugrađene u računare i druge uređaje, koji se vrtoglavo menjaju i usavršavaju zbog ogromne potražnje. VI se mogu opisati i kao *user-defined* i time se naglašava funkcionalnost koju definiše korisnik prema svojim zahtevima. VI koriste resurse računara (procesor, memoriju, itd.) a upravljanje, obrada i prikazivanje podataka se zasniva na softveru [5].

LabVIEW kod je grafički dijagram, u kome su elementi, koji se zovu terminali i blokovi, povezani žicama, i putem njih putuju promenljive. Terminali i blokovi ne izvršavaju svoje funkcije sve dok promenljive ne dostignu do svih njegovih ulaza i to je vodeći princip protoka podataka. Ovo je nov način razmišljanja i rešavanja problema i zove se *dataflow* programiranje. Dozvoljava paralelno izvršavanje.

Ono je zamenilo programerski način, praćenjem koda – *codeflow*. Programi pravljani u LabVIEW-u se nazivaju virtualnim instrumentima jer njihova pojava i operacije imitiraju fizičke instrumente [6].

### 5. MODBUS KLIJENT NA PC-U

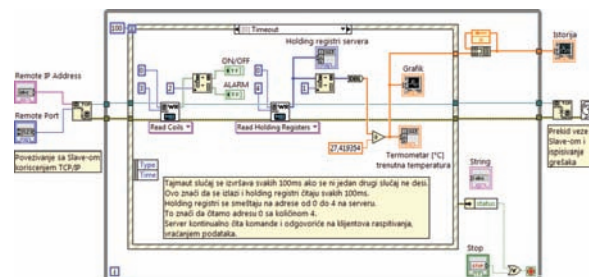
Pravljenje klijenta se započinje u *Front Panel*-u postavljanjem potrebnih kontrolnih i indikatorskih objekata i na kraju menjanjem izgleda za bolju vidljivost.



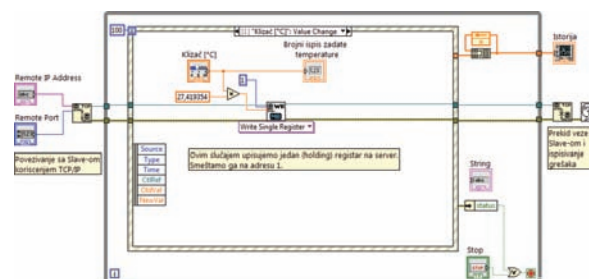
Slika 4. Front Panel klijenta

Upravlja se delom za unos IP adrese i porta servera i delom za upis jednog izlaza za uključivanje i jednog Holding registra na serveru a očitavaju se vrednosti statusa uključenosti i alarma kao i četiri Holding registra servera. Takođe se može videti i crtanje trenutnih vrednosti registara i po prekidu programa njihova istorija.

Posle postavljanja tih objekata radi se povezivanje terminala i dodatnih blokova na *Block Diagram*-u. Sastoji se iz *while* petlje u kojoj se nalazi *event* struktura sa tri slučaja. Prikazani su na sledećim slikama [7].



Slika 5. Timeout slučaj klijenta



Slika 6. Klizač slučaj klijenta



Slika 7. ON/OFF slučaj klijenta







**IP SISTEMI VIDEO NADZORA****IP VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS**Vladimir Milović, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisani su savremeni sistemi video nadzora bazirani na IP video kamerama kao i ostali elementi sistema koji čine mrežni sistem video nadzora. Date su osnovne karakteristike takvih sistema, mogućnosti njihove primene neke od prednosti u odnosu na stare analogne CCTV sisteme kao i praktična primena u realnom projektu nadgledanja saobraćajne raskrsnice.

**Abstract** – This paper describes the modern video surveillance systems based on IP video cameras and other system elements that make up the network video surveillance system. Also it describes the basic characteristics of such systems, their applicability some advantages over older analog CCTV systems as well as practical applications in the real project monitoring traffic intersections.

**Ključne reči:** Video nadzor, IP kamera, mreže, megapiksel, senzor slike, kompresija slike i videa.

**1. UVOD**

Prelazak na otvorene sisteme video nadzora uz prednosti koje donose računarske mreže, digitalna obrada slike i inteligencija ugrađena u samu kameru doveo je naglog porasta efikasnosti i mogućnosti savremenih sistema video nadzora. Internet protokol kamera, (u daljem tekstu: IP kamera) predstavlja tip digitalne video kamere koja prima i šalje podatke putem računarske mreže i interneta. Termin IP kamera odnosi se obično isključivo na kamere koje su namenjene video nadzoru. Sama tehnologija video nadzora putem IP kamera omogućava sve što omogućavaju i klasični analogni sistemi video nadzora (CCTV-closed circuit television) uz mnogo novih osobina i funkcija koje ranije nisu bile dostupne. Otvoreni tehnološki standardi omogućili su laku integraciju i skalabilnost IP sistema video nadzora, tako da danas postoje brojni proizvođači elemenata i opreme koja se koristi pri instalacijama ovakvih sistema.

Napredak u tehnologijama i stalno povećavanje broja proizvođača opreme doveo je do velike konkurencije i velikog pada cena opreme za IP video nadzor tako da je danas cena uvođenja ovog savremenog sistema uporediva sa CCTV sistemima. Očekuje se da u bliskoj budućnosti IP video nadzor bude i glavni izbor pri uvođenju sistema video nadzora.

Digitalni video nadzor IP kamerama nema uvek bolji kvalitet od klasičnog analognog sistema video nadzora ali je mnogo konzistentniji po pitanju prenosa informacije i sigurnosti informacija kao i po zauzeću propusnog opsega

**NAPOMENA:**

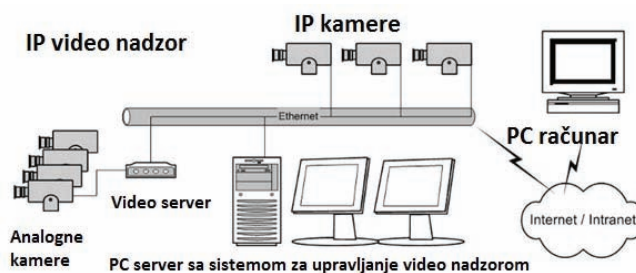
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Željens Trpovski, vanr.prof.**

ako se koristi savremena kompresija video signala. Električni signal koji daju kamere u sistemima analognog video nadzora podložan je smetnjama i oštećenju informacije koju prenosi kao i slabljenju duž medija kojim se prostire. Sa druge strane digitalni video je mnogo manje podložan oštećenju i gubitku informacije tokom prenosa, zahvaljujući algoritmima kompresije i redundanciji koja se ugrađuje u signal.

**2. SISTEMI IP VIDEO NADZORA**

Sistemi mrežnog video nadzora kao i mnogi drugi vidovi komunikacije kao što su e-mail, web servisi i IP telefonija vrše prenos digitalnog signala putem danas najzastupljenijih žičnih ili bežičnih IP (Internet Protokol) mreža. Digitalni video i audio strimovi sa kamera kao i svi podaci koji potiču od ostalih delova sistema, koriste istu mrežnu infrastrukturu.

Mrežni video se u oblasti video nadzora najčešće naziva IP video nadzor što je opšte prihvaćeno kod proizvođača ovih sistema. Postojeća računarska mrežna infrastruktura može da se koristi za prenos podataka koje stvara sistem IP video nadzora kao što su digitalna slika i zvuk a takođe može da se koristi i za prenos napajanja do kamera i ostalih uređaja (tzv. POE, *Power Over Ethernet* tehnologija). Mrežni video sistemi (sl. 1.) omogućavaju da video signal sa kamera bude sniman ili posmatran sa bilo koje tačke u mreži bilo da se radi o lokalnoj mreži LAN (*Local Area Network*) ili WAN (*Wide Area Network*) tj. internet.



Slika 1. IP video nadzor

Ključne komponente mrežnog video sistema su mrežna ili IP kamera, video koderi (čija je svrha povezivanje postojećih analognih video kamera), IP mreža, server i skladište podataka, i softver za upravljanje- menadžment sistema. IP kamere i video koderi su uređaji koji su bazirani na računarskim sistemima i imaju svoje operativne sisteme (obično linux bazirane) koji omogućavaju brojne prednosti nad klasičnim CCTV- analognim kamerama. Mreža, serveri, računari za praćenje i skladištenje videa su delovi standardne široko zastupljene IT infrastrukture. Ta osobina da za brojne elemente ovog sistema možemo koristiti već postojeću ili standardnu lako nabavljivu opremu, jedna je od glavnih prednosti mrežnog IP video

sistema. Ostali elementi koji se koriste u ovakvim sistemima su kućišta kamera, razni nosači, POE ili obična napajanja i spliteri [3] i [4].

### 3. IP KAMERE

Danas postoji širok izbor mrežnih ili IP kamera koje zadovoljavaju mnogo različitih zahteva koji se postavljaju pred sisteme video nadzora. Takođe postoje i brojni proizvođači opreme za IP video nadzor i njihov broj svakodnevno raste zahvaljujući napretku u tehnologijama proizvodnje čipova, senzora i ostalih elemenata sistema video nadzora. Naročito se ističu proizvođači iz Kine i Tajvana kojih ima sve više i koji uspevaju da konkurišu istim ili sličnim kvalitetom a po nižoj ceni proizvođačima iz Evrope, Japana i SAD.

IP ili mrežna kamera se može posmatrati kao kombinacija računara - kompjutera i kamere u jednom telu. Glavni elementi koji čine takvu kameru su objektiv, senzor slike (fotosenzor koji pretvara optičku sliku u elektronski signal), jedan ili više procesora i memorija: radna i za lokalno skladištenje podataka. Procesori u kameri služe za obradu slike (obično DSP procesori, 32bitni MCU i ARM jezgra ili SoC sistemi), video analizu slike, komunikaciju, povezivanje na mrežu i pokretanje korisničkog interfejsa obično web servera. U memoriji kamere se nalazi operativni sistem kamere - firmver i podešeni parametri, a postoji i lokalna memorija za skladištenje video sekvenci kao bafer i/ili kao memorijska kartica.

U novije vreme najviše su zastupljeni tzv. SoC (*System on Chip*) sistemi na čipu, tj. integrisana kola koja sadrže sve potrebne elektronske elemente na jednom čipu. SoC sistemi integrišu sve funkcije potrebne za rad IP kamere od ulaza za podatke sa senzora slike, procesora slike ISP (*Image Signal Processor*), H264 kompresije slike do kriptovanja podataka i njihovog slanja u mrežu.

Kamera poseduje svoju IP adresu i direktno može da se poveže na bilo koju tačku mreže gde postoji potrebna konekcija, obično svič ili na port akces pointa kod bežičnih rutera. Operativni sistem IP kamere obezbeđuje WEB server koji pruža usluge kao što su http tj WEB interfejs, FTP (*File Transfer Protocol*) protokol, sigurnosne protokole SSL i sertifikate, i e-mail mogućnosti slanja podataka i obaveštenja.

IP kamera može biti konfigurisana da šalje sliku preko IP mreže kako bi ona mogla da se koristi za trenutni pregled tj. sliku uživo ili za snimanje koje može biti kontinualno, u određeno vreme, uzrokovano događajem npr. pokretom ili po zahtevu autorizovanog korisnika tj. manuelno snimanje.

Slike koje hvata senzor kamere šalju se kao nizovi slika tzv. strimovi koju mogu biti Motion JPEG, MPEG-4 ili H264 komprimovani video koristeći razne mrežne protokole, ili mogu biti poslate kao individualne JPEG slike preko FTP, e-mail ili HTTP protokola. Slike koje kamera šalje su deo scene - mesta ili prostora koji se želi nadzirati i na kome se želi znati tok događaja.

Savremene IP kamere obezbeđuju reagovanje na događaje (*event management*) i inteligentne video funkcije kao što su detekcija pokreta, audio detekcija, detekcija fizičkog ometanja kamere i automatsko praćenje objekata. Otud većina IP kamera ima na sebi ugrađene razne ulazno - izlazne portove koji obezbeđuju povezivanje spoljašnjih uređaja kao što su razni senzori i releji. Neke od ostalih

mogućnosti IP kamera su audio snimanje i reprodukcija zvuka, podrška za POE napajanje kao i napredna sigurnosna komunikacija preko mreže.

Sistemi video nadzora generišu veliku količinu podataka koje treba uskladištiti na stalnoj memoriji i prikazati na monitorima. Dugotrajan rad ljudi na praćenju slike sa kamera na monitorima je veoma nepraktičan i ne efikasan te se uvođenjem algoritama za detekciju pokreta i automatsku detekciju neželjenog ponašanja u IP kamerama taj problem donekle rešava. Sistem automatske detekcije abnormalnog ponašanja u IP kamerama uzrokuje snimanje i automatsko generisanje okidača (alarm, zvuk, svetlo) koji privlače pažnju operatera.

Ovakvi inteligentni algoritmi ugrađeni su direktno u softver IP kamere tako da ne dolazi do opterećivanja komunikacionih kanala dok se ne detektuje događaj za razliku od CCTV sistema.

Glavni trend u evoluciji sistema IP video nadzora trenutno jeste uvođenje megapikselnih senzora u IP kamere. Proizvodnja i broj modela megapiksel kamera je u stalnom porastu što je dovelo do znatnog pada cena ovog tipa kamera te se danas one uglavnom i koriste u savremenim sistemima IP video nadzora. U megapiksel kamere je ugrađen senzor koji generiše slike koje se sastoje od preko milion piksela, što je najmanje 2 puta više nego što mogu da isporuče klasične analogne kamere [5].

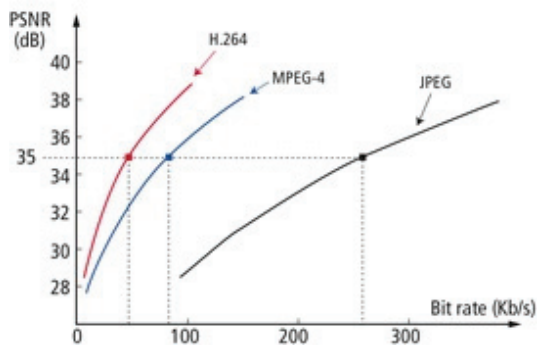
### 4. DIGITALNI VIDEO I KOMPRESIJE

Osnov svakog digitalnog sistema video nadzora jeste digitalizacija i kompresija video strima koji generiše senzor slike u kameri. IP kamere imaju ugrađeni hardver koji vrši digitalizaciju i kompresiju slike dok kod analognih sistema tu ulogu preuzimaju video serveri ili DVR uređaji. Izbor metoda za kompresiju najviše zavisi od mogućnosti i ograničenja u mreži kao što su to propusni opseg mreže i kapacitet skladišta podataka.

Detaljniji pregled kompresionih standarda se može naći u referencama [1] i [2], ipak MJPEG, MPEG-4 i H.264 su najšire danas korišteni standardi. Kod MJPEG standarda se svaki video frejm koduje i komprimuje posebno tako da je svaki frejm tzv. ključni ili *keyframe*. MPEG-4 koduje video strim koristeći kombinaciju ključnih i B-frejmovi u kojima se nalazi informacija o trenutnoj razlici u pikselima između uzastopnih frejmova.

Takođe mogu postojati i P frejmovi kod kojih postoji bidirekcionalna informacija o trenutnoj razlici između prethodnog i idućeg frejma. Ipak P frejmovi uvode veliku dodatnu latenciju i složenije kodovanje tako da se obično ne koriste kod strimova sa kamera za video nadzor. H.264 je novija verzija MPEG-4 standarda koja je zahteva dosta veće angažovanje i brži hardver ugrađen u kameru odnosno intenzivniju procesorsku obradu signala. Kod H.264 kompresije se koriste trenutne razlike između objekata u uzastopnim frejmovima što dovodi do dosta složenijeg algoritma kompresije ali se postiže veći stepen kompresije uz zadržavanje kvaliteta snimka. Najveća mana MPEG-4 i H.264 standarda kompresije jeste uvođenje značajne latencije u sistem video nadzora odnosno kašnjenja slike tj. informacije koja je kritična u nadgledanim sistemima video nadzora te je često potrebno eksperimentalno utvrditi najbolje parametre kompresije i kvaliteta snimka.

Na slici 2 dat je dijagram na kome se porede standardi kompresije koji se koriste u IP kamerama. Na vertikalnoj osi je PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) mera kvaliteta komprimovane slike dok je na horizontalnoj osi brzine slanja informacija.



Slika 2. Poređenje H.264, Mpeg-4 i JPEG standarda, kvalitet slike i bit rejta.

U ovom primeru kamera generiše sliku u formatu QCIF, 10 frejmova u sekundi tokom 10 sekundi odnosno 100 frejmova. Na dijagramu se vidi da za isti kvalitet slike bit rejta iznosi kod JPEG-a 260 Kb/s, kod MPEG-4 85Kb/s i kod H.264 standarda 50 Kb/s. Lako se zaključuje da je za zahtevani kvalitet slike kod MPEG-4 dovoljna aproksimativno jedna trećina propusnog opsega potrebnog za JPEG dok je to jedna petina za H.264.

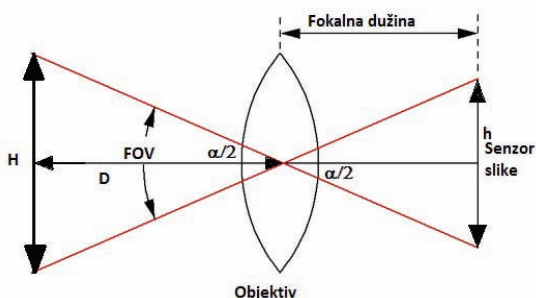
## 5. PROJEKAT NADGLEDANJA RASKRSNICE UPOTREBOM IP KAMERE

U ovom poglavlju biće predstavljen projekat upotrebe IP kamere u svrhu nadgledanja saobraćajne raskrsnice. Cilj projekta jeste prikupljanje podataka o ponašanju učesnika saobraćaja pre i posle uvođenja semafora na raskrsnicu kao i brojanje vozila kako bi se utvrdila opterećenost putnih pravaca i odredile vremenske faze u radu semafora.

Dimenzije scene odnosno raskrsnice koju treba posmatrati (odnosno deo slike koji treba da ima dovoljan fokus) su: širina  $W=35$  m, visina  $H=7$  m, dubina slike 25 m.

Za mesto instalacije kamere odabran je stub javne rasvete koji se nalazi na glavnom putu na rastojanju od  $D=39$  m od centra raskrsnice visina instalacije je maksimalna kako bi moguće vidno polje bilo što veće.

Na osnovu ovih parametara potrebno je izračunati potreban FOV i fokalnu dužinu kamere kako bi se odabrao objektiv (slika 3).



Slika 3. Proračun vertikalnog vidnog polja i objektivna kamere

Pošto je najčešće korišćena veličina senzora kod današnjih IP kamera 1/3" uzimamo iz tabele 4.5 širina senzora  $w=4,8$ mm i visina senzora  $h=3,6$ mm. Moguće je izračunati fokalnu dužinu na osnovu vertikalnog ili horizon-

talnog vidnog polja ali pošto je ovde kritičnije posmatrati širinu raskrsnice računamo na osnovu horizontalnih parametara (na slici 3. dati su vertikalni a umesto visina  $H$  i  $h$  uzimamo širine  $W$  i  $w$ ).

Iz geometrije položaja kamere sledi (sl. 3):

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{W}{2D} = \frac{w}{2F} \Rightarrow F = \frac{w}{W} D$$

Odakle dobijamo da je potrebna fokalna dužina kamere  $F= 5,35$  mm, kako to nije standardna fokalna dužina a nema mogućnosti promene mesta instalacije kamere nameće se izbor kamere sa varifokalnim objektivom.

Ostali zahtevi za odabir tipa kamere su dovoljan kvalitet slike kako bi se detektovali pešaci, vozila i biciklisti, kao i mogućnost spoljašnje instalacije i otpornost na vandalsko delovanje. Svetlosni uslovi noću na raskrsnici su vrlo dobri jer je osvetljenje gradskim svetlom dovoljno da kamera ne mora da poseduje dan noć funkciju. Sa druge strane pri dnevnom snimanju poželjno je da kamera poseduje auto-iris zbog sunčevih odblesaka od asfalta i vozila.

Jedan od najvažnijih zahteva za kameru jeste mogućnost lokalnog snimanja podataka na karticu koja se postavlja u kameru dovoljnog kapaciteta da bi na nju stalo 3 dana snimanja u prihvatljivom kvalitetu.

Na osnovu ovih zahteva odabrana je IP kamera proizvođača HIKVISION model DS-2CD763PF-E, sa rezolucijom od 1,3 MP sa varifokalnim objektivom od 2,7mm do 9mm, sa ugrađenim slotom za SD kartice do 32GB koja je u cenovno prihvatljivom rangu jer je cena koštanja projekta ograničena.

Za prikupljanje podataka koji su bili osnov za razmatranje i analizu, vršeno je 24-voročasovno snimanje saobraćaja u vremenskom periodu od 21.01.2014. (utorak) do 24.01.2014. (petak). Analizom rasporeda prostornih elemenata izabrana je optimalna pozicija za postavljanje kamere i to na cevasto gvozdeni stub (CGS) ulične javne rasvete.

Aproksimativna visina stuba od cca 11,0 m sa udaljenošću od 39,0 m od centra raskrsnice, omogućila je optimalne uslove za reprezentativni snimak. Napajanje kamere izvedeno je sa stuba elektrodistribucije koji se nalazio u neposrednoj blizini.

Nakon početnih podešavanja video snimaka koja su dali relativno zadovoljavajuće sekvence u VGA rezoluciji 640x480, odlučeno je da se snimanje za izabrani reprezentativni dan 23.01-24.01.2014. (četvrtak/petak) vrši u formatu MPEG4 video (H264) 1280x720 sa 20 fps. Ovo je omogućilo prikupljanje i obradu podataka koji se prvenstveno odnose na brojanje saobraćaja u cilju utvrđivanja merodavnog saobraćajnog opterećenja raskrsnice ali i dobijanje realnih pokazatelja načina ponašanja, brzina pešaka na manevru prelaza kolovoza na glavnom putnom pravcu kao i brzine motornog saobraćaja na istom potezu (sl.4).

Snimanje se vršilo na osnovu detekcije pokreta gde je osetljivost detekcije podešena eksperimentalno pri instalaciji.

Podaci su snimani na SD karticu veličine 32GB a skidanje snimaka je vršeno svakodnevno preko spuštenog UTP kabla direktno preko interfejsa kamere na laptop računar. U tabeli 1 dat je rezultujuć skup snimaka nastao pri snimanju.



Slika 4. Scena raskrsnice sa položaja instalacije kamere

Period snimanja	21.01.2014 13:25-00:00	22.01.2014 00:00-22:00
Kvalitet snimka	640 x 480 20 FPS	1280 x 720 20 FPS
Veličina fajlova	588 fajlova, 2,8GB	1048 fajlova,5,05GB

Period snimanja	23.01.2014 06:00-00:00	24.01.2014 00:00-09:55
Kvalitet snimka	1280 x 720 25FPS	1280 x 720 25FPS
Veličina fajlova	1070 fajlova,11,4GB	468 fajlova,4,63GB

Tabela 1. Generisani snimci u raznim kvalitetima i periodima snimanja

Kvalitet i količina snimaka koje je kamera napravila u navedenom periodu bila je dovoljna kako bi saobraćajni inženjeri utvrdili potrebu postavljanja semafora kao i opterećenost raskrsnice.

Takođe je na osnovu snimaka utvrđena i prosečna brzina kretanja pešaka i ostalih učesnika saobraćaja kao i odnos između količine saobraćaja na glavnom i sporednom putu. Na osnovu ovih rezultata izvršen je i proračun vremenskih faza u radu semafora.

Upotreba IP kamere se u ovom projektu se pokazala opravdanom jer je bio potreban autonoman sistem sa ugrađenim lokalnim skladištem podataka i inteligentnom detekcijom pokreta koja je ugrađena direktno u kameru što nije moguće ostvariti sa klasičnim analognim sistemima video nadzora.

## 6. ZAKLJUČAK

Ubrzani rast tržišta opreme za video nadzor u par proteklih decenija doveo je do značajnog napretka u integraciji tehnologija iz IT sveta i tehnologija koje su korištene za razvoj opreme za video nadzor.

Najznačajnije dostignuće u tom napretku jeste razvoj cenovno pristupačnih IP kamera boljeg kvaliteta slike i značajno većih mogućnosti IP sistema video nadzora od tradicionalnih analognih CCTV sistema. Po istraživanjima tržišta 2013 godine od ukupno prodanih kamera za video nadzor 35% su bile IP kamere, sa značajnim trendom rasta i ubuduće.

U ovom radu dat je pregled tehnologija, opreme i karakteristika sistema IP video nadzora koji su od značaja za razumevanje i implementaciju tih sistema koji će u budućnosti izvesno ovladati tržištem.

Pokazano je da su u IP kamere ugrađeni inteligentni algoritmi koji omogućavaju raznovrsne reakcije na spoljašnje događaje u zavisnosti od odabranih akcija ili automatsko delovanje na osnovu analize slike.

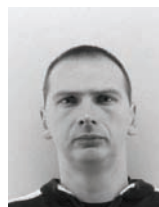
Takođe je utvrđeno da sistemi IP video nadzora iskorišćavaju već postojeće standardne tehnologije umrežavanja računara koje su široko zastupljene na tržištu te postoji velika raznovrsnost pri izboru same opreme.

Na kraju, prikazana je i praktična primena IP kamere u projektu istraživanja u saobraćaju koje bi pri datim uslovima bilo skoro nemoguće obaviti bez postojanja ovih tehnologija.

## 7. LITERATURA

- [1] Anthony C. Caputo, *Digital Video Surveillance and Security*, Published by Elsevier Inc, Burlington 2010.
- [2] Herman Kruegle, *CCTV Surveillance Analog and Digital Video Practices and Technology*, Published by Elsevier Inc, Burlington 2007.
- [3] Vivotek Inc., *IP Surveillance Handbook*, Taipei, Taiwan 2009.
- [4] Axis Communications, *Technical guide to network video*, Stockholm, Sweden 2009.
- [5] Vivotek Inc., *The Latest Advances in Megapixel Surveillance*, Taipei, Taiwan 2009.

## Kratka biografija:



**Vladimir Milović** rođen je u Novom Sadu 1974. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – telekomunikacije i obrada signala odbranio je 2014.god.



**Željko Trpovski** rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.



**ENERGETSKA EFIKASNOST U ELEKTROENERGETICI**
**ENERGY EFFICIENCY IN POWER ENGINEERING**

 Vladimir Lešić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratki sadržaj** – *Ovaj rad ima za cilj da prikaže značaj energetske efikasnosti u elektroenergetici, odnosno koliko je moguće unaprediti energetske efikasnosti primenom određenih mera u ovoj oblasti.*

**Abstract** – *The goal of this study was to indicate the importance of energy efficiency in Power Engineering, and how it is possible to improve energy efficiency by implementing certain measures in this area.*

**Ključne reči:** *Energetska efikasnost, elektroenergetika.*

**1. UVOD**

Energetska efikasnost je od suštinske važnosti za sve oblasti privrede i društva, kao i za očuvanje životne sredine. Dok štednja energije uvek podrazumeva određena odricanja od uobičajenih navika, efikasna upotreba energije vodi ka povećanju kvaliteta života, većoj konkurentnosti kompanija i privrede kao i energetske sigurnosti. Izvori energije koji su danas najviše u upotrebi počivaju na sagorevanju fosilnih goriva, a zalihe tih goriva imaju svoje granice pa ih je potrebno efikasije koristiti.

Kao podrška podizanja svesti o važnosti pojma energetske efikasnosti i dostizanju zacrtanih ciljeva propisane su mnoge preporuke, pravila, obaveze i zakoni koji uređuju ovu oblast, kao što su

- Zakon o energetske efikasnosti,
- Strategija energetske efikasnosti,
- Akcioni plan energetske efikasnosti,
- Program poboljšanja energetske efikasnosti.

Pored obaveza koje svaka država propisuje svojim zakonskim rešenjem, tokom prošlosti su promovisani i dobrovoljni programi koji su učesnicima donosili niz benefita.

Prema Evropskim istraživanjima najbolja strategija za napredak je kombinacija: informativnih kampanja, finansijskih podsticaja i regulativa.

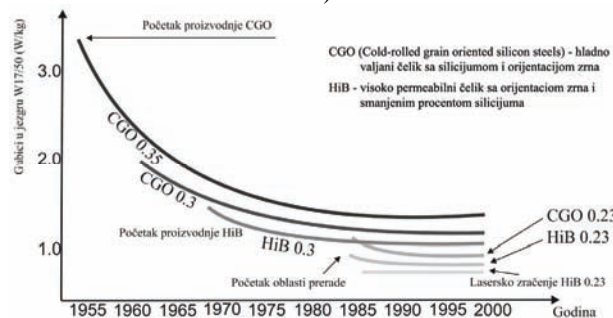
**2. ENERGETSKA EFIKASNOST TRANSFORMATORA**

Po nekim procenama trećina ukupnih gubitaka u prenosnim i distributivnim mrežama se javlja u transformatorima [1]. Najveći napredak u povećavanju energetske efikasnosti transformatora nastao je smanjivanjem gubitaka praznog hoda, a što je direktno povezano sa osobinama magnetnih materijala za jezgo transformatora. Na slici 1 prikazan je razvoj magnetnih čelika za jezgo sa aspekta gubitaka u jezgri transformatora.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Strahil Gušavac, docent.**

Oko 1900. godine, kao osnovni materijal za izradu jezgra transformatora koriste se toplo valjani čelik, dok se oko 1950. godine u upotrebu uvodi hladno valjani čelik sa silicijumom i orijentacijom zrna (*Cold-rolled grain oriented silicon steels* - 'CGO').



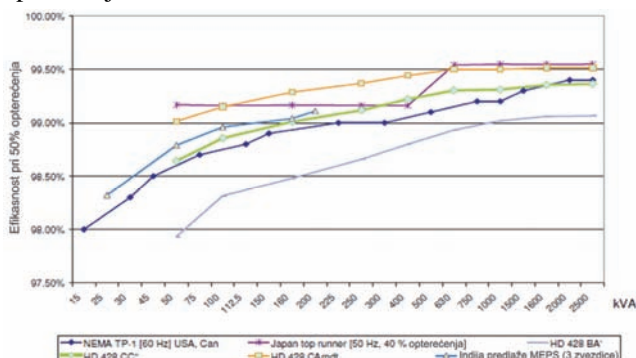
Slika 1. Zavisnost gubitaka u vrsti magnetnog čelika

Primena različitih metoda obrade i oblaganja kao i smanjenje procenta silicijuma doveli su do proizvodnje visoko permeabilnog čelika sa orijentacijom zrna („HiB“), i to je trenutno standard proizvodnje u Evropi.

U poslednje vreme se u korišćenje uvodi i amorfni čelik. Pored izbora čelika, za energetske efikasnosti bitni su i ostali konstruktivni delovi kao i kvalitet sečenja materijala, proizvodnja i sklapanje transformatora.

Standardi energetske efikasnosti se obično definišu za određeni nivo opterećenja transformatora.

Referentni standardi testiranja transformatora su standardi: NEMA TP-2 SAD-a [1] i međunarodni standard IEC 60076 [1]. Na slici 2 prikazano je poređenje međunarodnih standarda efikasnosti transformatora pri opterećenju od 50%.



Slika 2. Međunarodni standardi efikasnosti pri 50% opterećenja

Investiranje u energetske efikasne transformatore znači smanjenje gubitaka energije i smanjenje zagađenja životne sredine, čime se umanjuju troškovi eksploatacije i povećava profit. Uzimajući u obzir troškove tokom životnog veka transformatora (koji mogu višestruko da nadmaše nabavnu vrednost transformatora), kupovina energetske efikasne distributivne transformatora

predstavlja dobru ekonomsku investiciju, uprkos njihovoj višoj ceni.

U postrojenjima u kojima su još uvek u upotrebi stari transformatori, i koji imaju relativno niske gubitke nije ekonomično zamenjivati ih novim transformatorima (koji imaju niže gubitke) dokle god svoj posao rade ispravno. Međutim, ako postoje transformatori koji su predviđeni za zamenu (u kvaru) ili se rekonstruiše neko postrojenje u industriji, a obavezno pri projektovanju novih postrojenja, veoma bi bilo poželjno koristiti transformatore sa niskim gubicima.

### 3. ENERGETSKA EFIKASNOST ELEKTROMOTORNIH POGONA

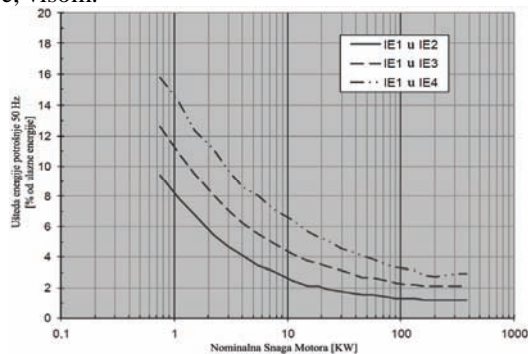
Elektromotorni pogoni čine oko 65% potrošnje električne energije u svetskoj industriji. Procenjeno je da primena motora visoke efikasnosti, u Evropskoj uniji može dovesti do uštede od preko 200 biliona kWh godišnje [2].

Efikasnost elektromotora podeljena je u četiri energetske klase IE1, IE2, IE3 i IE4 [3], pri čemu klasa IE4 predstavlja najefikasnije motore. Klasa IE1 elektromotora obuhvata motore efikasnosti do 87,6%, klasa IE2 od 89,8%, klasa IE3 od 91,4%, dok motori klase IE4 dostižu vrednosti efikasnosti i do 97,0%, naravno sve zavisi od snage konkretnog motora. Motori visoke efikasnosti su takođe i skuplji zbog višeg kvaliteta njihove izrade i troškova upotrebljenog materijala. Razlika u ceni između motora klase IE1 i IE2 je od oko 10% do 15%, odnosno između IE2 i IE3 dodatnih 10% do 15%.

Investicija kupovine motora je mala u poređenju sa eksploatacionim troškovima tokom životnog veka, koji iznose više od 90% ukupnih novčanih izdataka tokom životnog veka motora.

Vreme otplate dodatnih investicionih troškova vezanih za primenu motora visoke efikasnosti, može se lako ukupno proračunati uzimajući u obzir povećanu efikasnost motora, odnosno dobit od smanjenja eksploatacionih troškova a time i smanjenih troškova za energiju.

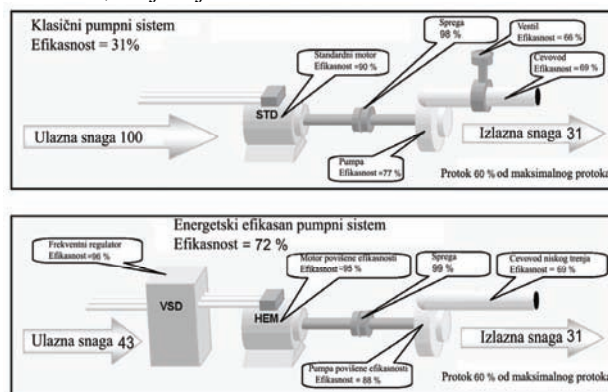
Dijagram na slici 3 ilustruje moguće uštede električne energije motora (u procentima) u zavisnosti od snage motora prilikom unapređenja motora niže energetske klase, višom.



Slika 3. Moguće uštede energije unapređenjima energetske klase elektromotora

Najveći prostor za uštedu električne energije postoji u pogonima promenljive brzine kao što su to na primer pumpe i ventilatori, u kojima se mogu primenjivati uređaji energetske elektronike za regulisanje brzine (frekventni regulatori) [3]. Na slici 4, data je ilustracija mogućih ušteda električne energije na pojedinim regulacija brzine. Ipak, prihvatanje elektromotornih

pogona visoke efikasnosti ograničeno je brojnim faktorima, uključujući i višu nabavnu cenu.



Slika 4. Upoređenje klasičnog elektromotornog pogona sa slučajem kada se vrši kontrola brzine primenom uređaja za kontrolu brzine

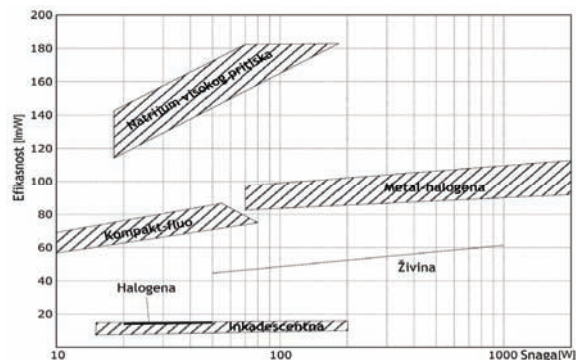
Takođe se postavlja i pitanje koliko je opravdano ulagati u energetska efikasnost u slučaju ekonomske krize, lošeg položaja industrije u našoj zemlji, odnosno trajne neizvesnosti postojanja potrebe za takvim proizvodnim pogonima.

### 4. OSVETLJENJE

Svetlosna iskoristivost izvora svetlosti definiše se kao odnos dobijenog svetlosnog fluksa i uložene električne snage:

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \text{ [lm/W]}, \quad \text{gde je : } \Phi \text{ svetlosni fluks u [lm],} \\ P \text{ električna snaga u [W].}$$

Svetlosna iskoristivost predstavlja meru koliko se efikasno električna energija pretvara u svetlost, pa predstavlja jedan od osnovnih parametara za ocenu ekonomičnosti sistema rasvete. Teoretski maksimum iskoristivosti, pri kojem se sva energija pretvara u vidljivu svetlost iznosi 683[lm/W], dok su u stvarnosti te vrednosti znatno manje, i iznose od 10 do 150 lm/W, što je za pojedine izvore svetlosti prikazano na slici 5 [4].



Slika 5. Efikasnost svetlosnih izvora

Iako izrazito neefikasne, inkadescentne sijalice su trenutno najrasprostanjeniji izvor svetlosti u svetu, a uprkos pozitivnim osobinama ovog tipa sijalica, donešena je odluka o njihovom povlačenju sa tržišta zemalja Evropske unije. To je oslobodilo prostor za prelazak na druge (efikasnije) svetlosne izvore. Razvoj tehnologije i povećavanje svesti o zaštiti životne sredine sve više favorizuje upotrebu fluokompaktnih sijalica sa integrisanom elektronskom prigušnicom (tzv. štedljive sijalice). Upotreba takvih sijalica odgovarajuće snage na

mesto standardnih sijalica, uz zadržavanje istih uslova osvetljenosti ostvaruje uštedu energije i do 80%.

Uštede tog, i višeg nivoa, mogu se ostvariti i drugim naprednijim tehnologijama rasvete. Jedina trenutno komercijalno dostupna alternativa fluokompaktnim sijalicama predstavljaju LED sijalice. Cena ovih sijalica iz dana u dan opada, dok im se tehničke karakteristike (na prvom mestu jačina svetlosti, kvalitet svetlosti, radni vek) konstantno unapređuju.

Osvetljenje spoljašnjih prostora (ulica i oblasti) vrši se dugi niz godina konvencionalnim načinima koji su najčešće nedovoljno energetske efikasni i sa često nedovoljnim učinkom osvetljenja za današnje standarde.

Ulaganja u LED rasvetu, koja je trenutno jedina alternativa konvencionalnom osvetljenju (živine i natrijumove sijalice), su još uvek na niskom nivou, pa proizvođači sijalica konstantno unapređuju njihove karakteristike. Na planu spoljašnjeg osvetljenja mnogo veće uštede se mogu ostvariti regulacijom osvetljenja (broj aktivnih svetiljki, smanjenje intenziteta svetlosti u dobu dana nakon ponoći...) nego sveobuhvatnim ulaganjem u kompletno nove sisteme. Naravno, da bilo kakva redukcija osvetljenja ne sme da dovede u pitanje bezbednost na ulicama, a koja je direktno podržana kvalitetom osvetljenja.

## 5. KLIMATIZACIJA

Klimatizacija obuhvata procese za: hlađenje, grejanje, ventilaciju ili dezinfekciju, koji menjaju neke od parametara vazduha. Rad klima uređaja je zasnovan na principu rada toplotne pumpe.

Sama energetska efikasnost uređaja direktno zavisi od efikasnosti kompresora, odnosno načina upravljanja njime. Najefikasniji tip klima uređaja predstavljaju oni koji u sebi imaju ugrađen inverter.

Za razliku od konvencionalnog klima uređaja, gde se vazduh uduvava punim kapacitetom (on/off regulacija) čak i kada je temperatura malo iznad ili malo ispod zadate, uređaj sa inverterom ima znatno više nivoa snaga kojima radi (brzina obrtaja kompresora) što je prikazano na slici 6. Broj obrtaja kompresora i spoljnog ventilatora se elektronski menja, pa se kontinualno uduvava neophodna količina vazduha, temperaturna odstupanja su manja a dobija se i do 30% ekonomičniji rad [5].



Slika 5. Razlike u radu konvencionalnih i invertorskih klima uređaja

## 6. OSTALI ELEKTRIČNI UREĐAJI U DOMAĆINSTVIMA

Odgovornim ponašanjem prilikom upotrebe uređaja u domaćinstvima, odnosno primenom pravila da ih treba isključivati kada nisu potrebni, mogu se ostvariti značajne uštede. Takođe, bitno je pri zameni starih i dotrajalih uređaja obratiti pažnju na deklarisanu potrošnju električne energije, tj. razred energetske efikasnosti novih uređaja. Veličina udela aparata u domaćinstvu (frižideri,

zamrzivači, veš mašine... kao i za pripremanje hrane: šporeti, rerne...) u ukupnoj potrošnji električne energije iznosi 35% i ukazuje na činjenicu da je još uvek u upotrebi veliki broj starih, energetske neefikasnih, električnih uređaja. Postoje istraživanja koja ukazuju da je moguće ostvariti značajne uštede električne energije, ukoliko se potrošači prilikom zamene ili kupovine novih uređaja odluče na kupovinu uređaja nove generacije, koji imaju veću nabavnu cenu ali zato troše manje električne energije tokom svog veka eksploatacije. Veća početna investicija u energetske efikasniji uređaj vraća se višestruko tokom životnog veka, ali samo pod uslovom da je primereno (potrebama) izvršen odabir uređaja po veličini i snazi.

Povećavanjem energetske efikasnosti uređaja troši se manje energije za isti ili čak veći dobijeni rad, a na taj način se ostvaruju kako energetske tako i novčane uštede. Energetske uštede su u direktnoj vezi sa smanjenjem emisije štetnih gasova jer se smanjuje i količina fosilnih goriva sagorelih tokom proizvodnje električne energije.

Energetski standardi propisuju minimalan nivo energetske efikasnosti koji proizvođači moraju da ispoštuju da bi mogli da plasiraju proizvode na tržište. Sve uređaje koji ne zadovoljavaju energetske standarde proizvođači moraju da modernizuju (prilagode) ili da za njih pronađu drugo tržište. Stoga su za uređaje u domaćinstvima uvedene energetske oznake uređaja koje informišu kupca o potrošnji energije, ceni i uticaju na okolinu. Standardizacija energetske oznake omogućila je kupcima da racionalnije donose odluke o odabiru uređaja na osnovu svih parametara. Prikaz takve oznake nalazi se na slici 6.

Pored same efikasnosti uređaja, za maksimalan učinak potrebno je i primenjivati savete za unapređivanje efikasnosti. Preporučljivo je izbegavanje upotrebe tzv. stand-by režima rada, jer suprotno opštem verovanju, gubici nastali u ovom režimu nisu zanemarljivi.



Slika 6. primer izgleda energetske oznake

## 7. UPRAVLJANJE POTROŠNJOM

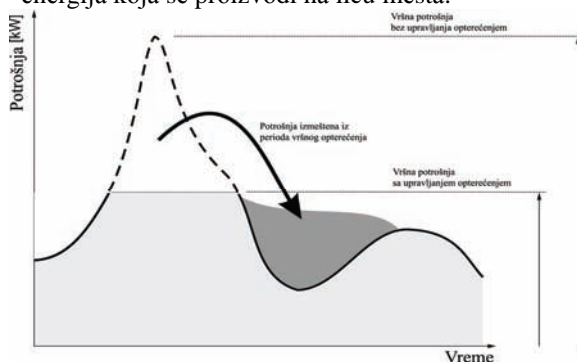
Kao deo prilagođavanja potrošnje i proizvodnje, distributivne kompanije stimulišu potrošače da smanje svoje potrebe za električnom energijom u doba vršne potrošnje. Postoje više strategija za ovo, zavisno od nivoa potrošnje i radnih zahteva, a to su :

1. Ograničavanje potrošnje - Distributivne kompanije ovo koriste kao stavku u ugovorima sa potrošačima da ograniče potrošnju u određenom periodu i u određenom iznosu. Ovo se najčešće koristi u najtoplijim i najhladnijim mesecima u godini kada su zahtevi za ventilacijom, hlađenjem i grejanjem



najizraženiji, a potrošnja struje najveća. Smanjenje potrošnje na ovaj način može biti problematično u stambenom i uslužnom sektoru jer mogu pogoršati uslove za korisnike ovih objekata. Industrijski potrošači se stoga pokazuju kao više zainteresovani za ovu vrstu programa uštede. Tada industrija može da isključi opterećenja koja im u tom trenutku nisu neophodna za proizvodnju.

2. Pomeranje potrošnje iz perioda vršnog opterećenja - Ovaj metod podrazumeva pomeranje potrošnje iz perioda vršnog opterećenja. Ideja je da se smanje troškovi za proizvedenu električnu energiju bez obzira što potrošnja ostaje praktično nepromenjena.
3. Planiranje rada potrošača - Ova strategija je opcija za kompanije koje mogu imati korist od nižih stopa troškova za sve procese kojima vreme dana nije kritično u pogledu njihovog odvijanja.
4. Proizvodnja dodatne energije na licu mesta - Korišćenje generatora za napajanje energijom poboljšava sliku, pružajući potrebnu energiju za vreme vršnog opterećenja. Automatizovani kontrolni sistemi mogu biti konfigurisani da upravljaju proizvodnjom energije u skladu sa potrebama koje su u tom trenutku. Kada se energija isporučuje spolja ona je skuplja nego energija koja se proizvodi na licu mesta.



Slika 7. Primer strategije upravljanja opterećenjem

## 8. KOMPENZACIJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Kompensacija električne energije (snage) predstavlja niz aktivnosti koje se sprovode upravljanjem proizvodnjom i potrošnjom reaktivnih snaga, kako bi se realizovale bolje tehničke i ekonomske karakteristike eksploatacije elektroenergetskog sistema. Dobro upravljanje potrošnjom reaktivne energije donosi ekonomske koristi. Instalisanje kondenzatora za korekciju faktora snage omogućava potrošaču da smanji račun, odnosno da održava nivo reaktivnih snaga ispod vrednosti koje se tarifiraju.

## 9. ZAKLJUČAK

Ulaganje u energetska efikasnost u svim oblastima predstavlja najjeftiniji način obezbeđivanja energetske sigurnosti i zaštite životne sredine. To se u našoj zemlji trenutno ne može postići u jednakoj meri u svim oblastima, pa se zbog ekonomske neopravdanosti ne mogu očekivati značajne uštede zamenom postojećih transformatora (osim pri izgradnji novih pogona), kao ni zamenom elektromotora i elektromotornih pogona zbog trenutno loše situacije naše privrede i industrije. Srbija danas ima najniži stepen energetske efikasnosti u Evropi. Države zapadne Evrope godišnje potroše manje

od 90 kWh/m<sup>2</sup>, dok u našoj zemlji potrošnja energije iznosi od 150 do 180 kWh/m<sup>2</sup>. Specifična potrošnja toplotne energije u grejnoj sezoni u Danskoj je 96 kWh/m<sup>2</sup>, dok u Srbiji potrošnja energije u poslovnim prostorima i zgradama iznosi 228 kWh/m<sup>2</sup>, dok je u privatnim kućama i veća. Štednja energije je neophodna, jer Srbija u nekim oblastima troši i do pet puta više primarne energije po jedinici bruto društvenog proizvoda nego razvijene zemlje. Srbija je, kao i mnoge druge zemlje, primenom pravilnika o energetske efikasnosti objekata uvela instituciju „energetskog pasoša“, a sve u cilju da bi se imao uvid u stanje potrošnje energije objekata na godišnjem nivou. Energetski pasoši bi takođe trebalo da pomognu očuvanje životne sredine i omoguću uštedu energije. Zamena postojećeg unutrašnjeg osvetljenja efikasnijim, može da donese značajne uštede. Iznos očekivanih ušteda je i do 80% uz zadržavanje istih, ili čak boljih, uslova osvetljenosti. Efikasnije spoljašnje osvetljenje najčešće ne donosi toliko velike energetske uštede (ne više od 50%). Obzirom na visok udeo potrošnje energije uređaja u domaćinstvima (u odnosu na ukupnu potrošnju), sukcesivnom zamenom postojećih uređaja efikasnijim mogu se očekivati značajne uštede energije. Zbog najnižeg stepena energetske efikasnosti u Evropi, Srbija mora da sprovede sveobuhvatne mere unapređenja efikasnosti, jer ovakav režim nije održiv na dugi rok i direktno negativno utiče na ekologiju u regionu. Emisija gasova „staklene bašte“ (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>...) stvorenih sagorevanjem fosilnih goriva, je trenutno najviše zabrinjavajuća tema životne sredine. Nakon potpisivanja Kyoto protokola 1997. godine EU se obavezala da u periodu od 2008. do 2012. dodatno smanji ukupnu emisiju gasova za 8% u odnosu na 1990. godinu a nakon toga i više u cilju ostvarenja dugoročnih ciljeva. U Srbiji je ovo nemoguće ostvariti bez ozbiljnih napora u svim sferama ekonomije i privrede, uključujući i proizvodnju, prenos, i distribuciju električne energije kao i način na koji se ona troši.

## 10. LITERATURA

- [1] Roman Targosz, *The potential for global energy savings from high efficiency distribution transformers*, European Copper Institute, 2005 Brussels.
- [2] Hans De Keulenaer, *Energy Efficient Motor Driven Systems*, European Copper Institute, 2004, Brussels, Belgium.
- [3] \*\*\*, *IEC 60034-31: Rotating electrical machines - Part 31: Selection of energy-efficient motors including variable speed applications - Application guide*, International Electrotechnical Commission, 2009, Geneva.
- [4] Miomir Kostić, *Vodič kroz svet tehnike osvetljenja*, Minel-Schreder, 2000, Beograd.
- [5] <http://www.efikasnost.org/>  
<http://www.klimauredjaji.com/>

### Kratka biografija:



**Vladimir Lešić** rođen je u Novom Sadu 1982. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektroenergetike odbranio je 2014. god.





ANDROID LOKACIJSKO BAZIRANI SERVISI ZA PODRŠKU JAVNOM PREVOZU

ANDROID LOCATION-BASED SERVICES FOR PUBLIC TRANSPORT

Ognjen Stanić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Ovaj članak opisuje rešenje koje pruža lokacijsko bazirane informacije za podršku korišćenju usluga javnog prevoza, a zasnovano je na klijentskoj Android platformi i veb servisu na Heroku računaru u oblaku. Navedene su korišćene tehnologije i zahtevi korisnika, opisana je arhitektura i dizajn rešenja, prikazan primer upotrebe i dat zaključak o autorovom iskustvu prilikom rešavanja početnog problema.

**Abstract** – This article describes a solution supplying location-based informations for purposes of public transport. The solution is based on a client Android application and a web service on Heroku cloud computer. The article mentions utilized technologies and user requirements. It describes architecture and design of the solution, it shows one example of usage, and it gives a conclusion on author's experience on solving an initial problem.

**Cljučne reči:** *Android, Heroku, lokacijsko-bazirani servis, GIS, javni prevoz, Gugl Mape API veb servis, Panoramio API*

**1. UVOD**

Gugl je 2005. godine objavio veb aplikacije i servise Mape (orig. Maps) čime je geografski informacioni sistem (GIS) postao svakodnevnica svima, a ne privilegija nekima kako je to bilo od kraja 60-ih godina prošlog veka. Stalnim razvojem Mapa, pratećih APIja kao i pojavom Android platforme, klasa GIS aplikacija dobila je još veće mogućnosti i višestruku primenu. Kako su Android uređaji od svojih prvih generacija sposobni da utvrde svoju lokaciju sa manjom ili većom preciznošću, postali su popularna platforma za razvoj pomenutih aplikacija. Neke od osnovnih namena ove klase aplikacija jesu dobijanje informacija o lokaciji ili njenom okruženju na tlu Zemlje kao i dobijanje informacija o putanjama za stizanje od zadatog ishodišta do zadatog odredišta. Tako je moguće dobiti uputstva (engl. *directions*) za stizanje vozilom, peške, biciklom, trajektom ili javnim prevozom do bilo koje dostupne lokacije. Servis uputstava za prevoz vozilom ili hodanjem peške je veoma dobro podržan za sve razvijene i manje razvijene delove sveta, dok podrška za javni prevoz nije dostupna u većini država u razvoju među kojima je i Srbija.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red.prof.**

Na tržištu Android aplikacija ukoliko se posmatra jedini zvanični izvor aplikacija Android Market, postoji nekoliko aplikacija koje pružaju informacije o putovanju javnim prevozom u većim gradovima u Srbiji. Te aplikacije su *ViPutnik*, *Bus NS* i *PlanPlus*. Nedostaci ovih rešenja poput nedostataka u funkcionalnosti, izostanka prikladnih elemenata grafičkog korisničkog interfejsa, prenatrpanosti ili prevelike složenosti korisničkog interfejsa, nepotpunog ili suvišnog skupa informacija, predstavili su šansu za ostvarenje aplikacije koja ispravljala ove nedostatke, a koja je tema ovog diplomskog-master rada. Glavni zadatak aplikacije jeste pružanje informacija korisniku o stizanju vozilom javnog gradskog prevoza od početne (ishodišne) do krajnje (odredišne) geografske tačke ili adrese na način koji je prikladan upotrebi u pokretu i žurbi na ulici. Nekoliko sporednih funkcionalnosti koje nudi aplikacija su u službi glavnog zadatka.

**2. LOKACIJSKO BAZIRANI SERVISI I TEHNOLOGIJE**

U ovom poglavlju su predočeni neki od osnovnih pojmova iz oblasti geografskih informacionih sistema, dok su u nastavku navedene korišćene tehnologije. *Geografski informacioni sistem (GIS)* je sistem namenjen preuzimanju, čuvanju, manipulisanju, analiziranju, upravljanju i prezentovanju raznih vrsta geografskih podataka u cilju podrške donošenju odluka. *Globalni pozicioni sistem (GPS)* je u svemiru bazirani sistem koji šalje vrlo precizne radio signale o lokaciji, datumu i vremenu prijemniku na Zemlji. Neophodnost za rad sistema jeste da zamišljene prave koje spajaju prijemnik sa minimalno četiri satelita iz Zemljine orbite nisu ispresecane fizičkim preprekama. Atmosferske prilike nisu prepreka za rad sistema.

*Lokalni pozicioni sistem (LPS)* je sistem za navođenje koji pruža informacije o lokaciji zasnovan na sličnoj ideji kao GPS. Razlika je što LPS nema globalnu već lokalnu pokrivenost. Tako, umesto satelita kao referentnih tačaka u procesu otkrivanja lokacije koriste se tri bazne stanice telekomunikacionog provajdera, radio odašiljači ili pristupne tačke bežičnih mreža (engl. *Wi-Fi*). Ta osobenost omogućava ovoj vrsti servisa široku primenu, znatno širu nego GPS. Ovaj sistem dobijanja informacija o lokaciji koriste uređaji bez GPS antene ili lokatora. On daje zadovoljavajuće performanse za većinu primena iako je manje precizan od GPS-a, ali pritom znatno štedi energiju baterije kod mobilnih uređaja. Ovaj sistem, za razliku od GPS-a, radi i u zatvorenim prostorijama, tj. tamo gde ne postoji optička vidljivost sa referentnim tačkama. Algoritmi za određivanja lokacije mogu biti

zasnovani na algoritmima: triangulacije [1], trilateracije [2] i multilateracije [3].

*Lokacijsko-bazirani servisi (LBS)* je pojam novijeg datuma i denotira aplikacije koje integrišu geografske koordinate i opštu predstavu o servisima [4]. Primeri takvih aplikacija uključuju: servise za hitne slučajeve, sisteme za navođenje automobila, planiranje turističkih obilazaka, dostavljanje informacija o tzv. „žutim stranama“ uz oslonac na geografske mape i sl. *Geokodiranje* je proces prevođenja uličnih adresa ili poštanskih brojeva u geografske koordinate. Koordinate su često date u formi geografske širine i geografske dužine i iskazane u stepenima.

### 2.1. Korišćene tehnologije

Pored platformi Android i Heroku korišćenih za izradu klijentskog i serverskog dela rešenja, upotrebljene su još sledeće softverske biblioteke:

-Gugl mape za Android API (Google Maps Android API v2) – sastavni su deo biblioteke Gugl plej usluge (Google Play services),

-Gugl Džison (Google Gson) – biblioteka otvorenog koda za prevođenje JSON HTTP odgovora u Java objekte, i

-ShowcaseView autora Aleksa Kurana (Alex Curran) – biblioteka za prikaz ekrana pomoći za Android platformu.

Uz ove tehnologije, korišćeni su i lokacijsko bazirani veb servisi kompanije Gugl koji su deo Map APIja:

-Mesta API (Places API) – dobijanje informacija o objektima sa mape za upit po imenu objekta,

-Uputstva API (Directions API) – uputstva korak-po-korak za stizanje do odredišta,

-Geokodiranje API (Geocoding API) – dobijanje geografskih koordinata za zadati objekat sa mape, i

-Panoramio API (Panoramio API) – preuzimanje fotografija sa geografskim odrednicama.

### 3. KORISNIČKI ZAHTEVI

Intervjuisanjem budućih korisnika proizašao je veliki deo zahteva za realizaciju aplikacije. Baza korisničkih zahteva je filtrirana i analizirana te su dobijeni zahtevi koje aplikacija treba da omogući. Pored zahteva dobijenih iz intervjuja, deo zahteva je prikupljen i otkriven analizom znanja iz oblasti javnog gradskog prevoza i postojećih softverskih rešenja za davanje podrške korišćenju usluga javnog gradskog prevoza.

Korisnici su se izjasnili da prevashodno zahtevaju aplikaciju koja će im omogućiti da na brz i intuitivan način dobiju informacije kako da stignu do odredišta korišćenjem usluga javnog gradskog prevoza. Pored toga, korisnici zahtevaju GUI koji se oslanja na geografsku mapu. Korisnici ne žele GUI koji se zasniva isključivo na tabelama redova vožnje, kaskadnim menijima ili čarobnjacima preko kojih dobijaju informacije o stizanju do odredišne lokacije.

### 4. ARHITEKTURA I DIZAJN REŠENJA

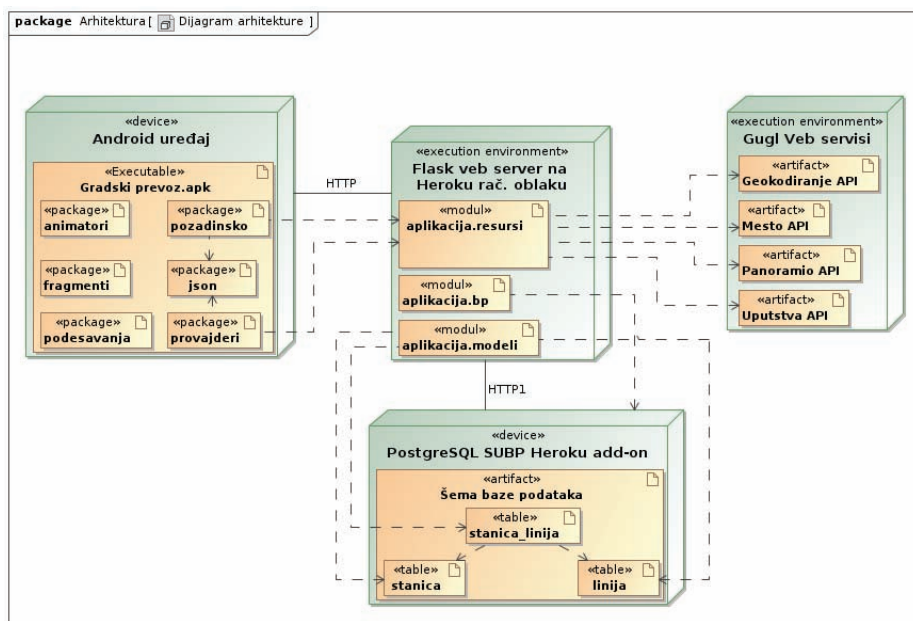
Rešenje je zasnovano na troslojnoj klijent-server arhitekturi prikazanoj na Slici 1. Klijentski deo predstavlja Android aplikacija. Kako je bio cilj da se aplikacija izvršava na što većem broju klijenata odnosno da aplikacija ima visoku kompatibilnost, aplikacija ne poseduje skladište podataka niti vrši komplikovane proračune te su za njeno izvršavanje dovoljni i tanki Android klijenti. Za pribavljanje podataka klijent se obraća veb servisu u Heroku računarskom oblaku slanjem GET i POST HTTP zahteva. Veb servis je zasnovan na Gjunikorn veb serveru i Flask radnom okviru lake kategorije koji vrši rutiranje zahteva ka traženim resursima. Organizacija klijenta i veb servisa ispunjava zahteve REST arhitektonskog stila, a to su:

-Razdvajanje nadležnosti (engl. *separation of concerns*) – klijent i veb servis su jasno razdvojeni; klijent nije zadužen za čuvanje podataka.

-Svaki zahtev ka veb servisu je nezavisan od prethodnog.

-Slojevit sistem – klijent ne može da utvrdi da li komunicira direktno sa krajnjim ili sa posredničkim serverom.

-Uniforman interfejs – što je temelj dizajna REST arhitektonskog stila. Svi resursi bivaju identifikovani



Slika 1. Dijagram arhitekture rešenja

jednoznačno iz parametara HTTP zahteva. Isti resurs može imati više reprezentacija. U ovom rešenju, svi zatraženi resursi su poslani klijentu u formi JSON odgovora.

#### 4.1. Klijentski deo rešenja

Klijentska aplikacija zasnovana je na izdanju 11 Android platforme (Honeycomb). Aplikacija se sastoji iz sledećih paketa-modula:

-*animatori* – sadrži statičke klase sa statičkim metodama koje pružaju usluge animacije obeleživača, krugova i poligonalnih linija prikazanih na Gugl mapi.

-*fragmenti* – sadrži klase zadužene za prikaz grafičkog korisničkog interfejsa.

-*json* – sadrži klase za mapiranje HTTP odgovora servera u JSON formatu na Java objekte.

-podesavanja – sadrži klase koje prikazuju ekran podešavanja i pojedinačne stavke.

-pozadinsko – sadrži klase koje asinhrono, na drugoj niti od niti grafičkog interfejsa, komuniciraju sa serverom.

-provajderi – sadrži klase koje snabdeavaju sadržajem različite elemente grafičkog interfejsa.

Klasa `GlavnaAktivnost` je ulazna tačka aplikacije. Ona prikazuje glavni ekran i implementira sve osluškivače događaja. Dizajn ove klase je monolitski usled implementacije ukupno 27 metoda koje odgovaraju na događaje grafičkog interfejsa ili na događaje operativnog sistema. Ovakav način je poželjan i preporučan prilikom dizajna klase naslednica `Activity` klase. Za razliku od principa dizajna i programskih idioma preporučenih kod programiranja softverskih rešenja za personalne računare, Android platforma dozvoljava da klasa implementira više interfejsa i bude reda veličine 1000 linija izvornog kôda. To je uslovljeno posebnostima uređaja koji su po pravilu relativno skromnih resursa i ograničenog, baterijskog, napajanja, a sve u cilju efikasnijeg izvršavanja aplikacija. Iako je povećan *coupling* takvim dizajnom na nivou content *coupling*-a usled zajedničkih promenljivih modula-klasa, kohezija je visoka jer sve metode rade sa istim promenljivama i konstantama pa je time stvorena poželjna komunikaciona kohezija (engl. *communication cohesion*). Komunikacija sa serverom se odvija pozadinskim nitima. To je preporučeni način za sve neodređeno trajne ili relativno dugotrajne nizove instrukcija. Tako, glavna nit zadužena za iscertavanje korisničkog interfejsa nije blokirana i frejmovi u prikazu nisu izgubljeni. U aplikaciji se razlikuju dve vrste pozadinskih niti po elementima korisničkog interfejsa – vidžetima (engl. *widget*):

-niti klase naslednice `AsyncTask`-a [4] koje dodaju i izmenjuju obeleživače, poligonalne linije i kružnice na `GoogleMap`, i

-niti klase naslednice `ContentProvider`-a koje popunjavaju `ListView` vidžete podacima.

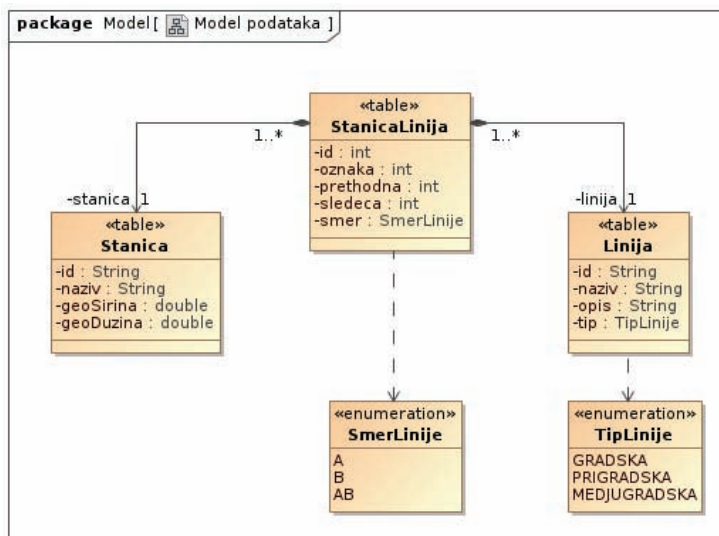
#### 4.2. Serverski deo rešenja

Serverski deo rešenja predstavlja veb servis izrađen na Pajton programskom jeziku (izdanje 2.7) za Heroku platformu. Komunikacija klijenta sa veb servisom se oslanja na REST poruke. Veb servis je izgrađen na Flask radnom okviru lake kategorije. Flask je zadužen za preusmeravanje pristiglih zahteva ka odgovarajućim resurs modulima na obradu. Svi resurs moduli međusobno nisu spregnuti i imaju visoku koheziju. Komunikacija sa bazom podataka odvija se preko biblioteke za objektno-relaciono mapiranje `Eskjelalhem` (`SQLAlchemy`).

Moduli koji su sastavni delovi ovog veb servisa su: `aplikacija` – zadužen za inicijalizaciju Flask veb servera, definisanje putanja do resursa i definisanje metoda delegiranih za obradu prosleđenih zahteva, `aplikacija.resursi` – skup modula sa visokom kohezijom; definišu za svoj resurs način obrade zahteva, `aplikacija.bp` – zadužen za otvaranje sesije kao i spremanje podataka za upis u bazu podataka, i

`aplikacija.modeli` – skup klasa zaduženih za mapiranje objekata na tabele.

Šemu baze podataka čine tri tabele: `stanica`, `linija` i `stanica_linija`. Za kreiranje šeme baze podataka i upis podataka u nju korišćene su entitetske klase koje mapiraju



Slika 2. Dijagram entitetskih klasa

obeležja i relacije pomenutih tabela. Dijagramom klase sa Slike 2. modelovane su entitetske klase i relacije među njima.

Klase sa Slike 2. modeluju javni gradski prevoz sa sledećim principima:

Svaka stanica može biti stajalište za više linija. Svaka linija poseduje više stajališta (stanica). Teritorijalno linije mogu saobraćati: u okviru grada, do prigradskih naselja ili do drugih gradova. Svaka linija ima dva smera kretanja, referentno nazvanih A i B.

Svaka stanica pripada jednom od ta dva smera kretanja, osim kružnih stanica kod kojih se završava vožnja u jednom smeru i nastavlja u drugom. Te stanice imaju smer AB.

Svaka stanica ima svoju referentnu oznaku za određenu liniju.

Svaka stanica određene linije ima svoju prethodnu i svoju sledeću stanicu pri kretanju vozila u određenom smeru.

#### 5. UPOTREBA

Osnovna namena aplikacije jeste pružanje informacija korisniku kako da stigne od početne do krajnje tačke upotrebom linija javnog gradskog prevoza. Način predstavljanja tih informacija je kombinacija vizualnih i tekstualnih elemenata GUI-ja kao što je prikazano na Slici 3. Pored pretrage direktnih uputstava za stizanje od ishodišne do određene adrese, aplikacija nudi još:

- pregled svih dostupnih linija javnog gradskog preduzeća.
- pregled svih stanica koje su u sastavu određene linije - njihove lokacije i nazivi,
- pregled geografski označenih fotografija (engl. *geotagged photographs*) iz okoline određene adrese,
- detaljno zadavanje ishodišne i određene adrese, za koje se vrši pretraga uputstava,



-objedinjenu pretragu sa instant predlozima adresa, ulica, restorana, hotela i drugih zdanja, zajedno sa predlozima memorisanim iz prethodnih unosa, -podešavanja: vizuelnog prikaza, načina pretrage upu-tstava, korisnikove privatnosti, i -prikazivanje ekrana pomoći pri rukovanju aplikacijom.

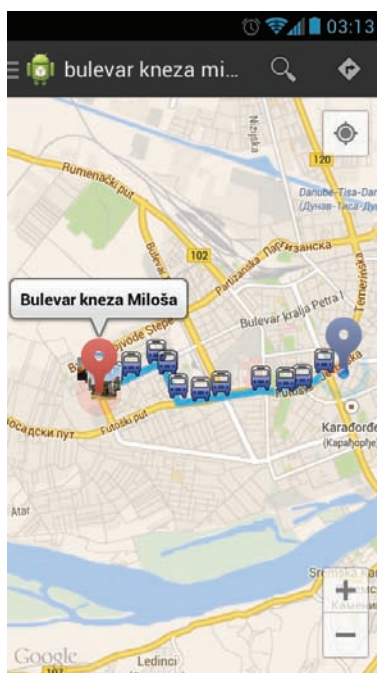
## 6. ZAKLJUČAK

Problem rešavanja geoinformacionog sistema za podršku javnom gradskom prevozu pokazao je da na tržištu softverskih platformi, softverskih proizvoda i veb servisa postoji dovoljno tehnologija koje rešavaju postavljene zahteve. Dostupnost veb servisa Gugl mape API i njegova upotrebljivost pokazali su se sasvim prikladnim za rešavanje glavnih korisničkih zahteva: pretraga ulica i zdanja, automatsko dovršavanje pretrage, dobijanje uputstava za stizanje motornim vozilom ili pešice između dve geografske lokacije i reverzibilno geokodiranje (tj. dobijanje adrese neke geografske lokacije). Ograničenja koja nudi ovaj veb servis pri besplatnom korišćenju dovoljna su za istraživačke svrhe. Veći broj klijenata aplikacije, a samim tim i veb servisa na koji je oslonjena, brzo bi prebacio učtivu granicu i učinio je neraspoloživom.

Heroku platforma za razvoj veb servisa pokazala se kao rešenje koje u potpunosti izlazi u susret problemima ove namene. Neograničena raspoloživost jediničnog računarskog resursa kao i ustupanje sasvim dovoljnog kapaciteta Postgreskjuel SUBP-a obezbedili su hardversku infrastrukturu za realizaciju veb servisa. Pajton programsko okruženje sa modulima za slanje HTTP zahteva, za objektno-relaciono mapiranje kao i za parsiranje JSON i KML fajlova (geografski podaci o stanicama gradskog prevoza) omogućilo je realizaciju svih funkcionalnih zahteva veb servera. Minimalizam samog programskog jezika učinio je da kompletno rešenje veb servisa broji svega 615 linija izvornog kôda, ne uračunavajući komentare niti prazne linije.

Android platforma od svojih početaka ima podršku za lokacijsko bazirane servise. Gugl Plej usluge i njihov deo Gugl Mape za Android pružile su odličnu bazu za razvoj aplikacija ove namene. Savršeno uklopljeni elementi za Android GUI iz te biblioteke: MapFragment i njegova varijanta za starija izdanja Androida SupportMapFragment omogućili su prikaz mape identičnog kvaliteta onoj iz veb aplikacije Gugl mape.

Dodavanje i animacija grafičkih elementa kao i manipulacija kamerom mape omogućili su intuitivan i



Slika 3. Primer upotrebe aplikacije

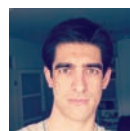
informativan korisnički interfejs kao potporu jednoj od najpoznatijih preporuka dizajna GUI-ja da „slika govori više od hiljadu reči“. Takođe, dostupnost velikog broja osluškivača događaja kako mape tako i elemenata na njoj omogućila je primenu direktne manipulacije kao univerzalno prihvaćenog rešenja za zadavanje ulaznih podataka aplikaciji. Veb servis Panoramio koji je moguće koristiti bez ograničenja na broj odgovorenih zahteva, dodao je višu upotrebnu vrednost aplikaciji sa prikazom fotografija okoline. Ove fotografije mogu biti od velike pomoći korisnicima koji se prvi put sreću sa ovom sredinom.

Dalji pravci razvoja prezentovanog rešenja su vezani između ostalog za realizaciju „uličnog pogleda od 360°“. Mogućnost silaska kamere na ulicu i prikaza kontinuiranih diskretnih slika ulice ukomponovanih u jednu okružujuću bešavno spojenu sliku, bi na veoma intuitivan način pomoglo korisniku prilikom orijentacije u nepoznatoj sredini. Implementacija ove mogućnosti zavisi isključivo od servisa koji bi ponudio fotografije ulica. Kako jedini dostupan servis te namene, Guglov Prikaz slike ulice (Google Street View Image API) još uvek nema dostupne fotografije za Srbiju, on trenutno nije upotrebljiv. Ipak, dostupnost ovih fotografija za Srbiju treba očekivati ove godine za Beograd i druga mesta<sup>1</sup>.

## 7. LITERATURA

- [1] L.M. Surhone, M.T. Timpledon, S.F. Marseken, „*Triangulation: Trigonometry, Geometry, Surveying, Willebrord Snellius, Resection (orientation), Global Navigation Satellite System, Coordinate System, Curvature*“, Saarbrücken, Betascript Publishing, 2010
- [2] Encyclopaedia Britannica, „Trilateration measurement“, <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/605329/trilateration>, Definicija i opis pojma trilateracije
- [3] Wang Lei, Yuntao Liu, Xiaohui Xu, Xiaopeng Wang, „*WSN Multilateration algorithm based on landweber iteration*“, Beijing, Electronic Measurement & Instruments ICEMI '09. 9th International Conference, 2009
- [4] Jochen Schiller, Agnès Voisard, „*Location-Based Services*“, San Francisco, Elsevier, 2004, pp. 11
- [5] Android Developers, „AsyncTask“, <http://developer.android.com/guide/components/processes-and-threads.html>, Članak o procesima i nitima na Android platformi

### Kratka biografija:



**Ognjen Stanić** rođen je u Bačkoj Palanci 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke i informatika odbranio je 2014.god.

<sup>1</sup>[http://www.rtv.rs/sr\\_ci/drustvo/google-street-view-uskoro-u-srbiji\\_429815.html](http://www.rtv.rs/sr_ci/drustvo/google-street-view-uskoro-u-srbiji_429815.html)



**PRORAČUN PODEŠENJA PREKOSTRUIJNE I DISTANTNE ZAŠTITE****CALCULATION OF SETTINGS FOR OVERCURRENT AND DISTANCE PROTECTION**Veljko Rudan, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je urađen proračun podešenja prekostrujne i distantne zaštite. Date su osnovne relacije i objašnjena prekostrujne i distantne zaštite. Dati su potrebni podaci potrebni za ispravno podešenje i funkcionisanje relejne zaštite. Na primerima je pokazano kako da se tačno podesi prekostrujna i distantna zaštita da bi se imalo ispravno delovanje relejne zaštite.

**Abstract** – This paper deals with calculation of overcurrent and distance protection setting. It provides basic relations and explanations of overcurrent and distance relay protection. Also, it provides the necessary data required for proper setting and operation of power system protection. Paper provides examples that show how to set properly the overcurrent and a distance protection in order provide proper action of relay protection.

**Gljučne riječi:** *distantna zaštita, prekostrujna zaštita, relejna zaštita*

**1. UVOD**

Električna energija predstavlja osnovni vid energije i preduslov razvoja privrede svake zemlje. U savremenim elektrodistributivnim preduzećima evidentan je stalni porast, potreba za što kvalitetnijom i sigurnijom isporukom električne energije potrošačima, što zahteva kvalitetnu distributivnu mrežu, tj. mrežu sa kvalitetnim naponima i malim gubicima energije, sa malim brojem kvarova i ispada opreme, veliku ulogu u sprovođenju ovih zahteva ima relajna zaštita.

U ovom radu se govori o zaštiti vodova u distributivnim mrežama. Za zaštitu vodova se koriste sledeće vrste zaštita [1,2]:

1. prekostrujna,
2. distantna,
3. diferencijalna i
4. osigurač.

U drugom poglavlju rada napisano je uopšteno o relejnoj zaštiti, ulozi relejne zaštite u elektroenergetici i podeli releja. Treće poglavlje govori o zaštiti mreža pomoću relejne zaštite, kriterijumima relejne zaštite mreža, osetljivosti relejne zaštite i efikasnosti relejne zaštite.

Četvrto poglavlje je posvećeno prekostrujnoj zaštiti – faznoj prekostrujnoj zaštiti i zemljospojnoj prekostrujnoj zaštiti, kriterijumima za trofazne mreže sa ili bez neutral-

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji je mentor dr Duško Bekut, red.prof.**

nog provodnika. U petom poglavlju je obrađena pofazna distantna zaštita. U šestom poglavlju je dat primer podešenja distantne i prekostrujne zaštite za izabrani dio mreže. U sedmom i osmom poglavlju su dati zaključak i navedena literatura korišćena za pisanje ovog rada.

**2. ULOGA RELEJNE ZAŠTITE**

Da bi elektroenergetski sistem mogao da funkcioniše potrebno je obezbediti zaštitu svih njegovih elemenata i zaštitu pojedinih celina u okviru elektroenergetskog sistema od kvarova. Upravo zaštita celokupnog elektroenergetskog sistema od kvarova se ostvaruje relejnom zaštitom.

Zaštita elektroenergetskih sistema se vrši od nenormalnih stanja:

1. Stanja sa kvarom (kvarovima) i
2. Opasnih pogonskih stanja.

Napred pomenuta stanja predstavljaju stanja u kojima “parametri” (napon, struja, frekvencija, itd) izlaze iz okvira stanja predviđenih projektima i konstrukcijom elektroenergetskog sistema (normalna radna stanja).

Pred relejnu zaštitu se postavlja nekoliko opštih zahteva:

1. Selektivnost
2. Brzina reagovanja
3. Pouzdanost i sigurnost
4. Osetljivost
5. Brzina reagovanja

**3. RELEJI I OSETLJIVOST RELEJNE ZAŠTITE**

Za zaštitu vodova u distributivnim mrežama se posmatraju sledeći tipovi releja:

**1. Strujni releji (Current relays):**

- 50 – trenutni prekostrujni releji,
- 51 – prekostrujni releji sa vremenskom zadržkom,
- 50N – trenutni zemljospojni releji i
- 51N – vremenski zemljospojni prekostrujni releji.

**2. Usmereni prekostrujni releji (Directional overcurrent relays):**

- 67 – usmereni fazni prekostrujni releji i

- 67N – usmereni zemljospojni prekostrujni releji.

### 3. Distantni releji (Distance relays):

- 21 – fazni distantni releji i
- 21N – zemljospojni distantni releji.

## 4. PREKOSTRUJNA ZAŠTITA

Selektivnost zaštite se postiže vremenskim i strujnim podešavanjem zaštite. Pošto su distributivne mreže radijalne nije teško i vizuelno prikazati put za podešavanje prekostrujne zaštite. Pri podešavanju zaštite uvek se kreće od krajnjih ka zaštitama koje su bliže izvoru napajanja radijalne mreže (to je po pravilu transformator odnosa transformacije 110/x kV/kV, pri čemu je x= 35 kV, 20 kV i 10 kV). Stepen vremenske selektivnosti se mora postići između parova zaštite (svake dve na red postavljene zaštite) i on iznosi od 0.25s do 0.5s kod statičkih i elektromehaničkih releja, a od 0.6s do 0.8s ako je zahteva koordinacija u odnosu na primarni okidač.

Posle vremenskog podešavanja zaštite treba da se odradi strujno podešavanje releja te zaštite. Podešavanje releja se bira na osnovu sledećeg izraza:

$$I_{\text{podešavanja}} = \frac{k_{\text{sigurnosti}} * k_{\text{spoja}} * I_{\text{pogonsko maksimalna}}}{a * p_i}, \quad (4.1)$$

pri čemu je:

$k_{\text{sigurnosti}}$  – koeficijent sigurnosti od 1.1 do 1.2,  
 $k_{\text{spoja}}$  – koeficijent spoja releja na strujne transformatore (kod spoja na fazne struje vrednost ovoga koeficijenta je 1, a kod spoja na razliku struja dva transformatora je  $\sqrt{3}$ ),  
 a – koeficijent otpuštanja releja (od 0.85 do 0.95) i  
 $p_i$  – odnos transformacije strujnih transformatora za koji je vezan relej.

Podešenje prekostrujne zaštite je izračunato u programskom jeziku C++.

## 5. POFAZNA DISTANTNA ZAŠTITA

### 5.1. Prvi stepen distantne zaštite (21P1)

Impedantno podešavanje prvog stepena distantne zaštite mora biti manje od impedanse voda koji se štiti, jer bi u suprotnom moglo da dođe do delovanja te zaštite i pri kvarovima na susednim vodovima. Prvi stepen distantne zaštite se podešava tako da se štiti od 80% do 90% dužine voda (ovaj procenat je viši za duže vodove). U našoj zemlji se uzima da se štiti 85% dužine voda [3]:

$$Z_{\text{reach}} \leq 0.8 * Z, \quad (5.1)$$

$$Z_{\text{RB}} = 0.8 * Z_{\text{max.load}} \quad (5.2)$$

$$Z_{\text{LB}} \leq Z_{\text{reach}}, \quad (5.3)$$

### 5.2. Drugi stepen distantne zaštite (21P2)

Drugim stepenom distantne zaštite treba da se “sigurno” obuhvate kratki spojevi na suprotnom kraju voda, a da se istovremeno ne premaši ni jedan prvi stepen zaštite na susednim vodovima.

Kriterijum za normalni nivo efikasnosti jeste:

$$1,25 * Z_{\text{apparent}} \leq Z_{\text{reach}} \leq 1.5 * Z_{\text{apparent}}, \quad (5.4)$$

gde je:

$Z_{\text{apparent}}$  – impedansa vodova gde su generatori povezani. Druga zona je postavljena za najnepovoljniji slučaj impendanse voda, uzimajući u obzir otpor kvara i uticaj kada si generatori u pogonu.

### 5.3. Treći stepen distantne zaštite (21P3)

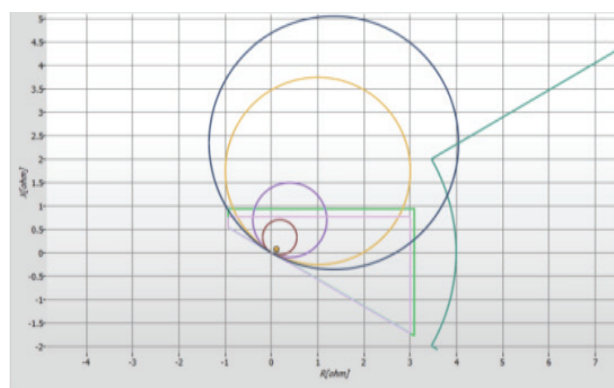
Treći stepen zaštite treba da predstavlja rezervnu zaštitu za susedne vodove i da se sa njime obuhvati zaštita sabirnica na kraju tih vodova. Kriterijum za normalni nivo efikasnosti jeste:

$$1,5 * Z_{\text{apparent}} \leq Z_{\text{reach}} \leq 2 * Z_{\text{apparent}}, \quad (5.5)$$

Provera distantne zaštite u softveru se vrši izborom tipa distantnog releja koji će se koristiti za proveru, zatim treba odabrati tip kratkog spoja. Postoje sledeći tipovi kratkog spoja:

1. L-G –jednopolni kratak spoj (zemljospoj),
2. L-L – dvopolni kratak spoj,
3. L-L-G – dvopolni kratak spoj sa zemljom i
4. L-L-L – trolpolni kratak spoj.

Na slici 5.1 su prikazane karakteristike distantnih releja [4,5].



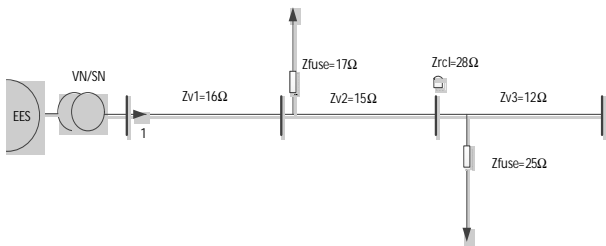
Slika 5.1. – Karakteristike distantnih releja

## 6. PRORAČUN PODEŠENJA DISTANTNE I PREKOSTRUJNE ZAŠTITE

### 6.1. Proračun podešenja distantne zaštite

Zadatak:

Podesiti distantnu zaštitu na mestu broj jedan sa slike 6.1. Svi potrebni podaci su dati na slici.



Slika 6.1. – Dio elektroenergetskog sistema

Rešenje:

Proračun podešenja distantne zaštite započinje izborom prvog stepena. Impedantno podešenje prvog stepena iznosi:

$$Z_I = 0.8 \cdot Z_{fuse} = 0.8 \cdot 17 = 13.6 \Omega$$

Vreme delovanja prvog stepena je sopstveno vreme releja, odnosno ne postoji vremensko kašnjenje kod delovanja prvim stepenom.

Drugi stepen distantne zaštite treba sigurno da štiti vod do mesta ugradnje rekloser-a i iznosi:

$$Z_{II} = 1.25 \cdot Z_{rc1} = 1.25 \cdot 28 = 35 \Omega$$

Vreme delovanja drugog stepena:

$$t_{II} = t_I + dt = 0 + 0.4 = 0.4 \text{ s.}$$

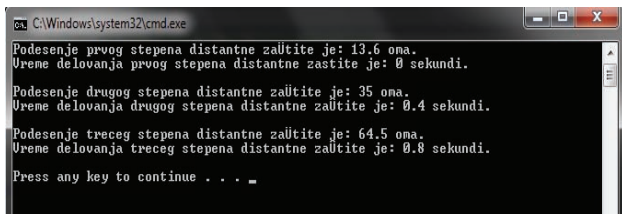
Treći stepen distantne zaštite treba da sigurno obuhvati glavni deo čitavog fidera:

$$Z_{III} = 1.5 \cdot (Z_{v1} + Z_{v2} + Z_{v3}) = 1.5 \cdot (16 + 15 + 12) = 64.5 \Omega$$

Vreme delovanja trećeg stepena:

$$t_{III} = t_I + dt = 0 + 0.4 = 0.8 \text{ s.}$$

Na slici 6.2 prikazani su rezultati programa.

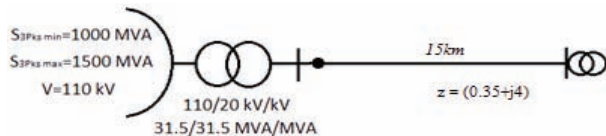


Slika 6.2. – Ispis rezultata

## 6.2. Proračun podešenja prekostrujne zaštite

Zadatak:

Podesiti prekostrujnu zaštitu na mestu broj jedan sa slike 6.3 i proveriti osetljivost zaštite. Svi potrebni podaci su dati na slici.



Slika 6.3. – Razmatrana distributivna mreža

Za izbor strujnog podešenja zaštite potrebno je raspolagati sa vrednosti  $I_{radno\ maksimalno}$ . U ovom slučaju za tu vrednost uzima se vrednost 70[A]. Struju podešenja računa se na osnovu sledećeg izraza:

$$I = \frac{k_{sigurnosti} \cdot k_{samopuštanja} \cdot I_{radno\ maksimalno}}{a}$$

Za vrednost koeficijenta samopuštanja usvaja se proizvoljna vrednost od 1 do 6. Radi lakšeg proračuna uzeto je da je  $k_{samopuštanja} = 1$ , tj. Podrazumeva se da je uticaj asinhronih motora u potrošnji zanemarljiv.

Za ostale vrednosti koeficijenata usvajaju se uobičajene vrednosti:

$$k_{sigurnosti} = 1.2 \text{ i } a = 0.85.$$

Uvrštavanjem ovih vrednosti u početni izraz, dobija se podešenje zaštite i ono iznosi:

$$I = \frac{1.2 \cdot 1 \cdot 70}{0.85} = 98.8 \text{ [A].}$$

Podešenje releja se proračunava na sledeći način:

$$i = \frac{k_{spoja} \cdot I}{p}$$

Ako se primenjuje trofazna ili zaštita u dve faze, svaki od releja se napaja preko posebnog strujnog transformatora, što znači da je  $k_{spoja} = 1$ . Trenutno je sve poznato osim prenosnog odnosa strujnog transformatora (p). Izbor strujnog transformatora se bira posmatrajući struju  $I_{radno\ maksimalno}$ , pa bi odgovarajući strujni transformator bio prenosnog odnosa 75/5[A/A]. Prema tome podešenje releja bi iznosilo:

$$i = \frac{1 \cdot 98.8}{75/5} \cong 6.6.$$

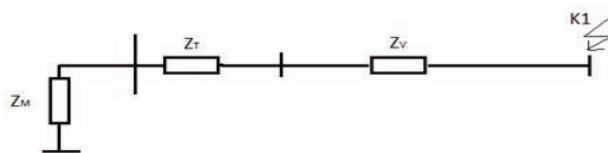
Vrednosti releja se biraju kao relativne vrednosti pa bi u ovom slučaju, uzimajući da je nominalna struja releja jednaka 5[A], podešenje releja u relativnim vrednostima bilo jednako:

$$i_{releja} = \frac{i}{I_{nominalno\ releja}} = \frac{6.6}{5} = 1.32.$$

Sada je potrebno proveriti osetljivost zaštite, da bi dobijene vrednosti strujnih podešenja predstavljale i stvarne vrednosti podešenja zaštite.

Za navednu proveru potrebno je odrediti minimalne vrednosti struja kratkih spojeva na kraju zone štice. Pošto su struje dvopolnog kratkog spoja manje od struje trolnog kratkog spoja i od struje dvopolnog kratkog spoja sa zemljom, usvojiće se vrednost struje dvopolnog kratkog spoja. Međutim, uzimajući u obzir da su vrednosti impedansi za direktan režim iste kao i vrednosti impedansi za inverzan režim, umesto struje dvopolnog kratkog spoja, može se proračunati vrednost struje trolnog kratkog spoja, u cilju lakšeg proračuna i množenjem te vrednosti sa  $\frac{\sqrt{3}}{2}$  dobijaju se tražene vrednosti struja dvopolnog kratkog spoja.

Razmatra se elektroenergetski režim sa slike 6.4 gde je sve svedeno na jedan naponski nivo.



Slika 6.4. – Ekvivalentna šema za direktni režim distributivne mreže sa slike

Za početak, potrebno je izračunati vrednost otpora vazдушnih vodova pomoću sledećeg izraza:

$$r_{ks\ min} = (1 + 0.004 \cdot (\theta_{max} - 20)) \cdot r_{20^\circ C}$$

Uzimajući da je  $\theta_{max} = 200^\circ C$ , dobija se sledeća vrednost:

$$r_{ks\ min} = (1 + 0.004 \cdot (200 - 20)) \cdot 0.35 = 0.602 \left[ \frac{\Omega}{km} \right]$$

Može se uočiti da se podužna vrednost otpora povećava sa  $0.35 \left[ \frac{\Omega}{km} \right]$  na  $0,602 \left[ \frac{\Omega}{km} \right]$ .

Sledeći proračuni su proračuni impedansi razmatranog elektroenergetskog sistema svedenog na 20[kV].

$$Z_{110m} = \frac{v^2}{S_{3pks\ min}} = \frac{110^2}{1000} = 12.1 [\Omega]$$

Ova vrednost se svodi na naponski nivo 20[kV] delenjem sa kvadratom prenosnog odnosa transformatora:

$$Z_M = \frac{Z_{110m}}{p_t^2} = \frac{12.1}{(110/20)^2} = 0.4 [\Omega]$$

Impedansa transformatora iznosi:

$$Z_T = \frac{u_k \cdot V_n^2}{100 \cdot S_T} = \frac{12 \cdot 20^2}{100 \cdot 31.5} = 1.52 [\Omega]$$

Impedansa voda je:

$$Z_{V1} = z_{200^\circ C} \cdot l_1 = (0.602 + j0.4) \cdot 15 = (9.03 + j6)[\Omega]$$

Vrednost ekvivalentne impedanse za kratak spoj na mestu K1 iznosi:

$$Z_{e1} = Z_M + Z_T + Z_{V1} = j0.4 + j1.52 + (9.03 + j6) = (9.03 + j7.92)[\Omega]$$

Modul ove impedanse iznosi:

$$Z_{e1m} = \sqrt{9.03^2 + 7.92^2} = 12[\Omega]$$

Vrednost modula struje trofaznog kratkog spoja iznosi:

$$I_{3pk1} = \frac{c \cdot V_n / \sqrt{3}}{Z_{e1m}} = \frac{1 \cdot 20 / \sqrt{3}}{12} = 0.96 [kA]$$

gde c predstavlja koeficijent kojim se množi napon ekvivalentnog naponskog izvora na mestu kratkog spoja (c = 1).

Na osnovu prethodne struje kratkog spoja izračunavamo struju dvopolnog kratkog spoja:

$$I_{2K1} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{3K1} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0.962 = 0.833 [kA]$$

Koeficijent osetljivosti za ovu zaštitu u osnovnoj zoni iznosi:

$$k_{osetljivosti} = \frac{I_{2K1}}{I} = \frac{0.833}{0.0988} = 8.43$$

Iz predhodnog primera može se uočiti da je koeficijent osetljivosti veći od minimalne zahtevane vrednosti koja za osnovnu zonu iznosi 1.5. Prema tome zaštita je dobro podešena.

Ovaj zadatak je urađen i pomoću programskog jezika C++. Na slici 6.5 prikazani su rezultati programa.

```
Struja podešenja zastite je: 98.8235 ampera
Koeficijent osetljivosti je: 8.38418
```

Slika 6.5. – Ispis rezultata

## 7. ZAKLJUČAK

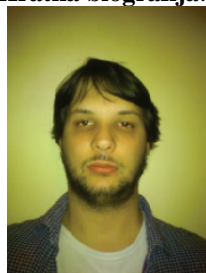
U ovome radu obrađeni su tipovi releja koji se koriste u zaštiti vodova u distributivnim mrežama. Uviđen je značaj relejne zaštite i njena uloga u zaštiti elektroenergetskih mreža. Odrađen je proračun podešenja prekostrujne i distantne zaštite i dati su primeri kroz koje se vidi način podešavanja tih zaštita.

Relejna zaštita treba da predstavlja rezervnu zaštitu osiguračima i automatskom ponovnom uključenju i da ukloni trajne kvarove i tako smanji, minimizira štetu, koja bi se u suprotnom slučaju desila pri delovanju prekidača.

## 8. LITERATURA

- [1] D. Bekut: *Relejna zaštita*, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2009.
- [2] M. D. Nimrihter, P. N. Đapić: *Proračuni u distributivnim električnim sistemima*, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2008.
- [3] *D60 Line Distance Protection*, System Instruction Manual, General Electric Industrial Systems, Manual P/N: 160-0089-R1(GEK-113343) Ontario, Canada, 2009
- [4] J. G. Andrichak, G.E. Alexander, *Distance Relays Fundamentals*, GER-3966, General Electric Co, Malvern, PA
- [5] F.Božuta: *Automatski zaštitni uređaji elektroenergetskih postrojenja*, Svjetlost, Sarajevo, 1989.

### Kratka biografija:



**Veljko Rudan** rođen je u Trebinju 1989. godine. Fakultet Tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je šk. 2008/2009 god., smer energetika, elektronika i telekomunikacije, diplomirao na osnovnim studijama 2013. god, smer elektroenergetski sistemi. Diplomski – master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2014.



**ADAPTIVNA RELEJNA ZAŠTITA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA SA DISTRIBUTIVNIM GENERATORIMA****ADAPTIVE RELAY PROTECTION IN DISTRIBUTION NETWORKS WITH DISTRIBUTION GENERATORS**Dejan Zelenović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je opisana adaptivna relejna zaštita u distributivnim mrežama sa distributivnim generatorima. Navedeni su problemi u radu relejne zaštite u distributivnim mrežama u slučaju da su instalirani distributivni generatori. Kao riješenja navedeni su: adaptivna relejna zaštita i primjena inteligentnih algoritama za proračune podešenja releja. Opisana je implementacija optimizacije rojem čestica i genetskog algoritma i dati su rezultati za distributivnu mrežu sa distributivnim generatorima.

**Abstract** – The paper describes an adaptive relay protection in distribution network with distribution generators. Problems with protection systems in networks with distribution generators are described. Solutions to these problems are presented: adaptive relay protection and application of intelligent algorithms. Implementation of particle swarm optimization and genetic algorithm is described and results for a distribution network with distribution generators are shown.

**Ključne reči:** Adaptivna relejna zaštita, distributivni generatori

**1. UVOD**

Primjena distributivnih generatora je značajno uticala na relejnu zaštitu u distributivnim mrežama: distributivne mreže su izgubile osobinu radikalnosti i proizvodnja distributivnih generatora može veoma da zavisi od spoljašnjih uslova kao što su: brzina vjetera, oblačnost, padavine, temperatura itd. Kao riješenja se uglavnom predlaže primjena mikroprocesorskih releja kojima bi se mijenjala podešenja – adaptivna relejna zaštita, kao i inteligentni algoritmi za proračune podešenja i koncept mikromreže. Adaptivna relejna zaštita se zasniva na principu da je potrebno vršiti izmjene u podešenjima i proračunavati nova podešenja kako bi se ostvarila kvalitetnija zaštita za trenutne uslove u sistemu. Od savremenih softvera za analizu i upravljanje distributivnih mreža se zahtjeva da podrže realizaciju adaptivne relejne zaštite kako bi se efikasno štitila mreža i u slučajevima da postoje distributivni generatori koji mogu povremeno da budu i isključeni kao i da se obezbjedi mogućnost promjene podešenja daljinskim putem.

U drugom delu rada su obrađeni problemi u radu zaštite u mrežama sa distributivnim generatorima, dok su u trećem

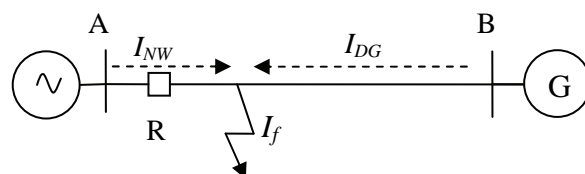
i četvrtom delu obradjena adaptivna i adaptivna zaštita sa optimizacionim algoritmima, respektivno. U petom delu je primer, dok su poslednja dva dela Zaključak i Literatura.

**2. PROBLEMI U RADU RELEJNE ZAŠTITE DISTRIBUTIVNIH MREŽA SA DISTRIBUTIVNIM GENERATORIMA**

Uvođenje distributivnih generatora u radikalne mreže učinilo je da distributivne mreže izgube osobinu da se napajaju sa jednog izvora. Glavni problem zaštite mreže u koju se dodaje DG je to što je mreža projektovana kao pasivna mreža, u kojoj se snaga prenosi u jednom smjeru: od korjena ka potrošačima na SN ili NN nivou. Sistemi zaštite koji su prisutni za uobičajne SN ili NN distributivne mreže su dizajnirani na pretpostavci da ne postoji proizvodnja u distributivnoj mreži [1].

**2.1. Problemi u radu prekostrujnih releja**

Za pravilan rad važno je takođe i da releji mjere realnu struju kvara koja je bila u očekivanim granicama kada je relej podešavan.



Slika 2.1 – Problemi sa strujom kratkog spoja koju „vidi“ relej R

Na slika 2.1 je prikazan fider sa dodatim generatorom koji napaja dio lokalnih potrošača. Neka se razmatra kvar na sekciji AB, onda će generator doprinijeti ukupnoj struji kvara:

$$I_f = I_{NW} + I_{DG}, \quad (2.1)$$

ali relej R samo mjeri vrijednost struje koja dolazi iz mreže  $I_{NW}$ . Kako relej vidi samo komponentu struje iz mreže može se desiti da ne odreaguje na neki kvar. Zbog ovakvih situacija je rizik da, za kvarove sa visokim impedansama, prekostrujni relej sa inverznom karakteristikom neće odreagovati za odgovarajuće vrijeme.

**2.2. Smanjen doseg distantnih releja**

Distributivni generatori mogu da značajno utiču na domet distantnih releja u zavisnosti od toga u kom djelu mreže su priključeni i koliko su jaki u odnosu na mrežu.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Duško Bekut, red.prof.**

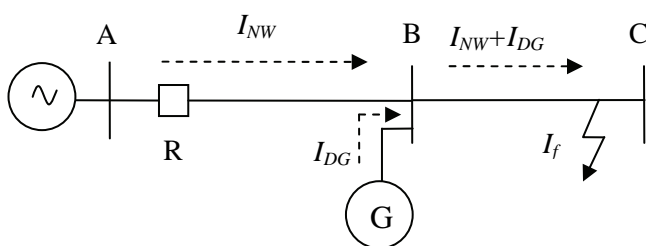
Zbog doprinosa generatora struji kvara, impedansa koju vidi relej R će biti drugačija u odnosu na situaciju ukoliko distributivni generator nije priključen – impedansa  $Z_{BC}$  će se promijeniti na sljedeći način:

$$Z_{BC}^{staro} = \frac{U_B}{I_{NW}} \quad (2.2)$$

$$Z_{BC}^{novo} = \frac{U_B}{I_{NW} + I_{DG}} = \frac{U_B}{I_{NW} + I_{DG}} \cdot \frac{I_{NW}}{I_{NW}} \quad (2.3)$$

$$Z_{BC}^{novo} = Z_{BC}^{staro} \cdot \frac{I_{NW}}{I_{NW} + I_{DG}} = x \cdot Z_{BC}^{staro} \quad (2.4)$$

gdje je  $x$  – pokazatelj smanjenja doseg releja.



Slika 2.2 – Priključenje DG smanjuje doseg distantnog releja R

Ukoliko bi se relej podesio na veću vrijednost impedanse, tada bi u slučaju isključenja distributivnog generatora relej reagovao i na kvarove u sledećoj zoni štice. Time bi se narušila selektivnost zaštite.

### 2.3. Problemi u koordinaciji

Podešenja releja i reklosera mora biti usklađeno sa radom osigurača da bi se postigla koordinacija prekostrujnih zaštita. Koordinacija među zaštitnim elementima je urađena sa pretpostavkom da je mreža radijalna, sa jedinstvenim izvorom napajanja. Uvođenjem distributivnih izvora, nestala je osobina radijalnosti, pa je time ugrožena koordinacija među zaštitnim elementima.

## 3. ADAPTIVNA RELEJNA ZAŠTITA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA SA DISTRIBUTIVNIM GENERATORIMA

Pregledom savremene literature može se uočiti da se tokom posljednjih petnaestak godina povećava broj radova koji se tiču relejne zaštite distributivnih mreža sa distributivnim generatorima [2]. Uglavnom se kao rješenja predlažu „pametne“ zaštite sa mikroprocesorima.

Adaptivni relej predstavlja relej koji može da promjeni podešenje i/ili logiku odlučivanja u zavisnosti od spoljašnjeg događaja ili u zavisnosti od nekog spoljašnjeg signala.

Adaptivna relejna zaštita može automatski da nađe optimalno rješenje u zavisnosti od osobina releja i da promjeni podešenje, logiku odlučivanja ili karakteristiku u realnom vremenu. Ona vrši online promjene u digitalnim relejima koje su omogućene proračunavanjem i slanjem podataka iz centralnog sistema ili preko proširenih komunikacionih sistema.

Zaštita distributivnih mreža može se unaprijediti uvođenjem adaptivne zaštite. Praktična primjena adaptivne zaštite zahtjeva korišćenje digitalnih usmjerenih prekostrujnih releja koji imaju mogućnost daljinske promjene podešenja ili karakteristike. Uz to, neophodna je primjena standardnih komunikacionih protokola.

Detaljnije su opisane dvije izvedbe adaptivne relejne zaštite:

1. izvedba koja podrazumijeva ranije definisane grupe podešenja, pri čemu se mijenja aktivna grupa podešenja i
2. izvedba koja implementira algoritam za proračun novih podešenja (obično neki optimizacioni algoritam).

### 3.1. Adaptivna relejna zaštita realizovana promjenom aktivnih grupa podešenja

Potrebno je odraditi detaljnu analizu kratkih spojeva i identifikovati kritične slučajeve. U odnosu na vrijednosti koje se imaju pri kritičnim kratkim spojevima treba da se odrede odgovarajuća podešenja. Na primjeru prekostrujnog releja, skup strujnog podešenja i vremenske zadržke predstavlja jednu grupu podešenja.

Nakon izvršene analize, za svaki relej je definisan određen broj grupa podešenja i odgovarajuća grupa je postavljena kao aktivna. U zavisnosti od prilika u mreži, može se izvršiti promjena aktivne grupe podešenja na onu koja obezbjeđuje kvalitetnije štice.

Ukoliko bi se desile značajne promjene kao što su dodavanje distributivnog generatora ili ako je potrebno napajati dio drugog fidera, onda bi se trebala izvršiti ponovna analiza kako bi se ispitala efikasnost postojećih grupa podešenja. Ako bi se neke grupe podešenja pokazale kao neefikasne, potrebno bi bilo načiniti izmjene u tim podešenjima ili dodati nove grupe podešenja.

Adaptivna relejna zaštita realizovana na ovaj način može riješiti problem prekostrujne zaštite tako što bi se omogućila komunikacija između releja na takav način da selektivnost bude zadovoljena za primarnu zaštitu i da je realizovana rezervna zaštita. Sa druge strane, implementacija komunikacionog sistema je značajno složena i zahtjeva velika ulaganja što može biti neekonomično za manje distributivne sisteme.

### 3.2. Proračun optimalnih podešenja releja pomoću genetskog algoritma (GA) i algoritma roja čestica (PSO)

Problem koordinacije relejne zaštite se sastoji od pronalaženja odgovarajućih podešenja koja će zadovoljiti kriterijume osjetljivosti, selektivnosti, pouzdanosti i brzine reagovanja.

Tradicionalno su se za proračun podešenja koristile optimizacione metode kao što su simpleks algoritam, dualni simpleks i sl. Međutim, ovakve metode mogu da se zaglave u lokalnom optimumu, pogotovu prilikom obrade problema koordinacije koji imaju mnogo lokalnih optimuma. Inteligentne optimizacione tehnike, kao što su genetski algoritmi ili optimizacija rojem čestica [3], pokazale su se kao vrlo uspješne u rješavanju ovakvih problema.

### 3.2.1. Optimizacija rojem čestica (PSO)

Optimizacija rojem čestica (Particle Swarm Optimisation – PSO) je stohastički algoritam koji se bazira na populaciji rješenja. Nastao je po uzoru na ponašanje jata ptica ili jata riba.

PSO algoritam se smatra jednim od moćnijih metoda za rješavanje optimizacionih problema diferencijabilnih i nediferencijabilnih funkcija. PSO je algoritam koji je zasnovan na pretrazivanju populacije. Na početku se inicijalizuje sa populacijom slučajnih vrijednosti koje se nazivaju čestice. Za od razliku ostalih evolucionih tehnika, svakoj čestici je pridružena i trenutna brzina. Čestice „lete“ kroz prostor za pretragu sa brzinama koje se mijenjaju u skladu sa dotadašnjim ponašanjem. Stoga, čestice imaju tendenciju da „lete“ ka sve boljim i boljim dijelovima prostora za pretragu.

Tipičnom prekostrujnom releju sa inverznom karakteristikom mogu se mijenjati dva parametra: struja podešenja i koeficijent finog podešenja. Vrijeme reagovanja se obično proračunava sa krive u zavisnosti od prethodnih parametara i struje kvara. Proračun ovih podešenja je osnovni zadatak u rješavanju problema koordinacije.

### 3.2.2. Genetski algoritam (GA)

Genetski algoritam je stohastični metod pretraživanja koji oponaša biološki proces evolucije.

Na početku genetskog algoritma potrebno je zadati inicijalne vrijednosti koje se biraju na slučajan način. Ključna promjenjiva u GA je hromozom koji se sastoji od skupa podešenja koji pripadaju određenim relejima. Podešenja releja su nepoznate i ona se smatraju genima hromozoma.

Postoje tri glavna genetska operatora: selekcija, ukrštanje i mutacija. Korišćenjem ovih operatora, u svakoj generaciji se proizvode novi geni.

Prvobitni roditelji treba da se kreiraju tako da su zadovoljena sva ograničenja. Na početku algoritma, na slučajan način se odrede podešenja. Nakon svake iteracije stvori se po jedno novo podešenje za svaki relej.

Hromozomi se ocjenjuju na osnovu funkcije cilja i samo oni hromozomi koji ostvaruju efikasnije rezultate će učestvovati u stvaranju novih generacija. Odabir novih kandidata se zove selekcija. Dvije ključne operacije prilikom stvaranja novih hromozoma su ukrštanje i mutacija. Mutacija onemogućuje da se funkcija zadrži u lokalnom optimumu.

## 4. ADAPTIVNA RELEJNA ZAŠTITA REALIZOVANA PRIMJENOM OPTIMIZACIONIH ALGORITAMA

Specifičnosti problema proračuna optimalnih podešenja su što postoji mnogo lokalnih optimuma i što postoje praktično dva cilja kojima se teži: smanjenje vremena djelovanja i koordinacija između releja. Uvažavajući ove specifičnosti, gore pomenuti algoritmi su malo prilagođeni. U oba slučaja, pogodnost (fitnes), čestice se računa kao:

$$Z_i = t_{ii} + 2 \cdot |t_{ij} - t_{jj} - T|, \quad (4.1)$$

gdje je  $j$  indeks releja kome je  $i$ -ti relej rezervni, a  $T$  predstavlja željeni razmak u djelovanju.

### 4.1 Primjena optimizacije rojem čestica

U izrazu iz originalnog PSO algoritma:

$$v_i(t+1) = \omega v_i(t) + c_1 r_1 [\hat{x}_i(t) - x_i(t)] + c_2 r_2 [g(t) - x_i(t)] \quad (4.2)$$

$\omega v_i(t)$  – predstavlja uticaj inercije (prethodne brzine), pri čemu se koeficijent  $\omega$  smanjuje sa porastom broja iteracija:

$$\omega = 0.4 + \frac{0.5}{k}, \quad (4.3)$$

$c_1 r_1 [\hat{x}_i(t) - x_i(t)]$  – predstavlja uticaj najboljeg položaja posmatrane čestice (dominantno utiče na smanjenje vremena djelovanja). Koeficijent  $c_1$  je usvojen i iznosi 2.05.

$c_2 r_2 [g(t) - x_i(t)]$  – predstavlja uticaj najbolje čestice do sada. Koeficijent  $c_2$  je usvojen i iznosi 2.05.

Vrijednost  $g(t)$  predstavlja česticu koja je ostvarila najbolji fitnes do trenutka  $t$ . Međutim, ako bi se samo tako posmatrala ta vrijednost, mogla bi utiče vrlo loše na koordinaciju. Zbog toga, posmatra se razlika podešenja dva najbolje koordinisana releja i preračunava se vrijednost za željeni relej:

$$g(t) - x_i(t) = g(t) - (x_i(t) - x_j(t)). \quad (4.4)$$

Ukoliko se desi da neka čestica dobije vrijednost van definisanih limita (čestica izleti iz prostora za pretragu), dodjeljuje joj se vrijednost bližeg limita. Takođe, ukoliko nije zadovoljena koordinacija između releja iz susjednih zona šticeanja, trenutno obrađivano podešenje se koriguje, tako da razmak u djelovanju bude jednak vremenu  $T$ .

### 4.2 Primjena genetskog algoritma

Genetski operatori koji se pominju u originalnom algoritmu su takođe malo izmjenjeni, tj prilagođeni su datom problemu.

Selekcija se vrši u odnosu na kriterijumsku funkciju koje je definisana u (3.1).

Ukrštanje se malo razlikuje od originalnog ukrštanja koje podrazumijeva razmjenu bitova. To je promijenjeno obzirom da se obrađuje problem sa kontinualnim promjenjivima. Novo podešenje se računa kao:

$$x_i(t+1) = \beta \cdot x^{p_1}_i + (1 - \beta) \cdot x^{p_2}_i(t), \quad (4.5)$$

gdje je  $\beta$  slučajan broj iz intervala (0, 1), a  $p_1$  i  $p_2$  označavaju da se radi o roditelju.

Mutacija se vrši po formuli:

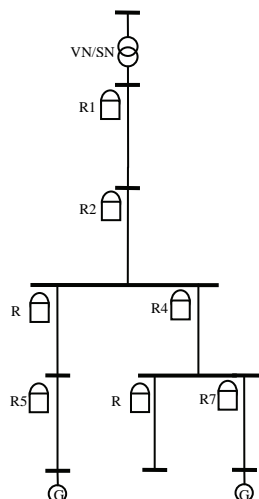
$$x_i(t+1) = (1.25 - \beta) \cdot \min(x^{p_1}_i, x^{p_2}_i). \quad (4.6)$$

Mutacija se vrši u zavisnosti od vjerovatnoće. U slučaju lošeg rješenja, vjerovatnoća da se izvrši mutacija je veća.

## 5. PRIMJERI PRORAČUNA I REZULTATI

U ovom djelu će biti prikazan proračun podešenja releja primjenom genetskog algoritma i optimizacije rojem čestica. Razmatrana mreža obuhvata VN/SN postrojenje sa jednim fiderom.

Dat je uprošćen prikaz mreže po primarnim zonama šticeanja.



Slika 5.1 – Test mreža

U mreži postoji sedam prekostrujnih releja i svim relejima je setovana ekstremno inverzna karakteristika. Ograničenja za maksimalne vrijednosti su postavljena na 1500 A. Minimalna ograničenja su setovana na vrijednosti 10% viša od struja opterećenja.

Odrađeno je po 50 iteracija u oba slučaja. Razlika u vremenima djelovanja koja treba da bude zadovoljena je postavljena na 0.2 s.

Svim relejima je setovana ekstremno inverzna karakteristika i vremena djelovanja se računaju po formuli:

$$t = \frac{80 \cdot 0.1}{\left(\frac{I_{ks}}{I_{pod}}\right)^2 - 1} \quad (5.1)$$

Tabela 5.1 – Rezultati dobijeni primjenom optimizacije rojem čestica

Relej	Podešenje[A]	$t_{ii}$ [s]	$t_{ij}$ [s]
R1	1366	0.538	0.606
R2	1181	0.406	0.459; 0.458
R3	905	0.259	0.265
R4	887	0.243	0.250; 0.250
R5	55	0.009	-
R6	48	0.007	-
R7	51	0.007	-

Tabela 5.2 – Rezultati dobijeni primjenom genetskog algoritma

Relej	Podešenje[A]	$t_{ii}$ [s]	$t_{ij}$ [s]
R1	1405	0.572	0.644
R2	1211	0.427	0.484; 0.482
R3	789	0.196	0.200
R4	797	0.195	0.201; 0.200
R5	50	0.007	-
R6	55	0.009	-
R7	50	0.007	-

Može se primjetiti da su rezultati dobijeni GA malo lošiji (veća vremena djelovanja). Razlog za to je što se u GA ne koriguju podešenja u slučaju da koordinacija nije zadovoljena – podešenja zavise samo od funkcije cilja.

## 6. ZAKLJUČAK

U radu su navedeni problemi u radu relejne zaštite koji se javljaju prilikom uvođenja distributivnih generatora u distributivne mreže. Navedena su i potencijalna rješenja, od kojih je detaljnije opisana funkcija adaptivna relejna zaštita. Prikazan je jedan algoritam za realizaciju adaptivne relejne zaštite u kojem se implementira inteligentni algoritam za optimizaciju.

Kao što se moglo predvidjeti, adaptivna relejna zaštita se pokazala kao efikasan način da se ostvari kvalitetno šticeanje u slučajevima da postoje distributivni generatori.

Dio problema se može riješiti primjenom adaptivne relejne zaštite. Na primjeru je pokazano kako inteligentni algoritmi daju dobra rješenja u pogledu brzine reagovanja i zadovoljenja selektivnosti zaštite.

## 7. LITERATURA

- [1] Duško Bekut, *Relejna zaštita*, Fakultet Tehničkih Nauka Novi Sad, 2009.
- [2] Martin Geidl: *Protection of Power Systems with Distributed Generation: State of the Art*, Power Systems Laboratory Swiss Federal Institute of Technology(ETH) Zurich, 2005.
- [3] Magdi El-Saadawi, Ahmed Hassan, Mohammed Saeed, *Adaptive Optimal Relay Coordination Scheme for Distributed Generation*, International Journal of Distributed Energy Resources, October 2010

### Kratka biografija:



**Dejan Zelenović** je rođen u Mostaru 1987. godine. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je školske 2006/2007, smjer energetika, elektronika i telekomunikacije, a diplomirao na osnovnim studijama 2010.god., smjer elektroenergetski sistemi. Diplomski – master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva je odbranio 2014.





## TESTIRANJE PRORAČUNA TOKOVA SNAGA RADIJALNIH DISTRIBUTIVNIH MREŽA

### TESTING LOAD FLOW CALCULATION ON RADIAL DISTRIBUTION NETWORKS

Igor Gavranović, Predrag Vidović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U radu je dat uvid u metode i procese softverskog testiranja. Prikazane su prednosti i koristi automatizacije testiranja. Opisana je struktura i osobine radijalne distributivne mreže. Date su osnovne relacije i objašnjenja proračuna tokova snaga u distributivnoj mreži. Na različitim primjerima simulirani su različiti scenariji za testiranje proračuna tokova snaga.

**Abstract** – This paper gives an insight into methods and processes of software testing. The paper presents advantages and benefits of test automation. This paper describes the structure and properties of radial distribution networks. It consists of basic relations and explanations of load flow in the distribution network. On different examples various load flow scenarios were simulated.

**Ključne riječi:** Softversko testiranje, automatsko testiranje, proračun tokova snaga

#### 1. UVOD

Elektroprivreda je privredna grana koja se bavi problemima proizvodnje, prenosa, distribucije i potrošnje električne energije. Primarni cilj njenih aktivnosti jeste da obezbijedi zahtijevanu električnu energiju potrošačima, uz propisani kvalitet, neophodne nivoe sigurnosti i pouzdanosti uz najmanje sopstvene troškove.

Tokom dvadesetog vijeka razvoj elektroprivrede kretao se u smjeru objedinjavanja proizvodnje, prenosa i distribucije električne energije u jedinstvena preduzeća. Pokazalo se da takva organizaciona struktura nije pogodna, prije svega sa aspekta troškova poslovanja, koji se nisu mogli odrediti pojedinačno za svaki od podsistema. Sa druge strane, pojavila se potreba da se elektroprivreda djelimično privatizuje i da se potrošačima pruži veći izbor isporučilaca električne energije u cilju poboljšanja usluga i sniženja cijena.

Iz navedenih razloga, pristupilo se restrukturiranju elektroprivrednog sektora – razdvajanju aktivnosti proizvodnje, prenosa, distribucije i isporuke električne energije u različite (ekonomski nezavisne) privredne subjekte. Takva organizacija nameće potrebu za korišćenjem sofisticiranih alata za vođenje u sva četiri elektroprivredna dijela.

Iz prethodno navedenog razloga u poslednjih 20-ak godina razvijaju se distributivni menadžment sistemi, koji pokrivaju sektore distribucije i isporuke električne energije.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji je mentor dr Vladimir Strezoski, red.prof.

Predstavljaju napredni softverski sistem za efikasno i optimalno vođenju distributivnih mreža.

Tema ovog rada je da ispita procese i metode testiranja proračuna tokova snaga na radijalnim distributivnim mrežama u softverskim rješenjima.

Druga glava je posvećena softverskom testiranju, vrstama, procesima i metodama testiranja. Rad je nastavljen sa osvrtom na automatsko testiranje, mogućnostima takve vrste testiranja, prednostima i višestrukoj koristi. U četvrtoj glavi date su osnovne relacije za proračun tokova snaga u radijalnim distributivnim mrežama. Glavni dio rada je posvećen opisivanju softverske funkcije za proračun tokova snaga, i izvršena provjera dobijenih proračuna simuliranjem realnih scenarija.

#### 2. TESTIRANJE

Testiranje je proces ocjenjivanja sistema ili njegovih dijelova u namjeri da se pronađe da li sistem ispunjava propisane uslove ili ne. Ova aktivnost dovela je do stvarnih, očekivanih i razlika između tih rezultata. Jednostavnim riječima, testiranje se sprovodi na sistemu kako bi se identifikovale praznine, greške ili neispunjenje zahtjeva klijenata. Kvalitetan softver je softver koji je u dovoljnoj mjeri bez grešaka i završen u predviđenim rokovima, ispunjava zahtjeve klijenta i održiv je. Glavne odlike kvaliteta su dobar dizajn, izgled i stil, dobra funkcionalnost i pouzdanost, dosljednost i istrajnost, dobre mogućnosti održavanja i da se isplate uložena ulaganja.

Aktivnosti u okviru osnovnih procesa testiranja mogu se podijeliti u sledeće osnovne korake:

- Planiranje i kontrola.
- Analiza i dizajn.
- Primjene i sprovođenja.
- Procjena kriterijuma izlaska i izvještavanje.
- Aktivnosti zatvaranja testiranja.

##### 2.1 Vrste testiranja

U praksi postoje dvije osnovne vrste testiranja i to su manuelno testiranje i automatsko testiranje.

##### Manuelno testiranje

Manuelno testiranje je testiranje koje se obavlja ručno, odnosno bez upotrebe automatizovanih alata i skripti. Tester preuzima ulogu krajnjeg korisnika i testira softver da bi identifikovao neočekivana ponašanja i greške. Sastoji se iz više faza: jedinično testiranje, grupno testiranje, sistemsko testiranje i korisnički prihvatljivo testiranje.

Za testiranje se koriste test planovi i scenariji. Manuelno testiranje obuhvata i tehnike istražnog testiranja softvera kako bi se otkrile greške.

### Automatsko testiranje

Automatsko testiranje je testiranje kada tester uz pomoć pomoćnih softvera piše skripte i pravi automatske testove. Ovaj proces obuhvata automatizaciju manualnog testiranja. Automatizovani testovi se koriste kada je potrebno da se pređu određeni scenariji brzo i više puta.

### 2.2 Metode testiranja

Postoje tri osnovne vrste testiranja i to su tehnika crne kutije, tehnika bijele kutije i tehnika sive kutije.

#### Tehnika crne kutije

To je tehnika ispitivanja bez saznanja o djelovanju unutrašnjih dijelova softvera. Tester je nesvjestan arhitekture sistema i nema pristup izvornom kodu, ima samo interakciju sa korisničkim interfejsom sistema.

#### Metoda bijele kutije

Testiranje metodom bijele kutije je testiranje unutrašnje logike i strukture koda. Da bi se izvršilo ovo testiranje tester mora da poseduje znanje o unutrašnjem djelovanju koda, mora da pogleda unutar izvornog koda da bi utvrdio koji dijelovi nedostaju i ne funkcionišu kako treba.

#### Metoda sive kutije

Testiranje metodom sive kutije je testiranje softvera sa ograničenim znanjem o unutrašnjem radu. Veoma je bitno iskustvo testera jer u odnosu na testiranje crne kutije gdje se ima samo dodira sa korisničkim interfejsom, osoba koja testira – tester ima pristup projektnoj dokumentaciji i bazi podataka. Tester ima potrebne informacije za pripremu test plana, scenarija i mogućnost dubljeg testiranja.

### 2.3 Nivoi testiranja

Postoje različiti nivoi testiranja. Nivoi testiranja uključuju različite metodologije koje se mogu koristiti prilikom obavljanja testiranja softvera. Glavni nivoi testiranja su:

- Funkcionalna ispitivanja.
- Nefunkcionalna ispitivanja.

### 2.4 Uloge i odgovornosti testera

U planiranju i pripremi faza testiranja, tester treba da razmotre i daju doprinos testnim planovima, analizama, procjenama zahtjeva i specifikacija projekta. Oni moraju biti uključeni ili čak primarni ljudi koji identifikuju uslove testiranja, kreiranja testova i test scenarija, specifikaciji test procedura i da pomognu pri automatizaciji testova. Kada počne izvršavanje testova broj testera se često povećava. Tester izvršava testove, procjenjuje dobijene rezultate i prijavljuje pronađene probleme. Tokom procesa testiranja oni pregledaju međusobni rad, vrše reviziju test rezultata, specifikacija i pronađenih grešaka.

## 3. AUTOMATSKI TESTOVI

Testiranje softvera mora često da se ponavlja tokom razvojnog ciklusa da bi se obezbijedio kvalitet. Svaki put kad se izvorni softver mijenja testove treba ponoviti. Testove je potrebno izvršiti na svim operativnim sistemima i na svim hardverskim konfiguracijama. Ručno ponavljanje ovih testova je skup i dugotrajan proces. Jednom napravljeni automatski testovi se mogu pokrenuti iznova i iznova bez dodatnih troškova i njihovo izvršenje je mnogo brže od ručnih testova. Automatizovano

testiranje može znatno da smanji vrijeme za izvršavanje testova, sa nekoliko dana na nekoliko sati.

Nemoguće je automatizovati sve testove, važno je utvrditi koje scenarije treba automatizovati. Korist automatskih testova se ogleda u mogućnosti velikog broja ponavljanja. Testove koji se obavljaju samo nekoliko puta bolje je ostaviti za ručno testiranje. Dobri testovi za automatizaciju su oni slučajevi koje je potrebno često provjeravati [2].

Najviše benefita se može dobiti ako se automatizacija usmjeri na:

- Ponavljanje testova za različite instalacije.
- Testova koji imaju tendenciju da izazovu ljudske greške.
- Testiranjem rizičnih funkcionalnosti.
- Testova koje je nemoguće izvršiti ručno.
- Testova koji rade na nekoliko različitih hardverskih i softverskih platformi i konfiguracija.
- Testova koji zahtijevaju mnogo vremena kada se rade manualno.

Kako se u ovom radu, vrši testiranje proračuna tokova snaga upravo na radijalnim distributivnim mrežama, u nastavku će biti obrađeni nesimetrični tokovi snaga radijalnih distributivnih mreža.

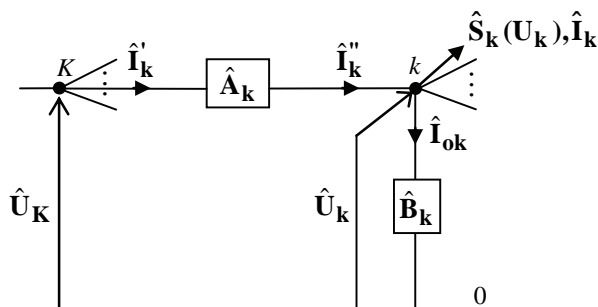
## 4. NESIMETRIČNI TOKOVI SNAGA RADIJALNIH DISTRIBUTIVNIH MREŽA

Problem proračuna tokova snaga, ili problem bilansa snaga, opšti je problem u elektroenergetici. Modela tokova snaga distributivnih mreža zasnovan je na direktnoj primjeni dva Kirchhoff-ova zakona. Linearni model mreže iskazan u terminima napona i struja, transformiše se u nelinearni model iskazan u terminima napona i snaga. Ali u osnovi modela nalaze se struje grana, pa se kaže da je model orijentisan na grane. Takav model se rješava nekom od Gauss-ovih varijanti za rješavanje sistema kompleksnih nelinearnih jednačina.

Neka se razmatra neuravnotežena radijalna distributivna mreža u nesimetričnom režimu. U mreži nema kontura niti uređaja s kojima se kontrolišu naponi (regulacioni generatori, kondenzatori i prigušnice).

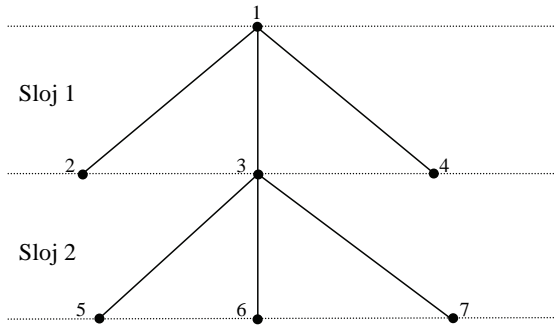
Neka se mreža sastoji od  $n$  čvorova i  $(n-1)$ -ne grane,  $n \geq 2$ . Sa 1 je numerisan korijen mreže. On je balansni čvor sa specificiranim vektorom napona. Ostali čvorovi su tipa PQ, sa specificiranim faznim snagama potrošnje/proizvodnje potrošača koji su priključeni u njima.

Model radijalne distributivne mreže može da se sačini koristeći se isključivo  $\Gamma$  segmentima prikazanim na Slici 1. Svaki  $\Gamma$  segment se sastoji od redne i otočne grane. Jedan  $\Gamma$  segment je asociiran jednoj sekciji voda ili jednom transformatoru.



Slika 1 – Segment  $\Gamma_k$  radijalne distributivne mreže

Vektori struja s obje strane  $\Gamma$  segmenta označene su sa  $\hat{\mathbf{I}}_k'$  i  $\hat{\mathbf{I}}_k''$ , u opštem slučaju, dimenzija  $3 \times 1$ . Ako je segment asociran sekciji, ti vektori su međusobno jednaki; kada je u pitanju transformator, to generalno nije slučaj. Sa  $\hat{\mathbf{A}}_k$  označen je matricni reprezent rednih parametara – redna grana segmenta  $\Gamma_k$ . Sa  $\hat{\mathbf{B}}_k$  je označen admitantni matricni reprezent otočnog segmenta  $\Gamma_k$ :  $\hat{\mathbf{B}}_k = \hat{\mathbf{Y}}_{ok}$ . On predstavlja sumu admitantnih matricnih reprezentata otočnih parametara kraja sekcije ili transformatora (admitansa magnećenja) kojoj ili kojem je razmatrani segment  $\Gamma_k$  pridružen, otočnih parametara na počecima sekcija ili transformatora (admitansi magnećenja) koji se napajaju preko razmatrane sekcije ili transformatora (ako ih ima) i matricnih reprezentata otočnih elemenata direktno priključenih u čvoru  $k$  (npr, baterija kondenzatora). Sa  $\hat{\mathbf{I}}_{ok}$  je označena struja otočnog segmenta  $\Gamma_k$ . Dakle, matricni reprezent otočnih parametara na početku sekcije ili transformatora, kojoj ili kojem je asociran segment  $\Gamma_k$ , pridružen je otočni segmenta  $\Gamma_k$  – prethodnika razmatranog segmenta  $\Gamma_k$ . Ako je čvor  $K$  korijen mreže (dakle, razmatrani segment  $\Gamma_k$  nema prethodnika), onda otočni parametri koji odgovaraju čvoru  $K$  sekcije ili transformatora, kojoj ili kojem je razmatrani segment  $\Gamma_k$  pridružen, ne utiču na proračun tokova snaga u ostatku mreže, pa se ne razmatraju u okviru rješavanja modela ostatka mreže. Rješenje problema tokova snaga se sastoji od proračuna kompletnog režima distributivne mreže, na bazi poznatog vektora napona korijena mreže (balansnog čvora, odnosno čvora tipa  $\theta V$ ) i specificiranih vektora faznih snaga potrošnje u svim ostalim čvorovima mreže (čvorovi tipa PQ). Osnovu za proračun tokova snaga radijalne mreže čini numeracija mreže po slojevima. Primjer takve numeracije dat je na mreži sa sedam čvorova, koja je prikazana na Slici 2.



Slika 2 – Numeracija čvorova radijalne mreže sa 7 čvorova

Prave linije između čvorova odnose se na naprijed opisane  $\Gamma$  segmente. Oni, zajedno s čvorovima mreže, numerisani su na sledeći način:

1) Prvi čvor je balansni – korijen mreže; drugi i ostali čvorovi (ako ih ima), koji se  $\Gamma$  segmentima direktno napajaju s korijena (čvorovi 2, 3 i 4), pripadaju prvom sloju; a poslednji –  $n$ -ti čvor (ovde sedmi), s čvorovima koji se direktno napajaju  $\Gamma$  segmentima s čvorova prethodnog sloja (ovde prvog), pripadaju poslednjem sloju (ovde drugom). Redosled numeracije čvorova jednog sloja nije bitan, ali ono što jeste bitno, to je da je redni broj svakog čvora jednog sloja uvijek veći od najvećeg rednog broja

čvora iz prethodnog sloja, a da se pri tom redom iscrpljuju prirodni brojevi.

2) Svaki  $\Gamma$  segment se napaja preko jedinstvenog  $\Gamma$  segmenta (prethodnika), koji je pridružen odgovarajućoj sekciji voda ili transformatoru. Nema  $\Gamma$  segmenta čiji je drugi čvor korijen (čvor 1).

Proračun nesimetričnih tokova snaga distributivne mreže zasnovan je na procedurama sumiranja struja i korekcija napona [4]. Tokom procedure sumiranja struja obrađuju se sve grane redom od poslednje do prve. U opštem slučaju struja  $k$ -te grane se računa prema relaciji:

$$\hat{\mathbf{I}}_k'' = \left[ \hat{S}_{ka}(U_{ka})/\hat{U}_{ka}^*, \hat{S}_{kb}(U_{kb})/\hat{U}_{kb}^*, \hat{S}_{kc}(U_{kc})/\hat{U}_{kc}^* \right]^T + \hat{\mathbf{Y}}_{ok} \hat{\mathbf{U}}_k \quad (4.1)$$

Sama procedura sumiranja struja razlikuje se u zavisnosti od toga da li je određen  $\Gamma$  segment asociran sekciji voda ili transformatoru. U slučaju transformatora, struje sekundara, koje se dobijaju na osnovu relacije (4.1) potrebno je iznijeti na primar. Za spregu transformatora  $\hat{\mathbf{Y}}_{ny}$  to se postiže sledećom relacijom:

$$\hat{\mathbf{I}}_k' = -\hat{\mathbf{Y}}_{KK} \hat{\mathbf{Y}}_{kk}^{-1} \hat{\mathbf{I}}_k'' + (\hat{\mathbf{Y}}_{KK} - \hat{\mathbf{Y}}_{KK} \hat{\mathbf{Y}}_{kk}^{-1} \hat{\mathbf{Y}}_{kk}) \hat{\mathbf{U}}_k, \quad (4.2)$$

pri čemu matrice  $\hat{\mathbf{Y}}_{KK}$ ,  $\hat{\mathbf{Y}}_{kk}$ ,  $\hat{\mathbf{Y}}_{Kk}$  i  $\hat{\mathbf{Y}}_{kK}$  predstavljaju matricne reprezentate rednih parametara transformatora. Za spregu transformatora  $Dy_n$  matrica  $\hat{\mathbf{Y}}_{KK}$  je singularna pa se zato, ako se raspolaže s kvalitetnom aproksimacijom napona na primaru transformatora  $\hat{\mathbf{U}}_K$ , a to je u iteracijama posle prve, za to iznošenje koristi relacija:

$$\hat{\mathbf{I}}_k' = \hat{\mathbf{Y}}_{KK} \hat{\mathbf{U}}_K + \hat{\mathbf{Y}}_{Kk} \hat{\mathbf{U}}_k, \quad (4.3)$$

a u prvoj iteraciji, ovde se predlaže da se struje iznose prostom primjenom normalizovanog odnosa transformacije razmatranog transformatora za simetričan režim direktnog redoslijeda:

$$\hat{\mathbf{I}}_k' = \hat{\mathbf{I}}_k'' e^{jk^d \pi / 6}, \quad (4.4)$$

pri čemu je sa  $k^d$  označen sprežni broj za simetričan režim transformatora direktnog redoslijeda (1, 3, 5, 7, 9, ili 11).

Kada je  $\Gamma$  segment asociran transformatoru procedura korekcije napona na sekundaru transformatora izvodi se primjenom sledeće relacije (za obje vrste sprege koje se razmatraju):

$$\hat{\mathbf{U}}_k = -\hat{\mathbf{Y}}_{kk}^{-1} (\hat{\mathbf{I}}_k'' + \hat{\mathbf{Y}}_{KK} \hat{\mathbf{U}}_K). \quad (4.5)$$

Procedura korekcije napona se sprovodi za sve grane redom od prve do poslednje. U slučaju kada je  $\Gamma$  segment asociran sekciji to se čini sledećom relacijom:

$$\hat{\mathbf{U}}_k = \hat{\mathbf{U}}_K - \hat{\mathbf{Z}}_k \hat{\mathbf{I}}_k'. \quad (4.6)$$

Model opisan prethodnim relacijama treba da se riješi, po stanju mreže, tj. po vektorima kompleksnih napona svih čvorova (osim korijena, čiji je napon poznat).

## 5. TESTIRANJE PRORAČUNA TOKOVA SNAGA

Testiranje počinje provjeravanjem da li su ispunjeni zahtjevi klijenta i da li je moguće podesiti tražene opcije. Upoređuje se stanje u softveru sa željenim stanjem. Potrebno je da se u radnom okruženju utvrdi da li su sve

tražene opcije, podešenja moguća. Provjerava se da li su kataloški podaci ispravni i da li su pravilno uneseni. Izvještaji koji se dobijaju na izlazu funkcije provjerava se da li su ispravni. Utvrđivanje ispravnosti funkcionalnosti potrebno je provjeriti test scenarijima, isprobati rad proračuna tokova snaga simuliranjem različitih potencijalnih realnih scenarija.

### 5.1. Funkcija za proračun tokova snaga

Kao jedna od osnovnih energetske funkcije u softverskim rješenjima za kontrolu i upravljanje distributivnih mreža, proračun tokova snaga rijetko se koristi zasebno. Ona se najčešće koristi u sklopu drugih energetske funkcijama (proračun stanja u mreži, rekonfiguracije mreže, obnavljanja napajanja, itd.).

Kao ulazne podatke funkciji je neophodno proslediti:

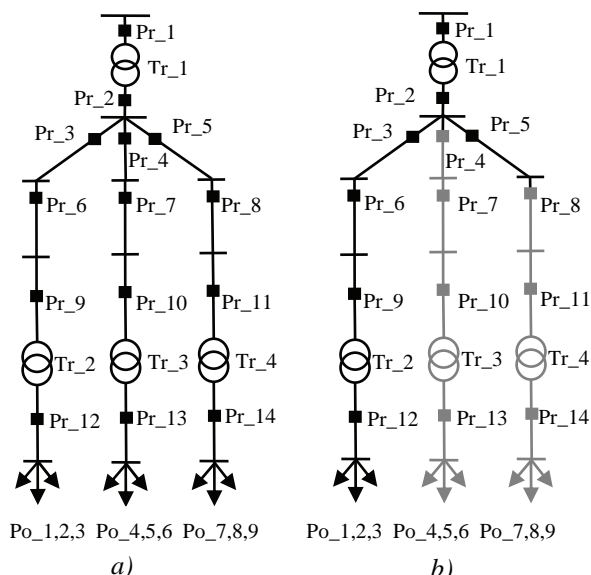
- Model mreže sa trenutnom topologijom.
- Napon korijena mreže i specificirane snage potrošnje (fazne aktivne i reaktivne snage) svih potrošača u mreži.

Izlazni podaci funkcije su:

- Fazori napona svih čvorova.
- Fazne vrijednosti modula struja i vrijednosti faktora snage za sve sekcije i transformatore.
- Gubici aktivne i reaktivne snage za sve elemente mreže.
- Pad napona na svim sekcijama i transformatorima.
- Estimirane vrijednosti statusa (uključen/isključen) baterija kondenzatora koji poseduju mogućnost lokalne kontrole.
- Estimirane vrijednosti regulacionih sklopki.

### 5.2. Osnovna testiranja proračuna tokova snaga

U ovom djelu na primjeru test mreže prikazani su realni scenariji za testiranje proračuna tokova snaga – Slika 3. U pitanju je mreža s jednim korijenom, četiri transformatora, sekcijama i potrošačima.



Slika 3 - Distributivna test mreža u normalan režim rada (a), poslije promjene topologije (b)

Nakon pokretanja funkcije za proračun tokova snaga za mrežu u normalnom režimu rada (slika 3.a), dobijeni rezultati se detaljno pregledaju i utvrđuje da li su dobri. Kada se ustanovi da su rezultati dobri, ti rezultati se smatraju za referentne rezultate, i u odnosu na njih u

nastavku testiranja može da se vrši poređenje sa rezultatima dobijenim u ostalim scenarijima.

Promjena topologije u mreži može da bude posledica mnogo stvari, ali u najvećem broju slučajeva do promjene topologije dolazi zbog kvara na djelu mreže ili usled redovnog održavanja mreže. Na slici 3.b je simuliran takav scenario. Prekidači 4 (Pr\_4) i 8 (Pr\_8) su otvoreni i potrošači ili cijela potrošačka područja ispod tih prekidača su ostali bez električne energije. Zbog smanjenog broja potrošača dobijaju se manje vrijednosti opterećenja, struja i aktivnih snaga na transformatoru 1 (Tr\_1) u odnosu na vrijednosti dobijene u prvom slučaju (normalnom, odnosno početnom režimu rada). Posledica toga je da se dobijaju veće vrijednosti napona i reaktivnih snaga u odnosu na prvi slučaj što je i očekivano. Zbog smanjene potrošnje ima se višak reaktivne energije koja će usloviti podizanje vrijednosti napona.

Zbog navedenih izmjena i dobijenih rezultata može se slobodno reći da se test scenario uspješno izvršava i da je test uspješno prošao.

## 6. ZAKJUČAK

U ovom radu opisane su vrste i tehnike testiranja, pokazano je da je testiranje neizostavan proces razvoja nekog softvera.

Testiranjem se provjeravaju ne samo vrijednosti za nominalan režim rada mreže već i za različite promjene topologije u mreži. Za pravilno testiranje funkcionalnosti potrebno je simulirati realne scenarije, simulirati različite vrste promjene topologije na različitim mjestima u mreži.

Automatsko testiranje pomaže da se postigne veća pokrivenost testovima. Daje mogućnost ponovnog ponavljanja testova bez ljudske greške, zamaranja i netačnog izvršavanja. Prednosti automatskog testiranja su očigledne, ali za komplikovane test scenarije je neophodno primijeniti i manuelno testiranje.

## 7. LITERATURA

- [1] Grupa autora, DMS Softver: *Distributivni menadžment sistem (DMS)*, Novi Sad.
- [2] <http://istqbexamcertification.com>
- [3] [http://www.tutorialspoint.com/software\\_testing](http://www.tutorialspoint.com/software_testing)
- [4] P. Vidović: *Nesimetrični tokovi snaga distributivnih mreža*, magistarska teza, Fakultet Tehničkih Nauka Novi Sad, novembar .

### Kratka biografija:



**Igor Gavranović** rođen u Prijedoru, Republika Srpska (BiH), 1988. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2014. god.



**Predrag Vidović** rođen je u Vlasenici, Bosna i Hercegovina, 1981. god. Diplomirao je i magistrirao na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi 2005. i 2008. god., respektivno.



**SOLARNI SISTEM ZA NAVODNJAVANJE U OKOLINI SOMBORA****SOLAR SYSTEM FOR IRRIGATION NEAR SOMBOR**Vladimir Vajdić, Vladimir Katić *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je naznačen značaj vode i navodnjavanja. Opisan je solarni pumpni sistem i njegove komponente. Urađeno je njegovo dimenzionisanje i ekonomska analiza pojedinih njegovih rešenja.

**Abstract** – This paper indicated the importance of water and irrigation. The design of solar pumping system and its components is given. The dimensioning and economic analysis of solar pumping system is given to.

**Ključne reči:** Navodnjavanje, Solarna energija, FN paneli

**1. UVOD**

Velike obradive površine kvalitetne, plodne zemlje u Vojvodini, kao i bogati vodeni tokovi i kanalska mreža obezbeđuju preduslove za visoke i stabilne prinose poljoprivrednih kultura. Međutim, to često nije slučaj, jer se navodnjava svega oko 3% obradivih površina, a deo kanalske mreže je zapušten. Zbog ovoga su prinosi u velikoj zavisnosti od vremenskih prilika. Ove „prilike“ ne idu na ruku poljoprivrednicima, jer je u poslednjih desetak godina skoro svaka druga bila sušna. Posebno je zapamćena 2012. godina, kada je bilo više od 40 dana sa temperaturama iznad 35°C, pa su se, na primer, prinosi kukuruza sveli na svega 30% prosečnih. Govoreći u brojkama, Vojvodina je samo od suše, te godine pretrpela štetu od oko milijardu evra [1]. To ukazuje da je uvođenje intezivnijeg navodnjavanja ne samo opravdano, već i neophodno za omogućavanje sigurnijih prinosa, kao i njihovog znatnijeg povećanja (druga žetva i sl.). To povećanje kod nekih poljoprivrednih kultura može da ide i do 100% [2].

Mali je broj poljoprivrednika u Vojvodini koji navodnjavaju svoje obradive površine i samim tim ne prizivaju kišu. Upravo jedno od navodnjavanih poljoprivrednih dobara je ovde analizirano kako sa tehničkog aspekta tako i sa ekonomskog. Sa tehničkog aspekta u vidu mogućnosti realizacije različitih tipova tehnike navodnjavanja, a sa ekonomskog isplativost razmatranih sistema.

**1.1. Tipovi sistema za navodnjavanje**

Sistemi i načini navodnjavanja mogu biti različiti u zavisnosti od karakteristike terena i vrste poljoprivredne kulture, koja se navodnjava. Tako se razlikuju četiri osnovne vrste navodnjavanja [3]:

- Površinsko navodnjavanje
- Podzemno navodnjavanje
- Navodnjavanje kišenjem
- Lokalno navodnjavanje

**1.2. Postojeći zalivni sistem na analiziranom imanju**

Na imanju koje je uzeto u razmatranje realizovano je navodnjavanje putem tifona. Ovaj tifon ima pridružena i kolica sa vodenim topom za navodnjavanje nešto otpornijih ratarskih useva i jedno kišno krilo za navodnjavanje povrtlarskih useva. Sama pumpa je nezavisna od tifona. U pitanju je centrifugalna pumpa koju pogoni asinhroni motor. Pumpa je snage 15 kW, nominalne brzine 2800 ob/min, i kapaciteta od 500 l/min. Duž celog imanja prostire se kanal tako da je omogućeno navodnjavanje celokupne zasadne površine od 8 hektara. Navodnjavanje se vrši u noćnim satima od 20 časova uveče do 8 časova ujutru zbog manjeg temperaturnog šoka biljke u periodu između 15. maja i 15. septembra i to 25-30 dana godišnje.

**2. KOMPONENTE SOLARNOG PUMPNOG SISTEMA**

Osnovne komponente solarnog pumpnog sistema su solarni-fotonaponski moduli kao izvor električne energije, električna pumpa, provodnici, sklopna i zaštitna oprema i noseća konstrukcija. Ovim osnovnim komponentama se pridodaju akumulatorske baterije i njima pripadajući kontroler punjenja baterija kada je istaknut zahtev za akumulacijom energije. Akumulacija je potrebna kada se ima nedostatak primarnog izvora energije (u ovom slučaju svetlosti), oblačno vreme, ili kada je istaknuta želja da se navodnjavanje vrši u večernjim i noćnim satima. Kada se ima naizmenični (u daljem tekstu samo AC) potrošač neophodno je da se sistemu pridoda i inverter koji jednosmeran izvor (DC) prilagođava AC potrošaču.

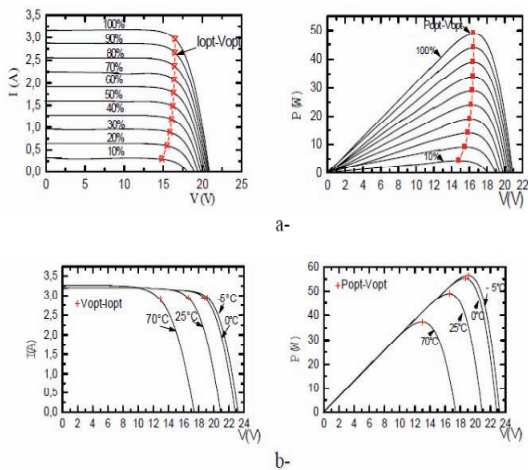
**2.1. Fotonaponski moduli**

Solarni moduli rade na principu fotonaponskog efekta koji je 1839. godine otkrio francuski fizičar Bekerel, ali tek je 1883. napravljena je prva solarna ćelija. Prva moderna fotonaponska (FN) ćelija proizvedena je 1954. u Bel laboratoriji [4].

FN ćelije se slažu u module, a ovi povezuju u veće jedinice – FN panele. Električna energija proizvedena u ovakvim panelima zavisi od nivoa insolacije (zračenja) i temperature ploče panela. Na slici 1 prikazane su ove zavisnosti, gde je sa I i V označena izlazna struja i napon niza solarnih ćelija, respektivno.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red.prof.



Slika 1. Električne karakteristike niza solarnih ćelija

## 2.2. Tipovi fotonaponskih modula

Daleko najrasprostranjeniji masivni materijal za solarne ćelije je kristalni silicijum. Masivni silicijum se deli u više kategorija prema kristalnosti i veličini kristala nastale poluge, trake ili pločice, pa tako postoje sledeće solarne ćelije:

- Monokristalne (slika 2)
- Polikristalne
- Trakaste



Slika 2. Monokristalne solarne ćelije

Drugi način proizvodnje solarnih ćelija je putem tankog filma silicijuma. Ćelije od tankog filma silicijuma uglavnom su izrađene hemijskim parnim taloženjem gasa silana i vodonika. U zavisnosti od parametara taloženja dobija se:

- Amorfni silicijum
- Protokristalni silicijum
- Nanokristalni silicijum

## 3. DIMENZIONISANJE SOLARNOG PUMPNOG SISTEMA

Dimenzionisanje solarnog pumpnog sistema zavisi od načina navodnjavanja, koje pak zavisi od vrste poljoprivredne kulture koja se uzgaja, od dostupnosti vodenih resursa kao i od reljefa terena i količine padavina u vegetativnom periodu. Nakon proračuna ukupnih potreba biljaka za vodom pristupa se odabiru prikladnog sistema za navodnjavanje koji će zadovoljiti te potrebe.

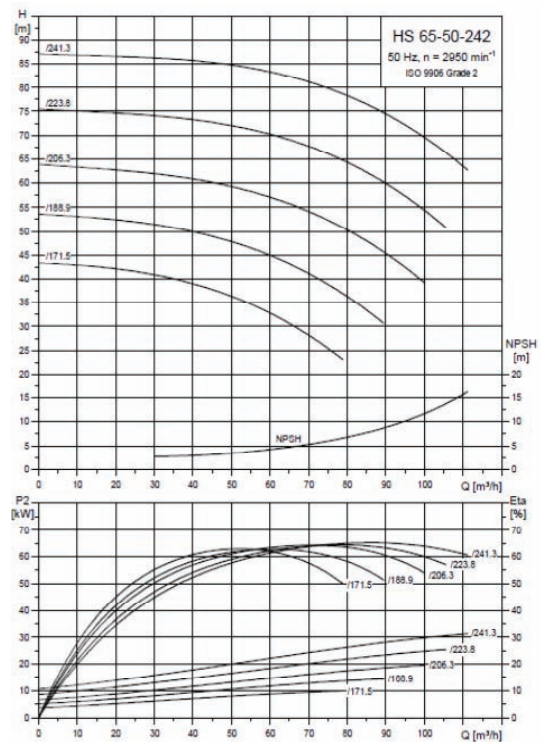
Nakon što je sistem odabran, vrši se izbor pumpe sa radnom tačkom koja odgovara sistemu za navodnjavanje. Pumpa definiše ukupnu energetska potrošnju, pa se na osnovu snage pumpe definiše i ostatak sistema od solarnih

panela, invertora, baterijskog sistema (u koliko postoji) i ostale prateće opreme.

### 3.1. Odabir pumpe

Pumpu je odabrana na osnovu izabranog sistema za navodnjavanje-tifona. Pumpa treba da zadovolji željeni protok od 30 m<sup>3</sup>/h i da ostvari specificirane pritiske za određene razdaljine. Odabrana je pumpa proizvođača Grundfos iz serije HS-centrifugalna pumpa.

Karakteristika koja odgovara zahtevima sistema za navodnjavanje označena je sa 65-50-242 i ona obuhvata protoke od 20-100 m<sup>3</sup>/h pod radnim pritiskom od 4-8,5 bara. Pod ovom serijom spadaju i podserije pa se i za njih imaju određene karakteristike, slika 3.



Slika 3. Karakteristike centrifugalne HS pumpe

### 3.2. Dimenzionisanje solarnog pumpnog sistema

Proračun solarnog pumpnog sistema rađen je u zavisnosti od ukupnih energetska potreba. Ove potrebe definiše potrošač sa svojim karakteristikama, nominalnom snagom i gubicima i vremenom rada. Pod vremenom rada se smatra broj sati u kojima će pumpa da izvršava koristan rad t.j. da pumpa vodu, odnosno navodnjava. Od ukupnih energetska potreba će zavisiti i gabariti sistema samim tim i njegova cena.

Vreme rada zavisi od vlažnosti zemljišta. Merenjem vlažnosti zemljišta određuje se ukupna potreba za vodom pa samim tim i broj sati koliko je potrebno vršiti navodnjavanje. Prilikom proračuna aproksimativno je uzet podatak o broju radnih sati pumpe. Sistem je dimenzionisan za 6, 5, 4 i 3 sata rada.

Osnovni podaci o potrošaču kao što su efikasnost pumpe, snaga potrošača, obeleženi su sa  $A_1$ ,  $A_2$  respektivno.

Efikasnost pumpe  $A_1=55\%$   
Snaga potrošača  $A_2=6kW$

Na osnovu  $A_1$  i  $A_2$  izračunava se pedešena snaga  $A_3$ , odnosno električna snaga na ulazu u pumpu.

$$\text{Snaga pumpe } A_3 = A_2/A_1 * 100 = 10,9 \text{ kW} \quad (1)$$

Sledeći parametar koji je bitan za dimenzionisanje sistema je broj radnih sati,  $A_4$ . Za broj radnih sati  $A_4=6$  sati, i uz podatke o ukupnoj električnoj snazi na ulazu u pumpu  $A_3$ , i broj radnih sati  $A_4$ , dolazi se do dnevne potrošnje pumpe  $A_5$ .

$$\text{Dnevna potrošnja } A_5 = A_4 * A_3 = 65,4 \text{ kW} \quad (2)$$

### 3.3. Dimenzionisanje banke baterija

Prilikom proračuna banke baterija potrebno je definisanje željenog broja dana autonomnog rada-dnevnog skladišta, dubine pražnjenja baterije kao i broja sati za koji je potrebno da se baterija napuni  $B_1$ ,  $B_2$  i  $B_3$  respektivno.

Dnevno skladište	$B_1=1$ dan
Dubina pražnjenja	$B_2=60\%$
Broj sati punjenja	$B_3=5$ sati
Broj sati max osunčanosti	$B_4=5$ sati

Totalna dnevna amperaža  $B_5$  se dobija kao količnik dnevne potrošnje pumpe  $A_5$ , napona banke baterija i efikasnosti invertora za samostalan sistem.

$$B_5 = A_5 / (48 * \eta_{\text{invertora}}) = 1513 \text{ A} \quad (3)$$

Potreban kapacitet baterija  $B_6$  se proračunava sa obzirom na totalnu dnevnu amperažu, i na gore pomenute  $B_1$ ,  $B_2$ .

$$B_6 = (B_1 * B_5) / B_2 = 2521 \text{ Ah} \quad (4)$$

### 3.4. Dimenzionisanje solarnih modula

Dimenzionisanje solarnih modula počinje od ukupnih energetske zahteva  $C_2$  odnosno od dnevne potrošnje  $A_5$ . U proračunu je uvažena i efikasnost baterija,  $C_1$ , kao i predhodno spomenuta efikasnost invertora  $\eta_{\text{inv}}=0,9$ . Efikasnost baterije  $C_1=0,9$ :

$$C_2 = A_5 / (C_1 * \eta_{\text{inv}}) = 80,75 \text{ kWh} \quad (5)$$

Iz kataloga proizvođača solarnih modula za solarni modul sole-240 polikristalne konstrukcije uzeti su podaci kao što su maksimalan napon PV modula i izlazna snaga pri osunčanosti od  $1000 \text{ W/m}^2$ :

$U_{\text{max}}$ selektovanog modula	$C_3=29,6\text{V}$
Izlazna snaga PV modula	$C_4=240\text{W}$
Sati max osunčanosti	$C_5=5$ sati

Dnevna proizvodnja jednog solarnog modula  $C_6$  dobija se kada se pomnože  $C_4$  i  $C_5$  i tako dobijena cifra koriguje usled degradacije izlazne snage modula pri određenoj temperaturi. Za toplu klimu ovaj koeficijent degradacije je  $0,8$  dok je za umerenu klimu ovaj koeficijent  $0,9$ .

$$C_6 = C_4 * C_5 * 0,9 = 1080 \text{ Wh} \quad (6)$$

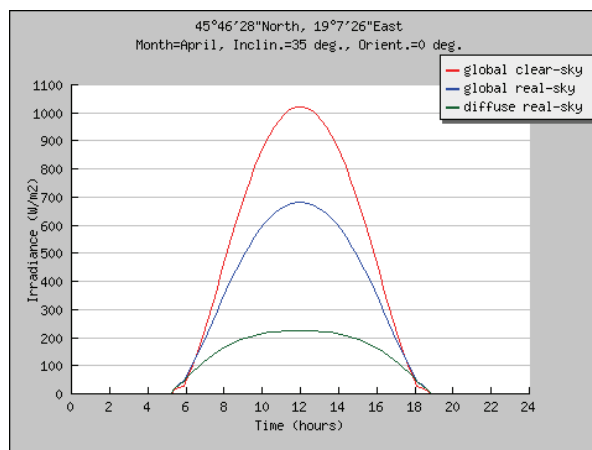
Na kraju se određuje potreban broj modula  $C_7$  kao količnik potrebne dnevne proizvodnje solarnih modula  $C_2$  i dnevne proizvodnje jednog modula  $C_6$ . Dobijeni rezultat je zaokružen na prvi veći broj [5].

$$C_7 = C_2 / C_6 = 75 \text{ modula} \quad (7)$$

### 3.5. Solarni pumpni sistem bez baterija

Ideja ovako realizovanog solarnog pumpnog sistema je da se navodnjavanje vrši u toku dana, odnosno da se izbegnu ulaganja u baterijski i njemu prateći sistem.

Sistem za navodnjavanje i njemu odgovarajuća pumpa su isti kao kod autonomnog sistema. Solarni moduli su dimenzionisani da budu sposobni da pogone pumpu 5 sati dnevno. Podatak o osunčanosti uzet je iz PvGisa (slika 4) [6]. Tabela 1 pokazuje iradijaciju na području Sombora u aprilu. April mesec je izabran zato što se tada počinje sa navodnjavanjem i zato što su maj, jun, jul i avgust izdašniji što se tiče iradijacije. Tabela pruža uvid u podatke o globalnoj iradijaciji na fiksnom panelu  $G$ , difuznoj iradijaciji na fiksnom panelu  $G_d$ , i iradijaciji na fiksnom panelu u uslovima čistog neba  $G_c$ . Takođe se mogu uočiti isti podaci za iradijaciju kod pratećih sistema, oznaka sa A.



Slika 4. Iradijacije u okolini Sombora – April

Tabela 1. Dnevna iradijacija Sombor-April

Time	G	$G_d$	$G_c$	DNI	$DNI_c$	A	$A_d$	$A_c$
5:37	33	33	22	0	0	118	41	181
5:52	44	43	25	118	222	201	78	307
...								
9:37	559	209	809	420	790	652	220	981
9:52	583	212	851	426	802	659	222	991
...								
14:07	583	212	851	426	802	659	222	991
14:22	559	209	809	420	790	652	220	981
14:37	533	204	764	413	776	643	218	969

Snaga solarnih panela je specificirana sa obzirom na iradijaciju od  $1000 \text{ W/m}^2$ . Pošto su vremenske prilike promenljivog karaktera za proračun nominalne snage solarnih modula uzeta je globalna iradijaciju  $G$ . Kao što je rečeno, želja je da se pumpa pogoniti 5 sati i to će biti ostvareno u vremenskom intervalu od 9:37h i 14:22h. Na početku i kraju intervala globalna iradijacija je jednaka  $559 \text{ W/m}^2$ , a sve vrednosti između su veće od označene. Na osnovu podataka o globalnoj iradijaciji i specificiranog podatka o izlaznoj snazi pri iradijaciji od  $1000 \text{ W/m}^2$  izračunat je redukcionni faktor  $R_f$  izlazne snage panela.

$$R_f = (\min G_{9:37-14:22}) / 1000 = 0,599 \quad (8)$$

Potrebna instalisana snaga solarnih modula je dobijena na osnovu snage pumpe i njenog stepena korisnog dejstva  $55\%$ , gubitaka invertora  $1,5\%$  i gubitaka na samom solarnom modulu  $10\%$  kao i na osnovu redukcionnog faktora  $0,566$ . Potrebna snaga je data sledećom formulom:



$$P_{potrebno} = \frac{P_p}{\eta_{pumpe} * \eta_{invertora} * \eta_{panela} * P_{\phi}} = 21,75 kW \quad (9)$$

Za ovu aplikaciju, kao i za predhodnu, odabrani su solarni moduli „sole 240“. Broj potrebnih modula je dat sa:

$$\text{Br.Modula} = P_{potrebno} / P_{modula} = 91 \text{ modul} \quad (10)$$

#### 4. EKONOMSKA ANALIZA RAZMATRANIH SISTEMA

Veoma bitan aspekt svakog projekta je njegova ekonomska analiza. Cilj ekonomske analize je da iskaže nakon koliko godina se razmatrani projekat isplati. Na osnovu analize investitor odlučuje da li mu se isplati gradnja sistema. Trenutak isplativosti sistema je taj kada se ukupni troškovi usled ugradnje sistema poklope sa benifitom koji donosi taj sistem.

Troškovi se dele u četiri osnovne kategorije: Kapitalni troškovi, operativni troškovi, troškovi usled održavanja i troškovi zamene. Benefit dobijen ugradnjom sistema je izražen kroz rad pumpe, koja se pogoni iz sopstvenih izvora. Dodatni benefit je prodaja električne energije i krajnji dobitak je onaj dobijen povećanjem prinosa.

Kapitalni troškovi su dobijeni kao suma svih troškova, koje iziskuje kupovina solarne opreme (paneli, kontroler, invertori...). Osim same solarne opreme pod kapitalnim troškovima se podrazumeva i cena nabavke, noseće konstrukcije, zaštitne opreme, kao i sami troškovi ugradnje.

Operativni troškovi se odnose na ukupnu cenu usled manipulacije opreme ugrađenog sistema i na troškove rada pumpe. Ovde ova vrsta troškova nije uzeta u razmatranje zato što je način manipulacije opremom identičan kao u slučaju sistema napajanog sa mreže. Takođe, nema ni troškova usled rada pumpe jer se pumpa pogoni iz sopstvenog izvora.

Još jedan vid troškova su troškovi usled održavanja sistema. U slučaju solarnih pumpnih sistema ovi troškovi su minimalni pa nisu uzeti u razmatranje.

Troškovi usled zamene pojedinih elemenata sistema ili održavanja, koji se javljaju usled kvarova ili isteka roka trajanja, pa je tako potrebno izvršiti njihovu zamenu, predstavljaju ulaganja tokom eksploatacije. Analiza je rađena za period od 15 godina i u tom periodu je potrebno izvršiti kompletnu zamenu baterijskog sistema, jer mu je procenjeni životni vek oko 7 godina. Invertor i solarni moduli su životnog veka oko 20 godina, s tim da snaga panela, odnosno generisana električna energija vremenom opada (10%-15%). Ostali troškovi usled eventualnih kvarova elemenata sistema uzeti su aproksimativno, tako da iznose 10% ukupnih troškova.

Uzimajući sve ovo u obzir, ukupni troškovi sistema razmatranog u poglavlju 3.5 su procenjeni na približno 2.900.000 dinara.

Za proračun dobiti dobijene usled korišćenja ili prodaje električne energije korišćen je podatak o osunčanosti iz PvGis-a. PvGis na osnovu snage sistema i njegovih karakteristika, tipa ćelija, ugla nagiba panela i stepena slobode sistema za tačno određeno mesto proračunava ukupnu proizvodnju solarne elektrane. Pošto je trenutna otkupna cena solarne električne energije veća od najnepovoljnije situacije pri kupovini-crvne tarife (15,9 din/kWh) odabrano je da se celokupna električna energija prodaje po usaglašenoj ceni od 16,25c€/kWh.

Na bazi ukupnih troškova sistema, ukupne proizvedene energije i njene tržišne vrednosti dolazi se do zaključka da se posmatrani sistem isplati za 6 godina.

#### 5. ZAKLJUČAK

Autonomni solarni pumpni sistem sposoban da vrši zalivanje u noćnom terminu je zbog potrebe ugradnje solarnih baterija značajne i cene. Što je snaga sistema veća to je i period isplativosti duži. U radu je pokazano da je trošak na solarne baterije za sistem sa pumpom snage 10,9 kW sposoban da zaliva 6 sati, više od 2/3 cene celog sistema. Određenim manipulacijama u vidu manje dnevne zalivne moći i veće učestalosti zalivanja postignu je redukcija u broju solarnih baterija samim tim i cene sistema. Opšti je zaključak da nije isplativa ugradnja ovog sistema kao zamena za električnu mrežu.

Solarni pumpni sistem bez baterija je moguće realizovati sa kompenzacijom potrošnje pumpe i bez. U kompenzovanom slučaju imamo navodnjavanje u toku dana (nije poželjno) i cenu crvene tarife koja je ispod prodajne za povlašćene proizvođače. Sve dok je kupovna cena energije manja od prodajne može se koristiti solarna elektrana kao alternativni izvor prihoda. Kao takva elektrana će posle 6 godina proizvoditi dobit.

#### 6. LITERATURA

- [1] <http://www.blic.rs/Vesti/Ekonomija/336626/Jesic-Steta-od-suse-u-Vojvodini-milijardu-evra>, Beograd, 2012.
- [2] L. Maksimović, S. Dragović, Đ. Jocković, M. Stojaković, „Potencijal rodnosti NS-hibrida kukuruza u uslovima navodnjavanja“, Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, br. 35, 2001, pp.415-424.
- [3] Davor Romić, „Navodnjavanje“, Zagreb, 1999.
- [4] A. Mohammedi, Dj. Rekioua, N. Mezza „Experimental Study of e PV Water pumping System“, *J. Electrical System*, 2013.
- [5] V. Vajdić, „Primena fotonaponskih sistema u navodnjavanju“, Diplomski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013.
- [6] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>, Novi Sad, 2014.

#### Kratka biografija:



**Vladimir Vajdić** rođen je u Zrenjaninu 1988. god. Diplomski-bečelar rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2013.god.



**Vladimir Katić** je rođen 1954. godine u Novom Sadu. Doktorirao je na Univerzitetu u Beogradu 1991. godine. Od 2002. godine je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Trenutno je i prodekan Fakulteta tehničkih nauka i šef katedre za energetsku elektroniku i pretvarače. Oblasti interesovanja su energetski pretvarači, obnovljivi izvori energije i kvalitet električne energije



**OPTIMIZACIJA NAPONA I REAKTIVNIH SNAGA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA  
VOLT-VAR OPTIMIZATION IN DISTRIBUTION NETWORKS**Sanja Bajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je razmatran problem optimizacije vrednosti napona i reaktivnih snaga u distributivnim mrežama. Matematički model za njegovo rešavanje razvijen je u programskom jeziku Fortran. Njegova verifikacija za različite kriterijume optimizacije i ograničenja po naponu, izvršena je na primeru jednostavne test mreže.

**Abstract** – In this paper Volt-VAr Optimization in distribution systems is analyzed. Mathematical model of optimization problem is described. Verification of mathematical model is done with simulation in Fortran programming language for a few optimization functions and with voltage constraints.

**Ključne reči:** Optimizacija napona i reaktivnih snaga, Distributivne mreže

**1. UVOD**

Optimizacija napona i reaktivnih snaga (Volt-Var Optimization – VVO) predstavlja jednu od dve osnovne funkcije za upravljanje u energetske sistemima. Kada se razmatraju distributivne mreže VVO je svakako osnovna funkcija upravljanja čijom se primenom režim razmatrane distributivne mreže može dovesti u optimalno stanje, s obzirom na zadati kriterijum i aktivna ograničenja.

VVO je složen, nelinearan problem sa ograničenjima, gde promenljive mogu biti diskretne i kontinualne [1-4]. Metode za njegovo rešavanje mogu da se podele na dve osnovne grupe:

- 1) metode zasnovane na matematičkom programiranju (pre svega linearno programiranje) [1-4], i
- 2) metode zasnovane na veštačkim inteligencijama [5-9].

U ovom radu se analizira problem optimizacije napona i reaktivnih snaga u distributivnim mrežama (DM), pri čemu su se pri traženju optimalnog rešenja uzimali u obzir efekti sledećih regulacionih resursa: transformatori, regulatori napona i kondenzatorske baterije postavljeni kako u transformatorskoj stanici tako i duž izvoda.

**2. MATEMATIČKI MODEL**

Sa matematičkog aspekta, optimizacija napona i reaktivnih snaga predstavlja nelinearni, optimizacioni problem sa ograničenjima tipa nejednakosti i jednakosti [10].

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Goran Švenda, red.prof.**

Pritom, cilj optimizacije je minimizacija ili maksimizacija kriterijumske funkcije. Kriterijumska funkcija je funkcija kojom je izražen cilj VVO procedure, npr. da distributivno preduzeće (DP) smanji gubitke ili štetu, odnosno da poveća sigurnost pogona DM ili ostvari veću dobit.

Svaka kriterijumska funkcija podleže ograničenjima [11]. To su granice kojima su definisane oblasti dopustivih rešenja. Kada su ograničenja zadovoljena, dozvoljeno je vršiti optimizaciju. Ograničenja su uglavnom zajednička za sva DP. DP vrednuje benefit koji je ostvario primenom VVO funkcije novčano ili kroz uštedu u prodatoj energiji, na primer u MWh.

**2.1. Kriterijumske funkcije**

Najčešće kriterijumske funkcije optimizacije napona i reaktivnih snaga su [10]:

- minimalna devijacija napona;
- minimalni gubici aktivne snage;
- minimizacija injektirane aktivne snage;
- poboljšanje faktora snage;
- uvećanje dobiti.

Ipak, sve češće se pojavljuju i sledeći kriterijumi [11]:

- smanjenje preopterećenja elemenata DM;
- minimizacija injektirane reaktivne snage.

**2.2. Ograničenja**

Najčešća ograničenja VVO funkcije su [10]:

- ograničenja po naponima;
- ograničenja po faktoru snage;
- ograničenja po strujama elemenata.

Praktično, sve češće se pojavljuju i sledeća ograničenja [11]:

- broj operacija na dnevnom nivou za regulacione sklopke za regulaciju pod opterećenjem;
- broj operacija na dnevnom nivou za kondenzatorske baterije.

**3. VERIFIKACIJA MATEMATIČKOG MODELA**

Verifikacija matematičkog modela je rađena u programskom jeziku Fortran. Na test mreži je isprogramiran proračun koji simulira promenu pozicija regulacionih resursa i generiše listu operacija kako bi se mreža dovela u optimalno stanje. Za tu svrhu je upotrebljen proračun tokova snaga DM, koji se izvršava pri svakoj simulaciji promene pozicije. Rešenje problema optimizacije vrednosti napona i reaktivnih snaga je realizovano tako da funkcija prvo izađe iz oblasti u kojoj su narušena ograničenja, a zatim da se vrši optimizacija po željenom kriterijumu. Izlaz iz programa jeste posledica ispunjenja jednog od sledećih uslova:

- brojač iteracija je dostigao maksimalnu vrednost (za

- potrebe ovog rada to je 150 iteracija);
- promena rada bilo kog regulacionog resursa u razmatranoj DM neće da formira režim bez narušenih ograničenja (ili će bar smanjiti odstupanje kontrolisanih veličina od dozvoljene oblasti);
- promena rada bilo kog regulacionog resursa u razmatranoj DM neće da formira režim s manjom vrednošću kriterijumske funkcije (bez narušenih ograničenja).

Prvi deo izvršenja predstavlja povratak u stanje mreže bez narušenih ograničenja. Kada kriterijumska funkcija dobije prvu vrednost u dozvoljenoj oblasti, program ne dozvoljava dalji izlazak iz dozvoljene oblasti, pa se u toj oblasti vrši optimizacija, tj. smanjenje vrednosti kriterijumske funkcije.

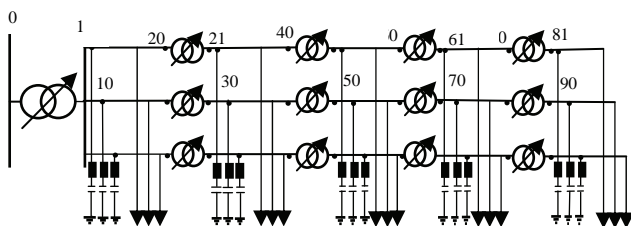
U primerima koji slede verifikacija prikazanog algoritma izvršena je na test DM sa regulacionim resursima s diskretnim promenama:

- trofazni teretni menjač na Tr VN/SN;
- monofazne kondenzatorske baterije sa opcijom uključenja/isključenja;
- monofazni regulatori napona.

Za primere koji slede aktivna ograničenja funkcije VVO su ograničenja po naponu – dozvoljeni opseg napona je  $0.95 \div 1.05$  [r.j.]. Pritom, razmatrani su sledeći kriterijumi optimizacije:

- 1) minimalna devijacija napona, deo 3.1;
- 2) minimalni gubici aktivne snage, deo 3.2;
- 3) minimalna injektirana aktivna snaga, deo 3.3;
- 4) više-kriterijumska optimizacija – kombinacija prethodna tri optimizaciona kriterijuma, deo 3.4.

Za potrebe verifikacije matematičkog modela optimizacije vrednosti napona i reaktivnih snaga modelovan je jedan izvod nebalansirane DM s napojnim transformatorom i regulacionim resursima (Slika 1).

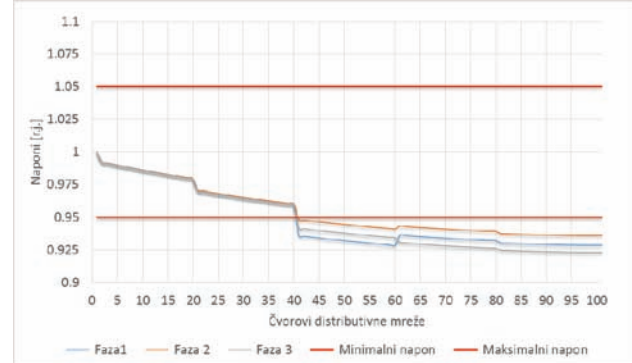


Slika 1. Test mreža

Distributivna trofazna test DM sastoji se od 101 trofaznog čvora i 100 trofaznih grana – 303 monofaznih čvorova i 300 monofaznih grana preko kojih se napajaju monofazni potrošači. Izvod u korenu ima trofazni napojni Tr VN/SN prenosnog odnosa 230/24 kV/kV sa regulacijom pod opterećenjem sa 5 regulacionih otepa, gde je srednja pozicija 3, a promena napona po otepu je 0,625%. On se nalazi između čvorova 0 i 1 i njegova prividna snaga je 44.800 MVA. Izvod se sastoji od tri faze, a u svakoj postoji po pet monofaznih kondenzatorskih baterija, reaktivne snage 900 kVar, svaka sa mogućnošću uključenja i isključenja preko prekidača. Nalaze se u sledećim čvorovima: 10, 30, 50, 70, 90. Takođe, u svakoj fazi izvoda se nalaze po četiri monofazna regulatora napona. Regulatori napona su takođe sa regulacijom pod

opterećenjem, sa ukupno 33 regulaciona otepa, od kojih svaki ima promenu 0.625%, dok je srednja pozicija 17. Njihove prividne snage su 5 MVA i nalaze se između sledećih čvorova: 20-21, 40-41, 60-61, 80-81. Potrošači su predstavljeni modelima konstantne struje, što znači da im se potrošnja menja linearno sa promenom napona. Ovo je i najtačnija aproksimacija modelovanja potrošnje i najčešće se koristi kada nema nekih dodatnih podataka o prirodi potrošnje.

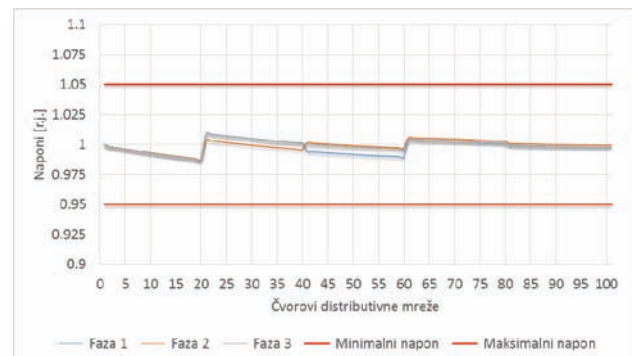
Naponske prilike pre optimizacije su prikazane na Slici 2.



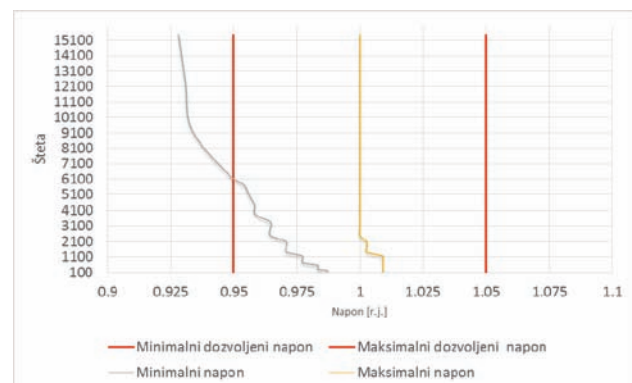
Slika 2. Naponske prilike pre simulacije

### 3.1. Minimalna devijacija napona

Za kriterijum minimalne devijacije napona cilj je bio da se minimizuje šteta koju potrošači trpe usled odstupanja napona od nominalne vrednosti. Naponske prilike nakon optimizacije kao i zavisnost štete od minimalnog i maksimalnog napona u mreži su prikazani na slikama 3 i 4, respektivno.



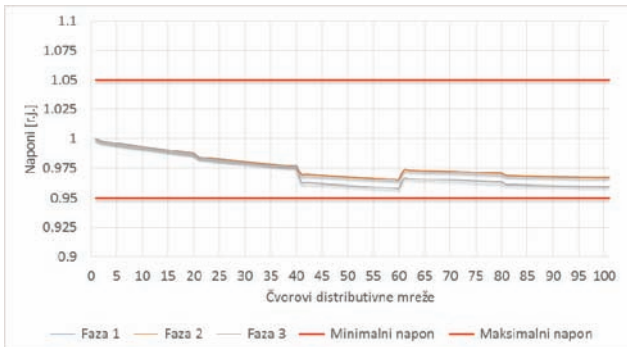
Slika 3. Naponske prilike u mreži nakon minimizacije devijacije napona



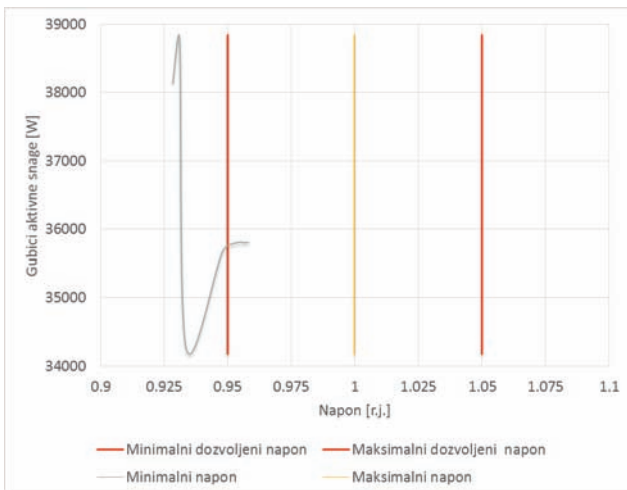
Slika 4. Zavisnost štete potrošača od minimalnog i maksimalnog napona u mreži

### 3.2. Minimalni gubici aktivne snage

U ovom delu rada je simulirana optimizacija sa ciljem minimizacije gubitaka aktivne snage. Naponske prilike u mreži, kao i zavisnost gubitaka od minimalnog i maksimalnog napona u mreži su prikazani na slikama 5 i 6, respektivno.



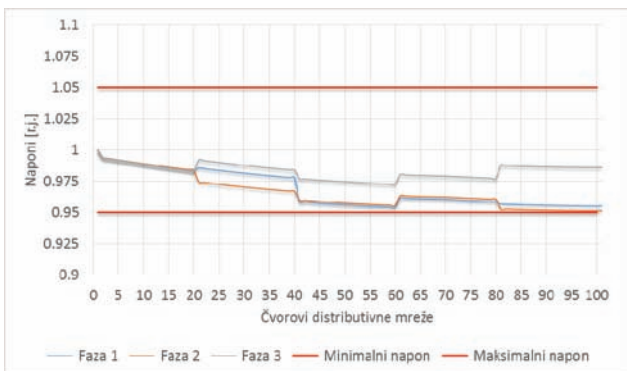
Slika 5. Naponske prilike u mreži nakon minimizacije gubitaka aktivne snage



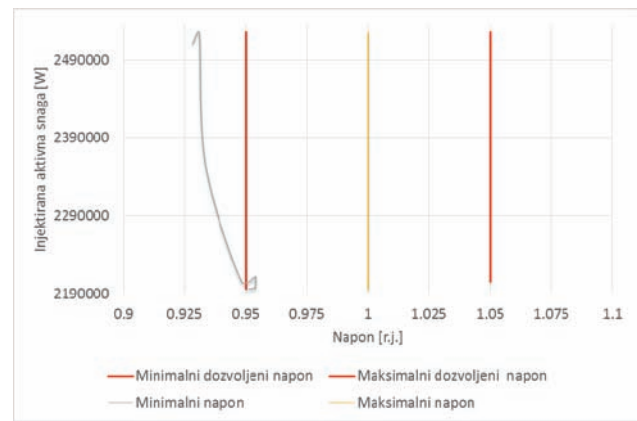
Slika 6. Zavisnost gubitaka od minimalnog i maksimalnog napona u mreži

### 3.3. Minimizacija injektirane aktivne snage

U ovom delu simulirana je optimizacija s ciljem minimizacije injektiranja aktivne snage. Naponske prilike u mreži, kao i zavisnost injektiranja aktivne snage od minimalnog i maksimalnog napona u mreži su prikazani na slikama 7 i 8, respektivno.



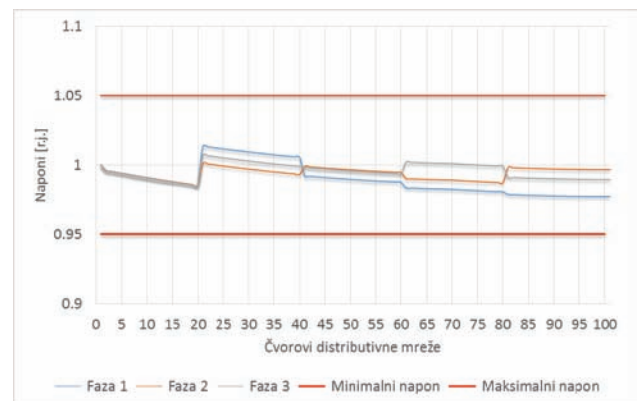
Slika 7. Naponske prilike u mreži nakon minimizacije injektiranja aktivne snage



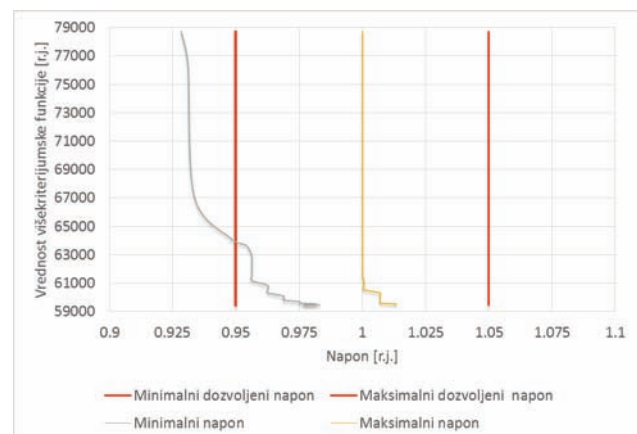
Slika 8. Zavisnost injektirane aktivne snage od minimalnog i maksimalnog napona u mreži

### 3.4. Višekriterijumska funkcija

Na kraju je formirana više-kriterijumska funkcija, gde je cilj minimizacija kombinacije prethodna tri kriterijuma. Na ovaj način svaki optimizacioni kriterijum ima uticaj na konačan rezultat. Ograničenja su ista za sve optimizacione kriterijume. Naponske prilike u mreži nakon primene više-kriterijumske funkcije, kao i zavisnost štete koju potrošači trpe usled kombinacije prethodne tri kriterijumske funkcije su prikazane na slikama 9 i 10, respektivno.



Slika 9. Naponske prilike u mreži nakon primene višekriterijumske funkcije



Slika 10. Zavisnost vrednosti višekriterijumske funkcije od minimalnog i maksimalnog napona u mreži

### 3.2. Poređenje rezultata

U tabeli 1 su prikazani ukupni rezultati optimizacije, gde kolone imaju sledeća značenja:

Šteta – šteta koju potrošači trpe zbog devijacije napona;

$P_{\text{loss}}$  – gubici aktivne snage;

$P_{\text{inj}}$  – injektirana aktivna snaga u test mrežu;

$U_{\text{min}}$  – minimalan napon u mreži;

$U_{\text{max}}$  – maksimalan napon u mreži.

Vrste u tabeli označavaju stanja mreže za koje važe rezultati po kolonama:

Poč. St. – početno stanje mreže, pre optimizacije;

Poč. Opt. – početno stanje za optimizaciju;

1.kr – stanje mreže nakon optimizacije za kriterijum minimalne devijacije napona;

2.kr – stanje mreže nakon optimizacije za kriterijum minimalnih gubitaka aktivne snage;

3.kr – stanje mreže nakon optimizacije za kriterijum minimizacije injektiranja aktivne snage;

4.kr – stanje mreže nakon optimizacije višekriterijumskom funkcijom.

Tabela 1. Rezultati optimizacije

	Šteta [r.j.]	$P_{\text{loss}}$ [kW]	$P_{\text{inj}}$ [kW]	$U_{\text{min}}$ [r.j.]	$U_{\text{max}}$ [r.j.]
Poč. St.	15461.61	38.14	2509.98	0.93	1.00
Poč. Opt.	5730.07	35.81	2212.11	0.95	1.00
1.kr.	143.66	36.90	2285.19	0.99	1.01
2.kr.	4416.76	35.80	2229.67	0.96	1.00
3.kr.	5202.7	35.71	2196.21	0.95	1.00
4.kr.	596.94	36.34	2260.58	0.98	1.01

### 4. ZAKLJUČAK

U radu je razmatran problem optimizacije vrednosti napona i reaktivnih snaga u distributivnim mrežama. Matematički model za njegovo rešavanje razvijen je u programskom jeziku Fortran. Njegova verifikacija za različite kriterijume optimizacije i ograničenje po naponu, izvršena je na primeru jednostavne test mreže. Analizom je utvrđeno da se razmatrana distributivna mreža u zavisnosti od aktivnog kriterijuma optimizacije i aktivnih ograničenja promenom rada regulacionih resursa može dovesti u potpuno različite režime.

### 5. LITERATURA

- [1] B.Sttot, L.Marinho: Linear programming for power-system network security applications; *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. PAS-98, no. 3, pp. 837-848, May/June. 1979.
- [2] D.S.Kirchen, H.V.Meeteren: MW/voltage control in a linear programming based optimal power flow; *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 3, no. 2, pp. 481-489, May 1988.
- [3] M.Bjelogrić, M.S.Ćalović, P.Ristanović, B.S.Babić: Application of Newton's optimal power flow in voltage/reactive power control; *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 5, no. 4, pp. 1447-1454, Nov. 1990.
- [4] A.Gómez, J.L.Martínez, J.L.Ruíz, Y.Cuéllar: Sensitivity-based reactive power control for voltage profile improvement; *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 8, no. 3, pp. 937-945, Aug. 1993.
- [5] Y.Hsu et al.: Voltage control using a combined linear programming and rule-based approach; *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 7, no. 3, pp. 744-752, May 1992.
- [6] C.Liu, K.Tomsovic: An expert system assisting decision-making of reactive power/voltage control; *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 1, no. 3, pp. 195-201, Aug. 1986.
- [7] K.Tomsovic: A fuzzy linear programming approach to the reactive power/voltage control problem; *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 7, no. 1, pp. 287-293, Feb. 1992.
- [8] F.A.Viawan, D.Karlsson: Combined local and remote voltage and reactive power control in the presence of induction machine distributed generation; *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 22, no. 4, pp. 2003-2012, Nov. 2007.
- [9] Y.Malachi, S.Singer: A genetic algorithm for the corrective control of voltage and reactive power," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 21, no. 1, pp. 295-300, Feb. 2006.
- [10] G.Švenda: Predavanja iz predmeta: Specijalizovani softveri u elektroenergetici, *Fakultet tehničkih nauka*, Novi Sad, 2013
- [11] G.Švenda: Volt/VAR Optimization, Detailed design document, *Telvent DMS*, Novi Sad, 2010

#### Kratka biografija:



**Sanja Bajić** rođena je u Senti 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranila je 2014.god.



**TERMIČKA ZAŠTITA TRANSFORMATORA  
TRANSFORMER THERMAL OVERLOAD PROTECTION**Boban Milosavljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisana je termička zaštita transformatora, koja se izvodi pomoću releja termičke slike. Za potrebe određivanja adekvatne termičke zaštite implementiran je matematički model transformatora i napravljena numerička simulacija i grafički predstavljeni rezultati rada releja termičke slike pomoću softverskog paketa MATLAB. Pored izbora adekvatne termičke zaštite transformatora, u radu je prikazan proračun za određivanje temperature transformatorskog ulja kao i temperature najtoplije tačke transformatora.

**Abstract** – This title describes the thermal protection of the transformer, using thermal replica relay. For purposes of determining the appropriate thermal protection is implemented transformers mathematical model. Numerical simulations of thermal relay replica operation with graphical displays are done in software package MATLAB. Beside selection of adequate transformer thermal protection, in this paper is presented calculation of transformers top oil temperature as well as hot spot transformer temperature.

**Ključne reči:** Temperatura transformatorskog ulja, temperatura najtoplije tačke transformatora, termička slika transformatora.

**1. UVOD**

U ovom radu obrađen je relej termičke slike transformatora. Takođe je obrađen termički proračun stanja transformatora koji služi za određivanje promene temperature ulja i temperature namotaja transformatora u uslovima promenljivog opterećenja i promenljive temperature ambijenta. Cilj je da se ostvari adekvatna termička zaštita transformatora. To se postiže pomoću releja termičke slike transformatora koji uzima u obzir i aktuelno opterećenje i aktuelnu temperaturu ambijenta. Potrebno je određivanje temperature ulja na vrhu transformatorskog suda i temperature najtoplije tačke transformatora. Cilj je da se pomoću modela transformatora simuliraju promena opterećenja i promena temperature ambijenta, da bi se odredile radne temperature transformatora u tim uslovima. Na osnovu rezultata simulacije potrebno je izabrati relej termičke slike transformatora kojim će se na adekvatan način štititi dati transformator.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Duško Bekut, redovni profesor**

U drugoj glavi je dat uvod u termičku zaštitu transformatora [1,2,3]. U trećoj glavi kratko su opisani osnovni elementi konstrukcije transformatora, problem zagrevanja transformatora kao i načini hlađenja transformatora. U četvrtoj glavi opisane su metode za određivanje temperature ulja na vrhu transformatorskog suda i temperature namotaja kao najtoplije tačka transformatora. Takođe je opisan način merenja temperature ambijenta. Opisana je i termička slika transformatora kao i četiri različita stanja transformatora u zavisnosti od opterećenja. U petoj glavi opisane su ANSI zaštitne funkcije. U šestoj glavi opisani su termički releji za zaštitu transformatora. U sedmoj glavi je urađena numerička i grafička simulacija promene temperature ulja i temperature namotaja transformatora. U završnim delovima rada dati su zaključak, kao i literatura koja je korišćena za pisanje ovog rada kao i listing programa pomoću kojeg se vrši grafička i numerička simulacija zagrevanja transformatora i rada releja termičke slike transformatora. Takođe su dati i simboli koji su se koristili za crtanje SAMA dijagrama.

**2. UVOD U TERMIČKU ZAŠTITU  
TRANSFORMATORA**

Preopterećenje transformatora iznad nominalnih vrednosti može da izazove porast temperature iznad dozvoljenog nivoa. Termička zaštita od preopterećenja se koristi da ublaži negativne posledice. Korišćenjem IEEE Guide for Loading of Oil-Immersed Power Transformer C57.91-1995. [4] standarda mogu se definisati termički uslovi koji vladaju kada se transformator optereti iznad svojih nazivnih vrednosti do nivoa koji je bezbedan za rad. Ranije, dok elektroenergetski sistemi nisu bili preopterećeni, dešavalo se da energetske transformatori ceo svoj životni vek rade u normalnim servisnim uslovima. U poslednjoj deceniji su se desile ogromne promene u elektroenergetskim sistemima. Privatizacija i deregulacija su stvorili potpuno novu sliku elektroenergetskog sistema u pogledu održavanja i opterećenja transformatora kao i ostalih delova elektroenergetskog sistema. Električnom energijom se danas trguje kao i sa ostalom robom i njena tržišna cena utiče na to da se elektroenergetski sistemi eksploatišu na granici stabilnosti. U tim uslovima, energetske transformatori kao delovi elektroenergetskih sistema, se često opterećuju opterećenjima koja su iznad nazivnih vrednosti i samo termički razlozi ograničavaju dužinu trajanja preopterećenja. Preopterećenje transformatora se može desiti tokom nepredviđenih uslova koji se dešavaju u jednom elektroenergetskom sistemu.

IEEE Guide for Loading of Oil-Immersed Power Transformer C57.91-1995 pomaže u izračunavanju efekata starenja izolacije i njenu izloženost visokim

temperaturama. Standard navodi teoriju, rizike i proračune koji čine mogućim preopterećenje energetskih transformatora. Razumevanje starenja izolacije i kako se proračunava temperatura namotaja su od vitalnog značaja u cilju bezbednog preopterećenja transformatora.

S obzirom na gore navedeno, potrebno je obezbediti adekvatnu zaštitu od preopterećenja. Termička zaštita transformatora je veoma komplikovana. Korisnik mora da upravlja opterećenjem, da nadgleda opremu za hlađenje, prati temperature, razume kako transformator treba da reaguje na date uslove, tumači raspoložive podatke i da adekvatno održava transformator.

### 3. TRANSFORMATORI

Transformator je statički elektrotehnički aparat koji, pomoću elektromagnetne indukcije, pretvara jedan sistem naizmeničnih struja u jedan ili više sistema naizmeničnih struja iste učestanosti i obično različitih vrednosti napona i struja. Njegovom primenom se, uz veoma male gubitke energije, rešavaju problemi različitih naponskih nivoa i međusobne izolovanosti kola koja se nalaze na različitim naponskim nivoima. Na slici 3.1 je prikazan trofazni distributivni transformator [2].



Slika 3.1. – Trofazni distributivni transformator

U pogledu konstrukcije transformator se sastoji iz sledećih osnovnih delova:

- magnetnog kola,
- namotaja,
- izolacije,
- transformatorskog suda,
- pomoćnih delova i pribora.

#### 3.1 Zagrevanje transformatora

Pri procesu preobražaja energije u transformatoru jedan deo energije se pretvara u toplotu, što sa stanovišta korisnika predstavlja gubitke. Toplota proizvedena gubicima zagreva delove transformatora i povećava njihove temperature u odnosu na ambijent. Porast temperature, u opštem slučaju, zavisi od veličine opterećenja i načina i efikasnosti hlađenja. Sa porastom snaga transformatora problem zagrevanja postaje sve izraženiji.

#### 3.2 Hlađenje transformatora

Osnovni način za hlađenje transformatora je odvođenje toplote sa jezgra i namotaja na izolatorsko ulje. Prirodnom cirkulacijom ulje prenosi toplotu na spoljašnje radijatore koji služe da povećaju površinu transformatorskog suda u cilju što efikasnijeg hlađenja. U svrhu efikasnijeg hlađenja mogu se koristiti pumpe koje povećavaju cirkulaciju ulja. Kod transformatora sa neusmerenom cirkulacijom ulje cirkuliše slobodno po transformatorskom sudu, a kod transformatora sa usmerenom cirkulacijom ulje teče kroz namotaje. Takođe hlađenje transformatora možemo poboljšati forsiranim hlađenjem vazduhom i u tu svrhu koristimo ventilatore koji duvaju vazduh na površinu radijatora [3].

#### 3.3 Radne temperature transformatora

Povećanje opterećenja transformatora ima za posledicu porast temperature izolatorskog ulja i upravo ta temperatura predstavlja granični kriterijum za opterećenje transformatora. Maksimalna dozvoljena temperatura transformatora je određena klasom izolacije, kao i tipom transformatora (uljni ili suvi). Razmatranja koja slede se odnose na transformatore koji se hlade uljem Prema IEEE standardu [4] kod transformatora sa poboljšanom izolacijom dozvoljen je porast temperature ulja od 65 °C iznad temperature ambijenta koja ni u jednom trenutku ne prelazi 40 °C ili da njena 24-h srednja vrednost ne prelazi 30 °C.

### 4. METODE ZA ODREĐIVANJE TEMPERATURA TRANSFORMATORA

Kada posmatramo termičke performanse transformatora u svrhu zaštite veoma je bitno da imamo tačna merenja temperature. Postoje dve radne temperature koje se koriste kao osnova za termičku zaštitu transformatora a to su: temperatura ulja na vrhu transformatorskog suda (*eng.* top oil temperature) i temperatura najtoplije tačke transformatora (*eng.* hot spot temperature). One se mogu direktno meriti, a mogu se i dovoljno tačno proračunati.

Temperatura transformatorskog ulja se veoma lako meri pomoću senzora koji se instalira na vrhu transformatorskog suda. Najčešće se koristi RTD (Resistance Temperature Detector) sensor koji sadrži otpornik čiji se otpor menja sa promenom temperature. Temperatura najtoplije tačke se može direktno meriti ali se praktikuje da se ona dobija pomoću proračuna.

Termička slika transformatora se koristi za zaštitu transformatora od preopterećenja kojom se kvalitetno uvažava i predhodno i aktuelno opterećenje [1]. U praksi se koristi relej termičke slike u koji je implementiran model termičke slike štice transformatora. U ovom radu se razmatra samo termička slika uljnih energetskih transformatora. Ranije su se koristili elektromehanički releji pa se model termičke slike transformatora implementirao pomoću elektromehaničkog uređaja termičke slike. Danas se za termičku zaštitu transformatora koriste numerički releji u koje je implementiran matematički model termičke slike transformatora. Savremeni numerički releji pored osnovne zaštitne funkcije imaju sposobnost da prate radne

temperature transformatora i da na osnovu modela termičke slike predviđaju temperaturu najtoplije tačke transformatora u budućnosti i da blagovremeno šalju signal dispečeru ukoliko dođe do prekoračenja datih temperatura.

Matematički model termičke slike transformatora koji se implementira u savremene numeričke releje je dat jednačinom zagrevanja [5, 6]:

$$\frac{dT}{dt} + \frac{1}{H_{Oil}} \cdot T = \frac{1}{H_{Oil}} \cdot \left( \frac{I}{I_{max}} \right)^2, \quad (4.1)$$

gde je:

- T - temperatura ulja,
- $H_{Oil}$  odgovarajuća vremenska konstanta ulja,
- I struja opterećenja transformatora,
- $I_{max}$  maksimalna dozvoljena struja opterećenja.

Kada temperatura transformatorskog ulja i temperatura najtoplije tačke transformatora prelaze granicu od 110 °C dolazi do pojačanog starenja transformatora. Postoje operativne okolnosti kada je neophodno opterećivanje transformatora iznad dozvoljenih granica i za takve okolnosti se definišu četiri operativna stanja transformatora:

- Normalno opterećenje transformatora ispod dozvoljene granice
- Planirano opterećenje transformatora iznad dozvoljene granice
- Dugoročno hitno opterećenje transformatora
- Kratkoročno hitno opterećenje transformatora

## 5. TERMIČKE ZAŠTITNE FUNKCIJE

ANSI 49 Thermal overload standard se koristi u modernim numeričkim transformatorskim zaštitnim relejima [7, 8]. Ove funkcije, u zavisnosti od specifične implementacije u relej koriste neke kombinacije merene struje, temperature ambijenta i temperature transformatorskog ulja da bi detektovale prekoračenje temperature transformatora.

Nakon toga funkcije alarmiraju prekoračenje temperatura, isključuju deo opterećenja ili isključuju transformator. Postoji dvanaest ANSI 49 zaštitnih funkcija a najčešće upotrebljavane su:

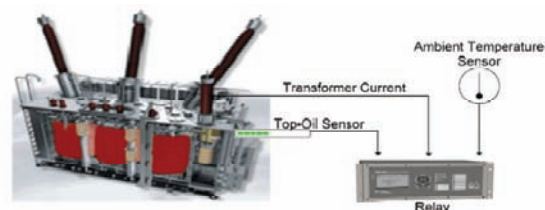
- ANSI 49 Thermal Overload Protection funkcija koja koristi termičku sliku transformatora,
- ANSI 49 termička zaštitna funkcija koja koristi temperaturu,
- ANSI 49 termičke zaštitne funkcije koje se koriste za proračun temperature ulja i temperature najtoplije tačke transformatora.

Razumevanje posledica prekoračenja temperatura transformatorskog ulja i kako se ANSI 49 termičke zaštitne funkcije implementiraju u određene releje predstavlja uvod u termičku zaštitu transformatora.

## 6. TERMIČKI ZAŠTITNI RELEJI

IEEE C57.91-1995 standard definiše osnovne principe termičkog preopterećenja transformatora. Mnogi numerički releji za zaštitu transformatora koji se koriste danas sadrže termičke zaštitne funkcije koje su definisane

na osnovu pomenutog standarda. Na slici 6.1. je prikazan mikroprocesorski relej u koji je jednostavno implementiran termički model [1].



Slika 6.1. – Izgled termičkog releja za zaštitu transformatora

Relej deluje na izmerenu ili izračunatu temperaturu ulja i na izračunatu temperaturu najtoplije tačke. Dodatno, relej može da predvidi temperaturu najtoplije tačke u budućnosti (sat ili minut) i kao rezultat toga može da prognozira narušavanje temperaturnih ograničenja i smanjenje radnog veka transformatora. Informacije o tome se šalju dispečeru kao sistem blagovremenog upozorenja.

Primena termičke zaštite za zaštitu energetskih transformatora zahteva informacije koje su lako dostupne pa je implementacija jednostavan proces. Algoritam zahteva nazivne podatke transformatora, kao i merenja struje, temperature ambijenta i temperature ulja na vrhu transformatorskog suda.

Ako merenje temperature ulja nije omogućeno relej može veoma precizno da je proračuna na osnovu specificiranih nazivnih podataka transformatora, trenutne vrednosti struje opterećenja i temperature ambijenta

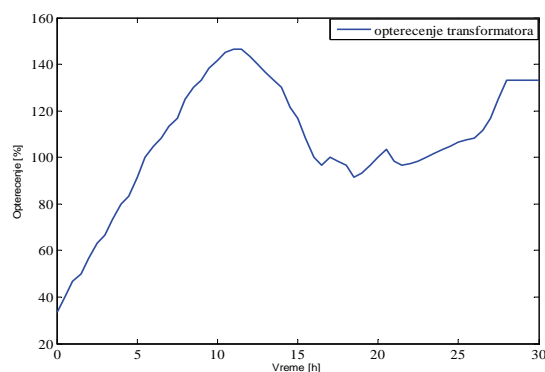
## 7. NUMERIČKA I GRAFIČKA SIMULACIJA

Pomoću softverskog paketa MATLAB na primeru jednog energetskog transformatora snage 6000 kVA, 3~, OA, 24/5.04 kV/kV izvršice se numerička i grafička simulacija zagrevanja transformatora i rada releja termičke slike šticeg transformatora.

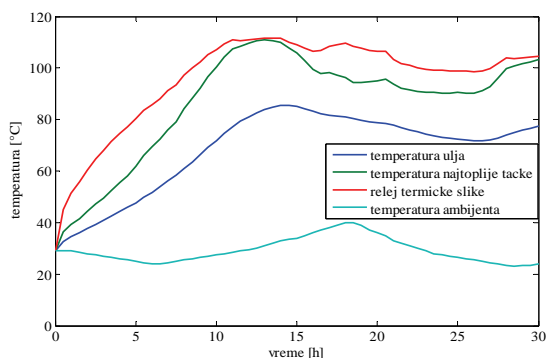
Simulacija se vrši za različite tipove opterećenja pri promenljivoj temperaturi ambijenta na osnovu modela koji je opisan u [6].

### Primer 1

U ovom primeru je prikazano da se transformator može preopteretiti do 45% iznad nominalne vrednosti a da relej termičke slike ne reaguje.



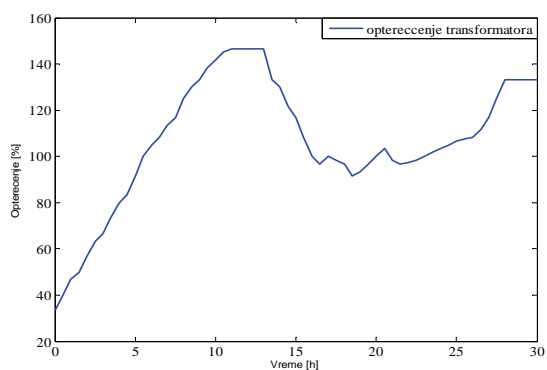
Slika 7.1. – Kriva promene opterećenja transformatora



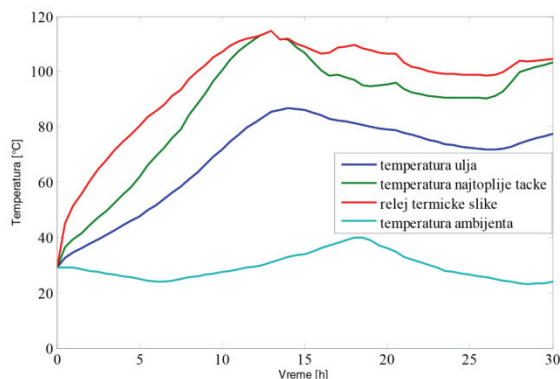
Slika 7.2 – Krive promene temperature transformatora i releja termičke slike

### Primer 2

U ovom primeru je prikazan slučaj kada će relej termičke slike isključiti transformator u trenutku kada se izjednače temperatura releja termičke slike i najtoplije tačke.



Slika 7.3 – Kriva promene opterećenja transformatora



Slika 7.4 – Kriva promene temperature transformatora i releja termičke slike

## 8. ZAKLJUČAK

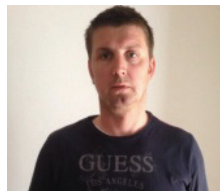
Na osnovu rezultata termičkog proračuna stanja navedenog distributivnog transformatora i na osnovu prethodnih dijagrama može se zaključiti da transformator može raditi sa opterećenjima koja su iznad nominalnih.

Koliko dugo transformator može raditi preopterećen zavisi od opterećenja i od temperature ambijenta. Releji termičke slike transformatora pruža adekvatnu zaštitu navedenom transformatoru. Na dijagramima se vidi da model koji je implementiran u dati relej uzima u obzir i aktuelno opterećenje transformatora i aktuelnu temperaturu ambijenta. Sve to omogućava releju da štiti dati transformator dozvoljavajući kratkoročna i dugoročna preopterećenja transformatora u zavisnosti od visine opterećenja i aktuelne temperature ambijenta.

## 9. LITERATURA

- 1 D. Bekut: *Relejna Zaštita*, FTN, Novi Sad, 2009.
- 2 Đ. Kalić: *Transformatori*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1991.
- 3 A. Dolenc: *Transformatori*, ETF, Zagreb, 1996.
- 4 *IEEE Std. 91-1995* "IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Transformers".
- 5 *IEC 354 1991-09* "Loading Guide for Oil-Immersed Transformers".
- 6 J. E.Hobson and R. L.Witzke: *Power Transformers and Reactors*.
- 7 R.Hunt, Thermal Overload Protection of Power Transformers, *59th Annual Protective Relaying Conference Georgia Tech Atlanta*, Georgia, 2005
- 8 J.Perez, Fundamental Principles of Transformer Thermal Loading and Protection, *Protective Relay Engineers, 63rd Annual Conference*, College Station, TX, 2010.

### Kratka biografija:



**Boban Milosavljević** je rođen 1979. u Raškoj. Završio je srednju elektrotehničku školu u Kraljevu 1998. godine, a višu elektrotehničku školu u Čačku 2003. godine. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu je upisao 2005 godine, odsek Elektrotehnika i računarstvo, smer Elektroenergetika. Bsc diplomu je stekao 2011 godine. Iste godine upisuje master studije na usmerenju Elektroenergetski sistemi.



**UTICAJ VETROAGREGATA NA STRUJU TROFAZNOG KRATKOG SPOJA  
IMPACT OF WIND GENERATORS ON THE THREE PHASE SHORT CIRCUIT**Branislav Kovačević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu izložen je proračun početne struje trofaznog kratkog spoja, koja se napaja sa tri različite vrste vetrogeneratora. Proračun je urađen da bi se videlo koja vrsta vetrogeneratora ima najveći uticaj na struju kvara. Taj proračun je i glavna tema ovog rada.

**Abstract** – This paper presents the calculation of the initial current of three phase short circuit which is supplied by three different kinds of generators. This calculation has been made in order to show which kind of generator has the biggest influence on fault current. That calculation is the main subject of this paper.

**Ključne reči:** Elektroenergetski sistem (EES), distributivne mreže, struja trofaznog kratkog spoja.

**1. UVOD**

Prve ideje o korišćenju energije vetra javile su se na teritoriji današnjeg Bliskog istoka oko 900-te godine pre nove ere. Energija vetra pretvarana je u mehaničku jednostavnim turbinama, koje su bile konstruisane samo za korišćenje sile vuče, te je vetar gurao lopatice u pravcu duvanja [1]. Naravno, energija vetra korišćena je i za druge primene, kao na primer za prevozna sredstva (brodove, jedrilice, čamce i sl.). Vetar kasnije počinje da se koristi za proizvodnju električne energije. Bila su potrebna bolja istraživanja o uticaju vetroelektrana na distributivne sisteme. Pri pojavi različitih poremećaja (namernih ili nenamernih), ili pogrešnih manipulacija, sistem može preći u neki od abnormalnih radnih režima, okarakterisanih nesimetričnim stanjima. Najčešći uzroci nesimetričnih stanja su kvarovi, u prvom redu kratki spojevi i prekidi provodnika, izazvani različitim uzrocima, kao što su vremenske nepogode, prirodne katastrofe, ratna dejstva, sabotaze, namerno ili slučajno prouzrokovani incidenti izazvani ljudskim faktorom itd.

U ovom radu je izloženo kako vetroagregati utiču na struju trofaznog kratkog spoja, koji predstavlja jedini simetričan kvar. Sve tri faze trofaznog elektroenergetskog sistema (EES-a) tada su pogođene na isti način i izložene približno istim uslovima. Pošto je kvar simetričan, analiza trofaznog kratkog spoja može se svesti na posmatranje samo jedne faze, kao što je to praksa u slučajevima analize simetričnih trofaznih mreža. U svim ostalim slučajevima, kratki spojevi su nesimetrični i njihov proračun zahteva specijalne metode (najčešće primenu simetričnih komponenti).

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Andrija Sarić, vanr. prof.

**2. VETROAGREGATI U EES-u**

Vetar je stohastičke prirode, pa je i proizvodnja vetroagregata stohastična veličina. Velike varijacije generisane aktivne snage stvaraju probleme u planiranju proizvodnje, naponskim varijacijama i stabilnosti rada, kako vetroagregata, tako i celog EES-a [1]. Nepredvidljivost proizvodnje električne energije u vetroagregatima ograničava njihovo maksimalno procentualno učešće (penetraciju) u ukupnoj proizvodnji nekog EES-a i zahteva povećanje regulacione rezerve u takvom EES-u.

**2.1 Tipovi vetrogeneratora**

Postoji nekoliko vrsta vetrogeneratora koji u zavisnosti od konstrukcije i parametara utiču na početnu struju trofaznog kratkog spoja. To su:

1. Vetroagregat sa indukcionim kaveznom vetrogeneratorom.
2. Vetroagregat sa indukcionom mašinom sa namotanim rotorom kao vetrogeneratorom.
3. Vetroagregat sa dvostrano napajanom indukcionom mašinom kao vetrogeneratorom.
4. Vetroagregat sa višepolnom sinhronom mašinom sa permanentnim magnetima kao vetrogeneratorom.

1. *Vetroagregat sa indukcionim kaveznom vetrogeneratorom* - kod njega nije moguće menjati brzinu obrtanja vetro turbine, što je mana ovih agregata [2]. Zbog krutosti karakteristike momenat - brzina asinhrona mašine, rade sa brzinama koje se neznatno razlikuju od sinhrona brzine koju diktira mreža na koju je vetrogenerator priključen.

2. *Vetroagregat sa indukcionom mašinom sa namotanim rotorom kao vetrogeneratorom* - ovakav vetroagregat spada u grupu sa delimično promenljivom brzinom obrtanja. Pomoću regulisane usmerače vrši se dinamička promena otpornosti u rotorskom kolu, čime se menja nagib mehaničke karakteristike, odnosno radno klizanje asinhrona mašine [2].

3. *Vetroagregat sa dvostrano napajanom indukcionom mašinom kao vetrogeneratorom* - ovakav vetrogenerator se najčešće koristi kod vetroagregata velike snage.

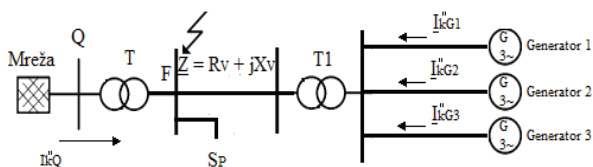
Omogućava promenu brzine agregata u širokom opsegu oko sinhrona brzine, te obezbeđuje visok stepen iskorišćenja vetro turbine u širokom opsegu brzina vetra. Opseg promene brzine vetro turbine je od 10 do 25 obr/min, pa je za prilagođenje brzini obrtanja generatora, kao i u prethodnim slučajevima potreban mehanički reduktor. Statorski namotaj je direktno priključen na mrežu, a rotorski namotaj preko kliznih prstenova. Ovakvi vetroagregati imaju veći stepen iskorišćenja, mogu generisati reaktivnu snagu, manja su im udarna mehanička naprezanja, jer je karakteristika generatora adaptivna, rade stabilnije i generišu manju buku [2].

4. *Vetroagregat sa višepolnom sinhronom mašinom sa permanentnim magnetima kao vetrogeneratorom* – osnovni nedostatak do sada prikazanih vetroagregata je korišćenje reduktora između turbine i generatora. Ova mana je izbegnuta kod koncepta sa sporohodnim višepolnim sinhronim generatorom sa permanentnim magnetima koji se direktno povezuje sa vetroturbinom [2].

### 3. UTICAJ VETROAGREGATA NA STRUJU TROFAZNOG KRATKOG SPOJA

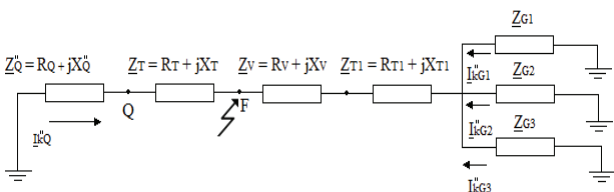
U ovom delu će biti predstavljen trofazan kratak spoj sa jednim jednostavnim primerom proračuna struje trofaznog kratkog spoja, koji će biti od koristi u daljem delu rada. Na Slici 1 prikazan je izgled prenosnog voda na čijem kraju se nalaze priključeni distribuirani generatori, gde su:

- Generator 1 (G1) Vetroagregat sa dvostrano napajanom indukcionom mašinom kao vetrogeneratorom.
- Generator 2 (G2) Vetroagregat sa indukcionim kaveznim vetrogeneratorom.
- Generator 3 (G3) Vetroagregat sa višepolnom sinhronom mašinom sa permanentnim magnetima kao vetrogeneratorom.



Slika 1. Distributivni vod sa priključenim distribuiranim generatorima

Ovaj primer služi kao ilustracija da se pokaže način na koji se računa struja kratkog spoja kada postoje priključeni distribuirani generatori. Na mestu kratkog spoja dolazi do galvanskog odvajanja na deo levo od mesta kvara (napojna mreža) i na deo desno od kratkog spoja (koji napajaju distribuirani generatori). To znači da sa ove dve strane stižu nezavisne struje koje se mogu zasebno računati. Na Slici 2 su prikazane impedanse elemenata sa Slike 1.



Slika 2. Impedanse elemenata sistema

Razmotren je trofazan kratak spoj u tački F na Slici 1. Početna struja trofaznog kratkog spoja bez uticaja distribuiranih generatora je [3]:

$$I_{kQ}'' = \frac{c \cdot U_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot Z_e} \quad (1)$$

$$Z_e = Z_{Qt} + Z_{KT} \quad (2)$$

$$Z_{Qt} = Z_Q / t_r^2 \quad (3)$$

$$Z_Q'' = \frac{c \cdot U_{nQ}^2}{S_{kQ}} \quad (4)$$

$$Z_Q'' = R_Q + jX_Q'' \quad (5)$$

$$R_Q = 0,1 \cdot X_Q'' \quad (6)$$

$$Z_T = \frac{u_{kr}}{100} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \quad (7)$$

$$Z_T = R_T + jX_T \quad (8)$$

$$R_T = \frac{P_{krT}}{3 \cdot I_{rT}^2} \quad (9)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \quad (10)$$

$$K_T = 0,95 \cdot \frac{c_{max}}{1 + 0,6x_T} \quad (11)$$

$$x_T = X_{T2} \cdot \frac{U_{2n}^2}{S_{rT}} \quad (12)$$

$$Z_{KT} = K_T \cdot Z_T \quad (13)$$

gde su:

$I_{kQ}''$  početna struja trofaznog kratkog spoja sa strane mreže,

$U_{nQ}$  nominalni napon mreže,

$c$  naponski faktor, gde se prema IEC Standardu 60909, ovaj faktor razlikuje pri proračunima za maksimalno ( $c_{max} = 1,00 \div 1,10$ ) i minimalno ( $c_{min} = 0,95 \div 1,00$ ) angažovanje izvora struja kratkog spoja,

$Z_e$  ekvivalentna impedansa, redno sabrana impedansa mreže i impedansa transformatora T pomnožena sa korekcionim koeficijentom,

$Z_{Qt}$  impedansa mreže svedena na niskonaponsku stranu transformatora T,

$t_r$  odnos transformacije transformatora T,

$Z_Q''$  impedansa mreže,

$S_{kQ}$  početna prividna snaga kratkog spoja sa strane mreže,

$X_Q''$  reaktansa mreže,

$R_Q = 0,1 \cdot X_Q''$  prema IEC Standardu 60909, kada nije poznata vrednost otpornosti ekvivalentne mreže ( $R_Q$ ),

$U_{2n}$  nominalni napon sekundara transformatora T (na niženaponskoj strani),

$Z_T$  impedansa transformatora T,

$S_{rT}$  naznačena snaga transformatora T,

$u_{kr}$  napon kratkog spoja transformatora T,

$R_T$  otpornost transformatora T,

$I_{rT}$  struja aktivnih gubitaka,

$X_T$  reaktansa transformatora T,

$U_{rT}$  napon visokonaponske strane transformatora T,

$P_{krT}$  aktivni gubici snage transformatora T u bakru,

$K_T$  korekcionni koeficijent u slučaju dvonamotajnih transformatora, u proračunima kratkih spojeva, se množi sa prirodnom impedansom mrežnog transformatora T i uvodi se zbog kompenzovanja različitih pojednostavljenja pretpostavki, prema IEC Standardu 60909,

$x_T$  relativna reaktansa transformatora T,

$X_{T2}$  vrednost reaktanse transformatora T svedena na stranu nižeg napona,

$Z_{KT}$  impedansa transformatora T pomnožena sa korekcionim koeficijentom  $K_T$ .

Proračun početne struje koja dolazi sa strane distribuiranog generatora 1 [3]:

$$I''_{kG1} = \frac{c \cdot U_{rR}}{\sqrt{3} \cdot Z_e}; \quad (14)$$

$$Z_e = Z''_{G1t} + Z_{KT1} + Z_V; \quad (15)$$

$$Z''_{G1t} = Z''_{G1} \cdot t_r^2; \quad (16)$$

$$Z_{G1} = \frac{1}{I_{LR}/I_{rG}} \cdot \frac{U_{rG}^2}{P_{rG}}; \quad (17)$$

$$Z_{G1} = R_{G1} + jX_{G1}; \quad (18)$$

$$Z_{T1} = \frac{u_{krT}}{100} \cdot \frac{U_{rR}^2}{S_{rT}}; \quad (19)$$

$$Z_{T1} = R_{T1} + jX_{T1}; \quad (20)$$

$$Z_{KT1} = K_T \cdot Z_{T1}; \quad (21)$$

$$K_T = 0,95 \cdot \frac{c_{max}}{1+0,6x_T}; \quad (22)$$

$$Z_V = R_V + jX_V; \quad (23)$$

$$R_V = r_V \cdot L_V; \quad (24)$$

$$X_V = x_V \cdot L_V; \quad (25)$$

gde su:

$I''_{kG1}$  početna struja trofaznog kratkog spoja koja dolazi sa strane distribuiranog generatora G1,

$Z_e$  ekvivalentna impedansa, redno sabrana impedansa generatora G1, transformatora T1 pomnožena sa korekcionim koeficijentom i voda  $Z_V$ ,

$U_{rR}$  napon visokonaponske strane transformatora T1,  
 $Z''_{G1t}$  impedansa distribuiranog generator G1 svedena na visokonaponsku stranu,

$Z''_{G1}$  impedansa distribuiranog generatora G1,

$t_r$  odnos transformacije transformatora T1,

$I_{LR}$  struja motora pri ukočenom rotoru,

$I_{rG}$  nominalna struja indukcione mašine,

$U_{rG}$  napon distribuiranog generatora G1,

$P_{rG}$  aktivna snaga distribuiranog generator G1,

$Z_{T1}$  impedansa transformatora T1,

$u_{krT}$  napon kratkog spoja transformatora T1,

$S_{rT}$  naznačena snaga transformatora T1,

$Z_{KT1}$  impedansa transformatora T1 pomnožena sa korekcionim koeficijentom  $K_T$ ,

$Z_V$  impedansa prenosnog voda,

$R_V, X_V$  podužna otpornost i reaktansa voda, respektivno.

Proračun početne struje koja dolazi sa strane distribuiranog generatora 2 [3]:

$$I''_{kG2} = \frac{c \cdot U_{rR}}{\sqrt{3} \cdot Z_e}; \quad (26)$$

$$Z_e = Z''_{G2t} + Z_{KT1} + Z_V; \quad (27)$$

$$Z''_{G2t} = Z''_{G2} \cdot t_r^2; \quad (28)$$

$$Z_{G2} = \frac{1}{8} \cdot \frac{U_{rG}^2}{P_{rG}}; \quad (29)$$

$$Z_{G2} = R_{G2} + jX_{G2}; \quad (30)$$

gde su:

$I''_{kG2}$  početna struja trofaznog kratkog spoja koja dolazi sa strane distribuiranog generatora G2,

$Z_e$  ekvivalentna impedansa, redno sabrana impedansa generatora G2, transformatora T1 pomnožena sa korekcionim koeficijentom i voda  $Z_V$ ,

$Z''_{G2t}$  impedansa distribuiranog generator G2 svedena na visokonaponsku stranu,

$t_r$  odnos transformacije transformatora T1,

$Z''_{G2}$  impedansa distribuiranog generatora G2,

$P_{rG}$  aktivna snaga distribuiranog generator G2,

$U_{rG}$  napon distribuiranog generatora G2,

$I_{LR}/I_{rG} = 8$  prema IEC Standardu 60909, kada nisu poznati podaci o struji motora pri ukočenom rotoru  $I_{LR}$ , i nominalnoj struji indukcione mašine  $I_{rG}$ .

Proračun početne struje koja dolazi sa strane distribuiranog generatora 3 [3]:

$$I''_{kGk} = 1,5 \cdot I_{rG}; \quad (31)$$

$$I''_{kG3} = \frac{I''_{kGk}}{t_r}; \quad (32)$$

gde su:

$I''_{kGk}$  početna struja trofaznog kratkog spoja koja dolazi sa strane distribuiranog generatora G3,

$I_{rG}$  nominalna struja generator G3,

$I''_{kG3}$  početna struja trofaznog kratkog spoja koja dolazi sa strane distribuiranog generatora G3 svedena na visokonaponsku stranu transformatora T1,

$t_r$  odnos transformacije transformatora T1.

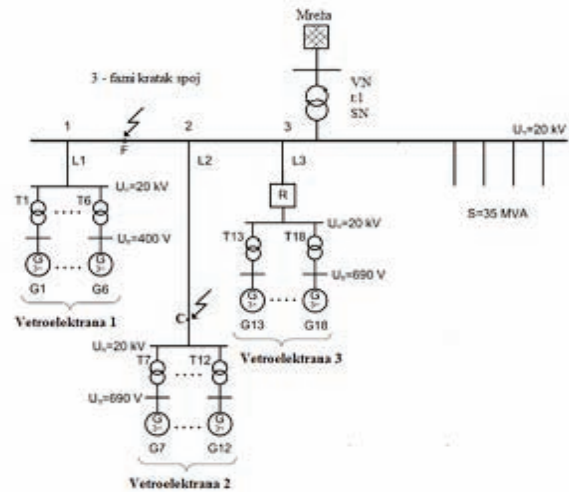
Izraz ima takav oblik jer je vetrogenerator priključen preko konvertora na mrežu i njegov doprinos struji kvara ne prelazi 200% od  $I_{rG}$ .

Na osnovu Slike 1, ukupna početna struja na mestu kratkog spoja jednaka je:

$$I''_{ku} = I''_{kQ} + I''_{kG1} + I''_{kG2} + I''_{kG3}; \quad (33)$$

#### 4. PRIMENA

Na Slici 3 je prikazan test sistem na kome je simuliran trofazan kratak spoj u tačkama F i C.



Slika 3. Srednje-naponska mreža sa distribuiranim generatorima (vetrogeneratorima) [4].

Razmotreni slučajevi trofaznog kratkog spoja su:

- Kada se trofazan kratak spoj dogodi na mestu priključenja vetroelektrana na mrežu u tački F, Slika 3.
- Smanjenje proizvodnje vetroelektrana na 40% od maksimalne proizvodnje.

- Kada kod Vetroelektrane 3 ne bi postojao reaktor, da bi se video uticaj tipa vetrogeneratora na struju kratkog spoja.
- Kada se Vetroelektrana 2 i Vetroelektrana 3 udalje od mesta kvara za 100% od prvobitne dužine.
- Kratak spoj u tački C, Slika 3, da bi se videlo koliki je tada uticaj distributivne mreže i koliko je porastao uticaj vetroelektrana na kratak spoj.
- Smanjenje proizvodnje vetroelektrana na 40% od maksimalne proizvodnje kada je kratak spoj u tački C, Slika 3.
- Slučaj kada je kratak spoj u tački C, i pretpostavljeno je da ne postoji reaktor kod Vetroelektrane 3, da bi se video uticaj tipa vetrogeneratora na struju kratkog spoja.

Prvi slučaj koji je razmotren jeste trofazni kratak spoj u tački F, Slika 3. Rezultati proračuna struja trofaznog kratkog spoja su prikazani u Tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati proračuna struja kratkog spoja za kvar u tački F, Slika 3

	Struja 3-faznog kratkog spoja [A]	Snaga na mestu kratkog spoja [MVA]	Doprinos struji kratkog spoja [%]
Mreža	6885	238,52	84,98
Vetroelektrana 1	155,88	5,39	1,94
Vetroelektrana 2	594,32	20,588	7,34
Vetroelektrana 3	466,1	16,144	5,75
Ukupno	8101,3	280,642	100

Da bi se video uticaj tipa vetrogeneratora na struju kratkog spoja, pretpostavljeno je da reaktor kod Vetroelektrane 3 ne postoji. Rezultati proračuna struja trofaznog kratkog spoja su prikazani u Tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati proračuna struja kratkog spoja kada nema reaktora kod Vetroelektrane 3

	Struja 3-faznog kratkog spoja [A]	Snaga na mestu kratkog spoja [MVA]	Doprinos struji kratkog spoja [%]
Mreža	6885	238,52	82,576
Vetroelektrana 1	155,88	5,39	1,87
Vetroelektrana 2	594,32	20,588	7,128
Vetroelektrana 3	702,538	24,337	8,43
Ukupno	8337,738	288,835	100

## 5. PRIMENE PRORAČUNA STRUJA KRATKIH SPOJEVA

Proračuni kratkih spojeva su osnov za rešavanje niza praktičnih inženjerskih problema pri planiranju, projektovanju i eksploataciji elektroenergetskih objekata i sistema [3]. Najčešće, to su:

1. Izbor parametara opreme pri projektovanju elektroenergetskih objekata.
2. Provera adekvatnosti opreme u eksploataciji elektroenergetskih sistema.

3. Projektovanje uzemljenja objekata elektroenergetskih sistema i provera napona dodira i koraka.
4. Proračun uticaja elektroenergetskih na telekomunikacione vodove i izbor zaštitnih mera.
5. Koordinacija delovanja uređaja relejne zaštite.

## 6. ZAKLJUČAK

Analiza kratkih spojeva vrši se radi određivanja vrednosti struja koje iz sistema dolaze na mesto kvara po nastanku kratkog spoja. Poznavanje ponašanja EES-a pri kvarovima je važno radi dimenzionisanja opreme, provere uzemljenja i adekvatnog izbora i podešavanja uređaja relejne zaštite. U radu je pokazano da na početnu struju trofaznog kratkog spoja najviše utiče Vetroelektrana 2 koju čini šest vetroagregata sa dvostrano napajanim indukcionim mašinama kao vetrogeneratorima, zatim Vetroelektrana 3 koju čini šest vetroagregata sa indukcionim kaveznim vetrogeneratorima i na kraju najmanji uticaj na početnu struju trofaznog kratkog spoja ima Vetroelektrana 1 koju čini šest vetroagregata sa višepolnim sinhronim mašinama sa permanentnim magnetima kao vetrogeneratorima. Razlog zbog koga je doprinos Vetroelektrane 1 najmanji je zbog toga što se vetrogeneratori priključuju na mrežu preko konvertora koji ograničavaju njihov doprinos struji kvara. Priključuju se preko konvertora jer rade sa promenljivim brzinama i moraju biti raspregnuti od mreže. Vetroelektrana 3 je po doprinosu na drugom mestu zbog reaktora koji ograničava uticaj Vetroelektrane 3 na struju kvara.

## 7. LITERATURA

- [1] V. Katić: *Atlas vetrova na teritoriji AP Vojvodine*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2008.
- [2] Ž. Đurišić: *Vetrogeneratori*, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2007.
- [3] M.S. Čalović i A.T. Sarić: *Osnovi analize elektroenergetskih mreža i sistema*, Tehnički fakultet Čačak, Beograd, 2005.
- [4] T.N. Boutsika and S.A. Papathanassiou: *Short-Circuit Calculation in Networks with Distributed Generation*, National Technical University of Athens, Athens, 2007.

### Kratka biografija:



**Branislav Kovačević** rođen je u Sremskoj Mitrovici 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva-Elektroenergetski sistemi odbranio je 2014. godine.



**VEB BAZIRANI GRAFIČKI EDITOR ELEKTRIČNIH ŠEMA – KLIJENTSKA STRANA  
WEB BASED ELECTRICAL CIRCUIT DIAGRAM EDITOR – CLIENT SIDE**

Kemal Sokolović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je opisan postupak implementacije klijentske strane web baziranog grafičkog editora električnih šema. Opisani grafički editor je realizovan kao jednostranična web aplikacija na JavaScript programskom jeziku. Rešenje opisano u ovom radu je razvijeno za potrebe kompanije Typhoon HIL i bazirano je na njenoj postojećoj desktop aplikaciji iste namene.

**Abstract** – *This paper presents the implementation of the client side for a web based electrical circuit diagram editor. The diagram editor described here is implemented as a single page web application using JavaScript programming language. The solution described here is developed for the Typhoon HIL company and is based on its existing desktop solution.*

**Cljučne reči:** *grafički editor, web editor, dijagrami, jednostranične web aplikacije, JavaScript, električne šeme*

**1. UVOD**

Različite vrste dijagrama se u nauci, a naročito inženjerskim disciplinama, koriste za vizualizaciju širokog spektra ideja, koncepata i informacija. Naročito je evidentan porast različitih dijagramskih notacija kao rezultat evolucije informacionih tehnologija i pojave grafičkog korisničkog interfejsa, što je rezultiralo uvođenjem dijagrama kao standardnog načina za vizuelno predstavljanje informacija.

Do danas je razvijeno na stotine različitih notacija koje su našle praktičnu primenu u mašinstvu, energetici, računarskim naukama i drugim inženjerskim disciplinama. One se koriste za potrebe formalnog opisa apstrakcija i koncepata iz domena primene, za uniformnu komunikaciju među timovima inženjera ili za kreiranje formalnih tehničkih specifikacija.

Ovaj rad opisuje postupak implementacije web baziranog editora dijagrama električnih šema koji je razvijen za potrebe kompanije Typhoon HIL.

**1.1. Motivacija**

Kompanija Typhoon HIL nudi bogatu liniju HIL (*Hardware In the Loop*) proizvoda namenjenih dizajniranju, razvoju i automatizovanom testiranju sistema iz domena energetske elektronike.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Dejanović.**

Kao softverska podrška na raspolaganju krajnjim korisnicima stoji skup desktop alata namenjenih radu sa ovim proizvodima. Postojeći alati nude mogućnost modelovanja šema pomoću grafičkog editora čija biblioteka grafičkih elemenata raspolaze svim elementima iz domena energetske elektronike.

Dizajnirana šema se jednostavno može kompajlirati u mašinski kod koji se potom može izvršiti na nekom od postojećih uređaja, a zasebna aplikacija iz paketa nudi mogućnost učitavanja kompajliranog modela i pokretanje simulacije u realnom vremenu sa mogućnošću daljeg podešavanja parametara simulacije. Na raspolaganju je takođe i editor Python skripti pomoću kojih čijim se kreiranjem postupak testiranja može automatizovati i po želji modifikovati.

Iako postojeći softverski alati zadovoljavaju potrebe krajnjih korisnika u pogledu upotrebljivosti i performansi, jedan od najvećih nedostataka se ogleda u činjenici da su ovi alati dostupni samo korisnicima koji poseduju neki od HIL uređaja, čime se ograničava mogućnost sticanja uvida u prednosti kojima ovi uređaji raspolazu potencijalnim korisnicima bez potrebe za inicijalnim ulaganjem.

Motivisana ovim problemom kompanija je započela sa postepenom migracijom postojećih softverskih alata na web, čime bi se ovi alati učinili lako dostupnim širem krugu potencijalnih korisnika. Prva faza u ovom procesu je realizacija grafičkog editora električnih šema koji se izvršava u web pregledaču.

**2. SPECIFIKACIJA**

U prvoj fazi realizacije sistema definisana je specifikacija koju sistem mora da zadovolji. U procesu formiranja specifikacije sistema kao osnove za dalji razvoj korišćena je već postojeća desktop aplikacija po čijem uzoru je dizajnirano i implementirano web rešenje. Kao ključni delovi specifikacije definisane su osnovne funkcionalnosti u obliku korisničkih funkcija koje će rešenje da ponudi krajnjim korisnicima, a potom je na osnovu postojećeg desktop rešenja formirana specifikacija grafičkog korisničkog interfejsa koju rešenje mora da zadovolji.

**2.1. Korisničke funkcije**

Formalno, korisnička funkcija opisuje skup sekvenci u kome svaka sekvenca predstavlja interakciju opštih sredstava izvan sistema (njegovih izvođača) sa samim sistemom i njegovim ključnim apstrakcijama [1, 2, 3]. Pojednostavljeno, pod korisničkim funkcijama se podrazumeva opis, dat najčešće govornim jezikom, skupa sekvenci koje sistem izvodi sa ciljem postizanja primetnog rezultata koji je za korisnika tog sistema važan.

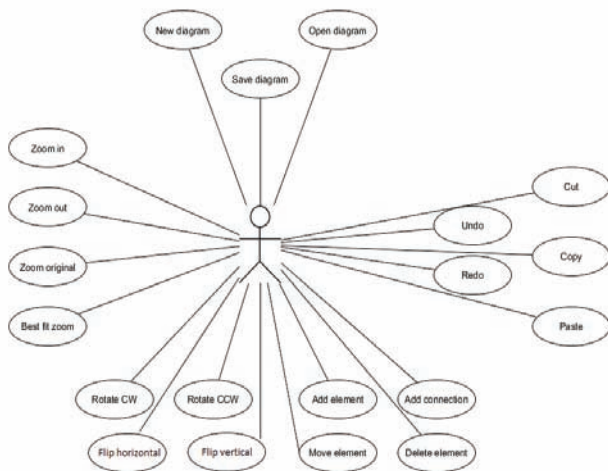
Korisnička funkcija opisuje šta sistem ili neki njegov podsistem radi, ali ne specificuje kako to radi.

U kontekstu korisničkih funkcija izvođač predstavlja koherentan skup uloga koje korisnici korisničkih funkcija igraju kada su u interakciji sa tim korisničkim funkcijama [1, 2].

Sa aspekta krajnjeg korisnika web bazirani editor električnih šema mora da obezbedi mogućnost kreiranja kompletnih dvodimenzionalnih dijagrama električnih šema kao i manipulaciju šemama i osnovnim grafičkim elementima kao njihovim sastavnim delovima. Rešenje mora da obezbedi osnovne operacije karakteristične za aplikacije ovog tipa i mora biti u mogućnosti da rukuje osnovnim akcijama koje korisnik zadaje preko komponenti grafičkog korisničkog interfejsa, kao i akcijama vezanim za sam dijagram i elemente koji ga čine.

Prilikom formiranja zahteva sa aspekta krajnjeg korisnika, kao korisničke funkcije koje rešenje treba da obezbedi, korišćen je skup funkcionalnosti koje obezbeđuje originalna desktop aplikacija. Iz tog skupa odabran je reprezentativan podskup osnovnih korisničkih funkcija koje će biti podržane u inicijalnoj verziji rešenja: dodavanje elemenata na dijagram jednostavnim prevlačenjem elementa (*drag and drop* mehanizam) sa palete dostupnih elemenata, brisanje elemenata sa dijagrama, pomeranje elemenata, povezivanje elemenata, selekcija jednog ili više elemenata dijagrama kao i osnovne geometrijske transformacije nad elementima (rotiranje i okretanje elemenata) i podešavanje nivoa uvećanja prikaza dijagrama. Takođe se korisniku mora omogućiti kreiranje novih dijagrama, snimanje dijagrama pod podrazumevanim ili nazivom koji korisnik odabere kao i učitavanje postojećih dijagrama koji su prethodno kreirani u sačuvani. Kao i u većini aplikacija ovog tipa, neophodno je obezbediti podršku za poništavanje i ponovno izvršavanje akcija, kao i mogućnost kopiranja, isecanja i lepljenja grafičkih elemenata dijagrama.

Osnovne korisničke funkcije koje realizovana aplikacija treba da podrži su prikazane na dijagramu slučajeva korišćenja na slici 1.

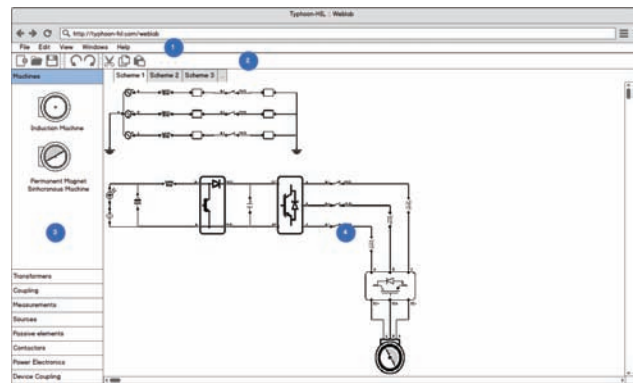


Slika 1 – Dijagram slučajeva korišćenja sa prikazom osnovnih operacija koje će biti podržane u inicijalnoj verziji rešenja

## 2.2. Grafički korisnički interfejs

S obzirom da je kao osnov za razvoj web baziranog rešenja korišćena postojeća desktop aplikacija iste namene, u procesu dizajniranja grafičkog korisničkog interfejsa jedan od primarnih ciljeva je bio da web aplikacija po strukturi interfejsa što je moguće više podseća na postojeće desktop rešenje.

Osnovni elementi grafičkog korisničkog interfejsa koji će biti prisutni u web aplikaciji, a na osnovu originalne desktop aplikacije, su sledeći: linija menija, paleta sa alatima, paleta sa elementima dostupnim za iscrtavanje i radna površina na kojoj je prikazan dijagram realizovana u MDI (*Multi Document Interface*) maniru primenom kartica. Na osnovu evidentiranih elemenata korisničkog interfejsa definisana je skica grafičkog korisničkog interfejsa web aplikacije koja će biti praćena u toku implementacije. Skica je prikazana na slici 2.



Slika 2 – Skica grafičkog korisničkog interfejsa web editora sa osnovnim elementima: (1) – linija menija, (2) – paleta sa alatima, (3) – paleta elemenata dostupnih za iscrtavanje, (4) – površina za smeštanje dijagrama

U cilju obezbeđivanja bogatog korisničkog iskustva pri korišćenju web aplikacije, nalik na ono koje pruža originalna desktop aplikacija, rešenje je realizovano kao jednostranična web aplikacija.

Jednostranične web aplikacije su aplikacije koje se isporučuju putem internet pregledača i koje tokom čitavog perioda korišćenja ne osvežavaju celu stranicu na kojoj se nalaze [4, 5, 6], već samo delove koji su relevantni za tekuću akciju koja se izvršava. Ovakav vid funkcionisanja se postiže primenom AJAX poziva za komunikaciju sa serverom i najčešće JSON formata za razmenu podataka. Jednostranične web aplikacije se mogu posmatrati kao ekvivalent desktop aplikacija sa bogatim interfejsom, pri čemu se u ovom slučaju prostor izvršavanja sa lokalnog memorijskog prostora seli u internet pregledač.

Jedna od najčešće korišćenih tehnologija za razvoj jednostraničnih web aplikacija danas je JavaScript. Aplikacije koje su ranije razvijane zasebno ili posebno prilagođavane za različite operative sisteme i koje su zahtevale instalaciju posebnih dodataka (kao što su Java ili Flash) se sada isporučuju kao konzistentne jednostranične web aplikacije realizovane na JavaScript programskom jeziku. Stoga je kao osnovna tehnologija za razvoj klijentske strane rešenja odabran JavaScript, dok je serverska strana realizovana na Python programskom

jeziku uz oslonac na Django okvir namenjen razvoju web aplikacija.

Iako se grafički korisnički interfejs aplikacije može izgraditi uz oslonac na HTML i CSS, znatno kvalitetniji rezultati u pogledu upotrebljivosti i ukupnog korisničkog iskustva se postižu upotrebom neke od postojećih biblioteka koje nude standardne komponente interfejsa. Kao jedna od kvalitetnijih biblioteka ovog tipa odabrana je *Dojo* biblioteka komponenti. Ova biblioteka raspolaže svim standardnim komponentama grafičkog korisničkog interfejsa, ima mogućnost jednostavnog prilagođavanja za više različitih uređaja, potpuno je bazirana na JavaScript-u i kompatibilna je sa svim popularnim internet pregledačima.

Za vizualizaciju i rukovanje dijagramima i elementima dijagrama zahteva se funkcionalnost koju pružaju 2D grafičke biblioteke. U tu svrhu iskorišćena je biblioteka *Draw2D touch* koja obezbeđuje osnovu za rukovanje vektorskom grafikom u okviru HTML div-elementa koji predstavlja površinu za crtanje. Ova biblioteka je bazirana isključivo na JavaScript-u, kompatibilna je sa svim popularnim internet pregledačima i optimizovana za rad sa složenim dijagramima bez gubitaka u performansama pri radu. Rukovanje vektorskom grafikom je obezbeđeno kroz Raphael biblioteku koja je njen sastavni deo. Biblioteka je dobro strukturirana, bazirana na klasama i lako proširiva pa se jednostavno mogu dodati nove ili modifikovati postojeće funkcionalnosti.

### 3. IMPLEMENTACIJA

Implementacija klijentske strane opisanog sistema je realizovana u dve osnovne faze.

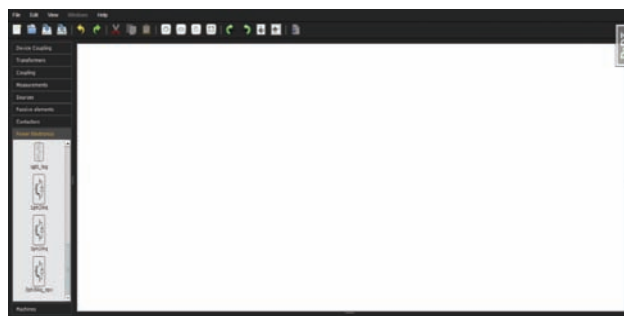
Prva faza je obuhvatala izgradnju grafičkog korisničkog interfejsa uz oslonac na odabranu biblioteku komponenti. Prikaz glavnog okvira aplikacije nakon inicijalnog definisanja rasporeda komponenti grafičkog korisničkog interfejsa je dat na slici 3.



Slika 3 – Prikaz glavnog okvira aplikacije nakon završetka prve faze implementacije

U drugoj fazi je proširena odabrana biblioteka za rad sa dijagramima i tako prilagođena za potrebe ovog rešenja. U okviru ove faze su implementirane korisničke funkcije definisane u okviru specifikacije, proširena je biblioteka elemenata dostupnih za iscrtavanje i obezbeđena asinhrona komunikacija sa postojećim kontrolerima na serveru upotrebom AJAX-a.

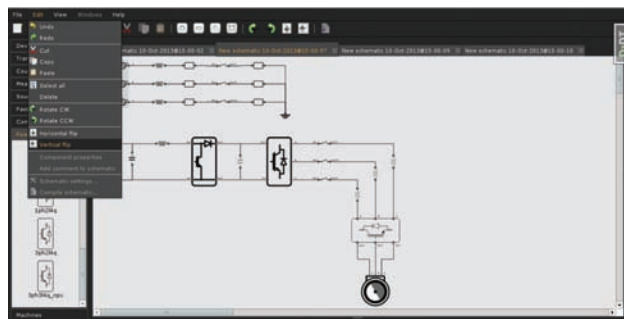
Na narednim slikama je prikazana realizovana aplikacija u toku rada nakon završetka druge faze implementacije.



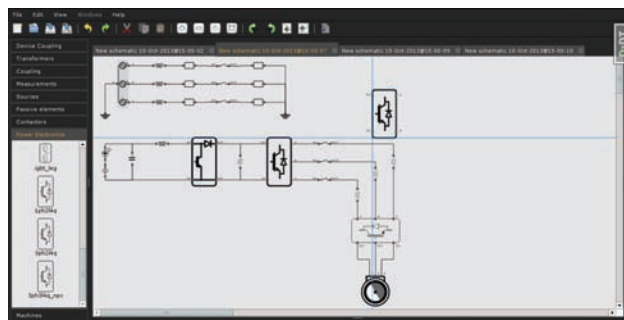
Slika 4 – Inicijalni izgled aplikacije po pokretanju



Slika 5 – Izgled aplikacije nakon kreiranja više dijagrama



Slika 6 – Jedan od menija aplikacije i dijagram u toku rada



Slika 7 – Ilustracija prikaza pomoćnih linija u toku pomeranja elementa radi lakšeg poravnanja

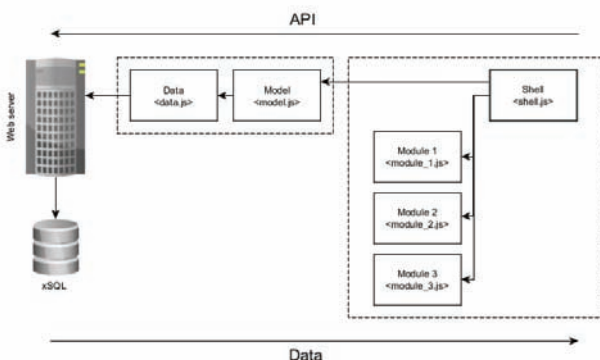
#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisan postupak realizacije klijentske strane web baziranog grafičkog editora električnih šema namenjenog potrebama kompanije *Typhoon HIL*. Grafički editor je realizovan po uzoru na postojeće desktop rešenje a motivacija za njegov razvoj je proizišla iz potrebe za široko dostupnim alatom kojim bi se omogućio uvid u funkcionalnosti i prednosti linije proizvoda koje kompanija nudi iz domena energetske elektronike. Rešenje opisano u ovom radu predstavlja prvu verziju aplikacije i polaznu instancu u planovima kompanije da celokupan skup alata migrira na web.

Aplikacija je realizovana kao jednostranična web aplikacija sa bogatim i intuitivnim korisničkim interfejsom. Kao tehnologija za razvoj korišćen je JavaScript programski jezik uz oslonac na postojeće biblioteke za izgradnju grafičkog korisničkog interfejsa i rukovanje dijagramima. Za komunikaciju sa postojećom infrastrukturom na serveru korišćen je AJAX kao standard za uspostavljanje asinhronne komunikacije karakteristične za rešenja ovakvog tipa.

Iako rešenje zadovoljava inicijalnu specifikaciju, uočena su neka moguća unapređenja koja se mogu koristiti kao smernice za dalji razvoj.

Iz perspektive arhitekture sistema, osnovni nedostatak jeste nedovoljan stepen modularnosti sistema. Kao moguće unapređenje predloženo je refaktorisanje postojećeg koda u cilju obezbeđivanja arhitekture koja bi bila fleksibilnija za dalji razvoj i proširenja, a definisane su i smernice za ovaj postupak. Predloženo je, takođe, postepeno uvođenje novih tehnologija koje nisu prisutne u trenutnoj verziji rešenja, čijom bi se primenom stvorili veoma pogodni uslovi za kreiranje kompletnog web okruženja namenjenog radu sa HIL proizvodima. Dijagram prikazan na slici 8 ilustruje predloženu unapređenu arhitekturu sistema.



Slika 8 – Ilustracija unapređene arhitekture sistema

Sa aspekta funkcionalnosti prioritet u daljim fazama razvoja je omogućavanje podešavanja parametara elemenata dijagrama i kasnije simulacija dijagrama na uređaju povezanom na server. Za obezbeđivanje ove funkcionalnosti predloženo je definisanje posebnog JavaScript modula koji bi na osnovu specifikacije elemenata u obliku JSON šeme dinamički generisao forme za prikaz i podešavanje vrednosti njihovih parametara.

#### 5. LITERATURA

- [1] H. Gomma, *Software Modeling and Design*, Cambridge University Press, New York, 2011.
- [2] G. Booch, J. Rumbaugh, I. Jacobson, *UML Vodič za korisnike*, CET, Beograd.
- [3] G. Adzic, *Specification by Example*, Manning, Shelter Island
- [4] M. S. Mikowski, J. C. Powell, *Single Page Web Applications – JavaScript end-to-end*, Manning, Shelter Island, 2014.
- [5] A. MacCaw, *JavaScript Web Applications*, O'Reilly, 2011.
- [6] J. Resig, B. Bibeault, *Secrets of the JavaScript Ninja*, Manning, Shelter Island, 2013.

#### Kratka biografija



**Kemal Sokolović** rođen je 11.06.1988. godine u Tutinu. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke i informatika odbranio je 2014. godine.



**ZAŠTITNI UREĐAJI I NJIHOVA KOORDINACIJA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA****PROTECTIVE DEVICES AND THEIR COORDINATION IN DISTRIBUTION NETWORKS**Slaviša Lečić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu su obrađeni zaštitni uređaji i njihova koordinacija. Razmatrani su tipovi zaštitnih uređaja koji se najčešće koriste, opisana je njihova funkcionalnost i mjesta gdje se postavljaju u distributivnoj mreži. Na primjerima je pokazano kako da se tačno izvrši koordinacija zaštitnih uređaja. U programskom alatu Matlab izvršen je proračun koordinacije dva prekostrujna releja.

**Abstract** – In the paper are processed protection devices and their coordination. It is considered types of protective devices that are most used, described their functionality and locations where they are placed in the distribution network. In the examples was shown how to perform the coordination of the protection devices. The calculation of coordination of two overcurrent relays was made by Software tool Matlab.

**Cljučne riječi:** Zaštitni uređaji, Koordinacija zaštita

**1. UVOD**

U savremenim elektrodistributivnim kompanijama evidentan je stalni porast potreba za što kvalitetnijom i sigurnijom isporukom električne energije potrošačima. Za svaku elektrodistributivnu mrežu veoma je važno da potrošači koji su priključeni na njenu mrežu budu bezbjedno napajani i oprema bude zaštićena od kvarova.

Važnu ulogu u ispunjenju tih zahtjeva ima sistem zaštite koji treba da ispravno i pouzdano funkcioniše, što se postiže pravilnim izborom zaštitne opreme, mjestom postavljanja, njenim podešavanjem kao i međusobnom koordinacijom. Ako se uspješno ispune pomenuti uslovi zaštitni uređaji će efikasno izolovati i otkloniti kvarove sa vrlo malim uticajem na snadbjevanje potrošača, ako je to moguće.

Veoma često distributivni sistemi i sistemi zaštite se oslanjaju na standardna podešavanja, standardnu opremu i procedure u cilju jednostavnijeg upravljanja. Stoga, osnovni cilj ovog master rada je da predstavi osnovne informacije o korišćenim uređajima kao i njihovoj međusobnoj koordinaciji.

**2. OSIGURAČI**

Osigurači pripadaju uređajima prekostrujne zaštite. Unutar osigurača se nalazi cjevčica i topljivi element. Cjevčica je obložena sa dejonizujućim vlaknom i služi za ograničavanje gorenja električnog luka koji nastaje prilikom djelovanja osigurača.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji je mentor dr Duško Bekut, red.prof.**

Ako struja premaši podešenu vrijednost dolazi do topljenja elementa i unutrašnje vlakno se grije i nastaju dejonizujući gasovi koji se skupljaju u cjevčici. Električni luk se sabija i potiskuje izvan cjevčice. Na ovaj način se luk gasi kada struja prolazi kroz nulu. Prisustvo dejonizovanih gasova unutar cjevčice, osigurava da se struja kvara neće ponovo uspostaviti nakon prolaska struje kroz nulu. Topljivi element koji se nalazi unutar cjevčice poslije djelovanja osigurača biva uništen i mora se zamijeniti novim, što znači da je dionica koju štiti taj osigurač bez napajanja sve do zamjene novog.

Za pravilan izbor osigurača u jednom distributivnom sistemu potrebno je poznavati:

- naponski i izolacioni nivo,
- tip sistema,
- maksimalnu struju kratkog spoja i
- struju opterećenja.

**3. REKLOSERI**

Rekloser je zaštitni uređaj koji ima sposobnost da detektuje i prekine struju kvara kao i funkciju automatskog ponovnog uključanja. Slično kao i prekidač, prekidanje vrši prilikom prolaska struje kroz nulu. Sredstvo prekidanja je najčešće vakuum ili ulje. Sredstvo za izolaciju je najčešće ulje, vazduh ili SF<sub>6</sub> gas. Mehanizam upravljanja može biti elektronski, elektromehanički ili hidraulični.

Uređaj je projektovan da otkloni kvarove kao što to radi osigurač sa vremensko – strujnom karakteristikom sa tom razlikom da kod reklosera nije potrebna zamjena poslije djelovanja. Rekloser predstavlja neku vrstu kombinacije prekidača i prekostrujne zaštite, pri čemu je ova zaštita sastavni dio uređaja. Razlika od proste kombinacije prekidača i prekostrujne zaštite je veća prekidna moć reklosera u odnosu na prekidač [1, 2].

Rekloser izvodi 4 prekidanja struje kvara u vrlo kratkom periodu, njihova primjena je zasnovana na korišćenju dodatnih uređaja koji su postavljeni dublje u mreži. Bez tih uređaja efekti primjene reklosera svodile bi se na primjenu prekidača sa automatskim ponovnim uključanjem (APU). Rekloser sadrži tri ili četiri različite krive, koje čine otvoren – zatvoren karakteristiku, za razliku od prekostrujnog releja koji ima samo jednu krivu. Navedene osobine predstavljaju najvažnije razlike u odnosu na običan prekidač i prekostrujnu zaštitu.

Rekloser je uređaj sa mogućnošću da detektuje međufazne i fazne kvarove i prekine struju kvara ako ona i dalje postoji poslije određenog vremena i onda ponovo energizuje dionicu (ovo čini jednu otvaranje – zatvaranje

operaciju reklosera). Ako kvar postoji i poslije definisanog broja ovih operacija rekloser ostaje otvoren i tako izoluje dionicu u kvaru od ostatka sistema.

#### 4. AUTOMATSKI SEKSIONALIZERI

Sekcionalizeri nisu zaštitni uređaji ali se nalaze u sklopu zaštitnih uređaja jer vrše automatsko sekcionisanje sekcije u kvaru od ostatka mreže. Glavna razlika u odnosu na rekloser i osigurač je to što on nema vremensko – strujnu karakteristiku tako da ne može da detektuje kvar i otkloni ga. U mreži se nalazi poslije reklosera i njegova uloga je da broji koliko puta je rekloser reagovao na kvar koji se nalazi unutar njegove zone. On prati proticanje struje i broji koliko je puta struja bila prekinuta i poslije podešenog broja on reaguje odnosno otvara kontakte.

Kada se pojavi kvar u mreži iza sekcionalizera ako je struja premašila vrijednost struje podešenja sekcionalizera, koja je najčešće postavljena na nivo od 160% od nominalne, on daje sam sebi signal za početak brojanja operacija reklosera koji se nalazi iznad sekcionalizera, bliže izvoru napajanja. Ako je struja premašila podešenu vrijednost i na rekloseru, rekloser započinje svoje operacije. Tokom prve operacije reklosera (kontakti reklosera su otvoreni) brojač sekcionalizera se povećava na jedan. Ako je kvar prolazan poslije prve operacije reklosera i zatvaranja njegovih kontakata sekcionalizer će se resetovati. Međutim ako je kvar trajan struja koja će proticati kroz sekcionalizer će i dalje biti veća od podešene onda će se sekcionalizer pripremati za sljedeće brojanje reaganja reklosera. Ako je sekcionalizer podešen na tri pokušaja a rekloser podešen na četiri pokušaja, onda će se poslije trećeg reaganja reklosera sekcionalizer otvoriti a rekloser će biti na početku svog četvrtog reaganja. Na ovaj način sekcionalizer ne otvara struju kvara jer se otvara u trenutku kada je rekloser otvoren dakle u beznaponskom stanju. Poslije četvrte operacije reklosera ostatak se mreže se nesmetano napaja jer je izolovana sekcija u kvaru.

#### 5. PREKOSTRUJNI RELEJI

Prema načinu priključenja na kontrolisanu veličinu prekostrujni releji se dijele na:

- primarne i
- sekundarne.

##### 5.1. Primarni prekostrujni releji

Primarni prekostrujni releji ili okidači se vezuju direktno u kolo čiji se rad posmatra i njima se djeluje kada struja premaši određenu vrijednost. Izvode se kao trenutni prekostrujni okidači, ali i kao okidači sa vremenskim članom. Prilagođenje mjerene veličine se realizuje pomoću šanta kroz koji protiče struja čiji se intenzitet mjeri.

##### 5.2. Sekundarni prekostrujni releji

Sekundarni prekostrujni releji se povezuju u sekundarno kolo strujnih transformatora. Strujni transformatori služe za galvansko razdvajanje kola i za prilagođavanje ulazne veličine za mjerenje. Jedan od sekundarnih krajeva strujnih transformatora se uzemljuje zbog sigurnosti. Ako struja premaši podešenu vrijednost, zatvaraju se kontakti

releja čime se zatvaraju kontakti kola koje se napaja iz izvora napajanja. Na taj način se vrši signalizacija ili se djeluje na komandno kolo prekidača.

#### 6. KOORDINACIJA ZAŠTITNIH UREĐAJA

Osnovni zahtjevi koji trebaju da budu ispunjeni pri koordinaciji zaštitnih uređaja u distributivnim sistemima [3, 4, 5]:

- Osnovna zaštita treba da eliminiše trajne ili prolazne kvarove, prije nego što rezervna zaštita djeluje, ili da nastavi svoje djelovanje dok ne izoluje kvar. Ako je glavna zaštita osigurač a rezervna zaštita rekloser, onda je normalna prihvatljiva koordinacija da rekloser prvi djeluje, pa tek onda osigurač ako kvar i dalje postoji.
- Gubitak napajanja izazvan trajnim kvarovima treba da se ograniči na što manji dio sistema i na što kraće vrijeme.
- Za zaštitu distributivnih mreža se koriste različiti zaštitni uređaji, te prilikom koordinacije istih je potrebno porediti njihove strujno – vremenske karakteristike kako bi se dobila željena koordinacija.

##### 6.1. Koordinacija dva osigurača

Kada se vrši koordinacija dva osigurača osnovni osigurač treba da reaguje prije rezervnog osigurača. Maksimalno vrijeme reaganja osnovnog osigurača ne smije da pređe 75% minimalnog vremena potrebnog za topljenje rezervnog osigurača u suprotnom će rezervni osigurač pretrpiti štetu ili reagovati.

Za velike struje kvara koordinacija dva osigurača tipa *expulsion* je nemoguća jer će oba reagovati, ali ipak i u ovom slučaju osnovni osigurač ima ulogu pri lokaciji kvara jer predstavlja dodatnu tačku sekcionisanja.

##### 6.2. Koordinacije reklosera sa osiguračem

Koordinacija reklosera sa osiguračem ima velike prednosti u odnosu na koordinaciju sa dva osigurača. Ovakvom koordinacijom je omogućeno da se eliminišu nepotrebna prekidanja u mreži koja nastaju usljed reaganja osigurača tokom prolaznih kvarova. Rekloseri se podešavaju da reaguju prije topljivog elementa osigurača, dok u slučaju trajnih kvarova rekloser tokom sporih operacija omogućava reaganje osigurača, čime se izoluje dionica u kvaru. Prvo otvaranje reklosera otkloni 80% prolaznih kvarova, dok drugo otkloni dodatnih 10%.

Pravilna koordinacija reklosera u seriji sa osiguračima podrazumijeva da rekloseri mogu prepoznati sve kvarove u mreži i spriječiti osigurače da djeluju u slučaju prolaznih kvarova. Bolja koordinacija između reklosera i osigurača se ostvaruje rekloserom sa dvije brze i dvije spore operacije.

##### 6.4. Koordinacija releja i reklosera

Dva su faktora koja treba uzeti u obzir prilikom koordinacija ova dva uređaja.

Prekidač se otvara nekoliko ciklusa poslije reaganja pripadajućeg releja i zbog toga vrijeme reaganja releja mora biti nešto duže od vremena koje je potrebno

rekloseru za svoje operacije. Vrijeme reseta releja je dugo i tokom beznaponskih operacija reklosera relej se ne stigne resetovati (osim u slučajevima prolaznih kvarova) već kada rekloser ponovo uspostavi stanje sa kvarom, relej se ponovo pobuđuje ali sa pozicijom koja je veća od reset pozicije.

Za ilustraciju koordinacije releja i reklosera dat je sledeći primjer; Neka se razmatra relej sa normalno strujno zavisnom karakteristikom.

Koeficijent finog podešenja je 0,1, a strujno podešenje releja iznosi 4 A. Iza releja dalje od izvora napajanja se nalazi rekloser sa dvije brze i dvije spore operacije sa nominalnom strujom od 35 A. Neka se iza reklosera desio trajan kratak spoj.

Da bi se ostvarila željena selektivnost, relejom ne smije da se djeluje za kvarove koji se javljaju iza reklosera, odnosno, pobuđenost releja nakon isteka operacija reklosera, mora da bude manja od pobuđenosti koja dovodi do privlačenja kotve i djelovanja na odgovarajući prekidač.

Neka je vrijeme djelovanja releja za struju kvara iza reklosera jednako 0,65 s. To je vrijeme za koje bi relej privukao kotvu i djelovao na prekidač i ono se očitava sa karaktersitke razmatranog releja.

Vrijeme resetovanja releja zavisi od tipa karakteristike i za releje sa normalno zavisnom karakteristikom to vrijeme iznosi oko 6 s, bez obzira na vrijednost koeficijenta finog podešenja.

Vrijeme djelovanja reklosera za datu struju kvara, sa brze krive reklosera, iznosi 0,036 s, a sa spore krive iznosi 0,25 s.

Tokom prve brze operacije zatvaranja reklosera, procenat pobuđenosti releja iznosi:  $(0,036/0,65) \times 100 = 5,5\%$ . Tokom prve beznaponske pauze relej se resetuje za  $(1/6) \times 100 = 16,7\%$ . Stepen pobuđenosti releja tokom brze operacije releja iznosi  $5,5 - 16,7 = -12,2\%$ , odnosno, relej se potpuno resetuje tokom beznaponske pauze.

Za vrijeme spore operacije reklosera procenat pobuđenosti releja je  $(0,25/0,65) \times 100 = 38,5\%$ , kada su kontakti reklosera zatvoreni i  $(1/6) \times 100 = 16,7\%$ , kada su kontakti otvoreni.

Dakle, tokom prve spore operacije reklosera relej se pobudio  $38,5 - 16,7 = 21,8\%$ . Kada rekloser ponovo zatvori svoje kontakte relej se pobudi za  $(0,25/0,65) \times 100 = 38,5\%$ .

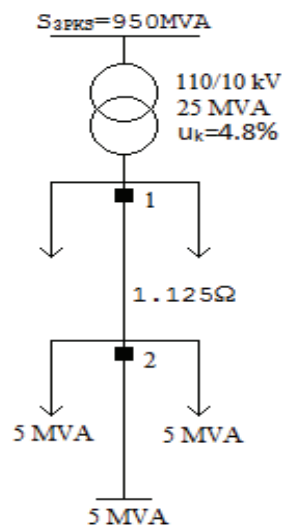
Ukupna pobuđenost releja tokom brzih i sporih operacija reklosera iznosi:  $21,8 + 38,5 = 60,3\%$ , što nije dovoljno da se relejom djeluje na prekidač

### 6.5 Primjeri koordinacije dva prekostrujna releja sa strujno zavisnom vremenskom karakteristikom

Za sistem prikazan na slici 1 potrebno je proračunati vrijednosti strujnog podešenja i parametre finog podešenja  $K_f$  dva prekostrujna releja sa strujno zavisnom vremenskom karakteristikom, tako da bude zadovoljena određena koordinacija između njih.

Proračun je izvršen u programskom paketu Matlab.

U skladu sa IEC preporukama u proračunu je korišćen izraz za proračun vremena djelovanja i koeficijenta finog podešenja prekostrujnih releja sa strujno zavisnom vremenskom karakteristikom.



Slika 1. – Dio razmatrane distributivne mreže

$$t = \frac{k \cdot k_f}{(I/I_{podešenja})^{\alpha-1}}, I > I_{podešenja} \quad (1)$$

Gdje je:

$t$  – vrijeme djelovanja relejom pri struji  $I$ ,

$I_{podešenja}$  – podešena vrijednost struje,

$\alpha, k$  – koeficijent osnovnog podešenja i

$k_f$  – koeficijent finog podešenja.

Prekostrujni releji su sa normalno zavisnom karakteristikom ( $k=0,14$  i  $\alpha=0,02$ ).

Struja podešenja je dobijena korišćenjem izraza:

$$I_{podešenja} = \frac{k_{sigurnosti} \cdot k_{spoja} \cdot I_{rm}}{a} \quad (2)$$

Gdje je:

$I_{podešenja}$  – podešena vrijednost struje,

$k_{sigurnosti}$  – koeficijent sigurnosti (1,2),

$k_{spoja}$  – koeficijent spoja releja na strujne transformatore,

$I_{rm}$  – najveća pogonska struja i

$a$  – koeficijent otpuštanja releja (0,85).

Rezultati koji su dobijeni u komandnom prozoru su sledeći:

Struje kratkih spojeva:

$$I_{3pks2} = 2.2666e+003$$

$$I_{2pks2} = 1.9629e+003$$

$$I_{3pks1} = 4.0594e+003$$

$$I_{2pks1} = 3.5155e+003$$

Struja podešavanja i maksimalna radna struja releja 1 i 2 su:

$$I_{pod1} = 1.2226e+003$$

$$I_{rm1} = 866.0254$$

$$I_{pod2} = 407.5414$$

$$I_{rm2} = 288.6751$$

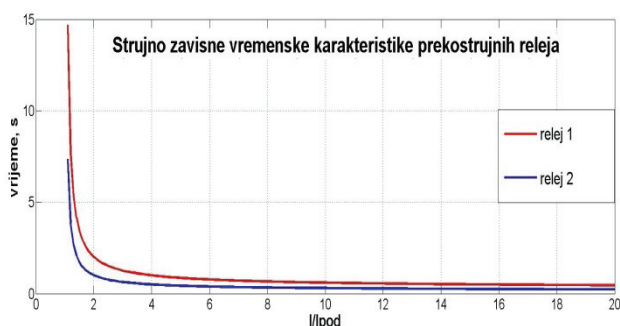
Vremena i koeficijenti finog podešenja su:

$$tp1 = 0.8541$$

$$tp2 = 0.3541$$

$$Kf1 = 0.2000$$

$$Kf2 = 0.1000$$



Slika 2. – Strujno zavisne vremenske karakteristike prekostrujnih releja

Na slici 2 prikazana su strujno zavisne vremenske karakteristike koje su dobijene kao rezultat koordinacije dva prekostrujna releja u programu Matlab.

## 7. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljeni uređaji i način funkcionisanja zaštite distributivnih mreža. Pažnja je bila usmjerena na dizajn zaštitnih uređaja i međusobnu koordinaciju, koja predstavlja važan faktor pri izboru zaštitnih uređaja tokom projektovanja distributivnih mreža električne energije.

U cilju adekvatnog reagovanja i smanjenja greške uspostavljen je niz pravila i procedura kojima se ostvaruje pravilna koordinacija uređaja. U ovom radu je to izloženo kroz niz pravila za podešavanje, koordinaciju i način rada zaštitne opreme. Izloženi su primjeri koordinacije različitih parova zaštitnih uređaja, kao i proračun koji je

dobijen prilikom koordinacije dva prekostrujna releja korišćenjem softverskog alata Matlab.

Iz svega navedenog u radu evidentno je da pravilna koordinacija zaštitnih uređaja obezbjeđuje da u slučaju kvarova manji dio mreže ostane bez napajanja i samim tim povećava pouzdanost napajanja potrošača.

## 8. LITERATURA

- [1] Tomas Roininen, Carl Ejnar Sölver, Helge Nordli, Anne Bosma, Per Jonsson, Anders Alfredsson, *Live Tank Circuit Breakers Application Guide*, ABB, Ludvika, Sweden, 2010
- [2] Siemens AG, *Vacuum Switching Technology and Components for Medium Voltage*, Power Transmission and Distribution, Berlin, Germany, 2007
- [3] T.A. Short, *Electric Power Distribution Handbook*, CRC Press LLC, New York, USA, 2004.
- [4] Juan M. Gers and Edward J. Holmes. *Protection of Electricity Distribution Networks*. The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom, 2004.
- [5] D. Bekut: Relejna zaštita, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija, 2009.

### Kratka biografija:



**Slaviša Lečić** rođen je u Trebinju 1989. godine. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je školske 2008/2009, smjer energetika, elektronika i telekomunikacije, diplomirao na osnovim studijama 2013 god. smjer elektroenergetski sistemi. Diplomski – master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva je odbranio 2014. Godine.



**KLIJENTSKO ISCRTAVANJE MREŽE NA HTML5 KANVASU KORISTEĆI  
OPENSTREETMAP LEJERE****CLIENT-SIDE NETWORK DRAWING ON HTML5 CANVAS USING OPENSTREETMAP  
LAYERS**Marko Letić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je razmatran problem iscrta- vanja elemenata elektroenergetske mreže na mapi grada u internet pretraživaču sa klijentske strane. Iscrtavanje elemenata mreže je implementirano u JavaScript jeziku uz podršku Cascading Style Sheets stilova i HTML 5 elemenata. Prikaz mreže je optimizovan klasterizacijom elemenata i best fit algoritmom. Performanse rešenja su analizirane u odnosu na više pretraživača i operativnih platformi.

**Abstract** – The problem of client-side drawing of electrical network elements on a city map in a web browser is analyzed in this paper. Element drawing is programmed in JavaScript language with the support of Cascading Style Sheets and HyperText Markup Language 5 elements. Algorithms for object clustering and best fit view are implemented in this solution. Application performance is analyzed in different web browsers and on different platforms.

**Ključne reči:** Klijentsko iscrtavanje mreže, JavaScript, HyperText Markup Language 5

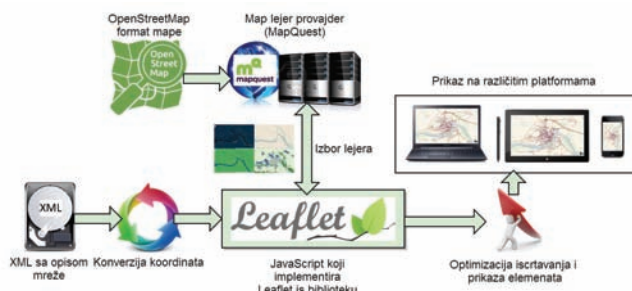
**1. UVOD**

Jedna od najvažnijih informacija koju treba da pruža interaktivna web geo-aplikacija je lokacija. Gde se traženi objekat nalazi, kako je povezan sa ostalima i kakvi podaci se mogu dobiti o njemu. Bilo da je reč o aplikaciji koja daje obaveštenja o lokaciji bankomata klijenta, svih restorana u blizini trenutne pozicije ili o kompleksnijim sistemima kao što su elektroenergetski sistemi, korisnik mora da ima jasan i nedvosmislen pregled o tome gde se nalaze njemu bitni objekti, da taj pregled bude brz, dovoljno informativan i da uvek dobro funkcioniše nezvezano od toga na kom uređaju se posmatra.

Problem kojim se ovaj rad bavi je iscrtavanje geografski pozicioniranih delova elektroenergetskog sistema na mapi grada. Za podlogu na kojoj se iscrtava mreža se koriste pozadinski lejeri u OpenStreetMap [3] formatu koje pruža eksterni servis provajder „MapQuest“ [4]. Način prikaza pozadinskih lejera nije vezan za konkretan servis provajder.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red.prof.



Slika 1. Dijagram toka obrade lejera prikaza

Iscrtavanje elemenata i njihova integracija sa pozadinskim lejerima je rađena u JavaScript-u uz podršku Leaflet.js biblioteke [1]. Leaflet.js predstavlja open-source JavaScript biblioteku koja implementira neke mogućnosti iscrtavanja elemenata na HTML5 kanvasu i jednostavnu integraciju kreiranih objekata sa lejerima mape. Posebna pažnja je posvećena optimizaciji iscrtavanja i prikaza elemenata na kanvasu, sa osvrtom na iskorišćenje dostupnih resursa klijentskog uređaja. Slika 1 prikazuje dijagram toka obrade lejera prikaza.

**2. PRIPREMA ULAZNIH PODATAKA**

Kao ulazni podatak je dat XML (Extensible Markup Language) opis same mreže. Svaki element u ovom XML dokumentu, pored atributa koji ga dodatno opisuju, sadrži i jedinstvenu geo poziciju na kojoj se taj element nalazi i pomoću koje će biti izvršeno mapiranje elementa na samu mapu grada. Koordinate su date u UTM (Universal Transverse Mercator). Kako Leaflet biblioteka radi isključivo sa sistemom geografske širine i dužine, bilo je neophodno uraditi konverziju iz UTM formata.

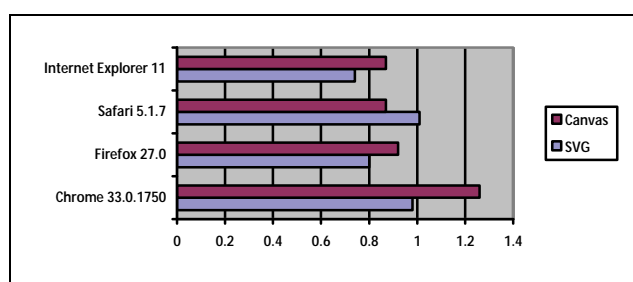
**3. IZBOR HTML5 KANVASA**

Leaflet biblioteka podržava dva načina iscrtavanja mape i njenih elemenata: upotrebom HTML5 kanvas elementa i koristeći SVG format. Da bi se dalo objašnjenje zašto je prednost data kanvasu umesto SVG-a, potrebno je prvo objasniti njihovu namenu i razlike.

SVG (Scalable Vector Graphics) format slike se bazira na XML formatu tako da se SVG objekti direktno ugrađuju u DOM (Document Object Model) stablo. Moguće je manipulirati SVG objektima putem CSS-a i JavaScript-a. SVG predstavlja model podataka koji perzistira u memoriji. Analogno HTML-u, SVG kreira objektni model od elemenata, atributa i stilova. Kada se SVG element nađe u HTML5 dokumentu ponaša se kao deo HTML stabla.

HTML5 kreira bitmap-u unutar kanvasa pretraživača kojom je moguće vrlo lako manipulirati. Na kanvasu može da se crta vektorska grafika, ali se ona renderuje koristeći rasterski format. Za razliku od SVG-a, kanvasom se može manipulirati samo putem JavaScript-a, ali on dodaje samo jednu liniju u DOM stablo. Kako predstavlja HTML5 objekat, kanvas je podržan samo od strane novijih pretraživača. SVG format je više baziran na opisu oblika, dok je kanvas više baziran na pikselima.

Za potrebe poređenja performansi kreiran je jednostavan test scenario koristeći jsPerf web aplikaciju. Za test je izabran scenario koji kreira dva potpuno jednaka HTML5 kontejnerska elementa. U okviru jednog se iscertava mapa koristeći kanvas, dok se u okviru drugog koristi mapa kreirana pomogu SVG-a. Na obe mape je dodan isti broj objekata. Meri se vreme odgovora aplikacije za akciju panovanja (pomeranja pozicije na mapi). Slika 2 prikazuje rezultate testa izvršavanog pod različitim pretraživačima.



Slika 2. Odnos performansi između SVG-a i kanvasa

Primetno je da kanvas za isti broj elemenata ima bolje performanse nego SVG kod većine pretraživača. Jedini pretraživač koji se ističe je Safari, ali kako on zauzima 4% ukupnog tržišta za razliku od Google Chrome-a koji ima 56%, prednost se daje rezultatima zabeleženim na Chrome-u [2]. Sa povećanjem broja elemenata ova razlika se eksponencijalno povećava. Informacije vezane za elektroenergetski sistem, koje se prikazuju na mapi, je potrebno osvežavati u određenim vremenskim intervalima. Ovakvo osvežavanje bi bila izuzetno skupa operacija ako bi za svaku promenu na mreži bilo neophodno ponovno generisanje DOM stabla, kao što to zahteva SVG. Pored ovoga, pretraživači kao što je Mozilla Firefox ne funkcionišu dobro sa velikim brojem SVG elemenata.

HTML5 kanvas zadovoljava sve zahteve koje korisnici stavljaju pred njega. U stanju je da brzo iscertava veliki broj objekata, jednako brzo osvežava informacije o njima i podržan je u većini novih pretraživača.

#### 4. IMPLEMENTACIJA ISCERTAVANJA ELEMENATA NA MAPI

Pre uvođenja funkcionalnosti koje sa sobom uvodi Leaflet biblioteka, neophodno je definisati osnovnu strukturu HTML strane u kojoj će se nalaziti reference na sve neophodne biblioteke, osnovna struktura HTML elemenata kao i definicija njihovih stilova, ali i JavaScript funkcije neophodne za iscertavanje mape i objekata na toj mapi.

Nakon kreiranja osnovne strukture stranice potrebno je definisati lejer koji će predstavljati podlogu na kojoj će

biti iscertavani objekti. Kako se ovde koristi OpenStreetMap format [3], neophodno pronaći provajdera koji će na poslati zahtev kao odgovor vratiti lejer sa mapama. Poslati lejer predstavlja više slika rezolucije 256x256 piksela koje se spajaju unutar pretraživača i čine mapu. U opisanom projektu se koriste lejeri koje pruža kompanija MapQuest [4]. Izbor provajdera u potpunosti zavisi od potreba i želja korisnika.

Lejere koje će aplikacija koristiti treba birati prema potrebama korisnika. Pored lejera koji vrše vektorski prikaz ulica i zgrada, moguće je izabrati noćni prikaz grada, prikaze koji ističu planine ili reke, ali je i moguće kreirati svoje lejere i njih prikazivati na mapi.

#### 4.1 Učitavanje elemenata mreže iz XML dokumenta

Za elemente iz ulaznog XML dokumenta za prikaz na mapi su izabrani elementi tipa Substation, koji predstavljaju srednje-naponske transformatorske stanice i elementi tipa Lines, koji predstavljaju električne vodove.

Pre iscertavanja samog elementa (objekta), neophodno je proći kroz ceo XML dokument i pročitati sve relevantne informacije. Naravno najvažnija informacija je sama lokacija elementa. Aplikacija čita informacije iz XML dokumenta, kreira liste svih elemenata u njemu i prosleđuje elemente koji predstavljaju transformatorske stanice i električne vodove funkcijama za iscertavanje.

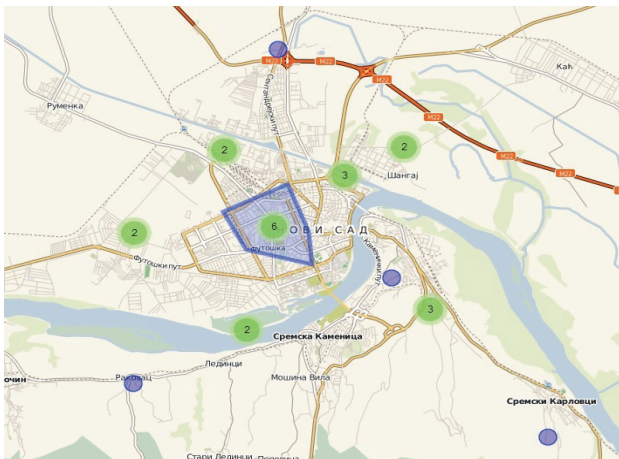
#### 4.2 Iscertavanje transformatorskih stanica

Funkcija za iscertavanje elemenata koji predstavljaju transformatorske stanice kao jedini parametar prima listu svih elemenata Substation tipa i iscertava ih na mapi. Za svaki element se vrši konverzija iz UTM formata u format geografske širine i dužine pozivom odgovarajuće funkcije za konverziju. Kao oblik markera koji će predstavljati jednu transformatorsku stanicu je izabran krug plave boje, za koji će biti vezana informacija o nazivu tog elementa. Nakon kreiranja markera, on se dodaje na mapu.

Za mali broj elemenata čija je međusobna udaljenost dovoljno velika ovakav način iscertavanja elemenata je zadovoljavajući. Međutim, sa povećanjem broja elemenata koji se u jednom trenutku prikazuju na mapi performanse aplikacije opadaju. Rešenje problema predstavlja klasterizacija, odnosno grupisanje elemenata istog tipa. Kriterijum za grupisanje elemenata je njihova lokacija na mapi. Ukoliko su elementi dovoljno blizu i dođe do smanjenja vrednosti nivoa zuma, biće izvršena njihova klasterizacija. Ako dođe do povećanja nivoa zuma doći će do deklasterizacije objekata. Pozicioniranjem kursora miša iznad jednog klastera biće obeležena površina koju on obuhvata. Slika 4 prikazuje izgled mape sa dodatim transformatorskim stanicama i njihovom klasterizacijom.

#### 4.3 Iscertavanje električnih vodova

Električni vodovi u ulaznom XML-u imaju više informacija o sebi nego transformatorske stanice. Jedan segment električnog voda se sastoji od više tačaka koje međusobno povezane definišu taj segment. Takođe, treba razlikovati nadzemne (Overhead) od podzemnih (Cable) vodova. Ova razlika se oslikava u različitom bojenju vodova u zavisnosti od njihovog tipa.



Slika 4. Iscrtavanje transformatorskih stanica na mapi

Algoritam iscrtavanja se razlikuje od načina iscrtavanja elemenata koji predstavljaju transformatorske stanice. Potrebno je svaku tačku jednog segmenta dodati u listu i kreirati objekat koji predstavlja „polyline“, odnosno niz povezanih linijskih segmenata na osnovu te liste. Pre kreiranja objekta potrebno je proveriti da li je vod nadzemni ili podzemni i na osnovu te informacije primeniti drugačije bojenje. Za lakše snalaženje je uvedena i legenda, koja se nalazi u donjem desnom uglu i jednoznačno povezuje tip voda sa bojom. Nakon što je objekat kreiran treba ga dodati u drugu listu koja će sadržati sve „polyline“ elemente koji će na kraju biti iscrtani na mapi. Ove akcije se iterativno sprovode za sve segmente.

## 5. MANIPULACIJA ELEMENTIMA NA MAPI

Kako je reč o elektroenergetskom sistemu, očekuju se promene vrednosti elemenata u određenim vremenskim intervalima. Promene na sistemu moraju da se preslikaju na sistem prikazan na mapi. Ove promene je neophodno prikazati čim se dobije informacija o promeni na elementu.

U određenom vremenskom trenutku samo određeni delovi fizičkog sistema će biti nekonzistentni sa sistemom prikazanim na mapi, dok će ostatak sistema biti potpuno jednak sa originalnim. Potrebno je omogućiti samo primanje informacije o promeni, umesto primanja slike celokupnog sistema kao i iscrtavanje samo te promene, umesto ponovnog iscrtavanja cele mreže. Ovo je moguće uraditi ako se kreira lista elemenata na globalnom nivou aplikacije, koja će u sebi sadržati sve elemente koji se nalaze na mapi.

Na ovaj način je omogućeno, periodnim osvežavanjem informacija, primanje samo onih informacija koje su relevantne za prikaz promene vrednosti elektroenergetskog sistema.

Ovi podaci mogu biti poslani u bilo kom formatu koji je čitljiv za pretraživač, od XML-a pa do JSON formata. Sa smanjenjem poslanih informacija, smanjuje se i veličina datoteke koja se šalje klijentu i na taj način se povećava brzina primene novih vrednosti na sistemu koji se iscrtava na mapi. Performanse aplikacije se povećavaju kako je potrebna manja količina podataka za izmenu i prikaz.

### 5.1 Promena vrednosti atributa transformatorskih stanica

Rad servera se simulira tako što se radi promena vrednosti Substation elementa sa klijentske strane. Svakom elementu na mapi je dodeljen jedinstveni ID. U aplikaciji se nalazi forma koja sadrži dva polja i dugme za slanje. U prvo polje sa labelom „Substation ID“ je potrebno uneti jedinstveni identifikator za transformatorsku stanicu, a u drugo polje vrednost koju korisnik želi da ispiše u pop-up prozoru koji se otvori izborom te stanice. Osim vrednosti u pop-up prozoru koja će biti promenjena, dodata je i promena boje elementa kako bi bolje ilustrovala brzinu promene fizičke reprezentacije elementa na mapi.

### 5.2 Optimizacija prikaza elemenata na mapi

Leaflet biblioteka u sebi ne sadrži mogućnost rada u full screen režimu. Iz tog razloga je kreiran plugin koji će dati ovakvu mogućnost aplikaciji. Jednostavnim klikom na kontrolu, sličnu onoj za odabir dostupnih lejera, aplikacija prelazi u full screen režim rada.

Površina koju pokriva elektroenergetska mreža grada je obično jednaka ako ne i veća od same površine grada. Na većim nivoima zuma korisnik nije u mogućnosti da sagleda celokupnu površinu koja je pokrivena mrežom. Iz tog razloga je uvedena kontrola kojom korisnik jednim klikom tastera miša može da sagleda sve elemente koji se nalaze na mapi, a da se pritom za prikaz tih elemenata iskoristi sva dostupna površina mape, odnosno da nivo zuma bude tako podešen da tačno obuhvati sve elemente koji su prikazani na mapi.

### 5.3 Filtriranje elemenata za prikaz na mapi

Povećanjem broja tipova elemenata koji se prikazuju na mapi, potrebno je omogućiti korisniku da izabere koje elemente želi da prikaže, a koje ne. Sam lejer mape nosi sa sobom velik broj informacija kao što su nazivi ulica, nazivi objekata, različita bojenja ulica, parkova, itd. Kada se na sve to doda sloj podataka o elektroenergetskom sistemu grada, prikaz informacija na mapi postaje konfuzan i nečitljiv.

Možda korisnik želi da koristi drugi lejer kao podlogu za iscrtavanje elektroenergetske mreže, umesto podrazumevajućeg.

Potrebno je omogućiti jednostavno i brzo prikazivanje i uklanjanje željenih tipova elemenata na mapi koji takođe spadaju u jednu vrstu lejera, kao i izbor pozadinskog lejera. Implementirana je funkcionalnost koja omogućava korisniku da bira koje lejere će prikazati na mapi.

Slika 5 prikazuje kreiranu lejer kontrolu koja se nalazi u gornjem desnom uglu aplikacije kao i opcije koje su dostupne unutar nje koje postaju vidljive kada se kursorski miša pozicionira iznad te kontrole.

### 5.4 Poređenje rezultata rada na različitim pretraživačima





Slika 5 – Izgled kontrole za izmenu prikazanih lejera na mapi

Za potrebe testiranja performansi aplikacije razvijen je plugin koji integriše alat za merenje broja frejmova u sekundi u aplikaciju.

Rezultati merenja su prikazani u tabeli 1. Merene vrednosti su beležene za dva odvojena scenarija. U prvom scenariju ne dolazi do osvežavanja elemenata, dok u drugom se osvežava istovremeno 5 elemenata na svakih 5 sekundi. Brojne vrednosti dobijene kao rezultat testiranja predstavljaju prosek broja frejmova u sekundi u pretraživaču na kome je pokrenuta aplikacija. Većih odstupanja u odnosu na različite platforme nema. U tabeli 1 su predstavljeni rezultati testiranja.

Pretraživač	Scenario 1	Scenario 2
Google Chrome 33	54 fps	43 fps
Mozilla Firefox 27	32 fps	21 fps
Safari 5.1.7	36 fps	22 fps

Tabela 1. Rezultati testiranja

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je razmatran problem iscrtavanja elemenata elektroenergetske mreže na mapi grada u web browser-u sa klijentske strane. Implementacija iscrtavanja elemenata je rađena u JavaScript programskom jeziku sa neophodnom podrškom Cascading Style Sheets stilova i HyperText Markup Language 5 elementa.

Analizom rada aplikacije u različitim pretraživačima je utvrđeno da su performanse zadovoljavajuće i da se odziv aplikacije, u realnom vremenu pod opterećenjem, smanjuje u dozvoljenim granicama.

## 6. LITERATURA

- [1] Vladimir Agafonkin, “Leaflet - a JavaScript library for mobile-friendly maps”, [www.leafletjs.com](http://www.leafletjs.com), Glavna stranica Leaflet biblioteke
- [2] W3Schools, “Browser Statistics”, [www.w3schools.com/browsers/browsers\\_stats.asp](http://www.w3schools.com/browsers/browsers_stats.asp), Stranica sa podacima o procentu upotrebe internet pretraživača
- [3] OpenStreetMap's community, “OpenStreetMap”, [www.openstreetmap.org/about](http://www.openstreetmap.org/about), Glavna stranica OpenStreetMap zajednice
- [4] MapQuest company, “MapQuest maps”, [www.mapquest.com](http://www.mapquest.com), Glavna stranica MapQuest servis provajdera

### Kratka biografija:



**Marko Letić** rođen je u Novom Sadu 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski softverski inženjering odbranio je 2014.god.



## POSTAVLJANJE LABELA NA MAPI COMPARISON OF ALGORITHMS FOR MAP LABEL PLACEMENT

Marko Stanačev, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U radu su opisane tri algoritma za postavljanje labela na mapi, njihova implementacija, mogući načini unapređenja, kao i kriterijumi odabira samog algoritma za primenu u realnom sistemu.

**Abstract** – In this paper three algorithms for automatic point feature label placement on maps are described, their implementation, possible ways to optimize them and selecting the right one for implementing in real time system.

**Cljučne reči:** mapa, labela, tačka, algoritam, heuristika

### 1. UVOD

Ovaj rad se bavi problemom postavljanja labela koje označavaju objekte na mapi. Postoje tri tipa objekata na mapi a to su: tačke (naselja, planinski vrhovi, škole...) linije (reke, putevi, naftni vodovi...) i regioni (države, pokrajine, doline...). Najkompikovaniji objekti za postavljanje labela su tačke i to će biti razmatrano u radu. Postavljanje labela na mapu predstavlja problem koji se javlja u geoinformatici. Njegovo rešavanje obuhvata izbegavanje preklapanja labela, poštovanje opštih geografskih principa mapiranja i što brže popunjavanje mape. U radu su razmatrane i problematika postavljanja labela, odabir labela prema prioritetima kao i određivanje kvaliteta postavke. Obuhvaćena su 3 algoritma za postavljanje labela, njihovi preporučeni načini implementacije i unapređene njihove implementacije. Razmatrane su i moguće optimizacije algoritama, kao i komparacije algoritama za primenu u realnom sistemu.

### 2. OPIS REŠAVANOG PROBLEMA

Problem automatskog generisanja mapa u realnom vremenu postoji od sredine 20. veka. Jedan od tvoraca osnovnih pravila, kojih se treba pridržavati prilikom generisanja mapa, je Eduard Imhof. Prema Imhofu [1] problem automatskog generisanja mape, možemo podeliti u tri dela prema njenim elementima:

- postavljanje labela (natpisa) za elemente tipa tačka (planinski vrhovi, naselja, škole...)
- postavljanje labela za elemente tipa linija (reke, putevi, naftni vodovi...)
- postavljanje labela za elemente tipa region (države, pokrajine, doline...).

Najkompikovanije za postavljanje labela su grupe tačaka i to će se razmatrati u ovom radu. Njih ima najviše i često

#### NAPOMENA:

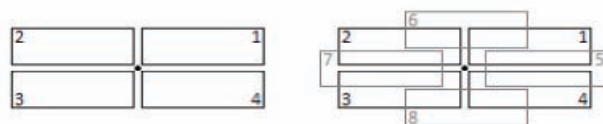
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Hajduković, red. prof.**

su gusto raspoređene, što dovodi do neželjenog preklapanja njihovih labela.

U ovom radu, biće objašnjeno nekoliko algoritama za postavljanje labela tačaka (*point label*), gde treba obratiti pažnju na glavne odlike algoritama, a to su:

- kvalitet raspodele labela, odnosno izbegavanje preklapanja labela,
- vreme izvršavanja algoritma.

Ukoliko na mapi postoji mnogo preklapanja između labela tačaka, koja se mogu izbeći pomeranjem labela na neku drugu poziciju oko tačke, smatra se da je kvalitet postavljanja loš. Ukoliko je vreme izvršavanja veće od nekoliko stotina milisekundi, smatra se da je vreme izvršavanja loše. Prema dokazu Marksa i Šibera [2] postavljanje labela tačaka je NP-težak problem. Pronalaženje rešenja se ne može garantovati u polinomijalnom vremenu, osim ako je  $P=NP$ , a pored toga najbolje rešenje ne mora da bude rešenje bez preklapanja. Preklapanja se izbegavaju omogućavanjem tačkama da poseduju više mogućih pozicija za svoje labela. Na slici 1. možemo videti primer sa 4 i sa 8 mogućih pozicija labela. Brojevi u pozicijama za labela, na slici, predstavljaju kvalitet odabira labela. Smatra se da je najbolje odabrati, ako je moguće, poziciju broj 1. Ako nije redom se proveravaju mogućnosti do pozicije 4, odnosno 8.



Slika 1. Primer tačke sa 4 moguće pozicije labela (levo) i sa 8 mogućih pozicija (desno)

Teoretski, moguće je garantovati dobijanje najboljeg rešenja upotrebom gole sile (*brute force*). Praktično, daleko od toga da je moguće dobiti rešenje na ovaj način za realne mape. Razlog je što skup svih mogućih rešenja iznosi  $m^n$ , gde je  $m$  broj mogućih pozicija labela, a  $n$  broj tačaka. Time dobijamo, već za male mape od 20 tačaka i 4 moguće pozicije labela, skup mogućih rešenja veličine oko  $10^{12}$ . Iz ovog proizilazi da upotrebom algoritma gole sile nije moguće doći do rešenja u realnom vremenu, čak ni za male mape, a za mape reda nekoliko stotina elemenata rešenje nije moguće uopšte dobiti na današnjim računarima. Korisnik, koji koristi neki grafički interfejs, ne voli da čeka na prikaz nekoliko sekundi, tako da je potrebno naći algoritam koji pronalazi rešenja ispod jedne sekunde (u najboljem slučaju ispod pola sekunde).

Postoje razni algoritmi za pronalaženje rešenja. Svaki ima svoje prednosti i mane u odnosu na druge. Njihova vrednost se meri prema (već pomenutih osobinama): brzini izvršavanja i kvaliteta rešenja koji oni daju. Ovi algoritmi spadaju u heurističke algoritme. Generalno, ne može se reći koji je najbolji, jer se nekad traži brže rešenje, a nekad kvalitetniji raspored labela.

U daljem radu, biće obuhvaćeni sledeći algoritmi:

- „Pohlepni” (*Greedy*),
- „Tabu” (*Tabu*),
- „Brzi” algoritam za postavljanje labela tačaka (*Fast Algorithm for point feature Label Placement - FALP*)

„Pohlepni” algoritam [3] je jednostavno implementirati za mape.

„Tabu” algoritam [4] je implementiran na opisan način od strane Jamamota, Kamare i Lorene. „Tabu” mora imati dato početno rešenje od koga kreće, a u ovom radu postoje dve implementacije. Prva koristi kao početno rešenje, rešenje „Pohlepnog” algoritma a druga postavlja sve labela tačaka na poziciju 1 (pogledati sliku 1.).

FALP algoritam za postavljanje labela tačaka je implementiran na 2 načina. Prvi je implementiran na preporučeni način [5] isto od strane Jamamota, Kamare i Lorene, a drugi se razlikuje od preporučenog u načinu skladištenja podataka potrebnih za izvršavanje algoritma. Treba navesti da je ovaj drugi način dosta brži od prvog.

Zadatak ovog rada je implementirati bolje rešenje od „Pohlepnog” algoritma koje će davati rezultat u vremenu ispod 500 milisekundi.

### 3. ALGORITMI ZA POSTAVLJANJE LABELA

#### 3.1. „Pohlepni” algoritam

„Pohlepni” algoritam radi na principu da u svakom koraku odabere najbolji trenutni izbor, bez razmatranja posledica ovakvog izbora [3].

Ova jednostavnost algoritma omogućava njegovu široku primenu u raznim sferama računarstva. Algoritam karakteriše velika brzina izvršavanja u odnosu na ostale algoritme, zahvaljujući njegovoj jednostavnosti i malom broju iteracija u kojem se odvija. U najgorem slučaju, broj iteracija se svodi na  $m * n$ , gde je  $m$  broj mogućih pozicija labela tačaka, a  $n$  broj tačaka.

Loša strana ovog algoritma je da on ne „gleda unapred”, a ne može ni da menja podatke iz prethodnih iteracija, što dovodi do penjanja u lokalni maksimum (ili lokalni minimum ako se on traži), a ne u globalni. Ovaj pristup možemo ilustrovati na primeru partije šaha. Kada bismo šah igrali tako da uzmemo prvu figuru koja može da se pomera i odigramo je na prvo dozvoljeno mesto, verovatno bi ishod bio gubitak partije.

„Pohlepni” algoritam može biti odličan za sortiranje mape bez mnogo preklapanja labela tačaka, odnosno kod mapa čiji elementi nisu gusto postavljeni.

#### 3.2. „Tabu” algoritam

„Tabu” algoritam spada u algoritme koji vrše heurističku pretragu radi rešavanja optimizacionih problema. Glavna ideja algoritma je da se ne zaustavi kada upadne u lokalni optimum, već nastavi pretragu, da bi izašao iz njega [4].

Ovaj algoritam vrši pretragu za boljim rešenjem, radeći nad već postojećim rešenjem. Pretraga se vrši dok se ne ispuni neki od zadatih uslova. Uslov može biti vremensko ograničenje, ograničen broj iteracija ili dobijanje zadovoljavajuće ukupne ocene mape.

Da bi izbegao upadanje u lokalni minimum iz kog ne može da izađe, „Tabu” algoritam poseduje „Tabu” listu koja kao elemente sadrži tačke sa pozicijama labela koje su već proverene i ne zadovoljavaju kriterijum. „Tabu” algoritam treba da pamti najbolje rešenje u svakom koraku, jer u jednoj iteraciji može dobiti najbolje moguće rešenje a već u sledećoj lošije. Nakon završene pretrage implementira se najbolje dobijeno rešenje.

Kvalitet rezultata koji će dati „Tabu” algoritam, zavisi od odnosa zadatog vremena i kvaliteta rezultata koji dobije na ulazu. Ako bi na ulazu dobio rezultat random algoritma, tada bi mu za dobijanje rešenja trebalo više vremena nego da na ulazu ima rezultat „Pohlepnog” algoritma.

Preporučeni način funkcionisanja „Tabu” algoritma od strane Jamamota, Kamare i Lorene [4] je sledeći:

1. Izračunati moguća preklapanja između svih mogućih pozicija labela, gde je potrebno pamti za svaku poziciju labela listu pozicija labela sa kojima se preklapa.
2. Generisati inicijalnu konfiguraciju postavljajući labela tačaka na najbolje moguće pozicije prema geografskoj poželjnosti.
3. Ponavljati sledeće korake dok se ne dođe do rešenja bez preklapanja ili do određenog broja iteracija:

- napraviti listu kandidata (ako već postoji onda samo konfigurisati promene),
- izabrati najboljeg kandidata iz liste na osnovu ocene, uzimajući u obzir „Tabu” listu, kriterijum poželjnosti i konfiguracione promene,
- izvršiti izmene, uzimajući dobijeno rešenje kao novo rešenje nad kojim se radi.

Ovakav „Tabu” algoritam za automatsko postavljanje labela zahteva: objektivnu funkciju, „Tabu” listu, listu kandidata, konfiguracione promene, kriterijum poželjnosti i dugoročnu memoriju.

Objektivna funkcija (u daljem tekstu OF) izračunava ocenu labela na sledeći način:

$OF = \alpha_1 * \text{broj\_preklapanja} + \alpha_2 * \text{prioritet}$  ( $\alpha_1$  - težina preklapanja,  $\alpha_2$  - težina geografskog prioriteta, broj\_preklapanja - broj labela, sa kojima se posmatrana labela seče, prioritet - geografski prioritet neke od pozicija labela. Obično težine nose za poziciju jedan 0.0, poziciju dva 0.4, poziciju tri 0.6 i poziciju četiri 0.9)

Lista kandidata predstavlja listu koja sadrži labele sa brojem preklapanja većim od nule (u daljem tekstu kandidate). Ona je ograničene dužine, gde su kandidati poređani od najvišeg broja preklapanja ka najmanjem. Ova lista se menja u svakoj iteraciji.

„Tabu” lista sadrži kandidate koji su već postavljeni u nekoj od iteracija, ali su se pokazali kao loši. Kandidati iz ove liste izlaze posle nekog vremena, jer je lista implementirana kao ograničen red.

Težine preklapanja i prioriteta se koriste, jer je nekim aplikacijama važnije da budu postavljene labele po prioritetima, nego po broju preklapanja i obrnuto.

Kriterijum poželjnosti određuje kada je potrebno izvaditi nekog kandidata iz „Tabu” liste. Ovo se vrši ako algoritam dodje do određenog rešenja, počne da radi iteracije i ne može da dodje do boljeg, a mogao bi, ako uzme kandidata iz „Tabu” liste.

Konfiguracione promene se vrše nad listom kandidata na kraju svake iteracije, gde se menjaju kandidati u toj listi. Ako se neki od kandidata našao u „Tabu” listi, on se izbacuje iz liste kandidata, čime se omogućava mesto novom kandidatu u listi kandidata.

Dugoročna memorija služi za pamćenje pozicija labela koje u zadnjih  $n$  iteracija nisu imale nikakvo poboljšanje, pa se ocena te pozicije labele povećava, čime ona ima manje šanse da uđe u listu kandidata. Broj zadatih iteracija je najbolje odrediti testovima nad posmatranim mapama.

Postoji još jedan način implementacije „Tabu” algoritma a to je da se u prvom koraku, umesto postavljanja labela na prvu poziciju, odradi „Pohlepni” algoritam. Ovim se dobijaju bolji rezultati koje daje „Tabu” algoritam u kratkom vremenskom periodu. Rešenje u najgorem slučaju će iznositi rešenje „Pohlepnog” algoritma dok će kod „Tabu” algoritma sa prvim pozicijama labela najgore rešenje biti upravo postavka prvih pozicija labela. Ukoliko „Tabu” algoritam sa prvim pozicijama labela radi u dužim vremenskim intervalima, dobiće se bolje rešenje u proseku za 1% od „Tabu” algoritma sa „Pohlepnim” algoritmom jer on teži ka lokalnom ekstremu.

### 3.3. „Brzi” algoritam za postavljanje labela tačaka

„Brzi” algoritam (*Fast Algorithm for point Label Placement - FALP*) takođe koristi heuristički metod za dobijanje najboljeg rešenja. Glavna briga, kao i kod ostalih algoritama je izbegavanje lokalnog minimuma. Algoritam možemo opisati u 6 koraka. Koraci od jedan do četiri (u prvoj iteraciji) omogućuju algoritmu sigurno izbegavanje upadanja u lokalni minimum i ostvaruju najbolje moguće rešenje za određeni broj tačaka. Zatim se ostale tačke obrađuju „Pohlepnim” algoritmom i za njih se ne može garantovati izbegavanje lokalnog minimuma.

Algoritam prema Jamamotu, Kamari i Loreni [5] funkcioniše na sledeći način:

1. Odredi se konfliktna matrica preklapanja svih tačaka, gde svaki red i kolona predstavljaju po jednu labelu i sadrže njene preseke sa ostalim labelama. Ukoliko data labela ima presek sa nekom drugom labelom, stavlja se

vrednost 1, a ukoliko nema stavlja se vrednost 0. Vrednost 1 se stavlja i za ostale pozicije te tačke.

2. Odabira se red/kolona sa najmanjim zbirom elemenata u njoj.

3. Izbacuju se iz matrice odabrani red i kolona i ostali redovi i kolone gde je vrednost elementa u odabranom redu i koloni postavljena na 1.

4. Odabrana labela se upisuje u listu rešenja mape.

5. Ponavljaju se koraci počevši od 2, sve dok matrica ne ostane prazna. Ukoliko matrica ostane prazna, nastaviti na korak 6.

6. Za tačke, koje nisu ušle u rešenje, izvršiti „Pohlepni” algoritam.

Postoji i brža implementacija ovog algoritma, gde se ne koristi konfliktna matrica, kao ni „Pohlepni” algoritam, već se koriste liste preseka.

Implementacija FALP algoritma sa listama na početku mora da poseduje u okviru neke liste sve moguće pozicije labela. Na osnovu te liste, računaju se mogući preseki između svake labele sa ostalim labelama. Ukoliko postoji presek između dve labele, u liste, koje su direktno vezane za tačke, upisuje se druga labela.

Kada algoritam prikupi sve podatke o mogućim presecima, on počinje odabir najbolje labele za svaku tačku i završava se tek kad se sve tačke sa po jednom labelom nalaze na mapi.

Odabir najbolje labele se radi tako što algoritam prođe kroz sve nepostavljene labele i odabira onu labelu koja ima najmanje preseka. Potom izbacuje tu i ostale labele koje su vezane za istu tačku iz liste nad kojom se vrši pretraga. Ostale labele se izbacuju i iz preostalih lista. Ako tačka ima 4 labele i npr. labelu 3 uzmemo za rešenje, labele 1, 2 i 4 otpadaju iz liste mogućih rešenja, pa ih moramo i izbaciti iz svih lista vezanih za druge tačke jer one više ne postoje kao moguća rešenja.

Ovako implementiran algoritam radi brže od preporučenog načina, jer je skupo praviti konfliktnu matricu u svakoj iteraciji. Ukoliko postoji 10000 tačaka i 4 moguće pozicije labela, matrica će biti veličine  $(10000 * 4)^2$ . Broj iteracija kreiranja matrice u ovom primeru u najgorem slučaju može biti  $10000^2$ .

## 4. OPTIMIZACIJE ALGORITAMA

### 4.1. Optimizacija algoritma upotrebom R-stabla

R-stablo (*R-tree*) predstavlja hijerarhijsku strukturu podataka koja omogućuje bržu pretragu prostornih podataka u odnosu na pretragu u okviru nizova, matrica i sličnih struktura. R-stablo je izvedeno od B stabla i funkcioniše na sličan način kao i ono. Razlika je ta što B stablo radi sa jednodimenzionim podacima, dok R-stablo radi sa dvodimenzionim i višedimenzionim podacima [6]. U slučaju da imamo 4 moguće pozicije labela, vreme izračunavanja preseka kod R-stabla iznosilo bi:

$$O(\log_M 4n)$$

$M$  – broj elemenata po čvoru

n – broj pravougaonika nad kojima se vrši pretraga

Kod elemenata koji su smešteni u liste vreme izračunavanja preseka iznosi:

$$O(4n)^2$$

Ovakav vid optimizacije smatra se obaveznim za implementaciju u okviru algoritama za postavljanje labela tačaka.

## 4.2. Optimizacija rezultata upotrebom više pozicija labela

Ukoliko se izbor mogućih labela svodi na 8, a ne na standardnih 4, vreme izvršavanja algoritma će se povećati ali će se zato dobiti kvalitetnije raspoređene labele, odnosno niža ocena mape. Povećanje vremena je posledica činjenice da je oblast pretraživanja najbolje pozicije veća, ali iz istog razloga dobiće se bolja ocena. Vreme izvršavanja kod „Pohlepnog“ algoritma je u najgorem slučaju veće onoliko puta za koliko je puta veći broj pozicija labela od standardnog. Znači da, ako postoji 8 umesto 4 pozicije labela, imaćemo u najgorem slučaju izvršavanje koje će trajati duplo duže. Ovde se govori o najgorem slučaju, jer, ako algoritam nađe poziciju labela sa ocenom 0, on neće prolaziti kroz ostale moguće pozicije, već će odmah preći na sledeću. Ocena u najgorem slučaju je ista kao kod slučaja sa 4 pozicije.

Ovakav vid optimizacije, pored dužeg vremena izvršavanja, može da dovede i do drugih problema. Jedan od problema je nečitkost mape. Razlog je taj, što je lakše čitati mapu sa manje mogućih pozicija labela.

## 4.3 Optimizacija algoritma preprocesiranjem preseka labela

Preproceriranjem preseka labela dobijamo unapred određene preseke labela za algoritam. Ovi preseki se mogu pamtit i preuzimati prilikom učitavanja mape. Ovim se smanjuje vreme izvršavanja algoritma na račun povećanja zauzeća memorije. Kod „Pohlepnog“, „Tabu“ i FALP algoritma sa upotrebom lista, preprocesiranje bi zahtevalo kreiranje R-stabla pre izvršavanja algoritma, a ne u toku njegovog izvršavanja.

## 5. ODABIR ALGORITMA

Treba napomenuti da „Tabu“ algoritam sa dužim vremenom izvršavanja i FALP algoritam daju slične ocene prilikom izvršavanja.

U slučaju da je za izbor algoritma važnije kraće vreme njegovog izvršavanja od njegove ocene, prednost ima „Tabu“ algoritam koji kao ulaz koristi rešenje „Pohlepnog“ algoritma. Kada broj tačaka na mapi može da dostigne nekoliko desetina hiljada, a vreme izvršavanja algoritma ima gornju granicu, „Tabu“ algoritam daje prihvatljivu ocenu u zadatom vremenu.

Kao najgore moguće rešenje, „Tabu“ algoritam će dati rešenje „Pohlepnog“ algoritma, a u većini slučajeva daće znatno bolje rezultate. Vreme izvršavanja se svodi na vreme izvršavanja „Pohlepnog“ algoritma uvećano za vreme izvršavanja „Tabu“ algoritma.

U slučaju da je bitnija ocena od vremena izvršavanja algoritma, prednost ima FALP algoritam. Dobijanje što boljih ocena na mapama različite veličine i/ili gustine, ne može se garantovati u istom vremenskom periodu, što znači da određivanje „univerzalnog“ vremena izvršavanja za „Tabu“ algoritam nije moguće.

## 6. ZAKLJUČAK

Prikazivanje labela na mapi je zahtevan problem, jer se mora obaviti u srazmerno kratkom vremenu sa malim brojem preklapanja labela. Za rešavanje ovog problema je predloženo više heurističkih algoritama, jer pristup gole sile nije primenljiv.

Razmotreno je više algoritama sa stanovišta njihovih karakteristika. „Pohlepni“ algoritam je dobar, ukoliko je potrebno dati rezultat u što kraćem vremenskom periodu. „Tabu“ algoritam daje rezultate u zadatom vremenskom periodu, dok se FALP izvršava dok se ne dobije najbolja ocena mape.

Ukoliko je potrebno da se dobije rešenje u što kraćem vremenu a da ocena nije toliko bitna, pogodan je „Pohlepni“ algoritam. Ako se javlja potreba za boljom ocenom, a postavljeno je vremensko ograničenje za izvršavanje algoritma, pogodan je „Tabu“ algoritam. FALP algoritam je dobar kada je potrebno dobiti najbolju ocenu u što kraćem vremenskom periodu.

Nastavak istraživanja bi mogao da obuhvati proveru kvaliteta genetskih algoritama za prikaz, kao i proveru efikasnosti optimizacione metode „Ljuštenja luka“ (*onion peeling*).

## 7. LITERATURA

- [1] E. Imhof, Positioning Names on Maps, The American Cartographer, Vol.2 No.2, October 1975
- [2] J. Marks and S. Shieber, The Computational Complexity of Cartographic Label Placement, April 1993
- [3] M. Hazewinkel, Greedy Algorithm, Encyclopedia of Mathematics, 2003
- [4] M. Yamamoto, G. Camara and L. Lorena, Tabu Search Heuristic for Point-Feature Cartographic Label Placement, Geoinformatica, March 2002
- [5] M. Yamamoto, G. Camara and L. Lorena, Fast Point-Feature Label Placement Algorithm for Real Time Screen Maps, Geoinformatica, November 2005
- [6] S. Leutenegger, J. Edgington, M. Lopez, STR: A Simple and Efficient Algorithm for R-Tree Packing, NASA Contractor Report 201661, February 1997

## Kratka biografija



**Marko Stanačev** rođen je u Zrenjaninu 1989. godine. Diplomirao je na Tehničkom fakultetu „Mihajlo Pupin“ 2012. godine, gde je stekao zvanje Diplomirani inženjer informatike.



**IZVEŠTAVANJE U SISTEMU ZA TESTIRANJE HARDVERSKIH UREĐAJA  
REPORTING IN HARDWARE DEVICES TESTING SYSTEM**Dragan Ždrnja, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je predložen sistem za softversko upravljanje procesom testiranja kao i generisanje izveštaja. Omogućeno je kreiranje i održavanje zahteva. Za implementaciju sistema korišćen je GWT, JMS API, Hibernate kao i Java EE.

**Abstract** – This paper presents system for software management of testing process as well as report generation. You can create and maintain requirements. System is implemented using GWT, JMS API, Hibernate and Java EE technologies.

**Ključne reči:** Testiranje, BBT, GWT, Java.

**1. UVOD**

Testiranje je proces evaluacije sistema i njegovih komponenti u cilju da se utvrdi da li su zadovoljeni zahtevi koji su postavljeni na početku. Testiranje identifikuje greške ili zahteve koji nisu ispunjeni. Ono se sastoji iz dva procesa: verifikacije i validacije. Proces verifikacije se odnosi na proveru da li sistem zadovoljava sve zahteve. Validacija predstavlja proces koji se izvršava od strane testera. Cilj ovoga procesa jeste da se utvrdi da li implementirane funkcionalnosti rade onako kako je očekivano. Validacija se odnosi na dinamički deo testiranja, jer tester mora koristiti sistem i da prati rezultate na izlazu [1].

Testiranje se također može razdvojiti na ručno i automatsko. Pod ručnim testiranjem se podrazumeva da se testira vrši bez korišćenja skripti ili alata za testiranje. Na ovaj način, tester preuzima ulogu krajnjeg korisnika da bi identifikovao greške ili neočekivana ponašanja sistema. Testeri koriste test planove, test slučajeve ili scenarije da bi izvršavali testiranje, da bi se osigurala uspešnost testiranja. Automatsko testiranje jeste testiranje gde tester piše skripte i koristi neki drugi softverski alat da bi testirao. Ovaj proces predstavlja automatizaciju ručnog testiranja [1].

Za kreiranje web dela aplikacije korišćen je GWT (*Google Web Toolkit*) [2], za mapiranje i rad sa bazom podataka koristi se Hibernate [3]. Komunikacija između klijentske i serverske strane se obavlja pomoću REST (*Representational state transfer*) [4] servisa, dok se komunikacija servera sa aplikacijom za generisanje izveštaja obavlja razmenom JMS (*Java Message Service*) [5] poruka. Izveštaji se generišu pomoću *JasperReports* [6] biblioteke. Za kreiranje šablona ili izgleda izveštaja korišćen je *iReport* [7] alat koji omogućava grafičko kreiranje izveštaja. Od ovako kreiranog šablona

izveštaja može se kreirati konkretan izveštaj uz pomoću *JasperReports* biblioteke.

Sistem Intent+ se sastoji od modula za upravljanje zahtevima (*Requirement Management*) koji je zadužen za kreiranje i specifikaciju zahteva. Takođe, postoji modul za upravljanje test slučajevima (*Test Case Management*) koji definiše sve funkcionalnosti koje su potrebne za rad sa test slučajevima, kao i modul za upravljanje test planovima i konfiguracijama (*Test Plan and Configuration Management*). Modul je zadužen za definisanje test okruženja kao i definisanje test planova koji se sastoje od test slučajeva koje je potrebno izvršiti. Za generisanje izveštaja zadužena je Java *desktop* aplikacija. Moguće je izgenerisati izveštaje koji sadrže listu zahteva ili test slučajeva, ali i one izveštaje koji su više tehničke prirode koji sadrže specifične podatke u vezi samog procesa testiranja.

**2. MODEL SISTEMA**

Sistem se sastoji od klijentske GWT aplikacije, serverskog dela i aplikacije za generisanje izveštaja. GWT aplikacija služi da bi se kreirali zahtevi za testiranje kao i da se pokrene generisanje izveštaja. Konkretno generisanje obavlja aplikacija za generisanje izveštaja.

**2.1 Dijagram slučajeva korišćenja**

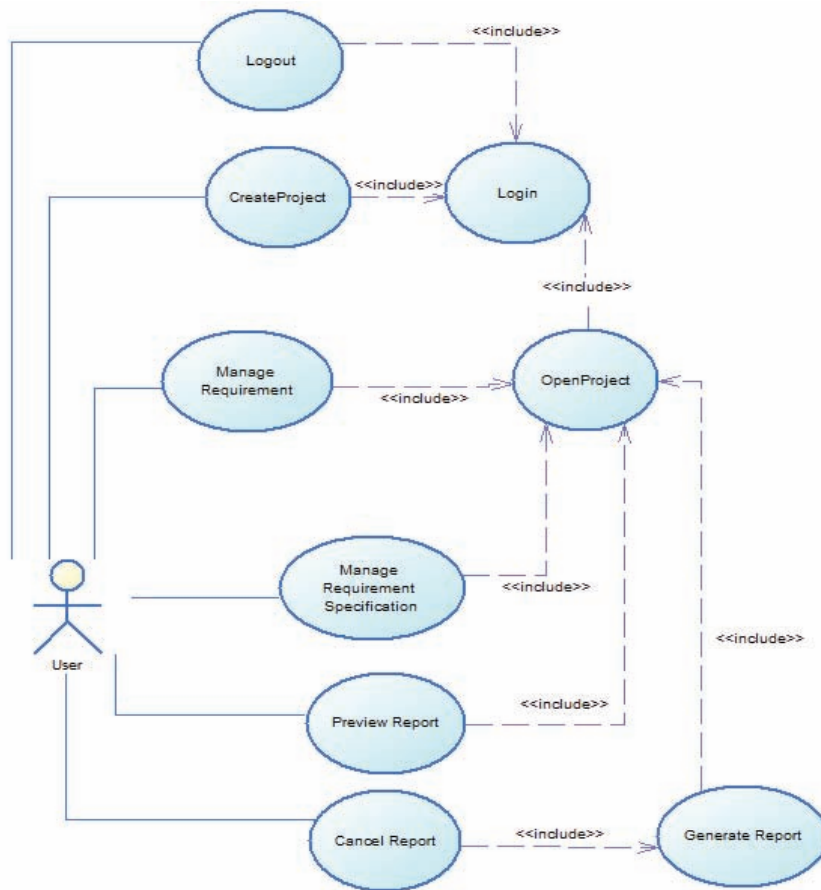
Na slici 1 prikazan je dijagram slučajeva korišćenja sistema. Postoji jedan akter i to je korisnik (*User*). Pre početka bilo kakvog rada, korisnik mora da se uloguje (*Login*). Nakon logovanja, korisniku su na raspolaganju, kreiranje novog projekta (*Create Project*) ili otvaranje postojećeg (*Open Project*). Jedan projekat sadrži zahteve, test slučajeve, test planove kao i izgenerisane izveštaje. U ovom radu će biti obrađeni zahtevi i izveštaji zbog obimnosti sadržaja. Ukoliko je korisnik otvorio projekat, on može da kreira, briše, pregleda i da vrši izmene nad zahtevima (*Manage Requirement*). Iste opcije su mu na raspolaganju i kada je u pitanju specifikacija zahteva (*Manage Requirement Specification*). Kod BBT (*Black Box Testing*) [1] testiranja zahtev se odnosi na funkcionalnost koju sistem treba da poseduje, dok specifikacija zahteva samo grupiše zahteve. Potom može da pregleda izveštaj (*Preview Report*), da ga generiše (*Generate Report*), kao i da odustane od generisanja istog (*Cancel Generating Report*). Na završetku rada može da se odjavi od sistema (*Logout*).

**2.2 Model podataka za izveštaje**

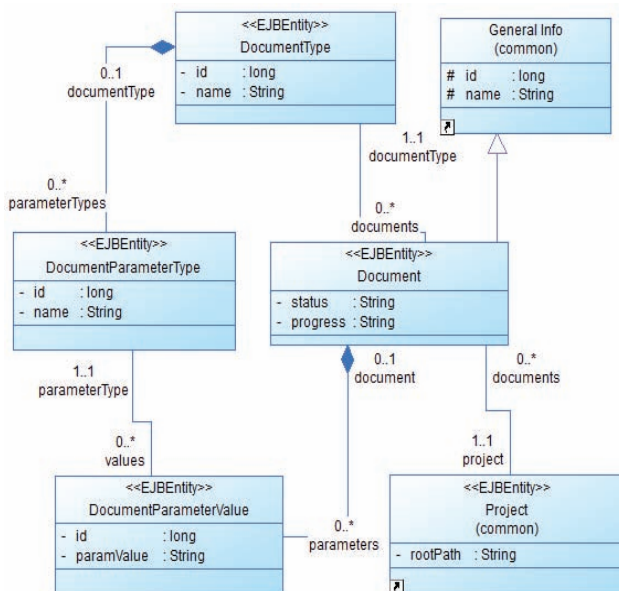
Slika 2 predstavlja konceptualni model za izveštaje. Izveštaj je predstavljen entitetom *Document* koji nasleđuje *GeneralInfo*. Izveštaj poseduje tip izveštaja (*Document Type*). Tip dokumenta je povezan sa *DocumentParameterType* što se odnosi na parametere za određeni tip dokumeta. *DocumentParameterValue* predstavlja vrednosti parametara. Entitet *Project* predstavlja projekat sa kojim je izveštaj povezan.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Goran Sladić.



Slika 1 Dijagram slučajeva korišćenja

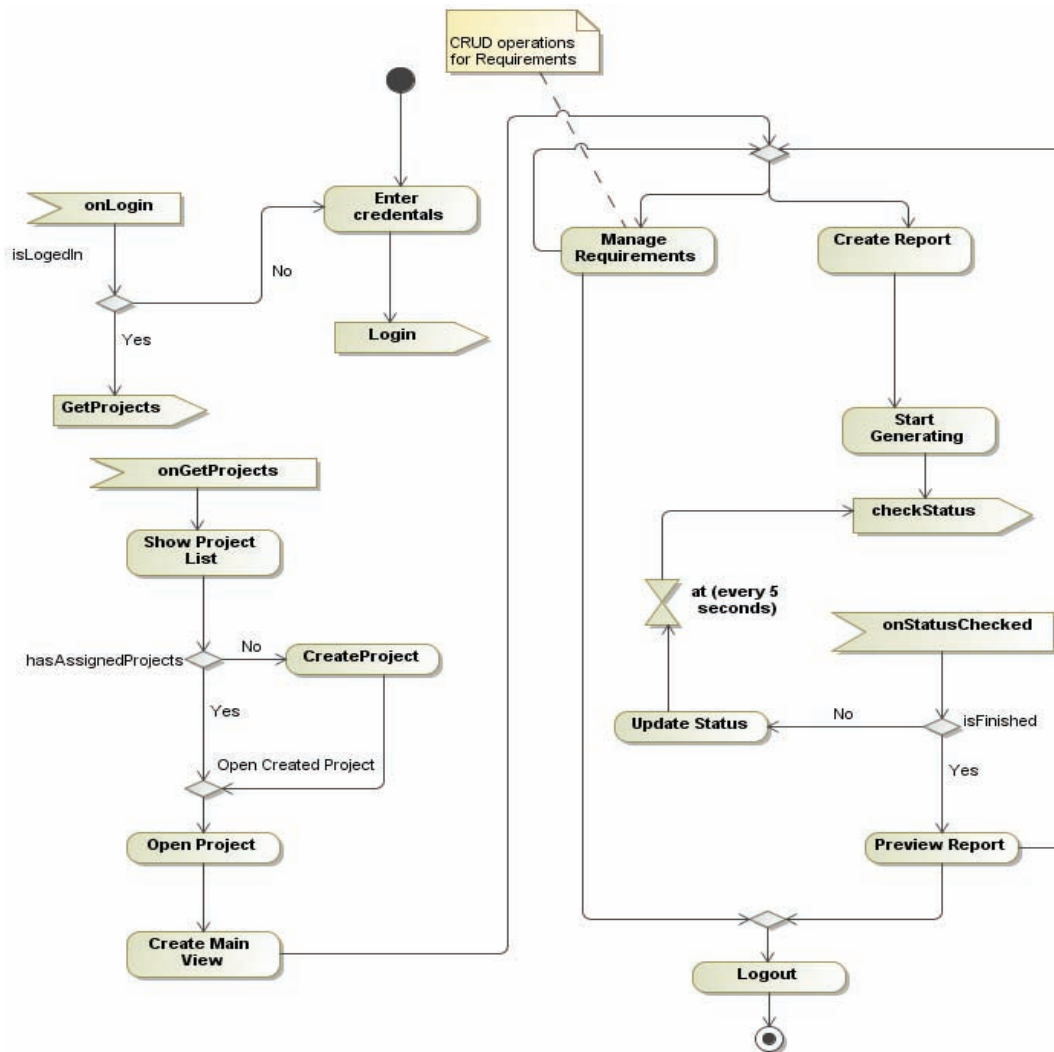


Slika 2 Konceptualni model za izveštaje

### 2.3 Web aplikacija

Web aplikacija je realizovana na Java programskim jezikom, koristeći GWT tehnologiju. GWT sa sobom donosi standarde i arhitekturu sistema koje je potrebno ispoštovati. Na slici 3 je prikazan dijagram aktivnosti klijentske aplikacije. Nakon što je korisnik pristupio aplikaciji potrebno je da upiše korisničko ime i lozinku (*EnterCredentals*). Podaci se šalju na server i proverava se da li postoji korisnik sa tim podacima (*Login*). Kada

server odgovori (*onLogin*), obrađuje se odgovor. U slučaju da korisnik sa tim podacima ne postoji, korisnik se šalje na početnu stranicu za unos korisničkih podataka, u suprotnom se poziva server da se dobije lista projekata na kojima korisnik učestvuje (*GetProjects*). Nakon što stigne odgovor (*onGetProjects*), prikazuje se lista projekata (*Show Project List*). Ukoliko korisnik ne učestvuje ni na jednom projektu on može da kreira projekat (*CreateProject*) i nakon toga se taj projekat otvara (*OpenProject*). Otvaranje projekta podrazumeva da se učitaju svi podaci koji su vezani za njega, da se kreira stablo preko kojeg se vrši interakcija sa zahtevima i izveštajima. Nakon što je projekat otvoren kreira se glavni interfejs aplikacije (*CreateMainView*). Korisnik tada ima opcije da radi sa zahtevima (*ManageRequirements*) ili da kreira izveštaj (*CreateReport*). Pod Manage Requirements akcijom se podrazumevaju sve osnovne operacije nad zahtevima, njihovo kreiranje, izmena i brisanje. Ukoliko korisnik želi da kreira izveštaj, taj proces se sastoji iz nekoliko koraka. Potrebno je da se unesu neki osnovni podaci o izveštaju, kao što su ime, opis i slike koje će se pojavljivati u izveštaju. Nakon toga korisnik može da izgeneriše izveštaj (*GenerateReport*). Tokom generisanja izveštaja njegov status se periodično proverava. Svakih 5 sekundi se šalje poruka serveru da se pročita status izveštaja (*CheckStatus*). Odgovor koji stigne sa servera sadrži status izveštaja i broj trenutno izgenerisanih stranica, koji se koristi da bi se pratio progress izveštaja. Po završetku izveštaja on se prikazuje (*PreviewReport*). Korisniku je na raspolaganju da se izloguje iz aplikacije (*Logout*).



Slika 3 Dijagram aktivnosti web aplikacije

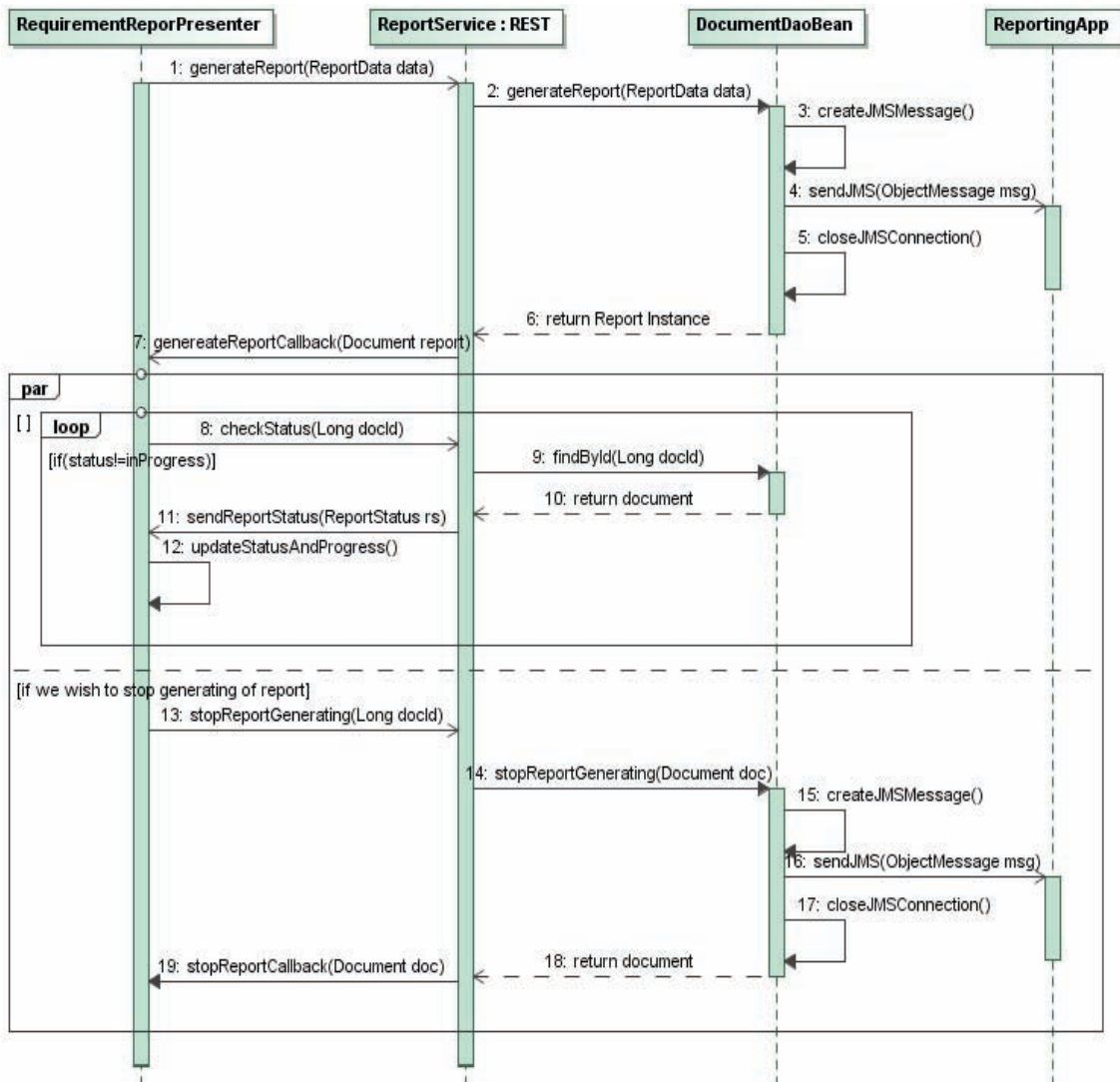
Dijagram na slici 4 opisuje koje poruke se razmenjuju između *web* aplikacije i serverskog dela prilikom generisanja izveštaja. Učesnici u komunikaciji su:

- **RequirementReportPresenter** predstavlja presenter klasu za formu gde se unose osnovni podaci o izveštaju
- **ReportService** predstavlja REST servis za izveštaje
- **DocumentDaoBean** *session bean* klasa za jedan dokument (izveštaj)
- **ReportingApp** apstrahovana aplikacija za generisanje izveštaja

Poruku za generisanje izveštaja (*generateReport*) šalje *RequirementReportPresenter* tako što poziva metode REST servisa (*ReportService*). Servis nakon što primi poruku, šalje poruku *generateReportData bean-u* (*DocumentDaoBean*) sa sadržajem kojeg je dobio od klijenta. *Session bean* otvara JMS konekciju i kreira poruku (*CreateJMSMessage*), nakon što je konekcija uspešno otvorena, poruka se šalje (*sendJMS*) aplikaciji za generisanje izveštaja i odmah potom se konekcija zatvara (*closeJMSConnection*). Instanca izveštaja se prosleđuje do REST servisa, a servis šalje dalje do klijenta u vidu odgovora (*generateReportCallback*). Nakon što je

pokrenuto generisanje izveštaja potrebno je periodično proveravati njegov status kao i broj trenutno izgenerisanih stranica. Da bi se proverio status, poziva se metoda REST servisa (*checkStatus*), koja kao parametar prima ID od izveštaja. Zatim se poziva metoda *DocumentDaoBean-a* da bi se našao konkretan izveštaj (*findById*) koji je potreban da bi se pročitali njegov *status* i *progress*. Kao odgovor se severa se šalje DTO *ReportStatus* kome se prethodno postave atributi *status* i *progress* (*generateReportCallback*).

Presenter nakon što je primio odgovor, osvežava stanje na formi (*updateStatusAndProgress*). Ova komunikacije se periodično odvija, sve dok generisanje izveštaja nije završeno ili dok se ne desi neka greška. Takođe, korisnik može da zaustavi generisanje izveštaja i u tom slučaju se prekida periodična provera statusa. Da bi se zaustavilo generisanje, sa klijenta se poziva metoda REST servisa (*stopReportGenerating*), parametar je ID od izveštaja koji se želi zaustaviti. *ID* se dalje prosleđuje do *DocumentDaoBean-a*, koji kada primi poruku, kreira JMS konekciju i JMS poruku (*createJMSMessage*), obavesti *ReportingApp* da je potrebno zaustaviti generisanje izveštaja (*sendJMS*) i nakon toga se zatvara JMS konekcija (*closeJMSConnection*).



Slika 4 Razmena JMS poruka prilikom generisanja izveštaja

#### 4. ZAKLJUČAK

Testiranje je postalo neizostavni deo procesa razvoja softvera. Ono osigurava kod najviše moguće kvalitete kao i sigurnost da će isporučeni softverski proizvod, koji je dobro istestiran, maksimalno zadovoljiti zahteve koji su postavljeni na početku razvojnog procesa.

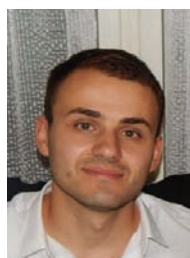
U radu je predstavljen podsistemi za upravljanje zahtevima kao i podsistem za generisanje izveštaja. Sistem je implementiran na Java programskom jeziku koristeći GWT framework. Za komunikaciju sa serverom je odabran REST, jer nudi laku implementaciju servisa kao i veliku fleksibilnost kada su u pitanje komunikacije sa drugim vrstama tehnologija. Rad sa bazom se obavlja pomoću Hibernate-a. Upravljanje aplikacijom za generisanje izveštaja se obavlja slanjem JMS poruka. Prikazana je specifikacija sistema pomoću raznih UML dijagrama podataka kao i dijagrama ponašanja.

#### 5. LITERATURA

- [1] Ron Patton, *Software Testing*. 2nd Edition. Sams Pub. 2006. ISBN 9780672327988.
- [2] *GWT toolkit*, <http://www.gwtproject.org/>

- [3] *Hibernate framework*, <http://hibernate.org/>
- [4] *JSR-000311 JAX-RS: The Java API for RESTful Web Services*, <https://jcp.org/aboutJava/communityprocess/final/jsr311/>
- [5] *JMS API*, <http://www.oracle.com/technetw/java/jms/index.html>
- [6] *Jasper Reports library*, [community.jaspersoft.com/project/jasperreports-library](http://community.jaspersoft.com/project/jasperreports-library)
- [7] *Ireport Designer*, <http://community.jaspersoft.com/project/ireportdesigner>

#### Kratka biografija:



**Dragan Ždrnja** je rođen 05.07.1988. godine u Vukovaru. 2007 završava srednju školu, te upisuje Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, odsek Računarstvo i Automatika. Diplomski-master rad odbranio je 2014. godine.



**SPECIFIKACIJA JEZIKA ZA OPIS POSLOVNIH PROCESA PRILAGOĐENOG  
KRAJNJEM KORISNIKU****LANGUAGE SPECIFICATION FOR DESCRIBING BUSINESS PROCESSES  
CUSOMIZED FOR THE END USER**

Mišo Šolaja, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je predstavljen jezik specifičan za domen poslovnih procesa prilagođen za krajnjeg korisnika. Jezik definiše osnovne komponente i veze među njima, koje grade poslovni proces. Semantika je vrlo jasno izražena kroz jezik i omogućava korisniku lako pisanje i čitanje.

**Abstract** – *This papper presents domain specific language for business processes customized for the end user. Language defines basic components and relations between them for creating business process, with high expressiveness, thus allowing user to use it.*

**Ključne reči:** *Jezici specifični za domen; Razvoj softvera upravljani modelom; Arhitektura upravljana modelom; Poslovni procesi.*

**1. UVOD**

Poslovni proces predstavlja skup pravila i procedura koje treba da se izvrše kako bi došli do nekog cilja. On predstavlja šablon po kom rešavamo neki problem i definiše organizaciju rada [1].

Poslovni procesi se mogu uočiti u svakodnevnom životu – proces plaćanja računa, prijave ispita, sklapanja ugovora, vađenja dokumenata, itd. Poslednjih decenija se veliki broj ovih procesa automatizovao – uključeni su računari u dizajniranje, izvršavanje i kontrolu procesa [1].

Predmet ovog rada je dizajniranje jezika koji omogućava krajnjem korisniku da kreira poslovni proces. Jezik je nedvosmislen i dobro formulisani, što ga čini pogodnim za računarsku obradu, kao i za sredstvo za komunikaciju sa drugim korisnicima koji su zainteresovani za neki proces. Na ovaj način se može višestruko uvećati produktivnost tima koji treba da implementira rešenje – olakšava se komunikacija između njegovih članova (koja je inače jedan od ključnih problema prilikom razvoja softvera, glavno mesto spoticanja i razlog propalih projekata [2]) i daje se dobra osnova programerima za mogućnost brzog razvoja softvera pomoću tehnika koje su, takođe, date u ovom radu.

Semantika poslovnog procesa je definisana koristeći dijagram klasa [3]. Takav model se naziva semantički model i na osnovu njega su napravljene dve jezičke reprezentacije – tekstualna i grafička.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Goran Sladić.**

Tekstualna je bliža programerima, dok grafička daje mogućnost lakog razumevanja i kreiranja poslovnog procesa.

**2. METODOLOGIJE BRZOG RAZVOJA  
SOFTVERA**

U poslednje dve decenije su se javile nove ideje o ubrzanju razvoja softverskih rešenja, kao i o redukciji troškova održavanja (koje su obično daleko veće nego inicijalni razvoj). OMG konzorcijum je posvećen ovom problemu, i pokušava da ga reši dajući specifikacije arhitektura, tehnologija i jezika koji se zasnivaju na modelima.

**2.1. ARHITEKTURA UPRAVLJANA MODELOM**

Arhitektura upravljana modelom (MDA – *Model Driven Architecture*) se bazira na razvoju softvera koristeći visok nivo apstrakcije – modele koji opisuju poslovnu logiku [4]. MDA uvodi dva bitna pojma – model nezavisan od platforme (PIM – *Platform Independent Model*) i model specifičan za platformu (PSM – *Platform Specific Model*). PIM predstavlja poslovnu logiku sistema, i on ne bi trebao da sadrži bilo kakve informacije u vezi tehnologije ili sistema na kom će se izvršavati. PSM se nalazi na nešto nižem nivou apstrakcije i opisuje rešenje koristeći pojmove specifične za određenu platformu [4]. Pomoću ova dva modela se može razdvojiti poslovna logika aplikacije od sistema koji ga izvršava. Na taj način, razvoj tehnologije ne mora biti usko povezan sa pravilima i logikom sistema, te se svaki od njih može razvijati svojim tempom [4]. Ova arhitektura predviđa i mogućnost automatskih transformacija, tako da se (u idealnom slučaju), na osnovu PIMa, nizom transformacija, može izgenerisati programski kod koji će se izvršavati na nekoj specifičnoj platformi [4].

Mana ovog pristupa je što je inicijalno izuzetno skup, kao i da zahteva da PIM bude izuzetno dobro definisan, što se ne može uvek postići, pogotovu u situacijama gde je domen nepoznat. Sa druge strane, kada je domen problema jasan, ova arhitektura može višestruko uvećati produktivnost programera u odnosu na klasične metodologije razvoja softvera [2, 4].

**2.2. JEZICI SPECIFIČNI ZA DOMEN**

Jezici specifični za domen (DSL – *Domain Specific Language*) postoje već duže vreme ali je njihova primena drastično povećana u poslednjoj deceniji sa razvojem novih jezika i alata koji ih podržavaju [2]. Jezik specifičan za domen se kreira za rešavanje problema u

određenoj, usko ograničenoj oblasti primene. On je programski jezik ograničenih mogućnosti izražavanja [2]. DSL-ove bi trebali da razumeju i korisnici i računari, što znači da treba da budu dobro i nedvosmisleno definisani. Snaga jezika specifičnog za domen leži u mogućnosti da se neki domen može lako i kvalitetno opisati, to je ono što čini jezik vrednim [2].

Postoje dve vrste jezika specifičnih za domen: interni (koji se oslanjaju na postojeće programske jezike, i preuzimaju deo njihove sintakse) i eksterni (čija je sintaksa nezavisna) [2]. Interni jezici imaju veću podršku u alatima jer koriste infrastrukturu postojećeg jezika, dok eksterni daju veću slobodu u dizajnu jezika, te su često kvalitetniji i razumljiviji od internih (ali je potrebno posebno praviti alate za njih) [2].

Investicija u dizajniranje jezika bi trebala brzo da se isplati kada je domen problema poznat [2].

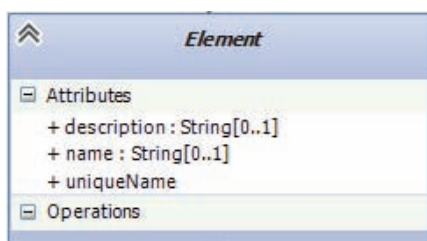
### 3. MODEL POSLOVNOG PROCESA

U okviru ovog poglavlja će biti predstavljeni osnovni gradivni elementi koji omogućavaju krajnjem korisniku da dizajnira poslovni proces. Proces se sastoji od skupa elementa, koji su u međusobnim relacijama i opisuju kako se proces izvršava, odnosno kako se učesnici u procesu kroz njega kreću.

Elementi u procesu treba da budu tako raspoređeni da se zna gde proces počinje, a gde završava. Korisnik modeluje proces, a izvršavaju se njegove instance. Prilikom izvršavanja procesa koristi se apstraktan pojam **tokena** koji simbolizuje stanje u kom se proces nalazi. Na osnovu pravila procesa, tokeni se kreću kroz njega – na početku procesa se generišu a na njegovom kraju se konzumiraju (uništavaju). Instanca procesa se završava kada u njoj ne ostane ni jedan token.

Svaki element u okviru poslovnog procesa mora imati jedinstveno ime (na nivou procesa), kojim se može identifikovati.

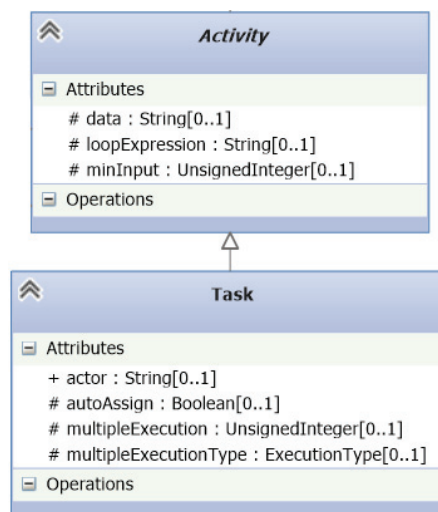
Pored toga, svaki element može imati kratko ime deskriptivnog karaktera i detaljniji opis. Meta-model elementa u procesu je dat na slici 3.1. U jezičkoj (tekstualnoj i grafičkoj) reprezentaciji ne postoji konkretna instanca elementa, on je apstraktan pojam, apstrakcija koja olakšava definisanje gradivnih blokova procesa.



Slika 3.1. Meta-model elementa

#### 3.1. OSNOVNI ELEMENTI POSLOVNOG PROCESA

U okviru bilo kog poslovnog procesa se očekuje da se obavi neki rad. Element koji opisuje rad se naziva **zadatak**. On, sa aspekta poslovnog procesa, predstavlja nedeljiv rad (ne može se podeliti u manje grupe zadataka). Na slici 3.2. je dat semantički model zadatka.

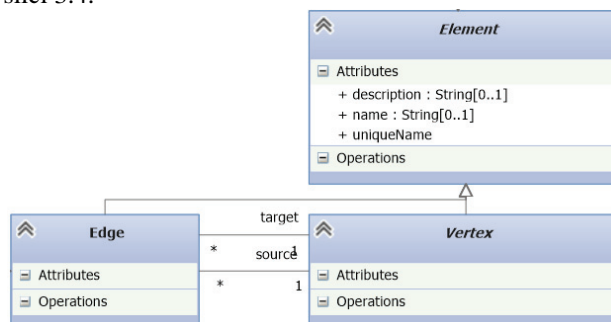


Slika 3.2. – Meta-model zadatka

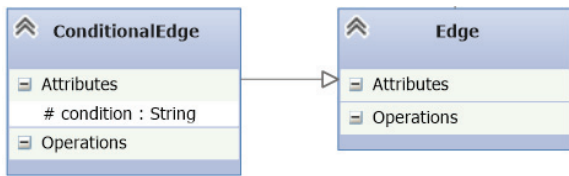
Postoji nekoliko atributa kojim se može preciznije definisati koji rad treba da se obavi u okviru zadatka. Atributi *actor* i *lane* dozvoljavaju da se specificira korisnik ili grupa korisnika koji treba da obave zadatak, a *autoAssign* označava da li im se zadatak automatski dodeljuje po kreiranju. *Data* atribut daje mogućnost da se definišu podaci potrebni za obavljanje zadatka. Nekada je potrebno da se zadatak izvrši veći broj puta. To se može specificirati pomoću atributa *loopExpression* u kom se može postaviti uslov za ponovno kreiranje zadataka po njegovom izvršenju. Takođe se za ovu svrhu mogu iskoristiti atributi *multipleExecution* (pomoću kog se definiše tačan broj izvršavanja nekog zadatka) i *multipleExecutionType* koji specificira kako će se veći broj instanci istog tipa zadatka izvršavati – sekvencijalno ili paralelno. Atribut *minInput* označava broj potrebnih tokena na ulazu u zadatak, kako bi se kreirala instanca zadatka.

Pored zadatka, postoje dve njegove specijalizacije: sistemski i korisnički zadatak. Sistemski zadatak obavlja računar bez asistencije korisnika. U atributu *implementation* treba da bude specificirano kako taj zadatak treba da bude izvršen. Korisnički zadatak, sa druge strane, izvršava korisnik uz asistenciju računara. Atribut *implementation* ima sličnu ulogu kao malo pre, da formalno opiše kako se zadatak izvršava.

Ranije je rečeno da proces treba da ima tok - da se zna gde počinje, a gde završava. Element koji omogućuje da se ovakvo ponašanje modeluje se naziva **grana**. Ona je usmerena od jednog čvora (npr. zadatka) ka drugom, i simbolizuje putanju kretanja tokena kroz proces. Semantički model grane je dat na slici 3.3., a uslovne na slici 3.4.



Slika 3.3. – Meta-model grane



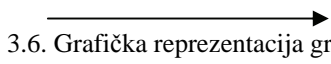
Slika 3.4. – Meta-model uslovne grane

Uslovna grana će propustiti token kada je zadati uslov zadovoljen. Grane nemaju veliki broj atributa – samo one koji su im potrebni za kontrolu toka. Tako atribut *source* označava element iz koga kreće grana, dok *target* označava onaj u kom završava. Uslovna grana ima atribut *condition* u okviru koga se specificira uslov za prolazak tokena kroz granu.

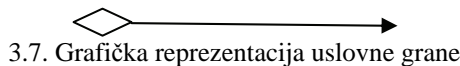
Već pomoću ova dva elementa (zadatka i grane) se može modelovati velik broj poslovnih procesa. Na slikama 3.5., 3.6. i 3.7. su grafički prikazani ovi elementi jezika.



3.5. Grafička reprezentacija zadatka



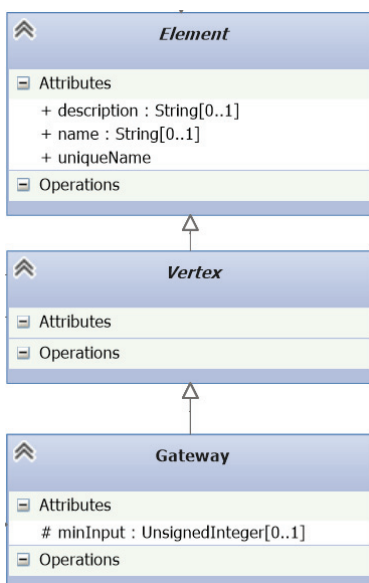
3.6. Grafička reprezentacija grane



3.7. Grafička reprezentacija uslovne grane

### 3.2. NAPREDNI ELEMENTI POSLOVNOG PROCESA

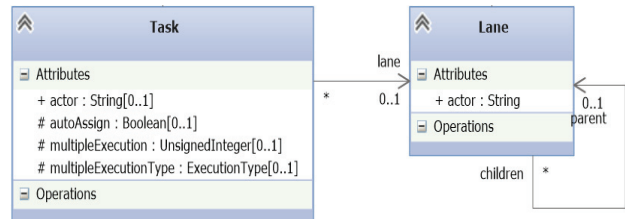
Napredni elementi dozvoljavaju veći komfor i dodatne mogućnosti prilikom modelovanja procesa. Prvi među njeima je **kapija**. Kapija je čvorni element (mogu izlaziti i ulaziti grane u nju), ali se u okviru nje ne obavlja rad. Ona daje veće mogućnosti prilikom kontrole toka i ne može se nalaziti na početku ili kraju procesa, odnosno na svom ulazu i izlazu mora postojati bar po jedna grana. Meta model kapije je dat na slici 3.8.



Slika 3.8. – Meta-model kapije

Staza (eng. *lane*) predstavlja grupu korisnika kojom je lakše manipulirati u okviru procesa, nego preko atributa *actor*, pre svega zato što staza ima grafičku reprezentaciju i modeluje se kao poseban element. Njoj se mogu dodeliti zadaci koje onda mogu izvršiti korisnici iz te staze. Pomoću staza se lako može uočiti koje grupe korisnika su odgovorne za koje zadatke.

Preporučljivo ih je koristiti kad god je to moguće, pošto se dobija bolji pregled procesa i mogućnost grupisanja zadataka po odgovornostima. Staza je posebna vrsta elementa koja ne može biti povezana granama i koja samo može da sadrži zadatke. Semantički model ovog elementa je dat na slici 3.9.



Slika 3.9. Meta-model Staze

Događaji su elementi koji omogućavaju da se modeluju uslovi startovanja procesa, dešavanja nakon završetka procesa i asinhroni aspekti procesa u toku njegovog izvršavanja. Događaj, kao element, može da kreira (menja) i da reaguje na okolnosti u sistemu. Sistem koji izvršava proces je odgovoran za upravljanje događajima. Postoje četiri vrste događaja:

- Početni događaj,
- Krajnji događaj,
- Međudogađaj i
- Događaj aktivnosti

Početni događaj definiše šta treba da se desi kako bi se kreirala instanca procesa. On reaguje na okolnosti koje se dešavaju u sistemu. Koristeći početni događaj, može se startovati instanca poslovnog procesa u određeno vreme, kada se nešto desi u drugoj instanci procesa, kada se neki uslov ispuni, itd. Poslovni proces može imati više početnih događaja, i bilo koji od njih može započeti izvršavanje procesa. Početni događaj se uvek nalazi na početku poslovnog procesa, što znači da grane ne mogu ulaziti u njega, ali bar jedna mora izaći iz njega.

Krajnji događaj definiše šta treba da se desi kada se proces završi. On šalje, odnosno kreira događaje – menja okolnosti u sistemu. Svrha krajnjeg događaja poslovnog procesa je da obavesti ostale procese u sistemu da se on završio i na koji način se završio. Ta informacija, npr. može uzrokovati kreiranje instance ili nastavak izvršavanja nekog drugog procesa. Kao što mu ime kaže, krajnji događaj se nalazi isključivo na kraju poslovnog procesa. Može postojati više događaja ovog tipa u okviru poslovnog procesa; u zavisnosti od toka izvršavanja procesa samo neki od njih (ili svi) mogu kreirati događaj. Međudogađaj se nalazi između početka i kraja procesa. U zavisnosti od tipa, on može da generiše ili reaguje na događaj u sistemu. Prvi tip (koji generiše događaj) se obično koristi da obavesti sistem da se nešto značajno desilo u procesu, ili za komunikaciju sa drugim procesima, dok se drugi tip (koji reaguje na događaje) koristi da označi čekanje na neko dešavanje.

Događaj aktivnosti se vezuje za neku aktivnost (npr. zadatak), i njen životni ciklus je povezan sa životnim ciklusom instance te aktivnosti. Takav tip događaja može imati samo izlazne grane. Događaj aktivnosti reaguje na dešavanja u sistemu dok god postoji instanca aktivnosti sa kojom je povezan. Ove aktivnosti mogu promeniti tok izvršavanja procesa, ili ga obustaviti u zavisnosti od dešavanja u sistemu. Ovi događaji, između ostalog, uvode mogućnost da se izvršavanje aktivnosti vremenski ograniči.

Na osnovu predstavljenih elementa se može modelovati proces u kom se definiše rad koji je potrebno obaviti (pomoću zadataka), tok i različiti scenariji izvršavanja (pomoću grana i kapije), odgovorne grupe izvršitelja zadataka (pomoću staza) i komunikacija sa drugim procesima, reagovanje na vreme i okolnosti sistema, kao i asinhroni aspekti procesa (pomoću događaja).

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljeni pojmovi koji omogućavaju da se na jednostavan način modeluju poslovni procesi. Na osnovu ovih pojmova (semantičkog modela) su razvijena dva jezika – tekstualni i grafički. Pored jezika, u radu je predstavljena i arhitektura upravljana modelom koja može na pravi način da iskoristi ovakav jezik i da pruži dobru osnovu za ubrzanje razvoja softvera za rad sa poslovnim procesima.

Glavni benefit jezika za opis poslovnih procesa je olakšavanje komunikacije između članova tima koji treba da dizajniraju i implementiraju rešenje, a može se koristiti i od strane učesnika u procesu. Jezici su prilagođeni i namenjeni krajnjem korisniku, a ne samo dobrim poznavateljima računarskih tehnologija. Kreirani su, pre svega, sa ciljem za lako prikupljanje zahteva o dinamici sistema.

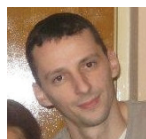
Sledeći korak u radu sa predstavljenim jezikom bi trebali da budu alati za modelovanje poslovnih procesa. Oni treba da podrže rad sa obe reprezentacije (tekstualnom i grafičkom) i da omoguće korisniku jednostavan način da

kreira i čita modele poslovnih procesa. Nakon toga bi trebalo izabrati postojeće, odnosno razviti nove jezike koji bi se integrisali sa jezikom za opis poslovnih procesa, u cilju dobijanja mogućnosti za modelovanje podataka, vremenske komponente procesa, itd. Razvoj softvera za izvršavanje poslovnih procesa bi trebao da se započne nakon što su svi potrebni jezici definisani. Odgovornost takvog sistema je izvršavanje poslovnih procesa, briga o njihovom životnom ciklusu i komunikacija sa ostalim poslovnim procesima u sistemu. Na temelju softvera za izvršavanje poslovnih procesa se mogu razviti i alati koji bi dali korisniku mogućnost uvida i kontrole nad izvršavanjem poslovnih procesa. Sva pomenuta softverska rešenja se mogu realizovati uz oslonac na semantički model poslovnih procesa koji je opisan u ovom radu.

#### 5. LITERATURA

- [1] Business Process and Business Systems, <http://sourcemaking.com/uml/modeling-business-systems/business-processes-and-business-systems>
- [2] Martin Fowler, Rebecca Parsons, „Domain-Specific Languages“, Sep 23 2010, ISBN: 978-0-321-71294-3
- [3] UML, <http://www.uml.org/>
- [4] Model Driven Architecture – Object Management Group, <http://www.omg.org/mda/>

#### Kratka biografija:



**Mišo Šolaja** je rođen u Novom Sadu 1988. god. Upisao je Fakultet tehničkih nauka u istom gradu 2007. god. odsek Računarstvo i Automatika. Diplomirao je 2011. god. na temi „Interpreter metašeme kompozitnih formi“.



**SIMULACIJA PRENOSA PODATAKA U SISTEMU 4G - LTE****DATA TRANSFER SIMULATION VIA 4G NETWORK**Branko Đorđević, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazani su istorijat i teorijske osnove mreže četvrte generacije mobilne telefonije. Kao i simulacioni prikaz prenosa podataka pomoću MATLAB simulatora.

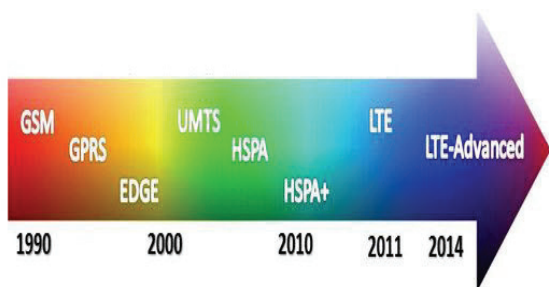
**Abstract** – This paper presents timeline and theoretical foundations of fourth generation mobile telephony network. Also the data transmission simulation is displayed using MATLAB simulator.

**Ključne reči:** GSM Mreža, Mobilni Telefon, LTE, MIMO, UMTS.

**1. UVOD**

Posmatrajući evolucioni razvoj GSM (Global System for Mobile) koji je prikazan na slici 1, ovim radom će se detaljno opisati jedna od novijih tehnologija u mobilnim komunikacijama koja nosi naziv LTE (Long Term Evolution).

Korisnički saobraćaj sve više i više zasniva na multimediji tj. na velikom prenosu podataka. Da bi ispratili ovaj trend, operateri sve više nude pakete usluga sa naglaskom na količinu podataka koju korisnici mogu da iskoriste. Da bi unapredili korisničko iskustvo neophodne su velike brzine prenosa. Prava rešenja za ove visoke zahteve su LTE i njegova unapređena verzija LTE-Advanced.



Slika 1. Evolucioni razvoj GSM-a

U glavi 2 date su osnove LTE sistema, njegov istorijski razvoj i pregled systemske arhitekture.

U glavi 3 opisane su tehnike višestrukog pristupa za downlink OFDMA i uplink SC-FDMA.

U glavi 4 dat je pregled aktuelnog stanja na tržištu Evrope i Srbije što se tiče LTE.

Na kraju, u glavi 5, dati su neki simulacioni rezultati dobijeni u MATLAB simulatoru.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor dr Željens Trpovski, vanr. prof.**

**2. LTE OSNOVE**

LTE je rezultat rada telekomunikacionih standardizacionih tela 3GPP (Third Generation Partnership Project) u cilju definisanja novog metoda radio pristupa velike brzine u mobilnim komunikacionim sistemima. LTE je nova tehnologija telekomunikacionih sistema koja je razvijena kao proširenje i unapređenje 3G (3Generation) tehnologija.

**2.1. LTE zahtevi**

Glavni zahtevi nove pristupne mreže su visoka spektralna efikasnost, visoki protoci podataka, kao i fleksibilnost u frekvencijskom opsegu.

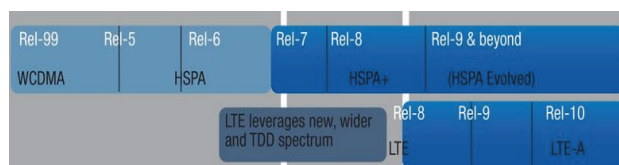
**2.2. Faze LTE standardizacije**

Slika 2 sumira evolucioni put 3GPP UMTS (Universal Mobile Terrestrial System) standarda koji vodi ka LTE standardu. Svako izdanje ili Release 3GPP standarda predstavlja set usvojenih mogućnosti određene tehnologije. Detaljniji sadržaj svakog od Release moguće je pogledati na web stranici [www.3gpp.org/releases](http://www.3gpp.org/releases). Nakon Release 99, 3GPP je stao da daje nazive Release-ima po godinama i usvojio je novu šemu za imena koja je krenula od Release 4. On je predstavio 1.28 Mcps uskopojasnu verziju W-CDMA, takođe poznatu kao i TD-SCDMA (Time Domain Synchronous Code Division Multiple Access). Zatim u Release 5 predstavljen je HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) kojim su uvedeni servisi bazirani na paketima za UMTS, kao što je urađeno sa GPRS (General Packet Radio Service) za GSM u Release 97 (1998).

Kompletiranje paketskih podataka za UMTS postignuto je u Release 6 sa dodavanjem HSUPA (High Speed Uplink Packet Access). HSDPA i HSUPA sada kao jedan standard, nazvani su kao HSPA (High Speed Packet Access). Release 7 sadržao je i prve radove na LTE/SAE standardu sa kompletiranom studijom izvodljivosti, kao i dalja unapređenja na HSPA-u.

U Release 8, HSPA nastavlja da se razvija sa dodavanjem brojnih manjih mogućnosti kao što su dvočelijski HSDPA i 64QAM modulacija sa MIMO (Multiple Input Multiple Output).

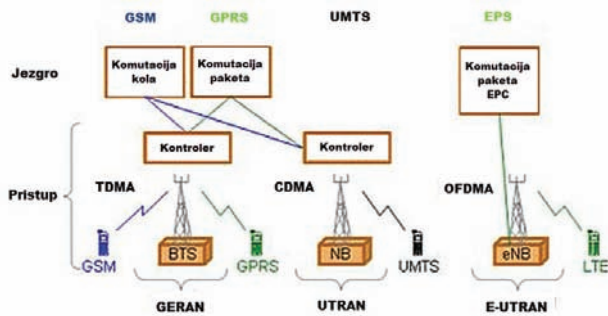
Zapravo glavni zadatak Release 8 jeste predstavljanje konačnih specifikacija LTE-a i SAE-a. Dalja usavršavanja LTE su uvedena Release-om 9, da bi Release 10 postao evolucioni naslednik LTE-a, LTE-Advanced.



Slika 2. Evolucioni put 3GPP standarda

### 2.3. Pregled sistemske arhitekture

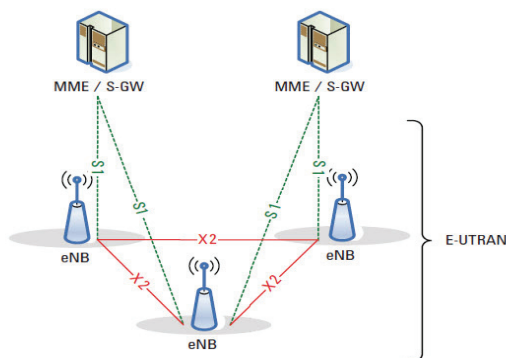
Prikaz kako je se arhitektura menjala sa evolucijom mobilnih tehnologija, od GSM-a pa do LTE-a dat je na slici 3. GSM je razvijen da prenosi servise u realnom vremenu koristeći komutaciju kola, tako da se prenos podataka odvijao veoma malim brzinama. Prvi korak ka IP-u jeste vođenje komutacije paketa, što se postiglo sa GPRS-om. Zadržan je isti radio interfejs i pristupna metoda TDMA (Time Division Multiple Access). Da bi se postigle veće brzine prenosa podataka, u UMTS-u počela je da se koristi nova pristupna metoda WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Pristupna mreža u UMTS-u koristi komutaciju kola za govorni saobraćaj, a komutacija paketa za saobraćaj podataka. Na kraju predstavljen je EPS (Evolved Packet System) koji je skroz IP baziran. Što znači da se sve obavlja putem komutacije paketa, i govorni saobraćaj i saobraćaj podataka. Takođe, ovde imamo novu pristupnu metodu Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) o kojoj će biti više reči u narednom poglavlju, koja u kombinaciji sa modulacijom višeg reda (64QAM) i prostornim multipleksom u downlink-u omogućava brzine prenosa sve do 300 Mbps.



Slika 3. Pregled arhitekture za različite standarde

Pristupnu mrežu LTE-a čini mreža međusobno povezanih baznih stanica pod nazivom eNB (evolved NodeB), koji su povezani preko X2 interfejsa. Ovaj interfejs služi za signalizaciju i prosleđivanje paketa između eNB-ova tokom handover-a. Oni zajedno predstavljaju tzv. flat arhitekturu, tj. više ne postoji kontroler baznih stanica RNC (Radio Network Controller) koji je bio veza baznih stanica sa jezgrom mreže.

Razlog ukidanja kontrolera je da se ubrza vreme uspostavljanja konekcije i vreme koje je potrebno za handover. Sada su eNB-ovi direktno povezani sa jezgrom mreže preko S1 interfejsa tj. povezani su sa MME (Mobility Management Entity) i S-GW (Serving Gateway), što se vidi na slici 4.



Slika 4. E-UTRAN arhitektura

### 3. TEHNIKE VIŠESTRUKOG PRISTUPA U LTE

U cilju što bolje spektralne efikasnosti, 3GGP je izabrao OFDMA kao pristupnu metodu u downlink-u, a SC-FDMA u uplink-u. Razlog različitog izbora pristupnih metoda leži u odnosu vršne i srednje vrednosti snage signala tj. PAPR-u (Peak-to-Average Power Ratio) koji je kod OFDMA veliki.

Veliki odnos PAPR-a zahteva skupe pojačivače snage, što dovodi do velike potrošnje energije za predajnika. Ovo nije problem za baznu stanicu eNB, ali bi bio problem za mobilne telefone. Zbog toga je za uplink izabrana druga metoda. U nastavku su opisane obe pristupne metode.

#### 3.1. OFDMA

OFDMA je izvedena varijanta ortogonalnog frekvencijskog multipleksa (OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing) koji je najčešće korišćena MC (Multi-carrier) tehnika prenosa sa više nosilaca.

Ona je u širokoj primeni u postojećim žičnim i bežičnim standardima npr. VDSL, DVB-T, WLAN (IEEE 802.11 a/g), WiMAX (IEEE 802.16) i kao za 4G LTE, a u planu je da buduće generacije bežičnih sistema delom ili celokupno budu bazirani na OFDM-u.

OFDM možemo posmatrati kao kombinaciju modulacije sa više nosilaca MCM (Multi-carrier modulation) i diskretne modulacije frekvencije FSK (Frequency shift keying). MCM prenosi podatke tako što dolazni tok podataka deli u više manjih paralelnih tokova podataka koji modulišemo zasebno na svaki individualni nosilac ili podnosilac. FSK modulacija je tehnika kojom se podaci prenose na jednom nosiocu iz seta međusobno ortogonalnih nosilaca u svakom trajanju simbola. Ortogonalnost između nosilaca postignuto je razdvajanjem nosilaca celobrojnim umnožkom inverznog trajanja simbola paralelnog toka podataka. Drugim rečima, celokupan dodeljeni kanal je zauzet u vidu sume međusobno ortogonalnih uskopojasnih podnosilaca.

Glavna razlika kod OFDMA u odnosu na konvencionalni OFDM jeste da se ovi podnosioci dodeljuju različitim korisnicima. OFDMA signal se formira dodeljivanjem paralelnih tokova podataka ortogonalnim nosiocima:

$$\overline{s(n)} = \frac{A}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i(n) \exp(2\pi f_i n),$$

za  $0 \leq n \leq N; 0 \leq i \leq N$

gde je  $x_i(n)$  n-ti bit od i-tog toka podataka. Kad se malo bolje pogleda, jednačina je ustvari IDFT od  $x_i(n)$  skalirana sa A. Izlazna sekvenca  $s(n)$  prenosi po jedan simbol u vremenu kroz kanal. Pre slanja ka prijemniku, dodaje se ciklični prefix CP (Cyclic Prefix) na sekvencu  $s(n)$ . CP je kopija zadnjeg dela OFDMA simbola. Metod dodavanja CP-a pruža zaštitu od inter-simbolske interferencije ISI (Inter Symbol Interference) sve dok je dužina CP veća od dužine impulsnog odziva kanala CIR-a (Channel Impuls Response). Nakon prijema signal izgleda ovako:

$$r(n) = s(n) \otimes h(n) + v(n)$$

Vidimo da je predajni signal  $r(n)$  konvoluiran sa impulsnim odzivom kanala  $h(n)$  i da je dodat aditivni šum  $v(n)$ . Na prijemu će biti urađene dualne operacije u suprotnom smeru u odnosu na predajnik u cilju dobijanja poslanih bita sa predaje.

### 3.2. SC-FDMA

Kao što smo već rekli veliki odnos vršne i srednje snage (PAPR) koji se javlja kod OFDM-a, naveo je 3GPP da promene šemu transmisije za uplink vezu. SC-FDMA je izabran zato što ima mali odnos (PAPR), kao kod GSM i CDMA sistema, takođe je robustan na multipath i pruža fleksibilnu frekvencijsku alokaciju. Kreiranje SC-FDMA signala počinje sa specijalnim procesom prekodiranja, a nastavlja se na veoma sličan način kao kod OFDMA. Glavna razlika u odnosu na OFDMA-a jeste da se kod SC-FDMA simboli prenose u seriji, a ne u paraleli kao kod OFDMA. Sam naziv SC-FDMA navodi (SC- single carrier) da se prenos jednog simbola vrši preko jednog širokog podkanala. Sabiranje većeg broja uskopojasnih podkanala kao što je slučaj kod OFDMA uvek će nam dati velike pikove tj. veliki odnos PAPR-a, dok to nije slučaj sa SC-FDMA koji nema veliki odnos PAPR-a.

### 4. TRENUTNO STANJE NA TRŽIŠTU EVROPE I SRBIJE

Nedostatak spektra u opsegu 800 MHz, tzv. deo spektra koji se naziva digitalna dividenda usporava širenje mrežne pokrivenosti. Razlog leži u tome što postojeći opsezi koji se koriste za LTE servise (uglavnom u 2600 MHz opsegu) ne dozvoljavaju operaterima da efikasno implementiraju novu mrežu izvan urbanizovanih sredina. Neke studije su pokazale da u ruralnim sredinama, servisi mobilne telefonije u opsegu 800 MHz imaju veći dometa ćelija i da je potrebno manje baznih stanica.

Ovo nam pokazuje da se dobra pokrivenost LTE mreža u ruralnim sredinama može postići sa relativno malim investicijama u infrastrukturu. Zbog mogućnosti pokrivanja širih oblasti 800 MHz spektar je vrlo atraktivan, ali pruža i najmanje kapaciteta. S druge strane, spektar od 2.400 MHz pruža najveće kapacitete, ali mu je radijus pokrivanja najmanji. Predviđa se da će manje od 20% svih mobilnih konekcija u EU regionu preći na LTE do 2017. godine, a razlozi su trenutna situacija u frekvencijskom delu spektra koji je predviđen za LTE mreže, pre svega u opsegu 800 MHz. Nemačka će ostati najveće LTE tržište regionu u narednih pet godina, pre svega zato što operateri užurbano implementiraju LTE mreže u ruralnim sredinama koristeći frekvencijski opseg 800 MHz. U Republici Srbiji, zbog zakasnele digitalizacije TV programa, spektar oko 800 MHz (koji se naziva digitalna dividenda), još uvek zauzima analogna televizija.

Kao što smo već rekli, mogućnost pokrivanja širih oblasti spektra 800 MHz je vrlo atraktivno, ali pruža i najmanje kapaciteta. U Srbiji su svi operateri (MTS, Telenor, VIP) potvrdili da su izvršili početna testiranja za implementaciju LTE mreže. VIP mobile je uz privremenu dozvolu RATEL-a testirao opremu proizvođača ZTE i testovi su pokazali da se prosečne brzine kreću za downlink oko 65 Mbps, a za uplink oko 23 Mbps.

Za razliku od VIP-a, Telenor je koristio opremu više proizvođača kao što su Huawei, Ericsson i Nera. Njihovi testovi su pokazali da maksimalna brzina za downlink može da dostigne 110 Mbps, dok za uplink 48 Mbps. I na kraju, Telekom Srbija (MTS) je slično Telenoru, testove obavio na opremi različitih proizvođača kao što su Ericsson, Huawei i Nokia Siemens Networks.

MTS-ovi testovi potvrdili su da brzine u downlink-u mogu da dostignu 100 Mbps. Međutim, totalan prelazak

na LTE mreže trenutno nije u planu u bliskoj budućnosti, imajući u vidu regulativu tj. propise, infrastrukturu i trenutnu situaciju na tržištu srpske mobilne telefonije. Oslobođanje opsega digitalne dividende u Srbiji planirano je polovinom 2015. godine, ali postoje neke najave da bi posao mogao biti donekle ubrzan.

### 5. SIMULACIONI REZULTATI

Za simulaciju LTE sistema korišćen je MATLAB-ov ugrađeni simulator LTE Downlink PDSCH with Transmit Diversity. Glavni doprinosi već postojećem simulatoru su: adaptacija GUI, ispisa izvornog koda i modifikacije koda kako bi radio u režimu jedne predajne antene.

Ovaj simulator je napravljen za FDD mod rada, tako da simulira radio frejm od 10 ms koji je sastavljen od 10 subfrejmova. Svaki subfrejm koji traje 1 ms ima dva uzastopna slota. Obrada downlink kanala kod bazne stanice (eNodeB) sastoji se od obrade transportnog kanala i obrade fizičkog kanala PDSCH (Physical Downlink Shared Channel), dok kod prijemnika (UE) imamo odgovarajuće dualne operacije kako bi došli do predajnih bita. U nastavku će biti opisani koraci u obradi fizičkog kanala PDSCH koji su implementirani u MATLAB kodu. Ovaj simulator izostavlja obradu transportnog kanala i predpostavlja se da su kodovani biti sa transportnog kanala ulaz za obradu PDSCH kanala.

#### 5.1. Obrada PDSCH kanala

PDSCH je glavni fizički kanal koji je zadužen za prenos podataka. Ovim simulatorom će se simulirati prenos jedne kodne reči ili pomoću predajnog diversitija koji koristi dve ili četiri antene na predaji ili pomoću samo jedne predajne antene. Ilustrativna šema obrade PDSCH kanala data je na slici 5. na kojoj se mogu videti blokovi koji simuliraju rad predajnika, kanala i prijemnika.

#### 5.1. Rezultati koji će biti prikazani

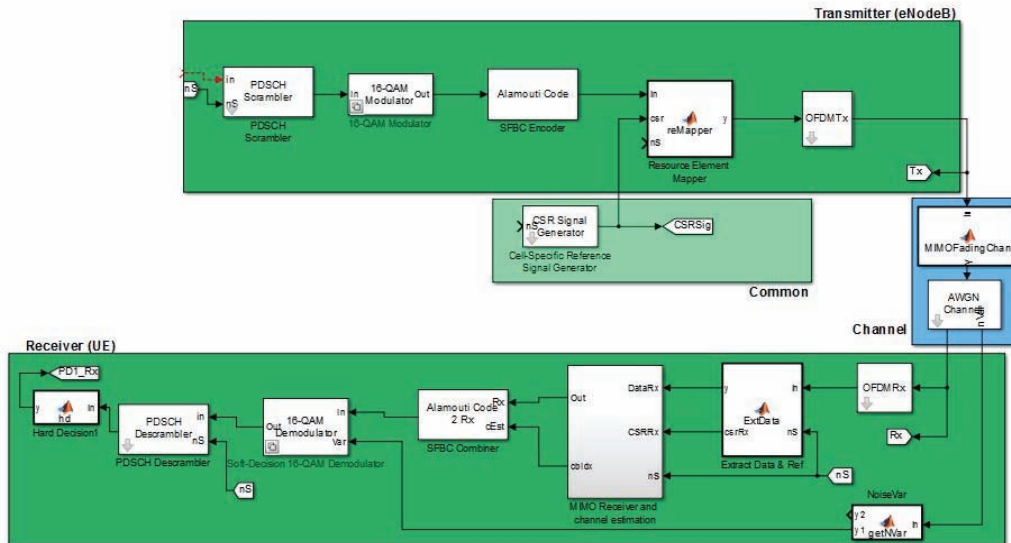
Simulator nudi nekoliko prikaza samih karakteristika signala koje se menjaju tokom simulacije LTE sistema. Ovi grafici su opciono, tako da se njihov prikaz može u GUI-u uključiti ili isključiti. Opcija *Prikaži izgled spektra* daje na uvid u izgled spektra predajnog i prijemnog signala, slika 6. Ovde se može videti kako izbor kanala utiče na spektar prijemnog signala. Dok opcija *Prikaži konstelacione dijagrame* prikazuje u toku same simulacije konstelacione dijagrame signala na prijemu pre ekvalizacije signala i nakon ekvalizacije signala slika 7.

Dodatno na simulatoru urađene su modifikacije koda kako bi se omogućio prenos pomoću jedne predajne antene tj. SISO (Single Input Single Output) slučaj. Modifikacije na kodu su urađene u skladu sa tehničkom specifikacijom koja je navedena u [1]. Glavne izmene na kodu gledajući ilustrativnu šemu sistema na slici 5. zasnivale su se na anuliranju SFBC enkodera i SFBC kombajnera. Kao i dodatno ubacivanje zero-force ekvalizatora koji bi na prijemu poništavao uticaj kanala. Za kanal koji ima frekvencijski odziv  $F(f)$ , zero-forcing ekvalizator će biti  $1/F(f)$  kako bi se poništio uticaj kanala na primljene simbole. Na slici 7. levo prikazani su primljeni simboli sa uticajem kanala, vidi se da je kanal uticao i na amplitudu i na fazu primljenih simbola.

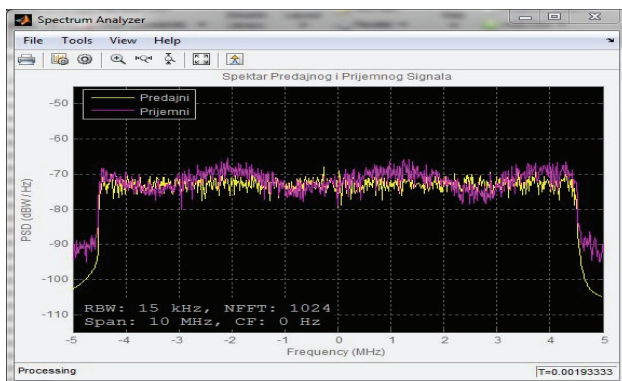
Desno na slici 7. vidi se da je zero-forcing ekvalizator poništio uticaj kanala.



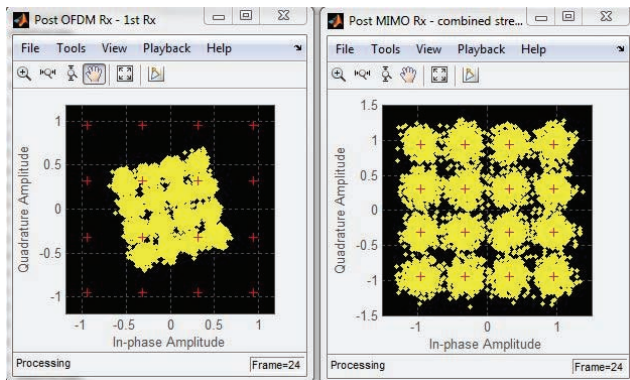
## LTE Downlink Physical Channel (PDSCH) Processing



Slika 5. Ilustrativna šema sistema



Slika 6. Izgled spektra signala



Slika 7. Izgled konstelacionih dijagrama

## 6. ZAKLJUČAK

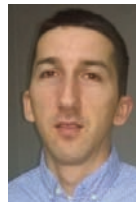
U odnosu na svoje prethodnike LTE predstavlja veliki evolucionari iskorak u mobilnim telekomunikacijama. LTE je baziran na ravnoj IP mrežnoj arhitekturi koja smanjuje mrežnu latenciju i dizajnirana je da koegzistira sa postojećim 3GPP mrežama. On koristi benefite 3G tehnologija i dodatno ih unapređuje pomoću MIMO višeantenskih sistema. LTE je veoma optimizovan, spektralno efikasan i omogućava operatorima da ponude nove servise sa visokim protocima. Njegove visoke performanse, dobra podrška za QoS i niska latencija će omogućiti širok spektar IP-servisa, od VoIP (Voice over IP) pa sve do prenosa videa HD kvaliteta. U Srbiji su urađena početna testiranja LTE-

a, ali njegova skorašnja implementacija nije ni na vidiku sve zbog sporog procesa digitalizacije TV programa.

## 7. LITERATURA

- [1] 3GPP Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); "Physical channels and Modulation (Release 10)", 3GPP TS 36.211 v10.0.0 (2010-12)  
<http://www.3gpp.org/DynaReport/36-series.htm>
- [2] Željens Trpovski, „Osnovi telekomunikacija“, Skripta, drugo izdanje, Novi Sad, 2004.
- [3] [http://www.home.agilent.com/upload/cmc\\_upload/All/25Oct12LTE.pdf?&cc=DE&lc=ger](http://www.home.agilent.com/upload/cmc_upload/All/25Oct12LTE.pdf?&cc=DE&lc=ger) (posljednji pristup: 12.05.2014).
- [4] <http://www.evocentar.net/tehnologije/lte-long-term-evolution/> (posljednji pristup: 12.05.2014).
- [5] <https://gsmaintelligence.com/analysis/2013/02/europe-an-lte-rollouts-hampered-by-lack-of-digital-dividend-spectrum/369/> (posljednji pristup: 12.05.2014).

## Kratka biografija:



**Branko Đorđević** rođen je u Loznici 1987. godine. Nakon osnovnog i srednjeg obrazovanja upisao se na Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, na Katedru za komunikacione tehnologije i obradu signala. Master rad odbranio je 2014. god.



**Željens Trpovski** rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.



**IZVORI INFORMACIJA O STANJU TRANSFORMATORA ZA RANGIRANJE TOKOM PLANIRANJA U ASET MENADŽMENTU****SOURCES OF INFORMATION ON THE STATUS OF TRANSFORMERS FOR THE RANKING DURING THE PLANING OF ASSET MANAGEMENT**Milivoj Šljapić, Miroslav Nimrihter, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** - U članku su predstavljeni osnovni pokazatelji stanja, koji su neophodni za planiranje održavanja podstanica.

**Abstract** – The paper represent fundamental state indices needed for planning of asset management.

**Cljučne reči** - Upravljanje imovinom, Asset Management, preventivno održavanje, energetski transformatori, ocena stanja transformatora.

**1. UVOD****ORGANIZACIJA ODRŽAVANJA [1]**

Tehnički sistem održavanja obuhvata širok obim različitih poslova koji se mogu podeliti na:

1. Definisanje kriterijuma na osnovu kojih se donose odluke pri planiranju održavanja,
2. Priprema baze podataka neophodne za održavanje,
3. Planiranje održavanja,
4. Priprema rezervnih delova za zamenu,
5. Organizacija ekipa izvršilaca poslova remonta na terenu, opremanje adekvatnim tehničkim sredstvi-ma i njihovog unapređenja,
6. Poslovi razvoja tehnike planiranja, prevencije kvarova, detekcija kvarova i otklanjanje kvarova na ekonomski opravdan i tehnički zadovoljavajući način.

Kompanije za prenos i distribuciju potvrdile su da se profitabilnost, stabilnost i performanse kompanije čvrsto zasnivaju na izboru strategije Asset Management-a (gazdovanja materijalnim dobrima). Ovo za posledicu ima trend da se operacije podele, zavisno od funkcije koju imaju u reinvestiranju u tri različite celine:

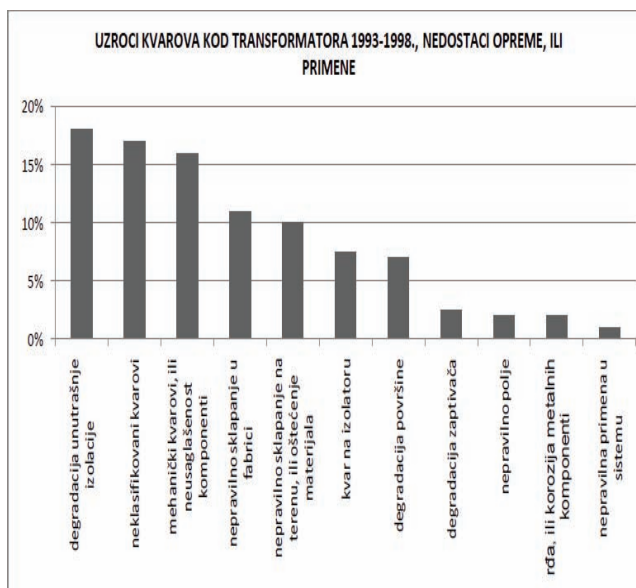
**Vlasnik Asset-a** zadaje instrukcije menadžeru Asset-a i obezbeđuje da dogovor sa serviserima (*service provider*) bude usklađen i vođen od strane menadžera Asset-a. **Menadžer Asset-a** je skoncentrisan na strategiju Asset-a i utvrđenoj politici, rizicima menadžmenta, ulaganjima i planiranju održavanja, te sklapanju ugovora sa serviserima. On takođe, sprovodi, ili koordinira izradu neophodnih studija i na osnovu njihovih rezultata odlučuje kako i gde se troši novac, zadaje pravila i procedure za servisere. **Uloga serviserica** (*service provides*) je sprovođenje planova menadžera Asset-a, pronalaženje načina kojim će raspoređivati radnu snagu u cilju postizanja efikasnog nivoa usluga održavanja [1].

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Nimrihter, vanr. prof.**

**2. UZROCI KVAROVA KOD TRANSFORMATORA**

Kvar daje informaciju o mestu i vesti slabosti transformatora. Potrebno je da se odredi koji su najčešći kvarovi u transformatoru. Ovo se može postići kroz istorijski pregled podataka kvarova. Na sledećoj slici je prikazana petogodišnja kolekcija kvarova kod transformatora (neki od kvarova su: degradacija unutrašnje izolacije; neklasifikovani kvarovi; mehanički kvarovi, ili neusaglašenost komponenti; nepravilno sklapanje u fabrici; nepravilno sklapanje na terenu, ili oštećenje materijala; kvar na izolatoru; degradacija površine; degradacija zaptivača; nepravilno polje; rđa, ili korozija metalnih komponenti; nepravilna primena u sistemu.) [2].



Slika 1: Uzroci kvarova kod transformatora

**3. METODE DETEKTOVANJA KVAROVA**

Nakon analiziranja uzroka kvarova, važno je da se identifikuje metodologija za detekciju koja je najuspešnija u predviđanju ovih kvarova. Postoji mnoštvo metodologija detekcije kvarova pogodne za praćenje stanja podstanične opreme. Sa obzirom da je budžet ograničen, potrebno je da se odaberu merne tehnologije koje pružaju najefikasnija rešenja za identifikovanje postojećih kvarova [2].

U Tabeli 1 prikazani su pokazatelji kvaliteta stanja transformatora i dat je pregled parametara koji su primenjeni za dijagnostiku stanja. Parametri koji su navedeni tabeli se javljaju u literaturi koja je citirana u ovom radu.

Tabela 1: Pregledi parametara primenjenih za dijagnostiku stanja transformatora

		[2]	[3]	[4]
1.	ZAŠTITNI UREĐAJ-RELEJ	✓		
2.	VIZUELNI PREGLED	✓	✓	✓
3.	MERENJE TEMPERATURE NAMOTA	✓	✓	✓
4.	ANALIZA RASTVORENIH GASOVA (DGA) - UKUPNA VREDNOST ZAPALJIVIH GASOVA (TCG), - UKUPNO ULJNO STARENJE, - TEMPERATURA ULJA I NIVO ULJA.	✓	✓	✓
5.	INFRACRVENA TERMOGRAFIJA	✓	✓	
6.	NADGLEDANJE PARCIJALNIH PRAŽNENJA	✓	✓	
7.	TERMIČKI ASPEKTI - OTPORNOST IZOLACIJE NAMOTAJA	✓	✓	✓
8.	ELEKTRIČNI ASPEKTI - ODNOS TRANSFORMACIJE TRANSFORMATORA (TTR), - FAKTOR SNAGE, - KAPACITIVNOST.	✓	✓	✓
9.	EFEKTI KRATKIH SPOJEVA	✓		✓
10.	ASPEKTI PREOPTEREĆENJA - MERENJE TEMPERATURE NAJTOPLIJE TAČKE	✓	✓	✓

#### 4. PRISTUP ODRŽAVANJU [3]

U zavisnosti od planiranja održavanja, može se podeliti na tri osnovna tipa: *korektivno*, *preventivno* i *prediktivno održavanje*.

**Korektivno održavanje** je strategija koja je neplanirana i ima zadatak da ukloni uzroke i posledice kvara i povratu radnu funkciju elementu [3].

**Preventivno održavanje** zvano planirano održavanje se vrši u redovnim intervalima. Mana ove strategije može biti to da može biti prilično neefikasna, drugim rečima, može biti isuviše skupa i ne može da produži radni vek komponenti što je više moguće. Zato je ova strategija u poslednjih petnaest godina zamenjuje sa prediktivnom strategijom [3].

**Prediktivna strategija održavanja** je planirana strategija, pomoću koje se ocenjuje pouzdanost komponenti i vreme do kvara (ovde transformatora) i pre nego što se desi otkaz, sprovede se prediktivno održavanje.

Oni se izvode u zavisnosti od potrebne analize i prioriteta i na osnovu ocene stanja [3].

#### 5. PRAĆENJE STANJA ENERGETSKIH TRANSFORMATORA

Veliki energetska transformatori spadaju u najvažnije komponente elektroenergetskog sistema. Praćenje stanja može biti veoma pogodan i koristan alat kako bi se izbegao kvar, ili vreme zastoja kako bi transformator mogao da radi na najpovoljniji mogući način. Sada će biti opisano nekoliko metoda za praćenje stanja elektroenergetskih transformatora [3].

#### MERENJE TEMPERATURE

Transformatori se mogu pregrejeti u zavisnosti od velikog opterećenja, ili na primer usled loše funkcije sistema za hlađenje. Vruća tačka (maksimalna temperatura) transformatora ima direktan uticaj na starenje izolacije transformatora, koji je povezan sa maksimalnim radnim vekom transformatora. [3]

#### INFRACRVENA TERMOGRAFIJA

Termografija je proces transformacije toplote koju emituje objekat u vidnu sliku. Svi objekti sa apsolutnom temperaturom iznad nule emituju toplotu. U ovoj tehnici, infracrvena kamera se koristi za detekciju temperature gradijenta na spoljnim površinama transformatora. Pomoću infracrvenih kamera se lakše otkriva da li se izolator ili ventilator pregrejavao i da li ih treba zameniti. Termografija je takođe efikasna za brzu proveru više različitih transformatora, ukoliko postoji bilo kakav problem.[3]

#### ANALIZA RASTVORENIH GASOVA

Analiza rastvorenih gasova (DGA - *Dissolved Gas Analysis*) u transformatorskom ulju je najbolji indikator stanja transformatora. Nadgledanje rastvorenog gasa u ulju je još jedno veoma važno merenje koje može da predvidi i izbegne kvarove transformatora. Električna i termička naprezanja, kao što su varničenja, parcijalna pražnjenja i pregrevanja prouzrokuju degradaciju (starenje) dieletričnog ulja i čvrstog dieletričnog celuloznog materijala. Degradacija izolacije proizvodi različite gasove, a pored toga, uređaji opcionalno mogu meriti vlagu u ulju, temperaturu ulja i temperaturu ambijenta. (Ukoliko su rezultati DGA nezadovoljavajući, onda se može primeniti mera preventivnog održavanja ulja- sušenje i/ili zamena novim) [3].

#### NADGLEDANJE PARCIJALNIH PRAŽNENJA

Za detekciju parcijalnih pražnjenja, se najčešće koriste dve metode: detekcija zvučnih signala i merenje električnih signala prouzrokovanim parcijalnim pražnjenjem. Parcijalna pražnjenja se takođe mogu detektovati indirektno, korišćenjem hemijskih pristupa. Prihvatljiva ograničenja parcijalnih pražnjenja za nove transformatore zavise od napona i veličine transformatora i kreću se od <100 do <500 pC.

Zvučni senzori služe da detektuju talase mehaničkih naprezanja koje proizvode parcijalna pražnjenja i mogu se koristiti u frekventnom opsegu od 100-300 kHz. Električni senzori mogu detektovati talasne smetnje visoke frekvencije (1-2GHz) niske amplitude primenjenog napona i struje izazvane parcijalnim pražnjenjem [3].

#### 6. OCENA STANJA TRANSFORMATORA [4]

Metoda za ocenu stanja transformatora se bavi najvažnijim aspektima stanja (aspekti kratkih spojeva, preopterećenja, termičkim i električnim aspektima) koji mogu ugroziti karakteristike transformatora. U ovoj oceni

stanja je odabrano 13 transformatora nominalnog napona primara od po 220kV [4].

## TERMIČKI ASPEKTI

### STARENJE PAPIRA

Za sve ove mrežne transformatore u prošlosti, opterećenje je bilo niže, od 30%-50% i sa nižom prosečnom temperaturom ambijenta, takođe i termička naprezanja celuloze i temperature vruće tačke namotaja su bila niža. Pored toga, sa obzirom da hemijski uticaji starenja ulja i prisustvo vode ne utiče na starenje papira procenjuje se da će taj uticaj na čvrstu izolaciju biti veoma nizak za sve transformatore (*Tabela 2, kolona ppr*).

Na osnovu ove ocene se može zaključiti da ako ulje nije staro i nema velikog prisustva vode, tada je starenje papirne izolacije malo (očekuje se da je preostali radni vek izolacije dugačak) [4].

### UKUPNO STARENJE IZOLACIJE

Ukupno starenje izolacije je ocena ukupne degradacije čvrste i tečne izolacije i koji se zasniva na analiziranju gasa u ulju (*DGA*) i analizama ulja. (*Tabela 2, kolona gia*). Za većinu transformatora apsolutno starenje je malo, ali ukoliko se razmatraju samo podaci o ulju transformatora utvrđeno je da je povećana vrednost kiseline i da će u narednih nekoliko godina postati kandidati za zamenu ulja.

Može zaključiti da ako je prisustvo kiseline u ulju povećano, onda se u narednim godinama može očekivati potreba za zamenu ulja [4].

### ZAGREVANJE JEZGRA

Ovo zagrevanje jezgra se takođe bavi i oblogama jezgra i mogućim opasnostima koji mogu dovesti do pregrevanja. Ovaj rizik se uglavnom određuje pomoću produženog vremena trajanja rada i pomoću rezultata analize rastvorenih gasova. Ako je vreme trajanja rada produženo i ako su rezultati analize rastvorenih gasova prošireni, tada je rizik od zagrevanja jezgra povećan.

Posmatrajući sva tri termička aspekta ocena stanja, transformatori v2, v6, v9 i v13 se trebaju oceniti kao da imaju najveći rizik. (*Tabela 2, kolona co*) [4].

## ELEKTRIČNI ASPEKTI

Ova ocena je složena i može uzeti u obzir aspekte projektovanja, starenja i dijagnostička zapažanja. Za ispitivane transformatore rangiranje se isključivo vrši prema projektovanju i prema starenju električnog okruženja i u ovom pogledu, transformatori se ne razlikuju mnogo. (*Tabela 2, kolona elI*) [4].

Na osnovu ispitivanja se može zaključiti da su transformator v1 (*saglasno sa aspektima projektovanja*) i transformator v10 (*saglasno sa aspektima starenja*) nešto ugroženiji od većeg broja transformatora i da su transformatori v7 i v12 bolje rangirani od preostalog skupa transformatora.

## MEHANIČKI ASPEKTI – NAPREZANJA USLED KRATKOG SPOJA

Ovo rangiranje ocena stanja transformatora je u odnosu na mogućnost da se održi spoljašnji kratak spoj. Transformator je onda predmet uticaja i radijalnih sila (koje utiču na unutrašnji namotaj) i aksijalnih sila (koje utiču na provodnik transformatora) [4].

### RADIJALNE SILE

Za ove tipove naprezanja, uticaj starenja je veoma nizak i nije uzet u razmatranje. Na osnovu simulacija kvarova, ocenjuje se da su transformatori v2 i v5 najosetljiviji na kratke spojeve. Stanje transformatora v3, obzirom na posledice kratkog spoja je dobro ocenjeno samo na osnovu činjenice da ima povećanu reaktansu kratkog spoja. Transformatori identične konstrukcije v6, v9 i v11 da su podjednako osetljivi na kratke spojeve [4].

### AKSIJALNE SILE

Aksijalne sile pored aspekta planiranja sadrže i pojavu starenja (određenu pomoću smanjenja sile zatezanja). Na spoljašnjem kratkom spoju, transformator će morati da preživi obe sile, i aksijalnu i radijalnu. (*Tabela 2, kolone rF i aF*) [4].

Kod naprezanja usled kratkog spoja, dva najugroženija transformatora od kratkog spoja su transformatori v2 i v5. Takođe se može prikazati da transformatori v3 i v12 imaju najveću snagu prema kvaru kratkog spoja.

## ASPEKTI PREOPTEREĆENJA

Dopušteno preopterećenje transformatora je njegova sposobnost da povremeno izdrži struju veću od nominalne vrednosti. Postoje dva glavna tipa preopterećenja transformatora: kratkotrajno preopterećenje i dugotrajno preopterećenje.

Ako se javi kratkotrajno, ali intenzivno preopterećenje (obično sat vremena), onda se mogu formirati slobodni gasni mehurići i kao posledica dolazi do lokalnog ključanja ulja. Ako se javi dugotrajno preopterećenje (obično traje nekoliko meseci), kao posledica, dolazi do starenja papirne izolacija. Pored temperature najtoplije tačke na krajnje rezultate takođe utiču i vlažnost i prisustvo kiseonika. (*Tabela 2, kolone stel i ttel*). [4] Uvažavajući preopterećenja transformatora, pokazalo se da su u najlošijem stanju oni transformatori kod kojih je izolacija najviše ostarila, pa tako i mogućnost novih preopterećenja (*loadability*), je najmanja kod transformatora v3, v9 i v11.

## 7. UKUPNO RANGIRANJE [4]

U Tabeli 2 dat je zbirni pregled rezultata ocene stanja transformatora i prikazuje se kako su transformatori rangirani u pogledu različitih aspekata ocene. U Tabeli 2, *ppr*-starenje papira i *co*-zagrevanje jezgra su napisani iskošenim slovima, da ukaže na ove ocene aspekta, koji su, od apsolutne važnosti za ispitivane transformatore [4].

Tabela 2: Sažeto rangiranje ocenjenih grupa kvaliteta stanja

Transformatori	OCENA STANJA SA OBZIROM NA:							
	rF	aF	stel	ltel	el1	ppr	gia	co
v1	4	1	3	5	1	1	3	3
v2	1	1	2	4	2	1	1	1
v3	6	6	1	1	2	1	2	1
v4	4	6	5	4	2	1	2	3
v5	1	1	2	5	2	1	2	1
v6	3	2	1	3	2	1	1	1
v7	5	4	3	5	3	1	3	3
v8	2	6	3	3	2	1	2	2
v9	3	2	1	2	2	1	1	1
v10	4	6	4	3	1	1	3	3
v11	3	2	1	2	2	1	2	1
v12	6	5	3	6	3	1	3	2
v13	2	3	2	4	2	1	1	1
<b>broj grupa</b>	6	6	5	5	3	1	3	3

Legenda: Grupa 1 je najugroženija. rF=radijalne sile, aF=aksijalne sile, Itel=dugotrajno preopterećenje, stel=kratkotrajno preopterećenje, el1=električni aspekti, ppr=starenje papira, gia=ukupno starenje izolacije, co=zagreivanje jezgra

Za svaki aspekt, nizak broj rangiranja znači veću ugroženost. Međutim, numeričak ocena rangiranja za jedan aspekt nije direktno uporediv sa brojem rangiranja drugog aspekta. U Tabeli 2 se može videti da je transformator v3 najbolji transformator sa tačke gledišta kratkog spoja, dok u isto vreme njegovo preopterećenje je najnižem nivou. Ako su, sa druge strane, aspekti kratkog spoja najvažniji aspekti, transformatori v2 i v5 su onda najugroženiji. Ukoliko se posmatra termička ocena, tada imamo druge transformatore za zamenu ulja (transformatori v2, v6, v9, v13). Takođe se može videti da su pojedini transformatori dobri u svim kategorijama ocena i spadaju u prosečne, ili bolje rangirane grupe. To važi za transformatore v4, v7 i v12. Ovi transformatori se mogu ukloniti iz daljeg razmatranja.

Na osnovu ukupnog rangiranja može se zaključiti da je transformator v2 najlošije rangirani transformator (posmatrajući termički aspekt i aspekt kratkog spoja). Takođe, transformator v9 se može izdvojiti zbog loših ocena aspekata preopterećenja i termičkih aspekata. Ova dva transformatora su kandidati za remontovanje (ukoliko postoji mogućnost), ili zamenu.

## 8. ZAKLJUČAK

Praćenje stanja je veoma važna procedura, da bi se izbegao kvar, kako bi transformator mogao da radi na najpovoljniji mogući način. Sa preciznim praćenjem, tačnom dijagnostikom, analizom, ispitivanjem kao i strategijom održavanja postižu se sledeći rezultati: postizanje maksimalne operativne efikasnosti energetskih transformatora, smanjenje otkaza i greške energetskih transformatora, određivanje životnog veka i planiranog remonta, unapređivanje performansi sistema sa gledišta pouzdanosti, eliminacija neplaniranih troškova održavanja.

## 9. LITERATURA

- [1] Miroslav D. Nimrihter „*Elektrodistributivni sistemi*“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2009.
- [2] George Frimpong and Timothy Taylor, „Developing an Effective Condition Based Maintenance Program for Substation Equipment“, ABB Inc.
- [3] Jaroslav Špaček and Vladimír Blažek, „Maintenance Approaches of Power Electrical Equipments Focused on Condition Monitoring of Power Transformers“, Doctoral Degree Programme (2), FEEC BUT.
- [4] L.Pettersson, N.L.Fanatana, J.O.Persson and K.I. Wallden, „Condition Based Evaluation of Net Transformers – Experience from a New Ranking Procedure“, CIGRE 12-108, Session 2002.

### Kratka biografija:

**Milivoj Šljapić** rođen je u Zrenjaninu 1989. godine. Završio srednju školu, EGS „Nikola Tesla“ u Zrenjaninu. Diplomirao na osnovnim studijama na Fakultetu tehničkih nauka, odsek za elektro-energetiku, u Novom Sadu 2013. godine.

**Miroslav Nimrihter** rođen je 1950. godine u Novom Sadu, gde je završio osnovnu i elektrotehničku školu. Diplomirao, magistrirao i doktorirao, na Elektro-tehničkom fakultetu u Beogradu. Zaposlen je, kao vanredni profesor, na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.



**PROCENA STANJA I SANACIJA VISEĆEG PEŠAČKOG MOSTA U ZRENJANINU****ASSESSMENT AND REPAIR OF PEDESTRIAN SUSPENSION BRIDGE IN ZRENJANIN**Nenad Tomić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad obuhvata teorijske osnove o konstrukcijama visećih mostova, detaljnu procenu stanja predmetnog objekta kao i modeliranje konstrukcije u programskom paketu AxisVM-11. Na osnovu analize uočenih oštećenja dat je detaljan opis sanacionih mera u cilju povećanja trajnosti i upotrebljivosti konstrukcije.

**Abstract** – This paper includes theoretical foundations of the hanging bridges, detailed assessment of the current state of the bridge by visual inspection, as well as modelling structure by AxisVM-11 software. Based on analysis of observed damage and results of modelling a detailed description of the repair measures is given in order to increase the service life of structures.

**Ključne reči** – Viseći most, oštećenje, sanacija, modeliranje.

**UVOD**

Rad se sastoji od tri međusobno nezavisne celine. Prva celina se odnosi na teorijsko – istraživački deo razvoja visećih mostova, njegovih osnovnih elemenata kao i analitičke metode proračuna. Drugi deo je u vezi sa praktičnim delom koji obuhvata procenu stanja i mere sanacije pešačkog visećeg mosta preko nekadašnjeg meandra Begeja kroz Zrenjanin. Treća celina obuhvata modeliranje mosta u programskom paketu AxisVM – 11.

**1. RAZVOJ VISEĆIH MOSTOVA, OSNOVNI ELEMENTI I METODE PRORAČUNA****1.1. Viseći mostovi kroz istoriju do današnjih dana**

Postoje indicije da su se viseći mostovi, u primitivnom obliku i od materijala dostupnog u prirodi, gradili još za vreme drevnih plemena Maja. Za te „prelaze“ korišćeni su kanapi preko kojih su polagane daske po kojima se gazilo. U VIII veku u Kini i Indiji se koriste mostovi sa gvozdanim lancima. Sredinom XV veka u oblasti Himalaja izgrađen je viseći most sa rasponom od tada neverovatnih 137 metara preko reke Yarlung Tsangpo (Bramaputra).

Razvoj modernih visećih mostova vezan je za industrijsku revoluciju u 18. veku i proizvodnju gvožđa i čelika ujednačenog kvaliteta, što je dovelo do povećanja raspona. Sa povećanjem raspona paralelno se razvijaju i teorijske podloge. Prvi viseći most sa gvozdanim lancima u SAD bio je Jacob's Creek Bridge (projekant: James

Finley, raspon 21m, izgrađen 1801.g, Slika 1). U Evropi tj. V. Britaniji prvi viseći most koji je bio predviđen i za saobraćaj motornih vozila je Union Bridge (projekant: kapetan Samuel Brown, raspon 137m, izgrađen 1820.g).

Slika 1. *Jacob's Creek Bridge*

Tokom gradnje mosta Niagara Falls (raspon 246m, izgrađen 1855.g) John Röbling je patentirao metod za izradu glavnog nosećeg užeta rasplitanjem pojedinačnih žica na licu mesta (Areal Spinning method), koje je zamenilo gvozdene lance i omogućilo značajno povećanje raspona visećih mostova. Koristeći tu tehnologiju sledi izgradnja nekih znamenitih mostova na tlu SAD kao što su: Brooklyn Bridge (486m), Manhattan Bridge (448m), George Wahington Bridge (1067m), Golden Gate (1280m)... Svi nabrojani mostovi imaju rešetkasti tip grede za ukrućenje (mostovska greda) što je glavna razlika u odnosu na viseće mostove koji se grade u Evropi. Nakon Drugog svetskog rata u Evropi se grade viseći mostovi sa glavnom karakteristikom da je mostovska greda sandučastog poprečnog preseka. Neki od istaknutih mostova su: Severn Bridge (V.Britanija, 988m), Humber Bridge (V.Britanija, 1410m), Great Belt East (Danska, 1624m), Ponte 25 de Abril (Portugal, 1013m) ...

Poslednjih godina graditelji u Aziji beleže rekordne raspone visećih mostova pa tako rekord za sada drži most Akashi Kaikyo (Japan) sa centralnim rasponom od 1991m, sagrađen 1998. god. (Slika 2.) Tu su još i mostovi: Fatih Sultan Mehmet (Turska, 1090m), Tsing Ma Bridge (Hong-Kong, 1377m), YiangYin Bridge (Kina, 1385m) ...

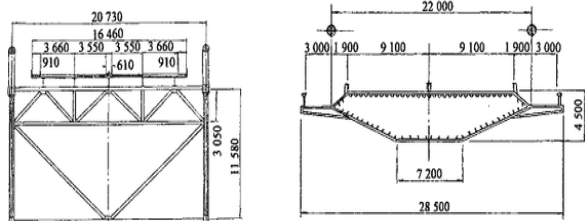
Verovatno najpoznatiji od svih visećih mostova je Tacoma Narrows jer je snimljen njegov kolaps 7. XI 1940. god. usled nemogućnosti prigušenja torzionih vibracija, pri brzini vetra od 68 km/h.

Slika 2. *Akashi Kaikyo Bridge***NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio Vlastimir Radonjanin, red.prof.**

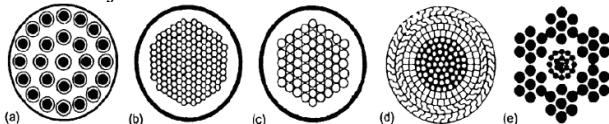
## 1.2. Osnovni elementi visećih mostova

**Greda za ukrucenje – mostovska greda:** Sadrži sve elemente saobraćajnice a opterećenja (vertikalna od sopstvene težine, korisnog opterećenja, snega i horizontalna od vetra, seizmičkih sila...) predaje vešaljama. Oblik grede može biti sandučast ili rešetkast (Slika 3). Posebna pažnja posvećuje se aerodinamičkom oblikovanju.



Slika 3. Oblik mostovske grede visećeg mosta

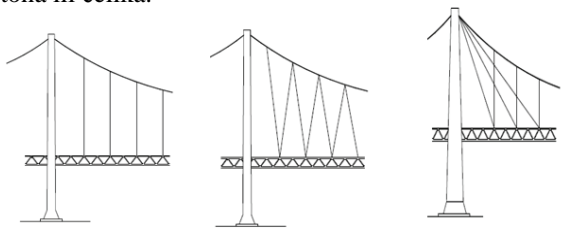
**Glavno noseće uže:** preuzima ukupnu težinu mosta, a rasponska konstrukcija je preko vešaljki obešena o njega. Sva opterećenja predaje pilonima i sidrenim konstrukcijama.



Slika 4. Oblici poprečnog preseka kablova

Nekada su kablovi bili od gvozenih lanaca a danas poprečni preseki kablova sastoje od žica ( $\varnothing 5\text{mm}-\varnothing 7\text{mm}$ ) koje se upliću na različite načine. (Slika 4.)

**Piloni:** Prenose opterećenja preuzeta od glavnog užeta na temelj i tlo. Njihov oblik može biti raznolik a najviše zavisi od načina vešanja glavne rasponske konstrukcije (lateralno ili aksialno). Nekada su to bile masivne zidane kule a danas vitke rešetkaste ili okvirne konstrukcije od betona ili čelika.



Slika 5. Način postavljanja vešaljki

**Vešaljke:** elementi koji opterećenja sa kolovozne konstrukcije prenose na glavni nosivi sistem – uže. Razlikujemo dva načina na koje se vešaljke mogu postaviti i spojiti gredu i glavno noseće uže: vertikalno i dijagonalno. (Slika 5.) Mogu se takođe i kombinovano postavljati. Posebno složen konstruktivni detalj je spoj vešaljke i glavnog užeta i vešaljke i grednog nosača. Sa mostovskom gredom vešaljke se spajaju preko trna ili ankerima a za glavnu užad vezuju se obujmicama.

**Sidrišta – ankeri blokovi:** masivni betonski blokovi koji utežu glavne kablove i deluju kao krajnji oslonci (nosači) mosta, preuzimaju vertikalnu i horizontalnu silu iz užeta i prenose je na tlo. U zavisnosti od sastava tla zavisi koji ćemo tip sidrišta koristiti, gravitacijsku ili tunelsku konstrukciju.

**Sedlo:** je element visećeg mosta koji služi kao nosač glavnog kabla i preko njega se geometrija kabla menja. Nalazi se na vrhu pilona i u sidrenim blokovima.

## 1.3. Metode proračuna

Proračun mostova zasnovan je na postavkama otpornosti materijala, građevinske mehanike i statike. Njegov cilj je proračunavanje potrebne otpornosti i stabilnosti građevine na očekivana delovanja.

**Klasični način pristupa proračunu mostova** je njegovo raščlanjivanje na osnovne konstruktivne elemente, koji u konstruktivnom pogledu predstavljaju jednostavne sisteme npr. prostu gredu, konzolu, kontinualni nosač... Prednosti: jednostavnost proračuna, dodatna sigurnost konstrukcije (što je posledica pojednostavljenja koja se uvek vrše na strani veće sigurnosti) i jednostavna kontrola dobijenih rezultata. Treba napomenuti da klasični način proračuna ne isključuje računarske proračune.

**Savremen - celovit način pristupa proračunu mostova** neodvojivo je vezan uz moderni softver i MKE ili neki drugi numerički pristup proračunu. Mostu se tu pristupa kao celini, svi njegovi delovi su u međuvezi a analiza daje znatno realističniju sliku ponašanja celovite konstrukcije.

Kod ovakvog pristupa mogu se izvesti i proračuni koji kod klasičnog nisu mogući, npr. dinamička analiza sistema. Nedostaci celovitog pristupa su upravo prednosti klasičnog. Potpuni model mosta je jedan vrlo složen statički sistem, čiji je upis u računar i kontrola unesenih podataka takođe složen. Pregled dobijenih rezultata i ocena njihove valjanosti ponekad kod takvih sistema može predstavljati pravu möru. Stoga, korišćenje složenih programskih paketa svakako se ne preporučuje početniku. Mostovi se moraju proračunati i na faze izvođenja, tj. proračun mora pratiti način i tok izvođenja. Projektant mora dobro poznavati uobičajene i specijalne načine gradnje iz tog razloga što mostovi imaju najkritičniju fazu baš tokom gradnje, tj. tokom gradnje deluju najveće sile te se ostvaruju najveća naprezanja i deformacije.

Što se samih metoda proračuna tiče Navier (1785.-1836.) je prvi koji je postavio teoriju za proračun 1823. godine i to kao neukrčenih visećih mostova. Kao veoma krute grede su u proračun uvedene tek krajem XIX veka, upravo iz razloga što su se elastične grede koje su se do tada koristile bile podložne velikom savijanju i uigibima usled ne velikog opterećenja. Rankin je 1858. godine u analizu uključio i gredu za ukrucenje. Melan je pomogao na dovršavanju teorije elastičnosti, po kojoj se mostovska greda ponaša kao elastični štap, a Ritter (1877.god.) i Levi (1886.god.) radili su na teoriji II reda (deflection theory), odnosno uvode geometrijsku nelinearnost. Leon Moisef je uočio da stvarno ponašanje visećih mostova nije moguće predvideti upotrebom teorije elastičnosti te je u svojim radovima potvrdio da se teorijom konačnih deformacija mogu mnogo preciznije odrediti deformacije. Primenom nelinearnog proračuna grede visećeg mosta dobijaju se ekonomičnija rešenja, dok linearni proračun daje rezultate na strani sigurnosti.

U današnje vreme, zahvaljujući brzom razvoju računara i sve većem broju studija o matricnoj analizi nelinearnih problema, za analizu visećih mostova najčešće se koristi teorija konačnih deformacija sa diskretnim okvirnim modelom.



Od analitičkih metoda koje je se još koriste izdvojićemo samo nekoliko:

- Analiza lančanice u ravni (statička) i u prostoru (statička i dinamička)
- Analiza bočne stabilnosti usled opterećenja horizontalnim silama
- Metoda konačnih deformacija
- Elastično izvijanje
- Analiza vibracija

Nakon analitičkih proračuna mosta uz poštovanje svih kriterijuma dimenzionisanja i oblikovanja elemenata za projektna opterećenja mosta na kraju je potrebno sprovesti testiranja modela u vazдушnom tunelu. Ispitivanja u vazдушnom tunelu se sprovode da bi se proverila aerodinamička stabilnost.

Dobijaju se rezultati merenja otpora vazдушnom strujanju-horizentalni potisak (airflow drag), vertikalnog odizanja i torzionog momenta kao i provera mogućnosti pojave neželjenih opasnih vibracija.

Model za testiranje u ovim tunelima je najčešće u razmeri 1:100. (Slika 6.)



Slika 6. Model visećeg mosta u vazдушnom tunelu

## 2. PROCENA STANJA I SANACIJA PEŠAČKOG VISEĆEG MOSTA U ZRENJANINU

### 2.1. Uvod

Viseći pešački most projektovao je 1962. godine inženjer Rade Janjatov, a nedugo zatim je i izgrađen preko meandra Begeja koji je proticao kroz sam centar Zrenjanina. (Slika 7.)

Konstruktivni elementi ovog visećeg mosta sastoji su dva pilona, „I“ pylon je 23 metara visok, „A“ pylon 16 metara, zglobno su oslonjeni na plitke temelje. Glavna rasponska konstrukcija (greda za ukrućenje) sastoji se od 13 segmenata prefabrikovanih AB sanduka, koji su međusobno monolitizirani uskim AB spojnicama izlivenim na licu mesta. Glavni raspon iznosi 52m. Širina sandučastog nosača iznosi 244 cm a visina 64 cm. Mostovska greda je aksialno vezana za glavno noseće uže sa 12 vešaljki. Glavno noseće uže je snop od 12 visokovrednih pocinkovanih žica Ø5mm. Uže se kod „A“ pilona sidri u jedan ankerni blok koji se nalazi na udaljenosti od 20m od „A“ pilona dok se na suprotnoj strani uže raspliće na dva dela i sidri u dva sidrišta međusobno udaljena 19.5m a od „I“ pilona 23.0m.

Nakon presecanja mandra Begeja, preko kog se nalazio, most je ostao bez reke i našao se iznad livade. Izgubivši svoju funkciju ostavljen je zubu vremena. Konačno, 2006. god. pregledom mosta zaključeno je da zbog velikih oštećenja prilaznih konstrukcija i lošeg stanja drugih elemenata most nije bezbedan i zabranjen mu je svaki prilazak i prolaz pešačkom stazom ispod prilaznih konstrukcija a da je sanacija neophodna.



Slika 7. Viseći pešački most u Zrenjaninu

### 2.2. Procena stanja konstrukcije

Vizuelnim pregledom dostupnih elemenata konstrukcije objekta uočeni su brojni defekti i oštećenja. Po elementima:

Glavno noseće uže: oštećenje zaštitnog omotača, površinska korozija ogoljenih žica. (Slika 8.) Nakon uklanjanja omotača utvrđice se stanje žica.



Slika 8. Oštećenje zaštitnog omotača gl. kabela

Vešaljke: blaga površinska korozija, jača korozija na šrafovim i podloškama.

Mostovska greda: na konzolnim prepustima znatna su oštećenja betona u vidu otpadanja površinskih delova i ogoljavanja šipki armature usled nedostatka sistema za odvođenje vode, mrlje od slivanja vode i rđe. Mali zaštitni sloj i ispiranje cementnog kamena na AB spojnicama. Prsline na asfaltu. Na nekoliko mesta nedostaju segmenti zaštitne ograde. Odvajanje komada betona u zglobnoj vezi.

Prilazne konstrukcije: armatura zahvaćena jakom korozijom, odvajanje čitave površine zaštitnog sloja betona sa donje strane greda (Slika 9.), ljuškanje i pukotine u betonu. Gotovo na svakom gazištu konzolnog tipa (kod „A“ pilona) uočena su brojna oštećenja, pukotine, lom betona na ivicama, beton i armatura u poodmakloj fazi deterioracije, obloga stepeništa potpuno



Slika 9. i 10. Gazišta i kolenasta greda prilazne konstr. odvojena od površine. Znatna je i količina prljavštine - zemlje u uglovima koja je pogodna za fizičku i biološku koroziju.

Piloni: prsline duž pilona usled korozije armature, betonska gnezda, smičuće pukotine horizontalne grede usled opterećenja, loše mali zaštitni sloj betona i vidljive šipke armature na bloku (na vrhu pilona „A“). (Slike 9i10)



Slika 10 i 11. Korozija armature, pukotine, odvajanje betona i betonska gnezda

### 2.3. Predlog sanacionih mera

Sanacione mere koje će ukloniti nedostatke i oštećenja mosta i obezbediti mu upotrebljivost (kakvu god funkciju u budućnosti imao) i trajnost, obuhvataju sledeće:

- ~ Uklanjanje lošeg i oštećenog betona;
- ~ Čišćenje armature i odštemovanih zona betona
- ~ Sanacija pukotina i prslina;
- ~ Postavljanje dodatne i premazivanje otkrivenih delova armature antikoroziivnim premazima;
- ~ Reprofilisanje - popunjavanje odštemovanih delova betona reparaturnim malterom;
- ~ Zamena zaštitnog omotača gl. nosećeg kabla uz kontrolu žica i veza sa vešaljka;
- ~ Izrada novog stepeništa (gazišta);
- ~ Izrada sistema za odvodnjavanje vode sa mosta;
- ~ Postavljanje nedostajuće i zaštita stare ograde;
- ~ Čišćenje mosta od svih nečistoća.

### 3. MODELIRANJE U PROGRAMSKOM PAKETU AxisVM – 11

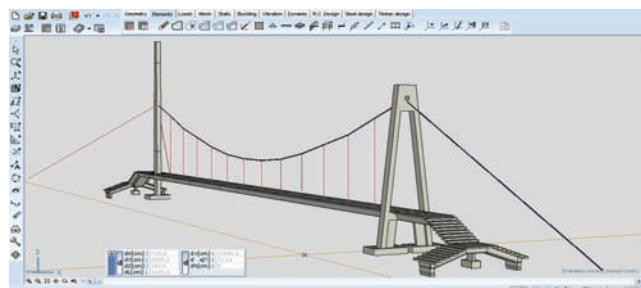
Model konstrukcije mosta (Slika 12.) prikazan je kao kombinacija armiranobetonskih i čeličnih elemenata. Modelirani su svi elementi mosta. Piloni, mostovska greda, AB spojnice modelirani su kao površinski elementi tipa „Shell“ i to kao izotropne odnosno sa istim karakteristikama u svim pravcima u njihovoj ravni. Glavno noseće uže i vešaljke su čelični linijski elementi. Dimenzije poprečnih preseka na modelu su u potpunosti identične kao kod realne konstrukcije, osim glavnog užeta koje je modelirano sa žicama 33Ø10<sub>mm</sub> umesto originalnih 120Ø5<sub>mm</sub>.

Oslonci modela konstrukcije su tačkasti na krajevima glavnog nosećeg užeta, na mestu sidrenja u ankerne blokove, i u potpunosti su nepomerljivi i uklješteni. Oslonci ispod pilona su površinski.

Proračun uticaja konstrukcije bazira se na metodi konačnih elemenata (MKE). Model je sintetisan iz linijskih i površinskih elemenata koji su povezani mrežom trouglova. Mreža može biti proglašena na određenim mestima u slučaju da su potrebni precizniji rezultati.

Modeliranje su i kombinacije sledećih opterećenja: stalno (sopstvena težina konstrukcije), korisno (vertikalno

raspodeljeno opt. po pravilniku za pešačke mostove), seizmičko (modelirano je da deluje horizontalno i samo na mostovsku gredu – statički ekvivalentna metoda), opterećenje od vetra (horizontalno opterećenje na mostovskoj gredi i lančanici SRPS U.C7 110-113) i od snega (vertikalno rapodeljeno).



Slika 12. Model mosta u programskom paketu AxisVM-11

### 4. ZAKLJUČAK

Nakon izvršenja hitnih i neophodnih sanacionih radova objekat će u potpunosti zadovoljavati sve zahteve nosivosti, stabilnosti, funkcionalnosti i trajnosti. U slučaju promene namene mosta neophodno je uraditi novi kontrolni proračun.

### 5. LITERATURA

- [1] M. Malešev, V. Radonjanin: *Skripta sa predavanja Procena stanja i održavanje građevinskih objekata*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
  - [2] M. Malešev, V. Radonjanin: *Skripta sa predavanja Oštećenja i sanacija betonskih konstrukcija*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
  - [3] D. Kovačević, *MKE modeliranje u analizi konstrukcije*, Građevinska knjiga, 2006.
  - [4] K. Tonković: *Mostovi*, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1981.
  - [5] I. Harazaki, S. Suzuki, A. Okukawa: *“Suspension Bridges” Bridge Engineering Handbook*, CRC Press LLC2000
  - [6] J. Popović, N. Đuranović, *Aktuelne metode ispitivanja mostovskih konstrukcija*, Građevinski fakultet Podgorica, 2002.
  - [7] SRPS U.C7. 110-113
- Internet smernice:  
[www.grad.hr/mostovi/mo\\_2.html](http://www.grad.hr/mostovi/mo_2.html)  
[www.gradst.hr/Portals/9/docs/katedre/Betonske%20konstrukcije/Alen/Skripta%20Mostovi.pdf](http://www.gradst.hr/Portals/9/docs/katedre/Betonske%20konstrukcije/Alen/Skripta%20Mostovi.pdf)

#### Kratka biografija:



**Nenad Tomić** rođen u Zrenjaninu 1980. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Procena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata odbranio je 2014.god.



**ПРОЦЕНА СТАЊА И ОЈАЧАЊЕ АБ КОНСТРУКЦИЈЕ ВИШЕСПРАТНЕ  
СТАМБЕНЕ ЗГРАДЕ НАКОН ДОГРАДЊЕ****ASSESSMENT AND STRENGTHENING OF RC STRUCTURE OF MULTI - STOREY  
RESIDENTIAL BUILDING AFTER UPGRADE**

Данијела Тодоровић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У овом раду приказана је процена стања, доградња и санација стамбеног објекта у Новом Саду, спратности П. + 4 + Пк. У првом делу рада представљена је анализа плоча директно ослоњених на стубове и поступци санације. Затим је на основу детаљног прегледа зграде дата оцена стања са аспекта носивости, стабилности и трајности. После адекватне процене и описа постојећег стања конструкције, урађен је пројекат доградње од једног спрата на постојећу конструкцију објекта. Након доградње, формиран је нови просторни модел за постојеће и дограђено стање са новим додатним оптерећењем од дограђеног спрата, спроведена је статичка и динамичка анализа са провером напона у стубовима и померања врха конструкције услед хоризонталних дејстава. После извршене напонске анализе у носећим елементима конструкције, предложене су мере санације уочених недостатака који се јављају код одређеног броја елемената конструкције после доградње.

**Abstract** – This paper presents an assessment, upgrade and repair of residential building in Novi Sad, consisting of basement + 4 floors + attic. The first part of this paper presents analysis of reinforced concrete slab directly supported by columns and methods of their repair. Further, an assessment of the situation is made based on detailed survey of the building in terms of carrying capacity, stability and durability. After assessment and description of the existing condition of the structure, a project is made to enable addition of one floor to the existing structure. After upgrading a new model of both existing and upgraded state is made, with an additional load coming from an upgraded floor, and both static and dynamic analysis is made to check the stresses in the columns at the top and movement of the structure due to horizontal effects. After completion of the stress analysis in the bearing structural elements, some measures of mitigation are proposed to eliminate deficiencies that occur in a number of structural elements after the upgrade.

**Кључне речи:** процена стања, доградња, санације, "плаит" – бетонски омотач, везна плочица, анкери

**НАПОМЕНА:**

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био проф. др Властимир Радоњанин

**1. УВОД**

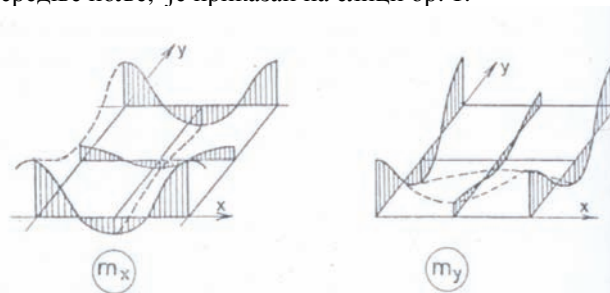
Рад се састоји од две међусобно независне целине. Први део рада представља теоријско – истраживачки део са темом „Анализа АБ плоча директно ослоњених на стубове и поступци санације пробијања стубова кроз плоче”, а други део је везан за процену стања, доградњу и санацију стамбеног објекта у Новом Саду.

**2. АНАЛИЗА АБ ПЛОЧА ДИРЕКТНО  
ОСЛОЊЕНИХ НА СТУБОВЕ****2.1. Увод**

Реч је о плочама директно ослоњеним на стубове, без греда-подвлака као посредника између плоче и стубова. Ако при томе део стуба у близини плоче (глава стуба), идући ка плочи, постепено или скоковито повећава димензије попречног пресека, формирајући тело (капител) слично печурки, говоримо о печуркастим плочама. Ако изостане ово појачање стуба, печуркаста плоча се трансформише у плочу директно ослоњену на стубове, код које питање потребне сигурности у односу на пробијање стуба, кроз плочу, постаје веома изражено. У првом случају када се уствари, ради смањења напона смицања и ради смањења утицаја од савијања, између плоче и стуба формира капител (па се утицаји са плоче на стуб и обратно преносе преко капитела), тада се прорачун утицаја заснива на крутој вези плоча-стуб, а у другом случају, где се плоча ослања директно на стуб, најчешће се у пракси прорачун утицаја заснива на усвајању зглобне везе плоча-стуб.

**2.2. Статички третман печуркастих плоча**

У статичком смислу печуркаста плоча представља континуалну плочу ослоњену (круто или зглобно) на стубове, односно са стубовима чини систем континуалних рамова. За уобичајени ортогонални растер стубова ( $l_x$ ,  $l_y$ ) распоред момената савијања под дејством једнако подељеног оптерећења за неко средње поље, је приказан на слици бр. 1.



Слика 1. – Распоред момената савијања

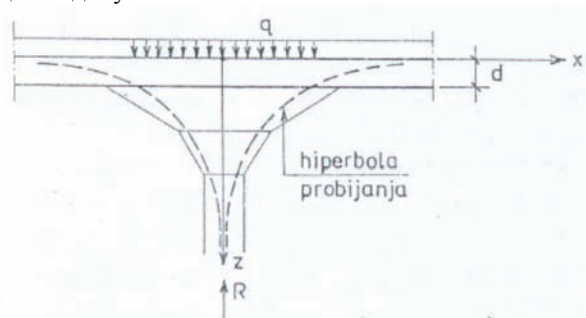
### 2.3. Методе прорачуна плоча ослоњених на стубове

Постоје три основне групе метода за прорачун плоча ослоњених на стубове. То су: аналитичка и нумеричка решења, полуемпиријске директне методе и методе замењујућих оквира. Прва нумеричка решења дао је Маркус, преко методе коначних разлика. Данас се успешно примењују нумеричке методе употребом коначних елемената или представљањем плоче као роштиља еластичних штапова са одговарајућим геометријским карактеристикама уз помоћ рачунара. Остале две методе су обимнијег карактера и детаљно су представљене у мастер раду.

### 2.4. Прорачун плоча у односу на пробијање

Треба истаћи да се проблем пробијања и по РВАВ 87 и према DIN 1045 заснива на допуштеним напонима, а провера се врши за експлоатациона оптерећења, тако што се максимални смичући напон  $\tau$  упоређује са допуштеним напонима смицања.

Димензије капитета се одређују из услова да не буду прекорачени смичући напони у бетону тако што капител треба да обухвати својим обликом тзв. хиперболу пробијања (Слика 2). Хипербола пробијања је гранична линија која се добија из услова да су напони смицања на било ком удаљењу од стуба једнаки допуштеним.



Слика 2. – Хипербола пробијања

## 3. ПОСТУПЦИ САНАЦИЈА ПРОБИЈАЊА СТУБОВА КРОЗ ПЛОЧЕ

У случају прекорачења допуштених смичућих напона у плочи, мора се предузети неки вид санације стуба, плоче или оба елемента. У раду су описане следеће четири врсте санација: ојачање критичног попречног пресека стуба извођењем капитета; извођење капитета са ојачањем доње зоне плоче; аплицирање карбонских трака; накнадно постављена смичућа арматура са механичким котвама. На слици 3 приказан је санирани део стуба ојачањем критичног дела попречног пресека стуба извођењем капитета



Слика 3. – Ојачање у облику капитета

## 4. ПРОЦЕНА СТАЊА

### 4.1 Увод

Објекат за који се ради процена стања, и доградња, а за који ће се касније дати и мере санације, представљен је на следећој слици (Слика 4).



Слика 4. - Изглед стамбеног објекта

У приземљу објекта предвиђени су станови (2 стана), склониште и техничке просторије. Наредни спратови су намењени за становање, као и поткровље. На I, II и III спрату налази се по седам стамбених јединица док се на IV налазе четири стана и у поткровљу само горњи ниво једног стана са IV спрата. Стамбене јединице су обезбеђене свим елементима неопходним за савремено становање. Вертикална комуникација између спратова се обезбеђује лифтом и степеништем. Спратна висина приземља и осталих спратова је 2.88м, поткровља 2.62 у највишем делу. Спољашњи фасадни зидови се изводе као сендвич зидови од опеке и термоизолације. Дебљина ових зидова је 12+6+12 цм. Унутрашњи зидови између стамбених јединица, као и преградни зидани су опеком дебљине 25 и 12 цм. Нагиб кровне равни је 23 степена.

### 4.2. Конструктивни систем

Конструктивни систем зграде је скелетни са зидовима за укрућење. Међусобни растер стубова је исти у два управна правца јер је основа зграде квадратног облика 16x16м. Међуспратна таваница је пуна АБ плоча дебљине 18цм директно ослоњена на стубове са изведеним скривеним гредама (прогушћења узенгија у плочи). Димензије стубова се разликују у основи објекта, тако да су пресеци стубова следећих димензија: 45/30цм; 40/40цм; 30/30цм; и кружни стубови пречника 50цм. Димензије хоризонталних серклажа изнад темељних зидова су 40/30цм и 30/20цм, док су димензије хоризонталних серклажа унутар објекта 25/20цм. У сутерену који је неупотребљив и испуњен набијеном земљом су изведени армирано-бетонски зидови дебљине 22, 25 и 30цм на којима леже хоризонтални серклажи. Терасе су формиране препуштањем међуспратне плоче преко фасадних греда. Степениште је система коленасте плоче дебљине 18цм, која се на крајевима ослања на два гредна образна носача димензија 25/18цм формираним као скривене греде. Око лифтовског окна изведени су армирани зидови димензија 15/190цм и 15/210цм. Објекат је фундиран на темељној плочи дебљине 35цм. Фундирање је извршено на коти од -1.25м.

### 4.3. Детаљан визуелни преглед

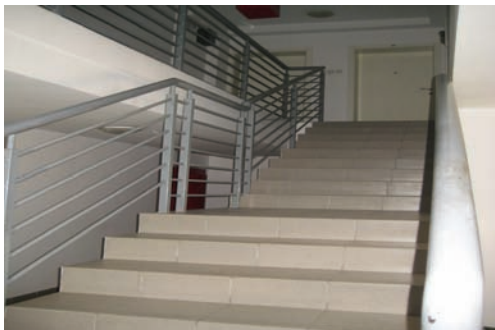
Визуелни преглед је обављен са спољашње и унутрашње стране објекта. На сликама 5, 6 и 7 дат је приказ постојећег стања објекта, где су фотографисани они делови који су били доступни приликом прегледа конструкције.



Слика 5. - Изглед завршне фасаде постојећег објекта



Слика 6. – Изглед улаза у објекат



Слика 7. – Изглед степеништа

С обзиром да се ради о релативно новом објекту, приликом анализе резултата прегледа елемената конструкције, значајни дефекти и оштећења нису уочени. Појава прелина и већих оштећења која би озбиљно нарушила интегритет конструкције нису оучена приликом визуелног прегледа. Појава белих мрља на блоковима испуне се може уочити као последица исцвтавања соли у одређеним циклусима године. Посматрајући конструкцију у целини, доноси се закључак да није угрожена носивост, трајност и употребљивост објекта.

### 5. ДОГРАДЊА

Пројектом је предвиђена доградња од једног спрата на постојећу конструкцију објекта, тако да се добија нови објекат спратности: приземље + 5 етажа + поткровље. Основа додатог (петог) спрата је задржана иста као и основа четвртог спрата, која се разликује

од осталих етажа и у спратној висини и по димензијама елемената конструкције. Кровна конструкција је изведена на исти начин као пре доградњеног стања, дрвена кровна конструкција, система двоструке столице, нагиба кровне равни  $\alpha = 23^\circ$  са кровним покривачем од црепа. Конструктивни систем је и даље скелетни, са задржаним димензијама стубова. Међуспратна таваница је пуна плоча директно ослоњена на стубове дебљине 18цм, армирана као крстаца. За вертикалну комуникацију у овом делу зграде изведено је ново степениште, а постојећи лифт је настављен до нове етаже. Новоформиран објекат је променио спратност и висину тако да је неопходно формирати нови модел конструкције и извршити проверу напона у стубовима као и хоризонтално померање врха објекта услед хоризонталних дејстава. Након формирања новог просторног модела, аплицирања постојећег и додатног оптерећења од доградње, спроведена је статичка и динамичка анализа. Дошло се до закључка да су напони у одређеном броју стубова приземља и првог спрата прекорачени. Такође је потребна и додатна арматура у одређеном броју стубова сутерена услед ојачавања стубова приземља. Што се тиче максималног померања врха зграде услед сеизмичког дејства, оно је у допуштеним границама према Правилнику о техничким нормативима за изградњу објеката високоградње у сеизмичким подручјима. Донет је закључак да се предвиде конкретне мере санације у виду ојачања одређеног броја стубова сутерена, приземља и првог спрата, без извођења посебних зидова за укрућење. Нови зидови за укрућење економски више коштају него предвиђене санационе мере, доводе у питање функционалност објекта, а постојеће димензије стубова задовољавају прописе које поставља Правилник за хоризонтална померања врха објекта.

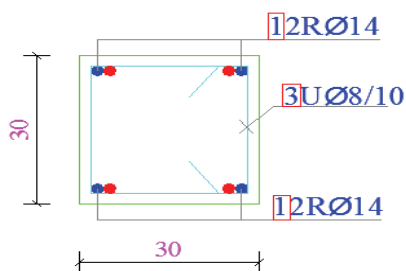
### 6. ПОВЕЗИВАЊЕ НОВОПРОЈЕКТОВАНЕ И ПОСТОЈЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ И ОЈАЧАЊЕ ПОСТОЈЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ НЕДОВОЉНЕ НОСИВОСТИ

За новопроектовано стање надоградње потребно је извршити повезивање постојећег и новог дела конструкције. Принцип повезивања састоји се у уграђивању металних анкера у претходно избушене рупе у постојећој армиранобетонској конструкцији (слика 8). Код оваквог система анкеровања атхезија се остварује помоћу материјала за заливање или ињектирање на бази епоксида. Као анкери у овом случају ће се користити арматурне шипке. Принцип анкеровања састоји се од следећих фаза:

- Бушење рупа пречника који је за 2 мм већи од пречника арматуре и дубине која одговара дубини сидрења
- Чишћење рупа одговарајућим четкама
- Обеспрашивање помоћу компримованог ваздуха
- Наливање – ињектирање масе за остваривање прионљивости у припремљене рупе
- Уграђивање анкера
- Постављање пројектоване арматуре елемената конструкције надоградње



- Повезивање анкера и арматуре преклапањем
- Бетонирање новог елемента конструкције у претходно припремљеној оплати



Слика 8. – Положај рупа за анкеровање

Ојачање стубова у сутерену, приземљу и на првом спрату обавиће се на следећи начин: прво је потребно штемовањем уклонити заштитни слој бетона до арматуре у ослоначким зонама постојећег АБ стуба и обавити чишћење површине бетона. Пошто је арматура у ослоначким зонама постала видљива може се приступити бушењу рупа за анкере. Укупна дужина једног анкера је једнака збиру дужине преклапања шипке стуба и дужине сидрења шипке анкера. Санација АБ стубова извршиће се ојачањем основног пресека новим бетонским „плаштом” и уграђивање додатне арматуре одговарајућег пречника према потреби. Око стубова на којима је потребно извршити ојачање оформиће се АБ омотач одговарајуће дебљине и у њега ће се сместити нова арматура и узенгије (Слика 9). Повезивање постојеће и нове арматуре у АБ „плашту” оствариће се заваривањем челичних плочица дебљине 6мм и висине 10цм.



Слика 9. – Извођење АБ „плашта” код ојачања стуба

Поред ојачања стубова потребно је извршити и ојачање темељне плоче и то услед прекорачених ивичних напона у тлу одлучено је да се плоча прошири са сваке стране за по 70цм . На контакту темељне плоче и стуба контрола на пробијање код неких стубова није испуњена па се санација у овом случају изводи у виду капитела висине 30цм који је константног попречног пресека. Поред ових ојачања на контакту стуб – темељна плоча, накнадно су бетонирани два темељна зида између стубова код којих је сила пробијања била доста велика, а капители би били превеликих димензија. Убушени су анкери у темељну плочу и стубове, постављена арматура за темељни зид и извршено је бетонирање. Пре свега тога обављен је ископ набијене земље у потребним зонама.

## 7. ЗАКЉУЧАК

Стамбена изградња у последњој деценији је обележена између осталог и многобројним надоградњама постојећих вишестамбених објеката. Потреба за повећањем стамбеног простора је свакако један од главних фактора што је надоградња постојећих објеката у тржишним условима примамљив начин за добијање новог стамбеног простора. Да би се уопште приступило надоградњи неопходна је детаљна анализа и процена успешности односно неуспешности примене оваквог начина проширења стамбеног простора. У току овог процеса неопходно је препознати и придржавати се дефинисаних фаза које су представљене у овом раду.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] З.Брујић: Материјал са предавања – Вишеспратне зграде;
- [2] Збирка српских правилника и стандарда за грађевинске конструкције;
- [3] Ђ. Лађиновић: Анализа конструкција зграда на сеизмичко дејство;
- [4] М. Малешев, В. Радоњанин: *Скрипта са предавања Процена стања и одржавање грађевинских објеката*, Факултет техничких наука, Нови Сад;
- [5] М. Малешев, В. Радоњанин: *Скрипта са предавања Оштећења и санација зиданих конструкција*, Факултет техничких наука, Нови Сад;
- [6] Ж. Радосављевић, Д. Бајић: *Армирани бетон, Елементи армирано-бетонских конструкција*, Грађевинска књига, Београд, 2004.;
- [7] С. Стевановић: *Фундирање I*, научна књига, Београд, 1989.;
- [8] Група аутора: *Еврокод 8: Прорачун сеизмичких отпорних конструкција део 1*, Београд, Новембар 2009.;
- [9] Предраг Ј. Поповић: *Structural repairs and strengthening techniques for concrete structures*.

### Кратка биографија:



**Данијела Тодоровић**, рођена је у Кикинди 1988. године. Мастер рад из области Грађевинарство – модул Конструкције – Процена стања и санације бетонских конструкција, одбранила је 2014. год. на Факултету техничких наука у Новом Саду.



**ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА РАЗДВАЈАЊА КАНАЛИЗАЦИОНЕ МРЕЖЕ У ЗОНАМА САНИТАРНЕ ЗАШТИТЕ ИЗВОРИШТА ВОДЕ "ШТРАНД" У НОВОМ САДУ****HYDRAULIC ANALYSIS OF SEWERAGE SYSTEM SEPARATION IN THE SANITARY PROTECTION ZONES FOR WATER SUPPLYING SOURCE "ŠTRAND" IN NOVI SAD**

Коста Лалoшевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област - ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У раду је прво извршено снимање канализационе мреже Лиман I и II ради увида у постојеће стање канализационе мреже у зонама санитарне заштите изворишта воде "Штранд". Након утврђивања лошег стања, пројектована је нова канализациона мрежа на овом подручју, и за ову мрежу урађен је хидраулички прорачун у програму SWMM (Storm Water Management Model). Анализирани су резултати хидрауличног прорачуна и усвојена је новопроектвана канализациона мрежа.

**Abstract** – This paper starts with recording of current sewerage system of city areas Liman I and II for the insight into condition of sewerage system in sanitary protection zones for water supplying source "Štrand" in Novi Sad. After determination of poor condition, new sewerage system was designed, and for this system a hydraulic calculation was made in SWMM software (Storm Water Management Model). Results of hydraulic calculation were analysed, and new sewerage system was approved.

**Кључне речи:** Зоне санитарне заштите, извориште воде, канализациона мрежа, SWMM, Штранд, Нови Сад

**1. УВОД**

Канализациони систем града Новог Сада урађен је као комбиновани систем канализације, где се јединственим системом истовремено одводе отпадне воде домаћинства и индустрије, као и атмосферске падавине. Систем је као такав димензионисан за прихватање отицања од атмосферских падавина повратног периода од две до три године, у зависности од градске зоне.

Ревизијом развојног програма канализационог система града Новог Сада, урађеног 2011. год. (АД "Војводинапројект"), усвојено је да ће се градски канализациони систем града Новог Сада и даље развијати као комбиновани систем, са том разликом што је повећан повратни период кише на који се систем димензионише. Централно градско подручје, као и зоне вишепородичног становања димензионишу се на кишу учесталости од једном у 5 година, док се индивидуалне зоне града димензионишу на кишу учесталости од једном у 3 године [1].

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Матија Стипић, доц.

Посебан део ове ревизије односи се на подручје Лимана I и II, где је услед дотрајалости система дошло до процуривања на канализационој мрежи, што је изазвало контаминацију подземних вода у овом делу града и последично довело до затварања новосадског изворишта воде "Штранд" 2008. године.

Задатак овог рада јесте да се, у складу са правилником везаним за канализационе системе у зонама санитарне заштите изворишта воде, изврши следеће:

- Снимање постојеће канализационе мреже на подручју утврђених зона санитарне заштите изворишта, и израда ситуационог плана тренутног стања. Предметно подручје ограничено је Булеваром цара Лазара са северне стране (од Сунчаног кеја до Булевара ослобођења), Булеваром ослобођења са западне стране (од Булевара цара Лазара до Сунчаног кеја) и Сунчаним кејом са јужне и источне стране (од Булевара ослобођења до Булевара цара Лазара)
- Израда новог плана одвојења атмосферске и отпадне воде у зонама санитарне заштите, са јасно дефинисаним трасама и kotaма њихових прикључења на колекторске правце
- Израда хидрауличног модела у програмском пакету SWMM (Storm Water Management Model) и прорачун новопроектване канализационе мреже за меродавну кишу учесталости од једном у 5 година
- Анализа резултата хидрауличног прорачуна
- Усвајање решења нове канализационе мреже у зонама санитарне заштите изворишта воде и израда ситуационог плана новопроектваног стања

Отклањање проблема канализационе мреже на овом подручју има за циљ поновно отварање и пуштање у рад изворишта воде "Штранд" у Новом Саду.

**1.1. Зоне санитарне заштите изворишта воде "Штранд"**

Зоне санитарне заштите изворишта воде "Штранд" усвојене су у складу са законским регулативама ("Правилник о начину одређивања и одржавања зона санитарне заштите изворишта водоснабдевања"[2], Сл. Гласник РС 92/08), као и са условима на самом терену, искуственим подацима и техничким могућностима ("Елаборат о зонама санитарне заштите

изворишта и комплекса прераде "Шtrand" у Новом Саду" - Институт за водопривреду "Јарослав Черни" Београд) [3].

Правилник налаже се у циљу заштите изворишта морају успоставити три зоне санитарне заштите (слика 1):

1. зона непосредне санитарне заштите ("зона I")
2. ужа зона санитарне заштите ("зона II")
3. шира зона санитарне заштите ("зона III")



Слика 1. Зоне санитарне заштите изворишта воде "Шtrand"

## 2. КАНАЛИЗАЦИОНА МРЕЖА НОВОГ САДА

### 2.1. Историјат канализационе мреже града Новог Сада

Сами почети изградње канализационе мреже града Новог Сада везују се за 1880. год. У том тренутку град је имао 21500 становника и заузимао простор од 427 хектара.

До почетка II Светског рата било је изграђено око 40 километара канализације, углавном атмосферских вода, да би 1953. год. био одобрен инвестициони програм изградње градске канализације.

Програм је предвиђао поделу градског канализационог система на јужни и северни слив, а сам систем био би изведен као комбиновани.

Са изградњом се почело исте године, а за сваки од сливова изграђени су главни колекторски правци и по једна црпна станица са преливом у Дунав (ГЦ1 и ГЦ2).

Овај догођај сматра се за почетак изградње модерне канализације на територији града Новог Сада.

### 2.2. Канализациона мрежа града Новог Сада данас

Канализациони систем града подељен је на подручја:

1. северно градско подручје
2. централно градско подручје
3. јужно градско подручје

Канализациони систем градског централног подручја такође је, по програму из 1953. год., подељен на:

1. северни градски слив
2. јужни градски слив

## 3. ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ КАНАЛИЗАЦИОНЕ МРЕЖЕ У ЗОНАМА САНИТАРНЕ ЗАШТИТЕ ИЗВОРИШТА ВОДЕ "ШТРАНД" У НОВОМ САДУ

### 3.1. Општи подаци

Зоне санитарне заштите новосадског изворишта "Шtrand" налазе се на подручју делова града Лиман I и Лиман II.

Канализациони систем ових делова града урађен је као комбиновани систем, и припада јужном градском сливу. Атмосферске и фекалне воде одводе се на главну црпну станицу ГЦ1.

### 3.2. Опис постојећег стања канализационе мреже

Као последица грађења у више фаза, као и услед дотрајале канализационе мреже јављају се проблеми при одвођењу отпадних вода у неким деловима. Поједине деонице урађене су са контра падом, или са недовољним падом за несметано одвођење отпадних вода, па се често наилазило на загушене и потопљене шахтове. Значајан број деоница се улива у колекторе на коти кинете самог колектора, што при великим водама доводи до течења под успором и задржавања воде, а често и до плављења мреже.

Најкритичнији делови на подручју Лимана I су: блокови зграда окружени Фрушкогорском, Лиречековом и улицама Вељка Петровића и Илије Ђуричића, затим у самој улици Вељка Петровића и у улицама Драге Спасић и Владислава Каћанског.

На подручју Лимана II кризна подручја су: улице Милице Стојадиновић Српкиње, Бошка Бухе, Драгише Брашована, Ивана Рибара, као и један део Раваничке улице (слика 2).



Слика 2. Кризна подручја канализационе мреже у зонама санитарне заштите

## 4. ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА

### 4.1. Неустаљено течење

Течење у мрежи отворених канала моделира се као неустаљено (нестационарно течење). Под неустаљеним течењем сматра се струјање у отвореном каналу код кога током времена и по дужини тока долази до промене протока односно дубине  $Q=Q(x, t)$ ,

$z = z(x, t)$ . Течење у отвореним токовима је просторно, 3D, али се за практичне прорачуне користи линијски модел, 1D. Уместо компоненти брзине у свакој тачки пресека користи се средња брзина у пресеку као репрезентативна вредност, распоред струјница је квазипаралелан а распоред притиска хидростатички. Једначине које дефинишу неустаљено течење су Сен Венове једначине. Аналитичко решење ових једначина не постоји због нелинеарности па се због тога у пракси користе нумеричке методе за решавање, попут методе коначних елемената, методе карактеристика, као и методе коначних разлика, која се најчешће и користи. Основне претпоставке под којима се неустаљено течење у отвореним токовима може сматрати линијским први је формулисао Сен Вена:

1. ниво слободне површине се не мења превише нагло, струјнице нису закривљене, вертикално убрзање је мало па се може користити претпоставка о хидростатичком распореду притиска
2. промена нивоа слободне површине попречно на струјницу нема значајног утицаја на пропагацију таласа, а ниво у хоризонталном пресеку је скоро хоризонталан
3. неуниформност брзина по попречном пресеку не утиче значајно на пропагацију таласа
4. губици на трење у неустаљеном течењу не разликују се значајно од оних у устаљеном
5. просечан пад дна канала у подужном правцу је мали
6. густина је константна по попречном пресеку и дуж тока

#### 4.2. Програмски пакет EPA SWMM 5.0

EPA модел одвођења атмосферске воде (SWMM - Storm Water Management Model) јесте динамички модел симулације падавина и отицаја који се користи за израчунавање квалитета и количине отицаја првенствено из урбаних подручја. Компонента отицаја у SWMM функционише на основу збира сливних подручја која примају падавине и производе отицај и полутанте.

Део SWMM који се бави прорачуном течења транспортује овај отицај кроз систем цеви, канала, уређаја за задржавање/третирање воде, пумпе и регулаторе. SWMM прати количину и квалитет отицаја са сваког сливног подручја, као и количину протока, дубину протока и квалитет воде у свакој цеви и каналу током периода симулације састављеног од више временских фаза [4].

#### 4.3. Хидраулички прорачун новопроектване канализационе мреже

Сливно подручје новопроектване канализационе мреже ограничено је Булеваром цара Лазара са северне стране (од Сунчаног кеја до Булевара ослобођења), Булеваром ослобођења са западне стране (од Булевара цара Лазара до Сунчаног кеја) и Сунчаним кејом са јужне и источне стране (од Булевара ослобођења до Булевара цара Лазара).

Код пројектовања и трасирања нове канализације основни параметри били су нивои воде у основним колекторима, за кишу повратног периода 5 година.

За потребе хидрауличког прорачуна новопроектване канализационе мреже у зонама санитарне заштите изворишта воде "Штранд" коришћен је модел канализационе мреже Новог Сада из пројекта студије развоја објеката на ГЦ2 (АД Војводинапројект, Нови Сад), у којем су детаљно унете новопроектване трасе канализације, а сам прорачун у програмском пакету SWMM извршен је методом динамичког таласа (слика 3).



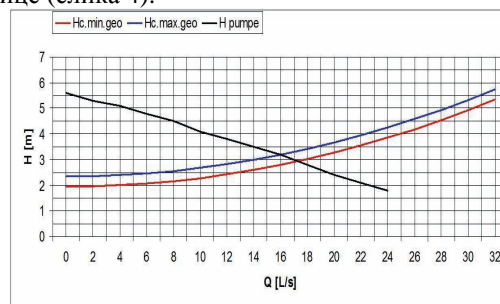
Слика 3. Модел канализационе мреже Новог Сада

#### 4.4. Хидраулички прорачун за избор пумпи

Број становника на подручју блокова зграда окружених Фрушкогорском, Жиречековом и улицама Вељка Петровића и Илије Ђуричића процењује се на 1400. За ово подручје планирана је црпна станица отпадних вода домаћинстава, на углу улица Вељка Петровића и Илије Ђуричића.

Усвојени инсталисани капацитет црпне станице износи 15 L/s.

Одабрана пумпа ради у опсегу од 16 до 17 L/s, што задовољава усвојени инсталисани капацитет црпне станице (слика 4).



Слика 4. Радна тачка пумпе

### 5. ПРОЈЕКТОВАНО СТАЊЕ КАНАЛИЗАЦИОНЕ МРЕЖЕ У ЗОНАМА САНИТАРНЕ ЗАШТИТЕ ИЗВОРИШТА ВОДЕ "ШТРАНД" У НОВОМ САДУ

#### 5.1. Увод

Предметно подручје реконструкције канализационог система у циљу заштите изворишта воде "Штранд" ограничено је Булеваром цара Лазара са северне



стране (од Сунчаног кеја до Булеvara ослобођења), Булеваром ослобођења са западне стране (од Булеvara цара Лазара до Сунчаног кеја) и Сунчаним кејом са јужне и источне стране (од Булеvara ослобођења до Булеvara цара Лазара).

## 5.2. Примена Немачког стандарда ATV-DVWK-A 142E на канализациони систем у зонама санитарне заштите изворишта воде "Штранд" у Новом Саду

ATV-DVWK је Немачка асоцијација за воду, отпадне воде и отпад. Као независна организација са, у овој области, највећим бројем чланова у Европи, спада у ред најкомпетентнијих по питању стандардизације, стручног усавршавања и информисања јавности када је реч о проблематици везаној за управљање водама, отпадним водама, отпадом и заштитом земљишта.

Ова асоцијација је у сарадњи са Немачком техничком и научном асоцијацијом за гас и воду (DVGW) и Немачком асоцијацијом за резервоаре пијаће воде (АТТ) саставила стандард за канализационе системе у водозахватним зонама ATV-DVWK-A 142E. Стандард налаже такво постављање и употребу канализационих система да се загађења и неповољне промене земљишта морају избећи, поготово када се ради о водозахватним подручјима, у конкретном случају о изворишту воде "Штранд" у Новом Саду. У тексту се такође говори и о захтевима који се морају узети у обзир приликом грађења и управљања канализационим системима, као и о правилима о заштити подземних и површинских вода [5].

## 5.3. Усвојено решење

Како подручје Лимана I улази у другу зону санитарне заштите, и самим тим захтева највише мере заштите, на овом делу предвиђено решење представља сепаратни систем канализације. Подручје Лимана II улази у трећу зону санитарне заштите и предвиђено решење за овај део јесте комплетна реконструкција канализационе мреже, уз задржавање комбинованог система.

## 6. ЗАКЉУЧАК

У циљу добијања потребних резултата и решавања проблема изворишта воде "Штранд" испуњени су на почетку постављени задаци рада:

1. Снимањем канализационе мреже подручја Лимана I и II утврђено је веома лоше стање. Ово је потврдило претходне сумње, и указало на потребу за раздвајањем и реконструкцијом канализационе мреже која се налази у зонама санитарне заштите изворишта воде "Штранд".

2. На подручју Лимана I које улази у другу зону санитарне заштите пројектован је нови сепаратни систем канализације. На подручју Лимана II које улази у трећу зону санитарне заштите систем остаје комбиновани али је планирана комплетна реконструкција.

3. Дефинисане су трасе новог канализационог система, и за такав систем, који је детаљно унет у модел комплетног градског подручја, урађен је хидраулички прорачун у програмском пакету SWMM (Storm Water Management Model).

4. Нивои прикључења новопроектваних траса на колекторске правце на подручју Лимана I и II утврђени су на основу података о испуњености колекторских праваца за кишу повратног периода 5 година

5. Усвојено је пројектовано решење система и урађен је ситуациони план новопроектване канализационе мреже у зонама санитарне заштите изворишта.

Овакав нови канализациони систем представља решење за проблем првог изворишта за организовано јавно снабдевање водом Новог Сада, и ствара могућност његовог поновног отварања и пуштања у рад.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ревизија развојног програма града Новог Сада, АД "Војводинапројект", Нови Сад (2011).
- [2] Правилник о начину одређивања и одржавања зона санитарне заштите изворишта водоснабдевања, "Сл. гласник РС", бр. 92/2008.
- [3] Елаборат о зонама санитарне заштите изворишта и комплекса прераде "Штранд" у Новом Саду, Институт за водопривреду "Јарослав Черни", Београд (2010).
- [4] Модел регулисања атмосферске воде (Storm Water Management Model) - Приручник за употребу, Превели и припремили за коришћење проф. др Срђан Колаковић и доц. др Матија Стипић, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Одсек за грађевинарство, Катедра за хидротехнику, Нови Сад (2011).
- [5] Немачки стандард ATV - DVWK - A 142E: Канализациони системи у водозахватним зонама, Немачка (2002).

## Кратка биографија:



**Коста Лалoшевић** рођен је у Сомбору 1987. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области грађевинарства (хидротехника) одбранио је 2014. год.



**ПРОЈЕКАТ ДОГРАДЊЕ И ОЈАЧАЊЕ АБ КОНСТРУКЦИЈЕ ВИШЕСПРАТНЕ  
СТАМБЕНЕ ЗГРАДЕ У УЛИЦИ АТАНАСИЈА ГЕРЕСКОГ У НОВОМ САДУ****PROJECT OF EXTENSION AND STRENGTHENING OF RC STRUCTURE OF MULTI-  
STOREY RESIDENTIAL BUILDING IN ATANASIJE GERESKI STREET IN NOVI SAD**

Марјана Нешковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У овом раду приказана је процена стања, доградња и ојачање АБ носеће конструкције стамбеног објекта у Новом Саду, спратности  $S_{i+Pr.} + 3 + P_k$ . Теоријски део рада се односи на заштиту објекта од пожара. У стручном делу рада приказани су основни технички подаци о згради. Затим је на основу детаљног прегледа зграде дата оцјена стања са аспекта носивости, стабилности и трајности. После адекватне процјене и описа постојећег стања конструкције, урађен је пројекат доградње једног спрата на постојећу конструкцију објекта. Формиран је нови просторни модел за постојеће и дограђено стање са новим додатним оптерећењем од дограђеног спрата. Спроведена је статичка и динамичка анализа са провјером напона у стубовима и помјерања врха конструкције услјед хоризонталних дејстава. На крају рада предложене су мјере за ојачање одређеног броја елемената носеће конструкције предметне зграде.

**Abstract** – This paper presents an assessment, upgrade and strengthening of RC structure of residential building in Novi Sad, consisting of ground floor + basement + 3 floors+ loft. The theoretical part of this paper refers to fire protection of building. In the professional part of paper basic technical data about this building are given. Further, an assessment is made based on detailed survey of the building in terms of carrying capacity, stability and durability. After assessment and description of the existing state of the structure, a project of upgrading of one floor is made. After upgrading a new model of both existing and upgraded state is made, with an additional load from upgraded floor. The static and dynamic analyses are made to check the stress in columns and movement of the top of the structure due to horizontal actions are calculated, also. At the end of this paper some measures for strengthening several elements of bearing structures of this building are suggested.

**Кључне речи:** процена стања, доградња, санације, "плашт" – бетонски омотач, везна плочица, анкери

**1. УВОД**

Рад се састоји од двије међусобно независне цјелине. Први дио рада представља теоријско – истраживачки дио са темом „Заштита објекта од пожара”, а други дио је везан за процјену стања, доградњу и санацију стамбеног објекта у Новом Саду.

**2. ЗАШТИТА ОБЈЕКТА ОД ПОЖАРА****2.1. Увод**

Област заштите од пожара представља интердисциплинарну и комплексну дјелатност са високим друштвеним интересом. Овај задатак је веома сложен и прати све фазе планирања, грађења, надзора (инспекцијске контроле) и експлоатације. На развој пожара и степен оштећења зграда највише утичу следећи фактори: архитектонско обликовање зграде, врсте и количине горивог материјала, постојање ватробраних елемената, постојање система за дојаву и гашење пожара и ефикасност ватрогасне интервенције. Мјере које треба примјењивати при пројектовању зграда имају за циљ са једне стране да спријече појаву пожара, а са друге стране, ако до пожара дође, да онемогуће његово брзо ширење и преношење на околину, као и да обезбједе евакуацију људи. На основу наведених чињеница групе мјера заштите од пожара су:

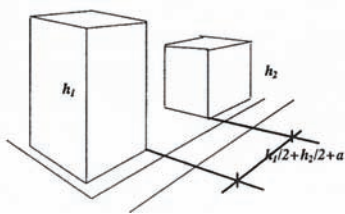
- урбанистичке мјере
- подјела зграда на секторе
- отпорност зграда на пожар
- обезбјеђење средстава за гашење пожара
- обезбјеђење евакуације.

**2.2. Урбанистичко планирање заштите од пожара**

Основни нивои урбанистичког планирања заштите од пожара су: детаљни просторни план, генерални урбанистички план, детаљан урбанистички план и акт о условима за уређење простора. Минимална ширина парцеле мора бити 25m, односно од границе сусједа би требало бити најмање 5m. Често се растојање објекта израчунава на основу критеријума рушења објекта у акцидентним ситуацијама (Слика 1). Ознака „а“ на цртежу представља ширину пожарног пута слободног од рушевина и износи 4m.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је била др Мирјана Малешев, ред. проф.



Слика 1. – Одређивање растојања између објеката

### 2.3. Пожарни сектори

Пожарним секторима се називају просторије у зградама које представљају самосталне цијелине у погледу примјењених техничких и организационих мјера заштите од пожара. Циљ подјеле зграде на пожарне секторе је спречавање ширења пожара и ограничења дејства пожара само на пожарни сектор у коме је пожар настао. У неким прописима за стамбене, пословне и јавне објекте, површине пожарног сектора се обично ограничава на 500-1500m<sup>2</sup>, а за складишта (зависно од пожарно опасне робе и система заштите) 4500, 3000, 2000, 800 па и 400m<sup>2</sup>.

### 2.4. Отпорност зграде на пожар

Отпорност на дејство пожара конструктивног елемента је његова способност да сачува носивост, онемогући продор ватре и да сачува термичку изолацију када је изложен дејству пожара. Када је потребно дати јединствену оцјену понашања објекта у условима стандардног пожара, уводе се степени отпорности према пожару и то: I степен- незнатна отпорност; II степен- мала отпорност; III степен- средња отпорност; IV степен- већа отпорност и V степен- велика отпорност.

### 2.5. Средства за гашење пожара

Под средствима за гашење пожара подразумјевамо материје које су у стању да потпуно прекину процес сагорјевања. Најчешће се користе следећа средства: вода, прах, угљен-диоксид, халони, пјена итд.

### 2.6. Обезбјеђење евакуације

Стамбене, јавне и пословне зграде се пројектују и изграђују тако да омогуће безбједну евакуацију у случају пожара. Евакуација се састоји из четири етапе: I етапа- од полазног мјеста до првог излаза; II етапа- од првог излаза до етажног излаза; III етапа- од етажног излаза до крајњег излаза; IV етапа- од крајњег излаза до безбједног мјеста. На слици је приказан примјер плана евакуације (Слика 2.).



Слика 2. – Примјер плана евакуације

## 3. ДОГРАДЊА ВИШЕСПРАТНЕ ЗГРАДЕ

### 3.1 Увод

Објекат за који се ради процјена стања, а потом и доградња, а за који ће се касније дати и мјере санације, представљен је на следећој слици (Слика 3).



Слика 3. - Изглед стамбеног објекта

Постојећи објекат је стамбене намјене и спратности: Su+Pr+2+Pк, лоциран је у улици Атанасија Гереског бр. 3 у Новом Саду. У сутерену објекта предвиђене су гарже, док су приземље и остали спратови намјењени за становање. Спратна висина сутерена је 2.70 m, приземља 3.10 m, а осталих типских спратова 2.90 m. Вертикална комуникација је остварена једнокраким степеништем. На згради је изведен дрвени кров на две воде нагиба кровне равни  $\alpha = 25^\circ$ .

### 3.2. Конструктивни систем

Конструктивни систем зграде је скелетни без зидова за укрућење. Међусобни растер стубова се разликује у два управна правца. Димензије стубова се разликују у основи објекта, тако да су пресеци стубова следећих димензија: 75/25cm; 65/25cm; 55/25cm; 50/25cm и 35/35cm.. У сутерену су изведени армиранобетонски зидови дебљине 25cm. Међуспратна таваница је пројектована као плоча директно ослоњена на стубове дебљине 20cm са скривеним гредама. Терасе су формиране препуштањем међуспратне плоче преко фасадних греда. Степениште је једнокрако са плочом дебљине 12cm. Објекат је фундиран на темељној плочи дебљине 40cm, која је ојачана са гредама у оба правца димензија 30/3 cm. Фундирање је извршено на коти – 2.70m.

### 3.3. Детаљни визуелни преглед

Визуелни преглед је обављен са спољашње и унутрашње стране објекта. На сликама 4 и 5 дат је приказ постојећег стања објекта, где су фотографисани они дијелови који су били доступни приликом прегледа конструкције.

С обзиром да се ради о релативно младом објекту, приликом анализе прегледа елемената конструкције нису уочени значајни дефекти и оштећења на постојећем објекту.



Слика 4. - Изглед завршне фасаде постојећег објекта



Слика 5. – Изглед степеништа

Појава прлина и већих оштећења која би озбиљно нарушила интегритет конструкције нису уочена приликом визуелног прегледа. Приликом прегледа пројектно техничке документације утврђено је да у објекту не постоје сеизмичка платна, тако да је неопходно спровести контролу сеизмичке отпорности објекта. Посматрајући конструкцију у цјелини, доноси се закључак да није угрожена носивост, трајност и употребљивост објекта.

#### 4. НАДОГРАДЊА

Пројектом је предвиђена доградња од једног спрата на постојећу конструкцију објекта, тако да се добија нови објекта спратности: Су+Пр+3+Пк. Основа додатог спрата је пројектована тако да је по распореду конструкцијских елемената и просторија иста као и типски спратови. Кровна конструкција је изведена на исти начин као прије дограђеног стања, дрвена кровна конструкција, нагиба кровне равни  $\alpha = 25^\circ$  са кровним покривачем од цријепа. Конструктивни систем је и даље скелетни, са задржаним димензијама стубова. Међуспратна таваница је пуна плоча дебљине 20cm директно ослоњена на стубове. За вертикалну комуникацију у овом дијелу зграде изведено је ново степениште. Догређени објекат је промјенио спратност и висину тако да је неопходно формирати нови модел конструкције и извршити провјеру напона у стубовима као и провјеру хоризонталног помјерања врха објекта услед хоризонталних дејстава. Након формирања новог просторног модела, аплицирања постојећег и додатног оптерећења од доградње, спроведена је статичка и динамичка анализа. Дошло се до закључка да су напони у одређеном броју стубова сутерена, приземља и првог спрата прекорачени. Будући да пројектом нису предвиђена бетонска платна, она су додата у новом просторном

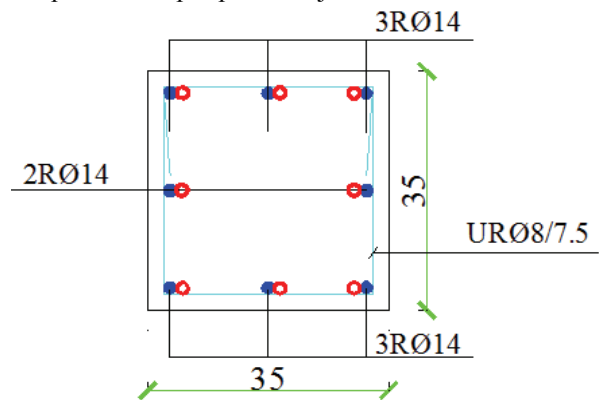
моделу и након тога је опет извршена провјера напона у стубовима па је утврђено да су напони прекорачени у одређеном броју стубова само у сутерену. Што се тиче максималног помјерања врха зграде услед сеизмичког дејства, оно је у допуштеним границама према Правилнику о техничким нормативима за изградњу објеката високоградње у сеизмичким подручјима.

Донијет је закључак да се предвиде конкретне мјере санације у виду извођења зидова за укрућење у два управна правца и ојачања одређеног броја стубова сутерена. Нови зидови за укрућење ће се изводити у два управна правца, не мјестима која су најприступачнија за извођење, тј. на мјестима на којима најмање ремети живот станара.

#### 5. ПОВЕЗИВАЊЕ НОВОПРОЈЕКТОВАНЕ И ПОСТОЈЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ И ОЈАЧАЊЕ ПОСТОЈЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ НЕДОВОЉНЕ НОСИВОСТИ

За новопроектовано стање надоградње потребно је извршити повезивање постојећег и новог дела конструкције. Принцип повезивања састоји се у уграђивању металних анкера у претходно избушене рупе у постојећој армиранобетонској конструкцији. Код оваквог система анкеровања атхезија се остварује помоћу материјала за заливање или ињектирање на бази епоксида. Као анкери у овом случају ће се користити арматурне шипке. Принцип анкеровања састоји се од следећих фаза (слика 6):

- Бушење рупа пречника који је за 2mm већи од пречника арматуре и дубине која одговара дужини сидрења
- Чишћење рупа одговарајућим четкама
- Обеспрашивање помоћу компримованог ваздуха
- Наливање – ињектирање масе у припремљене рупе ради остваривања прионљивости
- Уграђивање анкера
- Постављање пројектоване арматуре елемената конструкције надоградње
- Повезивање анкера и арматуре преклапањем
- Бетонирање новог елемента конструкције у претходно припремљеној оплати

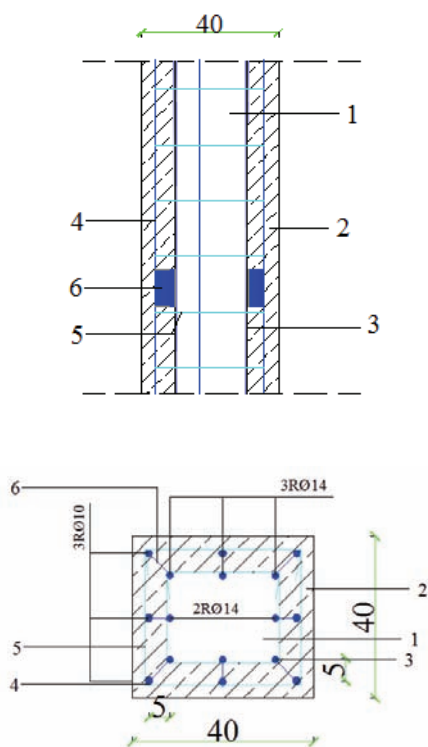


Слика 6. – Положај рупа за анкеровање

Ојачање стубова у сутерену обавиће се на следећи начин: прво је потребно штемовањем уклонити заштитни слој бетона до арматуре у ослоначким зонама постојећег АБ стуба и обавити чишћење



преосталог бетона. Пошто је арматура у ослоначким зонама постала видљива може се приступити бушењу рупа за анкере. Укупна дужина једног анкера је једнака збиру дужине преклапања шипке стуба и дужине сидрења шипке анкера. Санација АБ стубова извршиће се ојачањем основног пресека новим бетонским „плаштом” и уграђивање додатне арматуре одговарајућег пречника према потреби. Око стубова на којима је потребно извршити ојачање оформиће се АБ омотач одговарајуће дебљине и у њега ће се сместити нова арматура и узенгије (Слика 7). Повезивање постојеће и нове арматуре у АБ „плашту” оствариће се помоћу челичних плочица дебљине 6mm и висине 10cm.



Слика 7. – АБ „плашт” код ојачања стуба

Поред ојачања стубова потребно је извршити и ојачање горње зоне темељне плоче. Принцип санације горње зоне пуних армиранобетонских плоча састоји се од следећих фаза:

- уклањање слоја бетона до постојеће арматуре
- постављање додатне арматуре
- изливање новог слоја бетона.

## 6. ЗАКЉУЧАК

Стамбена изградња у последњој деценији је обележена између осталог и многобројним надоградњама постојећих вишестамбених објеката. Потреба за повећањем стамбеног простора је свакако један од главних фактора што је надоградња постојећих објеката у тржишним условима примамљив начин за добијање новог стамбеног простора.

Да би се уопште приступило надоградњи неопходна је детаљна анализа и процјена успешности односно неуспјешности примјене оваквог начина проширења стамбеног простора. У току овог процеса неопходно је препознати и придржавати се дефинисаних фаза које су представљене у овом раду.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Збирка Југословенских правилника и стандарда за грађевинске конструкције
- [2] Група аутора, *Бетон и армирани бетон*, према БАБ87, књига 1, универзитетска штампа, Београд, 2000.
- [3] Група аутора, *Бетон и армирани бетон*, према БАБ87, књига 2, универзитетска штампа, Београд, 2000.
- [4] З. Брујић, материјал са предавања- *Вишеспратне зграде*
- [5] М. Малешев, В. Радоњанин: материјал са предавања- *Праћење. Процена стања и одржавање грађевинских објеката*
- [6] М. Малешев, В. Радоњанин: материјал са предавања- *Материјали и технике санације и заштите грађевинских објеката*
- [7] М. Давид Еган: *Грађевинске конструкције и пожар*, Грађевинска књига, Београд, 1990.
- [8] Група аутора: *Грађевинска физика и материјали*, Београд, 2003.
- [9] Интернет адреса: <http://www.radimpex.co.yu>  
Упуство за примјену Tower 6, септембар 2008.
- [10] Интернет адреса: <http://www.core-ns.org>
- [11] Интернет адреса: <http://www.zastitaodpozara.hr>

## Кратка биографија:



**Марјана Нешковић**, рођена је у Бијељини 1988. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области грађевинарство – модул конструкције – Процјена стања и санације бетонских конструкција, одбранила је 2014. год.



**PROJEKAT ARMIRANOBETONSKE VIŠESPRATNE STAMBENE ZGRADE  
PREMA EVROPSKIM STANDARDIMA****THE PROJECT OF MULTISTOREY REINFORCED CONCRETE RESIDENTIAL  
BUILDING ACCORDING TO EUROPEAN STANDARDS**Tihomir Đokić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu se prikazuju osnovne faze za aseizmičko projektovanje višespratne armiranobetonske stambene zgrade koja je smještena u Novom Sadu. Projektovanje se sprovodi u skladu sa evropskim standardima - Evrokodu. Većina proračunskih faza, kao što su prostorno modeliranje, modalna i seizmička analiza, statički uticaji i proračun potrebne količine armature se vrše uz podršku programskog paketa Tower 6. Kontrole napona i detalji lokalne duktilnosti primarnih seizmičkih elemenata se sprovode ručno, prema odredbama propisanim u Evrokodu 8. U završnom poglavlju se navode osnovne razlike na nivou aseizmičkog projektovanja između srpskih (SRPS) i evropskih propisa (EN).

**Abstract** – This paper work is showing seismic design for reinforced concrete multistorey building which is placed in Novi Sad. Designing of building is taken according to european standards - Eurocode. Most of design phases such as 3D modeling, modal and seismic analysis, effects of static actions and calculating of required reinforcements are taken in software Tower 6. Stress controls and details for local ductility are taken manually according to rules in Eurocode 8. In last chapter some basic differences between serbian standards (SRPS) and european standards (EN) will be adduced.

**Cljučne reči:** višespratna zgrada, uticaji, seizmika, beton, dimenzionisanje, skeletni sistem

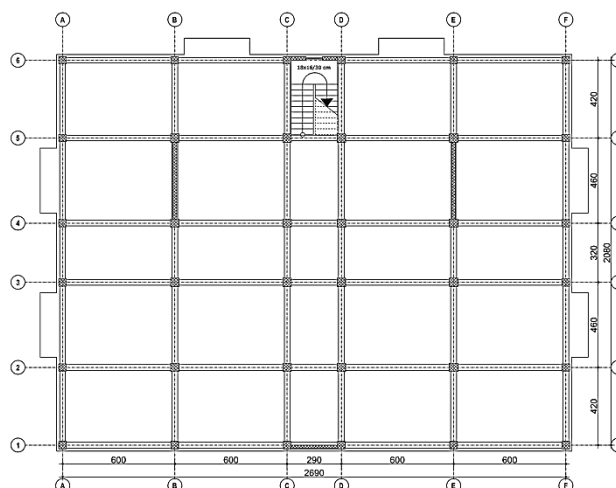
**1. UVOD**

Na osnovu arhitektonskog rješenja, za stambenu zgradu spratnosti Su+P+4, potrebno je sprovesti konstruktivnu fazu, odnosno dimenzionisati armiranobetonske elemente u skladu sa pravilima koje propisuje evrokod. Osnova objekta (slika 1) je pravougaona sa gabaritima 27,35 x 21,35 m i dispozicionirana je tako da ima po pet raspona, odnosno po šest ramova u oba pravca. Lokacija objekta je Novi Sad.

Suterenski dio zgrade ima spratnu visinu 2,56 m i predviđen je za skladišni prostor u vidu ostava. Prizemlje i tipski spratovi imaju visinu 2,88 m i predviđeni su za stambene jedinice. Krov zgrade je ravna krovna ploča i izvodi se kao neprohodna krovna terasa sa padom od 1%.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Ladinović, red.prof.



Slika 1. Prikaz osnove zgrade

**2. ANALIZA OPTEREĆENJA**

Razmatrana su sljedeća opterećenja na konstrukciju :

- stalna opterećenja
- povremena opterećenja (korisno, vjetar, snijeg)
- seizmičko opterećenje

Stalno opterećenje potiče od sopstvene težene nosivih elemenata (tavanice, grede, stubovi, zidovi) i težine nenosivih elemenata (podovi, zidovi, izolacije, težina tla). Težina nosivih elemenata je sračunata po automatizmu softvera, a težine nenosivih elemenata se računaju prema odredbama pravilnika EN 1991-1-1:2002.

Korisno opterećenje se usvaja u zavisnosti od namjene prostorije i u skladu sa pravilnikom EN 1991-1-1:2002.

Opterećenje snijegom treba da se sračuna prema pravilniku EN 1991-1-3:2003, za ravne krovove i nadmorsku visinu manju od 1000 m. Aplicira se na model konstrukcije u vidu jednakopodjeljenog površinskog opterećenja

Opterećenje vjetrom se računa na osnovu pravilnika EN 1991-1-4:2005 i dobija se u obliku površinskog opterećenja, pa se konvertuje u linijsko i aplicira na grede i stubove obodnih ramova.

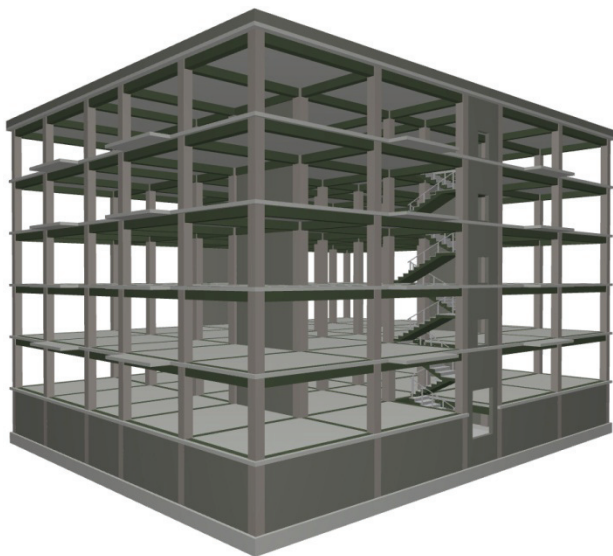
Seizmičko opterećenje je sračunato pomoću softvera koji nudi opciju proračuna multimodalnom spektralnom analizom koja je u skladu sa pravilnikom EN 1998-1:2004.

Tabela 1. Slučajevi opterećenja na objektu

I	stalno	< stalno >
II	korisno	< korisno A >
III	snijeg	< snijeg >
IV	vjetar X pravac / pozitivan	< vjetar >
V	vjetar X pravac / negativan	< vjetar >
VI	vjetar Y pravac / pozitivan	< vjetar >
VII	vjetar Y pravac / negativan	< vjetar >
VIII	seizmika X pravac	< seizmičko >
IX	seizmika Y pravac	< seizmičko >

### 3. GEOMETRIJA I MODEL KONSTRUKCIJE

Osnovni nosivi sistem konstrukcije je skelet sa zidovima za ukrućenje u oba pravca. Zgrada je fundirana na dubini od 1,75 m na punoj armiranobetonskoj ploči debljine  $d=55\text{ cm}$  koja je direktno oslonjena na stubove a po obodu ukrućena AB zidovima suterena debljine  $d=20\text{ cm}$ . Međuspratne tavanice su ploče koje nose u dva pravca i debljine su  $d=14\text{ cm}$ , a ploče stepenište imaju istu debljinu kao tavanice i nose samo u jednom pravcu. U konstrukciji postoje dvije pozicije stubova, dimenzija  $40 \times 40\text{ cm}$  i  $50 \times 45\text{ cm}$ . Grede u cijeloj konstrukciji imaju iste dimenzije,  $30 \times 50\text{ cm}$  i kruto su spojene sa međuspratnim tavanicama. Zidovi za ukrućenje (seizmička platna) su debljine  $d=20\text{ cm}$  i na krajevima su ojačani proširenjima u vidu stubova koji zajedno sadejstvuju u prihvatanju uticaja. Nosivi elementi konstrukcije su prikazani na slici 2.



Slika 2. Prikaz 3D modela zgrade

### 4. MODALNA I SEIZMIČKA ANALIZA

#### 4.1. Modalna analiza

Modalna analiza nam služi za prikaz vrijednosti i oblika svojstvenih oscilacija armiranobetonske konstrukcije. Ona se mora sprovesti kao preduslov za dalju seizmičku analizu. Za potrebe sprovođenja modalne analize, definisana je mreža konačnih elemenata u površinskim entitetima i određeni su koeficijenti učešća masa, sračunati prema izrazu :

$$\psi_{Ei} = \varphi \cdot \psi_{2i} \quad (1)$$

gdje su :

$\varphi$  parametar koji zavisi od kategorije opterećenja ( $\varphi = 1$ )  
 $\psi_{2i}$  koeficijent kombinovanja za kvazi-stalne vrijednosti promjenljivog dejstva

Koeficijenti  $\psi_{2i}$  su definisani pravilnikom EN 1990:2002(Aneks A) i u zavisnosti od tipa opterećenja[4], u ovom slučaju imaju sljedeće vrijednosti :

1,0	za stalno
0,3	za korisno A
0,2	za snijeg
0,0	za vjetar

#### 4.1. Seizmička analiza

Seizmički proračun je izvršen pomoću multimodalne spektralne analize koju nudi programski paket Tower 6. Usvojena je srednja klasa duktilnosti (DCM)u kojoj se faktor ponašanja definiše izrazom :

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1.5 \quad (2)$$

gdje su :

$q_0$  osnovna vrijednost faktora ponašanja, zavisna od tipa konstrukcijskog sistema

$k_w$  faktor koji uzima u obzir preovlađujuću vrstu loma konstrukcijskih sistema sa zidovima (za okvire  $k_w = 1,0$ )

Uvrštavanjem parametara u izraz (2)dobijamo ukupnu vrijednost faktora ponašanja koja iznosi 3,9.

### 5. PRORAČUN I DIMENZIONISANJE

Dimenzionisanje armiranobetonskih elemenata sprovodi se prema graničnom stanju nosivosti (GSN). Osnovni elementi koji se koriste su beton C30/37 i čelik a armiranje B500C, za koje su propisani koeficijenti sigurnosti,  $\gamma_c$  i  $\gamma_s$ .

Zaštitni sloj betona do armature se definiše kao minimalni zaštitni sloj uvećan za toleranciju u proračunu i računa se preko izraza:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (3)$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{ mm}\} \quad (4)$$

gdje su :

$c_{min,b}$  minimalni zaštitni sloj s obzirom na prijanjanje (zavisi od prečnika armature)

$c_{min,dur}$  minimalni zaštitni sloj s obzirom na uslove sredine (zavisi od klase konstrukcije i klase izloženosti)

Temeljna ploča pripada klasi izloženosti XC3, dok su svi ostali elementi svrstani u klasu XC1. Klasa konstrukcije je S4 na osnovu eksploatacionog vijeka konstrukcije od 50 godina. Nakon uvrštavanja svih nepoznatih parametara u izraze (3) i (4) dobijaju se nominalne vrijednosti zaštitnih slojeva betona do armature koji su prikazani u tabeli.

Tabela 2. Zaštitni slojevi betona do armature

Element konstrukcije	$c_{min,b}$ [mm]	$\Delta c_{dev}$ [mm]	$c_{nom}$ [mm]
temeljna ploča	25	10	35
tipske ploče	15	10	25
stubovi i grede	16	10	26
zidovi za ukrućenje	15	10	25

## 5.1. Ploče

Minimalna površina podužne armature za savijanje u pločama definisana je izrazom :

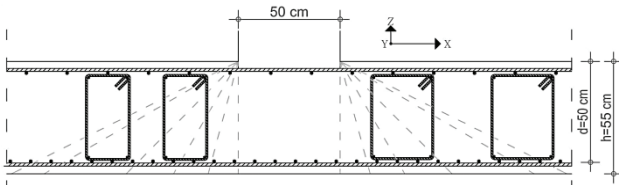
$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d \quad (5)$$

gdje su :

- $b_t$  srednja širina zategnute zone
- $f_{ctm}$  čvrstoća betona pri zatezanju
- $d$  debljina ploče

Ploča suterena i tipske ploče se dimenzionišu na čisto savijanje i armiraju kao ploče koje nose u dva pravca, pojedinačnim šipkama u obje zone uz poštovanje uslova o minimalnoj potreboj količini armature i dopuštenim razmacima između šipki.

Temeljna ploča je pored dimenzionisanja na čisto savijanje, kontrolisana i na smicanje od probijanja u zonama oslanjanja na unutrašnje stubove sutrena, pa je tako i armirana da prihvati sve uticaje kojima je izložena. Kao što se može vidjeti na slici (3), za prihvatanje uticaja od probijanja koriste se zatvorene vertikalne uzengije.



Slika 3. Detalj armiranja temeljne ploče

## 5.2. Oblikovanje detalja za globalnu i lokalnu duktilnost primarnih seizmičkih elemenata

Kontrolisanje i oblikovanje detalja lokalne duktilnosti primarnih seizmičkih elemenata je obavezno u aseizmičkom projektovanju zgrada za srednju i visoku duktilnost. Ovo proizlazi iz činjenice da se zgrade projektuju metodom programiranog (zadatog) ponašanja u kom se biraju elementi koji se oblikuju za disipaciju energije pri velikim deformacijama i sve to u cilju izbjegavanja krtoq loma pojedinih elemenata ili cijele konstrukcije. Kod višespratnih zgrada mora da se spriječi formiranje plastičnog mehanizma „mekog“ sprata jer takav mehanizam može da sadrži prekomjerne zahtjeve lokalne duktilnosti u stubovima mekog sprata. Da bi se zadovoljio ovaj zahtjev, usvim čvorovima primarnih stubova i greda mora se ispuniti uslov[3] :

$$\sum M_{Rc} \geq 1,3 \sum M_{Rb} \quad (6)$$

gdje su :

- $\sum M_{Rc}$  zbir proračunskih vrijednosti momenata nosivosti stubova vezanih u čvoru. Minimalna vrijednost momenata nosivosti stubova unutar opsega aksijalnih sila u stubovima nastalih u seizmičkoj proračunskoj situaciji, moraju da se koriste u izrazu iznad.
- $\sum M_{Rb}$  zbir proračunskih vrijednosti momenata nosivosti greda koje su vezane u čvoru

Jedan od uslova za obezbjeđenje globalne duktilnosti konstrukcije jeste da u potencijalnim zonama formiranja plastičnih zglobova faktor duktilnosti krivine ima vrijednost koja nije manja od one date izrazom :

$$\mu_{\phi} = 2 + 2(2q - 1) \frac{T_c}{T_1} \quad (7)$$

gdje su:

- $q$  osnovna vrijednost faktora ponašanja (3,9)
- $T_c$  period na gornjoj granici oblasti konstantnogubrzanja
- $T_1$  osnovni period slobodnih vibracija zgrade (0,5466 s)

Kada se uvrste nepoznate veličine u izraz (7), faktor duktilnosti krivine iznosi  $\mu_{\phi} = 8,366$ .

### 5.2.1. Grede

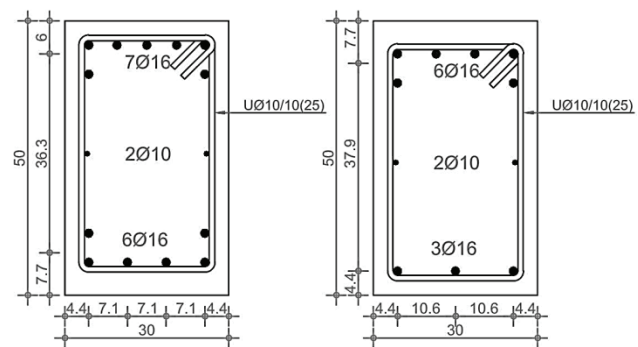
Da bi se zadovoljio zahtjev za lokalnu duktilnost unutar kritične ( $l_{cr} = h_w$ ) oblasti primarne seizmičke grede, za minimalnu vrijednost  $\mu_{\phi} = 8,366$ , koeficijent armiranja zategnutom armaturom ne smije biti veći od vrijednosti :

$$\rho < \rho_{max} = \rho' + \frac{0,0018f_{cd}}{\mu_{\phi}\epsilon_{sy,d}f_{yd}} = \rho' + 0,00582 \quad (8)$$

gdje su :

- $\rho'$  koeficijent armiranja u pritisnutoj zoni
- $\rho$  koeficijent armiranja u zategnutoj zoni
- $\epsilon_{sy,d}$  proračunska vrijednost dilatacije čelika pri tečenju
- $f_{cd}$  proračunska vrijednost čvrstoće betona pri pritisku
- $f_{yd}$  proračunska vrijednost granice razvlačenja čelika

Uvrštavanjem nepoznatih parametara koji figurišu u izrazu (8) i na osnovu detalja armiranja prikazanih na slici 4 zaključuje se da je nejednakost u izrazu (8) zadovoljena u svima karakterističnim presjecima unutar kritičnih oblasti.



Slika 4. Detalj armiranja greda

### 5.2.2. Stubovi

Stubovi moraju da se ograniče na dozvoljenu vrijednost normalizovane aksijalne sile propisane izrazom, za srednju klasu duktilnosti :

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \leq 0,65 \quad (9)$$

gdje su :

- $N_{Ed}$  proračunska normalna sila u seizmičkoj proračunskoj situaciji u stubu
- $A_c$  površina poprečnog presjeka stuba
- $f_{cd}$  proračunska vrijednost čvrstoće betona pri pritisku

Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (9) dobija se  $v_d = 0,556$  za stub 40x40 cm, odnosno  $v_d = 0,621$  za stub 50x45 cm pa su uslovi zadovoljeni.

Unutar kritične oblasti primarnih seizmičkih stubova, vrijednost duktilnosti krivine ne smije da bude manja od  $\mu_{\phi} = 8,366$ . Ovaj zahtjev se smatra zadovoljenim ako je ispunjen uslov :

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_{\phi} \cdot v_d \cdot \epsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_o} - 0,035 \quad (10)$$

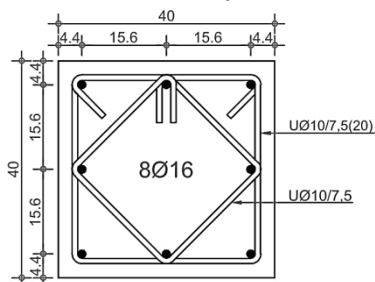
gdje su :

$\alpha$  faktor globalne efikasnosti utezanja  
 $\omega_{wd}$  mehanički zapremski koeficijent armiranja uzengija za utezanje presjeka u kritičnim oblastima  
 $v_d$  proračunska normalizovana aksijalna sila  
 $\varepsilon_{sy,d}$  proračunska vrijednost dilatacije zatezanja čelika na granici tečenja  
 $b_c$  ukupna širina poprečnog presjeka  
 $b_0$  ukupna širina utegnutog jezgra

Kada se izračunaju svi parametri koji figurišu u izrazu (9), za svaku poziciju stubova na osnovu detalja prikazanih na slikama 5 i 6, može se zaključiti da je nejednakost zadovoljena za :

Stub POS S1 40x40 cm

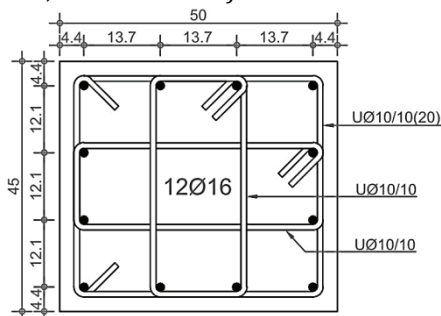
$0,302 > 0,245 \rightarrow$  zadovoljen uslov



Slika 5. Detalj armiranja stuba POS S1

Stub POS S2 50x45 cm

$0,284 > 0,272 \rightarrow$  zadovoljen uslov



Slika 6. Detalj armiranja stuba POS S2

### 5.2.3. Zid za ukrućenje

Zid za ukrućenje je dimenzionisan uzimajući u obzir sadejstvo rebra i proširivanja na krajevima u vidu stubova. U zidu kao i u stubu mora da se ograniči normalizovana aksijalna sila:

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \leq 0,40 \quad (11)$$

Parametri u izrazu (11) imaju isto značenje kao oni navedeni u (10) pa nakon njihovog uvrštavanja zaključuje se da je uslov zadovoljen  $v_d = 0,212$ .

Nakon definisanja dužine utegnutog dijela zida (slika 7) kontroliše se lokalna duktilnost zida unutar kritične oblasti (prve dvije etaže) definisana izrazom :

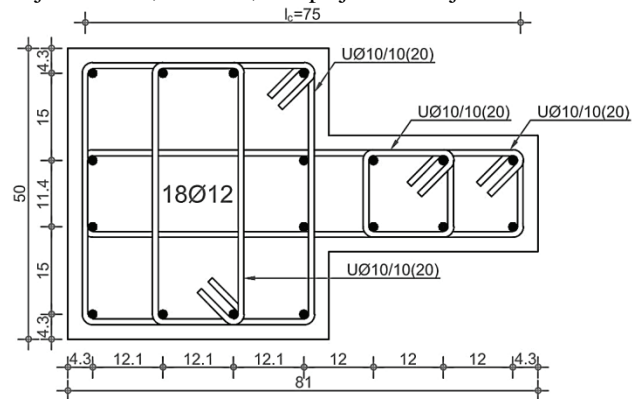
$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_\phi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035 \quad (12)$$

gdje je:

$\omega_v$  mehanički koeficijent armiranja vertikalnom armaturom rebra

a ostali su parametri navedeni i objašnjeni u izrazu (10).

Unošenjem nepoznatih vrijednosti u izrazu (12) dobija se nejednakost  $0,255 > 0,078$  pa je zadovoljen uslov.



Slika 7. Detalj armiranja zida za ukrućenje-utegnuti dio

## 6. ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedenog proračuna može se zaključiti da Evrokod unosi neke novitete u projektovanju zgrada u seizmičkim oblastima. Što se tiče samog algoritma u fazi dimenzionisanja armiranobetonskih elemenata, tu ne postoje značajnije razlike između srpskih i evropskih standarda. Prolaskom kroz fazu dimenzionisanja i armiranja ploča pokazalo se da nema znatnih odstupanja u rezultatima. Međutim, kada je riječ o oblikovanju detalja duktilnosti primarnih seizmičkih elemenata tu je Evrokod znatno detaljniji i jasniji i mnogo pažnje je posvećeno upravo ovoj oblasti. Dakle, stavlja se akcenat na projektovanje prema programiranom ponašanju, odnosno sprječavanju formiranja plastičnog mehanizma „mekog“ sprata. Poređenje standarda na nivou rezultata dimenzionisanja u ovom primjeru, ne može se smatrati mjerilom kvaliteta standarda jer same razlike postoje u korišćenim materijalima, tj. u njihovim mehaničkim karakteristikama. Evrokod projektantima donosi određene olakšice i sigurnost u pogledu definisanja nekih detalja koji su potkrepljeni računskim dokazima.

## 7. LITERATURA

- [1] Evrokod 1: DEJSTVA NA KONSTRUKCIJE  
Deo 1-1; Deo 1-3; Deo 1-4  
Beograd, novembar 2009.
- [2] Evrokod 2: PRORAČUN BETONSKIH KONSTRUKCIJA  
Deo 1-1, Beograd, februar 2006.
- [3] Evrokod 8: PRORAČUN SEIZMIČKI OTPORNIH KONSTRUKCIJA  
Deo 1, Beograd, novembar 2009.
- [4] Eurocode 0: Basis of structural design  
July, 2001



**Tihomir Đokić** rođen je u Zenici 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo –Betonke konstrukcije odbranio je 2014.god.





**GRAĐEVINSKO POSLOVANJE I REGULATIVA – UPOREDNA ANALIZA FIDIK  
USLOVA UGOVARANJA I PRAVNE REGULATIVE U CRNOJ GORI**

**CONSTRUCTION MANAGEMENT AND REGULATIONS - COMPARATIVE ANALYSIS  
OF FIDIC CONTRACTS AND LEGAL REGULATIONS IN MONTENEGRO**

Ivan Kojović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – *Ovaj rad objašnjava razlike između FIDIC uslova ugovaranja i pravne regulative u Crnoj Gori.*

**Abstract** – *This paper explains differences between the FIDIC conditions of contract and legal regulations in Montenegro.*

**Ključne reči:** *Građevinska regulativa, FIDIC*

**1. UVOD**

Rijetko je neko područje privrednog djelovanja dostiglo tako visok stepen ugovorne regulacije kao što je to slučaj sa građevinarstvom. Dugotrajan i promjenljiv proces realizacije projekata osnovni je krivac za razvoj regulative u tom obimu.

Element promjenljivosti u tom odnosu ima ključnu ulogu. Mnogi instituti ugovora o građenju idu upravo za time da se predvide i regulišu situacije gdje se mogu javiti promjene odnosa između učesnika.

Većina takvih situacija je unaprijed poznata tj. mogu se predvidjeti ali se ne moraju dogoditi, kao npr. promjene projekata, naknadni radovi, nepredviđeni radovi, promjene cijena, otklanjanje nedostataka i dr. Ugovori o građenju stoga nastoje predvidjeti veliki broj bitnih, a vrlo različitih promjena ugovornog odnosa.

FIDIC-ovi opšti uslovi su doživeli široku primenu u građevinarstvu širom sveta. Oni su popunili brojne praznine u ovoj oblasti na relaciji međunarodnih pravnih i ekonomskih odnosa. Zahvaljujući ovim opštim uslovima, investiciono građevinarstvo je dostiglo visok stepen internacionalizacije i standardizacije. Jasno formulisani tipski dokumenti i mnoštvo praktičnih uputstava za njihovu primenu, osnovni su razlozi za popularnost i široku primenu FIDIC-ovih opštih uslova. Zato imaju poseban status u strukturi zakonskih propisa i drugih ugovornih podloga koji uređuju ugovore o građenju.

Sa druge strane tradiconalan pristup u građevinarstvu kod nas temeljen uglavnom na „Posebnim uzansama o građenju“. Veći privredni sistemi interno su formirali forme ugovora koje su predstavljale varijacije na temu Uzansi ali je njihov značajni razvoj i eventualna formalizacija prekinuta novonastalom političko ekonomskom situacijom na prostoru bivše SFRJ.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Erika Malešević, red.prof.**

Imajući u vidu masovnost primjene FIDIC-a u svijetu ovaj rad ima za cilj približiti tu ugovornu formu svim učesnicima u investiciji te je uporednom analizom sa do sad primjenjivanim regulativama u Crnoj Gori detaljnije objasniti.

**2. PLAĆANJE – PRIVREMENA I  
OKONČANA SITUACIJA**

**Uslovi ugovaranja za građevinske radove ( Opšti  
Uslovi – Crvena knjiga ) izdanje 1999.godina**

**14.7 Isplata**

Investitor isplaćuje Izvođaču:

a) prvu ratu avansa u roku od 42 dana od izdavanja Potvrde o prihvatanju ili u roku od 21 dana od prijema dokumenata u skladu sa tačkom 4.2 (Garancija za valjano izvršenje posla) i tačkom 14.2 (Avans), zavisno od toga koji je događaj kasniji,

b) iznos potvrđen u svakoj privremenoj situaciji u roku od 56 dana nakon što Nadzorni organ primi Obračun sa pratećom dokumentacijom i

c) iznos potvrđen Konačnom situacijom u roku od 56 dana nakon što Nadzorni organ primi konačnu situaciju.

Isplata dospjelih iznosa u svakoj valuti vrši se na bankovni račun koji navede Izvođač u zemlji plaćanja (za dogovarajuću valutu) koja je naznačena u Ugovoru.

**Posebne uzanse o građenju ("Službeni list SFRJ",  
br. 18/77 od 1.4.1977. godine.)**

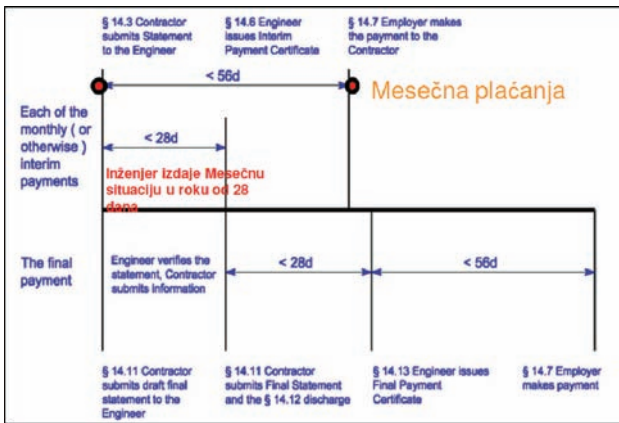
**Član 63.**

Na osnovu privremene situacije isplata se vrši u roku od 8 dana od dana prijema privremene situacije, a na osnovu okončane situacije - u roku od 15 dana od dana prijema okončane situacije.

Ako Investitor ospori deo primljene situacije, nesporni iznos plaća u roku iz stava 1. ove uzanse.

Komentar :

S obzirom na kompleksnije administriranje ugovorima o građenju na osnovu FIDIC formi plaćanje privremenih situacija odigrava se znatno kasnije u odnosu na Posebne uzanse o građenju. Ovom je znatno doprinio i razvoj bankarskog sistema u svijetu te se vraćamo na činjenicu o vremenskoj razlici nastajanja FIDIC-a i PUG.



Slika 1 Redosled događaja kod plaćanja prema FIDIC-u

Kao uslov za plaćanje privremenih i okončanih situacija nameće se Garancija za dobro izvršenje posla. Izvođač predaje Inženjer/Nadzornom organu obračun sa pratećom dokumentacijom uglavnom zadnjeg dana za tekući obračunski period/mjesec. Inženjer koristi najviše 28 dana za izdavanje Situacije Investitoru. Posebnim uslovima propisuje se i minimalni iznos mjesečnog računa i ovo je tačka na koju ozbiljno treba obratiti pažnju s obzirom da Izvođač može samom tehnologijom izvođenja radova biti uslovljen na manji iznos Situacije. Ako pojasnimo činjenicu da i Investitor sebi za pravo uzima još 28 dana do izvršenja plaćanja to u zbiru daje 56 dana za normalno procesuiranje Situacije. Ukoliko se limit iz Posebnih uslova ne prebaci može se desiti da Izvođač čeka 112 dana do prve uplate. Kod okončane situacije rok za plaćanje od strane investitora je 56 dana što znači da je rok za isplatu okončane situacije 84 dana od dana izdavanja Obračuna. Ne rijetko se Investitor odluči da poveća broj dana za isplatu privremene situacije sa 28 na 56 dana. U Posebnim uslovima uglavnom se predloži Izvođaču da uz procenat kamate od 3% ipak isplati Izvođaču Situaciju u roku od 28 dana. Uz procenat od ugovorne vrijednosti koji se izdaje za razna osiguranja tenderske forme mogu striktno da fiksiraju popuste od 5% što se mora dobro uzeti u razmatranje prilikom formiranja ponude od strane Izvođača.

### 3. PLAĆANJE – RAZDUŽIVANJE AVANSA

#### Uslovi ugovaranja za građevinske radove ( Opšti Uslovi – Crvena knjiga ) izdanje 1999.godina

##### 14.2 Avansne uplate

Kada Izvođač dostavi garanciju u skladu sa ovom tačkom, Investitor isplaćuje avans u vidu besamatne pozajmice za pripreme radove i podršku novčanim tokovima. Ukupan iznos avansa, broj i termine za isplatu rata (ako ima više rata) i odgovarajuće valute i njihove razmjere su u skladu sa Ugovorom.

Ova tačka se ne primjenjuje sve dok Investitor ne dobije garanciju, ili ako ukupni iznos avansa nije naveden u Ugovornim podacima.

Nadzorni organ izdaje privremenu situaciju za prvu ratu nakon prijema Obračuna iz tačke 14.3 (Zahtjev za privremenu situaciju) i nakon što Investitor dobije (i)

Garanciju za valjano izvršenje posla u skladu sa Članom 4.2 (Garancija za valjano izvršenje posla) i (ii) garanciju u iznosima i valutama koje su ekvivalentne avansnom iznosu.

Ovu garanciju izdaje pravno lice iz države (ili druge nadležnosti) koju odobri Investitor i to na formatu datom u prilogu Posebnih uslova ili u nekom drugom obliku koji odobri Investitor.

Izvođač je dužan da se postara o tome da garancija bude važeća i primjenljiva sve do momenta vraćanja avansa, s tim što se iznos garancije postepeno umanjuje za iznos koji je Izvođač vratio, kako je naznačeno u situacijama.

Ukoliko je u uslovima garancije naveden datum isteka, a avans ne bude vraćen 28 dana prije datuma prestanka važenja, Izvođač produžava rok važenja garancije do otplate avansa.

Avans se otplaćuje kroz procentualne odbitke u situacijama. Ukoliko u Ugovornim podacima nijesu navedeni neki drugi procenti:

a) sa odbicima se počinje u situaciji u kojoj ukupan iznos svih potvrđenih privremenih situacija (ne računajući avans i odbitke i otplatu depozita) prelazi 10% od Prihvaćene ugovorne cijene umanjene za Privremene sume i

b) odbijanje se vrši prema stopi amortizacije u visini od jedne četvrtine (25%) iznosa svake situacije (ne računajući avans i odbitke i otplatu garantnih depozita) u valutama i prema kur-sevima izvršene avansne uplate, sve dok avans ne bude u cjelini otplaćen.

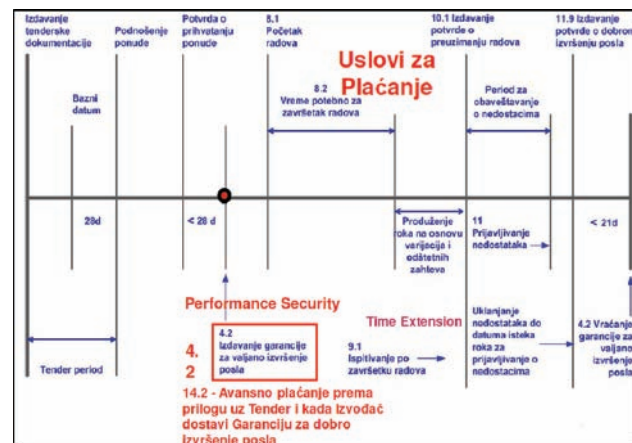
Ukoliko avans ne bude vraćen do izdavanja Potvrde o preuzimanju radova, ili do momenta raskida Ugovora, shodno tački 15 (Raskid od strane Investitora), tački 16 (Obustava i raskid Ugovora od strane Izvođača) ili tačke 19 (Viša sila) (zavisno od slučaja), neotplaćeni iznos postaje odmah plativ Investitoru od strane Izvođača.

#### Posebne uzanse o građenju ("Službeni list SFRJ", br. 18/77 od 1.4.1977. godine.)

##### 60. Obračunavanje avansa

Izvođač počinje da vraća primljeni avans kad novčani iznos ispostavljenih privremenih situacija dostigne visinu od 50% od ugovorene cene.

Primljeni avans vraća se sukcesivno srazmerno primljenom avansu i vrednosti ugovorenih a neizvršenih radova.



Slika 2 Redosled događaja prema FIDIC-u i trenutak koji definiše avansno plaćanje

Komentar :

Problematika poglavlja koje je označeno kao plaćanje u FIDIC-u je detaljno razmatrano što je i logičan slijed događaja kada se uzme da su naručioci ovih ugovornih formi upravo banke. Posebne uzanse o građenju predlažu da se novčani iznos koji se Izvođaču uplati u vidu avansnih sredstava otplaćuje tek posle polovine realizacije ugovorne sume. Algoritam primanja/vraćanja avansnih sredstava po FIDIC-u predstavljen je dijagramom na slici 2.(Redosled događaja prema FIDIC-u i trenutak koji definiše avansno plaćanje). Ključan trenutak je da anavna sredstva na račun Investitora bivaju uplaćena tek po izdavanju garancije za avansna sredstva. Sama forma garancije uvijek se definiše Dodatkom posebnih uslova. Investitoru insistira na tekstu garancije koju je on preporučio pa se izdavanje ovakve garancije sa strane banke svodi na puko popunjavanje formulara. Nije rijetko da Investitor odbija da prihvati garanciju izdatu od domaćih banaka. Početak vraćanja avansa je po preporukama čim se pređe sa 10 % realizacije ugovorne vrijednosti.

#### 4. ZAKLJUČAK

Uzevši u obzir vrijeme nastajanja Posebnih uzansi o građenju koju nam u ovom radu predstavljaju temelj naše ugovorne forme sa jedne strane i FIDIC-ove regulative sa druge strane teško je ne uočiti savremeniji pristup FIDIC-a. FIDIC je pratio razvoj bankarstva jer je on u velikoj mjeri formiran od strane takvih organizacija u cilju povećanja bezbjednosti njihovih investicija. Uzanse su dugim korišćenjem stvorile prepoznatljivu atmosferu u našem građevinarstvu kada je u pitanju plaćanje. Ovaj trend donekle je poremećen uključivanjem FIDIC-a kroz infrastrukturne projekte gdje se kao noviteti javlja veći broj bankraskih garancija i obimnija procedura kod plaćanja. Ovo je navelo naše građevinare da osavremene svoj pristup ugovorima, edukuju kadar i prilagode poslovanje firmi povećanom roku za plaćanje, a sve to kroz ozbiljniji pristup tenderima te povjeravanjem ovakvih poslova stručnim timovima sačinjenim od inženjera, pravnika, ekonomista itd.

#### 5. LITERATURA

- [1] FIDIC, „Uslovi ugovaranja za građevinske radove“, drugo ponovljeno izdanje (prevod), izdavač MACE doo Podgorica, Crna gora
- [2] FIDIC, „Uslovi ugovaranja za građevinske radove“ – Dio II Smjernice za pripremu posebnih uslova, drugo ponovljeno izdanje (prevod), izdavač MACE doo Podgorica, Crna Gora
- [3] FIDIC, „Uslovi ugovaranja za postrojenja i projektovanje – izgradnju“, prvo izdanje 1999 (prevod), izdavač MACE doo Podgorica, Crna Gora
- [4] FIDIC, „Kratka forma ugovora“, prvo izdanje 1999 prevod, Izdavač MACE doo Podgorica, Crna Gora
- [5] FIDIC, „Model ugovora o pružanju usluga između Investitora i Konsultanta“, četvrto izdanje 2006 prevod, izdavač Mace doo Podgorica, Crna Gora
- [6] Branislav Ivković, Željko Popović, „Upravljanje projektima u građevinarstvu“, treće izmjenjeno i dopunjeno izdanje, izdavač Građevinska knjiga, Beograd 2005.
- [7] Željko Popović, „Odštetni zahtjevi u Građevinarstvu“, izdavač Građevinska knjiga, Beograd 2010
- [8] Predavanje ACES/MACE – FIDIC Ugovori / Primjena na projektima, novembar 2013.
- [9] Posebne uzanse o građenju, "Službenom listu SFRJ", br. 18/77 od 1.4.1977. godine
- [10] Zbornik radova – Hrvatske komore Inženjera elektrotehnike 5/2012
- [11] Zakoni i pravilnici RCG

#### Kratka biografija:



**Ivan Kojić** rođen je u Kotoru 1986. godine. Diplomski – bachelor rad odbranio je na Fakultetu tehničkih nauka na Departmanu za građevinarstvu u novembru 2011.godine. Nakon toga aktivno učestvuje u izgradnji projekata zbrinjavanja otpadnih voda i kanalizacionih sistema u Crnoj Gori, finansiranih od strane EBR. Diplomski – master rad na Departmanu za građevinarstvo i geodeziju odbranio je 2014.godine.

**ПРОЦЕНА СТАЊА, САНАЦИЈА И ОЈАЧАЊЕ СТАМБЕНО-ПОСЛОВНОГ ОБЈЕКТА  
У БАЊА ЛУЦИ****ASSESSMENT, REHABILITATION AND STRENGTHENING OF RESIDENTIAL AND  
COMMERCIAL BUILDING IN BANJA LUKA**

Јадранка Поповић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – Овај рад обухвата кратак опис свих активности које је потребно спровести да би се један недовршени објекат, завршио и испунио важеће прописе из области енергетске ефикасности, бетонских конструкција и асеизмичког пројектовања. Теоријски дио рада се односи на енергетску ефикасност у зградарству. Стручни дио рада се састоји из процјене стања, контролног прорачуна, енергетске санације, конструкцијске и неконструкцијске санације објекта у Бања Луци. Процена стања АБ конструкције објекта је урађена на основу резултата детаљног визуелног прегледа и провере квалитета бетона. На основу контролног статичког и динамичког прорачуна, у коме су унети подаци о стварном квалитету бетона, дефинисани су елементи на којима се мора урадити конструкцијска санација. Такође су предложени и поступци за санацију уочених дефеката и оштећења и урађен је елаборат енергетске ефикасности зграде.

**Abstract** – This paper encompasses a brief description of all activities that have to be undertaken to finish an building. Requires from applicable regulations in the field of energy efficiency, concrete structures and seismic design have to be fulfilled also. The theoretical part of this paper is related to energy efficiency of building. Professional part of paper consists of assessment, control structural calculation, energy rehabilitation, structural and non-structural repair of building in Banja Luka. The assessment of RC structures was done on the bases of detailed survey and by checking quality of concrete. On the bases of control structural calculation with obtained data of concrete quality, the elements for structural repair were determined. The paper also presents repair measures for observed defects and damages. The study of the energy efficiency of analyzed buildings is done, too.

**Кључне речи:** процјена стања, визуелни преглед, контролни прорачун, санација дефеката и оштећења, конструкцијска санација, енергетски пасош зграде

**1. УВОД**

Рад се састоји из двије цјелине, теоријског и стручног дијела. Теоријски дио представља истраживачки дио са темом "Енергетска ефикасност у зградарству".

**НАПОМЕНА:**

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је била проф. др Мирјана Малешев.

Стручни дио је обухвата процјену стања постојеће конструкције објекта, Елаборат енергетске ефикасности и приједлог санације стамбено-пословног објекта спратности Су + Пр + 3 у Бања Луци.

**2. ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ У  
ЗГРАДАРСТВУ**

Ефикасна употреба енергије и њено одржавање постале су кључне теме у енергетској привреди у свијету. Одржавање и штедња енергије су изузетно значајни у грађевинској индустрији будући да су зграде један од најзначајнијих потрошача енергије. Услови за постизање енергетске ефикасности зграда у Србији се постижу према **Закону о планирању и изградњи** ("Службени Гласник РС" бр. 72/2009, 81/2009 и 24/2011) и **Правилнику о енергетској ефикасности зграда** ("Службени гласник РС бр.61/2011"). Прорачун топлотних својстава зграде врши се путем Елабората о енергетској ефикасности зграде, који је саставни дио техничке документације која се прилаже уз захтјев за издавање грађевинске дозволе или уз захтјев за издавање рјешења којим се одобрава извођење радова на адаптацији или санацији објекта, као и енергетској санацији.

Елаборат ЕЕ израђује се на основу: климатских карактеристика локације, података о локацији, података о грађевинским материјалима, података о машинској и електро опреми.

Елаборат ЕЕ садржи:

- 1) податке на основу којих се Елаборат ЕЕ израђује,
- 2) технички опис примјениених техничких мјера и рјешења у пројекту усклађених са Правилником о енергетској ефикасности зграда и то:  
функционалне и геометријске карактеристике зграде, примјениене материјале, уграђене системе, врсте извора енергије за гријање, хлађење и вентилацију, термотехничке инсталације, системе расвјете, употребу и учешће обновљивих извора енергије,
- 3) прорачуне којима се потврђује да пројектовани грађевински елементи и зграда, или дио зграде као цјелина, са припадајућим техничким системима, испуњавају захтеве Правилника о енергетској ефикасности зграда,
- 4) потребну годишњу потрошњу енергије за рад техничких система у згради (финална енергија) садржану у Табели 6.1.а - Методологија за одређивање укупне годишње потребне енергије



Прилога 6 Правилника о енергетској ефикасности зграда,

5) годишњу вријдност коришћења укупне примарне енергије садржане у Табели 6.12 - Фактори претварања за прорачунавање годишње примарне енергије за поједине врсте извора топлоте Прилога 6 Правилника о енергетској ефикасности зграда,

б) вриједности емисије CO<sub>2</sub>, прорачунате преко фактора датих у Табели 6.13 - Специфичне емисије CO<sub>2</sub> за поједине врсте енергената Прилога 6 Правилника о енергетској ефикасности зграда. **Топлотна заштита зграда** дефинише енергетска својства грађевинских елемената и конструкција. Енергетска својства представљају прорачун укупне потребне енергије за гријање и хлађење. Према Правилнику о енергетској ефикасности зграда ("Службени гласник РС бр.61/2011") концепт прорачуна топлотне заштите зграда се своди на два нивоа :

1) **први ниво** предвиђа сагледавање појединих грађевинских конструкција гдје се врши провјера параметара: коефицијент пролаза топлоте "U" за карактеристичне грађевинске конструкције у склопу термичког омотача зграде, коефицијент трансмисионог губитка топлоте "H<sub>T</sub>" (топлотни мостови), дифузија водене паре кроз карактеристичне грађ. конструкције, љетна стабилност грађ. конструкције,

2) **други ниво** предвиђа сагледавање зграде као цјелине гдје се врши провјера параметара: коефицијент вентилационих губитака "H<sub>V</sub>", специфични трансмисиони губитак топлоте "H<sub>t</sub>", укупни запремински губитак топлоте "q<sub>v</sub>".

### 3. ПРОЦЈЕНА СТАЊА СТАМБЕНО-ПОСЛОВНОГ ОБЈЕКТА

#### 3.1. Увод

Предметни објекат је објекат стамбено-пословне намјене, спратности Су + Пр + 3. Објекат се налази на углу Улице војводе Момчила и Улице браће Мараж и мајке Марије у Бања Луци. Изградња објекта је започета 2003. године, када је изведена АБ конструкција сутерена, приземља и три спрата (Слика 3.1).Остали радови на објекту никада нису завршени.

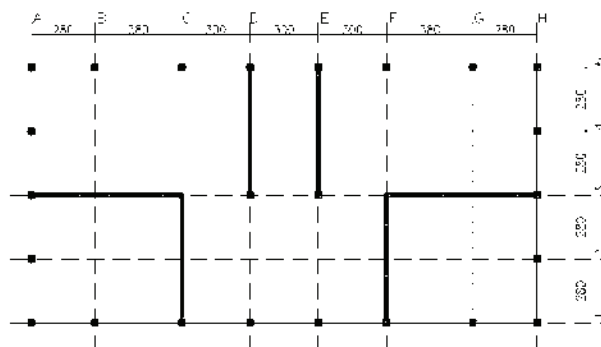


Слика 3.1. Данашњи изглед објекта, јужна страна

#### 3.2. Конструктивни систем

Конструктивни систем објекта је скелетни укрупњен зидовима (Слика 3.2). Носећу конструкцију у ветикалном правцу чине армиранобетонски стубови

димензија 40x40cm и 30x30cm и зидови дебљине 20cm постављени у два ортогонална правца. Док у хоризонталном правцу носећу конструкцију чине АБ пуне плоче дебљине 16cm директно ослоњене на стубове. Фундирање објекта је извршено на пуној АБ темељној плочи дебљине 50cm на тлу са дозвољеним напонам  $\sigma_z = 180\text{kN/m}^2$ .



Слика 3.2. Основа објекта са дефинисаним осама

#### 3.3. Детаљан визуелни преглед

Визуелни преглед обухвата систематичан рад на прегледу цијеле конструкције уз биљежење локација дефеката и оштећења. Визуелним прегледом су обуваћени сви елементи конструкције приземља, првог, другог и трећег спрата. Резултати прегледа су дати у виду фотографија дефеката и оштећења свих елемената конструкције, табеларног приказа процентуалне заступљености дефеката и оштећења стубова и зидова за укрупњење, техничких скица међуспратних конструкција и зидова за укрупњење, као и писаног извјештаја стања степеништа. Уочени дефекти су:

- бетонско гнијездо,
- сегрегација,
- недовољна дебљина заштитног слоја бетона,
- геометријска имперфекција,
- неадекватан пекид и наставак бетонирања.

Уочена оштећења су:

- растварање и испирање Ca(OH)<sub>2</sub> и таложење CaCO<sub>3</sub> на површини бетона,
- оштећење бетона услед дејства мрза,
- површинска корозија арматуре,
- биолошка корозија бетона,
- ерозија бетона услед слијевања воде,
- прелине услед пластичног скупљања бетона.

Бетонско гнијездо и сегрегација су најчешће идентификовани дефекти на вертикалним елементима конструкције (Слика 3.3).

Карактеристично оштећење АБ плоча су прелине услед пластичног скупљања бетона код којих је дошло до продора влаге и растварања и испирања Ca(OH)<sub>2</sub> и таложења CaCO<sub>3</sub> на површини бетона уз формирање сталактита (Слика 3.4).



Слика 3.3 Бетонско гнездо и сегрегација стуба



Слика 3.4 Прслине услед пластичног скупљања бетона са доње стране АБ плоче

### 3.4. Недеструктивна испитивања

Провјера квалитета уграђеног бетона извршена је недеструктивном методом испитивања - методом склерометра, на основу које се дошло до сљедећих резултата (Табела 3.1).

Табела 3.1 Резултати испитивања методом склерометра

Елементи конструкције	Марка бетона
МК изнад приземља	20
МК изнад првог спрата	25
МК изнад другог спрата	25
МК изнад трећег спрата	20
Стубови и зидови приземља	30
Стубови и зидови 1. спрата	30
Стубови и зидови 2. спрата	20
Стубови и зидови 3. спрата	40

На основу прикупљених података закључено је да је угрожена трајност АБ конструкције, док је носивост и стабилност угрожена локално за поједине елементе конструкције, па се према томе предвиђају адекватне конструкцијске и неконструкцијске санационе мјере.

## 4. ЕЛАБОРАТ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДЕ

У Елаборату енергетске ефикасности је извршен прорачун енергетских својстава зграде на основу предложеног термичког омотача. На основу укупне потребне специфичне финалне енергије за грејање закључено је да је енергетски разред предметне зграде „Б“. Прорачун је извршен према Правилнику о енергетској ефикасности зграда (“Службени гласник РС бр.61/2011”).

## 5. МОДЕЛИРАЊЕ И ПРОРАЧУН НОСЕЋЕ АБ КОНСТРУКЦИЈЕ

АБ носећа конструкција објекта моделирана је у софтверском пакету *Tower 6.0*. Прорачун је спроведен помоћу *методе коначних елемената*, који се заснива физичкој дискретизацији, те реалну конструкцију описује елементима коначних димензија. Прорачун статичких утицаја је урађен по линеарној теорији еластичности. У прорачуну су коришћени подаци о стварном квалитету бетона. Након спроведеног контролног прорачуна, установљено је да су добијене вриједности максималних експлоатационих напона услед гравитационих оптерећења у одређеном броју зидова за укрућење сутерена и приземља прекорачене. Ојачање зидова за укрућење извршено је продужавањем истих, док добијене вредности максималних експлоатационих напона услед гравитационих оптерећења не буду у границама дозвољених. Модел коришћен за прорачун након ојачања конструкције је исти као и приликом контролног прорачуна, али са ојачаним (продуженим) зидовима за укрућење. Након поновног контролног прорачуна уочена је потреба за ојачањем додатном арматуром међуспратне конструкције изнад приземља и у доњој и у горњој зони. Такође, извршена је и контрола АБ плоча на пробијање.

У поновљеном прорачуну извршено је димензионисање продужених зидова за укрућење и усвојена је потребна површина арматуре за ојачање међуспратне конструкције изнад приземља као и за обезбјеђење плоча против пробијања.

## 6. ПРИЈЕДЛОГ САНАЦИЈЕ

Санацијом су обухваћени:

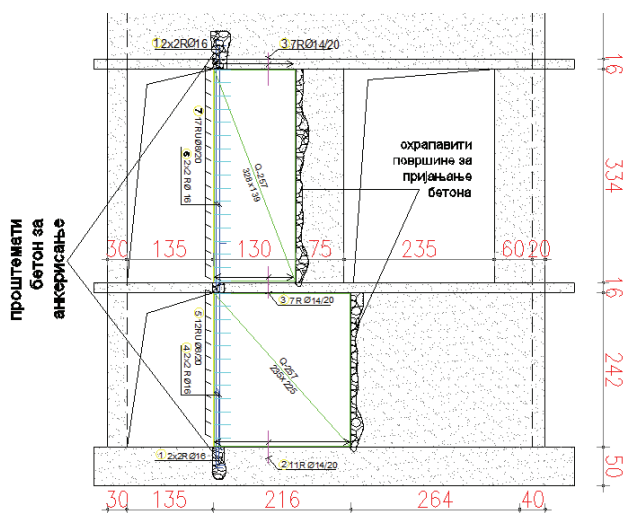
- АБ стубови,
- АБ зидови за укрућење,
- АБ међуспратне конструкције и
- АБ степениште.

### 6.1. Конструкцијска санација

Конструкцијска санација обухвата ојачање АБ зидова за укрућење продужавањем (Слика 6.1), замјену зидова за укрућење другог спрата који су доживјели потпуну деградацију, постављање додатне потребне површине арматуре у АБ плочу изнад приземља и обезбјеђење АБ плоча изнад приземља, првог и другог спрата против пробијања.

Продужавање зидова за укрућење се изводи добетонирањем дијела зида, а остваривање везе са постојећим дијелом зида се отвараје повезивањем мрежасте арматуре на преклоп, постављањем анкера за везу са АБ плочама изнад и испод и сидрењем подужне арматуре у АБ плоче изнад и испод зида. Бетонирање зидова се изводи кроз двије фазе, гдје се прво врши бетонирање половине зида кроз оплату а затим остатак кроз унапријед припремљене рупе вађењем кернова из међуспратне конструкције изнад предметног зида. Ојачање доње зоне АБ плоче изнад приземља се врши постављањем додатне површине арматуре на прорачуном предвиђеним мјестима, док

се на остатку површине плоче захтијева постављање конструктивне површине арматуре. Горња зона се ојачава убацивањем хоризонталних шипки у отворе у зидовима, који су на мјесту прорачуном предвиђених зона за додатно армирање. Ојачање се врши по кампадама које се по убацивању шипки арматуре запуњавају одговарајућим репаратурним малтером техником сувог паковања. Обезбјеђење АБ плоча против пробијања врши се повећањем попречног пресека и армирањем на мјестима гдје се јавља потреба.



Слика 6.1 Продужавање зидова за укружење добетонирањем дијела зида

## 6.2. Неконструкцијска санација

Неконструкцијска санација обухвата санацију уочених дефеката и оштећења. Основни поступци санирања су :

- уклањање слоја бетона механичким и ручним штемовањем у зони бетонског гнијезда и сегрегације,
- чишћење кородирале арматуре и одштемованих зона бетона,
- премазивање видљивих дијелова арматуре антикорозивном заштитом,
- уклањање мрља од корозије методом "сувог" пјескарења,
- пјескарење бетонских површина захваћених биолошком корозијом,
- уклањање маховине механичким путем-стругањем,
- попуњавање одштемованих зона репаратурним материјалом,
- пјескарење сачмом бетонских површина ради уклањања површинског слоја цемента код елемената оштећених услед дејства мрза,
- уклањање наслага  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и  $\text{CaCO}_3$  прањем водом под притиском,
- ињектирање статичких прслина у АБ плочама епоксидним материјалима.

Предвиђена санација се изводи у складу са техничким листовима изабраних репаратурних материјала које дају њихови произвођачи.

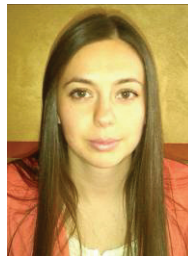
## 7. ЗАКЉУЧАК

На основу макроскопског прегледа конструкције предметног објекта, утврђено је да су угрожена трајност и функционалност објекта услед извођачких грешака које за последицу имају многобројне дефекте, као и услед оштећења, који су или последица поменутих дефеката или су настали услед незаштићености и изложености конструкције атмосферилјама. Контролним прорачуном је закључено да поједини елементи немају потребну носивост па је предложена замјена и ојачање појединих елемената конструкције. Дакле, да би се објекат успјешно завршио и пустио у експлоатацију потребно је извршити низ санационих мјера. Санација објекта је веома захтијеван и скуп низ радова, што упућује на то да је потребно посветити посебну пажњу приликом извођења и одржавања објекта.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Група аутора, *Бетон и армирани бетон*, према БАБ87, књига 1, универзитетска штампа, Београд, 2000.
- [2] Група аутора, *Бетон и армирани бетон*, према БАБ87, књига 2, универзитетска штампа, Београд, 2000.
- [3] М. Малешев, В. Радоњанин: материјал са предавања- *Процена стања и одржавање грађевинских објеката*
- [4] М. Малешев, В. Радоњанин: материјал са предавања- *Материјали и технике санације и заштите грађевинских објеката*
- [5] Група аутора: *Грађевинска физика и материјали*, Београд, 2003.
- [6] З. Брујић, материјал са предавања- *Вишеспратне зграде*
- [7] Група аутора: Правилник о енергетској ефикасности зграда ("Службени гласник РС бр.61/2011")
- [8] М.Малешев, В.Радоњанин: материјал са предавања *Услови грађевинске физике, Инжењерска комора Србије, Београд*

### Кратка биографија:



**Јадранка Поповић**, рођена је у Дервенти 1988. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области грађевинарство – модул конструкције – Процјена стања и санације бетонских конструкција, одбранила је 2014. год.



**METODOLOŠKE OSNOVE PLANIRANJA I PROJEKTOVANJA OBILAZNICA I VEZA SA GRADSKOM PUTNOM MREŽOM****METHODOLOGICAL BASES OF PLANNING AND DESIGNING THE BYPASS ROADS AND CONNECTION WITH THE CITY ROAD NETWORK**Jovo Tešić, Nebojša Radović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Osnovni cilj ovog rada je bio da se ukaže na značaj metodologije planiranja i projektovanja obilaznica i njihova veza sa gradskom putnom mrežom, a kao primjer je urađeno idejno-inženjersko rješenje jednog takvog puta. U pitanju je obilazni put oko Modriče u dužini od 8+626.263 km. Detaljno su analizirani elementi trase (situacioni plan, nivelacioni plan, poprečni profili), kolovozna konstrukcija, okvirni predmjer i predračun, tehnički opis radova. Takođe, urađena je detaljna analiza saobraćaja, propusne moći i nivoa usluge predmetne deonice.

**Abstract** – The main objective of this paperwork was to emphasize the importance of planning and designing methodology of the bypass roads and their relations with the urban road network. The conceptual design of the Modrica bypass road with length of 8+626.263 km was consider as a case study. In this paperwork the elements of the bypass road (layout, cross profile, cross sections), road construction, general Bill of Quantities and the technical description of the work were analyzed Analysis of traffic capacity and service level of the considered bypass road section is also provided.

**Ključne riječi:** Modrička obilaznica, metodologija planiranja i projektovanja, koncepcijska rješenja, kapacitet, nivo usluge

**1. UVOD**

Metodologija planiranja i projektovanja puteva (vangradskih i gradskih) predstavlja hijerarhijski uređen proces koji podrazumijeva formalizovane postupke kako bi se sa dovoljno izvjesnosti i pouzdanosti donijele potrebne odluke. Proces započinje koncepcijskim pristupom utvrđivanjem optimalnog putnog koridora, a zatim preko izbora optimalne trase puta i utvrđivanja optimalnih inženjerskih rješenja za izgradnju puta, završava se formiranjem relevantnih baza podataka o izvedenom projektu. U toku procesa planiranja i projektovanja biraju se adekvatna koncepcijska rješenja, u zavisnosti od prirode problema.

**1.1 Kategorizacija i klasifikacija javnih puteva**

Administrativna kategorizacija javnih puteva (prema Zakonu o javnim putevima Republike Srpske "Službeni

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Nebojša Radović.**

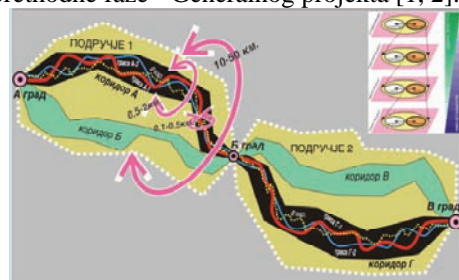
glasnik RS", broj 3/04) obuhvata puteve van naselja i puteve u naselju. Putevi van naselja su podijeljeni na: - državne puteve (u nadležnosti J.P. "Putevi Republike Srpske") - opštinske puteve (u nadležnosti lokalne samouprave). Državni putevi se zatim, zavisno od uloge u mreži, dijele na: državne puteve 1. reda i državne puteve 2. reda. Pored kategorizacije javnih puteva, od izuzetnog je značaja izvršiti njihovu funkcionalnu klasifikaciju. Prema predloženoj funkcionalnoj klasifikaciji svi javni putevi van naselja dijele se na: daljinske, vezne, sabirne i pristupne puteve. Kada su u pitanju putevi u naselju, prvo je izvršena podjela na tzv. primarnu i sekundarnu mrežu. Putevi primarne mreže su: gradski autoput, glavna gradska magistrala i gradska magistrala, dok su putevi sekundarne mreže: sabirne ulice, pristupne ulice i parkirališta.

**1.2 Tehnička dokumentacija**

Od izuzetnog značaja za proces planiranja i projektovanja puteva je izrada stratezijskih i koncepcijskih dokumenata na nivou države, gdje je za putogradnju najznačajniji – Generalni plan putne mreže. On se radi na osnovu dugoročnih planova i politike razvoja države uz uvažavanje realnih mogućnosti i ograničenja (finansijskih, prirodnih, političkih, ekoloških i sl.). Pored Generalnog plana hijerarhijski gledano slijede: Generalni projekat, Idejni projekat, Glavni projekat, Arhivski projekat. [1]

**1.3 Osnovne postavke procesa planiranja i projektovanja**

Jedan od osnovnih ciljeva procesa planiranja puteva (Generalni i Idejni projekat) jeste izbor optimalne lokacije putnog pravca iz čega proističu suštinske karakteristike puta. Problem lokacije (gdje?) javlja se kao ključni problem u svim fazama planiranja i projektovanja puteva. Na nivou Generalnog projekta potrebno je odrediti optimalni koridor u okviru definisanog područja, dok se na nivou Idejnog projekta istražuje i jednoznačno definiše optimalna trasa u usvojenom optimalnom koridoru na nivou prethodne faze - Generalnog projekta [1, 2].



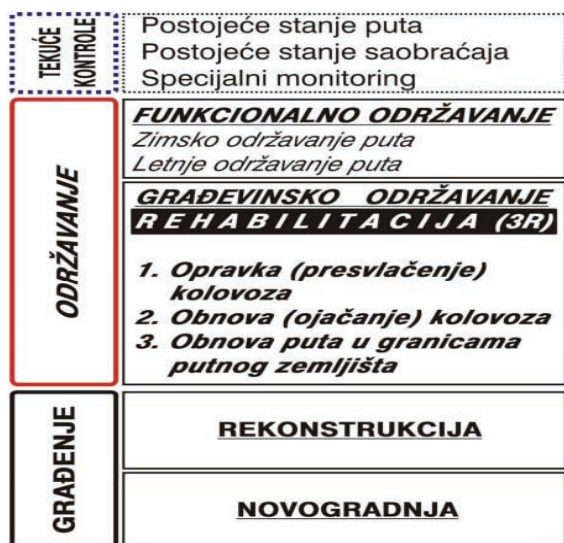
Slika 1. – Izbor optimalne lokacije u zavisnosti od faze planiranja / projektovanja puta [1]



## 1.4 Održavanje puteva

Održavanje puteva se generalno može podijeliti na dvije kategorije:

- građevinsko održavanje (rehabilitacija) i
- funkcionalno održavanje (zimsko i ljetnje).



Slika 2. – Sistematizacija pojmova u putnom inženjerstvu [2]

## 2. ODNOS GRADSKO I VANGRADSKO PUTNE MREŽE

Na kontaktu vangradske i gradske putne mreže jasno se izdvajaju dvije vrste saobraćajnih tokova:

- ciljni (izvorni) saobraćajni tokovi koji imaju određite na području grada,
- prolazni (tranzitni) saobraćajni tokovi koji nemaju određite u gradskom području.

Za ciljne tokove je neophodno obezbijediti odgovarajuće priključke i poteze gradske putne mreže dok se za prolazne tokove može smatrati da pripadaju vangradskoj putnoj deonici.

Usled nesaglasnosti vidova saobraćaja i njihovih funkcionalnih karakteristika, a prije svega razlika u brzinama kretanja koja je jedan od suštinskih uzroka ugrožene bezbjednosti saobraćaja na potezima gdje se istovremeno susreću bitno različiti vidovi saobraćajnih tokova, izdvajaju se sledeći karakteristični tipovi puteva:

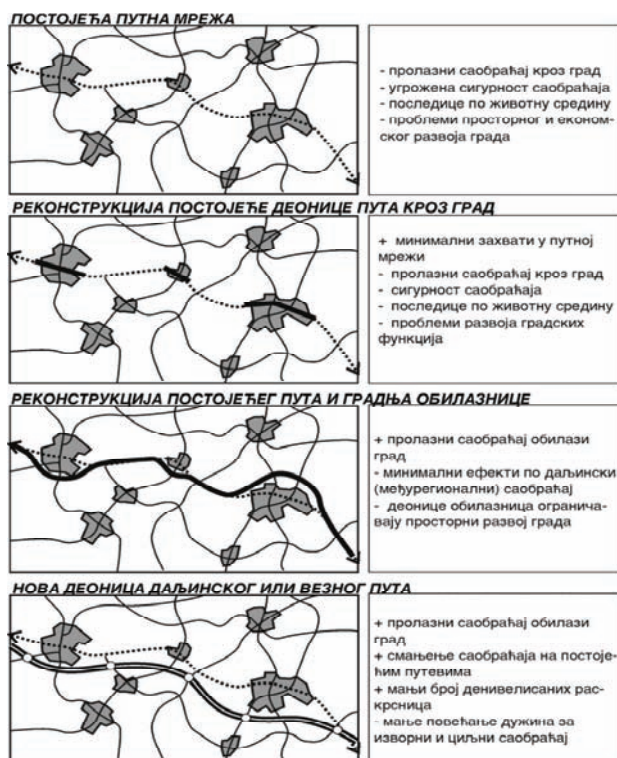
- vangradski put
- obilaznica
- prigradski put
- gradska saobraćajnica

Svaki od navedenih tipova bitno se razlikuje po funkcionalnim karakteristikama iz čega proizilaze i različiti projektantski tretmani i drugačiji nivoi prateće opreme puta [2].

## 3. KONCEPCIJSKA RJEŠENJA VANGRADSKOG PUTA (OBILAZNICE) I GRADSKOG NASELJA

Postojeća putna mreža obično prolazi kroz gradska naselja, gdje se širenjem grada formira ivična gradnja duž putne deonice opterećujući je gradskim vidovima prevoza i čestim priključivanjem urbanih sadržaja. Za razrješenje ovakvog prostorno - funkcionalnog sukoba mogu se formulisati tri konceptijske alternative:

- 1) rekonstrukcija postojeće deonice puta kroz gradsko područje podrazumijeva da prolazni saobraćaj koristi istu deonicu kao i izvorno-ciljni tokovi zajedno sa internim gradskim kretanjima.
- 2) izgradnja obilaznice je prvenstveno namijenjena prolaznom saobraćaju uz djelimično korišćenje za izvorno - ciljna kretanja u zavisnosti od lokacije priključaka te se projektuje i gradi po principima koji važe za vangradsku deonicu.
- 3) izgradnja nove deonice daljinskog ili veznog puta napušta koncept klasične obilaznice te se u suštini radi o deonici vangradskog puta na širem području grada.



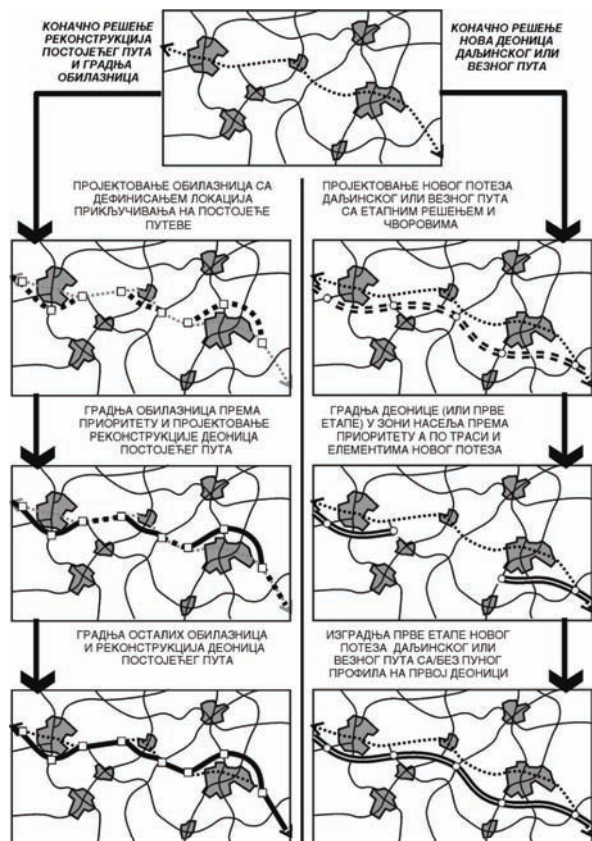
Slika 3. – Moguća konceptijska rješenja odnosa vangradskog puta i gradskog naselja [2]

Odluka o prihvatljivom konceptijskom rješenju prije svega zavisi od nivoa važnosti gradskog naselja (što je obično srazmjerno broju stanovnika grada) i funkcionalnog ranga puta u vangradskoj mreži [2].

## 4. MOGUĆNOSTI PRIMJENE ETAPNE REALIZACIJE OBILAZNIH PUTEVA

Problem razrješenja odnosa vangradski put - gradska naselje neophodno je razmatrati u logičnom nizu pojedinačnih koraka koji vode ka optimalnom rješenju. Preduslov za približavanje optimalnom rješenju je odluka koja se mora donijeti u prvom koraku (odabir odgovarajućeg konceptijskog rješenja – rekonstrukcija, gradnja obilaznice ili nova deonica). Svakako da rekonstrukcija postojeće deonice vangradskog puta koja prolazi kroz gradska naselje objektivno niti pomaže, niti odmaže u donošenju konačnog rješenja. Gradnjom obilaznice ili deonice novog daljinskog ili veznog puta rekonstruisana deonica postojećeg puta ostaje kao značajan potez u sklopu gradske putne mreže, koji pored internih gradskih kretanja, ima bitnu ulogu za izvorno -

ciljne saobraćajne tokove. Obilaznica kao koncept dolazi u obzir za primjenu samo ako je to i konačno rješenje [2].



Slika 4. – Etapna realizacija u zavisnosti od konceptijskog opredjeljenja [2]

## 5. PREDMETNI ZADATAK

Kao osnova za izradu predmetnog zadatka, obavezao nas je Plan parcelacije i urbanističko-tehnički uslovi za izradu Idejnog rješenja obilaznice oko Modriče.

Uzrok i povod za aktualiziranje izgradnje predmetne saobraćajnice proizašao je iz sledećih činjenica:  
 - Povezivanje južnog i jugoistočnog dijela grada sa primarnom putnom mrežom, odnosno veza magistralnih puteva M-14.1 i M-17.

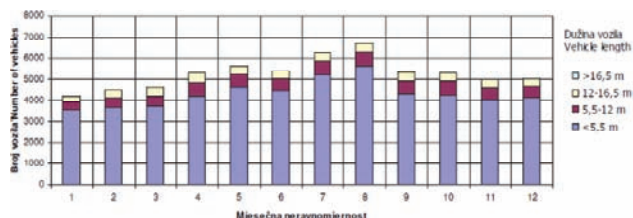
- Rješavanje postojećih problema, kojim bi se tranzitni saobraćaj izmjestio iz gradskog jezgra, što bi prvenstveno uticalo na rasterećenje primarne gradske mreže, kao i smanjenje nivoa buke i zagađenja okoline.

## 6. ANALIZA SAOBRAĆAJA

Na osnovu Brojanja vozila na mreži puteva u Republici Srpskoj, JP „Putevi Republike Srpske“ iz 2008.godine, došlo se do prosječnog godišnjeg dnevnog saobraćaja (PGDS) na deonicama oko buduće trase.

Na deonici Odžak-Modriča (M14.1.) PGDS je iznosio **2929 vozila/danu**, na deonici Modriča-Gradačac (M14.1.) PGDS je iznosio **2715 vozila/danu**, a na deonici Modriča-Šamac (M17) PGDS je iznosio **5287 vozilo/danu**.

Iako je relativno mali PGDS, razlozi za izgradnju obilaznice i izmještanja iz gradskog jezgra su višestruki: smanjena bezbjednost u saobraćaju, zagušenje saobraćajnih tokova, zagađenje okoline, pojačana buka.



Slika 5. – Mjesečne neravnomjernosti u toku godine na M-17 Modriča-Šamac [3]

Raspodjela prognoziranog saobraćaja na budućoj obilaznici, u prvoj (2015) i ciljnoj (2034) godini (Tabela1) [3]:

Godina	PGDS [voz/dan]				
	PA	BUS	TV	AV	Ukupno
2015	2339	57	255	212	2863
2034	3983	98	434	361	4875

PA – putnički automobil; BUS – autobus; TV – teretno vozilo; AV – autovoz (kamion sa prikolicom/poluprikolicom)

## 6.1 Prognozirani uslovi odvijanja saobraćaja na budućoj obilaznici

a) Prosječna eksploataciona brzina vozila u saobraćajnom toku (Tabela 2) [4]:

Godina	Ve (km/h)
2015	80
2034	75

b) Relacija tok/kapacitet iznosi (Tabela 3) [4]:

Godina	q/C (-)
2015	0,15
2034	0,30

Na osnovu prosječne eksploatacione brzine vozila i relacija tok/kapacitet, uslovi saobraćaja na obilaznici iskazani Nivoom usluge su (Tabela 4) [4]:

Godina	Nivo usluge
2015	A-B
2034	C-D

Izgradnjom obilaznice Nivo usluge na već postojećim putevima (M 14.1 i M 17) će se poboljšati na D. [4]

## 7. PRIKAZ PROJEKTNO – TEHNIČKIH ELEMENATA PREDMETNE OBILAZNICE

Za dati PGDS zaključujemo da je riječ o putu (IV) četvrtog razreda. Teren buduće saobraćajnice je ravničarski. Visinske kote terena se kreću u rasponu od oko 102 m.n.v. do oko 107 m.n.v.

Granični elementi normalnog poprečnog profila:

- širina saobraćajne trake .....3.5 m,
- širina ivične trake.....0.30 m,
- širina bankine.....1.2 m,
- širina rigole.....0,75 m,
- poprečni nagib kolovoza u pravcu.....2.5 %,
- nagib kosina.....1:2 - 1:1,5

Na trasi su projektovane tri važnije raskrsnice:

- raskrsnica sa magistralnim putem M14.1 (Modriča - Gradačac), sa kanalisanim tokovima u nivou,

- denivelisana raskrsnica sa kanalisanim tokovima, sa magistralnim putem M17,
- raskrsnica sa magistralnim putem M14.1 Modriča - Odžak, sa kanalisanim tokovima u nivou,
- kao i dvije raskrsnice sa lokalnim putevima: na spoju naselja Pustara, Trnjani i Garevac i na spoju dijelova naselja Rudine.

Na trasi se pojavljuje veći broj elemenata sa kojima se obilaznica direktno sučeljava. Takva situacija uzrokovala je postavljanje nadvožnjaka preko željezničke pruge Modriča – Gradačac u dužini od 28 m, vijadukta preko željezničke pruge Modriča – Šamac i magistralnog puta M17 Modriča – Šamac, u dužini od 84 m, te most preko rijeke Bosne 159,50 m.

Niveleta trase je položena sa izrazito malim nagibima, što je i očekivano na izrazito ravničarskim terenima kao što je predmetni lokalitet, osim na prelazu preko željezničke pruge Modriča-Gradačac, gdje niveleta prelazi prugu nagibom od 4,0%, te vijadukt preko željezničke pruge Modriča-Šamac i magistralnog puta Modriča-Šamac sa niveletom u nagibu 4,0 i 2,26%, kao i most preko rijeke Bosne gdje niveleta ide do nagiba od 2,20%, što je i u skladu sa pravilnicima za projektovanje tretiranog puta.

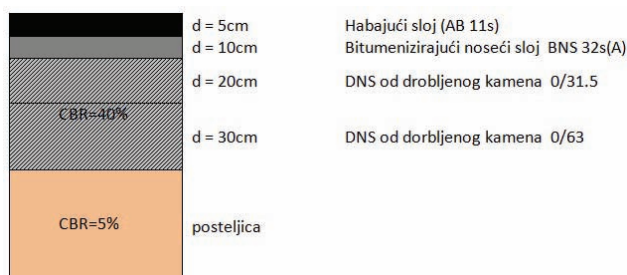
Trasa obilaznice je projektovana u nasipu visine većinom od 1,0 – 3,0 m sa nagibom kosina nasipa od 1:1,5 do 1:2, zavisno od visine nasipa. Na dijelu trase u zoni prelaza preko željezničkih pruga i magistralnog puta, visina nasipa se kreće i do 8,0 m – 9,0 m. Da bi se obezbijedila stabilnost visokih nasipa, predviđen je i zaštitni zid visine od 1,0 - 2,5 m u nožici nasipa.

### 7.1 Kolovozna konstrukcija

Dimenzionisanje kolovozne konstrukcije vršeno je prema važećem standardu SRPS U.C4.012. Nasip će se graditi od materijala III i IV kategorije tla, pa je očekivani CBR posteljice oko 5%. Donji noseći sloj (DNS) će se graditi od nevezanog kamenog materijala, a očekivani CBR je 40%.

Za ukupno saobraćajno opterećenje od 82KN u 20-o godišnjem eksploatacionom periodu, na osnovu brojanja saobraćaja, izračunato je da ono iznosi  $7.2 \times 10^6$  ESO po saobraćajnoj traci (vrlo teško saobraćajno opterećenje). S obzirom da je u planu izgradnja koridora Vc sa kojim se buduća obilaznica direktno povezuje u proračun ekvivalentnog saobraćajnog opterećenja je uključen i dodatni generisani saobraćaj koji je procijenjen na 60% od normalnog saobraćaja.

Pošto je ispunjen uslov  $S_{n_{proj}} > S_{n_{zahtevano}}$  usvojena je kolovozna konstrukcija sledećih debljina slojeva:



Slika 6. – Kolovozna konstrukcija buduće obilaznice

## 8. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada prikazana je metodologija planiranja i projektovanja obilaznica kao i analiza odnosa između gradske i vangradske putne mreže.

Na osnovu podloga regulacionog i urbanističkog plana opštine Modriča iz 2009. godine, urađeno je Idejno – inženjersko rješenje obilaznog puta oko Modriče. Takođe, izvršena je i analiza saobraćajnog opterećenja, propusne moći i nivoa usluge predmetne obilaznice.

S obzirom da je u planu izgradnja koridora Vc, sa kojim se buduća obilaznica direktno povezuje, realno je za očekivati i pojavu tzv. novostvorenog saobraćaja. Ti novi saobraćajni tokovi su još jedan razlog za opravdanost izgradnje obilaznice. Njenom izgradnjom unaprijediće se kvalitet života u gradskom i vangradskom području.

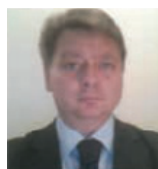
## 9. LITERATURA

- [1] Mihajlo Maletin: „Planiranje i projektovanje saobraćajnica u gradovima“, Beograd, 2009.
- [2] Mihajlo Maletin: „Planerske karakteristike puteva u područjima gradova i veza sa gradskom putnom mrežom“, Beograd, 1993.
- [3] Brojanje vozila na mreži puteva u Republici Srpskoj 2008, JP „Putevi Republike Srpske“, Banja Luka 2010.
- [4] Studija opravdanosti za izgradnju obilaznice oko Modriče, Banja Luka, 2011.

### Kratka biografija:



**Jovo Tešić** rođen je 10.12.1987. godine u Modriči, BiH. Diplomski (Master) rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, iz oblasti Građevinarstva, odbranio je 2014. godine



**Nebojša Radović** rođen je 1962. godine u Beogradu, Republika Srbija. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2006. godine, a od 2010. godine je docent na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Oblast interesovanja su putevi i saobraćajnice.





**ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА КАНАЛИЗАЦИЈЕ ПОД ПРИТИСКОМ СА  
ПРИМЕНОМ НА НАСЕЉЕ НАДАЉ**

**HYDRAULIC ANALYSIS PRESSURE SEWERAGE SYSTEM WITH APPLICATION  
TO A VILLAGE NADALJ**

Предраг Рафајловић, Факултет Техничких наука, Нови Сад

**Област –ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У раду је извршена хидрауличка анализа канализације под притиском у насељу Надаљ. Предложена је варијанта која ће задовољити тренутне и будуће потребе за канализацијом отпадних вода у насељу. Хидрауличким прорачуном, на основу предпостављеног протока, димензионисањем се дошло до оптималног цевовода и потребних пумпи које могу да савладају потребан напор.

**Abstract** – This paper presents an hydraulic analysis pressure sewerage system in a village Nadalj. It is suggested the variant that will satisfy current and future needs for channeling wastewater in the village. Hydraulic calculations, based on the requests of flow dimensioning reach optimal piping and pumps needed that can cope with the required effort.

**Кључне речи:** канализација под притиском, канализација ниског притиска, канализација отпадних вода

**1. УВОД**

Насеље Надаљ је типично равничарско, ушореног, сеоског типа са, до сада, најзаступљенијом пољопривредном производњом – ратарством, док индустријска производња није заступљена. Од непривредних делатности у насељу постоји васпитно образовна делатност, д

елатност културе, здравства и угоститељства у виду мањих угоститељских објеката.

На територији општине од водних токова налазе се канал ДТД, река Криваја и Бељанске баре.

У склопу побољшања услова живота приступа се реализацији изградње канализационог система а после и уређаја за пречишћавање отпадних вода. Просторно планским документима предвиђен је сепаратни систем канализације, односно канализација отпадних вода се гради независно од канализације атмосферских вода. Површинске воде, природни и вештачки водотокови изложени су перманентној деградацији, упуштањем отпадних индустријских и насељских вода. Зато се ове воде морају прихватити и одвести до реципијента. У насељима општине Србобран развијаће се сепарациони канализациони системи, којима ће се посебно одводити фекалне отпадне воде, а посебно атмосферске отпадне воде.

**НАПОМЕНА:**

**Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био доц. др Матија Стипић.**

**2. НАЧИНИ КАНАЛИСАЊА ОТПАДНИХ ВОДА**

Савремена грађевинска пракса у изградњи канализације познаје неколико основних варијанти решења и начина одвођења отпадних вода из насељених места.

Постоје, у основи, три варијантна решења код одвођења отпадних вода а то су:

- Одвођење отпадних вода са слободним течењем у канализационим колекторима, као и примена црпних станица за савлађивање великох дубина укопавања и ``лифтовања`` отпадне воде
- Одвођење отпадних вода са периодичним течењем, стварањем вакума (притисак у цевоводу је мањи од атмосферског) помоћу вакум црпних станица
- Одвођење отпадних вода са периодичним течењем, под притиском (притисак у цевоводу је већи од атмосферског) са великим бројем црпних станица и дугачким потисним водовима.

**3. ПОРЕЂЕЊЕ И КОНАЧАН ИЗБОР НАЧИНА КАНАЛИСАЊА ОТПАДНИХ ВОДА**

Канализација отпадних вода слободним течењем (гравитациона канализација) је најчешћи и најраспрострањенији начин на нашем подручју. Цевовод је потребно поставити под одређеним падом по дужини цевовода како би се обезбедила самочишћујућа брзина како се не би догодила појава таложених суспендованих материја. У равничарским местима, какво је насеље Надаљ, долазимо до великих дубина укопавања цеви што директно утиче на цену и једноставност радова. Цевовод мора да пролази испод свих постојећих инсталација јер не постоји могућност обиласка препреке у вертикалном правцу. Код примене гравитационе канализације потребна је велика ширина и дубина рова, неопходно је обезбеђење рова у широком ископу, велики број контролних објеката – ревизиони шахтови, могућност инфилтрације подземних вода која доводи до смањења ефекта самочишћења, могуће је утицање отровних и експлозивних материја у цевовод, систем је сложен па су повећани експлоатациони трошкови.

Што се тиче вакумске канализације она је код нас, као и канализација под притиском, слабо заступљена. Користе се цеви мањих пречника у односу на гравитациону канализацију, мањи ровови за полагање цевовода, већи инвестициони трошкови, постоји



опасност утицања отровних и експлозивних материја у цевовод, осетљивост на распоред испусних вентила, велика осетљивост на нечистоће из фекалних вода, сложена технологија изградње, потребно је прецизно монтирати цевовод, велика цена вакумских вентила.

Код система под притиском користе се мали пречници цеви од 32 mm до 100 mm, мањи су ровови јер нема потребе за подужним падом цеви тако да цев прати топографију терена, користе се и ужи и плићи ровови тако да су и рад и опрема сведени на минимум, нема потребе за ревизионим шахтовима, нема улива страних вода што доводи до мањег капацитета УПОВ-а, економичан је (по урађеним анализама у САД-у укупни трошкови могу да буду и до 50% мањи неко год гравитационог система). Недостатак овог система је у повећаном сервису опреме (велик број пумпи), трошковима електричне енергије који су заиста толико мали на годишњем нивоу да се могу занемарити, оперативни и логистички проблеми као што је прилаз приватним кућама и копање и опрема у двориштима.

На крају да закључимо да канализација под притиском обезбеђује:

- прикључење свих објеката у месту
- прикључење више мањих места на заједнички УПОВ
- ефикаснију и бржу изградњу при високим подземним водама
- повећава могућност учешћа становништва у реализацији пројекта прикључења канализације и могућност решења прикључења канализације на плацу власника објекта
- Повећање заштите подземних вода у заштићеним зонама
- Смањење трошкова за земљане радове при заједничком постављању са гасоводом и водоводом
- Могућност накнадног ширења мреже на плацеве и повећање броја корисника фекалне канализације

Избор начина канализације отпадних вода зависи од следећих услова:

- просторни распоред насеља и дужина канализационе мреже
- степен изграђености и одрживости отворене каналске мреже за евакуацију атмосферских вода као и снижење подземних вода
- састав тла у зони изградње као и ниво подземних вода
- ширина регулације улица са изграђеношћу инсталација и остале инфраструктуре
- положај важних саобраћајница и услови изградње цевовода у њиховој зони
- етапност изградње канализације у насељу
- цена коштања изградње као и трошкови експлоатације
- искуства са изграђеном канализацијом код нас као и технике одржавања и санације хаварија.

У насељу, основну стамбену зону чине главне улице ширине регулације до 30 m. Са обе стране је максимална изграђеност са тротоарима, обостраним

путним јарковима, зеленилом, ТТ инсталацијама, гасоводом, водоводом и ваздушним електро напоном. Због све ове постојеће инфраструктуре при копању ровова ће се наићи на велики број препрека. Вредност основне канализационе цеви је највећи је код гравитационе канализације па код вакумске и на крају потисне. Дубина ископа је најмања код потисне канализације. Ради контроле и одржавања код гравитационе канализације се на сваких 160 пута D постављају ревизиони шахтови, док код друга два начина канализације нема потребе за тим. Узимајућу у обзир све претходно речено, паралелним поређењем битних карактеристика сва три типа канализација могуће је извршити избор начина којим би се кренуло у хидраулички прорачун и димензионисање мреже. На основу свега претходно написаног одлучено је да се проблем канализације отпадних вода у насељу Надаљ реши **канализационим системом под притиском.**

#### 4. ОПИС РЕШЕЊА

Канализација ниског притиска састоји се од:

- мреже нископритисне канализације (цевовод)

- појединачне фекалне кућне црпне станице, у даљем тексту ц.с.

Целокупна мрежа ниског притиска је усаглашена са карактеристикама пумпних агрегата изабраних за постављање у ц.с. Исправно функционисање целог система одвођења отпадних вода из насеља условљено је радним параметрима пумпних агрегата изабраних за постављање у ц.с.

Предмет анализе је избор пумпних агрегата за ц.с. и усвајање пречника цевовода како би се при срачунатим падовима притиска обезбедиле минималне брзине у цевима и тако обезбедио исправан рад целог система.

##### Цеви

Цевоводне инсталације су урађене од цеви PE 100 класе SDR 11 и PN 16

**Минимални нагиб цеви** у канализацији одређен је 0,5 ‰ из разлога да се избегне превелики број баздушних вентила ако би се пратила линија терена. На деоницама са конта падом је обавезно постављање ваздушних вентила

Апсолутна рапавост цеви која је кориштена у прорачуну је 0,1 mm.

**Минимални пречник** цеви је Ø32. То је допуштена минимална вредност пречника цеви за пумпе са сецкалицом .

##### Минимално укопавање цеви

Како је стандардом допуштено да се чак у истом рову могу наћи водоводна и цеви нископритисне канализације минимална дубина укопавања је усвојена 1,15 m.

**Максимална дубина укопавања цевовода** представља веома чест ограничавајући фактор и представља техничко-економску категорију. Зависи углавном од карактеристика тла, нивоа подземне воде и ширине уличног профила. Имајући у виду карактеристике терена, вредност минималног пада цеви као и економску страну, максимална дубина укопавања је усвојена 1,8 m.

## Кућне црпне станице

Предвиђено је да се за свако домаћинство, односно јавну установу, угради кућна црпна станица типа ABS Synconta 801 (слика бр 1), која се састоји од специјално конструисаног пластичног шахта димензија Ø800 и висине 1420 mm. Шахт има предвиђене улазе за доводни и потисни цевовод као и улазе за електро кабал, кабал за сонде и вентилацију. Синтетички је, отпоран на корозију у скаладу са европским нормама EN 12050-1. Стандардно се испоручује са пластичним поклопцем, постољем, комплет потисним цевоводом који укључује и неповратни лоптасти вентил и запорни вентил.

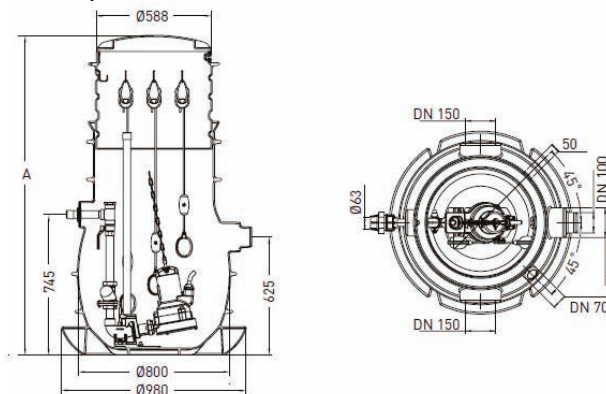
Пумпа, систем за контролу нивоа и управљачки електро ормар у овом случају се испоручују заједно са шахтом и за такав комплет ће бити исказана и цена.

Капацитет шахта је 460 l, тежина 65 kg (DN 32) без пумпе. Шахт се смешта унутар регулационе линије на одстојању од 3 m, а управљачки електро ормар на растојању од 2 m од шахта.

Кота поклопца шахта је мало уздигнута од нивоа земљишта да би се спречило сливање атмосферских вода у шахт иако је обезбеђена добра заптивеност између шахта и поклопца.

У случају да се шахт поставља у траси колског улаза и да преко њега прелазе возила, ради се бетонска плоча у горњој зони шахта која ће примити оптерећење од саобраћаја.

Могуће је шахт извести и даље од регулационе линије али се не препоручује због контроле и одржавања пумпе и опреме.



A - минимална висина 1420 mm, максимална висина 2245 mm са продужетком

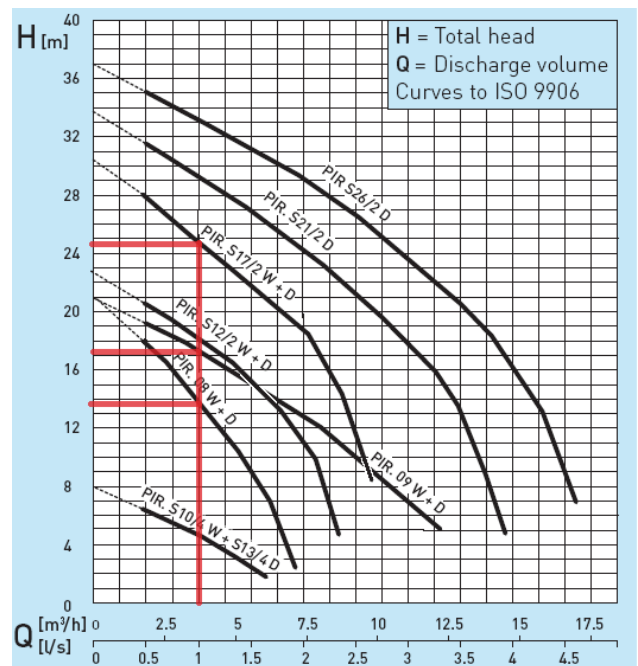
Слика бр 1: шахт Synconta 801

У шахт се уграђују пумпе типа PIRANHA. Пумпа се испоручује у комплекту са адекватним пластичним шахтом, смештена је на дну шахта а на потису, који је DN 32, постављени су специјални кугласти неповратни вентил за отпадне воде и сервисни затварач.

Урађене анализе су показале да је потребно у Ц.С. уградити три типа пумпних агрегата PIRANHA 08, 09 и S17.

Карактеристике пумпе дате су на слици br. 2.

Пумпе типа PIRANHA 09 треба да се поставе на деоницама, пумпе типа PIRANHA S12 на деоницама а насвим осталим деоницама пумпе типа PIRANHA 08.



Слика бр 2: Карактеристике пумпи

Произвођач даје гаранцију од 20 година на ефекат самочишћења.

## 5. ХИДРАУЛИЧКИ ПРОРАЧУН

У прорачун се улази одређивањем меродавног броја домаћинстава у насељу. По последњем попису становништва из 2011.год. Надаљ има 705 домаћинстава. Број меродавних домаћинстава је одређен на основу података из катастра, месне заједнице и пописа становништва. У прорачун се улази са постојећим и планираним бројем домаћинстава који износи 728. Просечан број становника по домаћинству износи 2,8. За прорачун се узима 3 особе по домаћинству – пумпи.

У насељу има мање од 5000 становника тако је усвојена специфична количина отпадне воде  $Q_{sr,dn} = 150 \text{ l/st*dan}$ .

Из разлога да не би дошло до предимензионасања цевовода, цевоводна мрежа у насељу је подељена на два независна дела. Разлог за ово је и регионални пут који пролази кроз насеље и дели га на два дела тако да је према томе извршена и подела насеља на два дела, северни и јужни. Северни део има 380 домаћинстава а јужни део 348 домаћинстава. Према овим подацима извршиће се хидраулички прорачун оба дела насеља.

Обе канализационе мреже имају исту завршну тачку која се налази изван насеља према насељу Турија са леве стране регионално пута.

Пошто се насеље налази на равничарском подручју узета су у обзир нека поједностављена прорачуна која су допуштена стандардом.

- сви шахтови су на истој коти, тј. најнижи ниво воде у шахту је једнак за све пумпе и износи 80,25 mm

- сви кућни цевоводи су исте дужине,  $L=10 \text{ m}$  линијски губици на тим кућним цевоводима нису узети у обзир

- локални губици на дугачким цевоводима рачунају се као 10% од вредности линијских губитака.

Губици енергије у цевоводу рачунати су према формули:

$$H = \frac{v^2}{2g} \left( \lambda \frac{L}{D} + \Sigma \xi \right)$$

$$\lambda = 0,115 \left( \frac{k}{D} + \frac{60}{Re} \right)^{1/4}$$

$$Re = \frac{vD}{\nu}$$

Где је:

- H - изгубљена енергетска висина (m)
- D - пречник цеви (m)
- L - дужина цеви (m)
- v - брзина у цеви (m/s)
- g - гравитациона константа (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- λ - коефицијент отпора
- Re - Reynolds-ов број
- k - апсолутна рапавост (0,1 mm)
- ν - кинематски вискозитет флуида (1,31 × 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s за температуру 10 °C)
- Σξ - сума локалних губитака на цевоводу (по произвођачу узима се 4 за Ц.С.)

Висина цеви на испусту је 79,64 mm, тако да геодетска разлика нивоа између цеви на испусту и нивоа воде у шахту (80,25 mm) износи H = -0,61 m. Пад енергије од усиса у Ц.С. до уличног цевовода износи H = 0,72 m (без линијских губитака, L = 10 m, Σξ = 4).

#### Северни део

Меродавни подаци:

- H<sub>geo</sub> = -0,61 m
- H<sub>p</sub> = 0,72 m - губитак енергије у Ц.С.
- 380 домаћинстава
- Q<sub>sr,dn</sub> = 150 l/st\*дан
- Q<sub>p</sub> = 1,0 l/s

#### Теорија вероватноће северног дела

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{25}{1} = 25 \text{ s}$$

време пумпања једне запремине шахта

$$t' = \frac{Q * n}{V} = \frac{150 * 3}{25} * 24 * 3600 = 4800 \text{ s}$$

време између два паљења пумпе

$$p = \frac{t}{t'} = \frac{25}{4800} = 0,0052$$

вероватноћа за време рада једне пумпе у току дана

$$P = \frac{N!}{r!(N-r)!} p^r (1-p)^{N-r}$$

Процент од 0,01% је да ће више од 8 пумпи радити у исто време. Тако се за максималан број, које ће радити истовремено у северном делу насеља, узима 8 пумпи.

На деоницама 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10 постављају се пумпе PIRANHA 09, а на осталим деоницама пумпе PIRANHA 08.

#### Јужни део

Меродавни подаци:

- H<sub>geo</sub> = -0,61 m
- H<sub>p</sub> = 0,72 m - губитак енергије у Ц.С.
- 348 домаћинстава
- Q<sub>sr,dn</sub> = 150 l/st\*дан
- Q<sub>p</sub> = 1,0 l/s

#### Теорија вероватноће јужног дела

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{25}{1} = 25 \text{ s}$$

време пумпања једне запремине шахта

$$t' = \frac{Q * n}{V} = \frac{150 * 3}{25} * 24 * 3600 = 4800 \text{ s}$$

време између два паљења пумпе

$$p = \frac{t}{t'} = \frac{25}{4800} = 0,0052$$

вероватноћа за време рада једне пумпе у току дана

$$P = \frac{N!}{r!(N-r)!} p^r (1-p)^{N-r}$$

Процент од 0,01% је да ће више од 8 пумпи радити у исто време. Тако се за максималан број, које ће радити истовремено у северном делу насеља, узима 8 пумпи.

На деоницама 48, 49, 50, 51, 52 и 53 постављају се пумпе PIRANHA S17, на деоницама 55, 56, 57, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70 и 71 постављају се пумпе PIRANHA S09 а на осталим деоницама пумпе PIRANHA 08.

## 6. ЗАКЉУЧАК

На основу претпостављеног протока пумпи у кућним црпним станицама димензионисана је цевоводна мрежа и одабрани пумпни агрегати који могу да савладају прорачунате напоре. У раду је недвосмислено показано да су задовољени сви захтеви постављени у пројектном задатку. Хидрауличком анализом је показано да је извршен добар избор пумпних агрегата који ће оптималним брзинама транспортовати отпадну воду. Прерачуном радова доказано је да је овакав начин транспортовања отпадне воде економичнији од гравитационог система.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

1. Просторни план општине Србобран, ЈП Завод за урбанизам Војводине, Нови Сад 2012
2. Идејни пројекат канализационе мреже употребљених вода насеља Надаљ, проф др. С. Колаковић, Т. Н. Томић, Нови Сад 2009
3. Стандард DWA-A 116-2E Специјални канализациони системи, 2. део Канализациони систем под притиском изван објеката, група аутора, DWA 2007
4. Вакумски систем канализације употребљених вода, Чаба Шанта, Gergely Fabry, ауторизовани текст 2006
5. [www.absgroup.com](http://www.absgroup.com)
6. [www.sulzer.com](http://www.sulzer.com)
7. [www.pestan.net](http://www.pestan.net)

#### Кратка биографија:



**Предраг Рафајловић** рођен је у Винковцима 1981. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Хидраулике одбранио је 2014. год.

**PUMPNA STANICA ZA SNIŽAVANJE NIVOVA VODE PRI IZGRADNJI PUMPNE STANICE PREKA BARA****PUMP STATION LOWERING OF WATER AT CONSTRUCTION OF A PUMP STATION PREKA BARA**Milan Dinić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** - U radu je dato rešenje snižavanja nivoa vode pri izgradnji pumpne stanice Preka bara. Snižavanje nivoa vode u građevinskoj jami za vreme izgradnje pumpne stanice Preka bara izvodi se drenažnim bunarom. Na osnovu postojećih hidrogeoloških uslova izvršen je hidraulički proračun i usvojena je odgovarajuća hidromašinska oprema.

**Abstract** - The work is given to the solution of lowering the water level in the construction of a pumping station across the bar. Lowering the water level in the construction pit during the construction of the pumping station across the bar is done draining well. Based on the existing hydrogeological conditions was performed hydraulic calculations and adopted the corresponding hydro mechanical equipment.

**Ključne reči:** Snižavanje nivoa vode, drenažni bunar, pumpna stanica, hidraulički proračun.

**1. UVOD**

Predmet proučavanja ovog master rada je pumpna stanica za snižavanje nivoa vode u građevinskoj jami. Potrebno je odrediti:

- položaj pumpne stanice za snižavanje nivoa vode u odnosu na budući objekat,
- potrebnu dubinu na koju se postavlja pumpna stanica za snižavanje nivoa podzemnih voda,
- odgovarajuću hidromašinsku opremu u pumpnoj stanici za snižavanje podzemnih voda.

Cilj izgradnje pumpne stanice za snižavanje voda je omogućavanje izgradnje pumpne stanice Preka bara.

**2. SNIŽAVANJE NIVOVA PODZEMNIH VODA**

Pod odvodnjavanjem voda podrazumevaju se mere koje se preduzimaju da bi se snizio nivo voda. Visok nivo vode u građevinskoj jami ugrožava bezbednost radnika i mehanizacije i otežava uslove za rad na izgradnji objekta. Da bi se problem visokog nivoa vode rešio moraju se poznavati hidrološki i hidrogeološki uslovi terena na kome se objekat gradi. Na osnovu poznatih podataka racionalno se rešava problem visokog nivoa vode.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dušan Uzelac, red. prof.

**BUNARI**

Bunari se po načinu izrade dele na:

- kopane bunare
- pobijene bunare
- bušene bunare

Takođe, bunari se dele na:

- savršene (prostiru se celom visinom kroz vodonosni horizont),
- nesavršene (nalaze se samo delom u vodonosnom sloju). Voda u savršeni bunar dotiče kroz zidove, a u nesavršeni kroz zidove i dno ili samo kroz dno.

Određivanje dejstva radijusa bunara:

Prema I. P. Kusakinu:

$$R = 2 * S * \sqrt{H * k} \text{ [m]}$$

Prema V. Zihardtu:

$$R = 10 * S * \sqrt{k} \text{ [m]}$$

Prema E. E. Karkisu:

$$R = \sqrt{30 * k * H * S * (1 + 0,00015r^2)} \text{ [m]}$$

gde je:

$k$  - koeficijent filtracije [m/dan],

$H$  - visina vodenog stuba od bunara do statičkog nivoa vode [m],

$h$  - vertikalno rastojanje od dna do nivoa vode u bunaru [m],

$S = H - h$  - sniženje nivoa vode pri pumpanju [m],

$r$  - poluprečnik bunara [m].

**GRAĐEVINSKE JAME**

Građevinske jame moraju da ispune dva osnovna zahteva, a to su: zaštita od urušavanja tla i zaštita od vode.

**ZAŠTITA GRAĐEVINSKIH JAMA OD VODA**

- Zaštita od spoljašnje atmosfere vode
- Zaštita od atmosfere vode koja pada u jamu
- Zaštita od podzemne vode

**HORIZONTALNE DRENAŽE** se koriste za manjasniženja nivoa voda. Horizontalne drenaže mogu biti:

- otvoreni drenažni kanali (kanali treba da budu podužnog nagiba takvog da se omogući proticanje vode ali ne sme se dozvoliti erozija kanala što je posledica velikih brzina toka u kanalu)

- drenažni rovovi punjeni drenažnim materijalom sa i bez drenažne cevi (kad se očekuju manje količine vode dovoljno je ugraditi materijal bolje propusnosti, dok kad se očekuje veća količina vode ugrađuju se perforirane cevi).



USPRAVNE DRENAŽE koristimo kad se nivo vode ne može sniziti horizontalnom drenažom.

Uspravne drenaže mogu biti:

- drenažni bunari
- iglofilteri

### 3. TEHNIČKI IZVEŠTAJ

Pumpna stanica za snižavanje nivoa vode u građevinskoj jami za izgradnju pumpne stanice Preka bara nalazi se na koordinatama 29112.8052, 98615.2671.

Pumpna stanica za snižavanje nivoa vode u građevinskoj jami sastoji se od:

- konstrukcije pumpne stanice (drenažnog bunara)
- hidromašinske opreme koja se nalazi u pumpnoj stanici (drenažnom bunaru)

#### Konstrukcija drenažnog bunara

Konstrukcija pumpne stanice (drenažnog bunara) je čelična spiralno varena šavna cev dimenzija Ø 308/323 [mm], standard SRPS EN 10220:2002 (DIN 2458:1981), kvalitet čelika SRPS EN P235TR1 (DIN ST37.0).

Detaljan crtež pumpne stanice dat je u prilogu 4.

Elementi konstrukcije pumpne stanice:

- čelični taložnik Ø 308/323 [mm], standard SRPS EN 10220:2002 (DIN 2458:1981), kvalitet čelika SRPS EN P235TR1 (DIN ST37.0) sa zatvorenim dnom visine  $h = 2.00$  [m]
- perforirani deo čelične cevi Ø 308/323 [mm], standard SRPS EN 10220:2002 (DIN 2458:1981), kvalitet čelika SRPS EN P235TR1 (DIN ST37.0).
- čelična cev Ø 308/323 [mm], standard SRPS EN 10220:2002 (DIN 2458:1981), kvalitet čelika SRPS EN P235TR1 (DIN ST37.0).

- filter - koji se ugrađuje oko perforiranog dela cevi. Prvenstveni kriterijum za izbor tipa filtera je da se na samom bunaru pojavljuju minimalni gubici. Iz tog razloga oko perforiranog dela cevi obmotati sito otvora 1 [mm].

#### Hidromašinska oprema u drenažnom bunaru

U delu master rada "izbori i proračuni" (strane 69 i 70) prikazan je proračun na osnovu koga je izvršen izbor hidromašinske opreme, tj. pumpe u pumpnoj stanici.

Dakle, na osnovu hidrauličkog proračuna usvojena je dubinska bunarska pumpa DBP sledećih karakteristika:

- tip 151-4
- $n = 1450$  [min<sup>-1</sup>]
- $Q = 52$  [l/s]
- $H = 48$  [m]
- instalisana snaga 45 [kw]

#### TEHNIČKI USLOVI IZRADE DRENAŽNOG BUNARA

Pumpnu stanicu za snižavanje nivoa vode u građevinskoj jami tj. drenažni bunar izvesti metodom "laviranja", tj. mašinskim utiskivanjem čeličnih obložnih kolona Ø 600 [mm] sa "grajferovanjem" (iznošenjem materijala specijalnim uređajem sa dna iz njihove unutrašnjosti).

Nakon dostizanja potrebne dubine (u ovom slučaju predviđeno je da se dno taložnika nalazi na koti 61.00 [mm]) pristupa se postavljanju konstrukcije pumpne stanice.

Po završenom bušenju nabušeni materijal odložiti na privremenu deponiju na gradilištu.

Nakon ugradnje konstrukcije pumpne stanice izvesti zasipanje pumpne stanice. Zasipanje ima za cilj sprečavanje sufozije, tj. taloženja peska u pumpnu stanicu.

Prilikom zasipanja voditi računa da se ne izazovu veliki otpori u prifilterskoj zoni i da se smanji efikasnost dreniranja. Iz tih razloga, zasip pumpne stanice se izvodi tako što se u prečniku od 3.00 [m] ugrađuje materijal Ø 4-8 [mm].

Po ugradnji zasipa pumpnu stanicu isprati u trajanju od minimalno 12 minuta (po potrebi i duže do pojave bistrice vode).

Nakon ispiranja pumpne stanice pristupa se montaži hidromašinske opreme u pumpnu stanicu.

Pumpa u pumpnoj stanici preko PE cevi Ø 90 [mm],  $s = 4.6$  [mm], radnog pritiska 10 [bara] sakupljenu vodu šalje u odvodni cevovod.

Odvodni cevovod se izgrađuje od PVC cevi Ø 500 [mm], SDR41, SN 4,  $s = 12.3$  [mm], standard EN 1401 i ima za cilj da prihvati vodu iz pumpne stanice i da je odvede u kanal Kalovicu.

Pre početka izgradnje pumpne stanice za snižavanje nivoa vode pristupiti izgradnji zagata u skaldu sa slikom br. 34, zbog sprečavanja doticaja procednih voda u buduću građevinsku jamu.

Pri određivanju mesta gde će se postaviti pumpna stanica za snižavanje nivoa vode vodilo se računa da će nagib kosina građevinske jame za pumpnu stanicu Preka bara biti 1:1 da bi se sprečilo osipanje materijala sa kosina iskopa i na taj način se ugrozila bezbednost radnika. Takođe, od spoljne ivice zida objekta potrebno je ostaviti 2.0 [m] za prostor za rad radnika na postavljanju oplata i montaže armature i za drenažni rov za skupljanje procedne vode u građevinskoj jami. Situacija građevinske jame data na slici 35.

### 4. IZBORI I PRORAČUNI

Drenažni bunari u ovom slučaju ne ulaze celom svojom visinom u vodonosni sloj tako da su oni nesavršeni bunari. Voda u nesavršeni bunar u ovom slučaju dotiče kroz zidove bunara dok je dno zatvoreno.

#### ZONA DEJSTVA BUNARA:

Prema I. P. Kusakinu:

$$R = 2 * S * \sqrt{H * k} = 2 * 12.30 * \sqrt{15.30 * 50} = 680.402 \text{ [m]}$$

Prema V. Zihardtu:

$$R = 10 * S * \sqrt{k} = 10 * 12.30 * \sqrt{50} = 869.741 \text{ [m]}$$

Prema E. E. Karkisu:

$$R = \sqrt{30 * k * H * S * (1 + 0,00015r^2)}$$

$$R = \sqrt{30 * 50 * 15.30 * 12.30 * (1 + 0,00015 * 0.15^2)}$$

$$= 531.306 \text{ [m]}$$

gde je:

$k$  - koeficijent filtracije (m/dan)

Pošto se drenažni bunar nalazi u šljunku usvojeno je  $k = 50$  [m/dan],

$H$  - visina vodenog stuba od bunara do statičkog nivoa vode (m)

$$H = 15.30 \text{ [m]},$$

$h$  - vertikalno rastojanje od dna do nivoa vode u bunaru (m)

$$h = 3.00 \text{ [m]},$$

$S = H - h$  - sniženje nivoa vode pri pumpanju (m)

$$S = 15.30 - 3.00 = 12.30 \text{ [m]},$$

$r$  - poluprečnik bunara (m)

$$r = 0.15 \text{ [m]}.$$

**KOLIČINA VODE KOJA PRITIČE U DRENAŽNI BUNAR:**

$$Q = \frac{k * \pi * (H^2 - h^2)}{\ln R - \ln r} * \sqrt{\frac{t}{h}} * \sqrt[4]{\frac{2 * h - t}{h}}$$

$$Q = \frac{50 * \pi * (15.30^2 - 3.00^2)}{\ln 531.306 - \ln 0.15} * \sqrt{\frac{2.00}{3.00}} * \sqrt[4]{\frac{2 * 3.00 - 2.00}{3.00}}$$

$$Q = 3795.88 \text{ [m}^3\text{/dan]} = 158.162 \text{ [m}^3\text{/h]} = 0.04393 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$= 43.93 \text{ [l/s]} \sim 44 \text{ [l/s]}$$

**HIDRAULIČKI PRORAČUN PUMPE U DRENAŽNOM BUNARU:**

Za hidraulički proračun pumpe u drenažnom bunaru merodavan je proticaj:  $Q = 43.93$  [l/s]  $\sim 44$  [l/s].

Minimalni nivo u drenažnom bunaru:  $61.00 + 1.00 = 62.00$  [mm].

Merodavna kota na izlivu:  $79.90$  [mm].

Geodetska visina dizanja:  $79.90 - 62.00 = 17.90$  [mm].

Broj pumpi u drenažnom bunaru: 1 komad.

Lokalni gubici od usisa pumpe do izliva u odvodni cevovod:

- usis  $\zeta = 0.20$

- luk DN 80  $\zeta = 0.16$

- redukcija  $\varnothing 100/80$  [mm]  $\zeta = 0.10$

- izliv  $\zeta = 1.00$

$$\Sigma \zeta = 1.46$$

Lokalni gubici od usisa pumpe do izliva u odvodni cevovod:

- prava cev  $L = 79.90 - 63.00 = 16.90$  [m]  $\varnothing 80$  [mm]  
 $\lambda = 0.020$

Karakteristika potisnog cevovoda:

Bernulijeva jednačina od nivoa vode u drenažnom bunaru do odvodnog cevovoda:

$$\frac{P_a}{\rho * g} + Z_{dren.bun.} + H_p = \frac{P_a}{\rho * g} + Z_{odvod.kan.} + \frac{8 * Q^2}{g * \pi^2 * d_1^4} * \left( \lambda_1 * \frac{L_1}{d_1} + \Sigma \xi_1 \right)$$

$$H_p = 16.90 + 11.468,11 * Q^2$$

Dubinska bunarska pumpa DBP 151-4 će potiskivati sakupljenu vodu iz drenažnog bunara u odvodni cevovod.

Proizvod: DBP (dubinska bunarska pumpa)

Tip: 151 - 4

$$n = 1450 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

Kapacitet: 52 [l/s]

Napor pumpe: 48 [m]

Instalisana snaga: 45 [kw]

Na osnovu karakteristika pumpe i karakteristika cevovoda određena je radna tačka. Iz radne tačke se vidi da će protok pumpe biti 52 [l/s] što je više od potrebnih 44 [l/s]. Radni režim u vremenski najdužem periodu rada pumpe je u zoni visokog stepena korisnog dejstva.

Proračun kavitacijskog režima neće se ovde izvoditi jer se smatra da potopljena pumpa ne može doći u taj režim.

Minimalan nivo vode u pumpnoj stanici pri kome ne dolazi do ulaska vazduha u pumpu:

$$H_{min} > (2.25 - 2.70) * D$$

$$H_{min} > 2.70 * 0.30$$

$$H_{min} > 0.81 \text{ [m]}$$

Minimalni nivo vode u pumpnoj stanici je  $2.00$  [m] što je više od  $0.81$  [m].

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu dato je rešenje pumpne stanice za sniženje nivoa podzemnih voda u građevinskoj jami za izgradnju objekta pumpna stanica Preka bara.

Usvojeno je snižavanje nivoa vode na terenu na kojem se gradi pumpna stanica Preka bara pomoću drenažnog bunara. Razlog snižavanja nivoa podzemnih voda drenažnim bunarom je sastav tla na mestu izgradnje pumpne stanice Preka bara. Sastav tla je takav da se šljunak nalazi na koti  $71.40$  [mm], dok je najniža tačka objekta na koti  $70.60$  [mm]. Drenažni bunar je u ovom slučaju efikasniji od iglofiltera u šljunkovitom materijalu. Da bi se omogućili bezbedni uslovi za radnike i mehanizaciju potrebno je sniziti nivo podzemne vode na kotu  $20$  [cm] ispod najniže tačke objekta, tj. na koti  $70.40$  [mm], što je pumpnom stanicom za snižavanje nivoa podzemnih voda i učinjeno.

Drenažni bunar je ugrađen tako da mu je dno taložnika na koti  $61.00$  [mm], tj. na dubini u odnosu na okolni teren  $17.90$  [m]. Nivo vode u drenažnom bunaru je na koti  $63.00$  [mm].

Prikupljena voda iz drenažnog bunara se crpi pumpom DBP 151 - 4 ( $n=1450$  [min<sup>-1</sup>],  $Q=52$  [l/s],  $H=48$  [m]) i odvodnim cevovodom se odvodi do kanala Kalovica (odvodni cevovod je od PVC cevi  $\varnothing 500$  [mm]).

## 6. LITERATURA

[1] Dr Dušan Uzelać, Hidromašinska oprema - autorizovana predavanja, FTN 2011

[2] Dr Srđan Kolaković, Hidrotehničke melioracije, FTN

[3] Dr Matija Stipić, Hidraulika 2 - skripta, FTN

[4] M. Anđelković, Priručnik za projektovanje pumpnih postrojenja, DIGP Prosveta Niš 1995

[5] [www.beopumpe.rs](http://www.beopumpe.rs)

### Kratka biografija:



**Milan Dinić** rođen je u Šapcu 1982. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Hidromašinske opreme odbranio je 2014. godine.

**HIDRAULIČKA ANALIZA VODOSNABDEVANJA PODSISTEMA BEZDAN  
HYDRAULIC ANALYSIS WATER SUPPLY OF SUBSYSTEM BEZDAN**Petar Mitrović, Matija Stipić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U master radu je urađena hidraulička analiza vodosnabdevanja podsistema Bezdan iz PPV Bezdan. Analizirano je i kretanje hlora kroz cevovod i merene koncentracije u čvornim mestima naselja. Dimenzionisanje vodovodne mreže je rađeno primenom programskog paketa EPANET. Cilj rada je da se izvrši pravilno dimenzionisanje i da se obezbede dovoljni pritisci u mreži i kvalitetna voda za vodosnabdevanje stanovništva.

**Abstract** – In the master thesis has been conduct a hydraulic analysis of subsystem Bezdan from water factory Bezdan. It has been observed chlor movement throw water pipes and it has been measured chlor concentration in junction points. Dimensiones of the water supply network were determined with application of softwore package EPANET. The aim of the thesis is to determine regular dimensions of the network and to secure optimal pressure and water quality.

**Ključne reči:** Hidraulička analiza, vodosnabdevanje, protok, pritisak, hidraulički proračun, potrošnja, EPANET

**1. UVOD**

Vodosnabdevanje naselja Bački Monoštor, Kolut i Bački Breg vrši se iz bunara čija su izvorišta u samim naseljima. Ova naselja nemaju izgrađenu kanalizacionu mrežu tako da je došlo do organskog zagađenja izvorišta iz septičkih jama. Usled toga došlo je do pogoršanja kvaliteta vode za piće. Vodovodna mreža ovih naselja je izgrađena od azbest cementnih cevi i ne zadovoljava potrebe stanovništva. U ovom radu je urađena hidraulička analiza vodosnabdevanja podsistema Bezdan i povezivanje sa PPV Bezdan regionalnim dovodnikom. Analizom je obuhvaćeno i praćenje hlora kroz cevovod i njegovo merenje u naseljima. Cilj rada je da se mreža pravilno dimenzioniše, da se dobiju zadovoljavajući pritisci u mreži, da se izvrši zamena cevovoda i da se stanovništvu obezbedi kvalitetna voda za piće.

**2. METODOLOGIJA****2.1. Utvrđivanje broja stanovnika**

U ovim naseljima već duži vremenski period je primećen odliv stanovništva, različitim tempom po dekadama. Godine 2011. je urađen novi popis stanovništva i ustanovljeno je da je tendencija opadanja nastavljena. Usvojeni brojevi stanovnika koji su korišteni u

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Matija Stipić, docent.

hidrauličkom proračunu su: za Bački Monoštor 3425 stanovnika, Kolut 1327 stanovnika i Bački Breg 1131 stanovnika.

**2.2. Analiza prosečne potrošnje vode**

Realne potrebe za potrošnjom stanovništva ovih naselje nisu poznate i očekivana potrošnja se utvrđuje na osnovu normativa potrošnje datih u vidu tehničkih normi. Njima se utvrđuju prosečne potrošnje različitih kategorija potrošača i očekivane neravnomernosti potrošnje tokom dana i godine. Tehničke norme korištene u ovom radu su nemačke norme DVGW W 410, koje se uspešno mogu primeniti na našem području. Specifična potrošnja za sva tri naselja je bazirana na procenjenoj specifičnoj potrošnji od 130 L/st.dan čemu su dodati procenjeni gubici. Ovom vrednosti je obuhvaćena javna potrošnja. Gubici su konstantni i uzeti kao vrednost od 20%  $Q_{sr,d}$ .

**2.3. Časovna neravnomernost**

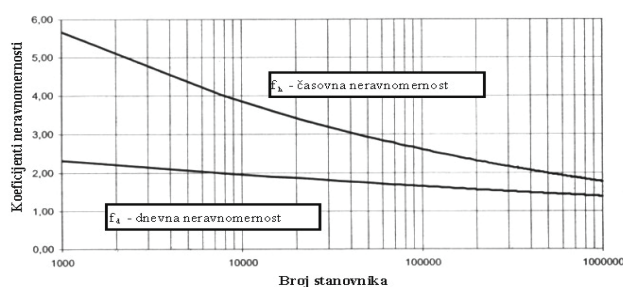
U nedostatku pouzdanih pokazatelja neravnomernosti potrošnje stanovništva maksimalne vrednosti navedenih koeficijenata procenjeni su pomoću empirijskih obrazaca u funkciji broja stanovnika.

Koeficijenti dnevne i časovne neravnomernosti sračunati su na osnovu preporuka tehničkih normi DVGW W 410 po obrascu:

$$f_d = 3.9 * E^{-0.0752} \quad (1)$$

$$f_h = 18.1 * E^{-0.1682} \quad (2),$$

gde je E broj stanovnika naselja. Funkcionalna zavisnost je data na slici 1.



Slika 1. Koeficijenti neravnomernosti u funkciji br. stanovnika

Usvojene vrednosti koeficijenata za naselja su: Bački Monoštor  $f_d=2.1$ ;  $f_h=4.5$ , za Kolut  $f_d=2.2$ ;  $f_h=5.2$ , za Bački Breg  $f_d=2.2$ ;  $f_h=5.3$ .

**2.4. Protivpožarna potrošnja**

Protivpožarna potrošnja je izračunata na osnovu preporuka i u skladu je sa Pravilnikom o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara. Proračun uključuje uvećanu srednju dnevnu potrošnju, gubitke i minimalne protivpožarne protoke. Izračunata je prema sledećem obrascu:



$$Q_{pp}(l/s) = (1.3 * Q_{sr,d}(m^3/d)) * 0.08 / 3.6 + Q_{gub} + Q_{p,min} \quad (3),$$

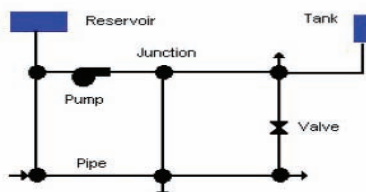
gde je  $Q_{p,min} = 10$  L/s.

### 2.5. Izbor cevnog materijala

Vodovodna mreža u naseljima podsistema Bezdán je izgrađena od azbest cementnih cevi i potrebna je njihova zamena. Materijal koji je predviđen za izgradnju nove mreže je polietilenske cevi (PEHD).

### 2.6. Modeliranje vodovodnih sistema primenom programskog paketa EPANET

EPANET modelira vodovodni distribucioni sistem kao skup veza spojenih čvorova. Veze predstavljaju cevi, pumpe i kontrolne zatvarače. Čvorovi predstavljaju spojeve, tankove i rezervoare (slika 2).



Slika 2. Fizičke komponente modela

## 3. HIDRAULIČKI PRORAČUN

### 3.1. Primenjeni hidraulički model za proračun vodovodne mreže

Osnovne jednačine za određivanje nepoznatih su jednačina kontinuiteta po čvorovima i energetska jednačina za svaki prsten. Cevovod se proračunava kao dugački, zanemaruju se lokalni gubici, a strujanje je jednodimenzionalno stacionarno. Program EPANET zasnovan je na proračunima  $\Pi$  metode. Pri rešavanju koeficijenta trenja težilo se obuhvatanju cele oblasti dijagrama  $\lambda = \lambda(k/D, Re)$ .

### 3.2. Hidraulički proračun potrošnje vode

Potrebne količine vode za svako naselje izračunate po sledećim izrazima:

$$Q_{sr,d}(l/s) = 130 \text{ l/st/dan} * E / (24 * 3600) + Q_{gub} \quad (4),$$

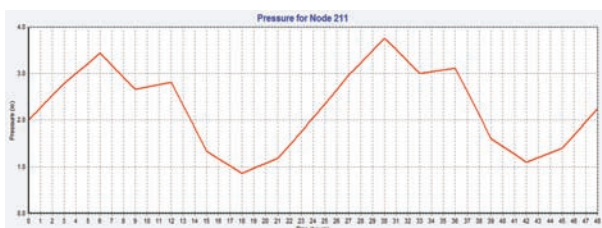
$$Q_{max,d}(l/s) = f_d * (Q_{sr,d} - Q_{gub}) + Q_{gub} \quad (5),$$

$$Q_{max,h}(l/s) = f_h * (Q_{sr,d} - Q_{gub}) + Q_{gub} \quad (6)$$

Na osnovu ovih izraza su dobije ne količine potrebne za dimenzionisanje mreže. Vodovodna mreža u naseljima je dimenzionisana na maksimalnu časovnu potrošnju a dovodni cevovod na maksimalnu časovnu potrošnju.

### 3.3. Proračun potrebne zapremine rezervoara

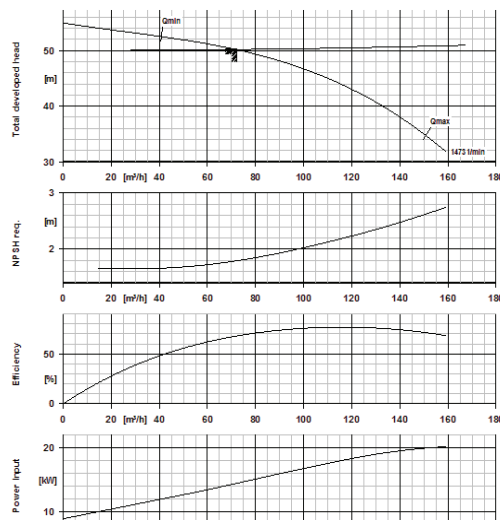
Ukupnu zapreminu rezervoara čine zapremina za izravnanje dnevne potrošnje i zapremina za protivpožarne potrebe. Usvojene zapremine rezervoara su za: Bački Monoštor  $350 \text{ m}^3$  (slika 3), Kolut  $200 \text{ m}^3$ , a za Bački Breg  $180 \text{ m}^3$ .



Slika 3. Dijagram iskorišćenosti rezervoara u B. Monoštoru

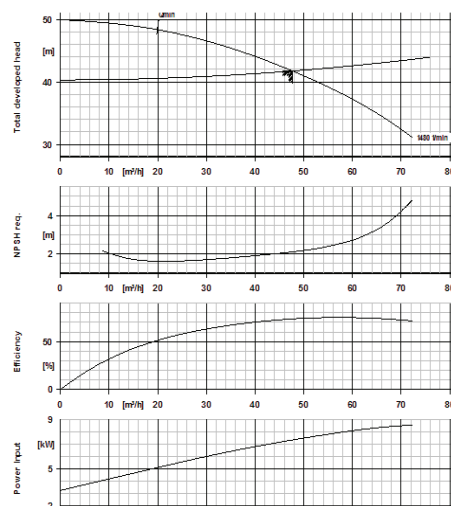
## 3.4. Pumpne stanice i izbor pumpi

Pumpne stanice su hidrotehnički objekti čija je uloga da poveća energiju vode koja prolazi kroz pumpnu stanicu. KSB-ovim softverom za selekciju i izbor pumpi prema ulaznim podacima koji su dobijeni hidrauličkim proračunom u softverskom paketu EPANET odabrane su pumpe u naseljima i u fabrici vode koja se potiskuje ka vodotornju. U fabrici vode Bezdán odabrana pumpa je sa karakteristikama tipa MULTITEC V 125/2-9.2 10.67 (slika 4).



Slika 4. Karakteristike pumpi u fabrici vode Bezdán

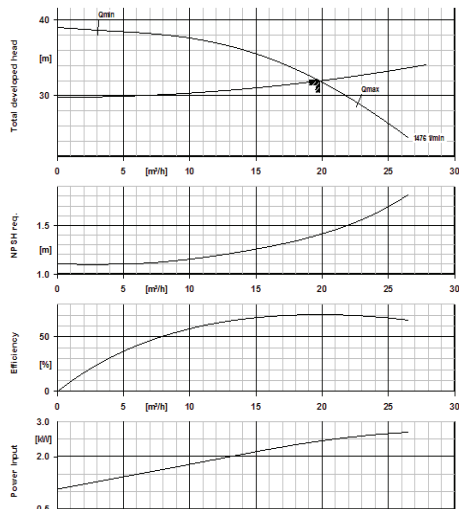
Analizom maksimalne dnevne, maksimalne časovne i protivpožarne potrošnje usvojena su rešenja pumpi u naseljima. U Bačkom Monoštoru (slika 5) je usvojeno rešenje sa tri centrifugalne paralelno vezane pumpe (2 radne i 1 rezervna).



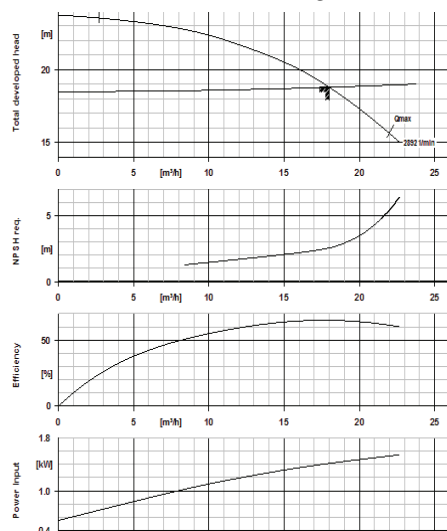
Slika 5. Karakteristike odabranih pumpi u B. Monoštoru

U naseljima Bački Breg i Kolut i protivpožarne potrošnje se se ne razlikuju mnogo, tako da je prilikom odabira pumpi u pumpnim stanicama usvojeno isto rešenje (slika 6). Predviđene su četiri centrifugalne paralelno vezane pumpe (3 radne i 1 rezervna). Odabrane pumpe su kapaciteta po  $5.5 \text{ L/s}$  koje u radnoj tački podižu energiju vode na  $32 \text{ mvs}$ . Radom jedne pumpe obezbeđuje se maksimalna dnevna potrošnja u naseljima. Radom sa dve pumpe se obezbeđuje dovoljna količina pri maksimalnoj časovnoj potrošnji, a trećom protivpožarna

potrošnja. Četvrta pumpa (slika 7) je rezervna i uključuje se usled kvara jedne od ove tri. U naselju Kolut je predviđena još jedna pumpa stanica koja potiskuje vodu ka Bačkom Bregu. Predviđene su dve pumpe (1 radna i 1 rezervna).



Slika 6. Karakteristike pumpi u naseljima Kolut i Bački Breg

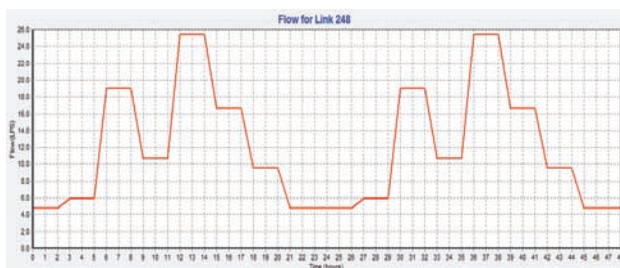


Slika 7. Karakteristike pumpi kojima se potiskuje voda iz Koluta ka Bačkom Bregu

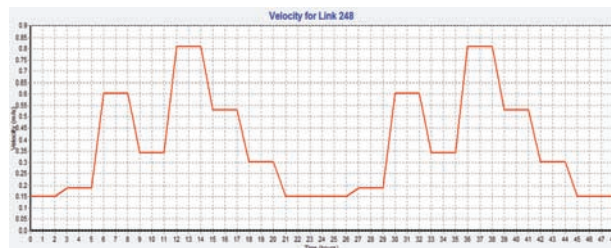
#### 4. REZULTATI PRORAČUNA

Dominantni prečnik cevi u vodovodnoj mreži u naseljima Bački Monoštor, Kolut i Bački Breg je  $\varnothing$  110 mm. Dovodni cevovodi su prečnika  $\varnothing$  225 mm,  $\varnothing$  200 mm i  $\varnothing$  160 mm, a brzine su oko 0.75 m/s. Brzina u naseljima ne prelazi 1 m/s, a u perifernim delovima pada i ispod 0.2 m/s pa se zbog toga nadležnim službama preporučuje redovno održavanje i ispiranje cevi (oko dva puta godišnje). U PPV Beždan je dodavana koncentracija hlora od 0.5 mg/l i praćeno njegovo kretanje kroz cevovod. Tom prilikom su merene njegove vrednosti u čvornim mestima naselja. Zadovoljavajuće vrednosti su od 0.2-0.5 mg/l. Ove vrednosti su delimično ostvarene u naseljima B.Monoštor i Kolut, gde samo u perifirnim delovima koncentracija hlora pada ispod 0.2 mg/l, dok je u naselju B.Breg ova vrednost uglavnom ispod 0.2 mg/l. Zbog toga je u sva tri naselja potrebno vršiti dodatno hlorisanje vode. Prostorije za dohlorisanje se nalaze u sklopu

pumpnih stanica i rezervoara. U naselju Bački Monoštor protok i brzine u deonici iza pumpne stanice su najveći u periodu od 12 do 14 h, slike 8 i 9.

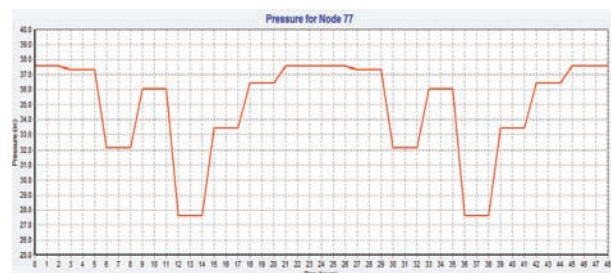


Slika 8. Dijagram promene protoka u deonici 248



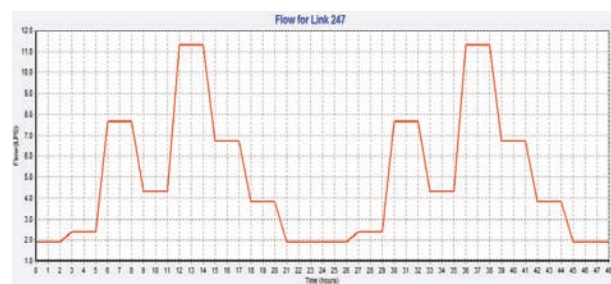
Slika 9. Dijagram promene brzina u deonici 248

Pritisci u B. Monoštoru, na padaju ispod 2.5 bar i na slici 10 je dat dijagram promene u najnepovoljnijem čvoru.

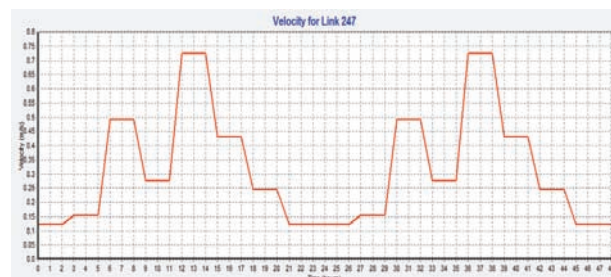


Slika 10. Dijagram promene pritiska u čvoru 77

Protok u Kolutu u deonici iza pumpne stanice se kreće od 1.9 do 11.3 L/s, a brzine od 0.12 do 0.72 m/s (slike 11 i 12).



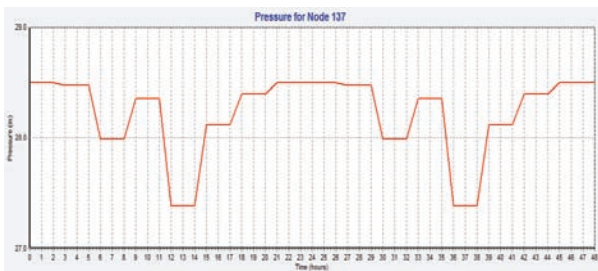
Slika 11. Dijagram promene protoka u Kolutu u deonici iza pumpne stanice u periodu 48h



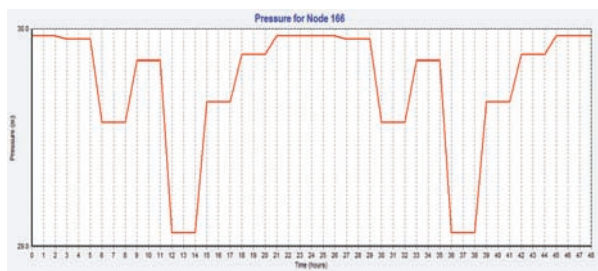
Slika 12. Dijagram promene brzina u Kolutu u deonici iza pumpne stanice u periodu 48h



Pritisaci u mreži u Kolutu i Bačkom Bregu su zadovoljavajući i u času najveće potrošnje nisu manji od 2.5 bar. Vrednosti u najnepovoljnijim čvorovima ova dva naselja dati su na slikama 13 i 14.

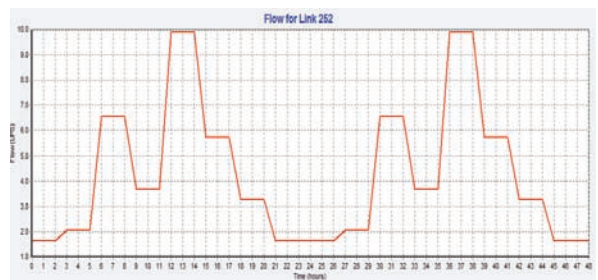


Slika 13. Dijagram promene pritiska u čvoru 137

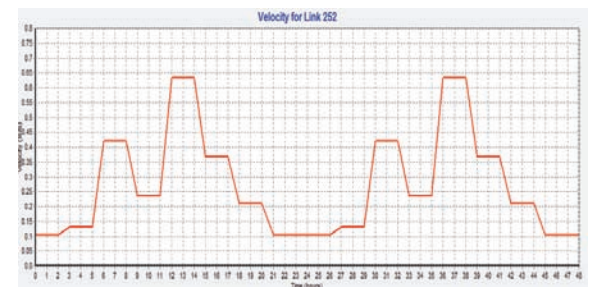


Slika 14. Dijagram promene pritiska u čvoru 166

U B. Bregu vrednosti protoka i brzina u deonici iza pumpne stanice (deonica 252) su maksimalne 12-14 h (slike 15 i 16).



Slika 15. Dijagram promene protoka u deonici 252



Slika 16. Dijagram promene brzine u deonici 252

## 5. ZAKLJUČAK

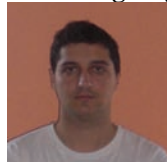
Naselja Bački Monoštor, Kolut i Bački Breg pripadaju opštini Sombor i kao mnoga naselja u Vojvodini imaju problem sa vodosnabdevanjem i kvalitetom vode za piće. Vodovodna mreža je stara oko 40 godina i izgrađena je od azbest cementnih cevi koje se više ne koriste u vodosnabdevanje jer su potencijalni zagađivači vode kancerogenim materijama. Mreža je dotrajala i što se tiče kvaliteta nije u skladu sa Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće. Zbog ovih razloga predviđeno je povezivanje naselja sa PPV u Bezdanu sa ciljem da se obezbede kvalitetna voda za piće i odgovarajući pritisci u

mreži. U ovom master radu je obrađena hidraulička analiza vodosnabdevanja pod sistema Bezdan. Analizom je obuhvaćeno obezbeđivanje dovoljne količine vode i odgovarajućih pritisaka u mreži, kao i praćenje hlora kroz cevovod i merenje njegovih vrednosti u čvornim mestima naselja. Voda se iz fabrike vode u Bezdanu distribuira dovodnim cevovodom ka naseljima. Potrebним zapreminama rezervoara i pumpnim stanicama se obezbeđuje dovoljna količina vode i pritisak u mreži. Iterativnim postupkom hidrauličkog proračuna pomoću programskog paketa EPANET došlo se do adekvatnog snabdevanja vodom. Dovodni cevovod je dimenzionisan na maksimalnu dnevnu potrošnju a vodovodna mreža u baseljima na maksimalnu časovnu potrošnju. Dominantni prečnik u mreži je  $\varnothing 110$  mm. Brzine vode u cevovodima se kreću od 0.2 do 0.9 m/s, a na periferim mestima i ispod 0.2 m/s. Zbog tog razloga se preporučuje nadležnim službama redovno ispiranje cevi. Pritisaci u mreži su od 2.5 bar do 4.8 bar, čime je zadovoljen uslov o pritisku od 2.5 bar. U sva tri naselje je potrebno dohlorisanje jer su vrednosti u pojedinim čvorovima ispod 0.2 mg/l.

## 6. LITERATURA

- [1] D. Đurić. Snabdevanje vodom za piće. Banja Luka: Arhitektonsko građevinski fakultet, 2001.
- [2] D. Uzelac. Hidromašinska oprema. Fakultet tehničkih nauka. Novi Sad
- [3] EPANET-uputstvo: [www.ep.gov/nrmrl/wswrd/epanet.html](http://www.ep.gov/nrmrl/wswrd/epanet.html)
- [4] M. Milojević. Snabdevanje vodom i kanaliziranje naselja. Građevinski fakultet Beograd, 1987.
- [5] M. Radojković, D. Obradović, Č. Maksimović. Računari u komunalnoj hidrotehnici. Građevinska knjiga Beograd, 1989.
- [6] Plan detaljne regulacije naseljenih mesta Bački Monoštor, Kolut i Bački Breg.
- [7] Pravilnik o načinu određivanja i održavanja zone sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja (Službeni glasnik Republike Srbije br. 92/08)
- [8] Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Službeni glasnik SRJ, br. 42/08)
- [9] Službeni list SFRJ: Pravilnik o tehničkim normativima za hidrantsku mreže za gašenje požara
- [10] M. Stipić, Analiza uticaja protivpožarnih potreba za vodom na tehničke i ekonomske parametre javnih vodovodnih sistema, Doktorska disertacija, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 2009 g.
- [11] Tehničke norme „DVGW W 410 potrebe za vodom“ izdalo je nemačko udruženje za vodu i gas, 2008.

## Kratka biografija:



**Petar Mitrović** rođen je u Novom Sadu 1989. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Hidrotehnika odbranio je 2014.godine.



**Matija Stipić** rođen je u Somboru 1964. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2009. god., a od 2011. ima zvanje docenta. Oblast interesovanja su mu hidraulika i komunalna hidrotehnika.

**PREDLOG PRIMENE NFC TEHNOLOGIJE U POŠTI SRBIJE  
PROPOSED IMPLEMENTATION OF NFC TECHNOLOGY IN POST SERBIA**Nevena Kosorić, Dragana Šarac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast –SAOBRAČAJ**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu predstavljena je NFC tehnologija. Detaljno je opisan i objašnjen način funkcionisanja ove tehnologije. Prikazana je dosadašnja primjena NFC tehnologije širom svijeta. Nakon izvršenog poređenja sa postojećim tehnologijama u poštanskom saobraćaju, dat je i predlog primjene NFC u Pošti Srbije.

**Abstract** – This paper presents NFC technology. There is described and explained the mode of operation of this technology. Also paper contents current application of these technologies in world. After the comparison with the existing technologies in the postal service, in the paper are given few proposal of application of NFC in the Serbian Post

**Cljučne reči:** Razvoj usluga, NFC tehnologija, primjena, poređenje RFID i NFC u poštanskom saobraćaju, predlozi primjene NFC u Pošti Srbije

**1. UVOD**

Poštanski saobraćaj je oblast koja se stalno razvija i napreduje. U svojim prvim oblicima postojanja obuhvatala je jednostavno poslovanje i pružanje osnovnog obima usluga. Napredovanjem tehničkog razvoja i stalnim razvojem tehnike u oblasti poštanskog saobraćaja su uvedene novine. Usluge kao što su elektronsko praćenje pošiljaka, komercijalni servisi putem mobilnog telefona, telemarketing i teleprodaja, elektronsko plaćanje i td. su postale svakodnevnica i neizostavan dio asortimana usluga poštanskog preduzeća.

U radu je opisan razvoj novih tehnologija kroz vrijeme i usluge koje korisnici mogu da dobiju. Detaljno je opisana NFC tehnologija, platforma na kojoj je bazirana, koje komponente obuhvata i koje mogućnosti nudi. Takođe, prikazana su iskustva i drugih zemalja pri korišćenju ove tehnologije. Polje primjene NFC tehnologije je veoma široko, tako da i pojedinci i preduzeća mogu da je koriste pri svojim aktivnostima i pojednostave njihovo obavljanje. U radu je prikazano poređenje NFC tehnologije i drugih sličnih tehnologija, pri čemu su opisane prednosti i jednih i drugih u određenim područjima primjene. Takođe, analizirana je i poređena NFC i RFID tehnologija prilikom primjene u poštanskom saobraćaju. Obje ove tehnologije imaju određene osobine koje mogu biti korisne za pojedine usluge.

NFC tehnologija je primjenu u poštanskom saobraćaju pronašla u zemljama svijeta, tako da je na primjeru Pošte Italije i Pošte Velike Britanije opisan i prikazan način na

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Dragana Šarac, docent.**

koji je ova tehnologija uvedena i kako je unaprijedila postojeće servise.

Završni dio rada sadrži konkretne predloge za primjenu NFC tehnologije u Pošti Srbije. Razrađeni su neophodni elementi i uslovi za implementaciju novih servisa kojima će Pošta Srbije moći da ostvari određene prednosti.

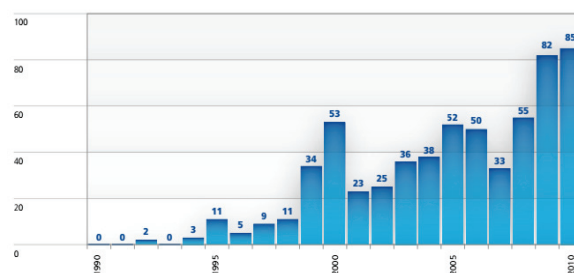
Cilj rada jeste da se ukaže na postojanje nove tehnologije koja može da unese novine u procese poštanskog saobraćaja, kao i predlozi za njenu implementaciju.

**2. UTICAJ NOVIH TEHNOLOGIJA NA RAZVOJ POŠTANSKOG SAOBRAČAJA**

Razvoj poštanskih veza kretao se uporedo sa razvojem društva. Pošta je u Srbiji bila tretirana kao javna društvena i kulturna institucija čijem se razvoju poklanjala posebna pažnja na račun državne kase.

Godine 1855. u Srbiji se započinje sa telegrafskim saobraćajem. Srbija je izgradila telegrafske linije od Beograda do Zemuna i do Aleksinca. Razvoj telefonije započeo je 1883. godine. Prva telefonska linija bila je duga oko tri stotine metara. Za službene potrebe pojedinih državnih uprava - pošte, policije i željeznice postojale su interne telefonske mreže.

Srbija je uz 21 zemlju svijeta, 1974. godine postala osnivačica Svjetskog poštanskog saveza. Godine 2001., uvedeno je 20 novih servisa, 50 u 2006. godini i 85 u 2010. godini. Na grafiku 1. Prikazan je eksponencijalni rast usluga na globalnom nivou. [2]



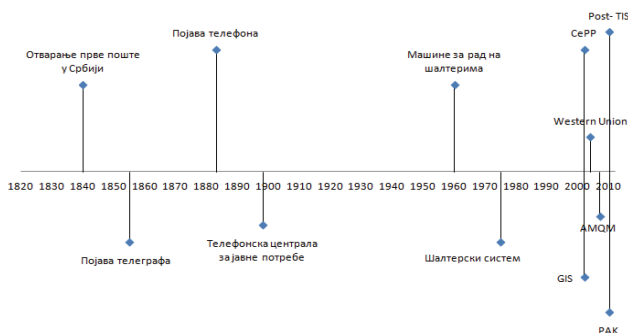
Grafik 1. Eksponencijalni rast usluga na globalnom nivou

Centar za elektronsko poslovanje pošte CePP je radna jedinica za elektronsko poslovanje pošte. Formirana je 2002. godine sa ciljem da realizuje usluga za interne potrebe Pošte, ali i za potrebe eksternih korisnika. U 2010. godini Pošta Srbije je u svoje poslovanje implementirala poslovno-informacioni sistem SAP. Takođe, iste godine uveden je i Post-net u sve poslovne objekte Preduzeća i razvijen je tehnološko informacioni sistem Post-tis. U 2010. godini poštanski adresni kod (PAK) Pošte Srbije uvršten je u bazu Svjetskog poštanskog saveza kao



primjer drugim poštanskim upravama kako da primenom adresnog koda poboljšaju kvalitet prenosa pošiljaka u domaćem i međunarodnom saobraćaju. U Pošti Srbije, prenos novca je postao posao koji se brzo obavlja i podrazumjeva visok kvalitet. Za fizička lica, novac se može prenijeti putem Poštanske uputnice ili PostNet uputnice. PostNet uputnica omogućava najbrži prenos novca za fizička lica na teritoriji Republike Srbije. Međunarodni prenos novca se odvija preko Western Union uputnice. Ovu uslugu u Srbiji nude Pošta Srbije i banke. Korišćenjem RFID tehnologije unapređeni su i ubrzani postupci pri sortiranju pošiljaka, a samim tim i kvalitet pružanja usluge.

Praćenje pošiljaka i ulaznje u trag (track& trace - T&T) omogućava pristup informaciji o statusu otpremljene pošiljke, te u kojoj fazi poštanskog procesa se nalazi. Pošta Srbije koristi Geografski Informacioni Sistem – GIS koji je namjenjen prikupljanju, obradi, upravljanju, analizi i održavanju prostorno orijentisanih informacija. [1] Na grafiku 2., grafički je predstavljen razvoj usluga vezanih za poštanski saobraćaj od otvaranja prve pošte, pa do današnjih dana.



Grafik 2. Razvoj poštanskih usluga kroz vrijeme

### 3. NFC TEHNOLOGIJA

NFC – Near Field Communication je standardna bežična, beskontaktna tehnologija, kratkog dometa koja omogućava komunikaciju između dva elektronska uređaja.

Beskontaktna komunikacija omogućava korisniku da pređe pametnim telefonom preko NFC kompatibilnog uređaja da prenese informaciju bez potrebe da se dodirne uređaj ili da se prolazi kroz više koraka kako bi se uspostavila veza između uređaja. Kompatibilnost je ključ za rast NFC tehnologije kao popularnog načina plaćanja i komuniciranja podacima. Tehnologija koja čini NFC omogućava uređaju da kreira trenutnu radio frekvenciju kako bi komunicirao sa drugim kompatibilnim NFC.

NFC tehnologija je izdanak radio frekventne identifikacije (RFID) sa izuzetkom da je NFC dizajniran za upotrebu od strane uređaja koji se nalaze u neposrednoj blizini. Uređaju koji koriste NFC mogu biti aktivni ili pasivni. Pasivni uređaj, kao što je NFC tag (Slika 1.), sadrži informacije koje drugi uređaj može da čita, ali ne čita nikakve informacije za sebe. Aktivni uređaji (slika 2.) mogu da čitaju informacije, ali i da ih šalju. Aktivni NFC uređaj, kao što je pametni telefon, ne samo da može da prikuplja informacije od NFC tagova, nego može da i razmjenjuje informacije sa drugim kompatibilnim uređajima. [3]



Slika 1. NFC tag



Slika 2. Aktivni NFC uređaj

## 4. POREĐENJE NFC TAGOVA I DRUGIH SLIČNIH TEHNOLOGIJA I PREDNOSTI ZA KORIŠĆENJE

Jedan od vidova beskontaktna komunikacije se javlja i u formi dvodimenzionalnih bar kodova. NFC nudi brže, lakše i sigurnije transakcije i opcije, dok dvodimenzionalni kod trenutno dostiže šire tržište pošto na tržištu postoji više telefona koji podržavaju ovaj kod nego onih kompatibilnih sa NFC tehnologijom. U narednoj tabeli (Tabela 1.), prikazano je poređenje karakteristika dvodimenzionalnog bar koda i NFC tehnologije.

Tabela 1. Poređenje karakteristika QR koda i NFC taga

	QR bar kod	NFC tag
Memorija	2953 bajta	1.6 MB
Direktna linija povezivanja	Da	Ne
Ponovno korišćenje	Ne	Da
Trajnosti	Oštećeni kodovi ne mogu da se koriste	Može da se koristi i kada je izguban

Bluetooth i NFC tehnologija imaju zajedničke karakteristike. Obje su oblici bežične komunikacije između uređaja na malim udaljenostima. NFC tehnologija je ograničena na udaljenost od prosječno četiri centimetra dok Bluetooth može da dostigne preko trideset metara. NFC tehnologija nije samo za individue ili kupce. Preduzeća takođe mogu da dobro iskoriste prednosti ove tehnologije. Menadžeri mogu da komuniciraju brzo sa svojim zaposlenima i poslovnim partnerima, bez obzira da li je preduzeće veliko ili malo. Pojedinci koji su zainteresovani u NFC tehnologiju se često pitaju šta može da se uradi za njih i kako to može učiniti njihov život lakšim. Mnogo načina korišćenja NFC tehnologije nudi prednosti u brojnim svakodnevnim zadacima od plaćanja za namirnice do dobijanja adekvatno zdravstvenog tretmana.

## 5. RFID TEHNOLOGIJA I NFC TEHNOLOGIJA POREĐENJE I PODRUČJE PRIMJENE U POŠTANSKOM SAOBRAĆAJU

RFID i NFC su dva blisko povezana bežična načina komuniciranja koja se koriste za veliki broj aplikacija kao što su kontrolisanje, praćenje i beskontaktno plaćanje. RFID je nastao u 1983. godini, i prethodnik je NFC tehnologije. U Pošti Srbije, RFID tehnologije je primjenu našla za potrebe automatskog mjerenja kvaliteta prenosa

poštanskih pošiljaka u međunarodnom poštanskom saobraćaju AMQM (Automatic Mail Quality Measurements). NFC radi na 13,56 MHz i ona je jedan od dodataka visokofrekventnih RFID standarda. NFC dijeli mnogo fizičkih karakteristika sa RFID kao što su jednosmjerna komunikacija i mogućnost komuniciranja bez direktnog dodira. Ipak postoje tri ključne razlike:

1. NFC tehnologija se sposobna za dvosmjernu komunikaciju i zbog toga može biti korišćena za kompleksnije interakcije kao što su emulacija kartica ili peer to peer komuniciranje.

2. NFC komunikacija je ograničene udaljenosti, 4 cm ili manje.

3. Samo jedan NFC tag može biti skeniran odjednom

## **6. PRIMJENA NFC TEHNOLOGIJE U POŠTANSKIM UPRAVAMA U SVIJETU**

NFC plaćanje Pošte Italije je servis koji je pokrenut u Rimu i Torinu, nakon što se prvo pojavio u Milanu. Korisnici Italijanske pošte i servisa za mobilne telefone PosteMobile i njegovog bankarskog servisa BancoPosta omogućavaju da se koriste NFC telefoni kako bi se izvršilo plaćanje u prodavnicama i poštanskim jedinicama širom gradova. Pored toga, poštanski radnici koji rade na dostavi koriste ručne uređaje koji mogu da se koriste da prihvate beskontaktno plaćanje za plaćanje poštarine ili razne finansijske usluge. [4]

U okviru poslovanja poštanskih uprava u Velikoj Britaniji, nova NFC tehnologija je našla svoju primjenu. 30000 beskontaktnih terminala za plaćanje je postavljeno u više od 11500 ekspozitura. Ovu tehnologiju koristi preko 20 miliona korisnika svake sedmice. Sa ovim rezultatima, pošta je vodeći lider u oblasti plaćanja preko novih tehnologija. Beskontaktno plaćanje omogućava korisnicima da izvrše plaćanje na siguran način, tako što pređu svojom karticom ili telefonom preko čitača u mjestima prodaje. Vlasnici MasterCard® PayPass ili Visa payWave kartica su u mogućnosti da koriste ovu tehnologiju u svim poštanskim jedinicama širom Velike Britanije [5].

## **7. PRIMJENA NFC TEHNOLOGIJE U POŠTI SRBIJE**

Iako su RFID tehnologija i AMQM sistem omogućili Pošti Srbije da unaprijedi svoje poslovanje, ukupni potencijal RFID tehnologije nije iskorišćen. Nova tehnologija - NFC, bliska RFID tehnologiji, zbog svojih karakteristika, poštanskim upravama nudi razne mogućnosti za primjenu. Za funkcionisanje NFC tehnologije potrebna je odgovarajuća infrastruktura, u zavisnosti od toga u kojim procesima je ova tehnologija uključena. U svakom slučaju, neophodan element da bi se sistem realizovao jeste da korisnici imaju kompatibilne NFC uređaje, bilo da su to pametni telefon sa NFC čipom ili kartice koje imaju ugrađen NFC čip.

Servis pod nazivom "PAK - tag" bi olakšao proces dostave pošiljaka. On se odnosi na postavljanje NFC tagova na ulazima u zgrade i kuće, pri čemu bi svaki PAK

tag sadržio imena korisnika koji su na toj adresi. Prinošenjem kompatibilnog NFC uređaja postavljenom tagu, dostavljač bi mogao da dobije informacije o tačnoj adresi i broju, kao i spisak stanara u toj stambenoj jedinici. Vrijeme zadržavanja dostavljača na pojedinoj adresi bi bilo skraćeno, i bio bi ubrzan proces rada. Dostava pošiljaka bi mogla da se izvrši znatno brže.

„Pak tag“ je dvosmjernan, i omogućeno je da se na tag koji je postavljen na stambeni objekat upiše informacija u koje vrijeme je dostavljač vršio očitavanje. Ovo može da bude korisno kako bi se prikupile informacije o vremenu zadržavanja dostavljača na dostavnom reonu.

NFC tehnologija omogućava da se uvedu novine na tradicionalne poštanske sandučice. Ukoliko se postavi tag na sanduče, on može da sadrži informacije o tačnoj lokaciji sandučeta kao i vremenu u koje se vrši pražnjenje. "Sanduče – tag1" bi bio dostupan svim licima koja posjeduju kompatibilni uređaj za očitavanje taga. Takođe, mogla bi da se postavi i druga vrsta taga koju bi mogli da koriste samo radnici koji rade na pražnjenju poštanskih sandučića, i funkcija bi bila da se aktiviranjem taga otvara poštansko sanduče, kako bi se pošiljke mogle preuzeti. Tag bi se nalazio u blizini vrata koja se otvaraju kako bi se pošiljke preuzele. "Sanduče – tag 2" funkcioniše na isti način kao i svi drugi tagovi, poštar koji preuzima pošiljke prisloni svoj kompatibilni NFC uređaj na tag i vratanica na sandučetu se otvore. Ovaj tag je poseban po tome što može da ga koristi samo radnik pošte koji je nadležan za pražnjenje sandučeta. Princip na kome funkcioniše "Sanduče – tag 2" može da se primjeni za kućne poštanske sandučice. Postavljanje ovakve vrste NFC taga, omogućava se da samo poštar ima mogućnost ubacivanja pošiljaka u poštansko sanduče.

Novine koje mogu da se uvedu odnose se i na postavljanje NFC tagova na plakate koji se nalaze u šalter sali. Prinošenjem mobilnog telefona u blizinu "Plakat - taga", korisnik može da dobije više informacija od onih koje su navedene na plakatu. Koristeći "Plakat - tag", korisnik na jednostavan način može da dobije listu gradova i naselja sa odgovarajućim poštanskim brojevima i PAK-ovima, i koristeći telefon brže pronađe potreban PAK.

Pošta Pošta Srbije pravnim licima nudi prostor za oglašavanje, i druga pravna lica mogu da koriste ovu tehnologiju kako bi se približili korisnicima i prenijeli im bitne informacije o svojim uslugama i proizvodima. Obilježavanje tagovima, Pošta Srbije može da nudi korisnicima u sklopu ugovora o prostoru za oglašavanje, pri čemu se sa pravnim licem ugovara koje informacije korisnik treba da dobije i na koji način.

## **8. ZAKLJUČAK**

Pošta Srbije je preduzeće koje ima dugu tradiciju i koje se od samog nastajanja dosta mjenjalo i prilagođavalo novim trendovima, ali sa osnovnim ciljem da se korisnicima pruže usluge odgovarajućeg kvaliteta. Razvoj novih tehnologija je uticao na proširenje asortimana usluga.

U radu je prikazan razvoj poštanskog saobraćaja kroz vrijeme i kako je pojava novih tehnologija uticala na usluge koje se pružaju korisnicima.

Predstavljena je NFC tehnologija. Ova tehnologija se odnosi na komuniciranje na malim udaljenostima ili tzv. beskontaktno komuniciranje. Sama tehnologija je nastala 2004. godini, ali je tek u 2006. godini prvi put primjenjena. Tehnologija se zasniva na postojanju aktivnog i pasivnog uređaja, koji međusobno komuniciraju na frekvenciji od 13,6 MHz i imaju mogućnost prenosa informacija. Komunikacija se obavlja na udaljenosti do 4 cm, i kao takva ova tehnologija je pogodna za primjenu u beskontaktnom plaćanju, ali i pružanju raznih informacija postavljanjem tagova na potrebna mjesta. U narednom dijelu rada izvredno je poređenje NFC tehnologije sa drugim sličnim tehnologijama. Poređena je NFC tehnologija i dvodimenzionalni bar kodovi, pri čemu je sličnost u tome da se putem mobilnih telefona dobija potrebna informacija. Ovim poređenjem primjećuju se prednosti i jedne i druge tehnologije. Osnovna prednost dvodimenzionalnih bar kodova jeste da se oni trenutno više koriste, i da postoji veći broj mobilnih telefona koji mogu da očitavaju ove kodove. Takođe, poređena je NFC i Bluetooth tehnologija kao slične po pitanju komuniciranja bez kontakta. Iako je Bluetooth dosta primjenljiv i korisnici su navikli na njegovo korišćenje, problemi koji se javljaju su vezani za sigurnost, jer lako može doći do mješanje drugih uređaja prilikom prenosa podataka. U petom dijelu, prikazane su mogućnosti za primjenu RFID i NFC tehnologija u poštanskom saobraćaju, kao i koliko jedna i druga mogu da ponude u ovoj oblasti. Sama RFID tehnologija je aktivna u poštanskom saobraćaju na različite načine, u zavisnosti od poštanske uprave koja je primjenjuje. Primjeri zemalja koji koriste NFC u pošti su prikazani u radu. To su Pošta Italije i Pošta Velike Britanije. Obje ove poštanske uprave koriste NFC tehnologiju za beskontaktno plaćanje, pri čemu i dalje se razvijaju planovi za nove primjene.

U posljednjem dijelu rada dati su predlozi kako Pošta Srbije na kvalitetan način može da iskoristi ovu tehnologiju. Prva stvar jeste "PAK – tag" koji omogućava da se dostavljači lakše snalaze na terenu, time što će na svakom stambenom objektu biti postavljen NFC tag koji sadrži podatke o tačnoj adresi i stanarima u tom objektu. Uvođenje NFC taga na poštanske sandučice ima dvije mogućnosti.

Prva je "Sandučice – tag 1" koja se odnosi na postavljanje NFC taga na sandučice i koje mogu da očitavaju svi, a koji sadrži informacije tačnoj lokaciji sandučeta i rokovima za pražnjenje. "Sandučice – tag 2" je naprednija verzija u kojoj je NFC tag postavljen na sandučetu i ima funkciju da otvara vratanica za pražnjenje. Ovaj tag može samo da očitava poštonoša koji je zadužen za pražnjenje sandučeta. Princip na kome radi "Sandučice – tag 2" se može primjeniti i za kućne sandučice, za korisnike koji ne žele da im u sandučice stiže pošta koja nije od strane poštanske uprave. "Plakat – tag" jeste tag koji se postavlja na postere u šalter salama pošte. Osnovni cilj mu je da se korisnicima pruži dodatna informacija vezana za poštanske usluge. Kao i do sada, postoji mogućnost da pošta iznajmi prostor za plakat nekom drugom pravnom licu koje će na isti način da pruža informacije i da se reklamira. Navedene usluge su primjeri koje Pošta Srbije u svom budućem poslovanju može da primjeni i iskoristi. Svaka od usluga zahtjeva određene promjene, kako bi se sama NFC tehnologija uvela. Promjene se odnose na one u infrastrukturi, ali i kod samih korisnika i poštanskih službenika, koji treba da prihvate ovakav način rada.

## 9. LITERATURA

- [1] Kujačić, M., Nove tehnologije i usluge u poštanskom saobraćaju, FTN, Novi Sad, 2012. godine
- [2] <http://www.upu.int>
- [3] <http://www.nearfieldcommunication.org/>
- [4] <http://www.nfcworld.com/>
- [5] <http://www.postoffice.co.uk/>

### Kratka biografija:



**Nevena Kosorić**, rođena je u Sarajevu 1989. god. Diplomski-bečelorski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Poštanskog saobraćaja, na temu: Komerijalni SMS u Pošti Srbije odbranila je 2008. godine.



UNAPREĐENJE AUTOMATIZOVANOG PRAĆENJA POŠTANSKIH POŠILJAKA  
PRIMENOM SAVREMENIH INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA

IMPROVEMENT OF AUTOMATED TRACKING OF POSTAL ITEMS USING MODERN  
INFORMATION TECHNOLOGIES

Jelena Vuković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je predstavljen značaj informacionog sistema kod poštanskih operatera u Srbiji, kako sa aspekta informacionih resursa, tako i sa aspekta usluga koje pružaju korisnicima. Kroz analizu dostignutog stepena informatizacije, elemenata, ciljeva i organizacije poštanskog sistema, predstavljene su i tehnologije za automatizovano praćenje pošiljaka, koje se trenutno koriste u Pošti Srbije. Data je i analiza informacionog sistema kod privatnih poštanskih operatera koji deluju na teritoriji Srbije i izvedeni su odgovarajući zaključci, na osnovu njihovog poređenja.

**Abstract** – This paper presents the importance of information systems of postal operators in Serbia, from the aspect of information resources and from services provided to clients. Through the analysis of the achieved level of informatization, elements, aims and organization of the postal system, presented the technology for automated tracking, which is currently in the Serbia Post. Presented an analysis of the information system in the private postal operators, operating on the territory of Serbia and appropriate conclusions were made on the basis of their comparison.

**Cljučne reči:** *Informacioni sistem, Pošta Srbije, Informacione tehnologije, Automatizovano praćenje pošiljaka*

**1. UVOD**

Ključ uspeha u poslovanju savremenih preduzeća je posedovanje pravovremenih informacija i njihovo pravilno korišćenje, pre svega pri upravljanju preduzećem. Dobro organizovan i pravilno postavljen Informacioni sistem je upravo rešenje koje objedinjuje sve potrebe savremenog poslovanja.

Sudeći po obeležjima društva, informacija je resurs kojim treba upravljati. Da bi smo bili u korak s vremenom u informatičkom društvu, potrebno je razumeti i shvatiti na pravi način pojam informacije i sistema koji upravlja informacijama.

Implementacijom ERP informacionih sistema u svoje poslovanje, Pošta Srbije je povećala svoju produktivnost i kontrolu troškova, preko efikasnog upravljanja ključnim poslovnim procesima, a samim tim povećala je i operativnu efikasnost i produktivnost, proširenjem dometa poslovnih procesa u okviru preduzeća i izvan njega.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Obrad Peković.

Kao jedan od sistema za automatizovano praćenje i kontrolu prenosa poštanskih pošiljaka, predstavljen je sistem "Track & Trace", njegove prednosti i značaj za informacioni sistem.

Objašnjena je primena RFID tehnologije u poštanskom saobraćaju, prednost RFID u merenju kvaliteta saobraćaja, kao i analiza kvaliteta unutrašnjeg poštanskog saobraćaja AMQM sistemom i analiza kvaliteta prenosa pošiljaka u okviru UNEX sistema merenja.

Kao kompanija koja je apsolutni lider u prenosu pošiljaka kao i u logističkim uslugama, opisana je kompanija koja je osvojila ceo svet svojim kvalitetom i zadovoljstvom korisnika, tvorac usluge od vrata do vrata - DHL. Predstavljeno je DHL-ovo korišćenje informatičke tehnologije, usluge i informacije koje pruža korisnicima. Analizom informacionog sistema kod najvećih privatnih poštanskih operatera kao i javnog operatera u Srbiji, izvedeni su određeni zaključci.

**2. INFORMACIONI SISTEM POŠTE**

Poštanski informacioni sistem u domenu tehnologije služi za automatizaciju obavljanja usluga. Opšta ocena je da poštanski informacioni sistem pretežno pripada klasi transakcionih sistema.

Obrade su vezane u najvećoj meri za operacije u tehnološkom procesu ili pratećim poslovima u službama podrške. Informacioni izlazi su razni oblici listanja, ažuriranja, sortiranja i slično. Oni imaju karakter detaljnih izveštaja i sumarnih pregleda.

Iskustva razvijenih zemalja, kao i naprednih poslovnih sistema, su ta da je kreiranje softvera informacionog sistema potrebno prepustiti softverskim kompanijama kojima je to osnovna delatnost.

ERP sistem integriše sve podatke i procese vezane za funkcionisanje neke organizacije u jedinstven sistem. Budući da veliki broj poštanskih uprava Evrope i sveta svoje poslovanje prati kroz SAP ERP informacioni sistem, logičan bi bio zaključak da se i Pošta Srbije priključi korisnicima ovog informacionog sistema, što je i učinjeno u martu 2006. godine.

SAP ERP aplikacija ima veliki raspon funkcionalnosti, uključujući presonalizovani pristup informacijama i prilagođeno izveštavanje, što predstavlja pomoć u svim oblastima poslovanja preduzeća. S potpunom podrškom za integraciju osnovnih poslovnih procesa, SAP ERP pruža osnovu za razvoj, inovacije i odličan kvalitet celokupnih poslovnih procesa [1].

U martu 2008. godine objavljen je završetak prve faze implementacije SAP ERP informacionog sistema u Javnom preduzeću PTT „Srbija“, u saradnji sa



kompanijom S&T Serbia [2]. Implementacija ove faze je trajala osamnaest meseci i ovom prilikom je završena implementacija sledećih modula:

- FI – Finansijsko računovodstvo (uključujući FI-AA osnovna sredstva),
- CO – Kontroling,
- MM – Upravljanje materijalima,
- IM – Upravljanje investicijama,
- HR – Ljudski resursi,
- INT – Interfejsi sa nonSAP aplikacijama,
- BC – Osnovne komponente, interfejs sa preostalim starim sistemima.

### 3. POSTTIS SISTEM

U savremenom društvu poštanski sistem predstavlja značajan element infrastrukture, koji omogućava brz i siguran prenos podataka u različitim oblicima, robe i novca u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju. Uporedo sa razvojem društva i tehnologije, poštanska služba se brzo razvijala i usavršavala.

Danas, Pošta Srbije raspolaže poštanskom mrežom sa više od 1500 jedinica poštanske mreže, od kojih većina koristi „PostNET“ aplikaciju u svakodnevnom poslovanju. Zbog potrebe za modernizacijom elektronskog poslovanja ubrzano se radilo na novom softverskom projektu „PostTIS“ koji je naslijedio postojeću aplikaciju i proširio njene funkcionalnosti.

Projekat PostTIS podrazumeva izradu novog jedinstvenog sistema za automatizovanje poslovanja Preduzeća koji će objediniti sve poslovne procese u Preduzeću i obezbediti dvosmerne konekcije ka ostalim delovima informacionog sistema Preduzeća (SAP i drugi). PostTIS je sistem koji automatizuje sve faze prerade pošiljaka, a to podrazumeva elektronsko zavođenje, praćenje, obračunavanje poštarine, carina, itd. Glavni cilj PostTIS-a je da se najbitniji deo posla završi na prijemu. Dodeljeni prijemi broj pošiljke na šalteru treba u elektronskoj formi da prati pošiljku kroz sve faze prerade. Jednostavnim skeniranjem bar-koda odmah se dobijaju sve potrebne informacije o pošiljci. Na taj način se izbegava štampanje suvišnih izveštaja i pošiljke dolaze već sortirane na mesto prijema.

#### 3.1. Logička arhitektura PostTIS sistema

Celokupan sistem podeljen je na tri nivoa: A, B i C. Svaki od nivoa može da sadrži neke od sledećih entiteta: aplikativni server, bazni server, klijent i job servis. Entiteti su podeljeni po ulogama koje obavljaju i predstavljaju logičke cjeline. Na fizičkom nivou ove celine mogu biti realizovane na različite načine.

### 4. „TRACK & TRACE“ SISTEM

Izraz „Track & Trace“ u bukvalnom prevodu znači praćenje i traganje, ali u poštanskoj terminologiji on ima i šire značenje koje još obuhvata i obeležavanje (označavanje), identifikaciju i lociranje pošiljaka uz upotrebu bar-koda, kao osnove za obeležavanje pošiljaka i moderne kompjuterske tehnologije, koja omogućava efikasno korišćenje ovog sistema putem fiksnih i prenosivih (mobilnih, portabl) laserskih skenera, računara i druge sofisticirane opreme.

Unikatno označavanje pošiljaka predstavlja osnovni uslov da bi sistem „Track & Trace“ funkcionisao. To se obezbeđuje upotrebom bar-koda. Svaka pošiljka u „Track & Trace“ sistemu ima svoj prijemi, odnosno identifikacioni broj, nalepljen u vidu bar-kod simbola. „Track & Trace“ sistem obezbeđuje i veliki broj izveštaja, koji unapređuju upravljanje poštanskim procesom, omogućuju bolje planiranje operacija i što je najbitnije, skraćuju i menjaju iz osnova proces potraživanja pošiljaka.

Sistem za praćenje i kontrolu prenosa poštanskih pošiljaka „Track & Trace“ je projektovan da zadovolji potrebe poštanske administracije i korisnika za praćenjem i kontrolom pošiljaka u prenosu (u svim fazama, od prijema do uručjenja) [3].

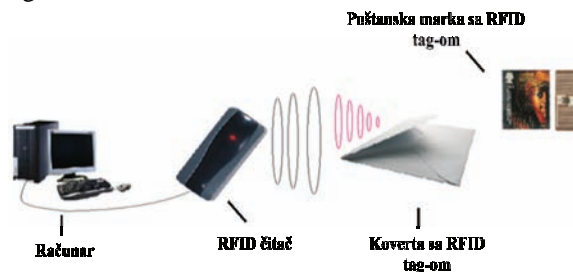
Što se tiče primene ovog sistema kod nas, odlučeno je da se sistem koristi za praćenje pošiljaka u unutrašnjem poštanskom saobraćaju. Trenutno se preko „Track&Trace“ sistema prate sledeće pošiljke: vrijednosno pismo, preporučena pošiljka u unutrašnjem saobraćaju, za koju je zahtijevana usluga „Elektronsko praćenje“, paket, post-ekspres pošiljke, preporučena pošiljka za i iz inostranstva i EMS pošiljka.

Koristeći usluge sistema „Track&Trace“ korisnik može saznati sledeće informacije:

- o oznaci pošiljke, tipu skeniranja, datumu i vremenu skeniranja, potpisu, nazivu RJ PS-a ili JPM, statusu uručjenja;
- na srpskom i engleskom jeziku, u vezi sa Informativnim servisom Pošte, kao i uslugama ko-je isti pruža;
- na srpskom i engleskom jeziku, o sistemu za elektronsko praćenje poštanskih pošiljaka, njegovim prednostima i mogućnostima.

### 5. RFID TEHNOLOGIJA U POŠTANSKOM SAOBRAĆAJU

Što se tiče konkretne oblasti primene ove tehnologije ona se razlikuje od slučaja do slučaja. Naime, RFID tehnologija je najbolji primer kako nova i napredna tehnologija može biti odbačena ako se koristi samo kao poboljšanje prethodne (npr. bar-kod). Prave rezultate RFID tehnologija daje tek kada se kompletan pristup i koncept poslovanja redefiniše i prilagodi potpuno novim mogućnostima.



Slika 1. Funkcionisanje RFID-a u poštanskom saobraćaju

RFID rešenje za automatsko merenje kvaliteta danas se koristi u 52 države. Test pisma, koja sadrže RFID tag se šalju kako bi se beležilo vreme njihovog prolaska kroz preradne centre. Antene čitača u preradnim centrima se postavljaju na lokacije kroz koje svi zaključci moraju proći, te se tako beleži vreme prolaska svakog test pisma u dolasku i polasku. Antene moraju biti dovoljno jake da

bi zabeležile javljanje svakog taga, makar se on nalazio u metalnoj kutiji ili kontejneru. Na taj način se dolazi do informacija o vremenu kretanja pisama u sistemu, te se mogu utvrditi uska grla u preradi i dostavi. Ovo rešenje se prvenstveno koristilo u izmeničnim poštama, za merenje kvaliteta na međunarodnom nivou, ali se sve više koristi i za merenje kvaliteta na domaćem nivou.

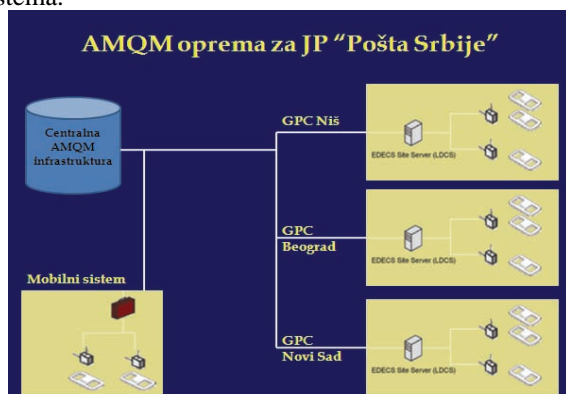
Sledeći nivo korišćenja RFID tehnologije je unutar preradnih centara, prilikom prerade poštanskih pošiljaka. Kolica ili kontejneri opremljeni tagovima koriste se za transport zaključaka koji se upućuju na dostavu, na određeni izlaz, prema tačno određenom vozilu. Antene čitača se nalaze iznad svakog izlaza i detektuju svaka kolica koja su opremljena tagom. Tag sadrži informaciju na koji izlaz je zaključak upućen, te ukoliko dođe do greške i kolica dođu do pogrešnog izlaza, uključuje se alarm čiji je prvenstveni cilj da spreči prebačaj. Ovo je pojednostavljen prikaz rešenja primenjenih u preradnim centrima u kome se kolica ili kontejneri kreću po šinama do određenog izlaza, a sama rešenja su veoma često kombinacija korišćenja nove RFID i starije bar-kod tehnologije.

### 5.1. Analiza kvaliteta unutrašnjeg poštanskog saobraćaja AMQM sistemom u Pošti Srbije

U pogledu načina merenja vremena prenosa i uručenja pošiljaka u unutrašnjem saobraćaju Pošta Srbije je u 2009. godini napravila značajan iskorak napred implementacijom AMQM sistema.

AMQM sistem snima razliku između stvarne i očekivane brzine prenosa poštanske pošiljke u pojedinim segmentima prenosa. Ova informacija je osnova za stalan proces poboljšanja kvaliteta usluge. Tačni i objektivni podaci dobijeni od sistema formiraju osnovu za jednu on-line sliku osobina sistema prenosa opsluživanja po sistemu čovjek/mašina. Na bazi ove slike sada je moguće preduzeti korektivne aktivnosti ako pošiljka ne slijedi predviđenu rutu ili ako mreža za prenos ima neprihvatljivo kašnjenje.

AMQM sistem je u Pošti Srbije startovao sa radom jula 2009. godine. Test faza je obuhvatala dva meseca (jul i avgust), a od septembra je počela faza eksploatacije sistema.



Slika 2. AMQM oprema za JP „Pošta Srbije“

Brzina prenosa pismonosnih pošiljaka u unutrašnjem saobraćaju ogleda se u procentu uručenja u roku „D+1“ dan, dok se pouzdanost prenosa pismonosnih pošiljaka u unutrašnjem saobraćaju ogleda u procentu uručenja u roku „D+2“ dana. Analizom podataka utvrđuje se

prosječno vrijeme prenosa pošiljaka „D+n“ (gdje je „D“ – dan prijema pošiljke, a „n“ – broj dana do uručenja pošiljke, a obuhvata preradu, transport, pripremu i uručenje pošiljaka), kao i procenat uručenja u rokovima „D+1“ i „D+2“.

### 5.2. Kvalitet prenosa pošiljaka u okvir UNEX sistem mjerenja

U cilju praćenja i unapređenja kvaliteta prenosa poštanskih pošiljaka u međunarodnom saobraćaju, Javno preduzeće „Pošta Srbije“ je preduzelo niz aktivnosti, pre svega u merenju i poboljšanju kvaliteta poštanskog saobraćaja, uvođenjem tzv. UNEX projekta (UNipost EXternal monitoring system) za proveru kvaliteta poštanskog saobraćaja s kraja na kraj.

Cilj ovog merenja je poboljšanje kvaliteta usluga, tako što bi se ukazivanjem na oblasti u kojima dolazi do problema i zagušenja (uska grla međunarodnog poštanskog sistema) skratilo i vreme od prijema do uručenja pošiljke. Navedeno merenje se sprovodi neprestao. Dobijeni statistički podaci odražavaju stvarne tokove, pravce i karakteristike pošiljaka u međunarodnom poštanskom saobraćaju. U skladu sa direktivama Evropske Unije iz oblasti poštanskog saobraćaja, ključni pokazatelji za uspostavljanje međunarodnog standarda kvaliteta su:

- Procenat broja pošiljaka uručenih u roku od tri dana (J+3) – indikator brzine,
- Procenat broja pošiljaka uručenih u roku od pet dana (J+5) – indikator pouzdanosti,
- Proječan broj dana potrebnih za uručenje pošiljke.

Ovi standardi se odnose na uručenje međunarodnih pošiljaka prve klase na području Evrope. „J“ je dan prijema pošiljke, dok parametri „+3“ i „+5“ izražavaju potreban broj dana za prikupljanje pošiljaka, sortiranje, međunarodni i unutrašnji transport, kao i za samo uručenje. EU poštanska Direktiva je propisala granicu od 85% ili više pošiljaka uručenih u roku od tri dana (J+3) ili 97% ili više pošiljaka uručenih u roku od pet dana (J+5) [4].

U 2014. godini predviđeno je da se započne sa aktivnim učešćem u projektu UNEX, kojim bi se pratilo 10 linija u prolazu i 20 linija u dolazu. Uz korišćenje RFID tehnologije, nezavisno bi se pratio kvalitet „od vrata do vrata“, upoređujući ostvareni kvalitet sa zahtevanim standardom kvaliteta propisanog direktivama Evropske unije, utvrdile slabe tačke u lancu prenosa, definisao akcioni plan i dalje aktivnosti u cilju unapređenja kvaliteta.

### 6. DHL INTERNATIONAL

DHL je vodeća kompanija na međunarodnom tržištu u oblasti ekspresnog transporta i logistike, poznata po inovativnim rešenjima koja u potpunosti odgovaraju potrebama klijenata. DHL spada u red tehnički i tehnološki najsavremenijih kompanija, jer u svom radu i poslovanju koristi najmoderniju opremu i najsavremenije sisteme komunikacija.

Zahtevi korisnika u modernom svetu se najčešće odnose na brzinu i kvalitet izvršenja usluga. Zbog toga, ali i zbog svih prethodno navedenih razloga, DHL je morao da nađe razlog da ubrza svoje poslovne procese. To je obezbeđeno izgradnjom jednog od najsavremenijih informacionih

sistema i povezivanjem svih svojih predstavništava širom sveta u jedinstvenu mrežu, gde su informacije brzo, u svakom trenutku dostupne delu sistema kojem su potrebne.

Informacioni sistem DHL-a je projektovan i realizovan tako da podržava sve procese rada u kompaniji i podređen je, pre svega, korisnicima usluga. Obuhvaćeni su svi delovi procesa kao što su: zahtev za uslugu transporta, zakazivanje kurira, unošenje podataka u sistem preko ručnog terminala, praćenje toka isporuke, uručenje pošiljke i dr. Informacioni sistem se koristi i za unapređivanje pojedinih postupaka i procedura rada. Informacioni sistem DHL-a je centralizovan i svi delovi DHL-a koriste isti sistem koji je lociran u 3 globalna „Data Centra“, za Evropu to je Prag. Svi podaci preko privatnih i zaštićenih linija dospevaju u jedan data centar gde se obrađuju, skladište i odakle ih korisnici, zavisno od svojih ovlašćenja preuzimaju.

Najveći deo komunikacije sa poslovnim partnerima se obavlja preko Interneta. Na web sajtu [www.dhl.rs](http://www.dhl.rs) se nalaze stranice: „pregled usluga“, „zakažite kurira“, „kako popuniti tovarni list“, „praćenje pošiljke“ i dr. Klijentima je omogućeno da prate svoje pošiljke putem DHL e-mail-a, DHL SMS-a i DHL WAP-a. Preko web sajta poslovni partneri mogu da izaberu način slanja pošiljke, zakažu preuzimanje pošiljke, brzo pripreme tovarni list i carinsku dokumentaciju, dobiju sveže izveštaje o toku transfera i podatke o carinjenju, prate svoju pošiljku, dobiju izveštaje o prispeću pošiljke i sl.

Služba za informacioni sistem u Beogradu osposobljena je za efikasno korišćenje kompanijskog informacionog sistema, ali ima i posebne zadatke u održavanju LAN mreže u Beogradu, razvoju i primeni aplikacije za finansijsku službu, itd. Cio poslovni prostor DHL-a je pod LAN mrežom i svi radni procesi u DHL-u su kompjuterizovani.

## 7. KARAKTERISTIKE INFORMACIONIH SISTEMA DRUGIH POŠTANSKIH OPERATORA KOJI DELUJU NA TERITORIJU SRBIJE

Od svih preduzeća kod nas, danas se polako transformišu i izdvajaju nekoliko najvećih (u pogledu organizacije i obima posla) i preuzimaju vodeću ulogu na tržištu. To su, pre svih: City Express, Bex – Balkan Express kurirska služba, D Express.

City Express je prva i jedina kompanija za dostavu pošiljaka u Srbiji sa 100% učešća stranog kapitala. Kompletnu promenu načina rada, uz značajno podizanje kvaliteta usluge, austrijska pošta je ostvarila ozbiljnom investicijom uz kompletnu automatizaciju svih sektora kompanije. Track & Trace sistem City Express-a omogućava potpuno praćenje pošiljaka putem Interneta, od preuzimanja, preko transporta do isporuke. City Express od novembra 2010. godine omogućava svojim korisnicima i SMS praćenje statusa paketa. Android aplikacija omogućava praćenje statusa svih preuzetih pošiljki (Track&Trace) u realnom vremenu, kao i kreiranje i naručivanje preuzimanja pošiljke, bez telefonskog poziva i popunjavanja bilo kakve dokumentacije od strane pošiljaoca.

Bex je kurirska služba sa veoma brzim stepenom razvoja u regionu i zauzima poziciju jedne od vodećih kompanija u poštanskoj delatnosti. Za svaku pošiljku koja se prijavi kroz Bex program, korisnicima su u svakom trenutku dostupne informacije o njenom kretanju u realnom vremenu, od preuzimanja do dostave, odnosno isporuke otpremnice (otkupnine) ili novca. Svaka pošiljka se evidentira u arhivu pošiljaka, koja je u svakom trenutku dostupna korisnicima i mogu je preuzeti u elektronskom obliku.

Kompanija „D Express“ je jedna od najperspektivnijih ekspresnih kurirskih službi koja obavlja prijem, prenos, isporuku i kurirsku dostavu pošiljaka. Stalnim korisnicima, D Express dodeljuje ID karticu koja dalje pojednostavljuje postupak prijema pošiljke, jer uređaj očitavanjem njihovog jedinstvenog koda, automatski preuzima sve potrebne podatke, čime se znatno ubrzava celokupna procedura. Zatim uređaj automatski, bezbednom bežičnom vezom obaveštava centralni softver D Express-a o prijemu, statusu i odredištu pošiljke, čime se prati ceo njen tok i u svakom trenutku je moguće utvrditi tačan status i poziciju pošiljke. Po predaji pošiljke, moguće je pošiljaoca obavestiti o bezbednom prijemu njegove pošiljke na odredištu. Jedna od usluga koju pruža ova kurirska služba jeste i obaveštavanje pošiljaoca SMS porukom nakon isporuke pošiljke na adresi primaoca.

## 8. ZAKLJUČAK

Automatizovano praćenje poštanskih pošiljaka u Pošti Srbije je na zavidnom nivou, u poređenju sa privatnim operatorima koji deluju na teritoriji Srbije. Omogućavanje informisanja mušterije putem interneta o karakteristikama proizvoda/usluge je postalo imperativ koji svaka kompanija treba da ispuni ukoliko želi da ostane u tržišnoj utakmici na današnjem globalnom tržištu.

U odnosu na poštansko tržište u drugim evropskim zemljama, poštansko tržište Republike Srbije može se svrstati u red srednjih tržišta.

## 9. LITERATURA

- [1] [www.sap.com/westbalkans](http://www.sap.com/westbalkans)
- [2] [www.posta.rs](http://www.posta.rs)
- [3] Kujačić M., „Poštanske usluge i mreža“, Novi Sad, 2010.
- [4] Peković O., Tričković I., *Doprinos novih tehnologija povećanju efikasnosti i efektivnosti poštanske mreže*“, XXX Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju - PosTel 2012, Beograd, 2012.

### Kratka biografija:



**Jelena Vuković** rođena je u Trebinju 1987. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Automatizacija i organizacija u poštanskom saobraćaju odbranila je u aprilu 2014. godine.



**ZONE ŠKOLE U FUNKCIJI UNAPREĐENJA BEZBEDNOSTI DECE PEŠAKA****SCHOOL ZONES IN ORDER OF IMPROVEMENT CHILDREN PEDESTRIAN SAFETY**Miljan Milošević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ**

**Kratak sadržaj** – *Unapređenje bezbednosti dece pešaka ima veoma veliki značaj za unapređenje bezbednosti saobraćaja u celini. Planiranjem i dizajniranjem bezbednog i estetski ugodnog okruženja, planeri moraju promovisati lako povezivanje i dostupnost u cilju poboljšanja bezbednosti pešaka. U radu je analizirana veza između bezbednosti dece pešaka i izgrađenog okruženja u zoni škole, sa posebnim osvrtom na iskustva stečena na području Australije.*

**Abstract** – *Improvement of children pedestrian safety have huge impact on improvement traffic safety at all. Planning and designing safer and esthetically pleasant environment, planners must promote easier connection and accessibility in order to improve pedestrian safety. Throw out the work, connection between safety of children pedestrian and built environment is analyzed in school zone, with emphasis on experience gained in Australia.*

**Ključne reči:** *Bezbednost saobraćaja, zone škole, deca pešaci.*

**1. UVOD**

Putovanje vozilom koje je usvojeno kao osnovni vid transporta, stvorilo je gradove i zajednice koji zavise od automobila. Saobraćaj velikog obima ima domino efekat na broj saobraćajnih nezgoda zajedno sa brojem povreda koje se povećavaju. Studije pokazuju da su povrede kod dece najveće tokom školskih dana i u vremenu kada se završavaju ili počinju školski časovi (Newbury et al., 2008). Izloženost dece saobraćaju povećava stopu povreda jer teško procenjuju kretanje saobraćaja. Planiranjem i dizajniranjem bezbednog i estetski ugodnog okruženja, planeri moraju promovisati lako povezivanje i dostupnost u cilju poboljšanja bezbednosti pešaka i šablone u transportu.

U radu se analizira veza između bezbednosti dece pešaka i izgrađenog okruženja. Škole predstavljaju fokus u dečijem načinu života tako da se u radu analiziraju fizički atributi koji su povezani sa nezgodama u kojima učestvuju deca pešaci i vozila blizu škola.

**2. PREGLED LITERATURE**

Aktivno pešačenje do i od škole promoviše se kako bi se povećala redovna fizička aktivnost među školskom decom. I dok postoji jasan dokaz da izgrađena okolina igra važnu ulogu u ohrabriranju fizičkih aktivnosti ona takođe utiče na bezbednost pešaka.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Jovanović, vanr. prof.**

Međutim, neophodno je utvrditi uticaj same okoline na decu s obzirom na to da ona stiču drugačije fizičke karakteristike od odraslih. Istraživanje sprovedeno u oblasti zdravlja ukazuje na to da smanjenje fizičke aktivnosti kod dece ima razmere epidemije. Kriemler et al. (2008) potvrđuje ovu teoriju objašnjavajući da je došlo do povećanja broja gojazne dece usled fizičke neaktivnosti ili smanjenih kardiorespiratornih aktivnosti.

Iako je istraživanje tražilo vezu između načina života osoba koje se malo kreću i rasta nivoa gojaznosti, nije bilo niti jednog kvalitetnog i detaljnog istraživanja o vezi između načina života dece koja se malo kreću i povećanja broja hroničnih bolesti kod dece. Pregled literature u ovoj oblasti dečijeg zdravlja u Australiji (Hardy et al., 2009) i SAD (Hassink et al., 2008), takođe identifikuje činjenicu da je vidljiv porast stope gojaznosti među decom usled neaktivnog načina života. Istraživanje sprovedeno u oblasti zdravlja, bezbednosti i transporta ukazuje da je nebezbedna okolina oko mesta življenja koja se razvijala u zapadnom svetu glavni razlog, a ne smanjenje nivoa fizičke aktivnosti kod dece jer deca više vremena provode u zatvorenom nego napolje (Carver et al., 2008). Povrede kod pešaka su glavni problem prilikom istraživanja jer postoje jasni dokazi da predstavljaju opasnost po zdravlje dece. Lam (2001) je istakao kako su „povrede kod pešaka jedan od glavnih uzroka smrtnosti među decom u uzrastu od 0-14 godina starosti“. Druga studija u Engleskoj je „otkrila da se preko 60% povreda dogodi u okviru od 500 m od mesta prebivališta osobe“ (Carver et al., 2008). Schwebell et al. (2008) takođe otkriva da „preko 11.000 dece 7-9 godina posećuje hitnu pomoć bar jednom godišnje usled povreda u saobraćaju u SAD“. Ove statistike nam pokazuju da su povrede dece značajan problem koji je u porastu širom sveta.

Međutim, pregledi literature u Australiji (Yeung et al., 2008), Kanadi (Faulkner et al., 2008) i u SAD (Clifton and Kremer-Fults, 2007; Frank et al., 2003; Johnston, 2008; Zhu and Lee, 2008) pokazali su da je najveći broj istraga koje su se ticale bezbednosti pešaka sprovedeno blizu škola. Frank et al. (2003) potvrđuje da podaci iz ankete pokazuju da „čak i za putovanja do škole koja su kraća od jedne milje, samo 31% se obavljaju pešice“ i da je bezbednost u saobraćaju jedna od najvećih barijera za pešačenje dece do i od škole. Clifton i Kremer-Fults (2007) objašnjavaju kako postoji jasan dokaz da je prisustvo objekata za rekreaciju blizu školskih zona povezano sa težim povredama pešaka u saobraćajnim nezgodama.

Pregled literature u SAD (Baum and Ruhm 2009; Drenowski et al., 2008; Johnston 2008; Zhu and Lee 2008) su pokazali da ona deca koja žive u naseljima sa nižim socioekonomskim prilikama takođe imaju viši rizik



da budu gojazna. Ovo je sve uobičajenija pojava jer su Baum i Ruhm (2009) utvrdili pozitivnu vezu između težine i SES tokom školovanja dece. Johnston (2008) takođe objašnjava da su crna i latinoamerička deca koja žive u naseljima sa niskim prihodima najčešće gojazna usled njihovih „ograničenih pristupa organizovanim sportovima, parkovima i objektima gde mogu da se rekreiraju“. Međutim, studije izvan SAD, kao što su one u Meksiku (Villa-Caballero et al., 2006) i Francuskoj (Wagner et al., 2004) imaju sasvim drugačije rezultate. Villa-Caballero (2006) otkrivaju da dečaci i devojke koje pohađaju privatne škole imaju 75% veće šanse da budu gojazni nego oni u javnim školama dok je Wagner et al. (2004) otkrio da socioekonomski status nema veze sa težinom kod dece.

Pregled literature u Australiji (Carver et al., 2008), SAD (Clifton et al., 2009), Španiji (de Nazelle and Rodriguez, 2009) i V. Britaniji (Pearce et al., 2009) pokazuje da su izgrađena okolina i njeni atributi sada zajednički faktori koji se koriste prilikom istraživanja bezbednosti pešaka. Clifton et al. (2009) je otkrila da izgrađena okolina može imati značajan uticaj na ishode nezgoda sa pešacima što podrazumeva i dizajn pešačkih prelaza i raskrsnica.

Jasno je prema literaturi da tamo gde postoji veliki broj različitih promenljivih koje su povezali istraživači, postoji i uticaj na izbor načina transporta kod školske dece kao i na nezgode sa pešacima i vozilima. To pokazuje da bezbednost pešaka i njegov uticaj na izbor vida transporta kod školske dece, idu zajedno prilikom planiranja okoline koja će biti prijateljski nastrojena prema pešacima.

Dokazi ukazuju na to da je rast nivoa gojaznosti među decom povezan sa nedostatkom fizičke aktivnosti jer manje vremena provode napolju. Za razliku od prethodnih generacija, deca postaju sve neaktivnija. Najveći broj studija koje govore o tome kao rastućoj hroničnoj bolesti pretpostavlja da je to usled toga što se malo kreću, a postoji i malo dokaza koji to opovrgava. Čini se da je bezbednost pešaka glavni problem u mnogim studijama, koje ukazuju na to i da je ovo vodeći uzrok smanjenja fizičke aktivnosti kod dece.

### 3. PREGLED BEZBEDNOSTI PEŠAKA

Bezbednost pešaka je tema od velike javne važnosti u Novom Južnom Velsu (NSW). Od maja 2009., Ministar za puteve, napisao je zahtev Komitetu za bezbednost na putevima, gde traži istragu o povredama i poginulima u NSW, sa posebnim osvrtom na pešake kao posebne korisnike puteva (NSW Parlamenta, 2009). Pešaci su jedna od najranjivijih grupa korisnika u gradovima. Ozbilnost problema je prepoznata kako se o stradanju pešaka sve više izveštavalo u medijima: „U gradu Sidneju, na pešaka naleti vozilo svakog dana u godini“. Vlada namerava da formira odgovarajuće politike i strategije kao urgentnu meru, u cilju poboljšanja bezbednosti pešaka u državi.

Bezbednost pešaka u NSW je integrisana u različite politike planiranja i transporta na putevima i određenim smernicama. NSW Vladin paket o integrisanoj upotrebi zemljišta i transporta (ILUT) sastoji se od praktičnih smernica koje se odnose na unapređenje izbora transporta. Ove smernice imaju za cilj da pomognu lokalnim parlamentima i industriji kako bi „bolje integrisali upotrebu zemljišta, planiranje transporta i razvoj“ (DUAP

et al., 2001). Smernice pružaju 10 ključnih principa za razvoj.

Jasno da ljudsko ponašanje igra važnu ulogu u stvaranju bezbednih puteva, međutim, inženjerske mere su te koje trebaju biti efikasnije kako bi ispravile te greške.

Bezbedniji putevi neće samo smanjiti rizik od nastanka nezgode i povrede nego će stvoriti bezbednije okruženje za sve korisnike puteva. Specifični zadatak za inženjerstvo bezbednosti na putevima podrazumeva „poboljšanu bezbednost, mobilnost i laku dostupnost za decu, pešake i bicikliste“ (Austroads, 2009b). Prema Vodiču za upravljanje saobraćajem (Austroads, 2009b), dizajniranje bezbednijeg okruženja puteva podrazumeva sledeće faktore:

- Faktori mreže puteva
- Faktori izgradnje i dizajniranja puteva
- Saobraćajni faktori
- Faktori upotrebe zemljišta.

Jasno je da na politiku planiranja veliki uticaj imaju i smernice, standardi za upravljanje saobraćajem i relevantni kodovi prakse.

Potreba da se unapredi bezbednost pešaka u NSW je očigledna. Razumevanje barijera sa kojima se pešaci susreću je veoma važno za one koji će u budućnosti donositi odluke i tako primenili osnovne kriterijume za saobraćaj i planiranje u okviru dizajna Sidneja i naselja. Principi bezbednosti na putevima i smernice imaju za cilj da osmisle bezbednije okruženje puteva kroz upravljanje saobraćajem i dizajnom puteva. Iako NSW politika planiranja i smernice podržavaju održiv transport kroz principe dostupnosti i smernice u dizajnu, veoma je bitno da se pitanja koja se odnose na bezbednost pešaka rešavaju adekvatno. Veoma je bitno da ključni igrači sa interesima i iskustvom u bezbednosti na putevima veruju u važnost i hitnost planiranja bezbednog okruženja puteva zarad veće bezbednosti pešaka. S tim, urbani planeri i transportni planeri trebaju raditi zajedno ka dizajniranju ulične mreže koja će biti u balansu potreba pešaka u okviru okruženja puteva.

### 4. ŠKOLE U SIDNEJU

Ciljana područja su izabrana pregledom Statistike saobraćajnih nezgoda RTA iz 2007. i pokazuju broj nezgoda i stepen povreda u svakoj Lokalnoj jedinici vlasti (LGA) u Sidnej Metropolitan oblasti. Statistika je dalje podeljena pregledom broja nezgoda prema specifičnim trasama u okviru svake LGA.

Za svrhu ovog rada procenjen je Princes auto-put i pristupne mreže njegovih ulica kako bi se utvrdila njihova bezbednost za kretanje školske dece, i obuhvata sledeća četiri područja:

- Područje 1: Kirrawee javna škola, Kirrawee
- Područje 2: Arncliffe javna škola, Arncliffe
- Područje 3: Kongarah javna škola, Kogarah
- Područje 4: Tempe javna škola, Tempe

Na ova četiri posmatrana područja, nema obezbeđenih pešačkih ograda na Princes auto-putu. Iako je nemoguće da se u potpunosti zaustavi opasno ponašanje, adekvatni inženjerski tretmani mogu da smanje rizik od nastanka nezgode. Kao arterijski put sa relativno visokim brojem nezgoda on stvara veliku zabrinutost.

Drugu veliku brigu predstavlja primena zakona. Iako je usvojena školska zona sa ograničenjem od 40 km/h kao deo putnog sistema, ona nije pokrivena nadzorom (Scruby, 2009). Primena ograničenja brzine kroz kamere koje beleže prekoračenja brzine nije zastupljena duž Princes auto-puta u okviru ova četiri područja.

Studija Princes auto-puta demonstrira potrebu da se poboljšaju objekti namenjeni kretanju pešaka kao i ulične mreže u okviru četiri posmatrana područja kojima se primarno kreću motorna vozila. Iako je Princes auto-put arterijski put, upotreba institucionalnog zemljišta u obližnjim naseljima mora biti integrisana efektivnije sa okruženjem puteva.

Iako izbor vida transporta do i od škole nije bio tema diskusije, jasno je da su četiri posmatrana područja zapravo zajednice koje su u mnogome zavisne od automobila. Međutim, usled činjenice da su četiri posmatrana područja u predgrađu sa svojim školama pozicionirana duž arterijskih puteva sa ograničenim pristupom glavnim vidovima javnog transporta zavisnost ljudi koji tu žive nije ništa začuđujuća.

Kada se prilike za aktivan transport ne obezbede, a ulice su primarno okrenute motornom saobraćaju, a ne pešačkom, onda i zajednice postaju zavisne od automobila.

## 5. PLANIRANJE U CILJU BEZBEDNOSTI PEŠAKA

Planiranje igra važnu ulogu u bezbednosti pešaka oko škola. Kao prvo, obim saobraćaja oko škola je ključna briga jer izloženost dece saobraćaju povećava rizik da će biti učesnici u saobraćajnim nezgodama sa vozilima. Stoga, praksa u planiranju upotrebe zemljišta može uticati na dužinu putovanja (May et al., 2008) i smanjenju obima saobraćaja koji može poboljšati bezbednost pešaka. Kao drugo, okruženje puta je tako projektovano da je okrenuto primarno ka motornom saobraćaju. Stoga se poboljšanje bezbednosti pešaka i objekata za pešake takođe vidi kao osnova za unapređenje bezbednosti.

Principi u planiranju – imaju za cilj smanjenje upotrebe automobila i poboljšanje objekata namenjenih pešacima u cilju poboljšanja bezbednosti pešaka oko škola i obuhvataju:

Princip 1: Povezane mreže ulica

- Ulice postavljene u mrežu koja omogućava kontinuitet među njima.
- Školski ulazi/izlazi udaljeni od arterijskih puteva i postavljene na mrežu lokalnih ulica.
- Obezbediti neprekidnu mrežu namenjenu putovanju tako da su staze i trotoari locirani sa obe strane ulica.

Princip 2: Jasna linija preglednosti

- Kontrola znakova i oznaka tako da oni ne narušavaju izgled okoline puta;
- Klupe i drveće ne smeju ometati vidljivost pešaka duž staza;
- Ivičnjaci i produžeci staza trebaju se obezbediti na svim uglovima glavnih ulica kako bi se obezbedila vidljivost pešaka;
- Ukupna preglednost se ne sme ometati ako je ulica u krivini ili zbog nekog pešačkog objekta poput klupa i sl.

Princip 3: Pešačke staze

- Pešačke staze trebaju biti dovoljno široke da omogućće kretanje u dva smera;

- Zaštitna – tampon zona treba jasno da razdvaja pešački od motorizovanog saobraćaja;
- Tip zaštitne zone zavisi od obima saobraćaja npr. čvrsta zaštita poput ograde treba biti obezbedena ako je protok veliki, a tamo gde je manji protok trava može biti zaštitna zona;
- Adekvatni pejzaž mora biti uklopljen u dizajn;
- Stanje površine pešačkih staza mora biti dobrog kvaliteta sa malim brojem izbočina ili rupa.

Princip 4: Parkinzi i dvorišni prilazi

- Parkiranje na ulici ne treba biti na razdaljini manjoj od 200 metara od školskog ulaza/izlaza;
- Dvorišni prilazi u naseljima trebaju biti ograničeni u širini tako da ne dominiraju na pešačkim stazama;
- Dvorišni prilazi ne trebaju biti locirani u blizini glavnih pešačkih mesta ulaza/izlaza iz objekata ili na raskrsnicama.

Princip 5: Unapređivanje postojećih načina upotrebe zemljišta i povezivanje sa javnim transportom

- Škole trebaju biti locirane u blizini različitih tipova objekata;
- Škole moraju imati mesta za ukrcavanje/iskrcavanje koja se nalaze direktno ispred samih ulaza/izlaza iz škola i obezbedene zone za autobuse;
- Promena vida transporta mora biti na mestu gde se spajaju autobuske linije sa lokalnim železničkim stajalištima.

Škola ne treba planirati bezbednost isključivo u okviru svojih ograda nego i izvan njih i na okolnoj uličnoj mreži. U cilju da deca bezbedno pohađaju školu, objekti za pešake moraju biti uklopljeni u okruženje puteva. Planiranje je vitalna komponenta u bezbednosti pešaka jer utiče na korišćenje zemljišta. Integrisanje visokokvalitetnog javnog transporta sa dizajnom naselja smanjuje velike obime saobraćaja. Smanjenje obima saobraćaja je osnovno za poboljšanje bezbednosti pešaka jer se i izloženost dece riziku smanjuje. Principi bezbednosti pešaka promovišu dostupnost i mobilnost za pešake i to radije nego za vozače.

## 6. ZAKLJUČAK

Kroz pregled literature očigledno je da se bezbednost pešaka vidi kao glavni činilac u porastu gojaznosti kod dece u mnogim razvijenim zemljama. Društveni obrazac povreda kod dece širom sveta je jedna od tema od javnog značaja u NSW. Komitet za bezbednost je sproveo istragu o povredama i poginulima u NSW sa posebnim osvrtom na pešake kao korisnike puteva i njihovu važnost.

Izgrađeno okruženje igra vodeću ulogu u planiranju bezbednog okruženja za pešake kako bi se smanjio broj nezgoda u kojima učestvuju pešaci i vozila. Poslednje istraživanje pokazuje da promenljivi oblici u urbanoj sredini kao što su trotoari, ulično osvetljenje, pešački objekti, različiti tipovi upotrebe zemljišta i gustina mogu stvoriti naselja i gradove u kojima se mogu smanjiti nezgode sa pešacima i vozilima dok se istovremeno ohrabruje aktivan izbor vida transporta. Studija o Princes auto-putu i njena četiri ciljana područja su dobar primer uticaja urbanih formi na pešake kao korisnike puteva. Pokazuje kako uzane staze koje nisu neprekidne i sa slabom vezom sa uličnom mrežom mogu imati uticaj na bezbedno okruženje pešaka. Dizajn škola i lokacija

ulaza/izlaza može uticati na bezbedno kretanje pešaka. Nedostatak pešačkih prelaza i objekata namenjenih pešacima može obeshrabriti aktivne izbore transporta. Uličnom mrežom dominiraju motorna vozila i ne zadovoljavaju se potrebe pešaka što može dovesti do povećane izloženosti dece motorizovanom saobraćaju. Različiti tipovi zemljišta koji okružuju ulice imaju uticaj na aktivnost pešaka u okviru ulične mreže.

Ova studija pokazuje potrebu da okruženje u kojem se kreću pešaci treba da bude redizajnirano u cilju da deca postanu nezavisna po pitanju mobilnosti bez rizika da će na njih naleteti motorno vozilo. Razvojem niza principa bezbednosti za pešake, postavlja se drugi zadatak, a on se tiče poboljšanja bezbednosti pešaka oko škola time što će ulice biti namenjene prvenstveno pešacima, a ne motornim vozilima što dovodi do smanjenja zavisnosti od automobila.

Planiranje upotrebe zemljišta utiče na izbor vida transporta i smanjenje broja nepotrebnih putovanja. Kao dugoročni cilj, profesionalci koji vrše planiranje moraju raditi na dizajniranju lokalnih naselja sa različitim tipovima korišćenja zemljišta koji obezbeđuju održivi urbani transport.

## 7. LITERATURA

- Austroroads (2007) Guide to Traffic Management Part 6: Intersections, Interchanges and Crossings, SydneyWeb.
- Austroroads (2008) Guide to Road Safety Part 3: Speed Limits and Speed Management, SydneyWeb.
- Baum Ii, C.L. and C.J. Ruhm (2009) Age, socioeconomic status and obesity growth. *Journal of Health Economics* in Press, Corrected Proof.
- Carver, A., A. Timperio and D. Crawford (2008) Playing it safe: The influence of neighbourhood safety on children's physical activity – A review. *Health & Place* 14, 217-27.
- Clifton, K.J., C.V. Burnier and G. Akar (2009) Severity of injury resulting from pedestrian-vehicle crashes: What can we learn from examining the built environment? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*.
- Clifton, K.J. and K. Kremer-Fulst (2007) An examination of the environmental attributes associated with pedestrian-vehicular crashes near public schools. *Accident Analysis & Prevention* 39, 708-15.
- Collins, D.C.A. and R.A. Kearns (2001) The safe journey of an enterprising school: negotiating landscapes of opportunity and risk. *Health and Place* 7, 293-306.
- DUAP, RTA & NSW Transport (2001) *Integrating Land Use & Transport Planning Policy Package*, accessed 1 September 2009.
- Faulkner, G.E.J., R.N. Buliung, P.K. Flora and C. Fusco (2009) Active school transport, physical activity levels and body weight of children and youth: A systematic review. *Preventive Medicine* 48, 3-8.
- Hassink, S.G., F. Zapalla, L. Falini and G. Datto (2008) Exercise and the obese child. *Progress in Pediatric Cardiology* 25, 153-7.
- Holt, N.L., J.C. Spence, Z.L. Sehn and N. Cutumisu (2008) Neighbourhood and developmental differences in children's perceptions of opportunities for play and physical activity. *Health & Place* 14, 2-14.
- Johansson, R. (2009) Vision Zero – Implementing a policy for traffic safety. *Safety Science* 47, 826-31.
- Johnston, B.D. (2008) Planning for Child Pedestrians: Issues of Health, Safety and Social Justice. *Journal of Urban Design* 13, 141-5.
- Leden, L., P. Garder and C. Johansson (2006) Safe pedestrian crossings for children and elderly. *Accident Analysis & Prevention* 38, 289-94.
- McMillan, T.E. (2007) The relative influence of urban form on a child's travel mode to school. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 41, 69-79.
- Merom, D., C. Tudor-Locke, A. Bauman and C. Rissel (2006) Active commuting to school among NSW primary school children: implications for public health. *Health & Place* 12, 678-87
- Pearce, A., C. Kirk, S. Cummins, M. Collins, D. Elliman, A.M. Connolly and C. Law (2009) Gaining children's perspectives: A multiple method approach to explore environmental influences on healthy eating and physical activity. *Health & Place* 15, 614-21.
- RTA (2002) *How to Prepare a Pedestrian Access and Mobility Plan: An easy three stage guide*, accessed 15 September 2009
- Sallis, J.F. and K. Glanz (2006) The Role of Built Environments in Physical Activity, Eating, and Obesity in Childhood. *Future of Children* 16, 89-108.
- Schwebel, D.C., J. Gaines and J. Severson (2008) Validation of virtual reality as a tool to understand and prevent child pedestrian injury. *Accident Analysis & Prevention* 40, 1394-400.
- Stevenson, M., S. Jones, D. Cross, P. Howat and M. Hall (1996) The Child Pedestrian Injury Prevention Project. *Health Promotion Journal of Australia* 6, 32-35.
- Sutherland Shire Council (SSC) (2008) *School parking in Sutherland Shire*, accessed 15 September 2009.
- Wendel, A.M., A.L. Dannenberg and H. Frumkin (2008) Designing and building healthy places for children. *International Journal of Environment and Health* 2, 338-55.
- Zaccari, V. and H. Dirakis (2003) Walking to school in inner Sydney. *Health Promotion Journal of Australia* 14, 137-140.
- Zhu, X. and C. Lee (2008) Walkability and Safety Around Elementary Schools: Economic and Ethnic Disparities. *American Journal of Preventive Medicine* 34, 282-90.
- Ziviani, J., R. Kopesheke and D. Wadley (2006) Children walking to school: Parent perceptions of environmental and psychosocial influences. *Australian Occupational Therapy Journal* 63, 27-34.

### Kratka biografija:



**Miljan Milošević** rođen je u Nišu 1989. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti bezbednost saobraćaja odbranio je 2014. god.



**Dragan Jovanović** rođen je u Zrenjaninu 1974. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2005. god., a od 2011. je u zvanju venredni profesor. Oblast interesovanja je bezbednost saobraćaja.

## ТИПОВИ САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА СА ПЕШАЦИМА TYPES OF TRAFFIC ACCIDENTS WITH PEDESTRIANS

Милош Драгић, Факултет техничких наука, Нови Сад

### Област – САОБРАЋАЈ

**Кратак садржај** – Пешаци представљају најрањивију категорију учесника у саобраћају. Утврђивање типова настанка саобраћајних незгода са пешацима представља важан задатак. У раду су представљена поједина искуства у анализи типова саобраћајних незгода са пешацима.

**Abstract** – Pedestrians are the most vulnerable category of road users. Determining the types of traffic accidents with pedestrians is an important task. The paper presents some experiences in analyzing the types of accidents with pedestrians.

**Кључне речи:** Безбедност саобраћаја, понашање учесника, смањење последица саобраћајних незгода.

### 1. УВОД

Безбедност саобраћаја је научна дисциплина која изучава међузависност између саобраћајног и других процеса у друштву, са једне и штетних последица саобраћаја, са друге стране. Изучава и покушава открити законитости настанка штетних последица саобраћаја, с циљем оптимизације саобраћајног процеса и смањивања штетних последица.

Област безбедности саобраћаја представља сложен, специфичан систем, који обухвата више подсистема, који су повезани директним и повратним спрегама.

Општи циљ безбедности саобраћаја је смањивање свих штетних ефеката уз неометано одвијање саобраћаја. Ако се сузи предмет безбедности саобраћаја, онда се и циљ може сузити на смањивање броја и свеукупних последица саобраћајних незгода.

Популација се свакодневно повећава, а самим тим расте и број возила на путевима.

Управљање саобраћајем на раскрсницама и на деоницама пута може довести до проблема безбедности пешака. Приликом проласка возила кроз раскрсницу потребно је водити рачуна и о безбедности пешака, тј. оставити довољно времена пешацима за прелазак коловоза. Осветлити деонице пута где је велика концентрација пешака како би се смањило ризик до доласка конфликтних ситуација.

Предмет истраживања представљају саобраћајне незгоде са пешацима.

Основни циљ рада је утврдити типологију настанка саобраћајних незгода са пешацима.

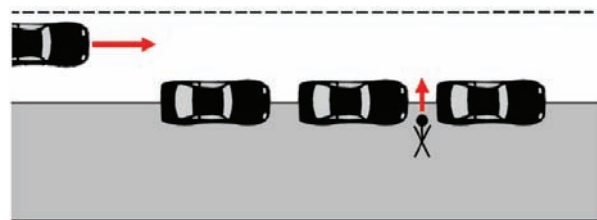
### НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Драган Јовановић, ванр. проф.

### СЦЕНАРИО НАСТАНКА САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА СА ПЕШАЦИМА

Сваке године хиљаде људи буде повређено или погине у саобраћајним незгодама у којима учествују моторна возила. Многи од ових људи су пешаци или бициклисти.

Непажња, било од стране возача аутомобила или пешака је један од разлога за опасну ситуацију и незгоде између аутомобила и пешака. Како се највећи број незгода, у којима учествују аутомобили и пешаци, јавља у урбаним подручјима узет је типични сценарио као репрезентативни, (видети слику 1) аутомобил се креће с лева на десно одређеном брзином. Пешак одлучује да пређе улицу и пролази између паркираних возила на улицу. Он није учљив за возача због паркираних аутомобила. Пешак не обраћа пажњу на саобраћај и закорачује на коловоз. Чим пешак ступи на коловоз он постаје учљив за возача. У овом тренутку је већ касно да се одреагује и очекује се да дође до незгоде.



Слика 1. Типичан сценарио саобраћајних незгода са пешацима

Овај сценарио незгоде, као и други типични сценарији, садржи различите изазове које треба решити и који се односе на свесност возача о пешаку и учинити да пешак буде свестан надлазећег аутомобила. Ови изазови подразумевају: одређивање позиције пешака и аутомобила, како би се закључило да ли би се незгода догодила или не тј. како би се извршило филтрирање неважних аутомобила/пешака, и како би утврдили све неопходне информације, као што су позиције, упозорења итд.

### 3. ИСКУСТВА ИЗ КИНЕ И ШВЕДСКЕ

#### 3.1. Уводне напомене

Како би се разумели сценарији саобраћајних незгода у којима учествују пешаци у саобраћају у кинеским градовима, спроведена је детаљна истрага о незгодама. Подаци о незгодама су прикупљани од стране Бироа саобраћајне полиције и болница од 2001. и 2006 (област Changsha). Од 497 случајева који су



прикупљени и истраживани, било је 446 случајева са детаљним информацијама од стране полиције, болнице и ретроспективне истраге.

Резултати су упоређени у студији са подацима из Шведске службе за прикупљање података о незгодама (СТРАДА). СТРАДА је база података која припада Шведској путној администрацији (СРА). Укупно 5.564 незгода у којима су учествовали пешаци и аутомобили одабрани су у периоду од 1. јануара 1999. године до 13. септембра 2005. године. У овим незгодама 5.859 пешака је повређено или погинуло. У СТРАДА-и су саобраћајне незгоде структуриране према следећем:

- Ф1 Пешак прелази пут, путнички аутомобил долази са леве стране пешака
- Ф2 Пешак прелази пут, путнички аутомобил долази са десне стране пешака
- Ф3 Пешак иде путем крећући се левом страном пута
- Ф4 Пешак иде путем крећући се десном страном пута
- Ф5 Пешак прелази улицу пре раскрснице, аутомобил се креће право
- Ф6 Пешак прелази улицу након раскрснице, аутомобил се креће право
- Ф7 Пешак прелази улицу након раскрснице, аутомобил скреће улево
- Ф8 Пешак прелази улицу након раскрснице, аутомобил скреће удесно
- Ф9 Пешак стоји на путу надоласећем возилу

### 3.2. Резултати

Међу 497 прикупљених незгода са пешацима у Кини, Ф1 је најчешћа категорија незгоде (37%), кога прати Ф2 (35%), док је у Шведској Ф6 најуобичајнија категорија незгода са пешацима (31%) (График 1.).

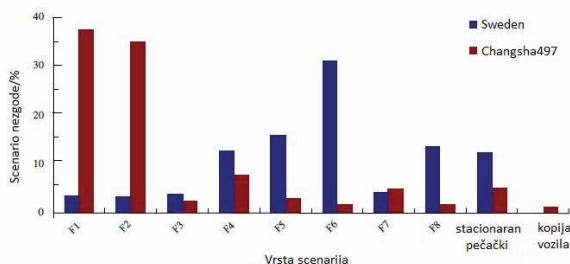
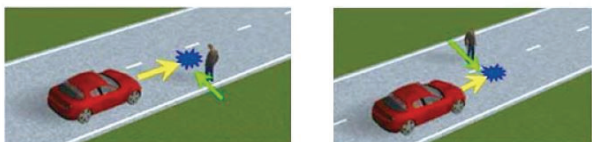
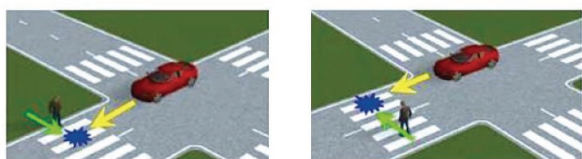


График 1. Типови саобраћајних незгода са пешацима у Кини и Шведској



Слика 2. Преовлађујући типови саобраћајних незгода са пешацима у Кини



Слика 3. Преовлађујући типови саобраћајних незгода са пешацима у Шведској

Највећи број пешака било је лакше повређено (72% у Шведској и 78% у Кини). 25 % пешака у Шведској и 13% у Кини је тешко повређено. Само 3% пешака у Шведској и чак 8% у Кини је погинуло у тим незгодама. Стопа смртности је више од два пута већа у Кини него у Шведској.

### 3.3. Дискусија

Девет различитих категорија незгода се користе у СТРАДА бази података и могу описати већину незгода у којима су учествовали пешаци у Кини. Две различите категорије се могу пронаћи у Кини. Један у коме пешаци прелазе раскрснице дијагонално и возила налећу на пешаке приликом кретања унапред право, и возила која приликом кретања ходом уназад налећу на пешаке.

У Шведској, најуобичајнији сценарио се догађа када пешаци прелазе пут након раскрснице, а возила налећу на њих док се крећу правцем. Најзаступљенији типови незгода у Кини су Ф1 и Ф2. У оба ова сценарија, пешаци су прелазили пут, а возила су на њих налетела крећући се право. У оба случаја, возила су се кретала право и налетела на пешаке бочно. Међутим, пешаци који су прелазили пут у Шведској користили су пешачке прелазе на раскрсницама. У Кини, пешаци су прелазили улицу на средини пута, где обично возачи не очекују било какво ометање у кретању возилом. Ова ситуација захтева агресивно маневрисање или управљање како би се избегла изненадна ситуација. Образовни програми и примена закона су непоходни у циљу побољшања понашања учесника у саобраћају. Усмеравање пешака као што су употреба пешачких прелаза, подземних и надземних пешачких пролаза, могу бити ефективни начини да се смањи број незгода у којима су учествовали пешаци.

## 4. ТИПИЧНИ СЦЕНАРИЈИ НЕЗГОДА СА ПЕШАЦИМА У ЦИЉУ ТЕСТИРАЊА АУТОНОМНИХ СИСТЕМА КОЧЕЊА У СЛУЧАЈУ ОПАСНОСТИ

Анализе незгода фомирају компоненту рада АЕБ Тест Групе чији је циљ да развије процедуру теста за процену Аутономних система кочења у случају опасности (АЕБ). Ова технологија се појављује на тржишту возила и дизајнирана је да пружи заштиту од настанка и последица незгоде. Међутим, постоји потреба да се оцене такви системи и њихова ефективност с обзиром да нису још увек предмет неких регулатива или стандардизоване процене.

Случајеви незгода 175 пешака које су налетели на предњу страну путничких аутомобила добијено је из детаљне базе података о незгодама и прегледано до детаља како би се успоставила позиција и кретање корисника путева непосредно пре незгоде. Скуп података и кључних параметара формиран је и састоји се од детаљних прегледа који су спроведени према хијерархијској анализи како би се идентификовале групе сличних сценарија. Друга анализа је спроведена на основу података из британске националне базе података о незгодама, и састоји се од преко 10.500 незгода у којима су учествовали пешаци који су налетели на предњи део путничког аутомобила. Ово је

довело до другог низа типичних околности заснованих на свеобухватној покривености популације која је учествовала у незгодама.

Национална база података незгода у Великој Британији, СТАТС 19, се формира на годишњем нивоу на основу извештаја полиције и ефективно дефинише популацију која је учествовала у саобраћајним незгодама. У 2008. је регистровано око 230.000 учесника незгода од којих је више од 28.000 пешака. Детаљна база података у В. Британији допуњена је истраживачким тимовима са места незгода у два региона Енглеске од 2000. до 2010., рачунајући ту и незгоде са материјалном штетом. Сваки тим је покрио око 250 незгода на годишњем нивоу, што укупно чини преко 4.700 незгода у којима је учествовало 11.000 корисника путева (укључујући и 288 пешака).

Карактеристике шест највећих кластера који чине 85% популације приказани су детаљно. Њелије са словима која су подељена означавају (а) да је расподела бројева за дата поља значајно другачија од расподеле у укупној популацији и (б) да су одређени назначени бројеви презаступљени. Како би узели пример, сви случајеви у Кластеру 1 се јављају током дана, поредећи то са укупном популацијом од 67% при дневном светлу и 33% током мрака у укупној популацији од 10.574. Вероватноћа да ће се ово догодити је мања од 0,5% и вредност од 100% је презаступљена.

У Кластеру 1 од свих незгода које се догоде током дневне светлости, сва возила су се кретала право и ни један пешак није заклоњен возилом. Као полазна тачка у грађењу концепта сценарија заснованог на овом кластеру, ове карактеристике су недвосмислене. Као друго, где је категорија или повезана група категорија која је презаступљена и састоји се највећим делом од случајева, такође даје своје карактеристике кластеру. У Кластеру 2 највећи део незгода се јавља у зони са ограничењима од 10-30mph где су пешаци прелазили са леве или са десне стране. Треће, где је категорија или повезана група категорија која је презаступљена, али садржи највећи број случајева, може се сматрати тенденцијом. У Кластеру 6, тешке повреде и погибиије су презаступљене заједно са вишим ограничењима брзина 40-50 и 60-70 mph. На крају, колона бројева за дату карактеристику није значајно другачија од остатка популације. Ово се може видети у зонама ограничења брзине у Кластеру 4.

Два највећа кластера, 1 и 2, највише појачавају доминантне карактеристике укупне популације (лакше повређени, 10-30 mph, дневно светло, добри услови, кретање правцем, а пешак прелази пут) са два изузетка, (а) презаступљеност деце и (б) у кластеру 2, пешаци су заклоњени возилима. Кластер 3 и 4, са друге стране, је усмерен према тешким и фаталним повредама, које се јављају током ноћи са тенденцијом према влажном времену и одраслим мушкарцима који нису заклоњени неком препреком, тако да је основна разлика између ова два кластера та да пешаци прелазе са леве стране у једном случају, а у другом са десне стране. Кластер 5 уводи сценарио скретања при малим брзинама и лакшим повредама, углавном се поклапају доминантне ставке код целокупне популације осим оних који представљају одрасле

особе. Поред високог нивоа повреда и зона са ограничењима брзине које су већ споменуте у Кластеру 6, неопходно је истаћи да се ова група незгода догодила током ноћи углавном са мушкарица који су били непомични или при кретању дуж пута, што се може означити под „осталом“ категоријом. Ово је једини кластер у коме не доминирају пешаци који се крећу преко коловоза.

Кластер анализе користе податке о незгодама како би дефинисале типове незгода са пешацима које имају неке сличне детаље и које представљају преко 75% свих изабраних случајева, тако да се сматра прихватљивим да се оне користе као релевантни сценарији за стварање АЕБ протокола за тестирање. На даље у раду, подаци из В. Британије се користе и пореде како би се обезбедило да незгоде са пешацима буду примећене да би дошло до већег нивоа заједништва у раду. Такође је неопходно да се осигура да процедуре у тестирању буду изводљиве и поновљиве. АЕБ група тренутно разматра неколико привремених начина тестирања који нису, неопходно је рећи, коначни, али су предмет даљих дискусија, дефинисања и финализације.

Они су:

- пешак који се креће близу тротоара, а уједно по путањи кретања аутомобила
- пешак који се креће близу тротоара иза препреке па до путање кретања аутомобила
- пешак који се креће далеко од тротоара по путањи аутомобила
- пешак који се креће дуж и ивицом коловоза испред аутомобила
- пешак који се креће преко раскрснице и прелази преко путање аутомобила који скреће у раскрсници.

Ова анализа података такође је примењена на типове незгода попут аутомобил са аутомобилом и чеони судари. За сваки од ових типова незгоде, укључујући налете и на пешаке, АЕБ тест група развија тест сценарио са процедурама и циљевима који ће оценити ефективност АЕБ система за смањење или ублажавање ових незгода.

Ограничење које се може јавити на основу резултата који су представљени у овом документу је то да се сви они заснивају само на подацима из једне земље. Фреквенција са којом се јављају одређени догађај или комбинација фактора сасвим сигурно су зависни од локалних услова на путу, возног парка, карактеристика возача и различитих друштвених и законских фактора. На различитом нивоу, формација кластера је утврђена у зависности од подручја са којим се незгоде пореде.

Како је раније напоменуто, поља која су релевантна за физичко тестирање се користе у овом делу. Ако су други фактори додати или представљају замену за ове, не треба бити никаквог изненађења ако се они пресликају приликом прављања кластера. Даље разматрање које се односи на ефекте поља и на број поља која се користе у кластер анализи, он је ограничен у зависности од броја случајева.

Са 175 случајева за ОТС анализу и хиљаде случајева за СТАТС 19 анализу, ово је релативно мала ствар за бригу у тренутном раду. Искуство показује да резултати који се добијају горе су релативно

неосетљиви на фино подешавање рачунских алгоритама.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Пешаци немају никаквих ограничења за учествовање у саобраћају и не морају поседовати никакво знање да би били учесници у саобраћају. Због тога је веома битно увести у образовни систем предмет који би људе едуковао и припремио нарочито младе људе за самостално учешће у саобраћају.

Највећи број саобраћајних незгода са пешацима догоди се изван раскрсница на правом путу, у већини случајева пешаци прелазе или претрчавају коловоз ван пешачких прелаза. У таквим случајевима на местима где је повећан број незгода проблем се може решити постављањем заштитних ограда, како пешаци физички не би могли прећи са једне на другу страну коловоза.

Веома битна ствар која може допринети смањењу броја незгода јесте планирање паркинг простора нарочито тамо где су коловози ужи, како би се максимално смањило заклањање видног поља возача, тј. да се олакша уочавање пешака од стране пешака и обратно.

Примећено је да се више незгода догађа током радне седмице него преко викенда, такође је запажено да у незгодама најчешће учествује старосна група од 15-29 година, овај проблем могао би се решити постављањем патрола у близини школа и факултета са обзиром да млади преко седмице циркулишу у близини ових објеката.

Приликом истраживање уочено је констатно већи број жена него мушкараца у саобраћајним незгодама са пешацима.

Применом савремених технологија заснованих на камерама, радарима, ласерима, бежичним конекцијама, стварају се нове могућности за повећање безбедности пешака у саобраћају.

Све мере које се спроводе морају бити усмерене с једне стране на регулисање саобраћаја и возача, а са друге стране на заштиту пешака и осталих учесника у саобраћају.

Образовни програми и примена закона су непоходни у циљу побољшања понашања учесника у саобраћају. Усмеравање пешака као што су употреба пешачких прелаза, подземних и надземних пешачких пролаза, могу бити ефективни начини да се смањи број незгода у којима су учествовали пешаци.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Chinese Road Traffic Accident Annual Statistics [Z]. April 2009
- [2] Cuerden R., M. Pittman, E. Dodson and J. Hill. The UK On-the-Spot accident data collection study—Phase II report, Road Safety Research Report No. 73, Department for Transport, London. 2008.
- [3] Department for Transport. Reported road casualties Great Britain, Transport Statistics DfT, London. 2009.
- [4] Department for Transport. Instructions for the completion of road accident reports. <http://www.dft.gov.uk/collisionreporting/Stats/stats20.pdf> 2004.
- [5] Gandhi, M. M. Trivedi, "Pedestrian Protection Systems: Issues, Survey and challenges", IEEE Transactions on intelligent Transportation systems, vol. 8, no. 3, pp. 413-430, Sept 2007.
- [6] Hugemann, W, "Driver Reaction Times in Road Traffic", European Association for Accident Research and Analysis, Annual Convention, Portoz, Slovenia 2002.
- [7] International Road Traffic and Accident Database, 2006: <http://cemt.org/IRTAD/IRTADPUBLIC/we33.html>, last checked 11.6.09
- [8] Lenard, J. and R. Danton. Accident data study in support of development of autonomous emergency braking test procedures, project reference LUEL 5989/6175, Thatcham Research Centre, England. 2010.
- [9] Raßhofer, D. Schwarz, E. Biebl, C. Morhart, O. Scherf, S. Zecha, R. Grünert, and H. Frühauf, "Pedestrian Protection Systems using Cooperative Sensor technologies", Advanced Microsystems for automotive applications 2007", vol. 2., Springer 2007
- [10] Sugimoto, Y. Nakamura, and T. Hashimoto, "Prototype of pedestrian-to-vehicle communication system for the prevention of pedestrian accidents using both 3G wireless and WLAN communication", International Symposium on Wireless Pervasive Computing, pp. 764, May 2008.
- [11] Swedish Road Administration. Swedish Traffic Accident Data Acquisition [Z]. September 15, 2005.
- [12] The Advanced Microsystems for Automotive applications website. : [http://www.amaa.de/previous/amaa-2007/presentations-2007-1/D1\\_S2\\_P3.pdf](http://www.amaa.de/previous/amaa-2007/presentations-2007-1/D1_S2_P3.pdf), last checked 11.6.09
- [13] Wewetzer, M. Caliskan, K. Meier, A. Luebke, „Experimental Evaluation of UMTS and Wireless LAN for Inter-Vehicle Communication", ITST '07, 7th international conference on ITS, Telecommunications 2007, pp1-6, June 2007.

### Кратка биографија:



**Милош Дражић** рођен је у Зрењанину 1988. год. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Саобраћај – Друмски саобраћај одбранио је 2014. год.



**Драган Јовановић** рођен је у Зрењанину 1974. Докорирао је на Факултету техничких наука 2005. год., а од 2011. је у звању ванредни професор. Област интересовања је безбедност саобраћаја.

**ПРОСТОРНА ДИСТРИБУЦИЈА САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА СА ПЕШАЦИМА У НОВОМ САДУ****SPATIAL DISTRIBUTION OF PEDESTRIAN ROAD ACCIDENTS IN NOVI SAD**

Дијана Ивић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – САОБРАЋАЈ**

**Кратак садржај** – Пешачење је основна људска активност на коју се дуго није обраћала пажња, нарочито онда када су пројектовани савремени транспортни системи. Пешачки систем нуди велике могућности, али захтева што хитније реализовање и рад многих институција локалних заједница, као и свих учесника у саобраћају. Прве анализе страдања пешака треба да дају одговор где и када пешаци највише страдају. Место и време настанка саобраћајних незгода су од значаја за схватање и разумевање услова настанка незгода како би се планирале превентивне активности. У оквиру рада су приказани резултати просторне анализе страдања пешака на подручју Новог Сада у периоду од 2008. до 2011. године. Са циљем идентификације локација са високом густином саобраћајних незгода примењена је Кернел метода у оквиру Географског информационог система (ГИС).

**Abstract** – Walking is a basic human activity which was not been paying attention enough, especially when designed a modern transport system. Pedestrian system offers great potential, but it requires urgent implementation and operation of many local communities' institutions, as well as all road users. The first analysis of pedestrian casualties should give answer when and where pedestrians become casualties. It is very important for the comprehension and understanding conditions of an accident to take in consideration the place and time of traffic accidents in order to plan preventive activities. The paper presents results of temporal and spatial analysis of pedestrian casualties in Novi Sad in the period 2008 - 2011 year. In order to identify locations with high pedestrian crash density locations it was applied Kernel methods in Geographical Information Systems (GIS).

**Кључне речи:** Безбедност саобраћаја, Пешаци, Просторна дистрибуција, Географски информациони систем (ГИС)

**1. УВОД**

Разумевање основне структуре саобраћајних незгода у коме је учествовало возило и пешак је од кључног значаја за побољшање безбедности саобраћаја.

Сваке године више од 270.000 пешака изгуби живот на путевима у свету. Глобално, пешаци чине 22% од

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Драган Јовановић, ванр. проф.

укупног броја смртних случајева, а у неким земљама тај проценат чини чак две трећине од укупног броја смртних случајева. Досадашња истраживања су утврдила да незгоде у којима је учествовало једно возило имају тенденцију да се групишу како просторно тако и временски. Препознавање и рангирање зона у којима се дешава велики број саобраћајних незгода у којима су учествовали пешаци игра кључну улогу у развоју ефективних и ефикасних стратегија безбедности пешака.

Технике које се овде користе имају потенцијал да помогну доносиоцима одлука у развоју ефикасних стратегија безбедности на путевима.

**2. БЕЗБЕДНОСТ ПЕШАКА У НОВОМ САДУ**

Главни предмет истраживања је број настрадалих пешака у Новом Саду у периоду од 2008. до 2011. године у циљу установљавања стварног стања безбедности пешака на територији града Новог Сада и могућност предузимања мера за побољшање безбедности.

Истраживање је вршено на основу базе података и полицијских извештаја добијених од стране МУП-а Нови Сад. Извршено је усклађивање и анализа података о саобраћајним незгодама са пешацима које су настале на територији града Новог Сада, у периоду од 2008. до 2011. године. У току ове 4 године десило се 764 саобраћајне незгоде у којима је учествовало 778 пешака у Новом Саду.

На основу детаљније анализе података који су добијени у оквиру базе података, као и примена различитих савремених методологија за утврђивање просторне дистрибуције саобраћајних незгода омогућено је да се изврше дескриптивне анализе са више аспеката о саобраћајним незгодама у којима су учествовали пешаци како би се добили битни подаци за побољшање безбедности саобраћаја у Новом Саду.

**3. МЕТОДОЛОГИЈА РАДА**

Применом савремених методологија као што су: Кернелова густина незгода примењена у ArcGIS софтверском пакету и класично мапирање, добијени су подаци о просторној дистрибуцији саобраћајних незгода са пешацима на територији Новог Сада. Применом ових методологија утврђене су "црне тачке" за пешаке у Новом Саду, самим тим нам је омогућено да даљим анализама и превенцијом побољшамо безбедност пешака на тим локацијама у будућности.

Класичним мапирањем у ArcGIS софтверском пакету добијена је слика са местима настајања саобраћајних



незгода са пешацима, што је представљено на слици 1. Највећи број саобраћајних незгода десио на Булевару Ослобођења, који је један од најфреквентнијих Булевару у граду. При чему је највећа густина незгода на раскрсницама Булевару Ослобођења са Јеврејском и Футошком улицом, и Булеваром Краља Петра I.



Слика 1. Просторна дистрибуција саобраћајних незгода са пешацима, Нови Сад, 2008-2011.

ГИС је систем за управљање просторним подацима и њима придруженим особинама. У најстрожем смислу то је рачунарски систем способан за интегрисање, складиштење, уређивање, анализу и приказ географских информација. У ширем смислу ГИС је оруђе „паметне карте“ које оставља могућност корисницима да постављају интерактивне упите (истраживања која ствара корисник), анализирају просторне информације и уређују податке.

Технологија географског информационог система може се користити за научна истраживања, управљање ресурсима, имовинско управљање, планирање развоја, просторно планирање, картографију и планирање инфраструктуре. ГИС се често користи и за потребе маркетиншког истраживања, геологији, грађевинарству, саобраћају, али и у свим областима које користе податке везане за карте.

ГИС се састоји од четири интерактивне компоненте: подсистем за унос који врши конверзију карата (мапа) и других просторних података у дигитални облик (врши се тзв. дигитализација података); подсистем за складиштење и позивање података; подсистем за анализу; и излазни подсистем за израду карата, табела и за пружање одговора на постављене упите.

Савремене ГИС технологије користе информације у дигиталном облику, за чије прављење се користе различите методе. У најширој употреби је дигитализација, којом се штампана карта или план преводи у дигитални облик употребом CAD (computer-aided design) програма, и могућности геореференцирања.

Велика доступност орторектификованих снимака (сателитских и аероснимака), дигитализација прецртавањем постала је основни метод екстракције географских података. Дигитално прецртавање подразумева цртање географских података директно преко аероснимака уместо коришћења, сада већ, застарелог метода трасирања географских података помоћу дигитализера.

Информације представљају податке о вештачким и природним објектима на неком простору. То су, на пример, инфраструктурни објекти, стамбени, спортски и други грађевински објекти, намена земљишта и друго.

Информације о геометрији објеката могу бити у облику растера и вектора. Растер се састоји од редова и колона ћелија, које се називају пиксели, при чему свака од тих ћелија има једну, одређену, бројну вредност. У случају слике, та бројна вредност, представља број боје (боје су кодиране бројевима). У случају приказа неке друге информације вредност пиксела не представља само боју већ представља просторни податак. Пример: на неком простору дошло је до експлозије у виду емисије отровних гасова. Растер који приказује количину загађења, састоји се од пиксела чије бројне вредности носе просторну информацију о концентрацији отровних материја у ваздуху у сваком делићу тог простора.

Пошто један пиксел има једну бројну вредност, грубо речено, растер има онолико информација колико има пиксела. Растери се могу приказивати по каналима, RGB канали, односно, у црвеном, зеленом и плавом делу спектра видљиве светлости. Преклапањем тако припремљених растера, њиховим различитим комбиновањем, може се добити знатно већи број информација о неком подручју.

Приказ информација у векторском облику односи се на геометрију облика (дужина, висина, облик), било да су у питању линијски или полигони ентитети као и на њихов просторни положај (положај у координатном систему).

Поред ових информација у ГИС-у постоје додатне информације, тзв. непросторни подаци, које се могу узети за поједине растерске или векторске податке. На пример, шума може бити просторно приказана у облику неког неправилног полигона (полигони ентитет), а непросторни податак могу бити подаци о врстама стабала, њихов број, процентуална заступљеност различитих врста, итд.

“Kernel” метода је једна од најчешћих и афирмисаних метода која се користи за идентификацију просторних расподела саобраћајних незгода. То ствара представу поља о саобраћајним незгодама у којим је учествовало једно возило: густина саобраћајних незгода у којима је учествовало једно возило за сваку тачку у излазном растеру навођењем броја незгода у одређеном региону. Тамније боје наглашавају положај високог интензитета незгода (O’Sullivan and Unwin, 2003). “Kernel” метода за процену интензитета незгода у којима је учествовало једно возило примењивана је на различитим просторима као што је Вашингтон и локалном подручју града Перт у западној Аустралији. Иако постоји широк спектар функција “Kernel” методе које се могу изабрати већина се слаже да избор “Kernel” функције неће значајно утицати на резултат (Silverman, 1986; Bailey and Gatrell, 1995), међутим избор пропусног опсега  $X$  ће свакако утицати на обрасце густине.

#### 4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Према основним подацима који су добијени од стране МУП-а из Новог Сада, урађена је анализа података о настрадалим пешацима у саобраћајним незгодама од 2008. до 2011. како би се омогућило потпуно разумевање проблема на локалном нивоу. У урбаном подручју града у анализираном периоду десило се 764 саобраћајне незгоде у којима је учествовали пешаци. У овим незгодама настрадало је 778 пешака, од којих је 13 погинуло, 188 тешко повређено и 577 пешака је задобило лаке телесне повреде.

Филтрирањем добијених података установљено је да је најугроженија група пешака старосне доби од 15 до 29 година. У саобраћајним незгодама настрадало је 240 пешака ове старосне доби, што чини 30% од укупног броја настрадалих пешака свих старосних група. Посматрано на глобалном нивоу најугроженија група пешака су пешаци који спадају у стара лица према тим подацима стање угрожених лица према старосној доби у Новом Саду, одступа од досадашњих искуства. Подаци о структури настрадалих пешака дати су у табели 1.

Табела 1. Структура настрадалих пешака у Новом Саду, 2008-2011.

Старосне групе	2008.	2009.	2010.	2011.	Укупно
0-14	32	34	32	21	119
15-29	50	73	57	60	240
30-44	32	28	29	31	120
45-64	49	52	32	35	168
65>	47	36	35	33	151
Укупно	210	223	185	180	778

Највећи број настрадалих пешака је био 2009. године, односно 223 настрадала лица, у односу на ту годину 2010. опада број повређених лица за 38, а у 2011. број настрадалих опада за 42 лица.

Утврђено је да су најзаступљенији учесници у саобраћајним незгодама на глобалном нивоу као пешаци-мушкарци, међутим на територији града Новог Сада у саобраћајним незгодама настрадале пешаке у већини чине жене и то са 60% од укупног броја настрадалих лица.

Табела 2. Структура настрадалих пешака према полу и последицама, Нови Сад, 2008-2011.

Последице	Мушкарци	Жене	Укупно
ЛТП	227	350	577
ТТП	78	110	188
Смрт до 30 дана	0	5	5
Смрт у току превоза до болнице	1	1	2
Смрт на лицу места	5	1	6
Укупно	311	467	778

У анализираном периоду, настрадало је 467 жена које су учествовале у саобраћају као пешаци, од којих је 7 смртно настрадало, 110 жена-пешака је задобило тешке телесне повреде, а 350 лаке телесне повреде. Што се тиче мушког пола из табеле можемо видети да

је 311 мушкараца настрадало као пешаци. Посматрајући последице које су задобили пешаци нема велике разлике између мушког и женског пола када су у питању смртне последице. Док знатно велика разлика се јавља између полова када су у питању лаке и тешке телесне повреде.

#### 5. ПРОСТОРНА ДИСТРИБУЦИЈА

Кретање пешака по коловозу представља један од начина стварања опасне ситуације. Пешаци се могу кретати на разне начине, односно могу нагло, у кратком временском интервалу, изненада и знатно да промене начин кретања. Имајући у виду да кретање пешака представља сложену ситуацију треба утврдити када је стварна опасност, односно да ли је промена начина кретања пешака могла да утиче на стварање опасности.

Анализирани су апсолутни и релативни показатељи саобраћајних незгода из постојећих база података, коришћењем традиционалних, нумеричких и графичких софтвера и софтверских алата ГИС-а са дигитализованим картама. Резултати анализе створили су реалне могућности за прихватљиво пројектовање правца и могућих мера заштите безбедности пешака у Новом Саду.

Стручно мишљење је да су пешаци посебно угрожена категорија учесника у саобраћају због: изложености ризику, рањивости, грешака субјективног карактера, пропуса у регулативи, лоших саобраћајних решења, неустављених критеријума вредности и сл. Већина саобраћајних незгода у Новом Саду, у којима су страдали пешаци, догодила се у раскрсници ван пешачког прелаза, на пешачким прелазима, при кретања по коловозу и површинама ван коловоза. Грешке и околности које непосредно доприносе настанку саобраћајних незгода, у којим страдају пешаци, и даље остају непотпуно разјашњене, односно недовољно проучени догађаји. Они који евидентирају и обрађују саобраћајне незгоде са пешацима суочавају се конкретним проблемима комплетирања и документовања података за каснију обраду и анализе. Непотпуни подаци о саобраћајним незгодама са пешацима отежавају посао аналитичарима који статистичким и дескриптивним техникама покушавају прогнозировать догађања саобраћајних незгода и пројектовати правце и мере за решавање проблема

Према анализама које су извршене у софтверском пакету ГИС установљена су опасна места за пешаке на територији Новог Сада. Опасна места су класификована на: пешачке прелазе, ван пешачког прелаза, раскрснице.

Саобраћајне незгоде које су настале на пешачком прелазу чине 44,6 % (341 незгода) саобраћајних незгода које су се десиле у Новом Саду у периоду од 2008. до 2011. године. Приликом настанка незгода на пешачком прелазу учесници у саобраћају, да ли пешаци или возачи, нису углавном поштовали саобраћајне прописе као што су црвено светло на светлосним сигнаlima, неприлагођена брзина у зони пешачког прелаза, раскрснице и слично или пак претрчавање коловоза од стране пешака. Овај вид грешака и непрописаних радњи у саобраћају спада у

феноменологију безбедности саобраћаја која захтева веома сложен, дуготрајан процес истраживања понашања човека у саобраћају, а затим утврђивање разлога због којих учесници у саобраћају често врше такве радње. Овај вид понашања у нашој земљи је веома заступљен и да би се отклонио потребан је веома дуг период како би се људима подигла свест о опасностима које изазивају таква понашања и отклониле навике које учесници у саобраћају примењују дуги низ година. За овакву врсту стратегије безбедности саобраћаја потребно је велико ангажовање првенствено од стране владе да се драстично промене мере кажњавања непрописних радњи у саобраћају, затим да се укључе медији како би јавно мњење што више било информисано о свим опасностима у саобраћају, да се промени начин образовања о саобраћају као и многе друге мере.

У периоду од 2008. до 2011. године десило се укупно 764 саобраћајне незгоде у којима је учествовало 778 пешака, од чега се 341 саобраћајна незгода десила на пешачком прелазу, а број пешака који је повређен на пешачком прелазу износи 354. пешака (46 % од укупног броја настрадалих пешака). Саобраћајних незгода које су се десиле ван пешачког прелаза је било 319 (43%) од укупног броја незгода. Ове саобраћајне незгоде углавном су настајале у непосредној близини пешачких прелаза. Незгоде на пешачком прелазу и ван пешачког прелаза су се дешавале на истим локацијама, с тим да незгоде ван пешачког прелаза имају нешто већи растер од првобитних и јачина њиховог поља деловања је нешто јача самим тим и ризик је већи.

Незгоде на раскрсницама су углавном локализоване као и незгоде на пешачким прелазима при чему се уочава да размак између опасних места код незгода на раскрсницама је мањи него код незгода које су се десиле на пешачким прелазима. У незгодама које су се десиле на раскрсницама настрадало је 316 пешака, а ван раскрсница 462 пешака.

### 6. ЗАКЉУЧАК

Постоји читав скала мера које могу врло ефикасно да послуже у сврху заштите безбедности пешака. У свакој јединици локалне самоуправе могуће је стручно пратити стање безбедности саобраћаја и посебно безбедности пешака, спроводити планиране активности уз поштовање приоритета, надлежност и праћење одговорности органа и одговорних лица локалне самоуправе. До примене стратегијских мера, по оперативним програмима потребно је да саобраћајна полиција, секретаријат надлежан за саобраћај, комунална полиција, паркинг сервис, по потреби и друге градске службе, предузму мере додатне директне заштите безбедности пешака на деоницама и местима са повећаном опасношћу.

Примарни циљ рада је био да се прикаже просторна техника визуелизације која омогућава да се уоче одређена обележја саобраћајних незгода са настрадалим пешацима. Ово омогућава да се сагледа интеракција између просторних и временских обележја и да се идентификују локације са високом густином незгода које се у укупној структури не могу уочити. Идентификација просторних и временских

обележја обезбеђује да се креирају смернице које дају одговор на питање где и када је најефикасније спровести одређене интервенције и применити одговарајуће мере. Створена је подлога за идентификацију места са високом густином незгода и њихове анализе према одређеним критеријумима применом ГИС методологије, на основу које би се смањила субјективност код доношења одлука. Ово омогућава планерима ових акција да оптимизују начин доношења одлука и обезбеде ефикасније расподелу ресурса.

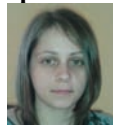
Приступ заснован на ГИС-у омогућава да се на погоднији начин илуструје просторна расподела саобраћајних незгода у функцији одређених обележја. Ово омогућава да се у зависности од посматраних временских периода идентификују локације са високом густином незгода које се применом одређених метода у оквиру ГИС-а могу на једноставан начин визуелизовати у простору. Уместо тачкастог приказивања саобраћајних незгода примењена је Кернел метода која омогућава да се сагледа густина саобраћајних незгода са настрадалим пешацима и да се једноставно идентификују локације са високом густином.

Анализа представљена у раду може корисно послужити у оквиру процеса дефинисања проблема, припреме и усвајања акционих планова, доношења одлуке о примереним мерама безбедности саобраћаја и конкретизацији појединачних решења.

### 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Anderson, T. K. (2009). Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots. *Accident Analysis & Prevention*, 41(3), 359-364.
- [2] Dai, D. (2012). Identifying clusters and risk factors of injuries in pedestrian-vehicle crashes in a GIS environment. *Journal of Transport Geography*, 24, 206-214.
- [3] Erdogan, S., Yilmaz, I., Baybura, T., & Gullu, M. (2008). Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar. *Accident Analysis & Prevention*, 40(1), 174-181.
- [4] Pulugurtha, S. S., Krishnakumar, V. K., & Nambisan, S. S. (2007). New methods to identify and rank high pedestrian crash zones: An illustration. *Accident Analysis & Prevention*, 39(4), 800-811
- [5] Yannis, G., Kanellaidis, G., Dimitropoulos, J., Muhrad, N., 2007. Assessment of pedestrian safety measures in Europe. *ITE Journal* 77 (12), 40-48.
- [6] Zegeer, C. V., & Zegeer, S. F. (1988). *Pedestrians and traffic-control measures* (No. 139).

### Кратка биографија:



**Дијана Ивић** рођена је у Лозници 1989. год. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Саобраћај – Друмски саобраћај одбранила је 2014. год.



**Драган Јовановић** рођен је у Зрењанину 1974. Докторирао је на Факултету техничких наука 2005. год., а од 2011. је у звању венредни професор. Област интересовања је безбедност саобраћаја.



**ПРИМЕНА КОНТРОЛНИХ ЛИСТА И ОБУКА ИНСПЕКТОРА У ОБЛАСТИ  
ИНСПЕКЦИЈЕ БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА****APPLICATION OF CHECKLISTS AND EDUCATION OF INSPECTORS IN THE FIELD  
OF ROAD SAFETY INSPECTIONS**

Дејан Вејин, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – САОБРАЋАЈ**

**Кратак садржај** – У структури фактора од којих зависи безбедност друмског саобраћаја, пут, дефинитивно, заузима значајно место. Имајући у виду ову чињеницу, предузимају се превентивне мере чији је задатак да детектују поменуте факторе, са циљем да би се спречиле нежељене последице. Једна од тих мера је и инспекција безбедности саобраћаја. Овај рад представља анализу поступка инспекција безбедности саобраћаја са посебним освртом на контролне листе које се користе у инспекцијама.

**Abstract** – The structure of the factors that influence road safety, road definitely has an important place. Given this fact, take preventive measures whose task is to detect these factors in order to prevent undesirable consequences. One such measure is Road safety inspection. This paper presents an analysis of road safety inspection procedures with special reference to the checklist used in inspections.

**Кључне речи:** Инспекција безбедности саобраћаја, контролне листе

**1. УВОД**

Инспекција безбедности путева врши идентификацију опасности у вези са карактеристикама пута и предлаже интервенције за смањење детектоване опасности, дефинисана као превентивни алат за детектовање проблема безбедности.

Актуелна пракса инспекције безбедности саобраћаја се у многим аспектима разликује у различитим европским земљама. Тако постоји разлика и у облику и изгледу контролних листа које се користе у инспекцијама. Зато постоји потреба да се идентификују најбоље праксе, или барем добра пракса у складу са инспекцијама безбедности путева.

Предмет рада је примена извештаја, односно контролних листа које се користе приликом инспекција, као и потребне квалификације и едукација инспектора који врше инспекције путева.

Овај рад има два циља. Први је да се сумира знање у погледу тренутне праксе коришћења контролних листа, као и потребних квалификација које морају поседовати инспектори. Други је да се предложи смернице за најбољу праксу.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Драган Јовановић, ванр. проф.

**2. ИНСПЕКЦИЈА БЕЗБЕДНОСТИ  
САОБРАЋАЈА**

Инспекција безбедности саобраћаја на путевима (Road safety inspections) се све више користи као део управљања безбедношћу саобраћаја на путевима. Инспекција безбедности саобраћаја је дефинисана као превентивна мера и представља систематску процену стандарда безбедности постојећег пута, посебно у погледу опасности који су у вези са саобраћајним знаковима, функцијом околине пута, еколошким факторима ризика и стања површине пута. Циљ инспекције безбедности путева је идентификовање опасности у саобраћају на путевима и указивање на мере за елиминисање ових опасности. Инспекције безбедности путева су, у великој мери, засноване на сличним процедурама које се примењују у ревизијама безбедности путева (Road safety audits). Ревизије безбедности путева се примењују приликом планирања нових путева, док се инспекција безбедности врши на постојећим путевима.

**2.1. Партнери у процесу инспекције**

Клијент (обично управљач пута) и инспектор (или тим инспектора) учествују у поступку инспекције. Клијент је институција (путна администрација), која је одговорна за безбедност на путевима. Пуна одговорност клијента је да осигура да се захтеви инспекција морају поштовати и да ће почети спровођење предложених мера у најкраћем могућем року. Такође је задатак клијента да организује неопходне инвестиције за имплементацију резултата инспекције. Инспектор је стручњак за безбедност саобраћаја на путевима, тим или организација који ће водити инспекцију. У идеалном случају, требало би да буде екипа са различитим вештинама. Једна особа у тиму би требало да буде именована као вођа тима за управљање тимом и процесом. Стручњак је одговоран за пажљиво спровођење инспекције са фокусом на безбедност саобраћаја на путевима. Са формалним писаним извештајем, инспектор представља налазе, недостатке и предлоге мера. Инспектор ће користити своје експертско знање за најбољу праксу у процени постојеће ситуације. Од кључног значаја је да инспектор има дубоко искуство у пројектовању и изградњи путева, као и безбедности саобраћаја на путевима, саобраћајног инжењеринга и експертизама саобраћајних незгода.

Да би се обезбедио квалитет инспекције, инспектори треба да прођу почетне обуке у додели сертификата



надлежности и морају учествовати у даљим периодичним курсевима. Тамо где су инспекције предузете од стране тимова, најмање један члан тима треба да има сертификат о оспособљености вршења инспекција. Понекад може бити корисно, да стручњаци из локалне саобраћајне полиције буду део инспекцијског тима.

### 3. ПРИМЕНА КОНТРОЛНИХ ЛИСТА

#### 3.1. Италија

Инспекције безбедности путева у Италији се деле на прелиминарне инспекције, генералне инспекције, детаљне инспекције и ноћне инспекције. За сваку од ових инспекција постоји посебно дефинисана контролна листа (извештај). Извештаји су веома синтетички, јер се односе само на главне карактеристике безбедности које су обично континуално присутне дуж обе траке руралних путева. Карактеристике које се тичу конзистентности пројекта пута се не разматрају јер се конзистентност пројекта пута изводи као посебан квантитативни поступак (Lamm et al., 2002). Када су у питању генералне инспекције извештај мора бити попуњен у оба смера. По један рецензент седи на предњем и на задњем седишту, и имају различите погледе на пут, састављају различите извештаје (слика 1 и слика 2) са кораком од 200 m. Да би се поједноставио задатак рецензентима, сваки извештај је подељен на два дела: први део (део А) мора да буде састављен на лицу места, други део (део Б) може бити састављен у току испитивања које се обавља у канцеларији. Безбедносна питања су рангирана као проблеми високог нивоа и проблеми ниског нивоа. Ако се проблеми високог нивоа јављају, рецензент испуњава сиво поље, ако се јављају проблеми ниског нивоа, рецензент попуњава празан оквир. Пошто оцена валидности фрикције захтева имплементацију посебних мера, ови проблеми нису ранжирани.

	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
<b>PART A</b>										
<b>Roadside</b>										
Embankments										
Bridges										
Dangerous terminals and transitions										
Trees, utility poles and rigid obstacles										
Ditches										
<b>Alignment</b>										
Inadequate sight distance on horizontal curve										
Inadequate sight distance on vertical curve										
<b>PART B</b>										
<b>Accesses</b>										
Dangerous accesses										
Presence of accesses										

Слика 1. Контролна листа за инспектора на предњем седишту

	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
<b>PART A</b>										
<b>Cross section</b>										
Lane width										
Shoulder width										
<b>Pavement</b>										
Friction										
Unevenness										
<b>Delimitation</b>										
Chicanes										
Guardposts and barrier reflectors										
<b>PART B</b>										
<b>Signs</b>										
Warning signs, regulation signs										
<b>Markings</b>										
Edge lines										
Center line										

Слика 2. Контролна листа за инспектора на задњем седишту

#### 3.1.1. Финални извештај

Финални извештај може бити написан у радној верзији (нацрт извештаја) са само два члана. Извештај је написан у "проблем / препорука" формату, где је проблем описан у смислу безбедносних питања и опасности од незгода на путу, а препоруке су инжењерска решења пријављених проблема.

Сви чланови морају прочитати нацрт извештаја. Након расправе о извештају, завршни извештај се уређује и потписује. Извештај описује анализе процедура и садржи студијске резултате, које су детаљне и објашњене. Она садржи следеће одељке:

- Увод (назив пута и локација, датуми инспекција и других фаза разматрања, чланове тима и квалификације, информације о састанцима, информације о подацима од стране клијента, опис поступка спровођења инспекције);
- Сегмент општих проблема (графикони у односу према природи, озбиљности и ширењу безбедносних питања, детаљан опис безбедносних проблема, идентификација могућих сценарија незгода, фотографије које показују проблеме, опис препорука чији је циљ отклањање или ублажавање безбедносних проблема);
- Сегмент специфичних проблема (детаљан опис безбедносних проблема, идентификација потенцијалних сценарија незгода, фотографије, опис препорука);
- Проблеми раскрсница (опис општих безбедносних проблема, опис општих препорука, детаљан опис одређених безбедносних проблема сваке раскрснице, идентификација потенцијалних сценарија незгода сваке раскрснице, фотографије проблема сваке раскрснице, опис препорука за сваку раскрсницу);
- Синтеза, у табеларном формату, проблема и препорука;
- Закључна саопштења и потписи од рецензента.




#### 3.2. Норвешка

У Норвешкој се користе стандардизовани извештаји који гарантују да ће свака инспекција бити без субјективних елемената, без обзира на обављање инспекцијског тима. Да би се постигао овај циљ, развијен је специфични софтвер за попуњавање извештаја, који укључује стандардне текстове који описују број типичних, честих ситуација (слика 3.) Информације које се уносе у сваки садрже следеће информације:

- Број пута,
- Назив деонице, као што су од локације А до локације Б,
- Деоница главног пута,
- Место и правац,
- Километарска идентификација опасне тачке или километри од-до за деонице са више опасности,
- Опис проблема за опасност којој се прилази,
- Забележена одступања, грешке и примедбе,
- Забележене опасности које захтевају непосредне безбедносне интервенције (које резултирају мањим или већим инвестицијама),
- Слика опасности (Видкон методом),
- Опис предложених интервенција за повећање безбедности.

Овај метод прављења извештаја има неколико предности, као што су:

- Једноставна и стандардизована форма извештаја, лакши за читање и коришћење,
- Лакше се пореди са другим извештајима,
- Лакше се убацује слика из Видкона или било ког другог видео система,
- Стандардизовани текст најчешћих опасности (база података опасних тачака),
- Укључује матрицу могућих ризика,
- Побољшану основу за индетификовање.

ROAD SAFETY INSPECTION		Point nr.: 6	
Route number	Road section - name	Hp	Km
E 6 - 69	Tana Valley - North Cape		
Situation description: Too high and steep slope, ref. HB231, Figure 2.8		Photo 1:	
			
		Ref. to handbook: HB 231	
Deviation	<input checked="" type="checkbox"/> X	Fault	<input type="checkbox"/>
Immediate measure	<input checked="" type="checkbox"/> X	Minor investment measure	<input type="checkbox"/>
Description of measure: Erect guardrail		Photo 2 (alternatively a sketch may be included):	
			
Severity	(Mark in appropriate box)		
Consequence	Light	Serious	Very serious/fatal
Probability			X
Small			
Medium			
High			

Слика 3: Форма стандардног извештаја који се користи за инспекције путева у Норвешкој

### 3.3. Аустрија

Извештај садржи следећа поглавља:

- "Основне информације";
- "Резултати";
- "Процена";
- "Преглед".

Поглавље "основне информације" садржи опште податке о инспекцији деонице пута, на пример: категорија пута, дужина секције, имена инспектора и др. Поглавље "резултати" се дели на списак са кратким описом важних проблема и затим следи детаљна процена. Контролне листе су важан елемент инспекције и служе као основа теренске инспекције.

Постоје додатне контролне листе за различите категорије путева:

- аутопутеве,
- руралне путеве и
- путеве у урбаним срединама.

Специфичне контролне листе за раскрснице су такође развијене и то за:

- раскрснице са светлосно-сигналним уређајима (семафорима) и
- раскрснице без семафора.

Структура свих контролних листа за различите врсте путева је иста. На пример, следеће категорије су заједничке за све: видљивост, попречни пресек, дренажа, стање површине пута, обележавање путева, саобраћајни знакови, и др. (слика 4.).

Check list for rural roads		Safety relevance		
		high	medium	low
D Equipment				
D1 Road signs/Directional signs	Deficit			
	Problem			
D2 Road marking	Deficit			
	Problem			

Слика 4: Контролна листа за руралне путеве

У поглављу "процена" су описане проблематичне тачке и проблеми безбедности као и мере за побољшање безбедности. Треба да се процени значај за безбедност одређених ставки, па тако, мере које имају високу безбедносну релевантност истакнуте су црвеном бојом, жутом бојом мере са средњим безбедносним значајем и мере са ниским безбедносним значајем зеленом бојом (слика 5).

expressway, km XX - km YY		Safety relevance of the measure					
Measure suggestions Road Safety Inspection		high	medium	low			
Nr.:	Local allocation	Problem / deficit	Measure-suggestion	Expected improvement	Implementation		
					Short-term	Medium-term	Long-term
							X

Слика 5: Процена безбедносног значаја

### 3.4. План за југоисточну Европу

Транспортна опсерваторија југоисточне Европе (South East Europe Transport Observatory - SEETO) предлаже извештаје инспекција који садрже:

- Увод, укључујући детаље о прегледаном путу;
- Део А – Подаци о инспекцији;
- Део Б – Резултатима инспекције;
- Део Ц – Предлози и опције за противмере;
- Додатак - мапе и илустрације (како би се разјаснили резултати).

Према овом плану контролне листе за инспекције на лицу места деле се на:

- Контролне листе за аутопутеве (Табела 1);
- Контролне листе за међуградске путеве;
- Контролне листе за магистралне путеве.

Извештај инспекције безбедности саобраћаја би требало да предложи низ противмера.

Безбедносне ефекте алтернативних мера треба узети у обзир. Инспектор треба да спроведе интерну проверу

односно да испита да ли су предложене мере изазвале било какве негативне ефекте.

Корисно је проценити трошкове за алтернативне противмере. На тај начин рангирање корективних мера може да се направи на пример, на основу односа трошкови / ефективност. Такође, напоре у погледу времена које је потребно да се остваре мере треба узети у обзир да би се припреме изазовни, али реални предлози. Инспектор треба да користи своје лично стручно искуство и знање о најбољој пракси за локалне околности.

Предложене мере ће користити Управи за јавне путеве да припреми инвестициони план за неопходне кораке да би се постојећа ситуација поправила.

По пријему извештаја, клијент мора да размотри врсте ових проблема и предлоге, а затим на основу тога да донесе одлуку о томе како ће и на који начин спроводити предложене мере.

Табела 1: Изглед контролне листе за аутопутеве

Контролна листа				
Аутопут број ..... од km ..... до km ..... Датум: .....				
Ставке	Бр	Питање	Да (✓) Не (x)	Коментар
1. Функција радни елементи и окружење	1	Има ли било каквих информација о предходној инспекцији?		
	2	Да ли постоје подаци о незгодама?		
	3	Да ли је аутопут: — дуге дистанце, — регионални аутопут, — градски аутопут?		
	4	Да схватамо промену карактеристика правовремено (оријентациони приказ)? 120 km/h ► 500 m испред 100 km/h ► 300 m испред 80 km/h ► 200 m испред		
	5	Да ли је тренутна ситуација на аутопуту у складу са својом категоријом?		
	6	Да ли се ограничења брзине примењују?		

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Разматрањем садашње праксе, идентификује се неколико разлика у начину на који се инспекције безбедности саобраћаја на путевима врше у Европи. Неке земље не користе инспекције путева уопште. Други их користе селективно, док неке земље рутински врше инспекције безбедности свих путева. Конкретније, следеће разлике у садашњој пракси су:

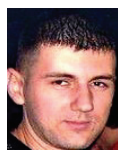
1. Неке земље спроводе инспекцију безбедности само оних путева на којима су забележена лоша безбедносна стања. Друге земље обухватају све путеве у свом програму инспекција.
2. Неке земље редовно спроводе инспекције путева. Друге земље обављају инспекције само када сматрају да је то потребно.

3. Неке земље врше инспекције на свим путевима. Друге земље само на делу њихове путне мреже.
4. Неке земље захтевају тимове за инспекције који чине формално обучени и квалификовани инспектори. Друге земље не захтевају формалну обуку инспектора.
5. Неке земље пишу извештаје који описују налазе инспекције. Друге земље не сумирају налазе у извештајима.
6. Неке земље користе стандардне контролне листе за инспекцију. Друге земље не користе контролне листе. Прецизан садржај инспекција у различитим земљама није добро познат.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Montella, A., Cafiso, S., La Cava, G., Leonardi, S., Pappalardo, G. (2006), Operative procedures for road safety inspections, Department of Transportation Engineering University of Naples Federico II
- [2] Handbook 222 (2006) Road Safety Audits and Inspections, Norwegian Public Roads Administration, Directorate of Roads Book Distribution Box 8142 dep. 0033 Oslo
- [3] Nadler, F., Nadler, B., Elias, D. (2011), Road Safety Inspection Schemes Review, Lindengasse 38, 1070 Wien
- [4] FSV (Austrian Research Association for Transport), publication Road Safety Inspection RVS 02.02.34, 2007, ISBN
- [5] Road safety inspection guideline, Specific Project Result 12B Support for implementing measures for the South East Europe Core Regional Transport Network Multi Annual Plan 2008-2012 EuropeAid/125783/C/SER/MULTI, Project Office: Omladinskih Brigada 1/5th floor, 11070 Novi Beograd, Serbia
- [6] Matena, S., Weber, R., Huber, C.A., Hruby, Z., Pokorny, P., Gaitanidou, E., Vaneerdewegh, P., Strnad, B., Cardoso, J., Schermers, G., Elvik, R. (2005). Road Safety Audit – Best Practice Guidelines, Qualification for Auditors and "Programming" RIPCORDER-iSEREST Deliverable D4. BAST.
- [7] Lutschounig, S., Nadler, H. (2005). State of the practice RSI. Report of WP 5 of RIPCORDER-iSEREST
- [8] Elvik, R., Vaa, T. (2004). The handbook of road safety measures. ElsevierScience, Oxford, 2004.
- [9] Cardoso, J. L., Stefan, C., Elvik, R., Sørensen, M. (2005), Road Safety Inspection - Best Practice Guidelines and Implementation Steps
- [10] PIARC (2007). Road safety inspection guideline. World Road Association

#### Кратка биографија:



**Дејан Вејин** рођен је у Апатину 1987. год. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Саобраћај и транспорт–безбедност саобраћаја, одбранио је 2013. год.



**Драган Јовановић** рођен је у Зрењанину 1974. Докторирао је на Факултету техничких наука 2005. год., а од 2011. је у звању венредни професор. Област интересовања је безбедност саобраћаја.



**PROMENA UGLA OŠTRENJA GORNJEG NOŽA NA MAŠINI ZA AUTOMATSKU DORADU NOVČANICA CAT – PAK II****CHANGING THE SHARPENING ANGLE OF THE UPPER BLADE IN THE MACHINE FOR THE AUTOMATIC FINISHING OF BANKNOTES CAT – PAK II**

Borjan Simić, Dragoljub Novaković, Nemanja Kašiković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U radu je opisana mašinska dorada novčanica na automatskoj liniji za doradu CAT – PAK II. Prikazana su istraživanja uticaja promene ugla oštrenja gornjeg noža, na uređaju za sečenje, zbog promene broja korisnih komada na količinu isečenih tabaka. Izvršena su poređenja dobijenih rezultata i njihova analiza kroz dijagrame.

**Ključne reči:** KUPIR – komad na tabaku, mašinska dorada, novčanice, nož.

**Abstract** – This paper describes mechanical finishing of banknotes on automatic line for finishing CAT - PAK II. It is shown the study of impact of changing the sharpening angle of the upper blade on the cutting device, due to changes in the number of useful pieces on the sheet. Furthermore, the obtained results were compared, as well as their analysis through graphs.

**Key words:** KUPIR – a piece on the sheet, mechanical finishing, banknotes, knife.

**1. UVOD**

Završna grafička obrada predstavlja poslednju fazu tehnološkog procesa izrade nekog grafičkog proizvoda pri čemu proizvod grafičke industrije dobija konačan oblik, dimenziju i upotrebnu vrednost. Za veliki broj grafičkih proizvoda proces završne grafičke obrade je najsloženija faza, pošto se u tom delu grafičke proizvodnje od poluproizvoda dobijaju finalni proizvodi. Zajedno sa fazama koje joj prethode čini proizvodni tok sa nizom uticajnih parametara. Završna grafička obrada se može realizovati : ručno što se svrstava u domen zanatstva pri čemu se vrši obrada manjih tiraža, mašinska završna obrada koja je industrijski proces za obradu velikih tiraža, a operacije obrade se odvijaju na različitim mašinama, uređajima i sistemima ili kombinovano

Završna grafička obrada novčanica je poslednji deo složenog tehnološkog procesa izrade novčanica, koje iako pripadaju grupi visokokvalitetnih proizvoda grafičke industrije, po tehnološkom postupku izrade svrstava se u grupu jednostavnih odnosno nesavijenih proizvoda.

Proces završne grafičke obrade novčanica se može realizovati ručno što je zanatski način rada sa velikim brojem radnih operacija i angažovanjem velikog broja radnika, ili mašinski na specijalizovanim mašinama za

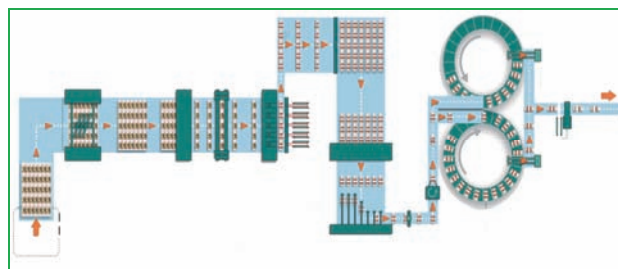
**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragoljub Novaković, red. prof.**

doradu novčanica, što predstavlja savremeni industrijski način rada. Cilj ovog rada je prikaz uticaja promene ugla oštrenja gornjeg noža na kvalitet sečenja i količinu isečenih tabaka

**2. MAŠINSKA DORADA NOVČANICA**

Cut - Pak II (slika 1) je mašina za potpuno automatsko sečenje i pakovanje, specijalno razvijena za dalju obradu, odštampanih i numerisanih tabaka novčanica i drugih vrednosnica. Odlikuje se velikom preciznošću sečenja, visokom produktivnošću, i radom sa promenljivim brojem komada (kupira) na tabaku.

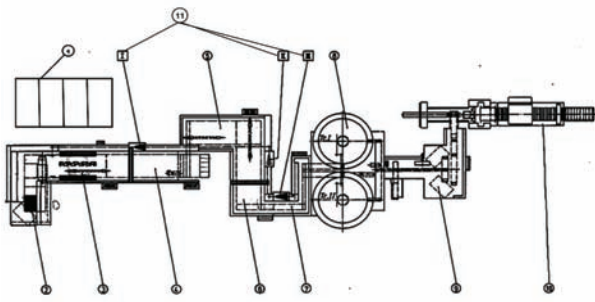


Slika 1. CUT – PAK II

Mašina se sastoji od međusobno povezanih sklopova i uređaja (slika 2):

- 1) Upravljački uređaj,
- 2) Ručni uređaj za ulaganje,
- 3) Uređaj za obradu tabaka,
- 4) Uređaj za obradu traka,
- 5) Uređaj za sakupljanje traka,
- 6) Uređaj za obradu na korisnu veličinu,
- 7) Transport pojedinačnih komada,
- 8) Stanica za sakupljanje po redosledu numeracije (1 000 komada),
- 9) Stanica za obradu 1 000 komada,
- 10) Uređaja za pakovanje,
- 11) Pogonskog sistema reduktora,
  - I. Promena prenosnog odnosa obrade traka,
  - II. Promena prenosnog odnosa obrade na korisnu veličinu,
  - III. Promena prenosnog odnosa obrade pojedinih kupira.





Slika 2. Principijelna šema osnovnih sklopova mašine

Princip funkcionisanja mašine je sledeći:

- ❖ Ručno ulaganje loga od 100 tabaka sa kontrolnim brojanjem,
- ❖ Istovremeno obrezivanje bočnih margina na uređaju za obradu tabaka,
- ❖ Obrezivanje donje margine i rasecanje loga u trake,
- ❖ Poravnavanje isečenih traka,
- ❖ Vezivanje traka karikama (max. 8 karika),
- ❖ Sakupljanje vezanih traka po redosledu numeracije,
- ❖ Sečenje sakupljenih traka na konačnu dimenziju,
- ❖ Transport pojedinačnih paketa od 100 komada,
- ❖ Sakupljanje paketa (10 x 100) po redosledu numeracije u stanici za sakupljanje,
- ❖ Pražnjenje stanice,
- ❖ Vezivanje paketa od 1 000 komada,
- ❖ Kontrolno brojanje paketa od 1 000 komada,
- ❖ Pakovanje gotovih paketa u foliju i slaganje na paletu.

### 3. UPRAVLJAČKI UREĐAJ

Unutar upravljačkog uređaja nalazi se računar, u koji se unose potrebni podaci pri programiranju linije za rad i koji vrši razne kalkulacije potrebne za preciznu kontrolu motora koji pokreću pojedinačne sklopove mašine.

Računar ima mogućnost memorisanja zadatih podešavanja radi brže pripreme mašine za poslove koji se ponavljaju, a na ormaru se nalaze razni uređaji koji sa aplikacijama na displeju računara prate rad mašine.

Pored glavnog upravljačkog pulta duž mašine se nalaze upravljački pultovi sa kojih se brzo može otkloniti zastoj na pojedinim sklopovima. Mašina je opremljena sa fotoelektronskim ili sa optičkim sensorima koji kontrolišu rad mašine.

Za upravljanje mašinom, pored računara, postoje 6 kodera (regulatora – davača koraka položaja) koji u svakom trenutku vremena dovode određeni sklop mašine u sistem upravljanja:

- Regulator 1: Ručni uređaj i obrezivanje tabaka
- Regulator 2: Obrada tabaka (sečenje i transport traka)
- Regulator 3: Obrada traka (obmotavanje traka karikama)
- Regulator 4: Obrada na korisnu dužinu
- Regulator 5: Transport pojedinačnih komada
- Regulator 6: Obrada paketa sa 1 000 komada

Nulti položaji ovih regulatora su podešeni na nulte tačke mašine, a u slučaju da neki od ovih regulatora mora da

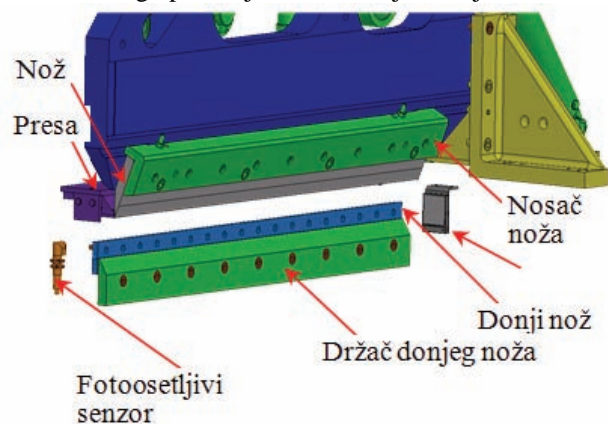
bude promenjen, promene se vrše u stanju mirovanja mašine i po tačnom uputstvu.

### 4. UREĐAJI ZA OBRADU (SEČENJE)

Uređaji za obradu sastoje se od četiri uređaja za sečenje koji se pokreću hidrauličnim putem. Prva dva uređaja su paralelni i služe za obradu tabaka, odnosno obrezivanje bočnih margina, treći uređaj služi za obradu (rezanje) traka na određenu širinu, dok četvrti uređaj obrađuje (raseca) trake na konačnu veličinu komada.

Podešavanja dimenzija rezanja, prva dva uređaja za sečenje obavljaju se ručno dok se dimenzije rezanje na trećem i četvrtom uređaju podešavaju preko računara, pri programiranju linije za rad.

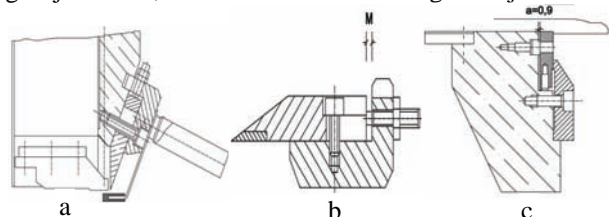
Uređaji za sečenje se sastoje od gornjeg i donjeg noža (slika 3) koji rade po principu makaza, sečivo ka sečivu, a dimenzije noževa na svim uređajima su istovetne, tako da se sečiva mogu postavljati na bilo koji uređaj.



Slika 3. Principijelna šema uređaja za sečenje

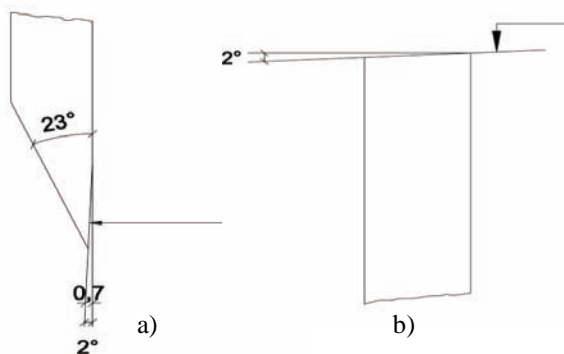
Sečiva (noževi) su izrađeni od visokokvalitetnog legiranog (HSS) čelika iz jednog dela, bez uloška. Zamena gornjeg i donjeg noža se obavlja istovremeno, po sečenju određenog broja tabaka što se kontroliše preko brojača rezova koji se nalazi na upravljačkom uređaju. Zamena se vrši tako što se gornji nož zajedno sa nosačem i zaštitom noža skida sa uređaja za sečenje, a donji nož se posle oslobađanja elementa za držanje izvlači iz ležišta (slika 4).

Postavljanje noževa se vrši obrnutim redosledom. Donji nož se zavrtnjima podešava paralelno sa prečkom noža na rastojanju od 0,9 mm, a gornji nož se grubo podešava izvan mašine. Mera od ivice noža do nosača noža mora biti ista na oba kraja, a onda se nož sa nosačem vraća u uređaj za sečenje. Gornji nož se podešava na rastojanju od 0,1 mm paralelno sa donjim nožem. Paralelnost i rastojanje se proveravaju mernim listićem. Donji nož se sada zavrtnjima za podešavanje pažljivo podešava prema gornjem nožu, sve dok ne dođe do čistog sečenja.



Slika 4. Zamena noža: a) skidanje gornjeg noža; b) grubo podešavanje gornjeg noža; c) podešavanje donjeg noža

ornji nož se oštiri dvostepeno, a donji jednostepeno, po šemi oštrenja dobijenoj od proizvođača (slika 5).



Slika 5. a) oštrenje gornjeg noža; b) oštrenje donjeg noža

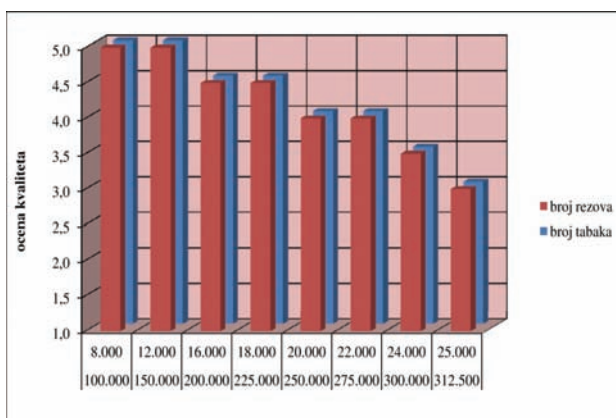
## 5. PROMENA UGLA OŠTRENJA NOŽA

Ovako naoštreni noževi sa propisanim uglovima oštrenja omogućavali su sečenje maksimalno 300000 tabaka sa 28 komada na tabaku. Kvalitet sečenja je proveravan merenjem i vizuelno. Merenjem je proveravana tačnost sečenja odnosno odstupanje od zadatih dimenzija, vizuelno je proveravana geometrijska forma površine kao i izgled rezne površine koji ne sme biti tamniji, slepljen, hrapav i mora biti bez prašenja.

U tabeli 1 prikazane su ocene kvaliteta sečenja za preporučene uglove oštrenja noževa sa 28 komada na tabaku u odnosu na broj rezova odnosno broj isečenih tabaka, a u dijagramu 1 dati su nivoi kvaliteta.

Tabela 1. Prikaz ocene kvaliteta sečenja u odnosu na broj rezova, odnosno broj tabaka sa 28 komada na tabaku

Broj rezova	Broj tabaka	Ocena kvaliteta
8 000	100 000	5,0
12 000	150 000	5,0
16 000	200 000	4,5
18 000	225 000	4,5
20 000	250 000	4,0
22 000	275 000	4,0
24 000	300 000	3,5
25 000	312 500	3,0



Dijagram 1. Kvalitet sečenja sa preporučenim uglom oštrenja sa 28 komada u zavisnosti od broja rezova odnosno tabaka

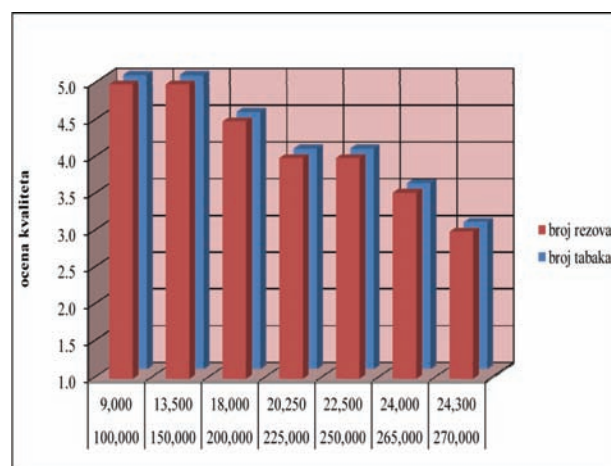
Iz dijagrama 1 se jasno može videti da sa povećanjem broja rezova, odnosno broja tabaka, opada nivo kvaliteta sečenja, a minimalno prihvatljiv nivo kvaliteta je sa ocenom 3,5.

Promena broja komada na tabaku (sa 28 na 40) dovela je do povećanja broja rezova u logu koji se seče, što je dovelo do smanjenja broja isečenih tabaka posle kojih se mora izvršiti zamena sečiva (noža).

U tabeli 2 date su ocene kvaliteta sečenja sa preporučenim uglovima oštrenja noževa, a sa povećanim brojem komada na tabaku, u odnosu na broj rezova odnosno broj isečenih tabaka, a u dijagramu 2 dati su nivoi kvaliteta.

Tabela 2. Prikaz ocene kvaliteta sečenja u odnosu na broj rezova, odnosno broj tabaka sa 40 komada na tabaku

Broj rezova	Broj tabaka	Ocena kvaliteta
9 000	100 000	5,0
13 500	150 000	5,0
18 000	200 000	4,5
20 250	225 000	4,0
22 500	250 000	4,0
24 000	265 000	3,5
24 300	270 000	3,0



Dijagram 2. Kvalitet sečenja sa preporučenim uglom oštrenja sa 40 komada u zavisnosti od broja rezova odnosno tabaka

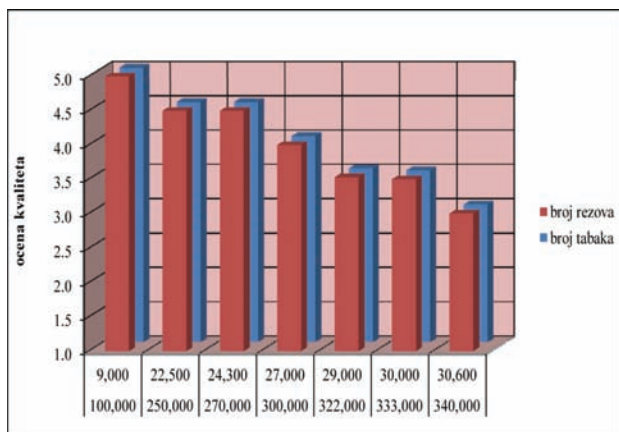
Iz tabele 2 i dijagrama 2 primetno je da se sa istim brojem rezova može iseći manja količina tabaka što prouzrokuje češće zastoje zbog promene noževa, a to dovodi do povećanja ukupnog vremena dorade.

Zbog uočenog smanjenja broja isečenih tabaka moralo se pristupiti promeni preporučenog ugla oštrenja noževa, pa je ugao od 2° na gornjem nožu povećan na 3°.

Rezultati ove promene odnosno ocena kvaliteta sečenja data je u tabeli 3, dok je su u dijagramu 3 prikazani nivoi kvaliteta.

Tabela 3. Prikaz ocene kvaliteta sečenja sa povećanim uglom oštrenja sa 40 komada na tabaku

Broj rezova	Broj tabaka	Ocena kvaliteta
9 000	100 000	5,0
22 500	250 000	4,5
24 300	270 000	4,5
27 000	300 000	4,0
29 000	322 000	3,5
30 000	333 000	3,5
30 600	340 000	3,0



Dijagram 3. Kvalitet sečenja sa povećanim uglom oštrenja sa 40 komada u zavisnosti od broja rezova odnosno tabaka

Iz tabele 3 i dijagrama 3 može se videti da je povećanje ugla oštrenja rezultiralo povećanjem broja rezova, odnosno broja tabaka koji se mogu iseći pre nego što se mora izvršiti zamena noža.

Ovo povećanje broja rezova, odnosno broja isečenih tabaka pokazalo je da sa povećanjem ugla oštrenja noža dolazi do povećanja trajnosti noža, pa je ugao oštrenja povećan za još  $1^{\circ}$  na  $4^{\circ}$ .

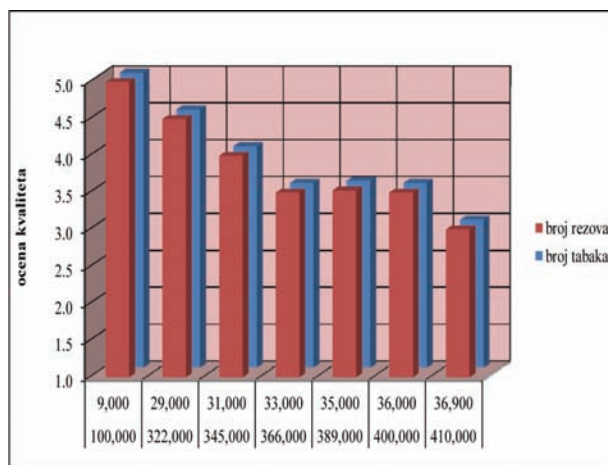
Rezultati oštrenja noža sa uglom od  $4^{\circ}$  prikazani su u tabeli 4, a u dijagramu 4 prikazani su nivoi kvaliteta.

Tabela 4. Prikaz ocene kvaliteta sečenja sa uglom oštrenja od  $4^{\circ}$  sa 40 komada na tabaku

Broj rezova	Broj tabaka	Ocena kvaliteta
9 000	100 000	5,0
29 000	322 000	4,5
31 000	345 000	4,0
33 000	366 000	3,5
35 000	389 000	3,5
36 000	400 000	3,5
36 900	410 000	3,0

Iz tabele 4 i dijagrama 4 vidljivo je da dolazi do daljeg povećavanja broja rezova odnosno broja isečenih tabaka pre zamena noža.

Dalje povećanje ugla oštrenja donjeg noža nije dovelo do novog povećanja broja rezova, odnosno količine isečenih tabaka pre zamene noža.



Dijagram 4. Prikaz ocene kvaliteta sečenja sa uglom oštrenja od  $4^{\circ}$  sa 40 komada na tabaku

## 6. ZAKLJUČAK

Nakon izvršenih testiranja i analiza dobijenih rezultata uticaja promene ugla oštrenja gornjeg noža, na uređaju za sečenje, konačni zaključak je da se povećanje ugla oštrenja noža mora vršiti postepeno do nivoa koji daje zadovoljavajuće rezultate. U konkretnom slučaju postepeno povećanje ugla oštrenja gornjeg noža na uređaju za sečenje sa  $2^{\circ}$  na ugao od  $4^{\circ}$  dalo je pozitivne rezultate. Dalje povećanje ugla oštrenja gornjeg noža nije dalo pozitivne rezultate, odnosno nije povećana količina isečenih tabaka zadovoljavajućeg kvaliteta pre neophodne zamene noža. Rezultati dobijeni ovim testiranjem postali su nakon završene analize obavezujući za sva naredna oštrenja noža.

## 7. LITERATURA

- [1] Novaković D. - Završna grafička obrada i ambalaža, Fakultet tehničkih nauka, Grafičko inženjerstvo i dizajn, Novi Sad, 2003.
- [2] Konstantinović V. - Tehnologija grafičke dorade I, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1997
- [3] Konstantinović V. - Tehnologija grafičke dorade II, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1997
- [4] Izvor - Tehničko - tehnološka dokumentacija ZIN,

### Adresa autora za kontakt:

Borjan Simić  
borjan.simic@nbs.rs

Prof. dr Dragoljub Novaković  
novakd@uns.ac.rs

Doc. Dr Nemanja Kašiković  
knemanja@uns.ac.rs

Grafičko inženjerstvo i dizajn  
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad



**PRAĆENJE MIGRACIJE METALA IZ POLIMERNIH FLEKSO ŠTAMPANIH  
AMBALAŽNIH MATERIJALA****TRACKING THE MIGRATION OF METALS FROM POLYMERIC PRINT PACKAGING  
MATERIALS**

Nataša Marković, Savka Adamović, Miljana Prica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U radu su prikazane koncentracije metala (kadmijuma, gvožđa, cinka, nikla i olova) tokom 30-dnevne migracije iz polimernih flekso štampanih ambalažnih materijala (*Perfeks wc papira, Plazma, Cookies-a i Kafe*) u simulirane vodene sredine. Takođe, u radu je praćen uticaj pH vrednosti rastvora na migraciju metala iz polimernih flekso štampanih ambalažnih materijala. Cilj rada je procena uticaja grafičke industrije, preko praćenja uticaja metala prisutnih u ambalažnim materijalima, na životnu sredinu.

**Abstract** – The paper presents the evaluation of metal (cadmium, iron, zinc, nickel and lead) migration during the 30-days from polymer flexo printed packaging materials (*Perfeks toilet paper, plasma, Cookies and Coffee*) in a simulated water environment. Also, the paper deals with the influence of pH value of solution on the migration of metals from polymer flexo printed packaging materials. The aim of the study was to assess the impact of the printing industry on the environment by evaluating the impact of metals present in packaging materials.

**Ključne reči:** *Flekso štampa, polimeri, ambalaža, metali, migracija, zagađenje*

**1. UVOD**

Prehrambeni proizvodi se pakuju u neki od ambalažnih materijala: papir premazan sa polietilenom (PE) ili polivinilen-hloridom (PVDC), lakiranim celofanom ili polimerom premazanim celofanom, orjentisana polipropilenska (OPP) folija [1], polietilenska (PE) folija, sedefna polipropilenska (SPP) folija, metalizirana polipropilenska (MPP) folija i razne druge mono-, dupleks- i višeslojne polimerne folije. Ambalažni materijali, kao i samo pakovanje imaju dve glavne funkcije: očuvanje i zaštitu sadržaja proizvoda u pogledu roka trajanja i upotrebu čime se značajno doprinosi kvalitetu proizvoda [2, 3]. Generalno, ambalaža sa koloritno štampanim spoljnim slojem se koriste za pakovanja prehrambenih proizvoda kako bi se naveli potrošače da ih kupite. Većina pigmentata štamparskih boja su na bazi metalnih jedinjenja kao što su Zn, Cu, Pb i Cr [4]. Međutim, većina pakovanja je loše osmišljena tako da unutrašnji i spoljašnji sloj ne održavaju strukturalni integritet, omogućavajući da komponente grafičke boje u spoljašnjem sloju paketa migriraju u prehrambeni

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Miljana Prica, docent.**

proizvod [4]. Ne sme isključiti i važnost migracije komponenta grafičke boje i u spoljašnju sredinu. Migraciju metala, kao komponenta grafičkih boja, iz polimernih flekso štampanih ambalažnih materijala u spoljašnju sredinu (komunalne i divlje deponije i površinske akvatične sisteme) potrebno je sprovesti da bi se procenio uticaj otpadne ambalaže na spoljašnju sredinu. Kako količina polimernog otpada zavisi od nekoliko faktora: broja stanovnika, tržišnih trendova vezanih za pakovanje i stepena efikasnosti sortiranja otpada [5] neophodno je i potrebno dugoročno sprovesti studiju o uticaju otpadnog štampanog ambalažnog materijala na životnu sredinu.

**2. EKSPERIMENTALNI DEO****2.1. Specifikacija uzoraka polimernih flekso štampanih ambalažnih materijala**

U radu je praćena migracija metala iz ambalažnih polimernih uzorci štampanih tehnikom flekso štampe na odgovarajućim podlogama:

1. Perfex wc papir (P) - štampan na polietilenskoj (PE) foliji,
2. Plazma (S) - štampan na sedefnoj polipropilenskoj (SPP) foliji,
3. Cookies (O) - štampan na orjentisanoj polipropilenskoj (OPP) foliji,
4. Kafa (M) - štampan na metaliziranoj polipropilenskoj (MPP) foliji.

Ispitivani uzorci (P, S, O i M) su štampani flekso bojama koje su višekomponentne smeše tečnih pigmentnih koncentrata na bazi poliuretanskog veziva i organskih rastvarača (proizvođača TORDA-ZVEZDA, Srbija).

**2.2. Migracioni test iz polimernih flekso štampanih ambalažnih materijala**

Test migracije sproveden je u cilju ispitivanja mogućnosti migracije metala (kadmijuma (Cd), gvožđa (Fe), cinka (Zn), nikla (Ni) i olova (Pb)) iz polimernih flekso štampanih ambalažnih materijala. Uzorci za test migracije, usitnjeni komadi polimernih flekso štampanih ambalažnih materijala istih dimenzija 7,0 cm x 8,0 cm (ukupne površine: 56,0 cm<sup>2</sup>), a različitih masa: 0,20 g Perfeks wc papira (P), 0,22 g Plazma keksa (S), 0,10 g Cookies keksa (O) i 0,59 g Kafe (M). Mase ispitivanih uzoraka odmerene su na tehničkoj vagi PS 2100/C2 (RADWAG, Poljska) sa tačnošću ±0,01 g. Svi usitnjeni uzorci su potapani u 50 ml kiselog rastvora (pH 4,0), neutralnog (pH 7,0) i baznog (pH 10 rastvora). Ovo je 30-



dnevno testiranje, a privremene mere analize ispitivanih metala se preduzimaju u dane 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 25 i 30 na sobnoj temperaturi. Za svako merenje, 50 ml alikvota je zakiseljeno sa cc HNO<sub>3</sub> (Merck, Nemačka). Koncentracije metala u pripremljenim rastvorima određene su na atomskom absorpcionom spektrofotometru (Thermo Scientific - SOLAAR S serije AA spectrometer), plamenom tehnikom u skladu sa USEPA 7000b metodom. Slepa proba je 50 ml 0,5 M rastvor HNO<sub>3</sub>. Za kalibracione krive ispitivanih metala (Cd, Fe, Zn, Ni i Pb) upotrebljeni su osnovni rastvori navedenih metala koncentracija 1000 µg/ml (AccuStandard, Inc., SAD). Limiti detekcije metode su: 0,01 mg/l (Cd), 0,02 mg/l (Fe), 0,005 mg/l (Zn), 0,04 mg/l (Ni) i 0,05 mg/l (Pb).

pH vrednost kiselog rastvora (4,0), podešena je dodavanjem cc HCl (Merck, Nemačka) u dejonizovanu vodu. Za bazni rastvor, pH vrednost (10,0), podešena je dodavanjem cc NaOH (Merck, Nemačka) u dejonizovanu vodu. Slepe probe su kiseli, bazni i neutralni rastvor posle 1. i 45. dana.

### 3. REZULTAT I DISKUSIJA

#### 3.1. Migracija metala iz uzoraka ambalaže Perflex wc papira

Izlaganjem uzoraka Perflex wc papira kiselom rastvoru tokom 30 dana ne uočava se migracija Cd, Ni i Pb. Koncentracije Cd, Ni i Pb nalaze se ispod limita detekcije metode (Methods Detection Limit, MDL): 0,01 mg/l za Cd, 0,04 mg/l za Ni i 0,05 mg/l za Pb. Tokom 30-dnevne migracije koncentracija Fe u kiselom rastvoru je porasla od 0,07 do 0,48 mg/l, dok je koncentracija Zn porasla u intervalu od 0,166 do 0,846 mg/l. Porastom vremena migracije uočava se progresija koncentracije Fe sa priraštajem od 0,02 do 0,06 mg/l. Koncentracija Fe se posle 30 dana povećala 6,9 puta. Proučavanjem migracija Zn u kiseloj sredini uočeno je da se koncentracija Zn tokom 30 dana povećavala sa priraštajem od 0,047 do 0,082 mg/l i da je 30. dana u odnosu na 1. dan bila veća 5,1 puta.

Posmatranjem koncentracija ispitivanih metala tokom 30-dnevnog izluživanja istih u neutralan rastvor iz uzoraka Perflex wc papira ne uočava se migracija Cd i Pb, čije su koncentracije ispod MDL. Koncentracija Fe u neutralnoj sredini sa porastom vremena migracije od 1. do 30. dana povećava se ujednačenim priraštajem (0,03 mg/l) u intervalu od 0,03 do 0,33 mg/l. Posle 30. dana koncentracija Fe se povećala 11 puta. Koncentracija Zn se povećavala u intervalu od 0,058 do 0,550 mg/l sa priraštajem od 0,045 do 0,058 mg/l. Koncentracija Zn 30. dana u odnosu na 1. dan bila je veća 9,5 puta. U neutralnoj sredini uočena je migracija Ni u koncentraciji od 0,05 mg/l posle 4. dana. Međutim, koncentracije Ni se nisu menjale preostalih 25 dana migracije.

Tokom 30-dnevnog kontakta ambalaže Perflex wc papira i baznog rastvora ne uočava se migracija Cd, Ni i Pb. Koncentracije Cd, Ni i Pb nalaze se ispod MDL za navedene metale. Koncentracije migrirajućih metala Fe i Zn su 30. dana u odnosu na 1. dan povećane 11,5 i 11,2 puta, respektivno. Koncentracije Fe su se povećavale sa ujednačenim priraštajem od 0,02 mg/l tokom 25-dnevne migracije u baznu sredinu. 30-og dana migracije uočen je jedino porast koncentracije Fe od 0,03 mg/l. Priraštaj

koncentracije Zn tokom 30-dnevne migracije je u intervalu od 0,041 do 0,068 mg/l.

#### 3.2. Migracija metala iz uzoraka ambalaže Plazme

U 30-odnevnom kontaktu uzoraka ambalažnog materijala Plazma keksa i kiselog rastvora ne uočava se migracija Cd i Ni. Koncentracije Cd i Pb nalaze se ispod limita detekcije metode (0,01 i 0,05 mg/l, respektivno). Koncentracija Fe je tokom 30 dana porasla od 0,06 do 0,71 mg/l sa priraštajem od od 0,05 do 0,08 mg/l. Posle 30 dana migracije koncentracija Fe porasla je 11,8 puta. Koncentracija Zn se menja u intervalu od 0,168 do 1,022 mg/l, a priraštaj varira između 0,074 i 0,114 mg/l. Koncentracija Zn je 30-og dana porasla 6,1 put u odnosu na prvi dan. Nakon trećeg dana koncentracija Ni raste od 0,04 do 0,35 mg/l. Priraštaj Ni iznosi od 0,04 do 0,06 mg/l. Koncentracija Ni se povećala 8,8 puta tokom 30-odnevnog praćenja migracije Ni iz ambalažnog materijala Plazma keksa u kiseo rastvor.

Cd, Fe i Pb ne migriraju u neutralni rastvor iz ambalaže Plazme. Koncentracija Zn se menja u intervalu od 0,041 do 0,477 mg/l, sa priraštajem u intervalu od 0,30 do 0,114 mg/l. Koncentracija Zn se povećala 11,6 puta tokom 30-dnevne migracije u neutralan rastvor. Koncentracija Ni raste u intervalu od 0,05 do 0,53 mg/l sa priraštajem od 0,04 do 0,06 mg/l. Posle 30 dana kontakta neutralnog rastvora i ambalaže Plazme koncentracija Ni se povećala 10,6 puta. Tokom 30-odnevnog praćenja migracije metala iz uzorka Plazme u baznu sredinu nisu detektovani Cd i Pb, dok se detekcija i kvantifikacija Fe uočavaju nakon 10. dana (0,02 mg/l). Koncentracija Fe narednih 20 dana raste u intervalu od 0,02 (MDL) do 0,08 mg/l sa ujednačenim priraštajem (0,02 mg/l). U odnosu na 10-ti dan migracije koncentracija Fe se 30-og dana povećala 4 puta. Koncentracije Zn i Ni se kreću u intervalu od 0,030 do 0,317 mg/l i 0,08 do 0,81 mg/l, respektivno. Priraštaj kod Zn je u intervalu od 0,023 do 0,038 mg/l, dok je kod Ni priraštaj koncentracije od 0,06 do 0,09 mg/l. Posle ukupno 30 dana koncentracije migriranog Zn i Ni u baznom rastvoru su se povećale 10,6 i 10,1 put respektivno.

#### 3.3. Migracija metala iz uzoraka ambalaže Cookies-a

Analizom metala u kiselom rastvoru tokom 30-dnevnog kontakta istog i ambalaže Cookies ne detektuju se koncentracije Cd i Pb. Koncentracija Cd i Pb nalazi se ispod MDL za navedene metale. Koncentracija Fe, Cd i Pb u kiselom rastvoru rastu u intervalu od 0,04 do 0,61 mg/l, od 0,077 do 0,622 mg/l i od 0,07 do 0,74 mg/l, respektivno. Priraštaji koncentracija u toku migracije Fe, Zn i Ni su u intervalu od 0,01 do 0,71 mg/l, od 0,046 do 0,074 mg/l i 0,06 do 0,07 mg/l, respektivno. Koncentracija Fe, Zn i Ni posle 30 dana su se uvećale 15,3, 8,1 i 10,6 puta, respektivno.

Izlaganjem ambalaže Cookies-a dejstvu neutralnog rastvora primećuje se, kao i u kiselom rastvoru, odsustvo migracije Cd i Pb. Migracija Fe uočava se nakon trećeg dana. Koncentracija Fe raste u intervalu od 0,02 do 0,14 mg/l sa ujednačenim priraštajem (0,02 mg/l). Koncentracija Fe se od trećeg dana do 30-og uvećala 7 puta. Zn migrira iz ambalaže Cookies-a od prvog (0,027 mg/l) do poslednjeg (0,321 mg/l) dana sa porastom koncentracije od 11,9 puta. Koncentracija Ni prvog dana

iznosila je 0,06 mg/l, dok je poslednjeg dana koncentracija Ni (0,74 mg/l) povećala 12,3 puta.

Tokom 30-dnevnog kontakta ambalaže Cookies-a i baznog rastvora primećuje se da su, kao u kiselom i neutralnom rastvoru, koncentracije Cd i Pb manje od MDL. Migracija Fe uočava se tek 10-og dana i raste u intervalu od 0,02 do 0,08 mg/l sa priraštajem od 0,02 mg/l. 30-og dana koncentracija Fe povećana je 4 puta u odnosu na 10-i dan. Koncentracija Zn se menja od prvog dana i raste u intervalu od 0,030 do 0,317 mg/l. Priraštaj kod Zn iznosi od 0,023 do 0,039 mg/l. Koncentracija Zn se povećala 10,6 puta za 30 dana. Izlaganjem ambalaže Cookies-a baznom rastvoru koncentracija Ni se menja u intervalu od 0,08 do 0,81 mg/l, sa priraštajem od 0,06 do 0,09 mg/l. Koncentracija Ni se uvećala 10,1 puta posle 30 dana kontakta ambalaže Cookies-a i baznog rastvora.

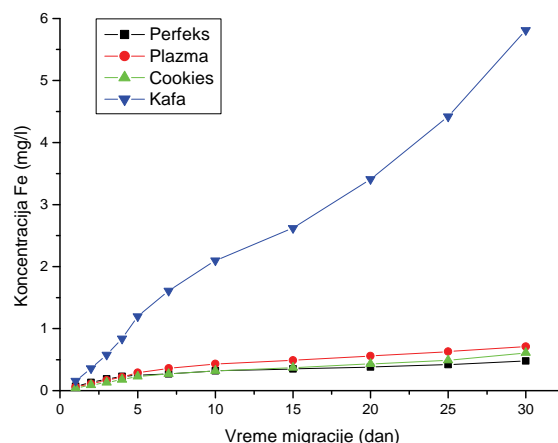
### 3.4. Migracija metala iz uzoraka ambalaže Kafe

Nakon 30-dnevnog izlaganja ambalaže Kafe u rastvorima različitih pH vrednosti ne uočava se: (i) migracija Cd i Pb u kiselom, neutralnoj i baznoj sredini i (ii) gvožđa u neutralnoj i baznoj sredini. Koncentracije Fe, Zn i Ni rastu u intervalu od 0,16 do 5, 81 mg/l, od 0,043 do 0,569 mg/l i od 0,07 do 0,84 mg/l, respektivno. Priraštaji koncentracije Fe, Zn i Ni rastu u intervalu od 0,20 do 1,39 mg/l, od 0,044 do 0,077 mg/l i od 0,07 do 0,08 mg/l, respektivno. U periodu od 30 dana koncentracije Fe, Zn i Ni su se uvećale 36,3, 13,2 i 12,0 puta, respektivno.

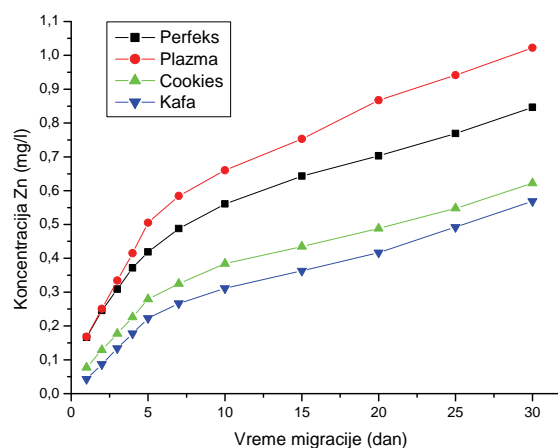
U neutralnoj sredini, tokom 30 dana kontakta rastvora sa ambalažom Kafe migriraju Zn i Pb u intervalu od 0,023 do 0,225 mg/l i od 0,07 do 0,84 mg/l, respektivno. Priraštaj koncentracije Zn menja se u intervalu od 0,018 do 0,022 mg/l, a nakon 30 dana koncentracija Zn se povećala 9,8 puta. Kod Ni priraštaj je u intervalu od 0,07 do 0,08 mg/l, a koncentracija Ni se od prvog do 30-og dana povećala 12,0 puta.

Koncentracija Zn raste u baznom rastvoru, prvoga dana iznosi 0,018 mg/l, dok je poslednjeg dana 0,210 mg/l. Priraštaj koncentracije Zn varira od 0,017 do 0,023 mg/l, a tokom 30 dana koncentracija Zn se povećava 11,7 puta u odnosu na prvi dan. Koncentracija Ni je u intervalu od 0,07 do 0,86 mg/l. Priraštaj koncentracije Ni se menja u intervalu od 0,07 do 0,08 mg/l, a koncentracija Ni je 30-og dana 12,3 puta veća u odnosu na prvi dan praćenja migracije.

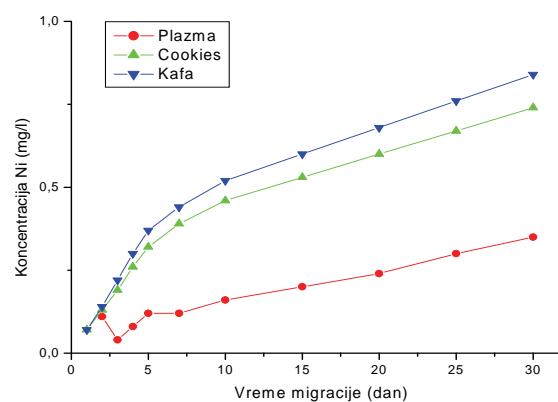
Najveće migracije Fe, Zn i Ni u uočene su u kiselom sredini, zato su upoređene promene koncentracija navedenih metala tokom 30-dnevne migracije iz sva četiri uzorka fleksa ambalaže. Najveća migracija Fe uočava se iz ambalaže Kafe. Koncentracija Fe u kiselom rastvoru posle 30 dana migracije iz ambalaže Kafe (5,81 mg/l) je aproksimativno 12,1, 9,5 i 8,2 puta veća od koncentracija posle migracije iz ambalaža Perfeks wc papira (0,48 mg/l), Cookies-a (0,61 mg/l) i Plazme (0,71 mg/l), respektivno (slika 1). Tokom 30-dnevne migracije Zn iz četiri flakso ambalažna materijala u kiselom rastvoru, uočava se da koncentracije migriranog cinka opadaju u nizu: Plazma > Perfeks wc papir > Cookies > Kafa (slika 2). Kvantifikovanjem koncentracija Ni u kiselom rastvoru posle 30-dnevne migracije Ni iz četiri flakso ambalažna materijala u kiselom rastvoru uočava se: (i) ne izlučivanje Ni iz ambalaže Perfeks wc papira i (ii) opadanje koncentracije migriranog cinka u nizu: Kafa > Cookies > Plazma (slika 3).



Slika 1. Koncentracije gvožđa u kiselom rastvoru tokom 30-dnevne migracije iz ambalaža Perfeks wc papira, Plazme, Cookies-a i Kafe



Slika 2. Koncentracije u cinka u kiselom rastvoru tokom 30-dnevne migracije iz ambalaža Perfeks wc papira, Plazme, Cookies-a i Kafe



Slika 3. Koncentracije u nikla u kiselom rastvoru tokom 30-dnevne migracije iz ambalaža Plazme, Cookies-a i Kafe

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata tokom 30-dnevnog praćenja migracije kadmijum, gvožđa, cinka, nikla i olova iz ispitivanih uzoraka polimernih flekso štampanih ambalažnih materijala (Perfex wc papir, Plazme, Cookies-a i Kafe) mogu se izvesti sledeći zaključci:

- vrsta i sastav ambalažnog materijala određuju vrstu metala koji migrira,
- priroda grafičke boje određuje koncentraciju migrirajućeg metala,
- koncentracija migrirajućeg metala zavisi od pH vrednosti rastvora i
- koncentracija migrirajućeg metala povećava se eksponencijalno sa povećavanjem vremena kontakta ambalažnog materijala i rastvora.

Tokom 30-odnevnog izlaganja ambalaža Perfex wc papira, Plazme, Cookies-a i Kafe rastvorima različitih pH vrednosti ne uočava se: migracija kadmijuma i olova u kiseloj, neutralnoj i baznoj sredini.

Migrirajuće koncentracije metala iz ambalaže Perfeks wc papira u kiseo, neutralan i bazan rastvor opadaju u nizu: Zn > Fe. Migracija Ni uočena je samo neutralnoj sredini u koncentraciji od 0,05 mg/l posle 4. dana. Međutim, koncentracije Ni se nisu menjale preostalih 25 dana migracije. Praćenjem i analizom 30-dnevne migracije Fe i Zn iz ambalaže u tri rastvora različite pH vrednosti uočava se da koncentracije Fe i Zn opadaju u nizu: kiseo > neutralan > bazan rastvor.

Migrirajuće koncentracije metala iz ambalaže Perfeks wc papira u kiseo rastvor opadaju u nizu: Zn > Fe > Ni. U neutralnoj sredini uočeno je: (i) odsustvo izluživanja Fe i (ii) neznatno veća migrirajuća koncentracija Ni u odnosu na Zn. U baznoj sredini uočen je opadajući trend migrirajućih koncentracija metala: Ni > Zn > Fe. pH vrednost rastvora utiče na koncentraciju migrirajućih metala. Posle 30-odnevne migracije Fe u kiseloj sredini koncentracija Fe je 8,9 puta veća u odnosu na koncentraciju istog u baznoj sredini, dok u neutralnoj sredini ne dolazi do migracije gvožđa. Koncentracije Zn opadaju u nizu: kiseo > neutralan > bazan rastvor, dok koncentracije Ni opadaju u nizu: bazan > neutralan > kiseo rastvor.

Posle 30-odnevne analize migracije metala iz Cookies ambalažnog materijala u kiseo, neutralni i bazni uočeno je da u preovladava migracija Ni. Međutim, koncentracije nikla su približne vrednosti bez obzira na različite pH vrednosti rastvora. Analizom rezultata uočavaju se približno jednake vrednosti koncentracija Ni izluženih u kiselom i neutralnom rastvoru, dok su koncentracije nikla u baznom rastvoru nešto više. U kiselom rastvoru koncentracija Zn je veća 1,94 puta u odnosu na neutralni, i 1,96 puta u odnosu na bazni rastvor. Koncentracija Fe je nakon 30 dana u kiselom rastvoru je 4,36 i 7,6 puta veća u odnosu na koncentraciju u neutralnom i baznom rastvoru, respektivno.

Migracija Fe iz ambalaže Kafe uočena je samo neutralnoj sredini. Komparirajući koncentracije Zn i Ni uočava se da su u sva tri rastvora migrirajuće koncentracije Ni veće u odnosu na Zn. Koncentracije Ni su približno jednake u sva tri rastvora, u baznom rastvoru koncentracija posle 30 dana je 1,02 puta veća u odnosu na neutralni i bazni rastvor. Koncentracija Zn je nakon 30 dana u kiselom

rastvoru je veća 2,2 i 2,7 puta u odnosu na neutralni i bazni rastvor, respektivno.

Tokom 30-dnevne migracije Fe iz četiri flakso ambalažna materijala u kiseo rastvor, uočava se da koncentracije migriranog Fe opadaju u nizu: Kafa > Perfeks wc papir > Cookies > Plazma. Koncentracije migriranog Zn opadaju u nizu: Plazma > Perfeks wc papir > Cookies > Kafa. Kvantifikovanjem koncentracija Ni u kiselom rastvoru posle 30-dnevne migracije Ni iz četiri flakso ambalažna materijala u kiseo rastvor uočava se: (i) ne izluživanje Ni iz ambalaže Perfeks wc papira i (ii) opadanje koncentracije migriranog cinka u nizu: Kafa > Cookies > Plazma.

Na osnovu izvršenih eksperimenata i dobijenih rezultata može se zaključiti da se u polimernim ambalažnim materijalima nalaze metali koji potiču iz: aditiva ambalažnih polimera (koji im poboljšavaju fizičke i hemijske karakteristike) i grafičkih boja (nanešenim procesom štampe). Metali vremenom migriraju, a migrirajuća koncentracija se povećava u zavisnosti od uslova kojima su ambalažni materijali izloženi. Ovo je razlog zašto se teži pronalazenju substituenta za boju, polimera organskog porekla i ostalih faktora koji mogu sprečiti dalje zagađivanje okoline.

Prateći koncentraciju detektovanih metala u uzorcima ispitivanih polimernih flekso štampanih ambalažnih materijala, naš zaključak je da će proizvođači ambalažnih materijala kao i grafička industrija pomoći da se ispune standardi kvaliteta za bezbednost upotrebe ambalažnih materijala ukoliko ograniče zagađujuće materije u njihovim sirovinama i proizvodima

#### 5. LITERATURA

- [1] N. Filipović, V. Lazić, J. Filipović, J. Gvozdenović, D. Novaković, "Packaging material characteristics contributing to shelf-life of rusk", *Romanian Biotechnological Letters*, Vol. 17, pp. 7125-7135, 2012.
- [2] R. Coles, D. McDowell, M. Kirwan, "Food Packaging Technology", Blackwell Publishing, CRS Press, USA, 2003.
- [3] D. Novaković, "Introduction in graphic technologies, Faculty of Technical Science, Novi Sad, 2008.
- [4] K.C. Kim, Y.B. Park, M.J. Lee, J.B. Kim, J.W. Huh, D.H. Kim, J-B. Lee, J.-C. Kim, "Levels of heavy metals in candy packages and candies likely to be consumed by small children", *Food Research International*, Vol. 41, pp. 411-418, 2008.
- [5] O. Huerta-Pujol, M. Soliva, F. Giro, M. Lopez, "Heavy metal content in rubbish bags used for separate collection of biowaste", *Waste Management*, Vol. 30, pp. 1450-1456, 2010.

#### Adrese autora za kontakt:

Nataša Marković – markovic.natasha@yahoo.com

Ass. mr Savka Adamović – adamovicsavka@uns.ac.rs

Docent dr Miljana Prica – miljana@uns.ac.rs

Grafičko inženjerstvo i dizajn, FTN, Novi Sad

**POSTOJANOST OTISAKA NA POLIMERNIM MATERIJALIMA IZLOŽENIH VEŠTAČKOJ SVETLOSTI****THE INFLUENCE OF AN ARTIFICIAL LIGHT IRRADIANCE OVER COLOR FASTNESS ON POLYMER MATERIALS**

Aleksandar Malivuk, Nemanja Kašiković, Rastko Milošević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Rezime** – U radu se prikazuju istraživanja postojanosti otisaka odštampanih na polimernim materijalima digitalnom Ink Jet tehnikom štampe pri izlaganju veštačkoj svetlosti. Za proces otiskivanja korišćeni su grafički sistemi Vutek UltraVU 3360 i HP Scitex XP5300. Samo istraživanje je obuhvatilo analizu uticaja veštačkog svetlosnog zračenja na dve vrste podloga korišćene za štampu cerada, pri čemu su odštampani uzorci podvrgnuti svetlosnom izlaganju prema standardu ISO 105-B02:2013 (metod 2). Uzorci podvrgnuti ovom tretmanu analizirani su vizuelno i spektrofotometrijski kako bi se utvrdilo koliko je izlaganje ovom procesu izazvalo promene u kvalitetu otiska.

**Gljučne reči:** Ink Jet štampa, promena boje otiska, postojanost na svetlost

**Abstract** – In this paper the research is about presenting the color durability printed on polymer materials which are exposed to an artificial light source. For printing process, two digital Ink Jet machines were used, Vutek UltraVU 3360 and HP Scitex XP 5300. The research includes analysis of light influence on two different substrate according to ISO 105-B02 standard (method 2). Specimens used in this experiment have been analyzed visually and spectrophotometric in order to determine the influence of light irradiance and possible color difference prior and after the experiment.

**Keywords:** Ink Jet printing, color difference on printed materials, color's light resistance

**1. UVOD**

Digitalna štampa je danas jedna od najperspektivnijih vrsti štampe na tržištu sa tendencijom preuzimanja primata u celoj štamparskoj industriji. Njena specifičnost je da se može štampati na velikom broju različitih materijala, počevši od papira, tekstilnih i plastičnih materijala itd.

Jedni od tih materijala su polimerni materijali, koji se koriste kao cerade. Otisci dobijeni štampom na cerade izloženi su dejstvu sunčeve svetlosti, kao i atmosferskim dejstvima, pa je zbog toga neophodno da otisak ima odgovarajuću postojanost na ove uticaje.

Cilj ovog rada je da se ispita uticaj svetlosnog zračenja na postojanost boje uzoraka odštampanih ink jet štampom na dve različite podloge sa dva različita grafička sistema.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nemanja Kašiković, docent**

**2. METOD IZVOĐENJA EKSPERIMENTA**

U eksperimentalnom delu rada za proces štampe cerada korišćeni su grafički sistemi Vutek UltraVu 3360 i HP Scitex XP5300.

Oba sistema rade na principu piezo Drop on Demand Ink Jet tehnologije, pri čemu Vutek Ultra Vu 3360 može da postigne rezoluciju do 720 dpi. Rezolucija koja se može postići na grafičkom sistemu HP Scitex XP5300 je 360 dpi [1, 2].

Takođe, kako se u eksperimentu koriste različiti grafički sistemi, upotrebljene su i različite boje. U pitanju su boje Sun Chemical Streamline i HP Scitex UV boje. Sunchemical boje su na bazi rastvarača, a ostale komponente boje su pigmenti, voda i 2-butoksietil acetat [3]. HP Scitex UV boje su UV boje koje se ne suše već očvršćavaju za 0,1 sekund pod uticajem intenzivnog ultravioletnog zračenja [4].

Kao podloge za štampu, u eksperimentu su korišćene cerade Sattler 670 i Wonpoong 440. Cerade Sattler 670 imaju gramaturu od 670 g/m<sup>2</sup> i napravljene su od jakog, fleksibilnog i vodootpornog materijala koji se koristi u industriji. Sastoji se od više slojeva, a najvažniji je onaj polimerni koji mu daje čvrstinu i otpornost na vodu. Cerade Wonpoong 440 su cerade kineskog proizvođača i imaju gramaturu od 440 g/m<sup>2</sup>. Sastav ove cerade je polietilen i polipropilen sa zaštitnim lakom.

Pre procesa štampe, pripremljena je odgovarajuća test karta koja se sastoji od četiri merna polja: prvo polje (cijan - 100 %), drugo polje (magenta - 100 %), treće polje (žuta - 100 %) i četvrto polje (crna - 100 %). Veličina svakog polja je iznosila 4 x 10 cm.

Štampa je vršena sa jednim nanosom boje, pri rezoluciji od 720 x 720 dpi.

Prvobitna analiza uzoraka je izvršena nakon procesa štampe. Za sakupljanje podataka o spektrofotometrijskim CIE Lab vrednostima korišten je uređaj HP200 pri osvetljenju D65 i standardnog ugla posmatranja 10<sup>0</sup> i merne geometrije d/8 (merni otvor 16 mm).

Određivanje hromatskih vrednosti neophodnih za iscrtavanje spektralnih kriva vršeno je pomoću refleksionog spektrofotometra SpectroDens Techkon (osvetljenje D50, standardni posmatrač 2°, merna geometrija 0°/45°, merni otvor 3 mm). Reflektovano svetlo sa površine se izražava u vrednostima od 0 do 1 (ili od 0 do 100 %). Obično se refleksija meri u vidljivom delu spektra od 360 - 760 nm talasne dužine svetlosti, pri čemu su podaci nezavisni od karakteristika posmatrača [5].

Posle analize uzoraka nakon procesa štampe, uzorci su poslani u specijalnu laboratoriju za ispitivanje „Profi Lab“



gde su 25 dana bili konstantno izloženi svetlosnom zračenju lampi snage 2200W. Da bi se Sunčevo zračenje simuliralo, korišćena je mašina Xenotest Alpha koja predstavlja kompaktni rotacioni ksenonski instrument sa izlagajućom površinom gde su postavljeni uzorci. Nakon toga, vršena je vizuelna ocena postojanosti uzoraka na uticaj veštačke svetlosti prema standardu ISO 105-B02. Promene između dva materijala pre i posle izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima određuju se vizuelno korišćenjem blue wool reference trake (slika 1) koja je razvijena u Evropi i za identifikaciju vrednosti koristi oznake od 1 do 8. Broj 1 označava veoma nisku postojanost boje, a broj 8 vrlo visoku postojanost boje nakon izlaganja uticaju svetlosti [6, 7].



Slika 1. Blue wool referentna traka

Kako su instrumentalna merenja, preciznija od vizuelnih ocena koje se koriste prema standardu, izvršena je ponovo spektrofotometrijska analiza uzoraka nakon izlaganja uticaju svetlosti.

Dobijeni rezultati su upoređeni sa rezultatima dobijenim nakon procesa štampe i određene su vrednosti za razliku boje ( $\Delta E$ ). Izračunavanje se vršilo prema formuli:

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

pri čemu je  $\Delta L^*$  - razlika u svetlini,  $\Delta a^*$  - razlika u crveno-zelenoj osi spektra i  $\Delta b^*$  - razlika u plavo-žutoj osi spektra.

Vizuelna razlika dve boje ocenjivana je prema sledećim kriterijumima: [8]

$\Delta E$  između 0 i 1 - razlika se ne može primetiti,

$\Delta E$  između 1 i 2 - veoma mala razlika,

$\Delta E$  između 2 i 3,5 - srednja razlika,

$\Delta E$  između 3,5 i 5 - krupna razlika i

$\Delta E$  preko 5 - masivna razlika

Takođe, izvršeno je i poređenje spektralnih krivih pre i posle izlaganja analiziranih uzoraka dejstvu svetlosti.

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Dobijeni rezultati nakon procesa štampe predstavljeni su u tabeli 1, pri čemu su CIE L a b vrednosti koje su prikazane u tabeli, dobijene kao aritmetičke vrednosti pet uzastopnih merenja.

Tabela 1. CIE Lab vrednosti koordinata boja analiziranih uzoraka nakon procesa štampe

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b
1-A-Cijan	59.998	10.866	45.354
1-A-Magenta	52.662	64.004	2.606
1-A-Žuta	88.784	-2.24	74.222
1-A-Crna	29.262	0.886	-0.076
1-B-Cijan	61.188	-10.778	-41.05
1-B-Magenta	52.412	63.576	2.022
1-B-Žuta	85.82	1.522	68.368
1-B-Crna	32.54	5.38	0.024
2-A-Cijan	60.526	-10.008	-41.402
2-A-Magenta	53.01	58.74	0.74
2-A-Žuta	86.618	-2.406	68.14
2-A-Crna	31.66	0.748	-0.848
2-B-Cijan	59.83	-9.93	-41.164
2-B-Magenta	51.098	61.846	1.632
2-B-Žuta	83.59	0.984	66.332
2-B-Crna	31.672	4.71	-0.302

Napomena: oznake 1 i 2 se odnose na materijale: (1 - Sattler, 2 - Wonpoong), a A i B na grafičke sisteme (A - Vutek UltraVU 3360, B - HP Scitex XP530)

Nakon analize odštampanih uzoraka, oni su izloženi veštačkoj svetlosti, kako bi se utvrdila njihova postojanost na ovaj uticajni faktor. Dobijene vrednosti postojanosti odštampanih uzoraka na proces izlaganja svetlosti predstavljene su u tabeli 2.

Tabela 2. Vizuelna ocena postojanosti uzoraka nakon izlaganja uticaju veštačke svetlosti

Uzorak	Dobijene vrednosti	Metod ispitivanja
1-A-Cijan	8	ISO 105-B02 (metod 2)
1-A-Magenta	8	
1-A-Žuta	8	
1-A-Crna	8	
1-B-Cijan	8	
1-B-Magenta	8	
1-B-Žuta	8	
1-B-Crna	8	
2-A-Cijan	8	
2-A-Magenta	8	
2-A-Žuta	8	
2-A-Crna	8	
2-B-Cijan	8	
2-B-Magenta	8	
2-B-Žuta	8	
2-B-Crna	8	

Napomena: oznake 1 i 2 se odnose na materijale: (1 - Sattler, 2 - Wonpoong), a A i B na grafičke sisteme (A - Vutek UltraVU 3360, B - HP Scitex XP530)

Dobijeni rezultati pokazuju da je postojanost uzoraka na svim ispitivanim uzorcima odlična. Uzorci su u laboratoriji ocenjeni sa najvišom ocenom 8 što govori da je boja ostala nepromenjena.

Pošto su standardizovana ocenjivanja bazirana na vizuelnoj subjektivnoj oceni, u ispitivanjima su korišćena i savremena spektrofotometrijska merenja, kako bi se dobile preciznije vrednosti za uticaj izlaganja veštačke svetlosti na kvalitet odštampanih uzoraka. CIE L a b

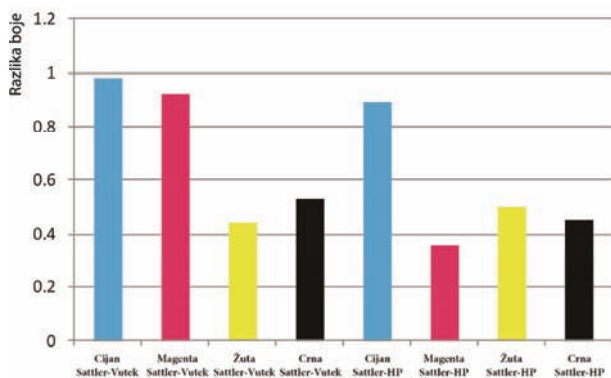
vrednosti uzoraka nakon izlaganja veštačkoj svetlosti predstavljene su u tabeli 3.

Tabela 3. CIE Lab vrednosti koordinata boja analiziranih uzoraka nakon izlaganja veštačkoj svetlosti

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b
1-A-Cijan	60.24	12.03	42.218
1-A-Magenta	52.256	62.948	1.054
1-A-Žuta	88.8	-1.738	75.596
1-A-Crna	28.678	0.804	-0.34
1-B-Cijan	60.854	-11.89	-38.872
1-B-Magenta	52.422	63.22	2.786
1-B-Žuta	86.354	2.014	69.188
1-B-Crna	32.448	5.14	0.432
2-A-Cijan	60.626	-10.812	-39.088
2-A-Magenta	51.71	58.29	-0.394
2-A-Žuta	86.564	-1.96	68.738
2-A-Crna	29.586	1.076	-0.41
2-B-Cijan	59.762	-10.63	-39.17
2-B-Magenta	51.346	60.288	2.6
2-B-Žuta	84.178	1.444	66.136
2-B-Crna	32.056	4.28	0.11

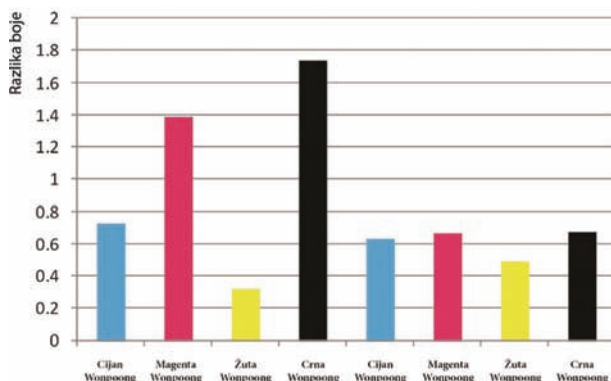
Napomena: oznake 1 i 2 se odnose na materijale: (1 - Satler, 2 - Wonpoong), a A i B na grafičke sisteme (A - Vutek UltraVU 3360, B - HP Scitex XP530)

Korišćenjem formule 1 dobijene su vrednosti za razliku boje, koje su predstavljene na slikama 2 i 3.



Slika 2. Grafički prikaz razlike boja podloge Sattler štampane na sistemima Vutek i HP

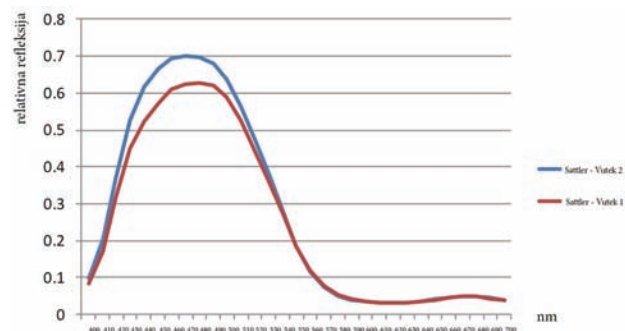
Kao što se može videti na grafiku (slika 2), najveća razlika boje je kod cijana, 0,98 i magente, 0,92 štampane na sistemu Vutek i kod cijana, 0,89 na sistemu HP.



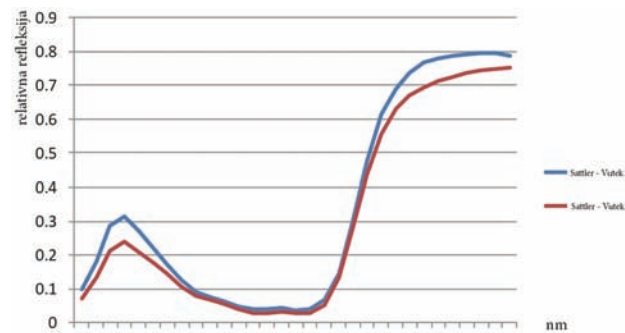
Slika 3. Grafički prikaz razlike boja podloge Wonpoong štampane na sistemima Vutek i HP

Kao što se može videti na grafiku (slika 3), najveća i značajnija razlika boje je kod crne, 1,74 i magente, 1,39 (veoma mala razlika boje) štampane na sistemu Vutek dok se na sistemu HP razlike kreću od 0,49 do 0,68 (razlika se ne može primetiti).

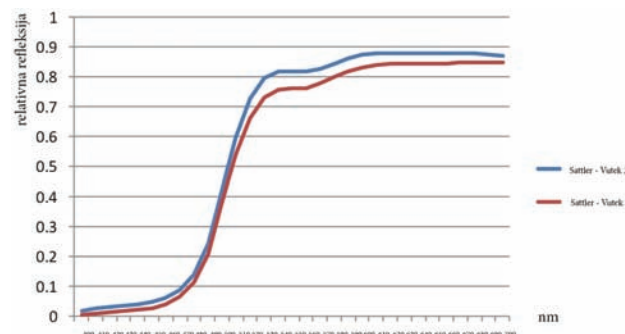
Kao što je već spomenuto ranije, urađeno je i poređenje spektralnih krivi uz pomoć refleksionog spektrofotometra SpectroDens Techkon. Na osnovu ovih krivi, utvrđuje se nivo refleksije određene boje. Spektralne krive uzoraka nakon izlaganja označene su plavom bojom, dok su spektralne krive uzoraka nakon procesa štampe označene crvenom bojom.



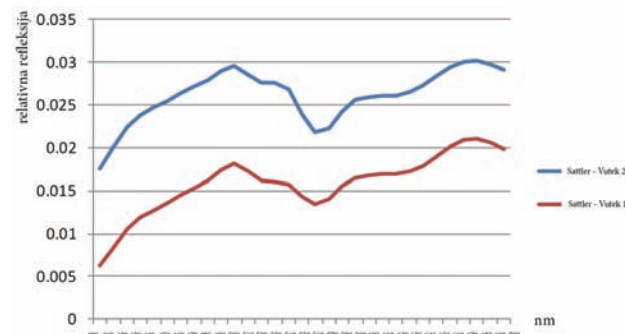
Slika 4. Spektralne krive uzorka Sattler, Vutek – cijan



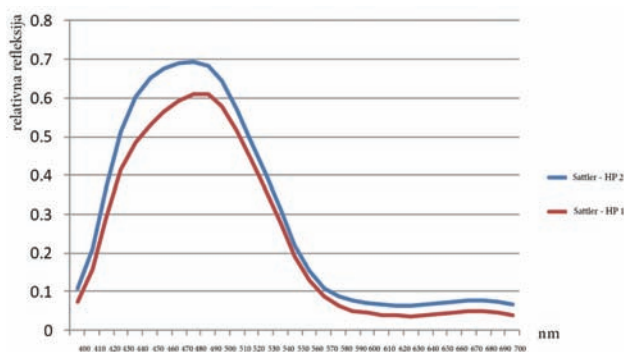
Slika 5. Spektralne krive uzorka Sattler, Vutek – magenta



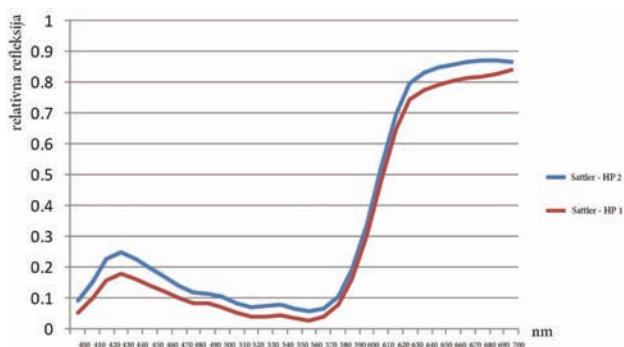
Slika 6. Spektralne krive uzorka Sattler, Vutek – žuta



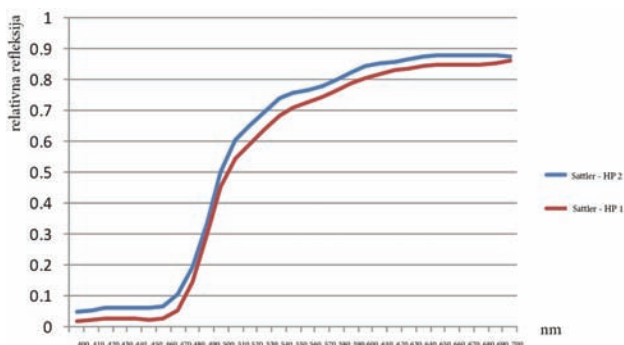
Slika 7. Spektralne krive uzorka Sattler, Vutek – crna



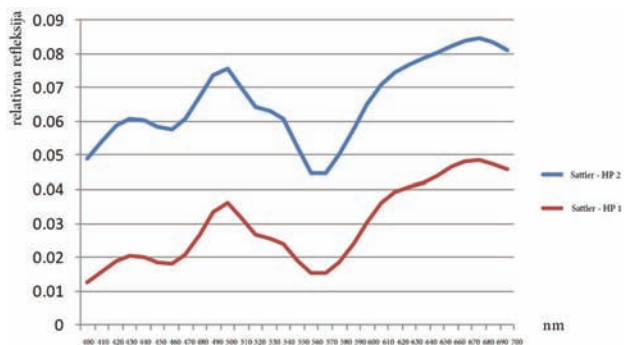
Slika 8. Spektralne krive uzorka Sattler, HP – cijan



Slika 9. Spektralne krive uzorka Sattler, HP – magenta



Slika 10. Spektralne krive uzorka Sattler, HP – žuta



Slika 11. Spektralne krive uzorka Sattler, HP – crna

Zbog ograničenosti prostorom dato je poređenje spektralnih krivih za uzorke odštampane na Sattler materijalu, posle štampe i nakon izlaganja veštačkoj svetlosti.

Iz priloženih grafika (slike 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11) može se zaključiti da uzorci Sattler štampani na sistemu Vutek i HP imaju veću spektralnu refleksiju posle izlaganja veštačkog izvora svetla i boje su za nijansu svetlije.

#### 4. ZAKLJUČAK

Prikazani rezultati pokazali su da dolazi do veoma male promene u kvalitetu otiska nakon izlaganja veštačkom uticaju svetlosti.

Rezultati vizuelne ocene postojanosti analiziranih uzoraka nakon izlaganja veštačkom uticaju svetlosti pokazuju da je postojanost svih uzoraka odličnog kvaliteta u smislu neprimetno male promene boje otiska.

Spektrofotometrijska merenja, pokazuju ipak preciznije rezultate i na njima se videlo da ipak svi analizirani uzorci nemaju iste vrednosti za razliku boje, mada su te vrednosti veoma male, pošto je najveća vrednost za razliku boje iznosila 1,74 (uzorak odštampan crnom bojom, pomoću sistema Vutek UltraVU 3360 na materijalu Wongpoong).

Kao konačan zaključak, smatra se da je postojanost boje na Sunčevo zračenje na visokom nivou i da ovaj izbor materijala i boja predstavlja odlično i trajno rešenje i da se može sa preporukom koristiti.

#### 5. LITERATURA

- [1] Vutek, UltraVu, 2012. [on line] Dostupno na: < <http://www.pointimaging.com>> [Pristupljeno:06.02.2014.]
- [2] HP, HP Scitex XP 5300, 2012. [on line] Dostupno na:<[www1.hp.com](http://www1.hp.com)>[Pristupljeno:06.02.2014.]
- [3] SunChemical, Streamline ULTIMA, 2012. [on line] Dostupno na: < <http://www.sunchemical.com> > [Pristupljeno: 07.02.2014.]
- [4] HP, HP Scitex UV Curable ink, 2012. [on line] Dostupno na: < <http://h10088.www1.hp.com> > [Pristupljeno 07.02.2014.]
- [5] Techkon, spectrodens [on line] Dostupno na: < <http://www.techkonusa.com> [Pristupljeno: 17.02.2014.]
- [6] Erkan G., Sengul K., Kaya S. (2011) Dyeing of white and indigo dyed cotton fabrics with Mimosa tenuiflora extract, Journal of Saudi Chemical Society
- [7] Kanth S. V., Venba R., Madhan B., Chandrababu N.K., Sadulla S. (2009)
- [8] Novaković D., Pešterac Č., Pavlović Ž., Karlović I., Reprodukciona tehnika – priručnik za vežbe, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2009

Adresa autora za kontakt:

MSc Aleksandar Malivuk, [aleksandar.malivuk@gmail.com](mailto:aleksandar.malivuk@gmail.com)

Dr Nemanja Kašiković, [knemanja@uns.ac.rs](mailto:knemanja@uns.ac.rs)

MSc Rastko Milošević, [rastko.m@uns.ac.rs](mailto:rastko.m@uns.ac.rs)

Grafičko inženjerstvo i dizajn, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

**UTICAJ GUSTINE TKANJA SITA U PROPUSNOJ ŠTAMPI NA KVALITET OTISKA NA PLASTIČNIM MATERIJALIMA****THE INFLUENCE OF PRINTING SCREEN MESH DENSITY ON A PRINT QUALITY OF PLASTIC MATERIALS**

Rajna Milović, Nemanja Kašiković, Rastko Milošević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazano istraživanje iz oblasti propusne štampe na plastičnim materijalima. U procesu štampe korišćen je manuelni karusel Drucktech, pri čemu su upotrebljene boje Argon Manoukian (KIIAN) Serija 35000 Hi-Gloss Viny. Kao promenljivi faktori uzeta su sita tri različite gustine tkanja (60 niti/cm, 100 niti/cm i 120 niti/cm) i tri materijala različite površine i sastava (Juvidur Pvc gloss 0,5 mm, Pvc mat 0,3 mm i PP mat 0,5 mm). Radi utvrđivanja zavisnosti reprodukcije boje otiska od promene gustine tkanja sita u procesu štampe, izvršena je analiza izmerenih spektrofotometrijskih vrednosti.

**Ključne reči:** Sito štampa, gustina tkanja sita, štampa na plastici, kvalitet štampe

**Abstract** – This paper presents the research in the field of screen printing on plastic materials. In the process of printing manual carousel DRUCKTE and Manoukian Argon (KIIAN) 35000 Series Hi-Gloss Ink were used. As variable parameters, different mesh density (60 niti/cm 100 threads / cm and 120 threads / cm) and three different materials (PVC gloss Juvidur 0.5 mm, 0.3 mm matt PVC and PP 0 mat, 5mm) were selected. In order to determine dependence of print color reproduction on mesh count change in printing process, analysis of measured spectrophotometric data were conducted.

**Keywords:** Screen printing, screen mesh density, printed plastic materials, print quality

**1. UVOD**

Tehnika sito štampe je poznata kao tehnika pomoću koje se može štampati na velikom broju različitih materijala kao što su: papir, plastika, tekstil, keramika, metal, drvo, staklo i mnogi drugi materijali [1].

Takođe, ovim postupkom štampe se može štampati na podloge proizvoljne debljine, ali i površine nepravilnog oblika (olovke, upaljači, boce, tegle, kante, burad, ...), što skupa posmatrano doprinosi velikoj primenljivosti ove tehnike. Ako se posmatra štampa na plastičnim materijalima najviše se štampa na PVC samolepljivim folijama, koje se na tržištu mogu naći u rolnama, ili tablama sečene u različite formate (kada je u pitanju format B1) i u različitim bojama. Uspešno se može štampati i na tvrdom PVC.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio docent dr Nemanja Kašiković**

Pored toga tehnikom sito štampe može se štampati i na polietilenu, koji se upotrebljava za izradu raznih vrsta kesa, na različitim vrstama plastičnih materijala. Kako je u procesu štampe na plastičnim materijalima zbog njihovog izlaganja spoljašnjim uticajima, potrebno dobiti deblje nanose boje, česta je upotreba sita različitih gustina jer se praktično nanos boje u tehnici sito štampe varira pomoću gustine tkanja sita, što direktno utiče na kvalitet otiska [2]. Pored gustine tkanja, veliku ulogu u kvalitetu štampe imaju materijal od kojeg je napravljena mreža, način tkanja, debljina niti i razmak između mreže i podloge za štampu [3]. Cilj ovog istraživanja je da se utvrdi koliko će promena gustine tkanja sita uticati na reprodukciju boje otiska dobijenog tehnikom sito štampe na plastičnim materijalima.

**2. METOD IZVOĐENJA EKSPERIMENTA**

U eksperimentalnom delu rada izvršeno je ispitivanje odštampanih uzoraka dobijenih tehnikom sito štampe na plastičnim materijalima. Kao promenljivi parametri u eksperimentu su upotrebljena tri sita različite gustine tkanja, tri plastična materijala i tri štamparske boje. Ukupno je analizirano 27 odštampanih uzoraka. Uzorci za ispitivanje štampani su u tri različite boje (crvena, zlatna i crna) na juvidur plastici (Pvc gloss 0,5 mm, Pvc mat 0,3 mm, Pp mat 0,5 mm). U pitanju su providni materijali za štampu različitog stepena sjaja. Otporani su na lomove, debljine od 0,3 mm do 1 mm. Tehničke karakteristike juvidura su sledeće: zatezna čvrstoća 55 N/mm<sup>2</sup>, temperaturna otpornost 0-60° C, dobra otpornost na vodu i kiseline i gustina 1,38 kg/dm<sup>3</sup> [4].

U eksperimentu za sita su korišćene monofilne poliamidne svile (najlon) koja poseduju vrlo dobru mehaničku postojanost, visoku otpornost na abraziju, dobre karakteristike površinske napetosti, visoku elastičnost i dobre karakteristike vraćanja dimenzija (100 % nakon izduženja od 2 %). Variralo se sa tri različita sita gustina tkanja 60 niti/cm, 100 niti/cm i 120 niti/cm pri čemu su ramovi sita bili od nerđajućeg aluminijuma.

Osvetljavanje sita vršeno je sa dve metal-halogene lampe (1000 W). Vreme osvetljavanja, za svaku pojedinačnu formu iznosilo je 6 min. Uzorci su štampani na manuelnom Drucktech karuselu sa 4 glave i isto toliko radnih ploča (slika 1.). Maksimalni format štampe karusela je 50 x 30 cm, dok je format standardne ploče 41 x 54 cm.

Nakon procesa štampe i međufaznog sušenja kako bi se ubrzalo sušenje i fiksirala boja na materijalu otisak je prošao kroz tunel sušaru za sušenje otisaka ECONOMAX D-2. Uzorci su štampani u tri boje: crna, crvena i zlatna.



Boje koje su korišćene u eksperimentu su Argon Manoukian (KIIAN) Serija 35000 Hi-Gloss Vinyl. Ove boje predstavljaju najkvalitetnije boje za štampu na PVC materijalima, visokog su sjaja, slabog mirisa. Pogodne su za štampu na oštrim samolepljivim i fleksibilnim PVC materijalima. To su boje na vodenoj bazi, koriste se za svetlu i tamnu podlogu i ne predstavljaju izvor opasnosti na radnom mestu.



Slika 1. Mašina za štampu Drucktech

Na svakom uzorku vršeno je po 5 merenja CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  vrednosti i vrednosti spektralne krive, na osnovu kojih su grafički predstavljena zavisnost i uticaj gustine tkanja sita na kvalitet otiska.

Za merenje CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  vrednosti korišćen je sferni spektrofotometar HP 200 sa standardnim osvetljenjem D65 i standardnim uglom posmatranja od  $10^\circ$  (merna geometrija d/8).

U zavisnosti od određene gustine tkanja upotrebljenog sita pri štampi, dobijene su različite CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , koordinate boja uzoraka. Ove koordinate su upotrebljene za izračunavanje vrednosti razlike boje ( $\Delta E$ ) između odštampanih uzoraka. Razlika boja je najčešće predstavljena ovom vrednošću,  $\Delta E$ , i poznata je kao apsolutna razlika boje. Izračunavanje razlike boje vrši se uz pomoć više standardnih formula. Jedna od njih je i sledeća formula:

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

gde je  $\Delta L^*$  razlika u svetlini,  $\Delta a^*$  razlika na crveno/zelenoj osi i  $\Delta b^*$  na žuto/plavoj osi Lab prostora boja.

Vizuelna razlika dve boje ocenjivana je prema sledećim kriterijumima [5]:

$\Delta E$  između 0 i 1 - razlika se ne može primetiti

$\Delta E$  između 1 i 2 - veoma mala razlika

$\Delta E$  između 2 i 3,5 - srednja razlika

$\Delta E$  između 3,5 i 5 - krupna razlika

$\Delta E$  preko 5 - masivna razlika

Određivanje hromatskih vrednosti vršeno je spektrofotometrijski, mernim uređajem *SpectroDens TECHKON* refleksionim spektrofotometrom sa sledećim podešavanjima: D50 izvor osvetljenja, ugao posmatranja  $2^\circ$ , bez upotrebe polarizacionih filtera sa mernom geometrijom  $0^\circ/45^\circ$ . Pomoću ovih merenja utvrđeno je koliko će promena gustine tkanja da utiče na relativnu refleksiju analiziranih uzoraka.

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1. prikazane su srednje vrednosti CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  koordinata uzoraka crvene boje, zlatne i crne štampane na svim podlogama uz pomoć sita gustine tkanja 60 niti/cm, 100 niti/cm i 120 niti/cm (dobijene merenjem na pet različitih polja).

Iz tabele se može primetiti da se vrednost  $L$  (svetline) za nijansu povećava sa povećanjem gustine tkanja sita kod svih analiziranih uzoraka. To je rezultat toga što se sa povećanjem gustine tkanja sita, smanjuje debljina nanosa boje, zbog čega je i sama boja svetlija.

Tabela 1.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  vrednosti uzoraka odštampanih crvenom, zlatnom i crnom bojom na različitim materijalima

Boja	Niti/cm	Mat	L	a	b
Crvena	60	Pvc gloss	40,16	52.19	12.47
		Pp mat	40.74	54.43	12.83
		Pvc mat	40.66	54.08	12.77
	100	Pvc gloss	40.92	55.3	12.93
		Pp mat	40.92	56.14	12.86
		Pvc mat	41.10	55.97	13.04
	120	Pvc gloss	41.57	55.93	13.29
		Pp mat	41.98	56.79	13.17
		Pvc mat	41.79	56.96	13.12
Zlatna	60	Pvc gloss	69.91	7.29	23.61
		Pp mat	69.86	7.34	23.72
		Pvc mat	70.17	7.31	23.76
	100	Pvc gloss	71.02	7.32	23.92
		Pp mat	70.24	7.35	24.03
		Pvc mat	70.81	7.44	24.19
	120	Pvc gloss	71.85	8.08	24.66
		Pp mat	70.88	8.01	25.02
		Pvc mat	71.29	8.14	25.17
Crna	60	Pvc gloss	23.63	-0.29	-0.71
		Pp mat	23.62	-0.13	-0.56
		Pvc mat	23.19	-0.29	-1.05
	100	Pvc gloss	24.33	-0.07	-0.25
		Pp mat	24.48	-0.06	-0.39
		Pvc mat	23.99	-0.13	-0.29
	120	Pvc gloss	25.04	0.17	-0.17
		Pp mat	25.57	0.16	-0.28
		Pvc mat	24.57	0.02	-0.13

#### 3.1. Razlika boja

Na osnovu dobijenih srednjih vrednosti je izračunata razlika boja ( $\Delta E$ ) između otisaka štampanih sa različitim sitima (60, 100 i 120 niti/cm) na istim materijalima za štampu. Posmatranjem tabele 2. može se uvideti da je najveća razlika u boji između otisaka dobijenih štampanjem sa 60 niti/cm i 120 niti /cm i to kod svih materijala.

Uzrok tome je razlika u nanosu boje, a samim tim i u svetlini boje, tj. najveća zabeležena razlika u svetlini boje je upravo između ovih otisaka.

Razlika boje ( $\Delta E$ ) kod otisaka odštampanih sa ova dva sita najveća je kod uzoraka štampanom crvenom bojom i kreće se u rasponu od  $3,5 \leq \Delta E \leq 5$  (krupna razlika), dok je kod ostalih uzoraka ova razlika mala i srednja, a kod nekih i neprimetna.

Tabela 2. Prikaz vrednosti razlike boje ( $\Delta E$ ) otisaka u odnosu na primenjenu gustinu tkanja sita

$\Delta E^*$		Niti/cm	60	120
Pvc gloos 0.5	crvena	100	3.23	0.97
		120	4.07	x
	zlatna	100	0.57	1.29
		120	2.03	x
	crna	100	1.24	0.96
		120	1.83	x
PP mat 0.5 mm	crvena	100	2.36	1.28
		120	2.68	x
	zlatna	100	0.67	1.3
		120	1.78	x
	crna	100	1.23	1.28
		120	2.10	x
Pvc mat 0.3 mm	crvena	100	1.96	1.21
		120	3.11	x
	zlatna	100	0.78	1.29
		120	2.03	x
	crna	100	1.62	0.72
		120	1.83	x

U tabeli 3. dat je pregled razlike boja između uzoraka štampanih sa istom bojom i istom gustinom tkanja sita, ali na različitim materijalima.

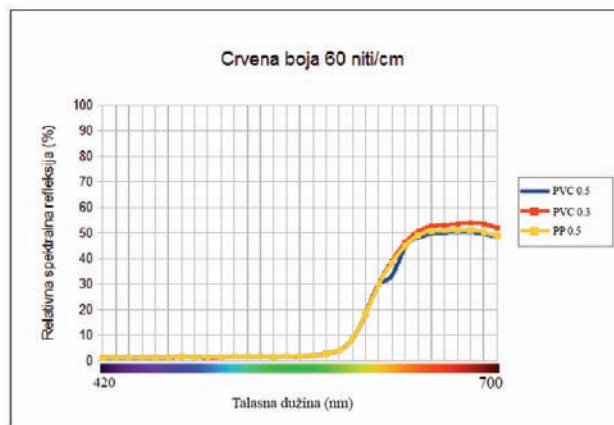
Ovim poređenjem uočeno je da je razlika u boji približno ista ukoliko se uporede svi uzorci i kreće se u rasponu od  $0 \leq \Delta E \leq 2$ , što govori da je ova razlika vrlo mala i da je neprimetna za neiskusno ljudsko oko.

Tabela 3. Prikaz vrednosti razlika boje ( $\Delta E$ ) otisaka u odnosu na podlogu štampe

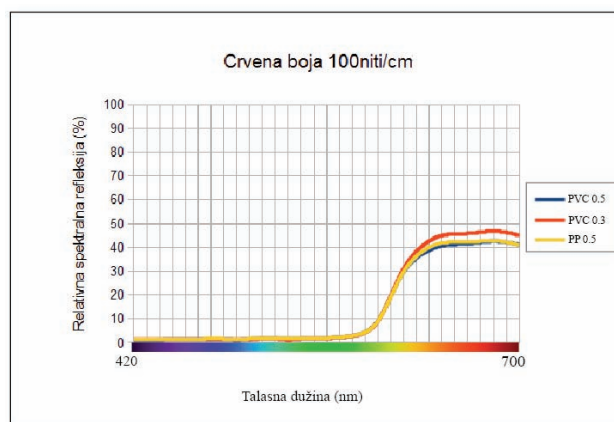
Boja	Niti/cm	Materijal	Pvc 0.5	Pvc 0.3
Crvena	60	Pp 05	0.45	2.34
		Pvc 0.3	2.02	x
	100	Pp 05	0.84	0.31
		Pvc 0.3	0.7	x
	120	Pp 05	1.29	0.25
		Pvc 0.3	1.34	x
Zlatna	60	Pp 05	0.13	0.31
		Pvc 0.3	0.3	x
	100	Pp 05	0.78	0.59
		Pvc 0.3	0.36	x
	120	Pp 05	0.67	0.45
		Pvc 0.3	0.75	x
Crna	60	Pp 05	1.33	1.72
		Pvc 0.3	1.81	x
	100	Pp 05	0.86	0.82
		Pvc 0.3	0.67	x
	120	Pp 05	1.59	1.08
		Pvc 0.3	0.63	x

### 3.2. Spektralna refleksija

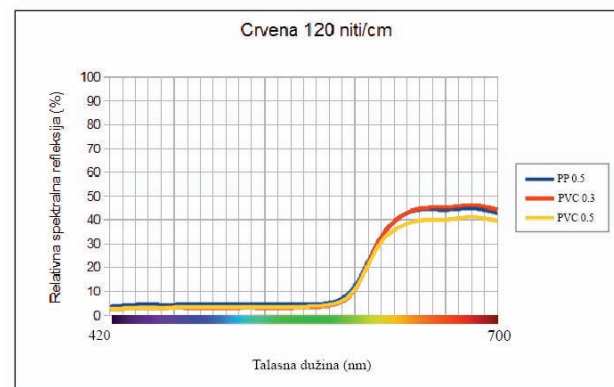
Rezultati merenja predstavljani su na graficima krivih spektralne refleksije (grafik 2-7.), gde je izvršeno poređenje dobijenih vrednosti za otiske odštampane crvenom i crnom bojom pomoću sita različite gustine tkanja (60 niti/cm, 100 niti/cm i 120 niti/cm) na tri različite podloge (juvidur pvc gloss 0.5 mm, juvidur pvc mat 0.3 mm i juvidur pp mat 0.5 mm). Na graficima 2-4. predstavljene su vrednosti spektralnih refleksija otisaka odštampanih crvenom bojom. Kod otisaka odštampanih sa sitom gustine tkanja 60 niti/cm, može se videti da se krive spektralne refleksije maltene poklapaju, kod svih materijala, i da dostižu porast u crvenom delu spektra.



Grafik 2. Prikaz krivih spektralne refleksije otisaka crvene boje štampanih na različitim materijalima sitom gustine 60 niti/cm

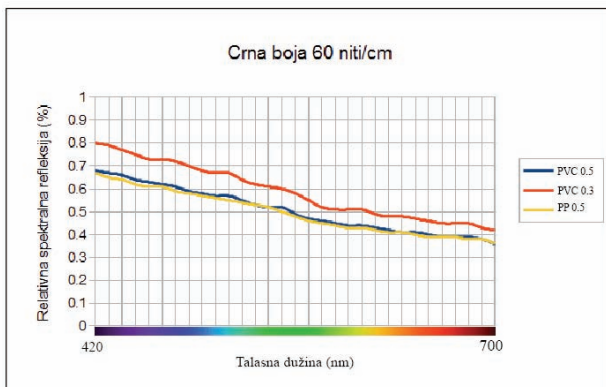


Grafik 3. Prikaz krivih spektralne refleksije otisaka crvene boje štampanih na različitim materijalima sitom gustine 100 niti/cm

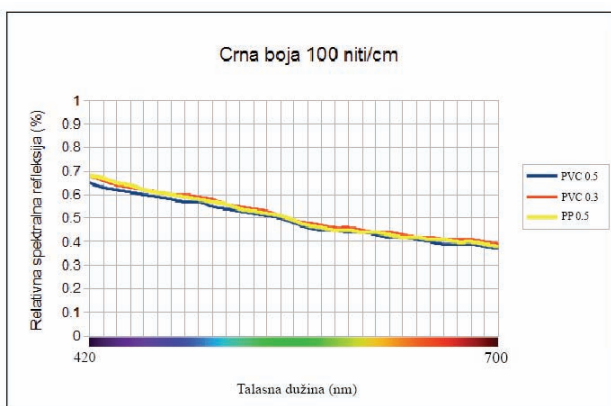


Grafik 4. Prikaz krivih spektralne refleksije otisaka crvene boje štampanih na različitim materijalima sitom gustine 120 niti/cm

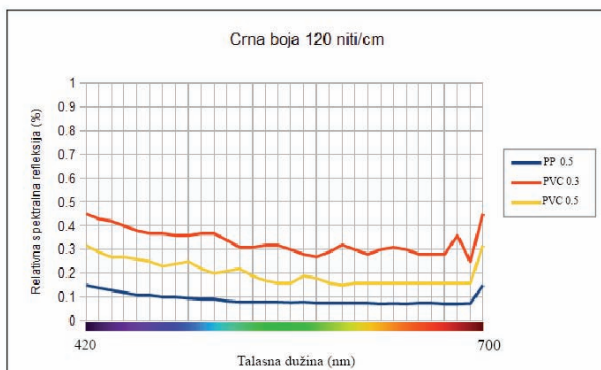
Kod otisaka odštampanih sa sitom gustine tkanja 100 niti/cm, dolazi do malog odstupanja vrednosti spektralne refleksije otiska na juviduru pvc mat 0,3 mm (crvena linija) i ona ima najvišu vrednost. Za nijansu niža refleksija zabeležena je kod ostala dva materijala. Na grafiku 4. vrednosti spektralne refleksije su približno iste. Do manjeg odstupanja dolazi kod otiska odštampanog na juviduru pp mat 0.3 mm (žuta linija) i njena vrednost je najmanja. Na graficima se vidi da se sva odstupanja nalaze samo u crvenom delu spektra.



Grafik 5. Prikaz krivih spektralne refleksije otisaka crne boje štampanih na različitim materijalima sitom gustine 60 niti/cm



Grafik 6. Prikaz krivih spektralne refleksije otisaka crne boje štampanih na različitim materijalima sitom gustine 100 niti/cm



Grafik 7. Prikaz krivih spektralne refleksije otisaka crne boje štampanih na različitim materijalima sitom gustine 120 niti/cm

Na graficima 5-7 dat je primer izgleda krivih spektralne refleksije otisaka štampanih crnom bojom. Na njima su upoređene vrednosti spektralnih refleksija uzoraka odštampanih na različitim materijalima. Kod otisaka odštampanih sa sitom gustine tkanja 100 niti/cm, može se videti da se krive spektralne refleksije maltene poklapaju,

kod sva tri materijala i da dostižu pad sa povećanjem talasne dužine. Kod otisaka odštampanih sa sitom gustine tkanja 60 niti /cm, dolazi do malog odstupanja vrednosti spektralne krive kod uzoraka odštampanih na juviduru pvc mat 0,3 mm (crvena linija) i ona ima najveću vrednost. Vizuelno se može uočiti da oba grafika imaju približno iste vrednosti spektralne refleksije. Posmatranjem grafika 7, može se videti da se spektralne krive uzoraka štampanih na različitim materijalima sitom gustine tkanja 120 niti/cm znatno razlikuju. Vrednosti ovih spektralnih krivih znatno su niže u odnosu na prethodna dva grafika.

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazano istraživanje iz oblasti sito štampe na plastičnim materijalima. Prikazani rezultati ukazuju na to da se korišćenjem različitih gustina tkanja sita dobijaju varijacije u boji otisaka za istu primenjenu vrstu boje, kao osnovnog kvaliteta štampe. Poređenjem parametara boje otisaka dobijenih sitima veće gustine tkanja, sa parametrima boje otisaka uzoraka dobijenih štampom sitima manje gustine tkanja, utvrđeno je da sa povećanjem gustine tkanja sita raste i vrednost razlike boje,  $\Delta E$ . Ovi rezultati ukazuju na to da je veoma važno pri procesu štampe odabrati i odgovarajuću gustinu tkanja sita kako bi se dobio maksimalni kvalitet otiska. Odabir gustine tkanja sita isključivo treba da zavisi od vrste podloge na koju će se štampati. Posmatranjem međusobnih oblika spektralnih krivih za sve tri boje otisaka, uočeno je da su one veoma slične za sve posmatrane slučajeve, što ukazuje na ujednačenost tona primenjene štamparske boje. Dobijene vrednosti spektralnih refleksija pratile su pretpostavljeni trend i povezanost sa činjenicom da se gušćim tkanjem sita dobija manji nanos boje. Dalji tok istraživanja mogao bi da bude usmeren ka štampi različitim tipovima grafičkih boja, povećanju broja sita korišćenih pri štampi, kao i širem opsegu plastičnih materijala.

#### 5. LITERATURA

- [1] R. Adam, C. Robertson (2001) "Screen printing Paperback", W W Norton & Co Inc.
- [2] D. Novaković, N. Kašiković (2013) "Propusna štampa", Novi Sad, FTN izdavaštvo.
- [3] J. Piao, K. Suna, N. Zhang, S. Xub (2008.) "A study of process parameters of LSM and LSM-YSZ composite cathode films prepared by screen-printing", *Journal of Power Sources*, 175, 288–295,
- [4] Sitologika (2013.) Juviduri, dostupno na [http://www.sitologika.rs/index.php?option=com\\_content&view=article&id](http://www.sitologika.rs/index.php?option=com_content&view=article&id)
- [5] D. Novaković, Č. Pešterac (2004.) "Denzitometrija i kolorimetrija, Priručnik za vežbe", *GRID, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*.

#### Podaci za kontakt:

Msc Rajna Milović, rajnamilovic@yahoo.com

Dr Nemanja Kašiković, knemanja@uns.ac.rs

Rastko Milošević, rastko.m@uns.ac.rs

Grafičko inženjerstvo i dizajn, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

**UTICAJ TVRDOĆE TAMPONA NA KVALITET OTISKA****THE INFLUENCE OF THE PAD HARDNESS ON PRINT QUALITY**

Jasmina Bašić, Dragoljub Novaković, Nemanja Kašiković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U okviru rada predstavljena su istraživanja iz oblasti tampon štampe. Štampanje je vršeno na četiri različite podloge korišćenjem tri tampona koja imaju različiti oblik i tvrdoću. Istraživanja su zasnovana na merenju spektrofotometrijskih vrednosti otisaka na podlogama i analizi dobijenih rezultata na osnovu kojih je ustanovljena adekvatnost određenog tampona za određenu vrstu podloge.

**Ključne reči:** tampon štampa, tvrdoća tampona, razlika boje

**Abstract** – The research results in the field of pad printing technique are presented in this paper. Printing process was done on four different surfaces by using three pads which have a different shape and hardness. The research was based on the measurement of the spectrophotometric values of the prints on substrates and on analysis of the obtained results on the basis of which is determined the adequacy of a certain pad for a certain type of substrate.

**Key words:** pad printing, pad hardness, color difference

**1. UVOD**

Tampon štampa je tehnika štampe pomoću koje je moguće preneti 2-D sliku na 3-D objekat. To se postiže korišćenjem štamparske forme za duboku štampu pri čemu se slika prenosi sa štamparske forme pomoću tampona na površinu, odnosno predmet koji se štampa. Proces štampe teče tako što se tampon prisloni na štamparsku formu i pokupi boju iz udubljenja. Zatim se tampon prisloni na predmet koji se štampa i prenese boju na mesto koje treba da bude odštampano [1]. Motiv koji se štampa formira se na formi nagrizanjem ili ispiranjem sloja forme. Dubina graviranja iznosi od 0,018 do 0,025 mm što zavisi od tipa primene. Tampon preuzima sloj boje debljine 0,012 mm, pa veće dubine gravure nisu potrebne. Pošto boju u većem delu čini rastvarač, sloj koji se prenosi na podlogu ima debljinu oko 0,008 mm jer ostatak boje isparava tokom prenosa [2].

Zbog mogućnosti štampe na neravnim predmetima i svim vrstama materijala podloge (plastika, guma, metal, drvo, koža, keramika, staklo...) i mogućnosti štampanja malih detalja (ispod 2 mm), ova vrsta štampe našla je veoma široku primenu.

Pored mnogobrojnih prednosti koje se ogledaju uglavnom u velikom spektru podloga koje se mogu štampati, tampon štampa ima i ograničenja. Veličina motiva koji treba da se odštampa određena je dimenzijama štampar-

ske forme, tampona i mogućnostima štamparske mašine, a prečnik motiva koji se štampa uglavnom iznosi do 30 cm. Jako je retko da se može naći mašina na kojoj prečnik tampon prevazilazi 225 cm ili više [3].

Kvalitet krajnjeg otiska koji je nastao tehnikom tampon štampe zavisi od niza činioaca, a to su tampon, štamparska forma, štamparska boja, podloga za štampu, štamparske mašine i sistemi za štampu. Svi ovi faktori su usko povezani i svaki treba uzeti u obzir prilikom procesa štampe.

Tokom proteklih 40 godina, tampon štampa je prošla kroz period brzog razvoja. Došlo je do razvoja novih materijala i načina izrade štamparskih formi, savremenih automatizovanih mašina, velikog izbora boja, a bitan uticaj na brzi razvoj imala je upotreba novih materijala za izradu tampona.

Danas se na tržištu mogu naći tamponi različitog oblika, veličine i tvrdoće u cilju ispunjavanja velikog broja štamparskih zahteva. Tvrdoća tampona ima najvažniji uticaj na kvalitet odštampanog motiva. Tamponi mogu imati različite stepene tvrdoće, a raznovrsnost je neophodna kako bi korisnici mogli da biraju tampone u skladu sa predmetima i podlogama koje se štampaju. Tvrdoća tampona se određuje korišćenjem mernog uređaja koji se zove durometar, a rezultati se izražavaju u Shore A vrednostima. Tvrdoće tampona su uglavnom u rasponu od 2 do 18 Shore A. Međutim, mogu se koristiti specijalni stepeni tvrdoće od 0 do preko 40 Shore A. Tvrdoća koja se najviše koristi je oko 10 Shore A. Tvrdi tampon može dobro da reprodukuje otisak, i ima duži očekivani vek trajanja zahvaljujući svojoj fizičkoj stabilnosti. Tamponi manje tvrdoće se koriste u slučajevima kada je potrebno odštampati površine koje su krhke i lomljive i u slučajevima kada mašina nema jaku moć kompresije tampona [4].

Cilj istraživanja u ovom radu je utvrđivanje uticaja tvrdoća tampona na kvalitet otisaka na papiru, plastici, staklu i metalu.

**2. METOD IZVOĐENJA EKSPERIMENTA**

Eksperiment je započeo tako što se u programu Adobe Illustrator CS4 kreirala odgovarajuća test forma za otiskivanje na različite podloge. Kao test forma koristila su se četiri kvadratna polja punog tona dimenzija 1 x 1 cm.

Kada je priprema test forme završena, izrađuje se film pomoću kojeg se vrši oslikavanje štamparske forme. Koristi se fotopolimerna štamparska forma sa metalnom osnovom, zahvaljujući kojoj se štamparska forma može pričvrstiti na magnetni držač tampon mašine.

Osvetljavanje štamparske forme vrši se u dva koraka. Za osvetljavanje, razvijanje i sušenje štamparske forme koristi se uređaj "BASF nyloprint CW 22x33". Prvo

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragoljub Novaković, red.prof.**



osvetljavanje vrši se filmom koji nosi informaciju o slici, a drugo osvetljavanje sa filmom koji sadrži raster. Drugo osvetljavanje služi da bi se definisala dubina štampajućih elemenata. Nakon izrade štamparske forme vrši se štampanje pomoću jednobojne mašine za tampon štampu sa otvorenim sistemom za boju 1-1010 proizvođača "TSH print swiss" koja je prikazana na slici 1.



Slika 1. Jednobojna mašina za tampon štampu model 1-1010

U procesu štampe korišćena su tri tampona različitih oblika i tvrdoće koji su predstavljeni na slici 2. Čišćenje tampona između otiskivanja vrši se pomoću razređivača i adhezivne trake koja uklanja i najmanje čestice prašine. Prvo otiskivanje vrši se tamponom koji ima najveću tvrdoću 10 Shore A. Ovim tamponom otiskuju se sva četiri uzorka površina. Nakon toga postupak se ponavlja sa tamponima manje tvrdoće, tamponom tvrdoće 5 Shore A i tamponom tvrdoće 2 Shore A.



Slika 2. Tamponi korišćeni u procesu štampe:  
a) Tampon 1 (10 Shore A); b) Tampon 2 (5 Shore A);  
c) Tampon 3 (2 Shore A)

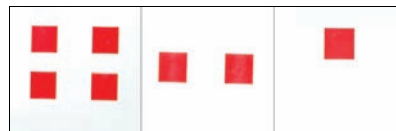
Boja koja je korišćena za štampu nosi oznaku Marabu TPR 932 Scarlet Red. Maraby TPR 932 je sjajna boja za tampon štampu koju karakteriše veoma visoka otpornost i brzo sušenje. Ova boja ima široku upotrebu, a zbog visokog stepena otpornosti može se koristiti za štampu proizvoda koji podležu velikom mehaničkom stresu i proizvoda koji su u čestom kontaktu sa rukama, pa su izloženi ljudskom znoju ili proizvoda koji su u kontaktu sa sredstvima za čišćenje.

Shodno tome ova boja se najčešće koristi za visokokvalitetnu štampu, npr. za štampu kontrolnih tipki na električnim uređajima, kućišta kamera i slično, ambalaže za hemijske i kozmetičke preparate i druge podloge koje zahtevaju visok stepen izdržljivosti [5]. Tokom procesa štampe, boji se dodaje razređivač TPV Marabu kako bi se sprečilo njeno zgušnjavanje.

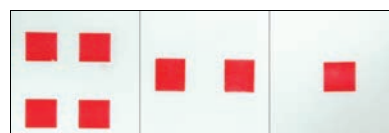
Kao podloge za štampu korišćene su četiri vrste materijala: papir (mat 230 g/m<sup>2</sup> kunstdruk karton), plastika (PP), staklo i metal.

Papir se najmanje koristi kao podloga u procesu tampon štampe, ali u svrhu istraživanja u ovom eksperimentu kao podloga je poslužio uzorak mat 230 g/m<sup>2</sup> kunstdruk kartona.

Kao druga vrsta podloge korišćene su ploče polipropilena (PP) koji ima široku primenu u proizvodnji cevi, laboratorijskog posuda, posuda za hranu, avionskoj industriji itd. Treća vrsta podloge je staklo, a četvrta metal. Plastika, staklo i metal su materijali od kojih se izrađuju predmeti koji se najčešće štampaju tehnikom tampon štampe. Na sledećim slikama prikazani su uzorci podloga koji su korišćeni u eksperimentu sa otiscima boja.



Slika 3. Uzorci kartona odštampani tamponom 1, tamponom 2 i tamponom 3



Slika 4. Uzorci plastike odštampani tamponom 1, tamponom 2 i tamponom 3



Slika 5. Uzorci stakla odštampani tamponom 1, tamponom 2 i tamponom 3



Slika 6. Uzorci metala odštampani tamponom 1, tamponom 2 i tamponom 3

U svrhu merenja odštampanih otisaka korišćen je merni uređaj Color Reader HP-200 koji je prikazan na slici 7. To je spektrofotometar koji se koristi za merenje, analizu i kontrolu boje. Merenje se vrši postavljanjem uređaja na uzorak koji se meri, a vrednosti se očitavaju na displeju samog uređaja. Color Reader HP-200 pokazuje L\*a\*b\* i L\*C\*h vrednosti i na osnovu toga moguće je lako definisati boju kao i odrediti razliku između dve boje.

Uz pomoć spektrofotometra HP 200 izvršilo se merenje otisaka dobijenih štampom crvene boje na uzorcima podloga korišćenih u eksperimentu, pomoću tri različita tampona.

Za svako polje otiska određene su L\*a\*b\* i L\*C\* h vrednosti i na osnovu dobijenih rezultata merenja određeno je koliko se razlikuje boja otiska na uzorcima u zavisnosti od korišćenog tampona.

Pomoću dobijenih L\*a\*b\* vrednosti izračunala se razlika boje korišćenjem formule za apsolutnu razliku boje:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

gde je  $\Delta L^*$  razlika u svetlini,  $\Delta a^*$  razlika na crveno/zelenoj osi i  $\Delta b^*$  na žuto/plavoj osi Lab prostora boja.

Ako je  $\Delta a^*$  vrednost pozitivna znači da je boja crvenija, a ako je negativna znači da je boja zelenija. Ako je  $\Delta b^*$  vrednost pozitivna boja je žuća i obratno, ako je negativna boja je plavija.

Tumačenje vrednosti  $\Delta E$  opisno je dato u tabeli 1 [6]:

Tabela 1.  $\Delta E$  vrednosti

$\Delta E$ između 0 i 1	razlika se ne može primetiti
$\Delta E$ između 0 i 1	veoma mala razlika
$\Delta E$ između 2 i 3,5	srednja razlika
$\Delta E$ između 3,5 i 5	krupna razlika
$\Delta E$ preko 5	masivna razlika



Slika 7. Color reader HP - 200

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 2. prikazane su  $L^*a^*b^*$  vrednosti otisaka odštampanih crvenom bojom na papiru, plastici, staklu i metalu korišćenjem tampona 1, tampona 2 i tampona 3.

Tabela 2.  $L^*a^*b^*$  vrednosti odštampanih otisaka

	Tampon1 (10 Sh)		Tampon2 (5 Sh)		Tampon3 (2 Sh)	
Papir	L*	48.68	L*	49.59	L*	51.62
	a*	73.60	a*	70.90	a*	67.45
	b*	17.02	b*	15.04	b*	13.39
Plastika	L*	47.68	L*	47.63	L*	49.44
	a*	68.83	a*	66.58	a*	65.90
	b*	14.46	b*	13.83	b*	12.46
Staklo	L*	37.51	L*	38.14	L*	39.08
	a*	38.40	a*	38.46	a*	37.57
	b*	7.76	b*	7.82	b*	4.82
Metal	L*	37.62	L*	37.64	L*	40.84
	a*	35.35	a*	35.62	a*	30.48
	b*	4.35	b*	5.07	b*	2.14

Poređenjem dobijenih  $L^*a^*b^*$  vrednosti otisaka crvene boje na papiru može se zaključiti da je boja otiska koji je nastao korišćenjem tampona 3 tj. tampona najmanje tvrdoće svetlija u odnosu na druga dva otiska, manje crvena i manje žuta.  $L^*a^*b^*$  vrednosti otisaka boje na plastici isto kao i prethodnom slučaju pokazuju da je boja svetlija, manje crvena i žuta u slučaju otiskivanja tamponom najmanje tvrdoće.

Kod otisaka boje na staklu i metalu može se primetiti da je boja otiska svetlija, manje crvena i manje žuta ako se ona nanosi na podlogu korišćenjem mekših tampona (u ovom slučaju korišćenjem tampona 3) koji ima najmanju tvrdoću u vrednosti 2 Shore A osim ako se porede otisci boja nastali korišćenjem tampona 1 i 2 gde je boja otiska crvenija i žuća ako se nanosi tamponom 2.

Primenom formule (1) dobijaju se vrednosti za ukupnu razliku boje između otisaka koji su dobijeni štampom pomoću tri različita tampona.

U sledećoj tabeli za svaki uzorak podloge prikazane su vrednosti ukupne razlike boje između otisaka napravljenih tamponom 1 i 2, tamponom 2 i 3 i tamponom 1 i 3.

Tabela 3. Vrednosti ukupne razlike boje između otisaka napravljenih različitim tamponima

	T1 i T2		T2 i T3		T1 i T3	
Papir	$\Delta E$	3.47	$\Delta E$	4.33	$\Delta E$	7.72
Plastika	$\Delta E$	2.30	$\Delta E$	2.40	$\Delta E$	3.90
Staklo	$\Delta E$	0.60	$\Delta E$	3.30	$\Delta E$	3.40
Metal	$\Delta E$	0.80	$\Delta E$	6.70	$\Delta E$	6.20

Ispitivanjem otisaka crvene boje na papiru i poređenjem dobijenih vrednosti ukupne razlike boja između otisaka koji su dobijeni različitim tamponima, dolazi se do zaključka da je najveća razlika u boji između otisaka koji su dobijeni tamponom 1 i 3, odnosno tamponom najveće i najmanje tvrdoće, a najmanja odstupanja se javljaju između otisaka dobijenih tamponima 1 i 2. Rezultat ukupne razlike boja između otisaka napravljenih tamponom 1 i 3 koji iznosi 7.72 ukazuje da je razlika u boji otisaka masivna. Rezultat ukupne razlike boja između otisaka napravljenih tamponom 1 i 2 koji iznosi 3.47 ukazuje da je razlika u boji otisaka srednja i može je primetiti neuvežbano oko, a rezultat ukupne razlike boja između otisaka napravljenih tamponom 2 i 3 koji iznosi 4.33 ukazuje da je razlika u boji otisaka krupna.

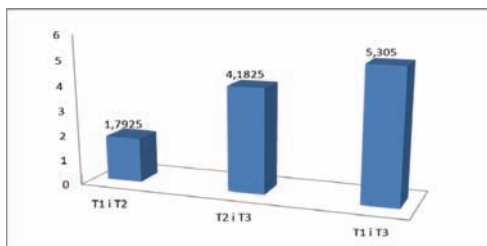
Ispitivanjem otisaka boje na plastici dolazi se do rezultata koji pokazuju da se najveća razlika boje javlja isto tako između otisaka koji su napravljeni tamponom najveće i najmanje tvrdoće, a vrednost ukupne razlike boje od 3.90 pokazuje da je razlika krupna. Najmanje odstupanje u boji se javlja između otisaka napravljenih tamponom 1 i 2 gde ukupna razlika boja iznosi 2.30 i ukazuje na srednju razliku. Vrednost ukupne razlike boje između otisaka napravljenih tamponima 2 i 3 od 2.40 isto tako pokazuje srednju razliku koju.

Na uzorcima podloga od stakla zapaža se isto tako da se najveća razlika u boji javlja između otisaka koji su dobijeni tamponom najveće i najmanje tvrdoće, a  $\Delta E$  vrednost od 3.40 ukazuje na srednju razliku.  $\Delta E$  vrednost od 3.30 između otisaka napravljenih tamponom 2 i 3 isto ukazuje da je razlika boja srednja, dok  $\Delta E$  vrednost od 0.60 između otisaka napravljenih tamponom 1 i 2 ukazuje na malu razliku koja se teško može primetiti.

U slučaju metalnih podloga otisci koji su nastali otiskivanjem tamponom 2 i tamponom 3, tj. tamponom srednje i najmanje tvrdoće pokazuju najveću razliku u boji koja iznosi 6.70 što znači da je razlika masivna kao i kod razlike boje između otisaka napravljenih tamponom 1 i 3 gde  $\Delta E$  iznosi 6.20. Veoma mala  $\Delta E$  vrednost od 0.80 koja se javlja između otisaka napravljenih tamponom 1 i 2 ukazuje da se razlika boje u ovom slučaju ne može primetiti i tu su odstupanja u boji zanemarljiva.

Na slici 8. prikazan je grafikon na kome se mogu videti srednje vrednosti ukupne razlike boje  $\Delta E$  za sve četiri vrste podloga između otisaka napravljenih tamponom 1 i 2, tamponom 2 i 3 i tamponom 1 i 3. Ukupna razlika boje za sve vrste podloga koja se javlja između otisaka napravljenih tamponom 1 i 3 u vrednosti od 5.30 pokazuje da se između ovih otisaka javljaju najveća odstupanja i da su razlike u boji masivne. Otisci boja koji su nastali pomoću tampona 2 i 3 isto tako se dosta razlikuju i srednja  $\Delta E$  vrednost od 4.18 pokazuje da su razlike boja između njih krupne. Veoma male razlike u boji za sve vrste podloga mogu se primetiti između otisaka koji su

nastali korišćenjem tampona 1 i 2 jer srednja  $\Delta E$  vrednost iznosi 1.79.



Slika 8. Grafikon srednjih vrednosti ukupne razlike boje  $\Delta E$  za sve četiri vrste podloga između otisaka napravljenih tamponom 1 i 2, tamponom 2 i 3 i tamponom 1 i 3

Spektrofotometrijskim merenjem odštampanih otisaka boja dobijene su i  $L^*C^*h^*$  vrednosti na osnovu kojih se mogu ustanoviti karakteristike boje otiska kao što su svetlina, zasićenje i ton. U tabeli 4. prikazane su izmerene  $L^*C^*h^*$  vrednosti.

Tabela 4.  $L^*C^*h^*$  vrednosti odštampanih otisaka

	Tampon1 (10 Sh)		Tampon2 (5 Sh)		Tampon3 (2 Sh)	
Papir	L*	48.68	L*	49.59	L*	51.62
	C*	75.54	C*	72.48	C*	68.77
	h	13.02	h	11.97	h	11.22
Plastika	L*	47.68	L*	47.63	L*	49.44
	C*	70.33	C*	68.00	C*	67.07
	h	11.86	h	11.73	h	10.71
Staklo	L*	37.51	L*	38.14	L*	39.08
	C*	39.18	C*	39.25	C*	37.87
	h	11.42	h	11.49	h	7.31
Metal	L*	37.62	L*	37.64	L*	40.84
	C*	35.61	C*	35.97	C*	30.55
	h	7.01	h	8.10	h	4.02

Merenjem ovih vrednosti na papiru dolazi se do zaključaka da tampon 3 koji ima najmanju tvrdoću daje najsvetliji otisak, a najtamniji i najzasićeniji otisak nastaje otiskivanjem tamponom najveće tvrdoće. Poređenjem dobijenih vrednosti za nijansu i ton boje pokazalo se da najveću vrednost ima boja na otisku koji je nastao otiskivanjem tamponom najveće tvrdoće. Poređenjem otisaka boje na plastici dolazi se do istih zaključaka, tampon najmanje tvrdoće daje najsvetliji i najnezasićeniji otisak koji ima najmanju tonsku vrednost za razliku od tampona najveće tvrdoće.  $L^*C^*h^*$  vrednosti otisaka na staklu isto tako pokazuju da tampon najmanje tvrdoće daje najsvetliji i najnezasićeniji otisak, dok tampon 2 daje najzasićeniji otisak, a što se tiče tona i nijanse boje tamponi 1 i 2 daju otiske približno istog tona. Isti zaključci se dobijaju poređenjem  $L^*C^*h^*$  vrednosti otisaka boje na metalu.

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu prethodnih rezultata dolazi se do zaključka da se karakteristike boje menjaju u zavisnosti od karakteristika tampona. Ispitivanjem otisaka na svim podlogama dolazi se do zaključka da se boje otisaka masivno razlikuju kada se koriste tamponi 1 i 3 tj. tampon najveće i najmanje tvrdoće, a ako se koriste tamponi 1 i 2

razlike boja su veoma male. Najveće odstupanje u boji otiska primećuje se na uzorcima mat 230g/m<sup>2</sup> kunstdruk kartona gde se između otisaka nastalih korišćenjem tampona 1 i 3 javlja ukupna razlika boje u iznosu od 7.72. Posmatranjem izmerenih  $a^*$  i  $b^*$  vrednosti otisaka crvene boje zaključuje se da je otisak manje crven i manje žut ako se koristi tampon 3 koji ima najmanju tvrdoću 2 Shore A dok su otisci nastali korišćenjem tampona 1 koji ima tvrdoću 10 Shore A znatnije crveniji i žući. I u ovom slučaju najveće odstupanje po  $a^*$  i  $b^*$  osi javlja se na mat 230g/m<sup>2</sup> kunstdruk kartonu između otisaka koji su nastali korišćenjem tampon 1 i 3. Posmatranjem izmerenih  $L^*C^*h^*$  vrednosti generalno se može zaključiti da su boje otisaka na svim podlogama svetlije, manje zasićene i slabijeg tona kada se otiskivanje vrši tamponom 3 koji ima najmanju tvrdoću i da bi se dobili otisci koji su tamniji, zasićeniji i izraženijeg tona potrebno je koristiti tampon 1 koji ima tvrdoću 10 Shore A.

Ovi rezultati ukazuju na to da je veoma važno pri procesu štampe odabrati tampon odgovarajuće tvrdoće da bi se dobio kvalitetan otisak, a to isključivo zavisi od vrste podloge koja se štampa.

U okviru daljih istraživanja, moguće je vršiti spektrofotometrijska merenja boje otisaka na podlogama nakon što se one podvrgnu predtretmanima nakon čega bi se utvrdilo kako se menjaju osobine boje otisaka u zavisnosti od korišćenih predtretmana. Osim toga dalja istraživanja mogu biti usmerena na štampu različitim grafičkim bojama kako bi se utvrdila zavisnost kvaliteta otiska od korišćenih boja.

#### 5. LITERATURA

- [1] H. Kipphan, „Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods”, Springer, Berlin, 2001
- [2] Microprint (2012) The pad printing book [Online] Dostupno na: <http://www.microprint.ch/pdf/The-pad-printing-book.pdf> [Pristupljeno 08.10.2013.]
- [3] Centropapir (2008) Naučite osnovno o tampon štampi [Online] Dostupno na: [http://www.centropapir.rs/CP\\_PLUS\\_novi\\_kurs\\_o\\_tampon\\_stampi\\_2010.pdf](http://www.centropapir.rs/CP_PLUS_novi_kurs_o_tampon_stampi_2010.pdf) [Pristupljeno 16.10.2010.]
- [4] Kiddell P. (2003) Understanding the pad in pad printing. [Online] Dostupno na: <http://www.comecfrance.com/articoli/7.pdf> [Pristupljeno 20.11. 2013]
- [5] Impression Technology USA, LLC (2013) Marabu TPR 932 Scarlet Red. [Online] Dostupno na: <http://impressiontechnologyusa.com/marabu-tp-932-scarlet-red> [Pristupljeno 16.05.2013.]
- [6] D. Novaković, Ž. Pavlović, I. Karlović, Č. Pešterac, „Reprodukciona tehnika – priručnik za vežbe“, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2008

#### Podaci za kontakt:

MSc Jasmina Bašić [jasminabasic85@hotmail.com](mailto:jasminabasic85@hotmail.com)

Dr Dragoljub Novaković [novakd@uns.ac.rs](mailto:novakd@uns.ac.rs)

Dr Nemanja Kašiković [knemanja@uns.ac.rs](mailto:knemanja@uns.ac.rs)

Grafičko inženjerstvo i dizajn, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

**ISTRAŽIVANJE UTICAJA STAROSNE DOBI KORISNIKA NA PREFERENCIJU  
VELIČINE GRAFIČKIH SIMBOLA NA PROIZVODU****RESEARCH THE INFLUENCE OF USER AGE ON PREFERENCE OF GRAPHIC  
SYMBOLS SIZE ON THE PRODUCT**Tamara Tomin, Gojko Vladić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U radu su prikazani rezultati istraživanja uticaja starosne dobi korisnika na preferenciju veličine grafičkih simbola na monitoru PC računara. Ispitanici su podeljeni u dve starosne grupe: mlađi (od 15 do 35 godina) i stariji (od 35 do 55 godina). Sprovedeno je istraživanje u vidu ankete u okviru koje su ispitanici dali ocenu preferencije veličine grafičkih simbola. Izvršena je statistička obrada dobijenih rezultata. Rezultati istraživanja ukazuju na postojanje statistički značajnih razlika u preferenciji veličine grafičkih simbola unutar obe starosne grupe s jasno izraženom naklonošću ka srednjim veličinama u odnosu na ekstremno male i velike grafičke simbole

**Abstract** – This paper presents the research of the influence of user age on the preference of graphic symbols size on the PC monitor. Participants were divided in two age groups: younger (15 to 35 years) and older (35 to 55 years). Research was conducted in the form of surveys within respondents rate their preference of graphic symbols size. Statistical analysis of the results was done. The results indicate a statistically significant difference in the preferences of graphical symbols size within both age groups with clearly expressed preference towards medium size compared to the extremely small and extremely large graphic symbols.

**Ključne reči:** veličina, preferencija korisnika, starosna dob, grafički simboli

**1. UVOD**

Industrijski dizajn bavi se kombinovanjem primenjene umetnosti i nauke u cilju davanja nove vrednosti proizvodu u pogledu funkcionalnosti, estetske ergonomije, itd. Dizajn proizvoda, pored funkcionalnosti kao primarnog zahteva, podrazumeva i oblikovanje spoljašnjeg izgleda proizvoda u cilju povećanja estetske vrednosti. Doživljava se primarno čulom vida, a jednim delom i čulom dodira, putem oblika, teksture, boje i grafičkih simbola koji se nalaze na proizvodu. Prilikom industrijskog dizajna proizvoda, pored prethodno navedenih kriterijuma moraju se zadovoljiti i lični zahtevi korisnika [1].

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Siniša Kuzmanović, red.prof.

U lične zahteve spadaju svi oni zahtevi koji se obavezno moraju poštovati ako kupac to zahteva jer od toga zavisi da li će se on opredeliti za kupovinu tog proizvoda [2]. U lične zahteve spadaju ukus, stil i moda, stečene navike, prestiž, komfor, pol, starosna doba, zanimanje, bračno stanje, telesna visina i masa, invalidnost, lateralizacija, kulturni obrasci i drugi specifični zahtevi. Definisani lični zahtevi pomažu dizajneru kod projektovanja proizvoda, pri čemu istraživanja tržišta imaju ključnu ulogu [1]. Jedan od važnijih ličnih zahteva jeste i starosna dob korisnika koja ima značajan uticaj na dizajn proizvoda.

Različite generacije potrošača imaju različite potrebe. Uzimajući u obzir starosnu dob korisnika posebna pažnja mora se obratiti na dizajn veličine, boje, oblika određenih detalja. Kod starijih osoba, prosečno posle 40-te godina života osobe, dolazi do opadanja psiho fizičkih sposobnosti, a među njima čula sluha i čula vida. Imajući to u vidu potrebno je da grafički elementi na proizvodima namenjeni toj populaciji budu prilagođeni. Veličina simbola i slova mora biti prilagođena [3].

Identifikacija i prepoznavanje zahteva kupaca u odnosu na proizvode, iziskuje detaljnije analize i istraživanja podataka. Dizajnerski timovi koriste sve tehnike prilikom fokusiranja na određene grupe korisnika kako bi ispitali određene potrebe i zahteve pojedinaca za određeni proizvod. Uključivanje podataka dobijenih direktno od strane korisnika, istraživanje njihovih preferencija i sl. pomažu dizajneru u procesu prilagođavanja proizvoda ličnim zahtevima.

**1.1. Grafički simboli**

Ukoliko na proizvodu postoje grafički simboli, natpisi, piktogrami ili ilustracije, oni treba da budu lako uočljivi i dovoljne veličine, kako bi ih starije osobe mogle uočiti i tumačiti. Grafička sredstva informisanja imaju izuzetno veliki uticaj na funkcionalnost i estetiku proizvoda, pa ih zbog toga veliki broj proizvođača rado koristi pri dizajnu [4]. Grafički simboli prikazani na slici 1 se, po pravilu, postavljaju na vidno mesto kako bi ih korisnici što lakše uočili. Grafičkim sredstvima informisanja danas se posvećuje velika pažnja jer oni, svojim oblikom i bojom, značajno utiču na kvalitet dizajna proizvoda (slika 1.) [5].



Slika 1. Prikaz grafičkih simbola na monitoru



## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja prikazanog u ovom radu je utvrđivanje razlika u preferenciji različitih veličina grafičkih simbola unutar starosnih grupa kao i utvrđivanje da li postoje razlike u preferenciji veličine grafičkih simbola između različitih starosnih grupa. Dobijenim rezultatima se mogu odrediti smernice za proces dizajna proizvoda tj. izbor adekvatne veličine grafičkih simbola na monitoru PC računara i sličnim proizvodima.

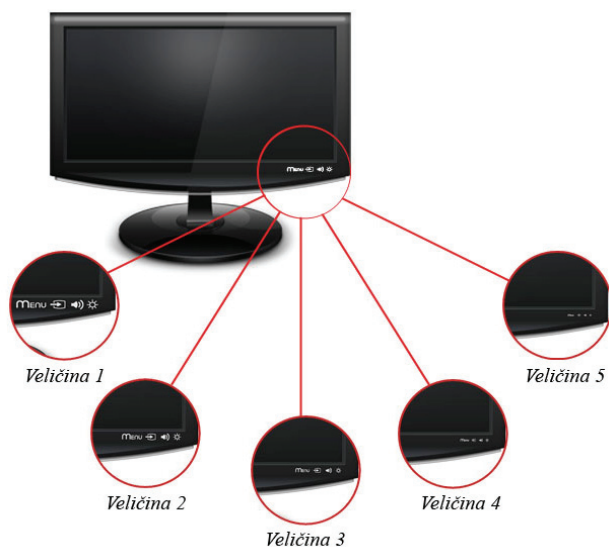
## 3. METOD

U eksperimentu je učestvovalo sto ispitanika iz dve starosne grupe. Starosna grupa koja pripada mlađoj populaciji od 15 do 35 godina (53 ispitanika) i druga starosna grupa koja pripada starijoj populaciji od 35 do 55 godina (47 ispitanika).

### 3.1. Stimulus

Za potrebe izbora boje i pozicije grafičkih simbola primenjenih na stimulse korišćene u eksperimentu izvršeno je preliminarno istraživanje. Utvrđeno je da obe starosne grupe preferiraju belu boju i donji desni ugao kao poziciju grafičkih simbola.

Ispitanicima je predstavljeno pet potpuno istih PC monitora s varijacijom veličine primenjenih grafičkih simbola. Na ovaj način je izbegnuta mogućnost da na odgovore ispitanika utiče bilo koji drugi faktor osim same veličine grafičkih simbola. Stimulusi prikazani na slici 2 su poređani od najvećih grafičkih simbola do najmanjih.



Slika 2. Prikaz stimulusa sa primenjenim grafičkim simbolima od najvećeg do najmanjeg

### 3.2. Instrument i procedura

Anketa je izvedena putem interneta. Ispitanici su zamoljeni da daju ocenu svoje preferencije veličine grafičkih simbola. Imali su mogućnost da ocene pojedinačne varijacije veličine grafičkih simbola na unipolarnoj skali od 1 do 5. Gde ocena 1 predstavlja

najnižu ocenu preferencije, a ocena 5 označava najvišu ocenu preferencije veličine grafičkih simbola. Vreme predviđeno za davanje ocena nije ograničeno. Ispitanici su dobili instrukcije da se međusobno ne konsultuju i ne koriste strategije prilikom davanja ocena.

## 4. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Ocene ispitanika prikupljene organizovane su u matrice pogodne za statističku obradu. Sprovedena je analiza varijanse ANOVA sa ponovljenim merenjima kako bi se utvrdilo postojanje statistički značajnih razlika ocena preferencije veličine grafičkih simbola unutar svake starosne grupe.

Izvršen je T-test kako bi se utvrdilo da li postoje statistički značajne razlike ocena preferencije različitih veličina grafičkih simbola između različitih starosnih grupa.

Srednje vrednosti ocena preferencije grupe korisnika za pojedinačne veličine grafičkih simbola predstavljena je u tabeli 1.

Tabeli 1. Prikaz srednjih vrednosti ocena preferencije mlađe populacije

Veličine gr. simbola	Srednja vrednost
Veličina 1	1.4151
Veličina 2	3.1509
Veličina 3	3.7736
Veličina 4	2.7547
Veličina 5	1.7736

Srednje vrednosti ocena preferencije starije grupe korisnika za pojedinačne veličine grafičkih simbola predstavljena je u tabeli 2.

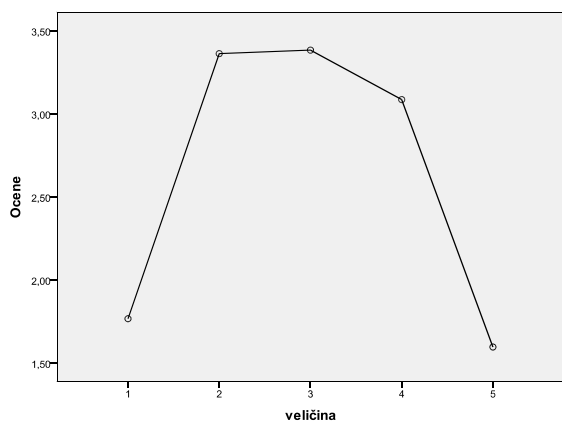
Tabeli 2. Prikaz srednjih vrednosti ocena preferencije starije populacije

Veličine gr. simbola	Srednja vrednost
Veličina 1	1.7660
Veličina 2	3.13617
Veličina 3	3.3830
Veličina 4	3.0851
Veličina 5	1.5957

Rezultati ANOVA analize ukazuju na postojanje statistički značajnih razlika u ocenama preferencije veličine grafičkih simbola unutar starosnih grupa. Analiza

varijanse za nivo pouzdanosti  $p < 0.05$  pokazala je statistički značajne razlike kod mlađe populacije u ocenama preferencije veličine grafičkih simbola za  $F(2,110) = 42.368$ ,  $p = 0.000$ ,  $\eta_p^2 = 0.449$ .

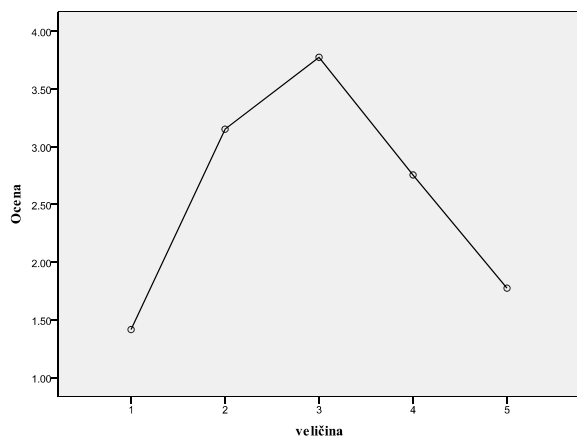
Post Hoc testovi pokazuje razlike u oceni preferencije veličine simbola između veličine 1 i veličine 3 ( $p = .000$ ) kao i između veličine 3 i veličine 5 ( $p = .000$ ), između veličina 1 i 2 ( $p = .000$ ) kao i između veličina 1 i 4 ( $p = .000$ ). Veličina 2 i 3 ( $p = .001$ ) i veličine 3 i 4 ( $p = .000$ ), dok je  $p > 0.05$  za veličine 1 i 5 i veličine 2 i 4. Slika 3. prikazuje odnos srednjih vrednosti ocena preferencije veličina grafičkih simbola kod mlađe starosne grupe.



Slika 3. Prikaz srednje vrednosti ocena veličina grafičkih simbola kod mlađe populacije

Analiza varijanse pokazala je statistički značajne razlike za ocene preferencije veličine simbola kod starije populacije za nivo  $p < 0.05$ ,  $F(2, 102) = 24.669$   $p = 0.000$ ,  $\eta_p^2 = 0.349$ .

Post Hoc testovi pokazuje statistički značajne razlike u oceni preferencije veličine simbola između veličine 3 i 5 ( $p = .000$ ) kao i između 1 i 3 ( $p = .000$ ). Statistički značajne razlike su uočene i između veličina 1 i 2 ( $p = .000$ ) kao i između veličina 1 i 4 ( $p = .000$ ), veličina 2 i 5 ( $p = .000$ ) i veličine 4 i 5 ( $p = .000$ ). Veličine 1 i 5, 2 i 3, 2 i 4 kao i veličine 3 i 4 nisu uočene statistički značajne razlike za nivo  $p < 0.05$ . slika 4. prikazuje odnos srednjih vrednosti ocena preferencije veličine simbola starije grupe korisnika.



Slika 4. Prikaz srednje vrednosti ocena veličina grafičkih simbola kod starije populacije

Rezultati ukazuju da postoje razlike u ocenama preferencije veličine grafičkih simbola između najvećih i srednjih kao i između srednjih i najmanjih simbola. Najveće ocene je dobila srednja veličina grafičkih simbola. Ocene mlađe populacije se ne razlikuju značajno od starijih, ali se mogu uočiti manje razlike u ocenama srednjih veličina u slučaju starije starosne grupe.

T-testom je utvrđeno da li postoje statistički značajne razlike u ocenama preferencije veličine simbola mlađe i starije starosne grupe za pojedinačne veličine. Utvrđeno je da u slučaju veličine 5 (najmanji simbol) veće ocene je dala mlađa starosna grupa ( $M = 1.788$ ,  $SD = .893$ ) u odnosu na stariju ( $M = 1.354$ ,  $SD = .483$ ). Ova razlika ocena je statistički značajna  $t = -2.989$ , ( $p = 0.000$ ).

Kada je u pitanju veličina 1 (najveći simbol), veće ocene je dala starija grupa korisnika ( $M = 1.7660$ ,  $SD = .914$ ) u odnosu na mlađu ( $M = 1.415$ ,  $SD = .497$ ) i ova razlika u ocenama preferencije veličine simbola je statistički značajna  $t = 2.41$ , ( $p = 0.004$ ).

Kada su veličine 2, 3 i 4 u pitanju, analizom je utvrđeno da ne postoje statistički značajne razlike za nivo  $p < 0.05$ . Može se uočiti da mlađa starosna grupa korisnika kao i starija ne preferira izuzetno male grafičke simbole, ali mlađi lakše podnose manju i diskretniju veličinu grafičkih simbola. Starija grupa korisnika lakše podnosi veće grafičke simbole, iako obe grupe preferiraju srednje veličine grafičkih simbola.

#### 4.1. Predlog veličine

S obzirom da i mlađa i starija starosna grupa korisnika preferira srednju veličinu grafičkih simbola, ta veličina se može usvojiti kao široko prihvaćeno rešenje. Uzimajući u obzir rezultate istraživanja, kao i moguće boje monitora (crna, bela, siva i crvena), može se doći do sledećih rešenja proizvoda koji su prikazan na slici 5, 6, 7 i 8.



Slika 5. Predlog univerzalno prihvatljivog rešenja veličine grafičkih simbola na crnom PC monitoru



Slika 6. Predlog univerzalno prihvatljivog rešenja veličine grafičkih simbola na belom PC monitoru



Slika 7. Predlog univerzalno prihvatljivog rešenja veličine grafičkih simbola na sivom PC monitoru



Slika 8. Predlog univerzalno prihvatljivog rešenja veličine grafičkih simbola na crvenom PC monitoru

## 5. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja ukazuju na statistički značajne razlike ocena preferencije veličine grafičkih simbola između ekstremno malih i velikih u odnosu na srednje veličine grafičkih simbola. Obe starosne grupe korisnika su naklonjene srednjim veličinama grafičkih simbola. Pored toga se mogu uočiti i izvesne razlike u ocenama preferencije veličine grafičkih simbola između starosnih grupa, s trendom boljih ocena manjih simbola od strane mlađih korisnika, dok stariji korisnici daju više ocene većim simbolima. Rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti kao preporuka pri dizajniranju proizvoda optimizovanih za određene starosne grupe ili pri dizajniranju proizvoda namenjenih prosečnom korisniku.

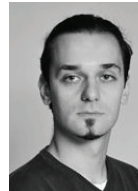
## 6. LITERATURA

- [1] Joseph A. Birt, Michael Snyder, „*Human factors design guide*“, System Resources Corporation (SRC) 1996.
- [2] Kuzmanović Siniša, „*Industrijski dizajn*“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2008.
- [3] Arthur D. Fisk, Wendy A. Rogers, Neil Charness, Sara J. Czaja and Joseph Sharit, „*Designing for older adults*“, 2005.
- [4] Donald A. Norman, „*Emotional design*“, 2005.
- [5] Hendrik N.J.Schifferstain, Paul Henkert, „*Product experience*“, 2008.

### Kratka biografija:



**Tamara Tomin** rođena u Novom Sadu, 1988 godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičko inženjerstvo i dizaj odbranila je 2014.god.  
email: [tomin2@gmail.com](mailto:tomin2@gmail.com)



**dr Gojko Vladić**  
email: [vladicg@uns.ac.rs](mailto:vladicg@uns.ac.rs)

**ISPITIVANJE TAČNOSTI 3D SKENIRANJA NA OSNOVU FOTOGRAFIJA PRIMENOM CAD INSPEKCIJE****INVESTIGATION OF ACCURACY OF CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY BY CAD INSPECTION**Dušan Bukvić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – Jedan od često korišćenih postupaka za dobijanje ulaznih informacija u 3D štampi jeste postupak 3D skeniranja fizičkih objekata. 3D skeniranje na osnovu fotografija predstavlja ekonomičnu alternativu primeni skupih 3D skenera, ali osnovni problem predstavlja tačnost ove metode. U radu su, na primeru mernog predmeta malih dimenzija, ispitane mogućnosti ovog metoda za skeniranje u pogledu tačnosti i preciznosti. U procesu merenja je korišćena CAD inspekcija, dok su merni rezultati obrađeni statističkom analizom.

**Ključne reči:** 3D štampa, FDM, fotogrametrija, CAD inspekcija, accuracy.

**Abstract** – 3D scanning of physical objects is one of the frequently used methods for generating input data for 3D printing process. Close-range photogrammetry represents a cost-efficient alternative to conventional 3D scanning. However, one of the basic problems in application of this method is accuracy. In this work, a small 3D-printed measuring object was used to test the accuracy and precision of close-range photogrammetry. CAD Inspection was used to obtain measurements of the scanned model, while the results were statistically analyzed.

**1. UVOD**

Iako je najčešće korišćeno, CAD modeliranje nije jedini način za dobijanje ulaznih informacija u procesu 3D štampe [1]. 3D skeniranje se takođe često koristi za generisanje digitalnih modela na osnovu već postojećih fizičkih modela, a u poslednje vreme je sve rašireniji postupak za generisanje 3D modela na osnovu fotografija. U literaturi i na Internetu, ovaj postupak se može sresti pod nekoliko različitih naziva, od kojih se načešće koriste sledeći: 3D skeniranje na bazi fotografija (*Photo-based 3D scanning*), struktura na osnovu kretanja (*Structure-from-Motion /SfM/*) i fotogrametrija sa bliskih rastojanja (*Close-Range Photogrammetry*) [2].

Zahvaljujući svojoj popularnosti, 3D skeniranje na bazi fotografija ima široku primenu u nizu oblasti, kao što su arhiviranje arheoloških nalaza, generisanje 3D modela terena, generisanje 3D modela arhitektonskih objekata i spomenika kulture, kao i kreiranje 3D modela delova ljudske anatomije.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je prof. dr Ognjen Lužanin.

3D skeniranje na bazi fotografija predstavlja interesantnu temu za istraživanje, pre svega po pitanju geometrijske tačnosti koju omogućava.

Nije sporno da geometrijska tačnost ovako dobijenih 3D digitalnih modela mora zaostajati za profesionalnim 3D skenerima, ali je sa druge strane interesantno sagledati u kojoj meri su izražena takva odstupanja, kao i da li se ovaj postupak može efikasno koristiti u onim slučajevima koji su manje zahtevni sa stanovišta geometrijske tačnosti.

**2. 3D SKENIRANJE NA OSNOVU FOTOGRAFIJA**

Američko udruženje za fotogrametriju i daljinsku primenu senzora (*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing /ASPRS/*) definiše fotogrametriju kao veštinu, nauku i tehnologiju za dobijanje pouzdanih informacija o fizičkim objektima i prirodnoj okolini, što se odvija kroz beleženje, merenje i interpretaciju fotografskih snimaka, kao i snimaka elektromagnetskog zračenja i drugih fenomena [2]. Fotogrametrija primenjuje metode iz različitih disciplina, uključujući optiku i projekktivnu geometriju.

**2.1 Osnovni principi fotogrametrije**

Osnovni princip korišćenja kamere za merenje dat je na *Slici 1*. Umesto kompleksne slike, uprošćeni model uzima u razmatranje samo jednu tačku koju beleži kamera. Iz te tačke moguće je povući pravu kao svetlosni zrak koji prolazi kroz središte sočiva kamere i konačno pada na ravan slike. Takođe, umesto snopa zrakova koji prolaze kroz sočivo i padaju na ravan slike, uprošćena šema koristi samo jedan zrak, koji se iz tog razloga naziva još i glavni zrak (*chief ray*). Opisani princip se, za potrebe teoretskog razmatranja, može posmatrati i obrnutim redom, tako da glavni zrak polazi iz ravni slike, prolazi kroz centar sočiva i pogađa predmet koji želimo da izmerimo (*Sl. 1*).



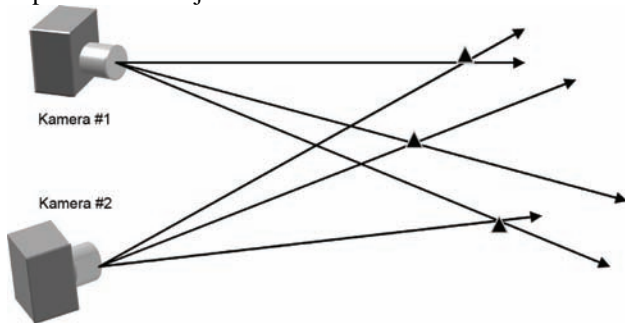
Slika 1. Korišćenje kamere koja određuje pravac u prostoru [3]

Ukoliko su poznati položaj i orijentacija kamere, moguće je utvrditi isto i za glavni zrak. Na osnovu toga, ukoliko



se načine dve slike istog objekta sa dve različite lokacije, takođe je moguće rekonstruisati i dva glavna zraka. Tačka iz koje ova dva zraka polaze, može biti izračunata kao njihova presečna tačka.

Po istoj analogiji, ovaj postupak zaključivanja može biti ponovljen i za druge tačke na objektu, kao na Slici 2. Na osnovu dovoljnog broja tačaka moguće je oformiti kompletan model objekta. Iz tog razloga je neophodno napraviti veći broj snimaka.



Slika 2. Korišćenje više glavnih zraka za određivanje nekoliko tačaka na objektu [3]

## 2.2 Matematički model

Za sva posmatranja u okviru fotogrametrijskog modela koristi se Dekartov pravougli sistem. Ishodište ovog koordinatnog sistema smešteno je u centar sočiva kamere, koji ujedno predstavlja i centar perspektive slike. Osa z se poklapa sa osom sočiva, pri čemu je pozitivan smer od sočiva ka ravni slike.

Tačka preseka ose sočiva i ravni slike naziva se glavna tačka slike (*principal point*) [1].

U cilju uspostavljanja relacije između koordinatnih sistema objekta i njegove slike, trenutna pozicija sočiva (koja je ujedno i ishodište k.s.) kamere i, ima koordinate  $X_i, Y_i, Z_i$  u koordinatnom sistemu  $X, Y, Z$ . Takođe, imajući u vidu da ose koordinatnog sistema slike u opštem slučaju ne moraju biti paralelne osama koordinatnog sistema objekta, njihov međusobni odnos definiše se uglovima rotacija za odgovarajuće ose.

S tim u vezi, uglovi rotacije koordinatnog sistema slike ( $x_i, y_i, z_i$ ) u odnosu na koordinatni sistem objekta ( $X, Y, Z$ ) označavaju se sa  $\omega_i, \phi_i, \chi_i$ , a potrebne transformacije omogućava ortogonalna matrica rotacije,  $R(1)$  [3]:

$$R = \begin{bmatrix} \cos\phi\cos\chi & \sin\phi\sin\phi\cos\chi + \cos\phi\sin\chi & -\cos\phi\sin\phi\cos\chi + \sin\phi\sin\chi \\ -\cos\phi\sin\chi & -\sin\phi\sin\phi\sin\chi + \cos\phi\cos\chi & \cos\phi\sin\phi\cos\chi + \sin\phi\cos\chi \\ \sin\phi & -\sin\phi\cos\phi & \cos\phi\cos\phi \end{bmatrix} \quad (1)$$

pri čemu  $\omega, \phi, \chi$  predstavljaju sekvencijalne rotacije kojima se primarne ose  $x', y'$  i  $z'$ , transformišu u sekundarne ose,  $x, y$  i  $z$  (Sl. 3).

Putanja glavnog zraka može biti rezimirana na sledeći način (Sl. 3): zrak ističe iz tačke  $a$ , čije su koordinate  $(x_a, y_a)$  izmerene na slici i, putuje bez skretanja kroz centar sočiva kamere sa koordinatama  $(X_{oi}, Y_{oi}, Z_{oi})$ , i susreće se sa objektom u tački  $A$ , čije su koordinate  $(X_A, Y_A, Z_A)$ . Zbog uslova kolinearnosti, međusobni odnosi ovih elemenata - koordinata tačaka koje pripadaju slici, koordinata sočiva, kao i izmerenih koordinata na slikama - mogu se izraziti analitički, primenom jednačine prave u prostoru. Na taj način se dolazi do dve jednačine, koje predstavljaju glavni zrak (2,3)[3]:

$$x_a = f_i \frac{r_{11i}(X_A - X_{oi}) + r_{12i}(Y_A - Y_{oi}) + r_{13i}(Z_A - Z_{oi})}{r_{31i}(X_A - X_{oi}) + r_{32i}(Y_A - Y_{oi}) + r_{33i}(Z_A - Z_{oi})} \quad (2)$$

$$y_a = f_i \frac{r_{21i}(X_A - X_{oi}) + r_{22i}(Y_A - Y_{oi}) + r_{23i}(Z_A - Z_{oi})}{r_{31i}(X_A - X_{oi}) + r_{32i}(Y_A - Y_{oi}) + r_{33i}(Z_A - Z_{oi})} \quad (3)$$

gde su:

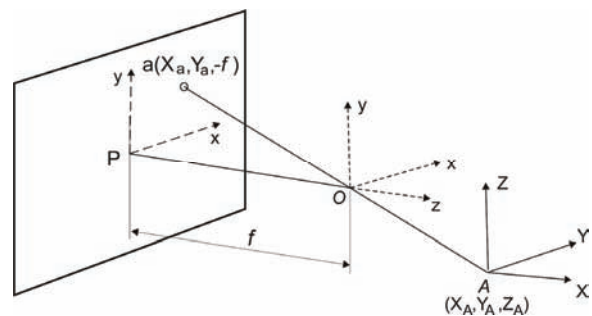
$x_a, y_a$  - koordinate tačke na snimku

$f$  - žižna daljina

$r_{ij}$  - elementi matrice rotacije,  $R(1)$ .

$X_A, Y_A, Z_A$  - 3D koordinate tačke u k.s. objekta

$X_{oi}, Y_{oi}, Z_{oi}$  - 3D koordinate centra perspektive kamere u k.s. objekta



Slika 3. Šema perspektivne projekcije na kojoj se uočava kolinearnost centra perspektive (O), tačke na slici (a) i tačke na objektu (A) [2]

## 3. EKSPERIMENT 3D SKENIRANJA NA OSNOVU FOTOGRAFIJA

### 3.1 Izrada mernog predmeta na 3D štampaču

Fizički model koji je u nastavku eksperimenta bio korišćen kao merni predmet, odštampan je na 3D štampaču Makerbot Replicator 2, na osnovu master modela u STP (STEP) formatu. Datoteka sa master modelom preuzeta je sa web lokacije <http://www.grabcad.com>. Nakon preuzimanja, master model je učitani u CAD aplikaciju Rhino 3D radi konverzije u STL format. STL datoteka je zatim učitana u softversku aplikaciju MakerWare koja omogućava pripremu za 3D štampu. U finalnoj fazi izrade, fizički model je odštampan na 3D štampaču Makerbot Replicator 2, sa parametrima koji su dati u Tabeli 1.

Tabela 1. Radni parametri korišćeni za štampanje mernog predmeta

Parametar	Vrednost
Debljina sloja	0.3 mm
Temp. ekstrudiranja	235 °C
Brzina ekstrudiranja	80 mm/s
Procenat ispune	10 %

### 3.2 Izrada fotografija mernog predmeta

Za potrebe 3D skeniranja na osnovu fotografija korišćena je sledeća oprema:

- Fotoaparar (Canon EOS 1100D);
- Stalac za fotoaparar - stativ;
- Reflektor;
- Reflektujuća površina (Visico RD).

Postavka eksperimenta je prikazana na *Slici 4*. U cilju minimiziranja senke i što lakšeg maskiranja pozadine u fazi preprocesiranja snimaka u softveru, korišćena je bela kartonska pozadina. Merni predmet je postavljen na improvizovanu platformu koja je napravljena od kartonske ambalaže i na koju je postavljen podmetač sa ugaonom podelom. Datoteka sa crtežom podmetača preuzeta je iz samog softvera, odštampana i zatim zalepljena na kartonsku podlogu kružnog oblika. Merni predmet je izdignut na visinu od približno 5cm, kako prilikom fotografisanja ne bi zaklanjao tačkaste oznake na ugaonoj podeli.

### 3.3 Procesiranje fotografija

Načinjen je ukupno 21 snimak, od toga, 15 snimaka iz portret perspektive, 5 snimaka iz poluportret perspektive i jedan snimak iz ptičije perspektive (*Sl.5*). Kako je pokazano u postavci eksperimenta (*Sl.4*), foto-aparat je sve vreme bio fiksiran, tako da je rastojanje između sočiva i mernog predmeta bilo konstantno.

Svaki od petnaest snimaka iz portret perspektive urađen je pri različitoj orijentaciji mernog predmeta, pri čemu je za ugaonu podelu korišćen pripremljeni podmetač. Pet dopunskih snimaka iz poluportret perspektive takođe je urađeno iz različitih uglova orijentacije mernog predmeta, pri čemu u ovom slučaju uglovi nisu uzeti kao sekvencijalni, već su birani na preskok.

Nakon završenog fotografisanja, zajedno sa kalibracionim snimcima, sve fotografije su prebačene na PC računar na kojem je instalisan 3D Som Pro [4]. Pošto su fotografije učitane, izvršeno je automatsko maskiranje pozadine, pri čemu je na većem delu slika bilo potrebno ručno editovanje maski.

### 3.4 Procesiranje 3D modela

Nakon preprocesiranja fotografija, model je generisan u dve faze: generisanje inicijalnog površinskog modela i optimizaciju modela [4]. U drugoj fazi, koja obuhvata optimizaciju modela, definisana su sledeća tri parametra: (i) broj silueta koje će biti korišćene u optimizaciji (odabrane su sve siluete – generisane na osnovu 21 fotografije); (ii) tačnost aproksimacije (nije odabrana maksimalna tačnost, budući da je u probnim prolazima dala isuviše fazetiranu površinu modela); (iii) oblak tačaka (*point cloud*) nije korišćen u optimizaciji, s obzirom da se u probnim prolazima pokazalo da je površina modela ujednačenija bez njegove primene.

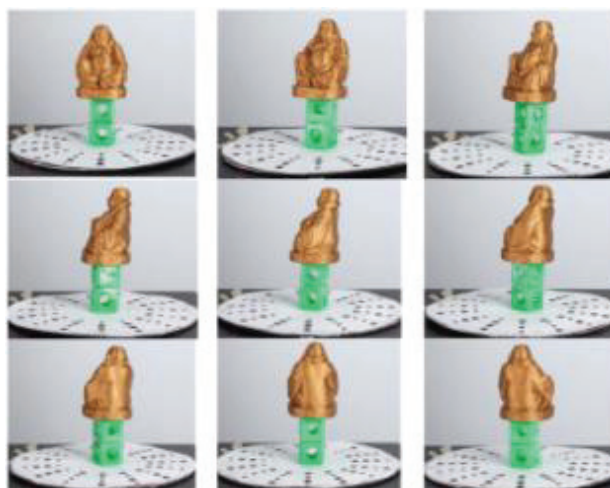
Rezultujući modeli su prikazani na *Slici 6*. a-b. Na slici 8a je prikazan model nakon prve faze u kojoj je generisan inicijalni površinski model. Na preostalim slikama je prikazan optimizovani model.

## 4. CAD INSPEKCIJA (CAI - Computer Aided Inspection)

CAD master model i skenirani model su najpre učitani u radni prostor CAI softverske aplikacije, GOM Inspect. U narednom koraku je izvršeno poravnavanje ova dva modela, što predstavlja obavezan prvi korak u postupku CAD inspekcije [5]. Generisana dijagnostička slika odstupanja prikazana je na *Slici 7*. Nakon generisanja opšte dijagnostičke slike odstupanja, definisane su i dve presečne ravni – presečna ravan glave i presečna ravan trbuha.



Slika 4. Oprema za fotografisanje korišćena u eksperimentu

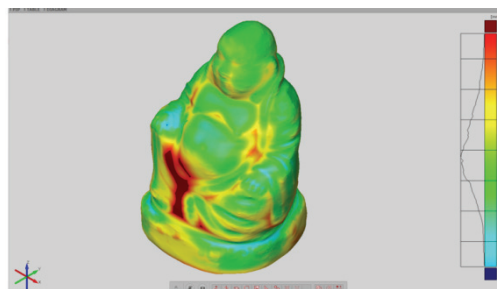


Slika 5. Fotografije slikane iz portret perspektive na osnovu ugaone podele (prikazano je 9 od 15 snimaka)

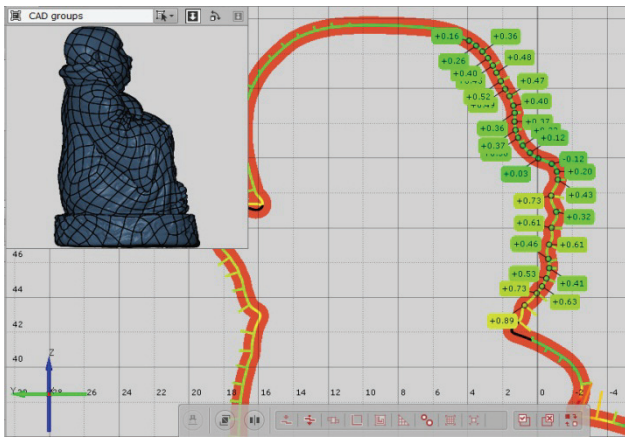
Na taj način su dobijene dve profilne krive i na njima je odabrano po trideset mernih tačaka u kojima je izmereno odstupanje skeniranog modela od CAD referentnog modela (*Sl.8*).



Slika 6. Faze generisanja 3D modela – a) rezultat prve faze generisanja modela, b) rezultat optimizacije



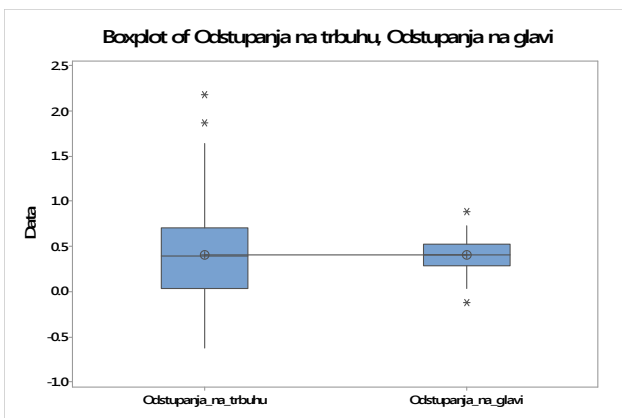
Slika 7. Skenirani model, CAD model i rezultujući prikaz dimenzionih odstupanja, u ISO orijentaciji



Slika 8. Trideset mernih tačaka na profinoj krivi glave

## 5. ANALIZA REZULTATA MERENJA

U cilju testiranja razlike u tačnosti skeniranja u dva različita preseka mernog predmeta, preseku glave i preseku trbuha, realizovan je t-test za dva nezavisna uzorka. Na osnovu rezultata *Anderson-Darling* testa normalnosti ( $p < 0.05$ ) sledi da rezultati merenja dobijeni za profilnu krivu trbuha, ne dolaze iz normalne raspodele. To potvrđuje i boksploot dijagram na *Slici 9*, gde se vidi da su podaci pomereni udesno, uz prisustvo ekstremnih vrednosti (*outliers*). Na osnovu *Levenovog* testa,  $F(1,58)=55.11$ ,  $p=.000$ , odbačena je pretpostavka o homogenosti varijansi posmatranih uzoraka. Iz tog razloga je za testiranje hipoteze o jednakosti srednjih vrednosti za dva uzorka korišćen *Velčov (Welch)* t-test koji ne pretpostavlja homogenost varijansi [6]. Na osnovu *t-testa* je zaključeno da ne postoji značajna razlika u srednjim vrednostima odstupanja na *Profilnoj krivi glave* ( $M=0.406$ ,  $SD=0.213$ ) i *Profilnoj krivi trbuha* ( $M=0.404$ ,  $SD=0.897$ ),  $t(32) = -0.01$ ,  $p=.991$ . Statistička analiza je izvršena u softverskom paketu *Minitab v16*.



Slika 9. Boksploot dijagrami za uzorke dobijene merenjem u profilnim krivama trbuha i glave

## 6. ZAKLJUČCI

U radu je realizovano eksperimentalno istraživanje koje je imalo za cilj da utvrdi kakva tačnost se u opštem slučaju može postići primenom 3D skeniranja na osnovu fotografija, kao i to da li postoje razlike u tačnosti skeniranja u zavisnosti od geometrije mernog predmeta, tj. u pojedinim presecima. Mapa odstupanja je pokazala

da najveći deo odstupanja pada unutar područja  $\pm 0.5mm$ , dok su ekstremna odstupanja, do  $2.5mm$ , dobijena u zonama sa plitkim reljefnim detaljima koje je, na predmetu malih dimenzija, teško reprodukovati uz pomoć primenjene tehnologije skeniranja. Kreirana su i dva poprečna preseka i na svakoj profilnoj krivi je odabrano po trideset mernih tačaka i izvršena je statistička analiza dobijenih uzoraka. Testirane su hipoteze o jednakosti disperzija i srednjih vrednosti dva nezavisna uzorka. Rezultati dobijeni statističkom analizom pokazali su da ne postoji značajna razlika između srednjih vrednosti dva uzorka, što ukazuje na to da tačnost skeniranja u ovom eksperimentu nije zavisila od odabranog poprečnog preseka. Sa druge strane, utvrđena je značajna statistička razlika između disperzija, tj. standardnih devijacija dva uzorka. Na osnovu ovoga može se konstatovati da je u eksperimentu postojala značajna razlika u preciznosti skeniranja kada su u pitanju različiti poprečni preseki mernog predmeta.

Pri nepromenjenoj geometriji mernog predmeta, tačnost i preciznost skeniranja mogle bi biti poboljšane kroz: (i) smanjenje odsjaja mernog modela koji ima negativan uticaj na kvalitet fotografija, (ii) projiciranje matrice paralelnih linija na merni model prilikom fotografisanja, u cilju povećanja tačnosti i preciznosti skeniranja u područjima sa plitkim reljefom i složenom geometrijom i (iii) poboljšanje procesa kalibracije foto-aparata, što je od ključnog značaja za kvalitet centralne projekcije.

Uz navedene modifikacije, ponovljeno skeniranje bi moglo dati bolje rezultate. Kada je u pitanju tačnost skeniranja, red veličine odstupanja bi trebalo svesti na deseti deo milimetra, kako bi se postupak 3D skeniranja na osnovu fotografije mogao dovesti u red komercijalno dostupnih 3D skenera ekonomske klase.

## 7. LITERATURA

- [1] Gibson, I., Rosen, D.W., Stucker, B., Additive manufacturing technologies, New York: Springer, 2010
- [2] Mitchell, H.L, Fundamentals of photogrammetry, Applications of 3D Measurements from Images, Whittles Publishing, Dunbeath, Scotland, 2007
- [3] Awange, J.L., Kyalo Kiema, J.B., Fundamentals of Photogrammetry, Environmental Geoinformatics Environmental Science and Engineering, Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp 157-174
- [4] 3DSOM (2014) 3DSOM pro user guide [Online] Dostupno na: <http://www.3dsom.com> [Pristupljeno 26.01.2014.]   
<http://www.bigobjectbase.com/bob-user-guide/>
- [5] GOM Inspect (2013), Inspection V7.5 SR12, Manual-Basic, Dostupno na: <https://support.gom.com/display/DOCS/> [Pristupljeno 02.04.2014.]
- [6] Vining, G, Kowalski, S., Statistical methods for engineers, 3rd ed., Boston:Brooks/Cole, ISBN:978-0-538-73518-62011

### Adrese autora za kontakt:

MSc Dušan Bukvić – [dusan.bukvic@yahoo.com](mailto:dusan.bukvic@yahoo.com)



**RAZVOJ KONCEPTA ELEKTRONSKOG UČENJA O GRADNJI ŠTAMPARSKOG  
AGREGATA ZA OFSET ŠTAMPU****DEVELOPMENT OF E-LEARNING PLATFORM FOR OFSET PRINTING UNIT  
CONSTRUCTION EDUCATION**

Momčilo Petrović, Dragoljub Novaković, Gojko Vladić, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazan jedan od mogućih pristupa interaktivnom prezentovanju koncepta gradnje agregata ofset štampe, odnosno jedinica za boju, vlaženje i štampu kao sastavnih delova agregata. Uz pregled teorijskih osnova vezanih za gradnju različitih sistema ofset štampe, rad nudi i razvijen koncept za elektronsko učenje u oblasti pomenutih sistema.

**Abstract** – This paper presents possible approaches for interactive e-learning for offset printing unit construction education, respectively inking, dampening and printing units as subassemblies of the printing press. With an overview of the theoretical basis about variations system construction. Paper also presents fully developed concept for distant learning on the subject.

**Ključne reči:** *Ofset štampa, Koncepti gradnje, Elektronsko učenje*

**1. UVOD**

U cilju boljeg razumevanja problematike prezentovanja znanja vezanih za funkcionisanja štamparskih agregata u radu uz osnovna znanja o elektronskom sistemu učenja dat je i teorijski uvod o procesu ofset štampe, kao i karakteristična rešenja sistema za ofset štampu. Kao deo projekta učenja na daljinu, rad obuhvata i vizuelizacije ofset agregata realizovane u obliku 2D animacija pri čemu su naglašeni fundamentalni elementi sistema i njihove specifičnosti. Prikaz u obliku 2D animacija je odabran kako bi se postigao što jednostavniji i uniformniji pristup prikaza, a sve u cilju lakšeg ovladavanja materijom.

**2. UČENJE NA DALJINU****2.1 Edukacija na daljinu**

Elektronsko učenje, poznatije kao učenje na daljinu (Distance Learning, skraćeno DL), prešlo je internacionalne granice tako da je sve više prisutno i u našoj zemlji kao pomoćno sredstvo za izvođenje nastave. Iskustvo koje Amerika, Kanada i Australija imaju na ovom polju datira još od osamdesetih godina devetnaestog veka. Danas je elektronsko učenje sasvim ustaljena praksa i na najpoznatijim fakultetima (Harvard, Stenford, MIT) koji u svojim virtuelnim učionicama pružaju veliki izbor najraznovrsnijih akreditovanih akademskih kurseva. Učenje na daljinu tehnološki se razvijalo u korišćenju obrazovnih materijala. Sa razvojem

tehnologije usavršavao se i sistem učenja na daljinu. Prvobitno su se za učenje koristili štampani materijali. Razvoj tehnologije omogućio je uvođenje novih “instrukcionih” medija, kao što su slike, slajdovi, film. Popularnosti ovog oblika učenja doprinose elektronski mediji - radio, televizija, sve do interaktivnih računarskih tehnologija i dinamičkih Web sajtova [2]. Postoje razne definicije ovakvog sistema. Jedna od najčešće korišćenih glasi: elektronsko učenje podrazumeva svaki oblik edukacije u kome se obrazovni sadržaj isporučuje u elektronskoj formi [1].

**2.2 Značaj učenja na daljinu**

Današnji menadžeri rastrzani su između dve divergentne sile: jedna predstavlja neprestano povećanje zahteva za obrazovanje zaposlenih u kompaniji, a druga problem odsustva zaposlenih zbog učenja i obuka. Dodatni troškovi usled odsustva sa radnog mesta često su toliko veliki da menadžeri izbegavaju obuku zaposlenih. Tako se nesvesno gube veliki potencijali koje donosi kadar savremeno obučen i spreman da se uključi u borbu sa konkurentskim firmama. Slično je i sa svršenim srednjoškolicima, studentima, diplomiranim studentima, radnicima i drugim zainteresovanim licima, koje konkurentska borba na tržištu radne snage prisiljava na više učenja i obučavanja, a vremena je sve manje. Svi su oni spremni da investiraju u nova znanja, budući da se ona višestruko isplate. Rešenje koje može rešiti taj problem zove se e-učenje [2].

**3. OFSET ŠTAMPA****3.1 Osnove**

Ofset štampa predstavlja indirektnu litografsku tehnologiju. Značajno je zahvatila tržište oko 1970. godine, potiskujući do tada dominantnu tehnologiju visoke štampe. Danas je ofset štampa najzastupljenija tehnologija štampe. U postupku ofset štampe, štampajući i neštampajući elementi su u istoj ravni, tj. na istom nivou. Površine štampajućih elemenata su oleofilne/prihvataju boju dok odbijaju vodu, odnosno hidrofobne. Neštampajući elementi imaju hidrofilne površine, što znači da im je ponašanje oleofobno (prihvataju vodu, a odbijaju boju). Ovakav efekat i ponašanje omogućuje fizički fenomen na kontaktnim površinama. [3]

**3.2 Jedinica za boju**

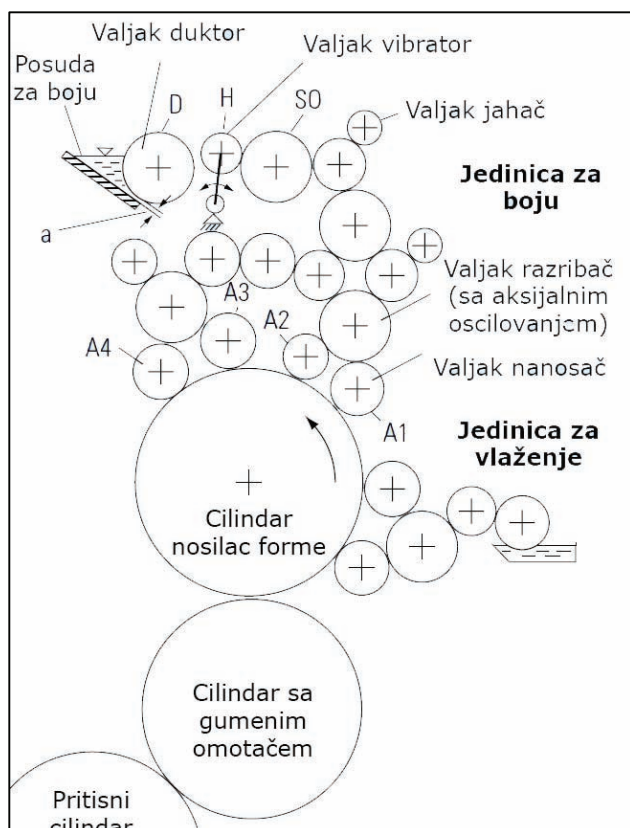
Tokom procesa štampe, tanak sloj boje se prenosi sa štampajućih elemenata forme na podlogu (debljina sloja na podlozi oko 1 μm). Uloga jedinice za boju (slika 1.) jeste da obezbedi konstantan dotok sveže boje na štampajuće elemente forme kako bi se proces nanošenja boje održao konstantnim. Količina “iskorišćene” boje se

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragoljub Novaković, red.prof.**



mora nadoknaditi. Takođe, mora postojati balans između dotoka i potrošnje boje da bi se izbegle varijacije gustine boje na štamparskoj formi.

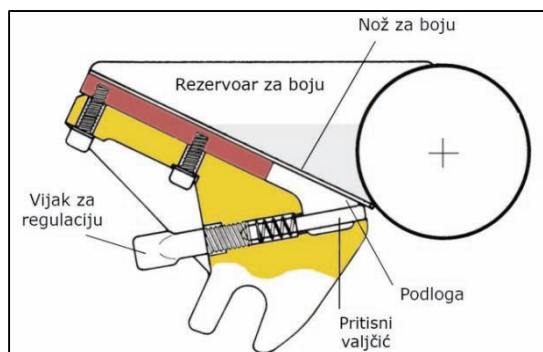


Slika 1. Primer jedinice za boju [3]

U jedinici za boju prikazanoj na slici 1, boja se doprema preko oscilujućeg valjka vibratora H. Valjak vibrator H preuzima relativno debelu liniju boje od valjka duktora (koji se nalazi u posudi za boju) i prenosi je do prvog valjka jedinice za boju SO.

Količina boje dostavljena preko valjka SO je određena zonskim otvorom za boju, a rotacionim kretanjem valjka duktora (naizmenično), frekvencijom valjka vibratora i brzinom valjaka za boju.

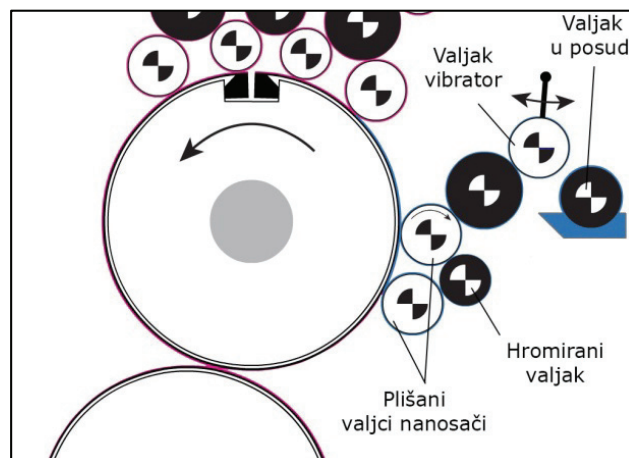
Konvencionalne jedinice za boju zahtevaju specijalne sisteme dotoka sa mogućnošću doziranja boje u zonama. Kao što je prikazano na slici 2, fleksibilni nož se može podešavati na različite distance unutar posude boje pomoću vijaka kako bi se korigovala količina boje koja napušta posudu [3]. Primer je i podesivi nož uz valjak duktora, kod sistema zonskog nanosa boje.



Slika 2. Primer posude za boju [3]

### 3.3 Jedinica za vlaženje

Konvencionalna ofset štampa zahteva sistem za vlaženje koji vrši nanos veoma tankog sloja sredstva za vlaženje (približno 2  $\mu\text{m}$ ) na neštampajuće elemente štamparske forme. Pošto se jedan deo sredstva za vlaženje štampa, a drugi deo isparava, neophodno je imati konstantno snabdevanje sredstvom za vlaženje.



Slika 3. Primer kontaktnog sistema vlaženja

Sistemi za vlaženje se mogu podeliti na kontaktne (slika 3) i bezkontaktne (slika 4) sisteme. Bezkontaktne sisteme za vlaženje su poznati kao centrifugalni, turbo ili sistemi sa četkom. Ovde se sredstvo prebacuje na štamparsku formu u obliku fino raspršenih kapljica. Adekvatni odnosi površinskih napona moraju obezbediti brzo prostiranje kapljica. Nedostatak ovakvih sistema je nemogućnost preciznog doziranja sredstva, a prednost što se ne mogu kontaminirati česticama sa forme, papira, itd. Kontaktni sistemi, iako imaju nedostatak u vidu mogućnosti kontaminacije raznim česticama, se ipak pretežno koriste zbog mogućnosti finog doziranja sredstva.

U slučaju indirektnih sistema, sredstvo se dovodi na valjak nanosač boje koji nakon toga nanosi boju i sredstvo za vlaženje na štamparsku formu u dispergovanom obliku (sredstvo za vlaženje u formi vode na površini). Štamparska boja absorbuje sredstvo za vlaženje u određenoj meri. Štamparije ovo nazivaju "emulzijom". U fizičkim/hemijskim pojmovima, radi se o U/V emulziji. Sredstvo za vlaženje je sadržano u boji u formi kapljica i neke od njih se nalaze na vrhu sloja boje. Dodatna podela sistema za vlaženje se može izvršiti i prema dotoku sredstva. Postoje sistemi kontinualnog (neprekidnog) dotoka i sistemi isprekidnog dotoka (sa pulsirajućim valjkom) kao na slici 3 [3].

### 3.4 Jedinica za štampu

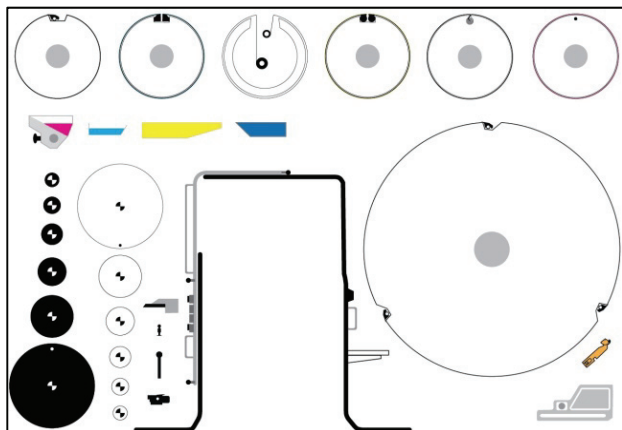
Prezentovan u pojednostavljenoj formi, štamparski agregat se sastoji od jedinica za boju i vlaženje (već opisanih), cilindra nosioca štamparske forme, cilindra sa gumenim omotačem i pritiskog cilindra. Cilindar nosioc forme (u daljem tekstu: cilindar forme) sa obojenom formom se kotrlja po obimu cilindra sa gumenim omotačem (u daljem tekstu: cilindar sa gumom) dok se on kotrlja po obimu pritiskog cilindra na kojem se nalazi tabak pričvršćen držačima tabaka. Kontaktna linija između cilindra sa gumom i pritiskog cilindra se naziva linija dodira.



vrsta dokumenata. Oni mogu u obliku grafika i bitmapa, audio i video zapisa, itd [4].

#### 4.2 Vizualizacija sistema

Prvi korak je bio crtanje elemenata u Adobe Illustrator softveru (slika 7). Elementi su raznoliki: cilindri forme, cilindri sa gumom, pritisni cilindri, valjci raznih prečnika, poluge, kućišta itd.



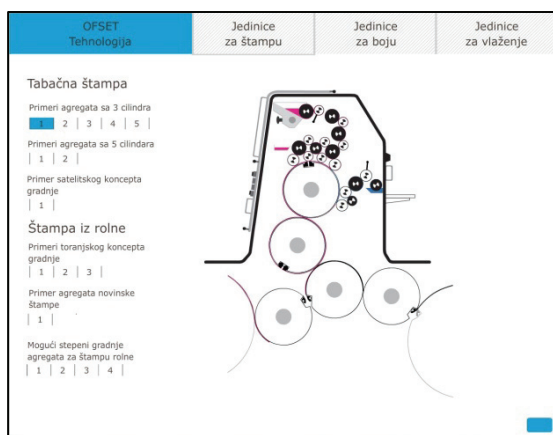
Slika 7. Neki od elemenata upotrebljeni za vizualizovanje sistema

Nakon toga, potrebni elementi se učitavaju u biblioteku elemenata unutar Flash dokumenta i postavljaju na scenu prema rasporedu definisanom konceptom dotičnog sistema. Sledeći korak je dodeljivanje kretanja. Pošto se u najvećem broju slučajeva radi o obrtnom kretanju, definiše se broj obrtaja za određeno vreme. U slučaju statičnih elemenata, potrebno je samo pozicioniranje na odgovarajuće mesto.

#### 4.3 Aplikacija za elektronsko učenje

Konačna aplikacija je sastavljena od matične .swf stranice u koju se učitavaju manje .swf stranice. Manjih stranica ima četiri i organizovane su kao: "jedinice za boju", "jedinice za vlaženje", "jedinice za štampanje" i uvodna stranica. Stranica "jedinice za boju" je izvedena tako da se pozivom konkretnog primera (nekog vizualizovanog sistema) on učitava u prostor za to predviđen.

Na istom principu su izvedene i stranice "jedinice za vlaženje" i "jedinice za štampu". Matična .swf stranica sadrži interaktivnu dugmad za pozivanje manjih stranica. One se, takođe, učitavaju u prostor za to predviđen. Slika 8 prikazuje izgled konačne aplikacije.



Slika 8. Izgled konačne aplikacije

## 5. ZAKLJUČAK

Učenje na daljinu, kao proizvod modernog doba i upotrebe tehnologije, je jedna od sve zastupljenijih mogućnosti obrazovanja. Naravno, usko je povezana sa upotrebom interneta, a može se reći i da u potpunosti zavisi od njega. Brojni univerziteti širom sveta nude ovakve programe što znači da se implementacija ovakvih studija uspešno odvija i rasprostire. Sama mogućnost da studenti imaju izbor kada će, u kojoj meri i gde slušati predavanja stvara sliku potpuno novog načina studiranja koju bi budući studenti mogli naći posebno zanimljivom. Ukoliko se tome pridoda činjenica da se materijal za pohađanje studija doprema putem interneta, dolazi se do sistema studiranja koji je u velikoj meri nezavisan od mesta i vremena.

Ovaj rad kao deo projekta učenja na daljinu ima za cilj da korisnika upozna sa osnovnim teorijskim tezama i izvedbama mašina ofset štampe. Prikupljena rešenja su obrađena kroz teoriju, a kasnije i vizualizovana kako bi se korisniku finalne aplikacije što više približio princip funkcionisanja. Upravo to je jedno od obeležja modernih studija, upotreba interaktivnih simulacija na kojima se lako može videti i shvatiti osnovni princip. Demonstracije 2D oblika su kompaktne, pa bi njihova upotreba (pogotovo na internetu) trebala biti brža i lakša. Prenosjenje i preuzimanje sa interneta je jednostavno kao i umetanje na razne stranice i dokumente.

Rad predstavlja celinu koja može pružiti osnovne informacije nekome ko se prvi put sreće sa tematikom gradnje ofset štamparskih mašina i elektronskim učenjem u toj oblasti. Takođe onima kojima je tema već poznata, u vidu razmatranja korišćenja interaktivnih animacija, na nov način prezentuje mogućnosti prezentacije gradnje agregata za ofset štampu.

## 6. LITERATURA

- [1] Carol Fallon, Sharon Brown, (2003). e-Learning Standards, CRCpress.
- [2] Stanković Ž. (2006), RAZVOJ TEHNOLOGIJE UČENJA NA DALJINU, *Nastava i vaspitanje*, br. 2, [Online]<http://www.pedagog.rs/Nastava%20tekstovi/nastava%20tekst%20obrazovanje%20na%20daljinu.php> [Posećeno 12.03.2014]
- [3] Kipphan H. (2001), *Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods*, Springer
- [4] Slideshare.net (2010), *Adobe Flash History and Basics*, [Online]<http://www.slideshare.net/teksymmetryan/adobe-flash-history-and-basics> [Posećeno 14.03.2014]

## ADRESA AUTORA ZA KONTAKT

Momčilo Petrović  
[momcilo.petrovic.89@gmail.com](mailto:momcilo.petrovic.89@gmail.com)

Prof. dr. Dragoljub Novaković  
[novakd@uns.ac.rs](mailto:novakd@uns.ac.rs)

dr. Gojko Vlačić  
[vladicg@uns.ac.rs](mailto:vladicg@uns.ac.rs)

Grafičko Inženjerstvo i Dizajn, Fakultet Tehničkih Nauka



**EMISIJA AEROPOLUTANATA U FOTOKOPIRNICI  
INDOOR EMISSION IN PHOTOCOPY SHOP**Igor Nović, Vesna Kecić, Jelena Kiurski, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – Na osnovu merenja koncentracije aeropolutanata u fotokopirnici u Novom Sadu, potvrđeno je prisustvo ugljenik(IV) oksida ( $CO_2$ ) i azot(IV) oksida ( $NO_2$ ). Istraživanje je pokazalo da nivo ovih polutanata u fotokopirnici ne prelazi granice dozvoljenih vrednosti propisanih nacionalnim i međunarodnim standardima.

**Abstract** – Based on the air pollutants measurements performed at photocopy shop in Novi Sad, we successfully confirmed the presence of carbon(IV) oxide ( $CO_2$ ) and nitrogen(IV) oxide ( $NO_2$ ). Research has shown that levels of these pollutants in the photocopy shop does not exceed allowable values prescribed by national and international standards.

**Ključne reči:** fotokopiranje, ugljenik(IV) oksid, azot(IV) oksid, ambijentalni vazduh

**1. UVOD**

Opšte poznata činjenica je da je sa razvojem industrije tokom vremena došlo do ozbiljnih zagađenja životne sredine, što je u direktnoj vezi sa rizikom od nastanka brojnih zdravstvenih problema kod ljudi. Veliki broj ljudi većinu svog radnog i slobodnog vremena provodi u zatvorenim prostorima kao što su stanovi, zgrade ili kancelarije. Vazduh u ovakvim prostorima može da sadrži različite zagađujuće materije u zavisnosti od vrste aktivnosti koja se obavlja ili uređaja koji se koriste.

Iz tog razloga je veoma bitno voditi računa o kvalitetu vazduha u zatvorenim prostorima, jer to može imati direktne posledice na zdravlje ljudi, kao i efikasnost obavljenog posla. Gasovi kao što su ugljenik(II) oksid, ugljenik(IV) oksid, azot(IV) oksid, sumpor(IV) oksid i lako isparljiva organska jedinjenja (VOC, volatile organic compounds) predstavljaju glavne zagađujuće gasove vazduha i u zatvorenim prostorima, a svaki od ovih polutanata na različite načine i u različitoj meri utiče na zdravlje pojedinaca (radnici, stanari i drugi) koji su im izloženi.

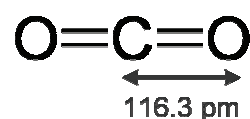
Cilj rada je da se identifikuju glavni izvori zagađenja vazduha u ambijentalnom prostoru fotokopirnice, kao i da se utvrdi moguća korelacija između registrovanih koncentracija neorganskih polutanata  $CO_2$  i  $NO_2$ .

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor bila dr Jelena Kiurski, redovni profesor.**

**2. UGLJENIK(IV) OKSID**

Ugljen-dioksid ili ugljenik(IV)-oksid ( $CO_2$ ) (slika 1) se sastoji od dva atoma kiseonika kovalentno vezana za jedan atom ugljenika. Molekul  $CO_2$  je linearnog oblika i centralno simetričan, a dva atoma kiseonika su ekvivalentnim dvostrukim vezama povezani sa centralnim atomom ugljenika [1].



Slika 1. Strukturna formula ugljenik(IV) oksida

Ugljenik(IV) oksid se pri standardnim uslovima nalazi u gasovitom stanju i sastavni je deo Zemljine atmosfere. To je gas bez boje i pri manjim koncentracijama bez mirisa, dok je pri većim koncentracijama oštrog i neprijatnog mirisa. Reagujući sa vodom daje ugljenu kiselinu ( $H_2CO_3$ ). U tabeli 1 su prikazane fizičko-hemijske karakteristike ugljenik(IV) oksida.

Tabela 1. Fizičko-hemijske karakteristike ugljenik(IV) oksida

Molarna masa	44,01 g/mol
Gustina	1562 kg/m <sup>3</sup> (čvrsto stanje)
	770 kg/m <sup>3</sup> (tečno stanje)
	1,977 kg/m <sup>3</sup> (gasovito s.)
Tačka topljenja	-78 °C; 194,7 K
Tačka ključanja	-57 °C; 216,6 K
Rastvorljivost u vodi	1,45 g/L

Prosečna koncentracija  $CO_2$  u vazduhu iznosi 0,039 vol% ili 0,0591 mas% , ali i te vrednosti variraju u zavisnosti od položaja i godišnjeg doba (na primer koncentracija  $CO_2$  je manja u proleće i leto zbog veće aktivnosti biljaka) [2]. U gradskim sredinama je koncentracija mnogo veća, a u zatvorenim prostorima i do 10 puta veća od prosečne. Ljudske aktivnosti, kao što su sagorevanje fosilnih goriva i krčenje šuma, su takođe imale uticaja na promenu koncentracije  $CO_2$  u atmosferi u zadnjih nekoliko vekova. Osim u atmosferi, ugljenik(IV) oksid u prirodi se može naći i u okeanima, i to mnogo većim količinama nego u atmosferi, ponajviše u obliku ugljene kiseline, karbonatnih jona i samog  $CO_2$  [3].

**2.1. Ugljenik(IV) oksid u fotokopirnici**

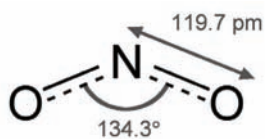
Ugljenik(IV) oksid je prirodna komponenta vazduha i prisutan je u koncentracijama koje predstavljaju pretnju za ljudsko zdravlje. U zatvorenim prostorima glavni izvor ugljenik(IV) oksida su ljudi, koji metaboličkom aktivnošću neprestano stvaraju i emituju  $CO_2$ , pri čemu



dolazi do formiranja povećanih koncentracija ovog gasa koje mogu biti opasne. Iako sama koncentracija CO<sub>2</sub> ne može biti indikator ukupnog kvaliteta vazduha u određenom prostoru, povećane koncentracije mogu ukazati na povećanu koncentraciju nekih drugih aeropolutanata u tom prostoru. U cilju smanjenja rizika od nastanka opasnosti od povećane koncentracije CO<sub>2</sub> i aeropolutanata u radnom okruženju, jako je bitno unapred planirati dizajn prostorije, raspored uređaja, mogućnosti i metode ventilacije i drugo [4, 5].

### 3. AZOT(IV) OKSID

Oksidi azota (NO<sub>x</sub>) predstavljaju grupu izuzetno reaktivnih gasova koji sadrže azot i kiseonik u različitim odnosima, a od kojih su najrasprostranjeniji azot(II) oksid (NO) i azot(IV) oksid (slika 2) (NO<sub>2</sub>). Azot(IV) oksid je pri standardnim uslovima gas oštrog, iritirajućeg mirisa i crvenkasto-smeđe boje.



Slika 2. Strukturna formula azot(IV) oksida

Azot(IV) oksid stvara ravnotežnu smešu sa svojim dimerom, diazot-tetraksidom (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) koji je bezbojan gas drugačijih hemijskih i fizičkih svojstava od NO<sub>2</sub>. Pri višim temperaturama ravnoteža reakcije se pomera u stranu NO<sub>2</sub>, dok pri nižim temperaturama dominira N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ( $2 \text{ NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ ) [1, 5].

Tabela 2. Osnovne fizičke karakteristike azot(IV) oksida

Molarna masa	46,0055 g/mol
Gustina	2,62 g/dm <sup>3</sup>
Tačka ključanja	21 °C; 294 K
Rastvorljivost u vodi	Hidrolizom

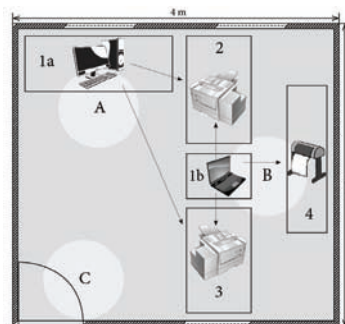
#### 3.1. Azot(IV) oksid u fotokopirnici

Kao i u slučaju ugljenik(IV) oksida, promenom radnog okruženja kod ljudi i sve češćim korišćenjem štampača i fotokopir uređaja, došlo je do povećanog rizika od stvaranja opasnih jedinjenja koja mogu uticati na kvalitet vazduha u radnom okruženju i imati određene posledice na zdravlje ljudi. U određenim štamparskim i kopirnim procesima potvrđeno je nastajanje azot(IV) oksida. Prilikom procesa laserskog štampanja, visoki napon unutar štampača može stvoriti električno pražnjenje usled čega nastaju male količine jonizovanog kiseonika i azota, koji mogu stvoriti ozon i okside azota. Pored pomenute emisije azot(IV) oksida povezane sa radom štampača i fotokopir mašina, dokazano je da i pušenje zaposlenih može doprineti povećanoj koncentraciji NO<sub>2</sub> u vazduhu radnog okruženja, kao i to da povećana koncentracija NO<sub>2</sub> u spoljašnjem vazduhu utiče na koncentraciju NO<sub>2</sub> u zatvorenom prostoru što je posebno izraženo ako je kancelarija ili fotokopirnica u blizini autoputa, fabrike ili elektrane [6].

### 4. AEROPOLUTANTI U FOTOKOPIRNICI I KORELACIJA IZMEĐU CO<sub>2</sub> I NO<sub>2</sub>

Koncentracije gasova NO<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> merene su u vremenskom periodu od po dva sata u toku dana. Merenja su vršena u fotokopirnici u Novom Sadu. Uzorci vazduha su prikupljeni tokom 5 dana u tri različita vremenska intervala. Jedan vremenski interval je obuhvatao pet merenja u opsegu od po dva minuta. Prvi interval merenja je bio sproveden na početku radnog dana od 9 - 11 časova, drugi od 13 - 15 časova, a treći od 16 do 18 časova. Uzorkovanje je vršeno primenom ozonometra "Aeroqual series 200" koji je dizajniran za merenje ambijentalnih i spoljašnjih gasova sa posebnim senzorskim glavama za NO<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>.

Na slici 3 prikazana je tehnološka šema fotokopirnice sa označenim mernim mestima (A, B i C) i uređajima koje fotokopirnica poseduje (1a-desktop računar, 1b-laptop računar, 2 - Aficio DS m651, 3 - Aficio MP 6500 i 4-Canon iPF 765, kao i dimenzijama prostorije (d x š x v) 4m x 5m x 3,5m. Mesto uzorkovanja vazduha je određeno pozicijom kopir mašina, plotera, i karakteristikama objekta u kome je smešten proizvodni proces.



Slika 3. Tehnološka šema fotokopirnice

U tabeli 3 su prikazane maksimalno dozvoljene koncentracije gasova NO<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> kojima radnici mogu biti izloženi u toku osmočasovnog radnog vremena, a da pri tom ne dođe do zdravstvenih smetnji. Ove granične vrednosti su propisane od strane zdravstvenih organizacija OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) i NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) koje se bave sprečavanjem povreda i bolesti radnika na radnom mestu. Svaka od ovih organizacija je odredila svoje dozvoljene PEL (*Permissible Exposure Limit*, odnosno preporučene REL (*Recommended Exposure Limit*) granice izloženosti [7, 8].

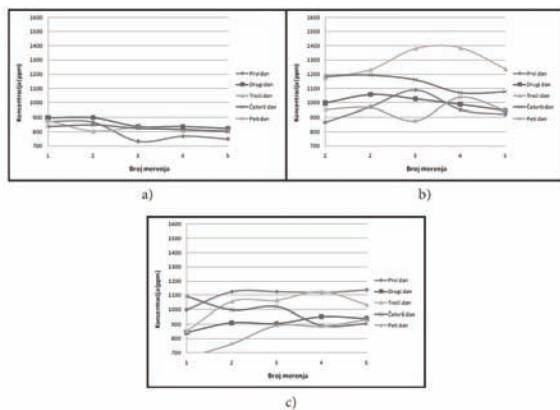
Tabela 3. Maksimalno dozvoljene koncentracije gasova NO<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>

Dozvoljene i nedozvoljene vrednosti (ppm)		
Zdravstvene organizacije	OSHA	NIOSH
Dozvoljene i preporučene granice izloženosti	PEL	REL
CO <sub>2</sub>	5000	5000
NO <sub>2</sub>	5	1

Na osnovu rezultata merenja koja su izvršena u fotokopirnici u Novom Sadu, dokazano je prisustvo aeropolutanata ugljenik(IV) oksida i azot(IV) oksida u

intervalu od 625,6 ppm do 1466,8 ppm, odnosno od 0,001 ppm do 0,036 ppm, respektivno. Uočava se da je njihova koncentracija u vazduhu varijabilna, tj. ne postoji pravilo kada je njihov nivo najviši ili najniži. Jedini faktor koji utiče na koncentraciju ispitanih polutanata je obim posla i rad mašina koje ih uzrokuju.

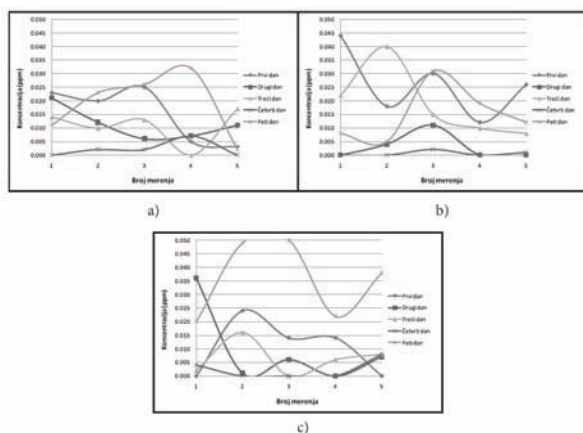
Na slikama 4a, 4b i 4c su grafički prikazane zavisnosti koncentracije CO<sub>2</sub> od broja merenja, pri čemu svaki grafik predstavlja jedan interval, u okviru kojeg se razlikuju tri merna mesta (A, B i C). Na slikama je prikazan prvi vremenski interval.



Slika 4. Prosečne koncentracije CO<sub>2</sub> u prvom vremenskom intervalu

U prvom intervalu (slika 4a), sva merenja su pokazala nizak nivo koncentracije CO<sub>2</sub>, a najniži je na prvom mernom mestu A i to prvog dana od 730 ppm. Najveća koncentracija CO<sub>2</sub> je uočena četvrti dan na drugom mernom mestu B od 1385 ppm (slika 4b). Na trećem mernom mestu C (slika 4c) grafik jasno pokazuje da nivo CO<sub>2</sub> nije bio visok, niti varira, nezavisno od dana merenja.

Na slikama 5a, 5b i 5c su grafički prikazane zavisnosti koncentracije NO<sub>2</sub> od broja merenja, pri čemu svaki grafik predstavlja jedan interval, u okviru kojeg se razlikuju tri merna mesta (A, B i C), kao i kod prikaza koncentracija CO<sub>2</sub>. Na slikama je prikazan prvi vremenski interval.

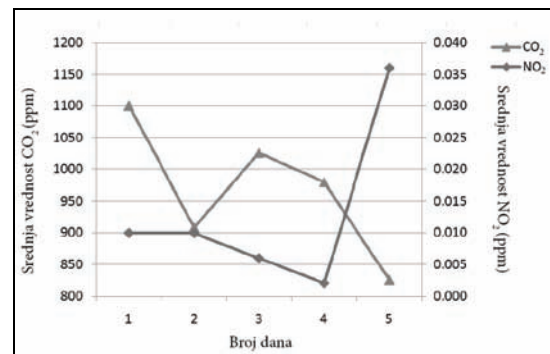


Slika 5. Prosečne koncentracije NO<sub>2</sub> u prvom vremenskom intervalu

Za prvi vremenski interval (slika 5a) četvrtog dana u prvom merenju, na prvom mernom mestu A koncentracija NO<sub>2</sub> u vazduhu je bila 0 ppm, dok grafik za peti dan u četvrtom merenju prikazuje najveću količinu NO<sub>2</sub> od

0,032 ppm. Na drugom mernom mestu B (slika 25b) u prvom, četvrtom i petom merenju za drugi i četvrti dan takođe nije zabeleženo prisustvo NO<sub>2</sub> u vazduhu, dok je prisustvo azot(IV) oksida bilo najviše prvi dan od 0,044 ppm. Za peti dan na trećem mernom mestu C (slika 5c) u drugom i trećem merenju je zabeležena najveća koncentracija NO<sub>2</sub> od 0,049 ppm i 0,050 ppm.

Takođe je posmatrana zavisnost srednjih vrednosti izmerenih koncentracija CO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> u odnosu na vreme merenja. Koncentracije CO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> variraju tokom mjerenja, ali i pokazuju recipročnu zavisnost, kada je koncentracija CO<sub>2</sub> visoka koncentracija NO<sub>2</sub> opada i obrnuto. Na slici 6 je prikazana korelacija između koncentracija NO<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> za prvi interval merenja na mernom mestu C.



Slika 6. Korelacija između CO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> na mernom mestu C

U drugom danu merenja, može da se primeti poklapanje vrednosti CO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> dok peti dan koncentracija gasa NO<sub>2</sub> dostiže jednu od najvećih izmerenih vrednosti od 0,036 ppm, a CO<sub>2</sub> ima minimalne vrednosti od 826 ppm.

## 5. ZAKLJUČAK

Opisani monitoring CO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> imao je za cilj da prikaže koncentracije polutanata u toku 5 radnih dana, kao i mesta na kojima je varijacija koncentracija najuočljivija.

Može se zaključiti takođe da nivo polutanata u fotokopirnici ne prelazi dozvoljene granice, da su koncentracije polutanata u okviru vrednosti propisanih nacionalnim i međunarodnim standardima, da ne postoji opasnost po život i rad zaposlenih, kao i ostalih korisnika fotokopirnice, te da će se i dalje težiti ka smanjenju nivoa štetnih gasova poboljšanjem ventilacionih sistema ili u skorijoj budućnosti nabavljanjem manje štetnih tehnologija fotokopiranja, koje su i najveći uzročnici zagađenja ambijentalnog vazduha.

## 6. LITERATURA

- [1] Stwertka, A. (2012) *A Guide to the Elements*, 3rd edition. Oxford University Press, USA
- [2] Scott DC., Levine, NM. (2007) "How Long Can the Ocean Slow Global Warming?", Oceanus magazine, Woods Hole Oceanographic Institute, MA, United States of America.
- [3] Kaufman, DG., Franz, CM. (2007) *The Biosphere: protecting our global environment*. Kendall/Hunt

Pub, IA, United States of America. NJ, United States of America.

- [4] Santamouris, M., Synnefa, A., Assimakopoulos, M., Livada, I., Pavlou, K., Papaglastra, M., Gaitani, N., Kolokotsa, D., Assimakopoulos, V. (2008) *Experimental investigation of the airflow and indoor carbon dioxide concentration in classrooms with intermittent natural ventilation*, Energy and Buildings, vol. 40, pp. 1833–1843.
- [5] Anon. (2010) *"Environmental issues associated with toner and ink usage"*, Preton Ltd, [http://www.preton.com/pdf/Preton\\_Saver\\_envi\\_whitePaperFinal\\_1403010.pdf](http://www.preton.com/pdf/Preton_Saver_envi_whitePaperFinal_1403010.pdf).
- [6] Saraga D., Pateraki S., Papadopoulos A., Vasilakos Ch., Maggos T. (2011) *Studying the indoor air quality in three non-residential environments of different use: A museum, a printery industry and an office*, Building and Environment 46, pp. 2333–2341.
- [7] OSHA. (2013) *"OSHA Standards Development"*, Occupational Safety and Health Administration, Washington DC, United States of America. Preuzeto s interneta: [www.osha.gov/OCIS/stand\\_dev.html](http://www.osha.gov/OCIS/stand_dev.html).
- [8] CDC. (2013) *"About NIOSH"*, National Institute for Occupational Safety and Health, Atlanta, GA, United States of America. Preuzeto s interneta: [www.cdc.gov/niosh/about.html](http://www.cdc.gov/niosh/about.html).

#### Kratka biografija:



**Igor Nović** rođen u Derventi 1988. godine. Studije je završio na Fakultetu Tehničkih Nauka iz oblasti grafičkog inženjerstva i dizajna 2011. god. Master rad odbranio je 2014. godine.



**Prof. dr Jelena Kiurski** je obrazovanje do doktora tehničkih nauka stekla na Tehnološkom fakultetu u Novom Sadu. Sada je redovni profesor na Fakultetu tehničkih nauka, Departman za grafičko inženjerstvo i dizajn.

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2013. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić	Đorđe Ćosić	Milan Rapajić	Slavica Mitrović
Aleksandar Erdeljan	Đorđe Lađinović	Milan Simeunović	Slavko Đurić
Aleksandar Ristić	Đorđe Obradović	Milan Trifković	Slobodan Dudić
Bato Kamberović	Đorđe Vukelić	Milan Trivunić	Slobodan Krnjetin
Biljana Njegovan	Đura Oros	Milan Vidaković	Slobodan Morača
Bogdan Kuzmanović	Đurđica Stojanović	Milena Krklješ	Sonja Ristić
Bojan Batinić	Emil Šećerov	Milica Kostreš	Srđan Kolaković
Bojan Lalić	Filip Kulić	Milica Miličić	Srđan Popov
Bojan Tepavčević	Goran Sladić	Milinko Vasić	Srđan Vukmirović
Bojana Beronja	Goran Švenda	Miloš Slankamenac	Staniša Dautović
Branislav Atlagić	Gordana	Miloš Živanov	Stevan Milisavljević
Branislav Nerandžić	Milosavljević	Milovan Lazarević	Stevan Stankovski
Branislav Veselinov	Gordana Ostojić	Miodrag Hadžistević	Strahil Gušavac
Branislava Kostić	Igor Budak	Miodrag Zuković	Svetlana Nikoličić
Branislava	Igor Dejanović	Mirjana Damjanović	Tanja Kočetov
Novaković	Igor Karlović	Mirjana Malešev	Tatjana Lončar
Branka Nakomčić	Ilija Kovačević	Mirjana Radeka	Turukalo
Branko Milosavljević	Ivan Beker	Mirjana Vojnović	Todor Bačkalić
Branko Škorić	Ivan Tričković	Miloradov	Toša Ninkov
Cvijan Krsmanović	Ivan Župunski	Mirko Borisov	Uroš Nedeljkić
Damir Đaković	Ivana Katić	Miro Govedarica	Valentina Basarić
Danijela Lalić	Ivana Kovačić	Miroslav Hajduković	Velimir Čongradec
Darko Čapko	Jasmina Dražić	Miroslav Nimrihter	Velimir Todić
Darko Marčetić	Jelena Atanacković	Miroslav Plančak	Veljko Malbaša
Darko Reba	Jeličić	Miroslav Popović	Veran Vasić
Dejan Ubavin	Jelena Borocki	Mitar Jocanović	Veselin Avdalović
Dragan Ivanović	Jelena Kiurski	Mladen Kovačević	Veselin Perović
Dragan Ivetić	Jelena kovačević	Mladen Radišić	Vladan Radlovački
Dragan Jovanović	Jureša	Momčilo Kujačić	Vladimir Katić
Dragan Kukulj	Jelena Radonić	Nađa Kurtović	Vladimir Radenković
Dragan Mrkšić	Jovan Petrović	Nebojša Pjevalica	Vladimir Strezoski
Dragan Pejić	Jovan Tepić	Neda Pekarić Nađ	Vladimir Škiljajica
Dragan Šešlija	Jovan Vladić	Nemanja	Vlado Delić
Dragana Bajić	Jovanka Pantović	Stanisavljević	Vlastimir
Dragana	Karl Mičkei	Nenad Katić	Radonjanin
Konstantinović	Katarina Gerić	Nikola Brkljač	Vuk Bogdanović
Dragana Šarac	Ksenija Hiel	Nikola Đurić	Zdravko Tešić
Dragana Štrbac	Laslo Nađ	Nikola Jorgovanović	Zora Konjović
Dragi Radomirović	Leposava Grubić	Nikola Radaković	Zoran Anišić
Dragiša Vilotić	Nešić	Ninoslav Zuber	Zoran Brujic
Dragoljub Novaković	Livija Cvetičanin	Ognjen Lužanin	Zoran Jeličić
Dragoljub Šević	Ljiljana Vukajlov	Pavel Kovač	Zoran Mijatović
Dubravka Bojanić	Ljiljana Cvetković	Peđa Atanasković	Zoran Milojević
Dušan Dobromirov	Ljubica Duđak	Petar Malešev	Zoran Mitrović
Dušan Gvozdenac	Maja Turk Sekulić	Predrag Šidanić	Zoran Papić
Dušan Kovačević	Maša Bukurov	Radivoje Rinulović	Željen Trpovski
Dušan Sakulski	Matija Stipić	Rado Maksimović	Željko Jakšić
Dušan Uzelać	Milan Kovačević	Radovan Štulić	
Duško Bekut	Milan Rackov	Rastislav Šostakov	