



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



# **ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА**

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXXIX

Број: 10/2024

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“

Година: XXXIX

Свеска: 10

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

Главни и одговорни уредник: проф. др Срђан Колаковић, декан Факултета техничких наука у Новом Саду

#### **Уредништво:**

Проф. др Срђан Колаковић  
Проф. др Александар Купусинац  
Проф. др Борис Думнић  
Проф. др Дарко Стефановић  
Проф. др Себастиан Балоиш  
Проф. др Дејан Лукић  
Проф. др Јован Дорић  
Проф. др Мирослав Кљајић  
Проф. др Немања Тасић  
Проф. др Дејан Убавин

Проф. др Милан Видаковић  
Проф. др Мирјана Дамњановић  
Проф. др Јелена Атанацковић Јеличић  
Проф. др Игор Пешко  
Проф. др Драган Јовановић  
Проф. др Небојша Ралевић  
Доц. др Сања Ожват  
Проф. др Немања Кашиковић  
Проф. др Теодор Атанацковић

#### **Редакција:**

Проф. др Дарко Стефановић, главни уредник  
Проф. др Жељен Трповски, технички  
уредник

Проф. др Драгољуб Новаковић  
Проф. др Иван Пинђер  
Бисерка Милетић

#### **Језичка редакција:**

Бисерка Милетић, лектор  
Софија Рацков, коректор  
Мр Марина Катић, преводилац

Савет за библиотечку и издавачку делатност ФТН,  
проф. др Стеван Станковски, председник.

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

CIP-Каталогизација у публикацији  
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)  
62

**ЗБОРНИК радова Факултета техничких наука** / главни и одговорни уредник  
Срђан Колаковић. – 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)

Месечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

## ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је десета 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 мастер и 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 мастер радова студената ФТН-а у облику кратког рада у „Зборнику радова Факултета техничких наука“.

Поред студената 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 сваки месец, у оквиру промоције дипломираних мастера.

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 16.11.2023. до 30.05.2024. год., а који се промовишу 21.09.2024. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова.

Известан број кандидата објавили су радове на некој од домаћих научних конференција или у неком од часописа. Њихови радови нису штампани у Зборнику радова.

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 10. објављени су радови из области:

- грађевинарства,
- архитектуре,
- инжењерског менаџмента,
- инжењерства заштите на раду и заштите животне средине.
- математике у техници,
- геодезије и геоматике,
- управљања ризиком од катастрофалних догађаја и пожара
- инжењерства информационих система,
- биомедицинског инжењерства,
- анимација у инжењерству и
- чистих енергетских технологија.

У свесци са редним бројем 9. објављени су радови из области:

- машинства,
- електротехнике и рачунарства,
- саобраћаја и
- мехатронике.

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

#### Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

|                                                                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Saša Jovanović,<br>ULOGA BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) U ODRŽIVOM PROJEKTOVANJU<br>ZGRADA: ANALIZA INTEGRACIJE BIM-A ZA ODRŽIV RAZVOJ GRAĐEVINSKE INDUSTRIJE .... | 1339-1342 |
| 2. Биљана Маријановић, Владимир Мученски,<br>АНАЛИЗА ТРОШКОВА И ВРЕМЕНА И МЈЕРЕ ЗАШТИТЕ ПРИ САНАЦИЈИ КЛИЗИШТА .....                                                         | 1343-1347 |
| 3. Aleksandar Pekija,<br>PROCJENA STANJA I ENERGETSKA SANACIJA KONSTRUKCIJE OBJEKTA „AUTO-<br>TRANSPORT“ U PRIJEDORU .....                                                  | 1348-1351 |
| 4. Вероника Зеџ, Владимир Мученски,<br>ПРОЦЕНА РИЗИКА БЕЗБЕДНОСТИ И ЗДРАВЉА НА РАДУ ЗАПОСЛЕНИХ У ПРОЦЕСУ<br>ИЗВОЂЕЊА ОБЈЕКТА ПРЕКО АУВА МЕТОДЕ .....                        | 1352-1355 |
| 5. Урош Мартиновић, Драго Жарковић,<br>ПРОРАЧУН ФАКТОРА ПРЕКОРАЧЕЊА ПРЕМА ЕВРОКОДУ 8 ПРИМЕНОМ<br>НЕЛИНЕАРНЕ СТАТИЧКЕ АНАЛИЗЕ НА ОКВИРНОЈ КОНСТРУКЦИЈИ ЗГРАДЕ .....          | 1356-1359 |
| 6. Tamara Matić<br>NELINEARNA STATIČKA ANALIZA ZIDANE ZGRADE Po+P+4 U BEOGRADU .....                                                                                        | 1360-1363 |
| 7. Милош Мирковић, Мирјана Терзић,<br>ИНТЕГРАЦИЈА И ПРИМЕНА BIM И LEAN МЕТОДОЛОГИЈА НА ГРАЂЕВИНСКИМ<br>ПРОЈЕКТИМА .....                                                     | 1364-1367 |
| 8. Марија Стојановић, Мирјана Терзић,<br>ДИГИТАЛНА ТРАНСФОРМАЦИЈА У ГРАЂЕВИНАРСТВУ .....                                                                                    | 1368-1371 |
| 9. Богдан Почуча, Мирјана Терзић,<br>АНАЛИЗА ТРОШКОВА ИЗГРАДЊЕ УСЛЕД ГРЕШАКА НАСТАЛИХ РАДОМ У BIM<br>ОКРУЖЕЊУ .....                                                         | 1372-1375 |
| 10. Nemanja Mladenović,<br>ТЕХНИЧКО – ТЕХНОЛОШКА АНАЛИЗА SKELETNOG MONTAŽNOG SISTEMA HALE OD<br>ARMIRANOG BETONA .....                                                      | 1376-1379 |
| 11. Marko Vučinić,<br>IDEJNO REŠENJE ODVOĐENJA UPOTREBLJENIH VODA NASELJA ŠAJKAŠ SA PPOV .....                                                                              | 1380-1383 |

|                                                                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 12. Филип Петаковић,<br>УПОРЕДНА АНАЛИЗА ПРОЈЕКТОВАЊА ТРИ РАЗЛИЧИТА БЕЗГРЕДНА<br>КОНСТРУКТИВНА РЕШЕЊА ВИШЕСПРАТНЕ АБ ЗГРАДЕ (ПРЕМА ЕВРОКОДУ 8) ..... | 1384-1387 |
| 13. Стефан Крсмановић,<br>ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ НАВОДЊАВАЊА ПОЉОПРИВРЕДНОГ ЗЕМЉИШТА „ПОЉОКОП“<br>ЛАЛИЋ .....                                                 | 1388-1391 |

### Radovi iz oblasti: Arhitektura

|                                                                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Милица Павловић,<br>ХИБРИДНО СТАНОВАЊЕ У ГРАДСКОЈ ЧЕТВРТИ НОВОГ САДА – АРХИТЕКТОНСКА<br>СТУДИЈА .....                                                | 1392-1395 |
| 2. Невена Малетић,<br>АДАПТАЦИЈА И УРЕЂЕЊЕ ЕНТЕРИЈЕРА ДВОРЦА ДУЊЕРСКИ У БУТИК ХОТЕЛ .....                                                               | 1396-1399 |
| 3. Марина Иванов,<br>УРЕЂЕЊЕ ЕНТЕРИЈЕРА ПОСЛАСТИЧАРНИЦЕ У НОВОМ САДУ .....                                                                              | 1400-1403 |
| 4. Јована Томић,<br>ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ЕНТЕРИЈЕРА КОКТЕЛ БАРА СА ПРОДАЈНИМ ПРОСТОРОМ .....                                                                   | 1404-1406 |
| 5. Jelena Todorović, Milena Krklješ,<br>АРХИТЕКТОНСКА СТУДИЈА СТАМБЕНОГ ВИШЕПОРОДИЧНОГ КОМПЛЕКСА КАО ПРИМЕРА<br>„ZELENE“ АРХИТЕКТУРЕ У NOVOM SADU ..... | 1407-1410 |
| 6. Adalet Šemsović,<br>РЕКОНСТРУКЦИЈА I REVITALIZACIЈА PORODIЧНЕ КУЋЕ U SELU ČITLUK .....                                                               | 1411-1414 |
| 7. Дарија Боројевић,<br>АНАЛИЗА И ИЗРАДА ИДЕЈНОГ РЕШЕЊА ЦЕНТРА НАУЧНЕ ЗАЈЕДНИЦЕ КРОЗ ПРИЗМУ<br>ОДРЖИВЕ АРХИТЕКТУРЕ .....                                | 1415-1418 |
| 8. Sara Vukoje,<br>ENTERIJER DEPARTMANA ZA АРХИТЕКТУРУ I URBANIZAM .....                                                                                | 1419-1422 |
| 9. Никола Јерковић,<br>ИСТРАЖИВАЊЕ БРУТАЛИСТИЧКОГ АРХИТЕКТОНСКОГ ПРАВЦА НА ПРИМЕРУ<br>ИСТОЧНЕ НЕМАЧКЕ .....                                             | 1423-1425 |
| 10. Marija Petrović,<br>SEKQUENCE TRANZITIVNIH PROSTORA KJOTA .....                                                                                     | 1426-1429 |
| 11. Svetlana Vignjević,<br>DIGITALNA FABRIKACIЈА TANKIH LJUSKI METODOM PLETENJA .....                                                                   | 1430-1433 |
| 12. Милена Станковић,<br>ПРОЈЕКАТ ИДЕЈНОГ РЕШЕЊА УРБАНИСТИЧКОГ УРЕЂЕЊА СТАМБЕНОГ НАСЕЉА<br>"ДУБОЧИЦА" У ЛЕСКОВЦУ .....                                  | 1434-1436 |

### Radovi iz oblasti: Industrijsko inženjerstvo i menadžment

|                                                                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Valentina Dukić,<br>DIZAJN I SIMULACIЈА RADA ROBOTSKE RUKE U PROGRAMU SOLIDWORKS .....                                                             | 1437-1440 |
| 2. Aleksandra Simić,<br>ISPITIVANJE KLJUЧNIH VEŠTINA IZ OBLASTI UPRAVLЈANJA PROJEKTIMA KOJE SU<br>PRIMENJIVE U VOĐENJU PREDUZETNIЧКОГ PODUHVATA ..... | 1441-1444 |
| 3. Stefan Nikolić,<br>KVANTIFIKACIЈА RIZIKA I OPTIMIZACIЈА STRATEGIЈE INVESTIRANJA U KRIZNIM<br>USLOVIMA POSLOVANJA .....                             | 1445-1448 |

|                                                                                                                         | <b>STRANA</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 4. Teodora Majstorović,<br>PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U UPRAVLJANJU PROJEKTIMA – ANALIZA PRIMENE<br>CHATGPT-A ..... | 1449-1452     |
| 5. Bojana Maricki,<br>ESG KAO NOVA DIMENZIJA VREDNOVANJA PROJEKATA.....                                                 | 1453-1456     |
| 6. Nikola Jeremić,<br>OKVIR KOMPETENCIJA ZA SCRUM MASTERA .....                                                         | 1457-1460     |
| 7. Bojana Lončar,<br>UTICAJ DRUŠTVENIH MREŽA NA MENADŽMENT DOGAĐAJA .....                                               | 1461-1463     |
| 8. Sanja Mutić,<br>MESTO, ULOGA I ZNAČAJ INSTRUMENATA UPRAVLJANJA RIZIKOM PORTFOLIJA .....                              | 1464-1467     |
| 9. Aleksandra Nikolić,<br>SINDROM SAGOREVANJA (BURNOUT) KOD NASTAVNIKA .....                                            | 1468-1471     |
| 10. Dušan Drača,<br>UNAPREĐENJE PROCESA DISTRIBUCIJE U KOMPANIJI MERCATOR S .....                                       | 1472-1475     |

### **Radovi iz oblasti: Inženjerstvo zaštite na radu i zaštite životne sredine**

|                                                                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Milica Vilovski, Zoran Čepić,<br>TEHNIČKA I EKOLOŠKA ANALIZA RADA INDUSTRIJSKOG POSTROJENJA „DIJAMANT“<br>d.o.o. – ZRENJANIN .....          | 1476-1479 |
| 2. Rada Bujić, Dejan Ubavin,<br>OPCIJE SMANJENJA NEGATIVNOG UTICAJA OTPADA OD HRANE NA ŽIVOTNU SREDINU ...                                     | 1480-1483 |
| 3. Milan Marković, Slobodan Morača,<br>PROJEKTOVANJE SISTEMA ZAŠTITE I UPRAVLJANJE RIZIKOM U ZDRAVSTVENIM<br>USTANOVAMA SEKUNDARNOG TIPA ..... | 1484-1487 |

### **Radovi iz oblasti: Matematika u tehnici**

|                                                                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Sonja Nedić,<br>KONVEKSNOM PROGRAMIRANJE I PRIMJENA NA PORTFOLIO INVESTICIONI FONDVA U<br>PERIODU PERMAKRIZE ..... | 1488-1492 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

### **Radovi iz oblasti: Geodezija i geomatika**

|                                                                                                                                              |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Anđela Radišić,<br>ANALIZA I IMPLEMENTACIJA KNJIGE POLJA U OBLIKU GEOPORTALA .....                                                        | 1493-1496 |
| 2. Никола Кеџић,<br>ИЗРАДА ГЕОПОРТАЛА ВОДОВОДНЕ МРЕЖЕ ЗА ПОДРУЧЈЕ ГРАДА НОВОГ САДА .....                                                     | 1497-1500 |
| 3. Ivana Marković,<br>SENZORSKI SISTEM ZA MONITORING KVALITETA VAZDUHA BAZIRAN NA ARDUINO<br>PLATFORMI I APLIKACIJI U MATLAB OKRUŽENJU ..... | 1501-1503 |
| 4. Милош Пјевац, Мирко Борисов,<br>КОНФОРМНЕ ПРОЈЕКЦИЈЕ ЗА РЕПУБЛИКУ СРБИЈУ СА НАЈМАЊИМ АПСОЛУТНИМ<br>ЛИНЕАРНИМ ДЕФОРМАЦИЈАМА .....          | 1504-1507 |

## **Radovi iz oblasti: Upravljanje rizikom od katastrofalnih događaja i požara**

1. Богдан Радић, Слободан Шупић,  
ПРОЦЕНА РИЗИКА ОД КАТАСТРОФА КЛИНИЧКОГ ЦЕНТРА ВОЈВОДИНЕ ..... 1508-1511

## **Radovi iz oblasti: Inženjerstvo informacionih sistema**

1. Ana Zuber,  
ISTRAŽIVANJE UTICAJA AUTOMATIZOVANIH ALATA ZA REFAKTORISANJE NA  
ZADOVOLJSTVO KORISNIKA U PROCESU REINŽENJERINGA ..... 1512-1515
2. Nikola Nikolić,  
VEŠTAČKA INTELIGENCIJA U E-REGRUTOVANJU I KREIRANJE VEB APLIKACIJE "JOB  
PORTAL" PRIMENOM PROGRAMSKOG JEZIKA PYTHON - SINTEZA TEORIJE I PRAKSE ..... 1516-1519

## **Radovi iz oblasti: Biomedicinsko inženjerstvo**

1. Svetlana Sekulić,  
PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA U ANALIZI HODA PACIJENATA OBOLELIH OD  
NEURODEGENERATIVNIH BOLESTI ..... 1520-1523
2. Јована Црногорац,  
ПЕЈСИНГ И ДЕФИБРИЛАЦИЈА СРЦА ..... 1524-1527
3. Aleksandra Paskaš,  
UPRAVLJANJE SA VIŠE STEPENI SLOBODE PRIMENOM TEHNIKA MAŠINSKOG UČENJA ..... 1528-1531
4. Сара Миљуш,  
ДЕТЕКЦИЈА СТЕНОЗА И ОКЛУЗИЈА КОРОНАРНИХ АРТЕРИЈА ..... 1532-1535

## **Radovi iz oblasti: Animacija u inženjerstvu**

1. Jelena Šušnjević,  
KOMPARATIVNA ANALIZA RENDERER-A U BLENDER-U: USPOSTAVLJANJE RAVNOTEŽE  
IZMEĐU BRZINE I FOTOREALIZMA ..... 1536-1539
2. Lenka Siriški,  
RAZVOJ RAČUNARSKE IGRE „ŠRUMS“ ..... 1540-1543
3. Душан Дамњановић, Ана Перишић,  
КРЕИРАЊЕ ДИГИТАЛНОГ КАРАКТЕРА И REAL-TIME СИМУЛАЦИЈА ФАЦИЈАЛНИХ  
ЕКСПРЕСИЈА ГЛУМЦА ..... 1544-1547

## **Radovi iz oblasti: Čiste energetske tehnogije**

1. Akoš Toth,  
KORIŠĆENJE SOLARNE ENERGIJE ZA PUNJENJE AKUMULATORA DRONA ZA TRETIRANJE  
BILJAKA ..... 1548-1551

## **ULOGA BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) U ODRŽIVOM PROJEKTOVANJU ZGRADA: ANALIZA INTEGRACIJE BIM-A ZA ODRŽIV RAZVOJ GRAĐEVINSKE INDUSTRIJE**

### **THE ROLE OF BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) IN SUSTAINABLE BUILDING DESIGN: AN ANALYSIS OF BIM INTEGRATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY**

Saša Jovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### **Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad istražuje ključnu ulogu BIM-a u postizanju održivosti u građevinskoj industriji. Fokusiramo se na analizu inicijativa za održiv razvoj, sisteme za ocenjivanje zelenih zgrada, i integraciju BIM-a za unapređenja održivog projektovanja. Naglasak na primeni BIM-a za efikasno upravljanje resursima, energetsom efikasnošću i održivim materijalima, čime se doprinosi globalnim ciljevima održivog razvoja.

**Ključne reči:** Održiv razvoj, Sistemi za ocenjivanje zelenih zgrada, BIM tehnologija, Održivost, Održiv projekat

**Abstract** – This paper explores the pivotal role of BIM in achieving sustainability in the construction industry. We focus on analysing initiatives for sustainable development, green building assessment systems, and the integration of BIM to enhance sustainable design. Emphasis is placed on the use of BIM for efficient resource management, energy efficiency, and sustainable materials, thereby contributing to global sustainability goals.

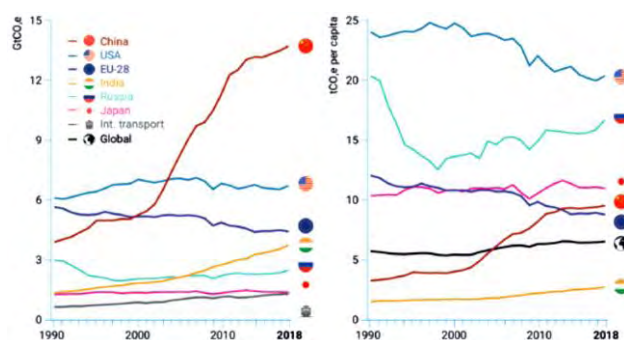
**Keywords:** Sustainable development, Green building assessment systems, BIM (Building Information Modelling technology), Sustainability, Sustainable project

#### **1. UVOD**

Klimatske promene su izazov s kojim se suočava čovečanstvo već decenijama. Građevinski sektor, ključan u ovom kontekstu, nije dovoljno napredovao ka održivosti. Digitalne tehnologije nude priliku za transformaciju sektora. Prema istraživanjima, porast globalne temperature je realnost zbog ljudskih aktivnosti. Inicijative poput Agende 2030 i Pariskog sporazuma naglašavaju hitnost i planove za smanjenje emisija gasova. EU takođe ima strategije za smanjenje emisija do 2030. godine. Potrebno je zajedničko delovanje, svest o promenama i angažman na globalnom nivou kako bi se suzbile klimatske promene.

#### **NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Peško, vanr. prof.



Slika 1: Najveći emiteri gasova sa efektom staklene bašte apsolutno (levo) i po glavi stanovnika (desno) (UNEP 2019).

#### **2. SISTEMI ZA OCENJIVANJE ZELENIH ZGRADA**

Ocene zelenih zgrada su postale ključne u proceni ekološke održivosti građevinskih projekata.

Razvijeno je više od 34 sistema za ocenjivanje zelenih građevinskih objekata širom sveta, s naglaskom na četiri glavna zajednička elementa: kategorije, sistem ocenjivanja, sistem ponderisanja i prikaz rezultata.

Među najpopularnijim sistemima su BREEAM, LEED, Level(s), CASBEE i SBTool, a njihova primena širi se globalno. BREEAM, prvi takav sistem, razvijen je u Engleskoj 1990. godine i široko se koristi u različitim vrstama objekata širom sveta, ocenjujući performanse u devet kategorija i dodeljujući ocene od 1 do 5 zvezdica. LEED, pokrenut 2000. godine u SAD-u, takođe se koristi globalno, nudeći ocenjivanje u šest varijanti i dodeljujući sertifikate na nivou Sertifikata, Srebra, Zlata i Platine. Level(s) je okvir Evropske komisije za procenu održivosti zgrada, oslanjajući se na šest makro-ciljeva. CASBEE, razvijen u Japanu, ocenjuje ukupnu performansu zgrada koristeći princip Efikasnosti građevinske zaštite životne sredine.

SBTool, koji se koristi u više od 20 zemalja, pruža prilagodljiv alat za ocenjivanje zgrada prema sedam glavnih kategorija. Svi ovi sistemi nude jedinstvene pristupe u ocenjivanju ekološke održivosti građevinskih projekata, prilagođene različitim lokalnim potrebama i uslovima, uz naglasak na smanjenju negativnog uticaja na okolinu.

### 3. POTREBE ZA BIM TEHNOLOGIJOM

Potreba za BIM tehnologijom proizlazi iz ključnih potreba u upravljanju vremenom, troškovima i resursima u građevinskim projektima. Građevinska industrija se suočava s izazovima kao što su kompleksnost procesa, nedostatak efikasnog upravljanja informacijama i nedostatak dugoročne strategije. Priroda informacija i njihov protok zahtevaju efikasno prikupljanje i prezentaciju informacija. Nedostatak standardizacije otežava deljenje informacija između učesnika. Upravljanje informacijama putem BIM-a može poboljšati integraciju praksi u industriji. Nedostatak dugoročnog strateškog menadžmenta i nedostatak interoperabilnosti IT sistema su ključni problemi. Investicije u IT se često doživljavaju kao trošak, a ne kao korist, što ograničava napredak ka standardizaciji. To posebno utiče na male građevinske organizacije, dovodeći do zabrinutosti za njihovo preživljavanje i odlaganje napretka u industriji.

### 4. BIM TEHNOLOGIJA

Modeliranje informacija o građenju (BIM) je revolucija u građevinskoj industriji. BIM je digitalna reprezentacija objekata koja se koristi kao zajednički resurs za informacije tokom celog životnog ciklusa objekta. Osnova BIM-a je koncept saradnje podržane digitalnom tehnologijom za efikasnije projektovanje, isporuku i održavanje objekata. BIM ima široke implikacije, obuhvatajući sektor građevinarstva, životni ciklus projekta i veze sa operativnim sistemima građevinskog okruženja. On se razvija kroz različite nivoe zrelosti, uključujući 2D i 3D geometriju, integraciju vremenskih (4D) i troškovnih (5D) elemenata, kao i aspekte poput održavanja (6D) i održivosti (7D). Napredak BIM-a vodi ka digitalnom blizancu - modelu koji odgovara stvarnom objektu, pružajući tačne informacije za upravljanje tokom celog životnog veka. Budućnost BIM-a obuhvata Lean BIM (fokus na kontinuiranom unapređenju) i AI BIM (veća primena veštačke inteligencije), otvarajući vrata pametnim gradovima i informisanom donošenju odluka u građevinskom procesu.



Slika 2. Generičko upravljanje projektima i upravljanje informacijama o životnom ciklusu imovine

Ključna je efikasna razmena podataka, a digitalizacija omogućava prikupljanje i deljenje informacija putem tehnoloških sredstava. Zajedničko okruženje za razmenu podataka (CDE) postaje srž BIM procesa, omogućavajući organizovano deljenje informacija među stručnjacima uz precizne sisteme bezbednosti i zaštitu intelektualne

svojine. Standardi poput ISO 19650:2018 igraju ključnu ulogu u upravljanju informacijama tokom životnog ciklusa objekta i olakšavaju interoperabilnost softvera.

### 5. ODRŽIVOST

Zgrada zelene izgradnje pruža okvir za održivost, smanjujući štetu na planeti i osiguravajući dugoročnu funkcionalnost. Ova ideja evoluirala je kroz vekove, s izgradnjom prilagođenom okolini u drevnim kulturama do industrijske ere koja je poticala masovnu proizvodnju. U sedamdesetima i osamdesetima javila se svest o ekološkim problemima, što je rezultiralo formiranjem organizacija poput EPA i USGBC, promovišući zelenu gradnju. Održiv projekt nadilazi zelenu gradnju, obuhvatajući širi uticaj na ekologiju, društvo i ekonomiju. Definicija održivog projekta uključuje aspekte ekološke očuvanosti, socijalne odgovornosti i ekonomske izvodljivosti. To traži balans između Ljudi, Planete i Prosperiteta. Održiv projekt nije samo "100% manje loš", već teži obnavljanju i regeneraciji naše planete. Inicijalne reference za održivi projekat potiču iz 1960-ih. Ove ideje održivosti su duboko ukorenjene u arhitekturi i građevinarstvu kroz vekove, prilagođavajući se klimatskim uslovima i dostupnim materijalima. Primeri, eskimski iglu je efikasno sklonište koje koristi sneg kao izolaciju, dok su konstrukcije u toplim klimama koristile masivne adobe za odbijanje toplote. Ove tehnike su vremenom zamijenjene novim tehnologijama, gubeći pasivne pristupe za aktivne sisteme. Knjige poput "Projekat s Klimom" Olgyaya (1963) i eksperimentalni projekti poput solarnih stanova iz tog vremena označili su početak definiranja održivog razvoja. Njihov utjecaj bio je temeljan u promicanju ideje o gradnji prilagođenoj okolišu. Održivi projekt teži smanjenju ekološkog uticaja kroz ekološki osveštene prakse u projektovanju i gradnji. Različite definicije se razlikuju, ali osnovno je očuvanje okoline. Uspostavljanje smernica je ključno za postizanje ciljeva održivosti. Ovi principi se odnose na lokaciju, energetske resurse, kvalitet unutarnjeg okoliša i materijale. Na primjer, princip pametnog rasta naglašava važnost odabira odgovarajuće lokacije i obnavljanja postojećih objekata. Održivi projekti donose ekološke, ekonomske, društvene i poslovne koristi. Smanjenje otpada, energetska učinkovitost i unapređenje unutrašnjeg okoliša su neke od ključnih prednosti. Osim toga, održiva gradnja može poboljšati kvalitet života korisnika zgrada. Saradnja timova, nedostatak znanja o alatima i pritisak za smanjenjem materijala su izazovi u postizanju održivosti. Također, otpad na gradilištima, tehnološki napredak i pogoršanje okoliša zahtijevaju intenzivnije istraživanje kako bi se pronašla rješenja koja odgovaraju budućim generacijama.

### 6. BIM I ODRŽIV PROJEKAT

BIM i održivi projekti su ključni zbog zabrinutosti oko potrošnje energije. U Velikoj Britaniji, gotovo polovina potrošene energije dolazi iz zgrada. Korišćenje BIM-a omogućava poboljšanje energetske efikasnosti tokom čitavog projektnog ciklusa, ali napor za stvaranje visoko efikasnih zgrada još nisu ispunili svoj pun potencijal. Održiva rešenja su važna za unapređenje kvaliteta života, smanjenje otpada i očuvanje resursa. Integracija BIM-a s

projektantskim timom doprinosi boljem kvalitetu u svim fazama projekta. U 2016., Velika Britanija je učinila BIM obaveznim u građevinskoj industriji kako bi unapredila održiva rešenja. Za postizanje održivosti, ključne strategije uključuju orijentaciju zgrade, oblikovanje, dnevno svetlo, sakupljanje vode, energetska modeliranje, obnovljivu energiju, materijale i izolaciju. BIM omogućava brže iteracije i analize, što pomaže u optimizaciji ovih strategija za održive rezultate. Kvalitet informacija unesenih u BIM model direktno utiče na preciznost podataka koje dobijate iz modela. Kroz ove koncepte, koristimo različite alate bazirane na BIM modelu koji pomažu u analizama i kreiranju geometrije projekta.

### 6.1. Orijentacija zgrade

Orijentacija zgrade se odnosi na postavljanje zgrade u odnosu na putanju sunca. To utiče na energetska efikasnost i udobnost, omogućavajući optimizaciju pasivnih solarnih strategija za osvetljenje, grejanje i hlađenje. Ova faza projektovanja zahteva razumevanje geoprostorne lokacije, solarnog juga i pravca vetrova. Pravilna orijentacija omogućava manje energetska opterećenje i pasivne strategije poput senčenja u vrućim klimama ili povećanje solarnog zračenja u hladnim klimama. Uprkos njenom blagom direktnom uticaju na energetska efikasnost, pravilna orijentacija postavlja temelj za uspeh ostalih strategija.

Različite klime zahtevaju prilagođene strategije. U vrućim klimama, senčenje održava svežinu, dok u hladnim klimama omogućava upotrebu sunčeve svetlosti za zagrevanje. Pravilna orijentacija takođe olakšava prirodnu ventilaciju. Orijentacija zgrade utiče na potrošnju energije. U kancelarijskim zgradama, pravilna orijentacija može značajno smanjiti potrebu za električnim osvetljenjem. U drugim vrstama zgrada, poput laboratorija, uticaj može biti manji zbog većeg unutrašnjeg opterećenja. Ciljevi projekta trebaju biti realni i prilagođeni specifičnostima lokacije. Pravilna orijentacija treba biti jedno od prvih razmatranja u projektantskom timu. BIM omogućava preciznu orijentaciju prema solarnom jugu. Identifikacija solarnog juga u BIM okruženju je ključna za postizanje pravilne orijentacije. Orijentacija zgrade je ključna za održivost projekta, pružajući temelj za efikasno korišćenje resursa i implementaciju drugih održivih strategija.

### 6.2. Oblikovanje mase zgrade

U oblikovanju mase zgrada, ključno je osigurati optimalnu strukturu koja omogućava pristup dnevnom svetlu i efikasnu termoizolaciju. Postoje različiti oblici zgrada koji se prilagođavaju tipu zgrade i lokaciji, uzimajući u obzir estetiku, ekonomiju i programski zahtev. Pravilno oblikovanje mase zgrade ima za cilj smanjenje ukupnih energetska potreba, omogućavajući investiranje u efikasniju opremu i prihvatljiviju upotrebu obnovljivih sistema.

Analiza oblika zgrada putem softvera za energetska analizu pruža uvid u godišnje troškove energije za različite oblike. Simulacije pokazuju da određeni oblici zgrada omogućavaju značajne uštede do 22% na troškovima energije u poređenju s baznom potrošnjom.

Klima, kultura i lokacija igraju ključnu ulogu u oblikovanju mase zgrade. Na primer, oblici zgrada variraju ovisno o klimatskim uslovima kako bi iskoristili pasivne projektantske strategije za grejanje, hlađenje i osvetljenje. Organizaciona kultura takođe utiče na oblik zgrade, a lokacija može odrediti visinu, raspored spratova i uticati na okolinu. Korišćenje softvera za oblikovanje (BIM) omogućava istraživanje različitih oblika zgrada i upoređivanje njihovih prednosti i mana. Osim toga, pravilno oblikovanje zgrade može smanjiti potrebe za resursima, kao što je to slučaj s kancelarijskim zgradama koje zahtevaju različite pristupe prema unutrašnjim i spoljnim opterećenjima.

### 6.3. Dnevna rasveta

Dnevna rasveta znači iskorišćavanje prirodne svetlosti kako bi se smanjila potreba za veštačkim osvetljenjem u zgradama. Ovo ne samo da doprinosi smanjenju potrošnje energije, već i utiče na unutrašnju udobnost. Bitni faktori za uspešan dizajn dnevne rasvete uključuju orijentaciju zgrade, odabir pravog stakla, spoljne uređaje za zasenčivanje i organizaciju prostora. Takođe, ključno je razumeti kako klima, kultura i lokacija utiču na efikasnost korišćenja dnevne svetlosti. Za analizu se koriste sofisticirani alati poput BIM modela i softverskih paketa kao što su Radiance, Integrated Environmental Solutions Virtual Environment i Daysim.

### 6.4. Sakupljanje vode

Fokus održivog projektovanja često je na energiji, ali voda je ključni, ograničeni resurs. Postoji velika potrošnja vode, a svest o njenoj štednji raste. To se posebno odnosi na ispiranje toaleta i zalivanje travnjaka. Korišćenje manjih količina vode za ispiranje i alternativnih materijala za travnjake može značajno smanjiti potrebu za vodom. Razumevanje klimatskih uticaja može naročito uticati na našu potrošnju vode. Smanjenje potrošnje vode je ključno, a postoji nekoliko strategija, kao što su eliminisanje nepotrebne upotrebe vode, odabir efikasnih sistema, sakupljanje kišnice, ponovna upotreba sive vode i tretman otpadnih voda na licu mesta. Korišćenje BIM modela i drugih alata omogućava projektantima da analiziraju i planiraju efikasnije korišćenje vode u projektima. S tim u vezi, sakupljanje informacija o padavinama za određenu lokaciju je ključno za planiranje održivog korišćenja vode.

### 6.5. Model energetike

Energetski modeli omogućavaju razumevanje potreba zgrade za energijom i kako se sistemi integrišu. Postoji mnogo načina za smanjenje potrošnje energije, od orijentacije zgrade i masiranja do optimizacije stakla i osvetljenja. Integracija ovih strategija može značajno smanjiti potrebu za hlađenjem zgrade. Osim toga, primena obnovljivih izvora energije, poput solarnih i vetrovih sistema, može zadovoljiti energetske potrebe zgrade. Međutim, cena i dostupnost ovih sistema variraju od lokacije do lokacije. Utvrđivanje najefikasnijeg rešenja za generisanje obnovljive energije zahteva analizu ekonomske isplativosti i izbor sistema u skladu sa specifičnostima lokacije i troškovima. Kupovina sertifikata za obnovljivu energiju može biti alternativa

ako direktna implementacija ovih sistema nije trenutno ekonomski izvodljiva.

## 6.6. Materijali

Razmišljanje o materijalima za izgradnju ključno je za stvaranje održivih zgrada. Od odabira materijala do završne konstrukcije, svaki korak u projektu može značajno uticati na energetske potrošnje i ekološki otisak. Pri izboru materijala, važno je uzeti u obzir nekoliko faktora. Pored funkcionalnosti, materijali bi trebali da imaju višestruku svrhu ili doprinosti efikasnosti zgrade na različite načine. Na primer, beton i metalne ploče ne samo da su građevinski materijali već i reflektuju svetlost, produžavajući dnevno osvetljenje unutar zgrade. Treba voditi računa o materijalima poput Portland cementa jer zahtevaju značajnu energiju tokom proizvodnje, što može znatno povećati ukupnu energetske potrošnje zgrade. Izbor materijala s manjim energetskim troškovima može biti ključan za stvaranje održivog okruženja. Transport materijala takođe ima važnu ulogu jer se građevinski materijali često prevoze velikim udaljenostima, trošeći fosilna goriva i stvarajući štetne emisije. Preferiranje lokalnih materijala ne samo da smanjuje ekološki otisak već podržava i lokalnu ekonomiju kroz zapošljavanje ljudi u zajednici. Reciklirani materijali takođe igraju ključnu ulogu u smanjenju ekološkog uticaja građevinskih projekata. Korišćenje materijala koji su već bili u upotrebi značajno smanjuje emisije i otpad, pridonoseći boljoj povezanosti s lokalnom zajednicom i ekonomijom.

## 6.7. Optimizacija građevinske termoizolacije

Da optimizujemo termoizolaciju zgrade, moramo pažljivo razmotriti materijale i parametre poput klime, mesta i karakteristika termoizolacije. Ovi faktori zajedno određuju efikasnost zgrade i udobnost unutar nje. Klimatski uslovi igraju ključnu ulogu u odabiru materijala za termoizolaciju. Različite klime zahtevaju različite nivoe otpora toploti između unutrašnjosti i spolnosti zgrade. Preporuke za termoizolaciju variraju u skladu s klimatskim zonama, a propisi takođe mogu imati svoje standarde. Efikasna termoizolacija zavisi od dva ključna faktora: uštede energije i nivoa udobnosti koji pruža. Pri odabiru materijala za termoizolaciju, fokus je na elementima poput izolacije i stakla. Kada je reč o izolaciji, ključna energetska svojstva uključuju U-vrednost, koja meri prenos toplote kroz materijal, i koeficijent solarnog toplotnog dobitka (SHGC), koji određuje količinu direktnog solarnog zračenja koje ulazi u zgradu. Takođe, providnost vidljivog svetla (VLT) i odnos svetla prema solarnom dobitku (LSG) su bitni faktori. Optimizacija termoizolacije znači balansiranje ovih svojstava prema specifičnim potrebama zgrade i okoline. U krajnjem slučaju, odabir materijala za građevinski projekat trebao bi biti usmeren ka stvaranju efikasne, održive zgrade koja ne samo da ispunjava svoju funkciju već i minimalizuje negativne uticaje na životnu sredinu.

## 6.8. Korišćenje besplatnih ili lokalnih resursa i prirodnih sistema

Odlučili smo se fokusirati na tri besplatna resursa: vetar, kišnicu i sunce, koristeći ih za energiju i smanjenje potrošnje resursa. Vetar se može koristiti za prirodno hla-

đenje kroz ventilaciju, posebno u povoljnim klimatskim uslovima. Kišnica, sakupljena i filtrirana, može biti izvor vode za različite namene. Sunce je izvor svetlosti i toplote, što se može efikasno koristiti za osvetljenje prostora i grejanje. Integracija ovih resursa zahteva pažljivo projektovanje zgrada i odgovarajuće sisteme za sakupljanje i korišćenje. Za korišćenje vetra u prirodnom hlađenju, važno je pravilno orijentisati zgradu i koristiti odgovarajuće prozore. Sakupljanje kišnice je jednostavan način smanjenja potrošnje vode, za zalivanje ili čak tehničke procese. Sunčeva svetlost i toplota mogu se efikasno koristiti za osvetljenje i grejanje prostora, s pravilnim postavljanjem prozora i stakala. Koristeći ove prirodne resurse zahteva precizno projektovanje i integraciju u zgradu, što može značajno smanjiti potrebu za konvencionalnim sistemima, poput veštačke rasvete, grejanja ili rashladnih sistema. Integracija ovih resursa zahteva detaljno planiranje i prilagođavanje prema klimatskim uslovima i potrebama zgrade.

## 7. ZAKLJUČAK

BIM je ključan za održivost u građevinskoj industriji, omogućavajući integraciju održivih principa kroz sve faze projekata. Ova tehnologija optimizuje energetske efikasnost, smanjuje uticaj na okolinu i promoviše upotrebu održivih materijala. Integracija BIM-a u projektovanje daje priliku za stvaranje građevinskih objekata koji imaju pozitivan uticaj na planetu, gradeći održive zajednice za sadašnje i buduće generacije. BIM nije samo softver, već alat za transformaciju, podsećajući nas da svaka zgrada ili infrastruktura može biti prilika za ostvarenje održive vizije. U vremenima kada je održivost ključna, BIM tehnologija nas podstiče da budemo inovativni, odgovorni i da gradimo za bolju budućnost.

## 8. LITERATURA

- [1] G. Heerkens, "Project Management, 24 Steps to Help You Master Any Project," McGraw Hill, 2007.
- [2] P.J. Lewis, "The Project Manager's Desk Reference, 2nd Edition," McGraw Hill, 2000.
- [3] C.J. Kibert, "Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery."
- [4] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston, "BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors."
- [5] B.D. Ojha, B. Schwartz, "BIM for Sustainable Design: Best Practices and Techniques."

### Kratka biografija:



**Saša Jovanović** rođen je u Beogradu 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Tehnologija i organizacija građenja odbranio je 2023 god.  
kontakt: [sasaklein94@gmail.com](mailto:sasaklein94@gmail.com)

**АНАЛИЗА ТРОШКОВА И ВРЕМЕНА И МЈЕРЕ ЗАШТИТЕ ПРИ САНАЦИЈИ  
КЛИЗИШТА****COST AND TIME ANALYSIS AND PROTECTION MEASURES DURING LANDSLIDE  
REHABILITATION**

Биљана Маријановић, Владимир Мученски, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – Један од основних елемената управљања пројектима јесте адекватна анализа трошкова и одређивање временског плана пројекта, узимајући у обзир да неадекватна анализа може негативно да утиче на успјешност реализације пројекта тако што неће бити остварен у задатом временском року, са одређеним квалитетом или у планираном буџету. Инфраструктурни пројекти у републици Њемачкој врше се на основу захтјева и услова инвеститора па је веома важно остварити квалитетно управљање пројектом, с обзиром да се ради о трошењу јавних финансијских средстава и о пројектима који имају значајну улогу у обезбјеђивању неометаног одвијања саобраћаја, животне средине и друштва.

**Кључне речи:** Клизиште, санација клизишта, стабилизација тла, анкери, инфраструктурни пројекти.

**Abstract** – One of the basic elements of project management is an adequate analysis of costs and the determination of the project schedule, taking into account that an inadequate analysis can negatively affect the success of the project's implementation, as it will not be completed within the given time frame, with a certain quality or within the planned budget. Infrastructure projects in the Republic of Germany are carried out based on the requirements and conditions of investors, so it is very important to achieve quality project management, considering that it is about spending public financial resources and about projects that have a significant role in ensuring the smooth development of traffic, the environment and society.

**Keywords:** Landslides, Landslide rehabilitation, land stabilization, anchor, infrastructure projects.

**1. УВОД**

Предмет овог мастер рада јесте анализа управљања пројектима који се баве заштитом косина од одроњавања. Дат је класични приједлог санација као и грађевинска механизација потребна да се овакви пројекти изведу на терену. Акценат је такође стављен на мјере заштите на раду приликом извођења радова на висинама.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Драго Жарковић, доцент.

Кроз читаву анализу рада могло се уочити да су кључне тачке у реализацији оваквих врста пројеката добра процјена адекватне заштите, логистика као и услови терена који диктирају брзину извођења радова као и адекватну механизацију. Оно што је карактеристично код оваквих пројеката јесте да је инвеститор скоро па увијек државни орган и да се у циљу безбједности људи на путевима или насељеном простору посвећује посебна пажња.

**2. МЕХАНИЗМИ ОДВАЈАЊА И ОТКАЗИВАЊА  
СТИЈЕНСКИХ МАСА**

Масовна кретања у суштини представљају самопомјерање чврсте или лабаве стијене низ падину, које се састоји од различитих механизма одвајања и кретања приказаних на сликама 1. и 2.

**3. ОКИДАЧИ МАСОВНИХ СТИЈЕНСКИХ  
ПОКРЕТАЊА**

Најважнији покретачи за масовна стијенска покретања су:

- Промјене у геометрији нагиба

Геометрије нагиба могу се мијењати и природним и антропогеним процесима. Природни процеси у којима долази до промјене геометрије падине узроковани су ерозијом стијена кроз водотоке.

- Повећања оптерећење

У чврстој стијени, силе смицања које се могу апсорбовати могу бити прекорачене додатним оптерећењима. У растреситим стијенама брза примјена оптерећења доводи до повећања притиска воде у порама, што такође доводи до смањења чврстоће на смицање.

- Ударци и вибрације

Удари и вибрације могу бити природног или антропогеног порјекла. Они су узроковани земљотресима, минирањем, саобраћајем, машинама и грађевинским радовима и могу имати вишеструки утицај на равнотежу сила на падини.

- Падавине, планинске и подземне воде

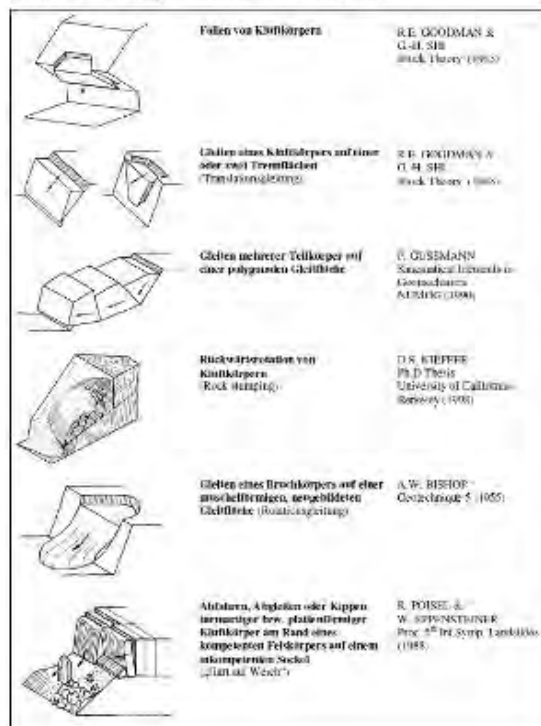
Вода је један од најчешћих фактора који изазивају масовна кретања. Продором у пукотине и поре, падавине и отопљене воде утичу и на ниво планинске воде у чврстој стијени и на ниво подземне воде у растреситим стенама. Као што се показало, брзо топљење снега и падавине у периодима када нема вегетације негативно утичу на стабилност падине.

Због смањења кохезије, вода у порама доводи до смањења отпора на смицање између компоненти материјала. Додатна оптерећења као и брзе промјене у

равнотежи воде или вибрације такође могу довести до повећаног притиска воде у порама, што додатно смањује отпорност на смицање.

Ако материјал протиче, додатне силе отпора делују на компоненте, које додатно смањују стабилност.

2.1 Ablös- und Versagensmechanismen im Festgestein



2.1 Ablös- und Versagensmechanismen im Festgestein

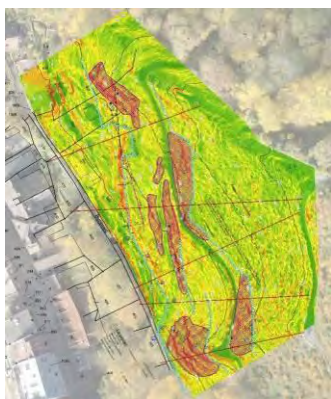


Слика 1 и 2: Механички модели механизма одроњавања са стијенских насипа

#### 4. ГЕОЛОШКА ИСПИТИВАЊА И ОДРЕЂИВАЊЕ СИГУРНОСНОГ КОНЦЕПТА

Ради лакшег и ефикаснијег планирања мјера заштите, прво се креће од прикупљања података из геолошких подлога (мапа) за то подручје.

Одмах након тога се врши испитивање тла (стијене) на лицу мјеста који омогућава геологу да изврши анализу стијенске масе како би се накнадно симулативно софтверским путем могло да процијени покретање и обрушавање најкритичнијих дијелова стијена.



Слика 3: 3Д топографски модел терена

На основу топографске карте (приказаној горе на слици), као и резултата које је геолог сакупио на терену у којима добија податке о структурним особинама стијенске масе, тј. о геолошким попречним

пресецима од којих су сачињене, ради се анализа у софтверском програму DIPS који графички показује у облику кугле могуће углове заклапања слојева од којих је стијенска маса сачињена.

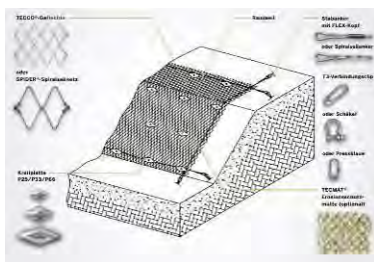
Након тога, уз помоћ софтверског програма „Rockfall“ вршимо симулације могућих исклизавања и обрушавања маса у облику блокова стијена на основу којих се даје приједлог коју врсту конструкције ћемо да изаберемо као мјеру заштите.

#### 5. СИСТЕМИ ЗАШТИТЕ ЗА СТАБИЛИЗАЦИЈУ ТЛА

Постоји више могућих начина стабилизације тла. У склопу овог пројекта коришћен је систем ТЕССО који производи фирма Geobrugg из Швајцарске.

Оно што сачињава један ТЕССО систем јесте (Слика 9):

- Мрежа која налијеже на косину
- Опционално ерозивна мата (за слабо везана тла тј. нестјеновита тла)
- Крајње ободне сајле које држе мрежу
- Анкери (Сидра) за које је сајла причвршћена за тло
- Ромбоидне плате које долазе на главу анкера које у унутрашњости држе мрежу фиксном
- Пратећи елементи за повезивање



Слика 4: *TESCO систем заштите*

Сидра (анкери) су преднапрегнута ужад или штапни елементи који могу пренијети велика оптерећења и минимизирати хоризонталне деформације.

За подјелу система анкера, посебно је корисна разлика према врсти употребе привремених анкера (на примјер за зидове јаме за ископавање) и трајних анкера (на примјер за потпорне зидове).

Постоје два система сидрења доступна широм света:

- преднапрегнута сидра од нити и
- штапни анкери

Сидра са нитима се састоје од неколико нити (обично између 3 и 15 комада). Сидра од шипке се састоје од чврстих челичних шипки са намотаним бесконачним навојем пречника између 18 и 63 мм. Предности анкера са нитима су у томе што се посебно лако постављају у веома дубоке рупе за сидрење због флексибилности нити и флексибилности у погледу промјенљивих дужина анкера.

Такође је погодан за уградњу у скученим условима. Шипке се обично накнадно ињектирају цементним малтером или се, након што се бушотина напуни цементним малтером, утискује ротационом ударном бушилицом.



Слика 5: *Анкер и такозвани „самобушени“ анкер [3]*

Друга врста анкера који се користи у специјалној нискоградњи јесу такозвани микрошпиви „TITAN“ њемачке фирме „Ischebeck“ приказани на слици десно. Као што се на слици види, ради се о анкерима којима је носиви елемент челична цијев са профилем, која подједнако служи као трајна бушилица, ињекциона цијев и шипка за ојачање.

Дакле, овакав профил (отвор) у цијеви омогућава једноставну суспензију цементне масе без да се претходно урадило додатно бушење. То нам указује на прву предност овога система јер се кораци и временски период приликом трајања бушења штеде.

## 6. ТЕХНОЛОГИЈА ИЗВОЂЕЊА РАДОВА САНАЦИЈЕ КЛИЗИШТА

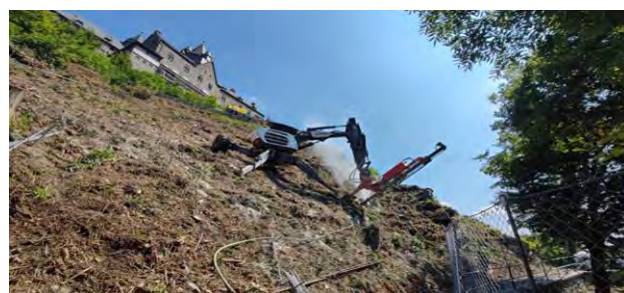
Сидра се углавном уграђују помоћу двије различите методе рада:

Помоћу опреме за ручно бушење: због стрмине терена, често је случај да се сидра морају поставити помоћу опреме за ручно бушење. Овај начин уградње је веома физички и временски захтјеван. Велика предност је што због мале тежине уређаја не долази до оштећења масе која се налази испод уређаја. У овом случају се користе покретне лафете које функционишу на пнеуматски или хидраулички систем рада.

Машинским путем - као на примјер ходајући багер са опремом за бушење (Слика 18). Уколико услови терена на градилишту то дозвољавају, темељна сидра на планинској страни се уграђују багером за бушење. Овде се могу постићи релативно велики дневни резултати и на тај начин се може покрити знатно већа површина у истом временском периоду. Проблем са овим начином рада је што ови ходајући багери са опремом за бушење имају радну тежину од 8-12 тона и стога се не може избјећи оштећење тла у пројектном подручју.

У склопу овог пројекта, санације тврђаве „Алтена“ коришћени су различити системи за бушење. Наиме, у дијеловима терена у коме је приступ паук багера био могућ, уз лафете различитих произвођача као што су „Lumesa“, „Böhler“, „Morath“ вршено је машинско бушење стијенске масе, као припрема за уградњу геотехничких сидара.

Под нормалним условима багер паук може да буде у функцији уколико нагиб терена није већи од 45°. Уколико је терен неприступачан, као што је случај овдје био, коришћени су преносиви уређаји за мобилну употребу од фирме „Lumesa“ као и „Morath“ са носећим лафетама за бушење.



Слика 6: *Машинска опрема за бушење*

## 7. УПРАВЉАЊЕ ГРАЂЕВИНСКИМ ПРОЈЕКТОМ

Реализација грађевинских пројеката представља редослијед остваривања сложеног скупа активности од стране учесника у тој реализацији, при чему се као учесници у пројекту наводе: инвеститор, консултант, пројектант, извођач радова, стручни надзор и утицајне организације.

У склопу овог пројекта инвеститор је уједно и један од државних органа, тј. покрајински секретаријат „Märkischer Kreis“.

80% пројекта је инвестирао покрајински секретаријат док је остатак, 20% преузела њемачка компанија „Телеком“ с обзиром да граничи територијом која је била обухваћена пројектом за заштиту од могућег обрушавања.

Пројектант на конкретном пројекту је била фирма „Ahlenberg Ingenieure GmbH“ која је урадила геолошке анализе, предмјере као и статичке прорачуне и извођачке планове система заштите. Извођач радова била је фирма „Салмен“ која је сертификована за све радове из области специјалне нискоградње.

Стручни надзор је, уговором дефинисаним са оба инвеститора, предвиђено да обавља пројектантска фирма.

### 7.1. Одређивање временског плана

Гантограм је уобичајен алат за графичко приказивање информација о временском плану пројекта.

У склопу овог пројекта одрађен је временски план за двије фазе рада. Прва фаза односи се на извођење заштите у доњем дијелу косина како би се створила адекватна заштита радника за извођење друге фазе заштите.

Прва фаза заштите косина трајала је укупно 61 дан, од чега је најдуже трајало постављање и уградња заштитне оgrade која је послје имала улогу заштите радника у другој фази и трајала је 48 дана. Логичан исход је да је наведена активност трајала дуго због отежаних услова рада, тј. комплетно бушење и уградња је обављена ручно без машинских уређаја.

Друга, односно главна фаза уградње заштите трајала је укупно 220 дана од чега је најдуже трајала уградња мреже за заштиту косина са свим пропратним елементима (бушење, уградња, пресовање анкера итд.). Овакве врсте радова захтијевају високо квалификовану радну снагу и адекватну машинску опрему.

Проблем код процјене трајања као и коштања активности јавља се такође због тешко предвидивих околности на терену. Нпр. може да се деси да стијенска маса има клизне површине у дубини која се буши па се дужина уградње анкера мора продужити или се наилази на чврсту стијенску масу коју је тешко бушити механизацијом која је на располагању у том тренутку. Приказ реалног гантограма за овај пројекат дат је у Прилогу 5 овог мастер рада.

У склопу обрађеног пројекта, с обзиром на топографију терена и неповољне услове за извођење радова, одрађена је процјена трошкова у случају када би се радови радили ручно, односно механички помоћу грађевинске механизације.

Јасно је, да је механички процес рада бржи и захтијева мањи капацитет радне снаге што уједно и представља јефтинију варијанту извођења, међутим избор извођења радова у највећој мјери одлучују услови терена, који су у овом случају екстремни, што је захтјевало да извођење траје дуже и из угла коштања буде скупље.

## 8. ЗАШТИТА НА РАДУ ПРИЛИКОМ ИЗВОЂЕЊА РАДОВА НА ВИСИНАМА

Пројекти који се баве заштитом и стабилности падина и косина захтјевају посебан акценат на заштити радника на градилишту. Као такви, ради максималне заштите радне снаге, имају тачно дефинисане прописе у оквиру квалификације радника.

Наиме, сва радна снага мора да буде високо квалификована и имају доказ за похађањем курсева намјењених за руковање механизацијом, кретање на терену као и мјере спашавања у случају незгода на терену. Овакве обуке неопходно је похађати и обнављати на годишњем нивоу.

Како би се лакше организовала подјела радника на оваквим пројектима, степен заштите и обучавања радне снаге подијељена је у више категорија.

Постоји 3 степена радне обуке за рад у специјалној нискоградњи. Како се на пројектима који као задатак имају заштиту косина обављају уз помоћ специјалних ужади (сајли), како би радна снага имала бар једну чврсту тачку ослањања дефинисано је експлицитно кретање радне снаге.

Списак опреме (примјер) [6]:

| Сигурносни систем                                                                                                                                                                                                                                                           | Носиви систем                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>-Сајла 11 мм полустатична у црвеној боји</li><li>-Сигурносни уређај</li><li>-Амортизер у случају пада</li><li>-У Амортизер у случају пада</li><li>-Појас за сједење</li><li>-Петље / Материјал за фиксирање и стабилизацију</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>-Сајла 11 мм полустатична у бијелој боји</li><li>-Уређај за спуштање са сајле</li><li>-Даска за сједење</li><li>-Појас за сједење</li><li>-Петље / Материјал за фиксирање и стабилизацију</li></ul> |
| Спашавање                                                                                                                                                                                                                                                                   | Заштита на раду                                                                                                                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"><li>-Сајле за спашавање</li><li>-Пакет за прву помоћ</li><li>-Нож</li></ul>                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"><li>-Шлем (са заштитом око браде)</li><li>-Визир</li><li>-Рукавице</li><li>-Радне ципеле S3</li><li>-Заштита на уши против буке</li></ul>                                                               |
| Додаци                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"><li>-Додатна кратка сигурност</li><li>-Точак за обтање</li><li>-Стезалька за ужад</li><li>-Петље разних величина</li><li>-Гајтан</li><li>-Празна карабина</li></ul>                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                           |

Према слици 7 и према одредбама TRBS 2121/T3 и DGUV-I 212-001 може се уочити да се цијели систем састоји од сигурносног система (на слици приказано лијево црвеном бојом) и носећег система (на слици приказано десно зеленом бојом).



Слика 7: Системи заштитне опреме

## 9. ЗАКЉУЧАК

У овом пројекту анализиран је процес управљања пројектима који се баве заштитом косина од одроњавања. Дат је класични приједлог санација као и грађевинска механизација потребна да се овакви пројекти изведу на терену.

Оно што је карактеристично код оваквих пројеката јесте да је инвеститор скоро па увијек државни орган и да се у циљу безбједности људи на путевима или насељеном простору посвећује посебна пажња. С тим у вези, на годишњем нивоу се издвајају више милиони еура у сврху заштите одрона, поготово у областима које су у томе географски подложне.

С обзиром да није ријеч о пројектима у коме је инвеститор приватно лице или фирма и сврха пројекта није стамбено-пословни објекат, акценат није на времену потребном за реализацију пројекта већ на сигурносном систему саобраћајне везе која мора да се неометано одвија као и до анализе потребне адекватне заштите која ће бити минимално у наредних 20 година употребљива.

Анализа трошкова коштања такође је од великог значаја с обзиром да је јако пуно дионица који се морају осигурати на годишњем нивоу. Кроз читаву анализу рада могло се уочити да су кључне тачке у реализацији оваквих врста пројеката добра процјена адекватне заштите, логистика као и услови терена који диктирају брзину извођења радова као и адекватну механизацију.

## 10. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.geobrugg.com/>
- [2] <https://www.ischebeck.de/>
- [3] Bauverfahren des Spezialtiefbaus, Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid
- [4] Monitoring von Massenbewegungen, Masterthesis, Martin Rapp
- [5] „Vulnerabilität von Straßen gegenüber flachgründigen Rutschungen - Konzepte und eine Anwendung in Waidhofen an der Ybbs“, Bakk. rer. nat. Péter Salgó
- [6] <https://www.geoalpin.org/>, Lehrgang Höhenarbeitende Fels Level 1
- [7] [https://www.kaiser.li/fileadmin/user\\_upload/products/gallery/S10/KAISER\\_Produktfolder\\_S10\\_S12\\_DE\\_170111.pdf](https://www.kaiser.li/fileadmin/user_upload/products/gallery/S10/KAISER_Produktfolder_S10_S12_DE_170111.pdf)
- [8] Управљање пројектом, Радослав Авлијаш, Горан Авлијаш

### НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из анализе пројекта у коме је приказан процес управљања пројектима који се бави заштитом косина од одроњавања стијенских маса на подручју републике Њемачке. Све одредбе и правилници како у избору технологије извођења радова, до анализа трошкова коштања па све до мјера заштите на раду на висинама важе искључиво за републику Њемачку.

### Кратка биографија:



**Биљана Маријановић**, рођена у Рогатици, 1991. год. Јуна 2015. год. стиче звање дипломираног инжењера грађевинарства. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства– Организација и технологија грађења одбранила је 2023. године.

**PROCJENA STANJA I ENERGETSKA SANACIJA KONSTRUKCIJE OBJEKTA „AUTO-TRANSPORT“ U PRIJEDORU****ASSESSMENT AND IMPROVEMENT OF THE ENERGY PERFORMANCES OF THE OFFICE BUILDING OF „AUTO-TRANSPORT“ FROM PRIJEDOR**

Aleksandar Pekija, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad se sastoji iz teorijskog i praktičnog dijela. U teorijskom delu je dat pregled uslova koje građevinski objekti treba da ispune sa aspekta energetske efikasnosti. U praktičnom dijelu urađena je procjena stanja objekta „Auto-transport“ iz Prijedora i proračun potrebne energije za grijanje za postojeće stanje sa predlogom odgovarajućih mjera energetske sanacije. Zatim je urađen i proračun potrebne energije za grijanje nakon predviđenih sanacionih mjera, u skladu sa važećim Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada.

**Ključne reči:** sanacija, energetska efikasnost, komfor, toplotno zoniranje.

**Abstract** – The paper consists of a theoretical and a practical part. In the theoretical part, an overview of the conditions that construction should fulfill from the aspect of energy efficiency is given. In the practical part, an assessment of the condition of the "Auto-transport" office building and a calculation of the required energy for heating for the existing condition with a proposal for appropriate measures were made. After that, the calculation of the required energy for heating after the intended improvement measures was made, all in accordance with the national Rulebook on the energy efficiency of buildings.

**Keywords:** rehabilitation, energy efficiency, comfort, thermal zoning.

**1. USLOVI KOMFORA**

Prema odredbama Pravilnika o energetske efikasnosti, propisuju se energetska svojstva i način izračunavanja toplotnih svojstava objekta visokogradnje, kao i energetske zahtjevi za nove i postojeće objekte.

Uz ispunjenje energetske efikasnosti zgrade potrebno je zadovoljiti i sve uslove komfora [1]:

1. Vazdušni komfor;
2. Toplotni komfor;
3. Svjetlosni komfor;
4. Zvučni komfor.

Jedan od glavnih zadataka projektanta jeste da stvori okruženje unutar i van zgrade koje je podesno za sve aktivnosti korisnika koje se tu dešavaju, dok u tehničkoj dokumentaciji treba jasno navesti sve primjenjene mjere i tehnička rješenja za postizanje projektovanih parametara komfora [2].

**1.1 Vazdušni komfor**

Ovakav vid komfora fokusiran je na kvalitet vazduha unutar zgrade, što je ključno za opšte zdravlje korisnika prostora. Prilikom projektovanja, obezbjeđivanje optimalnog kvaliteta vazduha postaje suštinski aspekt. Zahtjevi u ovom kontekstu variraju u zavisnosti od namjene objekta i vremena provedenog unutar njega.

Potrebna količina razmjene vazduha pre svega zavisi od broja osoba u prostoru, pri čemu je neophodno osigurati najmanje 20m<sup>3</sup> spoljnog vazduha po osobi radi zadovoljenja osnovnih potreba. Ova količina takođe zavisi od vrste aktivnosti za koju je prostor namenjen i od emisije materijala ili uređaja u njemu.

**1.2 Toplotni komfor**

Toplotni komfor tokom cijele godine obezbjeđuje se projektovanjem zgrade u skladu s mjerama energetske efikasne arhitekture i drugim neophodnim arhitektonsko-građevinskim rješenjima.

Rezultati istraživanja uglavnom ukazuju na činjenicu da je toplota povezana sa subjektivnim osjećajem – doživljaj toplote je individualan za svakog čovjeka.

Utvrđeno je da je najpogodnija temperatura vazduha u prostoriji 22°C tokom zime, a 25°C tokom ljetnjeg perioda.

**1.3 Svjetlosni komfor**

Svjetlosni komfor predstavlja uslove koji omogućavaju dobro viđenje, tačno i brzo opažanje uz minimalno naprezanje očiju. U zgradi se obezbjeđuje uvođenjem prirodnog svijetla i vještačkim osvjetljenjem.

Na osnovu nivoa dnevnog svijetla i potrebnog vještačkog osvjetljenja odlučuje se o stepenu svjetlosnog komfora. Ove dve vrste sredstava za osvjetljenje mogu se procijeniti zasebno, ali često se razmatra njihova interakcija radi kontrole i regulacije.

**1.4 Zvučni komfor**

U fazi projektovanja razlikuju se ometanje zvukom i zvuk koji je štetan po ljudsko zdravlje. Granica koja definiše nivo koji bi mogao biti štetan određuje se na osnovu jačine buke i dužine vremena tokom kojeg je osoba izložena buci.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Lukić, vanr. prof.

Svaki neželjeni zvuk je buka, pa akustični komfor podrazumeva obezbeđenje zaštite od ometanja zvukom koji potiče izvan zgrade i u zgradi. U ovom kontekstu, zvučni komfor koji se odnosi na ljude, kako prijemnike, tako i izvore zvuka, postiže se mjerama kao što su adekvatna izolacija od vazdušnog zvuka unutrašnjih građevinskih elemenata (zidovi, tavanice, vrata), adekvatna izolacija od vazdušnog zvuka spoljašnjih građevinskih elemenata (spoljašnji zidovi, fasadni otvori, krovni omotači), adekvatna izolacija podova i zidova od zvuka udara, adekvatno projektovanje sistema instalacija i slično.

### 1.5 Zaključak

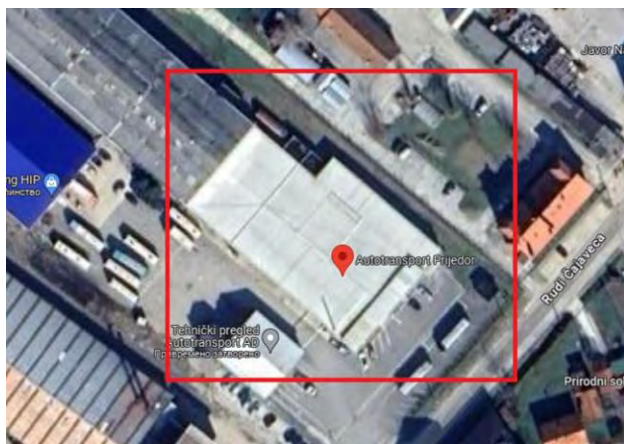
Stambene zgrade su značajni potrošači energije, prosječno do 60% ukupne energije u zgradarstvu u mnogim zemljama. Zbog toga je neophodno posvetiti posebnu pažnju unapređenju energetske efikasnosti u zgradarstvu. Smanjenje potrošnje energije može biti ostvareno kroz izgradnju novih energetski efikasnih zgrada, ali i kroz energetske sanacije postojećih objekata.

Energetska efikasnost u zgradarstvu obuhvata efikasnu upotrebu energije i primjenu optimalnih mjera sa ciljem smanjenja potrošnje energije, dobre udobnosti u zgradi, smanjenja troškova održavanja i produženja trajanja zgrade, kao i zaštite okoline.

Ova problematika je predmet različitih istraživačkih i razvojnih programa, strateških i zakonodavnih inicijativa, kao i stvaranja mjerodavnih standarda i pravilnika.

## 2. PROCENA STANJA

Predmet ovog rada jeste procjena i energetska sanacija administrativnog dijela objekta firme „Auto-transporta“ u ulici Rudija Čajevca b.b. u Prijedoru. Objekat je u cjelini izgrađen 1972. godine i sastoji se iz prodavnice auto dijelova, auto-servisa i administrativnog dijela.



Slika 1. Položaj objekta na mapi

### 2.1 Tehnički opis

Objekat se sastoji iz pet dijelova a to su: prostor za vertikalnu komunikaciju - stepenište, prodavnica, garderobier osoblja, toalet i administrativne prostorije. Objekat je spratnosti PR+1 sa ukupnom površinom od 320,16 m<sup>2</sup>.

Objekat je fundiran na temeljnim trakama širine 30cm i 40cm, dubine 120cm. Konstruktivni sistem objekta je skeletni, sačinjen od AB stubova dimenzije 25x25cm i

25x42cm, međusobno povezanih grdama dimenzija 25x35cm.

Podna ploča, ploča sprata i krovna ploča su izvedene od armiranog betona debljine 12 cm.

Zidovi ispune su debljine 7, 14, 25 cm, ozidani šupljom opekam. Završna obrada na fasadnim zidovima je produžni malter, ofarban sa spoljne strane silikolornom boja, dok je za unutrašnje zidove polikolorna boja.

Podne obloge ploča su: vinaz, teraco i itison.

Sva stolarija u objektu, sem dijela u kome se nalazi trgovina, je 2008. zamjenjena novom PVC stolarijom.



Slika 2. Izgled objekta

### 2.2 Vizuelni pregled i analiza oštećenja

Detaljnim vizuelnim pregledom obuhvaćeni su svi elementi konstrukcije sa unutrašnje strane i fasadni zidovi sa spoljašnje strane, dok je krovna ploča bila nedostupna za pregled sa gornje strane.

Uočeni su sledeći defekti i oštećenja:

- Prsline nastale usljed nepravilno izvedenog prekida i nastavka betoniranja;
- Prsline usljed dejstva mraza nastale kao posljedica slijevnja vode sa krovnih limova;
- Mehanička oštećenja usljed udara;
- Ljuskanja dekorativnog sloja usljed vlage u unutrašnjosti objekta;
- Mehanička oštećenja u uglovima zidova;
- Mehanička oštećenja oko prozora pri zamjeni stolarije;
- Prsline dekorativnog sloja;

Na osnovu detaljnog vizuelnog pregleda konstrukcije administrativnog dijela objekta, zaključeno je:

- Registrovana oštećenja na pregledanim površinama su dominantno estetskog karaktera.
- Iako je star više od 50 godina, zahvaljujući povremenom održavanju, po pitanju nosivosti, stabilnosti i upotrebljivosti objekta se nalazi u dobrom stanju.
- Trajnost objekta je djelimično ugrožena, a oštećenja su lokalnog karaktera zbog prodora vlage u unutrašnjost objekta na mjestu dotrajale vodovodne instalacije i neadekvatno rješениh detalja pokrivačkih radova.

Kako bi se objekat doveo u ispravno stanje i kako bi se obezbjedila trajnost objekta, potrebno je predvidjeti odgovarajuće sanacione mjere. S obzirom na karakter defekata i oštećenja, radovi na sanaciji će obuhvatiti dominantno završne slojeve konstrukcije.

### 3. PRORAČUN ENERGETSKE EFIKASNOSTI POSTOJEĆEG STANJA

Utvrđivanje ispunjenosti uslova energetske efikasnosti vrši se izradom elaborata, u skladu sa odgovarajućim pravilnikom o energetskoj efikasnosti [1].

Tabela 1. Osnovni podaci o objektu

|                                                         |                                 |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Tip objekta</b>                                      | <b>Postojeći/Novi</b>           |
| <b>Vrsta</b>                                            | Poslovni prostor                |
| <b>Lokacija</b>                                         | Rudija Čajevca b.b.<br>Prijedor |
| <b>Godina rekonstrukcije/<br/>energetske sanacije</b>   | /                               |
| <b>Godina izgradnje</b>                                 | 1972.                           |
| <b>Neto površina grijanog<br/>djela (m<sup>2</sup>)</b> | 257.56                          |

Definisano je 7 netransparenih pozicija, od koje su 3 zidovi dok su ostale 4 ploče poda, sprata i krova. Transparentnih pozicija ima ukupno 8, 5 prozora i 3 vrata. U tabeli 2 date su vrijednosti koeficijenata prolaza toplote za postojeći objekat. Iz tabele se vidi da ni jedna pozicija ne ispunjava uslove za najveću dozvoljenu vrednost koeficijenta prolaza toplote ( $U > U_{max}$ ).

Tabela 2. Vrijednost koeficijenta prolaza toplote za postojeći objekat

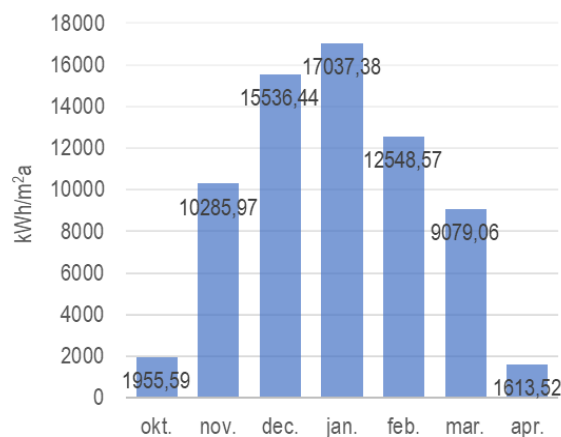
| Položaj       | Oznaka    | U     | U <sub>max</sub> | Ispunjeno<br>Da/Ne |
|---------------|-----------|-------|------------------|--------------------|
| Fasadni zid   | Sklop Z1  | 1,592 | 0,4              | Ne                 |
| Fasadni zid   | Sklop Z2  | 1,392 | 0,55             | Ne                 |
| Pod na tlu    | Sklop PP1 | 0,939 | 0,4              | Ne                 |
| Pod na tlu    | Sklop PP2 | 0,637 | 0,4              | Ne                 |
| Ploča sprata  | Sklop MK1 | 0,648 | 0,3              | Ne                 |
| Ploča sprata  | Sklop MK2 | 0,628 | 0,3              | Ne                 |
| Kr. ploča     | Sklop KP  | 0,518 | 0,2              | Ne                 |
| Sp. stolarija | Prozori   | 3,195 | 1,5              | Ne                 |
|               | Vrata     | 3,413 | 1,6              | Ne                 |
| Un. stolarija | Vrata     | 6,0   | 1,5              | Ne                 |

Nakon proračuna energetske efikasnosti objekta za postojeće stanje, dobijena je potrebna energija za grijanje. Na osnovu dobijenih rezultata, a u skladu sa Pravilnikom o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada [3] zgrada se svrstava u energetski razred G.

PODACI O GUBICIMA TOPLOTE POSTOJEĆEG OBJEKTA



Slika 3. Energetski gubici na postojećem objektu



Slika 4. Dijagram potrošnje energije po mjesecima za postojeće stanje

### 4. ELABORAT ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZA SANIRANU KONSTRUKCIJU

U cilju poboljšanja energetske efikasnosti objekta, planirane sledeće mere:

- Sa fasadnih zidova (zid z1) se na spoljnoj strani uklanja postojeći sloj produžnog maltera, a izvodi se nova kontaktna fasada sa kamenom vunom u sloju od 12 cm sa završnim fasadnim malterom.
- Sa zida ka negrejanom prostoru (zid z2) se na spoljnoj strani uklanja postojeći sloj produžnog maltera, a izvodi se nova kontaktna fasada sa kamenom vunom u sloju od 5 cm sa završnim malterom.
- Međuspratna konstrukcija (MK1 i MK2) se sanira samo iznad dijela koji se nalazi u dodiru sa spoljašnjom sredinom, a to je dio iznad hola. Uklanja se postojeći produžni malter te se postavlja ekstrudirani polistiren (EPS) debljine 5 cm, na koji se nanosi fasadno ljepilo i fasadni malter.
- Sa krovne ploče (KP) se sa gornje strane uklanjaju svi slojevi do sloja za pad (cementnog estriha), preko kog se postavljaju parna brana, novi sloj kamene vune debljine 12cm i hidroizolaciona PVC membrana.
- Zamena postojeće stolarije novom PVC stolarijom.
- Unapređenje postojećeg sistema za grijanje izolovanjem postojeće cjevne mreže i unapređenjem sistema za regulaciju.

Na postojećem podu, zbog nemogućnosti da se upotreba objekta obustavi za vreme izvođenja radova, nisu predviđeni sanacioni radovi.

U tabeli 3 date su vrijednosti koeficijenata prolaza toplote za objekat nakon sanacije. Iz tabele se vidi da sve pozicije sem podova na tlu ispunjavaju uslove za najveću dozvoljenu vrednost koeficijenta prolaza toplote ( $U > U_{max}$ ).

Tabela 3. Vrijednosti koeficijenta prolaza toplote  $U_i$  za saniranu konstrukciju

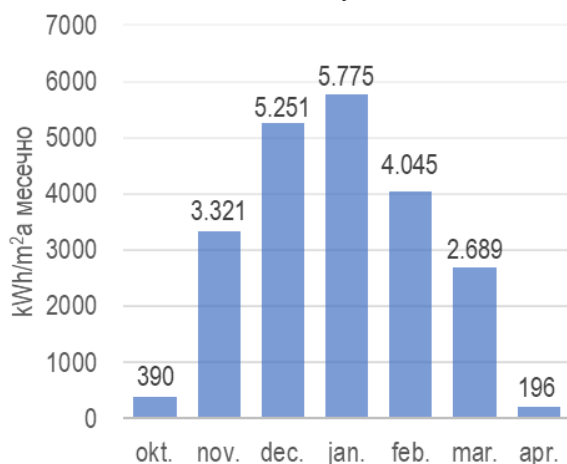
| Položaj       | Oznaka    | U      | U <sub>max</sub> | Ispunjeno Da/Ne |
|---------------|-----------|--------|------------------|-----------------|
| Fasadni zid   | Sklop Z1  | 0,2344 | 0,4              | Da              |
| Fasadni zid   | Sklop Z2  | 0,448  | 0,55             | Da              |
| Pod na tlu    | Sklop PP1 | 0,939  | 0,4              | Ne              |
| Pod na tlu    | Sklop PP2 | 1,163  | 0,4              | Ne              |
| Ploča sprata  | Sklop MK1 | 0,227  | 0,3              | Da              |
| Ploča sprata  | Sklop MK2 | 0,277  | 0,3              | Da              |
| Kr. ploča     | Sklop KP  | 0,158  | 0,2              | Da              |
| Sp. stolarija | Prozori   | 1,205  | 1,5              | Da              |
|               | Vrata     | 1,181  | 1,6              | Da              |
| Un. stolarija | Vrata     | 1,2    | 1,5              | Da              |

Na kraju proračuna za postojeće stanje, izračunata je potrebna energija za grijanje. Na osnovu toga, zgrada se svrstava u energetske razred D.

PODACI O GUBICIMA TOPLOTE POSTOJEĆEG OBJEKTA



Slika 5. Dijagram potrošnje energije po mjesecima za sanirano stanje



Slika 6. Dijagram potrošnje energije po mjesecima nakon sanacije

## 6. ZAKLJUČAK

U praktičnom delu rada prikazani su rezultati procjena stanja i energetska sanacija administrativnog dijela objekta firme „Auto-transport“ u ulici Rudija Čajevca b.b. u Prijedoru.

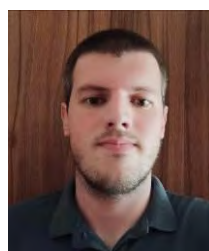
S obzirom na karakter defekata i oštećenja, radovi na sanaciji će obuhvatiti dominantno završne slojeve obloga elemenata konstrukcije (fasadne premaze i malterski sloj), a kako je predviđena energetska sanacija objekta, svi neophodni sanacioni radovi na konstrukciji mogu biti obuhvaćeni radovima na izvođenju energetske sanacije.

Sproveden je proračun energetske efikasnosti postojećeg stanja objekta pri čemu je ustanovljeno da objekat pripada energetskom razredu „G“ sa potrošnjom energije za grijanje od 226,89kWh/m2a. Na osnovu predloženih sanacionih mjera je ponovljen proračun energetske efikasnosti, pri čemu je utvrđeno da objekat pripada energetskom razredu „D“ sa potrošnjom energije za grijanje od 95,49kWh/m2a, što daje smanjenje potrošnje od 58%, odnosno da je predviđenim sanacionim mjerama energetski razred popravljen za tri klase, što je značajno bolje od zahtjeva definisanih u Pravilniku.

## 7. LITERATURA

- [1] "Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada" ( Sl. Glasnik RS, br. 61/2011)
- [2] J. Kronić, Procena stanja i energetska sanacija porodične stambene zgrade u Petrovaradinu (Master rad), Novi Sad: Biblioteka FTN-a, 2020.
- [3] "Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu sertifikata o energetskim svojstvima zgrade" ( Sl. Glasnik RS, br.61/2011 i br.3/2012)

## Kratka biografija



**Aleksandar Pekija** rođen je u Banja Luci 1997. godine. Diplomski rad iz oblasti tehnologija betona, odbranio je 2022. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad iz oblasti procjene stanja i energetska efikasnost konstrukcija odbranio je na istom fakultetu 2023. godine.

## ПРОЦЕНА РИЗИКА БЕЗБЕДНОСТИ И ЗДРАВЉА НА РАДУ ЗАПОСЛЕНИХ У ПРОЦЕСУ ИЗВОЂЕЊА ОБЈЕКТА ПРЕКО АУВА МЕТОДЕ

### RISK ASSESSMENT FOR THE SAFETY AND HEALTH OF EMPLOYEES IN THE PROCESS OF CONSTRUCTION OF FACILITIES USING THE AUYA METHOD

Вероника Зеџ, Владимир Мученски, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

#### Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

**Кратак садржај** – Како је грађевинарство једно од најризичнијих група делатности, са великим бројем тежких телесних повреда и повреда са смртним исходом, неопходно је упознавање са основним опасностима и штетностима које угрожавају грађевинске раднике, као и мерама чије је спровођење неопходно да би се оне свеле на минимум. У овом истраживању је урађена процена ризика запослених на извођењу реконструкције, изградње и надоградње објекта. Императив је био на правилном одређивању опасности и штетности где су на основу њих правилно процењени ризици, а затим су и правилно одабране методе за отклањање ризика како би се осигурао безбедан и здрав начин рада.

**Кључне речи** - безбедност на раду, здравље на раду, превентивне мере, процена ризика, аува метода

**Abstract** – As construction is one of the riskiest groups of activities, with a large number of serious bodily injuries and injuries with a fatal outcome, it is necessary to familiarize yourself with the basic dangers and harms that endanger construction workers, as well as the measures that must be implemented in order to reduce them to a minimum. In this research, the risk assessment of the employees involved in the reconstruction, construction and upgrading of facilities was carried out. The imperative was on the correct determination of hazards and harms, based on which the risks were correctly assessed, and then the methods for eliminating the risks were correctly selected in order to ensure a safe and healthy way of working.

**Keywords:** safety at work, health at work, preventive measures, risk assessment, auva method

#### 1. УВОД

Индустрија грађевинарства је сама по себи ризична делатност пошто су радници често изложени високоричним условима и активностима. Јака безбедносна култура може помоћи у спречавању незгода и повреда, смањењу трошкова повезаних са несрећама, повредама, побољшању морала и продуктивности радника.

#### НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Владимир Мученски.

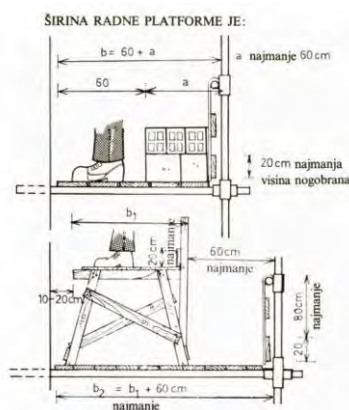
Међународна организација рада је установила да најмање 60.000 смртних случајева сваке године и 25-40% смртних повреда се догоди на градилиштима. Грађевинска индустрија има највећи процентуални губитак радних дана услед повреда и здравствених проблема проузрокованим радом.

Да би се избегле повреде на раду, као и професионалне болести и болести у вези са радом, потребно је спровести превентивне мере безбедности и здравља на раду. Поред превентивних мера, послодавац према Закону о безбедности и здрављу на раду мора предузети и корективне мере, због отклањања узрока који су изазвали повреде и довели до настанка опасности по безбедност и здравље на раду запослених, односно које могу спречити настанак повреде и које могу умањити или отклонити опасности по безбедност и здравље запослених.

#### 2. ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА ПРЕВЕНТИВНИХ МЕРА У ГРАЂЕВИНАРСТВУ

Превентивне мере и нормативе заштите на раду у грађевинарству се прописују у правилнику о заштити на раду при извођењу грађевинских радова. Мере које су прописане у овом правилнику су регулисане тако да одговарају условима у којима се задати радови обављају.

Грађевински радови који се изводе на градилишту, у смислу овог мастер рада, јесу: изградња новог објекта, реконструкција и надоградња стамбене зграде. У овом поглављу описане су превентивне мере за тактове и позиције претходно наведених грађевинских радова.



Слика 1: Пример превентивних мера у случају рада на радној платформи [1]

### 3. ПРОЦЕНА РИЗИКА

Процена ризика је веома субјективан процес. Ако се прате одређени принципи, субјективност се смањује на најмању могућу меру.

Процена ризика представља системско евидентирање и процену свих фактора који могу бити узрок настанка повреда на раду, обољења или оштећења здравља али и представља утврђивање могућности односно начине на које се ризици могу спречити и/или отклонити и/или смањити.



Слика 2: Дијаграм могућности утицаја на ризик безбедности на раду у току реализације грађевинског пројекта (Szymberski, 1997) [2]

Ризик на раду се односи на могућност и на тежину повреде или обољевања насталог као резултат излагања опасностима. Опасност је све оно што можете проузроковати неку врсту потенцијалне штете, као што су повреде на раду и болести, губитак производње, оштећење машина итд.

За процену ризика на радном месту могу се користити следеће методе:

- \* Квантитативна процена ризика
- \* Квалитативна процена ризика
- \* Полуквантитативна (семиквантитативна) методе за процену ризика



Слика 3: Пет корака за процену ризика на радном месту [3]

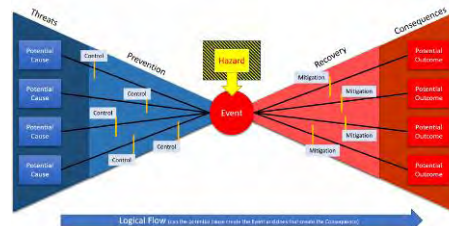
#### 3.1. Квантитативна процена ризика

Код ове методе за процену ризика неопходно је да фактори буду исказани бројчано. У том случају и добијен ризик је у виду броја, односно сам ризик је квантификован. Ова врста методе се највише примењује у случајевима високог ризика.

Квантитативна процена ризика полази од основног обрасца:

$$\text{Ризик} = \text{Вероватноћа догађаја} \times \text{Последице догађаја}$$

Група стручњака из Холандије, Велике Британије и Грчке оформили су модел за анализу ризика ОРМ (Occupational risk model). Овај модел је базиран на паралелној анализи помоћу "стабла" грешке и "стабла" догађаја. Комбиновањем ове две врсте стабла добија се дијаграм "bow tie", јер својим обликом подсећа на лептир машину, приказано на слици 4.



Слика 4: Начин формирања "bow tie" дијаграма [4]

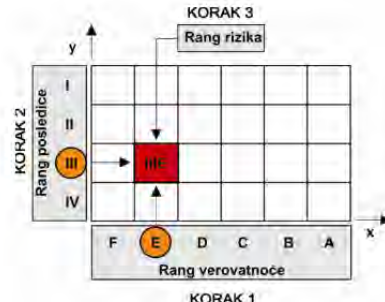
#### 3.2. Квалитативна процена ризика

Квалитативне методе за процену ризика се базирају на личном искуству и расуђивању запослених који учествују у тиму за процену ризика и/или коришћењу расположивих квалитативних односно ненумеричких података. Због тога се ова врста методе користи за брзе резултате процене ризика које се унапређују квантитативним и полуквантитативним методама за процену ризика.

Прецизност квалитативних процена ризика директно зависи од искуства и субјективног „осећаја“ учесника у тиму за процену ризика и самим тим се ове врсте процена ризика могу сматрати веома непрецизним и неправкатичним.

Квалитативне методе за процену ризика представљене су следећим матрицама за процену ризика (на хоризонталној осовини су дефинисани нивои последица, а на вертикалној су дефинисани нивои вероватноће):

1. Матрица ризика 3x3, предложена у упутству за примену стандарда АС/НЗС 4360:2004
2. Матрица ризика 5x5 према ИСО 31000



Слика 5: Формирање матрице ризика [5]

#### 3.2. Полуквантитативна (семиквантитативне) методе за процену ризика

Ова метода има широку практичну примену, јер углавном није могуће проценити вероватноћу настанка нежељеног догађаја и величину последице (различите последице=различити услови).

Процена ових величина се заснива на искуству и знању учесника у тиму за процену ризика.

Постоје три приступа процене ризика код полуквантитативних (семиквантитативних) метода:

1. Матрична метода процене ризика
2. Табеларна метода процене ризика
3. Графичка метода процене ризика

### 3.3.1. Матрична метода процене ризика

Овај приступ процене ризика заснован је на формацији матрице на основу комбинације табела и подматрице, за процену ризика као производа вероватноће настанка нежељеног догађаја и његове последице.

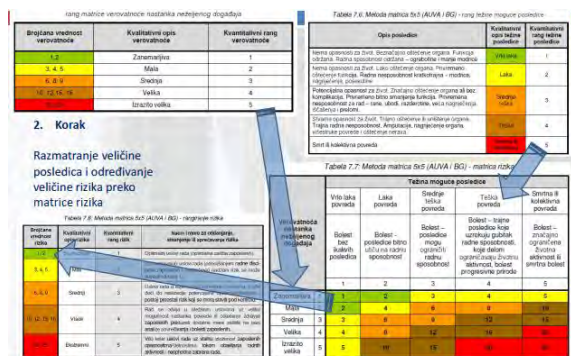
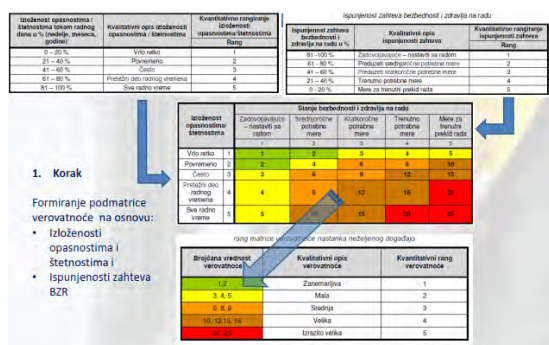
$$R = V \times P$$

R – величина ризика,

V – вероватноћа наступања повреде

P – величина утицаја тј. последица

Једна полуквантитативних матричних метода за процену ризика је и матрица 5x5, заснована на познатим методама АУВА – Allgemeine Unfall Versicherungs Anstalt метода удружења произвођача целулозе и папира из Аустрије и БГ – Berufs Genossenschaften – метода немачких струковних инжењера.



Слика 6: Објашњење процене ризика (по корацима) преко АУВА методе [6]

### 3.3.2. Табеларна метода процене ризика

Код ове методе користе се већ постојеће методе са формираним табелама, оне садрже: квантитативне, нумеричке вредности и квалитативне описе свих фактора ризика које су неопходни за процену ризика.

$$R = V \times P \times U$$

R – величина ризика,

V – вероватноћа наступања повреде

P – величина утицаја тј. последица

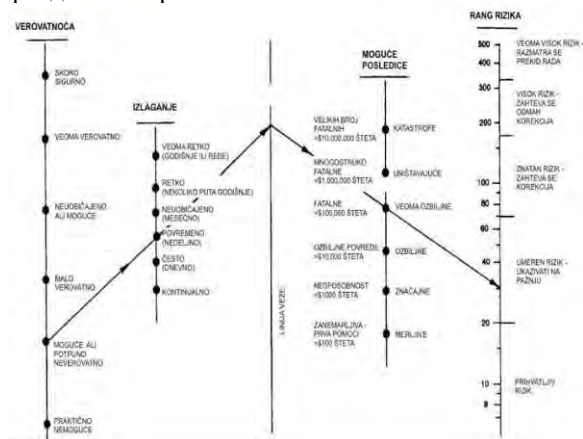
U – учесталост излагања опасности или штетности

Код методе KINNEY-табеларна метода процене ризика, се користи за препознавање опасности и штетности списак опасности и штетности из Правилника о процени ризика на радном месту и у радној околини.

### 3.3.3. Графичка метода процене ризика

G.F. Kinney и A.D. Wiruht развили су графичку методу са циљем да се анализирају ризици и оправданост трошкова примењених корективних мера.

Ова графичка метода се састоји из два формирана графика-номограма за анализу ризика и за анализу оправданости трошкова.



Слика 7: Пример номограма за анализу ризика [7]

## 4. ПРОЦЕНА РИЗИКА КОД ТРИ РАЗЛИЧИТА ГРАДИЛИШТА ПРЕКО АУВА МЕТОДЕ

### 4.1. Објекат број 1

Објекат број 1 јесте реконструкција зграде која се налази у Новом Саду.

Табела 4.1. - Процена ризика за датом градилиште (објекат број 1) и мери безбедности за исти преко АУВА методе

| Опасност/штетност                                                                                                                                                                  | Адекватност утицаја |                  | Укупна оцена     |              | Мере |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------|------------------|--------------|------|
|                                                                                                                                                                                    | ИЗЛОЖЕНОСТ          | СТЕПЕН ОПАСНОСТИ | СТЕПЕН ШТЕТНОСТИ | УКУПНА ОЦЕНА |      |
|                                                                                                                                                                                    | 1                   | 2                | 3                | 4            | 5    |
| <b>ПРЕПОЗНАВАЊЕ ОПАСНОСТИ НА РАДНОМ МЕСТУ</b>                                                                                                                                      |                     |                  |                  |              |      |
| <b>МЕХАНИЧKE ОПАСНОСТИ КОJE СЕ ПОЈАВЉУЈУ КОРИШЋЕЊЕМ ОПРЕМЕ ЗА РАД</b>                                                                                                              |                     |                  |                  |              |      |
| Слободне кретање делова или материјала које могу нанети повреду запосленима.                                                                                                       | 02                  | 3                | 3                | 3            | 3    |
| Обавезно коришћење шута и осталих опашака, обавезно ношење услужне, које се налазе на градилишту објекта планираних радних у току фазе реализације извођења објекта - слика 4.1.7. |                     |                  |                  |              |      |



Слика 8: Пример процене ризика и мере безбедности за објекат број 1 [8]

## 4.2. Објекат број 2

Објекат број 2 јесте изградња вишепородичног стамбеног објекта који се налази у Петроварадину.

Табела 4.2 - Процена ризика за дато градилиште (објекат број 2) и мере безбедности за исти преко ауве методе

| Опасност/штетност                                                          | Класификација штетности | Вредновање утицаја |                                         |            |            |            | Укупна оцена | Мере                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------------------|------------|------------|------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                            |                         | Идентификација     | Стање                                   | Вредновање | Вредновање | Вредновање |              |                                                                                                                                                |
| ОПАСНОСТИ КОЈЕ СЕ ПОЈАВЉУЈУ У ВЕЗИ СА КАРАКТЕРИСТИКАМА РАДНОГ МЕСТА        |                         | ИДЕНТИФИКАЦИЈА     | СТАЊЕ РАДНОГ МЕСТА ИЛИ МЕРЕ БЕЗБЕДНОСТИ | В          | П          | В          |              |                                                                                                                                                |
| Рад на висини или дубини у смислу прописа о безбедности и здравља на раду, | 08                      | 5                  | 4                                       | 5          | 5          | 5          | Екстремно    | Потребно је користити заштитни појас/опасни или адекватну опрему са оградом која обезбеђује правилно извођење планиране позиције – слика 4.13. |



Слика 9: Пример процене ризика и мере безбедности за објекат број 2 [9]

## 4.3. Објекат број 3

Објекат број 3 јесте доградња (надзиђивање) постојећег стамбеног објекта који се налази у Новом Саду.

Табела 4.3 - Процена ризика за дато градилиште (објекат број 3) и мере безбедности за исти преко ауве методе

| Опасност/штетност                                                          | Класификација штетности | Вредновање утицаја       |       |            |            |            | Укупна оцена | Мере                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------|------------|------------|------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                            |                         | Идентификација штетности | Стање | Вредновање | Вредновање | Вредновање |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ПРЕПОЗНАВАЊЕ ОПАСНОСТИ НА РАДНОМ МЕСТУ                                     |                         |                          |       |            |            |            |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Рад на висини или дубини у смислу прописа о безбедности и здравља на раду, | 08                      | 5                        | 4     | 5          | 5          | 5          | Екстремно    | Запослени на скели морају да буду обучени за безбедан рад и да имају лекарску уверењу за рад на висини. Обавезно је употреба опреме за рад на висини (појас и уке за везивање) јер скела није заштићена од пада. Обавезно је приврсити за стабилан део на објекту. Такође се мора поставити и заштитна ограда на скели – слика 4.19. |



Слика 10: Пример процене ризика и мере безбедности за објекат број 3 [10]

## 4.4. Закључак о процени ризика приказаних објеката

Кроз приказана градилишта, кроз које је извршена процена ризика и кроз које су дате мере како би се спречиле одређене ризичне ситуације односно повреде и смртни исходи запослених, најбитније је да се осигура безбедан и здрав начин рада. Прво што треба да се води рачуна да сами радници брину о себи и да поштују прописане мере као и да сви који учествују у изградњи објеката поштују знакове опасности, упозорења, обавештења и опреза.

Неки од највећих ризика приликом процене преко АУВА методе су: опасне површине односно отвори у подовима, опасност од директног додира са електричном инсталацијом и рад на висини.

Да ли је у питању реконструкција, изградња објекта или надоградња стамбеног објекта, неопходно је поштовати све мере и законе заштите на раду везано за област грађевинарства.

## 5. ЛИТЕРАТУРА

Владимир Љ. Мученски; Теоријске основе безбедности и здравља на раду у грађевинарству; Нови Сад, ФТН 2018;

Закон о безбедности и здрављу на раду, („Службени гласник РС“, бр 101/2005 и 91/2015);  
Правилник о заштити на раду при извођењу грађевинских радова; ("Сл. гласник РС", бр. 53/97);  
Правилник о начину и поступку процене ризика на радном месту и у радној околини („Службени гласник РС“, број: 72/06...102/15);

[1] - Преузето са предавања са предмета Технологија и организација грађења 2 "Безбедност и здравље на раду – (1)", проф.др Милан Тривунић;

[2] - Преузето са предавања са предмета Управљање безбедношћу и здрављем на раду у грађевинарству "Карактеристике процеса изградње", проф.др Владимир Мученски;

[3] - <https://www.steelsecurity.rs/usluge/izrada-akta-o-proceni-rizika> (приступљено у децембру 2023.)

[4] - <https://www.manycaps.com/blog/8-steps-to-bow-tie-analysis.html> (приступљено у децембру 2023.)

[5] - Преузето са – decembar 2023.godine - "Смернице добре праксе – имплементација на националном нивоу" Тијана Радојчић

[6] - Преузето са предавања са предмета Управљање безбедношћу и здрављем на раду у грађевинарству "Процена ризика", проф.др Владимир Мученски;

[7] - <https://slideplayer.com/slide/14148524/> (приступљено у децембру 2023.)

[8] ; [9] ; [10] – Фотографије су преузете од Извођача радова приказаних градилишта.

## Кратка биографија:



**Вероника Зец** рођена је у Новом Граду, БиХ, 1994. год. Септембра 2022. год. стиче звање дипломираног инжењера грађевинарства. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства – Безбедност и здравље на раду у грађевинарству одбранила је 2024. године.  
контакт: [monika.zec13@gmail.com](mailto:monika.zec13@gmail.com)

**ПРОРАЧУН ФАКТОРА ПРЕКОРАЧЕЊА ПРЕМА ЕВРОКОДУ 8 ПРИМЕНОМ НЕЛИНЕАРНЕ СТАТИЧКЕ АНАЛИЗЕ НА ОКВИРНОЈ КОНСТРУКЦИЈИ ЗГРАДЕ**  
**OVERSTRENGTH FACTOR CALCULATION ACCORDING TO EUROCODE 8 BY THE USE OF PUSHOVER ANALYSIS ON FRAME SYSTEM BUILDING**

Урош Мартиновић, Драго Жарковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – Циљ истраживања овог рада јесте одређивање реалног фактора мултипликације применом нелинеарне статичке анализе, на примеру оквирне конструкције и сагледавање његових препоручених вредности датих Еврокодом 8. У сврху овог истраживања било је неопходно издимензионисати објекат применом линеарно-еластичне анализе и усвојити арматуру како би се могла извршити нелинеарна статичка анализа.

**Кључне речи:** нелинарна статичка анализа, фактор мултипликације, асеизмичко пројектовање, Еврокод 8, Matrix 3D

**Abstract** – The aim of the research of this work is to determine the real multiplication factor using nonlinear static analysis, on the example of a frame structure, and considering its recommended values given by Eurocode 8. For the purpose of this research, it was necessary to dimension the object using linear-elastic analysis and to adopt reinforcement in order to be able to perform nonlinear static analysis.

**Keywords:** non-linear structural (pushover) analysis, multiplication factor, Eurocode 8, Matrix 3D

**1. УВОД**

Приликом пројектовања конструкције неопходно је обухватити земљотресно дејство на конструкцију. Део прописа, тренутно важећег за пројектовање бетонских конструкција, који се односи на асеизмичко пројектовање је EN 1998-1 (у даљем тексту Еврокод 8). Приликом асеизмичког пројектовања конструкције потребно је испоштовати опште и додатне захтеве дате овим Еврокодом.

Сеизмички утицаји могу се одредити на основу линеарно-еластичног понашања зграде и у зависности од конструкцијских карактеристика зграде дате су два линеарно-еластичне анализе: метода еквивалентних бочних сила и мултимодална спектрална анализа, док су као алтернатива овим дате нелинеарне анализе које су такође релеванте: нелинеарна статичка - метода поступног гурања (*pushover*) и нелинеарна динамичка анализа.

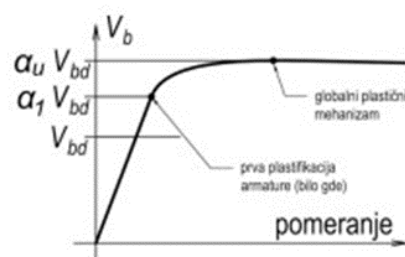
**НАПОМЕНА:**

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Драго Жарковић, доцент.

Хоризонтално сеизмичко дејство, које је од интереса при асеизмичком пројектовању зграда, представља се еластичним спектром одговора који зависи од категорије тла и типа еластичног спектра. Описује се са две ортогоналне компоненте које се третирају као међусобно независне а приказане су истим спектром.

Главна претпоставка на којој се заснива асеизмичко пројектовање је да се конструкција супротставља земљотресном дејству у нелинеарном домену. Стога, да би конструкција имала довољан капацитет носивост она се пројектује на дејство сила које су мање од оних када је понашање конструкције линеарно.

При линеарно-еластичним анализама то постижемо редукијом еластичног спектра одговора увођењем фактора понашања  $q$ . Фактор понашања је код оквирних конструкција у функцији односа  $\alpha_u/\alpha_1$ . Однос  $\alpha_u/\alpha_1$  тј. фактор мултипликације представља однос сеизмичког дејства када долази до нестабилности на глобалном нивоу (формирање великог броја пластичних зглобова) и дејства при коме долази до формирања првог пластичног зглоба у конструкцији. Еврокодом 8 дате су препоручене вредности овог односа.



Слика 1: Параметри  $\alpha$

Предметни објекат на ком је извршена анализа фактора мултипликације је оквирног конструктивног система без зидова за укрућење, ради једноставности прорачуна.

Растер стубова је ортогоналан са карактеристичним распоном у Х правцу од 4.5 м, те укупна ширина објекта износи 13.5 м, док у Y правцу растер износи 5.25 м и укупне дужине у том правцу од 21 м. Објекат се састоји из четири етаже са униформном висином од 3 м.

## 2. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ПРИМЕНОМ СОФТВЕРА TOWER

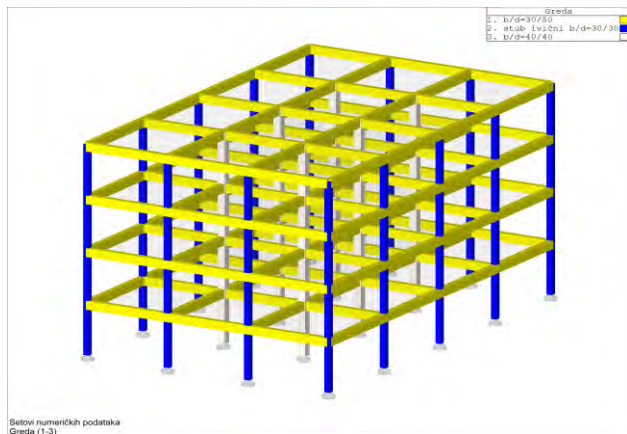
Први кораци у пројектовању неког објекта је сагледавање дејства која делују на исти. У циљу поједностављења касније нелинеарне анализе и прорачуна усвојена су следећа дејства:

- стална дејства - само сопствена тежина конструктивних елемената и додатно стално у износу од  $1 \text{ kN/m}^2$  по свим етажама од тежине слојева пода.
- повремена дејства - корисно оптерећење у износу од  $2 \text{ kN/m}^2$  по свим етажама. Оптерећење од снега и ветра је изостављено.
- сеизмичка дејства - обухваћено након усвајања коначних димензија конструктивних елемената.

Дебљина армиранобетонске међуспратне таванице је усвојена из задовољења доказа граничног стања угиба без прорачуна. Усвоје дебљина таванице износи  $20 \text{ cm}$ . Димензије греде су усвојене на основу искуствених препорука те је усвојено  $b/h=30/50 \text{ cm}$ . На основу добијених вредности и захтева за ограничење аксијалне силе усвојене су следеће димензије стубова:

- ивични стубови усвојено:  $b/h = 30/30 \text{ cm}$
- угаони стубови усвојено:  $b/h = 40/40 \text{ cm}$

У циљу одређивања динамичких карактеристика конструкције спроведена је модална анализа. Модална анализа је извршена за првих 5 тонова. Конструктивни систем предметне зграде је оквирни систем без зидова за укрућење. У наредном кораку генерисано је сеизмичко дејство на конструкцију. Срачунати фактор понашања износи  $3.90$  а препоручена вредност односа  $\alpha_u/\alpha_1$  износи  $1.30$ .



Слика 2: Изглед модела конструкције

Након аплицираног комплетног оптерећења на конструкцију, срачунати су утицаји који делују на конструктивне елементе. На основу релевантних комбинација ових утицаја, сви конструктивни елементи су димензионисани и армирани сагласно правилима Еврокода.

## 3. НЕЛИНЕАРНА СТАТИЧКА АНАЛИЗА У ЗГРАДАСТВУ

### 3.1. Увод

Као полазна претпоставка дата Еврокодом 8 је да се конструкције супротставља земљотресном дејству у

нелинеарном домену. Код нелинеарних модела, треба да се као минимум на нивоу елемента користи билинеарна веза сила-деформација.

Сама сврха нелинеарне методе јесте сагледавање понашања конструкције након пластификације њених елемената (пост-еластично понашање). Понашање конструкције се прати преко промене померања врха зграде (кровне таванице) у односу на укупну хоризонталну силу. Недостатак код нелинеарне статичке методе је то што је њена могућност примене ограничена само на конструкције које су претходно издимензионисане и код којих је усвојена арматура у свим елементима.

### 3.2. О нелинеарној (*pushover*) статичкој анализи

Нелинеарна (*pushover*) анализа се спроводи под константним гравитационим оптерећењем, оптерећујући конструкцију монотонно растућим хоризонталним оптерећењем (по принципу бочних сила). Такође, битно је напоменути да се анализа спроводи на просторном моделу уз претпоставку материјално-нелинеарног понашања елемената у зонама дисипације о чему ће у наредном поглављу више бити речи. Постепеним повећавањем бочног оптерећења долази до достизања носивости појединих елемената конструкције.

Међутим, нелинеарна статичка анализа може да се користи за следеће потребе:

- проверу вредности фактора прекорачења  $\alpha_u/\alpha_1$ ,
- процену очекиваног пластичног механизма и развоја оштећења,
- процену конструкцијског понашања постојећих или реконструисаних зграда,
- као алтернатива прорачуну који је заснован на линеарно-еластичној анализи који користи фактор понашања  $q$ .

Параметри у фактору прекорачења представљају:

- $\alpha_1$  - коефицијент који помножен са пројектним сеизмичким дејством реализује прву пластификацију у конструкцији.
- $\alpha_u$  - коефицијент који помножен са пројектним сеизмичким дејством реализује велики број пластичних зглобова, односно долази до развоја глобалне нестабилности.

Конструкцију оптерећујемо, осим гравитационим оптерећењем, хоризонталним силама које се наносе у тежиштима одговарајућих маса. Притом, у обавези је разматрање барем две вертикалне дистрибуције бочних сила: униформна и модална расподела.

Главни резултат нелинеарне анализе је крива капацитета, односно *pushover* крива. Ова крива представља зависност између смичуће силе у основи зграде и контролног померања. Поменути зависност је потребно одредити за вредност контролног померања које су у интервалу између нуле и вредности која одговара  $150\%$  циљног померања. Циљно померање је

у суштини померање којим се поставља сеизмички захтев, будући да је крива капацитета нека врста карактеристике само конструкције, и задајемо га у форми максималног померања које је резултат земљотресног дејства.

### 3.3. Геометријска нелинеарност конструкције (P-Δ)

P-Δ, познат још и као геометријска нелинеарност, јесте нелинеарни ефекат који се јавља у свакој конструкцији у којој су елементи изложени аксијалним силама. Овај ефекат уводи у анализу секундарне утицаје који настају услед релативног померања крајева штапа [2].

## 4. „PUSHOVER” АНАЛИЗА ПРИМЕНОМ СОФТВЕРА MATRIX 3D

### 4.1. О Matrix 3D софтверу

Matrix 3D је вишенаменски програм, који има могућност спровођења различитих типова нелинеарних анализа, укључују и 2D и 3D коначне елементе. Што се математичке позадине тиче, Матрих 3D се заснива на методи коначних елемената, а има могућност спровођења како линеарне тако и нелинеарне анализе [4].

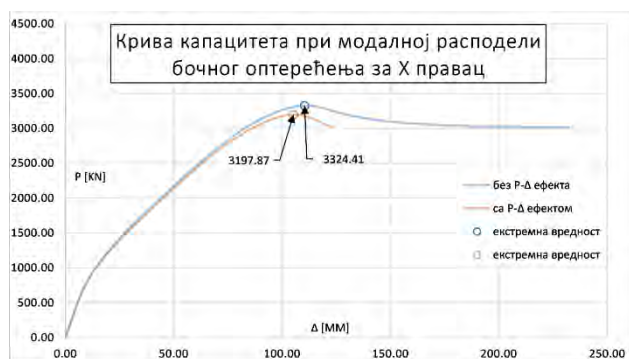
### 4.2. Влакнасти (fiber) елементи

Код влакнастог (fiber) попречног пресека, врши се дискретизација попречног пресека и у свакој тачки интеграције тако дискретизованог попречног пресека одређује се одговор материјала који је додељен посматраној тачки интеграције. Потом се, интеграцијом по читавом попречном пресеку добија одговор попречног пресека.

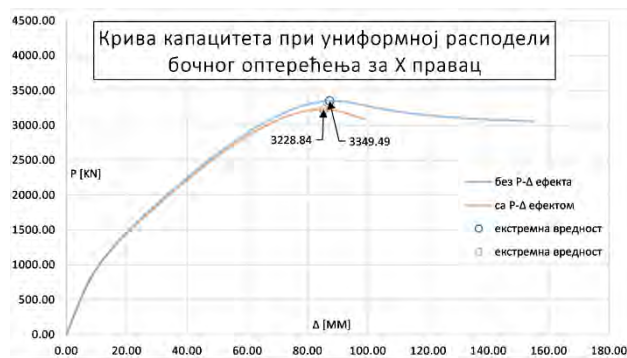
У начелу, свако влакно пресека је засебан материјал [5]. Влакнасти модели имају кључну предност при представљању понашања конструкција, с једноставном припремом модела и у могућности су да прикажу резултате, тј. дијаграме пресечних сила. Применом овик коначних елемената није потребно додатно време за моделирање конструкција.

### 4.3. Резултати нелинеарне статичке анализе

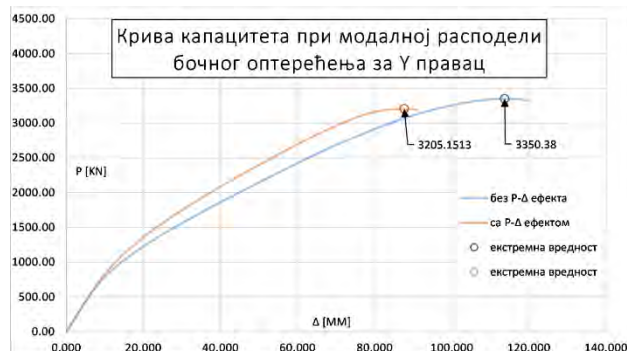
Главни резултат нелинеарне анализе је крива капацитета. Ова метода је спроведена за сваки од главних правца зграде, уз разматрање две различите вертикалне дистрибуције бочног оптерећења - униформна и модална.



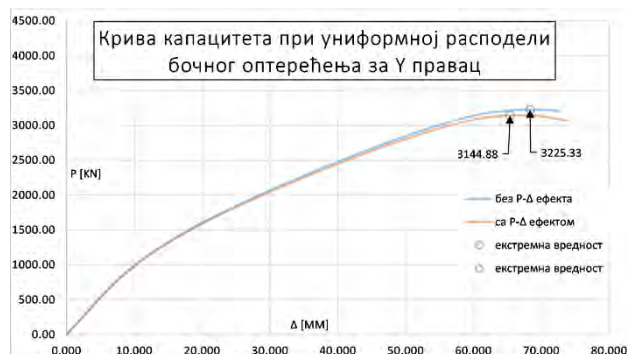
Слика 3: Крива капацитета при модалној расподели за X правац



Слика 4: Крива капацитета при униформној расподели за X правац



Слика 5: Крива капацитета при модалној расподели за Y правац



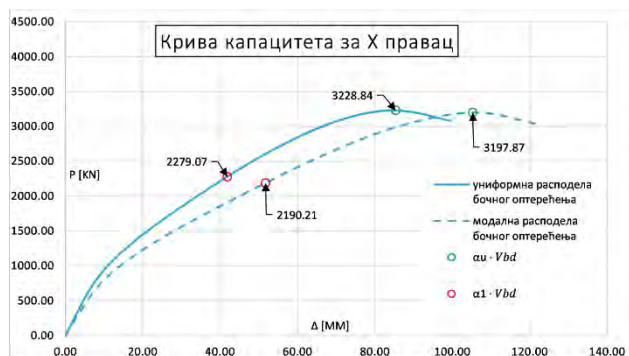
Слика 6: Крива капацитета при униформној расподели за Y правац

Осим тога, за сваки од ових случајева спроведена је и нелинеарна анализа узимајући у обзир P-Δ ефекат што ће бити приказано на графицима упоредо са случајем где овај ефекат није разматран.

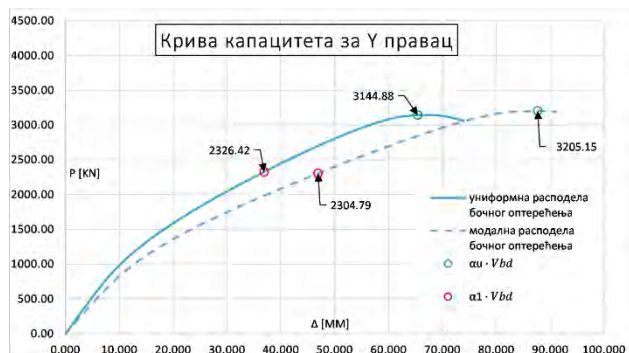
У случају укључивања P-Δ ефекта, забележава се мања вредност сеизмичког сила при ком долази до формирања великог броја пластичних зглобова, док је сеизмичко сила при пластификацији прве арматуре приближно исто. Даљом анализом и одређивањем односа  $\alpha_u/\alpha_1$ , користе се искључиво криве капацитета срачунате са P-Δ ефектом, из разлога што се добијају мање вредности фактора прекорачења. Нижа вредност односа  $\alpha_u/\alpha_1$  резултује нижом вредности фактора понашања а самим тим већим сеизмичким дејством на конструкцију.

Наредним сликама приказане су криве капацитета за оба главна правца, добијене за униформну и модалну расподелу бочног оптерећења. Истовремено, приказа-

не су и сеизмичке силе при којима долази до прве пластификације у конструкцији као и до глобалне нестабилности.



Слика 7: Крива капацитета за Х правац



Слика 8: Крива капацитета за Y правац

За Х правац фактор мултипликације при униформној расподели износи 1.42 док при модалној 1.46. Усваја се мања вредност 1.42. За Y правац при униформној и модалној расподели износи 1.35 и 1.39, ресепективно, те се усваја 1.35.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Сагледавањем резултата добијених анализом и узимајући у обзир препоручену вредност фактора прекорачења  $\alpha_u/\alpha_1 = 1.3$  за оквирну конструкцију прописане Еврокодом 8, може се закључити да је заправо овај однос код оквирних конструкција нешто већи и разликује се за два главна правца.

Већа вредност фактора прекорачења директно утиче на фактор понашања повећавајући његову вредност. Самим тим долази до смањења сеизмичког оптерећења које дејствује на конструкцију јер се у линеарно-еластичној анализи до пројектног спектра долази дељењем еластичног спектра одговора са фактором понашања. Узимајући ово у обзир, применом нелинеарне статичке анализе може се доћи до тачније вредности фактора понашања преко одређивања односа  $\alpha_u/\alpha_1$ . Ово има за последицу мање утицаје у конструкцији што даље имплицира мањом потребом за арматуром и уштеди на истој.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

[1] З. Брујић, Бетонске конструкције у зградарству према Еврокоду, Нови Сад : ФТН, 2023.

[2] Ђ. Л. З. Б. Ђ. Ј. Драго Жарковић, „Имплементација влакнастог 'стуб-греда' елемента у академски CAD софтвер - Matrix 3D,“ *Research gate*, p. 22, 2018.

[3] Д. Жарковић, „P-делта анализа помоћу Matrix 3D софтвера за нелинеарну структуралну анализу,“ in *Друштво грађевинских конструктора Србије*, Нови Сад, 2022.

[4] Д. Жарковић, „Matrix 3D програм за линеарну и нелинеарну структуралну анализу и димензионисање,“ in *Друштво грађевинских инжењера Новог Сада*, Нови Сад, 2022.

[5] С. М. Костић, *Модел генерализане пластичности код нелинеарне анализе просторних оквирних конструкција*, Београд: Универзитет у Београду, 2013.

[6] Еврокод 8 - Прорачун сеизмички отпорних конструкција, Београд: Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2009.

[7] Еврокод 2 - Прорачун бетонских конструкција - Део 1.1: Општа правила и правила за зграде, Београд: Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2006.

[8] М. Чаушевић, *Динамика конструкција*, Загреб: Golden marketing - техничка књига, 2010.

[9] Evaluation of the effects of stirrup spacing and buckling of steel reinforcing bars on the capacity of RC columns, Sharif University of Technology, 2017.

## Кратка биографија:



**Урош Мартиновић** рођен је у Новом саду 1998. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства одбранио је 2024. год.

контакт: [martinovicu@gmail.com](mailto:martinovicu@gmail.com)



**Драго Жарковић** рођен је 1985. године у Задру. Од 2009.-2015. године радио као стално запослен на Факултету техничких наука као асистент. Од 2021. године је запослен као доцент на факултету техничких наука универзитета у Новом Саду.

**NELINEARNA STATIČKA ANALIZA ZIDANE ZGRADE Po+P+4 U BEOGRADU****NONLINEAR STATIC ANALYSIS OF A MASONRY BUILDING B+GF+4 IN BELGRADE**

Tamara Matić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je sprovedena nelinearna statička analiza višespratne zidane zgrade spratnosti (Po+P+4) na području Beograda, prema Evrokod standardima. Trodimenzionalni matematički model formiran je primenom ekvivalentnih okvira. Nivo seizmičkog dejstva (ubrzanje tla) je postepeno uvećavan kako bi se dobio krajnji seizmički kapacitet objekta. Pri analizi su u obzir uzeta dva rasporeda seizmičkih sila za glavne pravce objekta. Proračunate su vrednosti faktora prekoračenja (OSR), duktilnosti ( $\mu$ ) i faktora ponašanja ( $q$ ), i upoređene su sa vrednostima dobijenim u softveru, i sa vrednostima datim u Evrokodu.

**Ključne reči:** višespratna zidana zgrada, model ekvivalentnog okvira, pushover analiza, OSR faktor,  $q$  faktor, Evrokod

**Abstract** – The study presents a nonlinear static analysis of a multi-story masonry building (B+GF+4) situated in Belgrade, according to Eurocode standards. A three-dimensional mathematical model was formed using equivalent frames. The seismic intensity (ground acceleration) was incrementally increased to determine the structure's ultimate seismic capacity. Two configurations of seismic forces for the main directions of the building were considered during the analysis. Calculations were conducted to assess the overstrength ratio (OSR), ductility ( $\mu$ ), and behavior factor ( $q$ ), and the values were compared with values derived from software, and with values given in Eurocode.

**Keywords:** multi-storey masonry building, equivalent frame model, pushover analysis, OSR factor,  $q$  factor, Eurocode

**1. UVOD**

Zidanje je jedan od najstarijih načina građenja objekata. Takav način gradnje se zbog svoje jednostavnosti zadržao sve do danas. Kroz vekove menjali su se osnovni materijali za zidanje, ali je tehnika izvođenja ostala gotovo nepromenjena. Međutim, zidane konstrukcije su nepovoljne sa aspekta seizmičke otpornosti. Njih odlikuje velika masa i krutost, odnosno niska duktilnost. Zbog smanjene duktilnosti zidane konstrukcije imaju znatno manju seizmičku otpornost u odnosu na savremene armiranobetonske i čelične konstrukcije.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio vanr. prof. dr Vladimir Vukobratović.

Evrokod 6 daje opšta pravila za projektovanje nearmiranih i armiranih zidanih zgrada, a u Evrokodu 8 nalaze se dodatna pravila koja se odnose na projektovanje zidanih zgrada u seizmički aktivnim područjima [1-3].

**2. OPIS OBJEKTA**

Projektnim zadatkom predviđena je analiza stambenog objekta spratnosti Po+P+4 sprata. Lokacija predmetnog objekta je Beograd.

Relativna kota pešačkog pristupa objektu iznosi +0.00 m i determinisana je apsolutna kota 188,30 mnv. Na nivou prizemlja omogućen je ulaz u stambenu jedinicu u prizemlju. Takođe sa nivoa prizemlja moguće je pristupiti garažnim mestima koja se nalaze u prizemlju objekta. Sa nivoa prizemlja omogućen je pristup stepeništu koje omogućava vertikalnu komunikaciju među etažama. Spratovi su tipski i na svakom se nalazi jedna stambena jedinica. Objekat je u osnovi dimenzija 15,12x14,19 m, visine 14,54 m.

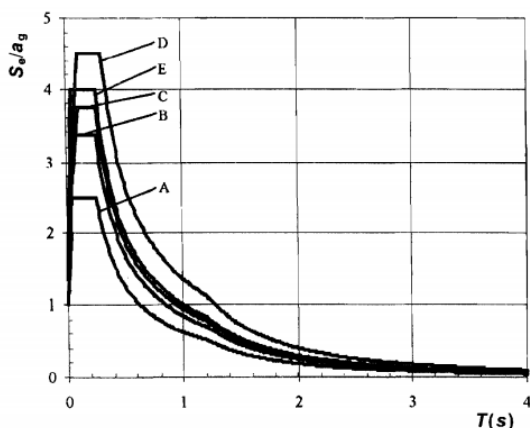
Predmetni objekat je masivnog konstruktivnog sistema, izrađen od zidova zidanih blokom Porotherm 25S P+E koji su ukruženi horizontalnim i vertikalnim serklažima. Blokovi su u sklopu zida povezani malterom opšte namene M10 (čvrstoća 10 MPa) preko horizontalnih i vertikalnih spojnica.

Vrednost savojne i poprečne krutosti zidova i armiranog betona je uzeta kao  $\frac{1}{2}$  stvarne, kako bi se simulirala isprskalost preseka. Svi armiranobetonski elementi u konstrukciji su betonirani betonom klase C 25/30. Vertikalni serklaži su dimenzija 25x25 cm. Horizontalni serklaži se oslanjaju na noseće zidove a njihova visina odgovara visinama tavanica. Dimenzije horizontalnih serklaža su 15x25 cm. Serklaži su armirani sa 4Ø12 i UØ8/15 cm.

Projektom je predviđena AB međuspratna ploča debljine  $d=15$  cm izvedena betonom klase C25/30 i armirana u obe zone armaturom Q335. Krovna ploča je izvedena kao AB ploča debljine 15 cm, sa minimalnim potrebnom nagibima za odvod atmosferilija.

**3. ANALIZA OPTEREĆENJA**

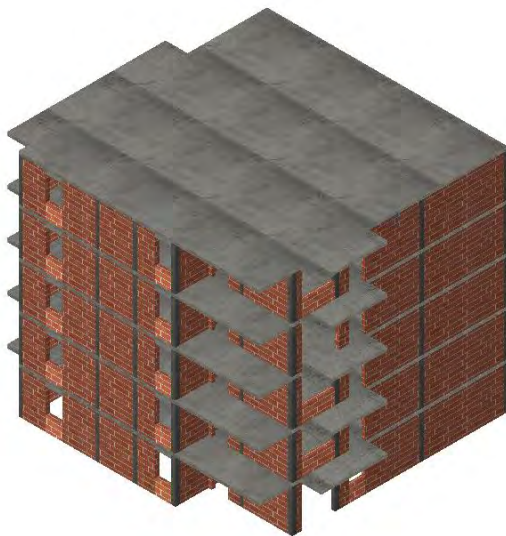
Na objekat pored sepstvene težine djeluju i sledeća opterećenja: dodatno stalno opterećenje čija je vrednost 1,60 kN/m<sup>2</sup>, odnosno 2,10 kN/m<sup>2</sup>; promenljivo opterećenje koje iznosi 2,50 kN/m<sup>2</sup> na međuspratnim tavanicama, dok na krovnoj ploči iznosi 1,00 kN/m<sup>2</sup>; opterećenje snegom je 0,80 kN/m<sup>2</sup>. Seizmičko opterećenje je izraženo preko spektra odgovora tip 2 (Slika 1), tip tla je C.



Slika 1. Preporučeni tip 2 elastičnog spektra odgovora za kategorije tla A do E (5% prigušenja)

#### 4. MODELIRANJE KONSTRUKCIJE I OPTEREĆENJA

Objekat je modeliran kao trodimenzionalan (3D) u programu AmQuake (Slika 2). Za modeliranje konstrukcije korišćen je model ekvivalentnog okvira, gde su svi elementi konstrukcije, osim međuspratnih ploča, prikazani kao 1D elementi. Kao vertikalni gredni elementi prikazani su noseći zidovi i vertikalni serklaži, dok su kao horizontalni gredni elementi modelirani parapeti, horizontalni serklaži, natprozorne i nadvratne grede. Međuspratne tavanice su u svojoj ravni beskonačno krute i obezbeđuju kompatibilnost horizontalnih pomeranja svih čvorova tj. zidova koje povezuju [4].



Slika 2. 3D model zgrade

U Evrokodu razlikujemo stalno (GO), dodatno stalno (G1) i korisno (Q), te ga tako zadajemo i u programu. Stalno opterećenje odnosi se na konstantna opterećenja koja su prisutna na objektu tokom celog veka njegove eksploatacije. Promenljiva opterećenja - korisno opterećenje i opterećenje snegom prikazana su kao jednakopodeljena opterećenja po površini međuspratnih ploča, odnosno krovne ploče. Pored intenziteta opterećenja u ovom prozoru definišu se i vrednosti koeficijenata za kombinacije opterećenja.

Na modelu je varirano ubrzanje i vršena je provera za koje maksimalno ubrzanje bi zgrada imala zado-

voljavajući odgovor. Klasa značaja objekta je III i faktor  $\gamma_I = 1,2$ .

$$a_{g,ULS} = a_{gR} \cdot \gamma_I \quad (1)$$

$$a_{g,ULS} = a_{gR} \cdot \gamma_I = 0,10 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 1,2 = 1,2 \frac{m}{s^2}$$

$$a_{g,ULS} = a_{gR} \cdot \gamma_I = 0,12 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 1,2 = 1,4 \frac{m}{s^2}$$

$$a_{g,ULS} = a_{gR} \cdot \gamma_I = 0,13 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 1,2 = 1,6 \frac{m}{s^2}$$

$$a_{g,ULS} = a_{gR} \cdot \gamma_I = 0,15 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 1,2 = 1,8 \frac{m}{s^2}$$

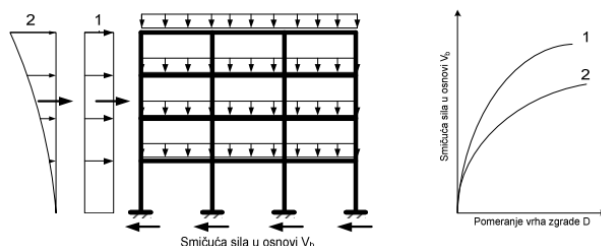
$$a_{g,ULS} = a_{gR} \cdot \gamma_I = 0,17 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 1,2 = 2,0 \frac{m}{s^2}$$

$$a_{g,ULS} = a_{gR} \cdot \gamma_I = 0,18 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 1,2 = 2,1 \frac{m}{s^2}$$

#### 5. PUSHOVER ANALIZA

Metoda postupnog guranja, odnosno pushover metoda, je nelinearna statička metoda proračuna novih ili postojećih objekata. Glavni princip metode je praćenje odgovora konstrukcije za rastuću horizontalnu silu uz konstantno vertikalno opterećenje. Iz dobijenog odnosa horizontalne sile i referentnog pomeranja može se odrediti seizmička otpornost konstrukcije. Za konstrukcije koje zadovoljavaju uslove regularnosti u osnovi analiza se može primeniti na dva ravanska modela, dok se za slučaj neregularnosti mora upotrebiti prostorni model konstrukcije.

Nema ograničenja po pitanju regularnosti konstrukcije po visini. Nelinearna statička analiza se sprovodi pod konstantnim gravitacionim opterećenjem primenom monotono rastućeg horizontalnog opterećenjem. Horizontalno opterećenje je pretpostavljeno sa odgovarajućom raspodelom po visini i povećava se monotono od nula do krajnje vrednosti koje bi izazvalo rušenje konstrukcije [5]. Neophodno je primeniti dve vertikalne raspodele bočnih sila ravnomernu raspodelu, gde su bočne sile proporcionalne masama bez obzira na visinski položaj i modalnu raspodelu gde su bočne sile u skladu sa raspodelom sila pri elastičnoj analizi (Slika 3). Nepovoljniji rezultati se usvajaju kao merodavni.

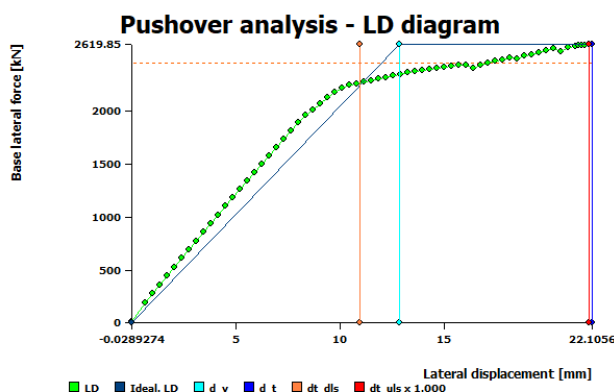


Slika 3. Raspodela bočnih sila za pushover analizu [6]

#### 6. REZULTATI PRORAČUNA

Postupno guranje je vršeno na prostornom modelu konstrukcije u X i Y pravcu. Na osnovu dobijenih rezultata iz softvera: faktora prekoračenja (overstrenght factor - OSR) i duktilnosti izračunava se faktor ponašanja  $q$ , koji se upoređuje sa njegovim preporučenim vrednostima za zidane konstrukcije definisanim u Evrokodu 8.

U Tabeli 1 dat je prikaz rezultata pushover analize (prikazane Slikom 4) za slučaj opterećenja koji daje najmanju rezervu nosivosti.



Slika 4. Slučaj opterećenja koji daje najmanju rezervu nosivosti (Y-, uniformna raspodela)

Tabela 1. Rezultati pushover analize, Y-, uniformna raspodela opterećenja

|                                            |        |                     |
|--------------------------------------------|--------|---------------------|
| Ciljno pomeranje za GSU - $dt_{dls}$       | 10,981 | [mm]                |
| Kapacitet za GSU - $dc_{dls}$              | 22,106 | [mm]                |
| Ciljno pomeranje za GSN - $dt_{uls}$       | 21,962 | [mm]                |
| Kapacitet za GSN - $dc_{uls}$              | 22,106 | [mm]                |
| Period - $T$                               | 0,431  | [s]                 |
| Maksimalno referentno ubrzanje tla - $a_g$ | 2,114  | [m/s <sup>2</sup> ] |
| Duktilnost - $\mu$                         | 1,757  | /                   |
| Faktor prekoračenja - $OSR$                | 3,429  | /                   |
| Elastično pomeranje - $dy$                 | 12,854 | [mm]                |

## 7. RUČNA VERIFIKACIJA REZULTATA

### 7.1 Ciljna pomeranja i kapaciteti za ULS i DLS

Ciljno pomjeranje u analizi pushover krive predstavlja maksimalno dopušteno pomjeranje (deformaciju) koje konstrukcija može doživjeti pri određenim zemljotresnim dejstvima. To je parametar koji se postavljamo kako bismo odredili željeni kapacitet konstrukcije i kako bismo definisali granice njezinog ponašanja tokom zemljotresa.

Kapacitetom konstrukcije se smatra pomeranje pri kome je prekoračen kriterijum:

$$F_{b,i} \leq 0,8 \cdot F_{b,max} \quad (2)$$

$F_{b,i}$  - smičuća sila u osnovi zgrade pri kojoj dolazi do progresivnog oštećenja i loma pojedinih elemenata sistema za prijem bočnog opterećenja;  $F_{b,max}$  - maksimalna nosivost zgrade. Za pomeranje  $d_{max} = 14,029 \text{ mm}$  sila  $F_{b,i}$  ima vrednost od 972,25 kN a  $F_{b,max}$  ima vrednost od 2088,98 kN, tako da je traženi uslov zadovoljen.

### 7.2 Određivanje maksimalnog ubrzanja $a_g$

$$a_g = \frac{S_e(T^*)}{S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{T_c}{T^*}\right)} \quad (3)$$

Dobijene vrednosti maksimalnih mogućih ubrzanja prikazane su u tabeli (Tabela 2).

Tabela 2. Vrednosti ubrzanja

| Raspored opterećenja | Slučaj opterećenja | $a_g$ [m/s <sup>2</sup> ] |
|----------------------|--------------------|---------------------------|
| Uniformni raspored   | X+                 | 1,214                     |
|                      | X-                 | 1,210                     |
|                      | Y+                 | 1,214                     |
|                      | Y-                 | 1,217                     |
| Modalni raspored     | X+                 | 1,219                     |
|                      | X-                 | 1,222                     |
|                      | Y+                 | 1,223                     |
|                      | Y-                 | 1,213                     |

### 7.3 Duktilnost $\mu$

Duktilnost je karakteristika materijala koja se meri stepenom plastične deformacije koju materijal može podneti pre nego što dođe do prelaska između elastičnog i plastičnog deformisanja ili pre nego što dođe do konačnog loma. Duktilnost se računa prema sledećem izrazu:

$$\mu = \frac{d_{max}}{d_y} \quad (4)$$

$d_{max}$  - kapacitet konstrukcije za MDOF sistem;  $d_y$  - pomeranje na granici tečenja za MDOF sistem; Dobijene vrednosti duktilnosti su prikazane u Tabeli 3.

Tabela 3. Vrednosti duktilnosti

| Raspored opterećenja | Slučaj opterećenja | $\mu$  | $AmQuake$ |
|----------------------|--------------------|--------|-----------|
| Uniformni raspored   | X+                 | 1,0615 | 1,085     |
|                      | X-                 | 1,0232 | 1,045     |
|                      | Y+                 | 1,1339 | 1,158     |
|                      | Y-                 | 1,2137 | 1,240     |
| Modalni raspored     | X+                 | 1,0929 | 1,419     |
|                      | X-                 | 1,0314 | 1,339     |
|                      | Y+                 | 1,2132 | 1,576     |
|                      | Y-                 | 1,1996 | 1,558     |

### 7.4 Faktor prekoračenja $OSR$

Faktor prekoračenja  $OSR$  izražava se preko odnosa  $F_y/F_{el}$  ili  $a_u/a_l$ .

$$OSR = \frac{F_y}{F_{el}} \quad (5)$$

$F_y$  - granična smičuća sila na idealizovanoj bilineralnoj krivi;  $F_{el}$  - smičuća sila pri kojoj se formira prvi plastični zglob. Faktor prekoračenja (ili faktor bezbednosti) zavisi od različitih faktora koji uključuju karakteristike materijala, vrstu opterećenja, životni vek konstrukcije, krutost tavanica u svojoj ravni, pretpostavke o modeliranju vezanih elemenata, veze između konstruktivnih elemenata. Niže vrednosti faktora prekoračenja merodavne su u pushover analizi, odnosno u našem slučaju merodavna je uniformna raspodela bočnih sila.

Tabela 4. Vrednosti faktora prekoračenja  $OSR$

|    |       |
|----|-------|
| X+ | 2,882 |
| X- | 2,964 |
| Y+ | 5,549 |
| Y- | 2,996 |

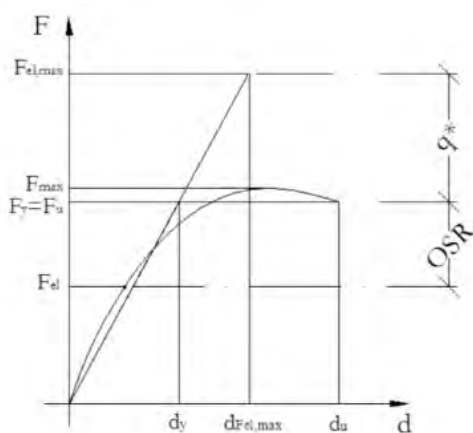
Plastični mehanizam određujemo za dve raspodele bočnih sila i on je u skladu sa mehanizmom na kojem je zasnovan faktor ponašanja  $q$  koji se koristi u analizi.

## 7.5 Faktor ponašanja $q$

Faktor ponašanja predstavlja numerički parametar koji odražava očekivano ponašanje konstrukcije pod dejstvom opterećenja.

Faktor ponašanja  $q$  predstavlja približnu vrednost odnosa između seizmičkih sila koje bi delovale na konstrukciju kada bi njen odgovor bio potpuno elastičan ( $F_{el,max}$ ) sa 5% relativnog viskoznog prigušenja i sila koje se koriste u analizi ( $F_{el}$ ) koristeći uobičajeni linearno-elastični model. Ovaj faktor osigurava zadovoljavajući odgovor konstrukcije (Slika 5).

Vrednost faktora ponašanja može da bude različita za različite horizontalne pravce konstrukcije, iako će klasifikacija duktilnosti da bude ista za sve pravce [5].



Slika 5. Parametri za definiciju faktora ponašanja  $q$  ( $F$  - bazna smičuća sila,  $d$  - pomeranje kontrolne tačke)

Za zidane konstrukcije, kao što je to slučaj i kod drugih tipova konstrukcija (armiranobetske i čelične), u definiciji faktora ponašanja  $q$  potrebno je uzeti u obzir ojačanje konstrukcije preko odnosa prekoračenja ( $OSR$ ). Faktor ponašanja  $q$  se tada može definisati na sledeći način:

$$q = \frac{F_{el,max}}{F_{el}} = \frac{F_{el,max}}{F_y} \cdot \frac{F_y}{F_{el}} = q^* \cdot OSR \quad (6)$$

$q^*$ - osnovna vrednost faktora ponašanja koja uzima u obzir disipativnu sposobnost konstrukcije pomnožena sa koeficijentom prekoračenja  $OSR$ .

Tabela 5. Vrednosti faktora ponašanja  $q$

| Raspored opterećenja | Slučaj opterećenja | $q$   |
|----------------------|--------------------|-------|
| Uniformni raspored   | X+                 | 3,059 |
|                      | X-                 | 3,033 |
|                      | Y+                 | 6,292 |
|                      | Y-                 | 3,636 |
| Modalni raspored     | X+                 | 3,990 |
|                      | X-                 | 3,494 |
|                      | Y+                 | 5,975 |
|                      | Y-                 | 4,626 |

Dobijene vrednosti faktora ponašanja kreću se u intervalu od 3,033 do 6,292. Najveća vrednost je dobijena za

pozitivni Y pravac delovanja opterećenja. Dobijene vrednosti su veće od vrijednosti preporučenih u EC8-1.

Tabela 6. Vrednosti faktora ponašanja prema EC8-1

| Način građenja                                         | $q$       |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| Nearmirani zidovi prema EC6, slučaj niske seizmičnosti | 1.5       |
| Nearmirani zidovi prema EC8                            | 1.5 – 2.5 |
| Zidovi sa serklažima                                   | 2.0 – 3.0 |
| Armirani zidovi                                        | 2.5 – 3.0 |

## 8. ZAKLJUČAK

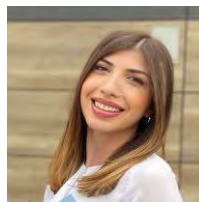
Analizom predmetne konstrukcije, prema odredbama Evrokodova, zaključeno je da svi elementi imaju zadovoljavajuću nosivost. Možemo zaključiti da je jedan od većih problema, odnosno nedostataka zidanih konstrukcija, mala seizmička otpornost, na koju je prilikom proračuna potrebno obratiti posebnu pažnju. EC8 je sveobuhvatan standard koji pruža smernice za seizmičko projektovanje sa širokim spektrom informacija. Adekvatnu primenu zidanih konstrukcija mora da prati odgovarajući – savremeni koncept proračuna.

Analizom predmetne konstrukcije dobijene su veće vrednosti faktora ponašanja  $q$  od vrijednosti preporučenih EC8-1, što znači da postoji značajan konzervativizam uključen u odredbe propisa. Za očekivati je da će se postojeće odredbe Evrokoda 8 koje se odnose na faktor ponašanja u sledećoj generaciji standarda izmeniti, do tada usvajanje većih vrednosti faktora ponašanja ( $q$ ) u specifičnim slučajevima može biti razmatrano pod određenim okolnostima, ali to zahteva pažljivu analizu i argumentaciju.

## 9. LITERATURA

- [1] EN 1996-1-1 : 2005– Evrokod 6 „Proračun zidanih konstrukcija”; Beograd, novembar 2009.
- [2] EN 1998-1 : 2004 – Evrokod 8 „Proračun seizmički otpornih konstrukcija”; Beograd, novembar 2009.
- [3] Stevanović Boško, Lađinović Đorđe: „Osnovni principi i pravila projektovanja, proračuna i izgradnje zidanih zgrada prema EC 6 i EC 8”, Pregledni rad.
- [4] Vukobratović Vladimir: „Materijal za predavanja iz predmeta Odabrana poglavlja zidanih konstrukcija”.
- [5] Lađinović Đorđe: „Savremene metode seizmičke analize konstrukcija zgrada”, Pregledni rad, 2008.
- [6] Manojlović Dragan: „Materijal za vežbe iz predmeta Odabrana poglavlja zidanih konstrukcija”.

### Kratka biografija:



**Tamara Matić** rođena je u Banjaluci 1995. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Zidane konstrukcije odbranila je 2024. god.  
kontakt: tamara.matic10@gmail.com

**ИНТЕГРАЦИЈА И ПРИМЕНА BIM И LEAN МЕТОДОЛОГИЈА НА ГРАЂЕВИНСКИМ ПРОЈЕКТИМА****INTEGRATION AND APPLICATION OF BIM AND LEAN METHODOLOGIES ON CONSTRUCTION PROJECTS**

Милош Мирковић, Мирјана Терзић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**КРАТАК САДРЖАЈ** – У поређењу са другим индустријама, грађевинска индустрија већ годинама бележи пад у продуктивности, односно мањак исте. Један од кључних узрока успоравања и бројних губитака на грађевинским пројектима јесу проблеми у комуникацији, односно размени информација. Овим радом обухваћене су две различите иницијативе, BIM и Lean методологија, које имају велики утицај на грађевинску индустрију, као и предности њихове заједничке имплементације на грађевинским пројектима, ради побољшања кључних узрока у паду продуктивности.

**Кључне речи:** BIM, Lean градња, методологија, грађевинарство

**Abstract** – Compared to other industries, the construction industry has been experiencing a decline in productivity for years. One of the key causes of this slowdown and numerous losses on construction projects are communication problems, or the exchange of information. This paper covers two different initiatives, both BIM and Lean methodologies, which have a significant impact on the construction industry, as well as the benefits of their joint implementation on construction projects to improve key factors that are contributing to the decline in productivity.

**Keywords:** BIM, Lean Construction, methodology, construction

**1. УВОД**

Грађевински пројекти се свакодневно суочавају са разним, непредвиђеним проблемима, као и много захтевнијим изазовима, као што су на пример, разне измене од стране клијента током извођења објекта, али и сама комплексност пројекта. Како би се ови проблеми савладали, свакодневно се потражују нове технике и технологије за унапређења ових модерних проблема, али се траже и комбинације разних метода и техника [1].

У поређењу са другим индустријама, грађевинска индустрија већ годинама бележи пад у продуктивности, односно мањак исте, док се у неким од других индустрија продуктивност скоро двоструко увећала

за исти временски период и сваким наредним даном се побољшава.

Један од кључних узрока успоравања и губитака приликом грађења самог објекта јесу проблеми у комуникацији, односно размени информација. Велики део отпада и губитака настаје доношењем различитих одлука, како кроз пројектовање конструкције, тако и кроз процес изградње. Интеграција Lean приступа заједно са BIM методологијом требала би значајно да помогне у отклањању тог отпада.

**2. BIM**

Оно на чему се BIM базира је сарадња свих учесника пројекта. Стварању дигиталног модела који ће садржати све потребне информације о самом пројекту, као и оних које ће пратити читав животни циклус објекта. Сама скраћеница BIM има неколико значења као што су:

- Building Information Model
- Building Information Modelling
- Building Information Management.

Кроз литературу се могу пронаћи многе дефиниције BIM приступа, које се често разликују, али на крају крајева заправо описују технологију на сличан начин. Најчешће се дефинише као грађевински концепт који тежи да интегрише све процесе у једну целину. Из наведеног, може се закључити да је BIM приступ препознао један од кључних проблема у грађевинарству, који се своди на недостатак потпуне и правовремене размене информација између различитих учесника пројекта.

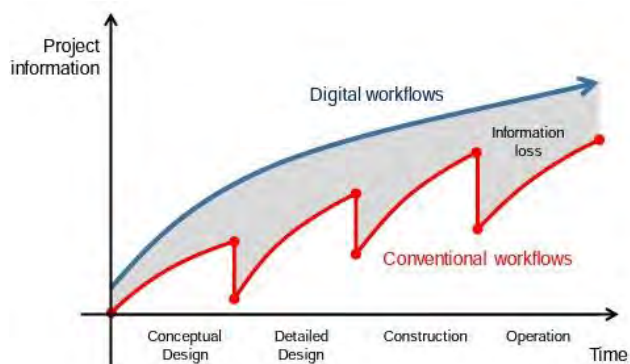
**2.1. Зашто BIM?**

У традиционалном приступу грађевинарству, који је и данас умногоме заступљен на нашим просторима, фазе пројекта се посматрају одвојено, односно подељене су у фазе планирања, пројектовања, изградње итд., што доводи до великих губитака, како самих информација, тако и времена, ефективности али и новца.

Често се врло битне информације о пројекту изгубе. Разлог томе је широка заступљеност преношења информација у виду цртежа, или у форми физички одштампаних на папиру, или у дигиталној форми, али лимитираног формата. Такав прекид у континуалном току информација се дешава у свим наведеним фазама пројекта и приказан је на слици 1.

**Напомена:**

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Игор Пешко.



Слика 1. Губитак информација приликом преласка у нову фазу пројекта [2].

Цео процес, од планирања до реализације је веома комплексан процес који захтева широк спектар учесника из бројних професија. Како би се пројекат успешно реализовао, потребно је обезбедити квалитетну размену информација између њих. Проблем се јавља у софтверима који су стари већ деценију и више. Потенцијалне грешке могу се уочити само ручним прегледањем огромног броја цртежа, што често доводи до бројних пропуста које пројекат коштају изгубљеног времена, нарушене динамике, али и новца.

Информацијама из традиционалног приступа израде пројекта не може се приступити једноставно. Да би се оне користиле за неке од додатних процена, анализа или симулација, морају се поново, ручно, унети у неки од софтвера, што само изискује додатни, непотребни посао и повећава шансе за добијање нових потенцијалних грешака. Примењивањем BIM приступа добија се много већа корист коришћењем компјутера и технологије у свим фазама израде пројекта.

## 2.2. Разумевање BIM приступа

BIM приступ се може посматрати у два смера, као „технологија“, али и као „методологија“. BIM као „технологија“, представља дигиталну репрезентацију физичких и функционалних карактеристика једног објекта, док као „методологија“, представља сарадњу различитих учесника пројекта у различитим фазама животног века објекта.

У вези са тим, кроз литературу, BIM се дефинише као [3]:

- **Процес** - У којем различити учесници пројекта раде заједно, на једном моделу, размењују информације и сарађују на стварању што учинковитијег процеса градње, како би процеси били бржи и исплативији, али и самих учинковитијих објеката, како би било што мање отпада.
- **Технологија** - Која омогућава координацију, односно комбинацију рада различитих учесника у један BIM модел. Модел је тродимензионалан, састоји се од бројних елемената који чине једну целину, где је сваки од тих елемената јединствен и садржи информације, на пример о геометрији и својствима елемента.

BIM приступ се примењује у свим животним фазама пројекта (слика 2.), од планирања, пројектовања, изградње, али и управљања и одржавања, па самим тим омогућава: подршку у процесима доношења одлука, рано уочавање потенцијалних грешака на пројекту, детаљније анализе, брзе измене и лакше управљање променама, јасније разумевање пројектних циљева, визуализацију пројектних решења, учинковитост процеса у фази изградње као и подршку у анализи животног циклуса и трошкова пројекта.



Слика 2. BIM приступ кроз фазе грађевинског пројекта [4]

## 3. LEAN

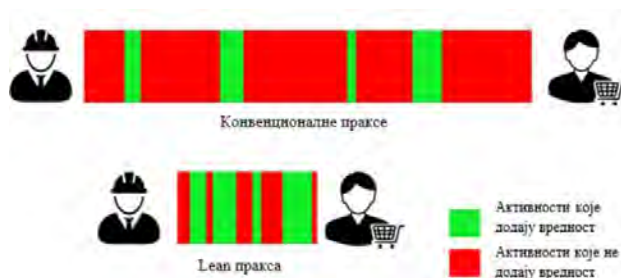
### 3.1. Шта представља Lean?

*Lean* метода потиче из јапанске аутомобилске индустрије, прецизније из компаније Тојота. Будући да се тадашња масовна производња углавном базирала на количини, применом новог приступа, уочени су бројни недостаци традиционалних метода производње.

Ток рада традиционалном методом функционисао је тако да се производња настављала, иако су уочени потенцијални недостаци процеса, који су се отклањали тек у неким будућим процесима производње. Такав начин рада резултовао је великим расипањима, попут бачених већих комада опреме, или потребе за више времена у процесима прераде. Такође, поред оваквих губитака, примећени су и други проблеми код масовне производње, као што су недостатак координације и комуникације међу секторима али и проблеми са квалитетом који су уочавани тек на крају производње. Према томе, у Тојоти је уочена потреба за повећањем нивоа продуктивности, па је развијена идеја којом су поред тога што су учинковитији, процеси постали и сигурнији.

Циљ *Lean*-а јесте да детектује губитке, тј. отпад приликом непотребних поступака и процеса у активностима. Међутим, *Lean* разликује и активности, које су графички приказане на слици 3. Постоје активности које додају вредност, као и активности

које не додају вредност финалном производу. Наравно, потребно је фокусирати се на активности које додају вредност производу, међутим Lean пракса је показала да приоритетно прилике за побољшања треба тражити у активностима које не додају вредност.



Слика 3. Разлика између заступљене праксе и Lean праксе [5]

У Lean-у се по први пут појављује појам „отпад“ (енгл. *Waste*), и они су класификовани у наредне групе губитака, које су шематски приказане на слици 4.



Слика 4. Шематски приказ Lean губитака [6].

Неки од ових губитака могу бити примећени одмах, док остали могу представљати проблем за уочавање. Из тог разлога, захтевају додатне ресурсе, мапирање тока вредности и различите темељне анализе.

### 3.2. LEAN CONSTRUCTION

Lean се први пут појављује у грађевинској индустрији неколико година након што се постигло потпуно прихватање у западним производним индустријама. Бројни аутори су покушали да пружи објашњење о перспективи Lean градње. То укључује *Koskela (1992)* и његов рани разговор о потенцијалу онога што је назвао „новом производном филозофијом“ у грађевинској индустрији у његовом научном раду [7]. Једноставна дефиниција **Lean Construction-a** дата је од стране *Koskela (2002)* и она гласи:

„Lean градња је начин дизајнирања производних система ради минимизирања отпада материјала, времена и напора како би се генерисала максимална могућа вредност.“

*Koskela (2002)*

Најпознатији од њих је „Last Planner approach“, који представља приступ планирању и управљању грађевинским процесима (*Ballard and Howell 1998; Ballard 2000*). Циљ је стварање поузданог тока рада тако што ће пројектни тим, укључујући све заинтересоване стране, заједнички створити план свих

фаза за део неког посла. Ово представља процес који укључује дискусију са радницима на градилишту и правовремено планирање, како би се осигурало да посао не чека раднике и да радници не чекају посао.

### 3.3. Побољшање након имплементације Lean-a

Многе иницијативе у менаџментском управљању не крену добро у раној фази и не буду лако применљиве због чињенице да укључени учесници у пројекту или компанији не виде користи повезане са променама. У контексту Lean Construction-a, примећен је пораст броја емпиријских студија, пореклом из многих земаља, које тврде да успешна примена Lean принципа у грађевинарству може побољшати структуру трошкова, продуктивност, време испоруке, поузданост планирања, квалитет, однос између радника и задовољство послом. Ово су само неки од добрих разлога за спровођење Lean Construction методологије.

За Lean Construction заједницу се сматра да је спора у превазилажењу кључне дебате о томе шта је Lean, а шта није. Бројни напори учињени су од стране истраживача да побољшају кредибилитет Lean градње адресирањем или изазивањем њених недостатака.

Литература о примени Lean Construction-a добила је значајну пажњу у развијеним земљама, попут Велике Британије, САД-а, Сингапура и нордијских земаља. Један од значајних подстицаја у промоцији Lean концепта је политика у овим развијеним земљама. У земљама у развоју, имплементација Lean Construction-a је још увек у врло раној фази. Почело је истраживањем свести о Lean концептима међу грађевинским практичарима и елиминацијом отпада у грађевинским процесима. Показало се да је ниво свести о Lean-у у грађевинској индустрији био низак. На пример, неки извођачи су већ свакодневно примењивали један или више Lean концепата, али нису били свесни да ли је то у складу са Lean Construction-ом све док им Lean оквири нису представљени. Осим тога, корисно је за земље у развоју истражити препреке које могу ометати усвајање Lean-a у грађевинарству. Ово указује да подршка владе у земљама у развоју треба да буде унапређена. Без јасно постављених циљева владе, неће бити подигнуте свести о Lean-у.

### 4. BIM и LEAN CONSTRUCTION

Грађевински пројекти су најчешће инвестиције које су од велике вредности, као и огромне важности за јавност, односно државу, па је због тога веома важно јасно разумети примену BIM и Lean приступа, како би се побољшала производња пројеката. BIM и Lean су две различите иницијативе, али обе имају велик утицај на грађевинску индустрију. У вези са тим, врло је важно препознати њихове додирне тачке. С обзиром на то да се ради о два независна приступа, могу се, такође, и независно имплементирати у пројектима. Међутим, највећи потенцијал за побољшање грађевинских пројеката се заправо налази у међусобној интеракцији ове две методологије.

BIM се сматра једним од најбољих ресурса, који би прихватањем Lean принципа смањео губитке и тиме значајно довео до побољшања исхода пројекта, или

компаније генерално. Компаније које су имплементирале BIM, тврде да је примећено значајно побољшање у пословању, чак наглашавају да им BIM, такође, помаже приликом набавке материјала тачно на време када им је то потребно, као и у побољшаној комуникацији у тиму.

#### 4.1. Предности BIM – Lean интеграције

Бројна истраживања показују како синергија приступа BIM-а и Lean-а може бити квалитетно имплементирана, ако њихова сарадња почне што раније могуће на пројекту – од фазе пројектовања, како би жељени Lean принципи били добро планирани и према томе квалитетно имплементирани у фази производње. Такође, на темељу свега што је до сада наведено, могуће је приметити како неки од BIM алата већ укључују технике Lean Construction-а. Према томе, много је разлога за усвајање Lean – BIM приступа, а неки од њих су:

- BIM - Lean интеграција доприноси већој учинковитости. Све што је учињено у припреми за пројекат биће корисно за пројекат,
- BIM - Lean олакшавају разумевање онога што клијент цени, и то показују кроз поступак пројектовања и изградње,
- BIM - Lean и одређене Lean технике смањују ниво стреса у тиму, и избегавају грешке и губитке, и
- Побољшава се проток информација и комуникација.

Међутим, да би се BIM и Lean интеграција могла применити мора се узети у обзир неколико битних фактора:

- Имплементација оба система захтевају јаку културу сарадње свих учесника у пројекту.
- BIM се примењује од фазе пројектовања, а Lean од фазе производње, односно извођења. Но да би се максимално искористила синергија ова два приступа, Lean Construction приступ мора бити добро испланиран и интегрисан у BIM још у фази пројектовања.
- Неопходно је да менаџмент који води пројекат заиста научи и прихвати нове методологије које ће им бити потребне у будућим пројектима. Од делимичне имплементације незахвално је очекивати постизање великог успеха синергије BIM-а и Lean-а.

Важно је истаћи да, BIM приступ, и култура Lean менаџмента, дефинишу унутрашњи карактер компаније која их је имплементирала.

#### 5. ЗАКЉУЧАК

Интеграција BIM-а и Lean-а значајно подстиче учинковитост, продуктивност, одрживост, али и хуманост на грађевинским пројектима. Технике и принципи Lean-а потпомажу у организацији самог пројекта, док BIM представља платформу која подржава ток и размену информација између учесника пројекта. Суштина је да се BIM начином управљања пројектом олакшава сам процес припреме и израде пројекта, али само уколико се користи на прави начин.

Циљ је указати на грешке, али и учити из њих како се убудуће не би понављале. Грађевинска индустрија је сама по себи специфична и тешко тежи променама. Нема серијску производњу, па се тиме сваки пут очекује неко ново, иновативно решење. Прихватањем дигиталних технологија, грађевинарство може кренути ка ефикаснијем, одрживијем и сарадничком достављању пројеката. Осим тога, да би се превазишла ова ограничења и изазови, кључно је повећати свест и образовање о користима BIM и Lean метода у грађевинским пројектима. То може укључивати пружање обуке и подршке, као и промовисање коришћења стандардизованих процеса и алата. Такође, важно је наставити истраживање и развој у овој области како би се идентификовале и решиле преостале препреке за усвајање BIM и Lean метода у грађевинским пројектима.

#### 6. LITERATURA

- [1] B. Dave, L. Koskela, A. Kiviniemi, P. Tzortzopoulos, and R. Owen, 'Implementing lean in construction: Lean construction and BIM', 2013.
- [2] Borrmann, A.; König, M.; Koch, C.; Beetz, J. (Eds): Building Information Modeling - Technology Foundations and Industry Practice, Springer, 2018.
- [3] Hichri, N.; Stefani, C.; De Luca, L.; Veron, P.; Hamon, G. (2013); "From point cloud to BIM: a survey of existing approaches"; XXIV International CIPA Symposium, 2013, Strasbourg, France. Proceedings of the XXIV International CIPA Symposium, 2013.
- [4] Creating a digital information model in the design, construction and operation of construction objects, доступно на: <https://inno-institute.com/bim.html>, отворено (20.01.2024.)
- [5] Lean Six Sigma in Crisis Situations, доступно на: <https://www.theleansixsigmacompany.vn/blog/algemein/lean-six-sigma-in-economic-crisis-situations/>, отворено: (22.01.2024.)
- [6] Lean proizvodnja, доступно на: <https://project-management-srbija.com/lean-menadzment>, отворено: (01.03.2024.)
- [7] Shang Gao, Sui Pheng Low, „Lean Construction Management The Toyota Way“.
- [8] Opće smjernice za BIM u graditeljstvu, доступно на: <https://www.bim-hrvatska.hr/download/HKIG-Opce-smjernice-za-BIM-pristup-u-graditeljstvu-2017.pdf>, отворено: (02.03.2024)

#### Kratka biografija:



**Милош Мирковић** рођен је у Зрењанину 1994. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства одбранио је 2024. год. контакт: [mirkovicmilosm@gmail.com](mailto:mirkovicmilosm@gmail.com)



**Мирјана Терзић** рођена је у Вогошћи 1994. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства је одбранила 2021. год., од када је у звању асистент-мастер. контакт: [terzic.mirjana@uns.ac.rs](mailto:terzic.mirjana@uns.ac.rs)

**ДИГИТАЛНА ТРАНСФОРМАЦИЈА У ГРАЂЕВИНАРСТВУ****DIGITAL TRANSFORMATION IN CONSTRUCTION INDUSTRY**Марија Стојановић, Мирјана Терзић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У оквиру овог рада приказане су предности напредног управљања грађевинским пројектима базираног на правовремено доступним, прецизним подацима и кључним показатељима пројекта, применом BIM метода и технологије. Упознавање са могућностима аутоматизације и оптимизације традиционалних процеса планирања и управљања грађевинским пројектима применом BIM методологије и напредних BIM алата.

**Кључне речи:** BIM технологија, дигитална трансформација у грађевинарству

**Abstract** – Within this work, the advantages of advanced management of construction projects based on timely available, precise data and key indicators of the project, using BIM methods and technology, are presented. Getting to know the possibilities of automation and optimization of traditional processes of planning and management of construction projects using BIM methodology and advanced BIM tools.

**Keywords:** BIM technology, digital transformation in construction industry

**1. УВОД**

„Будућност припада онима који виде могућности пре него што оне постану очигледне.“

John Sculley

Овом реченицом можемо схватити колико је битно непрекидно гледати испред себе, односно посматрати у будућност и тиме искористити технологију на најбољи могући начин. Развој технологије је довео до раста сложености објеката, а самим тим и потребу за већим бројем људи различитих струка који учествују у самом пројектовању и изградњи. Како би производ (објекат) на крају постао резултат који се жели, потребна је добра сарадња људи који учествују у пројектовању и изградњи објекта и инвеститора. Људи су осетили потребу за бољом сарадњом, бољом прегледношћу и лакшем разумевању, и као производ свих тих тежњи развијена је BIM технологија. Поред нових могућности које динамичан технолошки напредак пружа, он такође мења и начин на који живимо, радимо и односимо се једни према другима.

**НАПОМЕНА:**

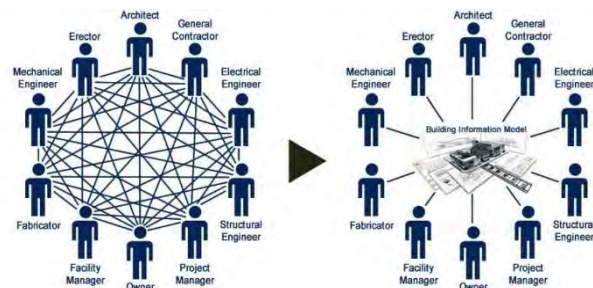
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Игор Пешко.

**2. BIM****2.1. Опште о BIM-у**

Сама скраћеница BIM има неколико значења: Информациони модел изградње (Building Information Model); Информационо моделовање објеката (Building Information Modeling); Управљање информацијама о објектима (Building Information Management).

BIM приступ се може приказати у два смера: као технологија и као методологија. Као технологија BIM је дигитални приказ физичких и функционалних карактеристика грађевине, а као методологија омогућава сарадњу различитих учесника у различитим фазама животног века грађевине – од пројектовања и грађења до пуштања у рад и доживотно управљање и одржавање.

Главни резултати успешне примене BIM-а су повећање тачности и квалитета пројекта, смањење или потпуно отклањање грешака и промена пројекта током изградње, повећање продуктивности просечно и до 40%, смањење стреса запослених и смањење трошкова одржавања, што на крају доноси знатне финансијске уштеде.



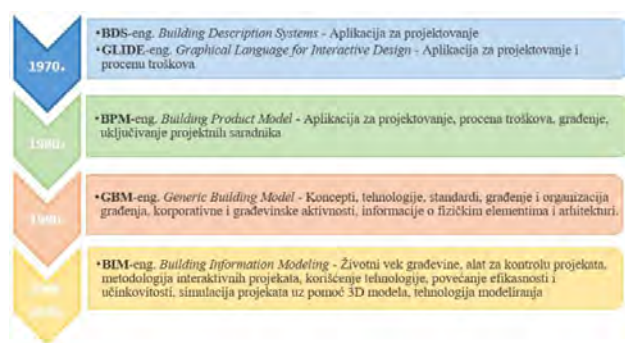
Слика 1. – Комуникација путем BIM-а

**2.2. Историјски развој BIM методологије**

Технолошка ограничења често су спречавала визионарске идеје да постану стварност чим су осмишљене, као што је случај и са BIM-ом. Још 1960-их, мислиоци су замишљали да користе рачунаре и софтвер за снимање визуелног дизајна и техничких спецификација зграда на начин који би се могао лако прилагодити по потреби. Међутим, рачунари, базе података и друга неопходна ИТ инфраструктура једноставно није толико развијена као данас. Иако су људи имали идеју о BIM-у, били су приморани да чекају да се технологија усаврши. У раду под називом „Употреба рачунара уместо цртежа у дизајну зграда“, 1975. архитектонски стручњак Carls Istman описао је

систем који је био веома сличан BIM-у. Систем се односио на спајање различитих геометријских објеката да би се направио један пројекат, омогућавајући посматрање датог модела из много различитих углова.

Čarls је такође говорио и о потреби за обимним базама података за компоненте које би се користиле у пројектима. Колико год да је BIM напредовао у протеклим деценијама, запањујуће је колико је модерна индустрија слична некадашњим замислима.



Слика 2. – Развој BIM дефиниције од 1975. до данас

### 2.3. Функционисање BIM-а

BIM представља скуп алата и технологије које се користе за генерисање и управљање дигиталним приказом објекта на основу информација из свих пројектантских дисциплина, а које се складиште у једном једином документу. Захваљујући томе, на пројекту може да ради истовремено више корисника, додајући и мењајући информације о материјалима, конструкцији, енергетским карактеристикама, инсталацијама, трошковима итд.

За разлику од традиционалног CAD пројектовања које се заснива на дводимензионалном техничком цртежу, BIM функционише по принципу интуитивног, информативног, виртуелног модела зграда, захваљујући коме се могу лако уочити конфликти (нпр. између архитектуре и инсталација, инсталација и конструкције итд.) и отклонити грешке, чак и у најранијим фазама пројектовања. Ако се BIM упореди са CAD технологијом, разлика је у томе што се у BIM-у објекат моделује, а не црта.

Комплетна графичка документација се генерише из модела, који се састоји од реалних елемената. Измена постојећег или уметање новог елемента аутоматски се примењује на цео модел и види у свим релевантним основама, пресецима, 3D приказу и табелама површина, количинама елемента или материјала.

Предности BIM-а су:

- боља визуелизација
- унапређена продуктивност због једноставне измене информација
- боља координација свих пројектних докумената
- додавање и повезивање кључних информација
- смањење трошкова

### 3. ДИГИТАЛНА ТРАНСФОРМАЦИЈА

Дигитална трансформација је процес у којем организације користе дигиталне технологије како би фундаментално промениле начин на који послују, пружају вредност својим корисницима, оптимизују своје пословне процесе и трансформишу своју културу и стратегију. Ова трансформација се обично спроводи ради повећања конкурентске предности, побољшања ефикасности и иновације, као и прилагођавања променљивим захтевима тржишта. Према дефиницији Глобалног центра за дигиталну бизнис трансформацију, дигитална трансформација (пословања) је *организациона промена кроз употребу дигиталне технологије и бизнис модела за побољшање учинка*. У преводу на разумљивији начин, дигитална трансформација јесте реорганизација/унапређење пословних процеса и самог опстанка пословања уз помоћ свих расположивих дигиталних алата и технологија. А то постижемо знањима и вештинама које омогућавају успешно управљање пословањем у савременом дигиталном окружењу. Такође, дигитална трансформација није ни само употреба дигиталних алата и технологије, колико начин на који ти алати и технологије мењају савремено пословање, рад запослених, сарадњу са партнерима и само корисничко искуство.

Неколико кључних компоненти дигиталне трансформације:

- **Технологија:** увођење и интеграција дигиталних технологија као што су cloud рачунарство, big data аналитика, вештачка интелигенција, интернет ствари (IoT) и друге, како би се унапредили пословни процеси и омогућила боља аналитика и доношење одлука
- **Аутоматизација:** коришћење аутоматизације процеса ради смањења људског ангажовања у рутинским задацима, чиме се ослобађа време и ресурси за више вредне активности
- **Дигитално искуство корисника:** фокусирање на побољшање корисничког искуства путем дигиталних канала, као што су веб сајтови, апликације и друштвени медији, како би се привукли и задржали клијенти
- **Аналитика података:** коришћење података за боље разумевање пословних перформанси, потреба корисника и трендова на тржишту
- **Промена културе:** развој агилне и иновативне културе унутар организације како би се подржала адаптација и прихватање промена које доноси дигитална трансформација
- **Стратешка оријентација:** постављање јасних циљева и стратегија за дигиталну трансформацију, како би се осигурало да се технологија примењује на начин који подржава пословне циљеве

У питању је континуирани процес који није увек једноставан, али без којег пословање у данашњем свету заиста више није могуће. Ако желите да budete успешни на тржишту, дигитална трансформација треба да буде интегрисана у бизнис стратегију сваке компаније, бренда, малог-средњег предузећа, итд.



Слика 3. – Кључне компоненте дигиталне трансформације

#### 4. SMART HOUSE (ПАМЕТНА ЗГРАДА)

Данас постоји много уређаја који носе ознаку "smart", уз чију помоћ можемо себи олакшати живот – тако имамо паметне телефоне, телевизоре, звучнике, паметне камере, а последњих година постале су актуелне паметне куће и паметне зграде. Захваљујући еволуцији технологије, савремени животни и радни простори не пружају нам искључиво задовољење основних потреба, већ процесом аутоматизације, уз помоћ паметних уређаја и употребе разних сензора, паметне куће и зграде могу се контролисати преко апликација за мобилни телефон, чак и многе послове могу да обављају уместо нас. Све ово обезбеђује већу ефикасност у раду уређаја и апарата које свакодневно користимо у нашим кућама и становима, а самим тим и смањену потрошњу енергије, као и мање трошкове живота. Међутим, економичност није једина предност паметних кућа и зграда. Паметне куће и зграде такође користе и напредне системе обезбеђења, сигурносне камере и браве, разне сензоре и аларме како би простор који обухватају учиниле сигурнијим. Најзад, оне живот чине једноставнијим и комфорнијим.

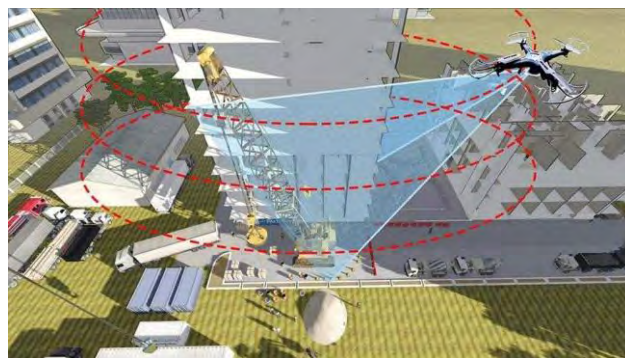


Слика 4. – Шематски приказ модула паметне зграде

Паметна зграда је састављена од модула, по принципу који омогућава једноставну надоградњу система, или чак премештање комплетног система у други стамбени простор. Монтажа и демонтажа система је максимално поједностављена, корисник може и сам да учествује у његовом креирању. Интелигентни управљачки системи у домаћинствима могу допринети уштедама и до 30% у грејању, док уштеде електричне енергије могу бити до 5%.

#### 5. ДРОНОВИ У ГРАЂЕВИНАРСТВУ

Данас се све више олакшава рад људи применом разних машина у свим сегментима живота, па тако и у грађевинарству, где се све више користи роботизација, како због производње неког материјала тако и због надгледања објекта. Како је годинама после открића беспилотне летелице у војној индустрији, дрон је почео са применом и у осталим индустријама. Тако временом долази у примени и до грађевинске индустрије. Дрон је беспилотна летелица којом човек управља са одређене даљине уз помоћ мобилног телефона или даљинског за навођење. Преко сензора уграђених у себе он приликом лета уколико говоримо о снимању неког објекта прикупља одређене податке које смо од њега тражили и складишти у своју меморију, која нам касније омогућава читање одређених података и исправљање грешака уколико постоје. На градилиштима се обично користе мулти ротирајуће летелице односно квадрицептори с обзиром да ове летелице пружају велику могућност маневрисања, а уједно су мале тежине и веома једноставне за руковање.



Слика 5. – Дрон за прикупљање и моделирање 3Д података

#### 6. PLANRADAR АПЛИКАЦИЈА

Технолошки стартап из Аустрије осмислио је PlanRadar, софтвер који менаџерима помаже да пројектима лако управљају са свог мобилног телефона. Неефикасност у пројектовању и извођењу доводи до огромних новчаних губитака. Прекорачење буџета, пробијање рокова, непотпуна документација, лош квалитет изведених радова, потешкоће у одржавању и судски спорови последице су неефективног управљања пројектима. Губитак информација у комуникацији заправо је новац који корисници и инвеститори не потребно плаћају. Управо роковима и стресом преоптерећеним менаџерима PlanRadar пружа могућност да задацима и комуникацијом управљају са свог мобилног телефона, ефективно, у било ком тренутку, са било ког места. Апликацију је покренуо и осмислио Домагој Долиншек, за време рада на изградњи једног великог трговинског ланца. Он је осмислио апликацију која у реалном времену приказује све шта се на градилишту дешава, шта је неопходно урадити, а шта дорадити. Анализе показују да PlanRadar недељно може уштедети 7 радних сати по раднику који га користи.



Слика 6. – PlanRadar апликација

Иако се глобална грађевинска индустрија суочава са једним од најизазовнијих периода до сада, дигитализација процеса омогућава оптимизацију и уштеду ресурса. Успешни пројекти показују да ако се дигиталне алатке имплементирају на време, осигуравају квалитетну изградњу објеката, као и завршетак пројекта на време.

## 7. РОБОТИЗОВАНИ ЗИДАРИ

Иако се ова све раширенија технологија често сматра обележјем савременог 21. века, једна технологија аутоматизоване градње датира још из 1960-их. Ова технологија подразумевала је учешће робота зидара у извођењу грађевинских радова и драматично се трансформисала од своје ограничене верзије пре више од 50 година, до данас нове, технолошке напредније варијанте.



Слика 7. – Робот зидар „Hadrian X”

Године 2014., у архивама је пронађен и постављен снимак “Motor Masona”, механичког зидара који је наводно развијен средином 1960-их. Робот је био постављен на шину паралелну са зидом, дуж које је прво стављао малтер и након тога брзо ређао опеке. Након тога, 2015. године Construction Robotics представио је свог новог робота градитеља - “SAM100”. Убрзо након тога, аустралијска фирма Fastbrick Robotics лансирала је своју аутоматизовану машину за зидање, названу “Hadrian X”.

ABLR (Automatic Brick Laying Robot) се састоји од робота и софистицираног софтверског контролног система који чита дигитализоване верзије архитектонских нацрта. Систем говори роботу где тачно да поставља блокове, цигле и малтер, рекао је David Longbottom, који је основао Construction Automation у мају 2016. са партнером Stuartom Parkesom. Самим системом се управља преко таблета. Робот такође може да фотографише процес како би боље

контролисао квалитет рада, а сензори мере сваку појединачну циглу и поравнавају је како би савршено прилагодили њен положај зиду. Роботска рука је постављена на рам висок девет метара по коме може да клизи у четири основна правца, тако да нема потребе за скелом и људима који раде на висини. Користећи уграђени вертикални лифт, робот може да гради зграде високе као стандардна двоспратна зграда.

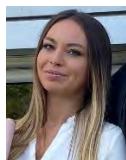
## 8. ЗАКЉУЧАК

Неколико кључних тачака које се могу извести као закључак о дигиталној трансформацији су да се дигитална трансформација не може остварити без паметног коришћења дигиталних технологија као алата за побољшање процеса, повећање ефикасности и стварање нових вредности за клијенте, такође пословно окружење се непрестано мења, па организације морају бити спремне да се непрекидно прилагођавају новим технологијама и трендовима како би остале релевантне. Фокус мора бити на корисницима јер побољшање корисничког искуства често је кључни циљ дигиталне трансформације.

## 9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] M.Jurčević, M.Pavlović, H.Šolman; Опће smjernice za BIM pristup u graditeljstvu; Zagreb, 2017
- [2] <https://ivanacirkovic.com/utisak/sta-je-digitalna-transformacija-i-kako-je-primeniti-u-svom-poslovanju/>
- [3] <https://www.ekapija.com/news/3480440/kako-digitalizacija-pomaze-gradjevinskoj-industriji-planradar-aplikacija>
- [4] <https://www.ekapija.com/news/3091741/jednostavna-aplikacija-kompanije-planradar-sa-mogucnoscu-detalnog-pregleda-bim-modela>
- [5] <https://baustela.hr/gradiliste/video-zidari-imaju-opasnu-konkurenciju-uskoro-bi-kuce-mogli-graditi-roboti/>
- [6] Heetae, Y., Hwansoo, L., & Hangjung, Z., (2017): User acceptance of smart home services: an extension of the theory of planned behavior.
- [7] <https://www.kucastil.rs/tehnika/ovo-su-najvece-prednosti-pametnih-kuca-i-zgrada/>
- [8] Maja Domac, PlanRadarov vodič: Dronovi za gradilište, <https://www.planradar.com/sr/dronovi-za-gradiliste/>

### Кратка биографија:



**Марија Стојановић** рођена је у Новом Саду 1998. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства одбранила је 2024. год.  
контакт: marijasubicin98@gmail.com



**Мирјана Терзић** рођена је у Вогошћи 1994. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства је одбранила 2021. год., од када је у звању асистент-мастер.  
контакт: terzic.mirjana@uns.ac.rs

**АНАЛИЗА ТРОШКОВА ИЗГРАДЊЕ УСЛЕД ГРЕШАКА НАСТАЛИХ РАДОМ У BIM ОКРУЖЕЊУ****ANALYSIS OF CONSTRUCTION COSTS DUE TO ERRORS ARISING FROM WORKING IN A BIM ENVIRONMENT**

Богдан Почуча, Мирјана Терзић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – Овај рад анализира трошкове изградње, насталих и поред свих погодности које данас пружа примена алата концепта BIM-а.

**Кључне речи:** BIM, грешке, трошкови изградње

**Abstract** – This document analyzes the costs of construction, occurred despite all the benefits that the application of BIM concept tools provides today.

**Keywords:** BIM, errors, costs of construction

**1. УВОД**

Building Information Modeling (BIM) или, Информационо моделирање објеката, један је од најперспективнијих примера развоја у индустрији архитектуре, пројектовања и изводјења грађевинарствених радова (AEC - Architectural Engineering and Construction). Са BIM технологијом, дигитално се конструише тачан виртуелни модел објекта. Када је завршен, компјутерски генерисан модел садржи прецизну геометрију и релевантне податке потребне за подршку активности изградње, производње и набавке потребне за реализацију објекта.

BIM такође укључује многе од функција потребних за моделирање животног циклуса зграде, пружајући основу за нове грађевинске могућности и промене у улогама и односима у склопу пројектног тима. Када се примени на одговарајући начин, BIM олакшава интегрисању процес пројектовања и изградње који резултира бољим квалитетом објеката по нижим трошковима и скраћеном трајању пројекта.

**2. ОСНОВНЕ ПРЕДНОСТИ**

- **Већи степен префабрикације и предмонтаже** омогућених доступношћу пројектне документације без грешака. Ово се одражава кроз смањено време изградње у градилишним условима, и уопште смањено време добијања готовог производа. Такође се повећава и безбедност на раду јер се више посла, који се рецимо обављао на висини сада обавља у фабричким условима, што такође позитивно утиче и на квалитет изведених радова.

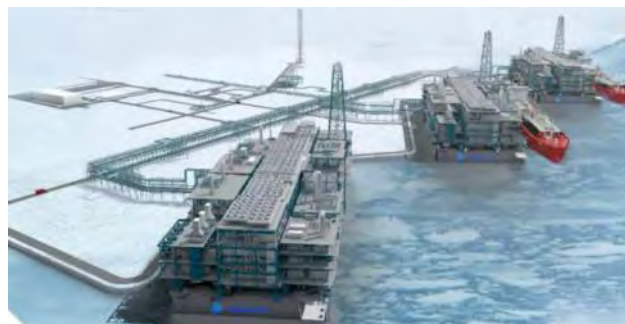
**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Игор Пешко.

- **Дељење модела међу различитим дисциплинама.** Ово је корисно не само за откривање колизија насталих током пројектовања, а омогућава истраживање секвенци изградње и међусобних зависности различитих извођачких тимова.
- **Унапређен тимски рад** – могућност координације активности међу извођачким тимовима различитих дисциплина. Ово значи да су традиционални проблеми везани за примопредају посла међу овим тимовима, сведени на минимум.
- **Смањење времена** – захваљујући могућности брже и тачније производње фабричких цртежа, произвођачи су у могућности да смање време испоруке. Ово се протеже ван “испоруке тачно на време” на “производњу тачно на време”, што је пракса која значајно смањује залихе и нуспојаве повезане са њима: трошкове складиштења, вишеструко руковање, оштећене или изгубљене делове, и тако даље.

**3. ПОДАЦИ О ПРОЈЕКТУ**

Пројекат (Сл. 1.) обухвата производњу, третман, претварање у течно стање, складиштење и транспорт природног гаса од Јамало-Ненецког аутономног округа до крајњих потрошача. Ресурсна база за фабрику биће резерве нафтног и гасног кондензатног поља Салмановское (Утреннее).



СЛИКА 1- 3D приказ пројекта

Овај пројекат, у оквиру пројекта Artic LNG 2, предвиђа изградњу фиксног приобалног терминала на копну, за производњу, складиштење и истовар природног течног гаса како би се обезбедила испорука за бродске танкере.

Саме фабрике (3 производне линије гравитационог типа - ГБС) ће бити у потпуности изграђене у фабрици Новатек - Мурманск, а затим ће бити одвучене на своју сталну позицију на полуострву Гидан.

### 3.1. Локација пројекта

Пројекат се налази на полуострву Гидан (Сл. 2.), на крајњем северу, у Јамало-Ненецком административном округу Руске Федерације, на обали Обског залива.



СЛИКА 2 - Локација градилишта

У оквиру пројекта планирана је и изграђена морска лука која је искоришћена за обезбеђивање свих материјалних средстава, опреме и грађевинске механизације потребне за овај пројекат. Удаљеност по мору је 70 км од Сабете, 1850 км од Мурманска и 1950 км од Архангелска. Локација није повезана са друмском или железничком путном мрежом Руске Федерације из тог разлога опремљена је хелиодромом у сврху превоза радне снаге. Најближи међународни аеродроми налазе се у Сабети, на 70 км удаљености и у Новом Уренгоју, на 550 км удаљености.

### 3.2. Препреке које је било потребно савладати

Битно је поменути да је клима на Гиданском полуострву веома оштра, арктичка. Температура зими је од -26 до -30 °C степени, али зна се спустити и до -63 °C (Сл. 3.). Зими над полуострвом круже азијски антициклони. Када ослабе, са Атлантика долазе топлији. Као резултат, почиње отапање. У ово време пада доста снега, до 80 центиметара покривача. Зима је мразна, оштра, веома дуга. Овај период може трајати и до 8 месеци, а задржавање снега и до 10 месеци. Лето на полуострву је хладно, максимална температура достиже само плус 10-12°C степени. Све падавине падају између јула и августа. Јесен долази брзо, температура брзо пада. Стално се примећују јаки ветрови, дуге кише. У тундри мраз се јавља већ крајем августа.

|                         | Јан.  | Фев.  | Мар.  | Апр.  | Мај.  | Јун.  | Јул. | Авг. | Сеп. | Окт.  | Нов.  | Дек. |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|
| Средња температура (°C) | -24.6 | -25.1 | -22.4 | -16.1 | -7.8  | +0.7  | +7.0 | +2.4 | -6.4 | -15.7 | -20.3 |      |
| Средњи минимум (°C)     | -28.4 | -29.1 | -27.4 | -21.2 | -11.4 | -1.8  | +4.2 | +0.2 | -8.9 | -19.2 | -23.8 |      |
| Средњи максимум (°C)    | -20.7 | -21.0 | -17.4 | -11.0 | -4.1  | +10.3 | +9.9 | +4.6 | -3.9 | -12.2 | -16.6 |      |
| Осаци (мм)              | 16    | 15    | 14    | 13    | 17    | 25    | 27   | 44   | 38   | 25    | 19    | 20   |

СЛИКА 3 - Годишње кретање температуре

Због одсуства копнених веза, јединствен пут за транспорт материјала био је морски пловни пут. Летња навигација је период са оптималним природним условима за кретање пловила на изабраној рути без пратње ледоломаца, а самим тим и једини период у години када је могућ транспорт озбиљнијих модула и

опреме, пре свега из безбедносних разлога. Период летње навигације је 1,5 месец - од августа до септембра +/- 15 дана.

Такође карактеристично за ову област је присуство поларних ноћи и поларних дана. Поларна ноћ траје од 23. новембра до 16. јануара. Током овог периода, сунце никада не излази изнад хоризонта. Насупрот овом је период од 1. до 30. Јуна, када Сунце не залази за хоризонт. Наравно, подразумева се да је период поларних ноћи далеко неблагоприятнији, и отежава услове рада.

Може се рећи да су управо ово главне препреке које је било неопходно савладати при пројектовању и планирању. А на начин да се добије што квалитетнији финални производ са свођењем периода изградње на минимум, што је наравно за собом донело и мање директне и индиректне трошкове.

### 3.3. Главна остварења ВИМ-а на пројекту

**Префабрикација:** Применом алата концепта ВИМ, производња ван локације је подигнута на максимум, што је значајно скратило рокове извођења радова у условима крајњег севера. Са овим су дошле и неизоставне предности у безбедности на раду, квалитету и продуктивности, јер су се радови одвијали у контролисаним фабричким условима.

#### Челичне конструкције

- Комплетна челична носећа конструкција цевовода, укључујући фундаменте и саму конструкцију, укупне тежине 8104tn била је префабрикована.
- У ове сврхе било је потребно ангажовати три Подизвођача, да би захтевана продуктивност била испоштована.
  - АО «Челябинский завод металлоконструкций»
  - Сибирский завод металлических конструкций
  - А ГРУПП Стальные Конструкции

#### Модуларни објекти – VAU (Vendor Assembled Unit)

Два објекта (Central Control Building / Electrical Substation) су стигла потпуно готова (Сл. 4.). Задатак на градилишту био је истоварање објеката са транспортног брода, позиционирање (монтажа) у пројектни положај и прикључење на већ припремљену инфраструктуру.



СЛИКА 4 – Central control building/electrical substation

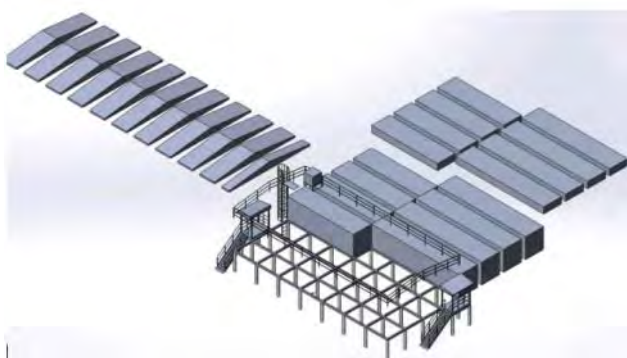
Компанија задужена за префабрикацију:

- БОМЕСЦ Оффшоре Енџинееринг Цомпану Лимитед - Цхина уард
- седам објеката било је модуларног типа (Сл. 5.). Састојали су се из више јединица, максимално „склопљених“, и габарита који су

омогућавали редован транспорт, тј. независно од доба године.

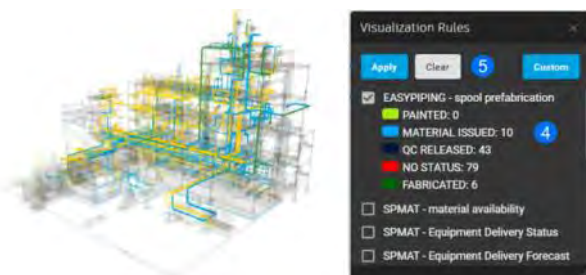
У зависности од намене објекта, ангажована су 4 специјализована Подизвођача, чија је дужност била пројектовање и префабрикација, у свему по процедурама Главног извођача – Тецхнп Енергиес, и стандардима Руске федерације.

- ЗАО «Омский завод инновационных технологий»
- ООО «Челябинский завод мобильных энергоустановок и конструкций»
- ХУДРОГАС ЈСЦ
- ООО "Модульные котельные системы"



СЛИКА 5 – Module units

**Еасу плант – 3D визуализација (Сл. 6):** На конкретном пројекту, у поменуте сврхе кориштен је програм Еасу плант 3D. Еасу плант 3D поред саме визуализације омогућава такође увоз и извоз информација које прате ток грађења, и тиме ствара одличан увид у то како напредује пројекат. Битно је напоменути да је уговором регулисана обавезана предаја Дневних извештаја од стране свих Подизвођача до 10h сваког дана, без чега коришћење овог програма не би имало пуно смисла.



СЛИКА 6 - 3D визуализација

#### 4. ГРЕШКЕ НАСТАЛЕ У ВІМ ПРОЦЕСУ

Полазна тачка ове анализе јесте регистар свих одобрених техничких решења на пројекту АРЦИЦ LNG2 – пакет СWР3В.

Другим речима, регистар техничких решења на пројекту АРЦИЦ LNG2 – пакет СWР3В, јесте списак свих измена пројекта. Изузев мањег броја решења везаних за одобрење материјала, сва решења су настала услед потребе за исправљањем грешака

насталих услед пројектовања, префабрикације, транспорта...

Поред осталих додатних трошкова, тема анализе јесте само увећање цене за монтажу челичних конструкција у односу на уговорену цену.

У датој анализи сва решења подељена су на 4 групе (Сл. 7) у зависности од извора настанка проблема. Даље, ове групе су још детаљније подељене:

| Izvor problema                                                                         | %              |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>Greska logistike - transporta</b>                                                   | <b>7,85%</b>   |
| Manjak materijala                                                                      | 0,17%          |
| Neodgovarajući materijal                                                               | 3,62%          |
| Odsustvo materijala                                                                    | 2,54%          |
| Oštećenje/deformacija                                                                  | 1,53%          |
| <b>Greska prefabrikacije</b>                                                           | <b>17,85%</b>  |
| Fizička greška, odstupanje od fabričkog crteža                                         | 14,75%         |
| Loša komunikacija Izvođača i podizvođača, potreban veći stepen BIM-a                   | 2,99%          |
| Narušen redosled montaže                                                               | 0,11%          |
| <b>Greska projektovanja</b>                                                            | <b>47,80%</b>  |
| Neadekvatno projektно решење, neusklađenost sa domaćim standardima, upotreba 2D crteža | 4,97%          |
| Nepodudarnost / kolizija među istim ili raznim disciplinama                            | 32,49%         |
| Nizak nivo informacije                                                                 | 7,85%          |
| Problemi sa predajom projektne dokumentacije - odsustvo ili pozne izmene projekta      | 2,49%          |
| <b>Izvođačka neophodnost</b>                                                           | <b>26,50%</b>  |
| Greška podizvođača, izgubljen materijal                                                | 0,62%          |
| Greška podizvođača, oštećen materijal                                                  | 1,24%          |
| Proizvodni i geopolitički momenti                                                      | 6,95%          |
| Zahtev za dodatno pojašnjenje                                                          | 5,59%          |
| Zahtev za odobrenje materijala                                                         | 6,33%          |
| Zahtev za odobrenje odstupanja                                                         | 0,45%          |
| Zahtev za odobrenje projekta, zona odgovornosti podizvođača                            | 2,82%          |
| Zazori na konstrukciji, veći od 0,3mm                                                  | 2,49%          |
| <b>Ukupno</b>                                                                          | <b>100,00%</b> |

СЛИКА 7 - Подела решења

#### 5. АНАЛИЗА УВЕЋАЊА ЦЕНЕ МОНТАЖА ЧЕЛИЧНИХ КОНСТРУКЦИЈА

Број техничких проблема везаних за монтажу носећих челичних конструкција износио је 598 (Сл. 8), што у односу на укупан број идентификованих проблема 1770, чини не малих 34%.

| Izvor problema                                                                         | %          |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Greska logistike - transporta</b>                                                   | <b>28</b>  |
| Neodgovarajući materijal                                                               | 7          |
| Odsustvo materijala                                                                    | 2          |
| Oštećenje/deformacija                                                                  | 19         |
| <b>Greska prefabrikacije</b>                                                           | <b>218</b> |
| Fizička greška, odstupanje od fabričkog crteža                                         | 176        |
| Loša komunikacija Izvođača i podizvođača, potreban veći stepen BIM-a                   | 42         |
| <b>Greska projektovanja</b>                                                            | <b>244</b> |
| Neadekvatno projektно решење, neusklađenost sa domaćim standardima, upotreba 2D crteža | 17         |
| Nepodudarnost / kolizija među istim ili raznim disciplinama                            | 210        |
| Nizak nivo informacije                                                                 | 8          |
| Problemi sa predajom projektne dokumentacije - odsustvo ili pozne izmene projekta      | 9          |
| <b>Izvođačka neophodnost</b>                                                           | <b>108</b> |
| Greška podizvođača, izgubljen materijal                                                | 9          |
| Proizvodni i geopolitički momenti                                                      | 43         |
| Zahtev za dodatno pojašnjenje                                                          | 28         |
| Zahtev za odobrenje materijala                                                         | 1          |
| Zazori na konstrukciji, veći od 0,3mm                                                  | 27         |
| <b>Ukupno</b>                                                                          | <b>598</b> |

СЛИКА 8 - Технички проблеми везани за чк

Као референтну информацију треба изнети податак да је уговорена цена за извођење поменутих радова износила 373.369.535,21 Руб (Сл. 9).

| Designation of price schedule items         | Measurement Unit / Единица мерења | TOTAL Quantity / Купно | Unit Price / Цена јединице | Unit Price Labour / Цена рада јединице | Total Price / Укупна цена | Total Price Labour / Укупна цена рада | Total Direct Price / Укупна директна цена |
|---------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>STRUCTURAL STEEL DIRECT COST SUMMARY</b> |                                   |                        |                            |                                        |                           |                                       |                                           |
| PRIMARY STRUCTURE                           | kg/mtr                            | 4.470.864,33           | -                          | -                                      | 252.248.418,72            | 252.248.418,72                        | -                                         |
| SECONDARY STRUCTURE, HANDRAIL AND LADDER    | kg/mtr                            | 940.340,96             | -                          | -                                      | 91.535.949,25             | 91.535.949,25                         | -                                         |
| SOLID PLATE OR OPEN STEEL FLOORING          | m <sup>2</sup> /mtr               | 1.273,00               | -                          | -                                      | 13.986.481,42             | 13.986.481,42                         | -                                         |
| ROOF, SIDING AND ACCESSORIES                | m <sup>2</sup> /mtr               | 4.886,54               | -                          | -                                      | 13.086.157,12             | 13.086.157,12                         | -                                         |
| MISCELLANEOUS STEEL WORKS                   | kg/mtr                            | 459,22                 | -                          | -                                      | 1.379.184,62              | 1.379.184,62                          | -                                         |
|                                             | kg/mtr                            | 349,00                 | -                          | -                                      | 1.109.443,08              | 1.109.443,08                          | -                                         |
| <b>GRAND TOTAL</b>                          | kg/mtr                            | <b>6.411.285,28</b>    | -                          | -                                      | <b>343.784.288,97</b>     | <b>343.784.288,97</b>                 | -                                         |
| <b>GRAND TOTAL</b>                          | kg/mtr                            | <b>6.411,28</b>        | -                          | -                                      | <b>18.507.254,58</b>      | <b>18.507.254,58</b>                  | -                                         |
| <b>GRAND TOTAL</b>                          | kg/mtr                            | <b>6.387,78</b>        | -                          | -                                      | <b>14.477.394,14</b>      | <b>14.477.394,14</b>                  | -                                         |
|                                             |                                   |                        |                            |                                        | <b>373.369.535,21</b>     |                                       |                                           |

СЛИКА 9 - Уговорна цена монтаже чк

Прорачун додатних трошкова, заснован на анализи свих техничких решења, чија је реализација имала утицај на цену, показао је да увећање цене износи 39.083.239,90 Руб. Другим речима трошкови су скочили за више од 10% уговорене цене, из разлога

што комуникација и координација међу пројектним тимовима није била на довољно високом нивоу. Треба напоменути да поменута цифра није коначна, јер доказивање и правдање трошкова су тема многих састанака, и узимају велику количину инжењер часова. Процес је на данашњи дан још увек у току.

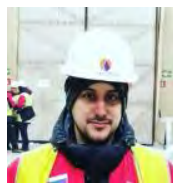
## 6. ЗАКЉУЧАК

У поређењу са укупним уштедама и квалитету изведених радова оствареним радом у BIM окружењу, анализирани додатни трошкови су занемарљиви. Шта више, оваквим и сличним анализама могуће их је приближно предпоставити и искористити у студијама исплативости при покретању нових пројеката. Ако констатујемо да је Ниво 2 BIM тренутно у употреби, као превенција сличних проблема може бити једино коришћење истог софтвера од стране свих пројектних тимова, и тиме обезбедити максималну могућу компатибилност размене информација, и наравно акценат поставити на што већи број састанака међу тимовима, тј. ојачати комуникацију. Следећи корак наравно биће Опен BIM, где ће сарадња свих струка бити омогућена употребом заједничког модела пројекта, где ће све стране моћи приступати моделу и уређивати га, што ће допринети уклањању ризика конфликта информација.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- 1) Eastman C. Teichoolz P., Sacks R., Liston Kathleen, BIM Handbook [https://www.academia.edu/3183272/BIM\\_handbook\\_A\\_guide\\_to\\_building\\_information\\_modeling\\_for\\_owners\\_managers\\_designers\\_engineers\\_and\\_contractors](https://www.academia.edu/3183272/BIM_handbook_A_guide_to_building_information_modeling_for_owners_managers_designers_engineers_and_contractors)
- 2) <http://dibs42.com/sr/2019/11/21/benefits-of-bim/>
- 3) <https://aabh.ba/sta-je-building-information-modeling-bim/>
- 4) Hrvatska komora inženjera građevinarstva- Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu
- 5) <https://www.gradnja.me/clanak/247/Razlika-izme%C4%91u-3D-CAD-BIM-i-VDC-tehnologija>
- 6) <http://www.iceboatstudio.com/blogs/bim-vs-cad/>
- 7) <https://www.united-bim.com/bim-maturity-levels-explained-level-0-1-2-3/>
- 8) <https://bim-hrvatska.hr/koje-sve-dimenzije-bim-a-postoje/>
- 9) <https://www.teamcad.rs/index.php/srb/vesti/329-sta-je-lod>
- 10) <https://www.allplan.com/en/bim/bim-and-allplan/>

## Кратка биографија:



**Богдан Почуча** рођен је у Новом Саду 1991. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства—Организација и технологија грађења одбранио је 2024.год.  
Контакт : bogdanpocusa@gmail.com



**Мирјана Терзић** рођена је у Вогошћи 1994. год.  
Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства је одбранила 2021. год, од када је у звању асистент-мастер.  
Контакт : terzic.mirjana@uns.ac.rs

## TEHNIČKO – TEHNOLOŠKA ANALIZA SKELETNOG MONTAŽNOG SISTEMA HALE OD ARMIRANOG BETONA

### TECHNICAL – TECHNOLOGICAL ANALYSIS OF THE ASSEMBLY SYSTEM OF THE HALL MADE OF REINFORCED CONCRETE

Nemanja Mladenović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA GRAĐENJA

**Kratak sadržaj** – Analiza i praćenje izgradnje prefabrikovane montažne hale. Prikazali smo sistem proizvodnje elemenata, transport i montažu elemenata, sa sintezom i SWOT analizom kojom smo analizirali prednosti i nedostatke ovog sistema.

**Ključne reči:** Industrijsko građenje, transport elemenata, Analiza montaže, sinteza, SWOT analiza.

**Abstract** – Analysis and monitoring of the construction of a prefabricated assembly hall. We presented the system of production of elements, transport and assembly of elements, with a synthesis and SWOT analysis by which we analyzed the advantages and disadvantages of this system.

**Keywords:** Industrial construction, transportation of elements, Assembly analysis, synthesis, SWOT analysis.

#### 1. Uvod

Prefabrikovana montažna proizvodnja predstavlja proces koji počinje proizvodnjom elemenata u poligonalnim uslovima, transportom istih elemenata i montažom, odnosno sklapanjem elemenata u jednu celinu (objekat). U savremenom građevinarstvu industrijski metod građenja je uzeo veliki udeo.

U odnosu na tradicionalan način gradnje cilj je da se prefabrikovanim građenjem se dobija optimalni kvalitet u što kraćem vremenskom roku. Industrijska proizvodnja predstavlja viši stepen proizvodnje koji se bitno razlikuje od klasične proizvodnje. Svako uvođenje proizvodnje na industrijski način mora da bude rezultat obimne tehničko – tehnološke i ekonomske analize. Potvrda opravdanosti je veoma važna jer se ulažu veoma velika novčana sredstva u proizvodnju. Osnovne karakteristike industrijske proizvodnje mogu se svesti na sledeće elemente:

- Niža kvalifikaciona struktura, omogućena rutina u radu, a time se postiže i veliki učinak,
- Proizvodnja je serijska, sa korišćenjem iste opreme i tehnologije duži vremenski period,
- Kontinualna proizvodnja,
- Optimalno vreme za izvođenje pojedinih operacija (radni takt).

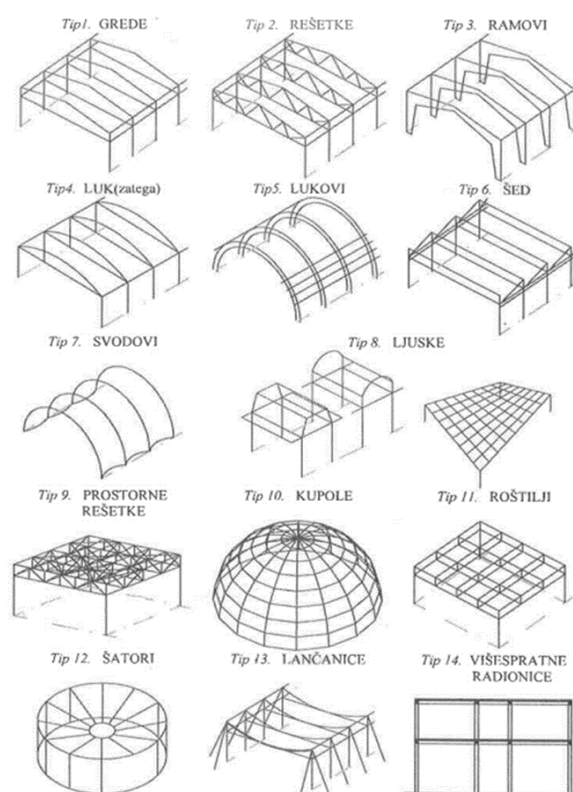
#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić, red.prof.

#### 2. IZBOR TIPA KONSTRUKCIJE HALE

Izučavanjem razolikih vrsta i podvrsta projektovanih i izvedenih nosača montažnih hala kod nas i u svetu formirana je tipologija prema konstrukciji tako da se sve vrste hala mogu podvesti pod određeni tip. Svaki od tipova podrazumeva određene specifičnosti pri montaži, kako zbog svoje strukture tako i zbog različitih elemenata koji premošćuju raspon, tj. formiraju krovnu konstrukciju. Takođe elementi krovne konstrukcije u statičkom smislu su linijski, površinski ili prostorni, pa je to prva razlika na osnovu koje je izvršena tipizacija [1].

Postoji 14 Tipova konstrukcija montažnih hala (Slika 1.). Objekat - hala koja je predmet ovog rada izgrađena je u montažnom skeletnom sistemu Tip 1 (Tip grede). Funkcija objekta određuje tip konstrukcije hale koji će se primeniti.



Slika 1. Tipovi montažnih hala [1].

Posmatrani skeletni sistem prefabrikovane armirano hale čine predmetni elementi: Temelji samci, Stubovi, Krovne uvale, Glavni nosači, Obrnuti T nosači, TT nosači, Panelni zidovi.

Skeletni sistem od pojedinačnih elemenata ima prednost u odnosu na ramovski sistem zbog jednostavnijeg tehnološkog procesa i opreme, lakšeg transporta i montaže. Objekat hale izgrađen je u podužnom sklopu gde se gredni nosači pružaju paralelno sa podužnom osom objekta (slika 2.).



Slika 2. Izgled skeletnog sistema [3].

### 3. PREFABRIKACIJA BETONSKIH ELEMENATA

U zavisnosti od geometrijskih karakteristika, težine elemenata i transportnih dužina proizvodnja betonskih elemenata može biti organizovana:

- U fabrikama
- Na poligonima ili
- Na gradilištu, gde se vrši montaža.

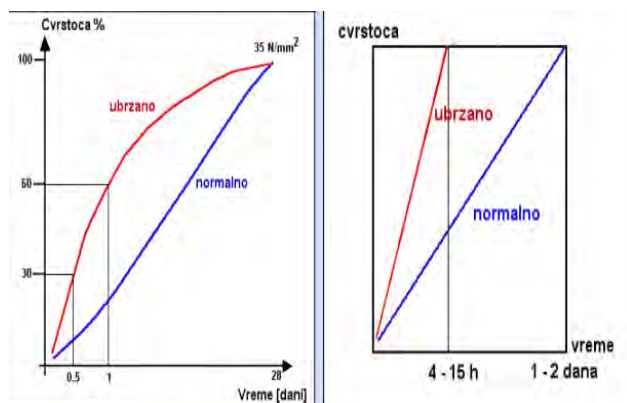
Na gradilištu se proizvode elementi čije su karakteristike (dimenzije, težina) i udaljenost od fabrike takve, da je transport ili nemoguć ili nije racionalan. Nezavisno od lokacije, prefabrikacija betonskih elemenata zahteva optimalno projektovanje i planiranje proizvodnje [1].

**U prefabrikaciji postoje tri faze tehnološkog procesa:**

- Proizvodnja (spravljanje) sveže betonske mase,
- Proizvodnja (prefabrikacija) betonskih elemenata,
- Skladištenje gotovih proizvoda.

Ekonomičnost proizvodnje uključuje ubrzano očvršćavanje svežeg betona (fizičkim, hemijskim i termičkim obradama).

Cilj obrade betona jeste da se u toku jednog dana završi proizvodni ciklus i oslobodi kalup, da element postigne 50-70% projektovane marke betona i da se omogući manipulacija elementima (slika 5.) [8].



Slika 5. Dijagram prirasta čvrstoće betona [8].

### 3.1. Tipovi tehnoloških linija

Položaj kalupa u procesu proizvodnje definiše radno mesto i način proizvodnje elemenata. Predmet rada u toku proizvodnje mogu da miruju ili da se kreću, što formira dve grupe tehnoloških linija:

A. Tehnološke linije kod kojih se predmet rada (elementi, kalupi) ne kreću:

- Prefabrikacija u horizontalnim kalupima – fiksna radna mesta,
- Prefabrikacija u vertikalnim kalupima – baterije
- Prefabrikacija na pistama.

B. Tehnološke linije kod kojih se predmeti rada u toku proizvodnje kreću:

- Prefabrikacija pomoću pokretnih kalupa koje prenose dizalice raznih vrsta – agregatna linija,
- Prefabrikacija mehanizovanim konvejskim linijama,
- Specijalne linije.

#### 3.1.1. Tehnološke linije kod kojih se predmeti rada ne kreću

Objekat hale koja je predmet ove analize rađena je metodom prefabrikacije betonskih elemenata na nepokretnim kalupima koji omogućavaju izradu svih vrsta elemenata. Ceo proizvodni proces od pripreme kalupa i postavljanja armature, preko betoniranja i ubranog očvršćavanja, odvija se na jednom radnom mestu, na lokaciji, proizvodnoj hali ili poligonu (slika 6.) [1].



Slika 6. Proizvodni pogon spolja iz [3].

### 3.2. Pomoćna sredstva i uređaji za montažu

Pomoćna sredstva obuhvataju pribor koji služi za zahvatanje samog elementa ili kao veza između tereta i dizalice. Tu spadaju:

- Kuke i spone, poseduju zatvarače kojima se sprečava padanje tereta,
- Univerzalna užad od čeličnih žica u vidu omče ili petlje, krajevi užadi mogu biti upleteni sa kukom ili alkom,
- Fleksibilna omča, sa delom navoja za vezu sa kotvom, koja je ubetonirana u element [2].

### 4. TRANSPORT PREFABRIKOVANIH BETONSKIH ELEMENATA

Transport prefabrikovanih elemenata čini važnu kariku u procesu izvođenja montažnih radova, između mesta za proizvodnju i mesta za ugrađivanje elemenata.

Ukupni uspeh montaže zavisi od pravilnog izbora transportne mehanizacije. Zavisno od mesta gde se obavlja transport može biti:

- Spoljni, od fabrike do objekta, i
- Unutrašnji na gradilištu [2].

Transportu montažnih elemenata i montaži direktno sa vozila treba dati prednost (zbog ekonomske opravdanosti) [1].

#### 4.1. Spoljni transport

Spoljašnji transport je transport koji se obavlja između središnjeg skladišta, odnosno centralnog pogona i gradilišnog skladišta ili gradilišnog pogona. Zadatak spoljašnjeg transporta jeste isporuka nabavljenih materijala, opreme ili poluproizvoda u količini koja je potrebna kako bi se građenje odvijalo po planu, s minimalnim transportnim troškovima [7].

##### 4.1.1. Spoljni transport za predmetnu halu

U zavisnosti od gabarita elemenata, kao i to što je deo elemenata je izrađen na platou u neposrednoj blizini gradilišta, a drugi deo izrađen u samom pogonu za spoljašnji transport koristila se različita mehanizacija:

1. Pokretna mosna dizalica
2. Nepokretni derik kran
3. Auto dizalica sa pneumaticima
4. Drumski transport (kamioni sa prikolicom, skupna vozila – kamioni sa dve prikolice, tegljači sa niskonosećom prikolicom i kamion sa specijalizovanom prikolicom za prihvatanje zidnih panela u vertikalnom položaju).

#### 4.2. Unutrašnji transport

Unutrašnji transport je prenos ili prevoz materijala od skladišta ili pogona na gradilištu do mesta ugradnje s usputnom doradom/preradom ili bez nje, a sadrži horizontalni i vertikalni put. Način transporta može biti:

- 1) Strojni (primena različitih vrsta dizalica ili kranova) ili
- 2) Ručni (pomoću priručnih pomagala ili bez njih).

##### 4.2.1. Unutrašnji transport za predmetnu halu

Unutrašnji transport montažnih elemenata je od deponije na gradilištu do mesta montaže. U odnosu na udaljenost gradilišne deponije do mesta montaže ispoštovani su teorijski uslovi koji utiču najviše na ekonomsku opravdanost, a to je da gradilišna deponija bude na udaljenosti 200 do 1000m od gradilišta [1].

U zavisnosti od gabarita i težine elemenata korištena su različita transportna sredstva:

- Za odizanje elemenata (kombinacija dve autodizalice),
- Transport elemenata do mesta ugradnje (kamioni sa različitim prikolicama) i
- Za montažu elementa (kombinacija dve autodizalice).

**Svi elementi po transportu na gradilište sa gradilišne deponije montirani su direktno sa kamiona pomoću auto dizalice guseničar, zbog svoje ekonomske opravdanosti.**

## 5. TEHNOLOGIJA MONTAŽE POJEDINIH BETONSKIH ELEMENATA

Montaža pojedinog elementa u sebi sadrži niz operacija koje je potrebno izvršiti da bi se postavljanje elemenata u konstrukciji izvršilo brzo, kvalitetno i sigurno. Pri izradi i određivanju postupka montaže svakog pojedinog elementa potrebno je voditi računa o sledećem:

1. Položaju elementa u trenutku zahvatanja,
2. Priprema ležišta u zavisnosti od vrste elementa koji se montira i načina formiranja trajne veze među montažnim elementima,
3. Priprema elemenata za montažu,
4. Zahvatanje elementa,
5. Priprema dizalice za montažu,
6. Proces kretanja elementa pri montaži obuhvata horizontalni i vertikalni prenos,
7. Postavljanje i privremeno učvršćivanje elemenat; postavljanje elemenata se vrši na prethodno pripremljeno ležište,
8. Način kontrole ispravnosti položaja namontiranog elementa vrši se geodetskim instrumentima (visina, pravac, horizontalnost),
9. Stalno učvršćivanje elementa – izrada spoja.

### Montaža predmetne proizvodne hale se većinom izvršava korišćenjem samohodnih dizalica.

Dinamička montaža – koja obuhvata montažu – horizontalni prenos elemenata dizalicom i posle toga postavljanje elemenata u projektovani položaj u konstrukciji ili okretanjem ili translacijom.

Ovakvim načinom montaže mogu se montirati samo laki elementi dizalicama koje pri radu ne koriste stabilizatore (slika 7.) [1].



Slika 7. Samohodna dizalica [3].

## 6. METODE MONTAŽE BETONSKIH KONSTRUKCIJA HALE

Pre svega potrebno je razlikovati metode montaže koje su vezane za način rada na montaži objekta kao celine i tehnoloških postupka montaže pojedinih elemenata konstruktivnog sistema. Metoda montaže je tehnika da se od pojedinačnih elemenata sklapanjem dobije celina objekat.

## 7. SWOT analiza

SWOT analiza pojam koji predstavlja osnovni instrument, osnovnu tehniku strategijske analize, i samim tim strategijskog menadžmenta, koja omogućava analizu uslova u kojima se nalazi kompanija i privredna grana u kojoj posluje, odnosno putem koje se uočavaju strategijski izbori dovođenjem u vezu snaga i slabosti same firme sa šansama i pretnjama u eksternom okruženju [11].

SWOT analiza je akronim engleskih reči: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats - snage, slabosti, prilike, pretnje.

## 8. ZAKLJUČAK

Izvršenom analizom tehnološkog procesa proizvodnje i montaže prefabrikovanih armirano-betonskih elemenata proizvodne hale zaključeno je da je ispoštovana i primenjena metodologija proizvodnje i montaže armirano-betonskih elemenata i to u delu :

- Planiranje toka proizvodnje i resursa,
- Tipizirana serijska proizvodnja elemenata (manji broj različitih elemenata),
- Racionalno oblikovanje elemenata (proizvodnja u kalupima),
- Smanjenje gradilišnog prostora (montaža elemenata direktno sa vozila, postavljanje elemenata direktno na njihov finalni položaj u objektu).

**SWOT analiza pri proizvodnji elemenata** je kontrolisana, kvalitetna i efikasna uz pomoć uske specijalizacije rada sa visokim stepenom automatizacije i mehanizacije i eliminacije vremenskih faktora. Ovi faktori su ključani i iz njih proizilazi dobra organizacija i bolji uslovi rada što rezultuje bržom - tipiziranom proizvodnjom elemenata, boljim kvalitetom betona izbetoniranih elemenata i zadovoljavajućim ekonomskim parametrima po izvođača. Na ekonomske parametre još utiču manje složena projektna rešenja, nepostojanost komplikovanih potrošivih oplata i sopstvena fabrika betona. Slabosti i pretnje se svode na povećana početna ulaganja, opasnost pri manipulaciji teških elemenata i komplikacijama pri transportu.

**SWOT analizom pri montaži elemenata** dolazimo do zaključka da je dobro planiranje montaže i montaža elemenata znatno olakšana uz specijalizaciju rada već uigranih timova inženjera i radnika (montera). Iz Ovih faktora proizilazi dobra organizacija pri montaži što rezultuje bržom gradnjom i zadovoljavajućim ekonomskim parametrima po izvođača i korisnika hale. Na zadovoljavajuće ekonomske parametre pored pomenutih utiče smanjen obim završnih radova, eliminacija ljudskog faktora i montiranje elemenata direktno sa kamiona. Slabosti i pretnje se svode na probleme monolitizacije, projektovanju spojnica, opasnost pri manipulaciji teških elemenata i komplikacijama pri transportu. Uticaj pomenutih slabosti i pretnji je moguće određenim merama umanjiti.

**Dobijene prednosti i mane SWOT analizom izabranog predmetnog sistema za proizvodnju i montažu armirano betonskih elemenata pokazale su da su snaga i šanse u odnosu na slabosti i pretnje veće i imaju značajniji udeo u prefabrikovanom montažnom sistemu gradnje, te se uporedbom sa monolitnim sistemom dolazi do zaključka da je izabrani predmetni sistem u prednosti nad monolitnim sistemom.**

Analizirajući proizvodnju, transport i montažu svakog elementa pojedinačno može se zaključiti da nijedan element ne zahteva dodatno održavanje sa tehničko - tehnološkog aspekta, a troškovi održavanja su svedeni na minimum. To ovom sistemu gradnje daje dodatno na značaju uzimajući u obzir da troškovi eksploatacije imaju jako velik udeo u ukupnim troškovima izgradnje i eksploatacije jednog ovakvog objekta u odnosu na monolitni način gradnje.

**Prema ispoštovanim principima građenja hale, analizi prikazanog sistema, sintezi i SWOT analizi dolazi se do zaključka da je montažni prefabrikovani sistem gradnje moderan i svaremen način gradnje koji je daleko efikasniji od monolitnog sistema gradnje i zaslužen zauzima sve veću primenu u savremenom građevinarstvu.**

## 9. LITERATURA

- [1] Montaža betonskih konstrukcija zgrada (drugo dopunjeno izdanje), Milan Trivunić, Jasmina Dražić, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka.
- [2] Prefabrikovano građenje, Mirjana Milojević- Turina
- [3] SCRIBD, <https://www.scribd.com/home>, (IZGRADNJA hala od gotovih predgotovljenih armirano betonskih elemenata), autor Ronald Rejo dip. Inž. Građ.
- [4] Pravilnik za građevinske konstrukcije („Sl. glasnik RS“, br.89/2019, 52/2020 i 122/2020)
- [5] Srpski standardi SRPS EN 206, SRPSU.M1.206, SRPS EN 13670
- [6] Slunjski, E. Strojevi u građevinarstvu. Zagreb: Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, 1995.
- [7] Radujković, M. i suradnici. Organizacija građenja. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2005.
- [8] SCRIBD, <https://www.scribd.com/home>, Nastavni materijal Arhitektura Fakultet tehničkih-nauka, (Noseće konstrukcije 2, Montažne betonske konstrukcije).
- [9] Wikipedia – SWOT analiza, [https://sh.wikipedia.org/wiki/SWOT\\_analiza](https://sh.wikipedia.org/wiki/SWOT_analiza).
- [10] Academia.edu, Stefan Aleksin - seminarski rad - SWOT analiza, [https://www.academia.edu/43306418/Stefan\\_Aleksin\\_seminarski\\_rad\\_SWOT\\_analiza](https://www.academia.edu/43306418/Stefan_Aleksin_seminarski_rad_SWOT_analiza)
- [11] Časopis industrija, SWOT analiza – sveobuhvatan prikaz vaše pozicije.

### Kratka biografija:



**Nemanja Mladenović** rođen je u Kragujevcu 1993. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva, Organizacija i tehnologija građenja, Industrijsko građenje hala odbranio je 2024.god. kontakt: nemanjaml@hotmail.com

**IDEJNO REŠENJE ODVOĐENJA UPOTREBLJENIH VODA NASELJA ŠAJKAŠ SA PPOV****CONCEPTUAL SOLUTION FOR WASTE WATER DRAINAGE OF THE SETTLEMENT ŠAJKAŠ WITH PPOV**

Marko Vučinić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je izloženo idejno rešenje odvođenja upotrebljenih voda naselja Šajkaš do postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda i dimenzionisanje samog postrojenja. Prikazan je hidraulički proračun kanalizacione mreže naselja Šajkaš, primenom separatnog sistema kanalizacije, prikazane su dimenzije usvojenih objekata sistema za prečišćavanje otpadnih voda, primenom konvencionalnog tipa. Modeliranje i hidraulički proračun mreže izvedeni su primenom programskog paketa EPA SWMM 5.1.

**Ključne reči:** Hidraulički proračun kanalizacione mreže upotrebljenih voda, konvencionalni tip prečišćavanja

**Abstract** – The paper presents a conceptual solution for waste water drainage of the Šajkaš settlement to the waste water treatment plant and dimensioning treatment plant. Presents the hydraulic calculation of the sewage network, using separation system, presents the dimensionos of the adopted facilities of the wastewater treatment system, using the conventional type. Modeling and hydraulic calculation of the network were performed using the EPA SWMM 5.1. software package.

**Keywords:** Hydraulic calculation of the sewage network of used water, conventional type of purification

**1. UVOD**

Jedan od najvećih savremenih problema u zaštiti životne sredine u Srbiji, još značajnije u Vojvodini predstavljaju komunalne i industrijske otpadne vode. Usled decenijskog ne posvećivanja dovoljne pažnje problemu odvođenja otpadnih voda, u smislu odgovarajućeg tretmana, kroz izgradnju kanalizacione mreže, kolektora i prečištača, današnje zagađenje vodotokova, podzemnih voda i zemljišta je u veoma nepovoljnoj situaciji. Rešenje ovog problema se ogleda u dugoročnom sprovođenju mera, na promeni svesti ljudi i primeni zakonske regulative u praksi, uz odgovarajuće sankcionisanje zagađivača.

Rad za cilj ima poboljšanje uslova koji direktno utiču na kvalitet života stanovnika u naselju Šajkaš.

Osnovni zadatak rada jeste pronalaženje idejnog rešenja kanalizisanja upotrebljenih voda i projekat postrojenja za

prečišćavanje otpadnih voda biološkim putem sa aktivnim muljem primenom konvencionalnog postupka.

**2. TEHNIČKI IZVEŠTAJ****2.1. Naselje Šajkaš. Funkcija i geografski položaj**

Šajkaš je naselje koje se nalazi u Južnobačkom okrugu, na teritoriji opštine Titel. Naselje leži na nadmorskoj visini od oko 78 m.n.m.

Površina planiranog građevinskog područja za naseljeno mesto Šajkaš iznosi 250 ha. U naselju je sedište objekata javnih službi. Planirana površina zemljišta za potrebe industrije iznosi 50 ha.

**2.2. Podloge**

Korišćene su dostupne geodetske podloge za izradu usvojenog rešenja odvođenja otpadnih voda. Na osnovu visinskih karakteristika terena usvojeno je najjednostavnije i najisplativije projektno rešenje.

**2.3. Demografija**

Uz pretpostavku o rastućem fertilitetu, za projektni period od 25 godina, usvojeno je 4500 stanovnika.

**2.4. Postojeće stanje kanalizacionog sistema**

Za odvođenje upotrebljenih voda naselja Šajkaš ne postoji kanalizacioni sistem, već se upotrebljena voda iz domaćinstava evakuise putem individualno građenih septičkih jama koje u većini slučajeva nisu građene prema tehničkim standardima i propisima, čime se neposredno ugrožava životna sredina.

**3. O OTPADNIM VODAMA**

Otpadne vode predstavljaju vodu iz vodovoda koja je nakon upotrebe promenila svoj sastav i kvalitet, usled dospevanja raznih otpadnih materija koje su izazvale hemijske reakcije. Reč je o materijama koje nisu bezopasne po životnu sredinu i čovekovo zdravlje. Razlikuju se sledeće vrste otpadnih voda: Upotrebljene vode iz domaćinstava (fekalne-sanitarne), upotrebljene vode iz industrije, atmosfarske vode, komunalne vode.

**3.1. Način odvođenja otpadnih voda**

Izabran je separatan sistem kanalizisanja, kod kog se atmosfarske i prečišćene otpadne vode iz industrije odvođe jednom mrežom kanala, a otpadne vode domaćinstava i industrijske otpadne vode pomoću drugog sistema. U proračunu uzete otpadne vode stanovništva, javnih ustanova i industrije.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Matija Stipić, dipl. građ. inž.

Odvođenje se odvija sa slobodnim tečenjem, uz primenu pumpnih stanica samo na mestima gde dubina ukopavanja prevazilazi optimalne vrednosti.

#### 4. IZBOR CEVNOG MATERIJALA

Za kanalizacionu mrežu naselja Šajkaš odabrane su PVC cevi. Usvojena je pogonska hrapavost od 1 mm. Usvojen minimalni prečnik cevovoda upotrebljenih voda naselja Šajkaš iznosi 250 mm, dok je maksimalni prečnik 350 mm.

Usvojeni su sledeći minimalni padovi kanalizacionih cevi: za Ø250mm→I=2.7 ‰, za Ø300mm→I=2.2 ‰, za Ø350mm→I=2.2 ‰. Maksimalni pad je ograničen na 50 ‰.

Minimalna dubina ukopavanja za naselje Šajkaš iznosi 1,40 m, usvojena maksimalna dubina ukopavanja iznosi 4,2 m.

Prilikom izvođenja radova neophodno je tokom iskopa obezbediti podgrađivanje rova.

Maksimalna ispunjenost kolektora za otpadnu vodu treba da iznosi 65 %. Preostalih 35 % je predviđeno za strujanje vazduha, ali i kao rezerva za nepredviđeno prodiranje podzemnih voda. Najveći kapacitet ispunjenosti u naselju Šajkaš se javlja u glavnom kolektoru prečnika 350 mm, u časovima maksimalne produkcije visina ispunjenosti ne prelazi 50 % kapaciteta punog profila.

HDPE cevi su usvojene na delu kanalizacione mreže u zoni crpnih stanica, u njima se odvija tečenje pod pritiskom.

#### 5. MODELIRANJE TEČENJA U KANALIZACIONOJ MREŽI

##### 5.1. Hidraulički proračun tečenja

Kanalizacioni sistem predstavljen je kao mreža cevi povezanih čvorovima. Spojevi i šahtovi se u modelu predstavljaju čvorovima, promenljive koje ih određuju su proticaji i pijezometarske kote.

U proračunu osnova promenljivih je promena zapremine čvora tokom zadatog vremenskog intervala  $\Delta t$ .

Promena dotoka kod kanalizacionih sistema otpadnih voda tokom vremena je veoma spora, pa se oni mogu tretirati bez uzimanja u obzir neustaljenih pojava.

##### 5.2. Osnovne jednačine tečenja kroz kolektore

Osnovne jednačine kojima se opisuje tečenje vode u kanalizacionim cevima su jednačine održanja mase i količine kretanja za linijsko tečenje vode u otvorenom kanalu (Sen-Venanove jednačine).

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad (2)$$

Gde su: A-površina poprečnog preseka; t-vreme; Q-proticaj; x-rastojanje u pravcu toka; g-gravitaciona brzina; H-dubina;  $S_f$ -pad linije energije (pad trenja).

Sen-Venanove jednačine predstavljaju precizne diferencijalne jednačine, koje nemaju analitičko rešenje, potrebno je zadati početne i granične uslove. Kao granični uslov mogu se koristiti nivo, proticaj i hidrogram.

Programski paket EPA SWMM 5.1. poseduje tri mogućnosti izvođenja hidrauličkog proračuna: model ustaljenog tečenja, model kinematskog talasa, model dinamičkog talasa [1].

Za potrebe rada korišćen je model dinamičkog talasa. U odnosu na ostale metode mogu se koristiti mnogo manji vremenski koraci. Vremenski korak iznosi  $\Delta t = 1$  s.

#### 6. PROGRAMSKI PAKET EPA SWMM 5.1.

Simulacioni program SWMM, svoj koncept zasniva na interakciji nekoliko glavnih komponenti životne sredine, koje se modeliraju tzv. objektima.

Komponente su: atmosfera, površina zemljišta, podzemne vode, transportni sistemi.

Objekti pomoću kojih se vrši modeliranje dele se na vizuelne i nevizuelne.

Čvorovi (Junctions)-spadaju u vizuelne objekte, to su tačke kanalizacionog sistema gde se spajaju veze.

Izlivi (Outfalls)-vizuelni objekti su krajnji čvorovi kanalizacionog sistema koji služe za definisanje nizvodnog graničnog uslova, kada se proračun tečenja u cevima vrši pomoću jednačine dinamičkog talasa.

Kolektori (Conduits)-vizuelni objekti, cevi ili kanali kojima se voda transportuje od uzvodnog do nizvodnog čvora.

Pumpe (Pumps)-vizuelni objekti, modeliraju se kao veze kojima se voda prenosi sa niže na višu kotu.

Jedinični hidrografi (Unit Hydrographs)-nevizuelni objekti, definišu dotok u kanalizacioni sistem nastao kao posledica padavina.

Vremenske serije (Time Series)-nevizuelni objekti, koriste se za opis promene određene karakteristike objekta kroz vreme.

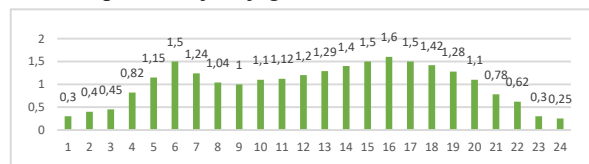
U proračunu se mogu javiti greške, ukoliko one prelaze vrednost od 10 %, mora se proveriti validnost proračuna [2].

Greška koja se javila u modelu nakon simulacije je zanemarljiva i iznosi 0,04%.

#### 7. HIDRAULIČKI PRORAČUN

Dijagram časovne neravnomernosti je taj koji definiše neravnomernost dotoka otpadne vode, samim tim i neravnomernost oticanja iz naselja Šajkaš znatno se razlikuje u određenim delovima dana.

Na slici 1 prikazan je dijagram časovne neravnomernosti.



Slika 1. Dijagram časovne neravnomernosti

Cilj proračuna sistema jeste odabir najekonomičnijeg prečnika cevi za odgovarajući protok. Kanalizacioni sistem upotrebljenih voda se dimenzioniše na maksimalni časovni protok. Merodavni proticaji se određuju primenom odgovarajućih formula [3].

Srednje dnevni oticaj otpadnih voda iz domaćinstava se određuje prema:

$$Q_{sr,d} = N \cdot q \quad (3)$$

Gde je : N-broj stanovnika na kraju projektnog perioda;  
q-specifičan oticaj otpadnih voda po stanovniku na dan (l/dan), za odgovarajuću veličinu naselja.

Maksimalni dnevni oticaj otpadnih voda iz domaćinstava se određuje prema [3]:

$$Q_{max,d} = 1.5 \cdot Q_{sr,d} \quad (4)$$

Maksimalna časovna proizvodnja može da se aproksimira primenom sledeće jednačine [3]:

$$Q_{max,čas} = Q_{sr,d} \cdot \left( 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{sr,d}}} \right) = Q_{sr,d} \cdot k_o \quad (5)$$

Usvojen specifičan doticaj otpadnih voda  $q_{sp}=150$  l/st/dan.

Koeficijent časovne neravnomernosti iznosi 1.67.

Srednji dnevni oticaj otpadnih voda iz škola, predškolskih ustanova, administrativnih objekata i biroa se određuje:

$$Q_{sr,d} = N \cdot q \quad (6)$$

Srednji dnevni oticaj otpadnih voda za ovu kategoriju se određuje prema:

$$Q_{max,d} = 1.7 \cdot Q_{sr,d} \quad (7)$$

Maksimalna časovna potrošnja se određuje prema:

$$Q_{max,čas} = 7.5 \cdot Q_{sr,d} \quad (8)$$

Merodavni proticaj otpadnih voda iz industrije

$$Q_{max,čas,ind} = \frac{0.2l}{s} / ha \cdot A_{ind} \quad (9)$$

Merodavna količina otpadne vode od infiltracije (strana voda):

0.03 – 0.1 l/s/ha

Ukupna količina otpadne vode predstavlja zbir ovih kategorija otpadne vode.

Specifična deonična količina otpadne vode se dobija prema:

$$Q_{spec,deo} = Q_{max,dn,ukupno} / \Sigma L \quad (10)$$

Gde je:  $\Sigma L$ -ukupna dužina cevovoda.

Čvorna količina otpadne vode se dobija prema sledećem:

$$Q_{spec,deo} \cdot \Sigma li / 2 \quad (11)$$

Gde je:  $\Sigma li/2$  pripadajuća dužina, tj suma polovine dužine svih cevi koje su vezane u posmatranom čvoru.

U tabeli 1, prikazane su merodavne količine vode.

Tabela 1. Merodavna količina vode

|                |             |         |
|----------------|-------------|---------|
| $Q_{max,dn}$   | 20.171      | l/s     |
| $Q_{spec,deo}$ | 0.000912001 | l · m/s |

## 8. CRPNE STANICE U NASELJU ŠAJKAŠ

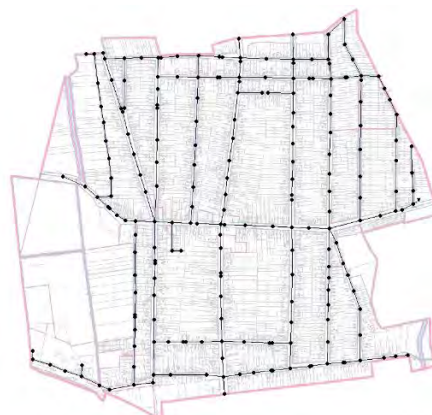
Karakteristike terena, dimenzije izabраних prečnika cevi i njihovi padovi u ovom naselju ne omogućavaju da se ceo sistem izvede kao gravitacioni. Razlog za to jeste ograničavanje maksimalne dubine na 4,2 m, zbog tehničkih i investicionih razloga. Iz prethodno navedenih razloga javila se potreba za projektovanjem 6 crpnih stanica.

U ovom radu je rad pumpi u crpnim stanicama simuliran hidrogramima, količinom vode koja tokom dana dolazi do pumpe, odnosno do uzvodnog čvora. Polazi se od grube

pretpostavke da se sva količina dolazne vode, uzvodno od pumpe, transportuje nizvodno, te se identičan hidrogram dodeljuje nizvodnom čvoru i proračun se nastavlja dalje.

## 9. ANALIZA REZULTATA PRORAČUNA KANALIZACIJE OTPADNIH VODA NASELJA ŠAJKAŠ

Model na osnovu kog je izveden proračun kanalizacione mreže sastoji se od 213 čvorova, 207 kolektora, 6 crpnih stanica i jednog izliva. Ukupna dužina sistema kanalizacije otpadnih voda iznosi 22.117,30 m. Na slici 2, prikazan je šematski prikaz modela mreže čija je simulacija vršena u programskom paketu EPA SWMM 5.1.

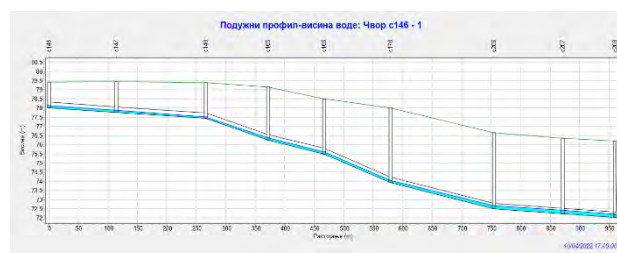


Slika 2. Šematski prikaz modela kanalizacione mreže otpadnih voda

Maksimalna ispunjenost kolektora se javlja u glavnom kolektoru i iznosi 49 %, čime je zadovoljen kriterijum maksimalnog stepena ispunjenosti. Maksimalna ispunjenost kolektora se javlja u 17 časova.

Maksimalne brzine su u okviru dozvoljenih granica, odnosno maksimalna brzina koja se ostvaruje u mreži iznosi 1.54 m/s.

Na slici 3 prikazan je podužni profil kolektora od šahta c146 do šahta c208. Prečnici se kreću od Ø300 na uzvodnom delu do Ø350 na nizvodnom delu.



Slika 3. Podužni profil kanalizacione cevi između šahta c146 i šahta c208 pri maksimalnom stepenu ispunjenosti naznačenom plavom bojom

## 10. POSTROJENJE ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Zadatak rada obuhvata proračun i dimenzionisanje jednog postrojenja za biološko prečišćavanje sa aktivnim muljem pprimenom konvencionalnog postupka. Dimenzionisanje je izvršeno na osnovu opšte prihvaćenih nemačkih standarda ATV-DVWK-A 131 [4].

Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda naselja Šajkaš planirano je u neposrednoj blizini naselja, sa njegove severo-zapadne strane.

Recipijent prečišćenih otpadnih voda je meliorativni kanal, koji protiče pored naselja.

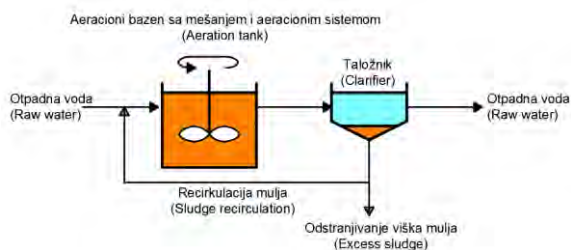
Polaznu osnovu za dimenzionisanje čine ulazni podaci, koji se odnose na kvalitet otpadne vode i zahtevani kvalitet prečišćene vode kao i dodatni iskustveni podaci. Glavna karakteristika kvaliteta komunalnih otpadnih voda je sadržaj organskih i neorganskih materija.

Organske materije se obično procenjuju prema biološkoj potrošnji kiseonika (BPK) ili prema hemijskoj potrošnji kiseonika (HPK).

Aktivni mulj je naziv za biološki aktivnu biomasu aerobne mikroflore, suspendovane u otpadnoj vodi u obliku flokula. Da bi se bakterijska kultura zadržala u suspenziji u reaktoru mora da se odvija mešanje.

Sam proces prečišćavanja aktivnim muljem se kontroliše količinom mulja iznetog iz sistema i srednjim vremenom zadržavanja mikroflore u sistemu.

Na slici 4, prikazana je uprošćena šema sistema za prečišćavanje sa aktivnim muljem.



Slika 4. Uprošćena šema sistema sa aktivnim muljem – konvencionalni tip

Glavne faze procesa prečišćavanja otpadnih voda se mogu predstaviti kao: prethodna obrada, primarno, sekundarno i tercijarno prečišćavanje.

Dimenzionisana vrednost za prečišćavanje otpadne vode je  $\text{kg/d BPK}_5$ , koristi se vrednost  $\text{BPK}_5$  opterećenja po ES za sirovu vodu.

Predviđena je primena postupka mehaničko biološkog prečišćavanja. Mehanički deo obuhvata odvajanje krupnih nečistoća na gruboj i finoj rešetki, odvajanje peska i masnoća u aerisanom peskolovu. Osnovni zadatak biološkog prečišćavanja je uklanjanje biološki razgradivih organskih materija, azotnih i fosfornih materija u što većoj meri. Razgradnju organskih materija, nitrifikaciju amonijaka, denitrifikaciju i biološko uklanjanje fosfora vrše mnogobrojni mikroorganizmi, a pre svega bakterije. Mikroorganizmi pretvaraju biorazgradive organske materije u proste produkte kao što su ugljen-dioksid i biomasa. Zavisno od sredine biološki procesi mogu da se podele na aerobne, anaerobne ili anoksične procese razgradnje.

Proračunom su dobijeni podaci vezani za uklanjanje azota, uklanjanje fosfora, potrebne dimenzije objekata i potrebne tehničke karakteristike opreme.

U tabeli 2, prikazne su usvojene dimenzije objekata:

Tabela 2. Usvojene dimenzije objekata

|                        |         |         |         |
|------------------------|---------|---------|---------|
| Crpni bazen            | B=3.2 m | L=3.0 m | H=4.3 m |
| Biološki bazen         | B=12 m  | L=23 m  | H=5 m   |
| Denitrifikacioni bazen | B=12 m  | L=5.4 m | H=5 m   |
| Naknadni taložnik      | D=11 m  |         | H=2.5 m |
| Zgušnjivač             | R=6 m   |         | H=3.2 m |

## 11. ZAKLJUČAK

U ovom radu obrađena je tema idejnog rešenja odvođenja otpadnih voda naselja Šajkaš do postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, kao i dimenzionisanje samog postrojenja, u kom se odvija proces prečišćavanja otpadne vode, nakon čega se prečišćena otpadna voda ispušta u recipijent-meliorativni kanal.

Projektovana je separata kanalizacija za odvođenje otpadnih voda, koja se sastoji od kružnih kolektora i crpnih stanica. Projektni period za koji je odrađen proračun je 25 godina, usvojen broj stanovnika na kraju projektnog perioda iznosi 4.500,00 ES. Sistem odvođenja otpadnih voda je gravitacioni sa slobodnim tečenjem. Kolektori gravitacione kanalizacione mreže su izrađeni od PVC cevi, dok je potisni cevovod na mestima crpnih stanica izrađen od HDPE cevi. Prečnik kolektora koji je najzastupljeniji je 250 mm, a maksimalni 350 mm. Svi neophodni hidraulički proračuni su izvedeni primenom programskog paketa EPA SWMM.

Za prečišćavanje otpadnih voda usvojeno je biološko prečišćavanje otpadne vode sa aktivnim muljem primenom konvencionalnog postupka. Dimenzionisanje je izvršeno na osnovu opšte prihvaćenih standarda Savezne Republike Nemačke ATV – DVWK – A.

Karakteristike ulaznog influenta, tj. Kvalitet sirove otpadne vode je određen na osnovu Smernica iz standarda, objekti i tehničke karakteristike opreme su dimenzionisani tako da se obezbedi zahtevani kvalitet prečišćene otpadne vode.

Rad je za cilj imao poboljšanje uslova koji direktno utiču na kvalitet života u naselju Šajkaš, ogledaju se u većem stepenu zaštite životne sredine, kako u samom naselju tako i u recipijentu.

## 12. LITERATURA

- [1] Pisana predavanja iz predmeta Hidraulika 2, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, prof.dr. Ljubomir Budinski
- [2] Ana Mijić – Primena programskog paketa EPA SWMM za modeliranje oticaja sa urbanih slivova
- [3] Stipić Matija, Pisana predavanja iz predmeta Komunalna hidrotehnika za studente IV godine odseka za hidrotehniku. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu. Novi Sad, 2019.
- [4] ATV – DVWK – A 131-Nemački standard za dimenzionisanje postrojenja za biološko prečišćavanje otpadnih voda aktivnim muljem.

### Kratka biografija:



**Marko Vučinić** rođen je u Šapcu 1997. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, iz oblasti Građevinarstva - komunalna hidrotehnika, na temu: Idejno rešenje vodosnabdevanja naselja Pavliš odbranio je 2021. godine, a master rad na temu: Idejno rešenje odvođenja upotrebljenih voda naselja Šajkaš sa PPOV, odbranio je 2024. god.

kontakt:  
marko.vucinic.v.d.sava@gmail.com

**УПОРЕДНА АНАЛИЗА ПРОЈЕКТОВАЊА ТРИ РАЗЛИЧИТА БЕЗГРЕДНА  
КОНСТРУКТИВНА РЕШЕЊА ВИШЕСПРАТНЕ АБ ЗГРАДЕ (ПРЕМА ЕВРОКОДУ 8)**  
**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE DESIGN OF THREE DIFFERENT FLAT-SLAB STRUC-  
TURAL SOLUTIONS OF A MULTI-STOREY RC BUILDING (ACCORDING TO EUROCODE 8)**

Филип Петаковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У оквиру рада представљена је упоредна анализа пројектовања вишеспратне АБ конструкције у три различита, али упоређива, конструктивна система. Разматрана је стамбено-пословна зграда спратности По+П+4+Пс, а анализом је обухваћено понашање конструкције са три типа/распореда примарних сеизмичких елемената: сеизмичка платна L-облика постављена по ободу конструкције; платна I-облика; и низ кратких зидова правоугаоног пресека уз укључивање ободних гредних елемената. На основу резултата анализа изведени су закључци и препоруке везани за оптимално пројектовање вишеспратних зграда са плочама које су директно ослоњене на стубове.

**Кључне речи:** Вишеспратна армиранобетонска зграда, Еврокодови, безгредни системи, примарни и секундарни сеизмички елементи, сеизмички зидови

**Abstract** – Within this paper, a comparative analysis of the design of a multi-story RC structure in three different, but comparable, structural systems is presented. A residential-commercial building with a floor plan of B+G+4+P is considered, and the analysis covers the behavior of the structure with three types/arrangements of primary seismic elements: shear walls of L-shape placed around the perimeter of the structure; walls of I-shape; and a series of short walls of rectangular sections, including perimeter beam elements. Based on the analyses results, conclusions and recommendations related to the optimal design of multi-storey buildings with flat slabs are drawn.

**Keywords:** Multi-storey RC building, Eurocodes, flat slab systems, primary and secondary seismic elements, shear walls

## 1. УВОД

У пољу сеизмичког пројектовања вишеспратних армиранобетонских зграда изражена је тенденција употребе таваница директно ослоњених на стубове или тзв. безгредних система. Са друге стране, овај тип конструктивног система, не само да је новијег века и још увек недовољно истражен, чак непогодан за примену у сеизмичким подручјима (мали капацитет бочне деформације његових „оквира“), него је

практично и игнорисан у актуелној регулативи (Еврокод 8) [1]. Управо тиме је мотивисан избор теме овог истраживачког рада.



Слика 1. Распоред сеизмичких зидова према моделима

Изабрани објекат према стандарду Еврокод 8 може бити принципијелно решен на неограничено много начина. Функционалност примарних конструктивних елемената, сеизмичких платана, се не мења, али начин њиховог понашања ће бити различит и зависан од диспозиционог решења конструкције, геометријских карактеристика или крутости елемената и сл...

У раду је учињен покушај да се кроз три принципијелно различита диспозициона распореда сеизмичких зидова (модел I до модел III) установе разлике у понашању и да се усвоји најбољи. Модел I је конципиран на начин да садржи мали број крутих, просторно спрегнутих (L-облик) и правилно диспозиционо распоређених (по обиму зграде) зидних елемената. Код модела II зидни елементи два правца нису спрегнути (I-облика пресека су), а распоређени су и у унутрашњости зграде. Коначно, модел III је решен с великим бројем релативно флексибилних, кратких, зидова. Код сва три модела (Слика 1.) водило се рачуна о равноправном укрућењу зграде у два ортогонална правца.

## 2. АНАЛИЗА КОНСТРУКЦИЈЕ

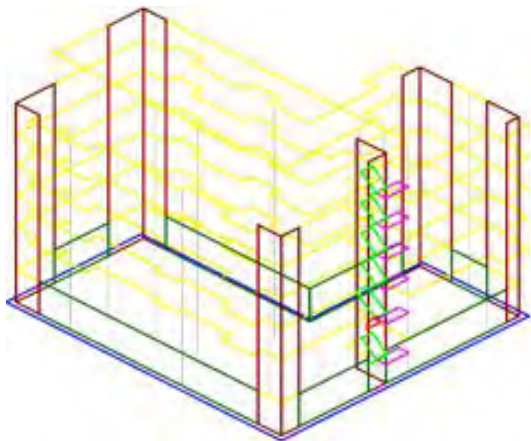
Објекат је лоциран у Новом Саду. Етажно, састоји се од подрума, приземља, 4 типска и једног повученог спрата. У приземљу објекта су стамбено-пословне јединице, док су остали спратови намењени за стамбене јединице. Основа објекта је неправилног Г-облика, са већим правоугаоним делом димензија 31,85m x 15,30m и мањим делом димензија 13,25m x 11,90m. Спратна висина приземља износи 4,20m, док су остале етаже висине 3,00m.

Кота подрума је на -2,15m испод коте терена, односно на -3,00m испод коте приземља. Објекат се завршава кровном увученом плочом неправилног облика са озиданом атиком, а кота венца атике је на 20,69m.

## НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Зоран Брујић, ванр. проф.

Пристап објекту омогућен је са улице. Вертикална комуникација се обавља двокраким степеништем и лифтом. На слици (Слика 2.) приказан је у аксонометрији конструктивни модел I са истакнутим сетовима површинских елемената. Сви конструктивни модели обрађени и прорачунати су у софтверу за структуралну анализу Radimpex Tower.



Слика 2. 3D приказ конструктивног модела I

Све плоче су пуне армиранобетонске. Фундирање објекта извршено је на темељној плочи (прорачунски третирана као дебела плоча). Армиранобетонски зидови подрума налазе се по ободу подрумске етаже и на тај начин формирају својеврсну „каду“, недеформабилну под-конструкцију. Унутрашњи стубови етажа су димензија 40x50cm, осим стубова последње етаже који су попречног пресека 30x40cm у свим моделима. Ободни стубови су димензија 40x40cm на свим етажама, осим стубова последње етаже где им се пресек редукује на 30x30cm у свим моделима и стубова приземља и подрумске етаже модела III, где су димензија 45x45cm (Табела 1). Сви армиранобетонски елементи су класе бетона C30/37.

Табела 1. Димензије елемената по моделима

| Елементи                   | Димензије [cm] | Модел I | Модел II | Модел III |
|----------------------------|----------------|---------|----------|-----------|
| Греде                      | 30/65          | +       | +        | +         |
| Стубови                    | 30/30          | +       | +        | +         |
|                            | 30/40          | +       | +        | +         |
|                            | 40/40          | +       | +        | +         |
|                            | 45/45          | +       | +        | +         |
|                            | 40/50          | +       | +        | +         |
| Платна                     |                | 25      | 25       | 30        |
| Зидови подрума             | 20             | +       | +        | +         |
| Темељне плоче              | 60             | +       | +        | +         |
| Плоча приземља             | 20             | +       | +        | +         |
| Етажне плоче               | 20             | +       | +        | +         |
| Кровне плоче               | 20             | +       | +        | +         |
| Плоче подеста и степеништа | 15             | +       | +        | +         |

Коришћени софтвер аутоматски генерише сопствену тежину свих конструктивних елемената на основу задатих геометријских и физичких карактеристика. Неконструктивни елементи су анализирани као површинска (подови, плафони...), односно линијска оптерећења (фасадни и разделни зидови), у склопу истог случаја оптерећења. Преградни зидови у склопу стамбених јединица посматрани су као додатно стално површински расподељено оптерећење.

Корисно оптерећење је основно променљиво оптерећење, а на поједине површине је аплицирано сагласно одредбама Еврокода 1, у интензитетима и категоријама који су одређени наменом тих површина: категорија А, просторије у стамбеним зградама, 1,5kN/m<sup>2</sup> за стамбене просторије и 2,5kN/m<sup>2</sup> за ходнике, балконе и степеништа; категорија D1, продајне површине у малопродајним радњама, 4,0kN/m<sup>2</sup>; складиштени простори дефинисани су под категоријом E1 корисног оптерећења, интензитета 3,0kN/m<sup>2</sup>; непроходне кровне површине категоризоване су као H категорија, а интензитет оптерећења је 1,0kN/m<sup>2</sup>.

Осим гравитационих, разматрано је и сеизмичко оптерећење у функцији локације објекта, али са усвојеним референтним убрзањем тла од:

$$a_{gR} = 0,15 \cdot g = 0,15 \cdot 9,81 = 1,4715 \text{ m/s}^2$$

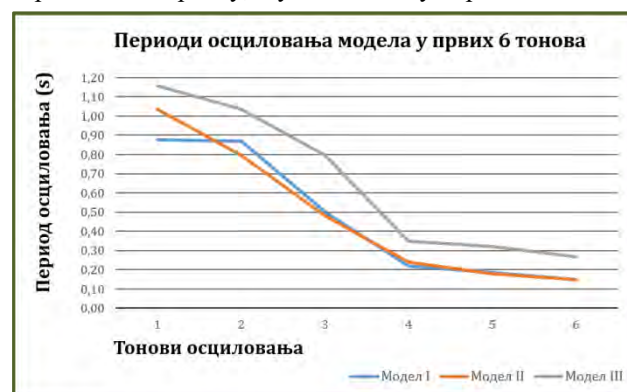
Објекти који се анализирају спадају у II класу значаја (обичне зграде) за које је фактор значаја  $\gamma_1=1$ :

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_1 = 1,4715 \cdot 1 = 1,4715 \text{ m/s}^2$$

Усвојена је C категорија тла и тип I спектра одговора.

Армиранобетонска конструкција вишеспратне зграде моделирана је специјализованим софтверским алатом за структуралну анализу на бази методе коначних елемената, у просторном прорачунском приступу. Греде и стубови моделирани су као линијски елементи, док су плоче, зидови и љуске моделиране као површински елементи. Све плоче моделиране су као изотропне, осим косих степенишних плоча, које су моделиране као плоче једног правца. У зависности од типа модела, сеизмичка платна су моделована на другачији начин и тенденција њихових постављања различита је од модела до модела.

Модели конструкција остварују интеракцију са тлом преко Винкерловог модела тла, који даје задовољавајуће резултате, упркос познатим недостацима једнопараметарског модела [2]. Коефицијент постелице усвојен је слободном проценом - 20 [MN/m<sup>3</sup>] у вертикалном правцу, и упола мањи у хоризонталним.



Слика 3. Својствени периоди по моделима

У циљу одређивања периода својствених облика осциловања и дефинисања сеизмичког дејства, спроведена је модална анализе конструкције (Слика 3.).

Основни начин за анализу сеизмичког дејства према EN 1998-1 јесте мулти-модална анализа у комбинацији са методом спектра одговора, која је применљива на све конструкције на које се односи дати стандард.

Анализом је разматрано је по шест тонова за сваки од модела конструкције, чиме су задовољени нормативни захтеви о минималном броју тонова за анализу (више од 95% збирно ефективне масе).

Сагласно Еврокод стандарду, ако изостају напредније методе прорачуна, АБ пресеци се према линеарној теорији прорачунавају са бруто бетонским испрским пресецима.

Обухватање прелина у пресеку се уводи редукцијама савојне, смичуће и торзионе крутости (у односу на одговарајуће крутости бруто бетонских пресека), као „компромисна“ мера: торзионе крутости греда су редуковане на 10%, а стубова на 50%, а смичуће и савојне крутости свих елемената су редуковане на 50% одговарајућих.

### 3. ПРИМАРНИ И СЕКУНДАРНИ ЕЛЕМЕНТИ

У Еврокоду 8 допушта се занемарење доприноса одређених, тзв. секундарних, конструктивних елемената у преносу сеизмичког дејства, чиме су само тзв. примарни елементи утицајно оптерећени. Конструктивни систем формиран само од примарних елемената је „примарна конструкција“, а формира се погодним искључењем секундарних елемената, било уклањањем из конструкције, било занемарењем одговарајућих крутости.

Степен ове редукције је лимитиран на 15% крутости комплетне конструкције. Међутим, иако сеизмички неактивни, секундарни елементи учествују у преносу гравитационих дејстава. Такође, изложени су померањима услед сеизмичких дејстава, а њихова отпорност у том контексту се доказује обезбеђењем еластичног рада и при максималним померањима примарне конструкције – суштинска разлика у прорачуну примарних и секундарних елемената је у претпоставци њиховог понашања при достизању истих максималних померања конструкције [3].

Из постављених захтева, подразумева се да је потребно спровести две анализе разматране конструкције, формирањем два нумеричка модела:

- Модел који обухвата крутост примарних и секундарних елемената – SP-Модел
- Модел којих обухвата крутост само примарних елемената – P-Модел. У примеру, флексиона крутост је „укинута“ постављањем моментних зглобова на крајевима стубова.

Еврокодом 8 није тачно дефинисан начин одређивања доприноса бочне крутости секундарних елемената у укупној крутости. У раду јекоришћена метода одређивања односа између релативних међуспратних померања P и SP модела. Анализом је потребно задовољити следећи услов:

$$\frac{\delta_S}{\delta_{SP}} = \frac{K_{SP}}{K_P} = \frac{K_S + K_P}{K_P} = \frac{K_S}{K_P} + 1 \leq 0,15 + 1 = 1,15$$

где су  $\delta_S$  и  $\delta_{SP}$  релативна спратна померања у секундарном (S-моделу) и моделу конструкције са активираним целом крутошћу система (SP-моделу), а  $K_S$ ,  $K_P$  и  $K_{SP}$  крутости секундарних, примарних и збирно обједињених вредности сеизмичких елемената.

### 4. РЕЗУЛТАТИ УПОРЕДНЕ АНАЛИЗЕ

Поређење конструктивних модела дало је резултате по питању разлика у понашању и начину пројектовања конструкција. На основу резултата констатује се да су модели објеката I и III регуларни у основи, док модел објекта II не испуњава услове регуларности у основи. С друге стране, не говори се ни о торзионо флексибилном систему, јер торзиони радијуси нису 3.33 пута већи од центара ексцентрицитета маса, али су већи од радијуса инерције. Незадовољење ових услова код модела објекта II може се приписати једном од постулата пројектовања торзионо крутих објеката – правилним позиционирањем сеизмичких платана по ободу објекта постиже се задовољавајућа торзиона крутост објекта и конструкција се „приморава“ на рад у оба правца при ударима сеизмичких сила.

Табела 2. Одступања између тежишта маса и центара крутости у SP-моделима

| Етажа     | Одступања – SP-Модел |       |          |       |           |       |
|-----------|----------------------|-------|----------|-------|-----------|-------|
|           | Модел I              |       | Модел II |       | Модел III |       |
|           | X [m]                | Y [m] | X [m]    | Y [m] | X [m]     | Y [m] |
| Кров      | 1,22                 | 3,38  | 4,08     | 6,84  | 1,88      | 0,84  |
| V спрат   | 3,70                 | 3,25  | 6,22     | 7,90  | 0,84      | 0,77  |
| IV спрат  | 4,11                 | 2,99  | 7,05     | 7,34  | 0,03      | 0,97  |
| III спрат | 3,64                 | 2,91  | 7,02     | 6,73  | 0,14      | 0,92  |
| II спрат  | 2,78                 | 2,63  | 6,84     | 5,78  | 0,35      | 0,85  |
| I спрат   | 1,25                 | 1,76  | 5,88     | 4,13  | 0,50      | 0,81  |
| Приземље  | 0,80                 | 0,80  | 0,47     | 0,82  | 0,84      | 0,82  |
| Подрум    | 0,11                 | 0,20  | 0,14     | 0,15  | 0,11      | 0,17  |

Закључује се да су одступања у моделима I и II значајнија и да диспозициони положај примарних сеизмичких елемената није оптималан. Модел III, с друге стране има задовољавајућа „преклапања“ центара крутости и маса, и као такав представља врло добро изbalансиран систем.

Захваљујући великој крутости у својој равни, хоризонтална сеизмичка сила се до темеља преноси смичућим зидовима. Услед великих вредности интензитета момената савијања у нивоу приземне етаже и трансверзалних сила у нивоу првог спрата у моделима I и II, закључује се да су зидови искоришћени у веома високом проценту у овим моделима. Формирани од површинских елемената као ребара којима добијају на својој смичућој крутости и стубова као фланши којима „дугују“ савојну крутост, сеизмички зидови су се у ова два модела успешно „изборили“ са хоризонталним силама и обезбедили стабилност објектима. С друге стране, компаративно ниже вредности утицаја у зидовима модела III у односу на претходна два модела одају утисак недовољне искоришћености истих.

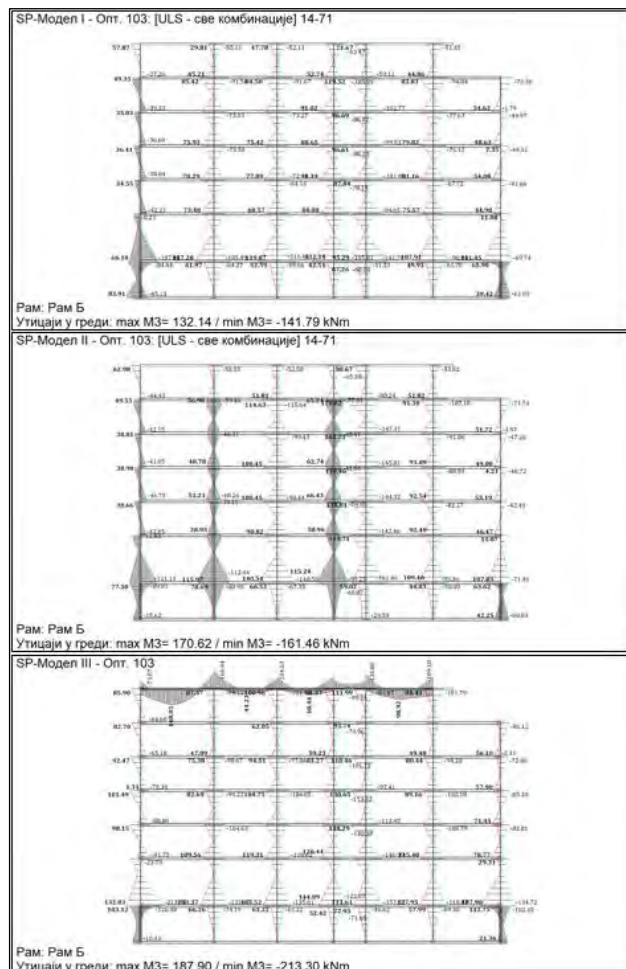
Наредном табелом (Табела 3.) приказана су процентуална умањења померања конструкција у оба ортогонална правца у односу на модел са највећим спратним померањима, модел III. Упоредба резултата урађена је за моделе примарних конструкција.

Највећа померања забележена су на II спрату, у сва три модела. Мања померања захтевају мању количину арматуре и зидови захтевају мању количину уложеног рада око израде у односу на греде.

Табела 3. Поређење међуспратних померања модела

| Етажа     | Спратно померање [mm] |       |         |     |          |      |
|-----------|-----------------------|-------|---------|-----|----------|------|
|           | Модел III             |       | Модел I |     | Модел II |      |
|           | X                     | Y     | X       | Y   | X        | Y    |
| Кров      | 12,01                 | 17,7  | -20%    | 43% | 1%       | 113% |
| V спрат   | 11,65                 | 15,44 | -16%    | 12% | 16%      | 71%  |
| IV спрат  | 14,42                 | 16,62 | 7%      | 13% | 49%      | 61%  |
| III спрат | 16,7                  | 18,23 | 28%     | 29% | 78%      | 81%  |
| II спрат  | 17,69                 | 18,6  | 45%     | 47% | 102%     | 92%  |
| I спрат   | 19,17                 | 20,37 | 31%     | 54% | 75%      | 64%  |
| Приземље  | 1,74                  | 2,43  | -32%    | 3%  | -19%     | -12% |

Упоредене су и вредности момената савијања у стубовима кроз моделе (Слика 4.).



Слика 4. Рам Б и вредности савојних момената у линијским елементима кроз моделе

Уочава се да су моменти у моделу III највећег интензитета, услед постојања гредних елемената и чворне прераспоределе оптерећења са истих на стубове.

Модел I и II имају приближно једнаке интензитета момената савијања у стубовима, услед изостанка гредних елемената.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Анализирани примери дали су за резултат схватање да дати конструктивни модели немају значајнијих квалитативних одступања један у односу на други – не постоје значајније разлике у количинама

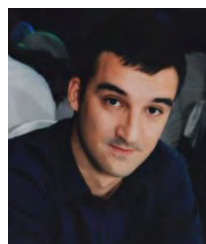
уtroшеног материјала међу моделима, статички утицаји у конструктивним елементима су приближно исти, а односи крутост-флексибилност конструкција посматрани кроз динамичке карактеристике модела или спратна померања су готово уједначени. Тенденција рада конструкције без иједног гредног елемента показала се као непрактична, што се да и приметити у моделу III, у којем увођењем ободних гредних елемената конструкција остаје у безгредном конструктивном систему у унутрашњем интегритету објекта, а такође се и постиже ободни оквирни рад објекта, осигурава се од ефеката пробијања плоче, доприноси спратној крутости и смањује се количина бетона уложеног у плоче и сеизмичка платна.

С друге стране, критеријум задовољења доприноса крутости секундарних елемената у укупној крутости система од не више од 15% представља одлучујући фактор у процесу формирања конструктивних модела у њиховом финалном облику. Услови овог критеријума диктирали су крутост примарног конструктивног система, па се може рећи да је овај критеријум са својим захтевима увек био на „критичном путу“, те да је самим тим и он најзаслужнији за уједначеност међу конструктивним моделима у смислу њиховог понашања.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Brujić, Z. (2023.) - Betonske konstrukcije – deo II – Višespratne zgrade, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [2] Santrač, P. (2021) – Fundiranje – interakcija konstrukcije i tla, Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet u Subotici. – (elektronski izvor).
- [3] Milićević, I., Ignjatović I. (2017) – Analiza primene sekundarnih seizmičkih elemenata u proračunu prema Evrokodu 8, Građevinski fakultet u Beogradu, Univerzitetu Beogradu.

## Кратка биографија:



**Филип Петаковић** рођен је у Руми 1993. године. Дипломирао је 2018. године на Департману за грађевинарство и геодезију, смер Конструкције на Факултету техничких наука у Новом Саду. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства, Модул Конструкције: Бетонске конструкције, одбранио је 2024. године.

Контакт: [cofi.ru@gmail.com](mailto:cofi.ru@gmail.com)

**ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ НАВОДЊАВАЊА ПОЉОПРИВРЕДНОГ ЗЕМЉИШТА  
„ПОЉОКОП“ ЛАЛИЋ****CONCEPTUAL DESIGN OF IRRIGATION FOR AGRICULTURAL AREAS  
„POLJOKOP“ LALIĆ**

Стефан Крсмановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У раду је приказана методологија пројектовања система за наводњавање пољопривредне површине од 302 ha у Лалићу, његова функционалност и примена. Применом теоријских основа које прати хидротехничко решење, преко водног биланса земљишта, климатских услова, адекватне механизације, и на крају хидрауличног прорачуна, те графичких прилога дошло се до идејног решења којим је реализован овај рад.

**Кључне речи:** систем за наводњавање, центар пивот, линеар, тифон

**Abstract** - The paper presents the methodology of designing a system for irrigation of an agricultural area of 302 ha in Lalić, its functionality, and its application. By applying the theoretical foundations that follow the hydrotechnical solution through the water balance of the soil, climatic conditions, adequate mechanization, and finally, the hydraulic calculation, as well as graphic attachments, we came to the conceptual solution by which this work was realized.

**Keywords:** irrigation systems, centre pivot, linear, typhoon

**1. УВОД**

Хидротехничке мелиорације су скуп хидротехничких и агротехничких мера, активности и грађевина којима се остварују оптимални услови за развој биљака.

Хидротехничке мелиорације имају за циљ да оптимизују коришћење воде, спрече штетне последице попут поплава или суше и повећавају продуктивност и одрживост околине.

Основна подела хидротехничких мелиорација је на: наводњавање и одводњавање..

**2. НАВОДЊАВАЊЕ****2.1. Увод**

Наводњавање је агротехничка мера, којом се тлу додају потребне количине воде како би се постигла оптимална влажност земљишта за одређену културу.

Развој наводњавања условљен је на територији Србије већим бројем чинилаца. Најважнији су земљиште и вода, два обновљива природна ресурса.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Горан Јефтенић.

**2.2. Погодност земљишта за наводњавање**

Од обрадивих површина око 3,7 милиона ha је погодно за наводњавање. У погодним земљиштима за наводњавање налазе се сва земљишта класе I и класе II (IIa), као и земљишта класе III које траже делимичне (IIIa) или комплексне мелиорације (хидро, агро и хемијске – IIIb).

I и II класа погодности за наводњавање највише је заступљена на водном подручју “Дунав” са око 60% укупно исказаних површина (Бачка чак око 86%, Банат око 47%). На Водном подручју “Сава” прве две класе учествују са око 48%, а на Водном подручју “Морава” I, II и IIa класа чине око 16%.

**3. РЕЖИМ НАВОДЊАВАЊА****3.1. Потребне количине воде при наводњавању**

У нашим климатским условима потреба за наводњавањем читава се у врло израженом варирању приноса из године у годину, што је у директној зависности од количине и распореда падавина у вегетационом периоду.

Из овога произилази да и поред повољних агротехничких услова за високу и стабилну пољопривредну производњу дефицит падавина представља ограничавајући фактор.

**3.2. Расположиве воде у вегетационом периоду**

Да би се успоставио водни биланс неког подручја потребно је прво одредити расположиве воде. Резерва воде у зони активног слоја у прорачинима се изједначава са лакоприступачном водом. У критичном периоду за наводњавање, ова резерва није више на располагању биљкама.

**3.3. Прорачун потреба у води**

Потребе у води се изражавају преко евапотранспирације, где је евапорација у односу на транспирацију израженија на почетку вегетационог периода. Евапотранспирација се одређује директно мерењем или индиректно преко емпиријских релација.

**3.4. Водни биланс вегетационог периода**

Водни биланс вегетационог периода врши се ради утврђивања потреба у води као и њиховог распореда у анализираном периоду. Биланс се врши за један хидролошки низ година за које имамо хидрометеоролошке податке (падавине, температуре, влажност ваздуха,

нивоое подземне воде, итд) и за који симулирамо прорачун потреба у води у случају одређене пољо-привредне производње..

### 3.5. Оптимални интервал влажности и заливна норма

Врло често се у пређашњем периоду сугерисало да је доњи интервал оптималне влажности на нивоу лентокапиларне тачке, тј. прекида капиларног кретања воде.

У новије време, радом на експерименталним пољима дошло се до резултата који указују да овај доњи интервал оптималне влажности зависи и од културе. Доњи интервал оптималне влажности се најчешће везује за проценат од пољског водног капацитета

Потреба за одређивањем доње границе оптималне влажности (W) настала је из чињенице да је сила којом је вода везана за земљиште све већа што је оно сувље, па ће биљка стога трошити више енергије за апсорбовање воде .

### 3.6. Заливни режим, одређивање времена заливања

Заливни режим један је од основних проблема који се јављају на терену, тј. у практичној примени наводњавања. Наиме, потребно је одредити почетак наводњавања.

Полазећи од елемената који служе код одређивања времена заливања, методе за његово одређивање могу се поделити у 3 групе:

- Земљиште – према влажности земљишта
- Биљка – према критичном периоду за воду у фази развоја, као и према спољашњим и унутрашњим променама на биљкама
- Евапотранспирација – према обрачуну свакодневног утроска воде и према одређеним турнусима.

## 4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЗАЛИВНОГ СИСТЕМА

### 4.1. Хидромодел наводњавања

Потребна способност опреме да надокнади дефиците у води при наводњавању дефинише се хидромоделом наводњавања. Хидромодел се изражава преко потребне количине воде у јединици времена по једном хектару (l/s/ha). Разликује се просечан хидромодел у вегетационом периоду који је једнак:

$$q = \frac{\sum m}{T_n} \quad (1)$$

### 4.2. Турнус наводњавања

Представља време између два наводњавања, тј. време за које ће уређај за наводњавање поново да се врати у почетни положај и започне нови циклус.

У условима умерене климе на нашим подручјима турнуси се крећу 8-10 дана. Међутим, због појаве краћих топлотних удара где дневна потрошња може да буде преко 5mm/дан, стање влажности тла треба проверавати на сваких 5-6 дана.

## 5. ЕЛЕМЕНТИ ЗАЛИВНОГ СИСТЕМА

### 5.1. Захват воде

Захват потребних количина воде може се вршити у зависности од конкретних услова и то из:

- природних и вештачких водотока,
- језера и акумулација,
- захватом подземних вода и
- коришћењем отпадних вода (све актуелније).

### 5.2. Дистрибуциона мрежа

Воду која је захваћена на неки од изложених начина треба дистрибуирати на заливна поља, тј. до уређаја за кишење. Врло често заливна поља нису у близини извора захваћене воде, тако да се мора предвидети дистрибуциона мрежа. Овај елемент заливног система врло често представља и његов главни елемент.

## 6. ТЕХНИКЕ НАВОДЊАВАЊА

Постоје различите технике наводњавања:

- Површинско наводњавање
- Наводњавање вештачком кишом
- Локализовано наводњавање, односно систем „кап по кап“
- Подземно наводњавање

У раду је изабрано наводњавање вештачком кишом. Уређај за кишење који је усвојен у овом раду је комбинација центар пивота, линеарним машинама и тифонима. На предметним парцелама за наводњавање је предвиђено два центар пивота са топом, једна линеарна машина и један тифон. Распоред и дужине машина су диктирали топографија терена, облик и величина парцела као и атарски путеви унутар граница система.

## 7. СТУДИЈА СЛУЧАЈА

### 7.1. Увод

Целокупна површина система је обрадива и на њој се гаје претежно ратарске културе. Релеф предметних површина за наводњавање је миран са глобалним падом од запада ка истоку.

Површину система чине табле правилног геометријског облика које раздвајају само општински земљани путеви. Из тог разлога предметна површина је третирана као обрадиви комплекс под заливним системом. Укупна површина система је 302ha.

Заливни систем „Пољокоп“ Лалић налази се у К.О. Лалић, југозападно од насеља Лалић, јужно од магисталног пута бр.3 Озаци-Руски Крстур, северно од катастарске границе са Ратковом. Са источне и западне стране систем је ограничен са приватним парцелама. Извориште воде за наводњавање је двонаменски канал И-12 система за одводњавање Јегричка, слика 1.

У висинском погледу систем се налази између кота 84,50mm на западу и 83.3mm на источном крају система, слика 2.



Слика 1. Прегледна ситуација



Слика 2. Прегледна ситуација заливног система „Пољокоп“ Лалић

Укупна површина система је 302ха. Због топографије терена, облика парцела и укрштања са атарским путевима, према одабраном решењу, могуће је наводњавати 72% површина савременом опремом за наводњавање односно 217ха.

## 7.2. Хидротехничко решење

Површина планираног система за наводњавање са аспекта врсте и положаја опреме за наводњавање, као и локације водозахвата студијом случаја разматрана је у више варијанти.

Урађен је водни биланс земљишта и одређен је максимални месечни дефицит воде.

Извориште воде за наводњавање је двонаменски канал И-12. Вода се захвата преко уливне грађевине са решетком и армирано бетонским пропустом Ø600 мм, којим се доводи до објекта црпне станице. Предвиђена је изградња црпне станице шахтног типа.

Из шахта црпне станице излазе два потисна челична цевовода, која се на удаљености 3,5м од црпне станице спајају у један заједнички цевовод. Овај цевовод по излазу из црпне станице на удаљености од 7м улази у мерни шахт, где је смештен мерач протока, којим се региструје количина захваћене воде. Челични цевовод по излазу из мерног шахта, на удаљености од 1,6м завршава са прирубницом и

прелази преко туљка са слободном летећом прирубницом на полиетиленски цевовод, којим се вода дистрибуира до кишних уређаја.

## 7.3. Дистрибутивни цевовод

Дистрибутивни цевовод за напајање кишних уређаја је од полиетиленских цеви ПЕ-100 за притисак до 6 бара. Код одређивања диспозиције цевовода водило се рачуна о стварању погодних парцела за механизовану обраду земљишта као и о захтевима уређаја за наводњавање. Дистрибутивни цевовод за напајање кишних уређаја се прикључује на два потисна цевовода која излазе из црпне станице.

Цевовод Ц-1 је главни цевовод који обезбеђује везу са секундарним цевоводом и у овом случају обезбеђује доток воде до парцеле где је предвиђено наводњавање са тифоном. Секундарни цевовод Ц 1-2 доводи воду до центар пивота ЦП-1, цевовод Ц 1-3 доводи воду до центар пивота ЦП-2, док цевовод Ц 1-4 снабдева са водом линеарну машину преко хидраната.

## 8. ВОДНИ БИЛАНС ЗЕМЉИШТА

### 8.1. Анализа основних климатских елемената који улазе у прорачун водног биланса земљишта

Основни климатски елементи који су потребни за израчунавање водног биланса земљишта су средње месечне температуре ваздуха и месечне суме падавина.

Падавине представљају један од основних чинилаца раста и развића биљака, јер су основни снабдевач земљишта водом. Недостатак влаге у вегетационом периоду узрокује ниске приносе и производне губитке који се надокнађују наводњавањем.

### 8.2. Прорачун потенцијалне евапотранспирације

Евапотранспирација представља ону количину воде која се троши процесима транспирације и евапорације са одређене површине у одређеном времену, и она може бити стварна или реална (SET) и потенцијална (PET).

У природним условима, биљке троше воду од падавина у периоду вегетације, од предвегетационих резерви влаге из земљишта, од подземне воде и дотока воде са стране. Количине воде су често ограничене, стога биљке не могу да задовоље све своје потребе за водом. Управо оваква потрошња воде представља стварну или реалну евапотранспирацију (SET), када биљке троше само онолико воде колико им је доступно.

Прорачун потенцијалне евапотранспирације је урађен методом Thornthwaite-a, који је добро прилагођен за умерене климатске услове какви су у Војводини.

За потребе пројектовања и изградње система за наводњавање користе се падавине са најближе метеоролошке станице за минимум 20-25 година.

Најсушнија хидролошка година је година са минималном годишњом и вегетационом сумом падавина и са максималном сумом PET у вегетационом периоду.

Анализа водног биланса је показала да се у зимском периоду одвија акумулисање воде у земљишту, а у летњем периоду пражњење. Односно резерве воде акумулиране током зиме почињу да се троше већ у мају, да би се до октобра потпуно утрошиле. Тада се јавља мањак воде у билансу који траје зависно од падавина и потенцијалне евапотранспирације најчешће до новембра. У новембру почињу да се попуњавају резерве приступачне воде у земљишту, тако да се у децембру, јануару, фебруару и марту јављају вишкови воде.

### 8.3. Хидромодул заливања

Хидромодул заливања је срачунат тако да може бити надокнађен месечни дефицит влаге од 144 mm. Рачунато је за месец август, јер она има већи дефицит од месеца јула.

$$q = \frac{N}{T} = \frac{144 * 10 * 1000}{31 * 24 * 3600} = 0,54$$

Изразито сушне године ће се у критичним месецима (јул и август) наводњавати 24h дневно, а у осталим, мање сушним годинама, дневно радно време ће бити одређено према утврђеном дефициту влаге. За предвиђено решење, усвојен је хидромодул наводњавања  $q=0,55$  l/s/ha за центар пивот машине и  $q=0,60$  l/s/ha за линеарну машину.

### 8.4. Прорачун кишних уређаја

Наводњавање на заливном систему предвиђено је са два центар пивота са топом, једном линеарном машином и једним тифоном. Треба имати у виду да је за време експлоатације могуће одступање од техничке спецификације уређаја, у зависности од различитих фактора (губици на трење, проклизавање точкова, стандардне толеранције, испаравање и слично).

### 8.5. Хидраулички прорачун

Хидраулички прорачун система за наводњавање урађен је помоћу програмског пакета "EPANET". Прорачун је извршен за максимално оптерећење система, при раду свих уређаја за заливање. Одређене су потребне карактеристике саме пумпе и обезбеђени потребни притисци на крајевима самог система (кишних уређаја) ради њиховог нормалног функционисања.

## 9. ЗАКЉУЧАК

У овом раду обављена је комплексна анализа потреба и могућности за унапређење система наводњавања на пољопривредном земљишту у подручју Лалић. У мастер раду посветила се посебна пажња различитим факторима који се односе на ефикасност и одрживост система наводњавања, где су посебно анализирани географски и климатски услови, водни ресурси који су на располагању, као и типови пољопривредних култура.

Анализиране су различите технике наводњавања, укључујући кап по кап системе, површинско наводњавање, подземно наводњавање, као и наводњавање вештачком кишом. Сагледане су потенцијалне машине, те усвојен систем са два центар пивота са топом, једном линеарном машином и једним тифоном.

Овај рад представља значајан корак ка унапређењу пољопривредне производње на подручју Лалић. Идејно решење за систем наводњавања и избор система са два центар пивота са топом, једном линеарном машином и једним тифоном омогућују побољшање производње, ефикасну употребу водних ресурса и борбу са климатским изазовима.

Свако даље истраживање и рад у овој области требало би да буде базирано на побољшању самих техника наводњавања, како би се изнудило решење које ће смањити негативне ефекте и недостатке досадашњих техника.

## 10. ЛИТЕРАТУРА

- (1) Срђан Колаковић, скрипта „Наводњавање“ са предмета „Хидротехничке мелиорације“
- (2) Др Димитрије Авакумовић „Хидротехничке мелиорације наводњавање“. Београд: Грађевински факултет Универзитета у Београду
- (3) Димитрије Авакумовић. „Хидротехничке мелиорације Одводњавање“. Грађевинска књига
- (4) Грађевински факултет Свеучилишта у Риједи. Друштво за одводњавање и наводњавање Хрватске-Загреб. Приручник за хидротехничке мелиорације II коло. Наводњавање. Књига 1. Опћи дио

### Кратка биографија:



**Стефан Крсмановић** рођен је у Шапцу 1999. године. Мастер рад на Факултету техничких наука у Новом Саду, на смеру Грађевинарство – Хидротехника одбранио је у мају, 2024. године.

контакт:  
krsmanovicstefan99@gmail.com



**ХИБРИДНО СТАНОВАЊЕ У ГРАДСКОЈ ЧЕТВРТИ НОВОГ САДА –  
АРХИТЕКТОНСКА СТУДИЈА**

**HYBRID HOUSING IN THE CITY QUARTER OF NOVI SAD –  
ARCHITECTURAL STUDY**

Милица Павловић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – АРХИТЕКТУРА**

**Кратак садржај** – Рад се бави истраживањем концепта и карактеристика објеката хибридног становања, као и друштвено-економским утицајима модерног друштва на развој истих. Детаљном анализом контекста градске четврти Новог Сада се формирао концепт пројекта, који почива на идеји стварања града у граду. Пројекат тежи креирању самосталног микрокосмоса који се, кроз еколошку и самоодрживу градњу, хармонично стапа са својим природним парковским окружењем, док истовремено промовише здрав живот.

**Кључне речи:** Архитектура, савремени град, више-породично становање, хибридни објекти, одржива архитектура

**Abstract** – The subject of this paper is researching the concept and characteristics of hybrid housing buildings, as well as the socio-economic influence of modern society on their development. A detailed analysis of the context of the city district of Novi Sad formed the concept of the project, which is based on the idea of creating a city within the city. The project aims to create an independent microcosmos that, through ecological and sustainable construction, blends harmoniously with its natural park environment, while at the same time promoting a healthy life.

**Keywords:** Architecture, contemporary city, multi-family housing, hybrid buildings, sustainable architecture

**1. УВОД**

Концепт „хибридизације“ у архитектури се формирао из потребе да се побољшају одређене карактеристике градског живота, комбиновањем специфичних функција најпре у првим урбаним центрима, а потом и у самим хибридним објектима. Иако хибридни објекти нису новонастала типологија, њихово пројектовање, функције и сам значај за савремени град су у великој мери напредовали и готово изменили некадашње значење термина [1].

Тренутна друштвена и економска криза утичу на изграђено окружење и становање. Савремени градови су дуги низ година симбол сложених и динамичних друштвено-економских структура, при чему су капитализам и неолиберализам играли кључну улогу

у њиховој еволуцији. Неолиберализам, који акцентује капитализам слободног тржишта и приватизацију, био је доминантна снага у обликовању глобалне економске политике касног двадесетог века. Дејвид Харви тврди да су неолиберализам и неуједначени географски развој довели до повећане друштвене и просторне неједнакости, при чему су богатство и ресурси концентрисани у одређеним урбаним срединама, док се неке друге маргинализују [2].

Друштво двадесет и првог века је веома разнолико, што проузрокује и спектар различитости када су у питању жеље, потребе и циљеви истог. Џејн Џејкобс је давно изрекла, да је „диверзитет природан за велике градове“. Наглашавајући органску природу урбаног развоја, она тврди да живахни и отпорни градови настају из различитих интеракција људи унутар њихових заједница. С тога, између осталог, у фокус ставља и мешовита насеља, мање блокове, и довољну густину насељености, који би се снажним јавним просторима јасно супротстављали планирању неолибералистичких идеологија [3].

**2. РАЗЛИКА ИЗМЕЂУ ОБЈЕКТА МЕШОВИТЕ  
НАМЕНЕ И ХИБРИДА**

Мешовита намена, са становишта архитектуре, може се дефинисати као „комбиновање комерцијалног и стамбеног развоја; зонирање за комерцијалну и стамбену употребу“. Кенет Каплан истиче да су објекти мешовите намене и хибридни објекти два екстремна случаја на једној скали, говорећи да „зграда мешовите намене у суштини садржи неколико функција које се не мешају, већ се једноставно постављају једна уз другу. Осим истог отиска, ове функције немају (уопштено) ништа заједничко и не деле просторе. Збир њених делова је само то и ништа више“ [4, 5].

С друге стране, оксфордски речник дефинише хибридни објекат као „производ мешања две или више различитих ствари“. Дакле, хибрид садржи неколико функција које су интегрисане и чак могу да деле просторе и/или циљне групе, при чему је збир делова хибридне зграде већи него кад би они били одвојени. Међутим, хибридни објекат се, за разлику од оног са мешовитом наменом, „окреће против комбинације уобичајених програма и заснива читав свој разлог постојања на неочекиваном мешању функција“. Другим речима, хибрид је „прослава сложености, диверзитета и разноврсности програма. (...) мешавина различитих међузависних активности“.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Саша Медић, доцент.

Додатно, представља потрагу за „неочекиваним, непредвидивим, интимним односима, подстиче суживот...“ [5, 6, 7].

### 3. РАЗВОЈ И КАРАКТЕРИСТИКЕ ХИБРИДНИХ ОБЈЕКАТА

Према речима Џозефа Фентона, модеран град је „деловао као ђубриво за раст архитектуре од хомогених до хетерогених у погледу употребе“. Он такође истиче да су на хибридную градњу у великој мери утицали повећана густина насељености у градовима, али исто тако и развој техника градње.

Ричард Ингерсол је као један од три критеријума који су потребни за опстанак урбаног живота, између осталог, навео и „укрштање програма који гарантују антрополошки еквивалент биодиверзитета“. Дакле, иако се комбиновање намена јавило давно, тек у двадесет и првом веку је дошло до експанзије хибридне архитектуре, као посебне типологије [8, 9].

Фентон је истакао главне карактеристике хибрида, наводећи различите врсте програмских функција, и објашњавајући специфичности дизајна њихове форме. Наиме, говорећи о програму хибрида, он наводи две основне категорије које се могу лако идентификовати – тематски програм и разноврстан програм, при чему истиче да су оба заснована на комбинацији и интеракцији различитих програмских делова. Тематске комбинације, према његовим речима, „негују зависност између делова и подстичу интеракцију елемената“. Насупрот томе, разноврсне комбинације омогућавају да „сегменти постоје у међусобној, иако често неугодној заједници, наглашавајући фрагментирани, готово шизофрени аспект друштва и тог периода“.

Када је реч о форми, Фентон класификује хибридне објекте на три основне категорије: хибриди „тканине“, хибриди „калемова“ и монолитни хибриди. Хибриди „тканине“ имају јасну форму и јединствени волумен, а програм унутар објекта је ненаметљив. Супротно од њих, хибриди „калемова“ су објекти чија форма прати функцију која чини да је програм зграде уочљив када се она сагледа у целини. Монолитни хибриди су монументални по својим размерама, чинећи једну зграду у коју су укључене функције града [8].

### 4. СТАЊЕ У ОБЛАСТИ

„Урбани хибрид“ је пројекат са којим је 2013. године *MVRDV* победио на конкурс за стамбени блок у Швајцарској. Иако процес изградње још увек није завршен, оно што овај пројекат чини веома специфичним јесте чињеница да, иако је у питању хибрид, обухвата само један програм – становање.

Међутим, комплекс садржи чак 95 кућа, и то 16 различитих типова. Уместо монолитног стамбеног блока описаног у захтеву, *MVRDV* је дао предлог урбаног хибридног развоја који „комбинује карактеристике градског становања – централну локацију, приватност, подземни паркинг – са карактеристикама живота у предграђу: баште, живот на више нивоа и кварталска заједница“ [10].

С друге стране, Марктхал (*The Markthal*), као још један пример групе *MVRDV*, је оличење хибридних

објеката, и то хибрида становања и тржишта. Објекат чини 228 приватних станова распоређених у велики лук, чиме се стратешки омогућило формирање јавног простора. Испод 40м високог лука добио се наткривени трг на коме се током дана налази централна пијаца, а након затварања, низ живахних ресторана на нижим нивоима. Формирање оваквог јавног простора омогућило је његово финансирање. Објекат је отвореног карактера, како би привукао што више посетилаца. Иако су крајеви лука морали да буду физички затворени, у циљу заштите од временских непогода, они су одржавани што је могуће транспарентнијим помоћу застакљене фасаде од кабловске мреже. Са конструкцијским системом сличним тениском рекету, преднапрегнуте челичне сајле стварају висећу мрежу на коју се каче стакла. Марктхалова фасада од кабловске мреже је највећа те врсте у Европи и има довољно флексибилности да издржи тешке олује. Од изузетног значаја је и чињеница да је и овај објекат, као већина овог архитектонског бироа, енергетски ефикасан.

### 5. НОВОПРОЈЕКТОВАНИ ОБЈЕКАТ

Локација за коју се пројектује будући објекат налази се у улици Новосадског сајма, у близини Футошког парка – градске четврти Сајмиште – у Новом Саду. Парцела заправо чини скуп неколико мањих парцела, од којих је на једној тренутно смештен хотел Парк, који је потребно реновирати. Укупна површина парцеле износи 14.000 м<sup>2</sup>. Циљ задатка је, дакле, пројектовање хибридног објекта чија је доминантна намена становање, уз још минимално две додатне намене.

#### 5.1 Концепт и програм пројекта

Будући хибридни објекат, Парк сити (*Park city*), добио је назив по постојећем хотелу Парк. Детаљном анализом контекста градске четврти – како околних садржаја, тако и специфичности суседних објеката – формирао се концепт пројекта, који почива на идеји стварања града у граду. Наиме, тежи се креирању самосталног микрокосмоса који се хармонично стапа са својим природним парковским окружењем.

Структура посебно треба да акцентује промовисање здравог тела и духа. Како је становање претежно заступљена намена, анализом су се за додатне програме одредили: хотел са рестораном и велнес центар, уз бројне пословне и усложне садржаје у приземљу, чији је циљ, између осталог, и финансијска исплативост целог комплекса.

На основу концептом утврђених програма које ће објекат садржати, план је формирати неколико целина које се међусобно преплићу. Тиме се станарима, али и посетиоцима комплекса омогућава лакши приступ сваком програму појединачно. Приземље комплекса би било предодређено за програме који су свима лако доступни, чак и ако су посетиоци само у пролазу, а то су ресторан и други услужни и продајни локали.

С обзиром да су околни објекти довољно удаљени, а парцела је окружена зеленилом, омогућено је формирање кула које би биле намењене резиденцији, тј. једна кула за становање, а друга за хотел. Како је гаража неопходна, замишљена је као делимично надземна и подземна.

На крају, као програм који би требао да буде центар дешавања и главна одлика објекта, велнес центар би се организовао тако да му се може приступити из било ког програма. На овај начин би се све функције интегрисале, чиме се јавља жељена синергија и неочекивана повезаност простора.

## 5.2 Развој форме комплекса

Форма је настала као резултат претходне детаљне анализе контекста, доминантних праваца кретања, осунчаности, руже ветрова, удаљености и висине суседних објеката, као и програма које ће хибрид обухватати. На основу тога, развој волуметрије се може разложити на четири фазе, укратко описане у наставку.

*Фаза 1.* Уводи се правилна форма приземља у оквиру парцеле, на коју се постављају три волумена: 1 кула за становање, 1 кула за хотел и трећи волумен као надземни део гараже. Величине објеката, као и њихове висине и међусобна удаљеност дефинисани су на основу: потребе за нивоом заступљености сваке функције појединачно, близине главне саобраћајнице, и оптималне удаљености која неће изазвати засенченост ни једног објекта.

*Фаза 2.* Подела приземља на логичне сегменте, што подразумева просецање пролаза, на основу главних праваца кретања. Резултат је раздвајање приземља на две велике целине испод сваке куле, при чему се јавља трећи сегмент, који се припаја форми гараже.



Слика 1: постављање волумена и подела приземља

*Фаза 3.* Након креирања основне структуре, приступа се њеном детаљнијем обликовању. У циљу формирања флуиднијих пролаза, те како би се испратили постојећи пешачки пролази, врши се заобљавање форме приземља. Потом се врши анализа доминантних ветрова, карактеристичних за ово подручје, како би се установила потенцијална потреба за формирањем фасаде која би се одупрела истим.

*Фаза 4.* Подразумева финално обликовање форме кула. Анализу ветра прати и процена утицаја осунчаности свих страна кула. Како би се максимално искористиле све предности природних утицаја, дошло се до закључка да је оптимално решење форме кула оно које успорава снажне ударе ветрова, а уједно ствара довољно осунчаности за све станове/хотелске собе. Као резултат се јављају куле које су по етажама ротиране око своје централне осе (слика 2).

## 5.3 Просторна организација

Комплекс обухвата две подземне етаже, приземље, први спрат, други спрат – који уједно представља и прве етаже кула, а организован је у виду отворене,

проходне кровне баште – и на крају две куле, од којих стамбена има 15, а хотелска 11 спратова. Волумени су распоређени тако да се између њих јавља отворени, делимично наткривени трг.



Слика 2: Анализа осунчаности и ротирање кула

Приземље комплекса је подељено на три главне целине. Највећа је смештена испод стамбене куле и додатно је подељена на два сегмента, што се уочава тек када се зађе у трг комплекса. Друга целина представља један од улаза у хотел, а трећа представља гаражу.

Први спрат комплекса целом својом површином заузима велнес центар. Форма објекта прати контуре приземља, при чему се спаја у центру, формирајући јединствену целину у унутрашњости простора, а уједно и велики застакљени мост изнад трга, делимично га наткривајући. Поред тога, организована су и два мања застакљена пролаза која повезују две супротне стране гараже са велнес центром. На овај начин је простор потпуно испреплетен, испуњавајући битан захтев хибриднијих објеката.

На другом спрату комплекса почињу куле, те је простор већом својом површином отворен, у виду кровне баште коју окружује трим стаза. Остатак терасе је поплочан, што омогућава шетњу и одмор у окружењу пуном зеленила.

Стамбена кула има централно комуникационо језгро, око којег се нижу станови. Поред довољног броја лифтова, и противпожарног степеништа, у језгру је на сваком спрату смештена и бициклана која је на располагању станарима. Сви станови су пространи и прозирни, са великим отворима и терасама. Структуре станова варирају од гарсоњера, до петособних станова.



Слика 3: Основа референтне етаже стамбене куле

## 5.4 Конструкција и материјализација

Конструкцију целог комплекса чини скелетни систем који прати аморфну форму објекта. Стубови су кружног попречног пресека и са намером видљиви и наглашени у ентеријеру. Сама конструкција је увучена у односу на фасаду, како би се њеном материјализацијом могла створити транспарентност објекта.

Материјализација објекта прати његов иницијални концепт и тежњу за максималним искоришћавањем природног светла. С тога су све фасаде готово потпуно застакљене, уз могућност ентеријерског замрачивања по потреби. Оваквом фасадом се ствара додани осећај луксуза, а што је још значајније, сви станови имају широке погледе ка околној природи парка.



Слика 4: Визуализација комплекса у непосредној околини

## 5.4 Еколошка одрживост

Концепт пројекта подразумева и интеграцију биљног света, које има улогу да апсорбује топлоту, обезбеди хлад и побољша квалитет ваздуха. Свака етажа, а нарочито терасе, обogaћени су великим зеленим површинама, са ниским и високим растињем. Додатно, замишљена је имплементација паметних система за прикупљање кишнице, као и паметних стакала, нарочито у становима и хотелским собама, који су на висини изложенији сунцу.



Слика 5: Трoдимензионални приказ спољашњег амбијента комплекса

## 6. ЗАКЉУЧАК

Пројект је се кретао у смеру који подразумева много више од пуког дизајнирања коначног решења објекта.

Пажљивим разматрањем функција и њиховог међусобног преплитања, формирао се хармонични микросмос – град у граду – који може потпуно самостално да функционише, а да при том остане у неизоставној комуникацији са својом околином. Интеграција природних елемената у сам објект, те паметних система омогућила би економску одрживост која је постала готово нужна за здрав и квалитетан развој савремених градова.

На основу свих запажања, може се рећи да је остварена главна идеја и постављени циљ пројекта. Наиме, формирао се хибрид који би, не само задовољио актуелне потребе људи, него и пружио оквир за прилагођавање свим потенцијалним животним потребама и навикама будућег становника Новог Сада.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Andreia Sofia Felisberto das Neves, Residential Hybrid Buildings – Different temporalities in city's life (2012.)
- [2] David Harvey, *A Brief History of Neoliberalism*, (University of Oxford: Oxford University Press, 2007)
- [3] Jane Jacobs, *The Death and Life of Great American Cities*, (New York: Vintage Books Edition, 1992)
- [4] <https://www.dictionary.com/browse/mixed-use>
- [5] Kenneth Kaplan y Joseph Fenton, *Hybrid Buildings (Pamphlet Architecture No. 11)*, (New York: Pamphlet Architecture 1985)
- [6] [https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/hybrid\\_1#:~:text=%2F%CB%88ha%C9%AAb%C9%AA%2F,%2F%CB%88ha%C9%AA%C9%AA%2F,of%20different%20species%20or%20varieties](https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/hybrid_1#:~:text=%2F%CB%88ha%C9%AAb%C9%AA%2F,%2F%CB%88ha%C9%AA%C9%AA%2F,of%20different%20species%20or%20varieties)
- [7] Aurora Fernández Per, Javier Mozas, и Javier Arpa, *This is Hybrid* (Vitoria-Gasteiz: a+t Architecture Publishers, 2014)
- [8] Joseph Fenton, *Hybrid Buildings (Pamphlet Architecture No. 11)*
- [9] Richard Ingersoll, *The Death of the City and the Survival of Urban Life* (2004)
- [10] <https://www.archdaily.com/401711/urban-hybrid-housing-winning-proposal-mvrdv>

## Кратка биографија:



**Милица Павловић** рођена је 1995. године у Шапцу. Дипломирала је на Департману за архитектуру и урбанизам 2022. године, на Факултету техничких наука у Новом Саду, са пројектом – „Анализа утицаја акустичних дифузора на смањење еха у аудиторијумима“.

контакт:

[milicapavlovic0540@gmail.com](mailto:milicapavlovic0540@gmail.com)

**АДАПТАЦИЈА И УРЕЂЕЊЕ ЕНТЕРИЈЕРА ДВОРЦА ДУЊЕРСКИ У БУТИК ХОТЕЛ****ADAPTATION AND INTERIOR DESIGN OF THE DUNDERSKI CASTEL INTO A BOUTIQUE HOTEL**

Невена Малетић, Факултет Техничких наука, Нови Сад

**Област- АРХИТЕКТУРА**

**Кратак садржај:** Овај рад резултат је напора да се испрате савремени трендови у очувању градитељског наслеђа и да се оваквим приступом да нови живот девастираном објекту препуштеном забораву; да се на овај начин оживи локална културна заједница и сачува успомена на један достојанствен начин уз потпуно другачију типологију и садржај који ставља овај бутик хотел на мапу угоститељства за љубитеље аутентичног војвођанског духа, интимне атмосфере и персонализованог приступа сваком госту.

**Кључне речи:** Дворац Дунђерски, ентеријер, бутик хотел

**Abstract** – This work is the result of efforts to embrace contemporary trends in preserving architectural heritage, providing a new life to a devastated structure abandoned to oblivion. Through this approach, it aims to revive the local cultural community and preserve the memory in a dignified manner, with an entirely different typology and content that places this boutique hotel on the map of hospitality for enthusiasts of authentic Vojvodina spirit, intimate atmosphere, and a personalized approach to each guest.

**Keywords:** Castel Dunderski, interior, boutique hotel

**1. УВОД**

Задатак рада јесте пројекат адаптације и пренамене објекта од историјског и културног значаја у нову типологију – бутик хотел. У питању је дворац Дунђерски у Челареву, дворац је споменик културе од изузетног значаја [1]. Историјске структуре, као што је дворац Дунђерски, садрже, пре свега, богате архитектонско – стилске наративе и културолошки значај за заједницу, односно поднебље у ком су поникли; њихово претварање у бутик хотеле захтева успостављање баланса између задржавања њихове стилско – архитектонске суштине и нове функције како би се задовољили новонастали захтеви за уникатним, персонализованим смештајем као што је бутик хотел.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била др Ивана Мишкељин, ванр. проф.

Процес пренамене представља деликатну трансформацију од некада приватне резиденције до уточишта гостопримства, што укључује: пажљиво планирање, истраживање и свеобухватно разумевање различитих аспеката објекта. Неки од тих аспеката су очување наслеђа, архитектонска интеграција историјске естетике са савременом, разумевање друштвеног, културног и локалног контекста, али и угоститељства. Адаптације попут ових не представљају само физичку трансформацију, већ и еволуцију наратива – фузију старог и новог, традиције и иновације, наслеђа и гостопримства. Оно је сведочанство способности да се удахне нови живот древном здању, омогућавајући му да настави свој живот и у савременом контексту, спремно да гостима понуди јединствен спој историје, луксуза и искустава.

**1.1 Предмет и циљ истраживања**

Предмет истраживања адаптације дворца Дунђерски у бутик хотел обухвата проучавање трансформација историјски значајних имања у модеран угоститељски објекат. Циљ оваквог истраживања обухвата неколико кључних аспеката:

Очување и рестаурација наслеђа: Разумевање очувања историјског и архитектонског интегритета дворца Дунђерски у процесу адаптације за потребе бутик хотела. У основи ове адаптације лежи поштовање историјског наслеђа у виду очувања оригиналних карактеристика дворца, архитектонског и конструктивног интегритета, као и локалног културног обележја у што већем могућем обиму, а да истовремено служи и новој сврси.

Архитектонска и дизајнерска разматрања: Комбинација историјске естетике са савременом функционалношћу подједнако представља изазове и могућности. Адаптација захтева промишљен архитектонски дизајн који неприметно укључује модерне садржаје уз поштовање наслеђа дворца у виду истраживања како интегрисати модерне погодности у структуру дворца без угрожавања његовог историјског значаја. Најчешћи вид представља истраживање кроз студију случаја архитектонских и дизајнерских стратегија које спајају очување историје са савременим захтевима.

Угоститељство и искуство гостима: Истраживање како понудити јединствено и луксузно искуство гостима у оквиру бутик хотела. Истраживање трендова у угоститељству, преференција гостима и стандарда услуга како би се прилагодиле понуде које су у складу

са амбијентом и историјом дворца док испуњавају савремене потребе. Претварање историјског објекта у бутик хотел захтева темељно разумевање концепта бутик хотела које укључује задовољавање потреба данашњих путника који траже персонализована искуства која се прожимају са аутентичним локалним окружењем.

**Утицај на културу и заједницу:** Разумевање културних и друштвених импликација пренамене дворца Дунђерски у бутик хотел. Истраживање како таква трансформација може утицати на локалну заједницу, туризам и очување културног наслеђа.

**Културна осетљивост:** Разумевање историјског, друштвеног и културног контекста дворца је кључно. Осигурати да трансформација поштује локално наслеђе, традицију и осећања заједнице је императив.

Истраживање о пренамени дворца Дунђерски у бутик хотел има за циљ да истражи различите аспекте укључујући: очување наслеђа, архитектонску интеграцију, искуство гостију, утицај на заједницу, како би се дворца успешно трансформисао у угоститељски објекат.

## 2. ДВОРАЦ ДУНЂЕРСКИ У ЧЕЛАРЕВУ

Дворац Дунђерски представља историјско здање смештено у месту Челарево, које се налази у северној српској покрајини Војводини. Дворац је смештен усред зелених паркова и вртова стварајући спокојан и сликовит амбијент.

Унутрашњост дворца била је позната по свом раскошном дизајну са луксузним намештајем, великим салама и историјским артефактима, који показују богатство и укус његових бивших власника. Власницима дворца служио је као центар за друштвене догађаје на којима су се окупљале утицајне личности из тог доба.

Као и многе друге историјске грађевине, дворца Дунђерски суочио се са изазовима током Другог светског рата и каснијег послератног периода, што је довело до занемаривања и пропадања.

Дворац је културни и архитектонски драгуљ који има понтецијал као локална културна атракција да привуче посетиоце заинтересоване за историју, архитектонску лепоту и наслеђе породице Дунђерски.

### 2.1 Просторна организација дворца Дунђерски

„Он је један од најчистијих примера класицизма, налази се у пространом парку, као приземна грађевина правоугаоне основе, са низом прозора са равним профилисаним натпрозорницима подупртим конзолама у облику волуте, а у доњем делу са низ балустера. На источној страни налази се класицистички портик са степеништем која подржавају четири дорска стуба, тимпаноном, степеништем и косим рамама за кољски приступ. Зачеље дворца је решено са наспрамним истуреним делом и широким степеништем [2].“

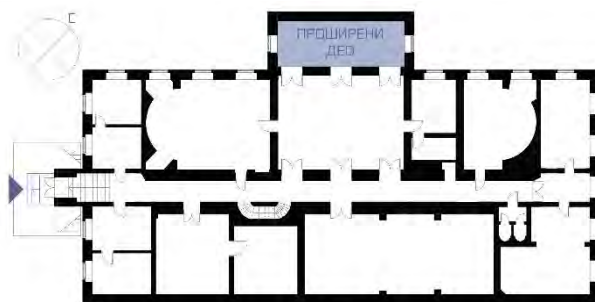
У основи приземља дворца поседује три улаза, главни на источној фасади, споредни на југу као и дворишни улаз са западне стране. Просторна организација дворца садржи улазни хол, два бочна ходника који воде до 8 соба, као и 3 салона: један централни који води у двориште и два бочна салона полукружно

обликована. Централни салон од бочних салона одвојен је са троје врата, која по потреби могу да се уклоне и уједине сва три салона у јединствен простор. Показано на слици 1.



Слика 1. Основа постојећег стања приземља

Испод нивоа приземља налази се сутерен сличне просторне организације и габарита као приземље. Приступ сутерену обезбеђен је бетонским степеништем са јужне фасаде дворца. На јужној, западној и северној фасади налазе се правоугаони прозори, обезбеђени металним решеткама. Основа је сличних габарита као приземље, с тим што је сутерен проширен у габаритима терасе која се налази изнад њега, на западној фасади. Показано на слици 2.



Слика 2. Основа постојећег стања сутерена

### 2.2 Ентеријер дворца Дунђерски

Ентеријер дворца је у лошем стању, док остаци појединих елемената сведоче о богатим и раскошним украсима овог здања који имају класицистичке одлике. Стубови и орнаменти на бочним зидовима позлаћени су штуко декорацијом, док хол поседује камин. Зидови су углавном кречени у белу боју или су обложени тапетама. Подови салона и соба прекривени су паркетом за разлику од хола који је обложен плочицама.

## 3. БУТИК ХОТЕЛ

Термин „бутик хотел“ односи се на тип смештаја који одступа од конвенционалног хотелског концепта. Бутик хотеле карактерише интимна атмосфера, јединствен дизајн, персонализована услуга и пажња посвећена детаљима. Служе путницима који траже индивидуалније и аутентичније искуство смештаја.

Укратко, бутик хотел је мања, елегантна и често луксузна опција смештаја која наглашава јединствен дизајн, персонализовану услугу и препознатљиво искуство гостију. Циљ му је да пружи аутентичност у односу на стандардизовани смештај привлачећи путнике који цене индивидуалност, пажњу посвећену детаљима и интимнију атмосферу током свог боравка.

#### 4. ПРОЈЕКАТ

Циљ пројекта јесте прилагођавање односно адаптација постојећег објекта од историјског и културног значаја у нову типологију као што је бутик хотел, односно постављање деликатне равнотеже између очувања наслеђа и задовољавања потреба нове намене. Посебна пажња се обраћа на истраживање локације, историјски контекст, значај и архитектонске карактеристике објекта.

##### 4.1 Концепт

Основна идеја пројекта, односно његов концепт, јесте да се сачува стари стил у максималној могућој мери уз истовремену интеграцију савремених елемената у дизајну ентеријера. То укључује стварање хармоничне мешавине модерних елемената унутар простора који поштују и истичу историјске карактеристике грађевине.

Ово се постиже на два начина. Први, истицањем постојећих архитектонских елемената, као што су изложени зидови од цигле и стилски стубови, који додају карактер и историју простору постајући жаришне тачке око којих се дизајнира нови простор. Други начин јесте помоћу обликовање простора савременом материјализацијом. Спајањем ова два начина постиже се визуелни утицај уз контраст старих и нових елемената; супротстављање постојећих архитектонских стилских елемената са минималистичким намештајем и материјализацијом пода. Као што је приказано на слици 3.



Слика 3. Просторни приказ - ресторан

Неутралне палете боја, баланс текстурама, пажња на постојећим стилским детаљима уз увођење савременог садржаја такође доприноси очувању историјског шарма објекта; чисте линије, сведени простори и једноставност допуњавају китњасте детаље старог стила без бојазни да ће их засенити, напротив.

Идеја је пронаћи равнотежу која омогућава да оба стила хармонично коегзистирају чувајући историју простора уз укључивање погодности и естетике савременог дизајна. Флексибилност, креативност и дубоко разумевање оба стила помажу да се постигне

успешна интеграција ентеријера адаптираног постојећег објекта у бутик хотел. Концепт који поштује наслеђе зграде и прилагођава је потребама угоститељског објекта. Као што је приказано на слици 4.

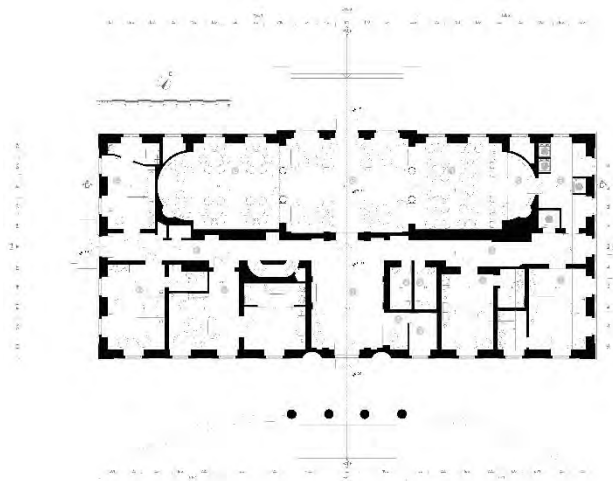


Слика 4. Просторни приказ - лоби

##### 4.2 Просторна и функционална организација

Објекат је подељен на просторно-функционалне зоне у два нивоа:

Ниво приземље приказан је на слици 5. Овај ниво је првенствено намењен за госте али и запослене у ресторану и рецепцији, и овде се налазе следеће функције: улазни хол са рецепцијом, ходници са тоалетом за госте, лифтови, ресторан, кафе бар, лоби, гостинске собе (типске собе и мастер соба).



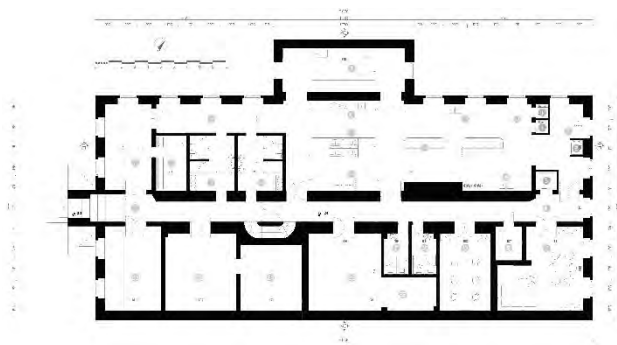
Слика 5. Основа новопроектваног стања приземља

Ниво сутерен, приказан је на слици 6. Овај ниво је резервисан искључиво за запослене и обављање угоститељских делатности.

Кухиња је подељена на више зона и функција не би ли функционисала што ефикасније, њу чине: остава за суву храну, расхладно складиште, припрема и чишћење хране, зона кувања, кухињски термо блок, зона пекаре и посластичарнице, зона чистог посуђа, декорисање и сервирање, зона издавања јела, зона прљавог посуђа, зона чишћења и прања посуђа, кухињски лифтови за прљаво посуђе, кухињски лифт за храну и лифт за запослене.

Просторије за запослене: канцеларија администрације, дневни боравак за запослене, тоалети и гардеробери за запослене.

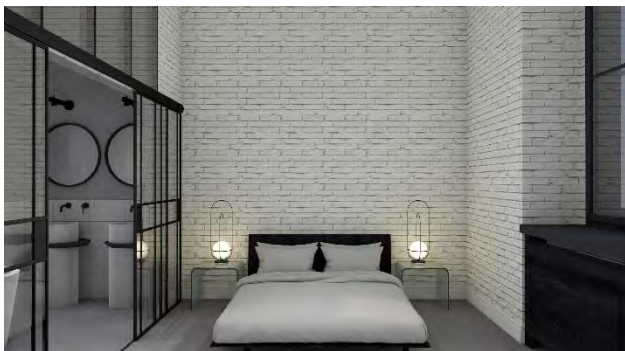
Техничке просторије, вешерај, помоћне просторије, складиште, отпад и комуникације.



Слика 6. Основа новопроектваног стања сутерена

#### 4.3 Мобилијар

Укључивање модерног мобилијара у класични ентеријер може створити убедљиву супротстављеност дизајна, спајајући елеганцију традиционалних или класичних елемената са једноставношћу модерног дизајна. Акцент на удобности без угрожавања историјског амбијента, односно задржати карактер унутрашњости објекта. Избор намештаја који допуњују историјски контекст и доприноси јединственом амбијенту бутик хотела. Потребно је успоставити хармоничну равнотежу између очувања старог шарма и увођења савремених елемената односно мобилијара, као што је приказано на слици 7.



Слика 7. Просторни приказ - мастер соба

Транспарентност одређених комада намештаја. Стаклени комади намештаја једноставних линија који подржавају осећај отворености. Пажња при одабиру на удобност и функционалност. Софе и фотеље облог дизајна. Као што је приказао на слици 8.



Слика 8. Просторни приказ – типска соба

Модеран намештај чистих линија и минималистичког дизајна да би се избегао визуелни неред, и лако се прилагођава распореду и намени простора, као што је приказано на слици 9.



Слика 9. Просторни приказ – типска соба

#### 5. ЗАКЉУЧАК

Када су адаптације историјских грађевина у питању већ извесно време општи светски тренд је одрживост изградње и мултидисциплинарни приступ. Одрживост се огледа у поштовању локалних традиција и начина изградње, максималној аутентичности места и објекта, новој перспективи историје уз адаптивност савременим потребама корисника. Када се говори о мултидисциплинарном приступу мисли се на усвајање деликатног односа у процесу трансформације дворца и вишеслојном промишљању архитектуре и изгледу овог простора: од конструкције, преко материјализације зидова, подова до комада намештаја и осветљења.

Овај рад резултат је напора да се ови трендови испрате и да се оваквим приступом да нови живот девастираном објекту препуштеном забораву; да се на овај начин оживи локална културна заједница и сачува успомена на један достојанствен начин уз потпуно другачију типологију и садржај који ставља овај бутик хотел на мапу угоститељства за љубитеље аутентичног војвођанског духа, интимне атмосфере и персонализованог приступа сваком госту.

#### 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.dvorciserbije.rs/dvorad-bezeredi-dundjerski-celarevo> (приступљено у децембру 2023. године)
- [2] <https://www.dvorciserbije.rs/dvorad-bezeredi-dundjerski-celarevo> (приступљено у децембру 2023. године).

#### Кратка биографија:



**Невена Малетић** рођена је у Шапцу 1993. године. Дипломирала је 2022. године на Департману за архитектуру и урбанизам. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Архитектура – Дизајн ентеријера одбранила је 2023. године.

Контакт: [nevenamaletic@gmail.com](mailto:nevenamaletic@gmail.com)



## УРЕЂЕЊЕ ЕНТЕРИЈЕРА ПОСЛАСТИЧАРНИЦЕ У НОВОМ САДУ

### INTERIOR DESIGN OF AN ICE CREAM SHOP IN NOVI SAD

Марина Иванов, Факултет техничких наука, Нови Сад

#### Област – АРХИТЕКТУРА

**Кратак садржај** – *"Rene-Sans"* представља продавницу сладоледа, чије је архитектонско уређење базирано на примени смеле и ведре палете боја и различитих материјала, наглашавајући специфичне комбинације укуса сладоледа које посетиоци ове посластичарнице могу да пробају. Амбијентално и акцентовано осветљење и разнобојни тонови стварају бајковите визууре простора. На овај начин корисницима је омогућено да при кретању кроз објекат и конзумирању различитих укуса сладоледа остваре контакт са простором.

**Кључне речи:** дизајн ентеријера, пројектовање, атмосфера, осветљење, посластичарница, просторна организација

**Abstract** – *"Rene-Sans"* represents an ice cream shop, whose architectural arrangement is based on the application of a bold and bright palette of colors and different materials, emphasizing the specific combinations of ice cream flavors that visitors to this pastry shop can try. Ambient and accented lighting and multi-colored tones create fairy-tale visions of the space. In this way, users are enabled to make contact with the space while moving through the facility and consuming different flavors of ice cream.

**Keywords:** ice cream shop, contemporary architecture, interior design, colors, connection between materials, lighting and environment

#### 1. УВОД

Предмет истраживања представља уређење ентеријера постојећег угоститељског објекта у Змај Јовиној улици, у центру Новог Сада. „*Rene Sans*“ представља угоститељски објекат специјализован за продају сладоледа и кафе. Разиграност боја и материјала, главне су карактеристике уређења овог складног архитектонског простора. Посластичарница је подељена у три зоне. У улазnoj партији централно место заузима витрина за продају сладоледа, линеарно позиционирана тако да доминира простором. Други доминантан сегмент одређује простор намењен седењу и дегустацији сладоледа, дајући печат уређењу ентеријера овог угоститељског објекта. Трећи сегмент чине простор за продају кафе и наплату рачуна, као и додатне просторије које су изоловане и у које спадају кухиња, просторије за складиштење и тоалети.

#### НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Саша Медић, доцент.

Концепт обликовања и материјализације ентеријера посластичарнице био је формирање посебног визуелног идентитета за сваки сегмент простора понаособ.

То подразумева да се за сваку просторну целину бирају другачији материјали, боје и комади намештаја како би се постигла специфична атмосфера. Посетиоци на тај начин стварају ново искуство крећући се кроз различите зоне посластичарнице.

Савремени концепт пројектовања и уређења ентеријера овог простора тежи да одговори на актуелне тенденције у области дизајна и архитектуре, стварајући простор који кореспондира са околином. Таква поставка креира изоловани микрокосмос који на уникатан начин одражава његове карактеристике, кроз активности и интеракције самих корисника.

#### 2. ИСТРАЖИВАЊЕ

Као угоститељски тип објекта, посластичарница може бити пројектована самостално или као саставни део неког хотела или ресторана. Овај тип објекта се најчешће састоји из две целине - простора намењеног за припрему сладоледа и простора за његову продају, у чијој непосредној близини се налази и део за седење и конзумацију. Саставни део посластичарница чини и продаја кафе и других послатица.

Проучавањем ентеријера најбоље се може сагледати трансформација простора кроз време, управо због специфичне позиције која ентеријер сврстава између архитектуре и дизајна. Иако се посматра као саставни део архитектуре, у поређењу са њом ентеријер је краткорочан и много чешће подложен промени.

Правилник и закон о угоститељским објектима налаже да је потребно испунити одређене захтеве како би угоститељски објекат имао дозволу за рад. Посластичарници као типу угоститељског објекта намењеном за припрему сладоледа и других врста хладних послатица на бази сладоледа, потребно је обезбедити адекватан простор и опрему за производњу из бактериолошких и санитарно-хигијенских разлога.

Остали неопходни елементи су посластичарски сто; раскладни уређаји - фрижидер и замрзивач; прибор за чишћење, обраду, мерење и припрему састојака потребних за производњу сладоледа; најмање једна дводелна судопера са топлотом и хладном водом; полице и ормари за смештај кухињског посуђа и прибора; најмање једна радна површина за припрему састојака; уређај за одвод дима, паре и мириса као и природно и механичко проветравање са могућношћу измене ваздуха [1].

Сладолед је смрзнути десерт, који је своју популарност стекао широм света. Из угла хемије, представља колоидну емулзију која се састоји од воде, леда, млечних масти, млечних протеина, шећера и ваздуха, при чему вода и маст имају највећи удео у маси.

### 3. АНАЛИЗА ТИПОЛОГИЈА САВРЕМЕНИХ УГОСТИТЕЉСКИХ ОБЈЕКТА – СТУДИЈА СЛУЧАЈА

На пољу архитектуре, типологија представља изучавање основних типова који својом формом и концепцијом могу припадати архитектонском језику. У овом делу текста, фокус се поставља на анализу различитих врста угоститељских објеката и на специфичне аспекте који значајно утичу у формирању архитектонског простора, његовог амбијента и функције. Анализа одабраних примера врши се на основу поделе тематских целина, тачније карактеристика које свака од њих поседује, а које се на сличан или потпуно различит начин доживљавају од стране корисника. Анализа обухвата аспекте као што су атмосфера, материјали, осветљење, капацитет и типови угоститељских објеката којима сваки од њих припада.

#### 3.1 Атмосфера

За Џумтора, атмосфера је оно што успева да утиче на посматрача и “помери” га у простору. Како он тврди - да били створени квалитетни архитектонски простори неопходно је да разумети од којих елемената атмосфера настаје, потиче и зависи.

Посматрајући архитектуру и просторни дизајн, атмосфера обухвата сензорне квалитете које одређени простор емитује. Ово се не односи само на физичко окружење већ на и директан утицај који простор има на кориснике. Атмосфера се тумачи као непосредан облик физичке перцепције, а њена присутност се манифестује кроз емоционални сензибилитет посматрача.

У архитектури и дизајну ентеријера, често се користи појам "атмосфера" како би се истакло да су одређени објекти и простори конципирани са циљем да се потпуно доживе коришћењем свих чула корисника и у складу са њиховим личним искуством [2].

#### *Pastel-hued café - AlvinT Studio, Џакарта, Индонезија*

Главни задатак који су пројектанти овог кафића имали пред собом био је на који начин донети значајно искуство у посети једном угоститељском објекту у приземљу велике пословне зграде која по природи фаворизује брзо заустављање. Ентеријер кафетерије дефинисан је помоћу три доминантне пастелне боје које деле простор у три засебне зоне; зелени бар, плави простор за седење и ружичасти амфитеатар. Циљ је био да се подржи целокупно искуство које корисници стичу посетом, много више од конзумације хране и пића и да се тиме подстакне друштвена интеракција између корисника [3].

#### *Breadway Bakery - Lera Brumina + Artem Trigubchak, Одеса, Украјина*

*Breadway* пекара поседује сва обележја филмског сета Веса Андерсона, а својом фотогеничном естетиком и

архитектонским обликовањем оставља посебан утисак на посетиоце. Простор је дефинисан високим плафонима, великим прозорима и подом од бетона уз комбинацију шарене палете боја у којој доминирају нежни ружичасти и плави тонови који употпуњују атмосферу пекаре и кафића.

Боја је коришћена за наглашавање различитих функција у објекту, при чему је плава као најистакнутија, означавала шалтер и зону за понети са једне стране док је пригушена сива дефинисала кафић са друге стране. Самостојећа ружичаста коцка која формира ходник између њих, представља зону чекања и садржи додатна места за седење и столове. Зона пригушене сиве боје додаје савремени шарм кафеу [4].

#### *Kōri Ice Cream - studio Architects EAT, Мелбурн, Аустралија*

Ова продавница сладоледа инспирисана је Јапаном, њиховом *Kawaii* културом и музичким покретом хиперпоп. Креативност пројекта огледа се у стварању новог и оригиналног брэнда као синонима за архитектонски идентитет угоститељског објекта. Креативна употреба боје у ентеријеру ствара радикалну поделу радње у две зоне.

Одрживост под слоганом „*Build less*“ био је мото за извођење овог пројекта. Са само два комада намештаја и четири комада уграђене столарије, овај дизајн продавнице ослања се на интелигентну употребу боја и осветљења за стварање драме и позоришта у простору [5].

#### 3.2 Материјали

Приликом одабира материјала у обликовању ентеријера пажња је усмерена ка намени и идентитету простора, са акцентом на врсту, текстуру и боју.

#### *Pastel-hued café - AlvinT Studio, Џакарта, Индонезија*

Обликовање ентеријера овог простора дефинисано је коришћењем пастелних боја у склопу целог објекта. Просторне зоне подељене су на три доминантне боје које заједно чине складну целину. Инсталације и вентилациони токови нису скривени већ представљају саставни елемент ентеријера. Зидови у зони амфитеатра и зони седења офарбани су у светле пастелне плаве и ружичасте тонове. Индустријски стил препознаје се и у одабиру метала као материјала са завршном пластификацијом у пастелним бојама од ког су израђени столови, столице као и барске столице. Плоче столова су израђене од фарбаног медијапана док је плоча шанка израђена од кераке. Одабир врста материјала и боја доприноси осећају топлоте, ствара складан архитектонски простор и позива кориснике да се у њему задрже.

#### *Breadway Bakery - Lera Brumina + Artem Trigubchak, Одеса, Украјина*

Материјали су за овај пројекат бирани са посебном пажњом тако да дочарају атмосферу филма Веса Андерсона - Хотел Будапест.

Користећи контрастну, али надопуњујућу палету боја светло плаве и боје корала, како би се постигла

америчка поп естетика, простор самоуверено меша сукобљене тонове и текстуре савршених пастела.

Ружичасти сомот на столицама и клупи која се протеже преко једног зида даје топлину простору и осећај комфора, док су високи тапацирани наслони намењени да привуку поглед на горе. На тапациране наслоне надовезују се специјално израђене зидне облоге од метала у златној боји. Простор за кретање и пулт у боји брескве се налазе испред смелог плавог зида, стварајући веома контрастан визуелни изглед. Иза су позициониране кухиња и пекара.

Простор за седење је испуњен малим белим столовима и бледо плавим столицама. Зидови су обложени сјајно-сивим плочицама малих формата које су оивичене ружичастим фугама. Велики мат бели лустери, окачени на шипке у боји корала, постављени су у висини изнад главе и посебно дизајнирани да нагласе висину плафона.

#### ***Kōri Ice Cream - studio Architects EAT, Мелбурн, Аустралија***

Острво израђено од поцинкованог челика је визуелни фокус пројекта. Овај комад намештаја је темељно испланиран до детаља. У њему се налази сва опрема, фрижидер са сладоледом, прибор за јело, електроника и складиште свих потребних ствари за услуживање купаца. На овај начин особљу је омогућено да послужи клијенте без да им и једног момента окрене леђа и тиме је испоштована јапанска култура услуживања. Пулт постаје физички приказ вредности брэнда јапанског гостопримства. Зидови су обојени у контрастне боје, белу и јарко ружичасту боју која доминира простором. Заједно са подовима обложеним винилом, столицама које је дизајнирао Даул Џоунс и очуваном столаријом која је део архитектонског наслеђа, ствара се аутентичан ентеријер посластичарнице.

Фасада која је под заштитом и представља део градитељског наслеђа, била је последњи део слагалице. Трака наглашене црвене боје враћа присуство фасаде, формира контраст и позива на дискусију између фасаде и остатка улице, стварајући реперну тачку у простору.

### **3.3 Осветљење**

Светло је несамосталан, али изузетно значајан елемент сваког простора. Оно не само што обасјава простор, површине и материјале на јединствен начин, већ доноси и одређени дух тим елементима. Способност светла да доминира простором, било својом јачином или пригушеношћу, одражава поетичност и драму датог места. [6]

Функционална улога осветљења је од изузетне важности. Правилно осветљен простор, у коме се ради или борави, олакшава и убрзава обављање свих активности. Избором правог осветљења у ентеријеру може се утицати на атмосферу и стварање погодног и пријатног окружења.

Декоративна улога осветљења остварује се начином, врстом, обликом, бојом и јачином распростирања светлости. Светлосни ефекти могу потпуно проме-

нити доживљај простора тако да се њима често трансформишу вишенаменски простори, који у току дана могу имати једну функцију, а у току ноћних сати другу.

## **4. ДЕФИНИСАЊЕ ПРОГРАМА**

Програм произилази из догађаја који се у одређеном простору планира и помоћу њега се оквирно дефинишу просторни оквири планираног објекта.

Употребом боје у ентеријеру, објекат је функционално подељен у неколико сегмената који су визуелно јасно дефинисани. У средишту улазне зоне је позиционирана витрина за продају сладоледа. Постављена линеарно, тако да доминира простором, представља дом за 52 посуде свежег сладоледа, док усмерено осветљење ставља акценат на разноврсне укусе које посетиоци могу да изаберу.

Простор иако наглашен акцентима у виду светлосних инсталација које привлаче посетиоце, није презацићен. Мобилијар је пажљиво биран тако да буде мобилан како би се простор увек могао прилагодити потребама корисника.

## **5. АРХИТЕКТОНСКО – ЕНТЕРИЈЕРСКО ОБЛИКОВАЊЕ**

Форма ентеријера је спектакл проистекао из амбиције за импресивном продајом и брэндом који тежи да у потрошачима изазове снажан утисак.

У средиште простора постављена је једанаест метара дугачка витрина-острво од нерђајућег челика. Овај комад намештаја представља обележје простора и темељно је испланиран до детаља, а поред фрижидера са сладоледом садржи и просторе за складиштење.

Округли сто по узору на дизајн Алвара Алта преноси опуштену атмосферу дома и осећај тоpline која се опире категоризацији. Када је реч о дизајнерским столицама *Bold*, оне несумњиво доприносе атмосфери и обликовању простора. Коначни, скулптурални додир створио је низ белих, мат кугли, асоцирајући на кугле сладоледа које лебде у простору.

На крају, посебан доживљај рефлектује светлосно-просторна инсталација ружичастог облака која ствара магију у простору. Сlike бр. 1. и 2.



Сlike 1 и 2: *Bold* столице и округли сто Алвара Алта

## **6. МАТЕРИЈАЛИ И ОСВЕТЉЕЊЕ**

Одабрани материјали који су коришћени у дизајну ентеријера овог угоститељског објекта имали су улогу да сачине јединствен архитектонски простор који би у овом објекту остварио препознатљив печат.

Како сладолед захтева посебан процес чувања и служења да би задржао оригинални укус, сладолед - витрина захтевала је посебну пажњу у пројектовању и

израђена је по савременим критеријумима тако да испоштује све наведене захтеве о чувању температуре и свежине сладоледа.

Сомот на столицама даје топлину простору и осећај комфора, док су висилице у облику кугли које висе са плафона, намењене да привуку поглед на горе.

Стуб који се налази у средишту простора, обложен је са свих страна огледалима. Овакво просторно решење појачава количину природног светла унутар објекта.

Зидови су обојени у компатибилне пастелне боје, крем, тиркизну и јарко ружичасту и плаву боју. Заједно са подовима обложеним у бетон техници, простор добија складно и наглашено обликовање, док позиционирана на улазу, пригушена сива зона додаје савремени шарм посластичарници.

Сам концепт осветљења у директној је повезаности са материјалима и целокупном идејом о атмосфери коју посластичарница настоји да понуди. Простором доминира амбијентално осветљење, које осим начином распрострања светлости, декорише простор својим сопственим дизајном. Скулптуралност белих-мат кугли које симболишу кугле сладоледа, уноси уметнички карактер у простор. Висилице су постављене у мрежном растеру који представља део спушеног плафона. Расветна тела су груписана у сегменте распоређене по целокупној зони седења. У кухињском блоку, поред класичне расвете, обезбеђено је и директно светло, да би се добила довољна осветљеност приликом припреме посластица. Изнад острвске сладолед - витрине као и изнад шанка за продају кафе и издавање рачуна, постављено је радно осветљење, док је на околним зидовима присутно акцентовано осветљење у виду светлосних лед текстуалних и графичких порука.

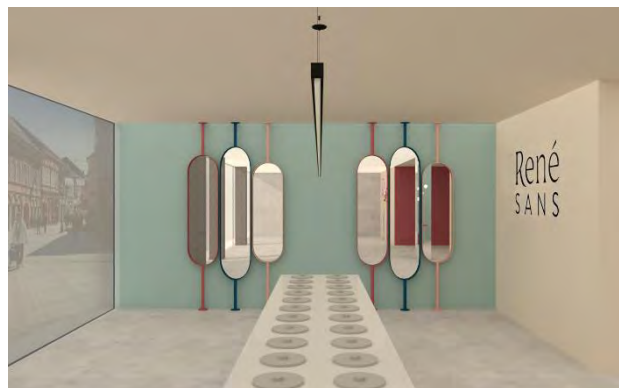
Овако обликована расветна тела није неопходно усклађивати с осталим елементима ентеријера, ни бојама ни материјалима. Скулптурално су дизајнирана да попут уметничких дела буду независна у порукама које шаљу корисницима простора.

## 7. ЗАКЉУЧАК

Дизајн ентеријера у савременом свету не представља само формално решавање простора у виду опремања мобилијаром, облагањем површина, диспозицијом расвете, већ је комплексан феномен који треба да укључи и социолошко-психолошке чиниоце као и друге утицајне факторе који обликују просторе данашњице. Тежња при формирању простора је била архитектонско обликовање и формирање посебног визуелног идентитета простора уз несметано функционисање свих сегмената у корист саме намене и функције објекта – продаје и конзумације сладоледа и кафе, који ће на посетиоце својом формом, укусом, изгледом и аромом оставити снажан утисак.

Дизајн ентеријера преноси посебну атмосферу, пружајући прилику сваком кориснику простора који се у њему нађе, да слободно доживи простор на свој и јединствен начин. Ведар и смео колорит заједно са избором материјала и занимљивом висећом расветом, уносе динамику и бајковитост у објекат. Крећући се

кроз простор и конзумирајући разноврсне укусе сладоледа, корисници имају прилику да открију нове визууре које асоцирају на филмске кадрове, стварајући визуелни спектакл у простору. Сlike бр. 3. и 4.



Сlike 3 и 4: Рендери

## 8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Правилник о техничким условима за уређење и опремање угоститељских објеката ("Sl. glasnik RS", br. 48/2012 i 58/2016)
- [2] Цумтор П: Атмосфере, (P.Zumthor, Atmospheres), 2006.  
[https://www.academia.edu/35450313/Peter\\_Zumthor\\_Atmospheres](https://www.academia.edu/35450313/Peter_Zumthor_Atmospheres)
- [3] <https://www.habitusliving.com/tag/alvint-studio>
- [4] <https://www.dezeen.com/2018/11/25/breadway-bakery-cafe-pink-blue-interior-odessa/>
- [5] <https://architectureau.com/articles/kori/#>
- [6] Хочевар, М: Простори игре, Југословенско драмско позориште, Београд, 2003.

### Кратка биографија:



**Марина Иванов** рођена је 24. септембра. 1997. у Новом Саду. Завршила је Гимназију „Јован Јовановић Змај“ 2016. године. Дипломирала је 2021. године на смеру Архитектура и урбанизам на Факултету техничких наука у Новом Саду. На истом факултету уписала је и мастер академске студије на смеру Дизајн ентеријера.

контакт: [marinaa.ivanov@gmail.com](mailto:marinaa.ivanov@gmail.com)

## ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ЕНТЕРИЈЕРА КОКТЕЛ БАРА СА ПРОДАЈНИМ ПРОСТОРОМ CONCEPTUAL DESIGN OF THE COCKTAIL BAR INTERIOR WITH SELLING SPACE

Јована Томић, Факултет техничких наука, Нови Сад

### Област – АРХИТЕКТУРА

**Кратак садржај** – Предмет рада јесте израда идејног решења ентеријера мешовите намене на основу закључака донетих истраживањем. Анализиране су угоститељска и трговинска намена, угледни примери, као и потребе корисника, те је представљен пројекат мешовите намене који би се на том простору нашао.

**Кључне речи:** мешовита намена, коктел бар, продајни простор

**Abstract** – Subject of study is creating a conceptual solution of the mixed use interior design based on research conclusions. The paper analyzed catering and commercial purposes, reputable examples, as well as the needs of users, also presents a mixed-use project that would be located in that space.

**Keywords:** mixed use, cocktail bar, selling space

### 1. УВОД

Тема мастер рада је пројекат ентеријера мешовите намене, где се комбинује угоститељска намена, коктел бар, са трговином намирницама.

Рад се састоји из два дела, први је истраживачки, где се упознајемо са основним појмовима кад су у питању две поменуте намене, те карактеристичним примерима за исте. Након истраживачког дела, приступа се изради идејног решења, где се тежи стварању простора са применом смерница која ће задовољити савремене, разноврсне, функционалне потребе корисника.

Истраживачки рад бави се темом специфичности намене овог простора. Упоредно се анализирају објекти угоститељске и трговинске намене, њихов настанак, као и основне карактеристике. Анализом већ постојећих објеката може се увидети које су предности и мане истих, као и која су потенцијална унапређења.

Такође, истраживачки рад обухвата феномен комбиновања намена, те које су све предности оваквог вида пројектовања и како оно доприноси савременом друштву. Неке од њих су свакако све већа могућност задовољавања различитих потреба корисника, као и стварање нових карактера и просторних идентитета.

### НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била др Саша Медић, доцент.

### 2. КОНЦЕПТ МЕШОВИТЕ НАМЕНЕ

Стварање концепта мешовите намене произилази из комплексних потреба савременог друштва. Динамичнији начин живота, пораст броја становника, њихових свакодневних потреба и активности доводи до спајања различитих функција у једну.

Комбиновање различитих намена за резултат не даје само нови програм, већ и нови начин функционисања простора, организацију, нови карактер, као и већи степен контакта различитих друштвених група. Такође, пружа се нови визуелни идентитет, односно нове естетске карактеристике простора. Циљ је заправо задовољити што више потреба становништва у датом тренутку.

Исте намене више немају исти просторни идентитет, оне се тумаче на различите начине, те имају и различите кориснике. У савременом друштву исти садржаји су презентовани на различите начине, те се све више тежи процесу експериментисања. Дакле, може се закључити да се постојећи програми све више прилагођавају модерном друштву, такође, све су учесталије појаве непрепознавања главне намене неког простора.

Комбиновање различитих намена захтева посебну пажњу при одабиру истих. Оне могу бити сродне, или потпуно различите, али је битно њихово усаглашавање кад је у питању функционалност самог простора. Такође, водећи рачуна о локацији, битно је осмислити концепт који ће да заинтересује будуће кориснике, а пре свега да испуни неопходне потребе.

Примена оваквог концепта могућа је на различитим нивоима, како у урбанистичком и архитектонском пројектовању, тако и у ентеријеру. Сваки од њих ствара посебну пажњу и различит спектар могућности кад је у питању коришћење простора.

#### 2.1. Настанак коктел барова

Појава угоститељских објеката везује се за исти период као и настанак првих цивилизација. Објекти овог типа били су срце друштвеног живота, те су их посећивали различити слојеви друштва. Власници су били део економске елите свог времена и богати трговци.

Први барови настају за време развоја градова и културе у Америци, са једноставном просторном организацијом, где се издвајају шанк са пратећим простором за рад, те део простора намењен за госте, односно најчешће ниском седењу.

Коктели, а уз њих и коктел барови први пут се појављују у Европи за време Првог светског рата, заједно са америчким војницима. Иако се коктели везују за америчку културу, сматра се да су инспирисани британским пунчевима, тачније пићима служеним у великим посудама, који представљају комбинацију воћних сокова и других различитих састојака [1].

## 2.2. Настанак Пијаца

Форма пијаце заправо представља устаљено место одвијања трговинске делатности. Прве пијаце настају на отвореном простору, најчешће на значајним местима у оквиру градова. Тако се у античкој грчкој формирају продајна места у оквиру главних тргова, односно агора.

Од античког периода до данас, пијаца се развијала независно у различитим културама. Зависно од делова света, културе и традиције народа, пијаце се разликују по називу, начину функционисања, као и естетском карактеру. Такође, битна разлика кад су у питању типови пијаца јесте заправо сама понуда исте. Тако можемо разликовати уско намењене пијаце за продају гардеробе, цвећа, хране, животиња и слично.

*„Током последње две деценије највећи број промена у пијачној делатности настао је као директна последица успостављања нових, организованих облика снабдевања становништва различитим артиклима, између осталог и свежим животним намирницама, какви су супермаркети“ [2].*

Осавремењавање пијаце као програма требало би да обухвати различите сегменте, попут побољшања њене функционалности, стварања пријатног, одрживог визуелног идентитета, проширење понуде производа и слично. Такође, неопходно је водити рачуна о свим друштвеним групама и у складу с тим испунити основне нормативе при пројектовању.

## 3. ПРОЈЕКАТ ЕНТЕРИЈЕРА КОКТЕЛ БАРА СА ПРОДАЈНИМ ПРОСТОРОМ

Концепт пројекта представља комбиновање две различите, а истовремено сродне намене. Намена као што је трговинска, веома је повољна за комбиновање са угоститељским садржајима. Ствара се простор који подстиче интеракцију људи, контакте и сусрете, а такође представља идеалну прилику за обављање свакодневних потреба у виду куповине намирница.

Пројекат се базира на једноставној просторној организацији, са пратећим садржајима који су потребни у сврхе излагања производа у оквиру продајног простора, као и садржајима потребним за коктел бар. Кад је у питању естетски карактер, он је такође једноставан, имајући у циљу давање акцента на производе који се нуде, као и само сналажење у простору.

Имајући у виду да се простор налази у центру града, треба поменути и интеракцију са спољашњим простором. Како је објекат приземног типа, потпуно застакљен са једне стране, изузетно је сагледив пешацима. Као такав изузетно је повољан за привлачење пажње потенцијалих корисника.

## 3.1. Програмска структура

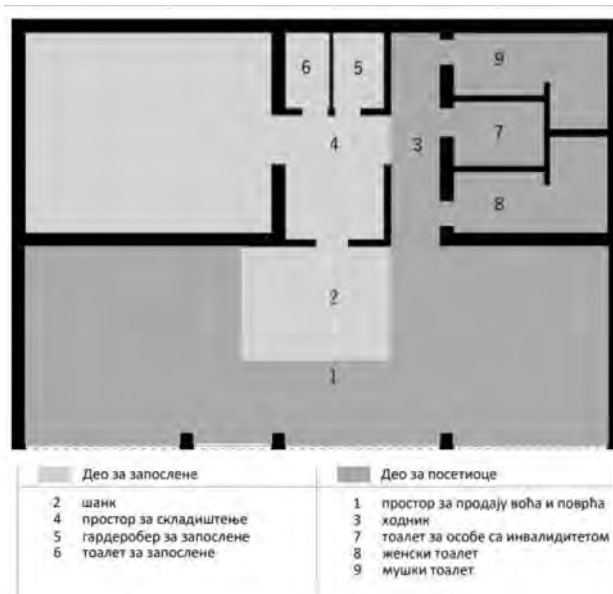
Потреба за стварањем објекта мешовите намене произилази из свакодневних потреба савременог друштва, те начина живота, који је свакако динамичан. Идеја је стварање пријатног простора који пружа могућност коришћења у два временска интервала.

Први пружа корисницима самоуслугну куповину намирница, односно разноликог воћа и поврћа, те могућност куповине унапред припремљених коктела према редовној понуди из коктел бара. Идеја је да се створи једноставан, брз и ефикасан начин куповине.

Други је замишљен искључиво као коктел бар, са осам седећих места, чиме се постиже ексклузивност и виши степен интеракције између бармена и госта. Две барске станице омогућавају већу посвећеност бармена при изради коктела, јер је на располагању могућност да се, осим регуларних коктела, праве посебни по жељи самих посетилаца, пажљивим одабиром сваког састојка.

## 3.2. Просторна структура

Простор је подељен на више целина које се међусобно надовезују. Тако постоје целине доступне само за посетиоце, као и целине доступне само запосленим лицима.



Слика 1. Дијаграм употребе простора

Обзиром да овај објекат има специфичан начин коришћења, те се издвајају два периода на дневном нивоу, у складу с тим и простор је организован тако да испоштују оба. Први период у току дана има такву организацију да омогућава несметано кретање корисника и радника, без могућности дужет задржавања у виду седења.

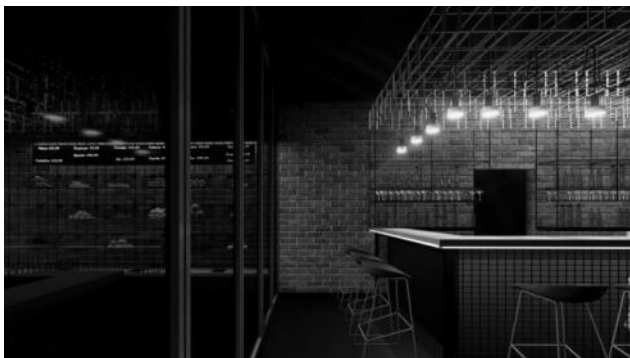
За разлику од првог, други период намењен је уживању како у коктелима, тако и у пријатном амбијенту, који се за потребе другог периода преграђује панелима од продајног простора.

### 3.3. Материјализација и осветљење

Приликом избора материјала водило се рачуна да се акценат стави на саме производе и њихову упадљивост. С тим у вези коришћени су материјали претежно тамних нијанси, непренаглашених текстура.

Зидови од опеке су најсветлији елемент у просторији, разбијају монотоност, те стварају добру подлогу за акцентовање изложених намирница. Подови су обложени керамичким плочицама, тамно сиве нијансе, првенствено због одржавања простора, веће посећености и кретања корисника. Како би се добио визуелно већи простор и плафон је израђен у тамној нијанси сличној поду.

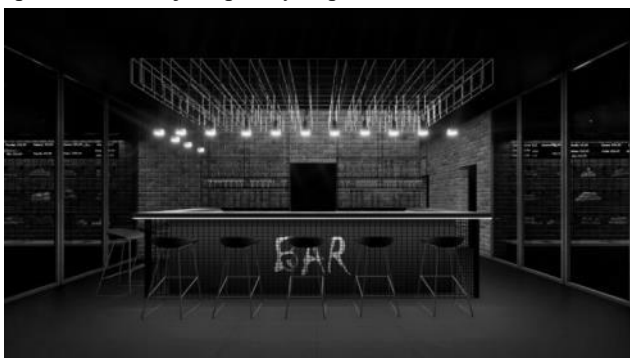
Што се тиче санитарних просторија, подови су ливени епоксидном смолом, док су зидови обложени керамичким плочицама. Простор за складиштење, у складу са захтевима и одрживошћу, израђен је од епоксидне смоле.



Слика 2. Ентеријер коктел бара са продајним простором

Обзиром на специфичност рада овог објекта, идеја осветљења је да се створе две различите атмосфере. Прва захтева акцентовање изложених елемената, лако сналажење и прегледност, док друга тежи интимнијој атмосфери.

Осим природног светла које долази кроз прозорске отворе са једне стране објекта, за први део радног времена одабрано је и вештачко осветљење, усмереног типа, са циљем акцентовања изложених артикала, за чије сврхе су коришћене спот светиљке.



Слика 3. Ентеријер коктел бара са продајним простором

### 3.4. Намештај

Намештај у оквиру објекта је већинским делом прављен по мери, посебног дизајна према потребама које диктира програмска структура. Осим намештаја кројеног по мери, коришћени су и додатни елементи у

ентеријеру попут металне мреже, корпи за излагање намирница, те информативне табле.

Што се тиче дизајнерског намештаја, појављује се барска столица из минималистичке колекције „*About a stool*“ 38, коју је дизајнирао Хи Велинг (*Hee Welling*). У питању је столица металног оквира са полипропиленским седиштем.

### 4. ЗАКЉУЧАК

Пројекат идејног решења ентеријера коктел бара са продајним простором покушава да одговори на потребе савременог друштва, имплементирањем две различите намене у један простор.

Једноставном организацијом, избором материјала и расвете постижу се жељене атмосфере у складу са наменом и програмом самог простора. Додавањем елемената намештаја кројених по стандардима и потребама за овакав тип објекта, добија се једна хомогена целина.

Пројекат у функционалном и садржајном смислу тежи задовољити различите намене. Самим тим, његова естетика је веома сведена, чиме пружа садржају да дође до изражаја и да буде тај који привлачи посетиоце.

Пројектовани простор, по принципу комбиновања различитих намена представља врсту експеримента помоћу којег настаје нови програм, структура и естетика одабраног простора.

### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Интернет извор:  
<https://www.diffordsguide.com/encyclopedia/2294/cocktails/a-brief-history-of-cocktails> (приступљено 11.11.2023)
- [2] Дувњак, С.: Правци развоја пијачне делатности у Србији, Пословно удружење „Пијаце Србије“, 2013.

#### Кратка биографија:



**Јована Томић** рођена је 15.2.1999. године у Мркоњић Граду. Мастер рад из области Дизајн ентеријера одбранила је на Факултету техничких наука 2023.године.

контакт: [jovana.tomic99@yahoo.com](mailto:jovana.tomic99@yahoo.com)

**ARHITEKTONSKA STUDIJA STAMBENOG VIŠEPORODIČNOG KOMPLEKSA KAO PRIMERA „ZELENE“ ARHITEKTURE U NOVOM SADU****ARCHITECTURAL STUDY OF A RESIDENTIAL MULTI-FAMILY COMPLEX AS AN EXAMPLE OF "GREEN" ARCHITECTURE IN NOVI SAD**

Jelena Todorović, Milena Krklješ, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ARHITEKTURA**

**Kratak sadržaj** – Rad se fokusira na upotrebu prirodnih materijala u građenju i ekološke principe koji se primenjuju u arhitekturi i urbanizmu. Cilj je postizanje arhitektonskih rešenja najboljeg mogućeg kvaliteta u svim segmentima, pri čemu se istovremeno mora obezbediti maksimalna zaštita prirodnih izvora. Ono što je najznačajnije za ovaj rad jeste odnos arhitekture i prirode, ka viziji budućnosti kroz zelene gradove.

**Cljučne reči:** zelena arhitektura, prirodni resursi, održivi razvoj, održiva gradnja, ekološka arhitektura

**Abstract** – The paper focuses on the use of natural materials in construction and environmental principles applied in architecture and urbanism. The aim is to achieve architectural solutions of the best possible quality in all segments, while ensuring maximum protection of natural resources. What is most important for this work is the relationship between architecture and nature, towards the vision of the future through green cities.

**Keywords:** green architecture, natural resources, sustainable development, sustainable construction, ecological architecture

**1. UVOD**

Predmet istraživanja rada jeste odnos između arhitekture i prirode. Ključni faktor pri istraživanju jeste održiva gradnja koja podrazumeva primenu građevinskih materijala koji nisu štetni po okolinu, odnosno primena prirodnih materijala, energetska efikasnost zgrada, racionalna potrošnja vode (skupljanje kišnice), upravljanje otpadom, odnosno gradnja koja mora obezbediti trajnost i kvalitet u oblikovanju i izgradnji uz ekološku prihvatljivost, odnosno zdrava životna sredina. Arhitektonsko stvaralaštvo će u budućnosti morati da odgovori na dramatične procese u prirodi, kako bi se kroz održiv pristup projektovanju i planiranju obezbedio kvalitetan život budućim generacijama, što podrazumeva održivu i efikasnu upotrebu izvora na planeti. Danas i u budućnosti, cilj mora biti postizanje arhitektonskih rešenja najboljeg mogućeg kvaliteta u svim segmentima, pri čemu se mora obezbediti maksimalna zaštita prirodnih resursa.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Milena Krklješ, red. prof.

Cilj istraživanja jeste pristup "zelenoj arhitekturi", sve češće nužnoj, koja je prilagođena prirodnim uslovima, uvažava sve prirodne elemente, odnosno podrazumeva prirodan način života, bez stresa, te doprinosi poboljšanju fizičkog i mentalnog zdravlja, jer je čovek pre svega deo prirode. Ova priča zelenog koncepta širi se na polje biofilnog koncepta u arhitekturi, enterijeru i dizajnu gde se savremeni čovek ponovo vraća prirodi od koje se otuđio, predstavljajući utočište od urbanog tempa života.

**2. ODRŽIVA GRADNJA**

Održiva gradnja se zalaže za pozitivan uticaj na okolinu i prirodne resurse, odnosno ono što je ključno kod održive gradnje jeste da približi prirodu ljudima koji nemaju uslove za to. Održiva gradnja podrazumeva sve načine izgradnje koji koriste obnovljive izvore energije i upotrebu čistih i energetski efikasnih tehnologija i metoda u projektovanju, održivom razvoju i poštovanju tradicionalnog pristupa građenju, kao i korišćenje prirodnih, zdravih, nezagađujućih i recikliranih materijala. To podrazumeva i odnos prema zelenilu, spolnom i unutrašnjem vazduhu, vodi, upotrebi kišnice, termalnoj, higijenskoj i vizuelnoj udobnosti, medicini stanovanja i svemu onome što nam omogućava opstanak na planeti.

Ovakvi postupci se integrišu sa prirodom kao živ organizam, ne narušavajući je i tražeći od nas stalan razvoj ekološke svesti, koja nas obavezuje da razmišljamo o životu u skladu sa prirodom.

Održiva arhitektura podrazumeva integrisanje zgrada u ukupan ekološki sistem, posmatrajući ih kroz modele urbanističkog planiranja i kao delove naselja i gradova, preko arhitekture sa konstrukcijom i oblikovanjem fasada, do tehničkih i energetskih sistema i mogućnosti njihove ugradnje i eksploatacije. Rukovođenje načelima građenja u skladu sa prirodom i gledanja na takav način na smisao i suštinu stanovanja, generacije arhitekata i neimara su pokušale da sagrađe svoja staništa prema univerzalnim bezvremenim dimenzijama, a to je "kuća po meri" [1].

**2.1 Upotreba prirodnih materijala**

Upotreba prirodnih materijala u arhitekturi i građenju treba da predstavlja sadejstvo sa prirodom. Mnoštvo prirodnih materijala ima široku primenu u građenju objekata. Pre svega 1) drvo koje je estetski savršeno i jednostavno za obradu i upotrebu, 2) prirodni kamen, 3) pluta, 4) bambus takođe, 5) glina i drugi reciklirani materijali koji nisu štetni za životu okolinu.

Nužnost očuvanja ekološke ravnoteže i korišćenja alternativnih resursa umesto prirodnih resursa podstiče arhitekte, dizajnere i investitore da stvaraju nove ideje i preuzmu značaj i ubrzaju izgradnju objekata koji uzimaju u obzir principe ekološki održivog dizajna. Iz tog razloga, ekološka arhitektura koristi prirodne materijale.

## 2.2 Ekološko – energetski principi u arhitekturi

Značaj očuvanja životne sredine i primene ekološko-energetskih principa u arhitektonskoj formi, kao i uvođenje čiste tehnologije i novih vrsta energije kod novoprojektovanih i postojećih zgrada podrazumeva kontinuiranu nadgradnju kroz ovladavanje svim aspektima energetske efikasnosti, korišćenje obnovljivih izvora energije, primenu savremenih tehnoloških sistema i aparata i upotrebu prirodnih ekoloških materijala i svih elemenata zelene arhitekture. Kuća koja koristi sve pogodnosti prirodnih i alternativnih izvora energije da bi postigla komfor neophodan za savremeni način života. Tako električnu energiju dobija pomoću vazdušnih turbina koje energiju vetra pretvaraju u električnu energiju. Solarne kuće koje koriste sunčevu energiju za grejanje unutrašnjeg prostora, vode ili vazduha. Efikasno korišćenje solarne energije zavisi od količine sunčevog zračenja pod uticajem prirodnih faktora (terena, vremenskih prilika, doba godine), kvaliteta solarnih panela i solarnih modula. Održivost i energetska efikasnost su pojmovi koje sve češće prepoznavamo kao putokaz ka zelenim tehnologijama koje otvaraju nove vizije budućnosti, grade sadašnjost na održivim osnovama u svakom smislu i utvrđuju zaboravljeni dijalog na relaciji čovek- priroda [2].



Slika 1. River side park u Čikagu

## 2.3 Koncept "Zelena arhitektura"

Koncept „zelene arhitekture“ promoviše objekte sa minimalno zagađenja, a pri tom povećavaju komfor, povoljno utiču na zdravlje ljudi koji u njoj žive ili rade. To je arhitektura koja je u skladu sa prirodnom sredinom, koja ne podrazumeva samo upotrebu prirodnih materijala nego i pravilnu orijentaciju, umerenu gustinu stanovanja, idealnu osunčanost prostorija, obilje zelenila, upotrebu obnovljivih i ekoloških izvora, upotrebu prirodnih reciklažnih materijala pri izgradnji, projektovanje sa prirodom i glavni kriterijum uspostavljanje dijaloga između arhitekture, odnosno objekta sa okruženjem. Uz nesumnjivu važnost funkcionalnosti i ekonomičnosti, kao osnovnih kriterijuma, sve veći značaj se pridaje energetskim, a posebno ekološkim aspektima gradnje. Jedan od ciljeva današnjice je očuvanje prirodnih uslova i

stvaranja zdravije i humanije urbane klime, što između ostalog podrazumeva vraćanje prirode u gradove tj. formiranje novog fonda zelenih površina, jer se kvalitet života u gradu sve više vezuje za količinu zelenih površina u njemu. Međutim, poseban problem u savremenim urbanističkim uslovima izgradnje predstavlja gustina naseljenosti, to dovodi do ograničenih mogućnosti uvođenja novih zelenih površina. Ozelenjavanje kao potreba gradova u savremenom načinu življenja, ne zadovoljava se dosadašnjim oblicima primene. Gradovi odavno balansiraju između dve krajnosti: komercijalizacije zemljišta i neophodnosti zelenih površina. U gradovima gde je skoro nemoguće formiranje novih zelenih površina, zeleni fond se sporo i vrlo teško proširuje, a postojeće se stalno umanjuje i uništava [3].



Slika 2. Prospekt park u Njujorku

Koncept savremenog stanovanja zasnovan je sve više na povećanju nivoa komfora, što nameće potrebu za korišćenjem pejzaža koji podrazumeva otvaranje stana u višespratnim objektima prema eksterijeru, terasi, lođi, balkonu, krovnoj terasi tj. uvođenje prirode u vidu novog vida zelenih površina - vertikalne zelene površine, koje mogu relativno lako da se formiraju i tamo gde druge kategorije zelenih površina ne mogu, jer zauzimaju vertikalne a ne horizontalne površine prostora. Prvi ozelenjeni bulevi nastaju u Beču.

Frederik Olmsted, koji je osmislio velike parkove u centru grada, projektovao je Prospekt park u Njujorku i Riversajd u Čikagu, i težio je povezivanju zelenih površina grada u celinu.

U oba navedena primera, ogromni zeleni prostori, umetnički oblikovani i uredno održavani, uspeali su decenijama da se odupru pritisku kapitala, koji nije uspeo da osvoji ovo vredno građevinsko zemljište u samom centru grada.

Zelenilo u gradovima dobija sve više na značaju, ne samo zbog održivog razvoja, nego pre svega čovekove potrebe da živi u kontekstu sa prirodom. Zato uspostavljanje integracije arhitekture i prirode ima veliki značaj za budućnost gradova.

## 3. VIŠEPORODIČNI STAMBENI KOMPLEKS KAO PRIMER „ZELENE“ ARHITEKTURE U NOVOM SADU

Predlog višeporodičnog stambenog objekta lociran je u užem centru grada Novog Sada, odnosno u Železničkoj ulici, u kojoj se pretežno nalaze zlatare, saloni venčanica, mini marketi, optika, manji butici garderobe, menjačnice. Ono što je nedostatak kroz celu ulicu jesu mesta za socijalizaciju dece i odraslih, nedostatak zelenila, mesta

za kretanje pešaka i biciklista, parking mesta, kao i drugi slobodni prostori za igru i razonodu stanovnika ili prolaznika.



Slika 3. *Prospekt park u Njujorku, sinteza arhitekture i prirode*

Cilj projekta jeste implementirati pristup „zelenoj“ arhitekturi u višeporodični stambeni objekat u urbanoj sredini, jer je „zeleni“ arhitektura prilagođena prirodnim uslovima, uvažava sve prirodne elemente, odnosno podrazumeva prirodan način života, bez stresa, te doprinosi poboljšanju fizičkog i mentalnog zdravlja, jer je čovek pre svega deo prirode.

Takođe, projektom je predviđeno proširenje poprečnog profila ulice, gde će se povlačenjem objekta u odnosu na regulaciju ulice dobiti javna površina namenjena socijalizaciji.

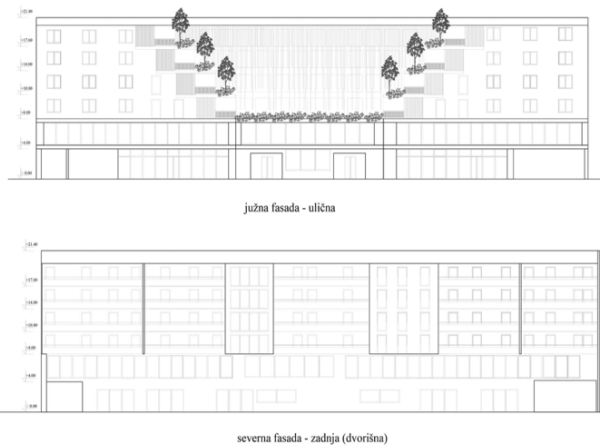


Slika 4. *Uža situacija – položaj objekta u Železničkoj ulici Novi Sad*

U prizemlju objekta predviđena su 4 ulaza u stambeni deo objekta, zatim cafe restoran, bar, butik sportske opreme, i deo dečije igraonice do koje se dolazi stepenicama sa prvog sprata. Formirano je i zeleno dvorište obogaćeno niskim i visokim rastinjem.

Na prvom spratu se nalazi sportska dvorana (teretana, dvorane za igru – bilijar, simulatori vožnje, stoni tenis, mini trake za kuglanje i prostor za gledanje sporta), poslovni prostori- kancelarije.

Od drugog do petog sprata organizovano je stanovanje. Na betonskoj beloj fasadi nalaze se drveni brisoleji na čeličnoj konstrukciji. Efektu “zelene” arhitekture doprinosi zelenilo na krovu prvog sprata jednog dela zgrade. Zelenilo sa krova i na terasama, te na fasadama objekta, poboljšava ne samo ekološki kvalitet i doživljaj prostora, nego i sociološki.



Slika 5. *Fasade objekta i primena zelenih elemenata*

#### 4. ZAKLJUČAK

Pojavom „urbanih džungli“ i težnje da se svaki deo zemljišta iskoristi, dovode do manjeg broja parkova, a to u velikoj meri negativno utiče na eko-sistem i ljude koji se naseljavaju u takve prostore.

Čuvena misao francuskog arhitekta Le Korbizjea da je objekat „mašina za stanovanje“ decenijama za nama imala je izuzetno jak uticaj na realizaciju mnogih objekata. Ne tako mali broj objekata nastalih pod ovim uticajem imaju nehuman odnos ka životnoj sredini u kojoj se nalaze. Posmatranje objekta je važno u analizama dnevne svetlosti, ventilacije objekta, protoka energije, jer su objekti deo složene interakcije između ljudi, zgrada, klime i okoline.

Međutim, za takve već izgrađene prostore pronašlo se rešenje, tako što se manjak parkova preselio na fasade objekata. Sve veći broj strategija za održivu arhitekturu ukazuje na razvoj u pozitivnom smeru i ponudiće inspiraciju za budućnost u kojoj će građevina raditi s prirodom, a ne protiv nje. Zbog toga arhitekta sve intenzivnije mogu razvijati projekte kojima koji su zasnovani na principima održivosti, kroz nove pristupe projektovanju, izgradnji i upotrebi objekta, kako bi podržavali eko-sistem, bez njegovog uništavanja.

Intenzivnom ekološkom orijentacijom i edukacijom u tom duhu, možemo postići sve veći broj objekata koji su ekološki, kod kojih su implementirane zelene fasade i krovovi. To je jedan od koraka ka stvaranju održivih gradova budućnosti, koji će imati što više zelenila, vodenih površina, šetališta i drugih javnih površina namenjenih socijalizaciji građana. Takav pristup je prvi i važan korak ka poboljšanju interakcije između čoveka i prirode. Arhitektura je činilac koji tu ima značajnu ulogu utičući na životnu sredinu, te je i sam proces projektovanja, izgradnje i upotrebe objekta važno prilagoditi savremenim ekološkim principima.

## 5. LITERATURA

- [1] <https://www.ekokucamagazin.com/odrziva-arhitektura-energetska-efiksanost-2/> (pristupljeno u decembru 2023.)
- [2] <https://aliquantum.rs/wp-content/uploads/2012/01/IZVOD-SA-II-PREDAVANJA.pdf> (pristupljeno u decembru 2023.)
- [3] Dragana Milošević Brevinac, Slobodan Krnjetin. *Zelena arhitektura*, Akademska misao, 2019.

### Kratka biografija:



**Jelena Todorović** rođena je u Loznici 1993. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti arhitektonskog projektovanja odbranila je 2024. godine. kontakt: [jelenajelenalo41@gmail.com](mailto:jelenajelenalo41@gmail.com)



**Prof. dr Milena Krklješ** (1979) diplomirala je je 2002. godine na Departmanu za arhitekturu i urbanizam Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, magistrirala 2007. godine i doktorirala jula 2011. godine. Od 2021. godine je u zvanju redovnog profesora.

## REKONSTRUKCIJA I REVITALIZACIJA PORODIČNE KUĆE U SELU ČITLUK

### RECONSTRUCTION AND REVITALIZATION OF A FAMILY HOUSE IN THE VILLAGE OF CITLUK

Adalet Šemsović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast - ARHITEKTURA

**Kratak sadržaj** – Istraživanje se fokusira na rekonstrukciju i revitalizaciju tradicionalnih seoskih kuća i prilagođavanjem prostora potrebama. Cilj projekta je integrisanje obnovljenog objekta u turističku ponudu, ističući turistički potencijal regiona. Ovaj pristup može doprineti atraktivnosti regiona i pružiti autentično iskustvo u slikovitom delu zemlje.

**Ključne reči:** Rekonstrukcija, revitalizacija, kuća, ruralna arhitektura, kulturna baština, očuvanje nasleđa

**Abstract** – The research focuses on the reconstruction and revitalization of traditional rural houses and adapting the space to needs. The goal of the project is to integrate the renovated building into the tourist offer, emphasizing the tourist potential of the region. This approach can contribute to the attractiveness of the region and provide an authentic experience in a picturesque part of the country.

**Keywords:** Reconstruction, revitalization, house, rural architecture, cultural heritage, heritage preservation

#### 1. UVOD

Uloga kuće kroz vekove bila je da bude zaštitnik i čuvar čoveka od životnih izazova, a njene karakteristike imale su veliki uticaj na emocionalni i socijalni aspekt života pojedinca [1]. Kroz vekovno iskustvo građenja, naši preci su pokazali sposobnost prilagođavanja okolini i mudrost u izboru lokacije, materijala i oblika kuće. Stare građevine odražavaju visok nivo kulture stanovanja i funkcionalnosti, često nadmašujući moderna očekivanja. Fokus rada je na jednoj seoskoj kući koja, iako stara, nudi potencijal za rekonstrukciju i revitalizaciju, čime se naglašava važnost očuvanja kulturne baštine i prilagođavanje savremenim potrebama.

#### 2. METODE

Metodologija istraživanja obuhvata prikupljanje podataka s terena kroz crteže i topografske planove postojećih objekata, počevši s identifikacijom problema i stvaranjem teorijskog okvira. Nakon analize literature i terenskih primera, istraživači razvijaju kreativna rešenja koja integrišu tradiciju i savremene potrebe. Ključni deo metodologije jeste ispitivanje efikasnih načina implementacije predloženih rešenja, što uključuje dalje istraživanje na terenu i proveru održivosti revitalizacija

prilagođenih specifičnostima svakog objekta. Upravo to je i cilj ovog istraživanja - revitalizacija i rekonstrukcija postojećeg objekta, posebno fokusirana na očuvanje tradicionalne arhitekture starih seoskih kuća.

Pored očuvanja autentičnosti građevine, istraživanje teži i očuvanju tradicionalnog načina života, pružajući moderni prostor prilagođen današnjim potrebama.

Naglašava se i potencijal objekta za turističku ponudu, što bi moglo dodatno obogatiti turističko iskustvo Pešterske visoravni i kanjona reke Uvac.

#### 3. PREDMET RADA

Predmet rada jeste porodična kuća u selu Čitluk, blizu Sjenice i Novog Pazara. U radu je detaljno prikazano kako i na koji način je moguće primeniti intervencije na datom objektu po pitanju funkcije i arhitekture, a sačuvati i osvežiti tradicionalni stil seoske kuće. Kuća, izgrađena u prvoj polovini XX veka, nosi znake starenja i oštećenja, poput erozije, pucanja zidova i degradacije krovnih konstrukcija. Lokalno stanovništvo svedoči o veštini i predanosti u gradnji objekta.

Objekat se nalazi na padini, sa glavnim ulazom okrenutim prema jugoistočnoj strani parcele. Površina parcele na kojoj se nalazi objekat iznosi 1285 m<sup>2</sup>, a lokacija se nalazi u umereno-kontinentalnoj klimi, sa izraženim položajem povoljnim za zaštitu od vetra.

Osim toga, područje se nalazi u VIII zoni seizmičnosti, što zahteva posebnu pažnju prilikom projektovanja i izgradnje objekata [2]. Iako do sada nisu sprovedena geotehnička ispitivanja, planirana su buduća istraživanja kako bi se dobila potpuna slika o geotehničkim karakteristikama terena, ključna za uspešno izvođenje projekta.



Slika 1. Predmetni objekat

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio vanr. prof. dr Igor Maraš.

#### 4. KONTEKST PEŠTERSKE VISORAVNI I SELA ČITLUK

Pešterska visoravan je jedinstvena geografska regija u jugozapadnoj Srbiji čiji naziv potiče od reči “pešter” (arhaičnog naziva za pećinu) [3]. Zemljište, uglavnom krečnjačko, podržava stočarstvo i poljoprivredu, posebno uzgoj ovaca. Ima surovu klimu s ekstremno niskim zimskim temperaturama. Bogatstvo voda čini je područjem međunarodnog značaja. Čitluk, deo Pešterske visoravni, sa sličnim geografskim karakteristikama, oblikovan je pod uticajem lokalnih uslova. Kulturno-istorijsko nasleđe regije seže od praistorije do srednjeg veka, s uticajem ilirskih plemena i osmanske okupacije.

Spomenici poput džamije Valide Sultan u Sjenici i Velike Gradine u selu Vrsenica, svedoče o bogatoj i raznovrsnoj istoriji ovog kraja. Gastronomska scena Peštera obiluje tradicionalnim specijalitetima koji čuvaju vekovnu kulinarsku tradiciju.

Što se tiče arhitektonskog potencijala, Pešterska visoravan predstavlja izuzetan potencijal koji kombinuje tradiciju i modernost. Očuvanje tradicionalne seoske arhitekture, revitalizacija starih zgrada, razvoj tematskih smeštajnih objekata i umrežavanje sela nude mogućnosti za oživljavanje kulturne baštine i stvaranje održivog turizma. Integracija ekoloških principa u arhitektonski dizajn dodatno doprinosi očuvanju prirodne ravnoteže Pešterske visoravni.

#### 5. RAZVOJ KUĆE KROZ VREME

Razvoj kuće kroz vreme oslikava evoluciju arhitekture pod uticajem lokalnih faktora i tradicija. U bivšoj Jugoslaviji, raznoliki klimatski uslovi doprineli su različitim tipovima narodnih kuća. Uopšte uzev, postoje tri veće oblasti koje se razlikuju po svojim klimatskim odlikama – primorska, planinska i panonska [4].

U zavisnosti od oblasti u kojoj se gradilo, razlikujemo i nekoliko tipova narodnih kuća: kamene kuće jadranskog primorja, dinarske brvnare, moravsko-varždarske i vojvođanske kuće, te tursko-istočnjačke kuće. Ovi stilovi arhitekture odražavaju adaptaciju na lokalne resurse i društvene potrebe, dok svedoče o bogatstvu kulturne raznolikosti i istorijskih uticaja u regionu.

##### 5.1. Brvnare

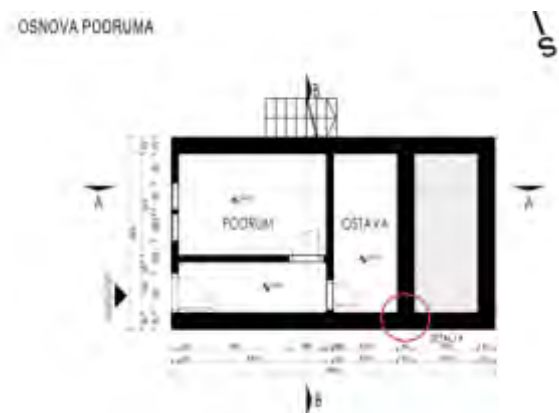
Brvnare su građevinski objekti napravljeni isključivo od stabala drveta - brvana ili tesanih talpi [5]. Imale su raznoliku namenu u prošlosti, služeći kao kuće, skloništa, mlinovi, vetrenjače, verski objekti i čak fortifikacijski objekti. Zahvaljujući dostupnosti materijala, bile su česte u ruralnim i šumovitim područjima. Mnoge su očuvane do danas, ali mnoge su nestale usled ratova i nemira.

##### 5.2. Bondručare

Bondručara je tradicionalna kuća s drvenim kosturom i zidovima ispunjenim lakšim materijalom poput zemlje ili opletenog pruća. Fasade su zaštićene blatom, a krovovi imaju široke prepuste i pokrivaju se teškim olučastim crepom. Unutrašnji raspored obično obuhvata prostoriju s otvorenim ognjištem, sobu, ostavu i trem. U novijem kontekstu, primetne su i bondručare na ravnom terenu s kamenim podrumom, često korišćenim kao kuhinja.

#### 6. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Analizu postojećeg stanja započinjem analizom prostorne dispozicije. Predmetni objekat je rustična seoska kuća bondručara koja se sastoji od dve etaže, podruma od masivnih kamenih blokova i prizemlja konstruisanog od drvenih elemenata ispunjenih blatom i zemljom.



Slika 2. Osnova podruma (postojeće stanje)

Podrum obuhvata dve prostorije s ulazom na istočnoj strani, dok prizemlje čini glavna prostorija s ognjištem, spavaća soba i hodnik, ukupno oko 50m<sup>2</sup>. Objekat ima drvenu međuspratnu konstrukciju i krovnu stolicu s crepom, dok je dimnjak izgrađen od opeke.



Slika 3. Osnova prizemlja (postojeće stanje)

Za ovaj tip konstrukcije karakteristični su temelji od kamena, čija širina varira između 70 i 100cm, prilagođavajući se dimenzijama objekta. Trakasti temelji ispod spoljašnjih zidova, poput ovog objekta, pružaju čvrstu osnovu visine od 50cm, što omogućava ravnomernu raspodelu težine i osigurava stabilnost i otpornost na teret.

Donji deo objekta karakterišu zidovi izrađeni od prirodnog kamena debljine oko 50 cm, spojeni sa spoljne i unutrašnje strane. Južnoistočna strana je u brvnarskom stilu radi zaštite od sunca, dok je severozapadni deo izrađen u bondručarskom stilu. Zidovi u prizemlju su drvene konstrukcije, oslonjeni na stubove dimenzija 20/20 cm, dok je unutrašnjost zidova popunjena lakšim materijalom, uglavnom zemljom.

Tavanice u ovom objektu konstruisane su od drvenih greda dimenzija 20/20 cm, postavljenih na razmaku od pola metra. Donja zona greda ojačana je letvama od hrastovog drveta dimenzija 3/5 cm, dok se između greda

koristi ispunu od profilisanih letava dimenzija 5/5 cm, na koje je nanesen sloj blata i slame poznat kao "valjak". Nakon toga, radi izravnavanja neravnina, nanosi se sloj blata pomešanog sa plevom.

Na gornjoj strani tavanice, na drvene grede, pričvršćuje se daska debljine 5 cm koja služi kao podna obloga ili patos.



Slika 4. Vertikalni presek temelja, Poprečni presek međusp. tavanice (postojeće stanje)

U ovoj kući, tipičnoj za bondručarski i brvnarski stil gradnje, krovna konstrukcija se sastoji od pažljivo odabranih drvenih elemenata poput venčanica, stubova, greda i kosnica, izrađenih od hrasta, bukve ili četinaru zbog njihove otpornosti na vlagu. Krov je četvorovodne strukture s blagim nagibom, prilagođenim umerenoj klimi, a strehe su osmišljene da efikasno štite gornje zone zidova od atmosferskih uticaja. Podloga za pokrivač, u ovom slučaju ravan crep, čvrsto se oslanja na krovnu konstrukciju putem letvi dimenzija 3/5 cm.

Drveni dvokrilni prozori, sa ramovima debljine od 5 cm, integrisani su u zidne konstrukcije između pragova, sa dimenzijama 75x100 cm duž južne i jugoistočne strane, dok se na severnoj strani nalazio jedan trokrilni prozor impresivnih dimenzija 150x100 cm. Visina parapeta kod svih prozora je 90 cm, a prozori su obojeni u plavu boju, ističući se kao dominantan vizuelni element na fasadi objekta.

Spoljna drvena vrata imaju dimenzije 120x190 cm, dok su unutrašnja vrata nešto manja, dimenzija 80x180 cm. Sva vrata su umetnuta u drvenu konstrukciju zidova sa ramovima debljine 5 cm, istaknuta plavom bojom.

Objekat je karakterističan po različitim tipovima gradnje u zavisnosti od orijentacije i namene prostorija. Sa južne strane, gde je obilje sunčeve svetlosti, dominira brvnarski stil, dok je na severo-zapadnoj strani primenjen bondručarski stil kako bi se soba održavala toplom. Nedostatak nužnika u objektu ukazuje na tradicionalni način života gde su stoka i ljudi delili isti prostor. Okruženje kuće oblikuje neobrađeni kamen, sa zidovima debljine oko 50 cm koji se bolje uklapaju sa spoljašnjosti, dok unutrašnji ostaje nedodatno obrađena.

Unutrašnja oprema kuće, u skladu sa tradicionalnim načinom života, bila je prvobitno skromna, ali vremenom je obogaćena, zadržavajući racionalnost i praktičnost. Nameštaj, uglavnom izrađen od drveta, odlikovao se jednostavnom obradom u početku, da bi kasnije bio ukrašavan, što je doprinosilo živopisnom izgledu unutrašnjosti.

Upotreba dolapa već sredinom XIX veka ukazuje na racionalno korišćenje prostora, dok su tkanine na soframa i ležajevima dodavale boju i toplinu enterijeru.

## 7. STUDIJE SLUČAJA

Ovaj istraživački rad rezultat je analize nekoliko seoskih kuća koje su revitalizovane i rekonstruisane, kao i samih potreba za obnovom stare seoske kuće. Navedeni projekti poslužili su kao inspiracija za oblikovanje strategije rekonstrukcije i revitalizacije objekta.

- Kuća Schedlberg u Arnbrucku, Nemačka
- Kuća Mosogno u Ticinu, Švajcarska
- Kuća Čuružanka u Čurugu, Srbija

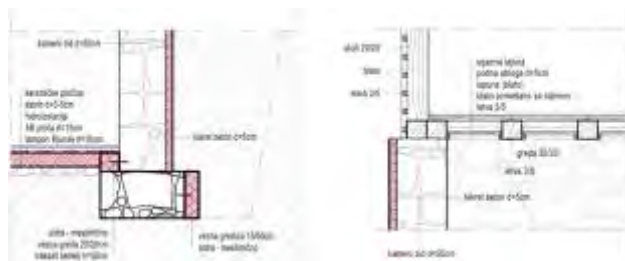
## 8. PREDLOG REŠENJA

Analizom postojećeg stanja doneti su predlozi za poboljšanje prostornih karakteristika, stabilnosti i estetike kuće. Organizacija prostora kroz dve etaže, uz dodatak trema za bolju povezanost sa dvorištem, pruža veću funkcionalnost i fleksibilnost. Transformacija prostora ognjišta u dnevni boravak i kuhinju, te podela podrumskog dela na ostavu i podrum pića, osigurava efikasnu upotrebu prostora. Dodatni prozori i vrata, obojeni u tradicionalnu plavu boju, održavaju autentičnost i doprinose estetskoj vrednosti objekta.



Slika 5. Trodimenzionalni prikaz novonastalog stanja

U slučaju ovog objekta, potreba za sanacijom temelja proizlazi iz njihovog plitkog položaja u tlu na terenu koji je u padu, što dovodi do popuštanja temelja usled prodora vode i slabljenja tla. Sanacija uključuje duboki iskop i izradu armiranobetonskih traka duž spoljnih i unutrašnjih strana temelja, sa sidrenjem traka radi podrške masivnim zidovima. Armatura sidra se postavlja na spojeve kamenih temelja radi dodatne čvrstoće.



Slika 6. Detalj temelja i međuspratne konstr. (novonastalo stanje)

Ojačana konstrukcija u podrumskom delu objekta, zajedno sa masivnim kamenim zidovima i temeljima, osigurava konstruktivnu stabilnost i bezbednost kuće. Revitalizacija spoljnih zidova obuhvatala je zamenu dotrajalog drveta u delu brvnarskog tipa i obnovu bondruk konstrukcije, čime je očuvana autentičnost

objekta kao svedoka prošlog vremena. Takođe, tavanice su revitalizovane zamenom dotrajalih drvenih greda i obnavljanjem ispunom od blata i slame. Krovna konstrukcija je takođe obnovljena, zamenom dotrajalih elemenata i dodatkom natkrivanja novoprojektovanog trema.



Slika 7. Osnova prizemlja (novonastalo stanje)

U cilju očuvanja tradicionalnog izgleda, spoljni deo objekta prošao je kroz nekoliko intervencija. Zadržani su osnovni gabariti, bela boja fasade za deo u kojem je bondručara, dok je drveni deo karakterističan za kuću brvnarskog tipa. Međutim, zbog opsežne devastacije fasade, morala je biti potpuno obnovljena. Na jugo-istočnoj strani, najautentičnijoj, promene su minimalne, dok su na južnom delu dodani trem i stepenište.



Slika 8. Trodimenzionalni prikaz novonastalog stanja

Na severnoj strani, zadržan je trokrilni prozor u spavaćoj sobi, dok su dodata dva dvokrilna prozora u delu brvnarske kuće. Dodat je i jedan jednokrillni prozor na severo-zapadnoj strani, gde se nalazi kupatilo. Prozori i vrata su zamenjeni i dodati, održavajući proporcionalni sklad između prizemlja i podruma.

U podrumu su reorganizovane prostorije, stvarajući posebne zone za podrum piće i ostavu sa radnim stolom, zadržavajući pravougaonu formu i osnovne gabarite. U prizemlju, zadržan je isti pravougaoni raspored, ali je podeljen na 4 zasebne prostorije: hodnik, novo kupatilo, spavaću sobu i dnevni boravak sa kuhinjom i trpezarijom. Orijentacija prostorija omogućava prirodno osvetljenje i ventilaciju, sa dnevnim boravkom okrenutim prema jugo-istočnoj strani, a kupatilom na severo-zapadnoj strani. Takođe, ojačani su krovna konstrukcija i tavanice radi poboljšanja stabilnosti i funkcionalnosti.



Slika 9. Osnova podruma (novonastalo stanje)

## 9. ZAKLJUČAK

Raznolikost narodne arhitekture odražava identitet i duh naroda, integrišući različite graditeljske stilove kroz evoluciju. Prilikom obnove tradicionalne arhitekture, ključno je sačuvati osnovne karakteristike, ne izmišljati tradiciju ili kopirati druge kulture, koristeći prirodne materijale i prilagođavajući sadržaj prostoru. Projekat rekonstrukcije stare seoske kuće u selu Čitluk ističe očuvanje autentičnosti i spajanje tradicionalnih i modernih elemenata, naglašavajući važnost integrisanja nasleđa u savremene potrebe i turistički potencijal. Međutim, postoji nedostatak institucionalne podrške za očuvanje ovakvih objekata, iako imaju potencijal za turističku privlačnost i revitalizaciju lokalne zajednice. Ova inicijativa ne samo da čuva prošlost, već i podstiče održivu budućnost i može služiti kao primer dobre prakse za očuvanje kulturnog nasleđa.

## 10. LITERATURA

- [1] Petrović, B., "Stare srpske kuće kao graditeljski podsticaj", Beograd, Građevinska knjiga, 1997.
- [2] Janković, S., "Osnove seizmičkog planiranja i projektovanja za inženjere arhitekture i građevine", Izdavačko preduzeće "Arhitektura i urbanizam", 2014.
- [3] <https://www.politika.rs/scc/clanak/461494/Misticno-Pestersko-polje> (pristupljeno u januaru 2024.)
- [4] "EkoKuća" (2012). "Tipovi kuća i upotreba ekoloških materijala u narodnom graditeljstvu - Bioklimatski aspekti narodnog graditeljstva na prostorima bivše Jugoslavije". EkoKuća, br. 3.
- [5] Nenadović, S., "Ilustrovani rečnik izraza u narodnoj arhitekturi", Beograd, Prosveta, 2002.

### Kratka biografija:



**Adalet Šemsović** rođen je u Novom Pazaru 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Arhitekture – Arhitektonsko projektovanje odbranio je 2024.god.  
kontakt: arh.adalet@gmail.com

**АНАЛИЗА И ИЗРАДА ИДЕЈНОГ РЕШЕЊА ЦЕНТРА НАУЧНЕ ЗАЈЕДНИЦЕ КРОЗ ПРИЗМУ ОДРЖИВЕ АРХИТЕКТУРЕ****ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF CONCEPTUAL DESIGN FOR THE SCIENTIFIC COMMUNITY HUB THROUGH THE PRISM OF SUSTAINABLE ARCHITECTURE**

Дарија Богојевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – АРХИТЕКТУРА**

**Кратак садржај** – Пројекат научног центра представља истраживање тема типологије, појма одрживости у архитектури, као и форме и односа насталих у оквиру задатих параметара. Као и формирање идејног решења настало кроз креативни и когнитивни процес синтезе свих информација и формирања јасног пројектантског става о будућности учења и истраживања.

**Кључне речи:** Центар научне заједнице, Типологија, Одржива архитектура, Процес пројектовања, Енергетска ефикасност

**Abstract** – The project of the scientific center represents research on the topics of typology, the concept of sustainability in architecture, as well as the forms and relationships that arise within the given parameters. It also involves the formation of the conceptual solution emerging through a creative and cognitive process of synthesizing all information and forming a clear design attitude towards the future of learning and research.

**Keywords:** Scientific community hub, Typology, Sustainable architecture, Design process, Energy efficiency

**1. УВОД**

Предмет истраживања јесте центар научне заједнице чија је изградња планирана у наредној деценији на територији северног кампуса технолошког института Карлсруе. Пројекат је рађен према смерницама за такмичење које одржава реформа група за студенте архитектуре свих нивоа студија у Немачкој.

Истраживање је вишеслојно како планирани објекат захтева истраживање и дефинисање нове типологије при узимању фактора будућности развоја науке и научне заједнице у обзир. Одрживост и енергетска ефикасност представљају битан део истраживачког процеса и инкорпорирани су у све аспекте дизајна.

Циљ истраживања је формирање идејног решења објекта који ће имати имплементирану личну визију будућности науке и учења и обезбедити простор за сарадњу, интегришући различите могуће поставке истраживања и рада.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била проф. др Јелена Атанацковић-Јеличић.

**2. АНАЛИЗА ТИПОЛОГИЈА**

Истраживачки процес је почео са потребом да се дефинише и створи основ за нову типологију - објекат центра научне заједнице. Процес почиње истраживањем постојећих примера који по својим карактеристикама имају потенцијал да омогуће идентификацију аспеката и структура који ће бити основ за нову типологију. Издвојена су три релевантна објекта који су потом проучавани кроз студију случаја - објекат научног центра у Хелборну у Немачкој, победничко решење такмичења за научни центар у месту Лунд у Шведској и библиотека Оди у Хелсинкију у Финској.

Заједничка црта анализираних објекта је повезаност са окружењем и потреба за интегрисањем и стварањем јавног простора у оквиру објекта. Ова веза је посебно значајна у сфери објекта јавне намене и произилази из потребе за укључивањем сваког пролазника и корисника у наратив како би се створило једно кохерентно окружење и осећај заједнице. Други битан аспект јесте иновативност у конструкцији и функцији. Три анализирана објекта излазе из стандардних оквира својих типологија и теже обликовању архитектуре у складу са потребама корисника, али и с усмереношћу на принципе одрживости и енергетске ефикасности. Иако су обликовно посматрано решења кроз различита, она почивају на сличним принципима. Стварање простора који допушта слободу, који је инспиративан, простора повезног са местом и људима како би се креирало окружење које ће да подстакне стварање заједнице и да слободу за истраживање и размену и промовише доживотно учење.

**3. АНАЛИЗА АСПЕКТА ОДРЖИВЕ АРХИТЕКТУРЕ**

Појам одрживе архитектуре је јак и широк и вишезначан, и још увек је у развоју и истраживању. Последњих деценија јавља се тренд поновног откривања природе. Појава свести о животној средини и стављање природе у фокус су дубоко повезани са еколошким кризама и новонасталим еколошким покретима.

Грађевински сектор игра кључну улогу у одрживом развоју и одговоран је за скоро 40% потрошње енергије и емисије угљен-диоксида [1]. Поред тога људи проводе око 90% свог времена у затвореном простору, чиме је њихово здравље и добробит у

великој зависности од изграђене средине [2]. Поновно повезивање са „природом“ препознато је као један од најхитнијих изазова у савременој урбаној архитектури. Ова потреба је потврђена током Ковид-19 изолације где је већини становника приступ природи био ограничен. У академским истраживањима и у архитектонској пракси долази до све веће интеграције „природе“ у архитектонске објекте, са покушајем да се смањи утицај који објекат има на животну средину а да се притом добију сви бенефити које човек има од непосредног контакта са природом.

### 3.1. Биофилни дизајн

Биофилни дизајн се фокусира на смањење утицаја грађевинског сектора на животну средину, као и на утицај који такво окружење има на човека. Биофилни дизајн нуди бројне стратегије за подршку одрживости у архитектури. Ипак главни задатак у оквиру одживе архитектуре а тиме и биофилног дизајна јесте избор одређених елемената и стратегија и њихова примена како би се постигао највећи степен одрживости. Сви употребљени елементи имају међусобног утицаја и функционишу у корелацији. Зато се треба избећи генерализацију и приликом примене размотрити под-области у архитектонским истраживањима, као што су материјалност, тектоника, механички системи и мобилност [3].

## 4. АНАЛИЗА ЛОКАЦИЈЕ

Анализирана парцела се налази на ободу града Карлсруе на територији северног кампуса Технолошког института Карлсруе. Позиција кампуса представља једну од његових највећих предности и недостатака. Окруженост шумом и велики број зелених површина дају велики потенцијал за даљи развој комплекса и настанак одрживог окружења. Ипак неопходно је решити питање објеката за нуклеарна истраживање, и складиштење нуклеарног отпада који могу да створе потенцијални проблем на еколошком нивоу. Ово питање је такође значајно за будућност, због потребе да део кампуса постане доступан јавности и да сви имају могућност приступа. Постоји велики недостатак објеката за социјализацију и релаксацију као и тренутно урбанистичко решење које нема предвиђене и уређене површине ове намене, што значајно утиче на квалитет боравка. Дрвеће на парцели, непосредна близина железничке станице и складиште нуклеарног отпада су најзначајнији фактори које је поред климе неопходно узети у обзир приликом пројектовања будућег објекта.

## 5. ИСТРАЖИВАЊЕ И ДЕФИНИСАЊЕ ПРОГРАМА И КОНЦЕПТА

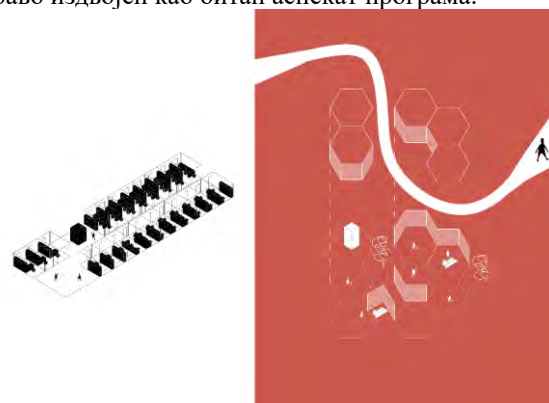
Како архитектуру можемо посматрати као материјално остварење људских потреба. Почетак пројектантског процеса је почео од преиспитивања и дефинисања потреба на коју центар научне заједнице треба да одговори, на основу психо-социолошких потреба које човек има у савременом добу.

### 5.1. Дефинисање програма

Будућност учења ће се заснивати на искуственом и пројектном учењу са технолошким интеграцијама и

интердисциплинарном сарадњом. Персонализовани путеви учења и флексибилни модели образовања ће задовољити индивидуалне потребе и промовисати доживотно учење. Ово ће подстаћи критичко мишљење, креативност, сарадњу, и практичну примену знања [4]. Данас се већина послова као и велики део аспекта живота могу одиграти у виртуалној реалности, а у блиској будућности се може очекивати да ће скоро сви аспекти моћи да се замене виртуалним. Све ово је довело до тога да објекти морају да буду разматрани не само као физички простори за обављање одређене функције, јер је то могуће урадити са скоро свих локација, већ као један систем који кориснику пружа више од физичког простора за рад. Неопходно је инспирисати и привући корисника.

Људи су један од најзначајних ресурса које једна компанија и заједница има, они врше промене и омогућују прогрес. Зато је стварање заједнице и интеракција један од кључних фактора. Научна истраживања су показала да лични контакт у односу на виртуални доводи до остваривања дубље и јаче конекције услед различитих процеса који се одигравају у телу [5]. Зато је друга значајна потреба управо стварање простора који ће служити као интерфејс између разних корисника и који ће олакшати инклузију у заједницу као и њено стварање. Шема канцеларија са системом издвојених канцеларија приказана на слици 1. са леве стране, изазива инертности и не подстиче интеракције и неопходно ју је променити. Потребно је креирати простор који ће да подстакне друштвене интеракције и тиме омогући стварање снажне заједнице. Људи раде и стварају идеје у различитим окружењима и током разних активности. Постоје многе студије о позитивном утицају вежбања и ходања на размишљање и стварање креативних идеја [6]. Што је као што је већ речено један од најзначајнијих фактора у будућности едукације. Зато се подстицање кретања и физичке активности кроз један отворен флуидан систем какав је приказан на слици 1. са десне стране, управо издвојен као битан аспект програма.



Слика 1. Дијаграм изгледа простора за рад

### 5.2. Редифинисање програмске шеме

На основу претходних истраживања је уочена потреба за потпуним редифинисањем облика задатог програма како би се испуниле најважније функције издвојене у сегменту 5.1. Идеја је заснована на најважнијим аспектима тих функција, персонализацији учења и рада,

инспирацији на истарживање и коришћење простора, privlačenje korisnika u prostor, podsticanje društvenih interakcija, podsticanje kretanja i fizičke aktivnosti, i različitih oblika rada i interakcija.

Начин за подстицање свега претходно наведеног је пронађен у главној разлици између виртуалног и физичког простора а то су сва чула која нам омогућују стварање доживљаја простора и бољих интеракција са људима. Бити у одређеном простору значи интеракцију са њим свим чулима. Ова чула раде заједно да обезбеде свеобухватну перцепцију света и омогућавају интерактивну комуникацију са окружењем. Ова интеракција утиче на процес учења, радни ток и емоције. Простори у згради су анализирани и обликовани кроз сочива четири примарна чула значајна за рад (тактилни осећај, слух, мирис и вид), два секундарна чула (проприоцепција, терморецепција) и два параметра – број људи и потребан опреме, што је приказано на слици 2.



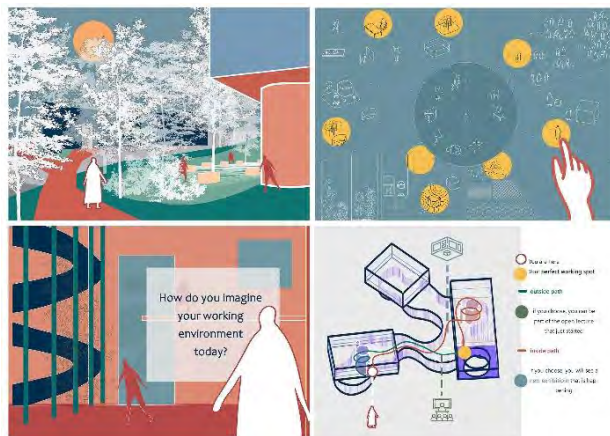
Слика 2. Нова шематска подела простора према чулима

### 5.3. Концепт

Процес персонализације се види у свим сферама друштва, производњи и процесима и до сада је доказано да се најбољи ефекат и највећи профит остварује када се свакој особи приступити индивидуално у складу са њеним јединственим и комплексним потребама. Сматра се да ће у будућности овај тренд да се настави и да ће бити још више уткан у сваку сферу живота [7]. Зато је сматрано да и архитектура мора да одговори на овакву потребу. То је остварено путем имплементације система и технологија које кориснику дају могућност избора простора наспрем његових тренутних потреба.

Након доласка до објекта корисник приступа интерактивним тачкама које се налазе на сваком улазу, и које имају улогу да помогну кориснику да пронађе своје савршено радно окружење у складу са потребама које има тог дана. Као што је приказано на другом кадру слике 3. Овом систему је могуће приступити са било ког уређаја са интернет конекцијом. На основу поделе простора дефинисане у сегменту 5.3. корисник бира шта му је потребно и систем му проналази идеалан простор и путању до њега, такође му даје преглед у садржај и дешавања поред којих пролази и која могу да буду релеватна за њега. На основу претходних референци и упитника корисници могу такође да се међусобно повежу и учествују у заједничким актив-

ностима, а простори могу унапред да се прилагоде одређеној потреби.



Слика 3. Илустрације система коришћења објекта

## 6. АРХИТЕКТОНСКО РЕШЕЊЕ

Након дефинисања јесног програма, концепта и визије пројекта, прелази се на један цикличан процес тражења адекватног облика и проналаска идејног решења које ће да одговори на све дефинисане потребе.

### 6.1. Конструкција

Конструкција је хибридна. Носећу функцију на приземљу и првом спрату имају бетонски стубови пречника 50 центиметара, који формирају мрежу 8x8 метара дуж зграде. Земљани зидови на приземљу и првом спрату имају улогу неносећих фасадних и преградних зидова. Конструкција горњих спратова се састоји од дијагоналне мреже направљене од ламинираног фурнира.

### 6.2. Енергетски и одрживи концепт

Енергетска ефикасност и одрживост је битан аспект пројекта и постигнута је применом различитих елемената и стратегија као што су: природни материјали; задржавање постојеће вегетације; системи за одржавање оптималне температуре - геотермалне пумпе, топлотни трансформатори, топлотна изолација; обликовање према положају сунца; адекватни облици засенчења; систем ноћног хлађења; систем за прикупљање сиве воде; соларни панели и колектори; фотонапонски прозори.

### 6.3. Функционално решење

Објектат се састоји од неколико целина чији су елементи приказани на дијаграму на слици 4. Целине се јасно разликују по њиховој материјализацији и геометрији. Прву целину чини флуидан простор који у неким деловима има дуплу спратну висину док је у другим подељен на две етаже. Овај простор одликује више јавни карактер и примена набијене земљане конструкције. Другу целину чине ригидније геометријске структуре које дају контраст и баланс целој целини. Они су на првим спратовима више јавног карактера док се идући ка горњим спратовима степен приватности мења. Постоје две велике јавне површине које представљају један вид "улице", са мини трговима у унутрашњем простору, то су приземље и тераса која повезује прве дрвене етаже.

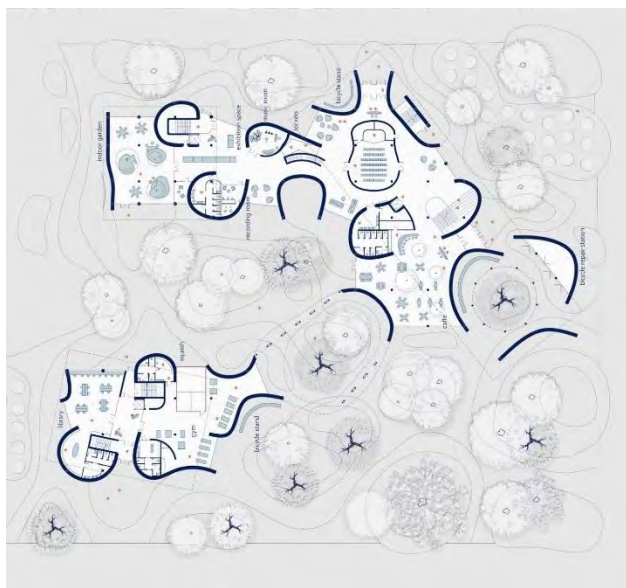
Такође постоје четири вертикалне комуникације уз које се налазе вертикалне инсталације.



Слика 4. Дијаграм објекта са конструкцијом и перспективни приказ

#### 6.4. Намена простора и комуникација

Концепт се јасно осликава на основама, где се види промена просторних целина и њихових карактера као и визура. Различити програми, постављени по целој згради, стварају јединствене интеракције и омогућавају упознавање и повезивање људи из свих области студија. Стога се велики приоритет придаје стварању места за окупљање у атмосфери заснованој на активностима које нису у директној вези са класичним радним окружењем. Улази у објекат су позиционирани у складу са главним правцима кретања и на сваком улазу се налази интерактивна тачка на којој се бира путања и потреба за тај дан. Улази су наглашени променом у партеру и стварањем слободног отвореног простора.



Слика 6. Основа објекта

## 7. ЗАКЉУЧАК

Архитектура је комплексна целина која је одраз друштва и потреба људи, у њену грађу су уткани дух времена и места. Пројектом је покушано да се кроз истраживање типологије центра научне заједнице и њеног значење, створи објекат који ће бити одраз садашњег тренутка и потреба у будућности. Кроз процес је обухваћено пар широких тема са покушајем сједнијавања у једну нову целину, која представља одређену тачку и визију, али која има још потенцијала и простора за надоградњу. И управо је то главна вредност овог пројекта, давање новог угла посматрања и облика, како би се у посматрачу и кориснику пробудиле разноврсне емоције и доживљаји и створио слободан простор који подстиче на истраживање и размишљање.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] IEA, "Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector: Global Status Report 2017," UN Environment and International Energy Agency, 2017.
- [2] T. Roberts, "We Spend 90% of Our Time Indoors. Says Who?," 15 decembar 2016. [Online]. Available: <https://www.buildinggreen.com/blog/we-spend-90-our-time-indoors-says-who>.
- [3] T. S. J. B. Weijie Zhong, "Biophilic design in architecture and its contributions to health, well-being, and sustainability: A critical review," *Frontiers of Architectural Research*, pp. 112-141, 11 Febua 2022.
- [4] G. Siemens, "Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age," *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, pp. 2(1), 3-10., 2005.
- [5] L. L. V. L. C. X. & T. W. Paul S. N. Lee, "Internet Communication Versus Face-to-face Interaction in Quality of Life," *Social Indicators Research*, 2010.
- [6] M. O. a. D. L. Schwartz, "Give Your Ideas Some Legs: The Positive Effect of Walking on Creative Thinking," *Journal of Experimental Psychology*., Stanford University, 2014.
- [7] J. & J. A. Smith, "The Impact of Personalization on Profitability in Various Industries.," *Journal of Business Research*, pp. 45(3), 321-335., 2020.

### Кратка биографија:



Дарија Богојевић рођена је у Новом Саду 1997. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Енергетске ефикасности у архитектонским објектима – Пројекат анализе и израде идејног решења центра научне заједнице одбранила је 2023. године. контакт: [darijabogoevic@gmail.com](mailto:darijabogoevic@gmail.com)

**ENTERIJER DEPARTMANA ZA ARHITEKTURU I URBANIZAM**  
**INTERIOR DESIGN: DEPARTMENT OF ARCHITECTURE AND URBANISM**Sara Vukoje, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast- ARHITEKTURA**

**Kratak sadržaj** – *Ovaj rad bavi se ispitivanjem savremenih načina učenja na Univerzitetima i oblikovanja prostora koji zadovoljava potrebe studenata.*

**Ključne reči:** *prostor za formalno i neformalno učenje, novi načini učenja, fleksibilnost*

**Abstract** – *This work is based on examination of modern ways of learning at universities and design of space that meet the needs of students.*

**Keywords:** *space for formal and informal learning, new ways of teaching, flexibility*

**1. UVOD**

Univerziteti se suočavaju sa novim izazovima koji vrše sve veći pritisak na razvoj okruženja za učenje. Mnogi od ovih izazova su povezani sa primenom novih pedagoških pristupa, brzim razvojem obrazovne tehnologije, diverzifikacijom netradicionalnih studentskih populacija kojima su potrebni fleksibilni kursevi i rastućim očekivanjima vezanim za veštine potrebne u sadašnjem i budućem radnom životu. Drugim rečima, došlo je do potrebe za više prakse, nastave i učenja usmerenih na studenta. Fizičko okruženje zahteva modifikaciju kako bi moglo bolje da zadovolji potrebe današnje pedagoške prakse koja ističe aktivnu ulogu učenika.

Tradicionalni univerzitetski prostori ne omogućavaju modifikaciju kako bi se zadovoljile potrebe studenata i efikasno korišćenje savremenih tehnologija učenja [1]. Pored toga, postoje nova očekivanja u vezi sa ciljevima. Uz tradicionalne sadržaje, od studenata se očekuje da steknu veštine za sadašnje i buduće radno okruženje. Neki primeri veština uključuju kreativno i kritičko mišljenje, veštine saradnje i komunikacije, društvene i kulturne kompetencije, IKT pismenost i veštine rešavanja problema.

Razvoj univerzitetskog okruženja i njegovo prilagođavanje savremenim potrebama ključan je za ispunjavanje svih očekivanja koja su postavljena studentima, kao individui i kao kolektivu.

Inspirisano neprekidnim razvojem, promenama i zahtevima univerzitetske zajednice, problematika ovog istraživanja kreće se u domenu projektovanja novih i adaptacije postojećih prostora za učenje, novim pedagoškim praksama.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila Ivana Miškeljin.**

Razumevanje međusobnog odnosa između ljudi i njihovog okruženja je jako bitna, jer su ljudska ponašanja, stavovi i vrednosti važni u stvaranju povoljnog okruženja za različite potrebe. Samim tim, glavna tema istraživanja jeste odnos pedagogije i dizajna prostora, mogućnost njegove promene i aspekti koji utiču na njegov kvalitet. Važno je još istaći istraživanje principa projektovanja, načine podele prostora, materijalizaciju, odnos formalnih i neformalnih prostora, fleksibilnost i forme koje su poželjne. Istraživanje je, uz sve uopštene zahteve i promene koje prate savremeni tok, fokusirano na potrebe i načine učenja studenata arhitekture u univerzitetskoj zajednici.

Glavni cilj istraživanja jeste da se ispita odnos između pedagoških metodologija i prostora za učenje i na koji način taj odnos doprinosi promovisanju kohezivne obrazovne zajednice, zasnovane na principima prostorne raznolikosti i funkcionalne fleksibilnosti. Potrebe studenata i načini na koji koriste prostor stavljeni su u fokus, uzimajući u obzir sve uticaje savremenog načina života na boravak u univerzitetskoj zajednici.

**2. TEORIJSKI OKVIR****2.1 Okruženje za učenje – uticaj okruženja na efektivnost rada studenata**

Okruženje za učenje zamišljeno je kao društveni, fizički, psihološki i pedagoški kontekst u kome se dešava učenje i koji utiče na postignuća i stavove učenika. Dok su elementi kao što su finansijski resursi, struktura, ljudi i vreme povezani sa organizacionim i državnim pravilima, procesi ili prioriteti mogu uticati na nastavnike i učenike u okruženju za učenje, samim tim njihove fizičke, pedagoške i psihosocijalne dimenzije igraju centralnu ulogu u procesu učenja.

Fizička dimenzija okruženja za učenje obuhvata fizičku strukturu, uključujući tehnologije, alate i nameštaj. Fizički prostor učionice i njegove mogućnosti – aktivnosti učenja koje dozvoljavaju nameštaj, tehnologija, raspored prostorija, mogu da stimulišu različite strategije podučavanja. Istraživanja su takođe pokazala da su boja, tekstura, svetlost, akustika, temperatura i kvalitet vazduha važni elementi, dok se estetski aspekti doživljavaju kao manje relevantni. Učenicima su potrebni prostori za iskustveno i aktivno učenje koji podrazumevaju više međusobne saradnje i zahtevaju nameštaj koji omogućava fleksibilnost prostora za učenje.

Pedagoška dimenzija okruženja za učenje odnosi se na aktivnosti, alate, resurse, metode, strategije i strukture uključene u savremene načine podučavanja studenata. Za razliku od nekadašnjeg jednosmernog odnosa profesor-

student, savremena okruženja za učenje obično su zasnovana na konstruktivističkim pristupima i fokusirana su na fleksibilnije odnose između profesora i studenata i samih studenata međusobno. Takvi pristupi podstiču razmenu znanja, koriste kooperativni rad, usvajaju autentične zadatke i pružaju mogućnosti za samoregulisano učenje.

Pošto su psihološke i socijalne dimenzije blisko povezane u okruženju za učenje, psihosocijalne dimenzije odnose se na poreklo ili ishode ljudskog ponašanja [2]. Ova dimenzija uključuje ambijent ili klimu određenog okruženja i prediktor je afektivnih i kognitivnih ishoda ponašanja učenika. Faktori koji karakterišu psihosocijalna okruženja uključuju: personalizaciju; učešće; kohezivnost učenika; zadovoljstvo; orijentacija na zadatak; inovacije; individualizacija; istraživanje; saradnja i podršku nastavnika, takođe mogu se kategorisati u tri opšte dimenzije odnosa, ličnog razvoja i održavanja i promene sistema. Deljenje emocija između studenata i profesora, takođe se ističe kao pozitivan aspekti okruženja za učenje, stvara osećaj pripadnosti i zajedničkog razvoja.

## 2.2 Formalno i neformalno okruženje za učenje

Cilj obrazovanja je da istovremeno reprodukuje ili jača dominantnu kulturu prema društvenim potrebama, proizvodeći kontrolisane i usmerene društvene promene. To su bile škole, sa njihovim strukturiranim programima i konvencionalnim okruženjima koji su ispunile ovaj cilj. Njihove metode učenja i podučavanja poznate su kao formalno obrazovanje. Danas se ističu i drugi oblici obrazovanja koji se mogu klasifikovati prema kontekstu u kome se odvija učenje i poučavanje. Shodno tome, obrazovanje se definiše kao formalno i neformalno. Istraživanja pokazuju sve veći interes i za druge oblike obrazovanja, jer formalno obrazovanje ne obuhvata celokupno iskustvo učenja tokom života.

Formalno obrazovanje definiše se kao visoko institucionalizovano, hronološki stepenovano i hijerarhijski strukturiran sistem koji se proteže od osnovne škole, dalje kroz visokoškolske ustanove. Formalno obrazovanje zahteva program, profesore, studente i fizičko okruženje. Tradicionalno okruženje je učionica, iako se priroda učionice može promeniti zavisno od discipline i nivoa obrazovanja [3]. Formalni prostori za učenje koriste se za časove koji se redovno zakazuju u skladu sa unapred utvrđenim programom.

Neformalno učenje bi se moglo definisati kao vannastavno, otvoreno, individualno učenje koje ne prati linearnu strukturu. Ova vrsta učenja zasniva se na postizanju ciljeva učenja i unutrašnje motivacije, umesto ciljeva izvršenja ili ekstrinzične motivacije.

Tradicionalno, pedagoške inovacije u visokom obrazovanju povezuju se sa tehničarizacijom prostora za učenje. Uprkos poboljšanju digitalne opreme, tehnologija primenjena u učionicama nije dovela do promena pedagoških metodologija i tradicionalni model je zadržan, u većini slučajeva. Čak i tako, kvalitetno obrazovanje se zasniva na optimalnom odnosu između pedagoške prakse i dizajna formalnih i neformalnih nastavnih prostora. U obuci budućih arhitekata, učenje se ne stiče samo u učionici i univerzitetskom kampusu. Neophodno je ispitati do koje mere i na koji način zadržati principe i strukture

formalnog obrazovanja, a do koje mere dopustiti neformalnom obrazovanju da modifikuje prostore za učenje.

## 2.3 Aspekti dizajna prostora

Pristup dizajnu prostora za edukaciju u arhitekturi zasniva se na tri kriterijuma: formalnoj raznolikosti, funkcionalnoj fleksibilnosti i društvenosti univerzitetske zajednice. Projektovanje prostora prema principima funkcionalnosti i efikasnosti deo je akademske obuke arhitekata. Odnos između oblika i funkcije prostora jedna je od paradigmi moderne arhitekture. Ova ograničenja su nametnula viziju arhitekture u kojoj je uspostavljen jednosmerni odnos između forme i funkcije, ali gde je fleksibilnost poverena dimenziji i distribuciji nameštaja u prostoru [4]. Kada govorimo o prostorima za učenje, mislimo na sve prostore u kojima se može odvijati univerzitetsko obrazovno iskustvo. U konfiguraciji ovih prostora treba razlikovati aktere i induktore. Akteri su svi ljudi ili fizički prostori, uključujući gradske i prirodne, koji utiču na učenje. Fizički prostori odgovaraju obliku arhitekture. Nasuprot tome, induktori su svi elementi koji doprinose indirektnom stimulisanju učenja koje uključuje elemente nameštaja i tehnologije.

### Oblik prostora (raznolikost)

Iz formalne perspektive, učionica je prostor ograničen sa četiri vertikalne i dve horizontalne površine u kojima se učenje odvija prema utvrđenom rasporedu koji je jednosmeran. U ovoj tradicionalnoj prostornoj koncepciji postoje fizičke i vremenske granice. Međutim, edukacija arhitekture bi trebalo da prevaziđe ovaj pogled. Trenutno su prostorno-vremenska ograničenja neodređena, tako da se učenje može odvijati bilo gde i u bilo koje vreme. Konfiguracija formalnih prostora za učenje zasniva se na učionicama orijentisanim ka uzrastu sa ciljem prenošenja znanja i tretiranja učenika kao pasivnih potrošača. Ovi prostori ne favorizuju interakciju između učenika. Prema tome, učenje se ne može odvojiti od fizičkih i prostornih uslova u kojima se odvija, čak i ako se odvija delimično preko virtuelnih platformi. Često se dizajn ovih prostora ne zasniva na pedagoškim kriterijumima, već na drugim varijablama kao što su ekonomska ili požarna bezbednost.

### Funkcija prostora (fleksibilnost)

Cilj treba da bude pružanje mogućnosti da se aktivnosti odvijaju kroz dizajn prostora. U stvari, prilike koje pružaju prostori za učenje često se procenjuju nakon što su izgrađeni, bez mogućnosti uspostavljanja prostora za učešće ili debatu između nastavnih timova, istraživačkih grupa, studenata i dizajnera prostora. Obično se ekonomska ulaganja u izgradnju prostora za učenje amortizuju u roku od približno 50 ili 75 godina, tako da će njihova formalizacija uticati na buduće pedagoške metodologije.

Pedagoške inovacije u visokom obrazovanju direktno utiču na konfiguraciju prostora za učenje, sa prelaskom sa tradicionalnog monofunkcionalnog modela na kombinaciju formalnog i neformalnog. Tradicionalno, ovu ulogu su imali prostori kao što je biblioteka. Fleksibilnost je, dakle, jedan od osnovnih principa projektovanja edukativnih prostora, posebno imajući u vidu promenljivu dinamiku procesa učenja.

## Arhitektura i okruženje (socijalni faktor)

Jedan od ciljeva univerziteta, kao obrazovnih centara, jeste da osposobe profesionalce koji su posvećeni rešavanju društvenih problema svog vremena. Međutim, ova društvena posvećenost i poznavanje stvarnosti nisu mogući bez ljudske interakcije, a društveni kontakt mora da se desi u odgovarajućem fizičkom prostoru. Drugim rečima, stvaranje kvalitetnih prostora za učenje može doprineti poboljšanju procesa obuke i motivacije studenata i osećaju pripadnosti društvenoj zajednici, univerzitetu. Posledično se pojavljuju nove obrazovne arhitektonske tipologije zasnovane na obrascima ljudske interakcije, a ne na specifičnostima prostorne potrebe pedagoških modela. Tri osnovna principa prostornog dizajna za promovisanje društvenosti su:

- Prostori se moraju planirati na četiri skale: grad, kampus, zgrada i učionica. Rastavljanje između ovih skala dovodi do niza prostora koji pružaju različita okruženja i moguće upotrebe.
- Ljudska skala treba da bude vodilja u dizajnu prostora za učenje. Ljudi uspostavljaju afektivne odnose sa drugim članovima zajednice i materijalnim elementima. Uključivanje ljudske skale podrazumeva razmatranje kretanja tela kroz prostor.
- Stvaranje zajednice iskustvenog učenja je od suštinskog značaja za integralno usavršavanje pojedinca. To podrazumeva potrebu da se univerzitet razume kao stanište, da je prostor za organizovani suživot formiran od zajednice ljudi koji obavljaju različite, interakcijske aktivnosti. Dizajn prostora za učenje ne može se ograničiti na obrazovnu zgradu, već treba uzeti u obzir skup prostora u kampusu i gradu koji mogu upotpuniti njihovu obuku.

Aspekti dizajna prostora na jednostavan način ukazuju na glavne ideje prilikom projektovanja edukativnih prostora, kroz oblik, funkciju i okruženje. Ono što je ključno, jeste razlika u pedagogiji i načinu podučavanja i učenja nekada i sada. Prelazak sa krutih, jednosmernih odnosa i ograničenih prostora na otvorene, zajedničke, multifunkcionalne prostore bez granica. Elementi u prostoru i mogućnost njihovog pomeranja i adaptacije više nego ikad dobijaju na značaju. Kroz analizu aspekata, cilj je da razumemo koje su to potrebe i želje studenata arhitekture danas i na koji način to utiče na projektovanje ili prilagođavanje već postojećih objekata novim metodologijama.

## 3. OPIS PROJEKTA

### 3.1. Funkcionalna i prostorna logika

Brze promene društveno generisanog znanja i promene u veštinama, metodama razmišljanja i instrumentima za njihovo savladavanje, imaju direktan uticaj na preispitivanje tradicionalnog načina učenja i podučavanja studenata. Savremeni način života, vremenom dokazuje da je adaptacija, kroz prizmu modifikacije unutrašnjeg prostora, jedino ispravno rešenje kako bi se studentima omogućili najbolji uslovi za rad.

U prethodnim poglavljima ističu se jasno definisani parametri po kojima razlažemo prostor (forma, funkcija i okruženje) i način na koji se oni mogu prilagoditi zahtevima današnjice. Prostorni koncept ilustrovan u ovom radu ima za cilj da otkrije sve nedostatke postojeće

organizacije, predlažući novo rešenje koje će zainteresovati studente da provode efikasno vreme na fakultetu.

Departman za arhitekturu i urbanizam nalazi u sklopu zgrade Fakulteta Tehničkih nauka i kao deo njegove celine, ukalupljen je u već definisanu strukturu i organizaciju prostora. Promene u arhitekturi i arhitektonskom obrazovanju su toliko velike u poslednjih dvadesetak godina, da prevazilaze postojeći prostorni okvir. Postojeće stanje odlikuju krute granice i gusto zbijeni sadržaji sa jasno definisanom organizacijom elemenata. Nedovoljno prostora za cirkulaciju i razmeštaj svih aktivnosti koje su studentima neophodne, dovode do stvaranja gužve i nemogućnosti kretanja kroz hodnike.

Razmatranjem potreba korisnika prostora i mogućnosti prostorne organizacije svih sadržaja, uklanja se peti sprat i zaobljen krov objekta i dodaje se novi peti i šesti sprat, koji će uz predviđene namene doprineti kvalitetu učenja. Kroz osnovni koncept fleksibilnosti, zamišljeno je da prostori na četvrtom spratu budu predviđeni za studente, sa akcentom na međusobnu interakciju. Preko prostora za cirkulaciju, odmor i rekreaciju, do prostora za vežbe, crtaonice i studija za rad. Balans između formalnih i neformalnih prostora, nejasne granice i višeslojni prostori ukazuju na savremene potrebe učenja u univerzitetkim zajednicama. Na petom spratu fakulteta, zamišljena je formalnija raspodela prostora. Pored tradicionalno organizovanog amfiteatra, koji je neizostavan i nezamenljiv deo kulture podučavanja, nalaze se kancelarije za profesore. Intimniji prostor, jasnijih granica i strukture. Veliki deo šestog sprata namenjen je fleksibilnom i neformalnom prostoru za zajednički rad i odmor. Takođe, računarske laboratorije za slobodno korišćenje i maketarnica. Svi prostori su povezani, funkcijom i formom, stvarajući utisak istovremeno kohezije ali i potpune slobode. Kapacitet je proširen svim sadržajima koji bi trebalo studentima da olakšaju boravak na fakultetu.

#### 3.1.1 Novi programski kvaliteti

Ideja oko koje se formira ostatak prostora jeste ideja slobodnog multifunkcionalnog prostora koji se prostire na tri etaže i dostupan je svima, u svakom trenutku. Prilikom dolaska na četvrti sprat fakulteta, prvi utisak stičemo na osnovu njegove „razigranosti“ i veličine. Prostor je ograničen, tako što je obložen keramikom koja se jasno izdvaja od materijaloizacije na spratu. Ispunjen modularnim nameštajem, mogućnosti upotrebe i namene prostora su mnogobrojne. Neformalno učenje, rad, odmor, komunikacija, izložbe, organizacija događaja po potrebi... Preklapanje sa prostorom hodnika, ukazuje na dostupnost, pozivajući studente da se pridruže. U nastavku, crtaonica, prostori za rad (studio) i učionice, zamišljeni su kao prostori koji iniciraju komunikaciju i interakciju prilikom učenja. Mogućnost određivanja granica i pomeranja nameštaja po želji, čine ove prostore dostupnim za formalno i neformalno učenje. Samim tim što je organizacijom data mogućnost izbora, studenti imaju priliku da poboljšaju sam proces učenja. Sa druge strane, na petom spratu, utvrđene su jasne granice i namene prostorija. Prostori za formalno učenje i tradicionalno uspostavljen jednosmeran odnos (profesor-učenik). U nastavku, na šestom spratu se uz formalne prostore (računarska laboratorija i maketarnica), nalaze i prostori

za neformalno učenje, mesto za odmor, grupni rad i druženje. Ono što čini veliki iskorak jeste ideja da se napravi balans između prostora koji omogućavaju različite vrste učenja, formalno i neformalno, pa samim tim zadovolje potencijalne potrebe studenata.

### 3.2. Oprema

Enterijer i forme unutar njega, zamišljene su tako da stvore utisak slobode kretanja i pruže mogućnost studentima da ga oblikuju na svoj način, prema svojim potrebama. Ideja je da svi prostori budu fleksibilni, sa mogućnošću pomeranja nameštaja, koji je u većini prostorija modularan. Iz tih razloga, za pregrađivanje prostorija, koriste se zvukoizolovani klizni pregradni paneli (125x380cm), koji imaju mogućnost rotacije. Samim tim, moguće je modifikovati prostor po veličini, spajati ih ili razdvajati i od njih stvarati učionice, radionice. U lounge zoni i prostoru za odmor i hodnicima, nameštaj je modularan. La Palma garnitura, sastoji se iz nekoliko delova, koji se mogu koristiti pojedinačno, ali i u sklopu celine koju sami formiramo. U prostoru za rad i odmor, postavljene su kocke od drveta, dimenzija 60x60x43cm i 120x60x43cm, koji mogu imati različite funkcije, od saksije, prostora za odlaganje, stolice do stola za rad. To omogućava različite postavke unutar samih prostora. U ostalim prostorijama nalaze se podesivi stolovi i radne stolice, prilagođeni nameni.

### 3.3. Materijalizacija i forma

Prostorom se proteže bela boja zidova, plafona i stolarije. Podna obloga na svim etažama je ista, svetlo sivi homogeni vinil, sem u lounge zoni, gde se pod i zidovi oblažu crno-belom keramikom. Još jedan element koji dominira strukturom jeste ograda, urađena od plave metalne žice. Metalna žica se takođe koristi i kao pregradni element na šestom spratu, čime se prostor čajne kuhinje izdvaja od prostora za rad i odmor. U učionicama i studiju korišćenje su zidne tapete, kako bi prostor učinili vizuelno interesantnijim. Prostor lounge zone, radi stvaranja kvalitetnijeg mesta za predviđene sadržaje, upotpunjen je staklenom fasadom, koja omogućava vezu između okruženja i samog enterijera. Na šestom spratu, takođe, fasada je staklena i pored količine svetlosti koju pruža, stvara osećaj slobode.

Dodatno stepenište svojom formom podseća na osnovnu strukturu objekta, nadovezujući se na čvrste oblike koje formira mreža postojećih stubova. Višeslojnost arhitekture ogleda se kroz različite visine, forme i funkcije prostora i njihove povezanosti. I dok mrežasta struktura ograde i pomerljivost panela stvaraju osećaj lakoće u prostoru, bele i jake forme stubova, stepeništa i zidova, ipak prikazuju osnovnu i glavnu formu koja diktira organizaciju.

### 3.4. Osvetljenje

Korišćena rasveta rapoređena je u odnosu na potrebe i načine korišćenja prostora. U hodnicima dužinom dominiraju dve ugradne led trake, na svim spratovima. U učionicama, laboratorijama, amfiteatru i kabinetima postavljaju se ugradne led sijalice i ugradne led trake. Iznad prostora lounge zone i prostora za grupni rad i odmor na šestom spratu, postavljeni su led paneli

(135x175cm) u pravougaonoj formaciji, koji pružaju jedinstven vizuelni efekat i dovoljnu količinu svetlosti za sve aktivnosti.

U studiju, predviđeni su lusteri, koji svojom dužinom obezbeđuju rasvetu za kvalitetno radno okruženje svakog studenta.

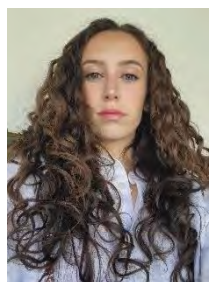
### 3.5. Zaključno razmatranje

Prezentovan rad predlaže drugačiji način shvatanja savremenog obrazovanja, načine na koji se ostvaruje, forme i funkcije koje ga odlikuju. Kroz istraživanje, zaključujemo da takva namena podrazumeva fleksibilnost, koja dalje diktira organizaciju i sadržaje u prostoru. Otvorene mogućnosti pružaju osećaj komfora, pokazujući da su student i njegove potrebe postavljeni u centar obrazovnog procesa. Lako formiranje prostorija i njihovo prilagođavanje mnoštvu namena čine ovaj prostor atraktivnijim za boravak. Takođe, zamišljeno korišćenje prostora ne bi bilo potpuno bez upotrebe modularnog nameštaja koji u svakom trenutku ispunjava traženu namenu i položaj. Ideja je da se kroz interakciju između studenata i prostora koji sarađuje sa njima, stvore najbolji uslovi za njihov razvoj. Projektom dolazimo do zaključka da je postojeće stanje departmana za arhitekturu podložno promeni i adaptaciji prema potrebama studenata.

## 4. LITERATURA

- [1] Valtonen, T. ; Leppänen, U. Hyypiä, M. Learning environments preferred by university students: a shift toward informal and flexible learning environments. *Learning Environ Res* 24(2021), 371–388.
- [2] Closs, L. Mahat ; M. & Imms, W. Learning environments' influence on students' learning experience in an Australian Faculty of Business and Economics. *Learning Environ Res* 25 (2022), 271–285.
- [3] Erkin, E; Soygenis, S. Experiencing the Space: Informal Learning Environments in Architecture Education, *Boğaziçi University Journal of Education*, vol. 31 (1), 82-84.
- [4] Moreno, J. ; Franquesa J. Architecture learning environments: Pedagogy and space in the Universitat Politècnica de Catalunya's Sant Cugat Campus, *Computer Applications in Engineering Education*, volume 31 (2023): 1608-1632.

### Kratka biografija:



**Sara Vukoje** rođena je u Novom Sadu 1997. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz Arhitekture odbranila je 2024.god.



**ИСТРАЖИВАЊЕ БРУТАЛИСТИЧКОГ АРХИТЕКТОНСКОГ ПРАВЦА НА  
ПРИМЕРУ ИСТОЧНЕ НЕМАЧКЕ**

**RESEARCH OF BRUTALISTIC ARCHITECTURAL DIRECTION ON THE EXAMPLE  
OF EAST GERMANY**

Никола Јерковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – АРХИТЕКТУРА**

**Кратак садржај** – Променом архитектуре града, стамбеног простора и јавних површина, мења се и стил живота људи, њихова свест и укус. Све то заједно доводи до промене потреба појединца, његових измењених афинитета и укуса. Човек на другачији начин посматра предмете око себе и анализом једног архитектонског правца насталог после Другог светског рата, названог брутализам, наследника модернизма, и анализом модела аутомобила, у овом случају аутомобила источне немачке марке „трабант“, анализираће се и сагледавати животни циклус стамбеног простора, временског периода и предмета у њему. Предмет рада биће анализа зграда које су настајале у оквиру брутализма – архитектонског правца, а које су изграђене на територији Источне Немачке. Овим радом се, такође, скреће пажња на повремену површност људи у приступу употребним предметима, па се тако лако дозвољава да неки скоро безвремено производи, понекад суровом оценом релевантних критичара у датом моменту, постају веома брзо симболи некавалитетне робе. Покушаће се наћи одговор на питање зашто се олако дозвољава човеково повиновање предрасудама, потрошачком друштву и циклчним модним трендовима, и да ли све заједно, једно произилази из другог и једно иницира друго и да ли се све врти у једном зачараном кругу. „Трабант“ представља персонификацију једног људског друштва и диктираних промена и циклуса у њему.

**Кључне речи:** архитектура, урбанизам, брутализам, култура становања, аутомобил

**Abstract** – The car, as the backbone of this work, becomes a prism through which scientific observations, attitudes and parallels will be refracted related to the topic of the lifestyle of an individual in a certain social order. The choice of social order in this paper is related to the East German car brand "Trabant", which is synonymous with a time, society and lifestyle formed in it. A policy that leads to a change in the complete structure of society, which then entails a change in political and state boundaries within which new architecture, urban solutions are formed, adapted to the new situation, then remodeled public and residential space that dictates a new culture of living or everything reversed, will be

questions which are the topics of this paper and which will be tried to be seen and answered through this research. This work also draws attention to the occasional superficiality of people in their approach to useful objects, so it is so easy to allow some almost timeless products, sometimes with the harsh assessment of relevant critics at a given moment, to quickly become symbols of low-quality goods. An attempt will be made to find an answer to the question of why people's compliance with prejudices, consumer society and cyclical fashion trends is easily allowed, and whether all together, one thing arises from the other and one initiates the other and whether everything revolves in a vicious circle. "Trabant" represents the personification of a human society and dictated changes and cycles in it..

**Keywords:** architecture, urbanism, brutalism, housing culture, car

**1. УВОД**

Кроз историју човечанства, људске потребе су се мењале, расле, еволуирале и пратиле свеобухватни развој човека. Од човека који је живео у складу са природом, користећи њене ресурсе и благодети, поштујући природне законе, човек полако еволуира у господара свог окружења који прети да природу уништи својим развојем и деловањем.

Политичка дешавања, превирања и сукоби, мењају границе држава, мењају архитектуру градова, начин и стил живота, стил градње стамбених објеката, просторно планирање јавних површина, однос према људима и употребним предметима.

Човек ствара производе који му олакшавају живот, али његове егоистичне и мегаломанске потребе искачу из оквира које сама природа може да подржи и прати. Човек руши, гради, мења изглед и функцију простора... Зиде нове објекте, ствара нове употребне предмете.

Човек прилагођава стамбени простор својим потребама, покушава да усклади и направи баланс између недостатка простора и потребе за што већим бројем стамбених јединица. Тражи начин да премости економску кризу и дефицит потребног материјала за градњу објеката и употребних предмета замењујући их мање скупим заменским компонентама.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Саша Медић, доцент.

## 2. ПОЈАМ БРУТАЛИЗМА КАО АРХИТЕКТОНСКОГ ПРАВЦА

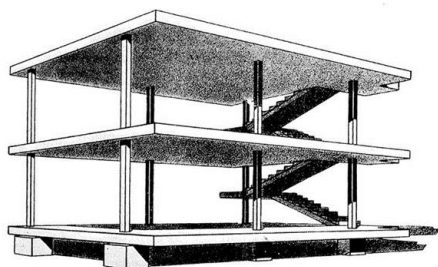
Брутализам је архитектонски правац који је цветао од 1954. до 1970. године, а назив је добио од француске кованице "бетон брут", што значи "груби" бетон. [1] Појам је први употребио француски архитекта Ле Корбизије како би описао ливени бетон с видљивим траговима оплате, коришћен у већини његових пројеката који су ницали након рата. Термин је почео масовно да се користи тек након објављивања књиге Рејнера Банама, Нови брутализам (*Reyner Banham, The New Brutalism: Ethic or Aesthetic?*) [2] која описује нови стил, а нарочито се фокусира на зграде које су ницале у Европи. Много је оних који брутализам и данас доживљавају као анти-људско – због величине грађевина, сивила, распореда просторија, и тврде да бетонски зидови с оживљима који су настајали током градње чине да се осећају у њима нелагодно и неудобно. Код других опет, ове бетонске куле стварају осећај моћи, будући да их подсећају на футуристичке тврђаве које у себи спајају најбоље из историје човечанства.

Истина је да брутализам асоцира на склоништа, совјетску еру, на градитељство земаља источног блока, али се многи слажу да је бетон грађевински материјал који ће своје место имати и у будућности.

## 3. РАЗЛОЗИ ЕКСПАНЗИЈЕ БРУТАЛИЗМА КАО АРХИТЕКТОНСКОГ ПРАВЦА СРЕДИНОМ 20. ВЕКА

Двадесетих година прошлог века се на бетон гледало као на материјал који је променио свет. Чинило се да захваљујући њему у градњи нема ограничења. Бетон је био свуда: у мостовима, на улицама, шеталиштима, стамбеним зградама. Омогућио је изградњу објеката који су нудили смештај за до тада незамислив број људи, те су га волеле владе широм света – посебно совјетска. Филозофски посматрано, бетон је у том тренутку виђен као „искрен, скроман материјал који се не крије иза слојева фарби и украсних фасада“ [3]. Схватање бетона као „искреног“ материјала стајало је насупрот буржоаским тежњама у модернизму. Након Другог светског рата многи су остали без крова над главом.

Велика разарања су донела нову и јачу жељу за животом и будућношћу, што се одразило и на градњу. Архитекте су се окретале другачијим материјалима и формама. Тако се створило плодно тле за развој брутализма, који се први пут помиње у Великој Британији. Највећу популарност ипак стиче у земљама некадашњег Источног блока, где се и данас могу видети грубе бетонске грађевине невероватних размера.



Слика 1. Дом - ино

## 4. ИСТОРИЈСКЕ ПРИЛИКЕ КОЈЕ СУ ДОВЕЛЕ ДО РАЗВОЈА БРУТАЛИЗМА У ИСТОЧНОЈ НЕМАЧКОЈ

Политичко уређење успостављено од стране Совјетског Савеза вишеструко је утицало на формирање стила живота становника Источног Берлина. Са Источне стране Берлинског зида одвијао се живот омеђан бетонским блоковима, у скученим социјалним становима, у једноличним високим небодерима [4].

Свест становника калупљена је и ограничавана, како идеологијом, тако и самим животним простором.

Зашто се јавила потреба за оваквим видом градње? Да ли је у питању економски моменат, недостатак простора или идеологија која је пропагирала скромност, једнакост и једнообразност? Мишљења смо да су сви ови елементи били међусобно проткани и да су сви заједено чинили важан скуп који је довео до периода када су се архитекте одлучиле за овај вид градње и уређења стамбених јединица. Већ 1920-их, људи у Берлину су експериментисали са монтажним деловима, бетоном и новим методама градње и били су испред свог времена у области стамбеног развоја. Баухаус и Нова објективност утицали су на архитектонску револуцију, коју су зауставили нацисти и рат.

Након завршетка рата, Берлин је био разрушен град. Зграде су великим делом биле уништене. Појавио се велики недостатак животног простора и људи нису желели да се врате у загушљиве стамбене зграде са мрачним двориштима, пећима на угаљ и спољним тоалетима.

Модерна архитектура била је прави одговор у датом моменту који је могао да понуди брзо и економски прихватљиво решење за новонасталу тржишну потражњу за што већим бројем стамбених објеката на малом простору. Монтажне, бетонске зграде биле су решење за овај проблем у Берлину.

## 5. СТИЛ ЖИВОТА СТАНОВНИКА ИСТОЧНЕ НЕМАЧКЕ СРЕДИНОМ 20. ВЕКА

Хладни рат оставио је велике последице и раслојавање код једног истог народа који је везивала иста култура, историја, обичаји, а који је различит режим поделио, са једне стране, једнопартијски социјализам, а са друге либерална демократија. Шта су резултати политичког и економског експеримента у Немачкој?

Кроз које све сфере друштва можемо посматрати разлике међу становницима Источне и Западне Немачке?

Да ли су то економске, социјалне, идеолошке, породичне, васпитне, уметничке, културолошке... Са свим овим набројаним категоријама, а има их још, могли би се позабавити разни стручњаци који би сигурно дошли до различитих закључака и резултата, али сваки од тих резултата међусобно је повезан и проткан кроз све сфере живота и све заједно чини стил живота који су изградили становници Источне Немачке, свесно или несвесно, под спољашњим утицајем наметнутог им режима.

Да ли су становници Источне Немачке били заробљени у својим животима као актери представе

„Рез“, немачког редитеља Томаса Остермајера, унутар једне велике, металне кутије, чији се „поклопац“ спушта између сцена, ефектно сугеришући драстичну ограниченост живота ликова, али и битну метафоричност основне драмске ситуације – заробљености у застрашујућем политичком експерименту. Или су становници Источне Немачке били заробљени у великим бетонским грађевинама, питање је сад [5].

## 6. АУТОМОБИЛ „ТРАБАНТ“ КАО ОКОСНИЦА РАДА

Трабант је аутомобил који је био најчешће возило у Источној Немачкој, а масовно је извожен у земље комунистичког блока, али и ван њега, у Холандију, Грчку, Велику Британију, Белгију, Југославију, па чак и неке земље Африке. Прототип се појавио још 1954. године и у част лансирања првог совјетског сателита у свемир, аутомобил је добио руско име Спутник, односно немачко „трабант“ [6].

Производио се од 1957 - 1991. године. У време увођења у производњу, главне предности су му биле солидан простор за смештај четири одрасле особе и пртљаг у компактној, лакој и издржљивој каросерији, брзина и трајност. Временом је у колективној свести постао симбол Источне Европе.

Иако је аутомобил био изузетно популаран у целом источном блоку, у СССР-у је био реткост јер фактички није постојао извоз у његове републике. Међутим, тамо где се појавио, „трабант“ је имао велику популарност.

## 7. РЕВИТАЛИЗАЦИЈА БРУТАЛИСТИЧКИХ ЗГРАДА У ИСТОЧНОЈ НЕМАЧКОЈ

Промене се дешавају. Појавом друштвених мрежа и савремених технологија брутализам добија нови имиџ. Брутализам доживљава једну врсту ренесансе, али више у онлајн свету него у реалности. Веома мали фонд објеката је у реалности ревитализован, и бетонска насеља и даље остају симболи сиромашнијег дела становништва и перципирају се као небезбедни (на пример Секондиљано у Напуљу као можда најекстремнији пример).

Берлински Сенат жели да изгради око 200.000 станова до 2030. године. Почетком године нова савезна министарка грађевинарства Клара Гејвиц најавила је да жели да реши све већи недостатак стамбеног простора „серијском градњом“. „Да бисмо убрзали процес, покренућемо моделе за серијску конструкцију“, рекла је Гејвиц у интервјуу за радио станицу „Бајерн 2“. То је прилично изненађујући повратак. Не тако давно су неки монтажни објекти демонтирани због неискоришћености, како кажу урбанисти. Другим речима: срушени су.

Животни циклуси се понављају. Историја се понавља. Нарочито у Берлину, историја нам говори много о томе каква би могла бити будућа одрживост ове врсте зграда.

Брутализам добија нову шансу. Многи уметници, фотографи, увиђају „фотогеничност“ бруталистичких објеката и ове зграде постају врло често главни актери Инстаграм постова.

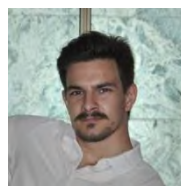
## 8. ЗАКЉУЧАК

Пракса нам говори да су бруталистичке зграде паметно осмишљене, врхунски функционалне, са одлично испланираним, како ентеријером, тако и спољашњим заједничким простором. Ово су зграде које омогућавају суживот великог броја људи, на релативно малом квадратном простору, што имплицира и доводи до неминовности сусрета, корелација и интеракција међу људима. Како мотивисати људе да се врате овим зградама и да ли ће нови друштвени естаблишмент који ће постати звезда водиља нових трендова отворити пут ка инвестирању у брутализам, време ће показати, а на нама је да само сачекамо одговор.

## 9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Брутализам је архитектонски стил модерне архитектуре који се нарочито развијао средином 20. века. Википедија. ( 2023, Јануар 15.). Преузето са <https://sr.wikipedia.org/wiki/>
- [2] Рајнер Банам, енглески архитекта (1922-1988). Википедија ( 2024, Јануар 5). Преузето са [https://en.wikipedia.org/wiki/Reyner\\_Banham](https://en.wikipedia.org/wiki/Reyner_Banham)
- [3] Живановић, М. (2021, јул 7). Brutalizam u Beogradu: Ljubav prema betonu. Преузето са Главне: <https://www.glavne.com/brutalizam-u-beogradu-ljubav-prema-betonu/>
- [4] Миливијевић, У. (2016). Други светски рат-велики илустровани водич, Београд, Србија: Дата статус.
- [5] Митровић, Н., ( 2022, март 5 ). Историја, Гвоздена завеса и Хладни рат – Метафора која је поделила Исток и Запад. Преузето са <https://www.bbc.com/serbian/lat/svet-60620298>
- [6] Википедија. ( 2022, новембар 13 ). Трабант. Преузето са <https://sr.wikipedia.org/sr>

### Кратка биографија:



**Никола Јерковић**, рођен је 25.01.1996. године у Новом Саду. Дипломски рад из области Архитектура и урбанизам, са темом „Детектовање проблема поделе историјских стамбених кућа подужног типа у Војводини и изналажење архитектонског решења“ одбранио је на Факултету техничких наука 2022. године.

контакт: jerker.niki@gmail.com

**SEKVENCE TRANZITIVNIH PROSTORA KJOTA****SEQUENCES OF TRANSITIONAL SPACES OF KYOTO**Marija Petrović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ARHITEKTURA -**

**Kratak sadržaj** – Predmet istraživanja su ključne sekvence tranzitivnih prostora unutar bogatog urbanog i arhitektonskog pejzaža Kjota, kroz duboko uronjenje u tri različite tipologije: tradicionalne japanske kuće (*machiya*), šintoistička svetišta i Kjoto glavnu voznu stanicu. Svaki od ovih prostora nudi jedinstveno sočivo kroz koje se mogu istražiti višestruki odnosi između ljudi i njihovog izgrađenog okruženja i prirodnog sveta, uokvirenog u širi kontekst istorijskog i kulturnog tkiva Kjota.

**Ključne reči:** tranzitivni prostori, sekvence, prostorna percepcija, identitet i ideologija grada Kjota

**Abstract** – The paper researches key spatial sequences of transitive spaces. Comprehensively exploring the nuanced dynamics of transitional spaces within Kyoto's rich urban and architectural landscape, through deep immersion in three distinct typologies: traditional Japanese homes (*machiya*), Shinto shrines, and the architectural marvel of Kyoto Train Station. Each of these spaces offers a unique lens through which to explore the multiple relationships between people, their built environment, and the natural world, framed within the larger context of Kyoto's historical and cultural fabric.

**Keywords:** transitional spaces, spatial sequences, perception, identities and ideology of the city of Kyoto

**1. UVOD**

Prostorne sekvence Kjota su čovekomerno dizajnirane za udobnost, pogodnost i protok. Iako je po proceni Biroa za planiranje grada Kjoto, grad od preko milion i 400 hiljada stanovnika izuzetno je očuvana razmera na nivou čoveka, tačnije pešaka. Tako da je tema prohodnosti, pešačke staze, tranzitivnih, spojnih iliti razdvojenih prostora, nešto što se ističe kao ključni doživljaj. Japanski grad je potrebno posmatrati kroz prizmu arhitekture kao metafore za kulturu. Postavljanjem pojmova tranzitivnih prostora sa prostornom percepcijom nevidljive arhitekture u jukstapoziciju, objašnjene su karakteristike i efekti tih specifičnih prostora Kjota. Kroz takvo israživanje dolazi se do razumevanja utkanog arhitektonskog identiteta grada koji se izražava svuda: u podovima, rukohvatima, biljkama, stepeništima, prolazima, zvucima, mirisima...

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio vanr. prof. dr Igor Maraš.

Samim tim se na skali grada, sve ponovo slaže u svojevrsni matriks, koji nosi istoriju prvobitnog grada Heian-kyō koji je bio uređen u skladu sa tradicionalnim kineskim feng šui principom, po uzoru na drevne kineske prestonice Chang'an i Luoyang. Kjoto po svojoj organizaciji i istrajnosti u estetici, zahvaljujući zakonima i željom za prezervacijom, čuva identitet saglasne istorijske prestonice. Čineći ga savršeno ubedljivim primerom za proučavanje u oblasti arhitekture i urbanizma.

**2. POJMOVI I TERMINOLOGIJA**

Prostorne sekvence mogu karakterisati prostore koji nisu nužno u snažnoj relaciji, kao na primer vijadukt koji se proteže iznad pešačke zone, bez ikakve spone i funkcionalnog relacijskog odnosa između ova dva prostora. Dakle ovaj rad se bavi sa doživljajem i karakteristikama prostora, ali i vezi sa prostorima međusobno i vezi čoveka i prostora. Ključna tema su različite sekvence istog prostora, koje se ispoljavaju konstantno ili uslovljeno vremenom i kretanjem.

U svom konceptualnom obliku 間 „Ma“ znači osećaj mesta u vrlo nehomogenom smislu. Iako se ne koristi isključivo u arhitekturi, "Ma" se odnosi na interval/prostor između objekata ili događaja i predstavlja kritičan koncept u razumevanju japanske estetike, uključujući arhitekturu. „Ma“ se može posmatrati i u smislu fizičkog prostora i vremenskog iskustva, naglašavajući važnost praznina, pauza i prelaza u oblikovanju iskustava i značenja. Odražava svest i uvažavanje prostora između, za koje se smatra da imaju isti značaj kao i sami primarni prostori. Bliski pojam jeste 隙間 (*sukima*) koji znači jaz, ali se često prevodi kao ostatak (eng. residue, leftover), čak se i u tom „pogrešnom“ prevodu vidi drugačiji doživljaj. Ono što je na Zapadu talog, ostatak, nezbrinuti prostor, u Japanu je važan katalizator koncepta, smisljena praznina je cenjena.

Fenomen tranzitivnih prostora je česta tema u arhitektonskoj literaturi. Tranzicija – stanje između, u arhitekturi je definisana kao povezujući prostor između dva ograničena prostora. Može se reći da predstavljaju sekundarne prostore, međutim arhitektonski prostor je nepotpun bez tranzitivnih prostora. Planiranje i izgled povezujućih prostora kao što su hodnici, atrijumi i stepeništa neophodni su pri projektovanju većine objekata. Procenat ovih prostora može zavisiti od funkcije i vrste zgrade. Njihova funkcionalnost takođe varira u skladu sa odgovarajućim zahtevima zgrade ili očekivanjima korisnika. Ovi prostori mogu stvoriti veze koje mogu biti nosioci koncepta, funkcije, ali su i korisni u smislu

estetike i identiteta. Arhitektura nikada ne može biti zatvorena u potpunosti.

Kako bi se suzio opšti kontekst razumevanja tranzitivnih prostora i definisala struktura ovog rada, klasifikovane su tri glavne tipološke kategorije analiziranih objekata. Podela je nastala uvrštavanje nekoliko postojećih iz teorije opšteg konteksta i referentnih istraživanih dokumenata i literature, svedena samo na one koje su u ključnom odnosu sa tranzitivnim prostorima. Japanski gradovi su vrlo policentrični, gde su vozne stanice centri. Žiža grada, najvažniji objekti, ili „popularna“ mesta su upravo u blizini poznatih stanica. Ne postoji ono što mi nazivamo „javni gradski trg“ ili „centar grada“. Do te mere je ovaj termin nevažan da ne postoji japanska reč za trg u pravom smislu njenog značenja. Termin 広場 hiroba (hi „široko“ ba „mesto“) je nešto najbliže tom značenju, ali su ovakvi prostori stvarani primarno za potrebe evakuacije u slučaju klimatske nepogode, a ne radi potreba društva. Samim tim nije najveći uspeh imati recimo resoran u centru grada (jer nema jedinstvenog centra), već u blizini relevantne i/ili velike stanice. Dakle, tri tipa objekata o kojima se ovaj rad bavi su:

1. Tipologija stanovanja – tradicionalna japanska kuća, machiya
2. Tipologija sakralne arhitekture – japanski hram
3. Tipologija transportnih prostora – vozna stanica

### 3. KOCEPTUALIZACIJA PROSTORA KJOTA KROZ PRIZMU IDEOLOGIJE PRAVACA

Da bismo razumeli važnost tranzitivnih prostora Kjota, neophodno je takođe zaći u ideologije o pravcima. Dakle krucijalna je i linija kretanja ili pravac (geografski ili misaoni) iz koga se pristupa tranzitivnom prostoru. Na taj način, možemo bolje razumeti i kakva je priroda svetova u koje se ulazi i iz kojih se prelazi. Istorijski osvrt na formiranje grada Kjoto, pruža razumevanje o dubokoj ukorenjosti ideologije pravaca u organizaciju Kjota.

U Japanu, severoistočni pravac je poznat kao kimono 鬼門 u direktnom prevodu "demonaska kapija". Dijagonalno je suprotan od urakimono 裏鬼門 jugozapadnog pravca čije značenje je najpovoljnije. Kimono 鬼門 verovanje potiče iz kineske geomatike, odnosno feng šui principa, po čemu iz tog pravca dolaze zli duhovi i negativne energije. Tako da se prilikom projektovanja gotovo nikad ne stavlja ulaz na severnoistočnoj strani. Kasnije se ovo verovanje razvilo unutar tradicionalne japanske kosmologije Onmido (陰陽道), sistema proricanja nastalog pod uticajem taoizma, budizma i šintoizma.

Nakon nasilnog odvajanja hramova i svetilišta koje je naredila nova vlada, veza između dve religije, budizma i šintoizma, je bila zvanično prekinuta, ali je ipak nastavljena u praksi i danas. Jedan rani pokušaj da se pomiri obožavanje Kamija (Bog u šintoizmu) i budizam učinjen je u 8. veku tokom perioda Nara sa osnivanjem takozvanih junguji 神宮寺 ili „hramova svetilišta“. Verovalo se da je upotreba budističkih religioznih predmeta u šintoističkom svetilištu neophodna pošto su Kami bila izgubljena bića kojima je bilo potrebno oslobođenje pomoću Budine moći. Smatralo se da je Kami podložan karmi i reinkarnaciji poput ljudskih bića,

a rane budističke priče govore o tome kako su monasi lutajući preuzeli zadatak pomoći napaćenom Kamiju. Kada govorimo o zen budizmu u japanskoj arhitekturi Kjota, moramo spomenuti i Rjoandi hram 龍安寺 (Ryōan-ji) i njegovu karesansui 枯山水 (kamenu baštu) koji su prvobitno i izazvali „bum“ zen budizma na zapadu. Naročito nakon posete kraljice Elizabete II u maju 1975. godine. Čarolija u zen momentu postojanja i tome da sedeći, sa platforme ne možemo izbrojati svih 15 kamenja u jednom pogledu i jednom momentu ove kamene bašte. Iako je prvobitni koncept Rjoandi zen hrama, ostao misterija, čini se da je nagovešten kroz "Tsukubai" 蹲踞. Kamena česma sa znakom 口 (kuchi, usta, otvor) u sredini koji spajanjem sa ostala četiri radikalna dela stvaraju reči: 吾(ware), 唯(tada), 足(taruwo), 知(shiru), u prevodu „ja“, „spoznajem“, „samo“, „radi zadovoljstva“ sugerišući da je pravo duhovno ispunjenje zena kroz spoznaju zadovoljstva umesto čežnje.

Arhitektonski stil iznedren umetnošću radi rezidencije plemstva je Šinden-zukuri (寝殿造). Arhitektura ovog stila istaknuta je po svom naglasku na simetriji i korišćenju otvorenih prostora za stvaranje okruženja dokolice i elegancije. Reč šinden po kojem stil nosi ime predstavlja centralnu salu koja je služila i za primarni i za ceremonijalni životni prostor. Koncept jugen (幽玄 Yūgen) se razvio u Heian periodu i integrisan je duboko u tradicionalnoj japanskoj estetici i filozofiji, kao i uticajima zen budizma. Može se reći da ovaj koncept predstavlja imaginarni demarkacijski tranzitivni prostor koji može biti lociran bilo gde a unutar koga dolazi do zastajanja pre nego što se „konzumira“ sugerisana lepota. Dakle prostor koji omogućava unutrašnje razumevanje prefinjenosti onoga što još uvek nije eksplicitno otkriveno.

### 4. GENERATORI SEKVENCI TRANZITIVNIH PROSTORA KJOTA

Pored planiranih prostornih sekvenci, poput koncepta Ma, postoje i one koje se javljaju usled uticaja čovekove percepcije, pokreta, narativa ili usled vremena. Ovakva podela je, zapravo, samo trik. Jer ne postoje izolovani generatori prostora. Recimo, neki percepcioni generator je takođe i vremenski. Kretanje ili pokret kao prostorno i vremensko iskustvo u komunikaciji sa izgrađenim prostorom donosiće narative za čije razvijanje je potrebno, opet, vreme. Preciznije bi onda, možda, bilo reći katalizatori za nastanak sekvenci tranzitivnih prostora, time bi se stekao utisak kao da je reč o pojačivačima, što nije nužno slučaj. Generatori u svojoj suštini predstavljaju element, princip, proces, konceptualni ili kontekstualni uticaj koji značajno utiče na kreiranje, formalizaciju, organizaciju i/ili percepciju prostora.

#### 4.1. Kretanje kao generator sekvenci tranzitivnog prostora

Kretanje i pokret generišu tranzitivne sekvence unutar linije kretanja. U Kjotu bogatom tradicionalnim japanskim baštama može se doživeti potpuno nadahnuće upijanjem prizora projektovanih staza. Ruta je uvek

isplanirana i počinje sa ulaskom i skretanjem na levu stranu, u smeru kazaljke na satu obilaze se ključne tačke vizure, prelaze mostovi i nastavlja uz željenu pauzu na prostorima osmišljenim za kontemplaciju. Ideja je da se stvori putovanje koje se odvija po definisanom enfiladnom redu. Vrlo često, nije moguće vratiti se rutom unazad. Takve tradicionalne bašte se nazivaju „baštama za šetanje“ (回遊式庭園, kaiyū-shiki-teien), a staze gotovo nikada nisu direktne, već krivudajući otvrajući najlepše kadrove, pritom otvarajući narative stvaraju naročite emotivne utiske.

#### 4.2. Vreme kao generator sekvenci tranzitivnog prostora

Spacijalne sekvence su vrlo osetljivi prostori, bilo kakva promena okruženja ili posmatrača, menjaće samu sekvencu i njen doživljaj. Kako je već to mnogo puta pominjano, težnja Japana da ostane povezan sa prirodom je vrlo snažna, ona se ogleda u svim segmentima života. Četiri godišnja doba, svakako da su, neiscrpna tema kada govorimo o Japanu. Neosporno je da vreme utiče i na kontekst i na subjektivni doživljaj, pa i na prostor. Može nas navesti na promenu upotrebe natkrivene staze tokom leta u otvorenu osunčanu stazu tokom zime, radi prijatnije šetnje. Po rečima Tojo Ita zgrade su poput odeće: one takođe pružaju identitet. Baš kao što i odeća može biti promenljiva, tako i arhitektura može menjati svoj identitet u zavisnosti od konteksta.

#### 4.3. Norme i narativi kao generatori sekvenci tranzitivnih prostora

Da je sloboda jednaka disciplini je opšte poznati kliše. Datira i ranije od grčkog stoicizma drevnih filozofija, a pronalazi se i u budizmu kao praksa discipline koncepta „Sila“, koji se smatra suštinskim za oslobađanje od patnje. Međutim, šta se desi kada upravo ta disciplina postane patnja? Jedan takav primer jesu zabrane u parkovima koje su nacionalno široko rasprostranjene. Park se gotovo isključivo koristi za šetnju, sa vrlo limitiranim brojem klupa ili organizovanih aktivnosti. Ni sami Japanci nisu sigurni zašto je to tako, pa se na lokalnim televizijama postavljalo isto pitanje i otvorila diskusija:

「NGばかりの社会“禁止大国”日本なぜ？」 Zašto je Japan takva elektrana zabrana sa mnogo NG (no good) društvenih zabrana? Ne sme se voziti skejtbord, ne smeju se dovoditi drugi ljudi van distrikta, smeće ponesite sa sobom! (u Japanu ne postoje kante za otpatke). Inspirisani situacijom zabrana, projektovan je eksperimentalni Šintojo park u kojem može da se radi, sve što je inače zabranjeno. Tako da je je morao biti promovisan kako bi se objasnila ideja ovog koncepta „buduće normalnosti“. Kako bi se ideja približila javnosti, objavljena je i knjiga „Kako koristiti Šintojo park“.

### 5. ANALIZA ILUSTRATIVNIH PRIMERA

Koristeći se principima, analizama, podelama i metodama iz prethodnih segmenata ovog rada, analizirani su reprezentativni primeri tri tipologije objekata. Koristeći se specifičnim tranzitivnim prostorima ovih objekata i njihovim okružujućim kompleksima, definisane su i objašnjene, spacijalne sekvence unikatne svakom od njih.

#### 5.1. Tipologija stanovanja – tradicionalna japanska kuća

Gradska kuća rezidencije porodice Hata

Porodična rezidencija Hata je klasičan primer "mačije" (町家, machiya, machi „grad“, ya „kuća“), koje su tradicionalne japanske gradske kuće širom Japana, ali koje su posebno očuvane u gradovima poput Kjota u Gion disktriktu i u Naramachi disktriktu u Nari. Meštani ove kuće nazivaju Unagi no nedoko ウナギの寝床, spavaće sobe jegulja, jer iako imaju malu fasadu okrenutu ka ulici, iza su zapravo dugačke i uske – prosečna parcela je manja od 5,4 m šrine, ali četiri puta dublja. (oko 20 m) pa se proteže od ulične linije do kraja zadnje bašte. Razlog za ovaj dugačak, uski oblik leži kako u činjenici da se porez na zemljište obračunavao na širinu fasade kuće, tako i u inherentnoj želji meštana da imaju vizuru na ulicu spolja.

Genkan (玄関) je tradicionalni japanski ulazni prostor unutar zgrade, koji služi kao tranzitivni prostor između spoljašnjosti i unutrašnjosti. To je mesto gde se skidaju cipele, označavajući jasnu granicu i prelaz iz polu-javnog u privatno područje.

Prozori kao tipični tranzitivni prostori radvajaju javne od privatnih prostora, omogućavajući ulazak svetlosti, otvaranje vizura, ventiliranje prostora. U savremenom obliku prozora, oni sadrže jednu sekvencu, odnosno staklo kao prostorno sredstvo razdvajanja. Ono što čini koši (rešetkaste) prozore intrigantnim jeste postojanje dve sekvence. Prva je tradicionalno predstvaljala tanak papir napremljen od pirinča, koji je korišćen takođe za šodi zidove, a kasnije u savremeno doba zamenjena mlečnim staklom, dok je druga sekvenca vertikalna pokrivka u vidu drvenih letvica.

#### 5.2. Tipologija sakralne arhitekture – japanski šintoistički hram

Fushimi Inari Taisha

Atmosfera unutar hrama, čak i kada planinom šeta na hiljade i hiljade turista je uvek vrlo gusta i tiha, iako su najpre privučeni vizuelnim iskustvom, posetiti je zapravo putovanje kroz pomno dizajniran pejzaž koji spaja verski značaj sa prirodnim lepotama. Svetilište, koje je osnovao klan Hata u 8. veku, bilo je centralna lokacija za obožavanje Inarija, sa oko 40.000 Inari svetilišta širom Japana danas.

Fušimi Inari Taiša, sa svojom kulturnom sandō (prilaznom putanjom) a onda i putanjama unutar hrama obloženim hiljadama kapija od crvenog torii rama, je mesto prožeto istorijom i spiritualnošću sa upornošću i mudrošću kao okosnicama koncepta verovanja. U svom osnovnom obliku sandō podrazumeva jednostruku popločanu pristupnu ulicu, predpriču. Početak ulice je obeležen torii kapijom, koja simboliše blizinu hrama. Na kraju sandōa nalazi se ponovo torii kapija koja simboliše ulazak u glavnu zonu hrama. U slučaju Fušimi Inari Taiša hrama, sandō ima dva kraka, iz prostog razloga što postoje dve vozne stanice koje vode do hrama. Krak JR stanice je zapravo glavni sandō put iz razloga što se Prva (glavna) torii kapija nalazi na kraju tog kraka. JR krak je očišćen

od komercijalnog sadržaja i zadržava svoju prvu i osnovnu funkciju tranzitivnog prostora, prelaska iz svakodnevnog u spiritualni svet. Sa druge strane Keihan krak je preuzeo ulogu komercijalnog sandōa, koji nudi banalne suvenire, slatkiše, festivalsku hranu i brza zadovoljstva.

### 5.3. Tipologija transportnih prostora – vozna stanica

Kjoto glavna vozna stanica

Ekonomski procvat nakon 1970-ih uveo je veliki naglasak na urbani razvoj pozajmljen od Zapadnih ideala, poboljšavajući urbane pogodnosti. Ipak, javno ponašanje prema ovim pogodnostima ostalo je slično prethodnom dobu, sa osetljivošću na korišćenje i vlasništvo koje je izazvalo akutne reakcije na teritorijalnost u urbanom pejzažu.

Čini se da je jedan od pokušaja da se razbije ta strogoća u japanskom izrazu arhitekture i stvori jedna potpuno fluidna otvorena hibridna struktura bila upravo izgradnja Kjoto vozne stanice.

Pored stepenišnih prostora, eskalatora i rampi koji su tipični tranzitivni prostori u zgradi Kjoto Stanice nalazi se i zastakleni tunel koji otvara vizuru do prizemlja. Odatle stepenište zapadnog krila objekta se može sagledati u potpunosti. Pored eskalatora, za koje se čini da su Stairway to Heaven, nalazi se i stepenišni krak od prizemlja do samog krova zgrade. Tokom večernjih časova to stepenište postaje platno za svetlosne projekcije, deca i odrasli pre odlaska na svoj voz odlaze da gledaju spektakl. Definitivno da su ovi prostori u mnogome ono što Meta Hočevar naziva prostorima igre. Specifično, međuprostorima punim napetosti, oni prostori koji izazivaju, gone priču, neukrotivi i puni snage.

Odmah pored Kjoto stanice, nalazi se još jedan reper arhitekture Kjota. U dijalogu između ova dva objekta, Kjoto stanice i Kjoto tornja, osim refleksije pojavljuju se i kratkoročne sekvence vizura uramljenog Kjoto tornja. Rascepi na zgradi Kjoto stanice, savršeno uramljuju Kjoto toranj.

## 6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U zaključnim razmatranjima ovog rada potvrđuje se osnovna teza da su zamršene veze između prostornih sekvenci tranzitivnih prostora sa potrebama i percepcijom ljudi, kulturom i međusobnom interakcijom. Analizirani ilustrativni primeri od tradicionalne japanske kuće porodice Hata do projekata velikih razmera kao što su svetište Fušimi Inari Taiša i modernog arhitektonskog hibrida Kjoto stanice, reflektuju bogat sistem koncepata, pravila i misli kojom je kreirana japanska arhitektura, naročito se koristeći konceptom Ma (間). Negativni prostor pogodan za kontemplaciju, koncept vremena i prostora, univerzalni princip koji daje prostorima novi dah.

Kroz primer tranzitivnih prosora tradicionalne japanske kuće, uočavamo kako misao formira arhitekturu, uz potrebu za prostorima poput genkanka, koji su prelazni prostori sa osnovnom konceptualnom idejom o poštovanju, čistoći i granici između unutrašnjeg i spoljašnjeg sveta.

Fušimi Inari Taiša, sa svojim kulturnim sando i torii kapijama, predstavlja drugačiji aspekt prelaznih prostora, onaj koji prepliće fizičko kretanje sa duhovnim putovanjem. Čin prolaska kroz torii kapije postaje metafora za ličnu transformaciju, odražavajući šintoističko verovanje u propustljivost između fizičkog i duhovnog carstva.

Uočava se da se svaka prostorna sekvenca ogleda u celini, a konceptualnost grada Kjota prateći paradigmatičnu tradicionalnost, kroz unikate principe se razvija u nove i drugačije prostore. Uzmimo za primer prelazne prostore staklenih hodnika Kjoto stanice, koji ne samo da vode korisnike prostora do njihove destinacije, već im dozvoljavaju da dožive urbani pejzaž Kjoto stanice i Kjoto grada kao celine koristeći se vizurama ka unutrašnjosti i spoljašnjosti. Čemu naročito doprinosi i činjenica da mrežasta tavanica iznad Kjoto stanice, predstavlja upravo onaj urbani matrix kako je grad Kjoto često nazivan.

## 7. LITERATURA

- [1] Tanizaki, Junichirou (1886-1965) In Praise of Shadows, Tokyo: Chuouokuron-sha, 1975. p26
- [2] Tadao Ando, Living with Nature, Rizzoli International Publications, 2021.
- [3] Kuma, Kengo. Anti-Object. AA Publications, 2011.
- [4] Bachelard, Gaston. The Poetics of Space. Beacon Press, 1958.
- [5] Zumthor, Peter. Thinking Architecture. Lars Müller Publishers, 1998.
- [6] Koolhaas, Rem. Elements. Taschen, 2014.

### Kratka biografija:



**Marija Petrović** rođena je u Novom Sadu 1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Arhitektura – Arhitektonsko projektovanje odbranila je 2024.god.

kontakt: marijap998@gmail.com

## DIGITALNA FABRIKACIJA TANKIH LJUSKI METODOM PLETENJA DIGITAL FABRICATION THIN SHELL BY THE KNITTING METHOD

Svetlana Vignjević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ARHITEKTURA I URBANIZAM

**Kratak sadržaj** – Istraživanje konstruktivnih sistema tankih ljuski metodom pletenja kao napredne tehnike u oblasti digitalnog dizajna i fabrikacije.

**Ključne reči:** Tanke ljuske, Digitalni dizajn, Digitalna Fabrikacija.

**Abstract** – Research into constructive system of thin shell using the knitting method as an advanced technique in the field of digital design and fabrication.

**Keywords:** Thin Shell, Digital Design, Digital fabrication.

### 1. UVOD

Digitalna tehnologija u savremenom dobu ima veliki uticaj sve naučne oblasti pa tako i na arhitekturu. Primena digitalne tehnologije u arhitekturi olakšava i ubrzava rad na projektima uopšteno u izradi kompleksnih konstruktivnih sistema kao što su tanke ljuske. Za razliku od konvencionalnog načina rada na izradi konstruktivnih sistema tankih ljuski, koji je zahtevao dugotrajan postupak u realizaciji, digitalna tehnologija dovela je do prekretnice i u ovoj oblasti. Digitalna izrada tankih ljuski ostvaruje se putem algoritamskog projektovanja i digitalne fabrikacije. U ovom kontekstu, digitalni dizajn i digitalna fabrikacija su postali ključni elementi istraživanja i razvoja, pružajući inovativne pristupe u rešavanju koplikovanih problema inženjerske prakse. Ovaj rad posvećen je istraživanju konstruktivnih sistema tankih ljuski metodom pletenja kao napredne tehnike u oblasti digitalnog dizajna i fabrikacije. Digitalni dizajn ima glavnu ulogu u savremenoj arhitekturi jer se korišćenjem algoritma i parametra stvaraju promenljivi oblici, dok digitalna fabrikacija ima značajan uticaj na industriju i proces proizvodnje.

### 2. DIGITALNI DIZAJN

Za izrau ovog projekta korišćeni su programi: **Rhinoceros3D 7** i **Grasshopper**. Početak rada na dizajnu strukture se zasniva na raspodeli tačaka unutar pravougaonika. Uz pomoć komponente **Populate2D** random dobijene tačke raspoređuju se u zadatom okviru. **Voronoi2D** formira linije oko tačaka koje koristimo kao vodilje. Za dalji rad koristimo samo dobijene linije unutar zadatog pravougaonika.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Bojan Tepavčević, red. prof.



Slika 1. Rezultati simulacije

Sledći korak je **PollyOffset** gde zadajemo rastojanje linija od centrale. Ulazni parametri su rastojanje dobijenih linija od središnje, a druga dva predstavljaju način povezivanja dobijenih linija (pr. **CF (ClosedFillet)** može biti kružan ili oštih ivica, isto tako i za **OF (OpenedFillet)**). Od dobijenih linija pravimo **Mesh**. Alatka koja od konture (**Contour (C) as list**) i rupe (**Hole (H) as list**) dobijene iz **PollyOffset** pravi **Mesh** je **MeshPatch**. **TriRemesh** od zadatog **Mesh**-a pravi **Mesh** sačinjen od jednakih truglova. Ulazne komponente za ovu alatku su **Mesh** dobijen iz **MeshPatch**, debljina i povezani kontura i rupa iz **PollyOffset**.



Slika 2. Rezultati simulacije

Za dalji rad na modelu potreban nam je plugin **Kanngaroo**. Nakon dobijenog **TriRemesh** izvlačimo iz njega liste tačaka će se koristiti u nastavku uz pomoć alatke **NakedVertex**. U ovom projektu imamo 235 tačaka. Za **PullPoint** ulazne komponente su tačke (**NakedVertex**) i linije koje se nalaze na podlozi modela. Ova komponenta predstavlja oslonac makete, odnosno tačke koje će se suprotstaviti simulaciji gravitacije koju postizemo paginom **Kanngaroo**. Jednostavnije rečeno ove tačke će ostati fiksirane za podlogu prilikom rada simulacije.

Glavna komponenta za pokretanje simulacije **Solver**, a da bi je pokrenuli potrebne su nam prepletene komponente kao što su: **Show**, **Anchor**, **VetexLoads** i **EdgeLengths**. Kao što sama reč kaže **Show** je prikaz. Sidro, odnosno **Anchor** omogućava vezivanje strukture za podlogu, da bi simulacija gravitacije povukla samo tačke koje su potrebne za odgovarajući izgled krajnjeg rezultata. Ulazna komponenta za **Anchor** jesu dobijene tačke uz pomoć **PullPoint**. **VetexLoads** osnim **Mesh**-a ima ulaznu komponentu u vidu slajdera koji predstavlja parametar za određivanje inteziteta simulacije, odnosno za visinu dobijene strukture. Dužina ivica krajnjeg **Mesh**-a se određuje pomoću **EdgeLengths**. U ovom projektu su zadržane automatski zadati parametri.

Da bi izbegli bagove i preopterećivanje programa tokom promena nekih od parametara u kodu u **Solver** smo uveli Reset dugme, kao i **TurnOn/Off**.



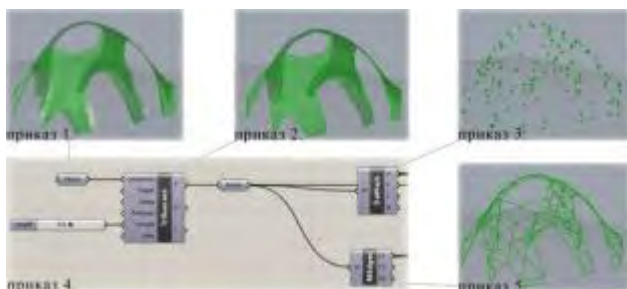
Slika 3. Rezultati simulacije

### 3. DIGITALNA FABRIKACIJA

Digitalna fabrikacija ovog projekta je logičan sled digitalnog dizajna, odakle je dobijeni projekat dalje korišćen za izradu delova za fabrikaciju. Kao i u digitalnom dizajnu program koji je korišćen je **Rhinoceros3D 7** sa **Grasshopper**-om. Pored digitalne fabrikacije koja je rađena u programu postoji proces baziran na dobijanju gotovih segmenata, koji se spajaju po tačno nažnačenim pravilima.

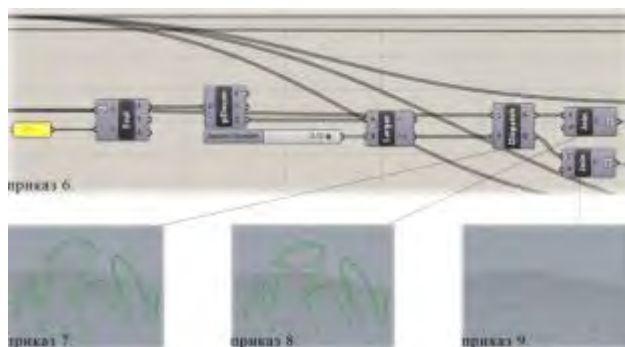
#### 3.1. Priprema modela za fabrikaciju tankih ljuski

Za nastavak koda potrebni su nam plugin **Ivy** i **Opennest** za **Grasshopper**. Deo koda koji možete videti na Prikazu 4. je početak rada na fabrikaciji ovog projekta. **Mesh** struktura zadata iz digitalnog dizajna, što predstavlja Prikaz 1, je osnovna forma koja će se u daljem kodu raščlaniti na trake za spajanje gotovog proizvoda. Elementi moraju biti planarni, kako bi bili tačni, uz pomoć alatke **TriRemesh** (Prikaz 2.) osnovni **Mesh** delimo na približno jednake trouglove. **Deconstruct Mesh** (Prikaz 3.) je alatka kojom smo razložili **Mesh** na tačke koje će nam služiti za dobijanje najbližih tačaka. Da bi dobili sve ivice **Mesh**-a korišćena je alatka **Mesh Edges** (Prikaz 5.) a u kasnijim koracima koda služi za pronalaženje kontura strukture odakle će se izvlačiti trake za fabrikaciju.



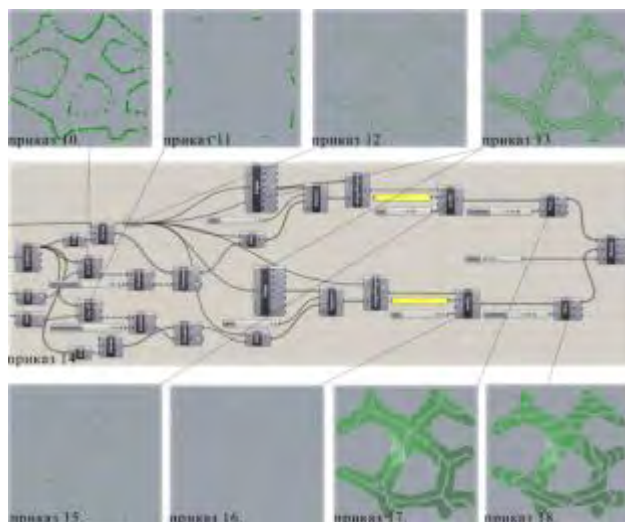
Slika 4. Rezultati simulacije

Povezivanjem dobijanih linija konture (**MEdge**) sa **Evaluate Curve** dobijamo konturne tačke. Da bi razdvojili linije koje su na podlozi od onih koje su deo strukture iznad, koristimo **Deconstruct Point (pDecon)** i uz pomoć **Larger Than** odvajamo tačke koje su na 0 u Z koordinati i sve ostale tačke. Na Prikazu 7. su prikazane linije iz obe liste što smo postigli sa **Dispatch**-om, za koji su ulazne informacije: **MEdge** i veće i jednako iz **Larger Than**. Lista A su linije strukture iznad 0 u Z koordinati (Prikaz 8), a B su linije na podlozi (Prikaz 9).



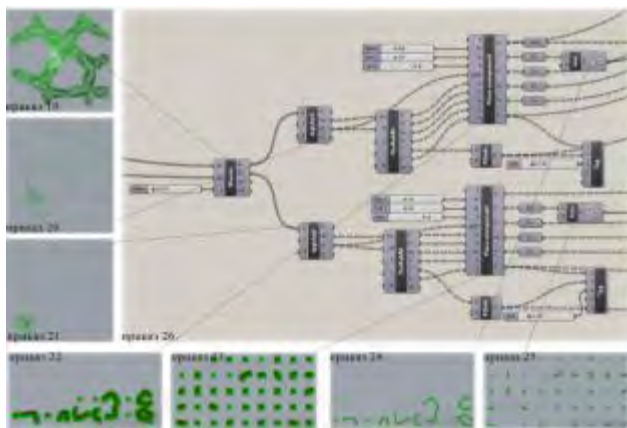
Slika 5. Rezultati simulacije

Koristeći **Join** alatke formirane su dve grupe linija, one koje su na podlozi i linije u gornjem delu strukture. **Curve closest point (Crv CP)** pronalazi najbliže tačke zadatim linijama (Prikaz 10. i 11). **Mesh Graph** je komponenta koja od **Mesh**-a pravi **Mesh** grafikon, kao što je prikazan na Prikazu 12. **Graph Edges** daje relevantne informacije (grafičke i numeričke) dobijene iz **Mesh Graph**-a. Još jedna bitna komponenta je **OPE (Orange Peel Edges)** koja daje setove ivica **Mesh Graph**-a kao odvojene delove ljuske. **Custom Edge Weight (cEdgeWeight)** dodeljuje širinu ivica. Izračunavanje minimalnog obuhvata **Mesh Graph** korišćenjem modifikovanog Kruskalovog algoritma sa maksimalnim valentnim prioritetom dobijamo uz pomoć **mstKv (mst Kruskal Valence)**. Sledeći krak je dobijanje širine traka za fabrikaciju i to nam omogućava **Thin**, takođe iz **Ivy** plugin-a.



Slika 6. Rezultati simulacije

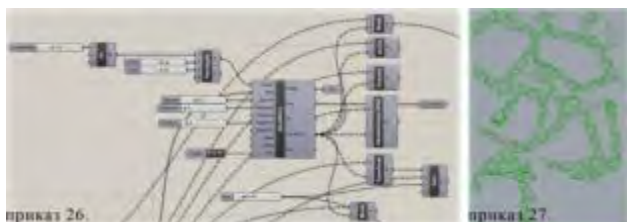
Ulazne komponente za **Weave** su **MeshGraph** iz **Thin**-a. Ova alatka predstavlja preplitanje traka u oba pravca dobijana iz prethodnog dela koda. Na Prikazu 19. može se videti kako preplitanje izgleda. Sledeći korak je odmotavanje segmenata i to se postiže **mgUroll (MeshGraph Unroll)**. Za pripremu fabrikacije potreban nam je **FlatFabM (Flat Fabrication Multi)** na koji se nadovezuje **Piece arrangement**, to je grupa koja uređuje komponente iz **FlatFabM**.



Slika 7. Rezultati simulacije

Na prikazu 24. i 25. može se videti krajnji izgleda svih segmenata ponaosob sa linijama savijanja, linijama oznaka svake površine i numeracijom svakog elementa spajanja. Svaki trougao iz trake ima svog para koji se prilikom spajanja mora idealno poklopiti. Da bi se to bilo olakšano obeležene su linije konture trougla i brojevi (pr. *U\_15* i njegova par *D\_15*). Srednja linija se zaseca tako da je savijanje bude olakšano, kao i provlačenje traka jednih između drugih.

Poslednja faza pisanja koda svodi se na pripremanje segmenata za sečenje na laseru. Uz pomoć *OpenNest* dobijamo segmente raspoređene u okviru koji predstavljaju dimenzije papira koji može stati u laser. Linije koje su dobijene iz *Piece arrangement* se uz pomoć *OpenNest* izlazne komponent – *Transform* postavljaju unutar zadatih okvira.



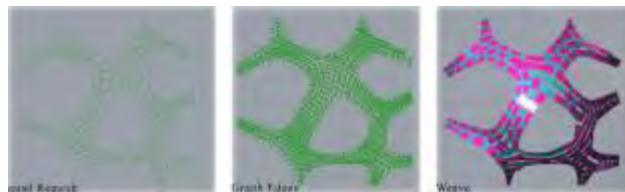
Slika 8. Rezultati simulacije

### 3.2. Fabrikacija

Poslednji postupak koji se odvija na ovom projektu je izrada finalnih segmenata i njihovo spajanje u konačan proizvod. Fabrikacija je vršena uz pomoć lasera. Pripremljeni okviri sa maketu koje smo dobili uz pomoć *OpenNest* se bejkuju (*Bake*), što znači da se linije dobijene u *Grasshopper*-u prebacuju u *Rhinoceros3D*.

#### 3.2.1. Prva studija

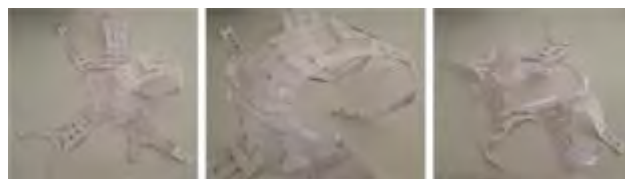
Ova studija je rađena sa *Quad* segmentima, što znači da je deo digitalne fabrikacije drugačije koncipiran. Na samom početku smo (u prethodnom objašnjenom postupku) imali podelu *Mesh*-a na približno jednake trouglove (*TriRemesh*), u ovoj izradi smo podelu *Mesh*-a vršili na kvadrate koristeći alatu *QRSettings* (*QuadRemeshSettings*) i *QRMesh* (*QuadRemesh*). Ovim postupkom smo dobili značajno tanje trake za fabrikaciju kao i komplikovaniji metod preplitanja, a što je i uticalo da ova studija bude neuspešna.



Slika 9. Slika 10.

Slika 11.

Prva studija je neuspešna iz više razloga: segmentacija *Mesh*-a na *Quad* segmente nije dobra, jer razvijene trake za fabrikaciju nisu planarne i dolazi do nepoklapanja delova koji se prepliću i spajaju; debljina papira koja korišćena za ovu studiju je 250g, što nije bilo dovoljno za izradu ove makete i poslednja stavka koja je uticala na ovu fabrikaciju jeste podešavanje jačine graviranja i zasecanja lasera, koja su bila prejaka i došlo je do cepanja papira.



Slika 12.

Slika 13.

Slika 14.

Na slikama iznad su prikazane fotografije prve studije.

#### 3.2.2. Druga studija

Vodeći računa o prethodno navedenim stavkama, za sledeći studiju odabrani su drugačiji postupci izrade makete. Detaljna digitalna fabrikacija ovih elemenata objašnjena je u poglavlju 3.1. Debljina papira koja je korišćena u ovoj izradi je 300g.



Slika 15. Fotografija finalne makete

Zaključak nakon prve izrade makete, da je graviranje linija prejako, dovelo je do promene podešavanja jačine lasera. U ovom slučaju imamo 4 različite boje koje koristimo. Crvena je za sečenje, podešena za snagu su 92% za brzinu 60%, PPI je 200 i dubina Z ose je 0.3mm. Plava i zelena linija imaju ista podešavanja (snaga 17%, brzina 100%, dubina Z ose je 0.2mm) za sve sem za PPI, koji je za plavu liniju podešen na 15, a za zelenu na 200 kao što je za crvenu. Zbog ove razlike u PPI zelene linije su gravirane u celini, što je bitno kod savijanja papira, a plave su gravirane kao tačkice da ne bi došlo do savijanja i pucanja na mestima gde to nije potrebno. Crna boja predstavlja boju za graviranje oznaka. Kod podešavanja

za ovu boju bitno je da PPI bude veliki da bi tekst bio čitljiv. Sa druge strane ne treba da bude prejak laser prilikom ovog graviranja da ne bi ošteti papir.



Slika 16. Podešavanje lasera

Zasecanjem podloge na na mestima njenog spajanja sa strukturom dobili smo neku vrstu temelja za nju. Osim što je svrha da drži maketu pričvršćenu za tlo, ovi zaseci suzbijaju sile koje šire krake makete i tako zadržava traženi oblik.

Oznake koje se nalaze na svakom trouglu označava njegov broj i da li predstavlja gornji ili donji deo tokom preplitanja traka. Svaka traka koja je fabrikovana sastoji se od trougla i prostora između koji služi za savijanje. Svaki trougao ima svog para sa kojim se spaja. Ti parovi su identičnih dimenzija. Primer oznake je **U\_15** i njegov par **D\_15**. **U** predstavlja **Under**, odnosno iznad, dok je **D** **Down** što znači da taj deo ide ispod. Naizmenično preplitanje ovih oznaka predstavlja pletenje traka jedne između drugih.



Slika 17. Fotografija finalne makete

#### 4. ZAKLJUČAK

Ljuske kao konstruktivni sistemi u arhitekturi omogućavaju poigravanje sa oblicima zgrada i infrastrukturnih objekata poput mostova i vijadukta. Uz pomoć ljuski dolazi se do realizacije izgleda objekata koji prostoru, u kojem se nalaze, daju potpuno drugačiju dimenziju, jer se radi o zavijenim valovitim strukturama. Kako je arhitektura usko vezana sa umetnošću, upravo ovaj sistem gradnje omogućava da umetnost u arhitekturi dođe do potpunog izražaja.

Kroz digitalni dizajn i digitalnu fabrikaciju, omogućeno je da se u arhitekturi ljuske kao konstruktivni sistemi koriste mnogo lakše, odnosno da projektovanje bude brže i jednostavnije, a realizacija sa manje troškova.

Iz svega navedenog možemo doći do zaključka, da se uz pomoć digitalnog dizajna i digitalne fabrikacije, došlo do konačnog idejnog rešenja uz ogromnu uštedu vremena i materijala bez obzira što se radi o jednom od najkompleksnijih sistema.

Istaživanje ovog projekta se zasniva na ispitivanju metoda pletenja traka za izradu tanke ljuske. Na modelu koji je dobijen uz pomoć **Kangaroo** plagina ispitana su dva načina pletenja segmenata. Prvi, koji je rađen sa **Quad** segmentima, nije dao zadovoljavajuće rezultate. Veliki broj traka koje su se preplitale su otežale deo fabrikacije i došlo je do oštećenja segmenata.

Drugi pokušaj izrade modela od prefabrikovanih traka od papira je daleko uspešniji. Suštinske promene su uticale na dobar finalni rezultat. Geometrija modela je promenjena iz kvadratnih delova u približno jednake trouglove, što je doprinelo u tačnosti kasnije fabrikacije. Takođe, bitna promena u drugoj izradi makete jesu podešavanja lasera koja su više prilagođena samom modelu i finalnim segmentima.

#### 4. LITERATURA

Slike 1 - 17. Autorske slike

##### Kratka biografija:



**Svetlana Vignjević** rođena je u Vrbasu 1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Arhitektura i urbanizam – Digitalna fabrikacija tankih ljuski metodom pletenja odbranila je 2024.god.  
kontakt: lanalankesterska@gmail.com

**ПРОЈЕКАТ ИДЕЈНОГ РЕШЕЊА УРБАНИСТИЧКОГ УРЕЂЕЊА СТАМБЕНОГ НАСЕЉА "ДУБОЧИЦА" У ЛЕСКОВЦУ****CONCEPTUAL DESIGN PROJECT OF THE URBAN DEVELOPMENT OF THE RESIDENTIAL AREA "DUBOČICA" IN LESKOVAC**

Милена Станковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – АРХИТЕКТУРА**

**Кратак садржај** – Пројекат идејног решења урбанистичког уређења стамбеног насеља "Дубочица" у Лесковцу обухвата све релеванте анализе угледних примера, који су применљиви на површину простора који се пројектује. Примарни проблем који је био потребно решити је саобраћај и формирати кретање кроз блокове. Програми су осмишљени у складу са потребама које су корисници и становници изразили..

**Кључне речи:** Урбанистичко уређење, урбанистички план, дизајн, мобилијар, зелене површине, дечији паркови

**Abstract** – The project of the conceptual solution of the urban design of the residential area "Dubočica" in Leskovac includes all relevant analyzes of reputable examples, which are applicable to the area of the space being designed. The primary problem that needed to be solved was the traffic and form movement through the blocks. The programs are designed in accordance with the needs expressed by users and residents.

**Keywords:** Urban development, urban plan, design, furniture, green areas, children's parks

**1. УВОД**

Урбанизам се бави ширим питањима везаним за развој урбаних насеља, док се урбано уређење фокусира на конкретне активности у обликовању и организацији градских простора ради побољшања квалитета живота.

**1.1. Примери архитектонских пракси**

Критеријуми за одабир релевантних примера били су базирани на самом утицају одређених карактеристика простора на квалитет живота становника.

Разматрана су места са великом количином зеленила, природним баријерама изеђу стамбених зграда, присуство парковских површина са различитим садржајима, бициклическе стазе и уређене пешачке стазе, као и партиципација грађана.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад произишао је из мастер рада чији ментор је био др Игор Мараш, ред. проф.

**2. ПРЕДЛОГ ИДЕЈНОГ РЕШЕЊА**

Идејно решење базирано је на имплементацији претходно обрађених примера на сегмент стамбеног насеља "Дубочица" у Лесковцу. Акцент приликом пројектовања било је решење саобраћајница, формирање "костура" у виду бициклическе стазе које би повезивала све сегментне насеља. Организовањем стаза простор је остао подељен на целине различите намене, што је учинило простор динамичним.

**2.1. Контекст**

Контекст у архитектури се односи на ширу или непосредну околину објекта или локалитета. Осим просторног контекста приликом пројектовања битно је сагледати културни, историјски, економски, еколошки и друштвени контекст. Анализом и разумевањем контекста стварају се хармонички простори који одржавају идентитет места и корисницима пружају угодно окрижење. Утиче на дугорочно коришћење простора и задовољавање потреба корисника. У урбаним подпучјима где је густина насељености већа, могуће је дизајнирати вишенамenske просторе који максимално користе расположиви простор.

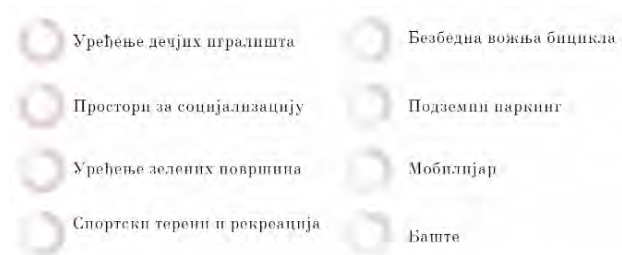
**2.1.1. Историјски контекст**

У архитектури историјски контекст се односи на разматрање прошлости и претходних стилова, техника градње и културних трендова који су обликовали тај простор. Како би се одржао дух места и истовремено модернизовао и прилагодио потребама у садашњем тренутку, неопходно је разумети историју. Најстарији записани траг о Лесковцу је из 14. века, када се то место описује као велико село. Стамбено насеље "Дубочица" у Лесковцу грађено је у другој половини 20. века, тачније током 1970-их година. Урбанистички план насеља није у потпуности приписан једном урбанисти, већ је резултат тимског рада архитеката и урбаниста који су радили на пројекту. Према незначичним информацијама, значајну улогу у планирању насеља имао је архитекта Иван Антић.

**2.1.2. Друштвени контекст**

Фактори који утичу на уређење и дизајн простора су пре свега демографски, економски, културни, политика и технолошки развој. Како би простор био што боље прилагођен корисницима, неопходно је укључити становнике у процес. Током пројектовања урбанистичког уређења насеља "Дубочица" грађани су били укључени у виду непосредних дискусија на

тему њиховог живота у блоку или солитеру, чиме су задовољни, како би унапредили простор у коме живе и шта сматрају битним за своју свакодневницу.



Дијаграм 1. Потребе корисника

Дијаграм представља графички приказ колико је људи од укупног броја саговорника било сагласно са појединим врстама измена о којима су били питани. Убедљиво прво место на листи нашло се уређење децијих игралишта, док су најниже ранжирани, али не на безначајном месту, простори за баште.

## 2.2. Локација

Анализом локације и ширег окружења пројектованог простора, уочена је близина свих значајних тачака у граду. Дистанца од центра града пружа приватност становницима, док умреженост саобраћајница осигурава брз и сигуран пут до било које тачке у граду.

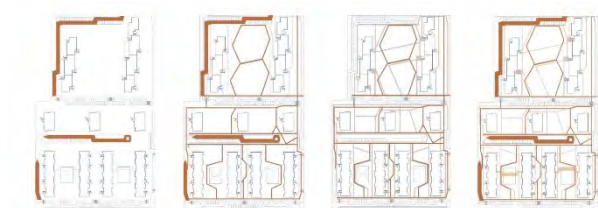
## 2.3. Мере трансформације

Према примећеним проблемима у насељу предлог решења базиран је на формирању простора који даје одговор и решење на недостатке који су евидентирани. Први корак јесте дефинисање кретања кроз унутарблоковске површине, други је формирање садржаја који би допринео квалитету живота, док је трећи корак предвиђен за дефинисање партерног уређења, материјализације као и мобилијара.

## 2.4. Комуникације кроз стамбено насеље

Приоритетно кретање кроз блокове јесте бициклическо, због тога је формиран "костур" кроз читаву површину пројектованог простора који ствара целине са различитом наменом.

Пешачке стазе и тротари кроз блок спајају програме и поспешују циркулисање људи кроз блок. Пасареле које су формиране ради спајања два стамбена блока, на висини су кровне терасе и представљају приватне саобраћајнице, такође садрже места за социјализацију, остворена и наткривена.



Дијаграм 2. Комуникација кроз насеље

## 2.4. Даунс - Томсонов парадокс

Феномен је назван по економистима Ентонију Даунсу и Вилијаму Томсону, који су га први пут описали. Основна идеја парадокса лежи у томе да се, када се повећава капацитет пута (нпр. додавањем трака на аутопуту), повећава и број људи који користе тај пут. То може довести до повећања гужве, уместо смањења, јер се повећава број возила који користе тај пут. Ово повећање броја возила може бити резултат различитих фактора, укључујући повећање привлачности пута због смањења в ремена путовања, повећане доступности путн додатних трака или повећане миграције људи и подручја која су боље повезана саобраћајницама.

### 2.4.1. Пасарела

Уколико се кратко подсетимо контекста и историјског периода у коме је настао комплекс стамбених објеката, било је врло актуелно имати заједничке просторе. Као омаж том периоду и подстицању социјализације унутар становника самих блокова, створене су пасареле.



Слика 1. Пасарела

### 2.4.2. Паркинг

Проблем паркинга је проблем модерног доба, приликом пројектовања насеља осмишљени су садржаји и простори који су били неопходни. Узимајући у обзир какве су прилике у садашњем времену, потребно је предвидети и унапред реаговати. Испод слободних простора могуће је формирати подземни паркинг са две етажe. Парковске површине између блокова није могуће пројектовати као паркинг због постојећих атомских склоништа који спајају четвороспратнице.



Слика 2. Пијаца / Трг

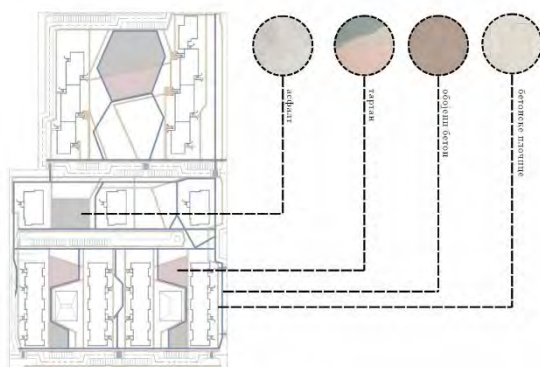
## 2.5. Програми

Проблем паркинга је проблем модерног доба, приликом пројектовања насеља осмишљени су садржаји и простори који су били неопходни. Узимајући у обзир какве су прилике у садашњем времену, потребно је предвидети и унапред реаговати. Испод слободних простора могуће је формирати подземни паркинг са две етаже. Парковске површине између блокова није могуће пројектовати као паркинг због постојећих атомских склоништа који спајају четвороспратнице.

Кисок K67 у доба СФРЈ могао се наћи у готово сваком граду. Препознатљив је био по црвеној боји, необичног модуларног облика. Представљао је својеврсно обележје бивше Југославије. Његов творац је словеначки индустријски дизајнер и архитекта Саша Ј. Махтиг. 1966. године у оквиру планског система започео је први талас модернизације Југославије, који је са собом донео урбанизацију, индустријализацију и почетке масовне производње робе широке потрошње. На таласима модернизма киоск је успео да одговори на захтеве тих друштвених и економских околности својим јединственим дизајном и функционалношћу. K67 прототип киоска из 1966. године се већ годинама чува у Њујорку, у Музеју модерне уметности (МоМА).

## 2.5. Партерно уређење и материјализација

Проблем паркинга је проблем модерног доба, приликом пројектовања насеља осмишљени су садржаји и простори који су били неопходни. Испод слободних простора могуће је формирати подземни паркинг са две етаже. Парковске површине између блокова није могуће пројектовати као паркинг због постојећих атомских склоништа који спајају четвороспратнице.



Дијаграм 3. Партерно уређење

Предлог партерног уређења иницијално је осмишљен према функционалним аспектима простора.

## 3. ЗАКЉУЧАК

Уређење урбаног простора представља изазов који захтева комплексан приступ и синтезу функционалности, естетике и одрживости. Кроз процес пројектовања, примењене су различите стратегије и технике са циљем подизања квалитета живота у овој градској средини. Пројекат је одговорио на све претходно уочене проблеме и изазове са којим се становници свакодневно суочавају, дао је предлог како би се

умањили сви нежељени утицаји и створила подлога за квалитетнији живот.

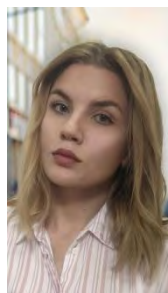
"Дизајн није само како нешто изгледа и какав нам је осећај. Дизајн је и како нешто функционише."

Стив Џобс

## 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Susan S. Frainstain, *Urban planning*, Britannica преузето 15.03.2024, са: <https://www.britannica.com/topic/urban-planning>
- [2] Camilla Ghisleni, *What Is Urban Planning?* преузето 17.03.2024, са: <https://www.britannica.com/topic/urban-planning>
- [3] Hugo Macdonald, *How to Live in the City?* Pan Macmillan, 2017. год
- [4] Urban Design Lab, *What is Urban Design?* преузето 25.03.2024, са: <https://urbandesignlab.in/what-is-urban-design/>
- [5] Norman Miller, *The Dutch city testing the future of urban life*, преузето 27.03.2024, са: <https://www.bbc.com/future/article/20220404-the-dutch-city-experimenting-with-the-future-of-urban-life>
- [6] Adam Yates, *How the Dutch SOLVED Street Design* преузето 02.04.2024, са: [https://www.youtube.com/watch?v=L7\\_O1GSPiWo](https://www.youtube.com/watch?v=L7_O1GSPiWo)
- [7] Deepside, *Why Copenhagen is Extremely Well Designed* преузето 10.04.2024, са: <https://www.youtube.com/watch?v=SSo6gg2dgGM>
- [8] Др Живан Стојковић, Др Слободанка Стојичић, Хранислав Ракић, *Историја Лесковца*, институт за савремену историју, Београд 1992. год
- [9] Александар Кадијевић, Срђан Марковић, Градитељство Лесковца и околине између двасветск рата, Народна библиотека "Радоје Домановић", Лесковац 1990.
- [10] Марија Милић, *Облокдер магазин, Vremenska kapsula – Kiosk K67*, преузето 12.04.2024, са: <https://www.oblakodermagazin.rs/vremenska-kapsula-kiosk-k67/>
- [11] Дејвид Хубер, *The Story of the 1960s Mass-Produced Modular Design That Actually Went into Production*, преузето 12.04.2024, са: <https://www.archdaily.com/806346/the-story-of-the-1960s-mass-produced-modular-design-that-actually-went-into-production>

## Кратка биографија:



**Милена Станковић** рођена је у Лесковцу 1999. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Архитектуре одбранила је 2024. Год. контакт: milenastt999@gmail.com



## **DIZAJN I SIMULACIJA RADA ROBOTSKE RUKE U PROGRAMU SOLIDWORKS**

### **DESIGN AND SIMULATION OF THE WORK OF ROBOTIC ARMS IN THE SOLIDWORKS PROGRAM**

Valentina Dukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### **Oblast – INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad daje prikaz dizajna i simulacije projektovanja i rada robotske ruke u industriji. Za potrebe ovog rada sprovedeno je istraživanje primena, podele i značaja trenutne primene robotske ruke. Dizajnirana je i pokretna traka koja u saradnji sa robotskom rukom simulira prikaz automatizovanog procesa u industriji. Svi delovi sklopa izrađeni su u programu SolidWorks. Na kraju rada, izvedeni su zaključci o primeni dizajnirane ruke, budućem razvoju i unapređenju.

**Cljučne reči:** CAM/CAD, SolidWorks, simulacija, industrija, robotska ruka

**Abstract** – This work presents the design and simulation of the design and operation of a robotic arm in the industry. For the purpose of this work, a study of the application, division and significance of the current application of the robotic arm was conducted. A conveyor belt was also designed which, in cooperation with a robotic arm, simulates the display of an automated process in industry. All parts of the assembly are made in the. At the end of the work, conclusions were drawn about the application of the designed hand, future development and improvement.

**Keywords:** CAM/CAD, SolidWorks, simulation, industry, robotic arm

#### **1. UVOD**

U vremenu brzog tehnološkog napretka, oblast robotike je postala sila koja transformiše mnoge različite industrije. Mnoge od njih doživele su radikalne transformacije kao rezultat stvaranja i primene robotskih ruku. Ovaj master rad bavi se dizajnom i simulacijom rada robotske ruke u procesnoj industriji u programu SolidWorks. Istraživanje pokušava da pruži nijansirano razumevanje toga kako ovaj softver olakšava dizajn i testiranje robotskih ruku, sa fokusom na SolidWorks, popularan i veoma cenjen Computer-Aided Design (CAD, Računarom Podržano Projektovanje) i alat za simulaciju. Primarni cilj rada jeste istraživanje, dizajn i simulacija rada robotske ruke u industriji koristeći program SolidWorks, s naglaskom na postizanje optimalnih performansi preciznosti i efikasnosti u industrijskim okruženjima. Glavna svrha teorijskog poglavlja jeste da objasni pojam procesne

#### **NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Andraš Anderla, vanr. prof.

proizvodnje koja predstavlja najčešću oblast primene industrijskih robotskih ruku i njihovu podelu prema različitim kriterijumima.

#### **2. PROCESNA PROIZVODNJA**

Proizvodnja je proces transformiranja resursa (eng. input) u proizvode ili usluge (eng.output). Proizvodnju je moguće opisati i podeliti na mnogo načina, ali kada se govori o tehnologiji i tehnici kojom se proizvod proizvodi onda je reč o diskretnoj i procesnoj proizvodnji [1]. Ciklus procesne proizvodnje sastoji se iz tri osnovne faze.

##### **2.1. Planiranje resursa preduzeća**

Baš kao i proizvodi koje proizvode, diskretna proizvodnja i procesna proizvodnja koriste različite ERP sisteme, koji imaju različite fokusne tačke i rešavaju različite probleme. Kritični aspekti koji se rešavaju ključni su za pristup planiranju resursa i izbor sistema [2].

##### **2.2. Inspekcija procesa i statistička kontrola procesa**

Inspekcija procesa se odnosi na inspekciju u bilo kojoj tački proizvodnje proizvoda. Cilj inspekcije u procesu je da se osigura da su zahtevi proizvoda ispunjeni pre nego što se finalizuju i pređu na sledeću fazu. Statistička kontrola procesa dopunjuje proizvodnju procesa i inspekcije procesa kako bi se osiguralo da proces funkcioniše efikasno, proizvodeći proizvode koji su u skladu sa specifikacijama sa manje otpada [3].

##### **2.3 Procesni pristup u sistemima upravljanja**

Procesni pristup je jedan od sedam principa upravljanja kvalitetom na kojima se zasnivaju standardi ISO sistema menadžmenta i uključuje uspostavljanje procesa organizacije da funkcionišu kao integrisan i kompletan sistem. Procesni pristup podrazumeva sistematsko definisanje i upravljanje procesima i njihovim interakcijama kako bi se postigli planirani rezultati u skladu sa politikom bezbednosti i strateškim pravcem organizacije [4].

#### **3. PRIMENA ROBOTSKE RUKE U INDUSTRIJI**

Danas se industrije sve više koncentrišu na automatizaciju velikog dela industrijskih procesa kako bi se smanjili svi rizici koji potencijalno utiču na integritet ljudskog bića [5]. U ovom radu je predstavljen predlog za dizajn robotske ruke sa definisanim delovima u sekciji 4, primarna primena dizajnirane ruke je u procesu selekcije proizvoda u industriji. Opšta podela primene robota u industriji može se podeliti na transfer materijala i

opsluživanje mašina, procesne operacije, robotizovanu montaža i primenu robota u kontroli proizvoda [7].

### 3.1. Transfer materijala i opsluživanje mašina

Promet materijala igra važnu ulogu zato što je uvek potrebno materijal koji ulazi u pogon prenositi od jedne mašine do druge. Konkretno u ovom radu definisana je primena na selekciji proizvoda koji se kreću na pokretnoj traci.

### 3.2. Procesne operacije

Za razliku od transfera materijala i opsluživanja mašina gde roboti obavljaju poslove „uslužnog karaktera“ u procesnim operacijama primena robota je koncipirana tako da neposredno izvršavaju određenu proizvodnu operaciju na radnom mestu.

### 3.3. Robotizovana montaža

Analizom proizvodnih procesa u savremenoj industriji došlo se do podataka da veliki broj radnika radi na poslovima montaže. Takođe se pokazalo da troškovi montaže nose značajan deo ukupnih troškova proizvodnje nekih proizvoda (nekada i preko 50%). Otuda robotizacija poslova montaže pruža velike mogućnosti smanjivanja troškova i povećanja produktivnosti.

### 3.4. Roboti u kontroli proizvoda

Kontrola geometrijskih i fizičkih osobina vrši se različitim vrstama senzora. Laserski optički senzori koriste se za ispitivanje kvaliteta površine. Laseri se mogu koristiti i za kontrolu dimenzija i oblika proizvoda. Defekti unutar materijala mogu se detektovati ultrazvučnim senzorskim uređajima. Funkcionalna kontrola proizvoda podrazumeva testiranje onih specifičnih karakteristika koje određuju namenu i upotrebu proizvoda (funkcionalne karakteristike). Uređaji za testiranje mogu biti različite složenosti.

## 4. VRSTE ROBOTSKIH RUKA

Robotska ruka u industriji je svestran i programabilan mehanički uređaj dizajniran za obavljanje različitih zadataka u okviru proizvodnih procesa. Sastoji se od više zglobova i end efektor, oponaša opseg pokreta ljudske ruke.

### 4.1. Vrste pogona robotskih ruku

Roboti današnjice obično su pogonjeni električnim, hidrauličnim ili pneumatskim putem. Električni motori najčešći su oblik pogona robotskih ruku zahvaljujući niskoj ceni, te visokoj brzini i tačnosti. Hidraulični pogon se koristi u svrhe upravljanja teretom velike mase i dimenzija za koje je potrebno održavanje specifičnog položaja bez pomicanja. Pneumatski pogon odlikuje se relativno niskom cenom i velikom brzinom rada uz mnogo manje održavanje.

### 4.2. Vrste end efektor

Osim pogona robotske ruke se razlikuju po end efektorima koje koriste. End efectori u ovom radu sa paralelne hvataljke dizajnirane tako da je omogućena njihova demontaža i zamena drugom vrstom. End efectori mogu se razlikovati po:

- Tipu end efektor

- Materijalu i strukturi
- Senzorima i aktuatorima

### 4.3. Stepni slobode

Robotske ruke se često klasifikuju prema broju osa, odnosno stepeni slobode koje imaju. Svaki zglobov ili spoj na robotu omogućava mu određeni stepen slobode u kretanju.

Osnovna podela je:

#### 4.3.1. 2-osna robotska ruka

Dve uobičajene ose dvoosne robotske ruke primarna osa (obično horizontalna ili osnovna rotacija) koja omogućava da se ruka rotira horizontalno, često služeći kao osnovni pokret i sekundarna osa (obično vertikalna ili uzdizanje ruke) koja omogućava ruci da se pomera vertikalno, tipično predstavljajući kretanje uzdizanja ili podizanja [9].

#### 4.3.2. 3-osna robotska ruka

Tri ose po kojima se kreće ovaj tip robotske ruke su x-osa (horizontalna) koja predstavlja kretanje duž horizontalne ravni, y-osa (vertikalna) koja predstavlja kretanje duž vertikalne ravni i z-osa (dubina) definiše kretanje duž dubine ili smera napred-nazad [10].

#### 4.3.3. 4-osna robotska ruka

Pokreti svake ose standardnog četvorosnog robota su definisani kao osa jedan koja je osnovna osa robota i pruža robotu mogućnost da se kreće s leva na desno od njegovog centra za kompletnih 180 stepeni kretanja. Osa dva omogućava robotskom manipulatoru da se kreće napred i nazad. Osa tri pruža robotima mogućnost da se kreću duž sve tri ose. Treća osa kontroliše nadlakticu omogućavajući prošireni vertikalni domet, čineći delove pristupačnijim. Osa četiri se nalazi u zglobov robota da kontroliše kretanje krajnjeg efektor robota. Ova osa omogućava robotima da menjaju orijentaciju objekta kroz kotrljanje [11].

#### 4.3.4. 5-osna robotska ruka

Kod 5-osnih robotskih ruku ose se mogu definisati kao rotacija oko z-ose (bazna rotacija), podizanje (podizanje duž y-ose), ekstenzija (doseg duž z-ose), nagib (nagib duž x-ose) i promena pravca rotacijom (rotacija oko uzdužne ose alata) [9].

#### 4.3.5. 6-osna robotska ruka

Definisani pokreti za svaku osu šestoosnog robota uključuju osu jedan sa kojom industrijski robot može da pomera svoju ruku s leva na desno za kompletnih 180 stepeni kretanja od svog centra.

Osa dva kontroliše donju ruku robota i pruža mogućnost kretanja ekstenzija napred i nazad.

Osa tri pruža industrijskim robotima mogućnost podizanja i spuštanja nadlaktice, proširujući njihov vertikalni domet. Osa četiri pomaže u kontroli kretanja robota i promeni orijentacije objekta kroz pokretno kretanje.

Osa pet takođe kontroliše kretanje krajnjeg efektor robota zajedno sa osom četiri. Osa pet je odgovorna za kretanje po nagibu i skretanju.

Osa šest je ručni zglobov industrijskog robota. Ova osa je odgovorna za potpune rotacije zgloba od 360 stepeni [11].

## 5. Solidworks

Program SolidWorks služi za mašinsko projektovanje i automatizaciju procesa koji su zasnovani na parametarskom modelovanju punih tela. SolidWorks je prvi CAD paket koji koristi grafičko okruženje Microsoftovog Windowsa. Zahvaljujući Windowsovoj funkciji prevlačenja objekata mišem, veoma je lako savladati ovaj CAD paket [12]. Dizajniranje i pokretanje simulacija na modelima u softveru za 3D dizajn kao što je SolidWorks je linearni i strukturirani proces projektovanja koji dovodi do lako vidljivog rezultata [13].

## 6. METODOLOGIJA RADA

Za potrebe ovog rada osnovni CAD dizajn razvijen je korišćenjem programa SolidWorks. Proporcionalno standardnoj proizvodnji i transportu u industriji predložene dimenzije robotske ruke, izražene u metrima, su 1x3x1 (dužina x visina x širina). Predmet je u najvećoj meri dizajniran od aluminijuma te je njegova težina izračunata množenjem zapremine sa gustinom aluminijuma.

$$m = V m_3 \times \text{gustina aluminijuma}$$

$$V = 1\text{m} \times 1\text{m} \times 3\text{m} = 3\text{m}^3$$

$$V m_3 = 3 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m = 3 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times 2.7\text{g/cm}^3$$

$$m \approx 8.1\text{kg}$$

Težina robotske ruke od aluminijuma je približno 8.1 kilogram. Na Slici 1. prikazan je finalni rezultat robotske ruke projektovane u ovom radu u različitim projekcijama.



Slika 1. Projektovana robotska ruka

### 6.1. Baza

Baza robotske ruke predstavlja osnovni deo koji je direktno povezan sa ostatkom robota. Ova komponenta pruža podršku celokupnoj strukturi i omogućava pokrete ramenog dela. Materijal koji se koristi za bazu je aluminijum. Debljina materijala osnovne ploče je 2 mm. Baza robotske ruke u industriji ima ugrađen motor koji omogućava rotaciju trupa, često poznatu kao pan-rotacija.

### 6.2. Trup

Prstenasti bazni deo je deo koji se nadovezuje na bazu robotske ruke često se naziva trup ili torzo. Ova komponenta vezana je za vratni zglobov sa kojom se nalazi između baze i ramenog dela, čime obezbeđuje dodatnu pokretljivost i podršku za dalje delove robota. Trup je napravljen od aluminijumskog materijala koji prenosi silu na vratni zglobov. Takođe je spojen na isti motor Tower Pro MG945 i predstavlja osnovu za prenos sile na vratni zglobov.

### 6.3. Vratni zglobov

Deo koji se nadovezuje na trup ili torzo robotske ruke i povezuje ga s ramenim delom obično se naziva vratni zglobov ili vrat. Vratni zglobov omogućava dodatnu pokretljivost i fleksibilnost kako bi se rameni deo mogao kretati u različitim pravcima i orijentacijama. Vratni zglobov sadrži rotacione mehanizme koji omogućavaju rotaciju oko horizontalne ose, što doprinosi sposobnosti podizanja

i spuštanja ruke, kao i nagnjanja u različitim uglovima. Ovaj deo igra ključnu ulogu u prilagođavanju položaja i orijentacije samog ramenog dela, omogućavajući robotu da se prilagodi specifičnim zahtevima zadatka.

### 6.4. Rameni deo

Rameni deo robotske ruke je segment koji povezuje trup robota s njegovom rukom i omogućava pokretljivost u različitim pravcima. Ovaj deo ima više zglobova, poput ramenog i lakatnog zglobova, čime simulira osnovne pokrete ljudske ruke. Materijali od kojih se izrađuje ovaj deo je lagan aluminijum, ali izdržljiv, kako bi omogućio brze i precizne pokrete. Rameni deo povezan je na motor vratnog zglobova koji omogućavaju precizno pozicioniranje ruke. i

rotaciju i pokrete zglobova.

### 6.5. Rameni zglobov

Prvi zglobovni deo koji se nadovezuje na rameni deo robotske ruke često se naziva rameni zglobov. Ovaj zglobov je odgovoran za pokrete koji omogućavaju podizanje i spuštanje čime se postiže šira pokrivenost radnog prostora. Rameni zglobov omogućava rotaciju oko uzdužne ose, što doprinosi fleksibilnosti i prilagodljivosti u izvođenju različitih zadataka.

### 6.6. Nadlaktični deo robotske ruke

Valjkasti rotacioni deo koji se nadovezuje na ramenski zglobov ruke često se naziva nadlaktični deo robotske ruke. Ova komponenta omogućava rotaciju i pokrete oko svoje longitudinalne ose, doprinoseći sposobnosti robotske ruke da rotira svoj zglobovni deo I prilagodi orijentaciju alata ili end efektor koji se koristi za izvršavanje određenih zadataka.

### 6.7. Zglobov end efektor

Deo robotske ruke koji drži end efektore obično se naziva zglobov end efektor. Ova komponenta je odgovorna za povezivanje end efektor sa prethodnim delovima ruke, obezbeđujući stabilnost i slobodu pokreta tokom manipulacije objektima. Zglobov end efektor uključuje senzor za praćenje pritiska, koji omogućavaju precizno upravljanje i detekciju objekata.

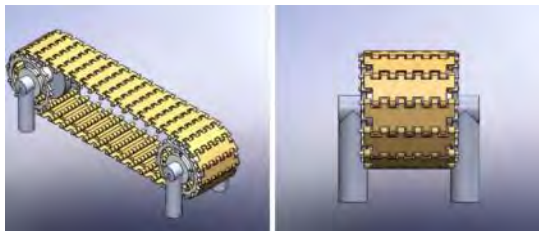
### 6.8. End efektori

End efektori ili hvataljke robotske ruke u industriji su komponente dizajnirane za efikasno hvatanje, držanje i manipulaciju objektima. Ovi end efektori predstavljaju ključni deo robotske ruke koji direktno interaguje s radnim okruženjem. Njihova efikasnost direktno utiče na sposobnost robota da izvršava zadatke u industrijskom okruženju.

## 7. REZULTAT

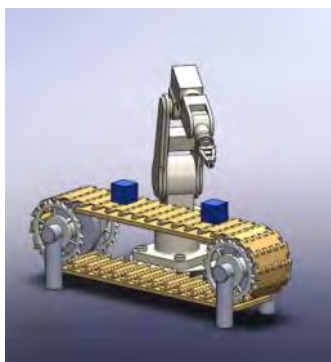
Funkcionalnost dizajnirane robotske ruke projektovana je tako da je njena glavna funkcija odabir proizvoda. Opremljena je hvataljkom koja ima mogućnost demontiranja i montiranja drugog end efektor sa različitim krajnjim efektom koji ovoj robotskoj ruci daje veći broj mogućih upotreba. Osnovne funkcionalnosti za koje je osposobljen ovaj uređaj su tumačenje proizvoda, procedura odabira i postavljanja, kombinovanje

integracije transportnih sistema. Za potrebe simulacije rada robotske ruke u ovom radu dizajnirana je i pokretna traka pomoću koje je prikazano kako bi proces izgledao u stvarnoj proizvodnji. Prema nameni traka prikazana na slici 2. svrstana je u ravne kolaborativne pokretne trake.



Slika 2. Projektovana pokretna traka

Robotska ruka u kombinaciji s pokretnom trakom predstavlja moćan sistem u industriji, pružajući efikasan i automatizovan način za rukovanje proizvodima ili materijalima duž proizvodne linije. Na Slici 3. prikazan je sklop robotske ruke i pokretne trake.



Slika 3. Sklop robotske ruke i pokretne trake

Prikazani sklop projektovan je na sledeći način:

1. Pokretna traka aktivirana pomoću AC (naizmeničnog) motora kreće se u zadanom smeru.
2. Na pokretnu traku postavlja se predmet rada (u konkretnom primeru plava kutija).
3. Aktivacijom senzora i motora robotska ruka se spušta, end efektori se otvaraju i hvataju predmet.
4. Nakon što je predmet uhvaćen robotska ruka se podiže, rotira i odlaže predmet na predviđeno mesto.

## 8. ZAKLJUČAK

Rezultati ovog rada pokazuju revolucionarni potencijal korištenja robotskih ruku u industriji i pružaju uvid u to kako se one mogu koristiti za poboljšanje ukupne operativne učinkovitosti, minimiziranje ljudskih grešaka i optimizaciju proizvodnih procesa. Dokazani rezultati industrije i stalni napredak pokazuju koliko je za industriju važno strateški uvesti i integrisati tehnologiju robotske ruke. Razmatranje pravca daljeg razvoja u ovoj oblasti dato je nekoliko ključnih tačaka. Fokus bi trebao biti na unapređenju performansi, brzine, preciznosti i upotrebi novih materijala ovakvih sklopova kako bi se poboljšala njihova funkcionalnost. Osim senzora koji su već primenjeni na prikazanom modelu trebalo bi se uključiti korištenje veštačke inteligencije i dodatne analize podataka kako bi se postigla maksimalna efikasnost i efektivnost. Na trećem mestu izdvojena je etika i bezbednost. Ovo istraživanje podstiče zainteresovane strane da prihvate harmoniju saradnje ljudi

i mašina dok robotska ruka postaje sve važniji deo industrijske simfonije. To će osigurati budućnost u kojoj tehnologija poboljšava individualne sposobnosti i povećava zajednički potencijal industrija širom sveta.

## 9. LITERATURA

- [1] Klocke, Fritz, and Aaron Kuchle. Manufacturing processes. Vol. 2. Berlin: Springer, 2009.
- [2] "Production Planning - Process Industries (PP-PI)". help.sap.com. SAP. – Planiranje resursa proizvodnje.
- [3] Wetherill, G.B; Brown, D.W (1992). Statistical Process Control for the Process Industries. Heidelberg: Physica. ISBN 978-3-7908-0642-7 – Inspekcija i statistička kontrola procesa.
- [4] "ISO 22000:2018 Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain". iso.org. ISO. – Procesni pristup u sistemima upravljanja.
- [5] J. Gutiérrez, (2019). "Diseño y análisis del funcionamiento estructural de un brazo robótico de nivel industrial de cuatro grados de libertad" Ing. Mecánica y afines, vol. 15.
- [6] J. Otero Yugat, S. Enrique Rodríguez, and J. Javier Gutiérrez, (2008). "Diseño y construcción de un brazo mecánico de tres grados de libertad", Scientia et Technica Año XIV, vol. 39, no. 0122-1701
- [7] Dr Veljko Potkonjak, (2020) Robotika i automatizacija, ETF Beograd
- [8] Toni Ivković (2020). 3D Projektiranje i montaža robotske ruke. Sveučilište Jurja Dobrile u Puli.
- [9] B. Borovac, M. Raković, G. Đorđević, M. Rašić (2018) Industrijska robotika.
- [10] RATHY G A, P. Sivasankar, Aravind Balaji, Hindustan University, K. Gunasekaran (2020). 3- Axis Robot Arm Using Micro-Stepping with Closed-Loop Control. In book: Advances in Communication and Computational Technology, Select Proceedings of ICACCT.
- [11] Robots Done Right, Waren. Ohio Production Facility 1493 Phoenix Rd NE.
- [12] Sham Tickoo, (2015) SolidWorks 2015 za mašinske inženjere
- [13] Robertson B, Radcliffe D. (2006) The role of software tools in influencing creative problem solving in engineering design and education. In: Volume 4c: 3rd symposium on international design and design education.

## Kratka biografija:



**Valentina Dukić** rođena je 1999. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Industrijsko inženjerstvo odbranila je 2022. godine, kada upisuje i master studije.

*kontakt:*  
valentina.dukic@uns.ac.rs

**ISPITIVANJE KLJUČNIH VEŠTINA IZ OBLASTI UPRAVLJANJA PROJEKTIMA KOJE SU PRIMENJIVE U VOĐENJU PREDUZETNIČKOG PODUHVATA****EXAMINATION OF KEY SKILLS IN PROJECT MANAGEMENT APPLICABLE TO LEADING ENTREPRENEURIAL VENTURES**

Aleksandra Simić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – PROJEKTNI MENADŽMENT**

**Kratak sadržaj** – Cilj ovog rada jeste ispitivanje ključnih veština iz oblasti upravljanja projektima koje su primenjive u vođenju preduzetničkog poduhvata. U tu svrhu rađeno je istraživanje u kome su preduzetnici imali priliku da iskažu svoje poznavanje određenih pojmova vezanih za upravljanje projektima

**Ključne reči:** *Upravljanje projektima, preduzetništvo*

**Abstract** – *The goal of this paper is to examine key skills in project management applicable to leading entrepreneurial ventures. To achieve this, a study was conducted where entrepreneurs had the opportunity to express their understanding of specific project management concepts.*

**Keywords:** *Project management, entrepreneurial*

**1. UVOD**

U današnjem poslovnom okruženju, koje je praćeno velikim mogućnostima za inovacije, sve je više pojedinaca koji žele da razvijaju svoje nove poslovne ideje i time postanu preduzetnici. Stalno pojavljivanje novih trendova, konstantno praćenje i prilagođavanje istim, sastavni je deo poslovanja.

Upravljanje projektima ili generalno poslovanjem, sa sobom nosi određena pravila i smernice koje se trebaju poštovati. Sve zajedno predstavlja kompleksnu celinu i bitno je krenuti od razumevanja osnovnih pojmova.

Kroz ovaj rad, cilj jeste da se prikaže značaj ključnih veština upravljanja projektima i ispita da li se one mogu primeniti u vođenju preduzetničkog poduhvata. Sastoji se od četiri poglavlja, prvo poglavlje vezano je za uvodna razmatranja celokupnog rada u okviru koga je opisan cilj rada i objašnjena struktura poglavlja, drugo poglavlje su teorijske podloge, treće čini istraživački okvir, a na samom kraju nalazi se zaključno razmatranje i to je ujedno i četvrto poglavlje.

Ovim istraživanjem sprovešće se analiza povezanosti oblasti upravljanja projektima i preduzetništva u savremenom poslovnom okruženju. Na taj način, dat je doprinos daljim istraživanjima ključnih veština iz oblasti upravljanja projektima i njihovoj povezanosti sa preduzetničkim poduhvatima.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Slobodan Morača, red. prof.

**2. UPRAVLJANJE PROJEKTIMA**

Oblast upravljanja projektima predstavlja kompleksnu celinu i potrebno je krenuti od razumevanja osnovnih pojmova kako bi se na najbolji mogući način savladala tematika rada.

Za početak, projekat se može definisati kao privremeni napor koji je preduzet kako bi se proizveo jedinstven proizvod, usluga ili drugi rezultat, ima svoj početak i kraj [1]. Iako je projekat poseban i jedinstven, postoje elementi koji su zajednički za sve projekte, a to su: cilj, rokovi, kompleksnost, planiranje, resursi, organizaciona struktura i praćenje i kontrolisanje [2].

Pored osnovnih karakteristika, kao značajne se mogu izdvojiti i sledeće karakteristike [2]:

- Obim – projekat je potrebno da uključuje veliki broj aktivnosti i zadataka koji su značajniji nego uobičajeni procesi;
- Neponovljivost – projekat se sastoji od aktivnosti koje se ne ponavljaju i sadrže elemente nepoznavanja;
- Kompleksnost – projekat je složen poduhvat, prilikom njegove realizacije dolazi do velikog korišćenja resursa, troškova, ljudi itd.
- Podrška i pažnja – projekat zahteva posebnu pažnju i podršku za realizaciju.

Projektima treba upravljati i ovo se odnosi na primenu znanja, veština, alata i tehnika na projektne aktivnosti, a sve sa ciljem da se ispune zahtevi projekta. Kao ključni elementi upravljanja projektima izdvajaju se: učesnici odnosno zainteresovane strane, grupe procesa i oblasti znanja, alati i tehnike, uspeh projekta, doprinos portfolija projekta uspehu organizacije [3].

**2.1. Životni ciklus projekta**

Životni ciklus projekta se može definisati kao skup faza projekta koje su uglavnom redom poredane, ali se može desiti i da se preklapaju, naziv i broj su određeni potrebama upravljanja i kontrole jedne ili više organizacija uključenih u projekat, same prirode projekta i njegovog područja primene [1].

Projekti se razlikuju prema složenosti i veličini, ali bez obzira na to koliko su veliki ili mali, složeni ili jednostavni prolaze kroz određene faze. Svaka faza ima svoj početak i kraj, specifične ciljeve koje treba postići i svaka faza unutar projekta je projekat za sebe [4].

Kao osnovne faze životnog ciklusa projekta se izdvajaju:

- iniciranje – tokom ove faze, identifikuju se poslovni problemi ili prilike, definiše se poslovni slučaj koji pruža različite mogućnosti i rešenja;
- planiranje – u okviru one faze projekat se rasčlanjuje na sitne delove i sastavlja spisak potrebnih aktivnosti i zadataka, kao i redosled njihovog izvršenja;
- izvršenje – kroz ovu fazu se vrši implementacija planova kreiranih tokom faze planiranja projekta;
- zatvaranje – odnosi se na puštanje konačnog rezultata kupcu, predaja projektne dokumentacije, raskidanje ugovora sa dobavljačima itd [5].

## 2.2. Znanje i kompetencije projektnog tima

Upravljanje projektima, čak i u najboljim uslovima može biti težak zadatak. Veliku ulogu i odgovornost ima projektni menadžer, a kao njegovi zadaci izdvajaju se planiranje, organizovanje, koordinisanje, komunikacija, vođenje i motivisanje svih članova tima, sve sa ciljem da se ostvari uspešan ishod projekta [6].

Efikasno upravljanje timom uključuje tri osnovna pitanja:

1. Veštine ljudi (posjedovanje odgovarajućih veština i osobina);
2. Organizacionu strukturu (organizovanje ljudi i resursa u skladu sa zadacima koji se obavljaju);
3. Stil upravljanja (usvajanje pravog stila rukovođenja).

Na sva ova pitanja utiču konkretan zadatak koji treba da se obavi i okruženje [7].

Kao neke od najvažnijih veština i kompetencija efikasnih menadžera projekata, izdvajaju se: veštine rada sa ljudima, verbalna komunikacija, liderstvo, slušanje, upravljanje konfliktima, razumevanje i balansiranje prioriteta [3].

## 2.3. Područja znanja za upravljanje projektima

Podela oblasti znanja za upravljanje projektima je izvršena na sledeći način [1]:

- Upravljanje integracijom projekta
- Upravljanje obimom projekta
- Upravljanje vremenom na projektu
- Upravljanje troškovima na projektu
- Upravljanje kvalitetom projekta
- Upravljanje ljudskim resursima projekta
- Upravljanje komunikacijama na projektu
- Upravljanje rizikom projekta
- Upravljanje nabavkama za projekat

## 3. ULOGA I ZNAČAJ PREDUZETNIŠTVA

Preduzetništvo se može objasniti kao proučavanje ljudskih akcija koje dovode do promena u podeli rada. Kroz ovu definiciju se daje teorijsko i empirijsko značenje studijama koje ispituju formiranje novih poduhvata i ekonomski rast, a naučnici je mogu koristiti za intelektualni profit [8].

Kao neke od glavnih karakteristika preduzetništva se izdvajaju [9]:

- Ekonomska aktivnost;
- Kreativni odgovor na okruženje;
- Ciljano orijentisana aktivnost;
- Funkcija preuzimanja rizika;
- Optimalno korišćenje resursa;
- Organizaciona kultura;

- Funkcija popunjavanja praznina;
- Dinamičan proces;
- Menadžerske veštine i liderstvo.

### 3.1. Značaj i vrsta preduzetništva

Preduzetnička aktivnost se može posmatrati kao jedna od najvažnijih doprinosa za ekomoski razvoj zemlje ili regiona. Preduzetništvo je dinamična potreba privrede u razvoju i kao njegov značaj izdvaja se sledeće [9]:

- Doprinos ekonomskog rasta;
- Nabavka i korišćenje resursa;
- Organizacija faktora proizvodnje;
- Stvara prilike za zapošljavanje;
- Stvara potražnju;
- Osnivanje preduzeća;
- Pобољшanje životnog standarda;
- Bolje informacije;
- Istraživanje i razvoj;
- Društvena korist;
- Profit.

Preduzetništvo se može podeliti u nekoliko grupa [10]:

- Porodično preduzetništvo;
- Korporativno preduzetništvo,
- Socijalno preduzetništvo i održivost;
- Žensko preduzetništvo;
- Globalno preduzetništvo;
- Preduzetničko istraživanje, obrazovanje i pedagogija.

Druge podela preduzetništva glasi [11]:

- Pojedinci i grupe;
- Inovatori i menadžeri;
- Nekomercijalni preduzetnici;

### 3.2. Izazovi preduzetnika u savremenom poslovanju

Izazovi ili prepreke su sastavni deo poslovanja u savremenim uslovima, pa se tako preduzetnici susreću sa velikim brojem njih.

Preduzetnici ne znaju koji će se procesi pokazati izvodljivim i ispativim. Njihov zadatak jeste da preduzimaju rizike, donose investicione odluke, ulažu vreme, kapital, trud u projekat, a sve to se obavlja uz određenu dozu neizvesnosti šta će doneti budućnost [11].

Koliko uspeha ili neuspeha će pojedinac ili preduzeće imati zavisi od više faktora koji su grupisani na: unutrašnje i spoljne faktore uspeha, unutrašnje i spoljne faktore neuspeha [12].

Kao ograničenja za inovacije koja se mogu javiti u zemljama u razvoju su [13]:

- slaba politička posvećenost i infrastruktura;
- ogromna birokratija;
- pogrešno obrazovanje i obuka;
- manjak finansijskih resursa;
- slaba istraživačka produktivnost;
- neadekvatna potražnja za nacionalnim sistemom istraživanja i razvoja.

#### 4. POVEZANOST UPRAVLJANJA PROJEKTIMA I PREDUZETNIŠTVA

Kao osnovni principi upravljanja koji mogu da se primene u preduzetništvu, izdvajaju se [14]:

- Upravljanje obimom;
- Upravljanje rizikom;
- Upravljanje resursima;
- Upravljanje i kontrola projekta;
- Upravljanje vremenom;
- Upravljanje timom.

Kada je reč o metodološkom i teorijskom pristupu inovativnom upravljanju projektima u preduzetništvu, inovacione aktivnosti se organizuju kao „projekti“ širokog obima. Od odabira projekta do njegove implementacije i praćenja, potrebno je nekoliko koraka, a to je stalno praćenje projekta, raspodela resursa. Uz pomoć metoda i alata za upravljanje projektima omogućava se da se sa sigurnošću definišu ciljevi, glavne faze, resursi i vreme implementacije projekta. Inovativno upravljanje je ključno za razvoj i implementaciju strategija za organizaciju i upravljanje projektima [19].

#### 5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Tema rada jeste da se ispitaju ključne veštine iz oblasti upravljanja projektima koje su primenjive u vođenju preduzetništva. Za potrebe istraživanja primenjen je kvantitativni upitnik koji je popunilo 46 ispitanika. Upitnik se sastoji od 39 pitanja podeljenih u grupe:

- 4 pitanja vezana za opšte informacije o ispitaniku;
- 5 pitanja vezana za opšte informacije o organizaciji;
- 15 pitanja vezana za veštine upravljanja projektima koje su primenjive u preduzetništvu;
- 12 pitanja vezana za alate i tehnike upravljanja projektima koje su primenjive u preduzetništvu;
- 3 pitanja vezana za ograničenja da se vidi da li su podjednako važna i u upravljanju projektima i u preduzetništvu.

Vreme potrebno za popunjavanje je od 8 do 10 minuta. Za ispitanike su uzimani preduzetnici sa teritorije Republike Srbije. Upitnik se slao putem elektronske pošte koje su nađene u google pretraživaču, putem ličnih kontakata i preko instagram poruka. Kontaktima kojima je prosleđen upitnik putem elektronske pošte posle nedelju dana je slat podsetnik.

#### 6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Uzorak obuhvata 46 ispitanika koji su se odazvali na učešće u istraživanju, od toga 34 (73,9%) su žene, dok je 12 (26,1%) muškaraca. Kada je reč o obrazovanju, pola ispitanika je završilo osnovne studije (50%), svi imaju srednju stručnu spremu i više.

Kada je reč o godinama poslovanja, najveći broj organizacija postoji između 1 i 5 godina (43,5%), u odnosu na veličinu organizacije najveći broj spada u grupu mikro organizacije (65,2%). Najviše njih je iz oblasti proizvodnje (47,8%), zatim prodaje (21,7%), dok najmanje je iz oblasti IT industrije i zdravstva (2,2%). Kada je u pitanju uključenost organizacija u projekte njih (17,4%) je reklo

da se svakodnevno bavi projektima, dok (23,9%) je odgovorilo da se ne bave projektima. Kao oblasti projekta kojima se bave na prvom mestu je razvoj novih proizvoda.

##### 6.1. Ispitivanje korelacija veština upravljanja projektima i preduzetništva

Na osnovu dobijenih odgovora od strane 46 ispitanika, na temu veština upravljanja projektima koje su primenjive u preduzetništvu, vidi se da su ispitanici dosta upućeni u tu tematiku i da većina vodi računa o njima u svom poslovanju. Veliki deo odgovora (više od 75%) je bilo za ocenu 5 (uvek primenjujem) i 4 (uglavnom primenjujem), dok je mali procenat njih (oko 10%) davalo ocenu 1 (ne primenjujem u svom poslovanju) i 2 (jako retko primenjujem).

Kao tri najvažnije sposobnosti se izdvajaju:

1. Sposobnost definisanja problema, efektivno razmišljanje i donošenje odluka za rešavanje problema;
2. Sposobnost upravljanja vremenom i rokovima odvijanja aktivnosti;
3. Sposobnost sagledavanja posla u celini.

##### 6.2. Ispitivanje korelacija elemenata iz oblasti upravljanja projektima i preduzetništva

Kada je u pitanju poznavanje alata i tehnika upravljanja projektima, rezultati su dosta lošiji u odnosu na poznavanje i primenu veština upravljanja projektima. Kao najmanje poznati termini izdvajaju se: Monte Karlo analiza (28 ispitanika), Pareto dijagram (27 ispitanika), WBS i Gantov dijagram (po 25 ispitanika). Od svih alata i tehnika, jedino je Brainstorming označilo njih 25, od ukupnog broja 46, da primenjuje u svom poslovanju.

##### 6.3. Ispitivanje primene alata i tehnika u okviru određenih funkcija preduzeća

U okviru ovog dela upitnika, data je matrica, koja se sastoji od osnovnih funkcija u poslovanju i alata i tehnika upravljanja projektima. Zadatak ispitanika jeste da označe sve alate i tehnike koje primenjuju u okviru odgovarajuće funkcije.

Na osnovu dobijenih rezultata, može se videti da se oni dosta poklapaju sa rezultatima iz prethodnog seta pitanja. Na taj način se još jednom potvrdilo da veliki broj ispitanika nije uopšte upoznat sa ovim alatima i tehnikama i koji značaj one mogu da pruže. Najveći broj odgovora, je i ovde pristiglo za primenu tehnike brainstorming, u svakoj funkciji preduzeća je našla svoju upotrebu, ali najviše u funkciji istraživanja i razvoja. Drugi alat, sa najvećom primenom jeste analiza stabla odlučivanja, i najviše je u upotrebi kod kadrovske funkcije i nadzora i kontrole. Najmanje poznata i primenjena tehnika jeste pareto dijagram.

##### 6.4. Ispitivanje primene alata i tehnika u okviru proizvodnje i prodaje

U ovom delu istraživanja, analizira se primena alata i tehnika u okviru proizvodnje i prodaje. Kao najveći deo dobijenih odgovora kroz upitnik vezuje se za proizvodnju i prodaju, od 46 ispitanika, 22 pripada proizvodnji, dok je 10 za prodaju.

Na osnovu analize dobijenih rezultata, veću primenu alati i tehnike imaju kada je reč o proizvodnji nego prodaji. U

proizvodnji najviše se ističu alati WBS, brainstorming, analiza stabla odlučivanja i Monte Karlo analiza, dok se najmanje ističu i čak ne primenjuju u svim funkcijama, histogram, pareto dijagram i matrica odgovornosti. Za prodaju su dosta lošiji rezultati i svi alati se ne primenjuju u svim funkcijama, najviše se ističe primena WBS-a, brainstorming-a i matrice odgovornosti.

Prema tome, kao najveću sličnost i podudarnost u vezi primene određenog alata i tehnike i u proizvodnji i u prodaji se javlja kod WBS-a. Tu se poklapaju rezultati da se najviše koristi u svim funkcijama, a alat koji se najmanje koristi i kod prodaje i kod proizvodnje jeste pareto dijagram. Kao najveća razlika je vezana za analizu stabla odlučivanja, u proizvodnji se dosta koristi, dok u prodaji skoro da uopšte nema.

### 6.5. Važnost praćenja ograničenja

Poslednji deo upitnika vezuje se za stavove ispitanika po pitanju važnosti praćenja ograničenja. Sastoji se od tri pitanja i ona se odnose na upravljanje vremenom, procenu troškova i jasnoću vizije i koraka za njenu realizaciju. Prema dobijenim rezultatima stvara se jasna slika da se i u preduzetništvu, kao i u upravljanju projektima veliki akcenat stavlja upravo na njih. može se zaključiti da su ove dve oblasti dosta povezane i da se bitne stvari poklapaju i kada je u pitanju preduzetništvo i kada je u pitanju upravljanje projektima.

## 7. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Cilj ovog rada jeste ispitivanje ključnih veština iz oblasti upravljanja projektima koje su primenjive u vođenju preduzetničkog poduhvata. Urađeno je ispitivanje, u okviru koga je dat prikaz alata i tehnika koje se mogu primeniti i u jednoj i u drugoj oblasti i u kojoj meri su oni zastupljeni.

Teorijski deo započinje se objašnjavanjem pojma i značaja projekta, njegovog životnog ciklusa, zatim elementi i značaj upravljanja projektima. Nakon toga, prikazan je značaj i uloga preduzetnika, objašnjen je pojam preduzetništva, njegov značaj, podela, kao i izazovi u savremenom poslovanju i njihov položaj u Srbiji.

Na samom kraju teorijskog dela rada, navedene su ključne sličnosti, ali i ključne razlike između upravljanja projektima i preduzetništva. Ovo predstavlja ujedno i osnovu za istraživanje koje je rađeno u drugom delu rada.

Ovaj rad se može smatrati kao doprinos daljim istraživanjima kada je u pitanju ispitivanje ključnih veština iz oblasti upravljanja projektima koje su primenjive u vođenju preduzetničkog poduhvata. Postavljeni okviri i teze se mogu kasnije iskoristiti za ispitivanja koja bi bila sprovedena na većem broju ispitanika, putem intervjua ili studije slučaja.

## 8. LITERATURA

- [1] Project Management Institute PMI (2008). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide) (4th ed.). Project Management Institute.
- [2] Radaković, N., Morača, S. (2017). Osnove upravljanja projektima.
- [3] Schwalbe, K. (2015). Information Technology Project Management. Cengage Learning.
- [4] Trish, M. (2007). Project Management Toolkit: The Basics For Project Success. Elsevier Science.
- [5] Westland, J. (2006). The Project Management Life Cycle. Kogan Page Limited.
- [6] Harrison, F., Lock, D. (2004). Advanced Project Management. The Gower Publishing.
- [7] Dinsmore, P. C., Cabanis-Brewin, J. (2011). The AMA handbook od Project Management. New York: American Management Association
- [8] Steven, M. (2007). Discussant comments entrepreneurship, growth, and Adam Smith.
- [9] Sharma. S. (2021). Entrepreneurship Development. PHI Learning Private Limited.
- [10] Matricano, D. (2020). Entrepreneurship Trajectories. Elsevier Inc.
- [11] Butler, E. (2020). Entrepreneurship. The Institute of Economic Affairs.
- [12] Tutorials Points (2015). Entrepreneurship Development Transforming Ideas Into Success.
- [13] Lalkaka, R. (2001). Fostering Technological Entrepreneurship and Innovation.
- [14] Mehr, H.H. (1989). Project anagement and the entrepreneur. PM Network.
- [15] Akhmetshin, E.M., et al. (2019). Moder approaches to innovative project management in entrepreneurship education: a review of methods and applications in education.

### Kratka biografija:



**Aleksandra Simić**, rođena je u Rumi 1999. god. Osnovne akademske studije završila je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na smeru Inženjerski menadžment. Master studije je upisala 2022. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na smeru Projektni menadžment.

Kontakt:  
[siimic.aleksandra@gmail.com](mailto:siimic.aleksandra@gmail.com)

**KVANTIFIKACIJA RIZIKA I OPTIMIZACIJA STRATEGIJE INVESTIRANJA U  
KRIZNIM USLOVIMA POSLOVANJA****QUANTIFICATION OF RISK AND OPTIMIZATION OF INVESTMENT STRATEGY IN  
CRISIS BUSINESS CONDITIONS**

Stefan Nikolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSKI MENADŽMENT**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad pruža analizu kriznih uslova poslovanja u kojima su se našle nemačke automobilske kompanije tokom protekle decenije. Ističu se rizici koje ti uslovi donose, naglašavajući uticaj na ove kompanije i potencijalne opasnosti koje proizilaze za ostatak Evrope. Cilj ove analize jeste da, kroz primere velikih kompanija, pokaže uticaj krize na njihovo poslovanje, identifikujući problematična područja tokom ovog perioda.

**Ključne reči:** Rizik, Strategija, Investicije, Kriza.

**Abstract** – This paper provides an analysis of the crisis conditions in which German automotive companies have found themselves over the past decade. It highlights the risks posed by these conditions, emphasizing their impact on these companies and potential threats that arise for the rest of Europe. The goal of this analysis is to, through examples of major companies, illustrate the crisis's influence on their business, identifying problematic areas during this period.

**Keywords:** Risk, Strategy, Investments, Crisis.

**1. UVOD**

Ovaj istraživački rad analizira krizne faktore u nemačkoj autoindustriji tokom protekle decenije, s fokusom na ekonomske činioce. Istražuje strategije kompanija u suočavanju s investicionim izazovima u globalnom ekonomskom okruženju. Poseban naglasak je na optimizaciji strategija investiranja i kvantifikaciji rizika. Praktično se prikazuju krizni scenariji u nemačkoj autoindustriji, analizirajući uzroke, rizike i trenutno stanje vodećih kompanija. Rad završava analizom stanja u Republici Srbiji u kontekstu pandemije COVID-19, pregledom finansijskih pokazatelja kompanija koje posluju u Srbiji kao ključnih snabdevača automobilskih korporacija.

Metodologija istraživanja bazira se na analitičkim i sintetičkim metodama, uz dubinsku analizu ključnih analiza, kao proces razlaganja predmeta na sastavne činioce, kombinuje teorijski okvir i filozofske pretpostavke metodologije. Cilj je dublje razumevanje suštine naučnog saznanja i identifikacija osnovnih principa u njegovom sticanju.

**NAPOMENA:**

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

Metod sinteze primenjuje se kako bi se faktori objedinili u koherentnu celinu, omogućavajući dublje razumevanje kompleksnih veza između ključnih pojmova, naročito u kontekstu dinamike ekonomske izdržljivosti u vremenima krize. Sintetički pristup doprinosi razvoju teorijskog okvira i proširuje razumevanje o predmetu istraživanja. Cilj istraživanja je ukazati na značaj instrumenata i metoda za kvantifikaciju rizika u poslovanju, uz analizu teorijskih postavki i aktuelnih dešavanja u ekonomskom svetu. Tematski, rad se fokusira na identifikaciju i analizu aspekata kvantifikacije rizika u poslovanju preduzeća, koristeći teorijske osnove i aktuelne izvore informacija. Istraživanje takođe ističe potrebu za kontinuiranim usavršavanjem strategija i pristupa kvantifikaciji rizika u dinamičnom poslovnom okruženju radi održivosti poslovanja.

**2. CILJEVI POLITIKA I STRATEGIJA  
INVESTIRANJA**

Upravljanje finansijskom aktivom zahteva posebno znanje i veštinu, s obzirom na kompleksnost odluka o investiranju. Investicioni menadžment podrazumeva ciljno usmerenu aktivnost usmerenu ka maksimizaciji prinosa na investirana sredstva, uz svest o inherentnom nivou rizika. Postoje dve osnovne vrste investitora: profesionalni, koji se oslanjaju na znanje i iskustvo, i amateri, koji donose odluke na osnovu subjektivnih procena. Profesionalni investitori uključuju institucionalne investitore, hedge fondove, investicione menadžere, banke i osiguravajuća društva.

Izvori finansiranja se mogu klasifikovati kao sopstveni i tuđi. Sopstveni izvori obuhvataju osnovni kapital, rezerve, direktne finansijske doprinose od vlasnika, nedistribuirane zarade i unutrašnje generisane sredstva. Tuđi izvori uključuju bankarske kredite, obveznice, hipotekarne kredite, leasing, venture kapital i kratkoročne zajmove.

Odluka o optimalnoj strukturi kapitala zavisi od specifičnih potreba i ciljeva organizacije, s obzirom na prednosti i izazove sopstvenih i tuđih izvora finansiranja. Balansiranje između sopstvenih i tuđih izvora ključno je za održavanje stabilnosti i održivosti poslovanja. Odnos sopstvenog i pozajmljenog kapitala takođe utiče i na obezbeđenje: rentabilnosti, sigurnosti, elastičnosti i nezavisnosti preduzeća [1].

### 3. PROCES INVESTIRANJA U ODNOSU NA RIZIK I PRINOS

U Rizik u poslovanju predstavlja neizvesnost ishoda koji može imati negativne posledice na ostvarivanje ciljeva preduzeća, uključujući potencijalni gubitak. Osnovne karakteristike rizika obuhvataju neodređenost ishoda i potencijalni negativni uticaj. Kineski simboli za rizik i priliku ilustruju da rizik nosi i elemente opasnosti i šanse. Investitori se klasifikuju prema stavu prema riziku kao averzivni, tražitelji rizika ili neutralni.

Upravljanje rizicima u preduzećima ima za cilj povećanje vrednosti preduzeća i obuhvata pet ključnih strategija: izbegavanje rizika, smanjenje rizika, preuzimanje rizika, udruživanje rizika i prenos rizika. Ključna načela upravljanja rizicima obuhvataju načelo ne rizikovanja više nego što se može izgubiti, uzimanje u obzir slučajnosti i izbegavanje rizika koji donose malu korist u odnosu na troškove.

Merenje rizika i prinosa u investicijama može se sprovesti različitim metodama, uključujući upotrebu normalne raspodele verovatnoće, grafički pristup, prognozu ishoda, analizu istorijskih performansi i merenje u relativnim terminima pomoću kovarijance i beta koeficijenta. Očekivani prinos na ulaganje obuhvata premiju za rizik iznad prinosa na bezrizično ulaganje.

Sprovođenje strategija upravljanja rizicima uključuje mere kao što su upravljanje potraživanjima od kupaca, usklađivanje vrednosti sa kupcima i upravljanje zalihama. Važno je prilagoditi strategije u skladu sa stavom prema riziku, preferencijama investitora i traženim stopama prinosa.

### 4. KVANTIFIKACIJA RIZIKA I OPTIMIZACIJA STRATEGIJE INVESTIRANJA U KRIZNIM USLOVIMA POSLOVANJA

Upravljanje poslovnim procesima postaje ključno za održavanje efikasnosti organizacije, budući da uspostavljene proizvodne snage imaju tendenciju da stariju s vremenom. To starenje proizvodnih snaga može biti uzrokovano amortizacijom osnovnih sredstava i potrebom za obukom i obnavljanjem zaposlenih. S druge strane, spoljašnje promene, posebno na tržištima prodaje i nabavke, takođe doprinose starenju angažovanih proizvodnih snaga.

U uslovima ekonomske krize, ova dva razloga starenja proizvodnih snaga organizacije deluju sinergijski, dovodeći do pada efikasnosti poslovnih procesa. Kriza predstavlja ozbiljan izazov, a zahteva od organizacija da prilagode svoje poslovne politike i procese. Krizni menadžment postaje ključan, a pravovremeno prepoznavanje simptoma krize omogućava organizacijama da adekvatno reaguju.

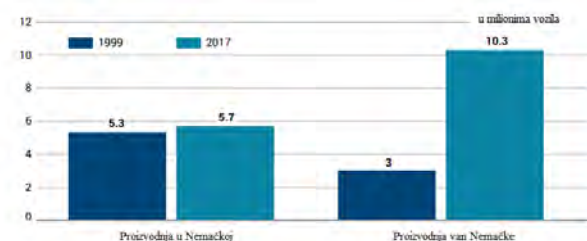
Različiti modeli transformacije organizacije mogu se primeniti u kriznim situacijama, od parcijalnih do sveobuhvatnih, uključujući strategije smanjenja poslovanja, dezinvestiranja, ubiranja plodova, restrukturiranja ili čak likvidacije. Odluka o odabiru određene strategije zavisi od uzroka i obima krize.

U zaključku, efikasno upravljanje poslovnim procesima i pravovremeni odgovor menadžmenta na krize su ključni za

opstanak i uspeh organizacija u dinamičnom poslovnom okruženju. Zbirno gledano, negativno dejstvo oba razloga na poslovne procese konkretnog privrednog subjekta naročito se pojačava u uslovima tekuće i svake druge buduće ekonomske krize [3].

### 5. KVANTIFIKACIJA RIZIKA I OPTIMIZACIJA STRATEGIJE INVESTIRANJA U KRIZNIM USLOVIMA POSLOVANJA – PRAKTIČNI DEO

Suočena je s izazovima kao što su ekološka revolucija, gubitak konkurentske prednosti i promenjen odnos s Kinom. Nedovoljan odgovor na nove izazove, nedostatak inovacija i skandal s emisijama dizel vozila kompromitovali su sektor. Nemački proizvođači razmatraju diverzifikaciju i istraživanje novih tržišta kako bi smanjili zavisnost od kineskog tržišta, prikaz proizvodnje na inostranim tržištima na grafikonu 1. Ove promene odražavaju se ne samo na ekonomske aspekte već i na političke i društvene dimenzije međunarodnih odnosa, predstavljajući izazov za globalnu ekonomsku ravnotežu.



Grafikon 1. Proizvodnja nemačkih vozila u zemlji i inostranstvu u 1999. i 2017. godini

Nemačka automobilska industrija je ključna za ekonomiju, doprinoseći 18,5% globalnog tržišta. Sa 1,8 miliona zaposlenih, predstavlja jedan od najprofitabilnijih sektora. Nemački proizvođači, poput Volkswagen, BMW i Mercedes-Benz, su globalni lideri i oslonac izvozno orijentisane ekonomije. Automobilska industrija direktno doprinosi BDP-u, generišući 4,5% dodatke vrednosti. Takođe, značajno utiče na zapošljavanje, povezane sektore, inovacije i tehnološki razvoj. Snažna međuzavisnost sa drugim industrijama stvara lanac snabdevanja i kaskadne efekte.

Industrija je od vitalnog značaja za ekonomiju Bavarske i Baden-Virtemberga. Globalni uspeh nemačkih brendova, posebno u premijum segmentu, čini ih ključnim igračima na svetskom tržištu. Ipak, sektor se suočava sa izazovima, uključujući ekološke promene, gubitak konkurentske prednosti i promene u odnosima s Kinom. Nedostatak pravovremenog odgovora na te izazove i nedostatak inovacija predstavljaju rizike.

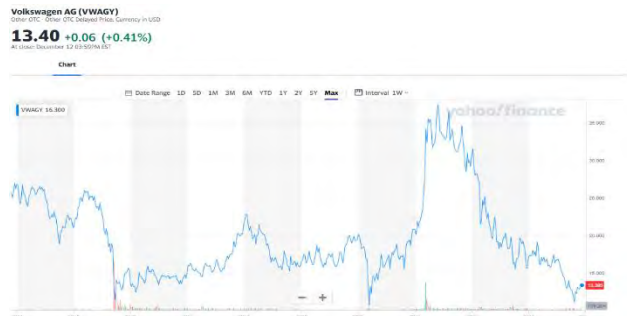
Automobilska industrija takođe ima geopolitički značaj, s obzirom na promene u globalnim odnosima. Diversifikacija investicija i istraživanje novih tržišta postaju ključne strategije. Nemačka vlada igra ulogu u podršci ekološkim regulativama, ali i suočava se s kritikama zbog nedovoljnog pritiska na inovacije. Postojeći izazovi stvaraju rizik od dugoročne krize, koja može destabilizovati ekonomiju,

izazvati gubitak radnih mesta i oslabiti poziciju Nemačke u EU. Stoga je neophodno da nemački proizvođači pažljivo procene rizike i optimizuju strategije kako bi očuvali dugoročnu održivost.

Nemačka je do nedavno bila lider u modelu otvorene globalizacije, posebno u automobilske industriji. Nemački proizvođači vozila su stvorili globalnu mrežu fabrika, ostvarujući 18% udela na svetskom tržištu. Međutim, dinamika se menja, a trgovina postaje izazovnija, posebno sa ključnim tržištima kao što su SAD, Kina i Ujedinjeno Kraljevstvo. Grafikon 3 pokazuje značajnu promenu u proizvodnji nemačkih vozila između 1999. i 2017. godine.

Nemačka automobilska industrija je transformisana u poslednjih 20 godina, sa preokretom u proizvodnji vozila između domaćih i stranih fabrika. Dok su domaće fabrike 1999. proizvele 80% više vozila od stranih podružnica, 2017. godine strane fabrike su proizvele 10,3 miliona vozila, dok su domaće fabrike proizvele samo 5,7 miliona. Ipak, važno je napomenuti da je ova promena u proizvodnji donela i promene u strukturi prihoda, s domaćim fabrikama koje su se fokusirale na proizvodnju visoko vrednih elemenata, dok su strane fabrike često funkcionisale kao montažne hale, posebno za jeftinije modele.

Ova promena u dinamici proizvodnje ima implikacije na trgovinske tokove i globalnu konkurenciju nemačke automobilske industrije. Smanjenje proizvodnje u domovini uz porast proizvodnje u inostranstvu ukazuje na potrebu za prilagođavanjem strategija nemačkih proizvođača vozila kako bi se održala konkurentna prednost u promenljivom globalnom okruženju.



Grafikon 2. Akcije Volkswagen grupe nakon ekološkog skandala i period oporavka [4]

U septembru 2015. otkriven je "Dieselgate" skandal, gde je Volkswagen koristio uređaje za manipulaciju testova emisije goriva, uzdrmao nemačku autoindustriju. Dizel automobili su izgubili popularnost, a dodatni udarac bio je kartelski skandal među ključnim proizvođačima. Ove afere narušile su sliku dizela kao ekološkog rešenja, utičući na pad prodaje i reputaciju kompanija. Prikaz pada vrednosti akcija kao na grafikonu 2.

Nemačke firme su pretrpele gubitke od oko 30 milijardi evra zbog kazni i sudske naknade, utičući na istraživačke i razvojne troškove. Reputacija nemačkih kompanija opala je u visoko razvijenim zemljama, dovodeći do smanjene potrošnje proizvoda iz Nemačke. Poverenje u njih je opalo u Nemačkoj i zemljama u razvoju, a potrošači su smanjili kupovinu proizvoda iz ove zemlje.

Skandal je doveo do pooštavanja regulativa, uvođenja pouzdanijih testova emisija (WLTP) i postavljanja ciljeva za smanjenje emisija CO<sub>2</sub>. Nemački proizvođači, poput BMW-a, Daimlera i Volkswagena, suočavaju se sa izazovom ispunjavanja novih standarda, s obzirom na nizak udeo električnih vozila. Postoji rizik od plaćanja visokih kazni ako se ne postignu ciljevi do 2021. godine.

Nemački gradovi uvode zabrane za dizel vozila, a mnogi proizvođači obustavljaju proizvodnju dizela. Japanski proizvođač Toyota i drugi su već prekinuli proizvodnju dizela, dok se nemačke kompanije, poput BMW-a, još uvek suočavaju sa izazovima i zadržavaju defanzivan stav. Skandali su značajno uticali na evoluciju autoindustrije, izazivajući promene u strategijama i prioritizaciji električnih vozila.

Kinesko inovativno tržište električnih vozila (EV) pruža prilike i rizike za nemačke proizvođače automobila. S jedne strane, Kina je postala globalni lider u industriji električnih vozila, nudeći ogromno i brzorastuće tržište za električna vozila. To pruža nemačkim proizvođačima automobila priliku da privuku značajnu potrošačku bazu i uspostave se kao ključni igrači u sektoru električne mobilnosti.

Međutim, to takođe nosi određene rizike. Visoko dinamično i konkurentno kinesko tržište električnih vozila znači da se nemački proizvođači automobila suočavaju s snažnom konkurencijom od strane domaćih kineskih proizvođača električnih vozila. Ovi lokalni konkurenti često su bolje prilagođeni specifičnim željama i potrebama kineskog potrošačkog tržišta.

Kinesko tržište automobila postalo je sve inovativnije i karakteriše ga domaći tehnološki napredak. To je stavilo nemačke proizvođače automobila u nepovoljan položaj. Kako bi zadržali svoju konkurentnost, oni veruju da moraju iskoristiti inovativni ekosistem Kine i produbiti svoje investicije u zemlji.

## 6. IZAZOVI PRED NEMAČKOM AUTOMOBILSKOM INDUSTRIJOM

Nemački automobilske sektor prolazi kroz dug period restrukturiranja zbog izazova u vezi s globalnom ekonomskom napetošću, geopolitičkim promenama i prelaskom na električne i digitalne tehnologije. Glavni proizvođači automobila, poput Volkswagena, suočavaju se s potrebom značajnih inovacija kako bi održali konkurenciju.

Volkswagen predstavlja plan "NEW AUTO" do 2030, fokusiran na softverski vođenu mobilnost. Plan integracije prikazan na grafikonu 3.



Grafikon 3. Strategija novog koncepta "NEW AUTO" [5]

Strategija uključuje razvoj autonomne vožnje, globalne softverske platforme, vertikalnu integraciju baterija i rešenja za mobilnost.

Nemačka će verovatno odgovoriti na izazove intenziviranjem akcija na sektorskom, nacionalnom i međunarodnom nivou.

U celini, nemački automobilski sektor prolazi kroz ključne transformacije kako bi se prilagodio novim trendovima u industriji i globalnom ekonomskom okruženju. Ovi izazovi zahtevaju inovacije, prilagodljivost i podršku vlade kako bi se očuvala konkurentnost nemačke automobilske industrije.

## 7. DINAMIKA INVESTICIJA NEMAČKIH PROIZVOĐAČA AUTOMOBILA U CENTRALNOJ I JUGOISTOČNOJ EVROPI

Nemački proizvođači vozila su ključni faktor razvoja u Češkoj Republici, Slovačkoj i Mađarskoj, ali smanjenje investicija može ugroziti ekonomski model ovih zemalja. Autoindustrijski izazovi u Nemačkoj mogu negativno uticati na kompanije u Centralnoj Evropi, smanjujući izvoz. Prelazak na proizvodnju električnih vozila može uticati na podizvođače i smanjiti značaj autoindustrije u regionu. Restrukturiranje brenda poput Škode može doneti gubitke za češku ekonomiju. Podizvođači se suočavaju s pritiskom zbog zaštite klime i koncepta industrije 4.0, što može dovesti do veće kontrole korporacija i smanjenja cena. Nemačke kompanije mogu zahtevati veće angažovanje podizvođača u stranim tržištima, što može predstavljati izazov za mala i srednja preduzeća u Centralnoj Evropi.

Očekuje se da će Škoda biti najveća žrtva ovih poteza [6].

### 7.1. Auto dobavljači u Srbiji za vreme krize

Zahvaljujući blizini glavnih evropskih pogona, relativno razvijenoj infrastrukturi, relativno jeftinoj i kvalifikovanoj radnoj snazi Srbija je uspela u prethodnom periodu da se nametne kao lokacija gde je značajan broj auto dobavljača locirao svoje poslovne aktivnosti [7].

Investicije stranih dobavljača autoindustrije u Srbiji rastu od 2015. godine, privučeni povoljnom radnom snagom i infrastrukturom. Ove investicije podržavaju proizvodnju vozila za evropsko tržište. Tokom pandemije, prodaja novih vozila u EU značajno je opala, smanjujući se sa preko 13 miliona jedinica u 2019. na 9,7 miliona u 2021. godini. Očekuje se dalji pad prodaje u 2022. godini, uzrokovan nedostatkom mikročipova, visokom inflacijom i opštom neizvesnošću izazvanom ratom u Evropi.

Tabela 1. Stopa ROA u %

|                               | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Prosečna vrednost stope ROA   | 1,7%   | 7,9%   | 7,9%   | 4,8%   | 5,3%   | 3,8%   |
| Mediana vrednosti stope ROA   | 4,0%   | 7,7%   | 6,0%   | 4,4%   | 1,5%   | 3,2%   |
| Minimalna vrednost stope ROA  | -63,1% | -22,8% | -10,7% | -23,8% | -28,5% | -60,1% |
| Maksimalna vrednost stope ROA | 31,6%  | 34,1%  | 67,2%  | 48,0%  | 56,1%  | 86,0%  |

Stopa prinosa na imovinu, ključni pokazatelj investicija, opala je tokom 2019. zbog različitih faktora, kao u tabeli 1. U 2020. je blago porasla, ali medijalna vrednost je opala za skoro 3 procentna poena. Tokom 2021., medijalna i prosečna vrednost bile su skoro iste, ali na nižem nivou u

odnosu na 2019. Važno je napomenuti da je broj kompanija sa negativnom vrednošću ovog pokazatelja porastao tokom pandemije, ukazujući na negativan uticaj na prinosnu moć auto dobavljača u Srbiji.

## 8. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Kroz istoriju smo bili svedoci nastanka i nestanka mnogih velikih kompanija. Nemački automobilski sektor poslednjih godina često je poređen sa primerom Nokie. Spremnost na radikalne promene, kao i mogućnost promene liderskih pozicija na svetskoj automobilske pozornici, predstavlja najveći izazov za menadžment kompanija koje su navikle na višedecenijsku dominaciju. Postoje mnoge činjenice, kao što su i dalje veliko poverenje kupaca, kvalitet i određena posebnost u dizajnu i korisničkom iskustvu, koje svedoče u prilog neprikosnovenosti nemačke auto industrije. Određeni finansijski pokazatelji takođe ukazuju na pozitivne performanse, što nam može reći da se nemački proizvođači itekako pitaju za svoju budućnost.

## 9. LITERATURA

- [1] N. Milanović, S. Andžić, M. Butulija, „Struktura kapitala kao determinanta vrednosti preduzeća”, Centar za ekonomska i finansijska istraživanja, Beograd, 2017.
- [2] I. Adžes, „Kako upravljati u vreme krize“, Asee, Novi Sad, 2009.
- [3] J. Pontes, “Electric Car Market — 31% Market Share In May!” <https://cleantechnica.com/2022/06/24/china-electric-car-market-31-market-share-in-may> (Pristupljeno 09.12.2023.)
- [4] <https://finance.yahoo.com/quote/VWAGY/chart> (Pristupljeno 30.11.2023.)
- [5] VW Annual Report 2021, <https://annualreport2021.volkswagenag.com/> (Pristupljeno 25.12.2023.)
- [6] G. Kacher, „Skoda soll zur Billig-Marke werden“, *Süddeutsche Zeitung*, <https://www.sueddeutsche.de/auto/vw-skoda-diess-1.4630489> (Pristupljeno 26.12.2023.)
- [7] A. Mojović, „Nearshoring the Automotive Supply Chain: an Analysis of Serbia as a Hub for Automotive Part Production”, *Catolica Lisbon Business and Economics*, Lisbon, 2021.

### Kratka biografija:



**Stefan Nikolić** rođen je u Novom Sadu 1992. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerskog menadžmenta odbranio je 2024.god.  
kontakt: stefnik.ns@gmail.com

**PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U UPRAVLJANJU PROJEKTIMA – ANALIZA PRIMENE CHATGPT-A****APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PROJECT MANAGEMENT – ANALYSIS OF THE APPLICATION OF CHATGPT**

Teodora Majstorović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSKI MENADŽMENT**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad objašnjava primenu veštačke inteligencije u oblasti upravljanje projektima, konkretno se ovaj rad bazira na analizi ploda veštačke inteligencije, a to je svakako ChatGPT i njegovoj primeni u upravljanju projektima.

**Ključne reči:** Upravljanje projektima, Veštačka inteligencija, ChatGPT

**Abstract** – This paper deals with the study of the application of artificial intelligence in project management with a focus on the analysis of the ChatGPT tool and its application to the context of project management

**Keywords:** Project Management, Artificial Intelligence, ChatGPT

**1. UVOD**

U današnjem dinamičnom i poprilično ubrzanom poslovnom okruženju, veliki izazov predstavlja adekvatno i efikasno upravljanje projektima, jer baš sa takvim vođenjem stvara se konkurentnost i poslovni uspeh. U narednim poglavljima, pojašnićemo teoriju o upravljanju projektima, kao i osnovne koncepte veštačke inteligencije i ChatGPT-a. Takođe, kroz studiju slučaja analiziraćemo koliko je zapravo primena ChatGPT-a u ovoj oblasti i na osnovu toga izvući korisne zaključke.

**2. UVOD U UPRAVLJANJE PROJEKTIMA**

Primarna svrha ovog poglavlja je da nam pojašni pojam projekta, koje vrste projekata postoje, životni ciklus projekta i da nam bliže pojmi razvoj koncepta projekta. Sam termin projekat se vrlo često koristi, ali pitanje je šta je u stvari projekat.

**2.1. Pojam i definisanje projekta**

Prema definiciji projekat je privremena aktivost preduzeća sa ciljem stvaranja novog jedinstvenog proizvoda ili usluge [1]. Ukratko, projekat možemo posmatrati kao kordiniran skup ljudskih aktivnosti u cilju rešavanja definisanog zadatka koji treba da donese novi kvalitet organizaciji.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila doc. dr Danijela Čirić Lalić.

**2.2 Vrste projekta**

Postoji mnogo klasifikacija projekata u zavisnosti od delatnosti u kojoj se projekat sprovodi. Na slici 1. možemo videti devet vrsta projekata na osnovu toga šta je njihov rezultat odnosno proizvod. Pored toga prikazani su različiti faktori za svaki od projekata, kao što su potreban nivo tehnologije, vremenski rokovi, stručnost radnika, obim projekta i zavisnost od troškova.

| Type Projects by Product | Type of Worker | Degree of Uncertainty | Time Pressure | Stability of Scope | Level of Technology | Importance of cost |
|--------------------------|----------------|-----------------------|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 1. Administrative        | White          | Low                   | Low           | High               | Low                 | Low                |
| 2. Construction          | Blue           | Low                   | Low           | High               | Low                 | High               |
| 3. Software              | High Tech      | High                  | Medium        | Low                | High                | Low                |
| 4. Design                | White          | Medium                | Medium        | Medium             | High                | Medium             |
| 5. Maintenance           | Blue           | High                  | High          | Low                | Low                 | Low                |
| 6. Event                 | White          | Low                   | Medium        | High               | Medium              | Medium             |
| 7. Equipment             | Blue           | Low                   | Low           | High               | Low                 | Low                |
| 8. New Product           | White          | High                  | High          | Low                | High                | Low                |
| 9. Research              | High Tech      | High                  | Low           | Low                | High                | Low                |
| 10. Others??             |                |                       |               |                    |                     |                    |

Slika 1. Vrste projekata i njihove karakteristike

**2.3 Životni cilus projekata**

Vreme koje protekne od pokretanja do zatvaranja projekta predstavlja njegov životni ciklus.

**2.4 Projektni procesi**

Projekti se sastoje od procesa, koji se razlikuju tokom faza životnog ciklusa. Svaka faza životnog ciklusa ima sopstvenu grupu procesa koji se determinišu, i koje možemo grupisati a sledeći način: procesi iniciranja, faza planiranja, izvršni procesi, kontrolni procesi, procesi zatvaranja (finalizacije).

**2.5 Upravljanje projektima**

Upravljanje projektima je primena znanja, veština, alata i tehnika u projektnim aktivnostima da bi se ispunili projektni zahtevi.

**2.6 Ključni faktori upravljanja rizikom na projektu**

Upravljanje rizikom znači napore i aktivnosti usmerene na procentualno smanjenje uticaja rizika na projekat i njegovo smanjenje na minimum tokom realizacije. U ovu svrhu potrebno je izraditi plan upravljanja rizikom.

**2.7 Praćenje i monitoring**

Možemo reći da monitoring podrazumeva konstantno praćenje glavnih parametara projekta. Kontroling proces je implementiran ako postoji definisan regularni ciklus

kontrole gde detaljno proveravamo segmente projekta u unapred definisanim vremenskim intervalima (nedeljno, mesečno ili kvartalno, zavisno od veličine i trajanja projekta) [2].

## **2.8 Značaj veštačke inteligencije u upravljanju projektima**

Veštačka inteligencija (AI) ima značajan uticaj na upravljanje projektima, donoseći nove izazove, kao i mogućnosti. Kao što su automatizacija rutinskih zadataka, prediktivna analitika, napredna planiranja, napredno praćenje napretka, optimizacija resursa, analiza rizika, saradnja i komunikacija i analiza preformansi.

## **3. PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE NA UPRAVLJANJE PROJEKTIMA**

### **3.1 Veštačka inteligencija**

Veštačka inteligencija je naučna oblast u kojoj se istražuje kako da se naprave računari koji bi uspešno radili stvari koje u ovom momentu ljudi rade bolje [3].

### **3.2 Ciljevi veštačke inteligencije**

Kao ciljeve veštačke inteligencije mogli bi navesti automatizaciju rutinskih zadataka, prediktivna analitika, optimizacija resursa, planiranje, praćenje napretka i ocenjivanje preformansi i analiza rizika.

### **3.3 Automatizacija procesa planiranja resursa uz pomoć VI**

Automatizacija procesa planiranja resursa uz pomoć veštačke inteligencije poboljšava efikasnost, brzinu i preciznost planiranja resursa za različite tipove projekta [4].

### **3.4 Praćenje napretka projekata pomoću VI**

Veštačka inteligencija je sposobna da prati napredak projekta, vrši poređenje sa planom projekta i obavesti ukoliko je došlo do odstupanja ili jednostavno da predloži predlog za poboljšanje. Praćenje napretka projekta uz pomoć veštačke inteligencije vrši se kroz niz koraka i tehnika kako bi se obezbedila precizna i efikasna analiza i izveštavanje o projektu.

### **3.5 Komunikacija i saradnja timova korišćenjem VI**

Veštačka inteligencija može i u polju međuljudskih odnosa doprineti, tako što će olakšati komunikaciju i međusobnu saradnju između članova tima. Korišćenjem "čet-botova" koji predstavljaju virtualne asistente može se poboljšati komunikaciju unutar i između članova tima, "čet-botovi" su tako napravljeni da mogu odgovarati na često postavljena pitanja i davati informacije o zadacima projekta.

## **4. SISTEM OBRADE PRIRODNOG JEZIKA (NLP)**

U okviru ovog poglavlja govorićemo o tome šta je to prirodni jezik (NLP) i koja je njegova svrha.

### **4.1 Koncept i osnovne funkcije NLP sistema**

Obrada prirodnog jezika (NLP) je kompjuterizovani pristup analizi teksta koji se zasniva na skupu teorija i na skupu tehnologija, i, veoma aktivna oblast istraživanja i razvoja ne postoji ni jedna usaglašena definicija koja bi zadovoljila sve [5].

### **4.2 Cilj NLP-a**

Cilj NLP-a je „da se postigne obrada jezika nalik čoveku“. Izbor reči „obrada“ je veoma nameran i ne treba ga zameniti 'razumevanje'. Jer iako se polje NLP-a prvobitno nazivalo Prirodnim Razumevanje jezika (Natural Language Understanding) u ranim danima veštačke inteligencije, danas je dobro dogovoreno da cilj NLP-a je čini NLU, taj cilj još nije ostvaren.

### **4.3 Istorija nastanka obrde prirodnog jezika (NLP)**

Istraživanja u obradi prirodnog jezika datiraju od kasnih 1940-ih, a mašinsko prevođenje (MT) je prva računarska aplikacija za prevođenje inspirisana Veaverovim memorandumom iz 1949. Rani rad u MT koristio je jednostavne metode, ali loši rezultati su naterali istraživače na traženje boljih teorija jezika.

Poslednjih deset godina milenijuma donele su brz rast u ovoj oblasti, zahvaljujući dostupnosti elektronskog teksta, bržim računarima i razvoju Interneta.

Statistički pristupi postali su standard u NLP-u, rešavajući mnoge probleme u računarstvu lingvistike. NLP istraživači sada razvijaju efikasne sisteme koji obrađuju opšti tekst, uzimajući u obzir varijabilnost i dvosmislenost jezika.

### **4.5 Nivoi obrade prirodnog jezika**

Najobjašnjiviji metod za predstavljanje onoga što se zapravo dešava u Prirodnom Sistem za obradu jezika je pomoću pristupa „nivoa jezika“. Ovo se još naziva i sinhronijskim modelom jezika i razlikuje se od ranijeg sekvencijalni model, koji pretpostavlja da nivoi obrade ljudskog jezika slede jedan za drugim na strogo sekvencijalni način.

### **4.6 Pristupi obradi prirodnog jezika**

Postoji više pristupa obradi prirodnog jezika, a to su lingvistički pristup, statistički pristup, strojno učenje, korišćenje rečnika i hibridan pristup [5].

Svaki od ovih pristupa ima svoje prednosti i nedostatke za odabir određenog pristupa zavisice od specifičnih zahteva i konteksta aplikacije u kojoj se koristi NLP.

### **4.7 Primena prirodnog jezika u aplikacijama**

Primena prirodnog jezika (NLP) je izuzetno široka u različiti industrijama i aplikacijama, u daljem tekstu nećemo neke od njih: Google pretraživač, online kupovina, društvene mreže, zdravstvo, korisnička podrška i putovanja.

## **5. CHATGPT – TEHNIKE I FUNKCIONALNOSTI**

ChatGPT je nedavno razvijeni čet-bot koji je kreirao OpenAI, kako bi se olakšala primena veštačke inteligencije u nastavi, učenju i radu.

### **5.1 Pregled arhitekture ChatGPT-a**

Tačka 4. zajedno sa njenim podtačkama pruža detaljan pregled arhitekture ChatGPT-a, analizirajući ključne parametre, tehnike učenja, rezime tehnologije i specifičnosti između besplatne i plus verzije.

### 5.1.1 Prametri

Kao i većina modela veštačke inteligencije, ChatGPT koristi parametre, koji su „promenljive u sistemu veštačke inteligencije čije se vrednosti prilagođavaju tokom obuke da bi se ustanovilo kako ulazni podaci dobijaju transformišu u željeni izlaz“. ChatGPT-3 koristi 175 milijardi parametara, a masivna nadogradnja sa 117 miliona parametara korišćenih u prvoj verziji objavljenoj Open AI.

### 4.1.2 Učenje sa pojačanjem

ChatGPT koristi učenje sa pojačanjem, koje je dizajnirano da poboljša tačnost aplikacija veštačke inteligencije tokom vremena jer aplikaciju koristi više ljudi. To postiže pružanjem povratnih informacija modelu, bilo pozitivne ili negativne [6].

### 5.1.3 Učenje pod nadzorom

Korišćenje učenja pod nadzorom omogućava odgovore koji nisu samo tačni, već i precizni. Tačnost i preciznost su dve metrike koje se obično prikazuju na nekom od oblika.

### 5.1.4 Rezime tehnologije

ChatGPT koristi 175 milijardi parametara, učenje uz pomoć, učenje pod nadzorom i skup podataka od 300 milijardi reči za efikasno odgovaranje na upite.

## 5.2 Razlika između besplatne i plus verzije

Upoznati smo sa činjenicom da ChatGPT pored svoje besplatne verzije nudi i plus verziju sa dodatnim mogućnostima. ChatGPT Free je osnovna verzija ChatGPT platforme sa ograničenim pristupnim funkcijama, dok je ChatGPT Plus plan pretplate koji korisnicima pruža poboljšani pristup [7]. ChatGPT Plus se može isplatiti, u zavisnosti od upotrebe i nivoa interesovanja za ključne karakteristike platforme.

## 5.3 Primena ChatGPT-a

ChatGPT, kao napredni model za obradu prirodnog jezika, izazvao je veliko interesovanje zbog svoje sposobnosti generisanja ljudski sličnih tekstova. U daljem tekstu tačke 4.6 fokusiramo se na konkretne primene ChatGPT-a u kontekstu kodiranja, konverzacijskog veštačkog inteligencije (AI) i generisanja sadržaja.

### 5.3.1 Kodiranje

ChatGPT je sposoban da piše kod na više jezika kodiranja, uključujući Pajton, JavaScript, C++, C#, Java, Rubi, PHP, Go, Swift, TipeScript, SKL i Shell.

### 5.3.2 Konverzacijski AI

ChatGPT predstavlja odgovore na upite korisnika nalik svakodnevnom razgovoru, što mu omogućava odgovarati na pitanja, pružati informacije i rezimirati sadržaj. Dok ChatGPT nije klasifikovan kao konverzacijski AI model (s obzirom da je umesto toga jezički model), jeste sposoban da pruži ljudske odgovore i razume prirodni jezik.

### 5.3.3 Generisanje sadržaja

ChatGPT se može koristiti za generisanje kratkog i dugačkog teksta, uključujući postove na blogu, članke i

eseje. ChatGPT-4 proširuje dužinu podržanog teksta, omogućavajući AI da piše i knjige pune dužine.

## 5.4 Analiza ograničenja

Ovo poglavlje posvećeno je detaljnoj analizi ograničenja ChatGPT-a, sa fokusom na tri ključna aspekta: kreativnost, nedostatak ličnog iskustva i mogućnost identifikacije.

### 5.4.1 Kreativnost

ChatGPT-u nedostaje sposobnost da bude kreativan, barem prema tradicionalnoj definiciji kreativnosti. Da bismo razumeli zašto veštačka inteligencija ne može biti kreativna, prvo moramo da shvatimo da AI funkcioniše samo u okviru parametara koji je bio programirani da rade u okviru. Kreativnost se odnosi na proizvodnju umetničkog rada sa naglaskom na originalnosti što po definiciji znači da mora delovati izvan fiksnih parametara.

### 5.4.2 Nedostatak ličnog iskustva

Iako ovo ograničenje nije jedinstveno za ChatGPT, vredni napomenuti. Danas značajan deo medija koristi lične priče i iskustva, za razliku od striktno činjeničnih informacija.

### 5.4.3 Mogućnost identifikacije

Iako je sprovedeno istraživanje o mogućnosti identifikacije napisanog sadržaja od strane ChatGPT-a, postoji nekoliko mogućih metoda za identifikaciju ovog sadržaja. Prvo, ChatGPT je u stanju da identifikuje značajan deo sadržaja koji je sam napisao, pod pretpostavkom da je razumne dužine. Pored toga, OpenAI radi na kriptografskom vodenom žigu koji bi mogao pomoći u identifikaciji sadržaja koji je napisao ChatGPT.

## 5.5 Uticaj ChatGPT-a

Ovo poglavlje istražuje uticaj ChatGPT-a kroz tri ključne perspektive: autorska prava, razmatranja o visokom obrazovanju i ekonomska razmatranja.

### 5.5.1 Autorska prava

Sa stanovišta autorskih prava, možemo identifikovati nekoliko etičkih pitanja. Prvo, kako bi se neko mogao sprečiti da prekomerno profitira od ove tehnologije, s obzirom na to da je ChatGPT u stanju da proizvodi informacije brzinom koja nije moguća bez tehnologije. Neki pojedinci bi tvrdili da je pošteno da kreator tehnologije poseduje sadržaj koji ova tehnologija stvara i može profitirati od toga kako želi. Međutim, ako pogledamo AI (i ChatGPT) kao samo sredstvo, ovaj argument može izgledati nerazuman.

### 5.5.2 Razmatranja o visokom obrazovanju

ChatGPT i slično aplikacije, biće dostupne i preovlađujuće u ostatku dogledne budućnosti. Ipak, neki instituti visokog obrazovanja će se potruditi da spreče studente da ovo koriste. To je zato što je njihov stav da studenti koji diplomiraju iz ovakvih institucija treba da budu inteligentni, učenici i sposobni da izražavaju, artikuliraju, pa čak i stvaraju znanje. Drugi tvrde da je ova tehnologija alat koji institucije visokog obrazovanja treba da predaje studentima kako bi mogli da postanu produktivna radna snaga. Ovo je izazovna dilema i ona će se drugačije rešavati u različitim institucijama.

## 5.6 Ekonomska razmatranja

Ekonomske aspekte ChatGPT-a su neki od najzastupljenijih i kontroverznijih. Vrlo je verovatno da će ChatGPT i druge slične aplikacije početi kako bi povećao i zamenio ljudski rad. Jedan veliki strah od ChatGPT-a i sličnih tehnologija je da će to dovesti do masovne nezaposlenosti i dubokih ekonomskih posledica. Međutim, ova misao se oslanja na fundamentalnu pretpostavku da će se količina isporučenog novca drastično smanjiti, što nije verovatno.

## 6. ANALIZA PRIMENE CHATGPT-A – ISTRAŽIVANJE

U narednom poglavlju izvršićemo analizu na koji način ChatGPT može doprineti u upravljanju projektima. Ova analiza može pružiti uvid u praktičnu primenu ChatGPT-a u oblasti upravljanja projektima, pomažući nam da razumemo njegove mogućnosti i ograničenja kao podrške projektnim potrebama.

### 6.1 Funkcionalnosti ChatGPT-a

Ovom tačkom ciljamo da identifikujemo specifične funkcionalnosti ChatGPT-a koje imaju direktan uticaj na efikasnost upravljanja projektima, pružajući praktične uvide za primenu ove tehnologije u stvarnom okruženju projekata. Navešćemo neke od primera u kojima ovaj alat može biti koristan recimo u definisanju opisa projekta, podrška u planiranju aktivnosti i u zakazivanju sastanaka.

### 6.2 Evaluacija performansi

Evaluacija performansi obuhvata testiranje ChatGPT u realnom vremenu kako bi se procenila njegova tačnost, brzinu odgovora i kvalitet generisanih informacija. Brzina odgovora - Optimalno vreme odgovora ChatGPT-a u kontekstu upravljanja projektima može zavisi od specifičnih zahteva i potreba projekta, kao i od vrste pitanja ili situacija u kojima se koristi. Efikasnost komunikacije - Ovaj alat može simulirati razgovor, pružajući dodatnu podršku i povratne informacije u procesima donošenja odluka ili planiranja. Njegova efikasnost zavisi od postavljenih pitanja. Analitičke sposobnosti - Alat može klasifikovati informacije na osnovu njihovih karakteristika, što može biti korisno za organizaciju podataka unutar projekta.

### 6.3 Poređenje ChatGPT-a sa sličnim alatima za upravljanje projektima

Pored ChatGPT-a, postoje i drugi alati koji imaju identičnu funkcionalnost u kontekstu upravljanja projektima. Imamo recimo primer poređenja IBM Watson-a i ChatGPT-a. Analizom dveju alata dolazimo do zaključka da Watson može pomoći projekt menadžeru pružajući dubinske analize podataka, identifikaciju ključnih performansi, i donošenje informisanih odluka. Dok ChatGPT pruža brže odgovore na pitanja članovima tima, podržava komunikaciju i smanjuje potrebu za detaljnim analizama u brzim situacijama. U praksi, kombinacija oba alata može biti korisna.

### 6.4 Veštine projektnog menadžera uz pomoć ChatGPTa

U okviru analize koji se bavi veštinama projektnog menadžera uz pomoć ChatGPT-a, možete razmatrati kako ovaj alat može poboljšati različite aspekte veština

projektnog menadžera. Evo nekih od segmenata u kojima ovaj alat može doprineti projektnom menadžeru: komunikacija sa članovima tima, detaljan opis zadatka, praćenje napretka projekta, donošenje odluka na osnovu informacija, analiza rizika, lični razvoj i praćenje najboljih praksi i prilagođavanje komunikacije različitim auditorijumima.

## 6.5 Zaključak analize primene ChatGPT-a

Za kraj došli smo do zaključka da ChatGPT može u dosta rutinskih zadataka biti od pomoći projektnom menadžeru, ali da ne može da ga zameni! Njegova svrha je da bude pouzdan virtuelni asistent, a ne robot koji pretenduje da zameni čoveka. Što mu se više informacija prilaže njegova asistencija može biti efikasnija.

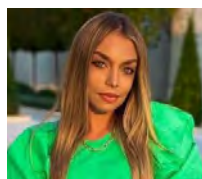
## 7. ZAKLJUČAK

Zaključno, razvoj veštačke inteligencije, a posebno alata kao što je ChatGPT, predstavlja dinamičnu oblast koja ima potencijal da značajno transformiše način na koji se projekti planiraju, implementiraju i prate. Sa stalnim unapređenjem tehnologije, mogućnosti za primenu veštačke inteligencije u upravljanju projektima otvaraju vrata za nove inovacije i optimizaciju poslovnih procesa.

## 8. LITERATURA

- [1] Highsmith J. (2004), Agile Project Management, MA: Addison-Wesley, Boston
- [2] Avlijaš R., Avlijaš G., (2011), Upravljanje projektom, Univerzitet Singidunum, Beograd
- [3] Jocković M., Ognjanović Z., Stankovski S., (1997) Veštačka inteligencija, inteligentne mašine i sistemi, Beograd
- [4] D. Regodić, D. Cvetković, (2011), Automatizacija proizvodnih sistema i računarski integrisana proizvodnja, Univerzitet Singidunum, Beograd
- [5] Liddy E., In Encyclopedia of Library and Information Science, 2nd Ed.
- [6] Liddy E., (2011), Natural Language Processing, Syracuse University
- [7] Carew M. J., (2023) "What is reinforcement learning?," TechTarget Enterprise AI.
- [8] IBM - The International Business Machines Corporation, "What is supervised learning?," IBM. [www.ibm.com/topics/supervisedlearning](https://www.ibm.com/topics/supervisedlearning). (datum pristupa: 2023-12-24)

## KRATKA BIOGRAFIJA



**Teodora Majstorović** rođena je 1999. Godine u Vrbasu, Republika Srbija. Master rad iz oblasti projektnog menadžmenta odbranila je 2024. godine na Fakultetu Tehničkih nauka u Novom Sadu.

Kontakt: teodora.majst@yahoo.com

**ESG KAO NOVA DIMENZIJA VREDNOVANJA PROJEKATA****ESG AS A NEW DIMENSION OF PROJECT EVALUATION**Bojana Maricki, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INŽENJERSKI MENADŽMENT**

**Kratak sadržaj** – *Pojam uspešnosti projekata i načini za merenje uspešnosti projekata evoluirali su kroz istoriju. U uslovima u kojima se velika pažnja posvećuje održivosti i gde se vrednuju potrebe zainteresovanih strana, uspešnost projekta više nije dovoljno meriti putem trostrukog ograničenja. ESG koncept nameće se kao nova dimenzija vrednovanja projekata.*

**Ključne reči:** *projekat, upravljanje projektima, vrednovanje projekata, održivost, ESG*

**Abstract** – *The concept of project success and ways to measure project success have evolved throughout history. In conditions where great attention is paid to sustainability and where the needs of stakeholders are valued, it is no longer enough to measure the success of the project through the triple constraint. The ESG concept emerges as a new dimension of project evaluation.*

**Keywords:** *project, project management, evaluating projects, sustainability, ESG*

**1. UVOD**

Projekti kao oblik obavljanja privredne delatnosti nastali su iz određene potrebe organizacija, država ili civilizacija u kojima su realizovani, a koje su izazvane tadašnjim internim ili eksternim faktori. Kako su se potrebe zbog kojih su inicirani i realizovani menjale, tako su evoluirali i sami projekti, njihove vrste, ciljevi, način na koji je projektima upravljano i vrednost koju su kreirali. Tradicionalno, uspešnost projekta se merila trostrukim ograničenjem - vreme, budžet i obim.

Međutim, značenje pojma uspešnosti projekata evoluiralo je tokom vremena, usklađujući se sa potrebama sve šireg kruga stakeholder-a. Danas, u 2024. godini kada se velika pažnja posvećuje korporativnoj održivosti, koja se više i ne smatra dobrom voljom nego odgovornošću svih privrednih subjekata, što dokazuje i njeno zakonsko regulisanje, pojam uspešnosti projekata daleko prevazilazi tradicionalno trostruko ograničenje.

Kao nova dimenzija vrednovanja projekata nameće se ESG, koji ne uzima u obzir samo ekonomske faktore, već i uticaj koji projekat ima na ekološka, socijalna i pitanja upravljanja.

**2. PROJEKAT, UPRAVLJANJE PROJEKTOM, PROJEKTI TIM**

Proučavanje određene oblasti najčešće počinje pregledom istorijskih dešavanja vezanih za tu oblast. Kada se govori o projektnom menadžmentu, sam početak nije lako definisati. Naime, veliki deo ono što danas postoji i što je rezultat ljudskog rada nastalo je kroz projekte. Sva znanja o upravljanju projektima koja su sticana kroz realizaciju istih, bilo u oblasti građevinarstva, nauke ili javnih radova, pojedini naučnici počeli su da uobličavaju u razne alate, metode i tehnike koje danas čine teoriju projektnog menadžmenta. Važna prekretnica u profesiji projektnog menadžmenta jeste osnivanje Instituta za upravljanje projektima (PMI) 1969. godine. Institut za upravljanje projektima (PMI) je najpoznatiji po tome što je izdavač PMBOK Guide-a (A Guide to the Project Management Body of Knowledge).

PMBOK Guide predstavlja najvažniju literaturu u profesiji projektnog menadžmenta i globalni standard, kojim su objedinjena sva značajna saznanja iz ove oblasti. Do sada je izdato sedam izdanja PMBOK-a, poslednje 2021. godine i u njima su objašnjeni svi važni pojmovi i postulati upravljanja projektima čije je kratko objašnjenje dato u okviru prve tačke rada. Među najvažnijim pojmovima je i sam pojam projekta koji se prema sedmom izdanju PMBOK-a [1] definiše kao “privremeni poduhvat koji se preduzima kako bi se ostvario jedinstveni proizvod, usluga ili rezultat.”

Osim pojma projekta objašnjene su karakteristike projekta, procesi u poređenju sa projektima, uloga projekata u kreiranju vrednosti u kompaniji, zatim veza projekta, programa i portfolija, uticaj strategije kompanije na projekte. Posebna pažnja posvećena je upravljanju projektima i životnom ciklusu projekta. Pokrivanjem svih ovih tema stvorena je podloga za detaljnije bavljenje glavnom temom rada, a to je vrednovanje uspešnosti projekata.

**3. POJAM I FAKTORI USPEŠNOSTI PROJEKATA - ISTORIJSKI PREGLED**

Diskusija na temu definicije pojma uspešnosti projekta i pronalaženja prave mere uspeha projekta duga je decenijama. Iako se može primetiti određena evolucija kada je u pitanju definisanje faktora uspeha projekta, ne možemo reći da je krajnje rešenje pronađeno, niti da će ikada biti. Uspeh projekta vrlo je aktuelna tema i danas, a razlog jeste što se okolnosti u kojima se projekti realizuju i njihov značaj u korporativnom i javnom sektoru, kao i broj zainteresovanih strana i njihov relativni značaj neprestano menja. Dakle, neprestano se postavljaju sledeća pitanja: “Kada merimo uspešnost projekta?” “Gde merimo uspešnost projekta?” i “Kako, odnosno čime bi se trebalo meriti uspešnost projekta?”, a pogotovo “Iz čijeg ugla se

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila doc. dr Danijela Ćirić – Lalić.

meri uspešnost projekta?” Neretko upravo odgovor na poslednje pitanje, utiče i na to kakvi će biti odgovori na prethodna tri. Drugim rečima, šta će biti mera uspeha i da li će se neki projekat smatrati uspešni, zavisi od toga iz čijeg se ugla projekat posmatra. U drugoj tački rada dat je istorijski pregled shvatanja pojma uspešnosti projekata po uzoru na onaj koji je dala Kejt Dejvis [2], ali sa detaljnijim razmatranjem radova pojedinih autora. Detaljan istorijski pregled počinje od 70ih godina dvadesetog veka.

Ovom periodu doprinose su dali Pinto i Slevin definisanjem deset faktora uspeha. Oni su kroz svoj rad “Project Success: Definitions and Measurement Techniques” [3] objasnili zbog čega dolazi do značajnih promena kada je u pitanju shvatanje kriterijuma uspešnosti projekata, odnosno odakle se javlja uključivanje zainteresovanih strana u vrednovanje uspešnosti projekata. Rad započinju zapažanjem da nekadašnje shvatanje uspešnosti projekta kroz zadovoljenje trostrukog ograničenja (troškovi, vreme, performanse) više nije dovoljno. Pinto i Selvin su vodeći se novim, četverostrukim ograničenjem uspešnosti projekata, razvili svoj Model uspeha projekta. Tokom devedesetih godina među autorima su se istakli Belasi i Tukel koji su kreirali jedan od najznačajnijih radova na temu kritičnih faktora uspeha. U svom radu “A new framework for determining critical success/failure factors in projects” iz 1996. godine [4] oni ističu da je do tog momenta kreiran veći broj listi faktora kritičnih za uspeh ili neuspeh projekta, ali da su ove liste ili previše generalne ili pak kreirane za specifičan projekat. Belasi i Tukel su smatrali da je kritične faktore uspeha potrebno grupisati prema određenom kriterijumu i ustanoviti interakcije i moguće posledice među njima.

Oni su najpre dali pregled prethodno kreirane literature vezano za kritične faktore uspeha projekata, a zatim su dali predlog za novi okvir kritičnih faktora uspeha i identifikovali njihove moguće uticaje na uspeh projekta. Promena koju je doneo dvadeset i prvi vek odnosila se, uglavnom, na pridavanje većeg značaja drugim zainteresovanim stranama. Značajan doprinos dao je i Banerman [5] prema čijem mišljenju se većina autora u svojim radovima bavi istraživanjem i razotkrivanjem glavnih pokretača uspeha, umesto definisanjem nekakvog okvira kojim bi se moglo utvrditi da li je projekat uspešan ili ne.

Iz tog razloga, Banerman daje okvir koji obuhvata pet nivoa kriterijuma učinka koji dozvoljavaju procenu projekta iz perspektive više zainteresovanih strana u različito vreme nakon završetka projekta. On je pretpostavljao utvrđivanje uspeha nakon završetka projekta, ali i ponovno utvrđivanje uspeha sa protokom vremena nakon projekta koje bi moglo doneti neke nove benefite projekta. Pinto i Ika [6] među prvim razmatraju održivost u vrednovanju projekata, pišući o četvrtoj dimenziji uspeha projekta kao još uvek nedovoljno jasno definisanoj. Pinto i Ika smatraju da ova tema zavređuje dalja istraživanja jer su, prema njihovom shvatanju, upravljanje projektom i održivost u velikoj meri zajednički partneri, kako u pogledu procesa, tako u pogledu rezultata i pružaju dobru priliku da se ocenjivanju uspeha projekta spoje pitanja o prednostima business case-a, uticajima na društvo, vremenu i zainteresovanim stranama.

#### 4. Korporativna održivost

Uključivanje održivosti kao jedne od dimenzija uspešnosti projekata nije iznenađenje, šta više to je logičan sled događaja s obzirom na sve veći značaj koji se pridaje korporativnoj održivosti u opšte. U trećoj tački rada bliže je objašnjen pojam korporativne održivosti i sa njom srodnih pojmova. Ako se uzme u obzir često korišćena definicija održivosti prema kojoj održivost podrazumeva ispunjavanje trenutnih potreba bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe, može se shvatiti i pojam korporativne održivosti. Korporativna održivost može se razumeti kao strategije i namerne prakse kompanije koje obuhvataju tri dimenzije, a koje se sprovode sa ciljem ostvarivanja dugoročne vrednosti za sve zainteresovane strane, pri čemu se ne ugrožavaju ljudi, planeta i ekonomija. Kada se govori o održivosti, često se za dimenzije održivosti koristi termin “stub održivosti.” Upotreba ovog termina vrlo je praktična za pojačavanje intenziteta značaja postojanja održivosti u sve tri dimenzije istovremeno.

Drugim rečima, teško da možemo govoriti o održivosti ako ona ne postoji istovremeno kao socijalna, ekonomska i ekološka. Više se ne postavlja pitanje da li je korporativna održivost od značaja za kompanije. Sa stupanjem na snagu Direktive o korporativnom o izveštavanju o održivosti od januara 2024. godine, postalo je i zvanično da kompanije moraju da se obave strategijama održivosti u svom poslovanju. Da bi se razumelo na koji se način kompanije bave održivošću u svom poslovanju, važno je razumeti pojam korporativne održivosti, ali i pojmove kao što su korporativna društvena odgovornost i ESG.

Jedna od često navođenih definicija korporativne društvene odgovornosti jeste definicija World Business Council of Sustainable Development koja kaže da je korporativna društvena odgovornost “stalna posvećenost biznisa da doprinese ekonomskom razvoju uz poboljšanje kvaliteta života radne snage i njihovih porodica, kao i zajednice i društva u celini.”

Krejn, Maten i Spens [6], definišu šest najvažnijih karakteristika korporativne društvene odgovornosti: dobrovoljnost, internalizacija ili upravljanje ekster-nalijama, orijentacija ka većem broju zainteresovanih strana, usklađivanje društvenih i ekonomskih odgovornosti, prakse i vrednosti, više od filantropije. Između pojmova korporativne održivosti, korporativne društvene odgovornosti i ESG-a postoji povezanost ali i bitne razlike. Korporativna održivost je širi pojam, pod kojim se može podrazumevati ili, bolje rečeno, koji obuhvata i korporativnu društvenu odgovornost i ESG.

Može se reći da su ESG i CRS “načini na koje kompanije mogu da iskažu svoju posvećenost održivim poslovnim praksama” a između kojih postoje bitne razlike koje navodi Vosinska [7]. Naime, ona tvrdi da je CSR idealistična, šira slika održivosti, dok je ESG praktičniji i detaljniji koncept.

ESG je konkretniji i time korisniji za investitore i druge eksterne regulatorne organe, te se zaključuje da je za kompaniju od velike važnosti da ima definisan ESG plan. Međutim, korporativna društvena odgovornost takođe ima područja u kojima ostvaruje svoj potencijal.

## 5. ESG

Istorija ESG koncepta mnogo je starija od samog pojma koji je označava. Naime, briga o ekologiji, ljudima i upravljanju postoji od uvek, ali su globalne okolnosti i neravnoteža koja je načinjena od strane čoveka, ponovo su doveli ova pitanja u žižu interesovanja. Hteli to ili ne, ESG danas utiče na svaku organizaciju i one nemaju drugog izbora, nego da to prihvate i da se bave ESG-em na način koji će doneti korist i organizaciji i društvu u celini. ESG koncept u obliku i značenju koje nam je danas poznato, svoju istoriju započinje u prvim godinama dvadeset i prvog veka.

Koncept potiče sa finansijskog tržišta. Manifestom celog koncepta smatra se izveštaj Ujedinjenih nacija, objavljen 2004. godine, pod nazivom "Who cares wins", [8] u čijem je podnaslovu stajalo „Povezivanje finansijskih tržišta sa svetom koji se menja - Preporuke finansijske industrije da se bolje integrišu pitanja životne sredine, društva i pitanja upravljanja u analizu, upravljanje imovinom i posredovanje u hartijama od vrednosti". Kao glavni ciljevi ovog izveštaja izdvojeni su:

1. Snažnija i rezilijentnija finansijska tržišta
2. Doprinos održivom razvoju
3. Svest i međusobno razumevanje uključenih zainteresovanih strana
4. Unapređenja poverenja u finansijske institucije

U izveštaju se navodi da se sama ideja za definisanje ESG koncepta i davanje ovakvih preporuka javila kao potreba, jer je uočeno da su investitori, s jedne strane, sve više zainteresovani za ulaganje u proizvode koji uključuju ova pitanja, a da menadžeri sve više eksperimentišu sa integracijom ovih pitanja u poslovanje, s druge strane. Međutim, ono što se isprečilo između ove dve strane jeste ne postojanje jedinstvenog razumevanja ESG pitanja. Upravo ovaj izveštaj imao je za cilj da doprinese boljem zajedničkom razumevanju ovih pitanja, između ostalog i pojašnjenjem svake od tri kategorije problema, ali i objašnjenjem uticaja koje uključivanje ovih pitanja može imati na vrednost za akcionare, zadovoljstvo kupaca, zatim naglašavanjem potrebe za transparentnošću i obelodanjivanjem informacija vezano za ova pitanja.

Na kraju, izveštaj daje savete za implementaciju ovih pitanja u poslovanje, pre svega, finansijskih institucija, odnosno učesnika finansijskog tržišta kome je sam izveštaj prvenstveno i bio namenjen. Danas, dvedeset godina nakon izdavanja izveštaja koji je formalizovao pojam ESG-a i inicirao bavljenje ovim pitanjima na finansijskim tržištima, može se reći da je ESG koncept postao goruća tema kojom se bave ne samo finansijske institucije, već i kompanije i države širom sveta, s obzirom na veliki značaj koji je ESG prisvojio na polju donošenja odluka o investiranju. Sa sve širom primenom ovog koncepta, javljala su se bitna dostignuća povezana sa samim konceptom, kao što su uspostavljanje sistem za evaluaciju ESGa i definisanje standarda za obelodanjivanje ESGa.

Jedna od najobuhvatnijih definicija, koja ESG definiše i iz ugla kompanije i iz ugla investitora data je od strane međunarodne finansijske korporacije u publikaciji "IFC ESG Guidebook" iz 2021. godine [8] prema kojoj je ESG "skup ekoloških, društvenih faktora i faktora upravljanja

koje kompanije uzimaju u obzir kada upravljaju svojim operacijama, a investitori prilikom ulaganja, u pogledu rizika, uticaja i mogućnosti koji se odnose na, ali ne ograničavajući se na" ekološka pitanja, socijalna pitanja i pitanja upravljanja. Upravo ova definicija izdvojena je kao najprikladnija jer da daje odgovarajući ugao s obzirom na temu rada. Naime, iako je ESG potekao i iniciran sa finansijskog tržišta, ovaj rad baviće se većom merom time kako kompanije prihvataju i implemetiraju ESG u svoje poslovanje, motivisane zahtevima različitih stakeholder-a među kojima su jedni od najvažnijih svakako oni koji pripadaju finansijskom tržištu. ESG je skraćenica koja se odnosi na ekološka, socijalna i pitanja upravljanja. Međutim, kada dođe do detaljnijeg objašnjenja svake od ovih dimenzija, javlja se izazov u pogledu davanja jedinstvene definicije svake od dimenzija i skupa problema koji se na nju odnose. Kompanije u različitim industrijama ili različite veličine identifikovaće različite probleme za određenu dimenziju, što je normalna pojava jer se i njihova poslovanja odvijaju u različitim okolnostima. Dešava se i da određeno pitanje može biti prepoznato u dve različite kategorije. Ovi izazovi svakako nisu prepreka davanju opšteg objašnjenja i skupa problema za svaku dimenziju, ali ih treba imati na umu. Ekološka dimenzija - kompanije u izvođenju svojih poslovnih operacija neretko se oslanjaju na prirodne resurse ili koriste sredstva iz prirode. Socijalna dimenzija odnosi se na potencijalne ili stvarne promene koje se mogu dešavati vezano za radnike ili zajednicu čiji je kompanija deo. Strukture i procesi korporativnog upravljanja kojima se kompanije usmeravaju i kontrolišu, uključujući upravljanje ključnim ekološkim društvenim politikama i procedurama, predstavljaju glavna upravljačka pitanja, odnosno upravljačku dimenziju ESGa. Značaj ESGa za kompanije, za privrednu i društvo uopšte, međusobno su povezani i IFC ih u svom ESG uputstvu formalizuje u 4 glavna razloga zbog kojih je ESG značajan:

1. Kreiranje dugoročne vrednosti
2. Optimizacija upravljanja rizikom
3. Obezbeđivanje usklađenosti sa propisima i stvaranje konkurentne prednosti
4. Redefinisanje korporativne svrhe i adresiranje prioriteta zainteresovanih strana

O značaju ESGa govori i ranije pomenuta činjenica da su širom sveta u godinama koje su za nama donete različite regulative koje se odnose upravo na održivo poslovanje i obelodanjivanje informacija o ovakvim aktivnostima unutar kompanija. U Evropskoj uniji (EU), regulisanje faktora životne sredine, društva i upravljanja (ESG) prvenstveno je vođeno različitim direktivama, propisima i okvirima. Evropska unija donela je u julu 2020. godine Uredbu o taksonomiji. Prema Navigatoru EU taksonomije, Uredba o taksonomiji je "sistem klasifikacije koji pomaže kompanijama i investitorima da identifikuju „ekološki održive“ ekonomske aktivnosti kako bi donele odluke o održivom ulaganju." GRI standardi predstavljaju globalnu praksu za javno izveštavanje o ESG pitanjima na način koji obezbeđuje informacije o pozitivnim ili negativnim doprinosima organizacije održivom razvoju. Uredba o Taksonomiji i GRI su kao posebne teme obrađene u okviru četvrte tačke rada.

## 6. ESG KAO NOVA DIMENZIJA VREDNOVANJA PROJEKATA

U petoj tački rada dve detaljno obređenje teme, projekti i ESG, dovode se u vezi ispitujući ESG kao novu dimenziju vrednovanja projekata. Uključivanje ESGa u poslovne procese kompanije neizostavno utiče i na projekte, odnosno na upravljanje projektima, kao važan deo poslovanja svake kompanije. Pogotovo iz razloga što su projekti često prvi na liniji fronta kada je u pitanju konkurentska borba za poverenje potrošača, klijenata i stakeholdera-a uopšte.

Postavlja se pitanje: “Na koji način je najbolje inkorporirati ESG u projekte i koji su potrebni uslovi da bi inkorporacija bila uspešna?” Kada se govori o inkorporaciji ESGa u projekte ne misli se na pojedinačne projekte unutar organizacije koji su deo CSR-a, a koji se bave nekim ekološkim, socijalnim ili pitanjem upravljanja, već se govori zapravo o uključivanju filozofije održivog poslovanja u sve aspekte projekta i upravljanja projektima.

Prvi korak u ovom procesu jeste upoznavanje svih koji su uključeni u projekte sa samim pojmom ESG-a i njegov značajem, a pre svega projektnih menadžera. Da bi se od projektnih menadžera moglo očekivati da inkorporiraju ESG u projekte kojima upravljaju, oni pre svega moraju razumeti suštinu svake od dimenzija, ali i značaj ESG-a i uticaj koji on ima na uspeh poslovnih procesa, uspeh kompanije uopšte, kao i na koji način zainteresovane strane gledaju na ESG. Ukoliko su ova dva faktora ispunjena, projektni menadžeri bi trebalo da imaju potrebnu motivaciju i osnovno znanje potrebno za inkorporiranje ESGa u upravljanje projektima.

Nakon samog razumevanja ESG-a i njegovog značaja, potrebno je preduzeti konkretne korake u upravljanju projektima, odnosno potrebno je identifikovati, pratiti i analizirati rezultate. Prvi korak je identifikacija odnosno definisanje promišljene ESG strategije i plana za projekte. Definisana ESG strategija treba da bude integrisana na nivou programa, portfolija i pojedinačnih projekata. Važan element jasnog definisanja ESG strategije jeste usklađivanje ESG vizija koja se njome želi ostvariti sa stakeholderima i njihovim preferencijama. Nakon što je ESG strategija definisana i integrisana na nivou programa, portfolija i pojedinačnih projekata, te uzeta u obzir kroz proces planiranja projekata, potrebno je pratiti na koji način se zacrtani ciljevi ostvaruju tokom faze implementacije projekta. Na nivou projekta to podrazumeva definisanje ključnih indikatora performansi (KPI). KPI-evi bi trebalo da budu u skladu sa definisanom strategijom i vizijom ESG-a za kompaniju.

Poslednji korak inkorporiranja ESG-a u upravljanje projektima jeste kreiranje sistema informisanja, odnosno obelodanjivanja informacija o uticajima projekta. Podrazumeva se da način na koji se izveštava o ESG uticajima projekta treba da bude u skladu da zakonskim propisima i zahtevima s jedne strane, a sa druge da omogućiti svim zainteresovanim strana da lako dođu do uvida u informacije koje su od značaja za njih. Prilikom izveštavanja o uticajima projekta na ESG, projektni menadžeri mogu se pozvati na GRI. Inkorporiranje ESG u projekte i korišćenje ESG kao nove dimenzije vrednovanja projekata, neminovno utiče na projektne menadžere i

iziskuje od njih usvajanje novih veština i znanja kako bi odgovorili ovom novom izazovu koji se stavlja pred njih.

## 7. ZAKLJUČAK

Usvajanje ESG-a kao nove dimenzije vrednovanja projekata sasvim je logičan sled okolnosti, s obzirom na sve veći značaj koji se pridaje održivom razvoju i regulativama koje se uvode kako bi se podržala ova inicijativa. U procesu inkorporacije održivosti u upravljanje projektima, projektni menadžeri imaju ključnu ulogu. U sprovođenju uticaja na ESG kroz projekte posvećenost i razumevanje ove inicijative od strane projektnog menadžera od suštinskog je značaja. Iako je očigledno da između projekata i ESG-a već postoje neraskidive veze, ovo je relativno nova tema u domenu projektnog menadžmenta. U tom smislu na projektnim menadžerima nije nimalo lak zadatak da ispune i ovaj zahtev stakeholdera i da inkorporiraju ESG u svoje projekte kao stalnu praksu. Trenutno postoje određeni instrumenti kao što je GRI (Global Reporting Initiative) koji mogu pomoći projektnim menadžerima u proceni i izveštavanju o uticaju projekata na ESG faktore. Neprestana edukacija, učenje iz dobre prakse i usvajanje novih znanja i veština su ključni faktori koji će omogućiti projektnim menadžerima da uspešno vode projekte koji se mogu smatrati uspešnim prema novim kriterijumima jer pozitivno utiču ekološka, socijalna i pitanja upravljanja.

## 8. LITERATURA

- [1] Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (7th ed.).
- [2] Davis, K. (2014). Different stakeholder groups and their perceptions of project success. *International Journal of Project Management*, 32(2), 189–201.
- [3] Pinto, K. J., & Slevin D. P., (1988). Project success: Definitions and measurement techniques, *Project Management Journal*, 67-72.
- [4] Belassi, W., & Tukel, O. I. (1996). A new framework for determining critical success/failure factors in projects. *International Journal of Project Management*, 14(3), 141–151.
- [5] Bannerman, P. L. (2008). Defining project success: a multilevel framework. Paper presented at PMI® Research Conference: Defining the Future of Project Management, Warsaw, Poland.
- [6] Pinto, K. J., & Slevin D. P., (1988). Project success: Definitions and measurement techniques, *Project Management Journal*, 67-72.
- [7] Wosińska, K. (2023, Mart 15). What is the difference between sustainability, CSR and ESG in business context? [Blog]. LinkedIn.
- [8] UNEP FI. (2004). Who Cares Wins: Connecting Financial Markets to a Changing World: Global Compact Report 2004.

### Kratka biografija:



**Bojana Maricki** rođena je u Sremskoj Mitrovici 1999. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerski menadžment – Projektni menadžment odbranila je je 2024. godine.

## OKVIR KOMPETENCIJA ZA SCRUM MASTERA COMPETENCE FRAMEWORK OF SCRUM MASTER'S

Nikola Jeremić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO I INŽENJERSKI MENADŽMENT

**Kratak sadržaj** – Zadatak rada jeste da se prikažu kompetencije Scrum Mastera u IT industriji u Novom Sadu. Uloga i važnost Scrum Mastera u timovima, kao i njegov pristup u radu sa timovima su takođe bile predmet istraživanja.

**Ključne reči:** Scrum okvir, Agilna metodologija, Scrum Master, IT industrija.

**Abstract** – The task of the work is to show the competencies of Scrum Masters in the IT industry in Novi Sad. The role and importance of the Scrum Master in teams, as well as his approach to working with teams were also the subject of research.

**Keywords:** Scrum framework, Agile methodology, Scrum Master, IT industry.

### 1. UVOD

Agilnost postaje sve popularnija i sve više se prepoznaju njeni transformacioni benefiti. Međutim, prelazak na agilni operativni model može biti izazovan, posebno za već ustaljene kompanije. Postoji nekoliko puteva ka agilnosti i mnogo različitih početnih tačaka, ali uspješne agilne transformacije dijele određene zajedničke elemente.

### 2. UPRAVLJANJE PROJEKTIMA

Upravljanje projektima se definiše kao primjena znanja, vještina i sposobnosti radi efikasnog sprovođenja raznolikih aktivnosti, sa namjerom postizanja specifičnih ciljeva, kroz uzastopne i povezane faze:

- Iniciranje: Ovde se postavljaju temelji projekta, definišu ciljevi i opravdanost, kako bi se obezbijedila osnova za dalji rad.
- Planiranje: Ova faza uključuje detaljno razmatranje svih aspekata projekta, definisanje planova i strategija za upravljanje resursima, vremenom, troškovima, rizicima i drugim elementima.
- Organizovanje: U ovoj fazi se formira struktura tima, raspodjeljuju zadaci i odgovornosti, te se uspostavlja okvir za koordinaciju svih ključnih elemenata projekta.
- Realizacija: Ovde se sprovode planirane aktivnosti i procesi, koriste se resursi i kontinuirano prati napredak kako bi se postigli postavljani ciljevi.

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila doc. dr Danijela Ćirić Lalić.

- Kontrola: U ovoj fazi se prate i ocjenjuju stvarni rezultati u odnosu na planirane, identifikuju se odstupanja i preduzimaju korektivne akcije kako bi se osiguralo da projekat ostane na pravom putu i postigne željene ishode. U današnjem dinamičnom poslovnom okruženju, efikasno upravljanje projektima i timovima postalo je ključno za postizanje uspjeha. Jedan od ključnih elemenata ovog procesa jeste delegiranje odgovornosti na odgovarajući način. Kroz sedam nivoa delegiranja, možemo bolje razumjeti kako efikasno raspoređivati zadatke i ovlašćenja unutar timova, što postaje sve značajnije u savremenom upravljanju projektima.

"Sedam levela delegiranja" je alat iz "Management 3.0" koji pomaže timovima da postignu saglasnost u vezi donošenja odluka kroz sedam nivoa delegacije, određenih brojevima od 1 do 7. Ovaj pristup omogućava menadžerima da razumiju kako delegirati zadatke i odluke timu na odgovarajući način. Kroz sedam nivoa odlučivanja, organizacije postižu jasnoću u vezi sa tim ko ima prava donošenja odluka u različitim situacijama, podstiču autonomiju i odgovornost tima, te unapređuju proces donošenja odluka radi efikasnijeg poslovanja. [1]. Ovaj pristup osnažuje timove, podstiče samoupravljanje i saradnju između menadžera i tima. "Sedam levela delegiranja" pomaže postizanju transparentnosti u donošenju odluka, podstiče razmjenu ideja, promovise jednakost odgovornosti i podstiče ravnopravno učešće svih članova tima. Ovaj alat smanjuje hijerarhiju i decentralizuje donošenje odluka, čime se olakšava rad menadžerima i postiže ravnomjerna raspodjela obaveza [1].

### 3. AGILNO UPRAVLJANJE PROJEKTIMA

Agilnost postaje sve popularnija i sve više se prepoznaju njeni transformacioni benefiti. Međutim, prelazak na agilni operativni model može biti izazovan, posebno za već ustaljene kompanije. Postoji nekoliko puteva ka agilnosti i mnogo različitih početnih tačaka, ali uspješne agilne transformacije dijele određene zajedničke elemente [2]. Agilne organizacije su drugačije. Tradicionalne organizacije se zasnivaju na statičnoj, sektoriranoj strukturalnoj hijerarhiji, dok su agilne organizacije karakterizovane kao mreža timova koji djeluju u brzim ciklusima učenja i donošenja odluka.

U tradicionalnim organizacijama, upravni organi se nalaze na vrhu hijerarhije, i prava odlučivanja teku naniže; nasuprot tome, agilne organizacije uspostavljaju zajednički cilj i koriste nove podatke kako bi prava odlučivanja dodijelile timovima najbližim informacijama. Agilna organizacija idealno kombinuje brzinu i prilagodljivost sa stabilnošću i efikasnošću [2].

Neki od osnovnih principa agilnog upravljanja projektima podrazumjevaju:

1. Adaptaciju prema promjenama
2. Fokus na kvalitet i vrijednost
3. Interakciju i saradnju sa zainteresovanim stranama
4. Iterativni i inkrementalni pristup
5. Samoupravljanje i autonomija timova

U okviru agilnog upravljanja projektima, postoji širok spektar agilnih okvira i alata koji pružaju strukturu i podršku za implementaciju agilnih principa u različitim projektima.

Agilni Okviri i Alati [3]:

1. **Scrum:** Scrum je popularna agilna metodologija koja se fokusira na rad u "sprintovima", kratkim vremenskim periodima (obično 2-4 nedelje). Ova metodologija podrazumijeva uloge poput Scrum Mastera, Product Ownera i development tima, "događaje" kao što su Sprint, Daily Scrum, Sprint Review, Sprint Planning, Sprint Retrospective i artefakata kao što su Product Backlog i Sprint Backlog.

2. **Kanban:** Kanban se zasniva na kontinuiranom protoku rada. Ovaj okvir koristi vizualne table da bi se prikazao radni proces i omogućio timu da prati i optimizuje tok rada. Kanban naglašava kontinuirano poboljšavanje i ograničavanje radnih zadataka u toku.

3. **Extreme Programming (XP):** XP je agilna metodologija koja se fokusira na tehničke aspekte razvoja softvera. Uključuje prakse kao što su parsko programiranje, testiranje praćeno razvojem, često izdavanje verzija i kontinuiranu integraciju. U svijetu agilnog upravljanja projektima, postoji niz ključnih pojmova i termina koji definišu pristup, procese i alate koji se koriste radi postizanja uspješnih rezultata u projektima. Neki od osnovnih pojmova u agilnom upravljanju projektima su [4]:

*Sprint (Iteracija):* Fiksiran vremenski period (obično 2-4 nedelje) u kojem tim radi na definisanim zadacima. Na kraju svakog sprinta, isporučuje se potpuno funkcionalan dio proizvoda.

*Product Backlog:* Lista svih zahtjeva, zadataka i funkcionalnosti koje treba realizovati. Prioriteti se definišu i redefinišu tokom projekta.

*Sprint Backlog:* Lista zadataka i funkcionalnosti koje su planirane za određeni sprint. Tim se fokusira na realizaciju ovih stavki tokom sprinta.

*Daily Scrum (Standup):* Kratki sastanak svakog dana gdje članovi tima razgovaraju o tome šta su uradili prethodnog dana, šta će raditi tog dana i da li imaju prepreke.

*Sprint Review:* Ceremonija na kraju sprinta gdje se prezentuje ono što je tim uradio tokom sprinta. Tim i zainteresovane strane daju povratne informacije.

*Scrum Master:* Osoba odgovorna za održavanje Scrum procesa, uklanjanje prepreka, i podršku timu da dostigne najviši nivo produktivnosti.

*Product Owner:* Osoba koja je odgovorna za definisanje i prioritizaciju zahtjeva i funkcionalnosti proizvoda. Predstavlja glas korisnika.

*Continuous Integration (CI) i Continuous Delivery (CD):* Prakse automatizacije testiranja i isporuke softvera kako bi se omogućilo brzo i često objavljivanje novih verzija.

*Velocity:* Mera koja pokazuje koliko posla tim može da završi tokom jednog sprinta. Koristi se za planiranje i

predviđanje napretka.

Agilnost organizacije donosi niz prednosti koje se ogledaju u većoj fleksibilnosti, boljoj prilagodljivosti, bržem donošenju odluka i povećanoj sposobnosti inovacije. Agilne organizacije su često sposobne da se brže prilagode promjenama na tržištu i zahtjevima korisnika.

Takođe, agilna organizacija promovise otvorenu komunikaciju i saradnju među timovima i zainteresovanim stranama. Ovo može dovesti do bolje koordinacije, dijeljenja znanja i bržeg rješavanja problema. Na primer, kompanija Zappos je prešla na agilan pristup, omogućavajući zaposlenima da preuzmu veću odgovornost i da se slobodno izražavaju, što je rezultiralo većom angažovanošću i kreativnošću [5].

Međutim, agilnost organizacije takođe nosi i određene nedostatke. Implementacija agilnih principa zahtjeva promjene u kulturi, strukturi i načinu rada, što može biti složeno i zahtjevno. Takođe, neke tradicionalne organizacije se suočavaju sa otporom promjenama i potrebom za većim nivoom autonomije timova. Na primjer, kompanija Kodak nije uspjela da se prilagodi brzim promjenama u industriji fotografije i prepozna potrebu za digitalnim tehnologijama, što je rezultiralo gubitkom konkurentske prednosti [5].

#### 4. SCRUM METODOLOGIJA

U današnjem dinamičnom svijetu razvoja softvera i upravljanja projektima, Scrum se ističe kao izuzetno efikasan okvir koji omogućava agilno upravljanje timovima i postizanje izvanrednih rezultata.

Ova metodologija je istovremeno jednostavna i lako razumljiva, ali zahtjeva trud da bi se potpuno ovladala [6].

Scrum je fleksibilan i iterativan okvir za upravljanje projektima koji omogućava timovima da efikasno rade na dinamičnim i složenim izazovima, prilagođavajući se promjenama i nepredvidivim zahtjevima [7].

Uveden ranih 1990-ih, Scrum predstavlja okvir za upravljanje razvojem kompleksnih proizvoda. Važno je napomenuti da Scrum nije konkretan proces ili tehnika za izradu proizvoda; umjesto toga, on predstavlja okvir u kojem se mogu primijeniti različiti procesi i tehnike. S ciljem stalnog unapređenja, Scrum omogućava transparentno praćenje efikasnosti aktivnosti upravljanja i razvoja proizvoda [6].

Osnovni princip koji leži u osnovi Scrum-a je ideja empirijske kontrole procesa ili empirizma. Ovaj pristup naglašava da znanje proizilazi iz iskustva i donošenja odluka na osnovu realnih saznanja. Scrum primjenjuje iterativni i inkrementalni pristup kako bi povećao predvidljivost i upravljanje rizicima [6].

Transparentnost: Ključna komponenta Scrum-a je transparentnost, koja zahtjeva da svi važni aspekti procesa budu jasno vidljivi svim učesnicima koji su odgovorni za krajnji rezultat.

Prilagođavanje i nadgledanje: Još jedan ključni princip je prilagođavanje, koje se odnosi na kontinuirano praćenje i prilagođavanje kako bi se postigli optimalni rezultati. Važno je napomenuti da nadgledanje ne sme postati pretjerano često jer bi moglo ometati svakodnevni rad. [6].

U okviru modernog poslovanja, agilni pristup razvoju proizvoda i upravljanju projektima postaje sveprisutan, a

Scrum timovi igraju ključnu ulogu u ostvarivanju uspjeha. Scrum tim se sastoji od tri ključna aktera [6]:

- Razvojnog tima (Development Team) i
- Vlasnika proizvoda (Product Owner),
- Scrum Mastera.

Razvojni Tim čine stručnjaci koji rade na stvaranju potencijalno isporučivih inkremenata proizvoda na kraju svakog sprinta. Ključno je da članovi Razvojnog Tima posjeduju sve kompetencije potrebne za izradu inkrementa. Razvojni Timovi su samoorganizovani i višefunkcionalni. Svojim unutrašnjim organizovanjem i saradnjom, oni optimizuju ukupnu efikasnost i efektivnost tima. Scrum timovi pružaju iterativne i inkrementalne isporuke proizvoda, što podstiče češću povratnu informaciju. Svaki inkrement donosi potencijalno upotrebljivu verziju proizvoda, čime se stvara mogućnost za neprekidno unapređivanje.

Product Owner (vlasnik proizvoda) je odgovoran za povećanje vrijednosti proizvoda i vođenje razvojnog tima. Njegova uloga je definisana jasnim upravljanjem *Product Backlog-om*, listom zahtjeva za proizvod koje će se implementirati. Ovo uključuje precizno formulisanje stavki, održavanje prioriteta, optimizaciju vrijednosti rada tima i obezbjeđivanje transparentnosti za čitav tim [6]. Kako bi bio uspješan, Product Owner mora biti u mogućnosti da donosi odluke koje su poštovane od strane cjelokupne organizacije. Scrum Product Owner je ključna uloga unutar Scrum okvira. Većina odgovornosti klasičnog menadžera proizvoda i menadžera projekta kombinuje se unutar ove jedinstvene uloge. Eksterne zainteresovane strane ne bi trebalo direktno da komuniciraju sa Scrum timom. Umjesto toga, Scrum Product Owner treba da prikupi i razgovara o potrebnim funkcionalnostima sa različitim zainteresovanim stranama (na primjer, korisnicima, marketingom, servisom itd.). Ovi zahtjevi se zatim kombinuju i filtriraju pre nego što se daju timu u obliku prioritetizovanih stavki Scrum Proizvodnog Backloga (Scrum Product Owner - International Scrum Institute, n.d.).

Da bi Scrum bio razumljiv i primjenjiv, ključnu ulogu ima Scrum Master. Scrum Master ostvaruje svoju ulogu tako što pomaže Scrum timu da djeluje u skladu sa Scrum konceptima, praksom i pravilima.

Scrum Master je vođa Scrum tima. On pomaže svima van Scrum tima da shvate koje vrste interakcija su korisne za tim, a koje nisu. Svojom ulogom, Scrum Master omogućava prilagodbe tih interakcija kako bi se unaprijedila vrijednost koju Scrum tim donosi [6].

U odnosu na Razvojni tim, Scrum Master obavlja sledeće aktivnosti [6]:

- Pomaže Razvojnog timu da postane samoorganizovan i višefunkcionalan.
- Podstiče Razvojni tim da stvara proizvode visoke vrijednosti.
- Uklanja prepreke koje ometaju napredak Razvojnog tima.
- Organizuje i vodi Scrum događaje po potrebi ili zahtjevu.
- Podučava Razvojni tim u organizacijama gdje Scrum još nije potpuno prihvaćen i razumljiv.

Agilna metodologija se temelji na ciklusima planiranja i izvođenja projekata, poznatim kao talasi ili sprintovi. Ovo omogućava konstantno prilagođavanje i razvijanje plano-

va, obima i dizajna tokom cijelog projekta. Iterativni pristup podržava česte, djelimične isporuke proizvoda, omogućavajući timu da doslijedno isporučuje vrijednost kupcima bez odlaganja zbog promjena u zahtjevima. Agilan pristup podrazumijeva visok nivo učešća klijenata i učestalo provjeravanje napretka s timom i klijentom.

## 5. OKVIR KOMPETENCIJA ZA SCRUM MASTERA

### 5.1. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja je da definiše i analizira ključne kompetencije koje Scrum master treba da posjeduje za uspješno vođenje Scrum timova u agilnom okruženju. Fokus je na identifikaciji i kategorizaciji vještina potrebnih za fasilitaciju, rješavanje konflikta, organizaciju i tehničku podršku, kao i na primjeni agilnih principa i metodologija.

Cilj istraživačkog dijela rada je da kroz detaljnu analizu dostupne literature i praktičnih primjera, utvrdi kako kompetencije Scrum mastera doprinose uspjehu Scrum timova. Istraživanje se posebno fokusira na razvoj i primjenu empirijskog pristupa, upravljanje proizvodima sa većom agilnošću i razvoj timova, kao i na podršku organizacionoj i agilnosti.

- Ispitivanje kompetencija i uloge Scrum mastera u projektima.
- Istraživanje potreba za obukom i razvojem kompetencija Scrum mastera.
- Identifikacija percepcija i očekivanja članova projektnih timova u vezi sa kompetencijama Scrum Mastera.

### 5.2. Zadaci istraživanja

Analiza i kategorizacija vještina Scrum mastera:

Istraženo je koje su to ključne vještine (hard i soft vještine) koje Scrum master mora posjedovati, uključujući fasilitaciju, rješavanje konflikta, organizaciju i tehničke vještine, te kako one utiču na uspješno vođenje tima.

Istraživanje kompetencija za primjenu Scrum okvira:

Identifikovane su osnovne kompetencije potrebne za efikasnu primjenu Scrum okvira, uključujući empirizam, upravljanje događajima i artefaktima, i razumijevanje Scrum timskih uloga.

Analiza upravljanja proizvodima sa većom agilnošću: Ispitano je kako Scrum master upravlja proizvodnim procesom u agilnom okruženju, uključujući razvoj vizije proizvoda, upravljanje backlogom i povezivanje strategije sa izvršenjem.

Istraživanje uloge Scrum mastera u razvoj timova i organizacija:

Analizirano je kako Scrum Masters doprinosi razvoju timova i unapređenju Organizacionoj agilnosti, kroz coaching, mentorstvo i fasilitaciju komunikacije i saradnje unutar tima i sa spoljnim interesnim stranama.

Ovo istraživanje se posebno fokusira na analizu onoga što pojedinci smatraju bitnim i neophodnim za efikasno

obavljanje uloge Scrum Mastera u okviru projekta.

Anketni upitnik je pažljivo razvijen kako bi se istražila percepcija članova projektnih timova o kompetencijama Scrum Mastera. Pitanja u upitniku su osmišljena tako da istraže ono što ispitanici smatraju ključnim kompetencijama za efikasno vođenje projekata u Scrum timovima. Uzorak se sastoji od 40 ispitanika koji rade u projektnim timovima i nasumično su odabrani, putem društvene mreže LinkedIn.

## 6. ULOGA SCRUM MASTERA

Scrum Master pomaže Scrum timu da efikasnije radi tako što vješto eliminiše prepreke i smetnje koje mogu ometati tim u postizanju ciljeva. Ova osoba je posrednik između Scrum tima i osoba ili timova izvan Scrum tima. Uloga Scrum Mastera uključuje, ali se ne ograničava na, sledeće odgovornosti [6]:

1. Obučavanjem članova tima, Scrum Master se brine da članovi tima budu pravilno pripremljeni i da razumiju Agilne vrijednosti i principe, kao i Scrum događaje i artefakte. Scrum Master takođe osigurava da članovi tima znaju svoje odgovornosti. Scrum Master pomaže članovima tima da razumiju obim i viziju proizvoda, Scrum teoriju i kako da se pridržavaju Scrum praksi i timskih normi.

2. Vlasnik proizvoda je odgovoran za kreiranje, održavanje, i komunikaciju proizvodnog backlog-a, dinamičke i uređene liste posla koja će, kada se isporuči, donijeti vrijednost korisnicima. Vlasnik proizvoda takođe odgovara za razvoj i jasnu komunikaciju cilja proizvoda. Scrum Master pomaže vlasniku proizvoda da pronađe tehnike za efikasno definisanje cilja proizvoda i bolje upravljanje proizvodnim backlog-om.

3. Kako bi ostali fokusirani na zadatke koji treba da se obave tokom svakog sprinta, članovi tima identifikuju smetnje i prepreke koje mogu ometati napredak. Na preprekama koje tim ne može brzo da riješi sam. Na primjer, ako se članovi tima žale na prevelik broj sastanaka, Scrum Master može sarađivati sa organizatorima sastanaka kako bi utvrdili ko stvarno treba da prisustvuje sastancima.

4. Kako bi osigurao da se proces rada ne usporava, ključna uloga Scrum Mastera jeste vođenje organizacije ka implementaciji Scrum-a putem obuke, mentorstva i savjetovanja. Ovo uključuje poučavanje i zagovaranje Scrum filozofije, vrijednosti i strukture. Glavni fokus ovde je pomoć organizaciji da usvoji empirijski pristup u svom radu.

## 7. ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje se fokusiralo na analizu stavova i percepcije profesionalaca koji rade unutar projektnih timova, uključujući one koji obavljaju ulogu Scrum Mastera. Jedan od ključnih zaključaka iz ovog istraživanja jeste da većina ispitanika smatra da je Scrum Master ključna figura u timovima koji primjenjuju Scrum metodologiju. Ispitanici su naglasili važnost različitih kompetencija koje Scrum Master treba da posjeduje kako bi efikasno vodio tim i doprineo uspješnoj realizaciji projekta. U skladu sa rezultatima istraživanja, može se zaključiti da Scrum Master treba da bude dobar komunikator, posvećen timskom radu, sposoban za rješavanje konflikata i podršku učenju i rastu članova tima. Takođe, Scrum Master treba da ima tehničko znanje i razumijevanje agilnih principa i Scrum metodologije kako bi efikasno vodio tim.

## 8. LITERATURA

- [1] Arora, S. K. (2023, July 14). What is Delegation Poker & How Does it Work? Retrieved from Knowledge Hut
- [2] Brosseau, D., Ebrahim, S., Handscomb, C., & Thaker, S. (2019). The journey to an agile organization. McKinsey & Company.
- [3] Highsmith, J. (2004). Agile Project Management: Creating Innovative Products.
- [4] Sutherland, J. (2014) Scrum: The Art of Doing Twice the Work in Half the Time. Crown Business, New York
- [5] (West, M. (2020). Agile Transformation: Structures, Processes and Mindsets.
- [6] Schwaber & Sutherland, Scrum guide, 2013
- [7] Alliance, A. (2001). Agile Manifesto

### Kratka biografija:



**Nikola Jeremić** rođen je u Nevesinju 1998. godine. Osnovne akademske studije je završio 2021. na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. U oktobru iste godine je upisao master studije, smer: inženjerski menadžment, usmerenje: projektni menadžment.

**UTICAJ DRUŠTVENIH MREŽA NA MENADŽMENT DOGAĐAJA****IMPACT OF SOCIAL NETWORKS ON EVENT MANAGEMENT**

Bojana Lončar, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast - MENADŽMENT DOGAĐAJA –  
PROJEKTI MENADŽMENT**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu analiziran je menadžment, marketing (digitalni i tradicionalni) događaja, kao i društvene mreže i mediji. U teorijskom delu rada pomenute su sve ključne stavke organizovanja i promocije događaja, pojma i nastanka društvenih mreža i medija, kao i značaj kanala marketinga za poslovanje i promovisanje događaja. Drugi deo rada odnosi se na istraživanje koje se sprovodilo u cilju da se dobiju odgovori koje društvene mreže se smatraju najefikasnijim u promovisanju događaja putem istih. U radu su takođe date sugestije za poboljšanje promovisanja događaja putem društvenih mreža.

**Ključne reči:** Događaji, menadžment, društvene mreže, marketing, digitalni marketing, promovisanje.

**Abstract** – This paper analyzes the management, marketing (digital and traditional) of events, as well as social networks and media. In the theoretical part of the paper, all the important items of organizing and promoting events, the concept and emergence of social networks and media, as well as the importance of marketing channels for business and promotion of events are mentioned. The second part of the paper refers to research conducted in order to get answers about which social networks are considered the most effective in promoting events through them. The paper also provides suggestions for improving the promotion of events through social networks.

**Keywords:** Events, management, social networks, marketing, digital marketing, promotion.

**1. UVOD**

Cilj ovog istraživanja je analiza efikasnosti različitih društvenih mreža u promovisanju događaja, kao i izrada adekvatnih digitalnih strategija za unapređenje marketinških performansi. Predmet istraživanja je analiza digitalnih marketing strategija i načina promovisanja događaja putem društvenih mreža, sa fokusom na društvenu mrežu Instagram i njene komponente, kao i na mladu populaciju. Na osnovu predmeta istraživanja, formirane su tri hipoteze:

1. Društvene mreže su ključne za uspešnu promociju događaja među mladima.
2. Društvena mreža Instagram se najviše koristi za promovisanje događaja među mladima.
3. Pojava reels-a na društvenoj mreži Instagram povećala je uspešnost promovisanja događaja među mladima.

Poslednjih godina, organizatori događaja sve više koriste društvene mreže kako bi promovisali svoje manifestacije, komunicirali s učesnicima, pridobili sponzore i evaluirali uspeh događaja. Društvene mreže, poput Facebooka, Instagrama, Twittera, LinkedIna, TikToka i mnogih drugih, postale su centralna tačka komunikacije i interakcije među milijardama korisnika.

Kroz ovo istraživanje bio je cilj utvrditi koliko ispitanici smatraju efikasnim društvene mreže prilikom promovisanja događaja, da li ih uopšte smatraju i koje se izdvajaju.

**2. ISTORIJAT I POJAM DRUŠTVENIH  
MREŽA I MENADŽMENTA DOGAĐAJA****Pojam i podela događaja**

„Događaji su skupovi ograničenog trajanja, određeni mestom, vremenom održavanja, učesnicima i motivima i ciljevima okupljanja. U ekonomskom smislu događaj je ponuda koja se na tržištu nalazi u procesu razmene sa ciljem zadovoljenja specifičnih, heterogenih i nematerijalnih potreba potrošača. Zbog svoje originalnosti i specifičnih karakteristika, događaji su postali posebno područje izučavanja menadžmenta u sve većem broju akademskih ustanova” [1].

Menadžment događaja predstavlja proces u kom se povezuju svi delovi u pravo vreme, na pravom mestu, efikasno i po planu. Kada se uspešno sastave svi delovi tada se može reći da je događaj uspešan. Postoji tri vrste događaja:

1. mega događaj,
2. hallmark događaj,
3. glavni događaj [3].

**Razvoj društvenih mreža i njihova uloga u  
savremenom društvu**

Počeci društvenih mreža se vezuju za 1997. godinu i od tada je prisutan rapidni rast. U početku, društvene mreže su postojale da pomognu konačnim korisnicima da se digitalno povežu sa prijateljima i drugim bliskim osobama, dok one danas beleže sve veći rast korisnika, te samim tim i veću ulogu u društvu. Najpopularnije

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nenad Simeunović.

društvene mreže su Facebook, Instagram, LinkedIn, Twitter, YouTube, Tik Tok, Telegram i Snapchat [2].

### **Značaj društvenih mreža za poslovanje**

Sposobnost društvenih mreža da prikupljaju informacije pomaže preduzećima da poboljšaju svoje marketinške kampanje i sprovedu istraživanje tržišta. Društvene mreže takođe osiguravaju konkurentsku prednost i pružaju uštedu resursa kompanije kroz interakciju korisnika i preduzeća. Pojava influensera koji su pomoću društvenih mreža stekli popularnost i uticaj je produkt razvoja društvenih mreža. Influenseri su danas bitna karika u strategiji marketinga zbog svog uticaja na pratioce. Početkom pandemije, mnogi su se ljudi okrenuli društvenim mrežama kako bi se informisali o virusu, merama predostrožnosti i stanju u svojim zajednicama. Platforme kao što su Twitter i Facebook postale su glavni izvori vesti za mnoge korisnike.

### **3. POJAM MARKETINGA**

#### **Marketing na društvenim mrežama**

Marketing je važan deo procesa menadžmenta. On pruža podatke pogodne za predviđanje, identifikovanje i zadovoljavanje potreba potrošača kako bi se ciljevi organizacije ostvarili. *Moderni marketing* je počeo 50-ih kada su ljudi počeli da koriste više od štampanja medija da bi podržali proizvod. Tehnologija danas predstavlja sve bitniju komponentu za najbolje odnose u marketingu. Marketing događaja predstavlja proces upotrebe marketing miksa za dostizanje organizacionih ciljeva kroz stvaranje vrednosti za klijente i potrošače. Marketing miksa je važna komponenta za definisanje marketing strategije, a čine ga: Proizvod, cena, lokacija i promocija i sva četiri elementa su u radu detaljno opisana. Marketing ima najznačajniju ulogu u otkrivanju i definisanju atraktivnih područja poslovne aktivnosti. Ova aktivnost omogućava ostvarivanje konkurentске prednosti i iskorišćavanje svih mogućnosti kompanije. Interaktivna marketinška komunikacija je postala obavezna u procesu razvoja i rasta kompanija [4].

Marketing događaj predstavlja promovisanje. Pod marketingom događaja najčešće se podrazumeva promovisanje vremenskih uslovljenih događaja. Marketing je dosta poznat u profesionalnim sportovima jer se tada vrši jaka promocija prema sportskoj publici i prema kompanijama [5].

Marketing događaja ima ulogu da ostvari dobit kao i da zadovolji potrebe potrošača. Ono što je važno u marketingu događaja jesu njegovi instrumenti 4P (proizvod, cena, mesto, promocija). Putem marketing miksa organizator događaja ostvaruje koristi, njime ostvaruje uticaj na publiku. Koncept 4P je proširen na još tri instrumenta koje čine: ljudi, proces pružanja usluga i fizičko okruženje [6].

#### **Elektronski marketing**

Dostupnost i lakoća upotrebe najnovijih sredstava komunikacija je stvorila mnoge nove mogućnosti za marketinške komunikacije. Korisnici interneta svakodnevno pretražuju najnovije vesti i informacije, pa je cilj naredne stavke odnosno elektronskog marketinga

da skrene njihovu pažnju na određeni produkt ili uslugu i tako privuče i zadrži kupce. Elektronski marketing je kompanijska poruka, koja sadrži informacije o proizvodu ili usluzi, dizajnirana da dođe do potencijalnih korisnika putem interneta [7].

### **4. MENADŽMENT DOGAĐAJA U ERI DIGITALIZACIJE**

#### **Kako se menadžment događaja menjao u svetu digitalne transformacije**

Digitalizacija je proces korišćenja digitalnih tehnologija za transformaciju poslovnog modela, stvaranje novih prihoda i mogućnosti za stvaranje vrednosti. Ona je promovisana povećanjem internet veza krajem devedesetih godina. Digitalizacija, međutim, nije samo puka integracija tehnologije: to je prelazak na potpuno novi način razmišljanja i poslovanja. Tradicionalno, planiranje i upravljanje događajima bili su usmereni na fizičko prisustvo, direktnu interakciju i stvaranje iskustava "uživo". Digitalizacija je, međutim, tu sliku radikalno promenila. Online platforme za prodaju ulaznica, aplikacije za mobilne telefone koje pružaju personalizovane agende, društveni mediji koji omogućavaju neposrednu dvosmernu komunikaciju i analitički alati koji pružaju dublje uvide u ponašanje i želje učesnika postali su standardni alati savremenog menadžera događaja. Jedna od najvećih *prednosti* digitalizacije u ovom sektoru je mogućnost ciljanja i personalizacije [9].

#### **Integracija društvenih mreža u menadžment događaja**

Menadžment događaja je napredovao od štampanog oglašavanja i jednostavnih poruka. Jedna od najvećih promena u menadžmentu događaja je kako dopire do svoje publike. Devedesetih godina i ranije organizatori događaja morali su da koriste ručno pisane procese registracije i sva dokumenta su fizički poslata. Poslednjih godina napokon je došlo do tehnološke integracije i razvoj aplikacija i softvera za organizaciju događaja doveo je do automatizacije mnogih aspekata planiranja. Digitalna transformacija u organizovanju događaja nije samo promenila tehničke aspekte planiranja, već je pružila platformu za inovacije, optimizaciju i povezivanje na različitim nivoima [8].

### **5. ISTRAŽIVAČKI DEO**

#### **Metodologija**

U prvom poglavlju pod nazivom metodologija objašnjene su postavljene hipoteze, cilj, predmet kao i opis uzorka istraživanja. Istraživanje je bilo kvantitativnog tipa, a prikupljanje podataka se vršilo putem elektronskog upitnika na platformi Google Docs. Upitnik je postavljao ukupno 15 pitanja, od kojih su prva 3 pitanja demografske prirode, ispituju pol, godine i obrazovanje. Naredna grupa pitanja vezana je za generalno korišćenje društvenih mreža i poslednja se odnosi na povezanost društvenih mreža i promovisanja događaja.

#### **Rezultati i diskusija**

Istraživanje o najefikasnijim društvenim mrežama za promovisanje događaja pokazalo je da su moderni mediji mnogo zastupljeniji od tradicionalnih što se tiče

promovisanja događaja. Među ispitanicima su odgovori bili mešovito tipa što se tiče odabira društvene mreže koje koriste i na kojim imaju nalog. Time možemo zaključiti da koliko god se ljudi starijih generacija opiru promenama i tehnološkom napretku, i dalje su podložni tome da svesno ili nesvesno ulaze u korak sa promenama, pa tako i u smislu društvenih mreža i medija. Pokazalo se takođe da je Instagram na prvom mestu efikasnih društvenih mreža za promovisanje događaja, s obzirom da su u fokusu mladi ljudi, a odmah iza njega se javljaju i Facebook, Twitter i LinkedIn. S obzirom na starosnu strukturu ovog istraživanja formirani su i odgovori. Većina ili skoro svi iz mlađe populacije više koriste Instagram, Facebook i Tik Tok. Instagram prednjači u odnosu na ostale društvene mreže među mladom populacijom. Pojava reels-a se pokazala kao presudna na uticaj efikasnosti promocije događaja među mladima. Prema ovim podacima možemo zaključiti da je pojava reels-a na društvenoj mreži Instagram, kao platformi koja prednjači u ovom istraživanju, znatno uticala na povećanje zainteresovanosti promovisanja svih vrsta događaja. Društvene mreže omogućavaju organizatorima događaja da dosegnu širu publiku na globalnom nivou, olakšavajući promociju i širenje informacija. Mogućnost direktnog komuniciranja sa publikom putem komentara, poruka, i interaktivnih elemenata povećava angažman i stvara osećaj zajednice. Ovaj aspekt doprinosi izgradnji odnosa između organizatora događaja i učesnika. U današnjem vremenu, reels, odnosno format videa na Instagram platformi ispostavio se kao najefikasnije internet sredstvo za promovisanje događaja, što potvrđuje hipotezu 3, pomenutu u metodologiji.

### Mere za unapređenje

Neka dalja istraživanja mogu da se osvrnu na pojavu reels-a kao fenomena na društvenim mrežama, koji se pokazao kao najviše privlačan format promovisanja. Ostale platforme bi mogle imati možda veći uticaj i porast korisnika ukoliko bi implementirale nešto slično ovome.

## 6. ZAKLJUČAK

Društvene mreže, kao i aplikacije za dopisivanje, neupitno čine sastavni deo života mladih ljudi. U ljudske su živote unele potpuno drugačiji način komuniciranja i povezivanja. Twitter i LinkedIn takođe igraju značajnu ulogu, pružajući specifične prednosti u vezi sa realnim vremenom, profesionalnim umrežavanjem i ozbiljnom promocijom događaja. U malom procentu, platforme poput WhatsApp, YouTube, Viber, Telegram takođe pokazuju prisustvo i doprinos u oblasti promocije događaja, svaka sa svojim karakterističnim vrednostima. Važno je napomenuti da je format videa, a posebno Reels na Instagramu, izdvojen kao najzanimljiviji i najefikasniji u promociji događaja. Ovo potvrđuje trend porasta popularnosti video sadržaja i naglašava važnost vizuelnih elemenata u privlačenju pažnje ciljne publike. Neka dalja istraživanja mogu da se osvrnu na pojavu reels-a kao fenomena na društvenim mrežama, koji se pokazao kao najviše privlačan format promovisanja događaja među mladima. Ostale platforme bi mogle imati možda veći

uticaj i porast korisnika ukoliko bi implementirale nešto slično ovome.

## 7. LITERATURA

- [1] Pivac T., Stamenković I. (2011). „Menadžment događaja“, Novi Sad, UNS-PMF-DGHT.
- [2] Glenn A. J. Bowdin, Johnny Allen, William O'Toole, Robert Harris and Ian McDonnell (2006). Event management Second edition, Elsevier Ltd.
- [3] Getz, D. (1991). Festivals, Special Events and Tourism. New York, Van Nostrand Reinhold.
- [4] Grbić M. (2021) „Uloga i važnost menadžmenta s naglaskom na backstage menadžment“,
- [5] Grubar A. (2013). „Marketing događaja“ br. 30. Strana 39-43, Novi, Sad Univerzitet u Novom Sadu, ekonomski fakultet u Subotici
- [6] Orban K., (2017). „Organizacija posebnih događaja“, Pula Sveučilište Jurja Dobrile
- [7] Šurbatović J. (2014). „Menadžment u sportu“, Beograd: JP Zavod za udžbenike i Visoka sportska i zdravstvena škola
- [8] Smith A.C.T. (2008), „Introduction to Sport Marketing“. Oxford: Butterworth-Heinemann
- [9] Wagen Van Der, Carlos, B.R. (2008) „Event Management – Upravljanje događanjima,“ Za turistička, kulturna, poslovna i sportska događanja, 1. izdanje Zagreb: MATE d.o.o

### Kratka biografija:



**Bojana Lončar** rođena je u Subotici 1999. godine. Master rad na fakultetu tehničkih nauka na smeru Inženjerski menadžment, odnosno modulu Projektni menadžment odbranila je 2024. godine. Kontakt: bojana.loncar21@gmail.com

**MESTO, ULOGA I ZNAČAJ INSTRUMENTATA UPRAVLJANJA RIZIKOM  
PORTFOLIJA****THE PLACE, ROLE AND SIGNIFICANCE OF PORTFOLIO RISK MANAGEMENT  
INSTRUMENTS**

Sanja Mutić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO I  
MENADŽMENT**

**Kratak sadržaj** – Portfolio predstavlja skup ulaganja u različite vrste finansijskih instrumenata, kao što su: akcije, obveznice i druge hartije od vrednosti, kao i investicione jedinice investicionih fondova. Portfolio investiranja može varirati zavisno od konkretnih karakteristika portfolija i ciljeva investitora. Investicioni portfolio treba biti pažljivo planiran, prilagođen posebnim finansijskim ciljevima i toleranciji na rizik.

**Ključne reči:** Portfolio investiranje, rizik, upravljanje rizikom, finansijski derivati.

**Abstract** – The portfolio represents a set of investments in various types of financial instruments, such as: shares, bonds and other securities, as well as investment units of investment funds. The investment portfolio may vary depending on the specific characteristics of the portfolio and the goals of the investor. The investment portfolio should be carefully planned, adapted to specific financial goals and risk tolerance.

**Keywords:** investment portfolio, risk, risk control, financial derivatives.

**1. UVOD**

Portfolio predstavlja skup hartija od vrednosti koje su u vlasništvu finansijskih institucija ili individualnih lica. Upravljanje portfoliom podrazumeva donošenje odluka o elementima koji se uključuju u portfolio u zavisnosti od ciljeva i mogućnosti. [1] Predmet istraživanja je mesto, uloga i značaj instrumenata upravljanja rizikom portfolija investiranja.

U ovom radu obrađene su osnovne strategije upravljanja portfoliom kao i njihova podela na aktivne i pasivne strategije i samim tim njihova detaljna analiza. Analiziran je sam pojam institucionalnih investitora, kao i tri njegove osnovne vrste, odnosno detaljno su opisani u radu investicioni fondovi, penzijski fondovi, osiguravajuća društva i investiciono bankarstvo.

Cilj rada jeste da se na jedan celovit, sažet i razumljiv način istraži mesto, uloga i značaj instrumenata upravljanja rizikom portfolija investiranja. Razumevanje i upravljanje rizikom portfolija ključni su elementi u finansijskom planiranju i investiranju jer omogućuju investito-

rima da postignu ravnotežu između potencijalne dobiti i rizika koji su spremni preuzeti [2]. Takođe, cilj ovog rada bio je i upitnik, poznat kao anketni upitnik ili istraživački upitnik. Upitnik je sačinjen od 16 pitanja koja su se odnosila o stepenu spremnosti i proceni rizika investiranja i sproveden je na uzoru od 60 ispitanika.

Metodologija istraživanja obuhvata metode analize, sinteze, apstrakcije, dedukcije i dr.

**2. PORTFOLIO INVESTIRANJE – PRIMENA  
STRATEGIJE INVESTIRANJA**

Portfolio sadrži akcije, obveznice, opcije, zlatne sertifikate, nekretnine i ostala sredstva koja imaju vrednost i za koju se očekuje da će je zadržati. U analizi, selekciji i menadžmentu portfolija, statistika i verovatnoća koriste se u svim fazama investiranja i predstavljaju neizostavni preduslov efikasnog portfolio menadžmenta. Spremnost investitora da preuzme određeni nivo rizika investiranja zavisi od strukturalnih karakteristika portfolija, rokova dospeća i očekivane stope prinosa. Na taj način portfolio postaje nezavisna varijabla iz razloga što od njegovih karakteristika u velikoj meri zavisi pravac i način donošenja odluka o investiranju. Savremena teorija investiranja daje veliki značaj tržišnoj kapitalizaciji rizika i prinosa od investiranja jer se na taj način obezbeđuju značajni parametri i pokazatelji kvaliteta određenog portfolija.

Portfolio je sa druge strane i zavisna varijabla, iz razloga što struktura i oblici finansijskih instrumenata koji čine portfolio u velikoj meri zavise od uspešnog ispunjenja unapred definisanih ciljeva koji se mogu ostvariti kreiranjem određenog portfolija. Osnovna karakteristika svakog portfolija jeste da se uložena sredstva diversifikuju sa ciljem da se smanji rizik ulaganja.

Opšta pretpostavka portfolio teorije odnosi se na definiciju rizika i investitorove nesklonosti riziku. Rizik je neizvesnost budućeg ishoda, ili kao verovatnoća suprotnog ishoda [3]. Nesklonost riziku ne ukazuje na to da investitori izbegavaju rizik, već da će investitor, ukoliko je u mogućnosti da bira između dve investicione alternative jednakog očekivanog prinosa, izabrati onu za koju je povezan niži rizik. Tolerancija prema riziku, zavisi pre svega od toga da li je klijent spreman da prihvati visoke rizike ulaganja u visokorizične instrumente na tržištu ukoliko preferira visoku dobit, kao što su na primer akcije manjih, novih i na tržištu nepoznatih kompanija koje potencijalno mogu doneti visoke kapitalne dobitke, ako postanu uspešne kompanije

**NAPOMENA:**

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

ili želi sigurnost uz manje ali stabilnije prihode, pa će onda ulagati u državne obveznice ili akcije najboljih firmi. Investitori moraju promišljeno upravljati rizikom u okviru svojih investicionih ciljeva i preferencija.

Da bi imali uspešan portfolio treba prevazići čitav niz prepreka, od kojih je verovatno najveća, izbor i kupovina dobitnih hartija od vrednosti.

### **3. MESTO, ULOGA I ZNAČAJ INSTRUMENATA UPRAVLJANJA RIZIKOM PORTFOLIJA INVESTIRANJA**

Upravljanje rizikom je centralni deo investicionog menadžmenta i korporativnog upravljanja bilo koje organizacije. To je proces u kom se organizacije metodično bave rizicima i uključujući ih u svojim poslovnim aktivnostima sa ciljem ostvarivanja benefita na svakoj od tih aktivnosti ponaosob, kao i na portfolio svih aktivnosti. Instrumenti upravljanja rizikom portfolio igraju ključnu ulogu u zaštiti i optimizaciji investicija. Instrumenti upravljanja rizikom portfolio, odnosno diversifikacija jeste ulaganje u hartije od vrednosti, alternativa subjektima koji smatraju da bi ova vrsta investiranja donela veći prinos od ulaganja novca u banke. Uz to je, po pravilu, rizičnije ulaganje u vlasničke hartije od vrednosti od dužničkih.

Kao aktiva koja se smatra najmanje rizičnom, pojavljuju se obveznice, i to prvenstveno one koje izdaje država. Kako individualni investitori uglavnom nemaju dovoljno informacija i saznanja o ulaganju i odnosu prinosa i rizika, institucionalni investitori se pojavljuju kao element tržišta koji poseduje neophodne informacije i, stoga, pomažu, uz određenu nadoknadu, subjektima koji žele da ulažu. Cilj analize poslovanja određenih kompanija je diversifikovanje portfolio, tj. pravljenje takvog portfolio koji odgovara investitoru. Ulaganje sredstava u veći broj kompanija smanjuje rizik, tj. mogućnost gubitka.

Osnovni ciljevi zbog koji se upravlja rizikom ogledaju se u mogućnosti da privredni subjekt može da preživi gubitak, da efiksano posluje u rizičnom okruženju i da svoje poslovanje usklađuje sa zakonskim propisima. Finansijski derivati pružaju dobar sistem zaštite od rizika, i veoma su fleksibilan pristup trgovanju i investiranju. Iako su relativno komplikovaniji od drugih vrsta trgovanja, uz odgovarajuće istraživanje i savetovanje služe kao dobar izbor ostvarivanja finansijske sigurnosti [4].

Najznačajniji su: opcije, fjučersi, forvardi, svop ugovori i kreditni derivati. Opcije predstavljaju ugovor koji omogućuje pravo kupcima da kupuju ili prodaju osnovne instrumente po određenoj ceni, u određenom vremenskom periodu. Moramo napomenuti da ovde kupac nema obavezu, već samo ostvaruje pravo. Postoji nekoliko strategija na osnovu kojih se pomoću opcije upravlja rizikom, a izbor strategije zavisi od okolnosti i potreba. S druge strane postoji fjučers ugovori se trguju na berzama i podrazumevaju određen stepen standardizacije u vidu cena, rokova dospeća, i količine.

Obavezuju dve ili više strana da će u budućnosti kupiti određeni osnovni instrument po već unapred ugovorenoj ceni. Fjučers ugovori mogu biti robni i finansijski. Finansijski derivati najslikovitiji fjučersima su forvardi.

Najveća razlika sa ogleda u tome što su forvardi nestandardizovani kupoprodajni ugovori kojima se trguje na OTC tržištu.

Kreditni derivati se definišu kao instrumenti kojima se trguje na finansijskim tržištima pomoću kojih se kreditni rizik, sadržan u kreditima, obveznicama ili drugoj rizičnoj aktivi ili tržišnim rizičnim pozicijama transferiše na treće strane koje nastupaju kao takozvani prodavci zaštite. Kreditni derivati su nastali kako bi se otklonile loše strane tradicionalnih tehnika i instrumenata transfera kreditnog rizika, i da bi se zaštitile banke i druge institucije od gubitka koji nastaju usled neizvršenja obaveza. Kreditni derivati kao i svi drugi donose sa sa sobom određene rizike, ali i brojne prednosti.

Kao najvažnija prednost kreditnih derivata smatra se mogućnost razdvajanja kreditnog i tržišnog rizika, kao i prenos kreditnog rizika na treću stranu.

Druga prednost kreditnih derivata se ogleda u tome što se pomoću njih kreditni rizik može preneti sa preduzeća koja imaju previše kreditnog rizika, ili pogrešne rizike na ona preduzeća koja nemaju te rizike i koja su spremna da ih preuzmu na sebe, naravno uz određenu novčanu naknadu. 1981. godine kreirani su svop ugovori. Predstavljaju dogovore između dve strane da će razmenjivati određene finansijske tokove na osnovu dogovorenih uslova.

Najčešći tip svop ugovora je kamatni svop gde se strane dogovaraju da razmene fiksnu i promenljivu kamatnu stopu. Svopovima se trguje na OTC tržištu. Osnovna podela svop ugovora je na kamatne i valutne svop ugovore. Kamatni svop predstavlja kompleksan set transakcija između (minimalno) dva učesnika, koji obuhvata razmenu periodičnih kamata (denominovanih u istoj valuti i obračunatih na osnovu različito determinisanih kamatnih stopa), ali ne i nominalne glavnice pošto je ona jedinstvena [5].

Razlozi zbog kojih se subjekti uključuju u kamatne svop transakcije su komercijalni motivi i komparativne prednosti. Subjekti koji će ostvariti koristi od ulaska u svop aranžmane su svakako banke i hedž fondovi. Banke moraju da obezbede izvore prihoda da bi kasnije ta sredstva plasirale u vidu kredita. Međutim, banka može da uđe u kamatni svop sa nekom drugom bankom i da vrši razmenu aktive sa fiksnom kamatnom stopom za aktivu sa varijabilnom kamatnom stopom.

Na taj način banka će ostvariti veće prihode od troškova i izbeći krizu gotovinskih tokova. Neki od najznačajnijih rizika sa kojima su suočene mnoge organizacije prilikom poslovanja su pored tržišnog rizika, kreditni rizici i poslovni/operativni rizici. Kompanije imaju mogućnost da na različite načine umanje izloženost riziku, a jedan od načina je hedžing. Najbolji način da se shvati hedžing posao je da se posmatra kao osiguranje od rizika koji proizilaze iz tekućeg poslovanja.

Hedžiranje podrazumeva korišćenje derivata ili drugih strategija kako bi se smanjio potencijalni gubitak u portfolio. U finansijama hedžing je investicija koja služi da smanji ili ukine rizik koji se odnosi na neku drugu investiciju.

Hedžing je strategijski kreiran da minimizira izlaganje investicije nepoželjnom poslovnom riziku, ali i takođe da dozvoli tom poslovnom poduhvatu da profitira od te investicije. Stoga onaj koji hedžuje neće biti zainteresovan za to da li vrednost tržišta kao celine ide

gore ili dole, već samo za delove tržišta koji su relevantni za hedžing. U većini slučajeva hedžing tehnike uključuju korišćenje komplikovanih finansijskih instrumenata poznatijih kao finansijski derivati. Dva najčešća derivata su opcije i fjučersi. Glavni razlog zašto kompanije koriste fjučerse jeste da bi ograničili njihovo izlaganje riziku usled bilo kakvih fluktuacija cena. Analiza rizika koristi različite alate i metode za procenu i kvantifikaciju rizika u portfoliju.

Identifikacija rizika predstavlja proces identifikovanja izloženosti neke organizacije neizvesnostima. Ovo zahteva dobro znanje organizacije, tržišta u kome ona posluje, zakonskog, društvenog, političkog i kulturnog okruženja u kome ona postoji, kao i razvoja dobrog razumevanja njenih strateških i operativnih ciljeva, uključujući faktore koji su kritični za njen uspeh, pretnje i povoljne prilike povezane sa ostvarivanjem tih ciljeva. Identifikaciji rizika treba prići na metodičan način da bi se obezbedile tako da sve značajne aktivnosti unutar organizacije budu identifikovane, kao i da svi rizici koji proističu iz tih aktivnosti budu definisani.

Sve propratne volatilnosti koje prate ove aktivnosti bi trebalo adekvatno identifikovati i kategorisati. Instrumenti upravljanja rizikom portfolija imaju ključnu ulogu u zaštiti i optimizaciji investicija.

Njihova uloga je raznovrsna i uključuje sledeće aspekte:

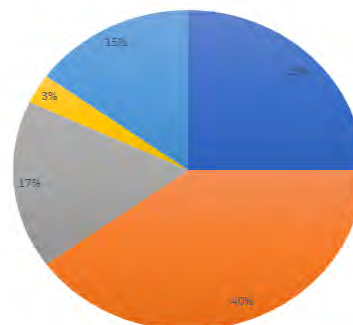
1. Smanjenje rizika
2. Očuvanje kapitala
3. Optimizacija povrata
4. Prilagođavanje promenama na tržištu
5. Povećanje informisanosti
6. Smanjenje emocionalnog stresa
7. Povećanje dugoročne stabilnosti portfolija

#### 4. STEPEN SPREMNOSTI I PROCENA RIZIKA INVESTIRANJA - UPITNIK ANKETA

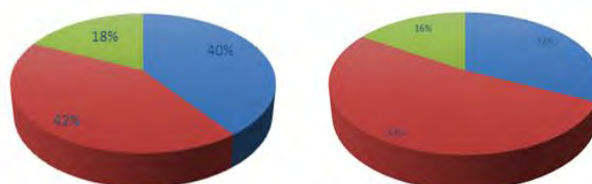
U radu je sprovedena online upitnik anketa koja je namenjena istraživanju pojma Risk assessment, odnosno stepenu spremnosti i proceni rizika investiranja. Upitnik je sačinjen od 16 pitanja a uzorak je činilo ukupno 60 ispitanika i činili su ga ispitanici oba pola, starosti od 18 do 65 godina, koji su različitog nivoa stručne spreme. Putem upitnika, i nekih od značajnih pitanja u nastavku, urađeno je istraživanje koliki je to stepen spremnosti ljudi da se upuste u neki rizik:

1. Šta za vas predstavlja pojam RISK ASSESSMENT, odnosno PROCENA RIZIKA?
2. Koji stepen rizika ste preuzeli svojim finansijskim odlukama u prošlosti a koji ste trenutno spremni da preuzmete sa svojim finansijskim odlukama?
3. Da li bi se pre odlučili za investiciju koja podrazumeva nizak stepen rizika sa niskom stopom dobiti ili investiciju sa visokim stepenom rizika koji je praćen visokom stopom dobiti?
4. Da imate mogućnost investiranja, za šta biste se odlučili?
5. Kada ste suočeni sa velikom finansijskom odlukom, da li ste zabrinuti zbog mogućih gubitaka?

Analizirajući pojam RISK ASSESSMENT, odnosno šta za ispitanike predstavlja pojam procena rizika, najveći broj ispitanika 40% se izjasnilo da je procena rizika od izrazitog značaja za određivanje koliko je buduća investicija isplativa, 25% smatra da je mogućnost gubitka novčanih sredstava, 17% smatra da je to najbolji proces za ublažavanje rizika, 15% se slaže sa da je procena rizika alat zaštite poslovanja i kapitala, dok 3% nema uopšte predstavu šta znači pojam risk assesment.

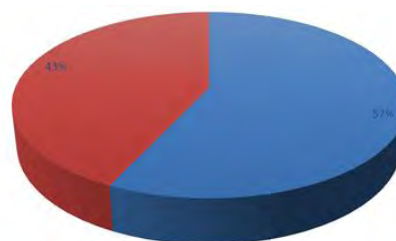


Slika 1: Risk Assessment



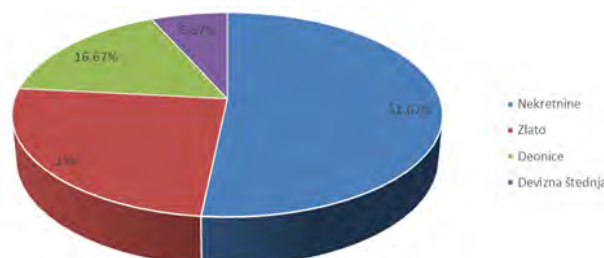
Slika 2: Stepen rizika

Kada je u pitanju stepen rizika, 42% je preuzeo srednji stepen rizika, dok samo 18% visok stepen rizika u prošlosti. Srednji stepen rizika koji su ispitanici trenutno spremni da preuzmu sa svojim finansijskim odlukama je 52%, a samo 16% je spremno na preuzimanje visokog stepena rizika.



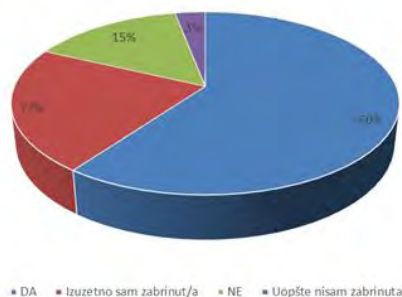
Slika 3: Stopa dobiti

Iznos procenata koji bi se odlučio za investiciju koja „nosi“ nizak stepen rizika sa niskom stopom dobiti je od 57%, dok ostatak tj. 43% bi se radije odlučilo za investiciju koja podrazumeva visok stepen rizika koji je praćen i visokom stopom dobiti.



Slika 4: Investiranje

Najveći broj ljudi odnosno, 51,67% bi svoja sredstva investiralo u nekretnine, zatim 25% u zlato dok samo 6,67% u deviznu štednju.



Slika 5: Gubici

Više od polovine 60% je zabrinuto zbog mogućih gubitaka, zatim 22% je izuzetno zabrinuto a svega 3% uopšte nije zabrinuto ukoliko dođe do eventualnih gubitaka tj. kada se suočavaju sa velikom finansijskom odlukom.

## 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Investitori bi trebali biti svesni svojih dugoročnih ciljeva i prilagoditi svoj portfolio kako bi odražavao njihov životni ciklus i finansijski status. Edukacija o investicijama i praćenje najnovijih trendova na tržištu takođe su ključni za uspešno upravljanje portfolioom. Svaki investitor ima svoje jedinstvene potrebe i strategije. Savetovanje s finansijskim stručnjakom ili savetnikom za investicije može pružiti dodatnu pomoć i prilagoditi portfolio prema individualnim zahtevima. Samo poznavanje pojma RISK ASSESSMENT odnosno procena rizika, stepen spremnosti preuzimanja istog, raznolikost u portfolio i kombinovanje različitih vrsta imovine, sektora i geografskih područja može pomoći u izbalansiranju potencijalnih gubitaka tj. značajno smanjiti rizik.

## 6. ZAKLJUČAK

Investicioni portfolio treba biti pažljivo planiran, prilagođen posebnim finansijskim ciljevima i toleranciji na rizik. Diversifikacija, odnosno raspodela sredstava u različite vrste imovine, sektore i regije, ključna je strategija za smanjenje rizika i povećanje potencijalnih prinosa. Važno je redovno praćenje i rebalansiranje portfolioja kako bi se održala odgovarajuća ravnoteža između različitih investicija. Odluke o kupovini ili prodaji trebaju se temeljiti na temeljnoj analizi tržišta i promenama u finansijskom okruženju.

Upravljanje rizicima ključno je za institucionalne investitore zbog veličine njihovih portfolioja. Koriste različite alate i strategije kako bi identifikovali, analizirali i upravljali rizicima. Portfolio omogućava investitorima da bolje razumeju svoje izloženosti određenim rizicima i potencijalnim nagradama.

To je posebno važno jer investitori s različitim ciljevima i životnim situacijama imaju različite tolerancije na rizik. Spremnost na rizik i procena rizika su ključni elementi kada je reč o investiranju. Investitori trebaju biti svesni različitih vrsta rizika povezanih s investicijama, uključujući tržišni rizik, kamatni rizik, kreditni rizik i likvidnosni rizik. Razumevanje ovih rizika pomaže u pravilnom upravljanju portfolioom.

Sve ovo treba uzeti u obzir kako bi se izgradio portfolio koji je u skladu s investitorovim ciljevima, tolerancijom na rizik i vremenskim horizontom. Razumevanje vlastite spremnosti na rizik i pažljiva procena rizika ključni su koraci prema izgradnji održivog i prilagodljivog portfolioja.

## 7. LITERATURA

- [1] M. Cvetinović, „Upravljanje rizicima u finansijskom poslovanju“, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2008.
- [2] L. Barjaktarović, „Upravljanje rizikom“, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2015.
- [3] S. Mastnak, D. Lakić, „Kako do zarade na berzi“, Pro Educa, 2008.
- [4] B. Kalač, Lj. Berezljjev, M. Meta, M. Mušović, „Strategije portfolio investiranja“, Ekonomski izazovi, Novi Pazar, 2015.
- [5] V. Kothari, „Securization – The Financial Instrument of New Milenium“, Singapore: John Wiley and Sons, 2006.
- [6] P. Vukadinović, Z. Jović, „Investicije“, Univerzitet Singidunum, 2012.

### Kratka biografija:



**Sanja Mutić** rođena je u Novom Sadu 1998. godine. Osnovne studije je završila 2021. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Inženjerski menadžment. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka je iz oblasti Industrijskog inženjerstva i menadžmenta – Investicioni menadžment.

**SINDROM SAGOREVANJA (BURNOUT) KOD NASTAVNIKA****TEACHER BURNOUT SYNDROME: CAUSES AND IMPLICATIONS**

Aleksandra Nikolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSKI MENADŽMENT**

**Kratak sadržaj** – U globalnom okruženju sa brzim razvojem tehnologija, automatizacijom, digitalizacijom te novim ekonomskim i društvenim izazovima poput klimatskih promena, pandemija i demografskih promena, ključno je da pojedinci steknu odgovarajuće kompetencije. Kako bi se omogućio prelaz ka novoj digitalnoj (i zelenoj) ekonomiji potrebna su značajna ulaganja u ljudske resurse kako bi se podržali socijalni programi. Novi, potrebni obrazovni kadrovi koji su neophodni za rast i razvoj izrasti će samo u kvalitetnom obrazovnom sistemu. Na kvalitet obrazovnog sistema utiče obrazovni kadar, a uoliko želimo maksimalno izvući iz njega potrebni su nam motivisani, stručni i inovativni edukatori. Nastavni kadar nikada nije bili u zahtevnijoj situaciji; slabe naknade i kompenzacije za rad, nedovoljno motivisani učenici te prevelik pritisak javnosti neki su od faktora koji mogu izazvati nezdravo radno okruženje, stresno okruženje koje negativno utiče na radnu motivaciju. Kako su ljudski resursi postali najskuplji kapital svake organizacije, a motivacija za rad postala značajan faktor u održanju zadovoljstva zaposlenih, prvenstveno je potrebno utvrditi koji faktori negativno utiču na motivaciju zaposlenih u svrhu ostvarenja zdravog radnog okruženja.

**Ključne reči:** Motivacija, obrazovanje, sagorevanje (burnout), stres, posvećenost.

**Abstract** – In a global environment characterized by rapid technological advancements, automation, digitalization, and emerging economic and social challenges such as climate change, pandemics, and demographic shifts, it is crucial for individuals to acquire appropriate competencies. To facilitate the transition to a new digital (and green) economy, significant investments in human resources are necessary to support social programs. The emergence of new, essential educational professionals required for growth and development will only occur within a high-quality educational system. The quality of the educational system is influenced by the educational workforce, and to extract the maximum benefit, motivated, skilled, and innovative educators are required. The teaching staff has never faced a more demanding situation; with low compensation, inadequate motivation of students, and intense public pressure being factors that can create an unhealthy work environment, a stressful atmosphere negatively affecting

work motivation. As human resources have become the most expensive asset of any organization, and since work motivation is a significant factor in maintaining employee satisfaction, it is essential to identify factors that negatively affect employee motivation to establish a healthy work environment.

**Keywords:** Motivation, education, burnout, stress, dedication.

**1. UVOD**

U savremenom svetu, svakodnevne obaveze i izazovi okoline često imaju negativne posledice na fizičko i psihičko zdravlje čoveka. Brz tempo života donosi neprekidne promene i inovacije, često nas navodeći da zanemarimo prioritete, preopteretimo se privatnim i poslovnim obavezama, što može ozbiljno ugroziti naše zdravlje i smanjiti motivaciju za dalji rad.

Rezultat ovakvog načina života jeste sveprisutna pojava stresa, fiziološke i psihološke reakcije na okolne stimulanse koja se zapravo manifestuje kao odgovor na pretnju ili opasnost. Stres može poticati iz različitih izvora, zavisno od našeg iskustva, ličnih kapaciteta i trenutnog raspoloženja. Važno je prepoznati različite vrste stresa, kao što su eustres, koji može motivisati na lični rast, ili distres, koji predstavlja negativan stres sa potencijalno štetnim posledicama.

Međutim, kolika je cena stresa? Stresno okruženje može dovesti do raznih zdravstvenih smetnji, od manjih tegoba do ozbiljnih hroničnih bolesti, dok dugotrajno izlaganje stresu može rezultirati sagorevanjem, što dalje utiče na radnu motivaciju. S obzirom na to da su ljudski resursi postali ključni kapital svake organizacije, važno je identifikovati faktore koji negativno utiču na motivaciju zaposlenih kako bi se stvorilo zdravo radno okruženje bez mogućnosti pojave stresa.

U ovom radu, autor će istražiti osnovne karakteristike stresa, razmotriti njegovu definiciju, uzroke i posledice te detaljnije analizirati napredni stadijum stresa – sagorevanje. Kroz istraživanje na uzorku nastavnika srednje škole, autor će prikazati njihove stavove i opterećenje koje nose administracija i priprema za nastavu nudeći potencijalna rešenja za stvaranje zdravijeg radnog okruženja u školama.

**2. STRES****2.1. Šta je stress?**

Stres, kao kompleksan fenomen, ima svoje korene u osnovnom značenju "stiskanja" ili "napora" čiji je termin postao predmet naučnog proučavanja tek u 17. veku.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jelena Čulibrk, vanr. prof.

Kanadski fiziolog Hans Selye je zaslužen za sistemsko proučavanje stresa. On je 1936. godine skovao termin "opšti adaptacijski sindrom" kako bi opisao telo kao reagovanje na bilo kakav zahtev.

Pojam stresa danas se razume na više načina, uključujući pristupe koji ga definišu prema stresorima, medicinsko-fiziološki pristup koji posmatra stres kao odgovor organizma, te psihološki pristup koji ga definiše kao interakciju između pojedinca i okoline. Postoje razni fizički i psihički indikatori stresa, a posledice mogu biti ozbiljne, uključujući probleme sa pamćenjem, emocionalno prejedanje, povećan rizik od teških bolesti poput srčanih oboljenja, depresije i dijabetesa. Stres može imati i pozitivan uticaj na zdravlje gde antistresori kao što su smisao za humor i socijalna podrška igraju važnu ulogu u suočavanju sa stresom.

Različita zanimanja i faktori poput odgovornosti, odnosa među kolegama i kulture organizacije mogu uticati na izloženost stresu. Kategorizacija stresnih podražaja obuhvata velike životne promene, hronične stresne događaje i traumatske događaje, a reakcija na traumatske događaje može dovesti do akutnog ili posttraumatskog stresnog poremećaja.

## 2.2. Sagorevanje (Burnout)

Sagorevanje je sindrom koji se karakteriše emocionalnim, mentalnim i fizičkim iscrpljenostima izazvanim dugotrajnim stresom na radnom mestu. Osobe koje pate od sagorevanja (engl. burnout) često osećaju gubitak motivacije, pad energije i interesovanja za svoj posao. Osoba teži psihičkom umoru usled nedostatka resursa za suočavanje sa zahtevima posla. Termin "burnout" prvi put je upotrebljen u istraživanju 1970-ih, a Herbert Freudenberger i Christina Maslach bili su među prvima koji su ga proučavali. Maslach je razvila "Inventar Maslach Burnout" za merenje sindroma. Današnji način života i radno okruženje često izazivaju sagorevanje, posebno tokom pandemije COVID-19. Manifestacije sagorevanja uključuju emocionalnu iscrpljenost, cinizam, smanjenu profesionalnu efikasnost i fizičke simptome poput umora i glavobolja. Herbert Freudenberger, osnivač klinike Sv. Marks, doživeo je iscrpljenost nakon godinu dana intenzivnog rada, što je nazvao "burn-out". Kristina Maslach istraživala je "ravnodušnu zabrinutost" kao ključni faktor u iscrpljenosti radnika u ljudskim uslugama. Njihova istraživanja postavila su osnove za razumevanje faktora koji doprinose iscrpljenosti u profesionalnom okruženju [2].

Niz faktora može izazvati stres na radnom mestu, uključujući prirodu posla, preopterećenost, komunikaciju, konflikte, odgovornost i međuljudske odnose.

Organizacije se suočavaju s problemima kao što su izostajanje radnika, manja posvećenost poslu, povećana fluktuacija radnika te žalbe korisnika, što rezultira smanjenom produktivnošću te zadovoljstvom poslom.

## 2.3. Upravljanje stresom u organizaciji

Upravljanje stresom u organizaciji zahteva faze analize, identifikacije stresnih područja i podršku zaposlenima. Menadžeri ljudskih resursa igraju ključnu ulogu u tome, prepoznajući odnose između stresa i efikasnosti i identifikujući izvore stresa. Pružanje podrške zaposlenima u kontroli stresa zahteva edukaciju menadžera i primenu

metoda identifikacije, kao što su ankete, bihevioralne i (u krajnjim slučajevima) medicinske metode.

Aktivno upravljanje stresom stvara okruženje koje podstiče dobrobit zaposlenika i efikasnost, zahtevajući holistički pristup i edukaciju menadžera.

Mobing na radnom mestu, kao oblik sistematskog psihičkog zlostavljanja, predstavlja ozbiljan problem sa posledicama po zdravlje pojedinca i organizaciju. Preventivne mere u borbi protiv mobinga podrazumevaju različite sugestije i metode za kontrolu stresa, poput postavljanja realnih ciljeva, organizacije vremena, odvajanja poslovnog i privatnog života, te pronalaženja vremena za sebe i hobbije. Upravljanje stresom unutar organizacije obuhvata analizu, ocenjivanje, organizaciju aktivnosti za smanjenje stresa te podršku zaposlenima kroz programe edukacije i napredovanja.

## 2.4. Izazovi savremenog obrazovanja

U svetlu brze tehnološke evolucije, obrazovanje postaje ključno za lični, građanski i profesionalni razvoj, ali suočava se sa izazovima prilagođavanja promenama i novim metodama. Obrazovni kadar se suočava sa stresom zbog tehnoloških promena i nedostatka resursa dok tradicionalne vrednosti pokušavaju održati u savremenom obrazovanju. Inkluzivno okruženje postaje prioritet za različite grupe učenika, ali nedostatak finansijskih resursa ograničava kapacitete obrazovnih institucija.

Pritisak i stres kod učenika postaju ozbiljan izazov, zahtevajući dodatnu podršku i resurse za očuvanje mentalnog zdravlja. Održivost i ekološka odgovornost postaju važne teme u obrazovanju, zahtevajući integraciju u nastavne programe. Nedostatak finansijski ograničava organizaciju događaja i pristup materijalima, utičući na motivaciju i radni status obrazovnog kadra.

## 3. MOTIVACIJA ZA RAD

Motivacija je osnovni pokretač koji nas usmerava ka postizanju ciljeva, kako u ličnom životu, tako i na radnom mestu. Ona predstavlja kompleksan proces koji utiče na naše ponašanje i aktivnosti, kako mentalne tako i telesne. Razumevanje i merenje motivacije su ključni za svaku organizaciju, jer omogućavaju analizu produktivnosti i efikasnosti rada. Motivacija zaposlenih ima višestruki značaj, uključujući poboljšanje proizvodnosti, podsticanje kreativnosti, unapređenje kvaliteta radnog života i jačanje konkurentske sposobnosti organizacije [1].

U okviru menadžmenta, motivacija je istraživana iz više perspektiva, počevši od tridesetih godina dvadesetog veka kada je fokus prešao sa ljudskih sposobnosti i znanja na motivaciju. Razumevanje faktora koji utiču na motivaciju zaposlenih ključno je za uspešno vođenje organizacije. Ti faktori mogu biti individualni, poslovni, organizacioni i okružujući [1]. Materijalne nagrade su važan deo sistema motivacije, ali ne treba zanemariti ni nematerijalne strategije, poput priznanja, povratne informacije i mogućnosti napredovanja. Upravljanje motivacijom zaposlenih zahteva razumevanje njihovih individualnih potreba i aspiracija. Pored toga, uloga lidera u podsticanju i održavanju motivacije je od ključnog značaja [1]. Efikasni lideri poseduju karakteristike kao što su integritet, komunikacione veštine i sposobnost inspiracije. Oni ne samo što motivišu svoje timove ka postizanju

ciljeva, već i stvaraju radnu atmosferu koja podstiče produktivnost i inovacije. Uz to, usmeravanje resursa ka ostvarivanju potencijala svakog zaposlenog i pružanje podrške za njihov razvoj ključno je za održavanje visokog nivoa motivacije [3].

### **3.1. Teorije motivacije**

#### **3.1.1. Maslovljeva teorija motivacije**

Abraham Maslov je formulirao teoriju hijerarhije potreba, koja predstavlja jedan od najpoznatijih koncepta u psihologiji motivacije. Prema njegovoj teoriji, ljudske potrebe su hijerarhijski raspoređene u obliku piramide, počevši od osnovnih fizioloških potreba, poput hrane i vode, do najviših potreba za samoaktualizacijom.

Maslov ističe da zadovoljenje viših potreba postaje moguće tek nakon što su niže potrebe zadovoljene, što formira redosled prioriteta u motivaciji pojedinca. Ova teorija naglašava da ljudi teže prema različitim nivoima potreba u različitim fazama svog života i karijere [4].

#### **3.1.2. Alderferova teorija motivacije**

Alderferova teorija motivacije od tri stepena predstavlja proširenje Maslovljeve teorije nudeći alternativnu perspektivu na hijerarhiju ljudskih potreba. Prema Alderferu, potrebe se grupišu u tri kategorije: egzistencijalne, povezivanja i potrebe za rastom i razvojem. Ova teorija ističe da pojedinci mogu težiti zadovoljavanju potreba iz više kategorija istovremeno, što pruža složeniji uvid u motivaciju i ponašanje. Na primeru radnog mesta, to znači da zaposleni mogu istovremeno težiti povećanju plate, jačanju veza s kolegama i razvoju svojih veština i znanja [1].

#### **3.1.3. Herzbergova teorija motivacije**

Fredrik Herzberg je razvio dvofaktorsku teoriju motiva, koja razlikuje faktore zadovoljstva od faktora nezadovoljstva na radnom mestu. Prema ovoj teoriji, higijenski faktori poput plate i radnih uslova ne doprinose direktno motivaciji, ali njihovo odsustvo može izazvati nezadovoljstvo.

Sa druge strane, motivacioni faktori kao što su prilike za napredovanje i postignuće zadovoljavaju potrebe zaposlenih i doprinose njihovoj motivaciji na poslu. Herzbergova teorija ističe važnost stvaranja radnih okruženja koja pružaju mogućnosti za razvoj i napredak zaposlenih [4].

#### **3.1.4. Minerova teorija motivacije**

Minerova teorija klasifikuje motivacione strukture u tri osnovne kategorije prilagođene različitim vrstama poslova i uloga.

Ova teorija naglašava da motivacija varira u zavisnosti od specifičnosti posla i uloge u organizaciji. Na primer, menadžerska motivacija može biti usmerena ka postizanju moći i autoriteta, dok profesionalna motivacija podrazumeva težnju ka stalnom učenju i stručnom razvoju [1].

#### **3.1.5. Mekslelandova teorija motivacije**

Mekslelandova teorija motivacije postignuća fokusira se na unutarnju motivaciju i radnu orijentaciju pojedinaca. Prema ovoj teoriji, ljudi teže postizanju ciljeva zbog svoje inherentne potrebe za postignućem, moći ili povezanošću.

Različite potrebe dominiraju kod različitih pojedinaca, oblikujući njihovo ponašanje i motivaciju na poslu [4].

#### **3.1.6. Vrumov kognitivni model**

Vrumov kognitivni model motivacije fokusira se na percepciju očekivanja i vrednosti rezultata napora pojedinca. Prema ovom modelu, ljudi biraju svoje ponašanje na osnovu očekivanih posledica, uzimajući u obzir verovatnoću postizanja cilja i emocionalnu vrednost tog cilja [1].

#### **3.1.7. Teorija Hekmana i Oldama**

Teorija Hekmana i Oldama identifikuje tri ključna psihološka stanja zaposlenih koja utiču na motivaciju i zadovoljstvo na poslu: svrsishodnost posla, odgovornost za radne efekte i povratna informacija o radnim postignućima. Naglašava važnost oblikovanja poslova kako bi se povećao motivacioni potencijal i zadovoljstvo zaposlenih [4].

## **4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA**

### **4.1. Predmet istraživanja**

Predmet istraživanja obuhvatio je stavove i mišljenja nastavnika u vezi sa značajem poslova vezanih za pripremu nastave i obavljanje administrativnih poslova, njihovu vezu sa ostvarivanjem karijernog napretka i napretka njihovih učenika, percepciju sistema nagrađivanja te radnu motivaciju.

### **4.2. Cilj i zadatak istraživanja**

Osnovni cilj istraživanja je bio utvrditi na koji način nastavnici percipiraju važnost radnih obaveza koje sam opis posla nastavnika zahteva (priprema nastave i administrativni poslovi), da li smatraju da su oni važan segment za razvoj njihove karijere, akademski uspeh njihovih učenika, te da li je sistem nagrađivanja proporcionalan poslu koji svakodnevno obavljaju.

### **4.3. Hipoteze istraživanja**

U okviru izrade rada postavljene su tri hipoteze:

**H1:** Nastavnici koji smatraju da je priprema važan segment njihovog posla, takođe su mišljenja da ona doprinosi ostvarivanju napretka u karijeri i imaju značajno veću motivaciju za obavljanje posla.

**H2:** Nastavnici koji smatraju da su administrativni poslovi važan segment njihovog posla, takođe su mišljenja da oni doprinose ostvarivanju napretka u karijeri i imaju značajno veću motivaciju za obavljanje posla.

**H3:** Nastavnici koji smatraju da su priprema nastave i administrativni poslovi važni segmenti njihovog posla takođe smatraju da sistem nagrađivanja nije proporcionalan uloženom trudu.

### **4.4. Instrument istraživanja**

Tok istraživanja podrazumevao je upotrebu metode reprezentativnog uzorka putem anonimnog anketiranja. Anketni upitnik sastojao se od tvrdnji koje su korišćene u Likertovoj skali stavova. Svaki ispitanik je mogao izabrati odgovor iz pet ponuđenih alternativa, birajući onu koja najbolje odražava njegov stav u datom trenutku.

(Ne slažem se, Delimično se ne slažem, Nisam siguran/na, ne znam, Delimično se slažem i Slažem se). Upitnik je bio specijalno osmišljen za istraživanje kako bi odgovarao ciljevima i hipotezama rada. Ispitivanje je provedeno direktno, pri čemu su ispitanici unapred obavješteni o procesu ispitivanja, ali nisu detaljno informisani o temi istraživanja kako bi se izbegli odgovori koji bi mogli biti socijalno poželjni.

#### 4.5. Uzorak istraživanja

Uzorak čine zaposleni srednje škole Gimnazija Vukovar iz Vukovara. Na odabir ispitanika uticala je voljnost ispitanika da učestvuju u istraživanju. Uzorak je sačinjen od ukupno 28 ispitanika.

### 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati istraživanja pokazuju da većina nastavnika prepoznaje značaj pripreme nastave za postizanje akademskog uspeha učenika i sopstvenog profesionalnog razvoja. Međutim, postoji potreba za poboljšanjem sistema nagrađivanja kako bi bio u skladu sa očekivanjima zaposlenih. S druge strane, administrativni poslovi su percipirani kao manje motivirajući, što ukazuje na potrebu za boljim razumevanjem njihove uloge u profesionalnom napretku nastavnika.

Iako su neke od postavljenih hipoteza potvrđene, poput veze između percepcije važnosti pripreme nastave i motivacije za rad, druge su izazvale sumnju i ukazale na nedostatak jasne povezanosti između administrativnih poslova i napretka u karijeri. Rezultati istraživanja ukazuju na potrebu za daljim istraživanjem i razvojem strategija koje će povećati radnu motivaciju nastavnika.

Istraživanje je pokazalo da većina ispitanika izražava nezadovoljstvo sistemom nagrađivanja, ističući da nisu u potpunosti zadovoljni novčanim naknadama u odnosu na uloženi trud. Ipak, uprkos demotivisanim stavovima o platama, većina nastavnika izjavljuje da ne izbegava odlazak na posao, što ukazuje na njihovu posvećenost poslu.

### 6. ZAKLJUČAK

U današnjem obrazovnom okruženju koje se kontinuirano menja i prilagođava novim tehnološkim, društvenim i ekonomskim izazovima, upravljanje motivacijom zaposlenih postaje ključni faktor za ostvarivanje konkurentske prednosti srednjih škola. Ova studija pruža uvid u stavove nastavnika o važnosti pripreme nastave i administrativnih poslova, kao i njihovu percepciju o tome kako navedeni segmenti utiču na njihovu radnu motivaciju i profesionalni razvoj.

Upravljanje motivacijom nastavnika treba postati prioritet u savremenom obrazovnom sistemu kako bi se osigurala konkurentnost škola (nasuprot neformalnom obrazovanju, privatnim školama...) na tržištu i pružilo kvalitetno obrazovanje učenicima. Poboljšanje radne motivacije nastavnika doprineće boljem iskustvu učenika, roditelja, samog učenja, te razvoju škole kao institucije što je ključno za postizanje izvrsnosti u polju obrazovanju. Primena preporučenih mera, poput postavljanja realnih očekivanja, jasno definisanje radnih obaveza i otvorena komunikacija, mogu unaprediti radnu motivaciju zaposlenih te stvoriti pozitivno i zdravo radno okruženje.

### 7. LITERATURA

- [1] F. Bahtijarević Šiber, „Menadžment ljudskih potencijala“. Zagreb, Golden marketing, 1999.
- [2] J. Freudensberger, "Burnout: A History." The Washington Post.  
<https://www.washingtonpost.com/history/2022/01/01/burnout-history-freudensberger-maslach/> (pristupljeno u decembru 2023)
- [3] L. Grubić-Nešić, "Znati biti lider", Novi Sad, 2008.
- [4] L. Grubić-Nešić, B. Jokanović, J. Čulibrk, "Razvoj ljudskih resursa", Novi Sad: FTN, 2022.

#### Kratka biografija:



**Aleksandra Nikolić** rođena je u Vukovaru 1993. godine. Nakon završene srednje škole "Gimnazija Vukovar" u Vukovaru, upisala je osnovne studije na Filozofskom fakultetu u Novom Sadu. Master studije upisala je iz oblasti Inženjerskog menadžmenta – Ljudski resursi na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2022. godine.

Kontakt: Aleksandra.nikoli93c@gmail.com

**UNAPREĐENJE PROCESA DISTRIBUCIJE U KOMPANIJI MERCATOR S****IMPROVEMENT OF THE DISTRIBUTION PROCESS IN MERCATOR S COMPANY**Dušan Drača, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INŽENJERSKI MENADŽMENT**

**Kratak sadržaj** – U uvodnim poglavljima su prikazana teorijska saznanja o logistici, skladištenju i distribuciji u lancima snabdevanja do kojih se došlo kroz stručnu literaturu. Zatim je prikazano trenutno stanje procesa distribucije u kompaniji Merkator S, pomoću Ishikawa metode, a nakon toga su predložene mere kako bi se unapredio proces distribucije.

**Ključne reči:** Skladištenje, Distribucija, Unapređenje procesa distribucije, Ishikawa dijagram

**Abstract** – The introductory chapters present theoretical knowledge about logistics, storage, distribution in the supply chains which can be obtained through professional literature. Then, the current state of the distribution processes in Mercator S company is presented, using the Ishikawa method, and after that measures were proposed to improve the distribution process.

**Keywords:** Storage, Distribution, Improvement of distribution process, Ishikawa diagram

**1. UVOD**

Savremeni uslovi poslovanja na tržištu nameću kompanijama potrebu stalnog prilagođavanja i traganja za načinima podizanja nivoa konkurentnosti, pošto u današnjoj tržišnoj ekonomiji vlada velika konkurencija u borbi za kupca.

Položaj nekog preduzeća na tržištu zavisi od mnoštva faktora, gde svi učesnici teže ostvarenju što boljeg položaja. U uslovima sve veće konkurencije između domaćih i inostranih lanaca super-marketa, kvalitet, operativna izvrsnost i efikasnost procesa distribucije u lancu snabdevanja postaju ključna pitanja uspeha i opstanka.

Predmet ovog rada jeste analiza trenutnog stanja organizacije logističkog procesa distribucije u kompaniji Mercator S. Rad se sastoji iz dva dela. U prvim poglavljima rada date su teorijske osnove o logistici, zatim o lancima snabdevanja i procesima skladištenja. Definisani su pojmovi i objašnjeni ciljevi i značaj izvršenja logističkih procesa. Teoretski su predstavljene inženjerske i menadžerske metode koje su korišćene u radu za analizu.

U drugom delu rada predstavljen je kratak istorijat kompanije i opšti podaci o poslovanju.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Stevan Milisavljević, red. prof.

Zatim je dat snimak trenutnog stanja procesa distribucije, izvršena je i analiza trenutnog stanja korišćenjem inženjerskih metoda.

Na kraju rada predstavljene su mere unapređenja procesa distribucije koje će imati ključni uticaj na unapređenje poslovanja kompanije.

**2. LOGISTIKA****2.1. Razvoj logistike**

Logistika je prisutna kroz celu ljudsku istoriju; njene aktivnosti se mogu pratiti od samog nastanka i razvoja ljudske civilizacije. U pisanim radovima pronalaze se brojni dokazi o tome koliko su pažnju poklanjali logistici stari Grci, Rimljani, Vizantijci, Kinezi, itd. [1].

Brojni istorijski zapisi svedoče o tome da su saznanja iz logistike korišćena za pripremu i organizaciju vojnih aktivnosti kada logistika kao nauka nije postojala. U vojnoj nauci logistika se nazivala pozadinsko obezbeđenje, a obuhvata: tehničko, intendantsko, saobraćajno, sanitetsko, finansijsko, veterinarsko, građevinsko obezbeđenje i informatička podrška i komunikaciju u svim navedenim obezbeđenjima.

Faze razvoja logistike [2]:

- Do 1960. godine - kapacitet proizvodnje maksimalno iskorišćen, logistika, kao posebna prvi put je uvedena 50-tih godina, po celoj kompaniji.
- Od 1960 - 1970. godine - unapređenje prodaje i marketinga, nije se dovoljno vodilo računa o finansijskom trošku zaliha, sve veće interesovanje za: vreme isporuke, način isporuke i stepen raspoloživosti.
- Posle 1980. godine - značajne rezerve racionalizacije, logistika postaje konkurentsko oružje, proširenje na različita tržišta, porast potreba za koordinacijom i kontrolom kretanja svih materijalnih i robnih tokova.

**2.2. Odnos logistike i korisnika**

Ono što je misija logistike jeste da se osigura dostupnost pravog proizvoda, u pravoj količini, u pravom stanju, na pravom mestu, u pravo vreme, za pravog kupca i po pravoj ceni. U ostvarivanju ovih ciljeva sve veći značaj ima poslovna, odnosno marketing logistika.

Logističke aktivnosti u ovom segmentu logistike mogu se podeliti na sledeći način [3]:

- servis potrošača,
- predviđanje tražnje,
- komuniciranje u distributivnom kanalu,

- kontrola zaliha,
- upravljanje materijalom,
- proces prijema porudžbine,
- izbor lokacije fabrika, skladišta i prodavnica,
- pakovanje,
- transport,
- manipulisanje,
- skladištenje.

Blagovremeno zadovoljenje potreba i želja potrošača putem dostavljanja traženih proizvoda na mesto prodaje odnosno kupovine i potrošnje jesu aktivnosti u domenu marketing, tržišne logistike.

Tržišna logistika podrazumeva razmatranje najefikasnijeg načina za isporuku vrednosti [4].

Isporuka vrednosti krajnjim kupcima, potrošačima nije jednostavan zadatak, zato se i moraju razmotriti i definisati efikasni načini za isporuku vrednosti.

Cilj svih logističkih aktivnosti jeste zadovoljenje potreba potrošača, s različitim proizvodima, na različitim mestima potrošnje.

Maksimalne usluge kupcu podrazumevaju velike zalihe, vrhunski transport i brojna skladišta, a sve to uvećava troškove tržišne logistike.

### 3. SKLADIŠTENJE I LANCI SNABDEVANJA

#### 3.1. Skladištni proces u lancu snabdevanja

Skladišta su određeni prostori ili prostorije namenjeni za čuvanje i smeštaj robe koja je predmet poslovanja preduzeća. Smeštajem, čuvanjem i izdavanjem robe iz skladišta bavi se skladišna služba, a u skladištu radi skladišno osoblje.

Skladišta se formiraju sa ciljem da ujednače neravnomernost koja se javlja na relaciji potreba potrošača i mogućnosti nabavke. Ta sredstva su planirana za uključanje u proizvodnju, distribuciju ili potrošnju (podrška u lancima snabdevanja).

Skladište se sastoji od tri osnovna dela: prostora, opreme i ljudi [5].

Prostor omogućuje čuvanje robe kad su potražnja i ponuda nejednake. Prostor ne utiče samo na odluke o skladištenju nego i na dizajn sistema logistike. Ako potražnja za skladišnim prostorom prelazi ponudu, cena skladištenja raste jer se poslovni sistemi takmiče za ograničen prostor. Višak prostora povećava cenu proizvoda.

Skladišna oprema uključuje uređaje za rukovanje materijalima, police za odlaganje, opremu za prenos i sistem za obradu informacija. Oprema pomaže u kretanju proizvoda, čuvanju i praćenju. Vrsta opreme koja se koristi u pogonu zavisi o vrsti proizvoda i međudelovanju između opreme i drugih komponenti skladišta.

Ljudi su najkritičniji činilac skladišta. Prostor i oprema ne znače ništa bez stručnih ljudi. Primarni razlog postojanja skladišta je podizanje nivoa usluge kupca. To često zahteva pojedinačnu pažnju posebnim zahtevima kupaca poput završnog sklapanja, posebnog pakovanja ili označavanja cena na pošiljci.

#### 3.2. Razlika između skladišta i distributivnog centra

**Skladište** može vršiti samo funkciju skladištenja (klasično skladište) ili skladišnu i distributivnu funkciju (distributivni centar). Klasično skladište služi čuvanju zaliha radi proizvodnje (sirovina, poluproizvod) ili prodaje na ciljnom tržištu (gotov proizvod). U klasično skladište se može ubrojati i tranziciono skladište, čija je funkcija čuvanje proizvoda u tranzitu.

S druge strane, namena distributivni centra je protok proizvoda, kako bi se prepakovali i isporučili različitim korisnicima. U distributivnom centru se velike pošiljke dele na manje i transportuju dalje u lanac snabdevanja. U principu je distributivni centar mnogo veći, po površini, od skladišta. Distributivni centri opslužuju veću teritoriju nego skladišta.

**Distributivni centar** preuzima proizvod u velikim količinama, a potom se vrši pakovanje i isporuka u manjim količinama. Distributivni centri igraju glavnu ulogu u kretanju gotovih proizvoda prema okruženju (nivo jedne države) i uobičajeni su u velikim državama s dobrom saobraćajnom infrastrukturuom. Neke kompanije koriste manji broj velikih distributivnih centara. U velikim distributivnim centrima rukuje se dovoljnim količinama da bi se postigla ekonomija obima.



Slika 2. Distributivni centar[5]

#### 3.3 Uloga skladišta u lancima snabdevanja

Skladišni procesi se sa ostalim procesima po pravilu ne povezuju direktno, već angažovanjem transportnog podsistema, bilo unutrašnjeg bilo spoljašnjeg transporta.

Aktivnosti skladištenja su podrška [5].:

- nabavci,
- obezbeđivanjem i čuvanjem nabavljenih materijala u ulaznim skladištima,
- procesu proizvodnje,
- čuvanjem poluproizvoda u procesnim skladištima,
- procesu isporuke,
- obezbeđivanjem i čuvanjem proizvoda.

#### 3.4 Lokacija skladišta u lancu snabdevanja

Lokacija skladišta predstavlja odabranu površinu na kojoj će se graditi neko skladište. Dobro i stručno odabrana lokacija omogućava ekonomičan rad skladišta. Lokaciju treba izabrati tako, da spoljni transport do mesta bude što jeftiniji, a transportni putevi što kraći i brži.

Pri izboru optimalne lokacije skladišta u odnos se dovode troškovi izgradnje distributivnog centra na nekoj lokaciji, sa troškovima dopreme robe od njenog izvora do

distributivnog centra i distribucije robe do krajnjeg korisnika. Postoje dva osnovna vida skladištenja robe i materijala, i to [5]:

- grupisani ili centralizovani,
- odvojeni ili decentralizovani.

Grupisani ili centralizovani vid podrazumeva centralizovane prostorije, tj. skoncentrisane na jednom mestu. Prednost ovog vida su u sledećem:

- bolje se ekonomiče skladišnim prostorom,
- kontrolisanje kretanja robe i rada u skladištu je brže,
- skladišna služba u organizacionom smislu je funkcionalnija,
- osoblje skladišne službe može da se radi sa većim učinkom,
- troškovi opsluživanja su manji.

Decentralizovani ili odvojeni vid podrazumeva da su skladišta preduzeća udaljena jedna od drugih. Ovaj vid skladišta se primenjuje:

- kada su grupe prodavnica trgovinskog preduzeća raspoređene po gradu i prilično udaljene jedne od drugih i od centralnog skladišta, tada se ono razbija na manje delove i približi prodavnicama,
- posebne vrste robe zahtevaju i posebna skladišta, kao što su vinski podrumi, hladnjače i sl.,
- kada ne postoji mogućnost da se sva roba čuva na jednom mestu.

#### 4. ANALIZA TRENUTNOG STANJA PROCESA DISTRIBUCIJE U KOMPANIJI MERCATOR S

##### 4.1 O kompaniji Mercator S

Mercator-S jedan je od najvećih maloprodajnih trgovinskih lanaca na tržištu Srbije, deo je Fortenova grupe. U sastavu kompanije Mercator S danas se nalaze tri trgovačka lanca koja su nekada poslovala kao samostalna preduzeća na tržištu to su IDEA, Roda i Mercator.

U mreži koja pokriva više od 80 gradova i mesta širom zemlje kompanija ima skoro 300 IDEA prodavnica, 33 Roda marketa, 2 Mercator hipermarketa, 4 Velpro centara, namenjena profesionalnim kupcima, i jedan HoReCa centar, namenjen ugostiteljima. Kompanija Mercator-S zapošljava više od 8.100 ljudi i svakog dana uslužuju više od 300.000 zadovoljnih potrošača [6].

##### 4.2 Pregled trenutnog stanja procesa distribucije

Čvorište lanca snabdevanja kompanije Mercator S su distributivni centri oni direktno snabdevaju maloprodajne objekte najvećim delom robom iz asortimana. Kompanija Mercator S na teritoriji Srbije poseduje sedam logističko-distributivnih centara (LDC), a to su:

1. LDC Beograd 808
2. LDC Niš 813
3. LDC Čačak 820
4. LDC Novi Sad 829
5. Magacin voća i povrća Beograd LDC 802
6. LDC Novi Banovci 805
7. LDC Ugrinovci 808

Trenutni problem u procesu distribucije kod kompanije Mercator S jeste što ne postoji centralni logističko-distributivni centar iz kojeg treba da se odvija kompletno snabdevanje maloprodaje, za svaku kategoriju proizvoda postoji magacin tj. logističko-distributivni centar koji skladišti određenu robu.

Roba koja pripada kategoriji neprehrane 1 (kućna hemija, kozmetika) skladišti se u logističko-distributivnom centru u Čačku oznaka LDC 820, roba koja pripada kategoriji neprehrane 2 (kućni tekstil, odeća, posuđe, baštenski setovi, alati, zimski program) skladišti se u LDC-u 829 u Novom Sadu, LDC 813 u Nišu skladišti ekonomat (roba za sopstvenu potrošnju). Na teritoriji Beograda postoje 4 LDC-a. Mlečni proizvodi i delicije skladišti se u LDC-u 805 Novi Banovci, meso se skladišti u LDC 808 u Ugrinovcima, magacin voća i povrća je LDC 802 Beograd, dok se ostale kategorije prehrane skladište u LDC-u 808 Beograd.

Mreža od 340 Mercatorovih maloprodaja podeljena je na 4 regiona svaki region ima svoj logističko-distributivni centar. Prvi region je 808 za koji je zadužen LDC u Beogradu, drugi region je 813 za koji je zadužen LDC u Nišu, treći region je 820 za koji je zadužen LDC u Čačku i četvrti region je 829 za koji je zadužen LDC u Novom Sadu. Komisionirana roba se isporučuje u regionalne LDC-ove gde se vrši pretovar "cross docking", svaki LDC poseduje sopstveni vozni park. Iz regionalnih LDC-ova spakovana roba se isporučuje lokalnim Idea, Roda i Mercator marketima

##### 4.3 Ishikawa dijagram

U ovom radu prikazana je primena Ishikawa dijagrama kako bi se lakše identifikovali uzroci koji dovode do problema u procesu distribucije kod kompanije Mercator S. Dijagram uzroci-posledica predstavlja metodu za detaljnu analizu odnosa između određenog stanja sistema (POSLEDICE) i uticajnih veličina koje uslovljavaju pojavu datog stanja (UZROKA).

| Ljudski faktor                                                                                                                        | Prostor/Skladišta                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| -Visoka fluktuacija zaposlenih u sektoru distribucije<br>-Nedostatak vozača<br>-Nedostatak magacionera<br>-Greške u svakodnevnom radu | -Nepostojanje glavnog-centralnog LDC-a<br>-Veći broj manjih LDC-ova<br>-Svaka kategorija proizvoda ima svoj LDC<br>-Velika udaljenost između LDC-ova<br>-Široko rasprostranjena mreža maloprodaja |
| Transport                                                                                                                             | Online prodaja                                                                                                                                                                                    |
| -Smanjena operativna efikasnost<br>-Povećani troškovi transporta<br>-Opterećenost<br>-Duže rute i kilometraže                         | - Online prodavnica samo u Beogradu i Novom Sadu<br>- Najranija isporuka 24h posle naručivanja<br>- Nepostojanje online prodavnice u drugim gradovima<br>- Nedostatak vozila za online isporuku   |

Tabela 1. Klasifikacija uzroka

## 5. MERE UNAPREĐENJA

Nakon izvesnog vremena provedenog u kompaniji Mercator S i na osnovu sprovedenih analiza uočeni su segmenti procesa distribucije koje treba unaprediti. To su:

- Otvaranje centralnog logističko-distributivnog centra
- Širenje mreže i unapređenje Idea online prodavnica

### 5.1 Novi logističko distributivni centar

Predložena mera je zakup ili investiranje u prostor za novi LDC koji bi imao kapacitet i mogućnost skladištenja svih kategorija proizvoda. Trenutni rezultati pokazuju da bi se tim potezom znatno unapredila operativna izvrsnost kompletnog logističkog procesa, te bi se postojeći troškovi znatno smanjili.

Kompanija Mercator S izvesno vreme pregovara sa kompanijom CTP (vlasnikom industrijskih i logističkih nekretnina) o zakupu industrijskog i magacinskog prostora u okviru CTPark Belgrade City u Novom Beogradu gde bi trebao biti smešten novi Centralni LDC kompanije. Površina ovog logističkog centra je 68 000 m<sup>2</sup>, kada se kompletno završi imaće kapacitet za skladištenje preko 40 000 paleta i 150 rampi za utovar i istovar robe. Otvaranjem novog centralnog LDC na Novom Beogradu u okviru CTParka sve kategorije proizvoda bi prešle na skladištenje u jedan prostor.

Ovaj korak bi predstavlja kompletnu reorganizaciju dosadašnjeg sistema distribucije i lanca snabdevanja koji bi doveo do bolje operativne efikasnosti i značajnog smanjenja dosadašnjih troškova. Predstavljao bi prekretnicu u operacijama trgovinskog lanca, jer bi se iz jednog centra snabdevala mreža od 339 Mercatorovih prodavnica u Srbiji. U snažnom razvoju maloprodajne mreže, a u delu logističkih operacija, od velikog značaja je činjenica da se objekat nalazi na jednoj od najboljih lokacija u Srbiji, veoma blizu centra Beograda, uz sam autoput, 10 km kilometara udaljen od aerodroma.

### 5.2 Širenje mreže i unapređenje online prodavnice

Idea online prodavnica je trenutno dostupna u Beogradu i Novom Sadu. Širenje mreže online prodavnica na ostale gradove poput Niša, Čačka, Subotice, Pančeva, Kragujevca, Kruševca je prioritet kompanije. Jedna od stvari koja će ubrzati ovaj proces jeste kupovina novih dostavnih vozila za IDEA online prodavnicu. Nova dostavna vozila garantuju izvrsne zahteve prevoza robe, jer sadrže najsavremenije rashladne komore, kako bi naručeni artikli stigli u istom stanju i uslovima u kojima se drže unutar prodavnice (na optimalnoj temperaturi i nepromenjene svežine) i do krajnjih kupaca.

Predlog je da se kupi 10 električnih malih kamion hladnjača nosivosti oko 1t, 10 pickup električnih automobila i 20 električnih skutera za dostavu. Kompanija treba da iskoristi priliku za nabavku električnih dostavnih vozila jer se u Srbiji od 2020. godine iz republičkog budžeta izdvajaju subvencije za električna i hibridna vozila, i to 5.000 evra za električno vozilo. Cena malih električnih kamion hladnjača je oko 38.000 evra, električnih pickup automobila oko 25.000 evra, dok je cena električnih skutera oko 3000 evra. Što bi kompaniju izašlo oko 600.000 evra.

## 6. ZAKLJUČAK

Upravljanje logističkim aktivnostima dobija na sve većem značaju u savremenim uslovima poslovanja koje karakteriše ubrzan razvoj i primena novih tehnologija. Osnovni cilj i fokus logistike je zadovoljenje, zahteva i potreba kupaca, da proizvod ili uslugu koja im je potrebna obezbedi u pravo vreme, na pravom mestu i po pravoj ceni. Da bi se ovaj cilj realizovao trgovinska preduzeća treba uspešno da sprovedu i konstantno unapređuju procese u lancu snabdevanja.

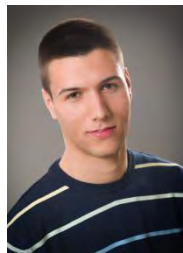
U okviru ovog rada je izvršena analiza postojećeg stanja distribucije u preduzeću Mercator S. Težište rada stavlja se na organizaciju procesa distribucije pre svega skladištenja i isporuke proizvoda prema maloprodajama i krajnjim kupcima. Detaljno je opisan proces distribucije i sistem organizacije. Korišćenjem inženjerske metode dijagrama urokcima posledica utvrđeni su svi faktori koji dovode do smanjenih operativnih rezultata i povećanih troškova, i čijim se otklanjanjem može znatno unaprediti ovaj proces, bolje iskoristiti postojeći materijalni, finansijski i ljudski resursi.

Zbog toga su definisan dva najvažnija predloga, koja neposredno ili posredno utiču pozitivno na rešavanje svih ostalih nedostataka procesa distribucije. Jedan se odnosi na otvaranje centralnog logističko distributivnog centra odakle će se vršiti centralna distribucija proizvoda prema svim maloprodajama, a drugi na pobošanje procesa isporuke i širenje mreže online prodavnica.

## 7. LITERATURA

- [1] Milenkov, M., Dronjak, M., Parezanović V., Prilog boljem razumevanju logistike, 2015.
- [2] [http://predmet.sinergija.edu.ba/pluginfile.php/2593/moodle\\_folder/content/1/1\\_Razvoj%20i%20pojam%20logistike.pdf?forcedownload=1](http://predmet.sinergija.edu.ba/pluginfile.php/2593/moodle_folder/content/1/1_Razvoj%20i%20pojam%20logistike.pdf?forcedownload=1), Univerzitet Sinergija – „Razvoj i pojam logistike“, pristup na dan 02.04.2024.
- [3] Božić, V., Aćimović, S., Marketing logistika, Ekonomski fakultet, Beograd, 2012
- [4] Kotler, P., Keler, K., Marketing menadžment, Data Status, Beograd, 2006.
- [5] Regodić, D., Logistika, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2014., 2010.,
- [6] <https://www.mercator.rs/O-nama/O-nama>, pristup na dan 05.04.2024.

### Kratka biografija:



**Dušan Drača** rođen je u Novom Sadu 1996. god. Završio je Inženjerski menadžment na Fakultetu tehničkih nauka u januaru 2021. godine u Novom Sadu. Iste godine upisao je master studije.

kontakt: [dusandraca96@gmail.com](mailto:dusandraca96@gmail.com)

**TEHNIČKA I EKOLOŠKA ANALIZA RADA INDUSTRIJSKOG POSTROJENJA  
„DIJAMANT“ d.o.o. – ZRENJANIN****TECHNICAL AND ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF INDUSTRIAL PLANT  
OPERATION "DIJAMANT" LLC – ZRENJANIN**

Milica Vilovski, Zoran Čepić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE  
SREDINE**

**Kratak sadržaj** – Rad sadrži opis tehnologije proizvodnog procesa rada objekata ljuštione i presaone prehrambenog industrijskog postrojenja „Dijamant“ DOO u Zrenjaninu, kao i detaljnu analizu uticaja proizvodnog procesa na životnu i radnu sredinu.

**Ključne reči:** prehrambena industrija, tehnička analiza, ekološka analiza

**Abstract** – The paper contains a description of the technology of the production process of the peeling and pressing facilities of the food industrial plant "Dijamant" DOO in Zrenjanin, as well as a detailed analysis of the impact of the production process on the living and working environment.

**Keywords:** Food industry, Technical analysis, Environmental analysis

**1. UVOD**

Ubrzani tehnološki razvoj i digitalna transformacija industrije dovode do značajnih promena na tržištu rada, ali i do značajnih promena na polju zaštite životne sredine i zdravlja ljudi. Ovim uticajem su zahvaćene gotovo sve grane industrije, uključujući i prehrambenu industriju. Opštom globalizacijom i prehrambena industrija dobija globalni značaj kako uticajem globalnih kretanja na prehrambenu industriju tako i uticajem prehrambene industrije na globalna kretanja.

Osnovna uloga prehrambene industrije jeste da obezbedi dovoljne količine proizvoda (hrane) za sve veću živu populaciju. Povećanje proizvodnje za potrebe prehrambene industrije sa druge strane dovodi i do povećanja otpadnih materija i drugih zagađenja koja nastaju iz takve proizvodnje i dospevaju u okruženje, odnosno u vazduh, vodu ili zemljište. Rad industrijskog postrojenja „Dijamant“ DOO u Zrenjaninu, odnosno tehnološki postupci koji se odvijaju u proizvodnom pogonu objekata ljuštione i presaone, pored prerade suncokretovog i sojinog zrna imaju za posledicu i uticaj na životnu sredinu, koji je neophodno pratiti i ukoliko je potrebno sprovesti adekvatne mere i aktivnosti u cilju zaštite životne sredine i očuvanja ljudskog zdravlja.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Zoran Čepić, vanr. prof.

**2. INDUSTRIJSKO POSTROJENJE „DIJAMANT“  
d.o.o.**

Industrijsko postrojenje „Dijamant“ DOO predstavlja fabrički kompleks glavnih i pomoćnih objekata u funkciji proizvodnje jestivih biljnih ulja i masti. Predstavlja jedan od najvećih i najpoznatijih brendova i proizvođača jestivih ulja, margarina, biljnih masti, majoneza i delikatesnih proizvoda na teritoriji Republike Srbije. Fabrički kompleks „Dijamant“ DOO smešten je u industrijskoj zoni grada Zrenjanina, u njegovom severoistočnom delu. Lokacija na kojoj je izgrađen fabrički kompleks „Dijamant“ DOO u Zrenjaninu nalazi se u delu prostorne celine namenjene za proizvodne pogone industrije, malu privredu, trgovinu, zanatstvo, skladišta, kao i za ostale sadržaje koji svojim radom ne ugrožavaju životnu sredinu. Graniči se sa stambenim zonama, a u okolini lokacije postoji razvijena saobraćajna, vodovodna, elektroenergetska, gasna i telekomunikaciona infrastruktura. Interne saobraćajnice omogućavaju prilaz fabrici sa svih strana, kao i nesmetan prilaz protivpožarnih vozila. Fabrički kompleks „Dijamant“ DOO snabdeva se vodom iz gradske vodovodne mreže, kao i iz sopstvenih bunara na lokaciji kompleksa. Takođe, snabdevanje pogona vodom za sanitarne i potrebe zaštite od požara obezbeđeno je unutar fabričkog kompleksa [1].

**3. TEHNIČKA ANALIZA RADA OBJEKATA  
LJUŠTIONE I PRESAONE****3.1. Glavne karakteristike objekata ljuštione i  
presaone**

Objekti ljuštione i presaone zajedno čine tehnološku celinu, koja se nalazi i ulazi u sastav fabričkog kompleksa „Dijamant“ DOO u Zrenjaninu. Radom ovih objekata poboljšava se kvalitet prerade uljanih kultura suncokreta i soje, i podiže se kapacitet prerade na 1.200 t/dan suncokretovog semena, odnosno 1.000 t/dan sojinog zrna. Objekat ljuštione namenjen je za smeštaj tehnološke opreme ljuštione, kojom se vrši prerada suncokretovog i sojinog semena. Oprema iz objekta ljuštione povezana je sa opremom u objektu silosa, koji se takođe nalazi na teritoriji fabričkog kompleksa, odakle se vrši transport sirovine. Osnovna namena objekta presaone je presa i priprema semena, kao i smeštaj nove tehnološke opreme, komandne sobe, prostora za elektroormane, garderobe zaposlenih i radionice. Proces prerade suncokretovog i sojinog zrna se odvija na istim mašinama i tokovima u zavisnosti od potreba prodaje i kvaliteta zrna [2].

### 3.2. Tehnološki proces prerade suncokretovog zrna

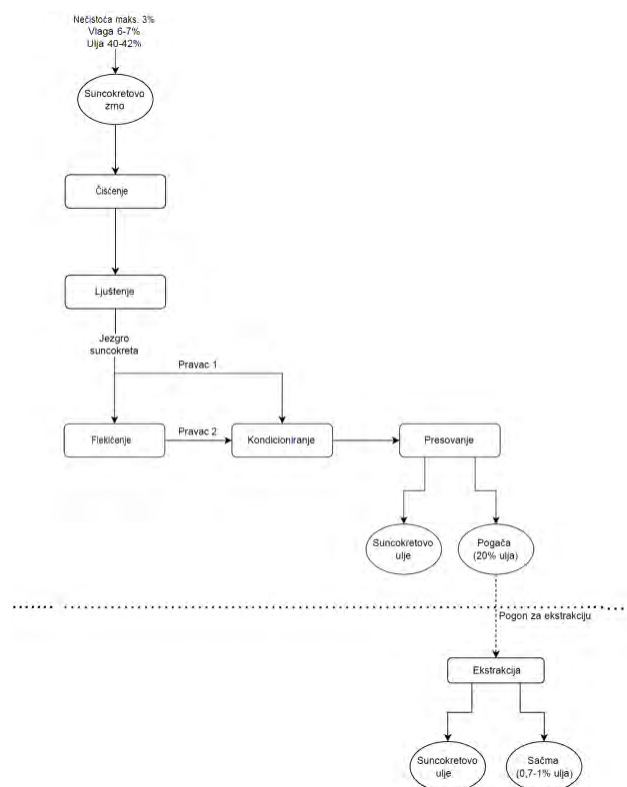
Na početku tehnološkog procesa prerade, suncokretovo zrno prolazi prečistač gde se odvajaju primese (delovi biljke, neorganske primese od zemlje ili metalni delovi). Kao rešenje za uklanjanje (odvajanje) metalnih delovi se postavljaju magnetni odvajajući. Nakon uklanjanja primesa, seme odlazi na ljuštenje, nakon čega može u dva pravca, direktno na kondicioniranje ili prethodno na flekičenje, a zatim na proces kondicioniranja [2].

Suncokretovo zrno se može prerađivati u dva pravca:

**Pravac 1:** čišćenje, ljuštenje, kondicioniranje, presovanje.

**Pravac 2:** čišćenje, ljuštenje, flekičenje zrna, kondicioniranje i presovanje.

Nakon završetka kondicioniranja zrno odlazi na presovanje, nakon čega se dobijena pogača šalje u pogon ekstrakcije. Sirovo suncokretovo ulje dobijeno presovanjem se sakuplja u rezervoaru presovanog ulja a zatim šalje na vodeno degumiranje. Tok sojinog zrna u procesu prerade prikazan je na blok dijagramu toka suncokretovog zrna na slici (Slika 1.) u nastavku.



Slika 1. Blok dijagramu toka suncokretovog zrna [2]

### 3.3 Tehnološki proces prerade sojinog zrna

Postupak prerade sojinog zrna je identičan sa postupkom prerade suncokretovog zrna što se tiče dopremanja zrna iz silosa i procesa prečišćavanja.

Sojino zrno se može prerađivati u četiri pravca:

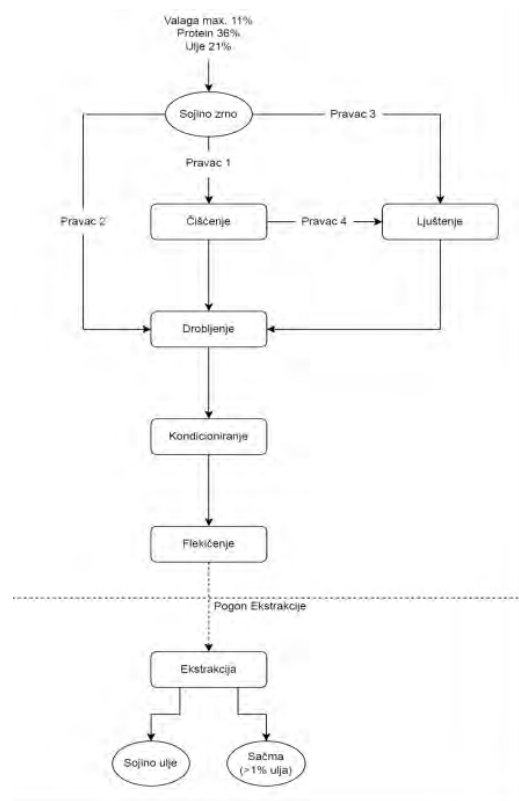
**Pravac 1:** čišćenje, drobljenje, kondicioniranje, flekičenje.

**Pravac 2:** drobljenje, kondicioniranje, flekičenje.

**Pravac 3:** ljuštenje, drobljenje, kondicioniranje, flekičenje.

**Pravac 4:** čišćenje, ljuštenje, drobljenje, kondicioniranje, flekičenje.

Sojino zrno se može slati direktno na drobljenje sa i bez prečišćavanja. Takođe, može se bez prečišćavanja slati prvo na ljuštenje a nakon toga na drobljenje, ili da se prvo vrši prečišćavanje, a zatim ljuštenje i da se materijal nakon toga šalje na drobljenje. Svaki ovaj tok dalje usmerava zrno na kondicioniranje, flekičenje i dalje u pogon ekstrakcije, kao što je prikazano na slici (Slika 2.) blok dijagrama toka sojinog zrna [2].



Slika 2. Blok dijagram toka sojinog zrna [2]

### 3.3 Aspiracija mašina i transportnih uređaja u pogonu

Aspiracioni sistemi koncipirani su tako da se obezbedi efikasno otprašivanje svih radnih mašina, transportera, bunkera, koševa i slično, na čitavoj tehnološkoj liniji prerade. Sistem za aspiraciju radi na principu potpritisnog otprašivanja, što znači da se iz svake mašine, odnosno transportera i slično, izvlači količina vazduha koja je adekvatna kapacitetu toka materijala i ubačene količine vazduha u određeni prostor.

Tehnološka oprema ima predviđene lokalne sisteme aspiracije koji imaju ulogu sprečavanje širenja materijala i prašine van uređaja. Prisutni su i lokalni filterski sistemi za aspiraciju drobilice i za aspiraciju flekičara. Filteri se sastoje od metalnog kućišta u obliku kvadra u koji su postavljene filter vreće. Ispod kućišta je postavljen konus u koji ulazi cev sa zaprljanim vazduhom, koji se uz pomoć ventilatora, provlači kroz filter vreće i prečišćava, dok se prašina impulsno otresa u pužni transporter (izumica filtera), koji je postavljen ispod konusa filtera [2].

#### **4. EKOLOŠKA ANALIZA RADA OBJEKATA LJUŠTIONE I PRESAONE**

Kvalitet životne sredine na datom prostoru uslovljen je postojećim prirodnim karakteristikama, njihovim vrednostima, kao i odnosom čoveka prema prirodnim resursima tokom njihove eksploatacije. Mogući uticaji rada, odnosno tehničko – tehnološkog postupka proizvodnje određenog industrijskog preduzeća na životnu sredinu mogu nastati za vreme njegovog redovnog rada ali i tokom eventualnih akcidentnih situacija [3].

##### **4.1. Uticaj na životnu sredinu za vreme redovnog rada**

###### **4.1.1 Uticaj na vazduh**

Redovan rad objekata ljuštione i presaone neće dodatno uticati na vazduh kao aspekt životne sredine. Svi sistemi aspiracije koji izbacuju vazduh spolja van objekta su opremljeni filterskim sistemima tako da neće doći do emitovanja praškastih materija, niti drugih zagađivača direktno u vazduh. Pogoršanje uticaja na vazduh, koje se može eventualno javiti tokom redovne eksploatacije, može biti posledica akcidentne situacije. S obzirom da bi se u tom slučaju reagovalo veoma brzo, pogoršanje bi bilo kratkotrajno i ne bi imalo većeg uticaja na životnu sredinu.

###### **4.1.2 Uticaj na kvalitet zemljišta**

Rad objekata ljuštione i presaone je u skladu sa principima održivog razvoja sa aspekta korišćenja zemljišta kao neobnovljivog (teško obnovljivog) prirodnog resursa – nema potrošnje zemljišta. Ispuštanje zagađujućih materija u zemljište je sprečeno činjenicom da su objekti izgrađeni na nepropusnim betonskim platoima. Takođe, primenom odgovarajućih mera zaštite, prikupljanjem otpadaka u odgovarajuće posude, redovnim praznjenjem od strane organizacije registrovane za takvu vrstu delatnosti, redovan rad neće dovesti do zagađenja zemljišta.

Tokom redovnog eksploatacionog perioda objekata ljuštione i presaone, generisaće se sledeće vrste otpada:

- Otpadni filteri, koji se povremeno menjaju. Vršanjem kategorizacije od strane akreditovane laboratorije u skladu sa Pravilnikom o kategoriji, ispitivanju i klasifikaciji otpada ("Službeni glasnik RS", broj 56/2010, 93/2019 i 39/2021), utvrđen je postupak u skladu sa karakterom/kategorijom otpada.
- Metalni delovi primesa nakon prolaska zrna kroz prečistač se odvajaju na magnetnom odvajaju pre ulaska u dnevnu čeliju. Njima se upravlja kao sa ostalim metalnim otpadom na lokaciji. Sakuplja se odvojeno i odlaže na namensku lokaciju do momenta predaje/prodaje ovlašćenom operateru (trećem licu) koje poseduje odgovarajuću dozvolu iz oblasti upravljanja otpadom.
- Otpad usled redovnog održavanja opreme i uređaja: metalni otpad, papir, drvo i sl., koji se sakuplja odvojeno i odlaže na namensku lokaciju do momenta predaje/prodaje ovlašćenom operateru (trećem licu).
- Izvesna količina komunalnog otpada koji nastaje kao posledica prisustva zaposlenih radnika. Ovaj otpad se sakuplja i odlaže u kante i/ili kontejnere za komunalni

otpad koji nadležna komunalna služba JKP Zrenjanin periodično prazni.

##### **4.1.3 Uticaj na kvalitet površinskih i podzemnih vodotokova**

Uopšteno govoreći, vode se mogu ispuštati u recipijente uz primenu odgovarajućeg tretmana, na način i do nivoa koji ne predstavlja opasnost za prirodne procese ili za obnovu kvaliteta i količine vode [3]. Otpadne vode industrijskog postrojenja "Dijamant" DOO se mogu podeliti na uslovno čiste atmosferske vode i sanitarne otpadne vode. Uсловno čiste atmosferske vode se sakupljaju olučnim vertikalama, a zatim odvođe u zelene površine fabričkog kompleksa, a sanitarne otpadne vode se usmeravaju u sistem fekalne kanalizacije fabričkog kompleksa. U objektima proizvodnog pogona nije predviđena tehnološka kanalizacija iz razloga što ne dolazi do ispuštanja tečnih otpadnih materija, niti je predviđeno vođeno pranje uređaja i podova.

##### **4.2 Uticaj na životnu sredinu u slučaju udesa**

Značajnu ulogu u planiranju i upravljanju složenim procesima imaju aktivnosti i mere pomoću kojih se otkrivaju moguća odstupanja, definišu se razlozi i posledice kao i odgovarajuće akcije, koje će dovesti do toga da se dobije siguran i pouzdan pogon. Definisanje mogućih udesnih situacija je polazni korak u analizi rizika od posmatranog objekta na životnu sredinu. Drugim rečima, rizik od nastanka udesa uvek postoji. Međutim, ukoliko se sprovode predviđene tehničko – tehnološke mere zaštite, mogućnost nastanka udesa je svedena na najmanju moguću meru.

Situacije koje se mogu pojaviti, a koje se mogu okarakterisati kao akcidentne situacije su:

- Nekontrolisano ispuštanje neprečišćenog vazduha u atmosferu (usled kvara sistema za aspiraciju);
- Požar, koji može biti praćen eksplozijom.

U slučaju navedenih potencijalnih udesa kao zagađivači životne sredine mogu se pojaviti:

- Praškaste materije koje učestvuju u tehnološkom procesu;
- Otpadni gasovi kao produkti nepotpunog sagorevanja u požaru [2].

Negativan uticaj na životnu sredinu širih razmera, koji bi se javio u slučaju eventualne pojave navedenih udesnih situacija bio bi sveden na minimum ukoliko bi se odmah pristupilo otklanjanju problema i vraćanju u normalan režim rada. Uzroci koji mogu dovesti do udesnih situacija mogu biti različiti: pre svega ljudski faktor kroz nepropisno i nepažljivo izvođenje radnih operacija, nepažljivo rukovanje instalacijama, unošenje otvorenog plamena, nemar i sl., zatim sabotaza, neodgovarajuće održavanje instalacija, loš i neodgovarajući kvalitet materijala od kojeg su izrađene instalacije i objekti, mehanička oštećenja instalacija, prekoračenje dozvoljenih parametara rada, nastanak i paljenje eksplozivne smeše, kao i elementarne nepogode (zemljotresi, poplave, snežni nanosi, olujni vetrovi, suša, atmosferska praznjenja i sl.).

## 5. MONITORING PARAMETARA ŽIVOTNE SREDINE

Na lokaciji fabričkog kompleksa „Dijamant“ DOO u Zrenjaninu redovno se sprovodi monitoring parametara životne sredine u skladu sa pozitivnom zakonskom regulativom Republike Srbije.

### 5.1. Monitoring vazduha

Zaštita vazduha ostvaruje se preduzimanjem mera sistematskog praćenja kvaliteta vazduha, smanjenjem njegovog zagađivanja ispod propisanih graničnih vrednosti, preduzimanjem tehničko – tehnoloških i drugih potrebnih mera za smanjenje emisije i praćenjem uticaja zagađenog vazduha na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Prema Zakonu o zaštiti vazduha („Službeni glasnik RS” broj 36/09, 10/2013 i 26/2021 – dr. zakon), praćenje kvaliteta vazduha može se obavljati i namenski indikativnim merenjima, na osnovu akta nadležnog organa za poslove zaštite životne sredine kada je potrebno utvrditi stepen zagađenosti vazduha na određenom prostoru koji nije obuhvaćen mrežom monitoringa kvaliteta vazduha. Ukoliko nadležni organ naloži obavezu praćenja kvaliteta vazduha, za potrebe te vrste merenja određuju se merna mesta prema Uredbi o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha („Službeni glasnik RS” broj 11/2010, 75/10 i 63/13) [4]. S obzirom da industrijsko postrojenje podrazumeva ispušt prečišćenog vazduha od aspiracije, obavezno je sprovođenje monitoringa vazduha (emisija u vazduh) dva puta godišnje na svakom ispustu. Monitoring se sprovodi prema Planu vršenja monitoringa (Plan merenja emisije zagađujućih materija u vazduh), izrađenom od strane akreditovane laboratorije. Planom se definiše učestalost merenja i vrsta zagađujuće materije koja se meri. Ukoliko izmerene vrednosti prelaze vrednosti dozvoljene važećom zakonskom regulativom, merenje se ponavlja, te u skladu sa merenjima, preduzimaju se adekvatne dodatne mere zaštite.

### 5.2. Monitoring voda

U skladu sa Zakonom o vodama („Službeni glasnik RS” broj 30/2010, 93/2012 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 i 95/2018 – dr. zakon), a u cilju zaštite voda, u površinske i podzemne vodotokove zabranjeno je unošenje bilo kakvih opasnih i štetnih materija koje mogu dovesti do prekoračenja propisanih vrednosti kvaliteta voda [4]. S obzirom da postrojenje ne podrazumeva postojanje tehnološke otpadne vode, niti je planirano bilo kakvo ispuštanje zagađujućih materija u podzemne vode i/ili zemljište, nije obavezno sprovođenje monitoringa voda.

### 5.3 Monitoring otpada

Sa nastalim otpadom na celoj lokaciji fabričkog kompleksa u Zrenjaninu postupa se u skladu sa zakonskom regulativom kojom je regulisano upravljanje otpadom i to pre svega sa Zakonom o upravljanju otpadom („Službeni glasnik RS”, broj 36/2009, 88/2010, 14/2016 i 95/2018 – dr. zakon i 35/2023), kao i drugim propisima koji regulišu ovu oblast.

Ukoliko dođe do generisanja neke nove vrste otpada, koja nije ranije nastajala, vršiće se njegova analiza preko ovlašćene i akreditovane laboratorije.

## 6. ZAKLJUČAK

Tehničko – tehnološki rad, odnosno eksploatacija analiziranih objekata ljuštione i presaone fabričkog kompleksa „Dijamant“ DOO zadovoljava potrebe industrijskog postrojenja i svog osnivača (čoveka), odnosno pruža mu usluge prerade suncokretovog i sojinog zrna za koje je i osmišljen. Redovan rad objekata, sa druge strane ostavlja trag iza sebe, tačnije ostavlja posledice koje mogu imati uticaj na životnu sredinu. Na osnovu prikupljenih podataka, moguće je doneti zaključak da će uticaji redovnog rada pogona ljuštione i presaone biti izraženi u domenu rizika od pojave akcidentnih situacija, a zanemarljivi u domenu aerozagađenja, zagađenja tla, površinskih i podzemnih voda, kao i uticaja na zdravlje čoveka. Takođe, ukoliko se sve navedene mere za sprečavanje i smanjenje štetnih uticaja u potpunosti ispoštuju, objekti ljuštione i presaone industrijskog postrojenja u Zrenjaninu, odnosno njihova redovna eksploatacija neće predstavljati opasnost po životnu sredinu. Takođe, preduzimanje odgovarajućih mera tehničko – tehnološke zaštite, vršenje redovnih pregleda i održavanja, kao i sprovođenje svih mera zaštite, neophodni su koraci za najefikasniji način da se sačuva životna sredina i postojeći odnosi u njoj.

## 7. LITERATURA

- [1] <https://www.dijamant.rs/> (pristupljeno 22.11.2023.)
- [2] Studija o proceni uticaja projekta „Izgradnja presaone sa veznim delom (P+1), ljuštione (P+2+Pk), sa platoom za dnevnu celiju, transportnog mosta, dnevne ćelije sa platformom za vertikalni transporter – faza I na katastarskim parcelama 3736 i 9627/4 KO Zrenjanin I“, Axis građevinski biro DOO, Sremska Kamenica, 2023.
- [3] Grujić R, Jašić M. Održive tehnologije u prehrambenoj industriji, Tehnološki fakultet Zvornik, Univerzitet u istočnom Sarajevu, Zvornik, Univerzitet u Tuzli, Tehnološki fakultet Tuzla, Tuzla.
- [4] Knežević D, Nišić D, Cvjetić A, Randelović D, Sekulić Z. 2015. Monitoring u životnoj sredini, odabrana poglavlja, Rudarsko – geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.

### Kratka biografija:



**Milica Vilovski** rođena je u Novom Sadu 1999. godine. Osnovne akademske studije završava 2022. Master akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka upisuje iste godine, na smeru Inženjerstvo zaštite životne sredine. Master rad odbranila je 2023. godine.  
kontakt:  
[mmilica.vilovski@gmail.com](mailto:mmilica.vilovski@gmail.com)



**Zoran Čepić** rođen je u Zrenjaninu 1983. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2018. god., a od 2023. je zvanju vanredni profesor. Oblast interesovanja mu je inženjerstvo zaštite životne sredine.

**OPCIJE SMANJENJA NEGATIVNOG UTICAJA OTPADA OD HRANE NA ŽIVOTNU SREDINU****OPTIONS TO REDUCE NEGATIVE IMPACT OF FOOD WASTE ON THE ENVIRONMENT**Rada Bujic, Dejan Ubavin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast: INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

**Kratak sadržaj** – U okviru rada pružen je uvid u štetnost otpada od hrane na životnu sredinu. Udubljujući se u višestruke dimenzije otpada od hrane, ovo istraživanje nastoji da pruži sveobuhvatno razumevanje njegovog uticaja na životnu sredinu i osvetli puteve ka održivim sistemima hrane. Istraživanjem i analizom niza opcija koje imaju za svrhu ublažavanje i konačno smanjenje štetnih ekoloških posledica rasipanja hrane.

**Ključne reči:** *Otpad od hrane, smanjenje otpada, prevencije, tretmani*

**Abstract** – As part of the work, an insight into the harmfulness of food waste to the environment was provided. Delving into the multiple dimensions of food waste, this research seeks to provide a comprehensive understanding of its impact on the environment and illuminate pathways to sustainable food systems. By researching and analyzing a number of options aimed at mitigating and finally reducing the harmful environmental consequences of food waste.

**Keywords:** *Food waste, waste reduction, prevention, treatments*

**1. UVOD**

Kvalitet života današnjih i budućih generacija je usko povezan sa sposobnošću prepoznavanja i poštovanja prirodnih granica apsorpcije ekosistema planete. Održivost se postiže projektovanjem takvih industrijskih sistema koji obezbeđuju dugotrajno korišćenje prirodnih resursa i podržavaju prirodne metaboličke cikluse u biološkim sistemima.

Upravljanje otpadom je moderan pristup jer se otpad više ne smatra neobnovljivim resursima ili proizvodima koji gube svoju vrednost na kraju životnog ciklusa uključujući sve materijale u svom sastavu. Otpad se smatra resursom i upravljanje njime u okviru sistema zaštite životne sredine obuhvata kontrolisano stvaranje, sakupljanje, skladištenje, transport, tretman, reciklažu, korišćenje i odlaganje otpada. Proizvodnja, distribucija, i odlaganje otpada od hrane doprinosi emisiji gasova staklene bašte, degradaciji zemljišta, zagađenju vode i prekomernoj eksploataciji prirodnih resursa.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Ubavin, red. prof.

Rešavanje negativnog uticaja bacanja hrane na životnu sredinu postao je ozbiljan problem za naučnike, kreatore politike i praktičare.

Cilj je da istražimo, analiziramo i predložimo inovativne strategije i rešenja za smanjenje negativnog uticaja otpada od hrane na životnu sredinu, uzimajući u obzir zamršenu mrežu faktora koji doprinose ovom globalnom problemu.

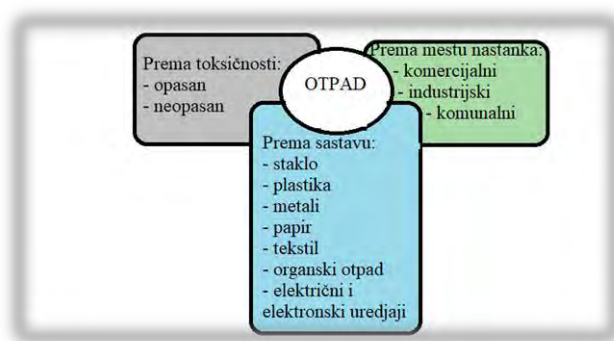
**2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE OTPADA****2.1. Definisanje otpada**

Otpadom možemo podrazumevati svaki materijal ili predmet koji nastaje u toku obavljanja proizvodnje, uslužne ili druge delatnosti, zatim predmete koji su isključeni iz upotrebe, kao i otpadne materije koje nastaju u potrošnji i koje sa aspekta proizvođača, odnosno potrošača nisu pogodne za dalje korišćenje, te se stoga moraju odbaciti.

**2.2. Klasifikacija otpada**

Kao što je prikazano na slici (Slika 1) klasifikacija otpada se može izvršiti na različite načine i to:

- Prema toksičnosti
- Prema mestu nastanka
- Prema sastavu.



Slika 1. Klasifikacija otpada (Izrada autora)

**2.3. Količine otpada**

U 2022. godini, u svetu je generisano oko 7,39 miliona tona otpada od čega je 4,19 miliona tona reciklirano. Otpad generisan od strane kućnog sektora i drugih sektora je porastao u poređenju sa 2021. godini, do 5,53 miliona tona i 1,86 miliona tona respektivno, u 2022. godini [1] što je i prikazano u tabeli ispod. Opšta stopa recikliranja porasla je na 57%, velikim delom zbog povećane količine otpada iz građevinarstva i rušenja projekata. Stopa recikliranja papira i kartona, kao i tekstila i kože su

snižene, jer je smanjena količina otpada koji se izvozi na recikliranje, zbog visokih troškova prevoza u poređenju sa periodom pre pandemije Covid-19. Stopa recikliranja otpada od stakla je porasla za 1%, dok je stopa recikliranja otpada od pepela i mulja porasla sa 9% na 11%. Recikliranje drvnog otpada takođe je niže, jer se pokaže povećanje količine otpada od drveta koji se odlaže, što odražava nastanak oporavka u građevinarstvu i drugim industrijskim aktivnostima.

Tabela 1: Količine otpada u svetu u 2022. Godini (The National Environment Agency, 2023)

| Vrsta otpada        | Ukupno proizvedeno (t) | Ukupno reciklirano (t) | Stopa reciklaže   | Ukupno odloženo (t) |
|---------------------|------------------------|------------------------|-------------------|---------------------|
| Obojeni metali      | 1,338                  | 1,331                  | 99%               | 7                   |
| Papir/karton        | 1,064                  | 394                    | 37%               | 671                 |
| Izgradnja i rušenje | 1,424                  | 1,419                  | 99%               | 5                   |
| Plastika            | 1,001                  | 57                     | 6%                | 944                 |
| Hrana               | 813                    | 146                    | 18%               | 667                 |
| Hortikultura        | 221                    | 188                    | 85%               | 32                  |
| Drvo                | 419                    | 298                    | 71%               | 121                 |
| Pepeo i mulj        | 241                    | 27                     | 11%               | 213                 |
| Tekstil i koža      | 254                    | 5                      | 2%                | 249                 |
| Korišćena šljaka    | 169                    | 166                    | 99%               | 2                   |
| Nedajući metal      | 92                     | 91                     | 98%               | 2                   |
| Staklo              | 73                     | 11                     | 14%               | 63                  |
| Otpadne gume        | 26                     | 25                     | 95%               | 1                   |
| Drugi otpad         | 249                    | 30                     | N.A. <sup>1</sup> | 219                 |
| <b>Ukupno</b>       | <b>7,385</b>           | <b>4,188</b>           | <b>57%</b>        | <b>3,197</b>        |

### 3. OTPAD OD HRANE

#### 3.1 Pojam i definisanje otpada od hrane

Povećane količine otpada nisu samo znak neodrživosti sistema, već i pokazatelj neefikasnosti kako među potrošačima tako i u sektoru poljoprivredne proizvodnje. Pored iscrpljivanja neobnovljivih resursa, prirodno-prehrambeni sistemi takođe značajno doprinose povećanju emisije gasova staklene bašte, gubitku biološke raznovrsnosti i iscrpljivanju vodnih resursa, što je globalni cilj koji treba izbegavati. Poslednjih decenija Evropa je ostvarila značajan napredak u preusmeravanju otpada sa deponija, osnovne smernice za uspostavljanje sistema upravljanja otpadom ili hijerarhije otpada odnosi se na hranu. Razmatrajući jestivu i nejestivu hranu, otpad od hrane se može klasifikovati u tri kategorije: otpad od hrane koji se može izbeći – otpad koji je pre nego što je odbačen bio jestiv za sve, otpad od hrane koji se može izbeći – otpad koji ima veliki potencijal da se izbegne njegovo stvaranje, uključujući hranu koju neki ljudi konzumiraju a neki ne, i nezaobilazni otpad od hrane čije se stvaranje ne može izbeći. Nastaje kao rezultat pripreme hrane i nije, niti je ikada bio, jestiv u normalnim okolnostima.

#### 3.2 Obim problema

Organizacija Ujedinjenih nacija za hranu i poljoprivredu (FAO, engl. The Food and Agriculture Organization – FAO) koristi metod procene gubitka hrane koje se na težini, tretirajući tonu zrna kao ekvivalent toni voća i mesa. Ova organizacija je 2013. godine izvršila procenu koja je otkrila da se oko 1,3 gigatona jestive hrane rasipa godišnje, oslobađajući 3,3 gigatona CO<sub>2</sub> ekvivalenta u atmosferu. Rasipanje hrane je hitna globalna briga koja

nastaje u ranim fazama poljoprivrede i traje sve do odlaganja otpada od hrane. Čak 30% hrane odlazi na otpad godišnje.

Istraživači su izračunali da kalorije izgubljene zbog bacanja hrane predstavljaju oko 24% od ukupno dostupnih kalorija u hrani. Da bi pružile neki kontekst, Ujedinjene nacije (UN) naglašavaju da se 2020. godine skoro trećina globalne populacije, pretežno u zemljama u razvoju i sa niskim prihodima, suočila sa nestašicom hrane – uznemirujućim povećanjem od 320 miliona ljudi u odnosu na prethodnu godinu. Nažalost, ovaj zabrinjavajući trend je u porastu i predviđa se da će se nastaviti. Očekuje se da će globalno rasipanje hrane porasti za još jednu trećinu do 2030. godine [2].

#### 3.3 Hijerarhija upravljanja otpadom od hrane

Upravljanje otpadom je ključni aspekt ekološke održivosti i vođeno je konceptom poznatim kao hijerarhija otpada. Primarni cilj hijerarhije otpada je da identifikuje najefikasnije opcije za postizanje najboljih ekoloških ishoda. Ova hijerarhija se često prikazuje kao obrnuta piramida, kao što je prikazano na slici ispod (slika 2). Na vrhu piramide je najpovoljnija opcija dok je na dnu najnepovoljnija opcija „odlaganje na deponije”.



Slika 2. Hijerarhija otpada od hrane (Obrada autora prema Chirsanova., 2021)

Može se videti prilagođeni redosled preferencija u hijerarhiji otpada od hrane, koji uzima u obzir posebne izazove i mogućnosti povezane sa upravljanjem otpadom od hrane. Ovaj prilagođeni pristup prepoznaje važnost minimiziranja rasipanja hrane, promovisanja preraspodjele hrane i implementacije održivih metoda odlaganja kako bi se osiguralo da se otpadom od hrane upravlja na ekološki odgovoran način.

#### 3.4 Uzroci i posledice nastajanja otpada od hrane

Skoro polovina svežeg voća i povrća u svetu svake godine završi kao otpad. Ovaj problem posebno je izražen u razvijenijim regionima gde potrošači bacaju skoro deset puta više hrane u poređenju sa siromašnijim područjima [6]. Otpad od hrane se odnosi na hranu koja je bila pogodna za ljudsku ishranu, ali se odbacuje zbog ljudskog faktora ili roka trajanja. Bacanje hrane je višestruko pitanje sa teškim ekološkim, ekonomskim i društvenim posledicama. Globalna bezbednost hrane u svetu je sve važnija, rešavanje gubitaka i rasipanja hrane u celom lancu snabdevanja hranom, kao i promovisanja alternativnih načina ishrane je ključno. Zahteva sveobuhvatan pristup koji se bavi i etičkim i praktičnim

aspektima smanjenja otpada, očuvanja resursa i obezbeđivanja jednakog pristupa hrani.

### 3.5 Koristi od smanjenja otpada od hrane

Velike neefikasnosti ukazuju na velike prilike za uštedu. Još 2012. godine, Evropska komisija postavila je cilj smanjenja gubitka hrane i otpada u Evropi za 50% do 2020. godine. Ako bi ovaj cilj bio proširen na globalnoj skali do 2050. godine, naša analiza sugerise da bi se postigao taj cilj smanjio potrebu za proizvodnjom od 1,314 milijardi kCal hrane godišnje do 2050. u odnosu na scenarijo poslovanja kao obično, opisan u prvom delu radnog dokumenta serijala „Veliki akt balansiranja“. Naša analiza stoga sugerise da bi smanjenje gubitka hrane i otpada moglo biti jedna od vodećih globalnih strategija ili „stavki na meni“ za postizanje održive budućnosti hrane.

Međutim, ispunjenje globalnog smanjenja od 50% do 2050. godine izgleda zastrašujuće. Na primer, čak i ako se pristupi za smanjenje gubitaka u fazama proizvodnje i skladištenja u zemljama u razvoju pokazuju uspešnim, ovi dobici mogli bi biti nadmašeni povećanjem otpada hrane na kraju lanca vrednosti kako globalna srednja klasa raste. Isto tako, promena potrošačkog ponašanja bilo gde nikada nije laka. Ipak, potencijalna razmera i višestruke koristi smanjenja gubitka hrane i otpada čine napor vrednim i poželjnim.

### 3.6 Pravna regulativa u oblasti upravljanja otpadom od hrane

Centralna tačka politike upravljanja otpadom u Evropskoj uniji predstavljala je Okvirna direktiva o otpadu. Ključne Direktive u oblasti upravljanja otpadom obavezuju zemlje članice na postizanje specifičnih ciljeva, posebno u vezi sa reciklažom komunalnog i ambalažnog otpada, kao i smanjenjem količine biorazgradivog otpada koji se odlaže na deponije. EU Direktiva o deponijama predstavlja ključni instrument za regulaciju postupaka deponovanja otpada u Evropskoj uniji.

Pravni okviru za zaštitu životne sredine u Republici Srbiji obuhvata mnogo zakona i drugih propisa [4]. U 2004. godini, u Srbiji je uveden novi zakonodavni okvir za zaštitu životne sredine. Ovaj okvir uključuje Zakon o zaštiti životne sredine, Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu, Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu i Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja.

Ovi zakoni predstavljaju značajan korak ka usklađivanju sa evropskim direktivama o zaštiti životne sredine (Službeni glasnik RS, br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 – dr. Zakon, 72/2009 – dr. Zakon, 43/2011 – odluka US, 14/2016, 76/2018, 95/2018 – dr. Zakon i 95/2018 – dr. zakon).

## 4. OPCIJE ZA SMANJENJE NEGATIVNOG UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

### 4.1 Preporuke u oblasti proizvodnje

Ključne aktivnosti i preporuke za rešavanje rasipanja hrane iz oblasti primarne proizvodnje obuhvataju [3]:

1. Istraživanje marketinških standarda
2. Ojačati poziciju proizvođača hrane
3. Uskladiti ponudu sa potražnjom

4. Povećati efikasnost resursa i smanjiti gubitke u hrani
5. Finansijska podrška za modernizaciju
6. Uključiti poljoprivrednike u istraživanja i inovacije

Uključivanje svih strategija u rad proizvođača hrane ne samo da će doprineti manjem rasipanju hrane nego će poboljšati održivost, očuvanje resursa i zadovoljiti potrošače.

### 4.2 Preporuke u oblasti maloprodaje

Da bi se efikasno borili protiv problema rasipanja hrane sektor maloprodaje može da se fokusira na nekoliko ključnih oblasti poboljšanja. Već su preduzeti koraci ka održivosti kroz dobrovoljne akcije, kako u sklopu kompanije tako i šire. Postoji nekoliko ključnih strategija za ispunjenje ovog cilja: Prevencija otpada od hrane kao prioritet, Edukacija zaposlenih o smanjenju otpada, Doslednost označavanja datuma, Inovacija pakovanja, Prenamena hrane u prodavnicama, Angažovanje potrošača, Kampanja podizanja svesti, Praćenje i izveštavanje, Regulatorna podrška. Uključivanje ovih strategija može pomoći trgovcima na malo da ostvare značajan uticaj u smanjenju rasipanja hrane u celom lancu snabdevanja i na nivou potrošača, što na kraju doprinosi održivijem i odgovornijem sistemu ishrane.

### 4.3 Preporuke u sektoru usluge hrane

Evropske i nacionalne javne vlasti, trgovinska udruženja, istraživači i zainteresovane strane iz različitih sektora imaju ključnu ulogu u borbi protiv rasipanja hrane. Posebna pažnja treba da se usmeri na podršku malim preduzećima, ulogu trgovinskih udruženja, logističkim izazovima i rešenjima, nadgledanje i ocenjivanje kao i uticaj na ponašanje potrošača. Trebalo bi podsticati razvoj tehnoloških rešenja koja olakšavaju vezu između ponude viška hrane i potražnje uz decentralizaciju napora za prikupljanje. Napori za smanjenje rasipanja hrane moraju se pratiti radi efikasnosti i efektivnosti. Ovo se može postići postavljanjem SMART (specifičnih, merljivih, dostižnih, relevantnih, vremenski ograničenih) ciljeva i ključnih indikatora učinka (KPI). Preduzeća mogu da igraju ključnu ulogu u uticaju na ponašanje potrošača kako bi se smanjio otpad od ploča. Oni bi trebalo da osnaže osoblje da komuniciraju sa klijentima u vezi sa veličinama porcija i izborom menija. Tehnike podsticanja, kao što su strateški postavljene komunikacije i politike plaćanja usklađene sa poslovnim operacijama, mogu podstaći potrošače da donesu održive izbore. To može uključivati naplatu otpadnih tanjira kupcima u bifeima „sve što možete da jedete“, nuđenje manjih porcija i vođenje kampanja za podizanje svesti koje naglašavaju posvećenost preduzeća borbi protiv bacanja hrane. Podsticanje kupaca da ponesu ostatke kući na zahtev je još jedan pozitivan korak [3].

### 4.4 Preporuke za potrošače

U Evropi više od 50% (47 miliona tona) otpadne hrane dolazi iz domaćinstava. Stoga su intervencije fokusirane na domaćinstvo ključne za postizanje ambicioznog smanjenja rasipanja hrane, koje ima značajne ekološke, ekonomske i socijalne koristi. Međutim, kako su nedavne studije istakle, obično je teško proceniti efikasnost takvih

mera. Istraživači bi trebalo da blisko sarađuju sa praktičarima kako bi istražili različite aspekte ponašanja potrošača, uzimajući u obzir faktore poput veličine domaćinstva, starosti, prihoda i načina života. Istraživači mogu da istraže sinergije sa drugim oblastima, kao što su ekološka i etička razmatranja, kako bi pružili sveobuhvatnije razumevanje sistema hrane i načina razmišljanja potrošača.

#### 4.5 Donacija hrane

U Evropskoj uniji je 2018. godine 110 miliona ljudi bilo u opasnosti od siromaštva ili socijalne isključenosti, dok 36 miliona ljudi nije moglo da priušti kvalitetan obrok svaki drugi dan. Istovremeno, u EU se godišnje generiše oko 88 miliona tona otpada od hrane, sa povezanim troškovima procenjenim na 143 milijarde evra. Prema hijerarhiji prevencije otpada, primarni fokus prevencije rasipanja hrane treba da bude na delovanju na izvoru, ograničavajući stvaranje viška hrane. Kada postoji višak hrane, najbolja opcija koja obezbeđuje najveću upotrebnu vrednost jeste preraspodela za ljudsku ishranu (European Commission, 2019). Donacija hrane je snažno povezana i utiče na akcije koje se sprovode u drugim fazama lanaca snabdevanja hranom. Zbog složenosti, implementaciju svih preporuka za akciju u vezi sa doniranjem hrane treba sprovesti u bliskoj saradnji sa različitim zainteresovanim stranama, kao što su evropske i nacionalne vlasti, organizacije za preraspodelu hrane i drugi akteri prehrambene industrije.

#### 4.6 Redistribucija za ljudsku potrošnju

Hrana često odlazi u otpad, dok mnogi ostaju gladni, sa te strane neophodno je da doniranje hrane učinimo pristupačnijim i efikasnijim procesom za sve zainteresovane strane u sistemu hrane. Potrebno je preduzeti nekoliko ključnih koraka kao što su: revidirati uslove za donacije hrane, sprovesti fiskalne podsticaje, povećati finansiranje. Uslovi koji regulišu donaciju hrane moraju se ponovo proceniti i ažurirati. Potrošačima treba pružiti jasne informacije, obezbeđujući transparentnost i poverenje u proces. Trebalo bi uspostaviti mere sledljivosti za praćenje izvora i rukovanje doniranom hranom. Higijenska pravila treba striktno da se primenjuju kako bi se garantovala bezbednost donirane hrane. Pored toga, trebalo bi da postoji jasna određivanja primarne odgovornosti i odgovornosti u slučaju bilo kakvih problema sa bezbednošću hrane. Ove promene će pomoći u održavanju kvaliteta i bezbednosti donirane hrane bez ugrožavanja njenog integriteta. Sprovesti fiskalne podsticaje. Da bi se podstaklo doniranje hrane, neophodno je uvesti fiskalne podsticaje kao što su harmonizovane stope PDV-a. Smanjenje ili ukidanje poreza na doniranu hranu može podstaći preduzeća i pojedince da daju višak hrane onima kojima je potrebna. Ove poreske olakšice mogu pomoći da se ublaži finansijski teret povezan sa donacijom hrane i podstakne aktivnije učešće u naporima za spasavanje hrane. Takođe je potrebno izdvojiti više sredstava za Fond za evropsku pomoć najsiromašnijim (engl. Fund for European Aid to the Most Deprived - FEAD). Povećanjem finansiranja za FEAD, može se proširiti njegov domet i uticaj.

## 5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad bavio se kritičnim pitanjem otpada od hrane i njihovih štetnih uticaja na životnu sredinu. Analizirali smo različite opcije i strategije za smanjenje negativnog uticaja. Ključni nalazi uključujući potencijal za inovacije vođene tehnologijom kao što su pametno pakovanje, analiza podataka i optimizacija lanca snabdevanja kako bi se značajno smanjilo bacanje hrane u industrijskom sektoru. Sprovođenje strategija i negovanje kulture odgovornosti i održivosti, možemo raditi ka budućnosti u kojoj se bacanje hrane značajno smanjuje, prirodni resursi se čuvaju kao i životna sredina za buduće generacije. Ovo istraživanje će biti ključno u potrazi za održivim i ekološki prihvatljivim sistemima ishrane što će na kraju doprineti zdravoj planeti.

## 6. LITERATURA

- [1] The National Environment Agency, 2023.
- [2] Safdie, S. 2023. Global Food Waste in 2023, Greenly Institute.
- [3] European Commission, 2019. Recommendations for Action in Food Waste Prevention Developed by the EU Platform on Food Losses and Food Waste, 12 December 2019.
- [4] Zakon o zaštiti životne sredine, Službeni glasnik RS, br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - dr. zakon i 95/2018 - dr. zakon.
- [5] Christensen, T. H. 2011. Solid waste technology & management, Wiley & Sons, United Kingdom.
- [6] Šurić, Jona, Peter, Anamarija, Šic Žlabur, Jana, Brandić, I., Voća, N. 2023. Uzroci i mogućnosti sprječavanja nastajanja otpada od hrane, 58th Croatian & 18th 57 International Symposium on Agriculture | 11-17 February, 2023, Dubrovnik, Croatia, 411-415.

### Kratka biografija:



**Rada Bujić** rođena je u Loznicima 1994. god. Osnovne studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu upisala je 2013. iste završila 2018. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine odbranila je 2023. god. kontakt: [rada.bujic1@gmail.com](mailto:rada.bujic1@gmail.com)



**Dr. Dejan Ubavin**, redovni profesor Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu i Direktor Departmana za Inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu. Primarna oblast istraživanja je upravljanje otpadom uključujući tehnologije energetskog iskorišćenja otpada, projektovanje i evaluacija sistema za upravljanje otpadom, projektovanje i sanacija deponija komunalnog otpada.

**PROJEKTOVANJE SISTEMA ZAŠTITE I UPRAVLJANJE RIZIKOM U  
ZDRAVSTVENIM USTANOVAMA SEKUNDARNOG TIPA**  
**DESIGNING PROTECTION SYSTEMS AND RISK MANAGEMENT IN SECONDARY  
HEALTHCARE INSTITUTIONS (HOSPITALS)**

Milan Marković, Slobodan Morača, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE NA RADU**

**Kratak sadržaj** – U okviru rada biće definisane zdravstvene ustanove sekundarnog tipa (bolnice) i radne aktivnosti koje zdravstveni radnici obavljaju, na osnovu kojih će se pristupiti identifikaciji opasnosti i štetnosti i proceni rizika. U cilju unapređenja uslova rada, biće prikazan sistem upravljanja bezbednošću i zdravljem na radu koji je u skladu sa standardom ISO 45001 i programom dobre prakse za zdravstvene ustanove.

**Ključne reči:** Zdravstvene ustanove sekundarnog tipa, identifikacija opasnosti i štetnosti, ISO standard 45001

**Abstract** – This paper will define hospitals and work activities performed by healthcare workers. After this, risks are identified and assessed. The safety and health management system will be presented in order to improve working conditions, which is in accordance with the ISO 45001 standard and the program of good practice for health institutions.

**Keywords:** Hospitals, risks are identified and assessed, ISO 45001 standard

**1. UVOD**

Bezbednost i zdravlje na radu zaposlenih u zdravstvenim ustanovama predstavlja jedno od suštinskih pitanja. U skladu sa tim, od velike važnosti je zdravstvenim radnicima obezbediti bezbedno i zdravo radno okruženje. Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije (eng. *World Health Organization, WHO*) iz 2019. godine, preko 2,3 miliona zdravstvenih radnika širom sveta je svake godine preminulo usled posledica povreda i oboljenja na radu. Organizacija za amnestiju (eng. *Amnesty International*) je 2021. godine potvrdila da je 7000 zdravstvenih radnika preminulo od COVID-19 [3].

Zaštita zdravstvenih radnika je najvažnija za održivost sistema zdravstvene zaštite, naročito u slučajevima pandemije, jer oni imaju ključnu ulogu u pružanju bezbednog i efikasnog lečenja pacijenata. Sa ciljem upravljanja rizicima, neophodno je definisanje i sprovođenje programa za upravljanje rizicima u bolnicama (zdravstvenim ustanovama sekundarnog tipa) tako da se primenom programa obezbedi zdravlje za sve.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Slobodan Morača, red. prof.

Rizici kojima su izloženi zdravstveni radnici u bolnicama su, u većini slučajeva, podstaknuti fizičkim, hemijskim, biološkim, ergonomskim i psihosocijalnim faktorima [4,5].

**2. IDENTIFIKACIJA OPASNOSTI I ŠTETNOSTI U ZDRAVSTVENIM USTANOVAMA SEKUNDARNOG TIPA**

Bolnice su zdravstvene ustanove koje obavljaju zdravstvenu delatnost na sekundarnom nivou zdravstvene zaštite. One obavljaju zdravstvenu delatnost kao nastavak dijagnostike, lečenja, zdravstvene nege i rehabilitacije započete u zdravstvenoj ustanovi primarnog tipa, odnosno kada su zbog složenosti i težine oboljenja potrebni posebni uslovi u pogledu kadrova, opreme, prostora, lekova i medicinskih sredstava. U okviru bolnica se organizuje rad tako da se zdravstvene usluge pacijentima pružaju pretežno u ambulantno – polikliničkim uslovima, a u stacionarnim uslovima samo ako je to opravdano i medicinski neophodno. Mogu biti opšte i specijalne u zavisnosti od vrste zdravstvene zaštite koju pruža [6].

Važno je napomenuti da se spisak identifikovanih opasnosti i štetnosti može razlikovati, u zavisnosti od konkretne bolnice i radnih aktivnosti zaposlenih koji u njoj obavljaju svoje radne aktivnosti. U skladu sa tim, jasno definisanje konkretnih opasnosti i štetnosti je moguće izvršiti tek nakon snimanja konkretne organizacije rada i radne okoline zaposlenih [1].

Opasnosti i štetnosti koje bi trebalo uzeti u obzir prilikom procene rizika za zdravstvene radnike uključuju: stres, „izgaranje na poslu“, zastrašivanje i zlostavljanje, nasilje, ergonomske rizici, biološke opasnosti, hemijske opasnosti, rizici od izloženosti zračenju, preosteljivost na lateks [1].

**2.1. Zdravstveni radnici – Doktori medicine**

Doktori medicine u zavisnosti od službe (odeljenja) na kojima rade obavljaju svoje radne aktivnosti prevencije, dijagnostikovanja i lečenja bolesti, povreda i drugih fizičkih i mentalnih poremećaja korišćenjem visoko specijalizovanih metoda i tehnika, kroz primenu principa i procedura savremene medicine, o čemu vodi propisanu medicinsku dokumentaciju. Pored toga doktori medicine obavljaju sledeće radne aktivnosti:

- pregledaju hospitalizovane i ambulantne pacijente,
- vrše prijem i otpust bolesnika i izdaju potrebnu dokumentaciju o rezultatima lečenja,

- realizuju subspecijalističke, dijagnostičko-terapeutske intervencije,
- postavljaju dijagnozu, određuju terapiju i vode lečenje,
- obaveštavaju i savetuju pacijenta i porodicu u vezi sa zdravstvenim stanjem i lečenjem,
- obavlja svakodnevnu vizitu hospitalizovanih pacijenata, prati njihovo stanje, daje stručno uputstvo u vezi dijagnostike i lečenja,
- vrši prijem i zbrinjavanje hitnih pacijenata,
- sprovodi zdravstvenu zaštitu određenih kategorija stanovništva, odnosno pacijenata obolelih od bolesti za čiju prevenciju, dijagnostiku i lečenje je uže specijalizovan,
- obavlja i druge poslove iz domena svoje subspecijalnosti,
- učestvuje u unapređenju kvaliteta zdravstvene zaštite,
- obavlja konsultacije sa drugim zdravstvenim radnicima i zdravstvenim saradnicima,
- planira, nadzire i evaluira sprovođenje zdravstvene zaštite,
- sprovodi aktivnosti stručnog usavršavanja u okviru svoje specijalnosti i uže specijalnosti,
- utvrđuje vreme i uzrok smrti,
- zajedno sa saradnicima odgovoran je za ispravnost i pravilno korišćenje medicinske opreme,
- odgovoran je za pravilno i uredno vođenje medicinske dokumentacije,
- učestvuje u zdravstvenom vaspitanju i edukaciji zdravstvenih radnika, lekara na specijalizaciji/subspecijalizaciji i pripravnika,
- odgovoran je za sredstva sa kojima rukuje, za urednost, tačnost i za kvalitet poslova iz delokruga svoga rada,
- pridržava se mera bezbednosti i zdravlja na radu [7].

## 2.2. Medicinske sestre - tehničari

Medicinske sestre – tehničari, u zavisnosti od službe (odeljenja) na kojima rade obavljaju sledeće radne aktivnosti:

- planiraju i pružaju usluge zdravstvene nege i podrške pacijentima, u skladu sa praksom i standardima savremene zdravstvene nege, o čemu vode propisanu medicinsku dokumentaciju,
- obavljaju medicinske mere kod pacijenata u postupku nege, terapije, dijagnostike i rehabilitacije,
- primenjuju propisanu terapiju i kontroliše uzimanje lekova,
- vrše pripremu pacijenata i asistiraju lekaru pri intervenijama,
- učestvuju u prijemu pacijenata, viziti, posmatraju pacijenta i obaveštavaju lekara o stanju pacijenta,
- prate opšte stanje pacijenta, mere i evidentiraju vitalne funkcije i druge pokazatelje,
- pripremaju prostor, medicinsku opremu, instrumente i materijal za rad,
- sprovode mera za sprečavanje intrahospitalnih infekcija,
- učestvuju u nabavci potrebnog materijala,

- nadgledaju sprovođenje procesa zdravstvene nege, učestvuju u evaluiranju procesa i na osnovu toga razmatraju naredne korake u sprovođenju istog,
- sprovode aktivnosti stručnog usavršavanja u oblasti zdravstvene nege,
- pripremaju i prate pacijente prilikom specijalističko-konsultativnih i drugih pregleda,
- prikupljaju materijal za laboratorijske i druge analize,
- vode brigu o ispravnosti medicinske opreme i staraju se o sterilnosti instrumenata,
- sprovode ličnu i opštu higijenu pacijenata,
- staraju se o ishrani pacijenata,
- pripremaju pacijenta za prijem poseta i otpusta sa odeljenja,
- staraju se o sprovođenju kućnog reda,
- obavljaju poslove u ambulantni, vodi protokol lekara, ambulantni protokol i sl,
- sarađuju se drugim zdravstvenim radnicima,
- staraju se o pravilnom odlaganju i uklanjanju medicinskog i nemedicinskog otpada,
- dužni su da rade na svom stručnom usavršavanju,
- odgovorni su za sredstva sa kojima rukuju, za urednost, tačnost i za kvalitet poslova iz delokruga svoga rada,
- odgovorni su za pravilno i uredno vođenje medicinske dokumentacije,
- obavljaju administrativne poslove kao i poslove finansijske prirode (naplata troškova u lečenju i sl.),
- uredno vode knjigu primopredaje i istu potpisuju prilikom primopredaje,
- pružaju stručnu pratnju prilikom transporta pacijenta u zdravstvenu ustanovu višeg nivoa,
- pridržavaju se mera bezbednosti i zdravlja na radu [7].

Zdravstveni radnici svoje radne aktivnosti obavljaju u prostorijama bolnice i za to koriste raspoloživu odgovarajuću opremu i uređaje, u skladu sa procedurama rada.

## 3. PROCENA RIZIKA

Rezultati procene rizika predstavljaju osnov za projektovanje i upravljanje sistemom bezbednosti i zdravlja na radu. Kako bi se utvrdilo trenutno stanje bezbednosti i zdravlja na radu, neophodno je izvršiti prepoznavanje (identifikaciju) opasnosti i štetnosti, a zatim i procenu rizika od izloženosti ovim opasnostima i štetnostima. Procena rizika za zdravstvene radnike (doktere i medicinske sestre – tehničare) je izvršena na osnovu ranije prepoznatih opasnosti i štetnosti kojima mogu biti izloženi [8].

### 3.1. Procena rizika za zdravstvene radnike u zdravstvenim ustanovama sekundarnog tipa

Na osnovu rezultata procene rizika za zdravstvene radnike (doktere medicine i medicinske sestre – tehničare) u zdravstvenim ustanovama sekundarnog tipa, zaključuje se da su ova radna mesta sa povećanim rizikom. Najveći rizici potiču od:

- slobodnog kretanje delova ili materijala koji mogu naneti povredu zaposlenom (prskanje supstanci,

biološkog materijala, izletanje, upad letećih čestica u oko i sl.),

- korišćenja opasnih sredstava za rad koja mogu proizvesti eksplozije ili požar (alkohol, dezinfekciona sredstva i sl.),
- drugih faktora koji mogu da se pojave kao mehanički izvori opasnosti (korišćenje oštih predmeta, opasnost od pada opreme, instrumenata),
- opasnih površina (podovi i sve vrste gazišta, površine sa kojima zaposleni dolazi u dodir, a koje imaju oštre ivice, instrumenti, oprema, nameštaj i sl.),
- hemijskih štetnosti (udisanje, gušenje, prodor u telo kroz kožu hemijskih materija, reagenasa, bioloških materija i sl.),
- bioloških štetnosti (infekcije, izlaganje mikroorganizmima i alergenima biološkim materijalom pacijenata).

### 3.2. Mere za otklanjanje i smanjenje rizika

Zdravstveni radnici u zdravstvenim ustanovama sekundarnog tipa su svakodnevno izloženi prskanjem supstanci, biološkog materijala, zatim povredama nastalih usled izletanja materijala ili delova materijala/čestica. Kako bi se zaposleni zaštitili od ovih opasnosti najvažnije je da za sve radne aktivnosti postoje pisane procedure koje se primenjuju u radu i koje su sastavljene tako da se opasnosti i štetnosti u najvećoj mogućoj meri izbegnu. U slučajevima kada to nije moguće, zaposleni su u obavezi da koriste odgovarajuću lučnu zaštitnu opremu (LZO):

- zaštitne naočare,
- zaštitni viziri,
- zaštitne maske,
- zaštitne rukavice,
- zaštitne ogrtače (mantile) [9].

## 4. PROJEKTOVANJE SISTEMA ZAŠTITE I UPRAVLJANJE RIZIKOM

Značajna osnova za uspostavljanje sistema upravljanja bezbednošću i zdravljem zaposlenih u zdravstvenim ustanovama sekundarnog tipa jeste implementacija standarda SRPS ISO 45001 koji sadrži zahteve za sisteme menadžmenta bezbednošću i zdravljem na radu sa uputstvom za korišćenje. Glavna uloga SRPS ISO 45001 je da posluži organizacijama kao instrument za proaktivno unapređenje performansi sistema koje se odnose na bezbednost i zdravlje zaposlenih. Važno je napomenuti da sama implementacija ovog standarda nije dovoljna kada je reč o obezbeđivanju zdravih i bezbednih uslova rada, pored toga neophodno je ispuniti zahteve propisane odgovarajućim zakonskim i podzakonskim aktima [11].

### 4.1. Specifični uslovi rada tokom izloženosti COVID – 19

Organizacija je u obavezi da svakodnevno vrši preglede zaposlenih i da utvrdi da li postoji bilo koji od simptoma COVID – 19 kao što su kašalj, groznica, bolovi u grlu, crvenilo u očima, kratak dah ili teškoće u disanju. Zaposleni su u obavezi da prijave bilo koji od sledećih simptoma:

- bolovi u telu,
- gubitak mirisa i ukusa,
- mučnina,

- dijareja,
- umor i slabost [13].

U slučajevima kada su identifikovani neki od simptoma, zaposleni se odmah izoluje i podleže lekarskom pregledu i testiranju. Radne prostorije i površine sa kojima je zaposleni dolazio u kontakt je neophodno odmah definikovati na propisan način kako bi se sprečilo potencijalno širenje zaraze. Zaposleni se može vratiti na posao pod uslovom da je testiranjem utvrđeno da je negativan na COVID – 19 [13]. Preporučuje se postavljanje postera na kojima su jasno prikazani i objašnjeni simptomi COVID – 19.

### 4.2. Dobra praksa

Ministarstvo rada Sjedinjenih Američkih država (eng. *United States Department of Labor*) daje preporuku za uvođenje dobre prakse u zdravstvene ustanove. U okviru preporuke, navedeno je deset koraka koje je neophodno sprovesti u cilju uspostavljanja dobre prakse:

1. Postavljanje bezbednosti i zdravlja kao prioriteta – uveriti se da su zaposleni obavljali radne aktivnosti na bezbedan i zdrav način, ohrabriti zaposlene da prijave sve aktivnosti za koje smatraju da ih mogu izložiti riziku od povrede ili oštećenja zdravlja,
2. Dati primer zaposlenima u primeni mera za bezbednost i zdravlje na radu,
3. Razvijanje i implementacija sistema koji će zaposleni koristiti za prijavu svih nebezbednih uslova rada,
4. Obezbeđivanje obuke i treninga zaposlenih iz oblasti bezbednosti i zdravlja na radu,
5. redovno vršiti nadzor primene mera bezbednosti i zdravlja na radu,
6. Sakupiti sve mere za kontrolu i eliminaciju rizika,
7. Implementirati mere bezbednosti i zdravlja na radu,
8. Identifikacija predvidivih scenarija vanrednih situacija i ravijanje uputstava za reagovanje u takvim situacijama,
9. Pre značajnih izmena rada (organizacije rada, opreme, materijala) izvršiti konsultacije sa zaposlenima u cilju identifikovanja potencijalnih rizika,
10. Redovno vršiti konsultovanje sa zaposlenima na svim nivoima rada u cilju poboljšanja mera bezbednosti i zdravlja na radu [14].

### 4.3. Aspekti koje treba uzeti u obzir prilikom procene rizika od izloženosti COVID - 19

Istraživači koji su se bavili ovom problematikom predlažu okvir za procenu rizika od izloženosti COVID – 19 kojim se rizik procenjuje sa tri aspekta koji su neophodni za donošenje odluka. Veoma je važno da se prilikom procene uzmu u obzir sva tri aspekta: radno mesto, svi zaposleni i svaki zaposleni pojedinačno [15].

Procenu rizika bi trebalo da prati upravljanje rizikom, odnosno primena hijerarhije mera za bezbednost i zdravlje na radu. Holistički pristup procene i upravljanja rizikom za cilj ima da omogućiti organizacijama da izvrše predviđena prilagođavanja organizacije kako bi se rizik od izloženosti COVID – 19 eliminisao ili smanjio. Upravljanje rizikom bi, između ostalog, trebalo da obuhvati obuku i praćenje mera za bezbednost i zdravlje na radu koje se u tom trenutku primenjuju [15].

Zaposleni u sektoru zdravstva se suočavaju sa povećanim rizikom od infekcija, za koje brojni i u nekoj meri prilično različiti patogeni imaju značajnu ulogu. Po pravilu, rizik je ili neočekivan ili nije očigledan u početku, što procenu rizika čini težom. Procena rizika je od ključnog značaja za prevenciju infekcija među zaposlenima koji rade na visoko rizičnim radnim mestima. Svaka procena rizika mora da uzme u obzir sledeće:

- prirodu virulencije patogena,
- kapacitet patogena da preživi u okruženju,
- opasnost oboljenja,
- dozu ili nivo izloženosti neophodan da izazove bolest ili infekciju,
- način prenošenja,
- epidemiološke faktore [2].

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja možemo zaključiti da mere prevencije, pre svega, treba usmeriti na na obuku zaposlenih za bezbedan i zdrav rad, kao i obuka za rad po odgovarajućim procedurama rada. Pored toga, zaposleni na raspolaganju moraju imati adekvatnu ličnu zaštitnu opremu kada su izloženi rizicima koji se ne mogu u potpunosti otkloniti ili kontrolisati.

Pored osnovnih mera, organizacijama (bolnicama) se preporučuje uvođenje standarda ISO 45001 kojim se omogućava formiranje i implementacija sistema upravljanja bezbednošću i zdravljem zaposlenih. Prilikom implementacije standarda, preporuka je da se organizacija pristup sistemu upravljanja bezbednošću i zdravljem na radu zasnje na konceptu „planirajte–uradite–proverite–delujite“. Za uspešno formiranje i implementaciju standarda, neophodna je prethodna analiza procesa rada i radne sredine. Ova analiza se, pre svega, odnosi na sveobuhvatnu identifikaciju opasnosti i štetnosti i procenu rizika.

## 6. LITERATURA

- [1] Arandelović M. 2018. Rizici u zdravstvu u Srbiji. Svet rada 15(3): 329-365.
- [2] Lončević M. 2018. Bezbednost i zdravlje na radu u sektoru zdravstva. Svet rada 15(3): 297-328.
- [3] Aladini S, Kuhail M, El-Ramlawi A, Salhab M, Shaqura A, Awad R. 2023. Knowledge, Attitude, and Practices of Occupational Health and Safety among Health Care Workers at Al-Shifa Medical-Complex in Gaza-Strip, Palestine. ISRAA University Journal of Applied Science (IJAS) 6(2): 121-135.
- [4] Ahmad I. A, Osei E. 2021. Occupational Health and Safety Measures in Healthcare Settings during COVID-19: Strategies for Protecting Staff, Patients and Visitors. Disaster Med Public Health Prep 2021(14): 1-9.
- [5] Saranjam B, Naghizadeh L, Rahimi E, Etemad M, Kouhnavard B, Mosavianasl Z, Pouya A. B. 2020. Hospital Occupational Safety and Health Risk Assessment. PJMHS 14(2): 804-807.
- [6] Službeni glasnik RS. 25/2019. Zakon o zdravstvenoj zaštiti.
- [7] Katalog radnih mesta u opštoj bolnici „Dr Aleksa Savić“ Prokuplje, interni dokument bolnice. [http://bolnicaprokuplje.com/pravna-akta/1475-katalog-radnih-mesta-u-javnim-sluzbama-i-drugim-organizacijama.html], pristup 01.06.2023.
- [8] Uprava za bezbednost i zdravlje na radu. Smernice za procenu rizika. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://ww.w.minrzs.gov.rs/sites/default/files/2018-11/smernice\_za\_procenu\_rizika.pdf], pristup 01.06.2023.
- [9] Gonlewicz M, Wloszczak-Szubda A, Nlemcewicz M, Eitt M, Marchlak-Nlemcewicz A, Jarosz M. J. 2012. Injuries caused by sharp instruments among healthcare workers – international and Polish perspectives. Annals of Agricultural and Environmental Medicine 19(3): 523-527.
- [10] Anđelković B. 2010. Osnovi sistema zaštite. Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu.
- [11] Institut za standardizaciju Srbije. 2018. SRPS ISO 45001. Sistemi menadžmenta bezbednošću i zdravljem na radu — Zahtevi sa uputstvom za korišćenje.
- [12] Darabont D. C, Antonov A. E, Bejinariu C. 2017. Key elements on implementing an occupational health and safety management system using ISO 45001 standard. MATEC Web of Conferences 121(11007): 1-7.
- [13] Directive by the minister of employment and labour in terms of regulation 10(8) of the regulations issued by the minister of cooperative governance and traditional affairs in terms of section 27(2) of the disaster management act, 2002 (Act No. 57 of 2002).
- [14] Occupational Safety and Health Administration. 2016. Recommended Practices for Safety and Health Programs. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://ww.w.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3885.pdf], pristup 03.06.2023.
- [15] Khunti K, Griffiths A, Majeed A, Nagpaul C, Rao M. 2021. Assessing risk for healthcare workers during the covid-19 pandemic. BMJ 2021(372): 1-4.

## Kratka biografija:



**Milan Marković** rođen je 26.10. 1994. godine u Novom Sadu. Zaposlen kao lice za BZNR od 2019. godine. Master studije na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstvo zaštite na radu upisao 2018. godine  
kontakt:  
milanmarkovic2610@gmail.com

**KONVEKSNO PROGRAMIRANJE I PRIMJENA NA PORTFOLIO INVESTICIONIH FONDOVA U PERIODU PERMAKRIZE****CONVEX PROGRAMMING AND APPLICATION TO THE PORTFOLIO OF INVESTMENT FUNDS IN THE PERIOD OF PERMACRISIS**Sonja Nedić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast- MATEMATIKA U TEHNICI**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad bavi se optimizacijom portfolija investicionih fondova u Republici Srpskoj i Republici Srbiji primjenom Markovicovog portfolija kao jednog od osnovnih modela optimizacije.

**Ključne riječi** – Optimizacija, konveksno programiranje, portfolio, investicioni fondovi, Markovicov portfolio.

**Abstract** – This paper deals with the optimization of portfolios of investment funds in the Republic of Srpska and the Republic of Serbia by applying Markowitz's portfolio as one of the basic optimization models.

**Keywords:** Optimization, convex programming, portfolio, investment funds, Markowitz portfolio.

**1. UVOD**

Pojam optimizacije ili matematičkog programiranja može da se nađe u svim sferama čovjekovog života, prirodnim, društvenim i tehničkim naukama. U matematici se optimizacija odnosi na proučavanje problema u kojima se traži maksimiziranje ili minimiziranje realne funkcije sistematičkim biranjem vrijednosti realnih ili cjelobrojnih promjenljivih iz određenog skupa.

Matematički, nelinearno programiranje (NLP) predstavlja proces rješavanja problema optimizacije gdje su neka ograničenja ili funkcija cilja nelinearni. Optimizacioni problem je jedan od proračuna ekstrema (maksimuma, minimuma ili stacionarnih tačaka) jedne funkcije cilja nad setom nepoznatih realnih promjenljivih, koji je uslovljen zadovoljavanjem sistema jednačina ili nejednačina, kolektivno zvanih ograničenja. To je potpolje matematičke optimizacije koje se bavi problemima koji nisu linearni. Formalni zapis problema linearnog programiranja u opštem slučaju dat je sa:

$$\min(\max)$$

$$(u) U \subseteq \mathbb{R}^n$$

$J: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$  je funkcija cilja,  $\mathbb{R}^n$  Euklidski prostor dimenzije  $n$ ,  $u \in \mathbb{R}^n$ ,  $u = [u_1, u_2, \dots, u_n]^T$ , a  $U$  skup dopustivih rješenja posmatranog problema.

Konveksno programiranje predstavlja najjednostavnije i najbolje obrađeno područje nelinearnog programiranja. Problem konveksnog programiranja podrazumijeva nalaženje minimuma konveksne funkcije pod ograničenjima koja čine konveksni skup.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nebojša Ralević, red. prof.

Matematički program (ili samo program) je problem u kome treba naći tačku minimum neke funkcije  $f^0(x)$  u nekom zadatom skupu  $F$ . Ako su pomenuta funkcija i pomenuti skup konveksni, riječ je o konveksnom programu. Skup  $F$  u konveksnom programu obično je dat implicitno:

$$F = \{x \in \mathbb{R}^n : f^i(x) \leq 0, i = 1, 2, \dots, p\}.$$

Konveksni program (K) se formuliše na sljedeći način:

$$\text{Min } f^0(x)$$

$$\text{p. o.}$$

$$f^i \leq 0, i = 1, 2, \dots, p.$$

$f^0$  je funkcija cilja, skraćenica **p.o.** znači „po ograničenju“,  $f^i \leq 0, i = 1, 2, \dots$ , su funkcije ograničenja.

Cilj ovog istraživanja jeste pokazati kako određeni matematički model optimizacije može pomoći pri izradi optimalnog portfolija. Konkretno u ovom radu, cilj je pokazati da se optimalan portfolio IF može dobiti primjenom Markovicovog portfolija kao jednog od osnovnih modela optimizacije.

**2. OPTIMIZACIJA PORTFOLIJA**

Skup ili kombinacija različitih hartija od vrednosti (HOV), koje su u vlasništvu finansijskih institucija ili individualnih lica, naziva se portfolio (eng. Portfolio). S tim u vezi, portfolio može da sadrži akcije, obveznice, nekretnine, opcije, zlatne sertifikate i ostala sredstva koja imaju neku vrijednost i za koju se očekuje da će je zadržati.

**2.1. Matematičke osnove optimizacije portfolija**

Svaki portfolio se sastoji od različitih HOV, odnosno aktiva  $(S_1, S_2, \dots, S_n)$ . Svaka aktiva  $S_i$  za  $i = 1, 2, \dots, n$  ima prinos  $r_i$ , očekivani prinos  $\bar{r}_i$  i standardnu devijaciju  $\sigma_i^2$ .

Stopa prinosa jednaka je:

$$r_i = \frac{S_1 - S_0}{S_0}.$$

Neka je  $t = 0$  (kupovina aktive  $S_0$ ) i  $t = 1$  (prodaja aktive  $S_1$ ). Ako postoji  $n$  aktiva, slijedi da je  $\sum_{i=1}^n S_{0i} = S_0$ , gdje je  $S_{0i}$  iznos investiran u  $i$ -tu aktivu, koji se može predstaviti kao udio u ukupnoj početnoj investiciji, odnosno

$$S_{0i} = \omega_i S_0, i = 1, 2, \dots, n$$

gdje su  $\omega_i$  težinski koeficijenti (ponderi) za koje važi  $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ .

Portfolio se izračunava kao suma proizvoda pojedinačnih težinskih koeficijenata i aktive, tj.

$$\pi = \omega_1 S_1 + \omega_2 S_2 + \dots + \omega_n S_n = \sum_{i=1}^n \omega_i S_i.$$

Za stopu prinosa portfolija  $r_\pi$  koja predstavlja slučajnu promjenljivu važi:

$$E(r_\pi) = \bar{r}_\pi = \omega_1 \bar{r}_1 + \omega_2 \bar{r}_2 + \dots + \omega_n \bar{r}_n = \sum_{i=1}^n \omega_i \bar{r}_i.$$

Standardna derivacija (varijansa) portfolija računa se kao suma težinskih koeficijenata i kovarijansi.

$$\sigma_\pi^2 = \sum_{i,j=1}^n \omega_i \omega_j \sigma_{ij}$$

Varijansa može da se predstavi preko kovarijanske matrice G i vektora težinskih koeficijenata:

$$G = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_1 \sigma_2 & \dots & \sigma_1 \sigma_n \\ \sigma_1 \sigma_2 & \sigma_2^2 & \dots & \sigma_2 \sigma_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_1 \sigma_n & \sigma_2 \sigma_n & \dots & \sigma_n^2 \end{bmatrix}$$

$$\omega = [\omega_1 \quad \omega_2 \quad \dots \quad \omega_n]^T$$

$$\text{tj. } \sigma_\pi^2 = \omega^T G \omega.$$

Očekivani prinos portfolija može da se definiše kao

$$\bar{r}_\pi = \omega^T \bar{r}, \text{ gdje je } \bar{r} = [\bar{r}_1 \quad \bar{r}_2 \quad \dots \quad \bar{r}_n]^T.$$

**Konstruisanje portfolija** podrazumijeva određivanje težinskih koeficijenata,  $\omega_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Ako je  $\omega_i > 0$  trebalo bi investirati u aktivu  $S_i$ , ukoliko  $\omega_i = 0$  aktiva  $S_i$  ne pripada portfoliju dok se za  $\omega_i < 0$  dobija tzv. „kratka prodaja“ (prodaja aktive koju investitor ne posjeduje i smatra se pozajmljenom).

Kao mjeru smanjenja rizika portfolija, spomenućemo **diverzifikaciju portfolija**. Ona podrazumijeva raspoređivanje ulaganja na veći broj aktiva sa namjerom da se ukupan rizik portfolija smanji.

Kriterijum optimalnosti može biti ili maksimizacija očekivanog prinosa ili minimizacija rizika koji nosi portfolio – Markovicov (Markowitz) model, ili kombinacija ova dva kriterijuma.

## 2.2. Markovicov portfolio kao jedan od osnovnih modela optimizacije

Osnovna ideja američkog naučnika Harija Markovica (eng. Harry Markowitz) bila je da se odnos između ostvarene dobiti i rizika uvijek može brojčano izraziti, te da se na taj način može odrediti stepen rizika koji se zahtijeva za različite vrijednosti. Zaključak koji je izveo jeste da se natprosječna dobit ostvaruje samo natprosječnim rizikom. Najefikasniji portfolio je onaj koji ostvaruje najviše dobiti za dati stepen rizika. Markovic u svom modelu koristi standardnu devijaciju kao mjeru rizika i varijansu kao odstupanje od prosjeka. Po njemu, uz veće odstupanje od prosjeka ide i veći rizik. Uveo je i pojam kovarijanse, pa se rizik portfolija predstavlja kao kovarijansa HOV ukupnog portfolija. S tim u vezi, ako uzmemo u razmatranje dvije grupe HOV čija je vrijednost kovarijanse visoka, možemo reći da se njihove vrijednosti kreću u istom pravcu.

Prema Markovicu, investitor prvo treba da odredi nivo rizika koji može da podnese, a potom da sačini efikasan diversifikovan portfolio HOV malog stepena kovarijanse. Pretpostavimo da postoji  $n$  aktiva sa očekivanim prinosom  $\bar{r}_1, \bar{r}_2, \dots, \bar{r}_n$ , kovarijansom  $\sigma_{ij}$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, n$ , težinskim koeficijentima  $\omega_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ . Rješava se sljedeći problem:

$$\min \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n \omega_i \omega_j \sigma_{ij}$$

$$\sum_{i=1}^n \omega_i \bar{r}_i = \bar{r}_\pi$$

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1.$$

Problem se rješava uz pomoć Lagranžove funkcije:

$$L(\omega, \lambda_1, \lambda_2) = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n \omega_i \omega_j \sigma_{ij} - \lambda_1 (\sum_{i=1}^n \omega_i \bar{r}_i - \bar{r}_\pi) - \lambda_2 (\sum_{i=1}^n \omega_i - 1)$$

gdje su  $\lambda_1$  i  $\lambda_2$  odgovarajući Lagranžovi množitelji.

Uzimajući u obzir samo dvije nepoznate imamo:

$$L = \frac{1}{2} (\omega_1^2 \sigma_1^2 + \omega_1 \omega_2 \sigma_{12} + \omega_2 \omega_1 \sigma_{21} + \omega_2^2 \sigma_2^2) - \lambda_1 (\bar{r}_1 \omega_1 + \bar{r}_2 \omega_2 - \bar{r}_\pi) - \lambda_2 (\omega_1 + \omega_2 - 1)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \omega_1} = \frac{1}{2} (2\omega_1 \sigma_1^2 + \omega_2 \sigma_{12} + \omega_2 \sigma_{21}) - \lambda_1 \bar{r}_1 - \lambda_2$$

$$\frac{\partial L}{\partial \omega_2} = \frac{1}{2} (\omega_1 \sigma_{12} + \omega_1 \sigma_{21} + 2\omega_2 \sigma_2^2) - \lambda_1 \bar{r}_2 - \lambda_2$$

Kako je  $\omega_{12} = \omega_{21}$  i izjednačavajući sa nulom:

$$\omega_1 \sigma_1^2 + \frac{1}{2} \omega_2 \sigma_{12} + \frac{1}{2} \omega_2 \sigma_{21} - \lambda_1 \bar{r}_1 - \lambda_2 = 0$$

$$\frac{1}{2} \omega_1 \sigma_{12} + \frac{1}{2} \omega_1 \sigma_{21} + \omega_2 \sigma_2^2 - \lambda_1 \bar{r}_2 - \lambda_2 = 0.$$

Na ovaj način se dobije sistem jednačina sa 4 nepoznate.

Problem optimizacije koji se rješava jeste:

$$\min \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n \omega_i \omega_j \sigma_{ij}$$

$$\sum_{i=1}^n \omega_i \bar{r}_i = \bar{r}_\pi$$

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1.$$

$$\omega_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n.$$

Na osnovu očekivanog prinosa, varijanse i kovarijanse može se izračunati portfolio sa minimalnim varijansom. Svi oni portfoliji koji se nalaze na granicama minimalne varijanse, od globalnog portfolija sa minimalnom varijansom pa prema gore, obezbjeđuju najbolje rizik prinos karakteristike i ulaze u skup efikasnog portfolija. Tematika kojom se bavi ovaj rad jeste dobijanje optimalnog portfolija investicionih fondova u Republici Srpskoj i Republici Srbiji.

## 3. PRIMJENA MARKOVICOVOG MODELA NA PORTFOLIO IF

Investicioni fondovi su institucije kolektivnog ulaganja u okviru kojih se prikupljaju novčana sredstva.

### 3.1. Republika Srpska

Nastanak investicionih fondova u Republici Srpskoj neraskidivo je vezan za proces privatizacije državnog kapitala. U toku privatizacije u Republici Srpskoj osnovano je 13 privatizacionih investicionih fondova kojima je upravljalo 13 društava za upravljanje. Stupanjem na snagu Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o investicionim fondovima u oktobru 2015. godine, svi zatvoreni investicioni fondovi su do kraja 2018. godine uspešno preoblikovani u otvorene, a njihovi akcionari su nakon preoblikovanja postali vlasnici udjela novoosnovanih otvorenih investicionih fondova. Za formiranje portfolija najbitniji je pažljiv odabir odgovarajućih akcija. U Republici Srpskoj su odabrani sljedeći IF:

- Profit Plus,
- VB,
- Euroinvestment i
- Aktiva Invest.

Period posmatranja i analize poslovanja je od 2019. do 2022. godine, period permakrize.

❖ Analiza poslovanja fonda Profit Plus

| Očekivani prinos      | Procentom |
|-----------------------|-----------|
| 0.1513                | 15.13%    |
| Varijansa             |           |
| 0.0921                | 9.21%     |
| Standardna devijacija |           |
| 0.3035                | 30.35%    |

Tabela1. Očekivani prinos, varijansa i standardna devijacija fonda Profit Plus

❖ Analiza poslovanja fonda VB

| Očekivani prinos      | Procentom |
|-----------------------|-----------|
| 0.023                 | 2.3%      |
| Varijansa             |           |
| 0.0119                | 1.19%     |
| Standardna devijacija |           |
| 0.1089                | 10.89%    |

Tabela 2. Očekivani prinos, varijansa i standardna devijacija fonda VB

❖ Analiza poslovanja fonda Euroinvestment

| Očekivani prinos      | Procentom |
|-----------------------|-----------|
| 0.1548                | 15.48%    |
| Varijansa             |           |
| 0.0233                | 2.33%     |
| Standardna devijacija |           |
| 0.1526                | 15.26%    |

Tabela 3. Očekivani prinos, varijansa i standardna devijacija fonda Euroinvestment

❖ Analiza poslovanja fonda Aktiva Invest

| Očekivani prinos      | Procentom |
|-----------------------|-----------|
| 0.3574                | 35.74%    |
| Varijansa             |           |
| 0.0050                | 0.5%      |
| Standardna devijacija |           |
| 0.0710                | 7.1%      |

Tabela 3. Očekivani prinos, varijansa i standardna devijacija fonda Euroinvestment.

Koristeći Excel I funkciju SOLVE, dobijeni su sljedeći rezultati za optimalni portfolio:

|                       | Profit Plus | VB     | Euroinvestment | Aktiva Invest |
|-----------------------|-------------|--------|----------------|---------------|
| Težinski koeficijenti | 26.99%      | 29.07% | 26.93%         | 17.01%        |
| Očekivani prinos      | 15.13%      | 2.30%  | 15.48%         | 35.74%        |
| Kovarijanska matrica  |             |        |                |               |
| Profit Plus           | 0.0921      | 0.0331 | 0.0463         | 0.0215        |
| VB                    | 0.0331      | 0.0119 | 0.0166         | 0.0077        |
| Euroinvestment        | 0.0463      | 0.0166 | 0.0233         | 0.0108        |
| Aktiva Invest         | 0.0215      | 0.0077 | 0.0108         | 0.0050        |
| Varijansa             | 0.51        | 0.57   | 1.09           | 0.70          |
| Prinos                | 4.08%       | 0.67%  | 4.17%          | 6.08%         |

|                       | Portfolio |
|-----------------------|-----------|
| Varijansa             | 2.86      |
| Standardna devijacija | 1.69      |
| Prinos                | 15.00%    |
| Target prinos         | 15.00%    |

Slika1. Optimalan portfolio na osnovu akcija izabranih fondova– Republika Srpska

Ukupan prinos portfolia je 15% odakle 4.08% doprinosi ulaganje 26.99% sredstava u akcije fonda Profit Plus, 0.67% doprinosi ulaganje 29.07% sredstava u akcije fonda VB, 4.17% doprinosi ulaganje 26.93% sredstava u akcije fonda Euroinvestment i 6.08% doprinosi ulaganje 17.01% sredstava u akcije fonda Aktiva Invest.

Rizik portfolia se procjenjuje na 2.86%, dok standardno odstupanje iznosi 1.69%.

### 3.2. Republika Srbija

Uslovi za rad investicionih fondova u Srbiji stvoreni su tek 2006. godine, nakon donošenja Zakona o investicionim fondovima, što je deset godina kašnjenja u odnosu na zemlje regiona.

Početkom 2007. godine u Srbiji su počeli da funkcionišu prvi otvoreni investicioni fondovi. Te godine dozvolu za rad, od strane Komisije za HOV, dobilo je 6 otvorenih investicionih fondova čija je ukupna bilansna aktiva na kraju 2007. iznosila 4012,1 miliona dinara.

Investicioni fond Delta plus je počeo sa radom u martu 2007. godine i to je prvi IF u Srbiji. Danas, u Republici Srbiji posluje 26 IF.

Izabrani fondovi na teritoriji Republike Srbije za optimalni portfolio su:

- Intesa Invest gotovinski dinar
- KomBank DEVIZNI FOND
- KomBank NOVČANI FOND
- WVP CASH.

❖ Analiza poslovanja fonda Invest gotovinski dinar

| Očekivani prinos      | Procentom |
|-----------------------|-----------|
| 0.0214                | 2.14%     |
| Varijansa             |           |
| 0.000048              | 0.0048%   |
| Standardna devijacija |           |
| 0.0069                | 0.69%     |

Tabela 5. Očekivani prinos, varijansa i standardna devijacija fonda Invest gotovinski dinar

❖ Analiza poslovanja fonda KomBank DEVIZNI FOND

| Očekivani prinos      | Procentom |
|-----------------------|-----------|
| 0.0165                | 1.65%     |
| Varijansa             |           |
| 0.0002                | 0.02%     |
| Standardna devijacija |           |
| 0.0136                | 1.36%     |

Tabela 6. Očekivani prinos, varijansa i standardna devijacija fonda KomBank DEVIZNI FOND

❖ Analiza poslovanja fonda KomBank NOVČANI FOND

| Očekivani prinos      | Procentom |
|-----------------------|-----------|
| 0.0199                | 1.99%     |
| Varijansa             |           |
| 0.000035              | 0.0035%   |
| Standardna devijacija |           |
| 0.0059                | 0.59%     |

Tabela 7. Očekivani prinos, varijansa i standardna devijacija fonda KomBank NOVČANI FOND

❖ Analiza poslovanja fonda WVP CASH

| Očekivani prinos      | Procentom |
|-----------------------|-----------|
| 0.0659                | 6.59%     |
| Varijansa             |           |
| 0.000014              | 0.0014%   |
| Standardna devijacija |           |
| 0.0038                | 0.38%     |

Tabela 8. Očekivani prinos, varijansa i standardna devijacija fonda WVP CASH

Koristeći Excel i funkciju SOLVE, dobijeni su sljedeći rezultati za optimalni portfolio:

|                       | Intesa Invest cash dinar | KomBank DEVIZNI FOND | KomBank NOVČANI FOND | WVP CASH |
|-----------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------|
| Težinski koeficijenti | 17.79%                   | 23.75%               | 34.46%               | 34.00%   |
| Očekivani prinos      | 2.34%                    | 1.63%                | 1.99%                | 6.39%    |

|                          | Intesa Invest cash dinar | KomBank DEVIZNI FOND | KomBank NOVČANI FOND | WVP CASH |
|--------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------|
| Kovarijancijska matrica  |                          |                      |                      |          |
| Intesa Invest cash dinar | 0.000046                 | 0.000094             | 0.000041             | 0.000026 |
| KomBank DEVIZNI FOND     | 0.000094                 | 0.000184             | 0.000080             | 0.000051 |
| KomBank NOVČANI FOND     | 0.000041                 | 0.000080             | 0.000035             | 0.000022 |
| WVP CASH                 | 0.000026                 | 0.000051             | 0.000022             | 0.000014 |
| Varijansa                | 0.38%                    | 0.37%                | 0.32%                | 0.37%    |
| Standardna devijacija    | 0.38%                    | 0.39%                | 0.49%                | 2.24%    |

Slika2. Optimalan portfolio na osnovu akcija izabranih fondova– Republika Srbija

Ukupan prinos portfolia je 3.50% odakle 0.38% doprinosi ulaganje 17.79% sredstava u akcije fonda Intesa Invest gotovinski dinar, 0.39% doprinosi ulaganje 23.75% sredstava u akcije fonda KomBank DEVIZNI FOND, 0.49% doprinosi ulaganje 34.46% sredstava u akcije fonda KomBank NOVČANI FOND i 2.24% doprinosi ulaganje 34.00% sredstava u akcije fonda WVP CASH.

Rizik portfolia se procjenjuje na 2.86%, dok standardno odstupanje iznosi 1.69%.

#### 4. KOMPARACIJA TRŽIŠTA IF REPUBLIKE SRBIJE I REPUBLIKE SRPSKE

| Godina | Neto vrijednost imovine IF (milioni evra) |                  | Razlika |
|--------|-------------------------------------------|------------------|---------|
|        | Srbija                                    | Republika Srpska |         |
| 2010.  | 11,24                                     | 190,60           | -179.36 |
| 2011.  | 16,35                                     | 180,03           | -163.68 |
| 2012.  | 21,42                                     | 174,66           | -153.24 |
| 2013.  | 47,11                                     | 166,01           | -118.9  |
| 2014.  | 76,80                                     | 162,36           | -85.56  |
| 2015.  | 140,65                                    | 151,95           | -11.30  |

|       |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|
| 2016. | 170,85 | 124,68 | 46.17  |
| 2017. | 212,25 | 123    | 89.25  |
| 2018. | 234,75 | 111,70 | 123.05 |
| 2019. | 376    | 92,49  | 283.51 |
| 2020. | 440    | 77,94  | 362.06 |
| 2021. | 641    | 80,78  | 560.22 |
| 2022. | 534    | 88,60  | 445.40 |

Tabela 9. Kretanje neto vrijednosti imovine IF u Republici Srbiji i Republici Srpskoj od 2010. do 2022. godine.

Jedan od najvažnijih parametara uspješnosti poslovanja IF jeste neto vrijednost imovine. Kao posmatrani period za upoređivanje uzeli smo period od 2010. do 2022. godine. Na osnovu tabele vidljivo je da je NVI IF u Srbiji od 2010. do 2021. godine u stalnom rastu. NVI je porasla sa 11,24 miliona evra u 2010. godini na 214 miliona evra u 2021. godini. Na osnovu navedenih podataka vidljivo je da se tržište investicionih fondova u Srbiji oporavilo od svjetske ekonomske krize iz 2008. godine. Negativnih uticaja permakrize (KOVID-19 i rata u Ukrajini) na tržište IF nije bilo (od 2019. do 2021. godine) zbog pravovremenih zakonskih propisa Republike Srbije i velikog broja domaćih investitora koji su svoja sredstva uložili u IF. Uticaji perma krize su se osjetili u 2022. godini kada je NVI pala sa 641 na 534 miliona evra, što je pad za 17%.

Što se tiče NVI IF u Republici Srpskoj ona bilježi konstantan pad od 2010. godine kada je iznosila 190,66 miliona evra na 80,78 miliona evra u 2021. godini, što je pad za 57%. Razlog drastičnog pada NVI IF u Republici Srpskoj leži u tome što se tržište IF nije oporavilo od svjetske ekonomske krize, nedostataka velikih domaćih institucionalnih investitora, podijeljenosti tržišta na dva entiteta, nesklonosti stanovništva i preduzeća ka ulaganju u IF, slaboj informisanosti potencijalnih investitora i nesprenosti tržišta IF na perma krizu. Oporavak tržišta IF u Republici Srpskoj vidljiv je u 2022. godini kada je neto vrijednost imovine porasla sa 80,78 na 88,60 miliona evra, što je povećanje za 10%.

| Godina | Prosječna vrijednost investicione jedinice IF (izražena evrima) |                  |
|--------|-----------------------------------------------------------------|------------------|
|        | Srbija                                                          | Republika Srpska |
| 2010.  | 6.33                                                            | 5.32             |
| 2011.  | 8.17                                                            | 5.01             |
| 2012.  | 9.22                                                            | 4.74             |
| 2013.  | 10.42                                                           | 4.31             |
| 2014.  | 8.76                                                            | 4.09             |
| 2015.  | 8.98                                                            | 3.73             |
| 2016.  | 9.41                                                            | 2.88             |
| 2017.  | 9.38                                                            | 2.11             |
| 2018.  | 9.15                                                            | 1.95             |
| 2019.  | 9.82                                                            | 2.47             |
| 2020.  | 9.81                                                            | 2.41             |
| 2021.  | 10.77                                                           | 3.08             |
| 2022.  | 10.02                                                           | 4.04             |

Tabela 10. Kretanje prosječne vrijednosti investicione jedinice IF u Republici Srbiji i Republici Srpskoj od 2010. do 2022.

Na osnovu podataka iz tabele o kretanju prosječne vrijednosti investicione jedinice na tržištu IF u Srbiji, vidljivo je da je u posmatranom periodu došlo do rasta. U 2010. godini vrijednost prosječne IF bila je 6,22 evra, a u 2022. 10,02 evra, što je povećanje za 58 %. U posmatranom periodu došlo je i do povećanja broja IF sa 16 koliko ih je bilo u 2010. na 26 IF koliko ih posluje danas. Ovi pokazatelji ukazuju na to da IF zauzimaju svoje mjesto u finansijskom sistemu Srbije, kao jedan od bitnih činilaca privrednog razvoja.

Prosječna vrijednost investicionih jedinica IF u Republici Srpskoj u posmatranom periodu bilježi značajan pad od 5,32 evra u 2010. na 4,04 evra u 2022. godini, što je pad za 24%. Kada tome dodamo da se smanjio broj investicionih fondova u posmatranom periodu, sa 17 IF na 15 IF, i značajnom smanjenju učešća IF u aktivni finansijskog sektora Republike Srpske, može se zaključiti da IF u Republici Srpskoj ipak zaostaju u odnosu na Srbiju. Na osnovu izvršene analize može se zaključiti da je, iako nedovoljno razvijen, srpski sektor investicionih fondova ipak razvijeniji u odnosu na isti sektor u Republici Srpskoj. Postoji nekoliko osnovnih pokazatelja koji to potvrđuju:

1. Iako je uspostavljen kasnije na finansijskom tržištu (pet godina nakon Republike Srpske) više je napredovao, razvijeniije tržište kapitala.

2. Veći broj investicionih fondova (26 naspram 15 u Republici Srpskoj),

3. Šira mogućnost izbora potencijalnim investitorima (raznovidnost strukture investicionih fondova) i

4. Veća vrijednost imovine IF.

## 5. ZAKLJUČAK

Sudeći po većini relevantnih pokazatelja, investicioni fondovi, u analiziranim zemljama, danas ne predstavljaju značajan dio finansijskog sistema i zbog prirode svog nastanka ne daju značajan doprinos ekonomskom razvoju. Na osnovu ukupnih rezultata istraživanja, može se zaključiti da investicioni fondovi u Republici Srpskoj i Srbiji imaju perspektivu, ali pod određenim uslovima. Njihov razvoj treba da prati uspješan nastavak aktivnosti restrukturiranja portfolija, unapređenje poslovanja kompanija za upravljanje, povećanje aktivnosti bankarskog sektora i sektora osiguranja na tržištu kapitala, kao i povećanje kvaliteta eminentnih hartija od vrijednosti. Samo ispunjavanjem navedenih pretpostavki domaći investicioni fondovi moći će efikasno funkcionisati i ostvariti svoju ulogu jednog od pokretača ekonomskog razvoja Republike Srpske i Srbije.

Matematički modeli za optimizaciju portfolija su korisni za dobijanje optimalnog portfolija, ali nisu u potpunosti autoritativni i ne moraju nužno dovesti do optimalnog rješenja. Koristeći Markovcov model optimizacije, mogu se dobiti smjernice za potencijalno dobar sistem kapitalnih ulaganja, ali to ne znači da ćemo na taj način dobiti najoptimalnije rješenje. Varijable kao što su sklonost investitora ka riziku, politički, društveni i ekonomski uslovi u zemlji, događaji u svijetu (ratovi, prirodne katastrofe, pandemije,...) predstavljaju faktore

koji značajno određuju optimalnost portfolija, a na koje se ne može uticati. u velikoj meri. niti ih možemo predviđjeti.

## 6. LITERATURA

- [1] Anđelić G., Đaković V. : “*Osnove investicionog menadžmenta*”, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2010. godina,
- [2] Markowitz H. : “*The Journal of finance*”, Vol. 7, No. 1, American Finance Association, 1952. godina,
- [3] Zlobec S., Petrić J. : “*Nelinearno programiranje*”, Beograd i Montreal, April 1989. godine.
- [4] Lužanin Z. : “*Matematički modeli u ekonomiji*”, Departman za matematiku i informatiku, Prirodno-matematički fakultet, pisani material 2007. godina,
- [5] Komisija za hartije od vrijednosti Republike Srpske : “*Izveštaji o stanju na tržištu HOV, radu i poslovanju komisije za HOV*”, Banjaluka (2010-2022.),
- [6] Komisija za hartije od vrijednosti Republike Srbije : “*Izveštaji o stanju na tržištu HOV, radu i poslovanju komisije za HOV*”, Beograd (2010-2022.).

## 6. LITERATURA

- [1] Anđelić G., Đaković V. : “*Osnove investicionog menadžmenta*”, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2010. godina,
- [2] Markowitz H. : “*The Journal of finance*”, Vol. 7, No. 1, American Finance Association, 1952. godina,
- [3] Zlobec S., Petrić J. : “*Nelinearno programiranje*”, Beograd i Montreal, April 1989. godine.
- [4] Lužanin Z. : “*Matematički modeli u ekonomiji*”, Departman za matematiku i informatiku, Prirodno-matematički fakultet, pisani material 2007. godina,
- [5] Komisija za hartije od vrijednosti Republike Srpske : “*Izveštaji o stanju na tržištu HOV, radu i poslovanju komisije za HOV*”, Banjaluka (2010-2022.),
- [6] Komisija za hartije od vrijednosti Republike Srbije : “*Izveštaji o stanju na tržištu HOV, radu i poslovanju komisije za HOV*”, Beograd (2010-2022.).

## Kratka biografija:



**Sonja Nedić (rod. Vasić)** rođena je u Mrkonjić Gradu (Republika Srpska) 1992. godine Osnovne studije završila je 2016. na PMFu u Banjoj Luci, studentski program matematika i informatika, nastavni smjer.



**ANALIZA I IMPLEMENTACIJA KNJIGE POLJA U OBLIKU GEOPORTALA**  
**ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF THE FIELD BOOK IN THE FORM OF A**  
**GEOPORTAL**

Andela Radišić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GEODEZIJA I GEOINFORMATIKA**

**Kratak sadržaj** – U radu su analizirane teorijske osnove rješenja knjige polja. Analiza obuhvata model podataka i kreiranje jednog modela za slučaj knjige polja. Analizirana je mogućnost primjene sa praktičnim primjerima podataka koji sadrže rasterske i vektorske podatke, kroz implemetaciju i publikovanje takvih podataka na Geoportalu. Rješenje je dokumentovano.

**Ključne reči:** *Knjiga polja, Geoportal, Angular, GeoServer, PostgreSQL, PostGIS*

**Abstract** – *This paper describes the theory behind solutions of the field book. The analysis includes the data model and the creation of a model for the field book case. The possibility of application was analyzed with practical examples of data containing raster and vector data, through the implementation and publication of such data on the Geoportal. The solution was documented.*

**Keywords:** *Field Book, Geoportal, Angular, GeoServer, PostgreSQL, PostGIS*

**1. UVOD**

Predmet istraživanja u ovom radu odnosi se na kreiranje Geoportala koji će služiti kao digitalna knjiga polja. Modelovana je geoprstorna baza podataka kroz *PostgreSQL + PostGIS*, razvijen je geoportal upotrebom *Angulara*, a povezani su kroz servise i *GeoServer*. Kreirani Geoportal omogućava korisniku prikaz, izmjenu i manipulaciju podacima.

**2. TEHNOLOGIJE I STANDARDI ZA RAZVOJ TROSLOJNE ARHITEKTURE**

Troslojna arhitektura distribuiranog GIS sistema sastoji se iz slojeva: sloj podataka (sadrži podatke u bazi podataka ili sistemskoj datoteci); sloj servisa (kreira servise koji implementiraju *OGC* interfejs *WMS, WFS, WCS, WPS*, itd) koji posreduju između sloja podataka i aplikativnog sloja tako što na zahtjev korisnika pristupaju sloju podataka, preuzimaju podatke, vrše obradu i isporučuju podatke korisniku; aplikativni sloj koji predstavlja skup aplikacija koje pristupaju servisima (ove aplikacije se mogu izvršavati u internet pretraživaču ili kao softverske aplikacije koje imaju podršku za *OGC* interfejs [1].

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Dušan Jovanović.

**2.1. Geoprstorni podaci**

Geopodaci i geoinformacije dobijene kroz kombinovanje geopodataka opisuju teritoriju i njene karakteristike upotrebom prostorno referenciranih podataka kao što su koordinate, poštanske adrese, nazivi naselja i slično [1].

Podaci u digitalnoj kartografiji dostupni su iz različitih izvora, a često postoje u standardnim GIS formatima dostupni za preuzimanje preko internet servisa ili se generišu premjerom [2].

Geokodiranje predstavlja proces preuzimanja tekstualnog opisa lokacije, kao što je adresa ili naziv mjesta i konvertovanje tog opisa u geografske koordinate, najčešće u obliku geografska širina i dužina putem kojih se identifikuje lokacija na površini Zemlje. Postoji i obrnuta operacija, inverzno geokodiranje.

**2.2. Baza podataka**

Baza podataka predstavlja kolekciju strukturiranih podataka. Baze podataka su najčešće veliki skupovi podataka organizovanih u obliku tabela [2].

Sistem za upravljanje bazom podataka je softver koji upravlja strukturom i kontroliše pristup podacima uskladištenim u bazi. Ovaj sistem omogućuje definisanje baze podataka, kreiranje baze podataka, manipulaciju bazom podataka, vršenje upita i ažuriranje baze podataka [3].

Prostorna baza podataka je baza podataka koja podržava poseban tip podataka u okviru tabela odnosno moguće je zadati atribut koji je predstavljen kolonom u tabeli tako da definiše geometriju tj. prostorni podatak [2].

Prostorne baze omogućavaju ne samo klasične, već i prostorne upite, kao i prostorno indeksiranje podataka koristeći neki od deklarativnih jezika, kao što je *SQL*. Prostorne baze su sistemi za skladištenje prostornih podataka, ali su ujedno i relacione baze [2].

*PostgreSQL* je sistem za upravljanje bazom podataka otvorenog koda koji koristi i proširuje *SQL* jezik kombinovan sa mnogim mogućnostima za sigurno skladištenje najkomplikovanijih vrsta podataka. Izvršava se na svim značajnim operativnim sistemima i posjeduje moćna proširenja kao što je *PostGIS* proširenje za geoprstorne baze podataka [4].

*PostGIS* implemetira *OGC* model geometrije u *PostgreSQL* bazi kao tipove podataka: geometrijski i geografski [5].

### 2.3. ETL alati - Safe Software FME

Koncept *ETL* (engl. *Extract-Transform-Load*) pruža zapis podataka iz različitih izvora u bazu podataka. Ekstrakcija podataka, kao prva stavka, podrazumijeva prikupljanje podataka iz raznih izvora. Ova faza se odnosi i na čišćenje podataka.

Druga faza je transformacija podataka i odnosi se na pripremu podataka na smještanje u bazu. Podaci se konvertuju upotrebom različitih pravila, uz verifikaciju i standardizaciju. Učitavanje podataka, kao posljednja faza, podrazumijeva smještanje podataka u bazu u relanom vremenu ili u unaprijed zadato vrijeme putem severa [1].

*Safe Software FME Workbench* je fleksibilno rješenje za prevođenje, transformisanje i integraciju geoprostornih podataka u različite formate i u različite aplikacije [1].

### 2.4. GeoServer

*GeoServer* je internet server otvorenog koda koji omogućava serviranje mapa i podataka iz različitih formata ka klijentima kao što su internet pretraživači i GIS softveri. Podaci su objavljuju putem standarda baziranim na interfejsima kao što su *WMS*, *WFS*, *WCS*, *WPS* i drugi. Osnovno svojstvo *GeoServer*-a je serviranje podataka iz različitih izvora, kao što su vektorski podaci (*Shapefile*, eksterni *WFS*, *PostGIS*, *ArcSDE* i drugi) i različiti rasterski podaci (*GeoTIFF*, *JPG*, *PNG* (sa *world* datotekom), *GDAL*, mozaik itd) [6].

### 2.5. Geoportal

Geoportal predstavlja polaznu tačku do geoprostornih sadržaja na internetu. Geoportal je mjesto na kojem se organizuju sadržaji i servisi poput direktorijuma, alata za pretraživanje, podataka i aplikacija. Oni obezbjeđuju vršenje upita nad metapodacima u cilju pronalaska bitnih podataka i servisa, te direktno povezuju sa sadržajem samog servisa na internetu [1].

GIS aplikacije putem geoportala dobijaju sposobnosti pretrage, mapiranja, publikovanja i administracije geoprostornih informacija. Pretraga se vrši putem prostornih i atributskih filtera. Mapiranje predstavlja vizuelizaciju pronađenog sadržaja. Ako sadržaj potiče sa različitih servisa, rezultat se grupiše u jedinstvenu mapu [1].

Tehnologije korišćene za izradu geoportala:

- *Eclipse/Spring Tool Suite* – razvojno okruženje;
- *NodeJS* – *JavaScript runtime*;
- *Angular* – okruženje za *front end* razvoj;
- *Angular Material* – biblioteka za razvoj grafičkog korisničkog interfejsa;
- *OpenLayers* – grafička biblioteka za rad sa geoprostornim podacima;
- *GeoServer* – server za geopodatke koji podržava *OGC* standarde;
- *Spring Boot* – okruženje za *back end* razvoj.

## 3. STUDIJA SLUČAJA

Pri izradi ovog rada proučeno je više rješenja tzv. knjige polja odnosno evidencije o parcelama u posjedu poljoprivrednika za koje je potrebno voditi određene evidencije, od opštih informacija do informacija vezanih za aktivnosti na parceli.

### 3.1. Knjiga polja individualnih poljoprivrednika

Knjiga polja individualnih poljoprivrednika predstavlja dokument donesen od strane Instituta za primjenu nauke u poljoprivredi pod okriljem Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije.

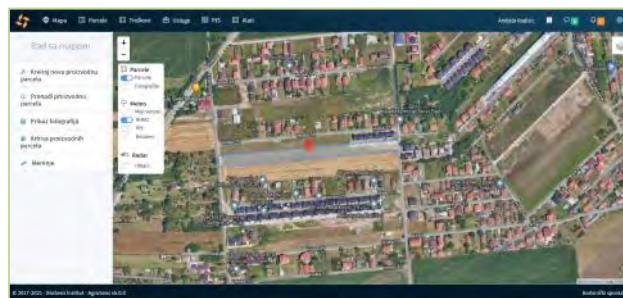
Knjiga polja namijenjena je individualnim poljoprivrednicima za vođenje kompletne evidencije o biljnoj proizvodnji iz oblasti ratarstva i povrtarstva. Knjiga polja omogućava jednostavan unos i analizu podataka o primjenjenim agrotehničkim mjerama, utrošenim sredstvima i ostvarenim prihodima u višegodišnjem periodu. Na osnovu unijetih podataka, proizvođači mogu da sagledaju i poboljšaju proizvodnju na svojim parcelama [7].

U Knjigu polja unose se podaci o individualnom poljoprivredniku, biljnoj proizvodnji vezanoj za određenu parcelu, analizi zemljišta, godini, usjevu, sorti/hibridu, predusjevu, obradi zemljišta, troškovima proizvodnje, prodaji, prihodima proizvodnje [7].

Zemljište koje se koristi u poljoprivrednoj proizvodnji izloženo je različitim promjenama. Sadržaj hraniva u zemljištu se smanjuje: prinosom, ispiranjem u dublje slojeve van domašaja korijenovog sistema, erozijom i gasovitim putem (azot). Gajene biljke, za svoj rast i razviće koriste iz zemljišta mineralne materije, koje predstavljaju njihovu hranu. Od strane biljaka najviše se usvajaju azot, fosfor i kalijum. Njihov sadržaj se obavezno određuje pri standardnoj kontroli plodnosti zemljišta [7].

### 3.2. AgroSens

Od digitalnih rješenja, proučena je platforma *AgroSens* razvijena od strane *BioSense* instituta u Novom Sadu. Ideja ove platforme jeste da svim domaćim poljoprivrednicima stavlja na raspolaganje satelitske, meteorološke i druge podatke i pruža mogućnost da elektronski, profesionalno i efikasno vode svoje gazdinstvo. Ova platforma je besplatna za korišćenje i poljoprivrednicima omogućava brz i jednostavan pristup podacima i naučnim rezultatima ostvarenim od strane *BioSense* instituta [8].

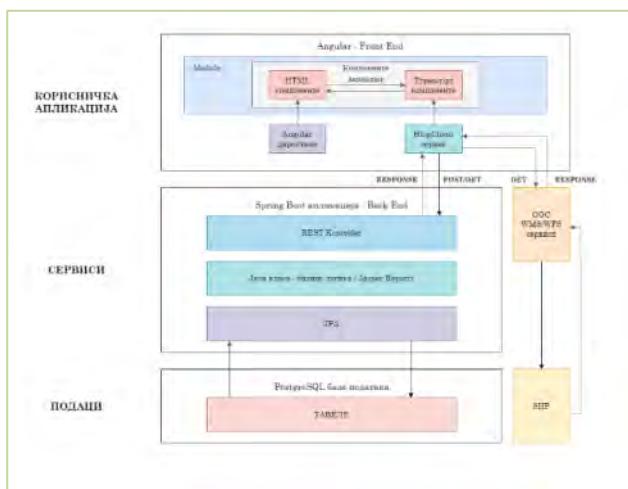


Slika 1. AgroSens platforma

Platforma ima više funkcionalnosti, poput pretrage prikaza i unosa parcela putem digitalne mape, meteorološke podatke, računanje troškova, podatke o realizovanim uslugama, alate za različite proračune (količina đubriva, kalkulacija gubitaka univerzalnih žitnih kombajna, razmak sjetve itd.) [8].

#### 4. PRAKTIČNI DIO RADA

Kreirani Geoportal baziran je na troslojnoj arhitekturi koja je prikazana dijagramom na slici (Slika 2).



Slika 2. Troslojna arhitektura

Ovakve aplikacije se projektuju kao klijent-server aplikacije te je neophodno da klijent i server komuniciraju preko određenog protokola – *HTTP/HTTPS* protokol uz upotrebu *REST* pristupa. Podaci koji se razmjenjuju između servera i klijenta su u *JSON* formatu. Serverski dio rješenja oslanja se na *Java* programski jezik uz korišćenje *Spring Boot* okvira koji postavlja i podiže aplikaciju. *JPA* (engl. *Java Persistence API*) se koristi za upravljanje podacima iz *PostgreSQL* baze podataka. *JPA* je specifikacija programskog interfejsa za *Java* aplikacije koja opisuje upravljanje relacionim podacima u aplikacijama. Serverski dio softverskog rješenja naziva se *back end* i kao rezultat obezbjeđuje *REST* servise. U serverski dio ubraja se i *GeoServer* koji obezbjeđuje implementaciju *OGC* servisa (koji su takođe *REST* servisi), a služi za prostorne podatke.

Klijentski dio softverskog rješenja realizovan je upotrebom *Angular* okvira i njegovih priključaka. Aplikacija se sastoji od mnoštva komponenti čiji je izgled opisan *HTML*-om, dok je funkcionalnost opisana skriptom. Klijentski dio aplikacije naziva se *front end*. Za sloj podataka korištena je *PostgreSQL* baza podataka sa prostornim proširenjem *PostGIS*, a geoprostorni podaci su u formi *\*.shp* datoteka. Šemom baze podataka zadati su tipovi podataka i veze među njima. Realizovan je konceptualni model šeme baze (**Error! Reference source not found.**) podataka kroz softverski paket *Enterprise Architect*. Za povezivanje tabela od interesa korišćene su relacije asocijacije. Tabele su generisane kroz *DDL* (engl. *Data Definition Language*). *DDL* predstavlja skript datoteku sa naredbama za kreiranje tabela i ograničenja nad tabelama, kao i asocicijama između njih, te su izvršavanjem te datoteke u *PostgreSQL*-u kreirane tabele spremne za unos podataka.

#### 4.1. Kreiranje tabela

Za praćenje poljoprivredne proizvodnje, kreirane su sljedeće tabele:

- Poljoprivrednik – sa atributima vezanim za ime i prezime vlasnika/korisnika, ukupnim brojem polja i ukupnom površinom parcela u njegovom posjedu;
- Obračun – sa atributima koji se odnose na troškove, prodaju i prihod, te vezom na poljoprivrednika;
- Parcela – sa atributima za naziv parcele, katastarskim brojem, katastarskom opštinom, opštinom, površinom, tipom zemljišta i geometrijom tipa poligona, te vezom na poljoprivrednika;
- Aktivnosti – sa atributima nazivom aktivnosti, datuma kada je izvršena, opisom aktivnosti, dubinom izraženom u centimetrima i troškom, te vezom na parcelu;
- Proizvodnja – sa atributima vezanim za godinu proizvodnje, usjev, sortu i predusjev na parceli, te vezu sa parcelom;
- Analiza zemljišta – sa atributom šifrom uzorka, bonitetnom klasom zemljišta, geometrijom tipa tačke vezanom za tačku uzorkovanja zemljišta, te vezom na parcelu;
- Hemijski sastav – sa atributima o pH vrijednosti zemljišta, količini kalcijum karbonata, humusa, azota, fosfora i kalijuma, datumu vršenja analize, te vezom na analizu zemljišta;
- Mehanički sastav – sa atributima o količini krupnog pijeska, sitnog pijeska, praha, gline, mjernoj jedinici u kojima su količine izražene, teksturnoj klasi kojoj zemljište pripada, kao i vezi na analizu zemljišta;
- Mikroelementi – sa atributima o količini mikroelemenata u zemljištu, a to su: bor, bakar, cink, mangan, željezo i molibden, te mjernoj jedinici u kojoj su izraženi i vezom ka analizi zemljišta;
- Teški metali – sa atributima o količini kadmijuma, olova, arsena, hroma, nikla, kobalta i žive u zemljištu, mjernoj jedinici u kojoj su izraženi, te vezom ka analizi zemljišta;
- Ostale analize – sa atributima o specifičnim analizama, te vezom ka analizi zemljišta.

#### 4.2. Unos podataka u bazu

Unos alfanumeričkih podataka u bazu izvršen je automatski, putem opcije *Import/Export Data* navođenjem putanje do *\*.csv* datoteke u kojoj se nalaze podaci. Unos podataka za tabele koje u sebi nose i geometrijske podatke izvršen je putem *FME*-a (engl. *Feature Manipulation Engine*).

#### 4.3. Servisni sloj – GeoServer

GeoServer je servis koji je iskorišćen kao posrednik između sloja podataka, tako što na zahtjev korisnika pristupa sloju podataka, preuzima podatke, vrši obradu i isporučuje rezultat krajnjem korisniku. Svi slojevi su

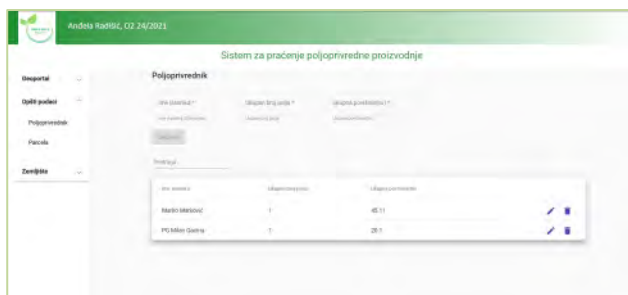
stilizovani upotrebom *SLD* koda. Prikazani su geometrijski podaci (granica parcele, tačke uzorkovanja zemljišta, granice zona bonitetnih klasa zemljišta i rasterski snimak datog područja).

#### 4.4. Geoportal za praćenje poljoprivredne proizvodnje



Slika 3. Početna stranica geoportala

Početna stranica geoportala prikazana je na prethodnoj slici (Slika 3). Izgled tabele vezane za poljoprivrednika prikazan je na slici (Slika 4). Omogućen je unos, izmjena, brisanje i pretraga podataka.



Slika 4. Poljoprivrednik

Kod podataka vezanih za parcele (Slika 5), onemogućen je unos podataka kroz geoportal, ali je moguća pretraga, izmjena i brisanje podataka, kao i pregled geometrijskih podataka na geoportalu.



Slika 5. Parcela

Geometrijskim podacima, poput granice parcele, zona bonitetnih klasa, tačaka uzorkovanja i rastera datog područja moguće je pristupi iz tabele ili iz menija na lijevoj strani Geoportala (Slika 6).



Slika 6. Parcela - inicijalni izgled podataka

Svi slojevi mogu da se pale i gase po želji (Slika 7).



Slika 7. Parcela - svi slojevi na geoportalu

## 5. ZAKLJUČAK

Kreirani geoportal predstavlja interfejs koji omogućava korisnicima da vrše interakciju sa sistemom, a potencijalni korisnici su poljoprivrednici, poljoprivredni stručnjaci i ostali interesanti koji žele da pristupe, pregledaju i analiziraju poljoprivredne podatke. Korisnici dobijaju mogućnost da vode evidenciju o svojim parcelama, finansijama, aktivnostima, proizvodnji, ali i svim analizama koje su vezane za njihovo zemljište.

## 6. LITERATURA

- [1] M. Govedarica, D. Sladić and A. Radulović, *Infrastruktura geoprostornih podataka i geoportali*, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 2018.
- [2] M. Kilibarda and D. Protić, *Geovizuelizacija i Web kartografija*, Beograd: Građevinski fakultet u Beogradu, 2018.
- [3] P. Rigaux, M. Scholl and A. Voisard, *Spatial Databases with Application to GIS*, San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2002.
- [4] PostgreSQL, "About PostgreSQL," The PostgreSQL Global Development Group, [Online]. Available: <https://www.postgresql.org/about/>. [Accessed 10 5 2023].
- [5] PostGIS, "PostGIS 3.3.2 Manual".
- [6] "GeoServer," OSGeo, [Online]. Available: <https://www.osgeo.org/projects/geoserver/>. [Accessed 5 9 2023].
- [7] S. Janković and S. Prodanović, "Knjiga polja individualnih poljoprivrednika," Institut za primenu nauke u poljoprivredi IPN, Beograd.
- [8] "AgroSens," Institut BioSense, [Online]. Available: <https://biosens.rs/themes/agrosens>. [Accessed 10 9 2023].

### Kratka biografija:



**Andela Radišić** rođena je 1998. godine u Derventi, a odrasla je u Bosanskom Petrovcu gdje je i završila gimnaziju 2017. godine. Iste godine upisuje Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, smjer geodezija i geomatika, na kojem diplomira 2021. godine sa temom „Beselova rješenja glavnih geodetskih zadataka na elipsoidu“. Iste godine upisuje master koji završava 2 godine kasnije.

**ИЗРАДА ГЕОПОРТАЛА ВОДОВОДНЕ МРЕЖЕ ЗА ПОДРУЧЈЕ ГРАДА НОВОГ САДА****CREATION OF A GEOPORTAL OF THE WATER SUPPLY NETWORK FOR THE AREA OF THE CITY OF NOVI SAD**Никола Кецић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ГЕОДЕЗИЈА И ГЕОМАТИКА**

**Кратак садржај** – Овим радом приказан је начин трансформације дигиталног катастарског плана, помоћу савремених алата, и учитавања тих података у геопросторну базу података. На самом почетку урађена је анализа дигиталног катастарског плана на основу које је формирана база података у PostgreSQL-у. Подаци су након тога уређени у FME-у, уписани у базу података и објављени на Geo-Server-у. Као последњи корак извршена је израда веб-сајта.

**Кључне речи:** Катастар водова, Базе података, ГИС

**Abstract** – This work shows the way to transform the digital cadastral plan, using modern tools, and uploading that data into the geospatial database. At the very beginning, an analysis of the digital cadastral plan was done, on the basis of which the PostgreSQL database was created. The data were then edited in FME, entered into the database and published on the Geo-Server. As the last step, the website was created.

**Keywords:** Utility Network Cadastre, Databases, GIS

**1. УВОД**

Катастар водова је посебна државна евиденција коју воде службени геодетски органи и која садржи податке о простору, неопходне за функционисање комуналних система у насељеним местима, нарочито у великим градовима.

Захтеви корисника за просторним подацима се у све већој мери не односе само на конвенционална документа у облику карата, планова и слично, већ на ажуриране, геометријски тачне и лако доступне просторне податке у дигиталном облику.

**2. КАТАСТАР ВОДОВА**

Катастар водова јесте основни регистар о водовима и стварним правима на њима.

Катастар водова се оснива на основу података добијених геодетским мерењем водова и техничке документације о водовима.

**2.1 Историјат катастра водова**

Први послови у Србији ван покрајина на устројавању евиденције о водовима и подземним објектима почели

су на подручју града Београда 1955. године. Закон о катастру водова и подземних објеката (1974) регулисао је питање израде и одржавања катастра водова и подземних објеката у Србији ван покрајина.

Од 1992. године Републички геодетски завод, преузимањем покрајинских, градских и општинских геодетских управа, преузима и надлежност за израду и одржавање катастра водова.

Доношењем Закона о државном премеру и катастру 2009. године, катастар водова је дефинисан као основни регистар о водовима и стварним правима на њима [1].

**2.2 Састав катастра водова**

Катастар водова састоји се од:

- Елаборат премера водова;
- Збирка исправа;
- База података.

**2.2.1 Водоводна мрежа**

Низ постројења и појединачних водова (цевовода) који су повезани у систем за добијање воде из различитих природних изворишта, њено пречишћавање и дистрибуција до потрошача назива се водоводна мрежа, или краће водовод.

С обзиром на намену воде, водоводи се деле на: комуналне (за снабдевање водом градова, села и других насељених места), индустријске (за снабдевање индустрије), пољопривредне (за снабдевање пољопривредних површина) и специјалне (пожарне, железничке, аеродромске, за зелене површине и др.).

Цеви водоводне мреже укопавају се на дубини од око 1 m, а и дубље у зависности од рељефа терена и техничких услова. Водоводни уређаји служе за прекидање тока воде, регулисање протока и за испуштање воде.

**2.3 Катастарски план водова и лист водова**

Катастарски план водова јесте дводимензионални приказ водова у равни државне пројекције, и издаје се на основу базе података катастра водова и катастра непокретности у дигиталном или аналогном облику.

Лист водова садржи податке о водовима и стварним правима на њима и издаје се из базе података катастра водова и катастра непокретности у прописаном облику и садржају.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била ванр. проф. др Дубравка Сладић.

## 2.4 Оснивање и одржавање катастра водова

Оснивање и одржавање катастра водова подразумева:

- Упис у катастар водова;
- Провођење промена у катастру водова;
- Подношење захтева за провођење промена на водовима;
- Достављање преглед и пријем елабората.

## 3. ГЕОГРАФСКО ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМ

Географски информациони систем (ГИС) је систем за управљање и креирање просторних података са припадајућим атрибутима. Прва дефиниција ГИС-а јесте: Географски информациони систем је компјутерски систем за прикупљање, анализу и приказивање различитих географских података. [6]

### 3.1 Историјски развој ГИС-а

Развој правог светског операционог ГИС-а догодио се 1967. године у Отави. Формирање је било подстакнуто од стране федералног Министарства енергије, рударства и ресурса. Развио га је Роџер Томлинсон, а назван је „Канадским ГИС-ом“.

ГИС је заправо изникла из активности четири различите области: картографије; компјутерске графике; база података; даљинске детекције (слика 1).



Слика 1. Области које чине ГИС

### 3.2 Основне компоненте ГИС-а

Обавезни делови или елементи географског информационог система помоћу кога се прикупљају и процесирају географске информације су: хардвер; софтвер; базе података; образовани стручњаци; корисници.

### 3.3 Врсте географских података

С обзиром на карактер података, структуру записа, односно њихову организацију, географски информациони системи интегришу следеће типове података:

- Растерске податке;
- Векторске податке;
- Алфа-нумеричке податке;
- Дигитални модел висина.

### 3.4 Извори података ГИС-а

Извори података могу се поделити на примарне и секундарне. Примарни извори се прикупљају у сврху израде ГИС-а, док се секундарни извори прикупљају

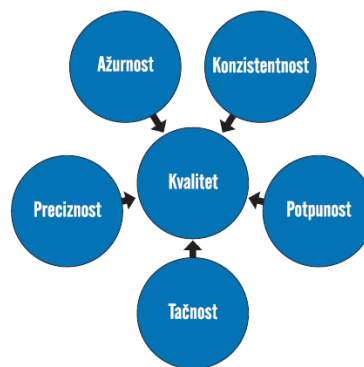
за неку другу сврху.

Постоје разне могућности за прикупљање просторних података у зависности од тога која је врста и квалитет података потребна, односно какви подаци већ постоје. Најчешће методе за аквизицију података су:

- Скенирање аналогних планова за добијање растерских података;
- Дигитализација аналогних мапа за добијање векторских података;
- Конверзија дигиталних података из једног формата у други;
- Прикупљањем нових података премером или картирањем

### 3.5 Квалитет података

Када је реч о подацима, квалитет увек зависи од контекста и сврхе, што значи да подаци могу само да буду одговарајући или неодговарајући за одређену намену. Квалитет података дефинишу следећи параметри: ажурност, конзистентност, потпуност, тачност и прецизност (слика 2).



Слика 2. Параметри квалитета података

## 4. БАЗЕ ПОДАТАКА

### 4.1 Дефиниција и основни концепти базе података

База података је организована колекција логички повезаних података, која обезбеђује флексибилност и сигурност коришћења. Чине је подаци и Систем за Управљање Базама Података (СУБП) односно Database Management System (DBMS). Базе података се користе за прикупљање, чување и манипулацију подацима на основу којих се добијају нове информације.

### 4.2 Историјски развој база података

Настанак база података се везује за Херман-а Холеритх-а. Он је 1884. год пријавио патент-систем за аутоматску обраду података (АОП). АОП је служио за попис становништва у САД.

У периоду од 1970. до 1990. дошло је до развоја хијерархијског, мрежног, релационог и објектног модела база података.

### 4.3 Систем за управљање базама података

Систем за управљање базама података (DBMS - Data Base Management System) је софтверски систем који се користи за креирање, одржавање и манипулисање

подацима, као и за контролу права приступа бази података. Главни задaci DBMS су да: сакрије од корисника физичку репрезентацију података, да обезбеди заштиту и кохерентност података у вишекорисничком окружењу у коме многи корисници истовремено приступају подацима, да обезбеди контролисану редувантност и заштити од неовлашћеног приступа подацима (слика 3).



Слика 3. DBMS

#### 4.4 Моделовање базе података

Поступком селекције идентификују се и чувају само релевантни подаци. Тиме се долази до појма модела података.

Концептуални модел података тежи да открије и анализира податке корисничких захтева и организацију тих података. Битно је утврдити који подаци су битни и које податке треба одржавати. Главна активност у овој фази је идентификовање ентитета, атрибута и њихових односа, како би се конструисао ЕР дијаграм (Entity Relationship Diagram). Моделовање се састоји из три корака, а то су: селекција, именовање и класификација. ЕР дијаграми користе се у првој фази пројектовања информационог система у току анализе захтева да опише потребне информације или тип информација које се чувају у бази података. [9]

Моделовање базе података подразумева да се сви елементи реалног света сврстају у три групе: Ентитети; Атрибути; Везе.

#### 4.5 Модели база података

Системи за управљање базама података могу се поделити у следеће основне моделе: Хијерархијски модел; Мрежни модел; Релациони модел; Објектни модел.

#### 4.6 Израда и одржавање дигиталне базе катастра водова

Републички геодетски завод је 2005. године донео Стручно упутство за израду и одржавање дигиталне базе катастра водова (верзија 1.0) којим се дефинише да се у дигиталној бази катастра водова води евиденција о надземним и подземним водовима са припадајућим постројењима и уређајима за које постоји обавеза прибављања одобрења за изградњу и употребне дозволе и то за: водоводну, канализациону, топловодну, пароводну, електроенергетску, телекомуникациону, нафтоводну, гасоводну и дренажни мрежу.

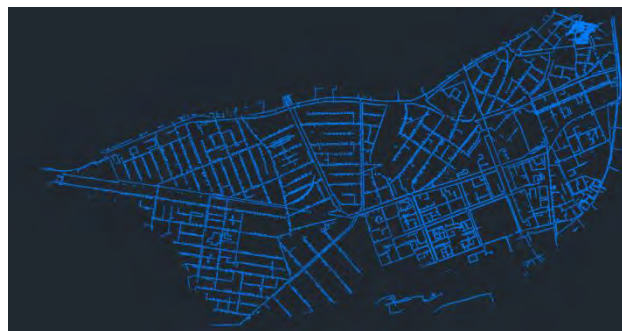
Класе података - дигитална база катастра водова се води уз помоћ објеката груписаних у три класе: тачка; полилинија; полигон.

Сваком објекту се, поштујући унапред дефинисана правила, у дигиталној бази катастра водова додељује

јединствени идентификатор тог објекта у оквиру Републике Србије (скраћено ДПКВИД). РГЗ врши додељивање и одржавање ДПКВИД. [11]

### 5. ПРАКТИЧАН ДЕО РАДА

Задатак овог рада је био да се подаци који се односе на водоводну мрежу катастарске општине Нови Сад 2 (слика 4) унесу у базу података која је претходно креирана у PostgreSQL-у. Попуњавање базе података извршено је помоћу FME-а. Након што је база података попуњена подаци су објављени на GeoServer-у и на самом крају извршена је израда веб-сајта.



Слика 4. Приказ водоводне мреже К.О. Нови Сад 2

#### 5.1 Креирање базе података

PostgreSQL је робустан, објектно-релациони систем за управљање базама података. Графички алат за администрацију и развој PostgreSQL база података, pgAdmin 4, пружа широк спектар могућности.

Покретањем pgAdmin-а 4 било је неопходно конектовати се на сервер, те креирати базу и табеле у оквиру којих ће бити извршено уписивање података.

#### 5.2 Попуњавање базе података

Попуњавање базе података извршено је помоћу FME-а. Најпре су креирани Reader и Writer, након чега су подаци уређени помоћу следећих трансформатора: CoordinateSystemSetter; GeometryFilter; Tester; NeighborFinder; Intersector; LineCombiner; TopologyBuilder; LengthCalculator; AttributeRounder; AttributeCreator; Counter; Aggregator; AttributeManager.

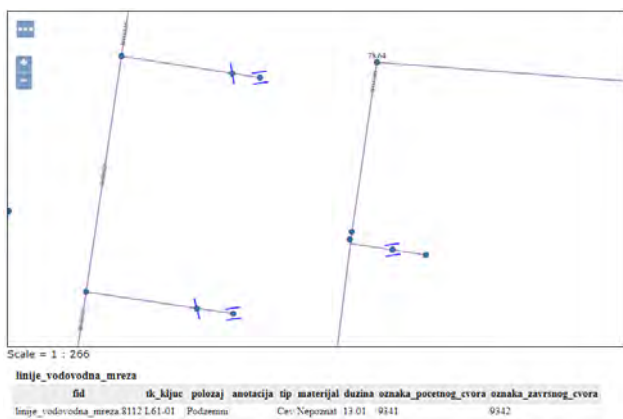
Повезивањем свих трансформатора остварен је услов за покретање трансформације и уписивање података у базу.

#### 5.3 Објављивање података на Geo-Server

За потребе објављивања података на Geo-Server било је неопходно креирати Workspace односно ново радно окружење у које ће бити складиштени подаци. Формирањем Store подаци су увучени и смештени у формираном Workspace.

Да би подаци били приказани на одговарајући начин потребно је након њиховог уноса креирати лејере и изабрати одговарајући стил приказа.

Помоћу линка Layer Preview врши се приказ учитаних лејера (слика 5).



Слика 5. Приказ водоводне мреже

## 5.4 Израда веб-сајта

За израду веб-сајта коришћен је програм Visual Studio Code. Дефинисани су HTML и CSS фајлови у којима су дефинисани основни елементи странице и извршено је њихово уређивање.



Слика 6. Коначан изглед веб-сајта

## 6. ЗАКЉУЧАК

Дигитализација катастра данас је једно од најважнијих питања, јер су дигитални катастарски планови основа за целокупну реформу катастра и ефикасно управљање просторним информацијама.

Израда дигиталног плана катастра водова (ДПКВ) представља приоритетан задатак. Све већа потреба за ДПКВ је оправдана и то из следећих разлога: лакше одржавање тј. провођење промена, могућност повезивања базе података дигиталног плана катастра водова са базом јединствене евиденције, брже и квалитетније издавање података на захтев странака.

Овим радом приказан је начин трансформације дигиталног катастарског плана, помоћу савремених алата, и учтивања тих података у геопросторну базу података. Као последњи корак извршена је израда веб-сајта.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Закон о државном премеру и катастру, "Службени гласник РС", бр. 72/2009, 18/2010, 65/2011, (чл. 29. и 30. нису у пречишћеном тексту), 15/2015 - Одлука УС РС и 96/2015 (чл. 78-81. нису у пречишћеном тексту).*
- [2] Проф.др Манојло Миладиновић, дипл. инж. геод, В. проф. др Загорка Госпавић дипл.инж.геод.: *Два века геодетског*

*развоја геодетског инжењерства Србије, Грађевински факултет у Београду, 2010.*

- [3] Смиљковић Д., Беговић Ј.: *Катастар земљишта и подземних водова*, ISBN-10: 623410009, ISBN-13: 9788623410000, Виша техничка школа, Београд, 1982.
- [4] Владимир Булатовић: *Комунални информациони системи и њихова примена*, Нови Сад, 2013.
- [5] Верка Јовановић: *Елементи географског информационог система*, Зборник радова „ГИС стање и перспективе“, 1996.
- [6] Верка Јовановић, Бранислав Ђурђевић, Зоран Срдић, Угљеша Станковић: *Географски информациони системи*, Универзитет Сингидунум, Београд и Универзитет у Новом Саду, 2012.
- [7] Ulrich Voerkelius, Јелена Главина, Claudia Specht-Mohl, Matthäus Schilcher, Коаутори: Бојан Цветковић, Клара Даниловић, Дејан Петровић: *ГИС приручник за локалне самоуправе*, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Стална конференција градова и општина, Даворин Бајић, Лука Сабљић: *ГИС анализе*, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, 2022.
- [9] Младен Веиновић, Горан Шимић: *Увод у базе података*, Универзитет Сингидунум, Београд, 2010.
- [10] Младен Веиновић, Горан Шимић, Александар Јевремовић, Милан Таир: *Базе Података*, Универзитет Сингидунум, Београд, 2022.
- [11] *Стручно упутство за израду и одржавање дигиталне базе катастра водова* 01 бр. 956-2/05 од 21.04.2005. године

## Кратка биографија:



**Никола Кеџић** рођен је у Кикинди 1995.год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Геопортала и геопросторни сервиси одбранио је 2023. године.

контакт: kecic.nikola23@gmail.com

**SENZORSKI SISTEM ZA MONITORING KVALITETA VAZDUHA BAZIRAN NA ARDUINO PLATFORMI I APLIKACIJI U MATLAB OKRUŽENJU****SENSOR SYSTEM FOR AIR QUALITY MONITORING BASED ON ARDUINO PLATFORMS AND APPLICATION IN THE MATLAB ENVIRONMENT**

Ivana Marković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GEODEZIJA I GEOINFORMATIKA**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu analizirana je primena Arduino platforme sa senzorikom za monitorisanje kvaliteta vazduha. Razvijeno je hardversko rešenje prema standardima geosenzorskih mreža i integrisano sa MATLAB GUI aplikacijom. Objašnjen je proces komunikacije između MATLAB okruženja i Arduino platforme. Aplikacija omogućava dvostranu komunikaciju, evidentiranje podataka, prikaz merenja u različitim jedinicama, alarma, trendova i virtualnih senzora. Na kraju, sprovedena je analiza aplikacije i predlozi za unapređenje i praktičnu primenu.

**Ključne reči:** *permanentni monitoring, geosenzorska mreža, Arduino, MATLAB, senzori, aplikacija*

**Abstract** – This paper examines the application of the Arduino platform with accompanying sensors for air quality monitoring. It develops hardware solutions aligned with geosensor network standards and integrates them with a MATLAB GUI application. The communication process between the MATLAB environment and the Arduino platform is elucidated. The application allows bidirectional communication, data logging, display of measurements in various units, alarms, trends, and virtual sensor implementation. Finally, an analysis of the application is conducted along with recommendations for its enhancement and practical implementation.

**Keywords:** *permanent monitoring, geosensor network, Arduino, MATLAB, sensors, application*

**1. UVOD**

U radu se razvija sistem za praćenje zagađenja vazduha korišćenjem Arduino senzora i MATLAB aplikacije. Cilj je precizno praćenje kvaliteta vazduha i olakšavanje analize i vizualizacije podataka o zagađenju. U radu su istraženi tehnološki aspekti, upoređeni MATLAB i Python za praćenje zagađenja vazduha i analizirani faktori za odabir optimalnog alata za implementaciju sistema praćenja. Naglašena je važnost poboljšanja informacione dostupnosti i svijesti o kvalitetu vazduha. Rad postavlja osnovu za efikasno praćenje zagađenja vazduha u realnom vremenu sa mogućnošću daljeg unapređenja i proširenja funkcionalnosti sistema za praćenje zagađenja vazduha.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Ristić.

**2. KOMPONENTE SISTEMA**

Pod komponentama sistema, podrazumjevaju se Arduino platforma (sa senzorima) i MATLAB programski jezik.

**2.1. Arduino**

Arduino senzori su elektronske komponente koje detektuju promjene u okruženju i šalju informacije Arduino mikrokontroleru. Ovi podaci se zatim koriste za donošenje odluka ili izvršavanje određenih radnji na osnovu unaprijed postavljenih kriterijuma. Oni su ključna komponenta u mnogim Arduino projektima, omogućavajući mikrokontroleru da komunicira sa spoljnim svijetom na različite načine. Kada je senzor integrisan sa mikrokontrolerom, može se programirati kroz Arduino razvojno okruženje (IDE). Ova platforma pruža intuitivan interfejs za rad sa senzorima, prilagođen korisnicima. Nakon što je senzor povezan sa Arduino pločom, mikrokontroler se programira da čita i interpretira podatke dobijene od senzora [1].

**2.2. MATLAB**

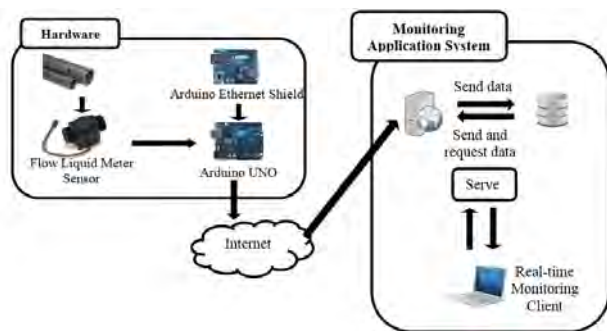
MATLAB je softverski paket koji obuhvata programski jezik, interaktivno okruženje i alate za numeričko računanje, vizualizaciju i analizu podataka, kao i razvoj algoritama. Nudi specijalizovane "toolbox" alate za zadatke vezane za senzore, olakšavajući obradu podataka u domenima poput obrade signala i slike. Korisnički interfejs je prilagođen istraživačkim i inženjerskim proračunima, olakšavajući vizualizaciju i manipulaciju podacima. Iako pruža velike mogućnosti za vizualizaciju, ima ograničenja u performansama kod obimnijih setova podataka ili kompleksnih računanja, u poređenju s jezicima prilagođenijim za visoke performanse. Ograničenja u modifikaciji osnovnih funkcionalnosti mogu otežati prilagođavanje specifičnim potrebama, čineći ga manje fleksibilnim od alternativa otvorenog koda [2].

**3. GEOSENZORSKE MREŽE**

Geosenzorske mreže (GSN) su specijalizovane senzorske mreže dizajnirane za akviziciju podataka o životnoj sredini i prirodnim resursima. Ove mreže se sastoje od mnogo geosenzora, kompaktnih i ekonomičnih uređaja koji prikupljaju raznolike informacije o životnoj sredini, poput temperature, vlažnosti, kvaliteta vazduha i drugih faktora. GSN se primenjuje za nadgledanje različitih staništa poput šuma, jezera i urbanih područja te se koristi

u raznim aplikacijama poput praćenja životne sredine, upravljanja u kriznim situacijama i urbanog planiranja.

Ključna prednost geosenzorskih mreža leži u njihovoj sposobnosti prikupljanja obimnih podataka u stvarnom vremenu. Ovi podaci omogućavaju praćenje promena u životnoj sredini tokom vremena i pružaju značajne uvide u uticaj ljudskih aktivnosti na prirodni svet. Važna karakteristika ovih mreža jeste njihova sposobnost da funkcionišu u udaljenim i teško dostupnim okruženjima. Zahvaljujući malim dimenzijama i laganoći, geosenzori se mogu postaviti u područja do kojih je teško ili rizično dopreći, kao što su vrhovi planina ili dubine okeana [3].



Slika 1 - Arhitektura sistema za monitoring [4]

Konačno, razvoj standarda i protokola za geosenzorske mreže je još uvijek u ranoj fazi, što može otežati dijeljenje podataka i poređenje rezultata u različitim mrežama.

#### 4. PRAKTIČNI DIO

U praktičnom delu rada, implementiran je sistem za praćenje kvaliteta vazduha korišćenjem raznovrsnih Arduino senzora. Platforma je nadograđena aplikacijom razvijenom u MATLAB okruženju. Korišćeni senzori obuhvataju senzor kiše, CO senzor, senzor temperature, senzor nivoa vode, PM senzor, LCD displej, tri indikatora za alarm i zvučni alarm.

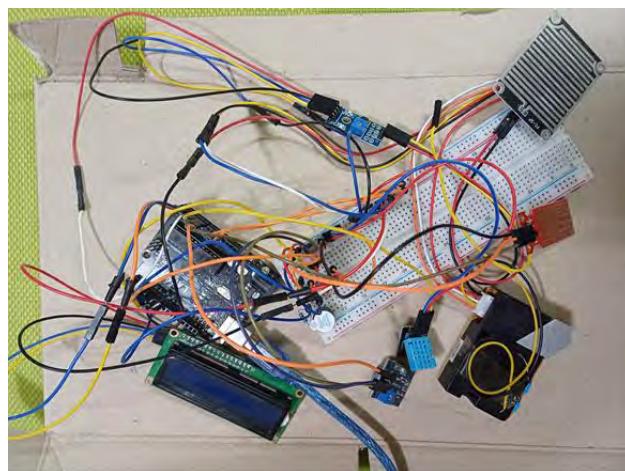
Aplikacija se sastoji od tabova za svaki senzor, dugmeta za startovanje i zaustavljanje aplikacije, mogućnosti čuvanja podataka kao CSV fajla, vizuelnog prikaza alarma, polja za unos graničnih vrijednosti senzora, virtuelnog senzora za procenu kvaliteta vazduha, prikaza srednjih vrijednosti, maksimalnih, minimalnih vrijednosti senzora i standardne devijacije, "Gauge" sata za trenutne vrijednosti senzora, grafičkog prikaza mjerenja u realnom vremenu i trend dijagrama nakon zaustavljanja aplikacije.

Proces prikupljanja informacija odvija se u realnom vremenu sa ažuriranjem podataka svakih 5 sekundi. Vrijednosti senzora su zabeležene u formi naponskih vrijednosti, koje su kasnije preračunate kako bi se izrazi u odgovarajućim mjernim jedinicama za svaku fizikalnu veličinu.

Kalibracija senzora obuhvatala je pažljivo potapanje pločica senzora u vodu, beleženje vrijednosti u voltima za svaki milimetar, stvaranje krive koja opisuje odnos voltaže i milimetara, te implementaciju matematičke jednačine krive u Arduino kod za konverziju očitanih vrednosti u odgovarajuće milimetre. Ovo omogućava preciznije merenje vrednosti senzora.

Aplikacija takođe uključuje alarmne nivoe, koje su povezane sa LED lampicama i zvučnim alarmom za različite nivoe opasnosti, a podaci sa senzora se prikazuju na LCD displeju.

U MATLAB okruženju je napravljena komunikacija sa Arduino pločom za kontrolu LED dioda. Komandama iz komandnog prozora MATLAB-a se kontrolišu LED diode na Arduino ploči. Ovo je omogućilo jednostavno testiranje komunikacije između računara i Arduino-a.

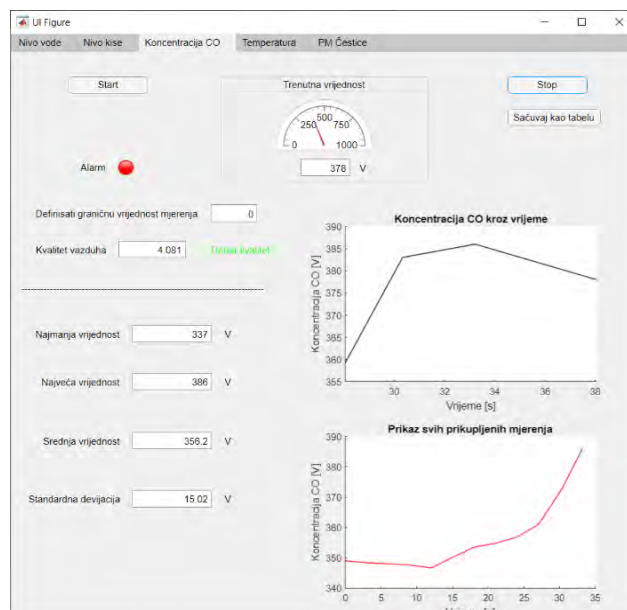


Slika 2 - Hardversko rešenje

#### 5. DISKUSIJA REZULTATA I MOGUĆNOSTI UNAPRIJEĐENJA APLIKACIJE

U cilju unapređenja aplikacije za praćenje kvaliteta vazduha, ističu se dodatne funkcionalnosti koje poboljšavaju efikasnost i korisnost sistema.

Optimizacija korisničkog interfejsa, slika 3. omogućila bi intuitivniju navigaciju kroz dodatne vizuelne elemente ili ikone radi olakšanog prepoznavanja funkcionalnosti. Automatsko ažuriranje podataka sa senzora eliminisalo bi potrebu za ručnim pokretanjem svakog senzora, što je posebno važno u neprekidnom praćenju kvaliteta vazduha.



Slika 3 - Korisnički interfejs aplikacije

Analiza podataka bi se unapredila dodavanjem statističkih metoda i proširenjem mogućnosti vizualizacije, omogućavajući korisnicima bolji uvid i lakše tumačenje rezultata.

U cilju bezbjednosti sistema, moguća je implementacija alarmnog sistema koji bi detaljno bilježio aktivacije alarma i druge relevantne događaje, omogućavajući korisnicima praćenje istorije sistema i brže reagovanje na potencijalne probleme.

Integracija sa mobilnom aplikacijom omogućila bi daljinsko praćenje i upravljanje sistemom, pružajući veću fleksibilnost u upravljanju čak i van radnog okruženja.

Primjena tehnika mašinskog učenja omogućila bi sistemu predviđanje trendova kvaliteta vazduha na osnovu prethodnih merenja, poboljšavajući prediktivne sposobnosti sistema i omogućavajući rano prepoznavanje potencijalnih problema.

Rad na smanjenju latencije u prenosu podataka između *MATLAB* aplikacije i *Arduino* platforme imao bi za cilj brže i preciznije praćenje kvaliteta vazduha u realnom vremenu, pružajući korisnicima trenutne i tačne informacije. Ova unapređenja čine integralni deo evolucije sistema za praćenje kvaliteta vazduha, prilagođavajući ga novim zahtevima i potrebama korisnika.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je razvijen sistem za praćenje kvaliteta vazduha koristeći *Arduino* senzore kao efikasno i pristupačno sredstvo za merenje različitih parametara. Ova integracija omogućava pouzdano i stalno praćenje zagađivanja vazduha, što doprinosi boljem razumijevanju raspodjele zagađivanja u prostoru. Istaknut je značaj geosenzorskih mreža za sakupljanje preciznih podataka o okolini u geodetskim istraživanjima.

Cilj je bio da se razvije metoda za praćenje kvaliteta vazduha koristeći *Arduino* senzore i da se razvije *MATLAB* aplikacija za vizualizaciju i analizu prikupljenih podataka. Poređenje između *MATLAB* i *Python* platformi dalo je osnovu za odabir najboljeg alata za sistem praćenja. Ovo istraživanje ne samo da doprinosi tehničkim aspektima praćenja zagađenja vazduha, već ističe važnost povezivanja praktičnih rješenja radi povećanja informativnosti i svijesti o kvalitetu vazduha.

Za dalje unapređenje aplikacije, predložena su poboljšanja koja bi povećala efikasnost i korisnost sistema. To uključuje proširenu kompatibilnost sa senzorima, optimizaciju korisničkog interfejsa i uvođenje automatskog ažuriranja podataka. Zaključno, ovo istraživanje opisuje prednosti sistema za praćenje zagađenja vazduha i naglašava značaj njegove prilagodljivosti i efikasnosti, što uključuje napredne mogućnosti za upravljanje kvalitetom vazduha i doprinos globalnim naporima za zaštitu životne sredine i zdravlja ljudi.

## 7. LITERATURA

- [1] „LAFVIN,“ 2023. [На мрежи]. Available: <https://lafvintech.com>
- [2] „mathworks,“ 2023. [На мрежи]. Available: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.
- [3] D. A. Ristić, „Materijal za predavanja iz predmeta Geosenzorske mreže,“ Novi Sad, 2020.
- [4] Rahmat, R. F., Satria, I. S., Siregar, B., & Budiarto, R. (2016). Water Pipeline Monitoring and Leak Detection using Flow Liquid Meter Sensor.

### Kratka biografija:



**Ivana Marković** rođena je u Salzburgu 11.06.1997. god. Diplomski rad na temu „Identifikacija promjena načina korištenja zemljišta u zaštićenim područjima upotrebom satelitskih snimaka“ odbranila je 2020. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.  
Kontakt:  
[ivana.s.markovic97@gmail.com](mailto:ivana.s.markovic97@gmail.com)

**КОНФОРМНЕ ПРОЈЕКЦИЈЕ ЗА РЕПУБЛИКУ СРБИЈУ СА НАЈМАЊИМ  
АПСОЛУТНИМ ЛИНЕАРНИМ ДЕФОРМАЦИЈАМА****CONFORMAL PROJECTIONS FOR THE REPUBLIC OF SERBIA WITH MINIMAL  
ABSOLUTE LINEAR DEFORMATIONS**

Милош Пјевац, Мирко Борисов, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – ГЕОДЕЗИЈА И ГЕОИНФОРМАТИКА**

**Кратак садржај** – У овом раду описан је поступак добијања конформних пројекција са најмањим апсолутним линеарним деформацијама за територију Р. Србије у виду нумеричких и графичких резултата обрађених у софтверима *MATLAB* и *QGIS*.

**Кључне речи:** *Картографске пројекције, конформне пројекције, QGIS, линеарне деформације, MATLAB.*

**Abstract** – In this paper, the procedure for obtaining conformal projections with minimal absolute linear deformations for the territory of the Republic of Serbia is described, presented in the form of numerical and graphical results processed using *MATLAB* and *QGIS* software.

**Keywords:** *Cartographic Projections, Conformal Projections, QGIS, Linear Deformations, MATLAB.*

**1. УВОД**

Динамичан технички и општи привредни развој људских заједница и човечанства у целини захтева сваким даном све већу количину детаљних информација о стању појава и чињеница које нас окружују. С тим у вези, бројне научне и техничке дисциплине, службе и делатности, међу којима је и геодетска, обављају разноврсне задатке на плану тзв. инвентаризације простора, тј. евидентирају, скупљају и обрађују одговарајуће податке и информације о геопростору.

Развој математичке картографије, чији се главни део односи на област картографских пројекција, текао је паралелно са развојем израде карата и картографије уопште. Развој бројних наука, техничка достигнућа и потребе свакодневног живота временом су иницирале све шире захтеве за израдом разноврсних географских и других карата различитих размера и намена, што је изискивало и непрекидно повећање броја разноврсних картографских пројекција и поспешивање математичке основе карата [1].

Конформне картографске пројекције су посебно важне због примене за потребе државног премеара, катастарско - топографских карти, поморске пловидбе, авијације као и војних потреба. Овако распрострањена примена првенствено је настала од

чињеница да у конформним пројекцијама линеарни размер у некој тачки не зависи од азимута, за разлику од свих неконформних картографских пројекција у којима линеарна скала зависи не само од положаја тачке, већ и од посматраног правца (азимута) у датој тачки. У том смислу, анализа линеарних деформација у конформним пројекцијама једноставнија је од свих осталих неконформних пројекција [2].

**2. МЕТОДОЛОГИЈА РАДА**

Да би се могле поредити различите пројекције и њихове варијанте морају се применити јединствена методологија и критеријуми. То се пре свега односи на јединствени критеријум за процену деформација и јединствено географско подручје. Нове оптималне пројекције су добијене на основу постављеног критеријума најмањих и највећих апсолутних линеарних деформација за дату област. Постојеће варијанте конформних пројекција се не добијају на основу истих услова као оптималне, па на могу ни да се пореде на тај начин [3]. За потпунији преглед конформних пројекција за Републику Србију, у даљем тексту биће анализирана процена највеће апсолутне линеарне деформације за постојеће пројекције.

Софтвер који је тестиран и примењен за проналажење и рачунање оптималне конформне пројекције у овом раду је *MATLAB*. Софтвер *MATLAB* омогућава решавање постављеног задатка у целости унутар сопственог окружења.

Основни задаци које је потребно решити за добијање оптималних картографских пројекција су следећи:

1. Унети основне податке граница подручја пресликавања, као и параметре елипсоида;
2. Израчунати константне величине;
3. Дефинисати функције и једначине за рачунање вредности критеријума најмање највеће апсолутне линеарне деформације;
4. Срачунати деформације, координате и размере пројекције.

**3. КРИТЕРИЈУМ НАЈМАЊЕ НАЈВЕЋЕ  
АПСОЛУТНЕ ЛИНЕАРНЕ ДЕФОРМАЦИЈЕ**

Највећа апсолутна линеарна деформација на неком подручју *A* дефинисана је следећом формулом :

$$d_{max} = \max_A |c - 1| \quad (1)$$

**НАПОМЕНА:**

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био проф. др Мирко Борисов.

За неправилна подручја и пројекције са сложеним распоредом деформација строго налажење  $\max|c - 1|$  није увек могуће. Због тога је подручје  $A$  потребно апроксимирати коначним скупом тачака  $T = \{(\varphi_i, \lambda_i), i = 1 \dots n\}$  у којима се рачуна линеарни размер и тражи највећа апсолутна линеарна деформација. Ако се за изабрану пројекцију нађе скуп вредности параметара те пројекције  $P = \{p_1, p_2 \dots p_n\}$  за које се постиже најмања највећа апсолутна линеарна деформација [4]:

$$\min_p d_{max} = \min_p \max_T |c_i - 1|, \quad (2)$$

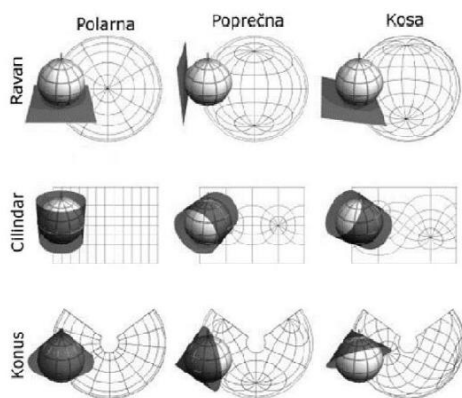
#### 4. КОНФОРМНЕ КОНУСНЕ АЗИМУТНЕ И ЦИЛИНДРИЧНЕ ПРОЈЕКЦИЈЕ - ПРЕГЛЕД

Ако се за класификацију узме изглед паралела и меридијана, односно облик нормалне мреже, пројекције се могу сврстати у следеће групе: азимутне, цилиндричне и конусне.

У азимутним пројекцијама се паралеле усправних пројекција пресликавају као концентричне кружнице, а меридијани као правци који се секу у заједничком центру паралела под угловима једнаким одговарајућим разликама географских дужина (Слика 1.-први ред) [5].

Код цилиндричних пројекција се меридијани усправних пројекција пресликавају као правци међу собом паралелни, на размаку пропорционалном одговарајућим разликама дужина, а паралеле такође као правци управни на меридијане (Слика 1.-други ред) [5].

Меридијани усправних конусних пројекција пресликавају се као правци који се секу у једној тачки под угловима пропорционалним одговарајућим разликама географских дужина, а паралеле као лукови концентричних кружница са средиштем у пресеку меридијана (Слика 1.-трећи ред) [5].



Слика 1. Три основне пројекционе површи [5]

##### 4.1. Ламбертова V варијанта

Ова пројекција припада конусним конформним пројекцијама, има две секуће паралела на којима су деформације једнаке нули. Тачније на овим паралелама нема деформација и називају се стандардне паралеле.

##### 4.2. Каврајски а) варијанта

Професор Каврајски предложио је два поступка за одређивање константи  $k$  и  $K$ . Код којих је случај а) такав да размери  $n_s$  и  $n_N$  на крајњим паралелама

треба да су међусобно једнаки и поред тога да су толико пута већи од јединице колико пута је јединица већа од минималног размера  $n_0$  [6].

##### 4.3. Каврајски б) варијанта

Варијанта б) је пројекција која је такође конформна са две секуће, односно стандардне паралеле. Размери  $n_s$  и  $n_N$ , на крајњим паралела треба да су међусобно једнаки и да се у исто време од јединице разликују за исти износ колико се од јединице разликује размер  $n_m$  на средњој паралели [6].

##### 4.4. Стереографска-линеани размер $c_0 = 0.9999$

Код стереографских пројекција тачка посматрања налази се на површи лопте. Стереографска пројекција са линеарним размером у изабраном полу 0.9999 је азимутна коса конформна пројекција код које равна пројекција сече Земљину лопту по кругу, на коме су деформације једнаке нула.

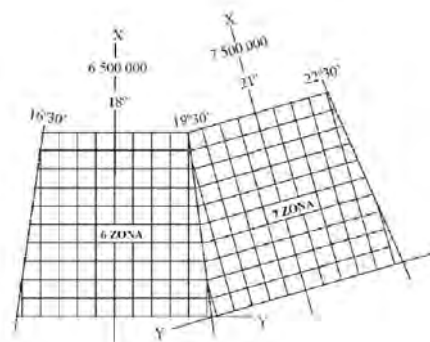
##### 4.5. Стереографска-линеани размер $c_0 = 0.9996$

Код стереографске пројекције са линеарним размером у полу 0.9996 равна пројекција сече Земљину лопту по кругу, на коме су деформације једнаке нула. Такође припада азимутним косим конформним пројекцијама.

##### 4.6. Гаус-Кригера - линеарни размер 0.9999 и 0.9996

Гаус-Кригера пројекција спада у групу конформних попречно цилиндричних пројекција. Пресликавање се са елипсоида врши на попречно постављени цилиндар, који додирује елипсоид дуж меридијана. Пројекција је конформна, размер дуж додирног меридијана једнака је јединици и не зависи од географске ширине. Додирни меридијан пресликава се као права линија а екватор као права линија управна на додрини меридијан [7].

Ова пројекција се користила у Србији као службена до 2011. године. Територија Србије се налази између  $18^\circ$  и  $24^\circ$  ИГД, обухвата део 6. зоне и целу 7. са додирним меридијанима на  $18^\circ$  и  $21^\circ$  географске дужине. Ширина зоне пресликавања износи  $3^\circ$  и усвојено је да средњи меридијан зоне има вредност  $500\,000\text{ m}$ . За потребе рада коришћена је зона ширине  $6^\circ$ , где се за средњи меридијан узима вредност  $21^\circ$  географске дужине. Зона пресликавања се налази од  $18^\circ$  до  $24^\circ$  ИГД, и од  $41^\circ 30'$  до  $46^\circ 30'$  СГШ.

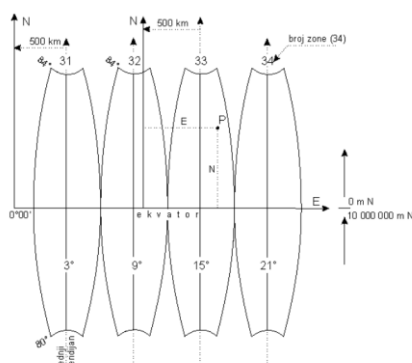


Слика 2. Правоугли координатни системи 6. и 7. зона пресликавања [7]

#### 4.7. UTM пројекција- линеарни размер 0.9996

UTM је попречна цилиндрична пројекција развијена средином XX века у САД. Представља модификовану Гаус-Кригерову пројекцију. Ова пројекција у односу на Гаус-Кригерову пројекцију има већу зону пресликавања (шестостепену) и нешто веће деформације у зони пресликавања. Предност дате пројекције односи се на једнозначно одређивање координата тачака на било ком делу површи Земље. Линеарни размер дуж средњег меридијана зоне износи 0.9996, док је дуж секућих меридијана једнак јединици [8].

Користи се као службена пројекција Р. Србије од 2011. године



Слика 3. Приказ меридијанских зона UTM [8]

#### 5. СТУДИЈА СЛУЧАЈА

Нумерички и графички подаци свих теоријских и практично обрађених пројекција приказани су у наредном поглављу у виду графика, табела и слика. Где су у табелама приказане вредности правоуглих координата, линеарних апсолутних деформација добијених у програму *MATLAB*. Искртане картографске мреже добијене су у програму *AutoCad*. Програм *QGIS* употребљен је за визуализацију деформација и графички приказ.

##### 5.1. Практични део-нумерички и графички резултати

Рачунање нумеричких вредности решења, линеарних размера и деформација на основу формула, као и свих параметара за добијање координата извршено је у програму *MATLAB*. Прво су задати обухвати територије пресликавања, затим рачунати параметри пројекције на основу којих су добијене координате и на крају линеарни размери и деформације.

У Табели 1. приказана је једна тачка из сваке пројекције на 44° СГШ и 21° ИГД, приказане су правоугле координате тачке, апсолутне линеарне деформације ( $d$ ) као и линеарни размери ( $m$ ).

##### 5.2. Анализа картографских пројекција – оптимална пројекција

Графички (растером) је приказан просторни распоред деформација на основу података добијених из софтвера *MATLAB* и обрађених у софтверу *QGIS*. У Табели 2. приказан је распоред највећих линеарних деформација на задатом подручју и на подручју Републике Србије, за све обрађене пројекције.

Табела 1. Координате датих пројекција

| Пројекција             | $X[m]$  | $Y[m]$     | $m$      | $d$<br>[dm/km] |
|------------------------|---------|------------|----------|----------------|
| Ламбертова             | 0       | 277676,66  | 0,999525 | 4,75           |
| Каврајски а) варијанта | 0       | 277676,70  | 0,999526 | 4,74           |
| Каврајски б) варијанта | 0       | 277676,66  | 0,999525 | 4,75           |
| Стереографска 0.9999   | 0       | 0          | 0,9999   | 1              |
| Стереографска 0.9996   | 0       | 0          | 0,9996   | 4              |
| Гаус-Кригера 0.9999    | 500 000 | 4873334,99 | 0,9999   | 1              |
| Гаус-Кригера 0.9996    | 500 000 | 4871872,84 | 0,9996   | 4              |
| UTM пројекција 0.9996  | 500 000 | 4871872,84 | 0,9996   | 4              |

Табела 2. Највећа апсолутна линеарна деформација у различитим пројекцијама

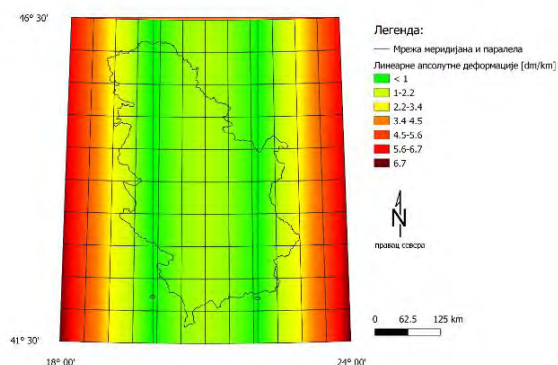
| ПРОЈЕКЦИЈЕ             | Највећа апсолутна лин. деф. [dm/km] | Највећа апс. лин. деф. на територији Р. Србије [dm/km] |
|------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Гаус-Кригера 0.9999    | 6,7                                 | 2,8                                                    |
| Гаус-Кригера 0.9996    | 4                                   | 4                                                      |
| UTM 0.9996             | 4                                   | 4                                                      |
| Ламбертова V варијанта | 4,75                                | 4,75                                                   |
| Каврајски а) варијанта | 4,75                                | 4,75                                                   |
| Каврајски б) варијанта | 4,75                                | 4,75                                                   |
| Стереографска 0.9999   | 7,5                                 | 4,2                                                    |
| Стереографска 0.9996   | 4,45                                | 4,45                                                   |

Највећа линеарна деформација на задатом подручју за Гаус-Кригерову 0.9999 пројекцију износи 6,7 dm/km. Док на територији Републике Србије достиже 2,8 dm/km, што спада у оптималне картографске пројекције. Приликом избора пројекције водило се рачуна о томе да се што веће подручје Р. Србије преслика са мањим деформацијама од 1 dm/km. Док код Гаус-Кригера 0.9996 пројекције максимална линеарна деформација достиже 4 dm/km, баш по средњем меридијану пресликавања. Код ове пројекције већи део Р. Србије се налази под максималним деформацијама. Максимална линеарна деформација код UTM пројекције је 4 dm/km. Већи део подручја Р. Србије је покривен деформацијама од 3 до 4 dm/km, скоро исто као код Гаус-Кригера 0.9996.

Максималне апсолутне деформације код пројекција Каврајски а) и б) варијанта и Ламбертова V варијанта износе 4.75 dm/km и удаљавањем од средње паралеле,

деформације иду ка 0  $dm/km$ , тј. ка пресечним паралелама. Односно како се удаљавамо од средње паралеле по географској ширини северно и јужно, тако деформације опадају. Централни део Р. Србије се налази под деформацијама од 2.8 до 4.75  $dm/km$ . Док се у крајње северном и јужном деформације крећу од 0 до 2.8  $dm/km$ .

Стереографске конформне пројекције са линеарним размером 0.9999 и 0.9996 имају кружне деформације, односно деформације које се крећу у виду концентричних кругова у односу на центар пројектирања. Максимална линеарна деформација за подручје Р. Србије износи 4.2  $dm/km$  за Стереографску пројекцију 0.9999, док је за Стереографску 0.9996 највећа апсолутна линеарна деформација 4  $dm/km$ .



Слика 4. Прегледна карта са апсолутним линеарним деформацијама Гаус-Кригера пројекција са линеарним размером 0.9999

На слици 4 графички је приказан распоред деформација за Гаус-Кригерову пројекцију са линеарним размером 0.9999. Од обрађених пројекција ова пројекција има најмање деформације на подручју Р. Србије.

## 6. ЗАКЉУЧАК

Циљ овог рада био је да се пронађе оптимална конформна пројекција за подручје територије Републике Србије. На основу табеларних резултата апсолутних линеарних деформација гледајући за подручје Р. Србије, може се закључити да најмање деформације има Гаус-Кригера пројекција са линеарним размером 0.9999. Затим је прате Стереографска 0.9999, *UTM*, Гаус-Кригера 0.9996, Стереографска 0.9996, па пројекције Каврајског и Ламбертова V варијанта.

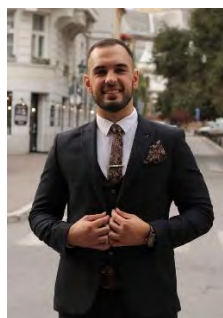
Код поређења деформација Гаус-Кригера пројекције (0.9999) са пројекцијама Каврајског и Ламбертовом V варијантом, долази се до закључка да се деформације шире потпуно супротно, где се код Гаус-Кригера (0.9999) деформације шире по географској дужини, а код конусних пројекција по географској ширини. Поређењем Стереографске 0.9999 са Гаус-Кригеровом пројекцијом (0.9999) може се закључити да је са тог становишта Стереографска пројекција мањег квалитета, јер се деформације шире сразмерно промени и географске ширине и дужине. Крајњи северни и јужни део територије Р. Србије подлеже наглом порасту деформација код Стереографске пројекције 0.9999.

Закључак је да се у оптималне пројекције за територију Републике Србије може уврстити Гаус-Кригера пројекција са линеарним размером 0.9999, Гаус-Кригера пројекција са линеарним размером 0.9996 и *UTM* пројекција, као и Стереографска 0.9999. Пројекције Каврајског и Ламбертова пројекција, дају и негативне деформације. Код Стереографске 0.9996 средишњи део територије упада под велике деформације.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.docsity.com/sr/osnovi-kartografije-u-prostornom-planiranju-skripta>, (приступљено у новембру 2023.)
- [2] <https://hrcak.srce.hr/geodetski-list>, vol. 64 (87), No. 3, 2010. (приступљено у новембру 2023.)
- [3] Tutić, D. (2010) Konformne projekcije za Hrvatsku sa najmanjim apsolutnim linearnim deformacijama. Zagreb.
- [4] Tutić, D. (2008): Stereografska i druge konformne projekcije za Hrvatsku, Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- [5] Frančula, N. (2004). Kartografske projekcije, Sveučilište u Zagrebu, Geoetski fakultet, Zagreb.
- [6] Jovanović, V. (1983): Matematička kartografija, knjiga, Vojnogeografski institut, Beograd.
- [7] Borčić, B. (1955): Matematička kartografija, Tehnička knjiga, Zagreb.
- [8] Borisov, M., Nova službena kartografska projekcija Srbije, Vojnotehnički glasnik, vol.60, br.1, pp. 201-215, Ministarstvo odbrane, Beograd.

## Кратка биографија:



**Милош Пјевац** рођен је у Сомбору 1997. године. Основне академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер геодезија и геоматика, уписао 2016. године. Дипломирао 2020. године одбранивши дипломски рад под називом „Праћење промена температуре шумских површина употребом *Landsat* сателитске платформе“ и исте године уписао мастер академске студије.

контакт: milospjevac1@gmail.com

**ПРОЦЕНА РИЗИКА ОД КАТАСТРОФА КЛИНИЧКОГ ЦЕНТРА ВОЈВОДИНЕ****DISASTER RISK ASSESSMENT OF CLINICAL CENTER OF VOJVODINA**Богдан Радић, Слободан Шупић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – УПРАВЉАЊЕ РИЗИКОМ ОД КАТАСТРОФАЛНИХ ДОГАЂАЈА И ПОЖАРА –**

**Кратак садржај:** У оквиру рада представљена је процена ризика од катастрофа за наведени субјекат. Поступак процењивања и садржај процене усаглашени су са Упутством о методологији за израду процене ризика и планова заштите и спасавања у ванредним ситуацијама. У истраживачком делу рада, дат је увид у осетљивост објеката здравственог система на дејство олујних ветрова и пожара.

**Кључне речи:** Процена ризика, олујни ветрови, пожари и експлозије, методологија, здравствене установе, управљање ризиком.

**Abstract:**

*Within the paper the risk assessment of disasters for the Vojvodina Clinical Center was presented. The assessment procedure and the content of the assessment are in accordance with the Instruction on the Methodology for Developing Risk Assessments and Protection and Rescue Plans in Emergency Situations. In the research part of this paper, an insight into the sensitivity of health system facilities to the effects of stormy winds and fires, together with some solutions were provided. Last section gives insights for further improvements.*

**Keywords:** Disaster risk assessment, storm winds, fires and explosions, methodology, health facilities, risk management

**1. УВОД**

Ванредне ситуације, у виду разноврсних елементарних катастрофа или ратних стања, доносе човеку масовне несреће, страх, неспокојство, неизвесност и панику. Упоредо с научно-техничким напретком, порасле су и неслућене могућности рушилачког ефекта ове природне енергије коју је човек укратио у атомској снази и другим облицима. Ванредне ситуације појављују се у облику елементарних несрећа, које су последица неконтролисаних фактора у природи који нису везани за човеково учешће (земљотреси, поплаве и сл.).

Почетак, обим и време трајања елементарних непогода не може се унапред предвидети, али се за извесне појаве на основу стечених искустава и сређених статистичких података, с обзиром на место

појаве, услове и годишње доба, може претпоставити да ће до њих доћи. Анализом ових појава, тј. узрока настанка и последица у односу на човека и његова материјална добра, долазимо до најпогоднијих организацијских мера, како превентивних, тако и оперативних, за њихово отклањање. Да би се заштитили од несрећа, формиран је читав систем мера, са доста елемената, од предузећа до међународног нивоа. Да би тај систем функционисао беспрекорно, посебну улогу играју координациони тимови на свим нивоима.

У оквиру овог рада, врши се процена ризика од катастрофа у ванредним ситуацијама за Клинички центар Војводине, конкретно процена ризика од олујних ветрова и пожара.

**2. ИДЕНТИФИКАЦИЈА ОПАСНОСТИ И ПРОЦЕНА РИЗИКА ОД ОЛУЈНИХ ВЕТРОВА И ПОЖАРА**

Проценом ризика од елементарних непогода и других несрећа се идентификују врста, карактер и порекло појединих ризика од наступања катастрофа, степен угрожености, фактори који их узрокују или увећавају степен могуће опасности, последице које могу наступити по живот и здравље људи, животну средину, материјална и културна добра, обављање јавних служби и привредних делатности. Процена садржи описе свих сценарија који се базирају на референтним догађајима за све опасности које су идентификоване.

У оквиру овог рада изабране су следеће опасности за израду процене ризика од катастрофа:

**Процену ризика од екстремних временских појава – олујни ветар****Процену ризика од пожара и експлозија, пожара на отвореном****2.1. Екстремне временске појаве (олујни ветар)**

Олујним ветром се означава изузетно јак ветар, који може бити пропраћен падавинама. При великој брзини, разорна моћ ветра може довести до обарања стабала, прекидања транспортних линија, оштећења имовине, комуникационих линија, људских жртава.

Да би се ветар сматрао олујним, мора се кретати брзином већом од 17,2 m/s. Пик активности олујног ветра се јавља током пролећа и зиме.

Доминантан ветар у Новом Саду је кошава (југоисточни ветар). Годишња учесталост овог ветра је 217%. Поред кошаве, веома чести су северозападни ветар (167%) и западни (163%). Најмање се појављује јужни ветар, затим североисточни и југозападни.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад је проистекао из мастер рада, чији је ментор др Слободан Шупић, доцент.

Велики утицај одбране Новог Сада од ветрова има Фрушка гора, која чини сметње слободној циркулацији ваздушним масама у правцу север – југ. Својим сочивастим обликом, Фрушка гора знатно слаби јачину југозападних и југоисточних ветрова.

### Највероватнији нежељени догађај

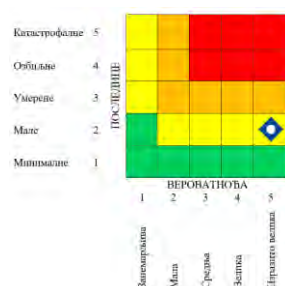
За сценарио највероватнијег нежељеног догађаја, као опасност узимају се налети жестоког ветра брзине 62 km/h (Према Бофоровој скали класификује се као олујни ветар).

Почетак догађаја карактерише олујни ветар који траје неколико часова. Долази до разношења лаког материјала (ситније гране, прашина, смеће). Људи се на отвореном простору отежано крећу. Ветар је изазвао кидање телефонских жица и грана на дрвећу. Услед ломљења трулих грана дошло је до мање штете на паркираним аутомобилима у кругу КЦВ-а. Ветар је оштетио кровни покривач на објекту Поликлинике. Том приликом је оштећена и опрема. У делу крова, испод ког је позиционирано поткровље, дошло је до оштећења архивске грађе у оквиру архива клинике за неурологију.

### Израда матрица ризика

Након анализе штићених вредности, утврђено је да је укупан утицај на живот и здравље 17 евакуисаних лица. Укупни утицај на економију/екологију је 3.841.858,04 динара (0.035% буџета), док утицаја на критичну инфраструктуру није било. Процена учесталости овог догађаја је 1 догађај годишње или чешће (изразито велика). Последице по живот и здравље људи су мале, док су последице по економију/екологију у односу на буџет минималне.

Израчунавањем свих вредности ризика штићених вредности добија се изразито велики степен вероватноће (5), са малим последицама (2). Укупан ризик, са овим параметрима је умерен.



Слика 1: Матрица укупног ризика за сценарио

### Ниво ризика

Помоћу Табеле 1., која приказује нивое ризика и начине поступања, може се дефинисати прихатљивост ризика:

Табела 1.: Ниво и прихватљивост ризика

|  | Ниво ризика | Оцена ризика | Одабрано |
|--|-------------|--------------|----------|
|  | Умерен      | прихватљив   | ◆        |

Како је укупан ризик, у оквиру сценарија за највероватнији нежељени догађај, умерен (прихватљив) – не постоји потреба за третманом ризика.

### Нежељени догађај са најтежим могућим последицама

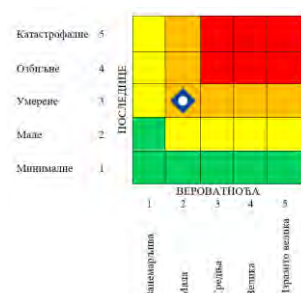
За сценарио нежељеног догађаја са најтежим могућим последицама, као опасност узимају се налети олујног ветра брзине 82 km/h (Према Бофоровој скали класификује се као јак олујни ветар).

Олујни ветар је изазвао велике последице. Људи се на отвореном простору јако тешко крећу. Дошло је до кидања грана, те су исте падале по тротоару и паркираним возилима. Услед олујног ветра оборено је неколико стабала. Том приликом је оштећено 15 аутомобила и дошло је до велике материјалне штете, заустављања саобраћаја и закрчења пролаза. Кров болничке апотеке је на појединим местима претрпео оштећења. Ветар је разнео црепове и дошло је до прокишњавања. На тај начин део медицинских средстава (лекови, антисептици, медицински материјал) је био неупотребљив. Олујни ветар је својом јачином однео део крова са објекта Клинике за неуропсихијатрију. Теже телесне повреде задобила су 2 лежећа пацијента која су се налазила у том делу објекта. У току евакуације, 4 запослених и 8 пацијената су задобила лакше телесне повреде.

### Израда матрица ризика

Након анализе штићених вредности, утврђено је да је укупан утицај на живот и здравље 14 повређених и 150 евакуисаних лица. Укупни утицај на економију/екологију је 395.865.191,40 динара (3.6% буџета), док је утицај на критичну инфраструктуру укупно 655.988,06 динара (0.006% буџета). Процена учесталости овог догађаја је 1 догађај у 20 до 100 година (мала). Последице по живот и здравље људи су катастрофалне, последице по економију/екологију умерене, док су последице по критичну инфраструктуру минималне.

Израчунавањем свих вредности ризика штићених вредности добија се мали степен вероватноће (2), са катастрофалним последицама (5). Укупан ризик, са овим параметрима је висок.



Слика 2. – Матрица укупног ризика за сценарио

### Ниво ризика

Помоћу Табеле 2., која приказује нивое ризика и начине поступања, може се дефинисати прихатљивост ризика:

Табела 2.: Ниво и прихватљивост ризика

|  | Ниво ризика | Оцена ризика | Одабрано |
|--|-------------|--------------|----------|
|  | Висок       | Неприхватљив | ◆        |

Утврђен ниво ризика, у случају екстремних временских појава за описан сценарио са нежељеним

догађајем са најтежим могућим последицама, је висок. Имајући у виду ниво, ризик се оцењује као неприхватљив, односно захтева третман ризика.

## 2.2. Пожари и експлозије

За одвијање процеса горења потребни су одређени услови и то: Присуство гориве материје; Присуство кисеоника; Присуство извора паљења адекватне енергије.

Уколико било која од ове три компоненте недостаје, до сагоревања неће доћи.

Ово се може једноставно приказати пожарним троуглом.



Слика 3. – Пожарни троугао

### Највероватнији нежељени догађај

За сценарио највероватнијег нежељеног догађаја, као опасност обрађује се мали пожар у чајној кухињи Центра за судску медицину и молекуларну генетику.

Неколико запослених који су боравили у чајној кухињи су ненаменски користили доступни решо и на њему су подгревали храну. По позиву дежурног лекара, запослени су у журби напустили чајну кухињу и отишли до собе пацијента коме се стање нагло погоршало, заборављајући да искључе решо. Пожар је захватио одећу окачену на чивилук који се налази у чајној кухињи и кухињске елементе од фурниране иверице. Један од запослених узима оближњи преносни мобилни уређај за гашење почетних пожара типа „S-9A“ и покушава да угаси пожар, док се остали запослени упућују ка другим деловима објекта у потрази за мобилним уређајима и у сврху обавештавања осталих лица о настанку пожара. Обавештава се ватрогасно-спасилачка бригада Нови Сад. Донесеним мобилним уређајима успевају да контролишу пожар довољно да би могли да извуку повређеног. Четворо запослених који су покушали да угасе почетни пожар задобили су лакше телесне повреде. Пожар је захватио целокупну чајну кухињу и у предметној просторији штета је велика. Мања штета у ходнику објекта изазвана је димом. ВСБ Нови Сад локализовала је пожар након свега 5 минута, након 15 минута пожар је у потпуности ликвидан. Како у простору нису биле присутне изразито запаљиве материје, нити је конструкција објекта горива, обављање дежурства након акције гашења поверено је запосленима КЦВ.

### Израда матрица ризика

Након анализе штићених вредности, утврђено је да је укупан утицај на живот и здравље 4 лакше повређена и 40 евакуисаних лица. Укупни утицај на економију/екологију је 2.004.000,00 динара (0,02% буџета), док је утицај на критичну инфраструктуру 370.000,00 динара (0,003% буџета). Процена учесталости овог догађаја је 1 догађај у 2 до 20 година (средња). Последице по живот и здравље људи је умерена, по економију/екологију минимална док је

утица по критичну инфраструктуру такође минимална.

Израчунавањем свих вредности ризика штићених вредности добија се средњи степен вероватноће (3), са малим последицама (2). Укупан ризик, са овим параметрима је умерен.



Слика 4.: Матрица укупног ризика за сценарију

### Ниво ризика

Помоћу Табеле 3., која приказује нивое ризика и начине поступања, може се дефинисати прихватљивост ризика:

Табела 3.: Ниво и прихватљивост ризика

|  | Ниво ризика | Оцена ризика | Одабрано |
|--|-------------|--------------|----------|
|  | Умерен      | прихватљив   |          |

Укупан ризик, у оквиру сценарија за највероватнији нежељени догађај је умерен (прихватљив) – не постоји потреба за третманом ризика.

### Нежељени догађај са најтежим могућим последицама

Сценарио нежељеног догађаја – пожар захвата конструкцију објекта службе за техничко-услугне делатности, централне архиве и прераде био отпада.

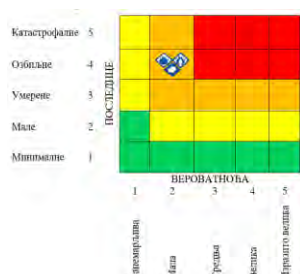
До настанка почетног пожара долази у једној од архивских канцеларија. Како је објекат стар, питање старе столарије није решено и изолација је лоша, због чега запослени, насупротив апелима да то не раде, прибегавају догревању канцеларија у зимским месецима. При сортирању архивске грађе у једној од канцеларија, добар део исте је наслоњен на грејно тело (кварцна грејалица). Радник који је вршио сортирање је отишао на паузу за ручак. Грејалица је остала укључена уз гомилу предмета, који су се под дејством топлоте запалили. Предмети су били довољни да иницирају почетни пожар и исти пренесу на остатак просторије, првенствено на остатак предмета, као и полице и ормаре у којима се предмети и документа чувају. Пожар се од почетне просторије на остатак објекта шири путем таванице која је изведена у форми каратавана и путем дрвене кровне конструкције. У неколико просторија ужарени делови таванице изазивају додатне пожаре, који се шире и захватају цео објекат. Запослени из остатка објекта опажају пожар тек након што је у потпуности захватио почетну просторију и иницијални покушај гашења изостаје. Након оглашавања узбуне и покретања евакуације, сва лица која су у објекту боравила у датом тренутку су се безбедно евакуисала. ВСБ Нови Сад на терен излази са четири возила и 20 ватрогасаца-спасилаца. До тренутка доласка ВСБ на

адресу, целокупан пожар се равио до разбуктале фазе. За локализацију је утрошено око 30 минута, док је за ликвидацију био потребан један час. Дежурство у погледу пожарне страже обављају припадници ВСБ Нови Сад.

### Израда матрица ризика

Након анализе штићених вредности, утврђено је да је укупан утицај на живот и здравље 60 евакуисаних лица. Укупни утицај на економију/екологију је 900.500.000,00 динара (8.2% вуцета), док утицаја на критичну инфраструктуру укупно 901.300.000,00 динара (8.2% вуцета).

Процена учесталости овог догађаја је 1 догађај у 20 до 100 година (мала). Последице по живот и здравље људи су катастрофалне, последице по економију/екологију озбиљне, док су последице по критичну инфраструктуру катастрофалне. Израчунавањем свих вредности ризика штићених вредности добија се мали степен вероватноће (2), са озбиљним последицама (4). Укупан ризик, са овим параметра је висок.



Слика 5.: Матрица укупног ризика за сценарију

### Ниво ризика

Помоћу Табеле 4., која приказује нивое ризика и начине поступања, може се дефинисати прихватљивост ризика:

Табела 4.: Ниво и прихватљивост ризика

|  | Ниво ризика | Оцена ризика | Одабрано |
|--|-------------|--------------|----------|
|  | Висок       | неприхватљив |          |

Утврђен ниво ризика, у случају пожара за описан сценарио са нежељеним догађајем са најтежим могућим последицама, је висок. Имајући у виду ниво, ризик се оцењује као неприхватљив, односно захтева третман ризика.

### 3. ЗАКЉУЧАК

У овом мастер раду је у оквиру сценарија приказан утицај олујних ветрова и пожара, као опасности на Клинички центар Војводине.

Процена ризика од катастрофа за Клинички центар Војводине је од изузетне важности из разлога што објекти и капацитети самог субјекта играју кључну улогу у реаговању на катастрофалне догађаје не само на нивоу територије Новог Сада, већ на нивоу читаве АП Војводине, па и шире. Такође, корисници услуга спадају у рањиву популацију јер се у објектима свакодневно налази велики број лица који су непокретни или тешко покретни, што изискује потребу за адекватан одговор у случају настанка неког катастрофалног догађаја.

У оквиру сценарија где су ризици процењени као високи, односно неприхватљиви, урађен је третман ризика. Након примењених мера које су анализирани у оквиру третмана ризика, ризици који су процењени у оквиру мастер рада, прелазе у домен умерених или ниских односно прихватљивих ризика по КЦВ, што је и био циљ ове процене.

Како само „Упутство“ и налаже, након процене ризика од катастрофа, следи израда Плана смањења ризика. Клинички центар Војводине је на основу одређеног акта Владе, одређен за Субјекат од посебног значаја за заштиту и спасавање, самим тим се План смањења ризика врши на посебан начин у односу на друга правна лица, а у складу са „Упутством“.

### 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Упутство о Методологији за израде и садржају процене ризика од катастрофа и плана заштите и спасавања ("Сл. гласник РС", бр. 80/2019).
- [2] Закон о смањењу ризика од катастрофа и управљању ванредним ситуацијама („Сл. Гласник РС“, бр. 87/2018)
- [3] Лабан, Шупић – Наставни материјал са предавања из предмета: „Планови заштите и спасавања“
- [4] Закон о заштити од пожара („Сл. гласник РС“, бр. 111/2009, 20/2015, 87/2018 и 87/2018 – др. закони)
- [5] Правилник о техничким нормативима за заштиту од пожара стамбених и пословних објеката и објеката јавне намене („Сл. гласник РС“, бр. 22/2019)
- [5] Главни пројекат ЗОП за Клинички центар Војводине

### Кратка биографија:

**Богдан Радић** рођен је 1998. године, у Приштини. У Ваљеву је завршио основну и средњу медицинску школу „Др Миша Пантић“. Факултет техничких наука у Новом Саду уписује 2016. године, на смеру Управљање ризиком од катастрофалних догађаја и пожара. Дипломски рад одбранио је 2021. године, а мастер рад из области Инжењерство управљања ризиком од катастрофалних догађаја и пожара брани 2024. године.



**Слободан Шупић** рођен је 1989. године у Требињу у БиХ. Од 2013. године запослен је на Факултету техничких наука, а од 2020. ради као доцент на Департману за грађевинарство и геодезију, ужа научна област: Грађевински материјали, процена стања и санација конструкција.



**ISTRAŽIVANJE UTICAJA AUTOMATIZOVANIH ALATA ZA REFAKTORISANJE NA ZADOVOLJSTVO KORISNIKA U PROCESU REINŽENJERINGA****RESEARCH ON THE IMPACT OF AUTOMATED REFACTORING TOOLS ON USER SATISFACTION IN THE INFORMATION SYSTEMS REENGINEERING PROCESS**

Ana Zuber, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO INFORMACIONIH SISTEMA**

**Kratak sadržaj** – Reinženjering informacionih sistema predstavlja kompleksan proces transformacije postojećih sistema u cilju poboljšanja performansi, efikasnosti i funkcionalnosti. U ovom istraživanju fokus je bio na ispitivanju uticaja upotrebe automatizovanih alata za refaktorisanje na zadovoljstvo korisnika u ovom procesu. Automatizovani alati za refaktorisanje predstavljaju softverske alate koji omogućavaju automatizovanu analizu i preuređenje izvornog koda sistema, sa ciljem poboljšanja njegove strukture, čitljivosti i održivosti. Ovi alati se sve više koriste u procesu reinženjeringa informacionih sistema kako bi se ubrzao i unapredio proces transformacije. U istraživanju je korišćen kvantitativni pristup, prikupljeni su podaci putem ankete. Analiza prikupljenih podataka pokazala je da upotreba automatizovanih alata za refaktorisanje ima pozitivan uticaj na zadovoljstvo korisnika u procesu reinženjeringa informacionih sistema. SonarQube je najpoznatiji i najčešće korišćeni alat za refaktorisanje, poznat 94,4% ispitanika, a korišćen od 88,9% ispitanika. Većina korisnika izrazila je visoko zadovoljstvo rezultatima alata (83,3%), naglašavajući njegovu efikasnost i brzinu refaktorisanja. Iako većina ispitanika nije prepoznala značajne nedostatke u izabranom alatu, neki su ukazali na potrebu za boljom integracijom u razvojna okruženja i većim standardima za ovakve alate.

**Ključne reči:** *Automatizovani alati, Refaktorisanje, Reinženjering, Informacioni sistemi*

**Abstract** – Reengineering information systems represents a complex process of transforming existing systems with the aim of improving performance, efficiency, and functionality. This research focused on examining the impact of using automated refactoring tools on user satisfaction in this process. Automated refactoring tools are software tools that enable automated analysis and restructuring of the system's source code, aiming to improve its structure, readability, and maintainability. These tools are increasingly used in the information systems reengineering process to expedite and enhance the transformation process. A quantitative approach was employed in the research, and data were collected

through a survey. The analysis of the collected data indicated that the use of automated refactoring tools has a positive impact on user satisfaction in the information systems reengineering process. SonarQube is the most recognized and commonly used refactoring tool, known to 94.4% of respondents and used by 88.9% of them. The majority of users expressed high satisfaction with the tool's results (83.3%), emphasizing its efficiency and speed of refactoring. Although most respondents did not identify significant drawbacks in the chosen tool, some pointed out the need for better integration into development environments and higher standards for such tools.

**Keywords:** *Automated tools, Refactoring, Reengineering, Information systems*

**1. UVOD**

U savremenom poslovnom okruženju, organizacije se često suočavaju s potrebom za prilagođavanjem informacionih sistema kako bi održale korak s brzim promenama. Reinženjering informacionih sistema postaje ključan za unapređenje performansi, ali istovremeno može biti izazovan zbog složenosti posla. Automatizovani alati za refaktorisanje postaju sve važniji u ovim procesima, omogućavajući automatsko poboljšanje koda bez promene spoljnog ponašanja sistema. Ipak, njihov uticaj na zadovoljstvo korisnika tokom ovih procesa nije dovoljno istražen. Ovo istraživanje je ključno iz nekoliko razloga. Informacioni sistemi su ključni za poslovanje, a uspešan reinženjering može poboljšati efikasnost i konkurentsku prednost. Loše sproveden reinženjering može dovesti do nefunkcionalnih sistema i nezadovoljstva korisnika. Automatizovani alati obećavaju brži reinženjering, ali njihova upotreba može imati nedostatke, uključujući potencijalne greške i gubitak performansi. Razumevanje uticaja ovih alata na zadovoljstvo korisnika ključno je za identifikaciju rizika i razvoj strategija za njihovo prevazilaženje.

S obzirom na navedene razloge, cilj ovog istraživanja jeste da se definiše problematika vezana za upotrebu automatizovanih alata za refaktorisanje i njen uticaj na zadovoljstvo korisnika u procesu reinženjeringa informacionih sistema. Istraživanje će se fokusirati na analizu različitih aspekata, kao što su prednosti i nedostaci korišćenja automatizovanih alata za refaktorisanje u kontekstu zadovoljstva programera, kao i utvrđivanje koji se alati koriste najviše u praksi.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Darko Stefanović, red. prof.

Korišćenje kvantitativnog metoda istraživanja omogućava prikupljanje relevantnih podataka i dublje razumevanje uticaja upotrebe automatizovanih alata za refaktorisanje na zadovoljstvo korisnika u procesu reinženjeringa informacionih sistema. Pre sprovođenja ankete, obavljena je detaljna analiza tržišta kako bi se stekao uvid u postojeće alate za automatizovano refaktorisanje i njihove prednosti i nedostatke. Analiza tržišta je uključivala istraživanje dostupnih alata za refaktorisanje koji su široko korišćeni u industriji softverskog razvoja. Ova analiza tržišta je omogućila da se stekne uvid u različite alate za automatizovano refaktorisanje i da se proceni njihova relevantnost za ovo istraživanje.

Nakon sprovedene ankete i prikupljenih odgovora, izvršena je detaljna analiza kako bi se dobili zaključci o istraživanju i zadovoljstvu korisnika u vezi upotrebe automatizovanih alata za refaktorisanje.

## 2. TEORIJSKE OSNOVE

U ovom poglavlju se istražuju teorijske osnove i rezultati relevantnih istraživanja koja se bave različitim aspektima upotrebe automatizovanih alata i istražuju kako automatizovani alati za refaktorisanje mogu poboljšati kvalitet softvera, performanse sistema, prilagodljivost alata, kao i smanjiti potrošnju energije.

Istraživanja predstavljena od strane Moghadam, I. H. i Cinnéide, M. Ó. [1], kao i Vidal, M. i Polino, A. [2], bave se temom automatizovanog refaktorisanja softvera i njegovog uticaja na različite aspekte razvoja i kvaliteta softverskih sistema. Moghadam i Cinnéide su se fokusirali na primenu metode dizajniranja razlika u procesu automatizovanog refaktorisanja. Njihovi rezultati pokazuju da korišćenje automatizovanih alata za refaktorisanje može znatno poboljšati efikasnost i ubrzati ovaj proces. To znači da razvojni timovi mogu brže i lakše prilagoditi svoj softver, što omogućava brži razvoj sistema i povećava zadovoljstvo korisnika. Sa druge strane, istraživanje koje su sprovedi Vidal i Polino imalo je za cilj praćenje dugoročnih efekata refaktorisanja na kvalitet softvera. Njihovi rezultati pokazuju da pravilna i pažljiva primena automatizovanih alata za refaktorisanje može dovesti do poboljšanja kvaliteta koda i smanjenja grešaka u softveru tokom vremena. Kroz ovaj proces, softverski sistem postaje stabilniji, pouzdaniji i korisniji za krajnje korisnike. Ova istraživanja ukazuju da upotreba odgovarajućih alata može povećati efikasnost, smanjiti vreme potrebno za refaktorisanje i doprineti boljem kvalitetu softvera.

Istraživanja autora Sahin, C., Pollock, L., Clause, J. [3], i Kohler, M., i Salvaneschi, G. [4], analiziraju efekte automatizovanog refaktorisanja na potrošnju energije i performanse softverskih sistema. Sahin, Pollock i Clause su se fokusirali na analizu uticaja automatizovanog refaktorisanja na potrošnju energije softverskih sistema. Korišćenjem ovakvih alata, moguće je optimizovati kod, ukloniti suvišne operacije i smanjiti opterećenje sistema. Njihovi rezultati ukazuju na smanjenje potrošnje energije, što ima dvostruku korist: osim što poboljšava efikasnost sistema, takođe pozitivno utiče na okolinu. Ovo povećava zadovoljstvo korisnika jer se dobija sistem koji zahteva manje resursa. Kohler i Salvaneschi su, s druge strane, istraživali automatizovano refaktorisanje u kontekstu

reaktivnog programiranja, s ciljem poboljšanja performansi i skalabilnosti sistema. Kroz primenu ovakvih alata, postignuti su značajni rezultati u smislu unapređenja performansi i brzine sistema. To rezultira boljim iskustvom korisnika jer se postiže brži odziv sistema i veća prilagodljivost na promene. Oba istraživanja ukazuju na značajne koristi koje se postižu kroz automatizovano refaktorisanje softvera. Ovi alati omogućavaju smanjenje potrošnje energije, što je važno za održivost i ekološki odgovoran razvoj softvera, dok istovremeno unapređuju performanse i skalabilnost sistema.

Istraživanja autora Oliveira, D., Bibiano, A. C., Garcia, A. [5] i Anna Maria Eilertsen [6] imaju zajednički fokus na prilagodljivosti automatizovanih alata za refaktorisanje i njenom uticaju na zadovoljstvo korisnika. Oliveira, Bibiano i Garcia istražuju mogućnost prilagođavanja alata za refaktorisanje specifičnim potrebama projekata. Njihovi rezultati pokazuju da kada su alati prilagodljivi, to značajno poboljšava efikasnost procesa refaktorisanja i omogućava korisnicima da ostvare svoje ciljeve. Ovakva prilagodljivost omogućava korisnicima veću kontrolu nad refaktorisanjem, što rezultira povećanim zadovoljstvom korisnika. Anna Maria Eilertsen istražuje različite aspekte dizajna automatizovanih alata za refaktorisanje. Njeni rezultati ukazuju na postojanje kompromisa između predvidljivosti, fleksibilnosti i tačnosti ovih alata. Korisnici će biti zadovoljniji ukoliko alati pružaju jasno definisane i dosledne rezultate, ali istovremeno omogućavaju i određenu fleksibilnost kako bi se prilagodili specifičnim potrebama. Ova istraživanja ističu da pružanjem veće kontrole nad procesom refaktorisanja i sposobnosti prilagođavanja specifičnim potrebama, korisnici mogu postići željene ciljeve i unaprediti kvalitet softverskog razvoja. Ovakva prilagodljivost povećava pouzdanost i efikasnost rada, što doprinosi pozitivnom iskustvu korisnika tokom refaktorisanja.

Iz navedenih radova možemo zaključiti da korišćenje automatizovanih alata za refaktorisanje može imati pozitivan uticaj na zadovoljstvo korisnika tokom procesa reinženjeringa informacionih sistema. Ti alati mogu pomoći u poboljšanju kvaliteta koda, smanjenju grešaka, optimizaciji performansi i smanjenju potrošnje energije. Kako bi se postigao maksimalan efekat i korist od ovih alata, važno je obezbediti njihovu upotrebljivost, prilagodljivost i predvidljivost. Time se korisnicima omogućava efikasno i pouzdano refaktorisanje, što doprinosi njihovom zadovoljstvu tokom celog procesa reinženjeringa informacionih sistema.

Na osnovu drugih dostupnih istraživanja [7-9] postavlja se hipoteza: SonarQube je najpopularniji automatizovani alat za refaktorisanje softverskog koda u poređenju s drugim dostupnim alatima.

## 3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Na osnovu postavljenog istraživačkog pitanja, izabrana je metoda istraživanja poznata kao Survey-ankete. S obzirom da je istraživanje usmereno na ispitivanje zadovoljstva korisnika, radi se o subjektivnom merenju. Iz tog razloga, odlučeno je da se eliminišu svi drugi istraživački nacrti koji bi zahtevali sprovođenje nekog tipa eksperimenta. Subjektivno merenje, koje se postiže putem anketa, omogućava da učesnici izraze svoje lične

stavove, mišljenja i osećaje, što je ključno kada se istražuje zadovoljstvo korisnika. Sledeći korak bio je kreiranje ankete kojom su korisnici automatizovanih alata za refaktorisanje mogli iskazati svoje mišljenje. Ispitivanje je sprovedeno u julu 2023. godine, a učestvovalo je 18 učesnika koji su zaposleni ili studenti i koji najviše koriste automatizovane alate za refaktorisanje. Anketa je dostavljena učesnicima putem e-maila, a za njeno kreiranje korišćen je alat Google Forms [10]. Sadrži pitanja koja obuhvataju ključne aspekte istraživanja, uključujući korisničko iskustvo pri radu s automatizovanim alatima, efikasnost procesa reinženjeringa, percepciju promena i opšte zadovoljstvo korisnika. Čine je tri dela: prvi deo prikuplja osnovne podatke o učesnicima, drugi deo meri zadovoljstvo učesnika, dok treći deo otkriva nedostatke postojećih alata i prikuplja predloge za njihovo unapređenje.

#### 4. PRIKAZ REZULTATA

U anketi je učestvovalo ukupno je 18 ispitanika, od kojih je 38,9% bilo muškog, a 61,1% ženskog pola. Svi ispitanici pripadali su starosnoj grupi od 18 do 25 godina. Kada je reč o radnom statusu, 33,3% ispitanika bili su studenti, a 66,7% zaposleni.

Rezultati su otkrili da većina ispitanika (83,3%) ima iskustva u korišćenju automatizovanih alata za refaktorisanje, dok je 16,7% navelo da nema iskustva s ovim alatima. Što se tiče dužine korišćenja, 16,7% ispitanika nije koristilo automatizovane alate za refaktorisanje, dok je većina (61,1%) koristila ove alate manje od godinu dana. Preostalih 16,7% učesnika koristili su alate u periodu od 1 do 3 godine, dok samo 5,6% koristi ove alate već više od 3 godine.

Najpopularniji alat za refaktorisanje među ispitanicima bio je SonarQube, koji je bio poznat čak 94,4% ispitanika. Sledeći po prepoznatljivosti bio je Visual Studio IntelliCode, poznat 38,9% ispitanika, dok je Resharper bio poznat 27,8% ispitanika, a za Eclipse Refactoring Tools znalo je 33,3% ispitanika. Ostali alati nisu bili prepoznati od strane ispitanika. Kada je reč o korišćenju alata za refaktorisanje, SonarQube je dominirao i koristilo ga je 88,9% ispitanika, dok je Resharper koristilo 33,3% ispitanika. Ostali alati nisu bili toliko zastupljeni u korišćenju. Većina ispitanika (83,3%) izrazila je izuzetno visoko zadovoljstvo SonarQube-om, dok je Resharper bio na drugom mestu sa 22,2% ispitanika, a Refactoring Essentials 5,6% ispitanika.

Što se tiče karakteristika koje su izdvojile izabrani alat za refaktorisanje od ostalih, većina ispitanika istakla je efikasnost i brzinu refaktorisanja (66,7%) kao najvažniji faktor. Pouzdanost je bila takođe bitna za 61,1% ispitanika, dok je broj podržanih jezika i platformi bio važan za 50% ispitanika. Raznovrsnost refaktorisanja istaknuta je od strane 38,9% ispitanika, a integrisanost u razvojno okruženje i preglednost rezultata refaktorisanja bili su važni za 27,8% ispitanika. Prilagodljivost i korisničko iskustvo bili su značajni za 27,8% ispitanika, dok je dostupnost podrške bila važna za 11,1% ispitanika. Popularnost i reputacija nisu bili presudni faktor za većinu ispitanika. Kada je reč o zadovoljstvu rezultatima alata za refaktorisanje, većina ispitanika (83,3%) izrazila je visoko zadovoljstvo, dok je manji broj (5,6%) bio izrazito

zadovoljan. Najznačajniji benefiti koje su primetili korišćenjem alata za refaktorisanje uključivali su poboljšanje čitljivosti i održivosti koda (72,2%) i smanjenje broja grešaka u kodu (61,1%). Smanjenje vremena potrebnog za refaktorisanje istaklo je 44,4% ispitanika, dok je olakšavanje održavanja informacionog sistema bilo važno za 38,9% ispitanika. Povećanje produktivnosti razvojnog tima primećeno je kod 22,2% ispitanika. Od ispitanika koji su prepoznali nedostatak kod izabranog alata za refaktorisanje, 55,6% je navelo da postoji neki nedostatak, dok je 44,4% smatralo da alat nema značajnih mana. Od onih koji su prepoznali nedostatak, samo 11,1% ispitanika je navelo da postoji alat koji bi mogao zadovoljiti te potrebe, dok je 5,6% smatralo da ne postoji rešenje, a čak 83,3% nije znalo da odgovori na to pitanje. Kao moguće prepreke za prelazak na alat koji zadovoljava pomenuti nedostatak, primećeni su različiti razlozi. Za 61,1% ispitanika nije bilo jasno šta tačno sprečava prelazak na drugi alat. Takođe, 16,7% smatra da je sporost i neefikasnost procesa refaktorisanja prepreka. Takođe, 16,7% ispitanika smatra da odabrani alat nudi ograničen broj podržanih vrsta refaktorisanja. Manji broj ispitanika (po 5,6%) je ukazao na nedostatak podrške za različite jezike i platforme, nepotpunu integraciju alata u razvojno okruženje i loše korisničko iskustvo.

#### 5. DISKUSIJA O REZULTATIMA ISTRAŽIVANJA

Rezultati ovog istraživanja donose nekoliko važnih zaključaka i uvida koji mogu biti od koristi za razumevanje potreba korisnika ovih alata.

Prepoznatljivost i popularnost alata: Istraživanje je pokazalo da je SonarQube najpoznatiji i najkorišćeniji alat za refaktorisanje među ispitanicima. Visok stepen prepoznatljivosti (94,4%) i korišćenja (88,9%) ukazuje na to da je ovaj alat široko prihvaćen među korisnicima. Ovo može biti posledica njegove efikasnosti i pouzdanosti, što je istaknuto kao važan faktor zadovoljstva.

Zadovoljstvo korisnika: Većina ispitanika (83,3%) izrazila je visoko zadovoljstvo rezultatima alata za refaktorisanje koje koriste. Ovo ukazuje na to da su automatizovani alati doprineli poboljšanju kvaliteta koda i efikasnosti u njihovim projektima.

Potreba za unapređenjem: Ispitanici koji su prepoznali nedostatak u izabranom alatu (55,6%) ukazuju na to da postoji prostor za unapređenje i razvoj novih funkcionalnosti. Ovo je važan podatak za proizvođače alata kako bi ispunili potrebe korisnika i stvorili alate koji bolje odgovaraju njihovim zahtevima.

Nedovoljna informisanost: Istraživanje je otkrilo da veliki broj ispitanika (83,3%) nije bio upoznat s alternativnim alatima koji bi mogli zadovoljiti prepoznati nedostatak. Ovo ukazuje na potrebu za boljom informisanosti korisnika o raspoloživim opcijama kako bi mogli doneti tačniju odluku o izboru alata.

Trajanje korišćenja alata: Ispitanici su različito koristili automatizovane alate za refaktorisanje, a većina njih (61,1%) koristila je ove alate manje od godinu dana. Ovo može ukazivati na potrebu za obukom i podrškom korisnika u početnim fazama korišćenja ovih alata kako bi maksimalno iskoristili njihove prednosti.

Benefit i uticaj alata na razvoj projekata: Značajan broj ispitanika je primetio pozitivne benefite korišćenja alata za refaktorisanje, kao što su poboljšanje čitljivosti i održivosti koda (72,2%) i smanjenje broja grešaka u kodu (61,1%). Ovo potvrđuje vrednost ovih alata u procesu razvoja softvera.

Prepreke za prelazak na drugi alat: Ispitanici koji su imali prepreke u prelasku na alat koji zadovoljava nedostatak naveli su različite razloge. Najznačajniji razlog bio je nedostatak jasnoće o tome šta tačno sprečava prelazak na drugi alat (61,1%). Ovo ukazuje na potrebu za boljom komunikacijom i obukom korisnika kako bi se prevazišle ove prepreke.

U zaključku, istraživanje je otkrilo ključne aspekte u korišćenju automatizovanih alata za refaktorisanje među ispitanicima. SonarQube se istakao kao najpopularniji alat i potvrdio postavljenu hipotezu, ali postoji potreba za unapređenjem kako bi se zadovoljile potrebe korisnika i bolje informisali o raspoloživim opcijama. Ovi nalazi mogu poslužiti kao smernice za dalji razvoj alata za refaktorisanje i pružiti podsticaj za unapređenje njihove funkcionalnosti i korisničkog iskustva.

## 6. ZAKLJUČCI I OGRANIČENJA ISTRAŽIVANJA

Istraživanje o automatizovanim alatima za refaktorisanje pružilo je uvid u iskustvo i upotrebu ovih alata među ispitanicima. Rezultati su ukazali na nekoliko ključnih zaključaka.

SonarQube se istakao kao najpoznatiji i najkorišćeniji alat među ispitanicima, sa visokim procentom prepoznavanja (94,4%) i korišćenja (88,9%). To sugerise da je ovaj alat široko prihvaćen među korisnicima i da ima jaku reputaciju na tržištu. Većina ispitanika izrazila je visoko zadovoljstvo rezultatima alata za refaktorisanje koje koriste. Ovo ukazuje na to da su automatizovani alati doprineli poboljšanju kvaliteta koda i produktivnosti u njihovim projektima. Iako većina ispitanika nije prepoznala značajne nedostatke u izabranom alatu, postoji potreba za unapređenjem i razvojem novih funkcionalnosti kako bi se bolje zadovoljile potrebe korisnika. Ovo može biti ključno za proizvođače alata kako bi održali korak sa zahtevima tržišta i poboljšali korisničko iskustvo.

Ograničenja istraživanja takođe treba uzeti u obzir kako bi se razumeli potencijalni izvori grešaka ili nejasnoća u rezultatima. Istraživanje je sprovedeno na relativno malom uzorku od 18 ispitanika, što može ograničiti mogućnost generalizacije rezultata na širu populaciju korisnika alata za refaktorisanje. Rezultati se zasnivaju na subjektivnim odgovorima ispitanika, što može dovesti do sklonosti prema određenim alatima. Ovo može uticati na validnost rezultata istraživanja. Veliki broj ispitanika nije bio upoznat s alternativnim alatima koji bi mogli zadovoljiti prepoznati nedostatak. Ovo može ograničiti dubinu i preciznost rezultata. Vremenski okvir istraživanja takođe može biti ograničavajući faktor. Ograničenje vremena može dovesti do smanjenog obima i detaljnosti istraživanja. Uprkos ovim ograničenjima, istraživanje pruža dragocen uvid u iskustvo i stavove korisnika alata za refaktorisanje. Buduće istraživanje trebalo bi da obuhvati veći uzorak i dublje ispitivanje

kako bi se razjasnila pitanja koja su ostala otvorena i pružile smernice za dalji razvoj i unapređenje ovih alata.

## 7. LITERATURA

- [1] I. H. Moghadam and M. Ó. Cinnéide, "Automated Refactoring Using Design Differencing," *16th European Conference on Software Maintenance and Reengineering*, 2012.
- [2] M. Vidal and A. Polino, "Assessing the Impact of Refactoring Activities on Software Quality: A Longitudinal Study," 2016.
- [3] C. Sahin, L. Pollock, and J. Clause, "How do code refactorings affect energy usage?," *Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, 2014.
- [4] M. Kohler and G. Salvaneschi, "Automated Refactoring to Reactive Programming," *34th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE)*, 2019.
- [5] D. Oliveira, A. C. Bibiano, and A. Garcia, "On the Customization of Batch Refactoring," *IEEE/ACM 3rd International Workshop on Refactoring*, 2019.
- [6] Anna Maria Eilertsen, "Predictable, Flexible or Correct: Trading off Refactoring Design Choices," *IEEE/ACM 42nd International Conference on Software Engineering Workshops (ICSEW)*, 2020.
- [7] Valentina Lenarduzzi, Nyyti Saarimäki, and Davide Taibi, "SonarQube issues have a significant but small effect on faults and changes. A large-scale empirical study," 2020.
- [8] M. T. Baldassarre, V. Lenarduzzi, S. Romano, and N. Saarimäki, "On the Diffuseness of Technical Debt Items and Accuracy of Remediation Time When Using SonarQube.," 2020.
- [9] V. Lenarduzzi, F. Lomio, H. Huttunen, and D. Taibi, "Are SonarQube Rules Inducing Bugs?," *IEEE 27th International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER)*, 2020.
- [10] "Google Forms." Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.google.com/forms/about/>

### Kratka biografija:



**Ana Zuber** rođena je u Modriči 1999. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstva informacionih sistema odbranila je 2022.god.  
kontakt: ana.zuber99@gmail.com

## **VEŠTAČKA INTELIGENCIJA U E-REGRUTOVANJU I KREIRANJE VEB APLIKACIJE "JOB PORTAL" PRIMENOM PROGRAMSKOG JEZIKA PYTHON - SINTEZA TEORIJE I PRAKSE**

### **ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN E-RECRUITING AND THE CREATION OF A JOB PORTAL WEB APPLICATION USING THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE - SYNTHESIS OF THEORY AND PRACTICE**

Nikola Nikolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### **Oblast – INŽENJERSTVO INFORMACIONIH SISTEMA**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad pruža pregled metoda veštačke inteligencije u e-regrutovanju i razvoju veb aplikacije "Job Portal" koristeći programski jezik Python. Analizira se proces razvoja od prikupljanja korisničkih zahteva do implementacije aplikacije. Istražuju se tehnike i alati koji povezuju teoriju i praksu, olakšavajući efikasno projektovanje i izradu aplikacije.

**Ključne reči:** Veštačka inteligencija, Informacioni sistemi, E-regrutovanje

**Abstract** – This paper provides an overview of artificial intelligence methods in e-recruitment and the development of the "Job Portal" web application using the Python programming language. It analyzes the development process from gathering user requirements to application implementation. Techniques and tools bridging theory and practice are explored, facilitating efficient design and development of the application..

**Keywords:** Artificial Intelligence, Information System, E-recruiting

#### **1. UVOD**

U savremenom svetu, gde tehnologija konstantno napreduje, veštačka inteligencija (AI) postala je ključna u mnogim sferama života. Polje ljudskih resursa sve više koristi AI, posebno u e-regrutovanju. Ovo predstavlja proces pronalaženja, angažovanja i selekcije kandidata putem interneta. U ovom kontekstu, AI unapređuje proces regrutacije, kvalitet izbora kandidata, smanjuje ljudske resurse i vreme potrebno za regrutaciju. Kreiranje veb aplikacija za posredovanje između poslodavaca i zaposlenih postalo je neophodno. Ob Portal aplikacije olakšavaju ovaj proces, omogućavajući kompanijama objavljivanje otvorenih radnih mesta, a kandidatima apliciranje za poslove. Unapređenje performansi i korisničkog iskustva ovakvih aplikacija kroz primenu AI-a može značajno poboljšati efikasnost regrutacije. Problemi se javljaju u razumevanju kako AI može doprineti selekciji i personalizaciji iskustva korisnika kao i tačnosti algoritama za ocenu kandidata.

#### **NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Teodora Vučković, docent.

Ovaj rad istražuje teorijske osnove i praktične primene AI-a u e-regrutovanju, sa fokusom na Python programski jezik i kreiranje veb aplikacije za pronalaženje poslova.

Ciljevi ovog istraživanja su:

- Pregled literature o primeni AI-a u e-regrutovanju radi identifikacije ključnih teorijskih koncepta i metoda.
- Analiza postojećih modela i strategija primene AI-a u e-regrutovanju, posebno u kontekstu Pythona.
- Identifikacija prednosti uvođenja AI-a u e-regrutovanje i njegov uticaj na efikasnost regrutnih sistema.
- Ispitivanje izazova i etičkih dilema primene AI u procesu regrutacije uz relevantne smernice.
- Pružanje preporuka i smernica za potencijalnu implementaciju AI-a u e-regrutovanju na osnovu pregleda literature.

Ovaj rad ima za cilj pružiti dublje razumevanje teorijskih aspekata primene AI-a u e-regrutaciji, sa fokusom na Python programski jezik, doprinoseći širem razumevanju prednosti i izazova AI-a u e-regrutovanju kroz sistematski pregled literature.

#### **2. TEORIJSKE OSNOVE**

Cilj je istražiti ključne aspekte veštačke inteligencije (AI) i njen značaj u kontekstu e-regrutovanja. Razmatra se definicija AI-a u procesima regrutovanja, fokusirajući se na primenu AI-a u selekciji kandidata i ulogu programskog jezika Python u razvoju veb aplikacija. U sekciji posvećenoj veštačkoj inteligenciji, obuhvaćeni su ključni koncepti kao što su uska i opšta veštačka inteligencija, uz analizu okvira poput obrade prirodnog jezika, mašinskog učenja, ekspertskih sistema i računarskog vida. Ove komponente formiraju osnove za tehnološke inovacije u različitim domenima, omogućavajući optimizaciju procesa, donošenje odluka i unapređenje korisničkog iskustva.

##### **2.1. Veštačka inteligencija**

Multidisciplinarni pristup veštačkoj inteligenciji proširuje primenu u različitim sektorima i funkcijama, unapređujući operativnu efikasnost i donošenje odluka [1,2]. AI se deli na usku veštačku inteligenciju (specijalizovane zadatke) i opštu veštačku inteligenciju (sličnu ljudskoj). Okviri za merenje AI-a variraju, a četvorodimenzionalni model (NLP, mašinsko učenje, ekspertski sistemi, računarski vid) je čest okvir za AI u menadžerskim oblastima. Obrada prirodnog jezika omogućava interakciju računara s ljudima, mašinsko

učenje omogućava učenje iz podataka bez eksplicitnog programiranja, ekspertski sistemi oponašaju veštine ljudi u rešavanju problema, a računarski vid omogućava interpretaciju vizuelnih informacija. Integracija ovih elemenata doprinosi razvoju tehnoloških inovacija i naprednih rešenja u različitim oblastima, poboljšavajući efikasnost, preciznost i interakciju između ljudi i mašina [3].

## 2.2. Elektronski servisi

Elektronski servisi kao internet-bazirane aplikacije nude alternativu tradicionalnom poslovanju, a u ovom radu se istražuje uloga e-servisa u e-regrutovanju. Definicija e-regrutovanja naglašava proces pronalaženja i privlačenja kvalifikovanih kandidata putem interneta, ističući značaj tehnoloških alata u olakšavanju ovog procesa [4].

## 2.3. Veštačka inteligencija u kontekstu e-regrutovanja

AI u kontekstu e-regrutovanja postaje ključna za optimizaciju procesa selekcije kandidata. AI omogućava analizu biografija, identifikaciju veština i precizan izbor potencijalnih zaposlenih. Kroz primenu različitih algoritama mašinskog učenja, AI transformiše i automatizuje tradicionalne metode regrutovanja, ali istovremeno zahteva pažljiv pristup radi očuvanja ravnopravnosti kandidata i poštovanja etičkih standarda.

## 2.4. Python kao programski jezik u razvoju aplikacija

Python, kao popularan programski jezik, postaje ključan u razvoju veb aplikacija. Razmatraju se njegove prednosti poput jednostavnosti, čitljivosti koda i široke ponude biblioteka koje olakšavaju razvoj aplikacija. Osim toga, istražuje se Django framework, ističući njegovu moć kao alata za razvoj veb aplikacija, nudeći sveobuhvatne alate za upravljanje bazama podataka i podršku za kreiranje sigurnih aplikacija.

Pruža dublje razumevanje uloge AI-a i programskog jezika Python u e-regrutovanju, istražujući teorijske osnove i primene ovih tehnologija. Kroz sistematski pregled literature, rad doprinosi razvoju šireg razumevanja o potencijalnim prednostima i izazovima koji proizilaze iz primene AI-a u e-regrutovanju, kao i značaju Python-a i Django framework-a u razvoju veb aplikacija za regrutaciju [5].

# 3. SISTEMATSKI PREGLED LITERATURE

## 3.1. Protokol pregleda literature

Autor se opredelio za sistematski pregled literature kao metod istraživanja, koristeći transparentnost, objektivnost i ponovljivost kako bi pružio uvid u relevantne izvore i unapredio razvoj koncepta e-regrutovanja u akademskom okruženju i industriji.

## 3.2. Istraživačka pitanja

U ovom istraživanju postavljaju se sledeća istraživačka pitanja:

- P1 - Kako AI alati za regrutaciju i selekciju kandidata utiču na efikasnost procesa zapošljavanja?
- P2 - Kakav je uticaj korišćenja AI alata na zadovoljstvo kandidata i zaposlenih?

Gde se istražuje uticaj AI alata na efikasnost procesa zapošljavanja i njihov uticaj na zadovoljstvo kandidata i zaposlenih.

## 3.3. Korišćena indeksna baza i termin pretrage

Za pretragu relevantnih radova korišćena je Google Scholar s ključnim rečima: "veštačka inteligencija", "e-recruitment", "candidate selection", "applicant screening". Dodatno, definisani su vremenski okvir (2009-2023) i jezički kriterijum (engleski jezik).

## 3.4. Kriterijumi inkluzije i ekskluzije

Odabir primarnih studija je obuhvatio radove koji se bave primenom veštačke inteligencije u zapošljavanju i rešenjima za ove procese. Isključeni su radovi koji se ne podudaraju s temom, nisu na engleskom jeziku, nisu objavljeni u naučnim časopisima ili konferencijama, i oni koji nisu bili besplatno dostupni.

## 3.5. Izvođenje sistematskog pregleda literature

Opisuje se proces pretrage na Google Scholar-u, rezultati su suženi na 1650 radova, a zatim odabrano 50 relevantnih radova. Nakon analize apstrakata, odabrano je 12 primarnih istraživanja koja su korišćena u ovom radu.

## 3.6. Prikaz rezultata

Prikazuju se opisi i zaključci 12 odabranih studija, ističući njihove ključne teme i zaključke.

Prikazani su radovi koji istražuju primenu AI-a u regrutaciji i selekciji, analizirajući njihove prednosti i nedostatke. Dodatno se ističu zaključci svakog rada, poput efikasnosti AI alata, uticaja na zadovoljstvo kandidata i zaposlenih, te etičkih aspekata primene tehnologije u HR-u. Ovo poglavlje pruža detaljan pregled procesa i rezultata sistematskog pregleda literature u okviru istraživanja o uticaju veštačke inteligencije u procesima zapošljavanja.

# 4. SPECIFIKACIJA ZAHTEVA

U današnjem dinamičnom poslovnom okruženju, povezivanje poslodavaca sa kvalifikovanim kandidatima je ključno za uspeh. Softversko rešenje *Job Portal* je inovativna platforma koja omogućava efikasan proces zapošljavanja i interakciju među korisnicima. Aplikacija podržava sledeće korisničke grupe:

Tipovi korisnika:

- Administrator: Ovlašćen za upravljanje informacijama o poslovima i korisnicima.
- Zaposleni (Employee): Može kreirati profil, pretraživati poslove, dodavati CV i slati poruke poslodavcima.
- Poslodavac (Employer): Postavlja oglase za posao, pregledava aplikacije i komunicira sa kandidatima.

Funkcionalnosti sistema:

- Administratorske funkcije: Dodavanje, uređivanje i brisanje informacija o poslovima i korisnicima, kontrola funkcionalnosti.
- Funkcionalnosti za zaposlene: Kreiranje profila, pretraga poslova, dodavanje CV-a i slanje poruka.
- Funkcionalnosti za poslodavce: Postavljanje oglasa, pregled aplikacija, komunikacija sa kandidatima.

Implementacija *Backend*-a i *Frontend*-a:

- Intuitivni korisnički interfejs za sve korisničke grupe.

- Baza podataka prilagođena za čuvanje informacija o poslovima, korisnicima i aplikacijama.
- Korišćene tehnologije za stabilnost, sigurnost i brzinu sistema.

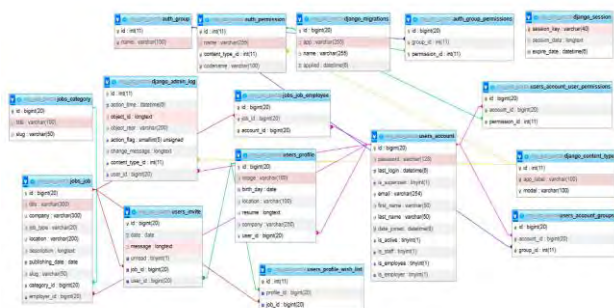
Ciljevi sistema:

- Olakšavanje procesa zapošljavanja za sve strane.
- Efikasno upravljanje poslovima i aplikacijama.
- Brza i jednostavna komunikacija između poslodavaca i kandidata.
- Preglednost svih relevantnih informacija na jednom mestu.

Softversko rešenje *Job Portal* fokusira se na efikasan proces zapošljavanja kroz olakšanu komunikaciju i upravljanje informacijama, omogućavajući svim korisničkim tipovima efikasno korišćenje sistema

#### 4.1 Dijagram klasa

Pre samog započinjanja razvoja aplikacije, bilo je neophodno kreirati model domena i u te svrhe korišćen je UML-ov dijagram klasa čiji je prikaz dat na slici 1.



Slika 1. Dijagram klasa

## 5. KREIRANJE APLIKACIJE JOB PORTAL

### 5.1. Korišćene tehnologije

Za projektovanje baze podataka korišćen je MySQL, otvoreni sistem za upravljanje bazama podataka (SUBP), koji omogućava efikasno skladištenje i organizaciju podataka u različitim aplikacijama. PhpMyAdmin, besplatan alat za administraciju MySQL baza podataka, omogućava pregled, uređivanje i upravljanje podacima putem web preglednika, olakšavajući pristup i manipulaciju podacima bez pisanja SQL upita. Kombinacija MySQL-a i PhpMyAdmin-a pruža snažan alat za razvoj i upravljanje bazama podataka, popularan izbor za veb aplikacije i sisteme upravljanja sadržajem. Za backend aplikacije korišćen je Django framework, visoko produktivan Python veb framework koji omogućava brz razvoj skalabilnih i sigurnih veb aplikacija. Osnovan na principima "Don't Repeat Yourself" (DRY) i "Convention Over Configuration", Django pruža alate za upravljanje bazom podataka, autentifikaciju korisnika, URL rutiranje, šablone za korisnički interfejs i administrativno sučelje. Za frontend aplikacije korišćeni su HTML, CSS i JavaScript programski jezik. HTML se koristi za strukturu web stranice, CSS za stilizaciju elemenata i estetski izgled, dok JavaScript dodaje interaktivnost na web stranice, omogućavajući manipulaciju HTML-om i CSS-om te slanje asinhronih zahteva serveru. Za razvoj aplikacije korišćeno je PyCharm razvojno okruženje koje nudi napredne alate za pisanje koda, analizu grešaka, podršku za

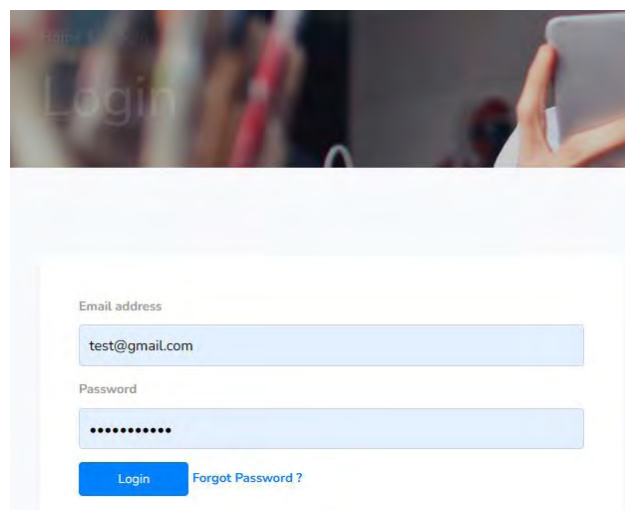
različite projekte i integraciju sa Django frameworkom. PyCharm olakšava upravljanje virtualnim okruženjima, kontrolu verzija, rad sa bazama podataka i paket menadžere. Ova kombinacija alata pruža efikasno radno okruženje za razvoj, testiranje i održavanje veb aplikacija, poboljšavajući produktivnost i kvalitet koda.

### 5.2 Prikaz veb aplikacije

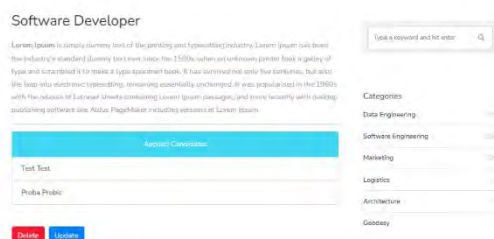
Na slici 2. se prikazuje naslovna stranica aplikacije, sa opcijom za prijavljivanje *Log In* i opcijom *Register* u gornjem desnom uglu. Kada korisnik klikne na *Log In* u navigacionoj traci (koja je prilagodljiva za različite uređaje), biće preusmeren na stranicu za prijavljivanje, što je prikazano na slici 3. Na slici 4. je prikazana forma koja omogućava poslodocima prikaz pristiglih aplikacija od strane potencijalnih zaposlenih. Na slici 5. je prikazana lista želja odnosno funkcionalnost kojom potencijalni zaposleni mogu da označe oglase kao omiljene (kako bi kasnije mogli aplicirati za isti).



Slika 2. Prikaz naslovne strane



Slika 3. Prikaz Log In forme



Slika 4. Forma za pregled pristiglih aplikacija



Slika 5. Prikaz liste želja

## 6. SINTEZA TEORIJE I PRAKSE

Ovaj rad objedinjuje teorijske koncepte i praktične primene u regrutaciji i selekciji kandidata. Kroz sistematski pregled literature o korišćenju AI-a u ovim procesima, istraženi su ključni tehnološki aspekti, prednosti i izazovi. Analiza razvoja aplikacije Job Portal pruža uvid u praktičnu stranu i funkcionalnosti platformi za zapošljavanje. Rad kombinuje teorijsko znanje o primeni AI-a u regrutaciji sa konkretnim iskustvom razvoja aplikacije. Integracija zaključaka iz literature sa iskustvima razvoja aplikacije omogućava holistički uvid u složenost i izazove primene AI-a u procesima regrutacije. Ovaj rad ne samo da identifikuje ključne prepreke i prednosti, već nudi smernice za buduća istraživanja i unapređenje procesa zapošljavanja putem kombinovanja tehnoloških inovacija sa potrebama korisnika. Sintaza teorije i prakse u radu osvetljava kompleksnost AI-a u regrutaciji, ističući važnost razvoja korisnički orijentisanih alata koji obogaćuju procese zapošljavanja. Ovaj rad pruža holistički pristup temi i postavlja putokaze za dalje istraživanje i razvoj u ovom području.

## 7. ZAKLJUČAK

Sistematski pregled literature o primeni AI-a u regrutaciji i selekciji kandidata ističe značajne prednosti, poput identifikacije najbolje odgovarajućih kandidata i smanjenja vremena potrebnog za pregled aplikacija. Međutim, nedostatak poverenja u tehnologiju i etički problemi predstavljaju prepreke za širu implementaciju AI alata. Razvoj aplikacije Job Portal predstavlja korak ka olakšavanju procesa zapošljavanja kroz intuitivan interfejs, iako ne uključuje AI segmente.

Ipak, istraživanje je pokazalo da aplikacija nudi niz funkcionalnosti koje poboljšavaju procese regrutacije za zaposlene i poslodavce. Integracija zaključaka iz literature i iskustava razvoja aplikacije Job Portal ističe važnost kontinuiranog istraživanja u razumevanju izazova AI primene u regrutaciji.

Dalji fokus na stvaranje korisničkih interfejsa i funkcionalnosti može unaprediti procese regrutacije. Kombinacija ljudskog faktora sa potencijalom AI tehnologije ključna je za postizanje najboljih rezultata u ovim procesima.

## 8. LITERATURA

- [1] Y. X. F. X. Y. F. X. & G. H. Zhang, "The impact of artificial intelligence and blockchain on the accounting," *IEEE*, no. 8, 2020.
- [2] S. & K. S. Raisch, "Artificial intelligence and management: The automation–augmentation paradox," *Academy of management review*, pp. 192-210, 2021.
- [3] C. & L. Y. Zhang, "Study on artificial intelligence: The state of the art and future prospects," *Journal of Industrial Information Integration*, p. 23, 2021.
- [4] P. Seybold, "Preparing for the e-Services Revolution," Patricia Seybold Group, Boston Customers.com, 1999.
- [5] M. DEERY, "careerfoundry.com/blog," 30 August 2023. [Online]. Available: <https://careerfoundry.com/en/blog/web-development/reasons-to-learn-python/#advantages-of-learning-python-for-web-development>

### Kratka biografija:



**Nikola Nikolić** rođen je u Leskovcu 1997. god. Diplomirao na smeru Inženjerstvo informacionih sistema 2020 godine, kad upisuje master na istom smeru.

## PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA U ANALIZI HODA PACIJENATA OBOLELIH OD NEURODEGENERATIVNIH BOLESTI

### APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS IN GAIT ANALYSIS OF PATIENTS SUFFERING FROM NEURODEGENERATE DISEASES

Svetlana Sekulić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – BIOMEDICINSKO INŽINJERSTVO

**Kratak sadržaj** – U okviru rada opisana je primena mašinskog učenja u analizi hoda kod neurodegenerativnih oboljenja. Cilj je sagledavanje mogućnosti da se pomoću metoda mašinskog učenja formira klasifikator koji može da prepozna neurodegenerativna oboljenja kod pacijenata na osnovu snimanja karakteristike hoda.

**Ključne reči:** Faze hoda, odabir obeležja, klasifikacija.

**Abstract** – The paper describes the application of machine learning in the analysis of gait in neurodegenerative diseases. The goal is to consider the possibility of using machine learning methods to create a classifier that can recognize neurodegenerative diseases in patient based on the recording of gait characteristics.

**Keywords:** Phases of gait, feature selection, classification.

#### 1. UVOD

Nervni sistem je najsloženiji sistem organizma koji reguliše ogroman broj složenih funkcija. U osnovi se sastoji od specijalizovanih ćelija čija je uloga da prenese utiske iz spoljašnje i unutrašnje sredine do centralnih struktura koji ih obrađuju i vraćaju do efektivnih organa obezbeđujući njihovo harmonično delovanje.

Osnovna jedinica, građe i funkcija nervnog sistema je nervna ćelija ili neuron. Neuron se sastoji od tela, kratkih nastavaka ili dendrida i dugih nastavaka ili aksona. Nastavci neurona imaju ulogu da preko dendrida prime informaciju, a preko aksona proslede informaciju. Proteini imaju veliku ulogu prilikom deobe nervne ćelije, i oni se smatraju genetskim realizatorima. Kada njihov nastanak nije adekvatan, dolazi do mutacije ćelija. Protein pod imenom „prion“, utiče na deobu nervnih ćelija, pa samim time utiče na nemogućnost njihovog funkcionisanja.

Ovakav protein je jedan od uzroka nastanka Parkinsonovog oboljenja, Hantingtonove bolesti i amiotrofične lateralne skleroze. Ova oboljenja se svrstavaju u neurodegenerativna oboljenja. Glavni simptom ovih oboljenja jeste tremor. Tremor izaziva nevoljno podrhtavanje dela tela ili čak čitavog tela. Prvo se pojavljuju na završcima donjih ekstremiteta i prilikom progresije nastavlja da se penje sve do gornjih ekstremiteta.

#### 2. BAZA PODATAKA

Hod se najjednostavnije može definisati kao niz ravnomernih i naizmeničnih koordinisanih pokreta nogu i trupa čiji je cilj premeštanje tela sa jednog na drugo mesto u prostoru. Hod se deli na dve faze:

1. Faza oslonca: razlikuje se 5 podfaza, udar petom, oslonac na puno stopalo, međuoslonac, odvajanje pete i odvajanje prstiju.
2. Faza njihanja: razlikuje se 3 podfaze, inicijalno klačenje, međuklačenje i deceleracija.

Baza podataka sadrži vremenske intervale faza hoda. U eksperimentu je učestvovalo 64 učesnika. Učesnici su podeljeni u četiri klase:

1. Klasa 0: učesnici kod kojih nije detektovano nijedno oboljenje i učestvovalo je 16 osoba.
2. Klasa 1: učesnici kod kojih je detektovana amiotrofična lateralna skleroza i učestvovalo je 13 osoba.
3. Klasa 2: učesnici kod kojih je detektovana Hantingtonova bolest i učestvovalo je 20 učesnika.
4. Klasa 3: učesnici kod kojih je detektovana Parkinsonova bolest i učestvovalo je 15 osoba.

Zastupljenost oba pola u bazi je jednaka, starosna granica je između 20 i 80 godina. Svaki učesnik je morao da prošet hodnikom dužine 77m i napravi oko 100 koraka. Vremenski intervale svakog učesnika su predstavljeni u .ts fajlu. Baza sadrži 64 .ts fajlova u kojima su prikazane vrednosti u sekundama i procentima svih faza za više od 100 merenja svake klase. Svaki fajl sadrži trinaest kolona koje su prikazane na slici 1.

| KOLONE                            | OBJAŠNJENJE                                                                             |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ELAPSED TIME(SEC)              | Protoklo vreme, razlika između početka koraka i završetka koraka.                       |
| 2. LEFT STRIDE INTERVAL(SEC)      | Interval koraka izmeren između jednog udarca petom leve noge do sledećeg udarca o pod.  |
| 3. RIGHT STRIDE INTERVAL(SEC)     | Interval koraka izmeren između jednog udarca petom desne noge do sledećeg udarca o pod. |
| 4. LEFT SWING INTERVAL (SEC)      | Vremenski period kada leva noga nije u kontaktu sa podom.                               |
| 5. RIGHT SWING INTERVAL (SEC)     | Vremenski period kada desna noga nije u kontaktu sa podom.                              |
| 6. LEFT SWING INTERVAL (%)        | Procentat vremenskog perioda kada leva noga nije u kontaktu sa podom.                   |
| 7. RIGHT SWING INTERVAL (%)       | Procentat vremenskog perioda kada desna noga nije u kontaktu sa podom.                  |
| 8. LEFT STANCE INTERVAL (SEC)     | Vremenski interval leve noge kada je bila na tlu.                                       |
| 9. RIGHT STANCE INTERVAL (SEC)    | Vremenski interval desnog stopala na tlu.                                               |
| 10. LEFT STANCE INTERVAL (%)      | Vremenski interval levog stopala na tlu izražen u procentima.                           |
| 11. RIGHT STANCE INTERVAL (%)     | Vremenski interval desnog stopala na tlu izražen u procentima.                          |
| 12. DOUBLE SUPPORT INTERVAL (SEC) | Vremenski interval kada su oba stopala na podu.                                         |
| 13. DOUBLE SUPPORT INTERVAL (%)   | Vremenski interval kada su oba stopala na podu izražen u procentima.                    |

Slika 1. Prikaz kolona

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Darko Stanišić, vanred. prof.

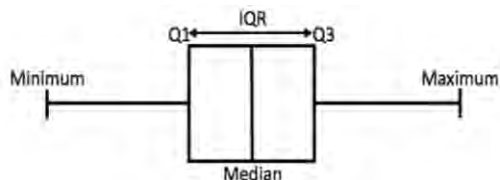
Imena kolona predstavljaju „obeležja“ ili „atribute“. Obeležje je bilo koji merljivi pokazatelj.

## 2.1. ODABIR OBELEŽJA

Odabir obeležja zahteva analizu podataka. Analiza podataka je izvršena u dve etape:

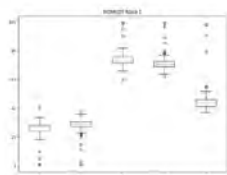
1. Iscrtavanje boxplot-ova
2. Računanje srednje vrednosti, medijana, interkvartalnog i dinamičkog opsega i standardne devijacije.

Boxplot ili „box and whisker plot“ je način da se prikaže raspodela vrednosti na osnovu 5 ključnih tačaka, minimum, prvi kvartal, medijan, treći kvartal i maksimum. Primer boxplot-a prikazan je na slici 2.

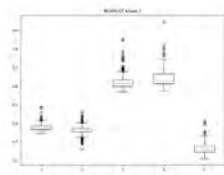


**Slika 2.** Primer boxplot-a

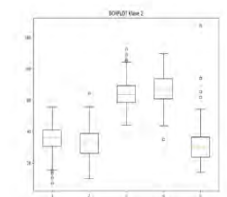
Izabrano je 4 učesnika iz svake klase. Iz klase 1 odabran je učesnik pod rednim brojem 4, klase 2 pod rednim brojem 13, iz klase 3 pod redim brojem 2 i iz klase 0 pod rednim broj 15. Slike boxplot-ova pomenutih učesnika su prikazane na slikama od 2 do 9.



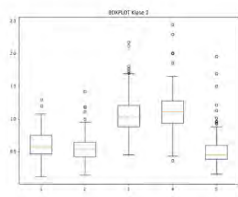
**Slika 2.** Boxplot klase 1, procenat faza hoda



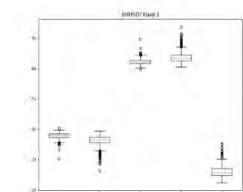
**Slika 3.** Boxplot klase 1, vremenski period



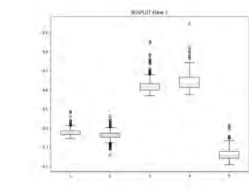
**Slika 4.** Boxplot klase 2, procenat faza hoda



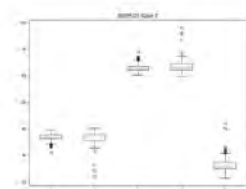
**Slika 5.** Boxplot klase 2, vremenski period faza hoda



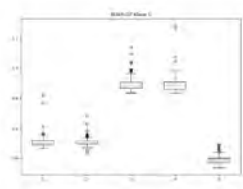
**Slika 6.** Boxplot klase 3, procenat faza hoda



**Slika 7.** Boxplot klase 3, vremenski period



**Slika 8.** Boxplot klase 0, procenat faza hoda



**Slika 9.** Boxplot klase 0, vremenski period faza hoda.

Kružići prikazani na slikama se nazivaju „outlier“. „Outlier“ je vrednost koja se nalazi izvan opsega ukupnog uzorka tj. vrednost koje se ne nalaze u opsegu dinamičkog intervala. Slike prikazuju da dosta uzorka ispada iz opsega i da postoje odstupanja.

Boxplot-ovi kod klase 1,3 i 0 su dosta uži, dok kod klase 2 raspon boxplot-a je širi. Kod svih obeležja 3 i 4, koja predstavljaju faze oslonca u toku levog i desnog koraka, vrednosti između 60% i 80%, što je u skladu sa očekivanih oko 60%, kod obeležja vezanih za fazu njihanja imamo takođe očekivane vrednosti 20% i 40%, dok trajanje faze duplog oslonca, obeležje 5, ima još manju vrednost.

Poređenje obeležja koja čine procenat faza hoda i obeležja koja predstavljaju vremenski period, može se primetiti da više vrednosti odstupaju kod vremenskog perioda. Zbog toga za dalju obradu koriste se obeležja:

1. Left swing interval % (LSI)
2. Right swing interval % (RSI)
3. Left stance interval % (LSI)
4. Right stance interval % (RSI)
5. Double Support interval % (DSI)

## 2.2. ANALIZA PODATAKA

Svaki učesnik sadrži više od 100 merenja svake faze hoda, tako da su izračunati sledeći parametri:

1. Srednja vrednost :  

$$srv = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n \quad (1)$$
2. Medijan:  

$$med = (n + 1)/2 \quad (2)$$
3. Dinamički opseg:  

$$dim = \max(x) - \min(x) \quad (3)$$
4. Interkvartalni opseg:  

$$IQR = Q_3 - Q_1 \quad (4)$$
5. Standardna devijacija:

$$std = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (5)$$

| Obeležje | Klasa | SR     | Medijan | DIM   | IQR   | STD   |
|----------|-------|--------|---------|-------|-------|-------|
| LSI      | 1     | 25,98  | 27,22   | 39,51 | 4,48  | 5,3   |
|          | 2     | 35,686 | 36,4    | 48,3  | 10,38 | 8,369 |
|          | 3     | 37,812 | 37,95   | 9,95  | 1,15  | 1,069 |
|          | 0     | 36,169 | 36,15   | 11,55 | 1,33  | 1,24  |
| RSI      | 1     | 28,66  | 29,08   | 52,56 | 3,67  | 5,916 |
|          | 2     | 33,298 | 33,85   | 54,49 | 12,7  | 8,831 |
|          | 3     | 36,069 | 36,55   | 13,13 | 1,84  | 2,037 |
|          | 0     | 36,143 | 36,17   | 10    | 1     | 1,06  |
| LSI      | 1     | 74,016 | 72,78   | 39,51 | 4,48  | 5,39  |
|          | 2     | 63,314 | 63,6    | 48,3  | 10,36 | 8,369 |
|          | 3     | 62,188 | 62,05   | 9,95  | 1,15  | 1,069 |
|          | 0     | 63,831 | 63,85   | 11,54 | 1,33  | 1,24  |
| RSI      | 1     | 71,34  | 70,92   | 52,55 | 3,67  | 5,916 |
|          | 2     | 66,702 | 66,15   | 54,5  | 12,72 | 8,831 |
|          | 3     | 63,931 | 63,45   | 13,13 | 1,84  | 2,073 |
|          | 0     | 63,857 | 63,83   | 10    | 1     | 1,06  |
| DSI      | 1     | 45,49  | 43,92   | 61,08 | 4,71  | 8,976 |
|          | 2     | 31,44  | 29,88   | 92,99 | 12,85 | 11,22 |
|          | 3     | 26,177 | 25,58   | 12,87 | 2,35  | 2,27  |
|          | 0     | 27,676 | 27,58   | 7,8   | 1,612 | 1,198 |

**Tabela 1.** Analiza podataka procenta faza hoda

Tabela 1 pokazuje dobru raspodelu podataka, faza hoda čije vrednosti predstavljaju procenat faza hoda. Boxplot-ovi su pokazali prisustvo outlier-a. Odabir obeležja, sa manje outlier-a je smanjio njihov uticaj, ali ne i uklonio. Uklanjanje outlier-a je izvršeno računanjem srednje vrednosti, standardne devijacije, maksimalne vrednosti i minimalne vrednosti za svakog učesnika.

### 3. KLASIFIKACIJA FAZA HODA

Klasifikacioni problemi mašinskog učenja spadaju u nadgledano učenje. Nadgledano učenje za cilj ima da nauči mašinu samostalno da donosi odluke već poznatih podataka tj. potrebno je naučiti mašinu određenom preslikavanju. Za klasifikaciju izabrana su tri modela:

#### 1. Metod k najbližeg suseda (KNN):

Metod K najbližeg suseda predstavlja veoma intuitivan metod klasifikacije novih uzoraka na osnovu sličnosti sa postojećim uzorcima iz skupa za obuku. Potrebno je izabrati vrednost parametra K, pa za nepoznati uzorak pronaći k najbližih trening – uzoraka, i na kraju svrstati nepoznati uzorak u klasu koja se u najvećoj meri pojavljuje u tom podskupu od k uzoraka

#### 2. Metod vektora nosača (SVM):

Vektori nosači predstavljaju jedan od modela mašinskog učenja sa supervizijom, koji se koristi za klasifikacionu i regresionu analizu. Uloga SVM-a je da na osnovu ulaznog skupa uzoraka odredi kojoj klasi nepoznati uzorak pripada.

#### 3. Neuralne mreže (MLP):

Neuralne mreže predstavljaju novu generaciju informacijske analize, a karakteriše ih mogućnost učenja, pamćenja i generalizacije na osnovu prethodnih informacija. One se opisuju kao matematički model kojima se oponaša rad neurona ljudskog mozga.

### 3.1. EVALUACIJA

Matrica konfuzije je tabelarni prikaz brojeva ispravno i pogrešno klasifikovanih objekata na osnovu kojih se mog vršiti ocene klasifikacije. Kreirani su parovi: „srednja vrednost i standardna devijacija“, „srednja i minimalna vrednost“, „srednja i maksimalna vrednost“ i „srednja vrednost i medijan“. Svaki par je obučen korišćenjem

pomenutih modela. Rezultati matrice konfuzije svih parova i modela su prikazani u tabeli 2.

| STD | SREDNJA VREDNOST |    |   |    |     |    |   |    |     |    |   |   |
|-----|------------------|----|---|----|-----|----|---|----|-----|----|---|---|
|     | KNN              |    |   |    | SVM |    |   |    | MLP |    |   |   |
| 14  | 0                | 1  | 1 | 13 | 1   | 1  | 1 | 12 | 1   | 2  | 1 | 1 |
| 2   | 3                | 2  | 6 | 4  | 1   | 2  | 6 | 3  | 5   | 3  | 2 | 2 |
| 4   | 3                | 12 | 1 | 2  | 2   | 11 | 5 | 1  | 2   | 14 | 3 | 3 |
| 2   | 1                | 5  | 7 | 2  | 4   | 2  | 7 | 2  | 7   | 1  | 5 | 5 |
| 12  | 0                | 3  | 1 | 11 | 0   | 4  | 1 | 11 | 0   | 4  | 1 | 1 |
| 0   | 1                | 4  | 8 | 1  | 3   | 5  | 4 | 2  | 3   | 4  | 4 | 4 |
| 8   | 4                | 6  | 2 | 8  | 0   | 11 | 1 | 9  | 2   | 6  | 3 | 3 |
| 6   | 4                | 1  | 4 | 5  | 2   | 6  | 2 | 5  | 4   | 4  | 2 | 2 |
| 13  | 0                | 2  | 1 | 11 | 2   | 2  | 1 | 11 | 2   | 2  | 1 | 1 |
| 3   | 1                | 1  | 8 | 5  | 2   | 1  | 5 | 1  | 5   | 2  | 5 | 5 |
| 4   | 2                | 12 | 2 | 4  | 3   | 10 | 3 | 4  | 3   | 13 | 0 | 0 |
| 2   | 4                | 6  | 3 | 3  | 4   | 5  | 3 | 4  | 4   | 3  | 4 | 4 |
| 12  | 0                | 2  | 2 | 11 | 0   | 3  | 2 | 10 | 0   | 4  | 2 | 2 |
| 1   | 2                | 4  | 6 | 3  | 3   | 1  | 6 | 2  | 2   | 2  | 7 | 7 |
| 8   | 4                | 6  | 2 | 7  | 0   | 9  | 4 | 8  | 1   | 7  | 4 | 4 |
| 5   | 3                | 1  | 6 | 5  | 4   | 4  | 2 | 3  | 5   | 3  | 4 | 4 |

**Tabela 2** Matrice konfuzije parova

Tabela 2 pokazuje da je KNN kod prvog para tačno klasifikovao 36 uzoraka, SVM 32 uzorka i MLP 36 uzoraka. Kod trećeg para KNN je klasifikovao 23 uzorka, SVM 27 uzoraka i MLP 22 uzorka. KNN kod trećeg para je klasifikovao 29 uzorka, SVM 26 uzoraka i MLP 33 uzorka. Kod četvrtog para KNN je tačno klasifikovao 26 uzorka, SVM 25 uzoraka i MLP 23 uzorka. Klasifikatori su se najbolje pokazali kod prvog para. U svrhu poboljšavanja klasifikacije kreirani su tripleti:

1. Srednja vrednost, standardna devijacija i minimalna vrednost
2. Srednja vrednost, standardna devijacija i maksimalna vrednost
3. Srednja vrednost, standardna devijacija i medijan

#### SREDNJA VREDNOST I STANDARDNA DEVIJACIJA

| MIN | KNN |    |   |    | SVM |    |   |    | MLP |    |   |   |
|-----|-----|----|---|----|-----|----|---|----|-----|----|---|---|
|     | 13  | 0  | 2 | 1  | 13  | 1  | 1 | 1  | 13  | 0  | 2 | 1 |
| 2   | 2   | 3  | 6 | 4  | 2   | 2  | 5 | 2  | 3   | 3  | 5 | 5 |
| 6   | 4   | 9  | 1 | 2  | 2   | 12 | 4 | 2  | 4   | 10 | 4 | 4 |
| 3   | 1   | 4  | 7 | 2  | 4   | 2  | 7 | 2  | 7   | 1  | 5 | 5 |
| 14  | 0   | 0  | 1 | 10 | 1   | 1  | 4 | 12 | 2   | 2  | 0 | 0 |
| 4   | 2   | 1  | 6 | 4  | 2   | 1  | 6 | 4  | 5   | 2  | 2 | 2 |
| 5   | 2   | 11 | 2 | 3  | 1   | 10 | 6 | 1  | 1   | 13 | 5 | 5 |
| 1   | 4   | 7  | 3 | 3  | 6   | 1  | 5 | 2  | 5   | 4  | 4 | 4 |
| 14  | 0   | 1  | 1 | 14 | 0   | 1  | 1 | 12 | 1   | 1  | 2 | 2 |
| 2   | 1   | 3  | 7 | 4  | 2   | 2  | 5 | 2  | 4   | 2  | 5 | 5 |
| 4   | 4   | 10 | 2 | 2  | 2   | 11 | 5 | 1  | 2   | 13 | 4 | 4 |
| 3   | 1   | 4  | 7 | 2  | 5   | 2  | 6 | 2  | 6   | 2  | 5 | 5 |

**Tabela 3.** Matrice konfuzije tripleta

Tabela 3 prikazuje matrice konfuzije tripleta. Kod prvog tripleta KNN je tačno klasifikovao 31 uzorak, SVM 33 uzorka i MLP 31 uzorak. Kod drugog tripleta KNN je tačno klasifikovao 30 uzorka, SVM 27 uzoraka i MLP 34 uzoraka. Kod trećeg tripleta KNN je tačno klasifikovao 32 uzorka, SVM 33 uzorka i MLP 34 uzorka.

### 3.2. TAČNOST KLASIFIKACIJE

Tačnost klasifikacije predstavlja udeo tačno klasifikovanih uzoraka u ukupnom broju uzoraka tj. zbir dijagonale matrice konfuzije kroz ukupan broj uzoraka. Računanje tačnosti se vrši preko formule:

$$\text{Tačnost} = \frac{\sum_{i=0}^n TP}{\text{Ukupan broj uzoraka}} \quad (6)$$

U tabelama 4 i 5 prikazane su vrednosti tačnosti klasifikatora parova i tripleta.

| Parovi/Model | TAČNOST MODELA |      |      |
|--------------|----------------|------|------|
|              | KNN            | SVM  | MLP  |
| „srv i std“  | 0,56           | 0,5  | 0,56 |
| „srv i min“  | 0,35           | 0,42 | 0,34 |
| „srv i max“  | 0,45           | 0,40 | 0,51 |
| „srv i med“  | 0,40           | 0,39 | 0,36 |

**Tabela 4.** Tačnost modela korišćenjem parova

U tabeli 4 klasifikatori su tačnije klasifikovali uzorke kod prvog para, gde su KNN i MLP klasifikovali sa tačnošću od 56 % i SVM sa tačnošću od 50%.

| Tripleti/Model   | TAČNOST MODELA |      |      |
|------------------|----------------|------|------|
|                  | KNN            | SVM  | MLP  |
| „srv, std i min“ | 0,48           | 0,53 | 0,48 |
| „srv, std i max“ | 0,46           | 0,42 | 0,55 |
| „srv, std i med“ | 0,5            | 0,52 | 0,53 |

**Tabela 5.** Tačnost modela korišćenjem stripleta

Kreiranje tripleta je nešto malo poboljšalo klasifikaciju kod SVM klasifikatora, gde je kod KNN-a i MLP-a, nešto malo smanjena tačnost klasifikacije.

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljena je mogućnost dijagnostikovanja neurodegenerativnih oboljenja primenom mašinskog učenja. Metode su testirane na bazi podataka koja sadrže rezultate dobijene snimanjem karakteristika hoda grupe subjekata. U eksperimentu je učestvovalo 64 učesnika, među kojima su bili pacijenti oboleli od amiotrofične lateralne skleroze, Hantingtonovog oboljenja, Parkinsonove bolesti, kao i učesnici kod kojih nije detektovano nijedno od ovih oboljenja. Detaljno su analizirani svi podaci sadržani u bazi i na osnovu njih su formirana karakteristična obeležja. Za dalji rad su izabrana obeležja koja predstavljaju procenat trajanja faza hoda. Prvo su formirani modeli koji su kao ulaze imali grupu obeležja dobijenih kreiranjem različitih parova. Parovi su „srednja vrednost i standardna devijacija“, „srednja i minimalna vrednost“, „srednja i maksimalna vrednost“ i „srednja vrednost i medijan“. Za klasifikaciju korišćena su tri modela KNN, SVM i MLP. Za svaki model prikazana je matrica konfuzije i izračunata tačnost klasifikacije. Matrice konfuzije su pokazale da najviše pogodenih uzoraka kod svih klasifikatora ima kod para „srednja vrednost i standardna devijacija“.

Za svrhu poboljšanje klasifikacije kreirani su tripleti: „srednja vrednost, standardna devijacija i minimalna vrednost“, „srednja vrednost, standardna devijacija i maksimalna vrednost“ i „srednja vrednost, standardna devijacija i medijan“.

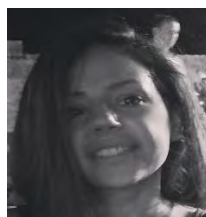
Kreiranje matrice konfuzije tripleta je pokazala da se broj tačno pogodjenih uzoraka nije poboljšao. Računanje tačnosti klasifikacije je pokazalo da je tačnost kod KNN i MLP 56% kod prvog para, ali da je uvođenjem tripleta klasifikacija opala za oko 8%. Matrice su pokazale da najviše klasifikovanih uzoraka pripada učesnicima koji služe kao kontrola, a klasifikatori su najbolje prepoznali Hantingtonovo oboljenje sa oko 60% uspešnosti.

Parkinsonova bolest je uspešno prepoznata sa oko 50% slučajeva, dok je kod svih klasifikatora amiotrofičnolateralne skleroza prepoznavana u veoma niskom procentu. Ovaj rad pokazuje da obeležja dobijena iz trajanja faza hoda dobra osnova za formiranje klasifikatora za prepoznavanje neurodegenerativnog oboljenja i da se najbolji rezultati dobijaju kada se kao obeležja koriste srednja vrednost pojedinih faza i njihova standardna devijacija. Dalje istraživanje bazirano na rezultatima ovog rada bi moglo da dovede do poboljšanja performansi klasifikatora dodavanjem dodatnih obeležja koja nisu vezana za trajanje faza hoda.

#### 5. LITERATURA

- [1] Vladimir Crnojević, “Prepoznavanje oblika”, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2014.
- [2] Grazia Circirelli, Donato Impedovo, Vincenzo Dentamaro, Roberto Marani, “Human Gait Analysis in Neurodegenerative Diseases”, Biomed health, 2022.
- [3] <http://automatika.ftn.uns.ac.rs/images/predmeti/Virtuelni%20Senzori/Predavanja/support%20vector%20machine.pdf>
- [4] <https://www.bbc.com/serbian/lat/srbija-55063175>

#### Kratka biografija:



**Svetlana Sekulić** rođena je u Vrbasu 1995. god. Mater rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Biomedicinskog inženjstva odbranila 2023. god.  
kontakt:  
svetlanasekulić95@gmail.com

**ПЕЈСИНГ И ДЕФИБРИЛАЦИЈА СРЦА****PACING AND DEFIBRILLATION OF THE HEART**Јована Црногорац, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – БИОМЕДИЦИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО**

**Кратак садржај** – Ово истраживање анализира технолошке и терапеутске аспекте пејсинга и дефибрилације, фокусирајући се на електронске компоненте и кола и њихову улогу у одржавању срчаног ритма и здравља. Резултати истраживања истичу терапеутски значај ових уређаја за очување срчаног здравља, пружајући основу за будућа истраживања и технолошки напредак у области кардиологије.

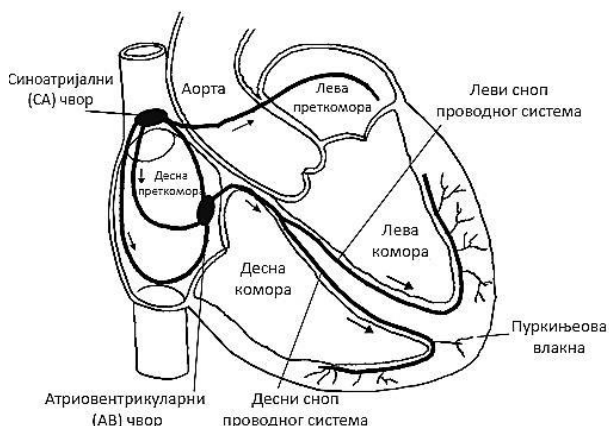
**Кључне речи:** срце, пејсинг, дефибрилација, пацијенти

**Abstract** – This research analyses the technological and therapeutic aspects of pacing and defibrillation, focusing on electronic components and circuits and their role in maintaining cardiac rhythm and health. The research results highlight the therapeutic importance of these devices for the preservation of heart health, providing a basis for future research and technological advances in the field of cardiology.

**Keywords:** heart, pacing, defibrillation, patients

**1. УВОД**

Срце (Слика 1), кључни орган кардиоваскуларног система, врши виталну функцију одржавања циркулације крви и обезбеђује тело кисеоником и храњивим материјама. Оно се састоји од четири коморе, две атријалне и две вентрикуларне, које координишу ритмичке контракције за непрекидан крвоток.



Слика 1. Приказ срца

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Платон Совиљ

**1.1 Брадиаритмије**

Брадикардија, смањење срчане фреквенције испод 60 откуцаја у минути, може имати различите узроке, укључујући синусну брадикардију и дисфункцију атриовентрикуларног (АВ) чвора. Старост, употреба лекова и болесни синусни синдром могу бити фактори, а терапија може укључивати пејсмејкере за одржавање срчаног ритма. Правилна дијагноза и третман су кључни у управљању овим стањем.

**2. ПЕЈСИНГ**

Пејсмејкери су електрични уређаји који испоручују електричне импULSE срчаном мишићу и тиме изазивају његову контракцију.

**2.1 Први пејсмејкери**

Године 1932., Alfred S. Нуман конструисао је први „вештачки пејсмејкер“ за електронску стимулацију срца, који је коришћен за реанимацију особа изложених шоку или хипотермији. Касније, у 1958. години, Åke Senning развио је први имплантабилни пејсмејкер, револуционизујући начин како се срчани ритмови регулишу и подржавају. Од тада, технолошки напредак омогућио је развој мањих, ефикаснијих и дуготрајнијих уређаја, обезбеђујући дугорочну подршку за срчане ритмове. На сл. 2 приказана је еволуција пејсмејкера.



Слика 2. Приказ еволуције пејсмејкера

**2.2 Комуникација са имплантабилним уређајем**

У историјском развоју пејсмејкера, почетни уређаји су имали унапред постављене параметре, док је прогрес технологије омогућио кориснички подесиве пејсмејкере са програмабилним опцијама. Савремени пејсмејкери

се програмирају неинвазивно путем радио-фреквенцијских веза, што је значајан напредак у односу на почетне методе програмирања.

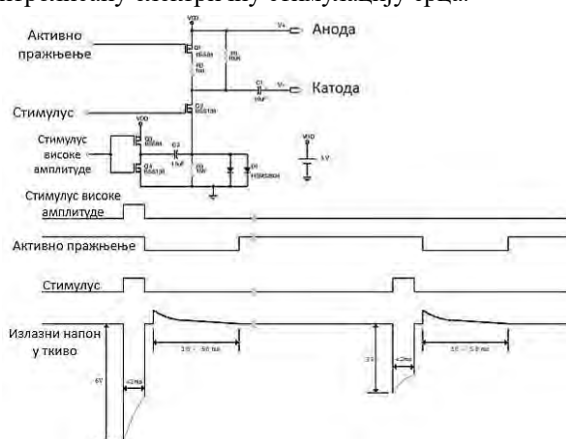
### 2.3 Спољашњи ВВИ пејсмејкер

Слика 3 приказује једноставну имплементацију ВВИ пејсмејкера, чиме се илуструју основне технике у дизајнирању ових уређаја.



Слика 3. Приказ једноставне имплементације ВВИ пејсмејкера

Схематски дијаграм генератора стимулације на слици 4 приказује могућност генерисања импулса са амплитудом од 3 V или 6 V преко контроле микроконтролера и коришћења транзистора Q1 и Q2 за активно пражњење кондензатора C1 кроз срчано ткиво и електроде. Кроз овакав механизам, уређај омогућава прецизну и контролисану електричну стимулацију срца.



Слика 4. Приказ схематског дијаграма генератора стимулације за генерисање пулса стимулације

### 2.4 Фирмвер за ВВИ пејсмејкер

Фирмвер (утраћени софтвер) обично се пише у асемблерском језику. На сл. 5 приказана је унапређена верзија основне ВВИ машине стања способна за детекцију шума.



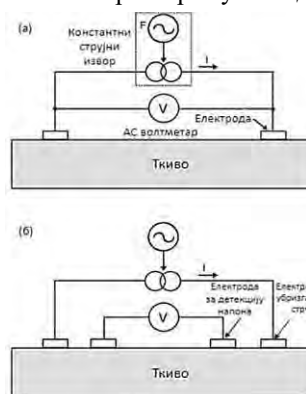
Слика 5. Приказ унапређене верзије основне ВВИ машине стања способне за детекцију шума

### 2.5 Одзив брзине

Сензори у модерним пејсмејкерима, познатим као „реактивни на брзину“, користе сензоре активности за праћење физичког напора пацијента и прилагођавање брзине откуцаја срца. Ови уређаји такође интегришу сензоре минутне вентилације за прецизније оцењивање потребе за пумпањем крви током различитих физичких активности.

### 2.6 Техника импедансе

Отпорност плетизмографија, такође позната као реографија импедансе, представља једну од најстаријих примена мерења отпора на живим ткивима. Слика 6 илуструје различите методе мерења импедансе ткива, фокусирајући се на конфигурацију са четири електроде. У овом приступу, константни извор струје убацује променљиву струју у ткиво помоћу електрода за убацивање струје, а затим се мери напон између две друге електроде. Ова конфигурација смањује нелинеарне ефекте контактних импеданси, обезбеђујући прецизније резултате, истовремено физички раздвајајући места убацивања струје и мерења напона. Овакав приступ доприноси повећаној тачности и надмашује потенцијалне сметње при мерењу импедансе ткива.



Слика 6. Приказ најчешће методе мерења импедансе ткива

Мерења волумена леве коморе срца помоћу "проводног катетера" извршавају се користећи електроде уграђене у катетер (Слика 7). Катетер се уметне у леву комору срца са више електрода, где се убацује константна струја високе фреквенције, а затим се мере напони између различитих парова електрода, омогућавајући прецизно одређивање волумена леве коморе срца.



Слика 7. Приказ поступка мерења волумена леве коморе срца путем „проводног катетера“ користећи електроде уграђене у катетер за ињекцију константне струје

### 3. ДЕФИБРИЛАЦИЈА

Дефибрилатор је најефикаснији начин обуставе аритмија применом електричног шока директно на срце.

#### 3.1 Вентрикуларне тахиаритмије

Вентрикуларне тахиаритмије, укључујући вентрикуларну тахикардију и вентрикуларну фибрилацију, представљају критичне ситуације које могу изазвати срчани удар. Лечење укључује имплантацију уређаја за дефибрилацију, који пружа брзу електричну интервенцију за обустављање аритмија и спречавање потенцијално фаталних исхода. Брза и ефикасна дефибрилација представља животно важан поступак у спасавању пацијената са оваквим срчаним аритмијама.

#### 3.2 Први дефибрилатори

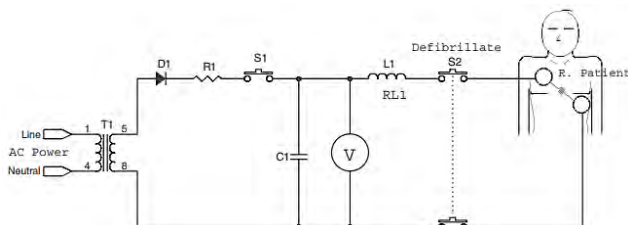
У периоду од 1957–1980. године дефибрилатори су се значајно развили, прешавши са тежине од 120 kg до само 3 kg, почевши од преносивих модела па до аутоматских екстерних дефибрилатора. Имплантабилни кардиовертер-дефибрилатори, представљени 1980. године, сада су ефикасна технологија за пацијенте са озбиљним срчаним проблемима. Слика 8 илуструје еволуцију дефибрилатора.



Слика 8. Приказ еволуције дефибрилатора

#### 3.3 Основни дефибрилатор

Дефибрилатор са пригушеним синусоидним таласом (Слика 9) користи кондензаторе, трансформатор и контролне прекидаче за генерисање ефикасних дефибрилационих импулса, при чему се примењује пригушени синусоидни облик таласа за обнављање нормалног срчаног ритма.



Слика 9. Приказ дизајна дефибрилатора са пригушеним синусоидним таласом

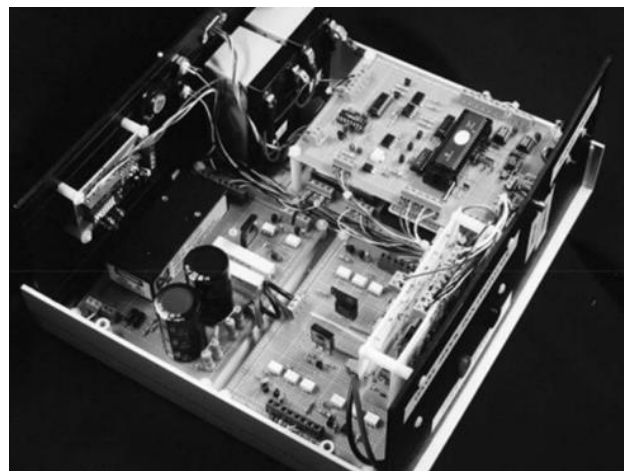
#### 3.4 Имплантабилни кардиовертер-дефибрилатори

Имплантабилни кардиовертер-дефибрилатори (ИКД) представљају кључну медицинску иновацију за лечење вентрикуларних тахиаритмија. Ови уређаји функционишу аутоматски, анализирајући срчани ритам и испоручујући електричне шокове срцу како би спречили опасне аритмичке обрасце. Технолошки напредак у развоју ИКД-а доприноси бољој контроли

и терапији срчаних аритмија, што је од суштинске важности за пацијенте са овим озбиљним кардиоваскуларним проблемима.

#### 3.5 Шок-бокс прототип

Модерни уграђени дефибрилатори се истичу напредном технологијом паковања микроелектронских компоненти, што им омогућава значајно смањење величине и повећавање ефикасности. Стартап компаније у овој области често примењују компоненте доступне на тржишту и јефтине технологије производње како би истовремено уштедели на трошковима и фокусирали се на развој иновација које би их истакле. Демонстратор унутрашњих механизма уграђеног дефибрилатора, приказан на Сlici 10, представља користан алат за анализу имплементације модула за примену електрошокова и разматрање техничких аспеката уређаја без симулације делова аутоматског дефибрилатора одговорних за откривање вентрикуларних аритмија.



Слика 10. Приказ унутрашњости уређаја за дефибрилацију и његових компоненти

#### 3.6 Кондензатор за складиштење енергије

У имплантабилним дефибрилаторима, фотоблиц електролитски кондензатори се широко користе за поуздано складиштење енергије. Они су тестирали и сматрају се изузетно поузданим, али их је потребно периодично пунити када нису у употреби. Недавно су се појавили танталум кондензатори високог напона који не захтевају поновно формирање, али су тренутно скупи за употребу у примени као што је наш прототип. Употребљени су Panasonic TS-HB серијски кондензатори за прототип, обезбеђујући ефикасно пуњење и складиштење енергије.

### 4. ЦЕНА И ЕФИКАСНОСТ УРЕЂАЈА ЗА ПЕЈСИНГ И ДЕФИБРИЛАЦИЈУ

Истраживање је анализирано цене кардиоваскуларних импланата у САД и четири земље ЕУ (Француска, Немачка, Италија, Велика Британија). Подаци су показали значајне разлике у ценама, где су цене у САД биле 2 до 6 пута више него у ЕУ. Такође су истакнуте варијације у ценама између земаља ЕУ, као и унутар исте земље. Иако је потребна демонстрација безбедности и функционалности у ЕУ, а САД захтевају и доказе о ефикасности, студија истиче потребу за додатним истраживањима у односу на узрочне везе између цена и различитих фактора.

#### 4.1 Резултати истраживања

Истраживање се ослањало на податке из око 15.000 комбинација болничко-произвођачких четвртала за уређаје за управљање срчаним ритмом у периоду од 2006. до 2014. Иако су трошкови расли током времена у свим земљама, одсуство потпуних информација о ценама, посебно у европским земљама, резултовало је малим узорцима у последњим годинама истраживања. Такође, број болница које су доставиле податке о ценама једнокоморних пејсмејкера значајно се смањило у Немачкој и Великој Британији, што може довести до пропуштања релевантних информација.

#### 4.2 Варијације цена између земаља

Статистички значајне разлике у ценама медицинских уређаја за управљање срчаним ритмом између САД и земаља Европске уније у основи илуструју високе просечне цене у САД, осим за одређене категорије уређаја. На пример, цене стентова и пејсмејкера у САД биле су и до 6 пута више него у Немачкој, илуструјући значајне варијације у ценама медицинских уређаја између различитих земаља.

#### 4.3 Варијације цена унутар земаља

Цене уређаја за управљање срчаним ритмом значајно варирају између болница у свим земљама, осим Француске, са највећим варијацијама за једнокоморне пејсмејкере, док коефицијенти варијације указују на сличне варијације унутар земаља у различитим категоријама уређаја.

#### 4.4 Утицај пејсмејкера на квалитет живота

На основу објављених истраживања, може се закључити да пејсмејкери, углавном, не показују значајан утицај на преживљавање и велике кардиоваскуларне догађаје. Међутим, статистички значајно побољшање дугорочног квалитета живота забележено је код примаоца пејсмејкера са две коморе у поређењу са једнокоморним примаоцима.

#### 4.5 Ефекти ИЦД и ЦРТ на квалитет живота

Различите студије су показале да ИЦД терапија може имати потенцијалне негативне ефекте на квалитет живота пацијената у вези са неодговарајућим шоковима, смањењем физичке активности и анксиозношћу. Међутим, веће и бројније студије сугеришу да су ти негативни ефекти генерално примећују само код мањине корисника уређаја, а просечно смањење квалитета живота је мало или занемарљиво. Насупрот томе, докази указују на то да ИЦД терапија, посебно када је у комбинацији са ЦРТ (терапија за ресинхронизацију срца), може значајно побољшати симптоме, функционални статус и квалитет живота у пацијената са умереном до тешком срчаном инсуфицијенцијом.

### 5. ЗАКЉУЧАК

Истраживање дубоко анализира електронске уређаје за контролу срчане активности, фокусирајући се на пејсинг и дефибрилацију у медицинском контексту. Откривени технолошки аспекти и терапеутски значај истичу кључну улогу уређаја у подршци пацијентима током медицинских поступака. Разматрање електронских компонената отвара нове перспективе за унапређење кардиолошких технологија и будућа истраживања, са циљем повећања квалитета здравствене заштите и живота пацијената.

### 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Prutchi, D., & Norris, M. (2004). *Design and Development of Medical Electronic Instrumentation: A Practical Perspective of the Design, Construction, and Test of Medical Devices*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- [2] Sunjeet Sidhu, Joseph E. Marine (2020), Evaluating and managing bradycardia 30(5), <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2019.07.001>
- [3] Boveda, S., Garrigue, S., Ritter, P. (2013). *The History of Cardiac Pacemakers and Defibrillators*. In: Picichè, M. (eds) Dawn and Evolution of Cardiac Procedures Springer, Milano. [https://doi.org/10.1007/978-88-470-2400-7\\_26](https://doi.org/10.1007/978-88-470-2400-7_26)
- [4] <https://www.reuters.com/article/us-health-heart-devices/cardiac-devices-can-cost-six-times-more-in-us-than-in-europe-idUSKCN1ND2RS/>
- [5] <https://www.reuters.com/article/us-health-heart-devices/cardiac-devices-can-cost-six-times-more-in-us-than-in-europe-idUSKCN1ND2RS/>
- [6] Furman, S., Escher, D.J.W., Parker, B., and Solomon, N.: Electronic analysis for pacemaker failure. *Ann. Thorac. Surg.*, 8: 57, 1969.
- [7] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532954/>
- [8] <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/defibrillation>
- [9] <https://www.internationalparamediccollege.com.au/-history-of-the-defibrillator-aed/>
- [10] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538341/>

#### Кратка биографија:



**Јована Црногорац** рођена је у Новом Саду 1997. године. Дипломирала је на Факултету техничких наука у Новом Саду, на катедри за електрична мерења 2022. године.

Контакт: [jovanacernogorac555@gmail.com](mailto:jovanacernogorac555@gmail.com)

**UPRAVLJANJE SA VIŠE STEPENI SLOBODE PRIMENOM TEHNIKA MAŠINSKOG UČENJA****CONTROL OF MULTIPLE DEGREES OF FREEDOM USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES**

Aleksandra Paskaš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – BIOMEDICINSKO INŽENJERSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu predstavljeno je upravljanje mioelektričnom protezom šake koje podrazumeva klasifikaciju 9 pokreta šake na osnovu ulaznih EMG signala zabeleženih sa četiri mišića podlaktice. Klasifikacioni algoritmi mašinskog učenja koji su razmatrani u ovom radu su LDA, SVM i ANN. Mere uspešnosti upotrebljene u cilju analize performansi klasifikatora su tačnost, osetljivost, specifičnost i preciznost.

**Ključne reči:** Mioelektrične proteze, Prepoznavanje obrazaca, Mašinsko učenje, LDA, SVM, ANN

**Abstract** – In this paper, the control of a myoelectric hand prosthesis is presented, which involves the classification of 9 hand movements based on input EMG signals collected from four forearm muscles. The machine learning classification algorithms discussed in this paper are LDA, SVM and ANN. The metrics used for evaluating classifiers performance are accuracy, recall, specificity and precision.

**Keywords:** Myoelectric prostheses, Pattern recognition, Machine learning, LDA, SVM, ANN

**1. UVOD**

Odsustvo ekstremiteta ili nekog njegovog dela može biti urođeno ili stečeno amputacijom i u velikoj meri se odražava na kvalitet života pojedinca. Zadatak proteza gornjih ekstremiteta jeste ponovno uspostavljanje ili poboljšanje preostalih manipulativnih funkcija [1].

Sistem proteze gornjeg ekstremiteta može se posmatrati sa dve tačke gledišta: mehatronički dizajn sistema i upravljanje sistemom.

Mehatronika sistema obuhvata mehaničke i elektronske komponente neophodne za rad. Upravljanje sistemom podrazumava kontrolne strategije i algoritme koji se primenjuju za prilagođavanje funkcije sistema u cilju ostvarivanja adekvatne interakcije čoveka i mašine.

Upravljanje protezom se ostvaruje protokom signala. Kontrolna jedinica unutar soketa prima ulazne signale od korisnika, koji oslikavaju pokret koji korisnik namerava da izvrši, i prevodi ih u komande za pokretanje uređaja. Proteze kontrolisane EMG signalima nazivaju se mioelektrične proteze (engl. *myoelectric prostheses*) [2].

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nikola Jorgovanović, red. prof.

**2. PREPOZNAVANJE OBRAZACA MIŠIĆNE KOAKTIVACIJE**

Potrebe korisnika za intuitivnijom i prirodnijom kontrolom većeg broja stepeni slobode dovele su do razvoja novih strategija upravljanja zasnovanih na prepoznavanju obrazaca mišićne koaktivacije (engl. *Pattern recognition-based myoelectric control*). Ove strategije se temelje na zapažanju da svaki prirodan pokret karakteriše specifičan obrazac aktivacije mišića. Prepoznavanje obrazaca mišićne aktivacije na osnovu EMG signala zabeleženih sa mišića preostalog dela ruke i identifikacija pokreta koji korisnik namerava da izvede vrši se primenom tehnika mašinskog učenja (engl. *Machine Learning, ML*) [3].

Efikasnost strategija upravljanja ovog tipa u potpunosti zavisi od odabira i izdvajanja obeležja. Nakon akvizicije ulaznih EMG signala i njihove digitalne obrade, sledeći korak je izdvajanje obeležja, a vektor obeležja se zatim dovodi na ulaz algoritma mašinskog učenja koji na svom izlazu daje upravljačku komandu. Obeležja reprezentuju sadržaj informacija u sirovim EMG signalim u formi koja je mnogo pogodnija kada je reč o upravljanju mioelektričnim protezama.

Na osnovu domena u kom se određuju, obeležja EMG signala se mogu grupisati u tri kategorije: obeležja u vremenskom, obeležja u frekvencijskom i obeležja u vremensko – frekvencijskom domenu [4]. Postupku izdvajanja obeležja prethodi postupak segmentacije podataka. Dužina segmenta tj. prozora određuje veličinu uzorka EMG signala nad kojim se vrši izdvajanje obeležja. Prozor se kontinuirano pomera u vremenu i na taj način je omogućeno neprekidno formiranje novih uzoraka.

Definisani segment se primenjuje na sve EMG kanale istovremeno, pa se tako na nivou svakog prozora skup obeležja izdvaja na svakom kanalu koji se koristi za snimanje, čime se dobija  $L$  – dimenzionalni vektor obeležja, pri čemu je  $L$  broj obeležja pomnožen sa brojem kanala [5]. Algoritmi mašinskog učenja koji se koriste za upravljanje mioelektričnim protezama se dele na klasifikacione i regresione [3].

Prednosti ovakvog načina upravljanja, u odnosu na strategije direktnog upravljanja, su u tome što se eliminiše potreba za preusmeravanjem kontrole između različitih stepeni slobode izvođenjem kokontrakcija ili aktiviranjem eksternog prekidača, a moguće je ostvariti i simultanu kontrolu više stepeni slobode proteze. Pored toga,

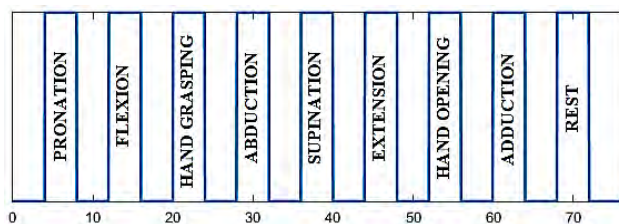
korisnici ne moraju da prolaze kroz naporan proces učenja individualnih mišićnih kontrakcija [3].

### 3. EKSPERIMENT: KLASIFIKACIJA POKRETA ŠAKE

Eksperiment podrazumeva klasifikaciju pokreta šake u jednu od sledećih devet klasa: pronacija podlaktice, fleksija šake, zatvaranje šake, abdukcija šake, supinacija podlaktice, ekstenzija šake, otvaranje šake, adukcija šake i stanje kada nema pokreta. Klasifikatori upotrebljeni za rešavanje opisanog problema su: LDA (engl. *Linear Discriminant Analysis*), mašina na bazi vektora nosača (engl. *Support Vector Machine - SVM*) i klasifikator zasnovan na veštačkim neuralnim mrežama (engl. *Artificial Neural Networks - ANN*).

#### 3.1. Akvizicija EMG signala

Za akviziciju EMG signala korišćen je SMARTING uređaj. Pojačanje ovog uređaja iznosi 24. Frekvencija odabiranja postavljena je na 500 Hz. U ovom eksperimentu, akvizicija EMG signala je vršena sa četiri kanala, koji su postavljeni na mišiće *flexor carpi ulnaris*, *extensor carpi ulnaris*, *flexor carpi radialis* i *extensor carpi radialis*.



Slika 1. Sekvenca pokreta šake

Tokom eksperimenta ispitanik je sedeo ispred monitora i od njega je zahtevano da izvrši devet pokreta šake, uključujući i stanje kada je šaka opuštena, redosledom koji je prikazan na slici 1. Ispitaniku se zadaje vizuelna komanda koji pokret je potrebno izvršiti. Izvršavanje jedne sekvence od devet pokreta podrazumeva da ispitanik izvede svaki od pokreta i zadrži taj pokret 4 s. Nakon svakog pokreta sledi odmor od 4 s. Dakle, ukupno trajanje jedne sekvence pokreta iznosi 76 s.

Obeležja za stanje kada je ruka opuštena, izdvajana su iz dela signala između 68 s i 72 s. Nakon izvršenih 9 sekvenci pokreta, pravi se duža pauza kako bi se minimizovao efekat zamora mišića na kvalitet zabeleženih EMG signala. Postupak je ponovljen 6 puta.

Digitalna obrada EMG signala uključuje potiskivanje jednosmerne komponente i filtriranje Batervartovim filtrom propusnikom opsega desetog stepena, pri čemu je donja granična učestanost postavljena na 10 Hz, a gornja na 240 Hz.

#### 3.2. Formiranje baze podataka

Formiranje baze podataka podrazumeva izdvajanje obeležja iz snimljenih EMG signala. Kako bi se zadovoljio uslov koji nameće upravljanje u realnom vremenu, obeležja su izdvajana na nivou vremenskih prozora u trajanju od 250 ms, pri čemu je međusobno preklapanje dva susedna prozora 50%.

Prozori unutar kojih klasa pokreta nije jedinstvena, jer obuhvataju prelazak iz jednog pokreta u drugi, nisu analizirani. Jedan prozor predstavlja jedan uzorak.

Obeležja koja su upotrebljena u ovom eksperimentu su: srednja apsolutna vrednost (engl. *Mean absolute value, MAV*), koren srednjih kvadrata (engl. *Root mean square, RMS*), kumulativna dužina signala (engl. *Waveform length, WL*), *Zero crossing rate* i srednja frekvencija (engl. *Mean frequency, MNF*). Dakle, svaki uzorak je opisan sa 5 obeležja izdvajanih sa četiri merna kanala. Na ovaj način formirana je baza podataka koju čini 13516 uzorka opisanih sa 21 obeležjem. Obeležje *class* se izdvaja i predstavlja izlaznu promenljivu, dok se sva ostala obeležja smatraju ulaznim. Sva ulazna obeležja su numeričkog tipa. Baza podataka je podeljena na skup za obuku i test skup. U skupu za testiranje nalazi se 1352 uzorka što je 10% od ukupnog broja uzoraka. Obeležje *class* je predstavljeno numeričkim vrednostima od 0 do 8, pri čemu svaka vrednost oslikava jedan tip pokreta. Broj uzoraka po klasama nije jednak i istaknut je u Tabeli 1.

Tabela 1. Klase pokreta i broj uzoraka u njima

| Klasa  |                       | Broj uzoraka  |           |
|--------|-----------------------|---------------|-----------|
| Oznaka | Tip pokreta           | Skup za obuku | Test skup |
| 0      | Odmor                 | 1084          | 120       |
| 1      | Pronacija podlaktice  | 1335          | 148       |
| 2      | Fleksija šake         | 1392          | 155       |
| 3      | Zatvaranje šake       | 1394          | 155       |
| 4      | Abdukcija šake        | 1389          | 154       |
| 5      | Supinacija podlaktice | 1391          | 155       |
| 6      | Ekstenzija šake       | 1390          | 155       |
| 7      | Otvoravanje šake      | 1400          | 156       |
| 8      | Adukcija šake         | 1389          | 154       |

#### 3.3. Performanse klasifikacionih algoritama

Svaki klasifikator poseduje određene parametre tzv. hiperparametri, koje je potrebno definisati pre obuke klasifikatora [6]. Za određivanje optimalnih vrednosti hiperparametara, upotrebljena je metoda unakrsne (*cross*) validacije sa 10 podskupova, pri čemu je kao mera uspešnosti analizirana tačnost klasifikatora za određenu kombinaciju hiperparametara. Nakon odabira hiperparametara klasifikator je obučen nad celim skupom za obuku, a nakon toga je testiran nad skupom za testiranje.

Procena performansi klasifikatora zasniva se na poređenju predviđenih i stvarnih labela klase. Kao sredstvo za uporedni prikaz usklađenosti između predviđenih i stvarnih oznaka klase koristi se matrica konfuzije. To je kvadratna matrica dimenzija jednakih broju klasa. Vrste unutar matrice konfuzije oslikavaju stvarne, a kolone predviđene vrednosti labela. Ispravno klasifikovani uzorci smešteni su na glavnoj dijagonali. Mere uspešnosti klasifikatora koje su razmatrane u ovom radu su tačnost,

osetljivost, specifičnost i preciznost i određene su na osnovu matrice konfuzije. Tačnost klasifikatora oslikava udeo ispravno klasifikovanih uzoraka u odnosu na sve dostupne uzorke. Preciznost je udeo uzoraka koji su dodeljeni određenoj klasi i zaista joj pripadaju. Osetljivost predstavlja udeo uzoraka iz određene klase koje klasifikator može da prepozna. Specifičnost je udeo uzoraka koje klasifikator nije dodelio određenoj klasi i zaista toj klasi ne pripadaju [6].

### 3.3.1. LDA (engl. *Linear Discriminant Analysis*)

Za LDA je karakteristično da se koristi i kao algoritam za redukciju dimenzionalnosti i kao klasifikator [6]. Hiperparametri ovog algoritma su dimenzije novog prostora obeležja dobijenog nakon redukcije dimenzionalnost i metoda koja se koristi za dobijanje karakterističnih vrednosti i karakterističnih vektora kovarijansne matrice [7]. Kombinacija hiperparametara koja je dala najveću tačnosti podrazumeva da je novi prostor obeležja dvodimenzionalan, a usvojeni metod je *svd* (engl. *Singular value decomposition*).

Tabela 2. Mere uspešnosti LDA klasifikatora po klasama

| Klasa | Tačnost | Osetljivost | Specifičnost | Preciznost |
|-------|---------|-------------|--------------|------------|
| 1     | 0.850   | 0.459       | 0.898        | 0.356      |
| 2     | 0.915   | 0.574       | 0.959        | 0.645      |
| 3     | 0.851   | 0.439       | 0.905        | 0.374      |
| 4     | 0.921   | 0.649       | 0.956        | 0.654      |
| 5     | 0.882   | 0.574       | 0.921        | 0.486      |
| 6     | 0.896   | 0.490       | 0.949        | 0.555      |
| 7     | 0.907   | 0.365       | 0.978        | 0.687      |
| 8     | 0.921   | 0.649       | 0.956        | 0.654      |
| 0     | 0.945   | 0.742       | 0.965        | 0.674      |

U Tabeli 2. su istaknute mere uspešnosti po klasama i može se primetiti da LDA klasifikator ima najveću tačnost i osetljivost za klasu koja odgovara stanju mirovanja, dok je specifičnost i preciznost najbolja za pokret otvaranja šake.

### 3.3.2. Mašina na bazi vektora nosača (engl. *Support Vector Machine*)

Hiperparametri SVM klasifikatora su regularizacioni parametar (*C*) kojim se definiše ukupna tolerancija na grešku klasifikacije, kernel i s obzirom na to je reč o višeklasnom problemu potrebno je definisati pristup koji će se koristiti za razdvajanje klasa [6]. Usvojeni hiperparametri su: vrednost regularizacionog parametra jednaka 15, *rbf* kernel (engl. *Radial basis function*) i pristup svaki protiv svakog (engl. *one vs. one - ovo*) koji podrazumeva da se uzorak dodeljuje klasi koja je najviše puta ostvarila bolji uspeh u nadmetanju klasifikatora po parovima [6].

U Tabeli 3. prikazane su mere uspešnosti SVM klasifikatora po klasama. Može se primetiti, po svim merama uspešnosti, da je SVM najbolje klasifikovao uzorke iz klase koja odgovara stanju mirovanja. Što se

tiče pokreta, klasifikator je ostvario najveću tačnost, osetljivost i preciznost u slučaju uzoraka iz klase adukcija šake, dok je specifičnost klasifikatora najveća za pokret otvaranja šake. Niske vrednosti svih mera uspešnosti zapažaju se kod klasa koje odgovaraju pokretima pronacije podlaktice i zatvaranja šake.

Tabela 3. Mere uspešnosti SVM klasifikatora po klasama

| Klasa | Tačnost | Osetljivost | Specifičnost | Preciznost |
|-------|---------|-------------|--------------|------------|
| 1     | 0.896   | 0.520       | 0.943        | 0.527      |
| 2     | 0.930   | 0.697       | 0.960        | 0.697      |
| 3     | 0.897   | 0.548       | 0.942        | 0.552      |
| 4     | 0.933   | 0.766       | 0.954        | 0.682      |
| 5     | 0.919   | 0.677       | 0.951        | 0.640      |
| 6     | 0.929   | 0.664       | 0.963        | 0.701      |
| 7     | 0.922   | 0.506       | 0.977        | 0.738      |
| 8     | 0.944   | 0.779       | 0.966        | 0.745      |
| 0     | 0.977   | 0.975       | 0.977        | 0.807      |

### 3.3.3. Veštačke neuronske mreže (engl. *Artificial Neural Networks, ANN*)

Veštačke neuronske mreže su složeni računarski sistemi inspirisani načinom funkcionisanja i strukturom bioloških neuralnih mreža. Formiraju ih veštački neuroni raspoređeni u slojeve. Postoje tri hiperparametra koje je potrebno precizirati kod ANN, i to su arhitektura mreže tj. broj i veličina skrivenih slojeva, optimizacioni algoritam za ažuriranje parametara mreže i maksimalan broj epoha za obuku [6]. Najveća tačnost ostvarena je u slučaju kada se koristi jedan skriveni sloj sa 25 neurona, *lbfgs* (engl. *Limited-memory Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno*) je optimizacioni algoritam, a maksimalan broj epoha za obuku je 300 i to su vrednosti hiperparametara koje su usvojene. Mere uspešnosti ovog klasifikatora po klasama date su u Tabeli 4.

Tabela 4. Mere uspešnosti ANN klasifikatora po klasama

| Klasa | Tačnost | Osetljivost | Specifičnost | Preciznost |
|-------|---------|-------------|--------------|------------|
| 1     | 0.888   | 0.500       | 0.936        | 0.490      |
| 2     | 0.925   | 0.645       | 0.961        | 0.680      |
| 3     | 0.900   | 0.523       | 0.949        | 0.570      |
| 4     | 0.932   | 0.773       | 0.952        | 0.676      |
| 5     | 0.907   | 0.697       | 0.935        | 0.581      |
| 6     | 0.922   | 0.593       | 0.964        | 0.681      |
| 7     | 0.910   | 0.468       | 0.968        | 0.658      |
| 8     | 0.945   | 0.773       | 0.967        | 0.753      |
| 0     | 0.978   | 0.983       | 0.977        | 0.808      |

Na osnovu rezultata iz Tabele 4. primećuje se da, kao i SVM klasifikator, ANN ima najviše uspeha za klasu koja odgovara stanju mirovanja dok se niske vrednosti svih

mera uspešnosti beleže za pokrete pronacija podlaktice i zatvaranje šake.

#### 4. ZAKLJUČAK

Poređenje performansi klasifikatora izvršeno je na osnovu prosečne tačnosti koju oni ostvaruju i vremena koje je potrebno da se algoritam izvrši. Prilikom odabira klasifikatora, pored uspešnosti koju on ostvaruje, veoma bitan faktor je složenost algoritma koja se reprezentuje kroz vreme potrebno da se algoritam izvrši.

Tabela 5. Prosečna tačnost i vreme potrebno za izvršavanje LDA, SVM i ANN algoritama

|                  | LDA   | SVM   | ANN    |
|------------------|-------|-------|--------|
| Prosečna tačnost | 0.899 | 0.928 | 0.923  |
| Vreme [s]        | 0.063 | 8.152 | 15.408 |

Analizom rezultata prikazanih u Tabeli 5. uočava se da su sva tri klasifikatora ostvarila veoma visoku tačnost. Može se primetiti da ANN klasifikator nije dobar izbor za rešavanje predstavljenog problema jer je za izvršavanje ovog algoritma, zbog njegove složenosti, potrebno značajno više vremena u odnosu na ostale razmatrane klasifikatore, a prosečna tačnost je niža u odnosu na SVM klasifikator. LDA klasifikator je ostvario najmanju, ali i dalje uporedivu prosečnu tačnost, pri čemu mu veoma kratko vreme izvršavanja ide u prilog. Najbolju tačnost ostvario je SVM klasifikator. Prema tome, može se zaključiti da SVM i LDA predstavljaju dobre kandidate za rešavanje opisanog klasifikacionog problema. Koji od ta dva klasifikatora će biti odabran zavisi od načina na koji je potrebno ostvariti kompromis između tačnosti i složenosti ML algoritma.

#### 5. LITERATURA

[1] F. Mereu, F. Leone, C. Gentile, F. Cordella, E. Gruppioni, and L. Zollo, "Control Strategies and Performance Assessment of Upper-Limb TMR Prostheses: A Review," *Sensors*, Vol. 21, no. 6, p. 1953, Mar. 2021.

[2] A. Marinelli *et al.*, "Active upper limb prostheses: a review on current state and upcoming breakthroughs", *Progress in Biomedical Engineering*, Vol. 5, no. 1, p. 012001, Jan. 2023.

[3] M. Legrand, "Upper limb prostheses control based on user's body compensations," *theses.hal.science*, Mar. 2021.

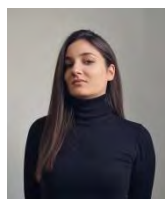
[4] M. Hakonen, H. Piitulainen, and A. Visala, "Current state of digital signal processing in myoelectric interfaces and related applications," *Biomedical Signal Processing and Control*, Vol. 18, pp. 334–359, Apr. 2015.

[5] G. Li, "Electromyography Pattern-Recognition-Based Control of Powered Multifunctional Upper-Limb Prostheses," *Advances in Applied Electromyography*, Aug. 2011.

[6] Tijana Nosek, Branko Brkljač, Danica Despotović, Milan Sečujski, Tatjana Lončar-Turukalo, "Praktikum iz mašinskog učenja", *Univerzitet u Novom Sadu*, 2020.

[7] Yang, Li, and Abdallah Shami. "On Hyperparameter Optimization of Machine Learning Algorithms: Theory and Practice." *Neurocomputing*, Vol. 415, pp. 295–316, Nov. 2020.

#### Kratka biografija:



**Aleksandra Paskaš** rođena je u Novom Sadu 1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Biomedicinsko inženjerstvo – Upravljački sistemi u biomedicinskom inženjerstvu odbranila je 2024.god.  
kontakt: paskasaleksandra@gmail.com

## ДЕТЕКЦИЈА СТЕНОЗА И ОКЛУЗИЈА КОРОНАРНИХ АРТЕРИЈА DETECTION OF STENOSIS AND OCCLUSION OF CORONARY ARTERIES

Сара Миљуш, Факултет техничких наука, Нови Сад

### Област – БИОМЕДИЦИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО

**Кратак садржај** – Рад се заснива на детекцији стеноза и оклузија коронарних артерија срца, као и проналажење њиховог процента зачепљења, уз помоћ алгоритама машинског учења, односно YOLOv4, YOLOv8 алгоритама и Detectron2 библиотеке. База података која је коришћена за израду пројекта састоји се од 3.850 слика коронарних артерија где су јасно обиљежене стенозе и/или оклузије.

**Кључне ријечи:** стенозе и оклузије коронарних артерија, коронарна ангиографија, неуралне мреже, дубоко учење, YOLOv4 и YOLOv8 алгоритми

**Abstract** – The paper is based on the detection of stenoses and occlusions of the coronary arteries of the heart, as well as finding their percentage of blockage, using machine learning algorithms, namely YOLOv4, YOLOv8 algorithms, and the Detectron2 library. The dataset used for the project consists of 3.850 images of coronary arteries where stenoses and/or occlusions are clearly marked.

**Keywords:** stenosis and occlusion of coronary arteries, coronary angiography, neural networks, deep learning, YOLOv4 and YOLOv8 algorithms

### 1. УВОД

Аортна стеноза је стање срца у којем се аортни вентил срца сужава, спријечавајући његово потпуно отварање. Ако се стеноза погорша, то може довести до потпуног зачепљења (оклузије) артерије. Стенозе и оклузије коронарних артерија дијагностиковане су уз помоћ коронарне ангиографије, која подразумијева примјену рендгенских зракова зарад приказивања коронарних артерија.

### 2. НЕУРОНСКЕ МРЕЖЕ И ДУБОКО УЧЕЊЕ

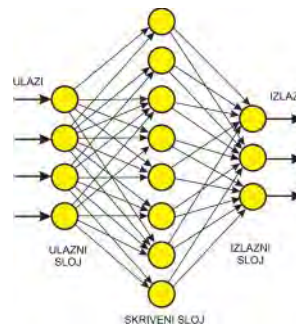
Неуронске мреже представљају сложене рачунарске системе настале повезивањем вјештачких неурона, инспирисане начином функционисања неурона у људском мозгу. Основа сваке неуронске мреже је вјештачки неурон. Неуронска мрежа (слика 1) се састоји од већег броја неурона, који су организовани у два или више слојева.

Први слој је увијек улазни, а последњи излазни. Ако их има више, онда се унутрашњи слојеви зову скривени слојеви.

### НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Платон Совиљ, ред. проф.

Начин организације ових слојева и њиховог повезивања чини архитектуру или топологију неуронске мреже.



Слика 1. Начин рада неуронске мреже

Последња развијена грана машинског учења је дубоко учење, која се користи за опис скупа алгоритама заснованих на концепту неуронских мрежа.

Најзначајнија достигнућа дубоког учења су класификације слика, детекција и локализација објеката, као и семантичка сегментација и сегментација инстанци.

Са друге стране, дошло је до неvjероватног напретка у рјешавању проблема превођења текста, као и препознавања и синтезе говора, што је омогућило ефикасну гласовну комуникацију са паметним уређајима.

### 3. YOLOv4 И YOLOv8 АЛГОРИТМИ

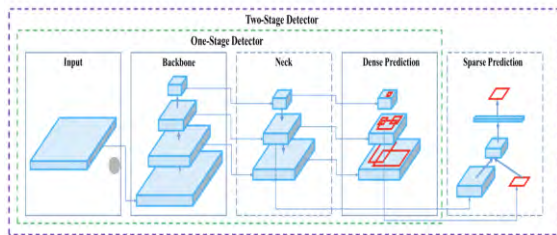
YOLOv4 и YOLOv8 су алгоритми чија је намјена детекција објеката, широко примјењиван у компјутерској визији. Сама детекција објеката заснива се на детекцији инстанци објеката различитих класа на сликама и видео снимцима. YOLO алгоритми се састоје од два дијела: првог, конволутивне неуралне мреже (енг. CNN), која се користи за предвиђање координата bounding box-а за објекте у сликама и видео снимцима и регресиони модел који се користи за одређивање врсте објеката унутар самог bounding box-а.

#### Архитектура YOLOv4 алгоритма

YOLOv4 користи једноставну архитектуру која се састоји од неколико компоненти (слика 2). На самом почетку имамо улаз (енг. Input) који представља сет слика за тренинг. Ове слике се обрађују у групама које се називају Batches, а сама обрада и процесирање врши се на графичкој картици (енг. GPU).

Следећи степен алгоритма јесу Backbone и Neck, компоненте задужене за екстракцију и агрегацију обиљежја. На крају налази се главни дио алгоритма или Head који је задужен за саму детекцију/предикцију. Када је у питању Backbone алгоритам

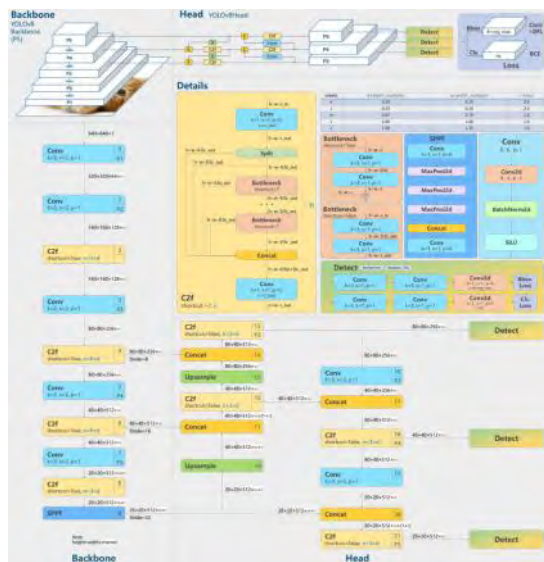
говоримо о конволуцијској неуралној мрежи која представља темељ алгоритма.



Слика 2. Архитектура YOLOv4 алгоритма

#### Архитектура YOLOv8 алгоритма

YOLOv8 алгоритам користи мрежу са три гране за детекцију објеката у три различите резолуције како би омогућио брзу и прецизну детекцију објеката у стварном времену. Његову архитектуру (слика 3) чине следећи кораци: улазна слика пролази кроз конволуцијску мрежу како би се извукле карактеристике слике, излаз слике се дијели на три гране, од којих свака одређује карактеристику слике у другој резолуцији, свака грана мреже затим пролази кроз неколико слојева конволуције како би се детектовали објекти у различитим дијеловима слике, након што су објекти детектовани у свакој грани мреже спајају се у јединствену листу детектованих објеката, листа затим пролази кроз поступак NMS-а (енг. *Non-Maximum Suppression*) како би се уклонили дупликати и детекције које нису поуздане и коначни резултат је листа објеката која садржи класу објеката, његову тачну позицију на слици и степен поузданости детекције.



Слика 3. Архитектура YOLOv8 алгоритма

#### 4. DETECTRON2 БИБЛИОТЕКА

Detectron2 је отворена библиотека за дубоко учење коју је развио Facebook AI Research за детекцију објеката и сегментацију слика.

Главни кораци код Detectron2 архитектуре (слика 4):

1. Предпроцесирање: Улазна слика се нормализује на фиксну величину.
2. Слика пролази кроз мрежу за екстракцију карактеристика како би се извукле карактеристике слике.

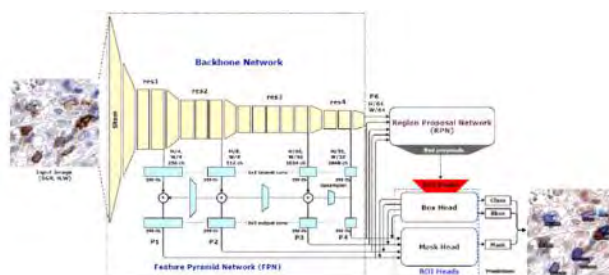
3. FPN (енг. *Feature Proposal Network*): Генерисане карактеристике од стране претходне мреже пролазе кроз мрежу FPN, која генерише пирамиду вишескалних мапа обиљежја које се користе за детекцију објеката.

4. RPN (енг. *Region Proposal Network*): Генерише предлоге објеката користећи мрежу RPN. Ови предлози су скуп граничних оквира који вјероватно садрже објекте.

5. Rol Align: Ова операција омогућава мрежи да комбинује карактеристике из региона од интереса различитих величина, без губитка информација.

6. Rol Head: Обезбјеђују се ознаке класа и помијерање граничних оквира за сваки Rol.

7. Постпроцесирање: Предвиђени оквири се филтрирају помоћу NMS алгоритма да би се уклонили преклапајући оквири и задржала само најпоузданија предвиђања.



Слика 4. Архитектура Detectron2 библиотеке

#### 5. БАЗА ПОДАТАКА (енг. Dataset)

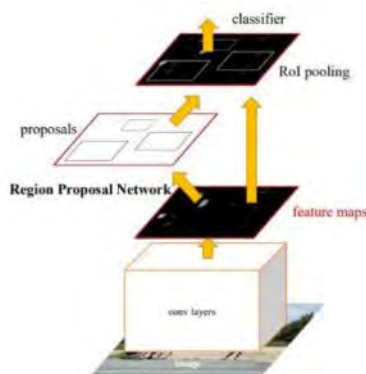
База података која је коришћена за израду задатка састоји се од 3.850 слика коронарних артерија гдје су јасно обиљежене стенозе и/или оклузије, а чини је 11 класа: *stenosis10*, *stenosis20*, *stenosis30*, *stenosis40*, *stenosis50*, *stenosis60*, *stenosis70*, *stenosis80*, *stenosis90*, *stenosis99* и *occlusion100*, гдје број поред назива одређене класе представља проценат зачепљења артерије. У скупу за обуку налази се 80% базе, док скуп за тестирање и валидацију садржи по 10% података. Подијела је извршена помоћу Python скрипте *process.py*, која генерише три текстуална фајла: *train.txt*, *valid.txt* и *test.txt*, у којима су смјештене путање до слика.

Код YOLO алгоритма анотације су представљене у YOLO формату, складиштене у текстуалним датотекама које се налазе у директорију као и слике. Анотације код Detectron2 библиотеке су представљене у COCO формату, гдје се чувају у JSON датотекама и укључују информације о класама објеката на слици, границама објеката и маскама сегментације ако су доступне.

##### 5.1. Конфигурисање алогитама

Прије самог тренинга неопходно је дефинисати одређене параметре који знатно утичу на квалитет модела као што су број епоха, величина група, стопе учења и архитектура модела. Све ове информације се обично задају путем конфигурацијских датотека које се користе за тренирање модела у Darknet библиотеци.

Што се тиче *YOLO* алгоритама првенствено је потребно подесити *batch size*, јер прецизира колико слика прослеђујемо алгоритму у једној итерацији тренинга, а он је у нашем случају он је 64. Наредни хиперпараметар јесте *max batches*, који представља укупан број итерација и у већини случајева се задаје по формули: (број класа\*2000) с тим да се не препоручује број мањи од укупног броја слика у скупу за тренинг и не мање од 6000. *Subdevision* може бити 16, 32 или 65 и дијели *batch* на мање дијелове. *Filters* представља (број класа+5)\*3, а *Steps* = а,б, гдје је а = 80% од *max batches*, а б = 90% од *max batches*. Код *Decetron2* кључан је *Faster R-CNN* алгоритам (слика 5). Њему су претходила два модела детектовања објеката *R-CNN* и *Fast R-CNN*.



Слика 5. Архитектура *Faster R-CNN-a*

## 5.2. Тренирање и евалуација модела

Када су у питању *YOLO* алгоритми модел је трениран и тестиран уз помоћ *Azure Data Science Virtual Machine* (енг. *DCVM*), виртуелној машини постављеној на *Linux-Ubuntu 18.04* оперативном систему, са преинсталираним библиотекама и софтвером неопходним за *Data Science/AI/Machine Learning*.

Главни параметри који су пропраћени током тренинга су: *Mean Average Precision* (енг. *mAP*), средња просјечна прецизност је метрика која се користи за евалуацију модела детекције објекта и просјечни губитак (енг. *Average Loss*) који представља мјеру квалитета модела и рачуна се као разлика између предвиђених и тачних вриједности за координате *bounding box-a*. Што су губици мањи, алгоритам је квалитетнији.

Команда за покретање тренинга код *YOLOv4* алгоритма приказана је на слици 6.

```
./darknet detector train data/obj.data cfg/yolov4-custom.cfg
yolov4.conv.137 -dont_show -map
```

Слика 6. Команда за покретање обуке код *YOLOv4* алгоритма

Гдје се параметар *dont\_show* (не приказати) може отклонити, како би се видео графикон напретка *mAP* у односу на итерације. Команда *yolov4.conv.137* се односи на 137 конволутивни слој унутар *YOLOv4* архитектуре. *Obj.data* фајл садржи: број класа, путање до *train.txt*, *valid.txt*, *test.txt*, *obj.names* (смјештена су имена свих класа) и путању до фолдера у којем се смјештају резултати након тренирања. Конфигурациона датотека, *yolov4-custom.cfg*, дефинише архитектуру мреже и остале хиперпараметре.

*YOLOv8* садржи исте хиперпараметре као *YOLOv4* које је потребно подесити у зависности од потребе задатка. Направљен је фајл под називом *data* у којем су смјештене путање до слика изабраних за обуку и одговарајуће датотеке са ознакама (координате оквира аотираних стеноза и/или оклузија, ознаке и број класа). Модел који се користио за обуку је *yolov8x.pt*, а комада којом се покреће обука је дата на слици 7.

```
yolo train data=data.yaml model=yolov8x.pt epochs=100 imgsz=512
```

Слика 7. Комада за покретање обуке код *YOLOv8* модела

Величина слике подешена је на 512, као и код *YOLOv4* модела. Модел ће бити обучен кроз 100 епоха. Свака епоха представља један пролазак кроз цио скуп података за обуку, са циљем да се побољша перформанса модела током времена.

Што се тиче *Detectron2* модел је трениран и тестиран уз помоћ *X2Go* софтвера, програм отвореног кода који користи протокол *NX Technology*. Ради олакшаног рада, односно компатибилности свих неопходних библиотека које су нам потребне за израду задатка користи се *docker container*. За обуку модела коришћена је *Python* скрипта *trainStenosis.py*, која прима одговарајуће аргументе.

## 5.3. Тестирање модела

Команда којом тестирамо модел код *YOLOv4* алгоритма приказана је на слици 8, неопходно је прије тестирања модела поставити параметре *batch* и *subdivisions* на јединицу.

```
./darknet detector test data/obj.data cfg/yolov4-custom.cfg
../training/yolov4-custom_best.weights
../mask_test_images/image1.jpg -thresh 0.3
```

Слика 8. Команда за тестирање *YOLOv4* модела

Гдје датотека *yolov4-custom\_best.weights* представља тежине најбољег модела обученог на датом скупу података, а *mask\_test\_images* фајл гдје су смјештене слике за тестирање модела. *Thresh* представља минималну тачност потребну за детекцију објеката.

Тестирање модела код *YOLOv8* алгоритма приказана је на слици 9, гдје *yolov8x\_best.pt* представља тежине најбољег обученог модела, *source* је путања до слике коју желимо да тестирамо, а *conf* је параметар који одређује минималну вриједност повјерења коју детектор објекта мора имати да би прихватио детекцију као тачну.

```
yolo predict model=yolov8x_best.pt source='https://ultralytics.com/images/test1.jpg' conf=0.35
```

Слика 9. Команда за тестирање *YOLOv8* модела

Тестирање модела код *Detectron2* библиотеке је извршено уз помоћ *Python* скрипте *useStenosis.py*, гдје терминалским позивањем скрипте започиње процес тестирања над задатим сликама.

## 6. Резултати

### Резултати *YOLO* алгоритама

Након завршеног тренинга, који обично траје око један дан, тестиран је модел. Резултати који су добијени нису били задовољавајући, посебно код пацијената који су имали више стеноза. Проблеми са

којима смо се сусретали: алгоритму је теже било препознати стенозе са мањим процентом зачепљења, алгоритам ништа није препознао, детекција одговарајуће стенозе, али на погрешном мјесту, детекција стенозе на одговарајућем мјесту, али погрешан проценат зачепљења.

Исти кораци су урађени и када је у питању *YOLOv8*, добијени су мало бољи резултати, са грешкама које су се понављале. Најчешће се дешавало да алгоритам не препозна ниједну стенозу и/или оклузију. Код квалитетнијих слика обично се дешавало да алгоритам препозна стенозу са већим процентом зачепљења и то на почетку, у главном дијелу артерије.

На слици 11 детектована је стеноза са зачепљењем од 99%, док остале три стенозе са зачепљењем од 50% нису детектоване. Број 0,67 представља вјероватноћу са којом је детектована стеноза.

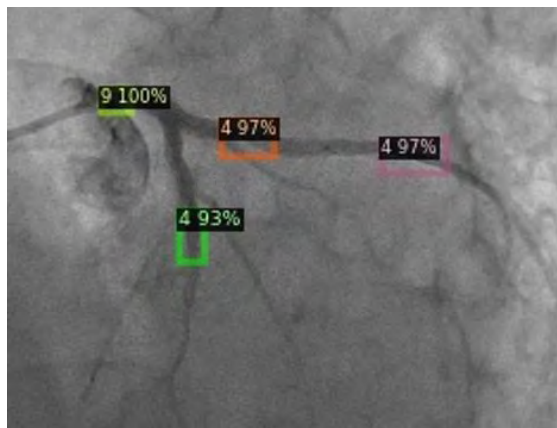


Слика 10. Детекција стенозе99 уз помоћ *YOLOv8* алгоритма

#### Резултати *Detectron2* библиотеке

Тренинг код *Detectron2* је трајао дуже у односу на *YOLO* алгоритме, али су добијени знатно бољи резултати. Проблеми са којима смо се сусретали: ни у једном случају није препозната оклузија, детекција стенозе на мјесту на којем је нема, детекција стенозе на одговарајућем мјесту, али погрешан проценат зачепљења, алгоритам не детектује све присутне стенозе, детекција стенозе унутар стенозе.

И код *Detectron2* библиотеке и *YOLO* алгоритма грешке су зависиле и од квалитета слике. На слици 11 представљен је случај у којем је детектована свака стеноза, са великом вјероватноћом детекције.



Слика 13. Детекција стеноза уз помоћ *Detectron2* библиотеке

## 7. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је представљена примјена алгоритма дубоког учења за детекцију стеноза и/или оклузија коронарних артерија, као и процента њиховог зачепљења. За постизање одговарајућег циља, упоређене су перформансе три различита алгоритма за детекцију објеката: *YOLOv4*, *YOLOv8* и *Detectron2* библиотеке. У зависности од потребе овог пројекта *Detectron2* библиотека даје најуспјешније резултате. Крајњи исход показује могућност примјене алгоритма машинског учења и у сфери медицинских наука, али је за њихову стварну примјену у пракси потребно додатно побољшати резултате.

Један од кључних изазова, поред осталих проблема, био је тај што алгоритам ниједном није успио препознати оклузију, што указује на потребу за даљим побољшањем алгоритма детекције. Важно је напоменути да алгоритам детекције посматра слике појединачно, док лијекар за откривање стеноза и/или оклузија и њиховог процента зачепљења посматра ангиографски снимак из свих седам углова истовремено.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

1. <https://epoteka.rs/blog/aortna-stenoza/>
2. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560507/>
3. <https://www.stetoskop.info/bolesti-srca-i-krvnih-sudova-kardiologija/koronarna-angiografija>
4. <http://solair.eunet.rs/~ilicv/neuro.html>
5. [file:///C:/Users/milju/Downloads/Milosavljevic\\_Duboko\\_ucenje%20.pdf](file:///C:/Users/milju/Downloads/Milosavljevic_Duboko_ucenje%20.pdf)
6. <https://blog.roboflow.com/a-thorough-breakdown-of-yolov4/>
7. <https://blog.roboflow.com/whats-new-in-yolov8/>
8. <https://medium.com/@hirotoschwert/digging-into-detectron-2-47b2e794fabd>
9. <https://www.v7labs.com/blog/mean-average-precision>
10. [https://nardus.mpn.gov.rs/bitstream/handle/123456789/21403/Disertacija\\_13527.pdf?sequence=1](https://nardus.mpn.gov.rs/bitstream/handle/123456789/21403/Disertacija_13527.pdf?sequence=1)

## Кратка биографија:



**Сара Миљуш** рођена је у Никшићу, 1999. године. Дипломирала је на факултету техничких наука у Новом Саду, на Катедри за електрична мјерења 2022. године.

контакт: miljussara2@gmail.com



## KOMPARATIVNA ANALIZA RENDERER-A U BLENDER-U: USPOSTAVLJANJE RAVNOTEŽE IZMEĐU BRZINE I FOTOREALIZMA

### COMPARATIVE ANALYSIS OF BLENDER RENDER ENGINES: THE BALANCE OF SPEED AND PHOTOREALISM

Jelena Šušnjević, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

#### Oblast - RAČUNARSKA GRAFIKA

**Kratak sadržaj** — Ovaj rad poredi dva render-era u Blender-u, Eevee i Cycles, analizirajući njihove nedostatke i prednosti, kad su u pitanju brzina, realizam i efikasno korišćenje kompjuterskih resursa. Procenjuje različite upotrebe za oba render-era, pružajući uvid u različitosti između rendering-a u realnom vremenu i produkcije realistične 3D slike. Stečeno znanje je iskorišćeno u praktičnom delu rada, za rendering specifične 3D scene.

**Ključne reči:** render, algoritam, onlajn, oflajn

**Abstract** — This paper compares two render engines within Blender, Eevee, and Cycles, analyzing their weaknesses and strengths in terms of speed, realism and resource utilization. It evaluates different uses for both render engines, providing insights into the trade-offs between real-time rendering, and photorealistic image production. The acquired knowledge was used in the practical part of the work to render a specific outdoor scene.

**Keywords:** render, algorithm, online, offline

#### 1. UVOD

U svetu 3D kompjuterske grafike koja se konstantno razvija, izbor renderera je od ključne važnosti, jer u zavisnosti od toga da li dajemo prioritet brzini renderovanja ili realizmu, možemo da biramo između dva tipa render-era, online i offline. Blender, open source program za 3D modelovanje, nudi dva istaknuta renderera, Eevee i Cycles, koji su namenjeni da se koriste u različitim uslovima i prilagođeni su različitim potrebama.

Cilj ovog rada jeste istraživanje i komparativna analiza renderera Eevee i Cycles u Blender-u, sa fokusom na njihove prednosti, slabosti i balans između brzine renderovanja i fotorealističnog rezultata. Kako potražnja za mogućnostima renderovanja u realnom vremenu nastavlja da raste, Eevee se izdvaja kao odličan izbor, koji omogućava izradu brze i interaktivne vizuelizacije.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ratko Obradović, red. prof.

S druge strane, render-er Cycles, poznat po svojoj *path-tracing* karakteristici, ima za cilj da pruži odličan realizam, ali po cenu sporijeg render-ovanja.

#### 2. TEORIJSKI DEO

U ovom poglavlju analiziramo kompleksnost procesa ovih render-era, proučavajući algoritme na osnovu kojih funkcionišu. Počevši od mogućnosti render-ovanja u realnom vremenu, skoro trenutno nakon svake, promene ili pomeranja, pa do render-ovanja offline, imitiranjem ponašanja svetlosti, posmatračemo različitosti ova dva tipa render-ovanja i doneti zaključak kada treba koji koristiti, u kojim situacijama možemo da iskoristimo njihove prednosti i kako da nadomestimo njihove mane. Ovo poglavlje ima za cilj da otkrije različite karakteristike koje definišu princip rada ova dva render-era.

Bavićemo se praktičnim primenama Eevee i Cycles render-era, u kakvim kreativnim scenarijima treba da se opredelimo za jedan od njih, ili ukoliko koristimo oba, u kom delu *pipeline*-a rada treba da koristimo koji. Izučavaćemo njihove individualne potencijale, praveći kompromis između brzine, vizuelne vernosti i potrebnim računarskim resursima. Bilo da se radi o optimizaciji za kreiranje interaktivnog sadržaja, arhitektonskoj vizuelizaciji ili produkciji animiranog filma, razumevanje razlika između Eevee-a i Cycles-a je neophodno za donošenje odluka kad dođe do njihove upotrebe u različitim 3D projektima.

Render-ovanje u realnom vremenu uključuje pojam interaktivnosti, jer se scena, sastavljena od mnoštva slika, dobije trenutno, neposredno pre nego što se prikaže na ekranu. Ukratko, računar proizvodi sve rendere iz 3D geometrije, teksture i svetla i prikazuje ih korisniku što je brže moguće. Ovaj tip render-era je veoma zastupljen u svetu digitalnih medija, ali najbolji primer njegove upotrebe jeste industrija video igara. Programeri i umetnici, u industriji video igara, imaju izazov da naprave što lepšu i realističniju grafiku, koja će se prikazivati u realnom vremenu. Korisnici, intereaguju sa scenom, kreću se kroz virtuelni prostor i svaka izmena koju naprave treba da se prikaže što brže na ekranu, inače gubimo imersivnost.

Eevee je napravljen korišćenjem *OpenGL*-a i fokusira se na brzinu i interaktivnost, dok ima mogućnost da renderuje PBR (eng. Physically Based Rendering) materijale. Eevee koristi proces koji se zove rasterizacija, procenjuje način na koji svetlost intereaguje sa objektima

i materijalima koristeći brojne algoritme. Iz tog razloga, ima veliki set ograničenja.

Neka ograničenja uključuju:

krvarenje svetlosti

mape senki niske rezolucije

nedostatak CPU opcije

ograničenu ambijentalnu okluziju

efekat globalne osvetljenosti

refleksiju

transparentost

refrakciju

Većina ovih nedostataka je proizvod Eevee renderer-ovog brzog vremena render-ovanja. Zato što Eevee ne funkcioniše na istom principu kao Cycles, simuliranjem ponašanja svetlosti, već raznim algoritmima “vara” i nagađa koji objekti bi mogli biti osenčeni, vidljivi, prozirni,...

Prednosti Eevee renderer-a jesu brzina i pametno korišćenje kompjuterskih resursa. Još jedna velika prednost Eevee render-a, je ta da se ne mora birati između njega i Cycles-a, već mogu da se koriste kombinovano, u različitim fazama rada. Zbog svoje velike brzine render-ovanja, pored kreiranja finalnih render-a za video igre, moguće je kreirati PBR materijale sa neverovatnom preciznošću, pregledanje animacije istog momenta i kreiranje game asset-a. Ove prednosti omogućavaju korisnicima da, pre nego da pokrenu finalan render koji može trajati danima, naprave nešto što je približno finalnoj verziji. U tom slučaju, Eevee se koristi kao prerender, dok se Cycles koristi kao za kreiranje finalnog rendera.

Offline render-ovanje odnosi se na situaciju gde se frejmovi prikazuju, ne u realnom vremenu, već nakon kraćeg ili dužeg vremenskog perioda. Iako je vreme render-ovanja znatno kraće nego kod online render-era, offline render-er proizvodi veoma kvalitetnu grafiku koja je bliska stvarnosti. Cycles je Blender-ov *rendering* sistem zasnovan na imitiranju ponašanja svetlosti korišćenjem fizike. Dizajniran je da obezbedi realistične rezultate, sa umetničkom kontrolom i fleksibilnošću za produkcijske potrebe. Cycles koristi *path tracing* algoritam da prati putanje svetlosnih zraka, omogućavajući vernu reprodukciju složenih svetlosnih fenomena, kao što su refleksija, prelamanje svetlosti i globalno osvetljenje. Ono što izdvaja Cycles jeste njegova posvećenost pridržavanja zakonima fizike kako bi se precizno simuliralo ponašanje svetlosti.

Ograničenja Cycles render-era najviše su vezana za brzinu render-ovanja. Obzirom na to da Cycles troši mnogo više resursa kako bi proizveo verodostojnu sliku, treba mu mnogo više vremena da izvrši sve svoje kalkulacije. Vreme render-ovanja može da se skрати, i računarski resursi mogu pametno da se iskoriste, ali čak i tada ne može da se poredi sa brzinom *realtime* render-era. Pored ograničenja brzine, najveće ograničenje *Cycles renderer-a* jeste to što ima maksimalan broj odbijanja svetlosti. U prirodi, svetlosni zrak se odbija beskonačan broj puta, dok se svetlost potpuno ne apsorbuje od strane predmeta sa kojima intereaguje, dok je taj broj kod 3D

render-a ograničen. Još jedno značajno ograničenje jeste loša kaustika, iako je fokus *Cycles renderer-a* stvaranje realističnih slika, kad dođe do kaustike, ne proizvodi rezultate koji mogu da se porede sa drugim rendererima.

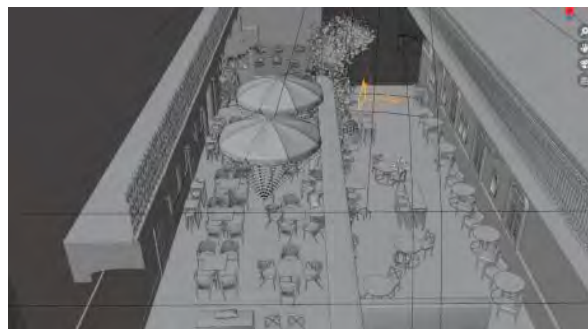
Neke prednosti Cycles render-era su:

- Realistični materijali
- GPU rendering
- PBR
- Globalna osvetljenost
- Adaptive Sampling.

### 3. PRAKTIČNI DEO

Ovo poglavlje ima za cilj da opiše modelovanje scene, postavljane tekstura i osvetljenja, a naglasak je na podešavanjima render-era tako da dobijemo što bolje rezultate, uzimajući u obzir njihova ograničenja.

Prvo je kreirana 3D scena u Blender-u, pasaž koji je za inspiraciju imao postojeći pasaž u Zmaj Jovinoj ulici.



Slika 1 Modelovana scena bez tekstura i materijala

Neki objekti su modelovani dok su drugi samo uvezeni iz besplatne biblioteke kao što je *Megascans*. Materijali su pravljani ili povezivanjem *node-ova*, ili su uvezeni iz *asset library* “*Crafty asset pack*”. Neki materijali su preuzeti sa interneta i uvezeni uz omogućenu opciju *Node Wrangler* koja znatno olakšava proces rada, jer ukoliko preuzmemo teksturu sa interneta, potrebno je samo da napravimo običan *principal bsdf shader* i na njega automatski primenimo sve mape teksture koje smo uvezli.

Pošto Eevee *render engine* ne može da koristi osvetljenje iz *HDRI* mape, moramo da lažiramo to osvetljenje. Ubacujemo *sun light* i pozicioniramo ga otprilike gde bi se zapravo nalazilo Sunce. Zatim, moramo da lažiramo svetlost neba, pošto svi objekti koji nisu u kontaktu direktno sa *sun light* će biti crni. To postizemo ubacivanjem *area light*, koji pozicioniramo direktno iznad scene i povećamo. Pošto Eevee *render engine* ne kalkuliše globalnu osvetljenost, to jest ne računa indirektnu svetlost, ubacujemo *irradiance volumes probe*. *Irradiance volumes* se odnosi na tehniku koja se koristi za simulaciju efekta globalnog osvetljenja u sceni. Ovo uključuje prethodno izračunavanje ili čuvanje informacija o distribuciji svetlosti unutar prostora, omogućavajući realističnije efekte indirektnog osvetljenja.



Slika 2 Postavka lažnog osvetljenja

Kod Eevee renderer-a, bitno je da isključimo HDRI mapu kao uticaj na osvetljenje, jer neće stvarati realistične senke, već samo uticati negativno na finalan rezultat. Kod Eevee render-era, da bismo dobili realističniju sliku, možemo da omogućimo dodatna podešavanja.

Bloom je efekat koji simulira raspršivanje svetlosti oko svetlih objekata u sceni. Kada je omogućen, poboljšava percipiranu osvetljenost i sjaj izvora svetlosti visokog intenziteta.

Iako Eevee ne podržava raspršivanje svetlosti, ima pojednostavljenu opciju sličnog efekta. Oslanja se na informacije dostupne u prozoru koji vidimo, što znači da možda neće uhvatiti sve detalje prodiranja svetlosti i rasipanja svetlosti ispod površine.

Screen Space Reflections (SSR) je opcija koja se koristi za simulaciju realističnih refleksija u sceni. SSR izračunava refleksije na osnovu onoga što je trenutno vidljivo na ekranu. SSR podešava refleksije kako se kamera ili objekti u sceni kreću, obezbeđujući vizuelno ubedljiv prikaz reflektujućih površina.

Takođe, Eevee ne može da simulira pojedine karakteristike svetlosti, pa će iz tog razloga proizvesti manje detaljne senke. Možemo ih poboljšati soft shadows ili light bleeding opcijom.

Što se tiče Cycles render-era, prvo podešavanje koje možemo uključiti jeste GPU compute. GPU se sastoji od hiljada manjih jezgara, što omogućava da istovremeno obavlja mnoge jednostavne zadatke, samo tom opcijom znatno ubrzavamo vreme render-ovanja.

Tiling opcija nam omogućava da umesto da render-ujemo celu sliku odjednom, render-ujemo više manjih delova koji čine jednu sliku. Ovo ne samo da ubrzava render, već je mnogo manje verovatno da će aplikacija prestati da radi.

Poslednje podešavanje koje možemo izmeniti jeste vezano za šum. Aktiviranjem noise threshold, dajemo Blender-u opciju da bira koliko će šuma otkloniti na kojim delovima slike.

Objekti sa manje detalja neće zahtevati istu količinu resursa koliko i objekti sa više detalja, na ovaj način smanjujemo naše vreme render-ovanja.

Globalna osvetljenost (eng. Fast GI) approximation menja globalno osvetljenje ambijentalnom okluzijom nakon određenog broja odbijanja. Ovo podešavanje može uticati negativno na realističnost render- a, ali može takođe znatno smanjiti vreme render-a.

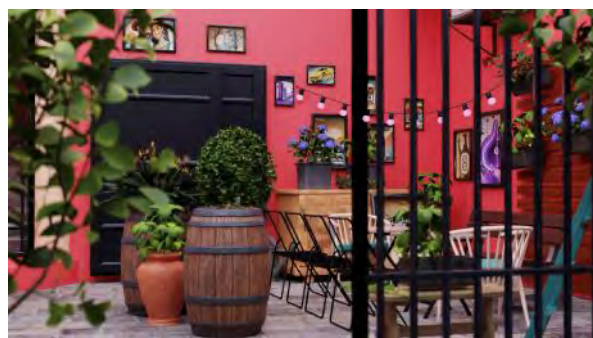
Light paths podešavanje se odnosi na skup parametara koji kontrolišu kako svetlost stupa u kontakt sa

površinama i objektima u sceni tokom procesa render-ovanja. Ova podešavanja su posebno bitna za korisnike koji žele kontrolu nad načinom na koji se svetlost ponaša u scenama. Smanjivanjem broja odbijanja svetlosti, skraćuje se vreme renderovanja.

Još jedna opcija vezana za šum jeste denoise opcija, njenim aktiviranjem uklanjamo šum koji je nastao render-ovanjem. Pod denoiser stavljamo OpenImageDenoise, a pod passes stavljamo Albedo. OpenImageDenoise je biblioteka za uklanjanje šuma koja je dizajnirana da ubrza proces uklanjanja šuma sa render-a.



Slika 3 Eevee render



Slika 4 Cycles render

#### 4. ZAKLJUČAK

Nakon render-ovanja scene, možemo jasno da se vidimo da Cycles nudi mnogo realističniji rezultat. Sa druge strane, za svaki Cycles-ov render je bilo potrebno bar 7 minuta, dok je Eevee svoj render proizveo nakon par sekundi.

Primećeno je da Cycles mnogo bolje prikazuje biljke, to je zato što ima mogućnost da koristi prozirnost materijala, dok kod Eevee renderer-a to mora da se lažira. Takođe, osvetljenje scene je mnogo bolje kod Cycles-a, pogotovo indirektno osvetljenje.

Jasno se vidi i razlika u reflektivim materijalima, ova pojava je verovatno rezultat Screen Space Reflection Cube koji nije dobro izračunao koji objekti bi mogli biti reflektovani.

Poređenje između Blender-ovih Cycles i Eevee render engine-a otkriva dinamičku međusobnu igru brzine i fotorealizma. Cycles, koji funkcioniše na osnovu path tracing i physically based rendering, se ističe u pružanju cinemografskog realizma i preciznosti kroz svoj sistem node shader-a. S druge strane, Eevee, dizajniran za

renderovanje u realnom vremenu, daje prednost brzini i interaktivnosti za brze iteracije dizajna i interaktivna iskustva.

Izbor između Cycles i Eevee nije stroga odluka ili-ili, već zavisi od potreba projekta. Oni se međusobno dopunjuju unutar Blender ekosistema, nudeći raznovrsna rešenja za renderovanje.

## 5. LITERATURA

1. Cycles and Eevee: which renderer should we choose? [internet] - dostupno na:

<https://irendering.net/cycles-and-eevee-which-renderer-should-we-choose/>

2.Eevee essentials: Real Time Rendering in Blender [internet] - dostupno na:

<https://cgcookie.com/posts/eevee-essential-features-walkthrough-part-one>

5. Rendering with Blender's Eevee: Settings & Features [internet] - dostupno na:

<https://renderpool.net/blog/blender-eevee/>

6. How to render faster in Blender [internet] - dostupno na:

<https://www.vagon.io/blog/complete-guide-for-reducing-rendering-times-at-Blender/>

Svim adresama pristupljeno u oktobru i novembru 2023.

## 6. BIOGRAFIJA



**Jelena Šušnjević** rođena je 11.03.1998. godine u Novom Sadu, Republika Srbija. Završila je osnovnu školu “Petefi Šandor”, a zatim gimnaziju “Svetožar Marković”. Završila je osnovne akademske studije Animacija u inženjerstvu na Fakultetu tehničkih nauka 2021. godine. Radi kao animator unutar firme Barclays u Nju Jorku.

## RAZVOJ RAČUNARSKE IGRE „ŠRUMS“ DEVELOPMENT OF THE VIDEO GAME „SHROOMS“

Lenka Siriški, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – RAČUNARSKA GRAFIKA

**Kratak sadržaj** – Zadatak je bio da se osmisli i realizuje video igra, primenom različitih metoda u domenu računarske grafike. Avanturistička igra „Shrooms“- „Pečurke“ kombinuje maštovito pripovedanje i primamljiv svet. Ovaj rad ima za cilj da se udubi u zamršenost igre, istražujući njen dizajn, proces razvoja i narativne elemente. Vršena je analiza pozadinske priče, detaljno opisani karakteri i njihove uloge, stil igre i sam proces igranja.

**Ključne reči:** dizajn video igara, 3D modeli, pozadinska priča, gejmplej

**Abstract** – The primary objective was to conceive and execute a video game, employing diverse methodologies within the domain of computer graphics. Game „Shrooms“ stands as an adventurous gaming experience that combines imaginative storytelling with a fantastical world. This thesis endeavors to delve deeply into the intricacies of the game, exploring its design, developmental journey and narrative components. A detailed analysis was conducted on the background story, the characters and their roles, the style of the game, as well as the gameplay itself.

**Keywords:** game design, 3D models, backstory, gameplay

### 1. UVOD

Igre su vid aktivnosti definisane po nekim pravilima, a igranje same igre može biti sa različitim namerom (zabava, takmičenje, razbibriga, opuštanje, učenje itd.). Video igra (kompjuterska igra ili igrica) je u osnovi igra koja kao ulaz koristi korisnikove akcije, zatim se te akcije i okruženje obrađuju putem računara, a rezultat obrade se putem video signala prikazuje korisniku nazad na video uređaju. Danas su video igre vrlo rasprostranjene širom sveta, a neke od prvih video igara bile su *Iks – Oks* iz 1952. godine, delo britanskog profesora Aleksandra Dagleasa i *Tenis za dvoje*, delo Vilijama Higinbotama, iz 1958. godine. Postoji mnogo žanrova video igara, a samo neki su: RPG, akcione igre, simulacije, strateške, platformske i obrazovne igre.

Igra „Shrooms“ je avanturistička video igra razvijena korišćenjem najsavremenijeg *Unreal Engine 5*. Može se najbolje opisati kao avanturističko i opuštajuće iskustvo, nudeći igračima priliku da istraže čudesan svet šume prepune pečuraka svih oblika i veličina.

### NAPOMENA:

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

Dizajnirana je da bude dostupna igračima svih uzrasta. Cilj igre jeste istraživanje magične šume koja krije sastojke za stvaranje moćnog napitka.

### 2. POZADINSKA PRIČA I STORIBORD

U svetu „Shrooms“ igre, igrač preuzima ulogu hrabre sestre u misiji da pronađe sve sastojke za kuvanje magičnog napitka.

**Premisa:** Sestra i brat su se šetali šumom u potrazi za hranom. Nestašni brat je iznenada utonuo u dubok san nakon nepromišljenog susreta sa neobičnom, ali otrovnom pečurkom. Na sestri je da otkrije tajne začarane šume i napravi lek koji će probuditi njenog brata i ona kreće u magično carstvo pečuraka. Njeno putovanje je izazovno, puno zagonetaka, ali društvo joj pravi magična Knjiga koja je puna znanja i daje joj smernice na putu.

Izrađivanje storiborda podrazumeva pravljenje seta panela sličica koje predstavljaju bitne scene u igri, u logičnom redosledu. Na taj način se predstavljaju glavni likovi u priči, bitne radnje, objekti, funkcionalnost u igri i sama atmosfera. Storibord daje bolji vizuelni pregled priče i bitan je kao prvi korak jer se unapred mogu detektovati nelogičnosti u priči.

#### 2.1. 12 koraka Herojevog putovanja

Struktura herojevog putovanja je obrazac faza kroz koji junak prolazi tokom svoje avanture. Ova struktura govori u kom momentu i šta o radnji i karakterima da se pripoveda da bi priča bila dobra. Đozef Kembel, američki mitolog, pisac i predavač smislio je ovaj ciklus nakon istraživanja brojnih mitova i legendi iz raznih vremenskih perioda i regija sveta. Otkrio je da različiti pisci čitaoca vode na različita putovanja, ali da svi oni imaju zajednički obrazac. Ovakav ciklus se naziva Herojevo putovanje i ima 12 koraka (slika 1). Prateći te korake, osmišljena je priča za igru „Shrooms“:

- **Običan svet** – sestra i brat sami žive u šumi koja im obezbeđuje sve što im je potrebno. Jednog dana, brat je iznenada pojeo pečurku za koju se ispostavilo da je otrovna jer je odmah utonuo u dubok san.
- **Poziv na avanturu** – sestra je činila bilo šta da probudi svog brata, ali nije uspevala. Shvatila je da je situacija malo ozbiljnija no što se činilo.
- **Odbijanje poziva na avanturu** – otkad je brat zaspao, sestra je uživala u tišini. Mlađi brat je bio vrlo bučan i energičan, te je konačno mogla malo da odmori.

- **Susret s mentorom** – sestra shvati da joj je pomalo dosadno bez brata i odlučuje da potraži pomoć. Pronalazi magičnu Knjigu koja je krila sastojak za protivotrov.
- **Preko praga** – sestra odlučuje da se upusti u avanturu, a Knjiga postaje njen verni saputnik i mentor.
- **Testovi, saveznici, protivnici** – usput nailazi na mnogobrojne prepreke, izazove, slagalice i neprijatelje.
- **Ulazak u najdublju pećinu** – kako bi pokupila bitan sastojak, morala je da reši izazovnu slagalicu.
- **Iskušavanje** – problemima nije kraj. Na putu do poslednjeg sastojka, sestra nailazi na Zlu mesožderku.
- **Nagrada** – sestra uspešno pobeđuje.
- **Put nazad** – sestra uspeva da skuva napitak.
- **Vaskrsenje** – Knjiga iščezava, dajući sestri do znanja da je sada spremna za sve izazove i bez nje.
- **Povratak s eliksirom** – sestra se vraća kući i spašava brata.



Slika 1. Faze herojevog putovanja

### 3. LIKOVI

Likovi u igri oblikuju vezu igrača sa virtuelnim svetom. Oni doprinose imerzivnom pripovedanju, podstičući ulaganje igrača u igru. Neki od karaktera koje igrač može da sretne u igri „Shrooms“ su (slika 2. i 3.):

- Sestra – heroj/protagonista: nju igrač kontroliše i posmatra svet igre iz njenog ugla.
- Knjiga – mentor: objekat koji ima veliku ulogu u pomaganju protagoniste u njenim avanturama. Svakim okretom strane, Knjiga otkriva zagonetke i tragove.
- Zla Mesožderka – antagonist: visoka biljka sa ogromnim čeljustima koja čuva vredan sastojak potreban junaku za pravljenje napitka.
- Čarobnjak – sporedan lik: misteriozni čarobnjak koji smišlja zagonetke i slagalice. Preostala je još jedna koju niko nije dosad rešio.



Slika 2. Heroj/protagonista



Slika 3. Neprijatelj/antagonista

### 4. STRUKTURA NIVOIA I STIL OKRUŽENJA

Struktura nivoa je dizajnirana tako da privuče igrača u živahan svet šume. Okruženje obuhvata bujne pejzaže prepune visokih šuma i raznih biljaka, slika 4.

Okruženje igre koje obuhvata sve 3D modele je stilizovano. Stilizovana igra se odnosi na nerealistični umetnički pristup u svom dizajnu likova i okruženja. Stilizacija je vizuelni prikaz 3D objekta sa namerom da se on ne predstavi onakvim kakav jeste. Ovo uključuje pojednostavljenje boja, oblika, tekstura ili preterane karakteristike likova koje mogu izazvati snažne emocionalne reakcije igrača, podstičući dublju vezu sa igrom.



Slika 4. Jedan od pejzaža u igri „Shrooms“

### 5. GEJMPLEJ – PROCES IGRANJA

U igri „Shrooms“ igrač preuzima kontrolu nad likom sestre, krećući se svetom koristeći poznate WASD kontrole kretanja (gore, levo, dole, desno). Lik može da skače na spejs (eng. *space*), dodajući element agilnosti. Jedna od ključnih karakteristika igre je mentor, magična Knjiga koju igrač može otvoriti u bilo kom trenutku, po potrebi i pristupiti mnoštvu informacija i uputstava. Igrač usput može naići na razne predmete koje može da pokupi i stavi u svoj inventar/skladište. Tokom čitave igre, igrač se susreće sa izazovima i preprekama koje testiraju

njegove veštine rešavanja problema. Uputstva magične Knjige služe mu kao dragoceni alat u dešifrovanju zagonetki, nagrađujući igrača osećajem dostignuća nakon uspešnog rešavanja.

### 5.1. Pravila igre

Svaka igra ima svoje uslove pobeđe i poraza. Uslov pobeđe u igri se odnosi na kriterijume koje igrač mora da ispuni da bi ostvario pobeđu koja može biti npr: poraz finalnog protivnika, sakupljanje određenog broja poena, odrađivanje misije i sl.

Uslovi poraza označavaju okolnosti u kojima igrač ne uspeva da postigne svoj cilj, što rezultira neuspehom, završetkom igre, gubljenjem napretka itd. Ovi uslovi uvedeni su i u igru „Shrooms“:

- Uslovi pobeđe – igrač poražava neprijatelje, rešava zagonetke i prikuplja neophodne sastojke. Svi sastojci u skladištu uslov su za pravljenje napitka čime se igra uspešno završava.
- Uslovi poraza – igraču je iscrpljeno svo zdravlje i on mora da krene ispočetka. Sav napredak (prikupljeni sastojci, rešene slagalice) se čuva, ali mora da se vrati na sam početak nivoa.

### 5.2. Prepreke i izazovi

Ono što može igraču da ugrozi zdravlje jesu razne otrovne biljke, prepreke i neprijatelji. Ukoliko igrač dođe u kontakt sa njima zdravlje se smanjuje. U svetu se nalaze neke otrovne pečurke na koje Knjiga upozorava igrača. Ukoliko ih igrač dodirne, smanjiće mu se zdravlje za 5 jedinica. Slično, ako ga ubode šiljak koji izlazi iz zidova, izgubiće 10 jedinica, ili ako stane na otrovno tlo, gubi 5. Jedan od većih izazova za igrača je neprijatelj, antagonista

Zla Mesožderka koja se nalazi na samom kraju igre i čuva poslednji sastojak. Ona gađa igrača kuglama od lave i oko nje same nalazi se lava koja može igraču naneti štetu. Prepreke se mogu izbegavati tako što se skače sa pečurke na pečurku i usput skupljaju razni objekti kako bi se došlo do nagrade.

Dodat je i *fall damage*, smanjivanje jedinica zdravlja ukoliko igrač padne sa određene visine. Postoje tri situacije koje dovode do toga da se zadesi povreda: ukoliko igrač padne sa male visine (1-2m), zdravlje će se smanjiti za 5 jedinica, pad sa 2-3m oduzima 20 jedinica, dok pad sa 3 ili više metara označava sigurnu smrt.

Zdravlje igrača se može i regenerisati. S vremena na vreme igrač može pronaći napitke kojima se puni zdravlje i efikasno leči bez potrebe da se igrač zaustavlja u toku igre, slika 5.



Slika 5. Napitak zdravlja

### 5.3. Slagalica kod drveta

Ukoliko je igrač reši, dobija lekoviti lotus kao jedan od sastojaka za napitak. Struktura same slagalice izgleda ovako: oko drvenog stuba nalaze se 4 točka sa metalnim kuglama različitih boja. Deluju haotično i zahtevaju dobru organizaciju. Najpre igrač mora da pronađe trag za rešavanje same slagalice. Jedan od stanovnika šume, Čarobnjak, upućuje ga ka mračnoj pećini u kojoj se vidi samo otrovno tlo na koje ako stane, igrač gubi zdravlje. Ako malo istraži, igrač će pronaći svetlosnu kuglu kojom može da osvetli unutrašnjost pećine i nađe tačnu kombinaciju boja metalnih kugli, slika 6..



Slika 6. Slagalica kod drveta

### 5.4. Slagalica u podzemnom lavirintu

Kada igrač dospe u podzemni lavirint, sa leve strane ga čeka ogromna metalna kapija iza koje se nalazi sastojak. Ispred kapije na raspolaganju je jedna pločica na koju igrač može da stane i kada to i uradi, kapija se otvara, slika 7. Međutim, dok igrač pređe razdaljinu do nagrade, a prethodno je sišao sa pločice, kapija se već zatvorila. Igrač se mora dosetiti – u lavirintu se nalazi jedan veliki kamen i taj kamen mora da stavi na pločicu kako bi kapija bila otvorena sve vreme.



Slika 7. Slagalica u podzemnom lavirintu

### 5.5. Sistem dijaloga

U priču se uključuju razni zanimljivi likovi iz magične šume. Najpre se sestra, tj.igrač susreće sa Maksom koji mu pomaže da stigne do Knjige. Maks je NPC, odnosno lik kog igrač ne može da kontroliše, ali može da vrši interakciju s njim, da razgovara. Iznad Maksove glave, kada mu se igrač približi, pojavljuje se znak *Talk [F]*, što znači da klikom na F taster na tastaturi, igrač može da stupi u kontakt sa njim. Otvara se prozor u donjem delu

ekrana koji predstavlja dijalog. NPC postavi pitanje, a igrač može da mu odgovori tako što klikne na neki od ponuđenih odgovora. Primer:

Maks pita igrača: „Zdravo. Kako mogu da ti pomognem?“ Igraču se onda pojave mogući odgovori:

1. „Tražim magičnu Knjigu koja će mi pomoći da napravim napitak.“
2. Pozdrav.

Ukoliko igrač odabere opciju 2, dijalog se završava i igrač može da nastavi dalje sam da istražuje. Ali, ako odabere prvu opciju koja mu pomaže da brže napreduje u igri, dijalog se nastavlja u drugom smeru i Maks obavestava igrača da mu je na mapi označio oblast šume gde se Knjiga nalazi. Ovakav sistem napravljen je i za ostale likove sa kojima se igrač sreće tokom svoje avanture.

## 6. KORISNIČKI INTERFEJS

Dizajn interfejsa se fokusira na kreiranje vizuelnih elemenata koji pomažu korisnicima u interakciji u igri. Pruža osnovne informacije i interaktivne elemente i obezbeđuje glatku navigaciju.

Po pokretanju igre, igrača dočekuje glavni meni sa opcijama *Play* i *Quit*, tj. pokretanje igre ili izlazak iz nje. Dostupan je i meni za pauzu, koji se pojavljuje kada igrač u toku igre pritisne taster P. Tada se igra zaustavlja i igraču su na raspolaganju dva dugmeta: *Resume* i *Exit*, gde prvo podrazumeva da se igra nastavi, a drugo da potpuno izađe iz igre.

### 6.1. HUD (*heads – up display*)

HUD je grafički element korisničkog interfejsa koji pruža važne informacije i interaktivne elemente. Ne treba ga mešati sa korisničkim interfejsom, jer HUD je ono što se prikazuje na ekranu dok igrač igra igricu, dok UI može uključivati različite menije i interaktivne elemente unutar igre.

Elementi HUD-a u igri „*Shrooms*“ su sledeći, slika 8:

- Mini mapa – služi za bolje snalaženje i orijentaciju igrača. U pitanju je pogled na teren nivoa od gore. Ima naznačene strane sveta, a igrač je predstavljen strelicom koja pokazuje pravac njegovog kretanja.
- Misije (*quests*) – u gornjem desnom uglu ekrana nalaze se dva pravougaonika posvećena prikazivanju teksta o trenutnom cilju igrača.
- Alatke – u donjem levom uglu su ikonice svih alatki koje igrač može pokupiti: knjiga, ključ i lampa. Pored ikonica se nalazi i slika tastera koji mora kliknuti da bi se alat „aktivirao“.
- *Inventory* – nalazi se sa desne strane, a to je vertikalno skladište za sastojke koji se tokom igre pakuje.
- *Health & Damage* sistem – igrač poseduje svoju količinu zdravlja.



Slika 8. Elementi HUD-a

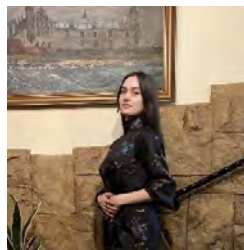
## 7. ZAKLJUČAK

Cilj rada je bio da se osmisli i realizuje video igra „*Shrooms*“, kao jedan kreativni i tehnički zahtevan poduhvat, primenom različitih metoda u domenu računarske grafike. Izrada stilizovanog okruženja, zanimljive mehanike igranja kao i detaljan i bajkovit narativ rezultirali su imerzivnim iskustvom u igri i demonstrirali različite skupove veština i tehnika stečenih u toku studiranja. Stilizovan umetnički pravac, odstupanje od realizma i maštovito pripovedanje priče istakli su važnost kreativne slobode i umetničkog izražavanja. U oblasti računarske grafike, razvoj igre „*Shrooms*“ služi kao praktična studija slučaja koja pokazuje uspešnu primenu različitih tehnika dizajniranja video igre. Naglašen je potencijal stilizovanih igara kao važan oblik interaktivne zabave. Osim kao vredan doprinos u polju grafike, ova igra predstavlja i lično dostignuće.

## 8. LITERATURA

- [1] <https://www.grammarly.com/blog/heros-journey/>
- [2] <https://www.history.com/topics/inventions/history-of-video-games#the-early-days>
- [3] <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/designing-a-hud-that-works-for-your-game#:~:text=The%20HUD%20is%20what's%20displayed,game%20design%20is%20done%20well>
- [4] <https://ivanamiljak.com/Koja-struktura-najvise-doprinosi-tvojoj-prici>

### Kratka biografija:



**Lenka Siroški** rođena je u Valjevu 1998. god. Tu je završila gimnaziju 2017. godine. Osnovne studije Animacije u inženjerstvu na Fakultetu tehničkih nauka upisala je 2017. godine, a završila 2021. sa prosekom od 8.38. Iste godine upisuje master na istom smeru. kontakt: lenkasiriski@gmail.com

КРЕИРАЊЕ ДИГИТАЛНОГ КАРАКТЕРА И *REAL-TIME* СИМУЛАЦИЈА  
ФАЦИЈАЛНИХ ЕКСПРЕСИЈА ГЛУМЦА

## DIGITAL CHARACTER CREATION AND REAL-TIME FACIAL MOTION CAPTURE

Душан Дамњановић, Ана Перишић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

## Област – РАЧУНАРСКА ГРАФИКА

**Кратак садржај** – У овом раду биће описани поступци креирања оригиналног 3D карактера и мапирање покрета лица глумца на добијен модел, помоћу апликације *Live Link Face*. Израда пројекта се одвија у неколико корака: прво, потребно је направити карактера у програму за дигитално вајање. Након тога, унутар *Substance 3D Painter*-а следи текстурирање добијеног модела. Пре почетка симулације потребно је дефинисати *Blend Shapes* који ће се користити за информације о покретима лица карактера у складу са покретима лица глумца. Потребно је адекватно именовати изразе лица тако да апликација може да усклади покрете лица глумца и карактера. Такође, биће описани и потребни поступци за примену *Unreal Engine*-а као развојног окружења за симулацију.

**Кључне речи:** Дизајн карактера, моделовање карактера, снимање покрета лица, *Live Link Face*, анимација покрета лица

**Abstract** – This paper will describe the procedures for creating an original 3D character and mapping the actor's facial movements to the resulting model, using the *Live Link Face* application. Creating a project takes place in several steps: first, you need to create a character in a digital sculpting program. After that, texturing of the resulting model follows within *Substance 3D Painter*. Before starting the simulation, it is necessary to define *Blend Shapes* that will be used for information about the facial movements of the character in accordance with the facial movements of the actor. Facial expressions need to be named appropriately so that the application can match the facial movements of the actor and the character. Also, the necessary procedures for using *Unreal Engine* as a development environment for simulation will be described.

**Keywords:** Character Design, Character Modeling, Facial Motion Capture, *Live Link Face*, Facial Animation

## 1. УВОД

У свету филма и видео игара квалитетно одрађена анимација карактера је један од стубова успешног крајњег продукта. Студије су показале да у сценама у којима су приступни људи, животиње или фантастична

бића, посматрачи првенствено гледају у очи тих карактера, па тек онда на друге делове сцене. За потпуну укључивање гледалаца у дигитални свет потребно је одрадити квалитетан модел, текстуру и анимацију карактера, са додатним акцентом на лице. Годинама је анимација лица рађена ручно, уз референце, али развојем технологије омогућено је директно мапирање покрета лица глумца на лице карактера [1].

У овом раду биће описани поступци креирања оригиналног 3D карактера и мапирање покрета лица глумца на добијен модел, помоћу апликације *Live Link Face*. Израда пројекта се одвија у неколико корака: прво, потребно је направити карактера у програму за дигитално вајање. Након тога, унутар *Substance 3D Painter*-а следи текстурирање добијеног модела. Пре почетка симулације потребно је дефинисати *Blend Shapes* који ће се користити за информације о покретима лица карактера у складу са покретима лица глумца. Потребно је адекватно именовати изразе лица тако да апликација може да усклади покрете лица глумца и карактера. Такође, биће описани и потребни поступци за примену *Unreal Engine*-а као развојног окружења за симулацију.

## 2. АКТУЕЛНО СТАЊЕ У ОБЛАСТИ

На табели 1 наведени су неки од најпознатијих 3D карактера и њихове визуелне сличности и разлике са карактером из рада.

Табела 1. Приказ познатих карактера

| Карактер из филма/игре | Софтвер/студио               | Белешке                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Голум                  | <i>New Line Cinema</i>       | Хуманоидна грађа као и карактер моделован за овај задатак, глава Голума је много већа у поређењу са величином тела, због начина кретања Голум има погрблин став, слично као карактер због изгледа доњих екстремитета |
| Годзила                | <i>Zbrush, SoftImage3D</i>   | Глава рептила, а човечије тело, слично као код карактера одрађеног у овом задатаку. Много већи ниво детаља (кожни набори и крљушти) него на карактеру                                                                |
| Ванземаљцац            | <i>Zbrush</i>                | Неуобичајено дужи горњи екстремитети, слично као код карактера, сличан ниво детаља у региону главе и тела                                                                                                            |
| Аватар                 | <i>Zbrush, Autodesk Maya</i> | Хуманоидно тело, много више микро теријарних детаља него код карактера, много већи акценат на коси и симулацији власи косе током покрета аватара, за разлику од карактера из пројекта који нема косу                 |

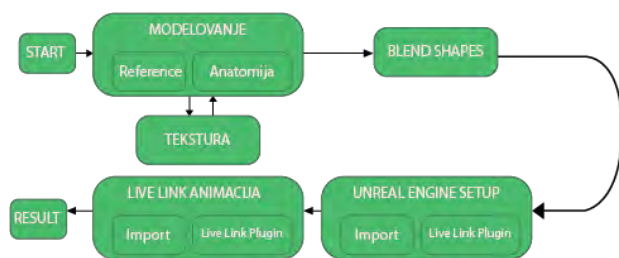
## НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била др Ана Перишић, ванр. проф.

3Д индустрија је веома развијена и конкурентна, значајно је да се креирају такви карактери који су реалистични и који се истичу тако да привуку пажњу публици. Такође је у сфери забаве коришћење визуелних ефеката допринело још већој популарности 3Д анимације. Циљ управо овог рада јесте креирање дигиталног карактера интригирајућих визуала и интеграција са модерним алаткама за анимацију фацијалних експресија.

### 3. КОНЦЕПТ

На слици 2 налази се графички приказ потребних корака за креирање карактера и његову интеграцију са *Live Link Face* апликацијом. Кораци се могу састојати из неколико целина.



Слика 2. Графички приказ корака потребних за реализацију задатка [2]

Корак 1 представља моделовање као и припремне кораке пре самог моделовања, а то су скупљање референци и изучавање анатомије. Основа за разумевање анатомије човека јесте посматрање самог скелетног и мишићног система и његових основних делова [2].

Корак 2 представља текстурисање карактера. Важност текстуре у 3Д моделовању се често занемарује. Текстура је кључни елемент који додаје дубину, детаље и реализам 3Д моделима, чинећи их реалистичнијим и привлачнијим за гледаоце, [3].

Корак 3 представља подешавање одговарајућих *Blend Shape*-ова који ће се касније користити за изразе лица карактера. Потребно је именовати на адекватан начин направљене *Blend Shape*-ове тако да програм за снимање покрета лица препозна израз лица глумца и мапира га на карактера.

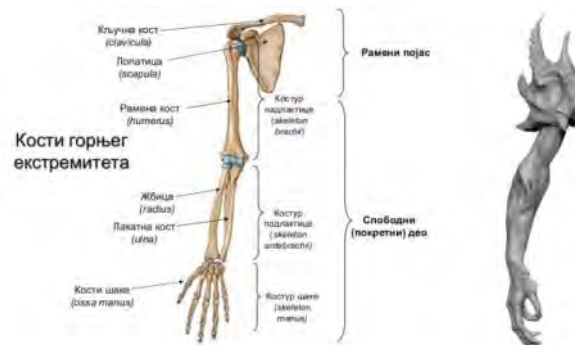
У кораку 4 су описани потребни поступци за припрему *Unreal Engine* развојног окружења за интеграцију са *Live Link Face*-ом и импортовање карактера унутар окружења. За функционисање развојног окружења потребно је активирати *Plug In*-ове који се налазе унутар *Unreal Engine*-а за интеграцију апликације за снимање покрета.

У последњем кораку је описано како повезати *Live Link Face* апликацију са компјутером и развојним окружењем.

### 4. КОРАК 1: СКУПЉАЊЕ РЕФЕРЕНЦИ И МОДЕЛОВАЊЕ

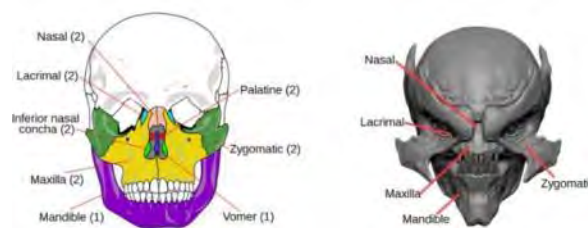
Како је у претходном поглављу назначено да је за сваког доброг и успешног уметника значајно да поседује знање из области анатомије човека због реалистичнијег приступа анимирању и креирању 3Д карактера. Пошто је каактер хуманоидног изгледа за

одређене делове тела коришћене су људске референце. На пример, анатомија руке карактера је поприлично слична људској, што се може видети на слици 3, па је из тог разлога коришћена људска рука као референца [4].



Слика 3. Приказ анатомије људске руке и поређењу са руком карактера [3]

Пошто је акценат на лицу карактера у овом задатку скелет човечије лобање се може рећи да је поприлично сличан лобањи карактера. Главна разлика је непостојање носног канала и околних назалних костију (слика 4), [5].



Слика 4. Приказ лобање човека и лобање карактера [5]

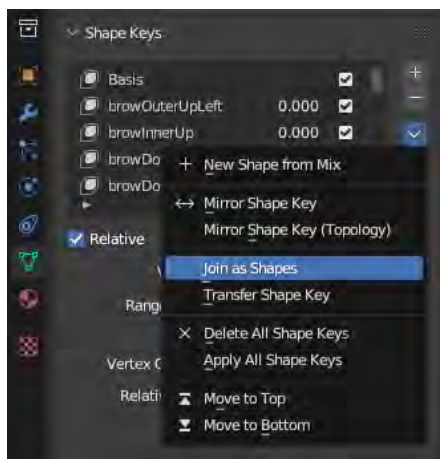
### 5. КОРАК 2: КРЕИРАЊЕ BLEND SHAPES

Након креирања модела потребно је направити *Blend Shape*-ове за изразе лица карактера. То се реализује помоћу *Layer* опције унутар *ZBrush*-а користећи направљен модел. *Layer* опција функционише тако што се активира снимање *Layer*-а и онда се направе промене на моделу. У овом случају, промене су различити изрази лица које ће касније *Live Link Face* да чита. У овом кораку најпотребније је ускладити имена израза лица карактера са именима за изразе лица које препознаје апликација. Унутар апликације су дефинисани изрази лица које она детектује на глумцу и мапира их на карактера. Након експортовања свих израза лица као различите објекте може се прећи на спајање информација са различитих модела на један. Различити модели за сваки израз лица се могу видети на слици 5.



Слика 5. Модел карактера [4]

Тај процес је одрађен унутар бесплатног 3Д програма *Blender*, користећи *Shape Keys* опције. *Shape Keys* опција се може видети на слици 6.



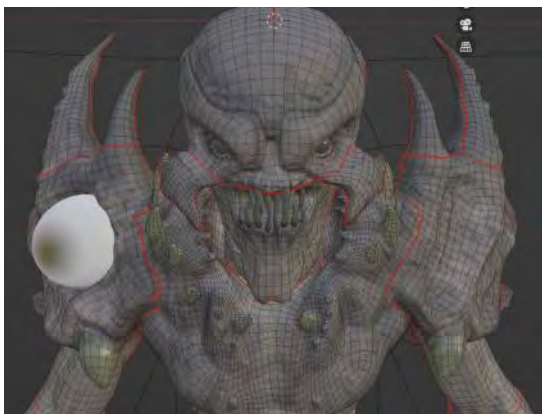
Слика 6. Приказ *Shape Keys* опције

### 6. КОРАК 3: ТЕКСТУРИСАЊЕ

Припрема пре свега подразумева експортовање модела из *Zbrush*-а. Екпортује се модел са нижим бројем полигона, пошто ће се тај модел користити унутар *Unreal Engine*-а.

Након експорта потребно је урадити *Unwrap* модела. То подразумева постављање „шавова“ који ће диктирати пројекцију модела на 2Д раван. Помоћу те 2Д равни се дају информације где се која боја налази на одређеној позицији на моделу. Ти „шавови“ су постављени на зглобовима тела, као и на деловима тела који су упечатљиви у силуети карактера. Наиме, постављени су на врату, преласку на рамени оклоп, преласку са раменог оклопа на надлактицу, лакту, ручном зглобу и појединачним прстима, куковима, колелу, стопалу и канџама на ногама.

Такође, додати су шавови у деловима руку где су слабе тачке. Поред ових главних, додати су додатни шавови на местима која нису толико видљива гледаоцима. На пример унутрашња страна руке, задња страна врата, унутрашњи део ноге и слично. Пошто је акценат на лицу карактера у овом задатку, на слици 7 су приказани „шавови“ на лицу модела [6].



Слика 7. Приказ „шавова“ на моделу карактера

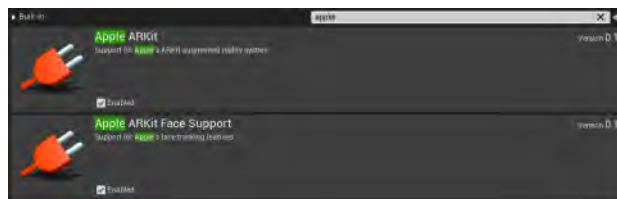
### 7. КОРАК 4: ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА МОДЕЛА У *UNREAL ENGINE*

Након подешавања *Shape Keys*-а тако да информације о изразу лица буду приписани једном моделу са неутралним изразом лица, потребно је импортовати модел унутар *Unreal Engine*-а. Прво, модел је потребно експортовати прво као *fbx* из *Blender*-а, чиме се информације о *Shape Keys* унутар једног модела. Импортовањем карактера у *Unreal Engine* добија се дијалог унутар ког је потребно активирати *Use Skeletal Mesh* и *Import Morph Targets*, што се може видети на слици 8.



Слика 8. Приказ опција за импортовање модела

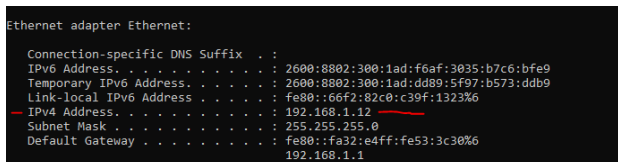
Након тога потребно је направити *Animation Blueprint* који ће се повезати са *Live Link Face* апликацијом за снимање покрета лица. То се реализује креирањем новог *Blueprint*-а и под врстом одабрати *Animation*. Унутар новог *Blueprint*-а се може повезати развојно окружење са апликацијом. То се реализује коришћењем *Live Link Pose Node*-а помоћу којег ће се касније повезати мобилни уређај којим ће се снимати глумца. Да би развојно окружење могло да се повеже са апликацијом потребно је активирати *Plug In*-ове који се већ налазе у програму. С обзиром да је и *Live Link Face* и *Unreal Engine* направила екипа талентованих техничара и уметника из *Epic Games*-а, имплементација *Live Link Face*-а је једноставна за свакодневне кориснике. Потребно је само активирати *Apple ARKit* и *Apple ARKit Face Support*. Ти неопходни *Plug In*-ови се могу видети на слици 9.



Слика 9. Приказ потребних *Plug In*-ова унутар *Unreal Engine*-а

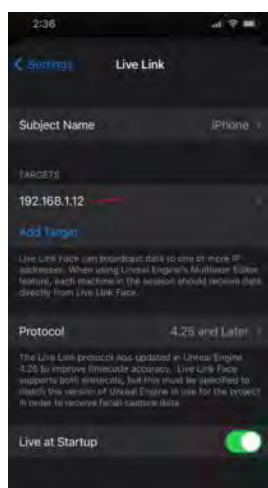
## 8. КОРАК 5: ИМПРЕЛЕМЕНТАЦИЈА LIVE LINK FACE-A

На крају потребно је поставити да компјутер на ком се ради и мобилни уређај буду на истој IP адреси. IP адреса компјутера се може видети помоћу *Command Prompt*-а и унутар њега укуцати „*ipconfig*“. Та команда даје кориснику информацију о адреси, која се може видети под пољем *IPv4 Address* што се може видети на слици 10.



Слика 10. Приказ прозора *Command Prompt*-а

Након инсталирања апликације на мобилном уређају потребно је ући у одељак подешавања и унутар *Live Link* опције и унутар *Targets* укуцати одговарајућу IP адресу, до које је приступљено помоћу *Command Prompt*-а у претходном кораку. Такође, у овом одељку је потребно назначити која верзија *Unreal Engine*-а се користи, што се може урадити у *Protocol* секцији. У овом случају коришћена је верзија 4.25, па се под *Protocol*-ом подеси „4.25 and Later“. Прозор унутар ког се подешава апликација се може видети на сл. 11.



Слика 11. Приказ прозора *Live Link*-а



Слика 12. Приказ *Animation Blueprint*-а

Након што је све подешено, могуће је повезати телефон са компјутером. У дијалогу који се може видети на слици 10, стоји секција „*Subject Name*“ што обележава име телефона. Под тим именом га може

препознати *Unreal Engine*. Да ли је телефон повезан са програмом се може проверити унутар *Tools*, па се уђе у *Virtual Production*, па у *Live Link*. Након овог корака унутар претходно поменутог *Animation Blueprint*-а се може повезати телефон, што се може видети на слици 12 [7].

## 9. ЗАКЉУЧАК

*Live Link Face* се показао као стабилно и поуздано решење за потребе снимања лица глумца и мапирања на генерисаног карактера. Поред поузданости, изузетно је интуитивно и нови корисници не би требало да имају потешкоћа приликом коришћења.

Једна од слабости овог система за анимацију израза лица јесте што би тим аниматора морао да прође кроз анимацију и поправи одређене *Key Frame*-ове анимације да би се добили природнији покрети лица.

Могуће поправке су боља припрема модела за потребе хватања покрета лица, где би лице модела било знатно гушће топологије у односу на остатак тела. То би омогућило коришћење целог модела уместо исеченог горњег дела тела, као у овом раду. Поред тога, додатак ротације главе карактера би побољшало презентацију *Live Link Face* апликације.

## 10. ЛИТЕРАТУРА

- [1] E. Birmingham, W. Bischof, A. Kingstone „*Journal of Eye Movement Research*“, 2007.
- [2] E. Goldfinger, „*Human Anatomy for Artists : The Elements of Form*“, 1991.
- [3] A. Khan, „*The Importance of Texture in 3D Modeling*“, (приступљено 4.2.2024.)
- [4] BW Anderson, J. Ekblad и B. Bordoni *NCBI: Anatomy, Appendicular Skeleton, Oxford University Press*, 2021.
- [5] R. Gaberc „*Plastična anatomija čoveka*“, Универзитет уметности у Београду, Београд, 1985.
- [6] A. Merheb, „*UV Mapping Basics: A Quick Start Guide*“, <https://ahmadmerheb.com/uv-mapping/>, (приступљено 4.2.2024.)
- [7] <https://dev.epicgames.com/community/learning/tutorials/IEYe/unreal-engine-facial-capture-with-live-link> (приступљено 4.2.2024.)

## Кратка биографија:



Душан Дамњановић је рођен у Новом Саду 1998. године, где је завршио Гимназију „Јован Јовановић Змај“. Основне академске студије Анимација у инжењерству на Факултету техничких наука завршио је 2021.



Др Ана Перишић, ванредни професор, рођена у Новом Саду. Године 2009. дипломирала на Факултету техничких наука, на Департману за архитектуру и урбанизам 2009. године. Докторат је одбранила 2016. године на тему примене рачунарске графике у симулацијама и параметарској анализи перформанси у дизајну и пројектовању.

**KORIŠĆENJE SOLARNE ENERGIJE ZA PUNJENJE AKUMULATORA DRONA ZA TRETIRANJE BILJAKA****USING SOLAR ENERGY TO CHARGE DRONE BATTERIES FOR PLANT TREATMENT**

Akoš Toth, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ČISTE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE**

**Kratak sadržaj** – U radu se istražuje mogućnost i isplativost korišćenja solarne energije za dopunjavanje baterije drona, namenjenog za tretiranje biljaka u poljoprivredi. Umesto korišćenja dizel agregata za dopunjavanje baterije drona predviđa se korišćenje samostalnog fotonaponskog sistema. Prikazani su različiti tipovi dronova i njihove oblasti primene, kao i detaljan opis komponenti i principa rada. Za izvođenje sezonskog prskanja pomoću drona proračunata je potrebna energija za dopunjavanje baterija i putem PVGIS softvera određena je potrebna snaga fotonaponskih panela. Proračunat je potreban kapacitet akumulatora za samostalni fotonaponski sistem. Nakon odabranih komponenti sistema pomoću softvera PV Syst je definisan potreban kapacitet pojedinih komponenti. Na kraju ovog rada urađena je tehnoe ekonomska analiza.

**Ključne reči:** Dron, poljoprivreda, solar na energija

**Abstract** – The study explores the feasibility and cost-effectiveness of using solar energy to recharge the batteries of drones designed for plant protection in agriculture. Instead of using diesel generators for recharging drone batteries, the use of a standalone photovoltaic system is proposed. Different types of drones and their areas of application are presented, along with a detailed description of the components and principles of drone operation. The energy required for seasonal spraying with drones was calculated, and the necessary power of the photovoltaic panels was determined using PVGIS software. The required capacity of batteries for the standalone photovoltaic system was calculated. After selecting the system components, the necessary capacity of each component was defined using PV Syst software. At the end of this study, a techno-economic analysis was conducted.

**Keywords:** Drone, agriculture, solar energy.

**1. UVOD**

U poljoprivredi, dronovi se koriste za različite svrhe, uključujući praćenje zdravlja biljaka, nadzor terena, setvu, tretiranje biljaka i opštu podršku u preciznoj poljoprivredi.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Zoltan Čorba, vanr. prof.

Oni omogućavaju farmerima da efikasnije upravljaju svojim resursima, poboljšavajući prinos i smanjujući troškove.

Postoji nekoliko tipova dronova kao što su sa više rotora, sa fiksnim krilima, helikopterski modeli sa jednim rotorom. Proizvode se i hibridni modeli koji kombinuju karakteristike dronova sa fiksnim krilima i onih sa više rotora. Svaki tip ima svoje specifične prednosti i primene u zavisnosti od potreba u poljoprivredi.

Dronovi se napajaju baterijama. S obzirom da se javlja potreba za čestim dopunjavanjem baterija na terenu, za njihovo dopunjavanje se koriste dizel agregati. Međutim, s obzirom na ekološke i ekonomske izazove, umesto dizel agregata se sve češće razmatra korišćenje obnovljivih izvora energije.

Korišćenje sunčeve energije za punjenje baterije drona uključuje upotrebu fotonaponskih panela koji pretvaraju sunčevu energiju u električnu energiju. Fotonaponski paneli se mogu instalirati na pokretne i stacionarne lokacije, kao što su baze za punjenje, u zavisnosti od njihove veličine i kapaciteta. Ovaj proces omogućava ekološki održivo i ekonomično rešenje za napajanje dronova, smanjujući zavisnost od fosilnih goriva i povećavajući operativnu efikasnost u poljoprivredi.

**2. NAPAJANJE DRONA ZA ZAŠTITU BILJAKA AGRAS T30**

Agras T30 je napredni poljoprivredni dron proizveden od strane kompanije DJI, koji predstavlja vrhunac inovacija u poljoprivrednoj avijaciji. Na slici 1. prikazan je dron DJI Agras T30 tokom rada.



Slika 1. DJI Agras T30 tokom rada [1]

Sa impresivnim kapacitetom rezervoara od 30 litara, Agras T30 omogućava efikasno pokrivanje velikih

površina bez potrebe za čestim dopunjavanjem. Sistem za raspršivanje na Agras T30 je visoko sofisticiran. Pruža preciznost i efikasnost u distribuciji tečnosti poput pesticida ili đubriva. Napredne sposobnosti autonomnog leta, kao što su navigacija, prilagođavanje terenu, automatskog planiranja rute i praćenja napretka tretiranja osiguravaju da svaki deo polja bude tretiran s neophodnom pažnjom i preciznošću [2].

## 2.1. Energetski zahtevi baterije drona za solarno punjenje

Baterije DJI T30 drona su oznake BAX501-29.000 mAh-51,8 V, mase oko 10,1 kg, što omogućava dugotrajnu upotrebu drona. Ova baterija je nominalnog napona od 51,8 V i kapaciteta 29 Ah, što čini energiju na raspolaganju od 1,5 kWh.

Baterije Agras T30 se dopunjavaju originalnim punjačem baterija, koji se napaja dizel agregatom na onim mestima gde nema dostupnog priključka za napajanje električnom energijom. Punjač baterija se povezuje na standardnu utičnicu. T30 Smart Charging Manager je napredni uređaj za upravljanje punjenjem baterija sa ulaznim naponom od 100-264 VAC. Izlazni jednosmerni napon je u opsegu od 40 V do 60 V sa nazivnom snagom od 7,2 kW. Maksimalna struja punjenja je 120 A. Vreme punjenja baterije iznosi oko 15 minuta.

Dok se vrši punjenje baterije, postavlja se rezervna baterija u dron i rezervoar drona se puni sredstvom za tretiranje biljaka. Sa jednom baterijom dron može tretirati približno 1,7 ha zemljišta, što traje oko 15 minuta. Tretiranje biljaka se obavlja kasno popodne ili uveče, jer se prskanje ne preporučuje pri visokim temperaturama. Stoga, početak prskanja pada između 18:00 i 19:00 sati. Ovo znači da se tretiranje biljaka može vršiti oko 5 sati dnevno, pri čemu se obradi oko 34 ha. Na osnovu navedenog, u proseku se izvrši oko 20 punjenja baterija. S obzirom da je za dopunjavanje jedne baterije potrebno 1,5 kWh, da bi se obavilo dnevno tretiranje biljaka na raspolaganju za dopunjavanje baterije treba da se ima energija od minimalno 30 kWh. Stoga na mesečnom nivou je potrebno obezbediti energiju od oko 900 kWh [3]. Energija se obezbeđuje iz samostalnog fotonaponskog sistema.

## 2.2. Fotonaponski sistem za punjenje baterije drona

Rad se fokusira na dizajniranje samostalnog solarnog sistema sa solarnim panelima orijentisanim pod uglom od 30 stepeni prema jugu, što je optimalno za iskorišćenje sunčeve svetlosti u umerenim klimatskim zonama.

Za proračun kapaciteta akumulatora samostalnog FN sistema  $C$  u amper-satima, koristi se sledeća formula:

$$C (Ah) = \frac{Energetska\ potreba \cdot d}{U \cdot Dp \cdot \eta A} \quad (1)$$

$d$  - broj dana samostalnog rada,

$U$  - napon akumulatora,

$Dp$  - dubina pražnjenja,

$\eta A$  - efikasnost akumulatora.

U konkretnom primeru dnevne energetske potrebe za dopunjavanje baterija su 30 kWh, sa akumulatorom nominalnog napona 48 V, dubinom pražnjenja od 60 % i

efikasnošću akumulatora od 90 %, potreban kapacitet akumulatora na osnovu (1) iznosi 1.157 Ah.

Ako se pretpostavi da tretiranje useva traje u period od maja do oktobra sa dnevnim potrebama za energijom od 30 kWh, korišćenjem programa PVGIS [4], dolazi se do zaključka da bi fotonaponski sistem snage FN panela oko 10 kWp bio dovoljan da zadovolji potrebu za energijom u periodu korišćenja drona za tretiranje biljaka.

Za precizan proračun elemenata sistema i procenu proizvodnje koristi se PVsyst program. Konačni rezultati u programu pokazuju da je potrebna snaga FN panela 11,1 kWp. Za skladištenje energije, izabrane su baterije kapaciteta 200 Ah, napona 12 V. Za dostizanje potrebnog napona i kapaciteta potrebno je koristiti ukupno 24 akumulatora. Snaga FN panela od 11,1 kWp se ostvaruje sa 5 FN nizova pri čemu svaki niz ima 4 redno vezana FN panela. Za regulaciju punjenja baterija koristi se regulator punjenja, koji osigurava efikasno i sigurno punjenje, sprečava prekomerno punjenje i duboko pražnjenje akumulatora, čime se produžava njihov vek trajanja i optimizuju performanse sistema. Za ovu snagu FN panela potrebna su dva regulatora punjenja pojedinačne snage 6 kW.

U tabeli 1 prikazani su ulazni parametri softvera PVSyst za samostalni FN sistem (1-6), kao i izlazni parametri (7-13).

Tabela 1. Ulazni i izlazni podaci u PVsyst programu

| #  | Parametar                                         | Vrednost |
|----|---------------------------------------------------|----------|
| 1  | Dnevne potrebe za energijom [kWh/dan]             | 30       |
| 2  | Broj dana autonomije sistema                      | 1        |
| 3  | Sistemska napon [V]                               | 48       |
| 4  | Nedostupnost FN sistema [%]                       | 5        |
| 5  | Predložena snaga FN sistema od strane PVsyst [Wp] | 11.733   |
| 6  | Predloženi kapacitet od strane PVsyst [Ah]        | 1.162    |
| 7  | Pojedinačna snaga FN panela [Wp]                  | 555      |
| 8  | Pojedinačni akumulator [Ah/V]                     | 200/12   |
| 9  | Ukupna snaga FN sistema [Wp]                      | 11.100   |
| 10 | Ukupan kapacitet akumulatora [Ah]                 | 1.200    |
| 11 | Na raspolaganju energije iz FN sistema [MWh]      | 13,6     |
| 12 | Koristi se energije iz FN sistema [MWh]           | 10,6     |
| 13 | Neiskorišćeno energije iz FN sistema [MWh]        | 3,0      |
| 14 | Iskorišćenje FN sistema [%]                       | 97       |

## 2.3. Elementi analiziranog sistema

Samostalni fotonaponski sistem za dopunjavanje akumulatora drona sastoji se iz četiri ključne komponente; fotonaponskih panela, regulatora punjenja, baterije i invertora.

Fotonaponski paneli pretvaraju sunčevu energiju u električnu energiju. U ovom projektu je izabran fotonaponski panel proizvođača Longi Solar iz serije Hi-MO5, nominalne snage 555 Wp. Fotonaponski panel karakteriše half-cut tehnologija čija je efikasnost 20,58 %. Maksimalna snaga ( $P_{max}$ ) je 555 Wp pod standardnim radnim uslovima ćelija (STC). Napon pri maksimalnoj snazi ( $V_{mpp}$ ) je 42,10 V, dok je struja pri maksimalnoj snazi ( $I_{mpp}$ ) je 13,19 A. Napon otvorenog kola ( $V_{oc}$ ) je 49,95 V. Struja kratkog spoja ( $I_{sc}$ ) je 14,04 A [5].

Akumulatori skladište energiju, omogućavajući njen kontinuirani pristup čak i kada nema sunčeve energije. Landport LP12-200 akumulator koji je izabran u ovom projektu je VRLA AGM tehnologije, što ga čini bez potrebe za održavanjem i otpornom na curenje. Baterija je napona 12 V, kapaciteta 200 Ah sa dimenzijama (520×240×220) mm i masom 58 kg. Na slici 2. prikazan je izabran akumulator [6].



Slika 2. Landport LP12-200, 12V 200Ah [6]

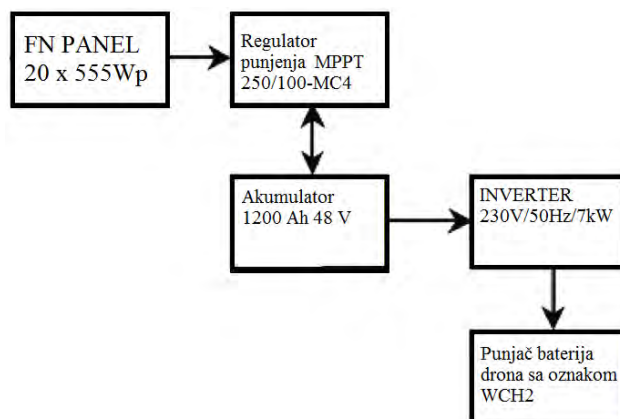
Regulator punjenja, upravlja raspodelom energije između panela i akumulatora i štiti ih od prekomernog punjenja ili pražnjenja. Izabran je regulator punjenja proizvođača Victron, tip SmartSolar MPPT 250/100-MC4. Regulator punjenja koristi MPPT tehnologiju za maksimalno iskorišćenje energije iz fotonaponskih panela. Podržava automatski izbor napona baterije 12/24/48 V (36 V uz softverski alat), sa maksimalnom strujom punjenja do 100 A. Na slici 3. prikazan je regulator punjenja tip SmartSolar MPPT 250/100-MC4 [7].



Slika 3. Regulator SmartSolar MPPT 250/100-MC4 [7]

Inverter pretvara jednosmerni napon iz baterija u naizmenični napon, što je neophodno kod primene električnih uređaja koji se napajaju naizmeničnim naponom. U ovom projektu izabran je monofazni inverter od 7 kW. Talasni oblik na izlazu invertora je pravi sinusni napon, što obezbeđuje napajanje visokog kvaliteta [8].

Izabrane komponente zajedno čine koherentan sistem koji omogućava korišćenje solarne energije za napajanje dronova za potrebe u poljoprivredi na terenu. Na slici 4. prikazana je blok šema samostalnog fotonaponskog sistema za dopunjavanje baterije drona.



Slika 4. Blok šema samostalnog fotonaponskog sistema

#### 2.4. Tehnoekonomska analiza

U tehnokonomskoj analizi sistema za dopunjavanje baterije drona, upoređen je tradicionalni metod dopunjavanja baterije pomoću dizel agregata i upotreba proračunatim samostalnim FN sistemom. Poređenje troškova pokazuje da je inicijalna investicija u dizel agregat niža, ali godišnji troškovi goriva čine ovu opciju skupom na duže staze. Sa druge strane, samostalni FN sistem, iako zahteva veću početnu investiciju, pruža značajne uštede kroz manje operativne troškove i duži vek trajanja.

Pored cene agregata od približno 3.000 evra, postoji i značajan godišnji trošak goriva. Agregat koji troši oko 5 litara goriva na sat godišnje potrošiti oko 4500 litara dizela, uzimajući u obzir da radi 5 sati dnevno tokom sezone od maja do oktobra. Uz trenutnu cenu goriva od 180 dinara po litru, operativni troškovi mogu lako dostići 7.000 evra godišnje, što čini ukupnu investiciju od 10.000 evra.

Početne investicije u samostalni FN sistem uključuju nabavku i instalaciju fotonaponskih panela, čiji troškovi iznose 5.583 evra. Dodatne komponente sistema, poput akumulatora, zahtevaju ulaganje od 12.000 evra. Cena invertora je 500 evra, dok regulator punjenja košta 1.730 evra. Ukupno za realizaciju sistema potrebno je izdvojiti 19.813 evra.

Ako pogledamo dizel agregatni sistem, početna investicija iznosi 10.000 evra. Od toga, 3.000 evra pokriva sam dizel agregat, dok godišnji troškovi potrošnje goriva iznose 7.000 evra. U ovom slučaju, svake godine investirani iznos će se povećavati za 7.000 evra zbog troškova snabdevanja gorivom. S druge strane, ako razmotrimo samostalni FN sistem, početna investicija iznosi 20.000 evra, što je fiksni iznos, s obzirom na to da su troškovi održavanja zanemarljivi. Stoga se investicija u fotonaponski sistem isplati za 2,5 godine, uzimajući u obzir da će troškovi dizel agregatnog sistema tokom tog perioda porasti na 20.500 evra, dok će troškovi solarnog sistema ostati 20.000 evra.

Kada razmatramo ukupan životni vek sistema, moramo uzeti u obzir da je vek trajanja baterija oko 8 godina. Ako gledamo period od 20 godina, što je približno životni vek fotonaponskih panela, tokom tog perioda biće potrebno dva puta zameniti baterije. U tom slučaju, uloženi iznos se povećava na 24.000 evra. Fotonaponski sistem postaje profitabilan nakon 6 godina, uzimajući u obzir da će se troškovi dizel agregatnog sistema u tom periodu povećati na 45.000 evra, dok će troškovi solarnog sistema narasti na 44.000 evra.

Upotreba fotonaponskih sistema donosi i ekološke prednosti, smanjujući emisiju štetnih gasova. Tokom jedne godine, dizel agregat emituje oko 11,43 tona CO<sub>2</sub>. Ako se posmatra period od 20 godina, dizel agregatni sistem emituje ukupno 228,6 tona CO<sub>2</sub>.

### 3. ZAKLJUČAK

Projekat samostalnog solarnog sistema snage 11,1 kWp sa ukupnom investicijom od oko 20.000 evra, predstavlja ekonomski isplativu i ekološki održivu opciju za poljoprivredu. Sistem je dizajniran da proizvodi najmanje 30 kWh električne energije dnevno, sa ciljanom mesečnom proizvodnjom od 900 kWh, koristeći 20 FN panela snage 555 Wp i 24 baterija sa kapacitetom od 200 Ah. Sa očekivanim vekom trajanja solarnih panela od preko 20 godina i akumulatorima koji mogu izdržati do 3.000 ciklusa punjenja, sistem obećava značajne uštede u dugoročnom periodu. Finansijski povraćaj investicije se procenjuje na oko 2,5 godine u poređenju sa godišnjim troškovima goriva od 7.000 evra.

Kada se razmatra ukupan životni vek solarnog sistema, treba uzeti u obzir da baterije traju oko 8 godina i da će zahtevati dve zamene u toku 20 godina, što je približan životni vek solarnih panela. U tom slučaju, uloženi iznos se povećava na 24.000 evra. Sistem postaje profitabilan nakon 6 godina, a u preostalim 14 godina ostvaruje se ušteda.

Na osnovu detaljnih istraživanja i analiza koje su prezentovane u radu, postaje evidentno da primena solarne energije za punjenje baterija dronova predstavlja revolucionarni korak u domenu ekološke održivosti i ekonomske efikasnosti. Ovaj pristup ne samo da značajno doprinosi smanjenju negativnih ekoloških uticaja, već otvara vrata ka dugoročnim ekonomskim prednostima. Jedna od ključnih prednosti je smanjenje troškova goriva, što je posebno značajno u kontekstu rastućih cena energenata i potrebe za ekonomičnijim rešenjima. Primena solarne energije u tehnologiji dronova predstavlja korak ka održivijoj budućnosti. Korišćenjem obnovljivih izvora energije, smanjuje se zavisnost od fosilnih goriva i doprinosi se borbi protiv klimatskih promena. Ovo ne samo da ima pozitivan uticaj na okolinu, već i podstiče razvoj zelenih tehnologija i industrija.

### 4. LITERATURA

- [1] <https://www.instagram.com/dronteh/> (pristupljeno u decembru 2023.)
- [2] <https://ts2.space/en/dji-agras-t30-a-comprehensive-review-of-the-drone-2/#gsc.tab=0> (pristupljeno u decembru 2023.)
- [3] <https://www.dji.com/global/t30/specs?fbclid=IwAR3oUGeRnSmuBkYuRypkccvzega4eoZFr0CHdXaDQC3zy5Gn9PEMXbe6TMY> (pristupljeno u decembru 2023.)
- [4] [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PV\\_P](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PV_P) (pristupljeno u decembru 2023.)
- [5] Katalog FN panela  
[https://static.longi.com/L\\_Gi\\_LE\\_T\\_TMD\\_059\\_107\\_LR\\_5\\_72\\_HPH\\_535\\_555\\_M\\_35\\_35\\_and\\_15\\_V14\\_895e6db05e.pdf](https://static.longi.com/L_Gi_LE_T_TMD_059_107_LR_5_72_HPH_535_555_M_35_35_and_15_V14_895e6db05e.pdf)
- [6] Katalog akumulatora  
[https://www.landportbv.com/media/pdfs/LP12-200\\_-\\_LP\\_SERIES\\_-\\_VRLA\\_AGM\\_Battery\\_-\\_multi-purpose\\_series.4b23d6.pdf](https://www.landportbv.com/media/pdfs/LP12-200_-_LP_SERIES_-_VRLA_AGM_Battery_-_multi-purpose_series.4b23d6.pdf)
- [7] Katalog regulatora punjenja  
<https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-SmartSolar-charge-controller-MPPT-250-60-and-250-70-EN.pdf>
- [8] <https://ba.inverterone.com/low-frequency-inverter/inverter-off-grid-24v.html> (pristupljeno u decembru 2023.)

### Kratka biografija:



**Akoš Toth** rođen je u Subotici 13.03.1998 godine. Završio je srednju školu „Svetozar Marković“ u Subotici i osnovne akademske studije na Fakultetu Tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Čiste energetske tehnologije.

**U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2023. godine učestvovali su sledeći recenzenti:**

|                      |                    |                      |                      |
|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| Aco Antić            | Dunja Vrbaški      | Marinko Maslarić     | Nemanja Tasić        |
| Aleksandar           | Đorđe Vukelić      | Marko Marković       | Nenad Simeunović     |
| Anđelković           | Goran Jeftenić     | Marko Todorov        | Nikola Vojnović      |
| Aleksandar Kovačević | Goran Savić        | Marko Vekić          | Platon Sovilj        |
| Aleksandar           | Goran Sladić       | Maša Bukurov         | Predrag Teodorović   |
| Kupusinac            | Goran Stojanović   | Mijodrag Milošević   | Radivoje Dinulović   |
| Aleksandar Selakov   | Goran Tepić        | Milan Delić          | Radomir Kojić        |
| Aleksandra Radulović | Gordan Stojić      | Milan Gavrić         | Romana Bošković-     |
| Aleksandra Pešterac  | Gordana Ostojić    | Milan Marinković     | Živanović            |
| Ana Nešić Tomašević  | Gordana            | Milan Mirković       | Sandra Dedijer       |
| Andraš Anderla       | Milosavljević      | Milan Rapajić        | Saša Medić           |
| Andrija Rašeta       | Igor Dejanović     | Milan Rackov         | Slavica Mitrović     |
| Atila Zelić          | Igor Maraš         | Milan Segedinac      | Senka Bajić          |
| Bojan Batinić        | Igor Peško         | Milan Trivunić       | Slađana Milićević    |
| Bojan Matić          | Ilija Bašićević    | Milan Vidaković      | Slobodan Morača      |
| Bojan Tepavčević     | Iva Šiđanin        | Milena Krklješ       | Slobodan Šupić       |
| Bojan Jovanović      | Ivan Mezei         | Milica Vračarić      | Slobodan Tabaković   |
| Boris Agarski        | Ivan Prokić        | Milica Miličić       | Srđan Popov          |
| Boris Stojić         | Ivana Mihajlović   | Milica Kisić         | Srđan Vukmirović     |
| Branko Milosavljević | Ivana Vasiljević   | Miloš Simić          | Stevan Gostojić      |
| Damir Đaković        | Ivana Katić        | Miloš Šešlija        | Stevan Milisavljević |
| Danijela Ćirić       | Ivana Maraš        | Milovan Lazarević    | Stevan Stankovski    |
| Danijela Gračanin    | Ivana Miškeljin    | Milja Simeunović     | Suzana Draganić      |
| Danijela Lalić       | Jelena Atanacković | Miljana Prica        | Svetlana Bačkalić    |
| Darko Čapko          | Jeličić            | Miodrag Milutinov    | Svetlana Nikoličić   |
| Darko Stefanović     | Jelena Borocki     | Miodrag Žigić        | Tamara Škorić        |
| Dejan Ecet           | Jelena Ivetić      | Miroslav Dramićanin  | Teodora Vučković     |
| Dejan Reljić         | Jelena Radonić     | Miroslav Zarić       | Vesna Stojaković     |
| Dejan Movrin         | Jelena Slivka      | Mirko Raković        | Višnja Žugić         |
| Dejan Ubavin         | Jelena Spajić      | Miro Govedarica      | Vladimir Đaković     |
| Dejana Nedučin       | Kalman Babković    | Miroslav Kljajić     | Vladimir Mučenski    |
| Dragan Adamović      | Lazar Kovačević    | Miroslav Zarić       | Vojin Ilić           |
| Dragan Dinu          | Lidija Krstanović  | Mladen Tomić         | Vuk Bogdanović       |
| Dragan Ivanović      | Ljiljana Popović   | Mladen Radišić       | Vuk Vranjkovic       |
| Dragan Ivetić        | Ljubica Duđak      | Nataša Milosavljević | Zoran Brujić         |
| Dragan Jovanović     | Ljubo Nedović      | Nebojša Brkljač      | Zoran Čepić          |
| Dragan Pejić         | Ljubomir Budinski  | Nebojša Radović      | Zoran Jeličić        |
| Dragan Ružić         | Magdolna Pal       | Nebojša Ralević      | Željen Trpovski      |
| Dragana              | Maja Turk Sekulić  | Neda Milić Keresteš  | Željko Kanović       |
| Konstantinović       | Maja Petrović      | Nemanja Kašiković    |                      |
| Dragoljub Šević      | Marija Silađi      | Nemanja Sremčev      |                      |
| Drago Žarković       |                    |                      |                      |