



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке – зборници

Година: XLI

Број: 4/2026

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“

Година: XLI Свеска: 4

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

Главни и одговорни уредник Едиције: проф. др Борис Думнић, декан Факултета техничких наука у Новом Саду

Уређивачки одбор

Проф. др Марко Векић, главни уредник

Сара Копривица, заменик главног уредника

Штампање одобрио: Савет за библиотечку и издавачку делатност ФТН, председник, проф. др Селена Самарџић Цвијановић

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

СР-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)

62

ЗБОРНИК радова Факултета техничких наука / главни и одговорни уредник
Борис Думнић. – 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

ОБЛАСТИ

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

- **Саобраћајно инжењерство**
- **Графичко инжењерство и дизајн**
- **Архитектура**
- **Мехатроника**
- **Геодезија и геоинформатика**
- **Управљање ризиком од катастрофалних догађаја и пожара**
- **Инжењерство информационих система**
- **Анимација у инжењерству**
- **Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду**

ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је четврта 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*.

Наставно-научно веће ФТН-а је 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 Факултета техничких наука, али и ван ФТН-а.

Зборник излази у два облика – електронском на веб-страници Факултета техничких наука (www.ftn.uns.ac.rs) и штампаном, који је пред вама. Обе верзије публикују се сваки месец, у оквиру промоције дипломираних мастера.

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

Континуираним радом и унапређењем квалитета часописа, план је да часопис постане препознатљив међу ауторима, чиме ће значајно допринети да се оствари мото Факултета техничких наука:

„Високо место у друштву најбољих“

Уредништво

Садржај

САОБРАЋАЈНО ИНЖЕЊЕРСТВО

Оршоља Месарош 471-474
АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА РОБНОГ ТОКА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ СТАНИЦЕ ШИД

Јована Митић, Павле Питка 475-479
ИНФОРМАЦИОНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ СИСТЕМА ЗА ДЕЉЕЊЕ БИЦИКАЛА

Тина Стефановић 480-484
УТИЦАЈ COVID 19 НА ТРАНСПОРТНИ СЕКТОР

Свјетлана (Ђерић) Стајић 485-488
ЛАНЦИ СНАБДИЈЕВАЊА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВОЗИЛА

ГРАФИЧКО ИНЖЕЊЕРСТВО И ДИЗАЈН

Aleksandra Stančul, Savka Adamović 489-492
SUSPENDOVANE ČESTICE U GRID LABORATORIJI I BEZBEDNOST STUDENATA NA PRAKSI

Анђела Ацић, Стефан Ђурђевић 493-496
**ДИЗАЈН КОРИСНИЧКОГ ИСКУСТВА И КОРИСНИЧКОГ ИНТЕРФЕЈСА
МОБИЛНЕ АПЛИКАЦИЈЕ ЗА ПРАЋЕЊЕ НАВИКА**

Николина Танасић, Саша Петровић 497-500
**РАЗВОЈ ПРОТОТИПА МОБИЛНЕ АПЛИКАЦИЈЕ ЗА ПРУЖАЊЕ УСЛУГА
ВЛАСНИЦИМА КУЋНИХ ЉУБИМАЦА**

Мартина Буљовчић, Ивана Јурич 501-504
**ПРИМЕНА АЛАТА ЗАСНОВАНИХ НА ВЕШТАЧКОЈ ИНТЕЛИГЕНЦИЈИ У
ГЕНЕРИСАЊУ АНИМАЦИЈА ЗА ПОТРЕБЕ ОГЛАШАВАЊА ПРОИЗВОДА**

Михаела Вујадиновић, Ивана Јурич 505-508
**АНАЛИЗА ПЕРЦЕПЦИЈЕ АУТЕНТИЧНОСТИ СТВАРНИХ И ВЕШТАЧКИ
ГЕНЕРИСАНИХ ФОТОГРАФИЈА**

Стефан Новаковић, Неда Милић Керестеш 509-512
**ПСИХОЛОШКИ ПРИНЦИПИ У ДИЗАЈНУ КОРИСНИЧКОГ ИСКУСТВА И
ЊИХОВА ПРИМЕНА У РАЗВОЈУ МОБИЛНЕ АПЛИКАЦИЈЕ**

АРХИТЕКТУРА

Ива Сирета 513-516
КУЋА НА ОБАЛИ ТИХОГ ОКЕАНА У ЧИЛЕУ

Анђела Драгутиновић 517-520
**АДАПТИВНА АРХИТЕКТУРА СПОРТСКИХ ОБЈЕКТА: ПРОЈЕКТОВАЊЕ
ТЕНИСКОГ СТАДИОНА ЗА ВЕЛИКЕ СПОРТСКЕ ДОГАЂАЈЕ**

Ана Блажина 521-525
**ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ЗА ПРОЈЕКАТ КУЛТУРНОГ ЦЕНТРА МЕШОВИТЕ НАМЕНЕ У
НОВОМ САДУ**

Његош Ђњатовић 526-530
ИДЕЈНО РЈЕШЕЊЕ ТЕРМИНАЛНЕ ЗГРАДЕ АЕРОДРОМА У БАЊОЈ ЛУЦИ

Станислава Вучетић 531-535

**ЉУДСКЕ ФИГУРЕ У АРХИТЕКТОНСКОЈ ВИЗУАЛИЗАЦИЈИ: МЕТОДЕ,
РЕАЛИСТИЧНОСТ И ИЗАЗОВИ ИНКОРПОРИРАЊА ЉУДИ У РЕНДЕРИМА
ПОМОЋУ AI АЛАТА (ИСТРАЖИВАЊЕ ИЗ 2024. ГОДИНЕ)**

Ана Жакула АНЕКС ДЕПАРТМАНА ЗА АРХИТЕКТУРУ У НОВОМ САДУ	536-539
Ана Јовановић ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ СТАМБЕНЕ ЗГРАДЕ У НОВОМ САДУ	540-543
Јелена Благојевић ЗЕЛЕНА ГРАДСКА ЧИТАОНИЦА У НОВОМ САДУ	544-548
Матеја Вујадиновић ПРОЈЕКАТ „КУЋА ИЗ СНОВА“	549-552
Милица Катић ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ЛОБИЈА СТАМБЕНЕ ЗГРАДЕ У НОВОМ САДУ	553-556
Санда Татиновић ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ СТАМБЕНОГ ОБЈЕКТА СА ПРИМЕНОМ ПАСИВНИХ МЕРА	557-560
Милана Новаковић РЕВИТАЛИЗАЦИЈА НАПУШТЕНОГ САКРАЛНОГ ОБЈЕКТА У ТРЖНИЦУ СА ЕНОТЕКОМ	561-564
Милица Јовановић КУЋА ЧАЈА У ЈАПАНУ	565-568
Анастасија Кркљеш ПРОЈЕКАТ "КУЋА МАСЛИНЕ" У ДАЛМАЦИЈИ	569-572
Андријана Дачевић ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ НА ПРИМЈЕРУ МОДУЛАРНЕ ПАВИЉОНСКЕ СТРУКТУРЕ У УРБАНОМ КОНТЕКСТУ ГРАДА НИКШИЋА	573-576
Ирена Бабић, Марко Јовановић УПОРЕДНА АНАЛИЗА СОФТВЕРА ЗА ИЗРАДУ АРХИТЕКТОНСКИХ РЕНДЕРА НА ПРИМЕРИМА ЕНТЕРИЈЕРА	577-580
МЕХАТРОНИКА	
Милица Васовић РАЗВОЈ СИСТЕМА ЗА ДЕТЕКЦИЈУ ЦУРЕЊА НА МОТОРУ ЦЕНТРИФУГАЛНИХ ПУМПИ	581-585
Петар Граховац ПРОЈЕКТОВАЊЕ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ПАМЕТНОГ СИСТЕМА ЗА ПАРКИРАЊЕ	586-589
ГЕОДЕЗИЈА И ГЕОИНФОРМАТИКА	
Наталија Радић ИЗРАДА ГЕОПОРТАЛА ЗА ЗАШТИЂЕНА ПОДРУЧЈА: ОД МОДЕЛА ДО КОНАЧНОГ ПРОИЗВОДА	590-593
Филип Димитријевић УПОРЕДНА АНАЛИЗА ПРИМЕНЕ RTK И РРК МЕТОДА У ПОСТУПКУ UAV ФОТОГРАМЕТРИЈЕ	594-597
УПРАВЉАЊЕ РИЗИКОМ ОД КАТАСТРОФАЛНИХ ДОГАЂАЈА И ПОЖАРА	
Теодора Војновић МОДЕЛОВАЊЕ ЕВАКУАЦИЈЕ СРПСКОГ НАРОДНОГ ПОЗОРИШТА У НОВОМ САДУ	598-601
ИНЖЕЊЕРСТВО ИНФОРМАЦИОНИХ СИСТЕМА	
Милица Окиљевић	602-606

**ИДЕНТИФИКАЦИЈА И АНАЛИЗА ТЕХНИЧКОГ ДУГА У СОФТВЕРУ ЗА
ЗАКАЗИВАЊЕ ТЕРМИНА**

Сања Тица

607-610

**ДИГИТАЛНИ БЛИЗАНЦИ У ПРЕДИКТИВНОМ ОДРЖАВАЊУ УЗ ПРИМЈЕНУ
ВЈЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ**

Сандра Лазаревић

611-614

**ПРИМЕНА ПРЕДИКТИВНЕ АНАЛИТИКЕ У АНАЛИЗИ САОБРАЋАЈНИХ
НЕЗГОДА У БЕОГРАДУ ПУТЕМ POWER BI АЛАТА**

АНИМАЦИЈА У ИНЖЕЊЕРСТВУ

Дуња Шпановић, Лидија Крстановић

615-618

**ПРИМЕНА МОДЕРНИХ АЛГОРИТАМА И МЕТОДА У СИСТЕМИМА
АУТОНОМНИХ ВОЗИЛА**

ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Stefan Miljković, Nemanja Stanisavljević

619-622

ANALIZA TOKOVA MATERIJALA FOTONAPONSKIH PANELA

Mirjana Četojević, Zoltan Čorba

623-626

**UPOREDNA ANALIZA FOTONAPONSKE ELEKTRANE SNAGE 1MW SA FIKSNIM I
ROTIRAJUĆIM NOSEĆIM SISTEMOM NA TERITORIJI REPUBLIKE SRPSKE**



АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА РОБНОГ ТОКА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ СТАНИЦЕ ШИД ANALYSIS AND FORECASTING OF FREIGHT FLOW AT ŠID RAILWAY STATION

Оршоља Месарош, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – САОБРАЋАЈНО ИНЖЕЊЕРСТВО

Кратки садржај – Рад обухвата анализу постојећег стања железничке станице Шид, укључујући инфраструктуру, капацитет и функције станице, као и процесе примопредаје и комерцијално-техничког прегледа. На основу података о робном току у периоду 2015–2024. године, извршена је прогноза саобраћаја до 2034. године применом корелационе анализе. Резултати служе као основа за планирање и унапређење ефикасности железничког саобраћаја у региону.

Кључне речи: анализа, прогноза, робни ток, железничка станица, гранична станица, примопредаја, комерцијално-технички преглед

Abstract – This master thesis provides an analysis of the current state at Šid railway station, including the station's infrastructure, capacity, and functions, as well as procedures related to train handover and commercial-technical inspections. Based on freight traffic data from the period 2015-2024, a forecast up to 2034 was developed using correlation analysis. The results serve as a basis for planning and improving the efficiency of railway transport in the region.

Keywords: analysis, forecast, freight flow, railway station, border station, train handover, commercial-technical inspection

1. УВОД

Железничка станица Шид има значајну улогу у међународном саобраћају као гранична станица између Србије и Хрватске, што је чини кључном тачком у превозу робе. Анализе и прогнозе су изузетно важне у свим областима саобраћаја, јер омогућавају идентификацију проблема и оптимизацију различитих процеса.

2. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О ШИДУ

Шид је град у Србији, који се налази у пограничној Општини Шид, на северозападном делу земље, у аутономној покрајини Војводине. Географски положај града је веома добар, налази се близу границе са Хрватском, и представља важну транзитну тачку

између две државе. Одлична мрежа саобраћајница чини веома привлачним за нове инвестиције, као и за живот. Град се налази на главној железничкој прузи која повезује Београд са Загребом, што омогућава лако повезивање са главним европским градовима [1].

3. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О СТАНИЦИ ШИД

Станица Шид се налази у km 116+364 магистралне двокосечне електрифициране пруге бр. 101 Београд Центар - Стара Пазова - Шид - државна граница - (Tovarnik).

Осигурана је електрорелејним сигнално-сигурносним уређајем система „Simens EI“. Станична поставница се налази у канцеларији унутрашњег отправника возова и помоћу ње се врши обезбеђење пута вожње воза.

Станица Шид располаже са 20 станичних колосека, од којих су 10 главни и 10 споредни станични колосеци [2].

3.1. Индустијски колосеци станице Шид

На подручју станице Шид на јавну железничку инфраструктуру прикључују се следећи индустријски колосеци: „Victoriaoil“ Шид, „Dogana 2000“ Шид, „Млинтест“ Шид, „Конзул“ Шид, „Хемпро“ Шид [2].

Развој различитих индустријских сектора, као што су прерађивачка индустрија и пољопривреда, директно одређују обим и структуру робног транспорта.

3.2. Локација станице Шид

Железничка станица Шид се налази на веома повољној локацији, у близини реке Саве и Дунава.

Паневропски коридор X је један од најважнијих саобраћајних коридора, који је успостављен у јуну 1997. године и пролази преко инфраструктурне мреже „Инфраструктура железнице Србије“ а.д. и чини везу од Салцбурга у Аустрији до Солуна у Грчкој [3].

Европска Комисија је 2017. и 2018. године доношењем својих имплементационих одлука дефинисала успостављење два нова железничка коридора, од којих је један Алпско - Западно Балкански железнички теретни коридор.

Захваљујући заједничким напорима одговарајућих министарстава и управљача инфраструктуре у складу са одредбама и одлукама од 22. марта 2018. године, успоставља се Алпско – Западно Балкански

НАПОМЕНА: Овај рад је проистекао из мастер рада, чији ментор је био др Гордан Стојић, ред. проф.

железнички теретни коридор, који је почео са радом 13. јануара 2020. године [4].

4. САРАДЊА У ОБЛАСТИ ЖЕЛЕЗНИЧКОГ САОБРАЋАЈА ИЗМЕЂУ СРБИЈЕ И ХРВАТСКЕ

Циљеви у повећању робног транспорта железницом могу се остварити само кроз ефективну сарадњу између држава. Заједнички рад, размена ресурса и јасна комуникација су од изузетног значаја.

На регионалном састанку одржаном у Порторожу 2018. године, учествовали су директори железничких превозника у робном саобраћају, и потписан је Меморандум о сарадњи између регионалних железничких превозника у робном саобраћају. Циљ потписивања Меморандума је био побољшање сарадње, као и повећање обима железничког превоза робе.

Сарадња у сектору железничког транспорта између Републике Србије и Републике Хрватске реализује се на основу споразума који су потписали Савезна влада СРЈ и Влада Републике Хрватске, а који се односи на уређивање граничног железничког саобраћаја између ове две државе [5].

5. ПРИМОПРЕДАЈА И КОМЕРЦИЈАЛНО - ТЕХНИЧКИ ПРЕГЛЕД ВОЗОВА

Примопредаја возова између превозника у Републици Србији и суседних железничких превозника врши се у граничним станицама као што је станица Шид, према споразумима и прописима. По доласку воза, извршава се пријава царинским органима. Комерцијално - технички преглед се спроводи пре преузимања увозних, провозних пошиљака, и празних кола од суседног превозника. Прегледи могу бити комплетни и делимични, а обухватају проверу испваности робе, пломби и транспортне документације. Процедура примопредаје укључује попуњавање обрасца Списка предаје (К-93) за пошиљке и празна кола, као и обавезну проверу и упоређивање са товарним листовима.

Увозне и извозне пошиљке имају различите поступке прегледа, који укључују царинску проверу и контролу исправности документације, као и евентуално контролно вагање. За сва кола која предају суседном железничком транспортном предузећу или примају од суседног железничког транспортног предузећа, овлашћени радник саобраћајно - транспортне делатности прелазне станице води Кол-65, тј. Извештај о прелазу теретних кола, који се попуњава путем рачунара. Образац Кол-65 састоји се од укупно 4 листа, при чему су 2 примерка означена као лист 1 - „Улаз“, а преостала 2 примерка као лист 2 – „Излаз“ [6].

6. АНАЛИЗА РОБНОГ ТОКА СТАНИЦЕ ШИД У ПЕРИОДУ ОД 2015. ДО 2024. ГОДИНЕ

Анализа робног тока станице Шид у периоду од 2015. до 2024. године има за циљ да пружи увид у обим железничког саобраћаја који се одвија кроз ову

граничну станицу. Посматрани су подаци о увозу, извозу, унутрашњем саобраћају и транзитну, исти су представљени графички по годинама, како би се јасно приказали трендови и промене теретног саобраћаја.

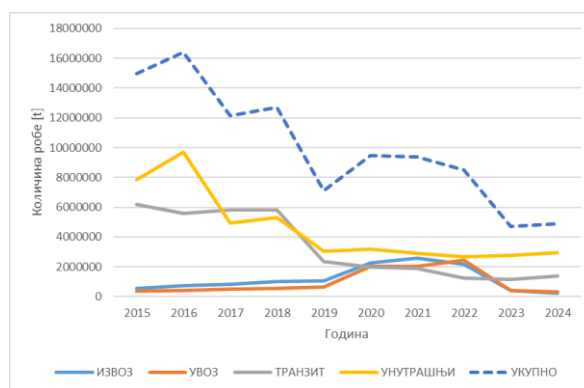
6.1. Утицај модернизације пруге Рума – Голубинци на робни ток станице Шид

Модернизација пруге Рума – Голубинци започета је 19. фебруара 2015. године, а деоница је након завршетка радова отворена за саобраћај 23. септембра 2015. године. Деоница која је била предмет реконструкције и модернизације дуга је 18 километара. Саобраћај на овој деоници пре ремонта одвијао се брзином од 30 km/h, а пројектована брзина возова након завршених радова је 120 km/h.

Са повећањем брзине саобраћаја, време путовања између Руме и Голубинаца се скраћује са 35 на само 13 минута. Захваљујући модернизацији, време путовања железницом између Београда и Шида је скраћено за пола сата, чиме је повећана и пропусна моћ пруге. Ова модернизација доприноси већој конкурентности у региону [7].

6.2. Укупан робни ток станице Шид

На основу графикана 6.1. примећује се да су увоз и извоз током целог посматраног периода били на сличном нивоу, уз благи раст у оба сегмента, након чега следи израженији пад. С друге стране, када је у питању транзит и унутрашњи саобраћај, уочавају се значајније неравнотежности, као и сталан пад количине робе.



Графикон 6.1. Приказ укупног робног тока граничне железничке станице Шид (2015-2024) [8]

7. АНАЛИЗА СТРУКТУРЕ РОБНОГ ТОКА СТАНИЦЕ ШИД ПО ВРСТАМА РОБЕ

На основу расположивих података о врстама робе које се увозарају на железничкој станици Шид, са графикана 7.1. може се закључити да највећи део увозара чине пољопривредни производи.

Највећи проценат заузима кукуруз, са чак 40%, што потврђује снажну производњу ове културе у окружењу. Следећа по заступљености је сунцокретова сачма са 26%, што додатно потврђује значај агроиндустрије. Ове две врсте робе заједно чине више

од половине укупног обима, што указује на висок интензитет промета сировина и прерађевина биљног порекла.



Графикон 7.1. Графички приказ структуре утовара по врстама робе на станици Шид од 2014. до 2019. године [8]

8. МЕТОДА КОРЕЛАЦИОНЕ АНАЛИЗЕ

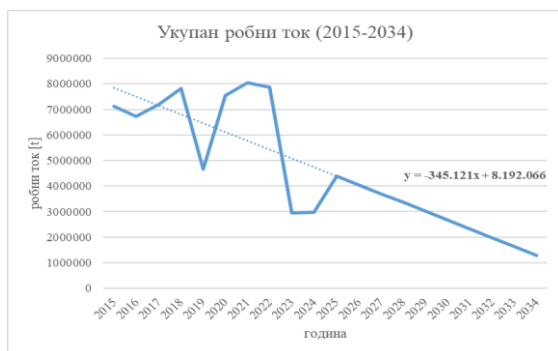
Све више се користе статистичке методе прогнозирања и то методе једноструке и вишеструке корелације и регресије.

Својства ових метода су:

- релативна једноставност;
- висок ниво познавања ових метода, али и парцијалних решења;
- могућност истраживања утицаја појединих фактора и њихових веза са прогнозираном величином;
- могућност оцене излазне информације на степен тачности прогнозе;
- висок степен објективности [9].

9. ПРОГНОЗА РОБНОГ ТОКА

При изради прогнозе укупног робног тока узети су у обзир подаци о увозу, извозу и транзиту. На основу једначине линеарне једноструке регресије, добијене методом корелационе анализе, процењује се да ће робни ток у периоду од 2025. до 2034. године опадати у просеку за око 345.121 тону годишње. Тренд је графички приказан на графикону 9.1. где је уочљива тенденција опадања укупног робног тока у наведеном временском интервалу.



Графикон 9.1. Графички приказ стварног и прогнозираног укупног робног тока од 2015. до 2034. године

Коефицијент корелације износи $r=0,52$ што говори о средњој зависности прогнозиране величине по годинама. Судајући по наведеном тренду прогноза показује да ће се у једном моменту међународни железнички робни превоз преко станице Шид и унутрашњи из станице свесто на вредност нула што је невероватан сценарио. На то указују подаци прекиду о негативном тренду обима робног тока у транзиту и унутрашњег саобраћаја за 2023. и 2024. годину.

Међутим, узимајући у обзир планове за развој железничких теретних коридора, као што је „RFC 10“, који су дефинисани у „Белој књизи Комисије“, за очекивати је да ће се овај тренд променити. Ови планови предвиђају значајну промену у смеру робног саобраћаја, са циљем да се до 2030. године пребаци 30% друмског теретног саобраћаја на релацијама дужим од 300 km на друге видове саобраћаја, пре свега железницу, а до 2050. године на 50% [4].

Из тога разлога прешло се на развој парцијалних прогностичких модела помоћу Double Exponential Smoothing методе за увоз, извоз и транзит преко станице Шид односно за унутрашњи превоз из исте станице. Очекивани увоз и извоз преко станице Шид износе по око 1,5 милион, транзит 2 милиона а унутрашњи 3 милиона тона у првом петогодишњем периоду прогнозира. Укупно 8 – 10 милиона тона годишње.

То значи да се очекује у станицу Шид да укупан обим превоза железницом буде на истом нивоу као и у периоду 2015-2020. године.

10. УТИЦАЈНИ ФАКТОРИ НА ПРОГНОЗИРАНИ РОБНИ ТОК

Планирана је реконструкција и модернизација пруге Стара Пазова – Шид - државна граница у дужини од 84,2 километара. Нацрт Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора железничке пруге Београд – Шид – граница са Хрватском, деонице Стара Пазова – Голубинци – Шид и железничке пруге Инђија – Голубинци, као и Извештај о стратешкој процени утицаја тог плана на животну средину, били су на јавном увиду крајем 2023. године [10].

На основу „Стратегије развоја железничког, друмског, водног, ваздушног и интермодалног транспорта у Републици Србији од 2008. до 2015. године“, смернице развоја железничког саобраћаја треба да стављају нагласак на Коридор X и његове кракове, при чему је обнова најкритичнијих деоница тог коридора главни приоритет у првом, а вероватно и у другом средњорочном периоду [11].

Железнички теретни коридори (Rail Freight Corridors - RFC) су усмерени на тржиште, како би се суочиле са следећим изазовима:

- јачање сарадње између управљача инфраструктуре;
- постизање правог баланса између путничког и теретног саобраћаја дуж железничких теретних

коридора, тако што се обезбеди адекватан капацитет и приоритет за теретни саобраћај;

- промоција интермодалног саобраћаја између железнице и других видова транспорта кроз повезивање терминала у оквиру управљања и развоја транспортних коридора [4].

Мисије и визије RFC-ова су следећи:

- стварање међународног железничког тржишта представља кључни елемент за напредак у правцу одрживе мобилности;
- пребацивање на железницу подразумева стварање конкуренције са другим видовима саобраћаја, посебно у погледу обезбеђивања ефикасних међународних и домаћих железничких теретних услуга;
- јачање међусобних повезаности железничке инфраструктуре европских земаља и ван Европске уније;
- осигурање континуитета саобраћаја дуж коридора усклађивањем веза између постојећих железничких система;
- обезбеђивање недискриминаторног приступа интермодалним железничким услугама;
- развијање инвестиционог плана за железнички коридор, који узима у обзир тржишне промене у блиској будућности;
- задовољавање потреба и очекивања свих корисника теретног коридора;
- решавање инфраструктурних и оперативних уских грла;
- смањење времена застоја на границама [4].

Да би се постигли ови циљеви, потребно је развити одговарајућу инфраструктуру. Такви потези могу имати значајан позитиван утицај на обим робног тока и значајно подстаћи транспорт робе железницом, што би могло спречити или бар ублажити даљи пад.

11. ЗАКЉУЧАК

Анализом робног тока железничке станице Шид од 2015. до 2024. године, утврђено је да се увоз и извоз континуирано повећавају до 2019. године, и након те године долази до наглог раста до 2022. године, што потврђује важност станице као транспортног чвора за међународну трговину. Слично је и са транзитом и унутрашњим превозом. Поједини негативни показатељи су се зауставили у 2023. и 2024. години.

Развијени прогностички модел у овом раду показао је да се може очекивати 8 – 10 милиона тона годишње у станици Шид у увозу, извозу, транзиту и унутрашњем саобраћају.

Модернизација железничке инфраструктуре је неопходна за превазилажење негативних трендова, у супротном недостатак модернизације може представљати озбиљну препреку за растући обим робног тока. Потребна су озбиљна улагања у унапређење инфраструктуре, како би железнички транспорт постао ефикаснији, бржи и конкурентнији у односу на друге видове превоза. За пругу Стара Пазова

– Шид завршена је техничка документација на ниво Идејног пројекта. Процене су да се крајем ове деценије може очекивати завршетак реконструкције ове пруге што ће свакако утицати на њену атрактивност.

12. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://sid.rs/> (приступљено у септембру 2024. године)
- [2] Заједнички пословни ред станица Шид и Кукујевци – Ердевик I део, 2024.
- [3] <https://koridorisrbije.rs/> (приступљено у септембру 2024. године)
- [4] <https://www.rfc-awb.eu/> (приступљено у септембру 2025. године)
- [5] Информација о сарадњи са Републиком Хрватском из надлежности Министарства грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, 2024.
- [6] Упутство о манипулацији при превозу ствари железницом- 2023. Београд „Србија Карго“ а.д.
- [7] <https://www.zeleznicesrbije.com/vesti-iz-2015-te-danas-zavrshena-modernizacija-pruge-ruma-golubinci/> (приступљено у мају 2025. године)
- [8] Акционарско друштво за железнички превоз робе Србија Карго Београд
- [9] Проф. др Гордан Стојић - „Модели предвиђања (прогнозе)“, презентације са предавања на ФТН, 2022.
- [10] <https://www.dnevnik.rs/ekonomija/gradice-se-jos-jedna-brza-pruga-od-stare-pazove-do-sida-200-na-sat-19-01-2024> (приступљено у мају 2025. године)
- [11] Стратегија развоја железничког, друмског, водног, ваздушног и интермодалног транспорта у Републици Србији од 2008. до 2015. године“ („Сл. Гласник РС“, бр. 4/2008)

Кратка биографија:



Оршоља Месарош рођена је у Сенти 1999. године. Завршила је Саобраћај и транспорт на Факултету техничких наука у Новом Саду 2022. године. Исте године уписала је мастер студије на смеру Железнички саобраћај. контакт: meszarosors9@gmail.com

Информационе технологије система за дељење бицикала

Information technology of bike sharing systems

Јована Митић, др Павле Питка, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – САОБРАЋАЈНО ИНЖЕЊЕРСТВО

Кратак садржај – У првом делу рада представљене су карактеристике, предности и подела система за дељење бицикала. У другом делу рада описане су спецификације система за дељење бицикала. На крају су представљене информационе технологије које представљају основу за функционисање ових система.

Кључне речи: Систем, бицикл, станице, прикључна места.

Abstract – The first part of the paper presents the characteristics, advantages, and classification of bicycle sharing systems. The second part describes the specifications of these systems. Finally, the paper discusses the information technologies that form the foundation for their operation.

Keywords: System, bicycle, stations, docks

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Павле Питка, ванредни професор.

1. УВОД

Системи за дељење бицикала дизајнирани су да пруже економично, еколошки прихватљиво и практично средство превоза за бројне кратке релације. Такви системи се састоје од флоте робусних и лако доступних бицикала, постављених на станицама смештеним на погодним локацијама широм градског подручја. Дељење бицикала представља релативно јефтини и лако применљив продужетак инфраструктуре јавног превоза у граду.

Системи за дељење бицикала обично функционишу као аутоматизовани сервис изнајмљивања за кратке временске периоде. Оваква организација подстиче краће, спонтане вожње, у којима корисници преузимају бицикл, користе га кратко (обично 30 минута или краће) и враћају на било коју станицу у систему, како би бицикл био доступан и другим корисницима. Већина система примењује тарифни модел који подстиче честе и кратке вожње, а смањује могућност да бицикли дуго буду у употреби од стране једног корисника [1].

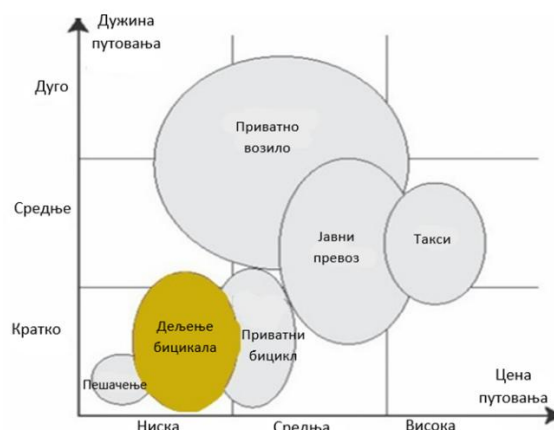
Системи за дељење бицикала имају за циљ да корисницима омогуће и олакшају приступ систему, како би корисници на што бржи и ефикаснији начин могли да преузму бицикл.

2. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ СИСТЕМА ЗА ДЕЉЕЊЕ БИЦИКАЛА

2.1 Предности система

Системи дељења бицикала имају две кључне предности у односу на друге облике транспортних пројеката: релативно ниске трошкове имплементације и кратак временски оквир реализације. Захваљујући томе, могуће је испланирати и успоставити читав систем у оквиру временског периода од две до четири године, што омогућава да користи за јавност постану видљиве и мерљиве знатно брже него код већине инфраструктурних или транспортних пројеката. Систем дељења бицикала представља додатну транспортну опцију за кратка урбана путовања, како за становнике тако и за посетиоце града [1].

Као што је приказано на слици 1., овај систем попуњава постојећу празнину између релација које су предуге за пешачење, али недовољно дуге да би се оправдало чекање градског превоза, као што је аутобус, или трошкови вожње аутомобилом или таксијем.



Слика 1. Градски режими путовања

Системи дељења бицикала могу на више начина допринети унапређењу квалитета урбаног живота и функционисања града:

- Смањење зависности од приватних аутомобила
- Проширење домета јавног превоза

- Подстицање већег коришћења бицикла
- Увођење нових корисника у бициклически саобраћај
- Смањење баријера за коришћење бицикла
- Смањење саобраћајних гужви и побољшање квалитета ваздуха
- Повећање приступачности
- Здравствена корист
- Финансијска корист
- Унапређење имиџа бициклизма
- Додатна подршка јавном превозу
- Унапређење здравља становништва
- Привлачење нових корисника бицикла
- Унапређење имиџа и брэнда града
- Подстицај локалном привредном развоју.

2.2 Подела система

Системи се могу поделити према типу стајалишта, технологији и власништву:

1. Према типу стајалишта:

- Систем са прикључним местима - бицикли се преузимају и враћају на фиксним станицама.
- Систем без прикључних места - бицикли се закључавају/откључавају преко апликације било где унутар дозвољене зоне.

2. Према технологији:

- Прва генерација - без ИТ система, једноставно бесплатно изнајмљивање.
- Друга генерација - коришћење картица или депозита.
- Трећа генерација - РФИД картице, паметне станице, ГПС праћење, мобилне апликације.
- Четврта генерација - ИоТ интеграција са другим видовима транспорта [1].

3. Према власништву и моделу управљања:

- Јавни системи (подржани од града/општине)
- Приватни системи (комерцијалне компаније)
- Хибридни системи (сарадња јавног и приватног сектора).

3. СПЕЦИФИКАЦИЈА СИСТЕМА

Спецификација система за дељење бицикала представља детаљан опис техничких, функционалних и оперативних елемената који су саставни део овог система.

Спецификација бицикала

Савремени системи за дељење бицикала заснивају се на стандардизованом типу бицикла са посебно дизајнираним или власничким компонентама које су намењене искључиво том систему. Овакав приступ обезбеђује трајност и сигурност, јер се делови бицикла не могу лако украсти нити препродати. Визуелни изглед бицикла представља кључни елемент у изградњи идентитета и брэнда система за дељење бицикала, па бицикли треба да одражавају модеран и

атрактиван дизајн. Употреба препознатљивих боја, облика рама, пластичних облога и графичких ознака разликује флотни систем од осталих бицикала у граду [2].

Спецификација станице

Сваки град има сопствене услове, културу и ограничења. У неким случајевима, станице за дељење бицикала могу се функционално поставити на тротоарима, док су у другим срединама погодније за постављање на коловозу.

Локације станица морају бити оперативни одрживе - на пример, потребно је обезбедити довољну изложеност сунцу ако се користи соларно напајање, као и приступне тачке за возила за одржавање и редистрибуцију бицикала. Такође, треба избегавати локације које ометају пешаке или стварају конфликте са другим елементима урбаног окружења, попут аутобусних стајалишта, хидрантских прикључака или простора за утовар и истовар робе. Поштовање ових смерница осигурава да су станице за дељење бицикала правилно интегрисане у урбани пејзаж, безбедне за коришћење и лако доступне корисницима, [3].

Постављање станица на места која одговарају конфигурацији тог места, као и поштовање свих препорука за постављање станице и пратећих елемената станице доводи до лакшег и економичнијег коришћења истих, уз што мање трошкова.

Спецификација прикључних места

Спецификација прикључних места фокусира се на техничке и функционалне карактеристике прикључних места у системима за дељење бицикала. Прикључна места представљају кључну инфраструктуру која омогућава сигурно паркирање, идентификацију и преузимање бицикала, као и повезивање са централним информационалним системом.

Прикључна места у облику стубића погодни су због могућности фиксирања директно за подлогу, без потребе за вертикалном подршком. Спецификације ових прикључних места су следеће:

- Могу да приме по два бицикла по једном прикључном месту
- Ниска висина станице са прикључним местима
- Опремљени ИТ технологијом са РФИД читачем на врху сваког прикључног места
- Фиксне, непокретне конструкције

Спецификација терминала

Терминал представља централну процесну јединицу сваке станице. Он омогућава интерфејс између корисника, док станице и контролног центра. Комуникација са станицом са прикључним местом обавља се путем жичне везе, док се са контролним центром успоставља бежична веза (нпр. ГПРС, 3Г, 4Г). Терминал нуди интерактивни екран осетљив на додир са различитим менијима. Дизајнирани терминали треба да приказују следеће информације [4]:

- Податке о корисничкој претплати
- Стање на рачуну
- Тип претплате
- Доступност бицикала
- Капацитет станице
- Детаље о последњим вожњама корисника
- Потрошене калорије или количина CO₂ која је уштеђена.

Спецификација депоа

Депои за бицикле представљају централна места где се складиште, одржавају и управљају бицикли у оквиру система за дељење. Њихова улога је кључна за несметано функционисање система, јер овде бицикли добијају техничку подршку, сервисирају се и распоређују по станицама.

У депоима се свакодневно врши одржавање – од поправки и замене делова, до чишћења и пуњења електричних бицикала. Такође, овде се привремено чувају бицикли који су уклоњени са станица због поправки или прерасподеле. У већим системима депои често имају аутоматске системе за праћење бицикала помоћу ГПС-а, што олакшава планирање и повећава ефикасност рада [4].

Локација депоа пажљиво се бира како би сервисни тимови могли брзо да реагују и равномерно распореде бицикле по граду. Депои су један од важнијих делова инфраструктуре система за дељење бицикала.

4. ИНФОРМАЦИОНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

Информационе технологије (ИТ) представљају основу функционисања система за дељење бицикала, јер повезују појединачне станице, кориснике и централни контролни центар путем специјализованог софтвера и механизма за пренос података. Кључне одлуке које се доносе у оквиру ИТ инфраструктуре односе се на начин регистрације корисника и реализације плаћања, процедуре преузимања и враћања бицикала на станицама, као и на начин размене информација – како интерно, ради ефикасног управљања системом, тако и екстерно, ради обавештавања корисника.

4.1 Мобилне апликације

Мобилне апликације представљају кључан елемент савремених система за дељење бицикала, јер омогућавају корисницима једноставан и брз приступ бициклима без потребе за физичким картицама или станицама за регистрацију.

- Функционалност мобилних апликација
 - Регистрација корисника: Корисници се пријављују путем апликације, уносе личне податке, верификују број телефона или е-маил адресу и повезују банковни рачун или платну картицу ради плаћања услуга.
 - Мапа доступних бицикала и станица: У реалном времену приказује се мапа града са означеним локацијама слободних бицикала, док се у системима са прикључним местима

приказују и капацитети стајалишта (број слободних места).

- Резервација и откључавање бицикла: Корисници могу унапред резервисати бицикл или га одмах откључати помоћу QR кода, НФЦ технологије или Блутут везе.
- Навигација и планирање руте: Апликације често нуде интегрисане мапе и ГПС навигацију која предлаже оптималне руте у зависности од саобраћаја, терена и временских услова.
- Праћење вожње и статистика: Након сваке вожње, корисник може прегледати време, пређену раздаљину.
- Плаћање и тарифе: Интегрисани системи плаћања (кредитне картице, локални системи) омогућавају транспарентно и аутоматско наплаћивање коришћења.
- Подршка и повратне информације: Апликације омогућавају корисницима да пријаве техничке проблеме, оштећења или дају оцене и коментаре о квалитету бицикала и услуге.
- Предности коришћења мобилних апликација
 - Повећање приступачности и флексибилности: корисници имају увид у стање система било када и било где.
 - Смањење оперативних трошкова: дигитална комуникација замењује физичке терминале и људске ресурсе.
 - Већа безбедност и транспарентност: свака трансакција и коришћење бицикла евидентирани су у систему.
 - Подстицање одрживе мобилности: апликације мотивишу кориснике да бирају бицикл као еколошко превозно средство кроз награде (поени, попусти).

4.2 Интернет интелигентних уређаја (Internet of Things)

Интернет интелигентних уређаја (ИоТ) представља мрежу повезаних уређаја који међусобно комуницирају и размењују податке путем интернета. У контексту система дељења бицикала, ИоТ технологија омогућава дигитално праћење, контролу и оптимизацију флоте бицикала, чиме се значајно побољшава ефикасност и поузданост целог система.

- Функционалност ИоТ технологије
 - ГПС сензори омогућавају праћење локације бицикла у реалном времену, што је кључно за системе без докова и планирање дистрибуције бицикала.
 - Сензори брзине и кретања прате начин коришћења бицикла и генеришу податке о пређеним раздаљинама и времену вожње.
 - Сензори стања бицикла (као што су сензори кочница, гума и електричних компоненти код

- е-бицикала) омогућавају правремено одржавање и смањење ризика од кварова.
- Комуникациони модули шаљу податке са бицикла или станице на централни сервер, што омогућава оператерима да прате статус флоте и оптимизују њено распоређивање.
- Технички изазови и ограничења
- Сигурност података и приватност: ИоТ уређаји прикупљају велику количину података о корисницима и локацији бицикала, што захтева имплементацију напредних сигурносних протокола.
- Поузданост уређаја: Сензори и комуникациони модули морају бити отпорни на временске услове, вандализам и физичка оштећења.
- Трошкови имплементације: Постављање и одржавање ИоТ система захтева почетна улагања, али дугорочно доноси значајне уштеде кроз оптимизацију операција и одржавања.

4.3 ГПС технологија

ГПС технологија представља основу за праћење и управљање системима дељења бицикала у реалном времену. Коришћење ГПС уређаја омогућава прецизно лоцирање бицикала, праћење њиховог кретања и интеграцију са мобилним апликацијама и ИоТ системима, што значајно побољшава ефикасност и функционалност система.

- Функционалност ГПС технологије
- Праћење локације бицикала: Сваки бицикл опремљен ГПС уређајем шаље информације о својој локацији централном серверу, што омогућава корисницима да преко мобилне апликације у реалном времену пронађу слободне бицикле.
- Оптимизација дистрибуције: ГПС подаци омогућавају оператерима да идентификују подручја са већом или мањом потражњом и тако планирају ефикасну расподелу бицикала по граду.
- Контрола и безбедност: ГПС омогућава праћење кретања бицикала како би се смањио ризик од крађе, неовлашћеног померања или задржавања бицикала на непредвиђеним локацијама.
- Интеграција са мобилним апликацијама и ИоТ: ГПС функционалност омогућава мобилним апликацијама да корисницима приказују прецизне информације о локацији, доступности и статусу бицикала, док ИоТ сензори додатно унапређују надзор и одржавање флоте.
- Предности ГПС технологије
- Повећава ефикасност расподеле бицикала према потражњи у граду.

- Побољшава безбедност и смањује крађе, јер оператери могу пратити локацију бицикала.
- Омогућава анализу података и планирање развоја инфраструктуре, на основу образаца коришћења бицикала и популарних рута.
- Побољшава корисничко искуство, јер корисници могу прецизно и брзо пронаћи бицикл и пратити своју вожњу.

4.4 РФИД технологија

Радио-фреквентна идентификација (РФИД) технологија представља један од најважнијих елемената савремених система дељења бицикала, посебно у праћењу и управљању бициклом. Ова технологија омогућава бежични пренос података између РФИД картице и читача помоћу радио таласа, чиме се елиминише потреба за физичким контактом и убрзава процес идентификације корисника.

➤ Основни принцип рада РФИД технологије

РФИД систем се састоји од три основна елемента:

- РФИД картице (таг) – садржи јединствени електронски код који идентификује корисника или објекат;
- РФИД читача – уређај који путем радио таласа комуницира са картицом и чита њен код;
- Централног информационог система – где се обрађују и чувају подаци о корисницима и бициклима.

Када корисник принесе картицу читачу, систем аутоматски препознаје идентитет корисника, проверава статус налога и омогућава преузимање бицикла. Овај процес траје свега неколико секунди, што значајно убрзава коришћење система и смањује гужве на станицама.

➤ Предности коришћења РФИД технологије

- Брзина и практичност: Коришћењем РФИД картица корисници брзо приступају бициклима без потребе за уносом података или употребом мобилних уређаја.
- Безбедност и поузданост: Свака картица има јединствени идентификациони број, што онемогућава неовлашћено коришћење система.
- Ефикасно управљање подацима: Систем прикупља информације о времену, локацији и учесталости коришћења бицикала, што помаже у анализи потражње и планирању.
- Отпорност на спољне услове: РФИД картице не захтевају директан контакт са читачем и функционишу и у неповољним временским условима.

4.5 Велики подаци и аналитика

Велики подаци (Big data) и аналитика представљају кључне елементе система за дељење бицикала. Коришћењем огромних и разноврсних скупова података оператери добијају увид у понашање

корисника, време и место потражње, стање флоте и ефикасност пословних процеса, што омогућава оптимизацију услуге, смањење трошкова и подизање квалитета услуге.

Big data обухвата велике количине података које генеришу: сензори на бициклима, ГПС траке, логови мобилних апликација, трансакциони подаци, подаци о одржавању, временски подаци, друштвени и догађајни подаци, као и демографски и географски подаци о граду. Аналитика тих података омогућава доношење одлука заснованих на доказима и оптимизацију операција у реалном времену и у планирању.

➤ Кључне примене

- Краткорочно предвиђање потражње: ребаланс и алокацију радника.
- Дугорочно планирање мреже и локација станица: модели за одређивање нових локација.
- Динамичко ребалансирање: оптимизацијски модели смањују број празних/препуњених станица и трошкове транспорта.
- Персонализација и сегментација корисника: кластер анализа и профили за циљане кампање и тарифне моделе.
- Утицај на околину и извештавање: коришћење података за квантификовање CO₂.
- Рил-тајм оперативна надзорна плоча: аларми за критичне станице, визуелизација ребаланс планова и мониторинг у реалном времену.
- Изазови у пракси (оперативна и техничка ограничења)
 - Квалитет података: ГПС шум, грешке сензора, недостајући записи; потребно робустно чишћење.
 - Хетерогеност података: спајање различитих формата и временских резолуција.
 - Трансферабилност модела: модели који добро раде у једном граду често не генерализују без прилагођавања (локалне навике, инфраструктура).

5. ЗАКЉУЧАК

Систем за дељење бицикала постао је једно од најпрактичнијих и најодрживијих решења за превоз у урбаним градовима. Он не само да олакшава свакодневно кретање кроз град, већ и доприноси смањењу саобраћајних гужви, загађења и трошкова превоза. Системи за дељење бицикала могу се разликовати по начину функционисања - од класичних, који користе станице са прикључним местом, до модерних система без прикључних места који раде преко мобилних апликација. Сваки од њих има своје предности, али заједничко им је да корисницима омогућавају једноставан, брз и приступачан начин превоза.

Посебан значај имају спецификације бицикала, станица, прикључних места, терминала и депоа, јер од њихове поузданости зависи колико ће систем бити

ефикасан. Поред тога, кључну улогу имају савремене информационе технологије - мобилне апликације, IoT, GPS, RFID и Big Data - које омогућавају праћење, контролу и стално унапређење система.

На основу свега може се закључити да систем за дељење бицикала представља спој практичности и технологије, са циљем да градове учини чистијим, повезанијим и пријатнијим за живот. Развој оваквих система показује колико иновације могу да допринесу одрживој мобилности и бољој организацији урбаног живота.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] City of Redmond (2016) Bike Share Feasibility Study
- [2] Institute for Transportation and Development Policy (2018) *The Bike-Share Planning Guide*. New York: ITDP.
- [3] National Association of City Transportation Officials. (2015). *Bike Share Station Siting Guide*. NACTO
- [4] Delhi Development Authority (2015) *Bicycle Share System for Dwarka Sub-City: Detailed Project Report*. New Delhi: Centre for Green Mobility

Кратка биографија:



Јована Митић, рођена је у Књажевцу, 2001. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области саобраћаја одбранила је 2025. год.

контакт: jovana.mitiic@gmail.com



Павле Питка, рођен је у Шашинцима 1983. год. Докторирао је на Факултету техничких наука 2016. год., а од 2022. је у звању ванредног професора. Област интересовања су системи јавног превоза.

Утицај COVID 19 на транспортни сектор

Impact of COVID 19 on the Transportation Sector

Тина Стефановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – САОБРАЋАЈ И ТРАНСПОРТ

Кратак садржај – Овај рад ће упоредити стање друмског теретног транспорта пре и после пандемије (COVID-19) на примеру логистичке компаније. Биће понуђене методе за минимизирање штетних ефеката пандемије на транспорт и за наставак континуираног теретног транспорта у том тренутку и тиме немање директног штетног утицаја на економију и привреду. Компанија на којој је спроведена анализа се углавном бави транспортом робе у друмском сектору. Превози се готово производ односно флаширана вода различитих литража. У Србији ова компанија послује од 2007. године.

Кључне речи: Пандемија, COVID 19, транспорт.

Abstract – This work will compare the state of road freight transport before and after the pandemic (COVID-19) using the example of a logistics company. Methods will be offered to minimize the harmful effects of the pandemic on transport and to continue continuous freight transport at that time and thus have no direct harmful impact on the economy and business. The company on which the analysis was conducted is mainly engaged in the transport of goods in the road sector. The finished product, namely bottled water of various volumes, is transported. This company has been operating in Serbia since 2007.

Keywords: Pandemic, COVID 19, transportation.

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Милица Миличих

1. УВОД

Сектор друмског саобраћаја је од суштинског значаја за друштвени и економски развој и гарантује мобилност роба, услуга и људи међу земљама. За саобраћај се каже да је то крвоток привреде. У циљу контроле ширења COVID-19, многе земље широм света су поставиле ограничења на домаћи транзит и/или затворени гранични прелаз за услуге друмског превоза робе [1]. Пандемија COVID 19 је озбиљно уздрмала и угрозила привреду у целом свету. Сасвим је разумљиво да је утицај COVID 19 и на сектор транспорта и логистике велик [2]. Утицај пандемије COVID-19 види се у свим гранама транспорта, од

поморског, вазушног, железничког до друмског транспорта.

2. ВРСТЕ ТРАНСПОРТА И ЊИХОВА ВАЖНОСТ

Примарне компоненте сваког транспортног система су објекти, опрема и људи (запослени). Транспортни систем је подељен на поморски, ваздушни, железнички и друмски транспорт [4].

2.1. Поморски транспорт

Поморски транспорт чини 90% глобалне трговине. Утицај пандемије COVID-19 на глобалну трговину је дошао и осетио се великом брзином. Цена контејнерског превоза је страховито порасла током протекле четири године, са 1.000 долара на скоро 15.000 долара, што успорава опоравак тржишта [5].

2.2. Ваздушни транспорт

Недавна пандемија изазвана COVID-19 глобално је утицала на мобилност ваздушног саобраћаја, као и на авио-индустрију уопште. У ваздушном саобраћају уведена су бројна ограничења која су резултирала значајним падом пословања, доводећи поједина предузећа на ивицу банкрота, за које ће пут опоравка бити дуг и тежак и захтеваће велике напоре да се опораве или поново успоставе успешни и профитабилан посао [6].

2.3. Железнички транспорт

Када је у фокусу теретни саобраћај који се одвија између Европе и Кине, евидентно је да су железничке пруге остале готово нетакнуте глобалном пандемијском ситуацијом, шта више, то је позитивно утицало на обим саобраћаја. С обзиром на то да је пандемијска криза изазвала раст цена ваздушног и поморског превоза и повећане гужве, то је довело до повећања фреквенције железничког саобраћаја [7].

2.4. Друмски транспорт

У друмском саобраћају за превоз робе и терета најчешће се користе камиони, тегљачи, приколице и полуприколице и друга теретна друмска возила. Флексибилност је главна предност друмског транспорта терета у односу на друге врсте транспорта. Да би ограничиле ширење COVID-19, многе земље широм света су поставиле ограничења на домаћи транзит и/или затворене граничне прелазе за услуге друмског теретног промета [8].

3. ПАНДЕМИЈА И ЊЕН УТИЦАЈ НА ТРАНСПОРТ

Епидемија COVID-19 почела је у децембру 2019. године у граду Вухан, који се налази у Кинеској провинцији Хубеи, а пријављени бројеви заражених убрзо су почели да се појављују широм света. Утицај болести постао је видљив у одразу стопе морталитета и морбидитета, које су у првим месецима биле у сталном порасту. Уз успоравање кинеске привреде због прекида производње у условима недостатка људских ресурса оштећених заразом, као и због ограничења која су убрзо ступила на снагу за њено сузбијање, дошло је до поремећаја у функционисању глобалних ланаца снабдевања [9].

3.1. Ризици пандемије у транспорту

Како нам транспорт омогућава комуникацију, трговину и друге облике размене међу људима, то представља један од примарних ризика ширења вируса. Ризик може бити друштвени и пословни [3].

3.1.1. Друштвени ризик

Једини и највећи друштвени ризик је ширење вируса на места где вирус још није стигао. Сваког дана се милиони тона терета транспортују широм света копном, морем и ваздухом. Свим овим добрима манипулише одређено особље, било у производњи, складиштењу и дистрибуцији, и самим тим су у директном контакту са робом која може бити контаминирана. Особа се може заразити а да то не зна [3].

3.1.2. Пословни ризик

Ризик у пословању током пандемије се може поделити на [3]:

- Ризик од ширења вируса унутар компаније
- Немогућност поштовања рока испоруке (*lead time*)
- Додатни трошкови
- Повећање цене транспорта

3.2. Начин ширења вируса у транспорту

COVID-19 се прво шири од особе до особе, углавном респираторним путем, капљицама које се производе кашљањем, кијањем или разговором. Ове капљице могу ући у уста или нос других људи у близини или у респираторни тракт. Вероватноћа ширења је већа ако се особа налази у непосредној близини заражене особе (у кругу од 1m) [10].

3.3. Пружање услуга превоза током пандемије

Времена утовара, истовара и транзита су се повећала због мера као што су здравствени контролни пунктови на главним транзитним границама. У исто време када су приходи пали као резултат пада терета, повећао се број неповратних теретних путовања због недостатка терета на оба краја ланца снабдевања. Треба предузети кораке да се олакша међународна трговина и логистика, јер је ефикасна и неометана логистика неопходна да би се обезбедило благовремено снабдевање храном, материјалом и другом робом [11].

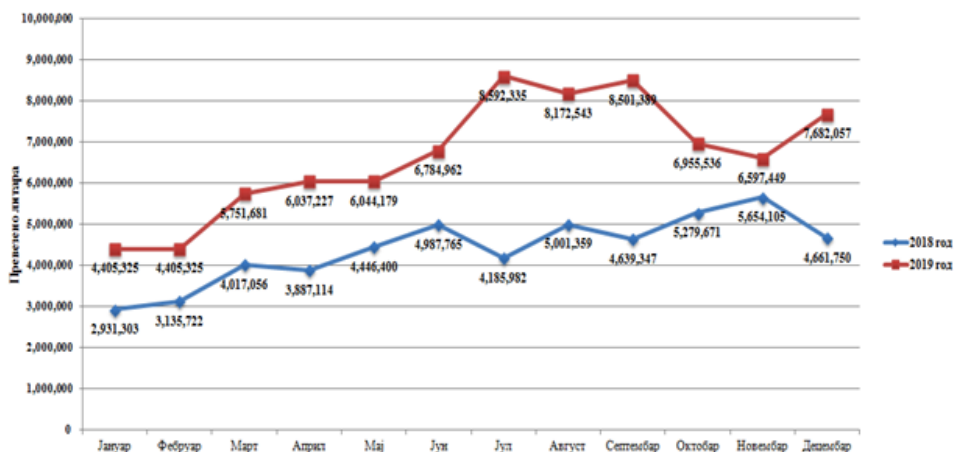
4. АНАЛИЗА СТАЊА ДРУМСКОГ ТЕРЕТНОГ САОБРАЋАЈА ПРЕ ПАНДЕМИЈЕ – ПРИКАЗ СЛУЧАЈА

Анализа стања пре пандемије односи се на 2018. и 2019. годину. За потребе анализе стања превезеног терета узета је статистика послатавања компаније Миони.

Миони је фабрика минералне воде и газираних пића и једна је од најсавременијих фабрика воде у региону која се од 2007. бави флаширањем природне минералне воде и газираних пића. У фабрици Миони је заступљен камионски транспорт јер се он показао као најоптималнија варијанта.

Анализа се заснива на дистрибуцији робе из фабрике Миони ка градовима широм Србије. Мера превезеног терета се изражава у литрима.

Слика 1. приказује поређење превезених литара у 2018. и 2019. години. У 2018. години превезено је укупно 52,827,574 литара док је у 2019. години превезено 79,930,008 литара, што је за 51,3% више него у 2018. години. Разлог за то јесте унапређење производних капацитета, а самим тим и склапање нових послова услужног пуњења.



Слика 1. Приказ дистрибуције превезених литара од 2018. до 2019. године

5. АНАЛИЗА СТАЊА ДРУМСКОГ ТЕРЕТНОГ САОБРАЋАЈА ТОКОМ ПАНДЕМИЈЕ – ПРИКАЗ СЛУЧАЈА

Анализа стања превезених литара током пандемије односи се на 2020, 2021, 2022. и 2023. годину.

Након што је пандемија COVID-19 ударила у марту 2020. године, компанија Миони била је принуђена да предузме неколико мера како би опстала на тржишту:

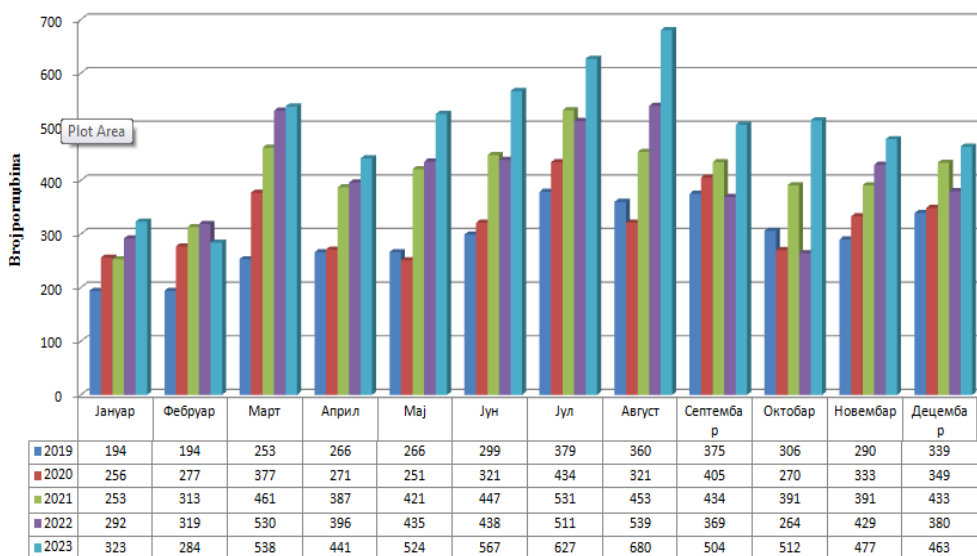
- Тражење подршке од купаца, како би се одржао исти ниво услуге и време испоруке (због мањих капацитета наруцби, возила би се испоручила полупразна),
- Омогући рад од куће за већину радника

компаније како би се избегао ризик од ширења инфекције,

- Реорганизација структуре предузећа.

5.1. Приказ поруџбина од 2019. до 2023. године

На слици 2. може се видети да је пословање компаније у 2020. години почело боље него у 2019. години, односно настављен је позитиван тренд раста транспорта компаније, као и претходних година. Јануар 2020. године био је бољи за 32% у односу на 2019, фебруар за 43% и март за 49%. Након почетка пандемије у мају 2020. године број наруцби пао је са 266 на 251, што је пад од 6% мање у односу на 2019. годину.



Слика 2. Број поруџбина од 2019. до 2023. године

5.2. Поређење 2020. са 2019. (за свих 12 месеци)

Табела 1. Поређење превезених литара у 2020. и 2019. години (у процентима)

Превезено литара	Јан.	Феб.	Мар.	Апр.	Мај	Јун	Јул	Авг.	Сеп.	Окт.	Нов.	Дец.
2020. у односу на 2019.	32.10	42.86	48.90	0.02	-5.70	0.08	14.73	-10.72	0.08	-11.60	14.69	0.03

Како је у мају, августу и октобру забележен драстичнији пад превезених литара (Табела 1.) који иде чак и до 12%, то можемо приписати утицају пандемије из разлога што су се у тим месецима дешавале кључне промене као што су: увођење полицијског часа, увођење нових мера због повећаног

броја заражених и смртних случајева, појава осталих вируса и мешање са актуелном епидемиолошком ситуацијом довела је до изазивања неповољније епидемиолошке ситуације.

5.3. Поређење 2021. са 2020. и 2019. (за свих 12 месеци)

Табела 2. Поређење 2021. са 2019. и 2020. за свих 12 месеци (у процентима)

Превезено литара	Јан.	Феб.	Мар.	Апр.	Мај	Јун	Јул	Авг.	Сеп.	Окт.	Нов.	Дец.	Тотал
2020. у односу на 2019.	32,1	42,86	48,90	0,02	-5,70	0,08	14,73	-10,72	0,08	-11,60	14,69	0,03	0,09
2021. у односу на 2019.	30,28	61,58	82,12	45,48	58,27	49,71	40,18	25,96	15,81	12,75	34,70	28	39,66
2021. у односу на 2020.	-1,36	11,31	22,10	42,71	67,83	39,11	22,19	41,10	0,07	44,61	17,44	23,94	27,09

Табела 2. гласи: у јануару 2020. године, у односу на јануар 2019. године, превезено је 32,10% више литара воде, итд по месецима редом.

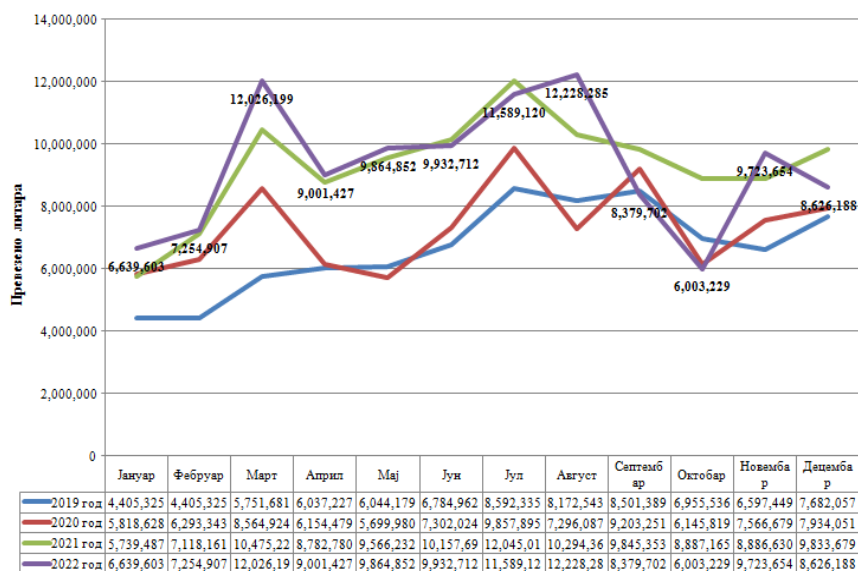
У односу на 2019. годину, 2020. је боља за свега 0,09%, односно за 7,907,152 литара у погледу превезених литара.

2021. је боља за 39,66% од 2019. у превезеним литрима, односно 31,701,779 литара.
2021. је за 27,09% боља од 2020. у превезеним литрима, односно 23,794,627 литара.

5.4. Поређење 2022. са 2021, 2020. и 2019. (за свих 12 месеци)

Када се сагледа слика 3. највећа специфичност се јавља 2022. године у односу на 2021. годину, јер је у

укупно превезеним литрима 2022. година била лошија за 0,32% односно за 361,909 литара од 2021. године. Иако је у 2021. години још увек проценат заражених вирусом COVID-19 био изразито велики, компанију то није спречило да и даље послује на истом нивоу односно још вишем нивоу када погледамо однос 2022. у односу на 2021. годину.



Слика 3. Заједнички приказ дистрибуције превезених литара период од 2019. до 2022.

5.5. Поређење 2023. са 2019, 2020, 2021. и 2022. (за свих 12 месеци)

Табела 3. Поређење 2023. са 2019, 2020, 2021. и 2022. годином (у процентима)

Превезено литара	Јан.	Феб.	Мар.	Апр.	Мај	Јун	Јул	Авг.	Сеп.	Окт.	Нов.	Дец.	Тотал
2023. у односу на 2019.	66,22	46,06	12,29	65,34	96,37	89,81	65,56	88,76	34,52	66,99	64,16	36,87	68,63
2023. у односу на 2020.	25,84	2,24	42,56	62,67	8,51	76,37	44,30	22,43	24,26	88,99	43,13	32,53	53,46
2023. у односу на 2021.	27,57	-9,61	16,56	13,99	24,24	26,79	18,10	49,85	16,16	30,69	21,87	6,93	20,74
2023. у односу на 2022.	10,28	-11,31	1,53	11,22	20,48	29,66	22,75	26,15	36,47	93,48	11,38	21,89	21,14

2023. година има најмањи пад у превезеним литрима када се сагледају све године. За разлику од 2019, 2020, 2021. и 2022. године, 2023. година има забележен пад у превезеним литрима само у месецу фебруару и то у поређењу са 2021. и 2022. годином. Свеобухватно гледано 2023. година је боља и од 2019. и од 2020. као и од 2021. и 2022. године (Табела 3).

6. ПРОБЛЕМИ ПОСЛОВАЊА ТОКОМ ПАНДЕМИЈЕ И ПРИМЕНА РЕШЕЊА – ПРИКАЗ СЛУЧАЈА

Проблеми у доба пандемије су:

- 1) Недостатак радне снаге узрокован самоизолацијом и оболелима
- 2) Кашњење испоруке изазвано: појачаном контролом возила и робе, дезинфекцијом простора и документације, контролом возача (PCR тест), самоизолацијом возача, односом компаније са превозницима

- 3) Координација унутар компаније – информисање запослених о пандемији, дефинисање понашања запослених и подела радних задатака по новом систему

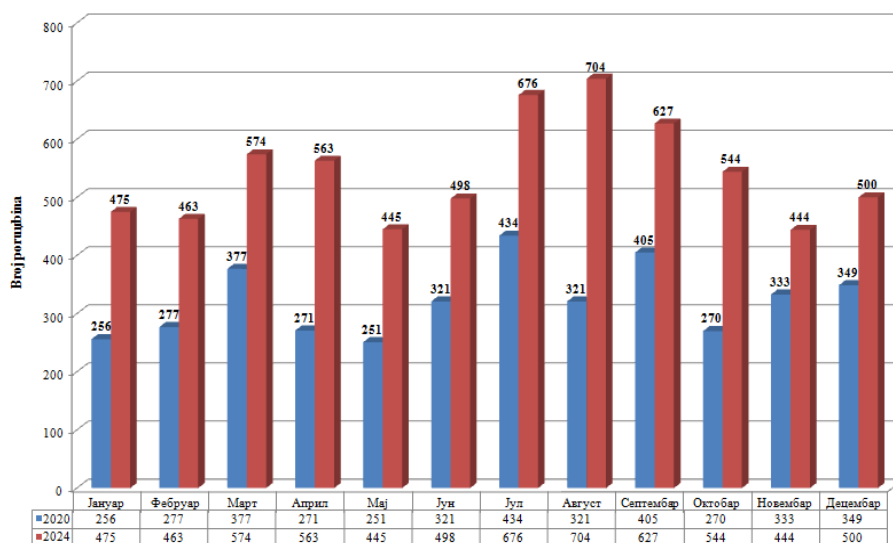
6.1. Решавање проблема током пандемије

Недостатак радне снаге због пандемије, због људи оболелих од вируса или потребе за самоизолацијом, највише се видело у недостатку магацинских радника који су били најизложенији ризику од инфекције. Повећан је број радних сати појединих запослених како би се спречила већа штета (кашњење у испоруци), што је резултирало додатним проблемом – смањеном продуктивношћу радника. Из тог разлога, компанија је дотичним радницима доделила бонусе на плате како би их мотивисала за даљи рад. Појачана контрола возила и робе као и дезинфекција простора и документације удвостручила је време припреме возила за обављање транспорта, па је уместо

резервисања возила један дан унапред то морало да се ради два дана раније.

7. АНАЛИЗА СТАЊА ДРУМСКОГ ТЕРЕТНОГ САОБРАЋАЈА НАКОН ПАНДЕМИЈЕ – ПРИКАЗ СЛУЧАЈА

Анализа стања друмског теретног саобраћаја након пандемије односи се на 2024. годину. У 2024. години термин COVID-19 се све мање и мање употребљавао. Чак и када је било случајеве заражених вирусом, то су били јако благи симптоми који нису угрожавали животе људи.



Слика 4. Број поруџбина 2020. и 2024. године

На слици 4. приказан је број поруџбина 2020. године и 2024. године. На приложеној слици може се видети да је пословање компаније у 2024. години било изузетно боље него у 2020. години, односно настављен је позитиван тренд раста транспорта компаније, као и претходних година.

8. ЗАКЉУЧАК

Транспорт, као неопходан механизам за глобално функционисање читавог човечанства, претрпео је велике промене. Анализирајући статистику превезених литара логистичког предузећа, види се да је, као и сва друга предузећа у сектору, у првим месецима пандемије претрпело одређену штету. Количине превезених литара у дистрибуцији су драстично смањене као и број радне снаге. Додатни трошкови су настали због некористићених уговорених возила превозника који је тражио обештећење. Тај негативни тренд није дуго трајао због блавременог прилагођавања предузећа и спровођења свих наведених мера.

Компанија Миони може послужити као добар пословни пример другим логистичким компанијама да правовремено деловање и критичко размишљање у кризним ситуацијама попут пандемије COVID-19 могу да одрже, ако не и побољшају квалитет услуге.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] https://jbf.ekofis.ues.rs.ba/images/2022/ZR_JPF2022/S2_Mrkajic_Veletic.pdf (приступљено у августу 2025.)
- [2] <https://www.generaltransport.rs/uticaj-covid19-na-transport-i-logistiku/> (приступљено у августу 2025.)

- [3] <https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz:2546/datastream/PDF/download> (приступљено у августу 2025.)
- [4] R. G. Kasilingam. Logistics and Transportation. Dordrecht: Springer Science+Business Media; 1998.
- [5] <https://prosertek.com/blog/impact-covid-maritime-transport/> (приступљено у августу 2025.)
- [6] G. Le Vinh. The role of transportation in logistics chain
- [7] A. Carrillo Zanuy, C. Sánchez Martín, A. Tardivo. Covid-19 impact in transport.
- [8] R. Engström. The roads' role in the freight transport system. Transportation Research Procedia.
- [9] R. Baldwin, B. Weder di Mauro. Economics in the Time of COVID-19. London: CEPR Press; 2020.
- [10] <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019> (приступљено у августу 2025.)
- [11] The effects of the coronavirus disease pandemic on international trade and logistics.2020; 6.

Кратка биографија:



Тина Стефановић рођена је у Ваљеуу 2000. год. Завршила је Саобраћај и транспорт на Факултету техничких наука у Новом Саду 2023. Исте године уписала је мастер студије на смеру Друмски саобраћај.
Контакт: tinastefanovic5@gmail.com

Ланци снабдијевања електричних возила

Electric Vehicle Supply Chains

Свјетлана (Ђерић) Стајић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм - САОБРАЋАЈ И ТРАНСПОРТ/ЛОГИСТИКА

Кратак садржај - Развој електричних возила представља кључни корак у глобалној транзицији ка одрживом транспорту и смањењу емисије штетних гасова. Међутим, ефикасност и одрживост њихове производње у великој мјери зависе од комплексних и глобално распрострањених ланаца снабдијевања. Ланци снабдијевања електричних возила обухватају широк спектар, од добављача сировина за батерије (литијум, кобалт) преко произвођача компоненти и софтвера, до крајњих произвођача и дистрибутера. Овај рад анализира структуру и главне изазове ланаца снабдијевања електричних возила, са фокусом на одрживост, дигитализацију и иновације у области циркуларне економије. Такође се разматрају стратегије које произвођачи и владе примјењују како би се смањила зависност од критичних материјала и повећала отпорност ланаца снабдијевања на глобалне поремећаје.

Кључне ријечи: Ланци снабдијевања, електрична возила, логистика, батерије, СУС возила, електрична енергија, пуњачи.

Abstract - The development of electric vehicles represents a key step in the global transition toward sustainable transportation and the reduction of harmful gas emissions. However, the efficiency and sustainability of their production largely depend on complex and globally distributed supply chains. The supply chains of electric vehicles encompass, from suppliers of raw materials for batteries (such as lithium and cobalt), to component and software manufacturers, and finally to end producers and distributors. This paper analyzes the structure and main challenges of electric vehicle supply chains, focusing on sustainability, digitalization, and innovations within the field of the circular economy. It also discusses strategies adopted by manufacturers and governments to reduce dependence on critical materials and to enhance the resilience of supply chains to global disruptions.

Keywords: Supply chains, electric vehicles, logistic, batteries, SUS vehicles, electricity, chargers.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Маринко Масларић, ред. проф.

1. УВОД

У циљу смањења загађења животне средине уводе се нова технолошка рјешења у области транспорта, заснована на преласку на одрживу енергију. Возила са моторима са унутрашњим сагоревањем (СУС) се замјењују електричним возилима (ЕВ). Поред еколошког утицаја, економски фактор прави велику разлику коју друштво прихвата. Нестабилност цијена горива на свјетском тржишту подстиче државе на убрзан процес развоја и усвајања електричних возила. Да бисмо остали у складу са нето нултим емисијама до 2050. године, емисије угљен-диоксида (CO₂) из сектора транспорта се морају смањити за више од 3% годишње до 2030. године [1]. Иако имају нулту емисију CO₂ у „издувној цијеви“, електрична возила захтјевају потрошњу електричне енергије за њихову производњу као и за напајање батерија [2]. Произвођачи аутомобила у будућности ће сигурно бити усмјерени на електромобилност.

Ово истраживање има за циљ да идентификује и анализира улогу ланца снабдијевања у процесу електромобилности као и испитивање трендова за будућност. Испитивање тренутног стања електромобилности омогућава успостављање мјерила за пројектовање будућих стања у ланцу снабдијевања електричних возила.

2. ЕЛЕКТРОМОБИЛНОСТ

2.1. Еволуција електромобилности

Почеци историје електричних возила везују се за Сједињене Америчке Државе крајем XIX вијека. У том периоду, електрична возила чинила су око трећину укупног броја возила у употреби. Прве верзије ових аутомобила одликовале су се ниским нивоом буке и одсуством издувних гасова. Тренутак који је обиљежио динамичну промјену у електромобилности био је развој Приуса Тојоте крајем XX вијека. Почетком XXI вијека порасла је забринутост због климатских промјена, што је подстакло развој батеријских технологија, нарочито литијум-јонских, што карактерише модел Тесла Родстер из 2008. године. Континуирани развој електромобилности имаће кључну улогу у развоју одрживог и ефикасног транспорта будућности.

2.2. Типови електричних возила

Основни типови електричних возила су:

BEV (*Battery Electric Vehicle*) - потпуно електрично возило које користи искључиво батерије и нема мотор са унутрашњим сагоревањем.

HEV (*Hybrid Electric Vehicle*) - хибридно возило које комбинује мотор са унутрашњим сагоревањем и електромотор.

PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*) - хибридно возило које се може пунити путем спољњег извора електричне енергије и има већи домет у електричном режиму.

FCEV (*Fuel Cell Electric Vehicle*) - електрично возило које користи водоничне горивне ћелије за производњу електричне енергије током вожње.

2.3. Тржиште електричних возила

Тржиштем електричних возила доминирају Кина и САД, на чијим тржиштима се продаје шест од десет најпродаванијих произвођача електричних возила. Према подацима Међународне агенције за енергију, упркос овом глобалном лидерству, електрична возила и даље чине мали дио укупног тржишта возила и у САД-у и у Кини. До 2017. године, подаци показују да су електрична возила чинила само 2,2% свих возила у Кини и 1,2% у САД. Кина и САД спадају у посебну групу земаља када је ријеч о продаји и залихама електричних возила. Кина је посљедњих година знатно превазишла САД са продајом нових електричних возила, као и укупним залихама електричних возила, према истраживању ОЕЦД-а из 2016. године [3]. На графику 1. дат је упоредни приказ залиха електричних возила и њихове продаје у периоду 2009-2017. године.

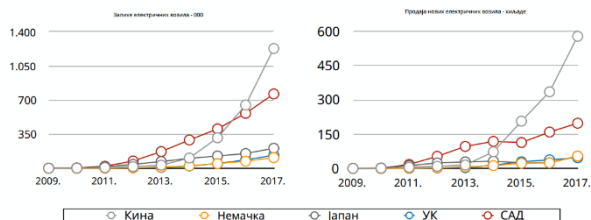


График 1. Залихе и продаја ЕВ [3]

3. ЛАНЦИ СНАБДИЈЕВАЊА ЕЛЕКТРОВОЗИЛА

Ланац снабдијевања електричним возилима је веома различит од ланца снабдијевања возилима са моторима са унутрашњим сагоревањем, међутим, важно је процијенити степен разлике. У основи, долази до промјене у природи коришћених компоненти, од машинског инжењерства до електротехнике и електронике. Примарна компонента на платформи за погон електричних возила је батерија. Тешко је процијенити динамику ланца снабдијевања батерија. Тренутно су батерије комерцијализовани производи чија је економија неизвесна. Главне производне локације се граде у Кини. Постоје и друге значајне компоненте у погонској платформи, као што су системи за

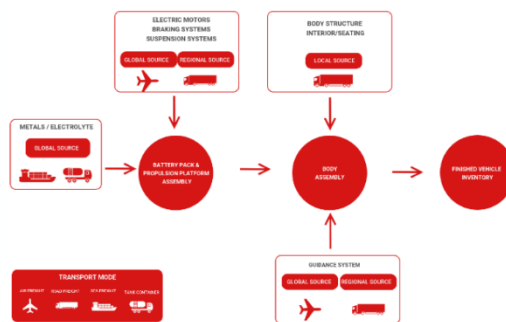
рекуперацију енергије електромотора и системи кочења. Оне су вјероватно важне, али не и пресудне за успјех било ког возила. Дигитални системи навођења представљају паралелан развој у трансформацији возила. Утицај дигиталних система на ланац снабдијевања ЕВ је још у развоју, али је извјесно да ће електроника замјенити скоро све електромеханичке системе, док ће комплексан софтвер бити основа сваког система.

2.3. Међусобно повезивање компоненти

Један кључан аспект ланца снабдијевања ЕВ је другачија природа повезаности компоненти. Док су код возила са мотором на унутрашње сагоревање везе кинестетичке, код електричних возила оне зависе од кретања електрона. То омогућава:

- већу флексибилност у промјени и еволуцији компоненти платформе;
- већи спектар компоненти по платформи и више монтажних операција на тржишту резервних дијелова;
- већу варијабилност протока производа током производног циклуса;
- сложеније операције у улазној логистици.

Насупрот томе, код мотора са унутрашњим сагоревањем промјене су скупе и ријетке, обично на период од 3 до 5 година. Проток информација је кључан за продуктивност у ланцу снабдијевања. Најпознатији систем је „Тојота производни систем“ са канбан методом, док *BMW* и *KOVP* користе сложеније системе, нпр. *KOVP* заснован на *SAP*-у, за оптимизацију коришћења капиталних средстава и потражње. Код ЕВ ланца додаток је производња батерија и батеријски пакет/погонска платформа. На слици 1. приказана је архитектура ланца снабдијевања електричних возила.



Слика 1. Архитектура ланца снабдијевања електричних возила [3]

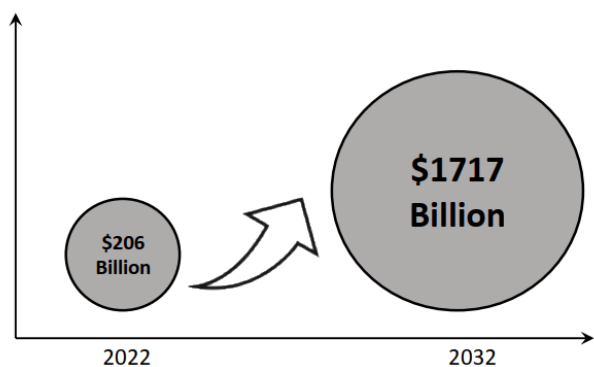
3.2. Логистика батерија и погонских платформи

Многи произвођачи возила већ имају сложене системе управљања, али с појавом електричних возила ситуација би се могла промијенити. Кључни изазов биће економија ланца снабдијевања. Ако производња захтјева високо коришћење капацитета, то ће вјероватно остати непромијењено. Међутим, ако се дијелови попут батерија пребаце на спољне добављаче, може доћи до веће флексибилности у одговору на потражњу купаца. ИТ ресурси који нуде већу транспарентност и контролу могу трансформисати однос између купца и производње,

приближавајући концепт „производње по наруџбини“. Рјешавање тензија између спецификација производа, рокова испоруке и искоришћења капацитета могло би бити олакшано алатима попут динамичког одређивања цијена.

3.3. Екосистем ланца снабдијевања електровозила

Овај систем обухвата процесе од набавке сировина и производње батерија до склапања возила и управљања на крају животног вијека. Овај екосистем подстиче иновације и одрживост у транспорту, одражавајући глобалну тежњу ка еколошки прихватљивим и технолошки напредним рјешењима мобилности. Набавка сировина обухвата рударске операције које издвајају кључне елементе попут литијума и ријетких руда, неопходних за производњу компоненти електричних возила [4]. Обрада и транспорт ових материјала чине прву фазу ланца снабдијевања. Продајне мреже представљају канале кроз које возила стижу до крајњег корисника [5]. Величина тржишта зависи од броја продатих јединица, просјечне цијене, вриједности пратећих услуга и инвестиција у инфраструктуру. Од 2022. године процјењује се да ће глобално тржиште ЕВ-а порастати са 206 милијарди УСД на 1.717 милијарди УСД до 2032. године, уз просјечну годишњу стопу раста од 21,26%, што је приказано на слици 2 [6].



Слика 2. Раст глобалног тржишта електричних возила [6]

Овакв раст указује на снажан помак ка одрживом транспорту и повећану потражњу потрошача. Размјера екосистема одређује се обимом инфраструктуре и оперативних капацитета:

- Капацитет производње: број ЕВ возила који се могу произвести у одређеном периоду, укључујући батерије, електромоторе и друге компоненте.
- Набавка сировина: обухвата географски распон и количину материјала попут литијума, кобалта и никла.
- Инфраструктура за пуњење и одржавање: број пуњача (јавних и приватних) и сервисних центара важан је показатељ спремности екосистема.

3.4. Транзиција ка ланцима снабдијевања електровозила

У анализи преласка са традиционалног екосистема ланца снабдијевања СУС возила на екосистем ланца снабдијевања електричних возила, потребно је

пажљиво испитати кључне елементе повезане са самим екосистемом. Спољни макроекономски фактори обухватају варијабле индустријских и економских политика (нпр. велика подршка државе, регулаторни захтјеви, мандати за контролу климе), као и факторе глобалне тржишне динамике (нпр. обрасци потражње, геополитички савези, стратешки трговински преговори, инвестиције глобалних компанија). Прелазак на ЕВ екосистем ланца снабдијевања захтјева измјене у производним процесима [7]. Традиционални произвођачи аутомобила и добављачи компоненти морају реконфигурисати своје производне линије како би прилагодили склапање електричних возила и њихових кључних дијелова, попут електромотора и батерија. Промјене у ланцима снабдијевања ЕВ возила обухватају и радну снагу, диверзификацију вјештина, потражњу потрошача и нивое задовољства. Како аутомобилска индустрија прихвата електричну мобилност, расте потражња за стручњацима из области технологија везаних за ЕВ. Постојећи добављачи морају унаприједити вјештине радне снаге или запослити стручњаке за технологију батерија, електричне погонске системе, софтверску интеграцију и друге специфичне области повезане с електричним возилима. Разноврсни фактори унутар екосистема ланца снабдијевања електричних возила, како спољни тако и унутрашњи, представљају кључне промјене које настају током преласка са традиционалног ланца заснованог на фосилним горивима на екосистем снабдијевања за ЕВ. Свака од тих промјена доноси изазове и прилике за актере аутомобилске индустрије док се прилагођавају све динамичнијем окружењу електричне мобилности.

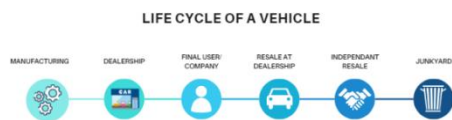
4. РИЗИЦИ У ЛАНЦИМА СНАБДИЈЕВАЊА ЕЛЕКТРОВАЗИЛА

Вријеме пуњења је главни недостатак ЕВ возила - чак и брзо пуњење (80%) траје 30-60 минута, што отежава дужа путовања. Батерије имају ограничен вијек трајања и скупу замјену, а њихово одлагање може штетити околини, што смањује економску привлачност и повећава трошкове дугорочног одржавања. Главни проблем урбаних ЕВ пуњача је ограничена доступност. Недостатак станица ствара непријатности, може изазвати „страх од празне батерије“ и дуге редове, што смањује практичност и привлачност ЕВ возила у градовима, отежава проток саобраћаја и коришћење јавног простора. Постављање довољно ЕВ пуњача у урбаним срединама захтјева велика улагања у инфраструктуру, што је финансијски изазов за општине и приватне добављаче. Високи трошкови инсталације, одржавања и надоградње, уз ограничен простор и зонирање, отежавају проширење мреже пуњача у густим урбаним подручјима [8].

4.1. Нови концепти и одлучујући фактори

У ери трансформације аутомобилске индустрије, животно циклус возила постаје примјер иновација, одрживости и прилагодљивости. Циклус од производње и монтаже до одлагања или препродаје

истрошених возила, приказан на слици 3, полако губи на значају [8].



Слика 3. Линеарни животни циклус возила [8]

Данас животни циклус возила обухвата факторе попут бриге за животну средину, технолошких иновација и тржишних промјена. Производња се помјера ка агилним и одрживим праксама, укључујући рециклиране материјале и напредну роботiku, уз минимизирање отпада и емисија. Власнички модел такође еволуира: дигиталне платформе, дијељене услуге и претплатнички модели нуде флексибилан, приступачан и одржив транспорт на захтјев, умјесто традиционалног приватног власништва.

Аутомобилски брендови прилагођавају стратегије продаје кроз изнајмљивање, лизинг и трговину, истовремено истражујући начине за максимизирање вриједности сваког возила без сталног власничког приступа.

Због промјена у потрошачким преференцијама и тржишној динамици, аутомобилски брендови уводе нове стратегије продаје, укључујући изнајмљивање, лизинг и трговину возилима. Компаније максимизују вриједност сваког возила кроз финансијска партнерства и поновну употребу, нпр. као возила за изнајмљивање, флоте или дијељене услуге. Примјери стратешких улагања укључују *Aramis Group (Stellantis)*, која је 2022. купила портал за продају половних аутомобила за више од 100 милиона УСД, и *Volkswagen* који је купио *Europcar* за преко 2,9 милијарди УСД, јачајући своје тржиште изнајмљивања и конкурентску позицију. Ове инвестиције показују прелазак индустрије ка пружању разноврсних услуга ради задовољства потрошача и повећања прихода [8].

5. ЗАКЉУЧАК

Овај рад приказује прелазак са конвенционалних возила на електрична и промјене у њиховим ланцима снабдијевања. Електрична возила смањују емисију штетних гасова, али се суочавају са изазовима попут ограничене инфраструктуре, животног вијека и одлагања батерија.

Ланци снабдијевања ЕВ возила разликују се од традиционалних, јер укључују електричне компоненте и другачију производњу. Рад даје преглед предности и недостатака произвођача у преласку на ЕВ, могућности за рјешавање проблема инфраструктуре и батерија. Иновацијама у развоју батерија, посебно литијум-јонских, очекује се да ће преобликовати моћ и динамику у аутомобилском сектору.

Будућност ЕВ сектора зависиће од способности произвођача да интегришу ове промјене и одговоре на растуће потребе тржишта.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Makri V. Supply Chain Management Masters Thesis, E-mobility: Current & Future Trends, Athens, 2024.
- [2] Kovačević, T., Ninović, M., Miličić, M., & Pitka, P. Primena električnih vozila - ekološka opravdanost. Put I Saobracaj, 2024.
- [3] Manners-Bell J., Bailey N., Cullen T., Ti Future Mobility: Electric Vehicle Supply Chain Architecture.
- [4] Kosai, S.; Takata, U.; Yamasue, E. Natural Resource Use of a Traction Lithium-Ion Battery Production Based on Land Disturbances through Mining Activities. J. Clean.
- [5] Perera, P., Hewage, K., Sadiq, R. Electric Vehicle Recharging Infrastructure Planning and Management in Urban Communities. J. Clean. Prod. 2020.
- [6] Rapson, D.S., Muehlegger, E. The Economics of Electric Vehicles. Rev. Environ. Econ. Policy, 2023.
- [7] Bhatti, G., Mohan, H., Raja Singh, R. Towards the Future of Smart Electric Vehicles: Digital Twin Technology. Renew. Sustain. Energy Rev. 2021.
- [8] Montes, J. Torralbo., Electrification of Vehicles and the Future of the Automobile Industry in Europe, Metropolia University of Applied Sciences, 2024.

Кратка биографија:



Светлана (Ђерић) Стајић - рођена у Невесињу 2000. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Саобраћај и транспорт - Логистика, са темом: Ланци снабдијевања електричних возила, одбранила је 2025. год.
Контакт: djericsvjetlana@gmail.com

**SUSPENDOVANE ČESTICE U GRID LABORATORIJ I
BEZBEDNOST STUDENATA NA PRAKSI****SUSPENDED PARTICULATES IN THE GRID LABORATORY
AND STUDENT SAFETY DURING PRACTICE**Aleksandra Stančul, Savka Adamović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – *Detekcija suspendovanih čestica sprovedena je u neposrednom okruženju mašine za povez žicom primenom prostorne metode sa senzorskim uzorkivačem. Poseban značaj istraživanja ogleda se u proceni koncentracionih nivoa čestica kojima su izloženi studenti tokom obavljanja stručne prakse u GRID laboratoriji, budući da aktivnosti kao što su manipulacija papirnim materijalima i rad na mašini mogu uticati na povećanje koncentracija čestica u radnom okruženju.*

Ključne reči: *Suspendovane čestice, kvalitet vazduha, bezbednost u radnom okruženju, završna grafička obrada*

Abstract – *Detection of suspended particulates was carried out in the immediate vicinity of the wire binding machine using a spatial method with a sensor sampler. The particular significance of this research lies in assessing the particulate concentration levels to which students are exposed during professional practice in the GRID Laboratory. Activities such as handling paper materials and operating the machine may contribute to an increase in particle concentrations in the working environment.*

Keywords: *Suspended particulates, air quality, workplace safety, print finishing*

1. UVOD

Završna grafička obrada predstavlja jednu od ključnih faza grafičke proizvodnje, jer direktno utiče na kvalitet, funkcionalnost i estetsku vrednost gotovog proizvoda. Obuhvata sve tehnološke operacije koje se sprovode nakon štampe, s ciljem da proizvodima obezbedi konačan oblik, trajnost i punu upotrebnu vrednost. Operacije se prema vrsti postupka klasifikuju na [1]: oblikovanje (savijanje, utiskivanje žiga, plisiranje), razdvajanje (rezanje, izrezivanje, perforacija), spajanje (šivenje, spajanje viljcima, lepljenje) i oslojavanje (premazivanje, prskanje, štampanje). Broj i redosled operacija zavise od složenosti proizvoda, a proces može biti ručni, mašinski ili kombinovan, u zavisnosti od vrste proizvoda, veličine tiraža i zahteva klijenta [1].

U svim fazama grafičkog proizvodnog procesa generiše se opasan i bezopasan otpad (npr. papir). Opasan otpad

obuhvata: emisije zagađujućih materija u vazduh, otpadne vode i čvrst otpad [2]. Najčešći polutanti u vazduhu su gasovi, lakoisparljiva organska jedinjenja, suspendovane čestice i teški metali [2]. Nivoi emisija zagađujućih materija u vazduh zavise od: vrste i količine upotrebljenih grafičkih materijala, stanja ventilacije, veličine prostora i ambijentalnih uslova [3].

Suspendovane čestice (engl. Particulate Matter, PM) predstavljaju mešavinu sitnih čestica i kapljica u vazduhu. Mogu imati različitu veličinu i poreklo, te čine složenu mešavinu organskih i neorganskih supstanci [4]. Najčešći tipovi su PM₁₀ (prečnika < 10 μm), PM_{2,5} (prečnika < 2,5 μm) i PM_{0,1} (prečnika < 0,1 μm). Najsitnije čestice (PM_{2,5} i PM_{0,1}) najopasnije su jer prodiru respiratorni sistem i mogu izazvati bolesti pluća i srca [3]. Suspendovane čestice ubrajaju se među najuticajnije toksične zagađujuće materije u zatvorenom prostoru, a rizik od njihovog delovanja često je veći nego na otvorenom, naročito za osetljive populacije. Istraživanja pokazuju da značajan deo unutrašnjih PM čestica potiče direktno iz aktivnosti unutar prostorije [5]. Jedna od glavnih pojava u štamparijama koja dovodi do stvaranja suspendovanih čestica je prašenje papira. Tokom prerade papira dolazi do oslobađanja sitnih čestica sa njegove površine, naročito kod premaznih i umetničkih papira [6].

Proces analize PM je složen i zahteva primenu različitih analitičkih metoda, u zavisnosti od ciljeva i zahteva istraživanja [7]. Prema načinu detekcije i obrade podataka, metode se mogu klasifikovati na: metode određivanja koncentracije čestica (gravimetrijske, optičke i metode zasnovane na mikrobilansu) i metode za određivanje raspodele veličine čestica (mikroskopske, impacione, difuzione metode, metode naelektrisanja i kombinovani sistemi), [7, 8].

U cilju procene koncentracionih nivoa suspendovanih čestica kojima su izloženi studenti tokom praktične nastave u GRID laboratoriji, sprovedena je analiza emitovanih PM₁, PM_{2,5} i PM₁₀ čestica u neposrednom okruženju mašine za povez žicom. Za merenje masenih koncentracija čestica primenjena je prostorna metoda uz upotrebu senzorskog uzorkivača opremljenog optičkim brojačem čestica, tokom pet radnih dana.

2. EKSPERIMENTALNI DEO**2.1. Opis GRID laboratorije**

Istraživanje je sprovedeno u GRID laboratoriji koja je deo Departmana za grafičko inženjerstvo i dizajn na Fakultetu

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Savka Adamović, vanredni profesor.

tehničkih nauka u Novom Sadu. GRID laboratorija se sastoji iz dela za digitalnu štampu i prostora za završnu grafičku obradu u kojoj se nalazi i mašina za povez žicom. Merenje je sprovedeno u neposrednom okruženju mašine za povez žicom Hohner Exact (slika 1), koja predstavlja poluautomatsku jedinicu za šivenje, namenjenu upotrebi u procesima završne grafičke obrade [9].



Slika 1. Mašina za povez žicom Hohner Exact [10]

2.2. Upravljanje mašinom za povez žicom

Rad na mašini za povez žicom Hohner Exact obuhvata pripremu i podešavanje mašine u skladu sa karakteristikama knjižnog bloka, uključujući podešavanje razmaka šivaćih glava i poravnanje materijala. Pripremni rad podrazumeva pažljivo rukovanje tokom same operacije, koje se izvodi pomoću nožne papučice. Nakon završetka postupka, proces se okončava isključivanjem mašine i čišćenjem radne površine [11].

Pre početka rada na mašini za povez žicom, radi bezbednosti samog izvršioca, neophodno je da operater bude stručno obučen za bezbedan rad i da u potpunosti pročita i razume uputstvo za upotrebu koje je obezbedio proizvođač. Takođe, operater mora koristiti mašinu isključivo u skladu sa smernicama i tehničkim mogućnostima koje je definisao proizvođač, a rad se sprovodi pod strogim nadzorom stručno osposobljenog lica u GRID laboratoriji [11].

2.3. Organizacija monitoringa

Koncentracioni nivoi PM čestica kontinuirano su praćeni pomoću Eco Net senzorskog uzorkovača sa optičkim brojačem čestica (engl. Optical Particle Counter, OPC), model OPC-N2 (proizvođača Alphasense, Velika Britanija). Uređaj predstavlja prenosiv i precizan sistem za monitoring PM čestica, poznat po visokoj tačnosti merenja masenih koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i mogućnosti prikupljanju podataka u realnom vremenu [7].

Vrednosti odabranih parametara (temperature, relativne vlažnosti, pritiska vazduha i masenih koncentracija PM čestica) uzorkivač registruje na svaka 2 minuta i beleži ih na „Cloud“ serveru [7].

Eko Net senzorski uzorkivač postavljen je pored mašine za povez žicom Hohner Exact na visini od 2 m. Pozicija senzorskog uzorkivača pored mašine izabrana je na osnovu

tehničkih mogućnosti i sa ciljem neometanja rada operatera za mašinom.

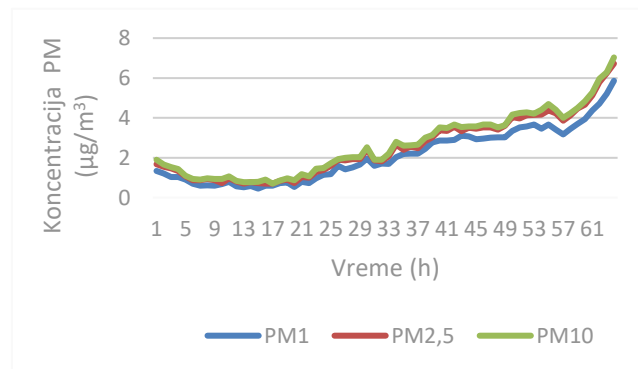
Da bi se eliminisao uticaj postojećih čestica u GRID laboratoriji određene su početne (nulte) prosečne vrednosti odabranih parametara jedan sat pre početka 8-časovnog radnog vremena. Nulte prosečne vrednosti korišćene su za korekciju izmerenih vrednosti.

Monitoring suspendovanih čestica sproveden je tokom jedne radne nedelje, odnosno pet radnih dana. Rezultati masenih koncentracija PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ i PM_1 prikazani su kao prosečne vrednosti za period od jednog sata pre početka rada mašine i za svaki od osam radnih sati tokom 8-časovnog radnog vremena.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Masene koncentracije PM čestica u neradnom režimu

Monitoring u neradnom režimu GRID laboratorije sproveden je 64 sata, tj. od trenutka prestanka rada laboratorije (petak u 16:00) do 1 sat pre početka sledeće radne nedelje (ponedeljak u 7:00). Promene prosečnih vrednosti masenih koncentracija PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ i PM_1 čestica tokom 64-satnog monitoringa u neradnom režimu prikazane su na slici 2.



Slika 2. Promene prosečnih vrednosti koncentracija PM_1 , $\text{PM}_{2,5}$ i PM_{10} čestica tokom 64-časovnog monitoringa u neradnom režimu

Nakon poslednjeg radnog sata u GRID laboratoriji masene koncentracije PM_1 , $\text{PM}_{2,5}$ i PM_{10} čestica iznosile su: $1,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $1,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $1,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, redom. Tokom prvih 25 sati praćenja, zabeleženo je da su koncentracije svih čestica (PM_1 , $\text{PM}_{2,5}$ i PM_{10}) postepeno opadale tokom vremena.

Između 26. i 64. sata zabeleženo je povećanje prosečnih masenih koncentracija čestica: od 5,7 do 77,3% za PM_1 , od 10,2 do 75,1% za $\text{PM}_{2,5}$ i od 4,5 do 73,0% za PM_{10} . Dobijeni rezultati ukazuju da GRID laboratorija nije u potpunosti izolovana od spoljašnjih uticaja koji mogu uticati na kvalitet vazduha i u periodu kada je laboratorija neaktivna.

3.2. Parametari 24 sata pre početka monitoringa u radnom režimu

Intervali prosečnih vrednosti ambijentalnih parametara vazduha (temperature, T, relativne vlažnosti, RH i pritiska, P) i masenih koncentracija (γ) PM_1 , $\text{PM}_{2,5}$ i PM_{10} čestica, izmerenih 24 sata pre početka prvog radnog dana, prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Intervali prosečnih vrednosti mikroklimatskih parametara i masenih koncentracija PM čestica za 24 sata

Parametar	Interval vrednosti
T (°C)	26,5 - 26,8
RH (%)	73,0 - 80,0
P (kPa)	1000,95 - 100,91
γ PM ₁ (μg/m ³)	2,86 - 5,86
γ PM _{2,5} (μg/m ³)	3,34 - 6,77
γ PM ₁₀ (μg/m ³)	3,47 - 7,03

Rezultati analize (tabela 1) pokazuju da blagi porast temperature vazduha, od 0,3°C, ukazuje na stabilne termičke uslove u prostoru. Varijacije relativne vlažnosti vazduha ukazuju na promene u ventilaciji ili prisustvo izvora vlage tokom merenja. Pad atmosferskog pritiska je blag (0,04 kPa), što je u granicama očekivanih dnevnih fluktuacija i ne ukazuje na značajne atmosferske promene. Svi parametri pokazuju relativnu stabilnost sa manjim odstupanjima koja ne bi trebalo da značajno utiču na rezultate merenja ili rad u laboratoriji. Međutim, prosečne masene koncentracije za sve PM čestice su se povećale za 2 puta.

3.3. Suspendovane čestice u radnom režimu mašine za povez žicom

Nulte prosečne vrednosti masenih koncentracija, izmerene jedan sat pre početka prvog radnog dana iznosile su: 5,86 μg/m³ za PM₁, 6,72 μg/m³ za PM_{2,5} i 7,03 μg/m³ za PM₁₀ čestice. Rezultati prvog dana monitoringa pokazuju da su tokom drugog radnog sata zabeležene najviše prosečne masene koncentracije od 12,80 μg/m³ za PM₁, 17,52 μg/m³ za PM_{2,5} i 18,42 μg/m³ za PM₁₀. U odnosu na prethodni radni sat, koncentracije svih frakcija PM čestica povećane su približno 1,5 puta. Tokom preostalih radnih sati koncentracije su opadale do vrednosti 3,97 μg/m³, 5,42 μg/m³ i 5,59 μg/m³ za PM₁, PM_{2,5} i PM₁₀, redom.

Drugog dana monitoringa nulte prosečne vrednosti masenih koncentracija, iznosile su: 5,93 μg/m³, 6,93 μg/m³ i 7,10 μg/m³ za PM₁, PM_{2,5} i PM₁₀ čestice, redom. Tokom trećeg radnog sata zabeležene su najviše prosečne masene koncentracije detektovanih PM čestica, i to: 14,28 μg/m³, 20,96 μg/m³ i 22,29 μg/m³. Tokom četvrtog i petog radnog sata, došlo je do umerenog smanjenja koncentracija, u proseku 1,2 puta, kod svih frakcija PM čestica. U poslednja tri radna sata, usled aktiviranja mašine za bešavni povez, uočen je nagli skok koncentracija čestica u rasponu od 2,7 do 4,5 puta za PM₁, od 4,9 do 8,9 puta za PM_{2,5} i od 5,9 do 11,2 puta za PM₁₀ čestice. Povećanje koncentracija direktno je povezano sa manipulacijom knjižnih blokova unutar mašine za bešavni povez, koja se nalazi na udaljenosti oko 3 m od mesta merenja.

Pre početka trećeg radnog dana, zabeležene su nulte vrednosti od 12,83 μg/m³, 18,97 μg/m³ i 19,93 μg/m³ za PM₁, PM_{2,5} i PM₁₀, redom. Povećanje početnih koncentracija PM na početku trećeg dana monitoringa posledica je povišenih vrednosti zabeleženih tokom drugog dana. Tokom trećeg dana monitoringa, u četvrtom satu rada izmerene su najviše prosečne masene koncentracije PM₁, PM_{2,5} i PM₁₀ čestica od: 8,87 μg/m³, 10,73 μg/m³ i 11,81 μg/m³, redom.

Nulte prosečne vrednosti masenih koncentracija za četvrti radni dan iznosile su: 7,12 μg/m³ za PM₁, 8,31 μg/m³ za PM_{2,5} i 8,42 μg/m³ za PM₁₀. Četvrtog sata monitoringa detektovane su najviše masene koncentracije, i to: 9,24 μg/m³, 12,44 μg/m³ i 12,97 μg/m³ za PM₁, PM_{2,5} i PM₁₀, redom. Uočava se da tokom prva četiri sata dolazi do porasta prosečnih masenih koncentracija u rasponu: od 3,4 do 4,1 puta za PM₁, od 3,1 do 3,8 puta za PM_{2,5} i od 3,1 do 3,6 puta za PM₁₀ čestice. Nakon petog radnog sata dolazi do postepenog smanjenja koncentracija u inervalu od 1,1 do 2,1 puta za sve frakcije PM čestica.

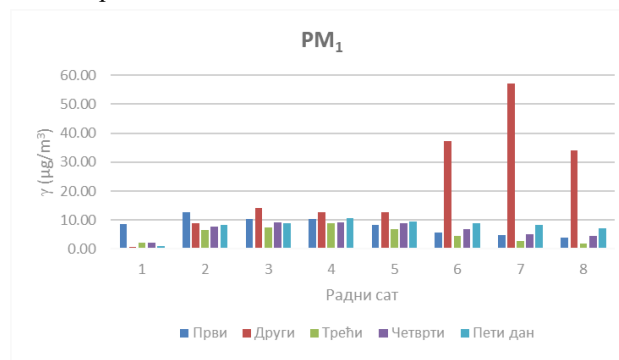
Jedan sat pre početka petog radnog dana detektovane su početne prosečne masene koncentracije PM₁, PM_{2,5} i PM₁₀ čestica u iznosima od: 6,52 μg/m³, 7,96 μg/m³ i 8,13 μg/m³, redom. Četvrtog sata petog dana monitoringa detektovane su najviše masene koncentracije, i to: 10,75 μg/m³, 14,59 μg/m³ i 15,19 μg/m³ za PM₁, PM_{2,5} i PM₁₀, redom. Tokom prva četiri radna sata dolazi do porasta prosečnih masenih koncentracija, i to u rasponu: od 9,9 do 12,6 puta za PM₁, od 9,8 do 12,2 puta za PM_{2,5} i od 10,4 do 12,8 puta za PM₁₀ čestice. Od petog do osmog radnog sata zabeleženo je postepeno smanjenje koncentracija čestica, u rasponu: od 1,1 do 1,5 puta za PM₁ i PM₁₀ i od 1,2 do 1,6 puta za PM_{2,5}.

Od prvog do petog dana monitoringa uočeno je da se najviše proizvode PM₁₀ čestice, nešto manje PM_{2,5} i najmanje PM₁ čestice.

3.4. Poređenje koncentracija PM čestica po radnim danima

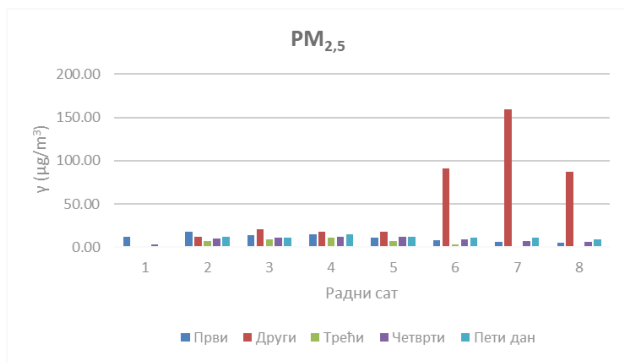
Promene prosečnih vrednosti masenih koncentracija PM₁, PM_{2,5} i PM₁₀ čestica emitovanih u neposrednom okruženju mašine za povez žicom, tokom petodnevnog monitoringa u okviru radnog vremena od osam sati, prikazane su na slikama od 3 do 5, redom.

Drugog dana monitoringa, najviše prosečne masene koncentracije PM₁ čestica, iznosile su 37,28 μg/m³, 57,11 μg/m³ i 34,03 μg/m³, tokom šestog, sedmog i osmog radnog sata (slika 3). Povećanje koncentracija čestica direktno je povezano sa dodatnom aktivacijom mašine za bešavni povez.



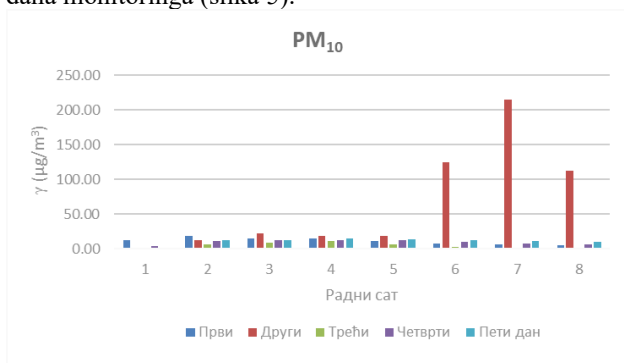
Slika 3. Promene prosečnih vrednosti masenih koncentracija PM₁ čestica po radnim danima i satima

Kao posledica istovremenog rada mašine za povez žicom i mašine za bešavni povez, najviše prosečne vrednosti masenih koncentracija PM_{2,5} čestica od 91,46 μg/m³, 159,19 μg/m³ i 87,59 μg/m³ detektovane su tokom poslednja tri radna sata drugog dana monitoringa (slika 4).



Slika 4. Promene prosečnih vrednosti masenih koncentracija $PM_{2,5}$ čestica po radnim danima i satima

I u slučaju PM_{10} frakcije najviše prosečne vrednosti masenih koncentracija od $24,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $214,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $112,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ izmerene su tokom poslednja tri sata drugog dana monitoringa (slika 5).



Slika 5. Promene prosečnih vrednosti masenih koncentracija PM_{10} čestica po radnim danima i satima

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu petodnevno monitoringa masenih koncentracija PM_{10} , $PM_{2,5}$ i PM_{10} čestica u prostoru GRID laboratorije za grafičku obradu, detektovana su povećanja koncentracija praćenih čestica kako u neradnom, tako i u radnom režimu. Povećanje masenih koncentracija čestica u neradnom režimu ukazuje na to da GRID laboratorija nije u potpunosti izolovana od spoljašnjih faktora koji mogu uticati na kvalitet vazduha čak i u odsustvu radnih aktivnosti.

Uočen je izražen uticaj rada mašine za povez žicom na PM opterećenje radnog prostora. Rezultati pokazuju da su najviše masene koncentracije čestica detektovane drugog dana monitoringa, tokom trećeg radnog sata, i to za:

- PM_1 : $14,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- $PM_{2,5}$: $20,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i
- PM_{10} : $22,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Najviše koncentracije su registrovane drugog dana tokom rada više uređaja istovremeno, što dokazuje direktnu povezanost mehaničkih operacija i emisije čestica.

U svim danima, najviše koncentracije zabeležene su u prvim časovima rada zbog aktiviranja opreme i manipulacije papirnim materijalima, nakon čega sledi postepeno smanjenje usled stabilizacije radnog režima i delovanja ventilacije.

Tokom svih dana monitoringa, najviše masene koncentracije zabeležene su za PM_{10} , zatim za $PM_{2,5}$, dok

su najniže vrednosti registrovane za PM_1 , što je u skladu sa njihovim fizičkim osobinama i dinamikom nastanka u proizvodnom okruženju.

Dobijeni rezultati potvrđuju značaj kontinuiranog praćenja kvaliteta vazduha u zatvorenim prostorima sa povišenom produkcijom suspendovanih čestica, prvenstveno radi procene uticaja na zdravlje operatera (radnika ili studenta) i potrebe za primenom dodatnih mera zaštite i provetranja.

5. LITERATURA

- [1] M. Pal, "Završna grafička obrada", Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 2025.
- [2] https://www.academia.edu/23429030/ASSESSMENT_OF_EXPOSURE_TO_INDOOR_AIR_POLLUTION_IN_PRINTING_INDUSTRY_IN_LIBYA_21 (pristupljeno u aprilu 2025.)
- [3] O. Ayeni, E. Chongcicimmi Ibrahim, A.M. Stanley, D. Abdulsalam, I. Isah, F.M. Lawal, V.O. Agada, "Evaluation of air pollutants concentration in the indoor spaces of printing presses in Zaria metropolis", *Journal of Contemporary Research in the Built Environment*, Vol 6, No. 1, pp. 12-28, 2022.
- [4] <https://pdfs.semanticscholar.org/5a28/146ce6950c27ec4fc950269cc839155ada99.pdf> (pristupljeno u oktobru 2025.)
- [5] <https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults/titleDetail/PB2010114915.xhtml> (pristupljeno u aprilu 2025.)
- [6] M., Prica, S. Adamović, "Grafički materijali", Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 2017.
- [7] <https://www.grid.uns.ac.rs/symposium/download/2024/71.pdf> (pristupljeno u maju 2024.)
- [8] S. Simões Amaral, J. Andrade De Carvalho Jr., M.A. Martins Costa, C. Pinheiro, "An overview of particulate matter measurement instruments", *Atmosphere*, Vol. 6, No. 9, pp. 1327-1345, 2015.
- [9] <https://www.grid.uns.ac.rs/oprema/oprema-zgo.html> (pristupljeno u maju 2024.)
- [10] <https://www.grid.uns.ac.rs/oprema/images/zgo/z-7.jpg> (pristupljeno u maju 2024.)
- [11] https://www.grid.uns.ac.rs/data/gc/web_uputstva_za_bezbednost_na_radu/uputstvo_za_bezbedan_rad_hohner_exact.pdf (pristupljeno u maju 2024.)

Kratka biografija:

Aleksandra Stančul rođena je u Zrenjaninu 2000. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičkog inženjerstva i dizajna odbranila je 2025. godine.
kontakt: aleksandraStancul00@gmail.com

Savka Adamović rođena je u Novom Sadu 1976. godine. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2016. godine, a od 2022. godine je u zvanju vanredni profesor.
kontakt: adamovicsavka@uns.ac.rs



Дизајн корисничког искуства и корисничког интерфејса мобилне апликације за праћење навика

User Experience and User Interface Design for Mobile Habit-Tracking Application

Анђела Адић, Стефан Ђурђевић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Студијски програм – ГРАФИЧКО ИНЖЕЊЕРСТВО И ДИЗАЈН

Кратак садржај – Овај рад обухвата креирање корисничког искуства и корисничког интерфејса мобилне апликације за праћење животних навика. Извршено је истраживање тржишта, као и две анкете на основу чијих резултата је представљен поступак израде и креиран функционални прототип апликације.

Кључне речи: корисничко искуство, кориснички интерфејс, истраживање преференција корисника, мобилна апликација

Abstract – *This paper encompasses the creation of the user experience and user interface design for a mobile application aimed at habit tracking. A market research study was conducted, along with two surveys, the results of which served as the basis for presenting the design process and developing the final version of the application.*

Keywords: *user experience, user interface, user preference survey, mobile application*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Стефан Ђурђевић, доцент

1. УВОД

Дизајн мобилних апликација представља сложен процес који обухвата креирање корисничког искуства (енг. *User Experience*) и корисничког интерфејса (енг. *User Interface*) ради обезбеђивања једноставне и ефикасне употребе. Предмет овог рада је израда прототипа мобилне апликације за праћење животних навика. Циљ рада је развој функционалног и визуелно привлачног интерфејса који омогућава корисницима лако праћење и анализу својих навика. У раду је спроведено истраживање постојећих решења и извршена анализа три апликације из области здравља и фитнеса. Такође је спроведено анкетно истраживање о корисничким преференцијама по питању сличних апликација, као и у вези дизајн елемената.

2. ТЕОРИЈСКИ ДЕО

Дизајн корисничког искуства се односи на искуство корисника током интеракције са дигиталним

производом. Циљ је омогућити ефикасну, брзу и једноставну интеракцију између корисника и дигиталног производа. Крајњи резултат рада дизајнера корисничког искуства јесте прототип ниског или средњег нивоа, односно шематски приказ финалног производа.

Дизајн корисничког интерфејса односи се на визуелни аспект дигиталног производа. Фокус су елементи попут фонтова, дугмади, палета боја, слика и других визуелних елемената. Задатак дизајнера корисничког искуства је да „оживи“ шематски приказ и креира визуелно привлачан интерфејс који доприноси претходно испланираној ефикасности.

2.1. Дизајн размишљања

Дизајн размишљања (енг. *Design Thinking*) представља приступ који повезује оно што је пожељно са људске перспективе са оним што је технолошки изводљиво и економски одрживо [1]. Крајњи циљ овог приступа је да решење буде пожељно, изводљиво и одрживо, одговарајући потребама корисника и ресурсима доступним за његову реализацију, уз могућност генерисања профита. Дизајн размишљања се састоји од пет фаза: емпатија, дефинисање проблема, генерисање идеја, креирање прототипа и тестирање.

2.2. Принципи дизајна

Дизајн корисничког искуства је систематски процес током којег седам основних принципа корисничког искуства обезбеђује смернице које гарантују доследност, функционалност и квалитетну интеракцију са производом. Примена ових принципа је кључна за креирање интуитивног, приступачног и задовољавајућег корисничког искуства.

2.3. Методе тестирања

Постоји више метода за тестирање прототипа, које омогућавају анализу интеракције корисника са производом и прикупљање повратних информација. Корисничке сесије омогућавају праћење понашања и идентификацију проблема у интеракцији, док А/В тестирање упоређује различите верзије прототипа ради оптимизације дизајна. Праћење покрета очију пружа увид у визуелну перцепцију интерфејса и фокус корисника, а анкете и интервјуи доприносе прикупљању квантитативних и квалитативних података за побољшање корисничког искуства [2].

2.4. Дизајн мобилних апликација

Дизајн мобилних апликација захтева специфичан приступ због ограниченог простора на екрану, различитих метода интеракције и могућности интеграције са хардверским функцијама уређаја. Поред тога, дизајнери морају узети у обзир разлике између платформи као што су *iOS* и *Android* како би апликација била оптимизирана за све кориснике. То значи да је потребно поштовати смернице платформи, као што су *Human Interface Guidelines (HIG)* за *iOS*, односно *Material Design* за *Android* [3].

2.5. Мобилне апликације у области здравља и фитнеса

Мобилне здравствене апликације (енг. *Mhealth*) представљају значајан допринос савременој медицини и благостању корисника, пружајући широк спектар функционалности које омогућавају праћење здравствених и физиолошких параметара и унапређење квалитета живота [4].

2.6. Анализа постојећих решења

Анализиране су апликације за праћење навика, као и друге апликације из области здравља. Анализа обухвата препознавање снаге, слабости, могућности и претњи које ова решења носе са собом. Апликације обухваћене анализом су *Apple Health*, *Fitbit* и *Medisafe*. На основу резултата, развијен је прототип који се ослања на позитивне аспекте постојећих апликација и настоји да минимизира њихове слабости.

3. ПРАКТИЧАН ДЕО

Након што су објашњене теоријске основе које су кључне за разумевање *UI/UX* дизајна, прелази се на практични део, који подразумева спровођење истраживања преференција корисника и анализу тржишта, на основу којих ће бити развијена апликација.

Циљ овог истраживања је да се открију преференције и потребе корисника приликом коришћења апликације за праћење навика. На основу резултата истраживања тржишта и података добијених од испитаника, развија се прототип апликације који садржи све битне елементе и прати кретање корисника кроз њу. Након тога, истраживање се наставља с фокусом на процену преференција корисника у погледу дизајна апликације. На основу добијених резултата, креира се коначни изглед апликације. Он обухвата визуелни идентитет, укључујући боје и друге дизајн елементе. Завршна верзија апликације је потпуно функционална, нуди једноставну навигацију и пружа корисничко искуство које одговара потребама и преференцијама корисника. Спроведене су две анкете. Прва анкета обухвата 23 питања, која су подељена у три сегмента. Први део садржи питања која се односе на пол и године испитаника. Други сегмент се фокусира на навике у животу испитаника као и преференције приликом употребе сличних апликација. Трећи део бави се оцењивањем постојећих решења унутар апликација које се баве сличном тематиком, у циљу процене прегледности информација. Друга анкета се састоји од

20 питања. Првих пет питања су општа и односе се на пол, старост и учесталост коришћења мобилних апликација. Преосталих петнаест питања испитује преференције корисника према дизајн елементима мобилних апликација.

3.1. Представљање и анализа резултата прве анкете

У испитивању је учествовало 49 испитаника, од којих 29 жесног пола (59%), а 20 мушког (41%). Највећи број испитаника (84%) припада старосној групи 20-35 година. Већина испитаника је физички активна 30 до 60 минута дневно. Такође, већина преферира ходање или трчање као вид физичке активности, док мањи број испитаника практикује тренинг снаге. Чак 80% испитаника потврдило је да користи неку од постојећих апликација за праћење навика. Најчешће су означавали генеричке апликације као свој избор, при чему је највећи број испитаника издвојио *Samsung Health*. Друга најчешће бирана апликација је *Apple Health*. Као најважнија функционалност издвојило се праћење корака, коју је одабрало 40 особа. Од испитаника се захтевало да оцене своју исхрану у рангу од 1 до 5. Само један испитаник је своју исхрану оценио петицом, док су 22 испитаника дала оцену 3. На графику 1 приказане су апликације за праћење навика које испитаници најчешће користе.

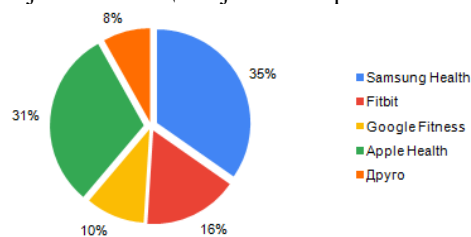


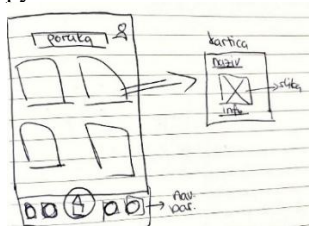
График 1. Приказ учесталости употребе одређене апликације

Испитаници су углавном исказали позитиван став према предложеним параметрима за праћење. Код функционалности праћења унете течности, испитаници су имали подељена мишљења. Затим, 33 особе сматрају да је важно да апликација садржи секцију статистике напретка. Када је у питању корисничко искуство уноса бројчаних података, само 17 испитаника (31%) је одабрало ротирајући мени у односу на слободан унос. Такође, више од половине испитаника (36 особа) истиче да је битно добијати обавештења у виду подсетника. Учесници анкете, од апликације ове врсте, захтевају једноставност и минимализам.

3.2. Поступак израде прототипа ниске веродостојности

Креирање прототипа уследило је након анализе резултата анкете. Одређена је циљна група као и профил корисника (енг. *User persona*), како би прототип био успешан. Неколико екрана прототипа ниске веродостојности представљени су у виду скице на папиру. Ова метода олакшава даљи рад који подразумева израду прототипа средње веродостојности.

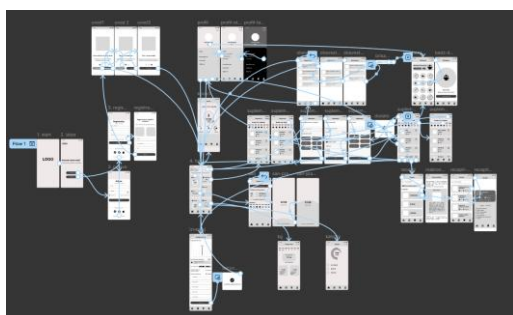
На слици 1 дат је приказ једног од екрана у облику скице на папиру.



Слика 1. Приказ екрана почетне странице у форми прототипа ниске веродостојности

3.3. Поступак израде прототипа средње веродостојности

Прототип средње веродостојности подразумева све екране креиране унутар *Figma* програма. Овај прототип је црно-бели, али већ садржи иконице и садржај коначне верзије. На слици 2 приказани су сви екрани протитпа средње веродостојности, као и начин на који су они међусобно повезани.



Слика 2. Приказ свих повезаних елемената апликације

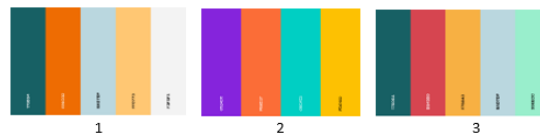
3.4. Представљање и анализа резултата друге анкете

У испитивању су учествовала 33 испитаника, од којих је 21 особа женског пола (64%), а 12 особа мушког пола (36%). Највећи број испитаника (88%) припада старосној групи од 20 до 35 година. Највише испитаника користи телефон у између 2 и 4 сата дневно, док нешто мањи број користи телефон више од 5 сати дневно. Скоро сви испитаници користе мобилне апликације. Најчешће су то друштвене мреже и апликације за комуникацију. Више од половине испитаника (64%) преферира навигацију у доњем делу екрана у односу на бочни мени. Такође, већина испитаника не сматра да је анимација навигационог менија битна. Што се тиче интерактивних елемената (дугмади), највећи број испитаника одлучује се за промену боје дугмета приликом интеракције. Већи број испитаника (64%) преферира правоугаони облик дугмади са благо заобљеним ивицама, а мањи број се одлучио за потпуно заобљене ивице (30%). Скоро сви испитаници су одабрали глатке анимације приликом смене екрана, а такође сматрају и да је важно да секције апликације буду јасно одвојене. Већи број се такође одлучио за приказ садржаја у виду картица са основним информацијама. За истицање текста, 14 особа сматра да су најбоља пуномасна слова, док 11 испитаника бира промену боје текста. Када је у питању изглед искачућих обавештења, више од половине

испитаника се одлучило за боје које се уклапају палету апликације. Испитаници су чешће бирали попуњене (енг. *Filled*) иконе у односу на непопуњене (енг. *Outline*).

Палета боја

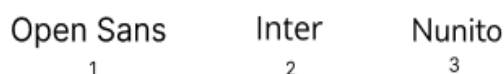
Слика 3 приказује понуђене палете боја. Палету број 3 изабрало је 50% испитаника.



Слика 3. Палете боја

Фонт за основни текст

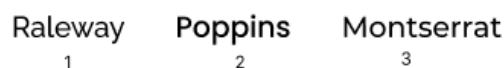
На слици 4 представљени су понуђени фонтови за основни текст апликације. Највећи број испитаника одабрао је фонт број 2.



Слика 4. Фонтови за основни текст

Фонт за наглашен текст

Фонтови понуђени за наглашен текст приказани су на слици 5. Највише испитаника је одабрало фонт број 2.



Слика 5. Фонтови за наглашен текст

Одабир и креирање визуелних елемената

Резултати анализе друге анкете представљају смернице за израду финалног изгледа апликације. Поред палете боја, типографије и стила икона, било је потребно креирати и лого који најбоље карактерише ову апликацију. Лого представља симбол односно обележје неког брэнда, организације или компаније. Дизајниран је да рефлектује дисциплину и снагу коју корисник гради уз помоћ апликације за праћење животних навика.

Слика 6 представља приказ заштитног знака апликације.



Слика 6. Лого апликације

3.5. Поступак израде прототипа ниске веродостојности

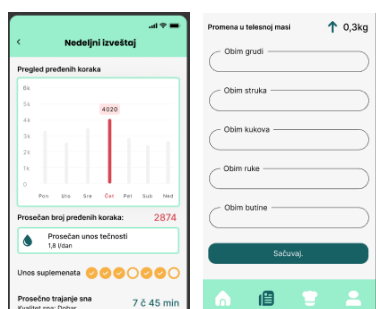
Након креирања прототипа средње веродостојности, направљен је прототип високе веродостојности. Циљ овог прототипа је да се на што реалистичнији начин прикаже изглед крајњег производа. Прототип високе веродостојности обухвата интерактивне и визуелне елементе попут боја, анимација и типографије. Ова верзија је такође креирана унутар *Figma* програма. У наставку су приказани основни екрани доступни помоћу навигационог менија апликације.

Слика 7 представља приказ почетног екрана апликације као и екрана са обавештењима.



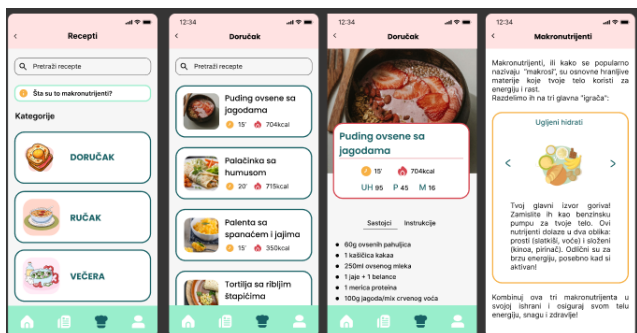
Слика 7. Почетни екран и екран са обавештењима

На слици 8 приказан је екран недељног извештаја, подељен на два дела.



Слика 8. Екран недељног извештаја

Слика 9 представља екране унутар секције за рецепте.



Слика 9. Екрани унутар секције „Рецепти“

На слици 10 приказан је изглед екрана профила корисника у светлом и тамном режиму рада.



Слика 10. Екран корисничког профила у два режима рада

4. ЗАКЉУЧАК

У савременом добу, мобилне апликације имају велики значај у свакодневној комуникацији и интеракцији, па самим тим и велику конкуренцију на тржишту. Оно што издваја успешне апликације јесте квалитетно корисничко искуство и привлачан дизајн интерфејса, који утиче на први утисак о бренду.

Апликације из области здравља и фитнеса постале су посебно популарне након 2020. године, када је порасла свест о важности здравих навика и равнотеже у начину живота. Код ових апликација акценат је на функционалностима које корисницима помажу у постизању циљева.

Спроведена истраживања показала су да корисници преферирају једноставан и минималистички интерфејс који омогућава лако праћење навика. Стога је посебна пажња посвећена јасноћи информација. Применом принципа доброг дизајна и анализом корисничких потреба, процес израде апликације за праћење навика може довести до ефикасног и корисног решења које унапређује свакодневни живот.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.ideo.com/blogs/inspiration/what-is-design-thinking?srsltid=AfmBOoqBfK0ribnGeeozH6KV1oc9tnyVzqs81xqRznFikpW5q0tcgflf> (pristupljeno u aprilu 2025.)
- [2] N. Milić, „Dizajn korisničkog iskustva [PowerPoint prezentacija]“, Novi Sad, Srbija, Dostupno na: <https://www.grid.uns.ac.rs/predmet.html?predmet=144> (pristupljeno u aprilu 2025.)
- [3] Anon. „9 Differences Between iOS and Android UI Design“ <https://www.uxpin.com/studio/blog/ios-vs-android-ui-design-for-mobile/> (pristupljeno u aprilu 2025.)
- [4] A. AlSlaity, B. Suruliraj, O. Oyebode, J. Fowles, D. Steeves, and R. Orji, Jun 2022, “Mobile Applications for Health and Wellness: A Systematic review,” https://www.researchgate.net/publication/361040008_Mobile_Applications_for_Health_and_Wellness_A_Systematic_Review (pristupljeno u aprilu 2025.)

Кратка биографија:



Анђела Адџић рођена је у Врбасу 2000. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Графичког инжењерства и дизајна одбранла је 2025. год.

Контакт: adzic.andjela9@gmail.com

Стефан Ђурђевић рођен је у Београду. Докторирао је на Факултету техничких наука 2020. год, а од 2021. год. је у звању доцент.

Контакт: djurdjevic@uns.ac.rs



Развој прототипа мобилне апликације за пружање услуга власницима кућних љубимаца

Development of a Mobile Application Prototype for Providing Services to Pet Owners

Николина Танасић, Саша Петровић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – ГРАФИЧКО ИНЖЕЊЕРСТВО И ДИЗАЈН

Кратак садржај – Циљ овог рада јесте израда прототипа мобилне апликације за пружање услуга власницима кућних љубимаца на основу проучавања и испитивања кључних аспеката значајних за позитивно корисничко искуство. Спроведена је анкета у којој су испитаници оцењивали који су им делови од три понуђене мобилне апликације прегледнији и функционалнији. На основу принципа дизајна и одговора из анкете креиран је прототип мобилне апликације прилагођене преференцијама и потребама корисника. Успешност прототипа је потврђена додатном анкетом за оцењивање изгледа, функционалности и коришћења апликације.

Кључне речи: мобилне апликације, дизајн корисничког интерфејса и корисничког искуства, истраживање потреба и преференција корисника, услуге за власнике кућних љубимаца

Abstract – The goal of this paper is the development of a prototype mobile application for providing services to pet owners based on the study and examination of key aspects important for a positive user experience. A survey was conducted in which respondents evaluated which parts of three proposed mobile applications were clearer and more functional. Based on design principles and the survey results, a prototype of a mobile application was created, adapted to the preferences and needs of users. The success of the prototype was confirmed by an additional survey for evaluating the appearance, functionality, and usability of the application.

Keywords: mobile applications, user interface and user experience design, user needs and preferences research, services for pet owners

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Саша Петровић, доцент.

1. УВОД

Мобилне апликације су постале нераздвајни део свакодневног живота скоро сваког појединца. У данашњем дигиталном добу људи користе мобилне апликације за најразличитије активности попут

комуникације и забаве, куповине, учења, пословања, истраживања или заказивања разних услуга. Мобилне апликације олакшавају свакодневни живот корисника. Оне омогућавају брз приступ различитим услугама и информацијама, без обзира на време и место где се корисник налази.

2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

Мобилне апликације су самостални софтверски програми дизајнирани да раде на преносивим уређајима као што су лаптопови, таблети, паметни телефони, паметни сатови, као и разноврсни уграђени уређаји укључујући ручне „GPS“ уређаје и паметне аутомобиле. Ове апликације обављају специфичне задатке прилагођене мобилним корисницима, користећи напредак мобилног хардвера који се развио од једноставних мобилних телефона, који су омогућавали само позиве, до модерних паметних телефона опремљених снажним процесорима, великим меморијским модулима, напредним екранима осетљивим на додир и хардверским сензорима [1].

2.1. Значај мобилних апликација

Мобилне апликације су врло значајне како за кориснике, тако и за различите бизнисе. Ове апликације омогућавају бољу интеракцију и искуство за кориснике, а такође повећавају лојалност купаца. Што се тиче корисничког искуства, мобилни уређаји пружају флексибилност и једноставност коришћења. Корисници могу бити у току са било које тачке света. Мобилне апликације такође помажу људима да обављају више задатака истовремено, чинећи их продуктивнијим и ефикаснијим [2].

2.2. Дизајн мобилних апликација

Дизајн апликације представља изглед и доживљај мобилне апликације. То укључује све визуелне и интерактивне елементе који утичу на начин функционисања апликације. Дизајн мобилних апликација је мултидисциплинарно поље које комбинује два концепта: кориснички интерфејс и корисничко искуство. Кориснички интерфејс обухвата изглед и визуелни идентитет апликације. То укључује боје, фонтове, дугмад, иконе, распоред елемената, стил апликације и сличне дизајнерске одлуке. Корисничко

искуство се фокусира на функционалност апликације и начин њене употребе, као и на искуство корисника, укључујући истраживање корисника и тестирање апликације [3].

2.3. Анализа постојећих апликација за пружање услуга власницима кућних љубимаца

У савременом друштву, кућни љубимци заузимају значајно место у свакодневном животу људи и у складу са тим, расте потреба за поузданим и флексибилним облицима бриге о љубимцима, што укључује и професионалне услуге за кућне љубимце. Појава дигиталних технологија и специјализованих апликација додатно је олакшала овај процес, омогућавајући директну и брзу комуникацију између власника љубимаца и пружалаца различитих услуга. Увођењем апликација за пружање услуга власницима љубимаца, комуникација, заказивање и извршавање услуга постале су ефикасније [4].

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

Експериментални део се заснива на студијима случаја три мобилне апликације намењене власницима кућних љубимаца, при чему су објашњени критеријуми избора мобилних апликација, детаљна анализа њихових функционалности, дизајна и корисничког искуства. Након тога је спроведена анкета за испитивање преференција и потреба корисника приликом коришћења мобилних апликација за резервисање услуга кућним љубимцима. На основу добијених резултата, израђен је прототип мобилне апликације за пружање услуга власницима кућних љубимаца у складу са потребама корисника и кључним функционалностима за добро корисничко искуство.

3.1. Студије случаја мобилних апликација за пружање услуга власницима кућних љубимаца

Избор апликација за студије случаја је заснован на критеријумима као што су популарност апликација, дизајн и основне функционалности, квалитет садржаја и понуде и корисничко искуство.

Прва изабрана мобилна апликација је „Rover“, која је једна од најкоришћенијих апликација ове врсте. Код ове апликације испоштовани су сви принципи дизајна у погледу конзистентности и доследности, минималистичког дизајна и једноставног сналажења. Мана апликације је недовољан број опција у навигацији и уношење непотребних информација сваки пут приликом резервације.

За разлику од прве апликације, у мобилној апликацији „Wag!“ постоји довољан број опција у навигацији и процес резервације је бржи и ефикаснији, али претрага доступних пружалаца услуга је препуштена апликацији уместо корисницима као код прве апликације.

Трећа веб апликација „Local Pet Care“ се одликује најбржим и најједноставнијим процесом резервације и претраге пружалаца услуга. Међутим, велика мана је непостојање филтера приликом претраге и директне комуникације са пружаоцем услуга.

3.2. Дизајн и методологија анкете за испитивање преференција корисника мобилних апликација за пружање услуга власницима кућних љубимаца

За истраживање је коришћен „Google“ упитник како би се добили резултати испитивања преференција и потреба корисника апликација за пружање услуга власницима кућних љубимаца. У истраживању је учествовало 40 насумично одабраних испитаника. Узорак је обухватао колеге, пријатеље и познанике. Највећи број испитаника је обухватао особе између 20 и 35 година које имају пуно обавеза око посла или студија, јер оне представљају главну циљну групу корисника мобилних апликација за резервисање услуга за кућне љубимце. Главни циљ анкете је прикупљање детаљних информација о томе шта је кориснику прегледније, корисније и интуитивније у мобилним апликацијама како би се направила функционална мобилна апликација која одговара свим потребама корисника приликом резервација услуга за кућне љубимце.

Резултати анкете показују да у истраживању доминира женска популација. Већину испитаника је чинила млађа популација старосне доби између 18 и 25 година, који су у процесу студирања или запослени. Највећи део испитаника поседује кућног љубимца и има навику да користи апликације за резервацију различитих услуга. Када су у питању функционалности апликације, испитаници су навели да им је посебно битно да апликација има проверене пружаоце услуга, могућност остављања рецензија, постављање филтера и „GPS“ праћење кућних љубимаца. Навели су да им је приликом процеса резервације најбитнија једноставност и брзина, као и комуникација са пружаоцем услуга. Испитаници наглашавају услуге попут дневног чувања, шетања и купања кућних љубимаца као најбитније. Вреднују визуелну организацију и јасноћу приликом прегледа понуђених услуга и претраге пружалаца услуга. Велики проценат испитаника навео је да од пружаоца услуга очекује довољан број информација, као и разноврсне опције у навигационом менију. Једна од најбитнијих карактеристика приликом резервације за испитанике је била брзина и једноставност.

Закључак до ког се долази јесте да би апликација требало да буде једноставна, ефикасна, прегледна и са довољним бројем услуга и функционалности.

3.3. Израда прототипа мобилне апликације за пружање услуга власницима кућних љубимаца

Циљ је био израдити мобилну апликацију која ће бити визуелно допадљива и привлачна за кориснике. Уз употребу одговарајућих функционалности и опција задатак је био направити апликацију која ће пружити позитивно корисничко искуство. Мобилна апликација је направљена тако да омогући будућим корисницима да на веома једноставан и брз начин дођу до циља у апликацији, односно закажу услугу за свог кућног љубимца.

Изглед почетног екрана мобилне апликације за пружање услуга власницима кућних љубимаца приказан је на слици 1.

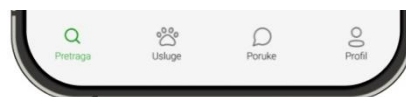


Слика 1. Изглед почетног екрана мобилне апликације

Дизајн мобилне апликације је доследан, модеран и минималистички, са фокусом на функционалност и брзу препознатљивост главних елемената и њихов начин употребе. То је постигнуто употребом читљиве типографије, једноставних илустрација и икона, коришћењем пријатних боја и логичним распоредом елемената. Садржај апликације је прегледан са јасно истакнутим елементима и визуелном хијерархијом. Кораци у апликацији које корисник треба да предузима како би дошао до циља су интуитивни. Коришћена су уобичајена правила и принципи који су кориснику већ од раније познати, како би могао лако да се снађе у апликацији.

Почетни екран мобилне апликације се састоји од једноставне илустрације са кратким текстом како би корисник био заинтересован и упућен у сврху апликације. Испод тога, налазе се четири поља која нуде кориснику могућност да одабере једну од понуђених услуга у апликацији, а то су: шетња, купање, чување и ноћење. Свако поље је сачињено од назива услуге и једноставне илустрације како би кориснику било јасно на први поглед шта која услуга значи. Циљ је да корисник већ у року од пар секунди може да крене у потрагу за доступном услугом за свог љубимца како би на што једноставнији и бржи начин обавио свој задатак.

На дну екрана се налази навигација која се може видети на слици 2. Навигација је присутна на скоро свим екранима мобилне апликације и служи како би корисник могао лако и интуитивно да се креће кроз апликацију. Путем навигације корисник може да дође до главних екрана апликације. Први је екран „Претрага“ где корисник може да одабере услугу и крене у потрагу за доступним пружаоцем услуге за свог љубимца. Следећи је екран „Услуге“ који нуди кориснику увид у тренутне, резервисане и архивиране услуге. Након тога се налази екран „Поруке“ у ком корисник може да претражује конверзације са пружаоцем услуга. Последњи екран је „Профил“ на ком корисник може да унесе, измени и погледа свој профил и профил свог љубимца. Када корисник одабере неку од опција у навигацији, она ће га одвести до жељеног екрана и та опција ће постати зелене боје како би кориснику било јасно који екран је тренутно активан и у ком делу апликације се налази.



Слика 2. Изглед навигационог менија мобилне апликације

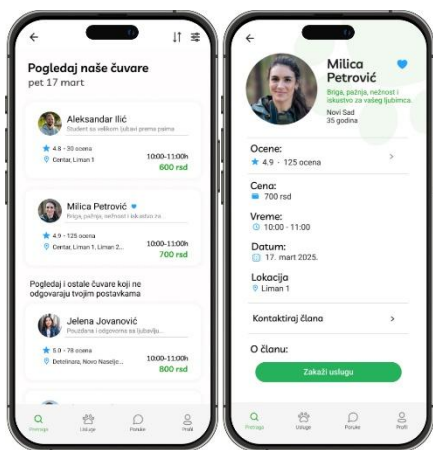
Када корисник одабере неку од услуга са почетног екрана из главног менија, та опција га води до следећег екрана где може да одреди жељени датум, време и локацију услуге, као што може да се види на слици 3. Екран за бирање тачног датума, времена и локације услуге је једноставан и интуитиван. Кликом на неку од опција корисник подешава услугу и затим кликом на дугме „Тражи“ корисник може да крене у потрагу. Постоји визуелна хијерархија где се јасно види редослед бирања опција.



Слика 3. Приказ екрана за подешавање информација услуге

Када корисник подеси основне опције своје претраге, приказује му се екран доступних пружаоца услуга, који се може видети на левој страни слике 4. На овом екрану се налазе доступни пружаоци услуга на основу онога што је корисник поставио у филтерима. Прво су приказане услуге које одговарају корисниковим поставкама, а након тога су приказане и остале услуге које би можда заинтересовале корисника. Свака услуга је јасно приказана пољем које садржи име пружаоца услуге, његов кратак опис, број рецензија и просечну оцену, локацију на којој пружа услугу, време и цену своје услуге. На тај начин, претрага може да буде брза и прегледна за сваког корисника. Основне информације су одмах доступне и јасно су хијерархијски представљене.

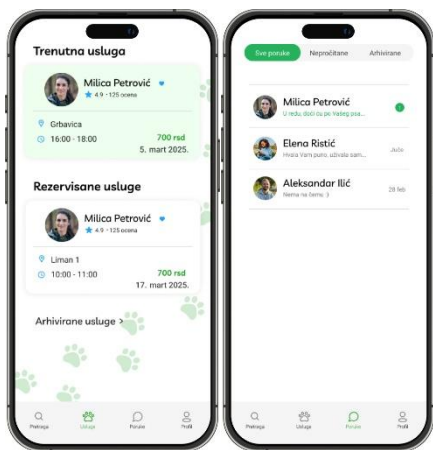
Након што се одабере жељено поље са одговарајућом услугом, пред корисником се појављује екран, који је приказан на десној страни слике 4, где детаљније може да прегледа информације саме услуге, али и информације о пружаоцу услуге. На екрану су приказани сви подаци релевантни за резервисање услуге као што су слика, име, кратак опис и оцене пружаоца услуге, затим цена, време, датум и локације услуге. Корисник има могућност да пружаоца услуге дода у омиљене и на тај начин апликација доприноси персонализацији и олакшава кориснику будуће претраге. Одабиром дугмета „Закажи услугу“ корисник може да резервише услугу на брз и једноставан начин.



Слика 4. Приказ екрана доступних пружалаца услуга и екрана за приказ информација услуге

На левој страни слике 5. је приказан екран на ком се могу налазити услуге које су у току, резервисане услуге или архивирание услуге. Поље услуге које се налази на врху екрана је присутно ако је нека услуга тренутно у току и она се налази прва и назначена је нијансом зелене боје како би корисник препознао да је тренутно активна. Кликом на прво поље корисник може уживо да прати кретање свог љубимца. Одмах испод њега се налази поље са следећом резервисаном услугом, док се на дну налази опција преко које корисник има могућност да види све архивирание обављене услуге које је раније заказивао.

Одабиром опције „Поруке“ у навигацији, добија се преглед свих конверзација које је корисник имао са пружаоцима услуга. На десној страни слике 5. су представљене доступне конверзације. Корисник има могућност да прегледа све поруке, само непрочитане или архивирание поруке.



Слика 5. Изглед екрана за приказ услуга и екрана за доступне конверзације

3.4. Оцењивање задовољства корисника у коришћењу прототипа мобилне апликације

Циљ ове анкете јесте да се дође до резултата колико су потенцијални корисници задовољни изгледом, функционалностима и сналажењем у апликацији. Резултати анкете показују да је апликација успешно испунила очекивања својих потенцијалних корисника када је у питању изглед, употребљивост и корисничко искуство. Испитаници су је већински оценили као

једноставну за употребу, визуелно привлачну и логички осмишљену. Може се закључити да су циљеви дизајна и функционалности постигнути и да апликација има потенцијал да буде прихваћена као корисно и пријатно решење за све власнике који желе да на једноставан, брз и пријатан начин резервишу услуге за своје кућне љубимце.

4. ЗАКЉУЧАК

Мобилне апликације имају важну улогу у савременом друштву и постале су неизоставан део приликом обављања различитих активности у свакодневном животу. Апликације за пружање услуга за кућне љубимце омогућавају лакшу организацију обавеза, заказивање потребних услуга и ефикасну комуникацију између власника и пружалаца услуга. Као и многе друге, и овај тип апликација побољшава квалитет живота корисника, олакшавајући му свакодневне активности и пружајући му корисне услуге.

При изради прототипа посебна пажња је посвећена томе да апликација буде једноставна и логична за употребу, са јасним корацима у процесу заказивања услуга и да буде прилагођена потребама крајњих корисника. Развијени прототип спаја функционалност и естетику, пружајући пријатно корисничко искуство. Резултати рада показују да добро осмишљен дизајн корисничког интерфејса и корисничког искуства може значајно да унапреди начин на који корисници користе услуге апликације и да повећа њихово задовољство и спремност да те апликације користе.

5. ЛИТЕРАТУРА

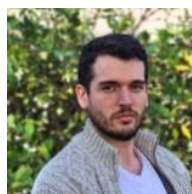
- [1] R. Sturm, C. Pollard, J. Craig, "Application Performance Management (APM) in the Digital Enterprise", Amsterdam, Elsevier, 2017.
- [2] Y. Zheng, "Mobile Phone Behavior", Cambridge University Press, Cambridge, 2017.
- [3] <https://buildfire.com/tools-for-mobile-app-designers/> (приступљено у октобру 2025.)
- [4] <https://idea2app.dev/blog/what-are-the-top-dog-walking-and-pet-sitting-apps.html> (приступљено у октобру 2025.)

Кратка биографија:



Николина Танасић рођена је у Суботици 2001. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Графичко инжењерство и дизајн одбранила је 2025. године.

Контакт:
nikolina.tanasic2001@gmail.com



др Саша Петровић рођен је у Горњем Милановцу 1993. године. Докторирао је на Факултету техничких наука из области Графичко инжењерство и дизајн 2020. год

Контакт: petrovic.sasa@uns.ac.rs



Примена алата заснованих на вештачкој интелигенцији у генерисању анимација за потребе оглашавања производа

Application of Artificial Intelligence-Based Tools in Generating Animations for Product Advertising Purposes

Мартина Буљовчић, Ивана Јурич, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – ГРАФИЧКО ИНЖЕЊЕРСТВО И ДИЗАЈН

Кратак садржај – У раду су објашњени појмови анимације, њене примене у сврхе оглашавања производа као и разлике у перцепцији статичног и динамичног садржаја приликом оглашавања. У експерименталном делу детаљно је објашњен поступак генерисања видеозаписа помоћу четири различита модела на бази вештачке интелигенције, а затим је спроведено истраживање о допадљивости генерисаних анимација.

Кључне речи: анимација, маркетинг, вештачка интелигенција, AI модели, генерисање видеозаписа

Abstract – *The thesis explains the concept of animation, its application in product advertising, and the differences in the perception of static and dynamic content in advertising. In the experimental part, the process of generating video content using four different artificial intelligence-based models is described in detail, followed by research on the appeal of the generated animations.*

Keywords: *animation, marketing, artificial intelligence, AI models, video generation*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Ивана Јурич, ванр. проф.

1. УВОД

Анимације су данас пронашле своју велику примену у маркетиншком оглашавању јер омогућавају лакше и ефикасније комуницирање са циљном публиком. Њихов велики значај огледа се у томе што омогућавају знатно брже привлачење пажње корисника, јасније преношење поруке и лакше стварање повезаности са брендом на шта указују и многа до сада спроведена истраживања. У последњих неколико година, вештачка интелигенција доживела је изузетно брз развој што је значајно променило начин на који се креира визуелни садржај за различите употребе. Различити генеративни модели који пружају могућност креирања креативних видеозаписа омогућили су брендovima да уз минималне ресурсе креирају занимљиве и визуелно привлачне материјале.

Циљ рада јесте доказати да је уз одговарајуће алате на бази вештачке интелигенције могуће генерисати анимације које ће у процесу оглашавања производа брже привући пажњу посматрача, нагласити његове позитивне карактеристике и код посматрача изазвати жељу за поседовањем истог.

2. АНИМАЦИЈА

Појам анимације се односи на симулацију покрета креирану низом фотографија. Како људско око може да задржи слику отприлике 1/10 секунде, када се сукцесивно смењује већи број фотографија великом брзином, људски мозак их спаја у једну покретну слику – анимацију. Како би покрет представљен анимацијом текао глатко, најчешће се користи фреквенција од 24 фотографије у секунди – мањи број фотографија у секунди чини да покрет делује непрекидано [1].

2.1. Анимација у дигиталном маркетингу

Анимација у дигиталном маркетингу и оглашавању представља одличан алат за преношење сложених идеја на једноставне начине. Анимација доприноси стварању занимљивих и интерактивних искустава, едукацији купаца и креирању одличног првог утиска о бренду [2].

Покретни визуали много лакше и брже привлаче пажњу потенцијалних купаца и задржавају је. Захваљујући живописним визуалима и динамичним покретима ствара се искуство које посматраче држи заинтересованим и повећава шансу за стварањем жеље код посматрача за поседовањем неког производа. Визуелно представљање апстрактних идеја омогућава да порука бренда буде јасно и ефикасно пренета. Управо у том преношењу сложених идеја, анимација игра кључну улогу тако што те идеје и поруке поједностављује и чини их лако разумљивим [3]. Анимација има јединствену способност да остави снажан утисак на публику и, било да се ради о упечатљивом лику или причи, створи емотивну везу која се дуго памти. Веза која настаје између корисника и садржаја подстиче дељење садржаја са другим корисницима, а самим тим и ширење маркетиншке поруке бренда [3].

3. ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА

Вештачка интелигенција (енгл. *Artificial intelligence, AI*) је појам који се односи на развој рачунарских система способних за извршавање задатака који су током историје захтевали људску интелигенцију, попут препознавања говора, доношења одлука и идентификовања образаца. Вештачка интелигенција је појам који обухвата широк спектар технологија, укључујући машинско учење, дубоко учење и обраду природног језика [4].

Машинско учење подразумева креирање модела тренирањем алгоритма за доношење предикција или одлука на основу података. Најједноставнији облик машинског учења назива се надгледано учење и оно подразумева коришћење скупова података за тренирање алгоритама да прецизно класификују податке и предвиђају исходе. Дубоко учење је подкуп машинског учења који користи вишеслојне неуронске мреже за опонашање способности доношења одлука људског мозга [5]. Обрада природног језика (енгл. *Natural language processing, NLP*) је подкуп вештачке интелигенције, рачунарства и лингвистике који се фокусира да комуникацију између људи и људски језик, било написан или изговорен, учини разумљивим за рачунаре [6].

3.1. AI алати за генерисање анимација

Развој вештачке интелигенције довео је до појаве многих алата који користећи технике машинског учења и дубоког учења за анализу визуелних и звучних података имају могућност генерисања покрета и ефеката у кадру, односно олакшавања и убрзавања процеса генерисања анимација као и проширивања креативних могућности аутора. У наставку, биће наведено неколико оваквих алата на бази вештачке интелигенције за генерисање анимираног динамичног садржаја.

3.2. Adobe Firefly

Firefly је AI модел развијен од стране компаније *Adobe* која је широко позната по развијању креативних софтвера као што су *Photoshop* и *Illustrator*. *Firefly* је модел који је трениран на хиљадама слика и текстуалних описа како би био научен да генерише слике на основу текстуалних упита. Слике које су коришћене за тренирање модела јесу искључиво лиценциране слике из *Adobe Stock* базе и из јавног домена што га чини безбеднијим за комерцијалну употребу јер је мала вероватноћа да ће се корисници наћи у ситуацији да генерисан садржај крши ауторска права уметника чије се дело копира [7].

3.3. Veo3

Veo3 је напредни AI модел развијен од стране Гугла (енгл. *Google*) који је осмишљен тако да текстуалне упите претвори у кратке видеозаписе укључујући и звук у виду дијалога, амбијенталних звукова и ефеката. Овај модел одликује висок квалитет визуелног реализма, поштовање упита и способност да генерише флуидне покрете и звучне додатке. Модел је доступан у оквиру *Google Gemini* платформе, преко које се може користити путем *Gemini API*-ја [8].

3.4. Kling AI

Kling AI је AI модел развијен од стране компаније *Kuaishou* која је развила и једну од највећих кинеских апликација за кратке видеозаписе, сличну апликацији ТикТок (енгл. *TikTok*), али уз велику подршку вештачке интелигенције. Ова компанија континуирано креира нове алате на бази вештачке интелигенције који чине креирање видеозаписа још једноставнијим, *Kling AI* је један од њихових најпознатијих модела настао у јуну 2024. године. Модел *Kling AI* користи најновију генерацију вештачке интелигенције како би на основу текстуалних упита и референтних слика генерисао видео садржаје и фотографије високог квалитета [9].

3.5. Hailuo AI

Hailuo AI је платформа заснована на вештачкој интелигенцији коју је развила једна од водећих AI кинеских компанија *MiniMax*. Њихов циљ био је да креирају платформу која ће омогућити корисницима свих нивоа знања и вештина да брзо креирају креативни садржај попут видеозаписа и музике користећи напредну AI технологију. Модел *Hailuo AI* доступан је како на десктоп рачунарима тако и на мобилним уређајима [10].

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

У оквиру експерименталног дела израђено је по четири узорка анимација за две различите фотоманипулације. Узорци су генерисани помоћу различитих генеративних модела на бази вештачке интелигенције користећи претходно креиране фотоманипулације као референтне слике. Све анимације сачуване су у *MP4* формату, а затим су додатно припремљене за анкету исецањем на исте пропорције и скраћивањем видеозаписа на исту дужину користећи се *Adobe Express* онлајн алатима.

Након генерисања узорака, спроведено је анкетање у којем су учесници одговарали на општа питања, а затим и упоређивали привлачност статичног и динамичног садржаја као и давали свој суд о креираним узорцима.

4.1. Генерисање узорака за испитивање

Приликом генерисања узорака за испитивање, након детаљне анализе одабрано су четири различита генеративна модела на бази вештачке интелигенције. Главни захтев на основу којег су модели били бирани јесте био да у својим бесплатним верзијама нуде могућност креирања квалитетног видео садржаја који би се касније могао користити за маркетиншко оглашавање на друштвеним мрежама. Такође, још један од захтева који је био стављен пред моделе јесте да пружају могућност учитавања сопствене фотографије која ће се у процесу генерисања користити као референтна фотографија. AI модели који су испуњавали ове захтеве те су због тога и били одабрани су *Adobe Firefly*, *Veo 3*, *Kling AI* и *Hailuo AI*. У сваком од одабраних AI модела генерисано је по две анимације користећи се двома различитим фотоманипулацијама, претходно припремљеним у *Adobe Photoshop* програму, као референтним сликама.

4.2. Дискусија добијених резултата

Након генерисања и припремања узорака за испитивање, уследило је анкетирање учесника. Анкета се састојала од три дела – прикупљања демографских података о учесницима, поређења статичног и динамичног садржаја и оцењивања допадљивости узорака. Своје одговоре на анкету дало је 92 учесника од чега је било 54 жене (59%) и 38 мушкараца (41%). Највећи број учесника био је млађе популације између 18 и 24 године (42%), учесника између 25 и 34 године било је 11 (12%), оних између 35 и 44 године 24 (26%), а најстарију групу чинили су учесници између 45 и 54 године и њих је било 18 (20%). Приближно једнак број учесника имао је завршену средњу школу (41%) и основне академске односно струковне студије (40%), док је оних са завршеним мастер студијама било 18%. Графичким дизајном, односно визуелним комуникацијама, бави се 31 испитаник од укупно 92 (34%). Највећи број учесника у анкетирању је имао раније искуство у коришћењу алата на бази вештачке интелигенције за потребе креирања визуелног садржаја, али је оно било веома мало и ограничено (54%). Удео од 82% учесника у анкетирању није раније учествовао у истраживањима о препознавању садржаја генерисаног помоћу вештачке интелигенције.

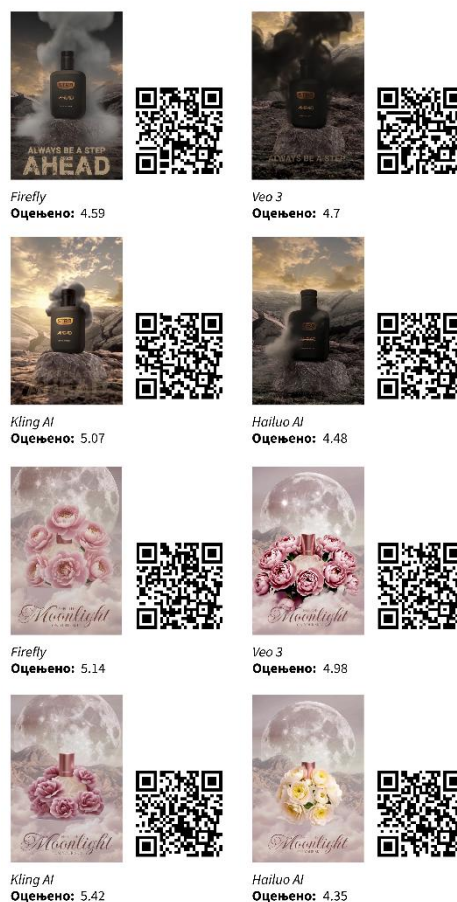
Исечци из узорака коришћених у оквиру дела анкете о разлици у брзини привлачења пажње и задржавању исте између статичних фотографија и динамичних анимација приказани су на слици 1. Анализирањем резултата потврђени су наводи многих раније спровођених истраживања. Највећи удео учесника анкете на оба примера изјаснио се да би им током конзумирања садржаја друштвених мрежа, пажњу пре привукао динамичан садржај што је и било у складу са очекивањима јер се динамичан садржај у највећем броју случајева оцењује као занимљивији, привлачнији и лакши за комуницирање поруке оглашивача.



Слика 1. Исечци из видеозаписа поређења статичног и динамичног садржаја

У трећем делу анкете испитаницима је било приказано осам различитих узорака генерисаних помоћу четири различита модела на бази вештачке интелигенције и користећи се двома фотоманипулацијама као референтним фотографија. Узорци приказани на слици 2. су приказивани насумично, а након сваког узорка, учесницима у анкети била су постављена три питања – питање о оцењивању допадљивости анимације, питање о процењивању да ли је анимација генерисана помоћу

вештачке интелигенције или не, као и питање о уоченим грешкама у анимацији. Сагледавањем резултата уочено је да је у оба случаја – и у групи анимација генерисаних на основу прве фотоманипулације и у групи анимација генерисаних на основу друге фотоманипулације – највишу просечну оцену допадљивости добиле анимације генерисане помоћу *Kling AI* модела, док је најнижу просечну оцену добио *Hailuo AI* модел.



Слика 2. Исечци из видеозаписа узорака коришћених у анкети и просечне оцене допадљивости

Иако већина учесника није имала претходног искуства у областима графичког дизајна нити у испитивањима препознавања *AI* садржаја, резултати истраживања указују на то да је њихова способност препознавања таквих садржаја била веома висока што се може објаснити све већом свакодневном изложеношћу садржајима генерисаним помоћу вештачке интелигенције.

Анализом одговора, такође је уочено и да је способност људи да примете грешке на садржајима генерисаним вештачком интелигенцијом прилично ниска на шта указује то да је на свим питањима о уоченим грешкама на понуђеним узорцима преовладавао одговор „Не примећујем грешке“. Учесници који су уочавали грешке на узорцима најчешће су истицали да су то неприродне текстуре, рефлексије и сенке.

Занимљиво је приметити како је веома мали број учесника у анкетирању, као грешке уочио и истакнуо

неправилности у тексту иако су оне биле уочљиве на оним анимацијама генерисаним на основу прве фотоманипулације где је на самој бочици парфема било текста чији изворни изглед модели на бази вештачке интелигенције нису могли одржати. Ова чињеница може се објаснити тиме што испитаници приликом посматрања визуелног садржаја пажњу усмеравају на целокупан утисак анимације, а ситни детаљи попут текста остају у другом плану.

5. ЗАКЉУЧАК

Резултати спроведеног истраживања у оквиру рада потврдили су наводе ранијих истраживачких студија које указују на то да се динамични садржаји лакше и брже уочавају и дуже задржавају пажњу посматрача у односу на статичне. Управо из тог разлога, анимација је данас постала један од најзаступљенијих облика визуелне комуникације у савременом дигиталном маркетингу.

Иако се последњих година вештачка интелигенција све више и брже развија још увек постоје различита ограничења приликом њене употребе. Анализирањем одговора добијених у оквиру овог истраживања нека од најчешће уочаваних и помињаних ограничења била су по питању текстура вештачки генерисаних елемената, сенки и рефлексија на објектима као и деформација текста. Уз све напретке, приликом генерисања органских елемената (нпр. цвећа, длаке животиња, људске коже) и даље су приметне нереалистичне текстуре и неприродни одсејаји који су у контексту анимације посебно уочљиве јер се у покрету лакше примећују промене у односу на очекивано природно понашање органских елемената. Код видео садржаја генерисаних помоћу вештачке интелигенције, такође су много лакше уочљиве неправилности у сенкама и рефлексијама, које се огледају у неприродним угловима осветљења, недоследном праћењу извора светлости или одсуству реалистичног одраза на површинама. Деформације текста и не задржавање изворног облика још увек су веома присутне код многих модела за генерисање на бази вештачке интелигенције, поготово када се ради о ситнијим типографским елементима.

Употреба вештачке интелигенције за генерисање видео садржаја за потребе дигиталног оглашавања изузетно је ефикасан и користан алат који убрзава и поједностављује процес креативне продукције потребног визуелног садржаја. Ипак, у већини случајева добијени резултати захтевају одређену накнадну дораду у различитим алатима и програмима како би се постигао жељени ниво реалистичности, пресизности и естетске усклађености поготово када говоримо о генерисању покретних видео садржаја. Из тог разлога, модели засновани на вештачкој интелигенцији могу послужити као одлична помоћ у процесу стварања, али још увек не могу у потпуности заменити људски рад.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] A. Maio, "What is Animation — Definition, History and Types of Animation," *StudioBinder*, [Online]. Available: <https://www.studiobinder.com/blog/what-is-animation-definition/>. [Accessed: Sep. 17, 2025].
- [2] L. Castel, "Animation in Multimedia: What it is and Why You Should Care," *Moburst*, [Online]. Available: <https://www.moburst.com/blog/animation-in-multimedia/>. [Accessed: Sep. 17, 2025].
- [3] J. Malaj, "Marketing animation: the game-changer for modern businesses," *Linearity*, [Online]. Available: <https://www.linearity.io/blog/marketing-animation/>. [Accessed: Sep. 17, 2025].
- [4] Coursera, "What Is Artificial Intelligence? Definition, Uses, and Types," *Coursera*, [Online]. Available: <https://www.coursera.org/articles/what-is-artificial-intelligence>. [Accessed: Oct. 7, 2025].
- [5] C. Stryker and E. Kavlakoglu, "What is AI?," *IBM*, [Online]. Available: <https://www.ibm.com/think/topics/artificial-intelligence>. [Accessed: Oct. 7, 2025].
- [6] Coursera, "What is Natural Language Processing? Definition and Examples," *Coursera*, [Online]. Available: <https://www.coursera.org/articles/natural-language-processing>. [Accessed: Oct. 7, 2025].
- [7] K. Coleman, "Adobe Firefly: everything you need to know about the AI image and video generator," *Creative Bloq*, [Online]. Available: <https://www.creativebloq.com/features/everything-you-need-to-know-about-adobe-firefly>. [Accessed: Oct. 8, 2025].
- [8] A. Fortin, L. Martins, and S. Odoom, "Build with Veo 3, now available in the Gemini API," *Google Developers Blog*, [Online]. Available: <https://developers.googleblog.com/en/veo-3-now-available-gemini-api/>. [Accessed: Oct. 8, 2025].
- [9] DeeperInsights, "Kling AI: The Guide to the Revolutionary AI Video Generator," *DeeperInsights*, [Online]. Available: <https://deeperinsights.com/ai-blog/kling-ai-the-guide-to-the-revolutionary-ai-video-generator/>. [Accessed: Oct. 8, 2025].
- [10] F. Eghosa, "I tested Hailuo AI for 1 week; here's my unfiltered review," *Techpoint Africa*, [Online]. Available: <https://techpoint.africa/guide/my-hailuo-ai-review/>. [Accessed: Oct. 8, 2025].

Кратка биографија:

Мартина Буљовчић, рођена је у Суботици 2001. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Графичко инжењерство и дизајн - Примена алата заснованих на вештачкој интелигенцији у генерисању анимација за потребе оглашавања производа одбранила је 2025. године. Област интересовања је графички дизајн у дигиталном маркетингу.

Контакт: martinabuljovcic@gmail.com

Др Ивана Јурич, рођена је у Кикинди 1987. године. Докторске студије је завршила на Факултету техничких наука 2018. године. Од 2024. године је у звању ванредни професор. Област интересовања је контрола квалитета дигиталне фотографије.

Контакт: rilovska@uns.ac.rs

Анализа перцепције аутентичности стварних и вештачки генерисаних фотографија

Analysis of the Perception of Authenticity in Real and AI-Generated Photographs

Михаела Вујадиновић, Ивана Јурич, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Студијски програм – **ГРАФИЧКО
ИНЖЕЊЕРСТВО И ДИЗАЈН**

Кратак садржај – У овом раду се истражује примена вештачке интелигенције у креирању и генерисању фотографија производа за потребе маркетинга, са фокусом на визуелну презентацију чоколаде. Рад обухвата анализу коришћених алата, инструкција за генерацију слика, као и испитивање перцепције публике у препознавању AI-генерисаних фотографија. Циљ је процена квалитета, естетске привлачности и могућности практичне примене ових технологија у оглашавању.

Кључне речи: *Вештачка интелигенција, маркетинг, обрада фотографија, AI софтвери и апликације*

Abstract – *This study explores the use of artificial intelligence in creating and generating product photographs for marketing purposes, with a focus on the visual presentation of chocolate. The work includes an analysis of the tools used, instructions for image generation, as well as an examination of audience perception in recognizing AI-generated photographs. The goal is to assess the quality, aesthetic appeal, and practical applicability of these technologies in advertising.*

Keywords: *Artificial intelligence, marketing, photo editing, AI software and applications*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Ивана Јурич, ванр.

1. УВОД

Вештачка интелигенција и машинско учење у последњих неколико година све више обликују креативну индустрију, посебно у области генерисања визуелних садржаја као што су фотографије, илустрације и фотоманипулације. Развој напредних модела за обраду слика омогућио је стварање реалистичних и визуелно привлачних материјала који се све чешће користе у маркетиншке и рекламне сврхе. Циљ овог рада је да истражи примену алата заснованих на вештачкој интелигенцији у креирању фотографија за рекламирање производа прехранбене индустрије, са посебним освртом на визуелну презентацију чоколаде, као и да процени њихове

могућности, ограничења и потенцијал за употребу у савременим маркетиншким кампањама.

2. ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА

Вештачка интелигенција све интензивније обликује различите сфере друштва и пословања, при чему посебно снажан утицај остварује у области маркетинга садржаја. Савремени алати засновани на вештачкој интелигенцији омогућавају аутоматизацију бројних процеса, од истраживања и генерисања идеја до саме производње и дистрибуције садржаја, што доводи до значајних уштеда времена и ресурса, уз истовремено повећање продуктивности. Примена ових технологија омогућава систематичнију анализу података и боље разумевање потреба циљне публике, чиме се омогућава прецизнија адаптација садржаја, већи степен ангажовања и ефикаснија комуникација [1].

2.1. Дефиниција вештачке интелигенције у маркетингу

Вештачка интелигенција све више трансформише креирање маркетиншког садржаја, посебно у области визуелних материјала. Савремени алати засновани на генеративним моделима омогућавају брзо и креативно стварање реалистичних слика и илустрација, што маркетиншким тимовима омогућава привлачну презентацију производа без потребе за традиционалним снимањем. У прехранбеној индустрији, ови алати се користе за израду апетитних приказа производа и тестирање различитих визуелних концепата, чиме се побољшава ефикасност и утицај маркетиншких кампања [2].

2.2. Како функционишу алати за генерисање слика уз помоћ вештачке интелигенције?

Генеративни модели вештачке интелигенције, као што су GAN и трансформатори, стварају нове слике на основу текстуалних упутстава, омогућавајући брзу и креативну израду визуела прилагођених бренду уз мање трошкове и време производње [3].

2.3. Предности вештачке интелигенције у креирању визуелног садржаја

Програми засновани на вештачкој интелигенцији пружају бројне предности у креирању визуелног садржаја. Они аутоматски оптимизују аспекте као што

су експозиција, баланс боја, контраст и оштрина, истовремено омогућавајући уклањање непожељних објеката и дефеката са слика. *AI* алати значајно убрзавају обраду великих количина слика, омогућавају доследан визуелни стил кроз примену предефинисаних подешавања и филтера, и омогућавају интелигентну организацију и ознаку слика, што олакшава управљање и претрагу великих колекција, уз истовремено ослобађање креатора да се више посвете креативним аспектима рада [4].

2.4. Недостаци вештачке интелигенције у креирању визуелног садржаја

Иако вештачка интелигенција нуди бројне предности у креирању визуелног садржаја, њена примена и даље има ограничења. Најчешћи изазови односе се на квалитет и разноликост података за обуку, ограничену контролу и персонализацију уметничког израза, етичка питања везана за аутентичност и могућу манипулацију сликама, високе рачунарске захтеве за обраду сложених задатака и потребу за техничком стручношћу корисника [4].

2.5. Актуелно стање у области

Ju и Aral [5] спровели су истраживање које анализира сарадњу људских тимова са *AI* агентима у процесу креирања рекламних огласа путем платформе *Pairit*. Учествовало је преко две хиљаде особа које су произвеле више од 11 хиљада огласа, при чему су тимови са *AI* агентима били око 70% продуктивнији, јер је *AI* преузимао технички део посла, а људи су се фокусирали на креативне задатке. Резултати показују да *AI* тимови генеришу квалитетније текстове, док људски тимови стварају боље слике. Најуспешнији огласи комбиновали су текст од *AI* и слике од људи. Закључак је да сарадња људи и *AI* значајно побољшава продуктивност и квалитет, али је важно комбиновати снаге, при чему људи доминирају у визуелним и креативним аспектима, а *AI* у брзини и квалитету текстуалног садржаја [5].

У другом експерименту, учесници су били изложени људским и *AI* генерисаним сликама и затим су покушавали да идентификују њихово порекло. Резултати показују да су исправно разликовали слике само у 50–60% случајева, што указује на изазов препознавања *AI* садржаја. Ипак, учесници су јасно преферирали људску уметност, која је изазивала позитивне емоције, иако нису могли објаснити разлоге свог избора. Ово указује да, и поред напредне *AI* технологије, људска креативност и даље има снажан утицај на публику и открива важне увиде у перцепцију визуелне уметности [6].

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

Експериментални део рада испитује више алата за генерисање фотографија уз помоћ вештачке интелигенције, са циљем процене њихове реалности и квалитета за рекламирање прехранбених производа. Као пример коришћена је фотографија чоколаде на белој позадини, која је служила као полазна тачка за све даље кораке.

3.1. Опис тока експерименталног дела

За истраживање је изабрано неколико софтвера и апликација за генерисање фотографија, укључујући *Flair AI*, *Claid AI*, *Magic Studio*, *Canva*, *Photoroom*, *Trinity*, *ChatGPT*, *Gemini – Nano Banana* и *Photoshop* (опције *Generative Fill* и *Harmonize*). Све генерисане фотографије биле су инспирисане ручно рађеном фотоманипулацијом у софтверу *Photoshop* која је коришћена као модел за композицију и елементе слике, а касније и за упоређивање у анкети како би се испитало колико посматрачи могу препознати разлику између ручно креираних и *AI*-генерисаних фотографија.

3.2. *Flair AI* програм

Flair.ai је *AI* платформа за брзо креирање слика и видео записа за маркетинг са drag-and-drop интерфејсом, 3D елементима и мобилном подршком [7].

3.3. *Claid AI* програм

Claid AI је *AI* платформа за брзо уређивање и генерисање фотографија производа са аутоматизацијом и доследним професионалним резултатима, уз зависност од квалитета почетних слика [8].

3.4. *Magic Studio*

Magic Studio је *AI* алат за брзо креирање и уређивање слика, погодан за маркетиншке и аматерске потребе, са професионалном верзијом за већу контролу и професионални квалитет [9].

3.5. *Canva*

Canva је популаран *online* алат за креирање графичког садржаја, од постера до видео записа, са бесплатним шаблонима и професионалном опцијом за напредне алате. *Magic Studio* интеграција омогућава коришћење вештачке интелигенције за уређивање и генерисање слика на основу референтних фотографија и подешавања стила [10].

3.6. *PhotoRoom*

PhotoRoom је *AI* алат за уређивање фотографија, посебно погодан за е-трговину и маркетинг, са функцијама као што су аутоматско уклањање позадине, генерисање *AI* позадина и *batch* обрада. Бесплатна верзија има водени жиг и ограничен преузимање, док професионална опција откључава пуни потенцијал овог софтвера [11].

3.7. *Trinity*

Trinity је интуитиван *AI* алат за генерисање сцена по референтној слици, брзо и приступачно, са добрим балансом квалитета и контроле.

3.8. *ChatGPT*

ChatGPT омогућава генерисање слика из текстуалних упута, пружајући брзо креирање визуелног садржаја за маркетинг и креативне пројекте. Квалитет зависи од прецизности описа, а сложеније сцене могу бити мање реалистичне.

3.9. Gemini – Nano Banana

Nano Banana је алат у оквиру Google Gemini који омогућава брзо и једноставно уређивање слика помоћу AI, препознавањем објеката и применом ефеката готово „једним кликом“. Олакшава креирање оригиналних и визуелно привлачних фотографија без сложеног софтвера [12].

3.10. Adobe Photoshop

Photoshop користи AI алате као што су *Generative Fill* и *Harmonize* за брзо допуњавање, модификовање и усаглашавање елемената слике, омогућавајући природну интеграцију, визуелну доследност и ефикасну обраду маркетиншких и креативних материјала.

4. ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

Након тестирања осам софтверских алата и две Photoshop функције, спроведена је анкета на узорку од 87 испитаника. Испитаници су оцењивали допадљивост слика, препознавали садржај генерисан помоћу вештачке интелигенције и идентификовали визуелне недостатке. Посебно су упоређивали пример креиран у апликацији ChatGPT са његовом измењеном верзијом у којој је етикета коригована употребом опције Harmonize у Photoshop софтверу.

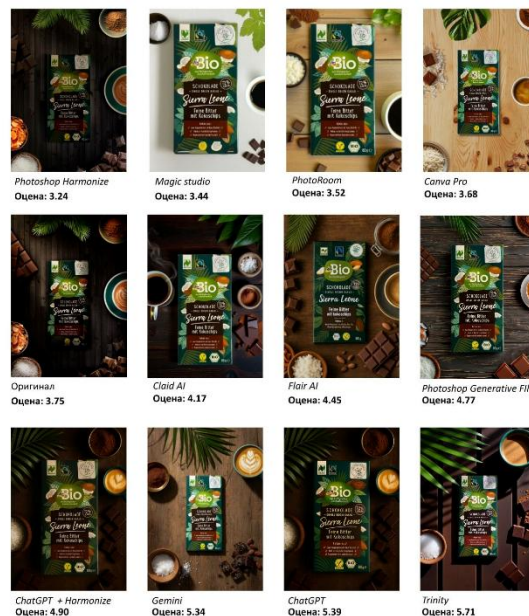
У истраживању је учествовало укупно 87 испитаника, од којих је 71 женског, а 16 мушког пола. Испитаници су распоређени у три старосне групе: 66 испитаника (75,86%) је имало између 18 и 32 године, 15 испитаника (17,24%) између 33 и 47 година, док је 6 испитаника (6,90%) било старости од 48 до 65 година. Што се тиче образовања, 50,6% испитаника има завршене основне академске студије или је тренутно у процесу њиховог завршетка, 29,8% има завршену средњу школу, а 19,5% поседује мастер или специјалистичке академске студије. Везано за искуство у области визуелног садржаја и маркетинга, 46% испитаника нема претходно искуство, 19,6% има од 1 до 3 године, 18,4% од 4 до 6 година, а 8% мање од једне године или дуже од 6 година. Око 54% испитаника се активно бави дизајном или визуелним комуникацијама, док 46% није ангажовано у тим областима. Већина испитаника, 90,8%, није раније учествовала у испитивањима о препознавању AI садржаја, док је 9,2% навело да је већ учествовало у оваквом типу анкете.

На слици 1. приказани су тестирани примери као и њихове оцене допадљивости. Највећу просечну оцену допадљивости добила је фотографија генерисана у програму Trinity (5,71) док је најмању добила фотографија генерисана у програму Photoshop уз помоћ опције Harmonize (3,24).

У последњем делу анкете испитаницима је тражено да уоче разлике између две фотографије приказане на слици 2. Једна је генерисана у апликацији ChatGPT, а друга је додатно дорађена у програму Photoshop уз помоћ опције Harmonize ради корекције типографских грешака на омоту чоколаде.

Испитанци су најчешће уочили разлике у осветљењу и боји, где лева фотографија има јаче, неприродне

тонове, а десна делује топлије и природније. Такође су приметили разлике у типографији и дизајну паковања, при чему лева фотографија изгледа мање реално и замућено, док десна боље одражава стварни визуелни приказ.



Слика 1. Приказ свих кориштених узорака



Слика 2. Уочавање грешака између две фотографије.

Испитанци су боље оцењивали фотографије са уравнотеженим осветљењем, дефинисаним текстурама и хармоничним елементима, док су неприродне пропорције и изобличени детаљи снижавали оцену.

Испитаници су као најчешће недостатке фотографија навели неприродно осветљење и неправилне сенке, нарушене пропорције и перспективу елемената у кадру, недовољно реалистичне текстуре површина, као и грешке у тексту и ознакама производа. Поред тога, уочене су неприродне боје и контрасти, као и артефакти на малим предметима, као што су комади чоколаде, док је посебну пажњу привукао проблем веродостојног приказа амбалаже и текста, који често није био правилно формиран.

Резултати показују да вештачка интелигенција може креирати визуелно реалистичне слике за рекламни материјал, али испитаници често уочавају грешке у осветљењу, сенкама, текстурама и амбалажним

ознакама. Када су композиција и елементи професионално уравнотежени, тешко је разликовати *AI* генерисане слике од стварних, што указује на велики потенцијал ових алата.

5. ЗАКЉУЧАК

Спроведено истраживање показује да алати засновани на вештачкој интелигенцији значајно убрзавају и поједностављују креирање визуелног садржаја у маркетингу, омогућавајући брзу израду атрактивних и композиционо усклађених фотографија уз мање трошкове и техничке захтеве. Међутим, остају ограничења у приказу детаља производа, попут типографије и логотипа, што понекад захтева људску интервенцију ради постизања убедљивости. Резултати анкете показују да испитаници често не разликују *AI* генерисане фотографије од стварних, али и даље преферирају људски рад, што указује на важност синергије *AI* алата и традиционалних дизајнерских процеса. Додатни технолошки развој и унапређење алгоритама омогућиће већу применљивост ових алата у професионалним маркетиншким пројектима.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. Ćabrilo, H. T. M. Vu, L. V. Nguyen, and D. V. Đermanović, "Veštačka inteligencija u marketingu sadržaja: prednosti i nedostaci," ResearchGate, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/394560322_VESTACKA_INTELIGENCIJA_U_MARKETINGU_SADRZAJA_PREDNOSTI_I_NEDOSTACI (Accessed: Aug. 21, 2025).
- [2] AI Academy, "Uticaj veštačke inteligencije (AI) na marketing sadržaja," AI Academy, [Online]. Available: <https://aiacademy.ba/blogs/wiki/uticaj-vestacke-inteligencije-na-marketing-sadrzaja> (Accessed: Aug. 21, 2025).
- [3] M1 Project, "Uticaj generativne veštačke inteligencije na marketing: alati, primeri i studije slučaja," M1 Project, [Online]. Available: <https://www.m1-project.com/blog/generative-ai-for-marketing-tools-examples-and-case-studies> (Accessed: Aug. 25, 2025).
- [4] Dzine, "Šta je uređivanje fotografija uz pomoć veštačke inteligencije: prednosti, ograničenja i budući trendovi," Dzine.ai, [Online]. Available: <https://www.dzine.ai/blog/what-is-ai-photo-editing-benefits-limitations-and-future-trends/> (Accessed: Aug. 29, 2025).
- [5] H. Ju and S. Aral, "Collaborating with AI Agents: Field Experiments on Teamwork, Productivity, and Performance," arXiv, [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2503.18238> (Accessed: Sep. 11, 2025).
- [6] Bowling Green State University (BGSU), "BGSU research finds people struggle to identify the difference between AI and human art, but prefer genuine human-made works," BGSU News, [Online]. Available: <https://www.bgsu.edu/news/online-media->

[newsroom/2023/12/bgsu-research-finds-people-struggle-to-identify-the-difference-b.html](https://www.bgsu.edu/news/online-media-newsroom/2023/12/bgsu-research-finds-people-struggle-to-identify-the-difference-b.html) (Accessed: Sep. 11, 2025).

- [7] Futurepedia, "Flair AI: Revolutionize product photography with intuitive AI-powered digital staging," Futurepedia, [Online]. Available: <https://www.futurepedia.io/tool/flair-ai> (Accessed: Sep. 17, 2025).
- [8] Claid, "Introducing Claid: AI to Enhance Images at Scale," Claid.ai, [Online]. Available: <https://claid.ai/blog/article/meet-claid/> (Accessed: Sep. 17, 2025).
- [9] HighFlyers, "Magic Studio Review: Everything You Must Know," HighFlyers Media, [Online]. Available: <https://www.highflyers.media/> (Accessed: Sep. 17, 2025).
- [10] D. Scott, "What is Canva?," Bring Your Own Laptop, [Online]. Available: <https://bringyourownlaptop.com/blog/what-is-canva-guide> (Accessed: Sep. 17, 2025).
- [11] AI Tool Selection, "PhotoRoom: AI-Powered Photo Editing and Design Platform," AI Tool Selection, [Online]. Available: <https://aitoolselection.com/photoroom/> (Accessed: Sep. 17, 2025).
- [12] Developers Google Blog, "Introducing Gemini 2.5 Flash Image, our state-of-the-art image model," Google Developers Blog, [Online]. Available: <https://developers.googleblog.com/en/introducing-gemini-2-5-flash-image/> (Accessed: Sep. 25, 2025).

Кратка биографија:

Михаела Вујадиновић рођена је у Котору 2000. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Графичко инжењерство и дизајн - Анализа перцепције аутентичности стварних и вештачки генерисаних фотографија одбранила је 2025. године. Област интересовања је *Branding*.

Контакт: vujadinovic896@gmail.com

Др Ивана Јурич, рођена је у Кикинди 1987. године. Докторске студије је завршила на Факултету техничких наука 2018. године. Од 2024. године је у звању ванредни професор. Област интересовања је контрола квалитета дигиталне фотографије.

Контакт: rilovska@uns.ac.rs



Психолошки принципи у дизајну корисничког искуства и њихова примена у развоју мобилне апликације

Psychological Principles in User Experience Design and Their Application in Mobile App Development

Стефан Новаковић, Неда Милић Керестеш, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – ГРАФИЧКО ИНЖЕЊЕРСТВО И ДИЗАЈН

Кратак садржај – Рад истражује примену психолошких принципа у дизајну корисничког искуства и њихов утицај на перцепцију и понашање корисника. Кроз анкету и А/В тестирање прототипа мобилне апликације испитује се улога персонализације и гејмификације у повећању мотивације и ангажовања.

Кључне речи: дизајн корисничког интерфејса, дизајн корисничког искуства, психологија, гејмификација

Abstract – The work explores the application of psychological principles in user experience design and their impact on user perception and behavior. A survey and an A/B usability test of a mobile app prototype examine how personalization and gamification influence motivation and engagement.

Keywords: user interface design, user experience design, psychology, gamification

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Неда Милић Керестеш, ванр. проф.

1. УВОД

Приликом коришћења мобилних апликација или интернет страница, кориснику се представља садржај који је пажљиво креиран и позициониран на одређени начин. Тако, одређени садржаји могу деловати привлачно, док други изазивају одбојност. Узрок оваквих реакција не лежи увек у визуелним елементима већ се често може пронаћи у психологији. Применом одређених психолошких принципа и закона, дизајн може значајно позитивно утицати на емоције корисника и обрнуто – изостанак примене одговарајућих психолошких принципа може довести до смањене лојалности и преласка на конкурентске производе.

За потребе истраживања креиран је интерактивни прототип мобилне апликације за непрофитно удружење „Поново“ које се бави поправком и поновном употребом технологије.

Апликација је осмишљена како би се олакшало донирање и прикупљање застарелих електронских уређаја и омогућило прегледније вођење волонтерског рада.

Циљ истраживања је да се, кроз прототип апликације „Поново“, испита утицај психолошких принципа, персонализације и гејмификације на мотивацију корисника.

2. УЛОГА ПСИХОЛОГИЈЕ У UX ДИЗАЈНУ

Термин корисничко искуство наглашава да процес дизајна интерфејса почиње разумевањем корисника. Дизајн корисничког искуства се, стога, не односи примарно на технологију, већ на људе. На тај начин, корисничко искуство се своди на усклађивање дизајнерских процеса са људском природом, чиме се обезбеђује да технологија буде прилагођена човеку. Да би се то постигло, процес дизајна почиње од разумевања корисничких потреба. Разумевањем корисничке психологије омогућава се тачнија анализа резултата корисничких истраживања и примена добијених знања на конкретан производ. На тај начин се обезбеђује да и најкомплексније технологије буду представљене на једноставан начин [1].

2.1. Хиков закон

Уколико се током доношења одлуке код корисника јави застој, може доћи до појаве збуњености, фрустрације или чак напуштања апликације. Један од разлога за овакву реакцију може бити сусретање са великим бројем избора које је потребно донети у датом тренутку. Хиков закон (енгл. *Hick's law*) објашњава да се са повећањем броја избора повећава и време потребно за доношење одлуке [2]. Примена овог закона није ограничена само на дигиталне производе. Она је присутна и у свакодневном животу, од броја опција на уређајима попут веш машина, даљинских управљача или микроталасних пећница, до креирања менија у ресторанима, где се број избора пажљиво ограничава како би се поједноставио процес доношења одлука [2]. У апликацији „Поново“ овај принцип је примењен ограничавањем броја истовремено доступних радњи на екрану за резервацију, како би се смањило време одлучивања код корисника.

2.2. Милеров закон

Поред количине избора, на процес одлучивања велики утицај има и количина информација коју човек може да задржи и обради у кратком временском периоду. Управо се овим аспектом бави Милеров закон (*енгл. Miller's law*), који говори да просечна особа може да задржи само седам (плус или минус две) ставке у својој радној меморији. При коришћењу дигиталних производа, различити визуелни елементи истовремено захтевају пажњу и заузимају простор у радној меморији. Сваки непотребни клик или нејасна инструкција повећава когнитивно оптерећење [3]. У складу са Милеровим законом, интерфејс апликације „Поново“ је дизајниран тако да на једном екрану кориснику никада не буде представљено више од 5 до 7 кључних информација.

2.3. Фитсов закон

Начин презентације информација и њихова позиција у оквиру интерфејса такође утичу на вероватноћу успешног извршавања неког задатка. Фитсов закон (*енгл. Fitts' law*) дефинише да време потребно за кретање до циља зависи од његове величине и удаљености [4]. Директна примена Фитовог закона у прототипу апликације „Поново“ се огледа у дизајну главних дугмади (нпр. „Резервиши“ и „Откажи“) која су постављена у доњу зону екрана најближу палцу, како би се смањило време потребно за интеракцију.

2.4. Теслеров закон

Комплексност је нужан елемент система, јер омогућава функционалност која корисницима доноси одређену вредност. Теслеров закон (*енгл. Tesler's law*) тврди да укупна количина сложености у систему остаје константна. Она се не може елиминисати, већ се може само преместити. Уколико се интеракција корисника поједностави, сложеност развојног процеса се нужно повећава [5].

2.5. Друштвени доказ

Друштвени доказ (*енгл. social proof*) представља психолошки феномен који описује склоност људи да, у ситуацијама неизвесности или двосмислености, своје понашање усклађују са поступцима већине [6]. Ово се у дизајну корисничког искуства примењује када је потребно повећати кредибилитет и подстаћи усвајање неког производа или услуге [6].

2.6. Цајгарников ефекат

Цајгарников ефекат (*енгл. Zeigarnik effect*) указује на то да се недовршени или прекинути задаци памте боље од завршених. Корисницима треба омогућити лак почетак важних задатака, јер се самим започињањем повећава вероватноћа њиховог завршетка. Употреба трака напретка или чек-листи такође стварају осећај незавршености који подстиче кориснике на даљу интеракцију. Применом елемената гејмификације, као што су бедеви или награде, корисници се подстичу да одрже континуитет активности [7]. Примена Цајгарниковог ефекта у апликацији „Поново“ уочава се кроз приказ напретка и недовршених задатака.

2.7. Принцип оскудице

Принцип оскудице (*енгл. scarcity*) представља једну од најфикаснијих техника убеђивања, јер доводи до тога да људи већи значај придају стварима које делују ограничено или тешко доступно. У електронској трговини, овај принцип се често примењује продајом производа у ограниченим количинама или у оквиру временски ограничених понуда [8].

Одређена истраживања указују да се овакав приступ може сматрати примером „тамног обрасца“ (*енгл. dark pattern*), односно облика корисничког интерфејса који је намерно осмишљен како би манипулисао корисницима да изврше одређене радње [8].

Одређени елементи, попут ограниченог броја доступних термина, имплементирани су у апликацији „Поново“ тако да симулирају принцип оскудице, али без нарушавања транспарентности према кориснику.

2.8. Правило врхунац-крај

Правило врхунац-крај (*енгл. Peak-End Rule*) указује да људи о неком искуству суде углавном на основу његовог емоционалног врхунаца, позитивног или негативног, и на основу краја. Пошто корисници памте искуства кроз ове тренутке, дизајнери могу обликовати корисничко искуство тако да ти тренуци буду позитивни, пријатни и запамћени. Пожељно је да најинтензивнији моменат искуства буде обележен позитивном интеракцијом, наградом или похвалом, док завршни моменти треба да оставе јасан и пријатан утисак [9]. Интеракције у прототипу апликације „Поново“ су дизајниране тако да се задатак завршава позитивним визуелним „reward“ екраном, што је у складу са правилом врхунац-крај.

3. ИСТРАЖИВАЧКИ ДЕО ДЕО

3.1. Анкетирање о мотивацији волонтирања

Прво истраживање корисника спроведено је путем анкете чији је циљ био да се открије на који начин људи доживљавају процес волонтирања. Поред тога, истраживало се у којој мери их овакав вид ангажмана привлачи, као и који би фактори могли да их мотивишу на веће укључивање у пројекте овог типа.

Питања у анкети била су подељена на четири целине где се први део односио на демографске карактеристике испитаника, а други на питања у вези са мотивацијом, трећи на испитивање перцепције о наградама, док је последњи део представљао субјективна мишљења испитаника у вези са волонтирањем. Анкета је дистрибуирана онлине и подељена је бази контаката удружења „Поново“, као и на друштвеним каналима удружења.

Резултати анонимног анкетирања 110 особа су показали да је нешто више од три четвртине испитаника, односно 76,4%, раније имало искуства у волонтерским активностима. Ипак, скоро половина тих испитаника изјавила је да веома ретко учествује у волонтирању, док 8,1% њих волонтира редовно, више пута годишње.

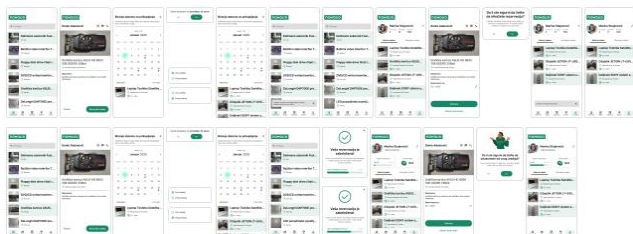
После оцењивања мотива за волонтирање на Ликертовој скали 1-5 уочава се да су испитаницима најважнији мотиви за волонтирање: осећај испуњености и корисности (4.33), стицање нових знања (4.30), учешће у обукама (4.13) и осећај припадности заједници (3.95), док су најмање значајни симболични поклони (2.95), попусти (2.99) и најмање важни мотиви су систем поена или кредита који се могу заменити за награде (2.88) и добијање сертификата (2.64).

У отвореним одговорима навели су да би као облик надокнаде највише ценили попусте, слободне дане, чланство у клубовима или организацијама, као и симболичне бенефите који признају њихов труд. Посебно интересантни били су одговори који су истицали заједничке успомене и фотографије као значајан облик награђивања, што указује да волонтерима симболичка признања и осећај припадности имају снажан емотивни значај. Истовремено, поједини испитаници сматрају да би материјално награђивање могло привући особе које су мотивисане искључиво материјалним добицима, што би потенцијално могло негативно утицати на организацију и вредности пројекта.

3.2. Тестирање употребљивости апликације

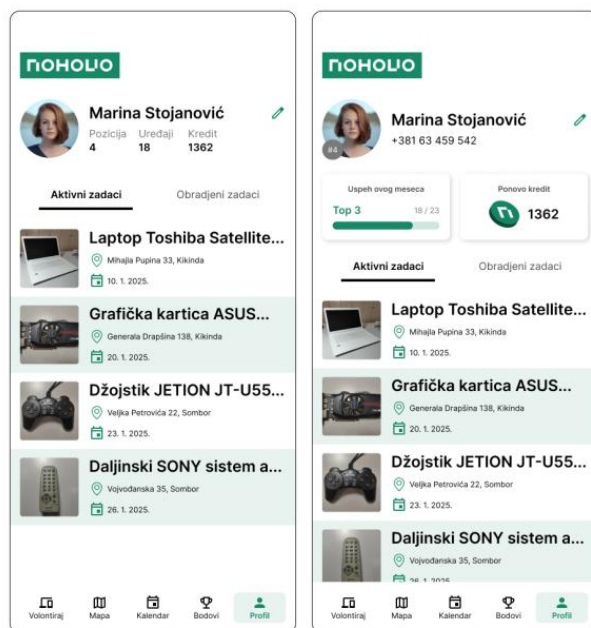
Тестирање је спроведено у *Figma* прототипу апликације, а задатак испитаника је био да уради резервацију уређаја и отказивање већ направљене резервације. Ради провере хипотезе да елементи гејмификације и персонализације у интерфејсу могу утицати на степен ангажовања и мотивације корисника, креиране су две различите верзије прототипа приказане на слици 1. Верзија А представљала је неутралнији интерфејс који је био усмерен искључиво на извршавање задатака, док је верзија Б садржала измењене елементе са циљем да се интерфејс више прилагоди кориснику кроз персонализоване повратне информације и примену елемената гејмификације.

Обе верзије имале су исте функционалности, при чему су одређени елементи интерфејса били различити. На слици 1 приказана је основна визуелна разлика између две верзије: док верзија А користи минималистички приступ, верзија Б садржи персоналификовани поздрав, прогрес бар и систем бодовања



Слика 1. Верзија А (горе) и верзија Б (доле) прототипа

Слика 2 илуструје кључни моменат резервације, где је у верзији Б уведен визуелни приказ напретка као мотиватор



Слика 2. Неутралнија верзија А са леве и персонализована верзија Б са десне стране

У истраживању је учествовало укупно 10 испитаника, од чега је 5 у групи А и 5 у групи Б. Тестирање је започето упутствима која су испитаницима достављена пре почетка рада како би се осигурала иста количина знања о задатку. Након завршетка задатака, испитаници су попуњавали упитник. У првом делу упитника, испитаници су препознавали елементе из интерфејса како би се утврдило који су били најупадљивији и у којој мери су корисници били свесни убачених аспеката гејмификације и персонализације. Други део анкете су чиниле изјаве које су биле оцењиване на Ликертовој скали 1-5: Изјаве су биле:

- Успео/ла сам лако да завршим задатке у прототипу.
- Интерфејс ми је деловао персонализовано.
- Присуство елемената попут траке напретка, кредита или рангирања повећало је моју мотивацију да обавим задатке.
- Приказ броја кредита на мом профилу ми је деловао мотивишуће.
- Визуелна потврда успешне резервације повећала је моје поверење у апликацију.
- Илустрована порука која се појављује при отказивању резервације ублажила је негативан осећај.
- Након коришћења, осећам већу повезаност са апликацијом.
- Апликација ме подстиче да се више ангажујем и напредујем у будућности.

Циљ ових питања био је процена корисничког доживљаја, лакоће коришћења и мотивационог потенцијала интерфејса. На крају су се налазила два питања отвореног типа, чији је циљ био прикупљање квалитативних података о елементима који су

оставили најбољи утисак на кориснике, као и идентификацији потенцијалних недостатака.

Група Б је дала више оцене у односу на групу А у питањима везаним за визуелни доживљај, персонализацију и мотивацију. Најизраженија разлика примећена је код тврдњи које се односе на елементе награђивања и приказ напретка где су испитаници из групе Б у већем проценту истакли да су кредити и приказ напретка деловали мотивишуће и да је интерфејс подстицао њихову жељу за даљим напредовањем. Ови резултати указују да су намерно уведени елементи гејмификације испунили своју сврху у погледу повећања субјективне мотивације и ангажовања.

С друге стране, када је реч о техничкој једноставности извршења задатака, није уочена разлика између група. Обе групе су задале највишу просечну оцену за лакоћу обављања задатака, што указује да додатни елементи нису утицали на саму употребљивост. Овај налаз је важан јер показује да је мотивациони утицај присутан без угрожавања примарне функционалности апликације.

Код отворених питања испитаници су као позитивне стране истицали једноставност коришћења, чист и јасан визуелни дизајн и брзину извршавања задатака. Група Б је, поред тога, истицала и осећај постигнућа након завршетка задатка као и мотивишуће елементе као што су кредити и приказ напретка. Када је реч о потенцијалним побољшањима, поједини испитаници су наводили потребу за више визуелних елемената који би учинили апликацију динамичнијом. Ови предлози указују да је основни концепт апликације добро прихваћен, али да корисници желе још већи степен ангажовања и интерактивности.

4. ЗАКЉУЧАК

Познавање људске психологије и начина доношења одлука може бити пресудан фактор у успешности апликације или интернет странице. Уколико се психолошки аспекти корисничког понашања занемаре или погрешно процене, то може довести до смањене употребљивости и интересовања корисника, а самим тим и до слабијег пословног успеха производа.

Урађена истраживања су имала за циљ да провере хипотезе о мотивацији корисника и утицају гејмификационих елемената. Прво истраживање је показало да материјалне награде нису примарни мотив за укључивање у волонтерске активности. Испитаници су истицали да су стицање нових знања, упознавање људи и стицање позитивног искуства значајнији покретачи од материјалних користи. Резултати другог истраживања су показали да испитаници преферирају персонализоване искуство са више елемената гејмификације.

Синтетизовањем резултата може се закључити да персонализација и гејмификација доказано подстичу већу ангажованост, интересовање и позитиван емоционални однос према апликацији.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1] A. Stadler, "How psychology can be used to influence user behaviour in UI and UX design," *Theseus*, 2022. [Online]. Available:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/751168/Stadler_Alena.pdf. [Accessed: Oct. 21, 2025].

[2] M. Soegaard, "Hick's Law: Making the choice easier for users," *Interaction Design Foundation*, 2020. [Online]. Available:

<https://www.interaction-design.org/literature/article/hick-s-law-making-the-choice-easier-for-users>. [Accessed: Oct. 28, 2025].

[3] R. Greenan, "What is Miller's Law in UX Design? A complete guide," *CareerFoundry*, 2023. [Online]. Available:

<https://www.careerfoundry.com/en/blog/ux-design/what-is-millers-law/>. [Accessed: Oct. 28, 2025].

[4] S. Lau, "Fitts' Law," *The Decision Lab*. [Online]. Available:

<https://thedecisionlab.com/reference-guide/design/fitts-law>. [Accessed: Oct. 29, 2025].

[5] "Why Life Can't Be Simpler," *FS.blog*. [Online]. Available:

<https://fs.blog/why-life-cant-be-simpler/>. [Accessed: Oct. 30, 2025].

[6] J. Cardello, "Social proof in the user experience," *Nielsen Norman Group*, 2014. [Online]. Available:

<https://www.nngroup.com/articles/social-proof-ux/>. [Accessed: Oct. 30, 2025].

[7] F. Liu, "How to use the Zeigarnik Effect in UX," *Nielsen Norman Group*, 2024. [Online]. Available:

<https://www.nngroup.com/videos/zeigarnik-effect/>. [Accessed: Oct. 31, 2025].

[8] A. Kendrick, "The scarcity principle in UX: Don't miss out!," *Nielsen Norman Group*, 2021. [Online]. Available:

<https://www.nngroup.com/videos/scarcity-principle-ux/>. [Accessed: Oct. 31, 2025].

[9] J. Sutton, "What is the peak-end rule? How to use it smartly," *PositivePsychology.com*, 2019. [Online]. Available:

<https://positivepsychology.com/what-is-peak-end-theory/>. [Accessed: Nov. 2, 2025].

Кратка биографија:

Стефан Новаковић, рођен је у Кикинди 2001. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Графичко инжењерство и дизајн одбранио је 2025. године. Област интересовања је графички дизајн и UI/UX дизајн.

Контакт: s.nvkc2001@gmail.com

Др Неда Милић Керестеш, рођена је у Врбасу 1986. године. Докторске студије је завршила на Факултету техничких наука у Новом Саду, где је запослена у звању ванредног професора. Област интересовања обухвата веб дизајн, мултимедије и визуелну перцепцију боја.

Контакт: milicn@uns.ac.rs

Кућа на обали Тихог океана у Чилеу

House on the Pacific Coast in Chile

Ива Сирета, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – АРХИТЕКТОНСКО ПРОЈЕКТОВАЊЕ

Кратак садржај – Истраживање концепта самоодрживе куће у суровом поднебљу пустиње Атакама, кроз интеграцију савремених система коришћења обновљиве енергије и природних ресурса, архитектонско обликовање и естетику. Испитивање архитектуре будућности ослањајући се на њен традиционални манир.

Кључне речи (три до пет): самоодрживост, екстремни услови, природни ресурси, обликовање, обновљиви извори енергије.

Abstract – Research on the concept of a self-sustainable house in the harsh climate of the Atacama Desert through the integration of modern systems for utilizing renewable energy and natural resources, expressed through architectural form and aesthetics. Examination of the architecture of the future, drawing upon its traditional manner.

Keywords: (three to five): Sustainability, extreme conditions, natural resources, form-giving, renewable energy sources.

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Ивана Мишкељин, ред. проф.

1. УВОД

Стални изазови које доноси будућност захтевају од архитекте интеграцију форме и функције са савременим технолошким иновацијама уз очување основних начела пројектовања.

Кроз футуристички приступ, овај рад анализира начине на које природа и грађена структура могу коезистирати, начин на који нове технологије утичу на обликовање објекта као и у којој мери објекат може бити самосталан.

Рад полази од тезе да архитектура мора да превазиђе своју традиционалну историјску улогу и да постане активни учесник у стварању одрживог окружења. Предложени концепт куће која производи, користи и рециклира представља покушај да се ова теза оствари кроз конкретан архитектонски пројекат - структуру укопану у стени, чија платформа постаје носилац природног циклуса.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Када су извори енергије и природни ресурси доступни, њихова вредност остаје готово неопажена. Према истраживању Светске здравствене организације од 2000. до 2024. године, само четвртина светске популације (2.2 милијарде) има приступ пијаћој води, 685 милиона људи живи без електричне енергије, а 2.1 милијарда људи се ослања на штетна горива [1].

Фокус истраживања усмерен је на редифинисање односа између корисника и простора кроз примену пасивних архитектонских принципа и активних технолошких система и креирање аутономног стамбеног простора који подиже квалитет живота у екстремним срединама, стварањем утопијског прототипа потпуно саживљеног са контекстом.

Развој концепта самоодрживе куће ослања се на употребу природних ресурса и материјала са знатно нижом емисијом CO₂ у поређењу са традиционалним панданима.

2. ПЛАТФОРМА

2.1. Концепт, контекст

Предмет разраде је структура укопана у стени – платформа која својом елиптичном формом подсећа на објекат из будућности, лагана је, лебди изнад литице и покушава да досегне хоризонт.

Објекат се налази на литици Тихог океана у чилеанској пустињи Атакама, на неколико десетина километара од града Сориаρό. Пустиња Атакама представља најсувљу област на свету [2], чинећи тло које је покрива потпуно стерилно, будући да количина падавина током целе године износи свега 1мм по метру квадратном [3].

Облик платформе потиче директно из географских карактеристика, климатских услова и духа места. Она функционише као самоодрживи организам чија је суштина да производи, користи и рециклира, трансформише неопипљиве природне ресурсе – маглу и сунчеву енергију – у конкретне материје, представљајући мост између природног потенцијала и људских потреба.

2.2. Архитектура под земљом

Концепт кућа укопаних у земљи налазимо од почетка постојања људске цивилизације: од Исланда, Кине, па све до Америчких континената. Током 70их година

прошлог века створио се покрет „Back to the Land“ чији је основни постулат био самоодрживост и аутономија, како у изграђеној структури, тако и у маниру живљења, а огледао се кроз основу човекову потребу за преживљавањем и коришћењем ресурса у минималној мери. Malcolm Wells, архитекта који је веровао да архитектура у тлу не само да не ремети природно окружење него је и “сунчана, сува и пријатна” и “нуди огромну уштеду горива и тиху, еколошки прихватљиву алтернативу друштву заснованом на асфалту.” [4]. Бенефити оваквог начина живота су добре термо и звуко-изолационе карактеристике, заштита од земљотреса, природних непогода, па чак и последица изазваних људским дејством, попут разарања услед оружаних сукоба [5].

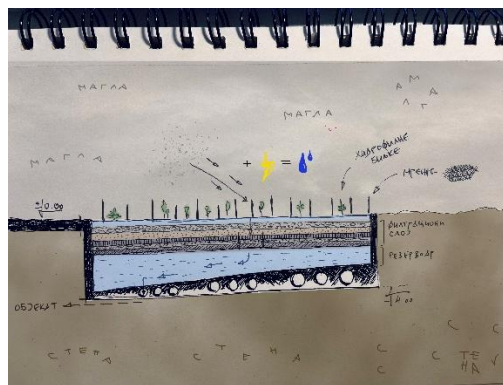
2.3. Архитектонско решење и начин функционисања

Објекат је намењен вишепородичном становању. Функционалном поделом на три неодвојиве целине, он је сам по себи *power house*.

Први део тиче се становања. Ова целина је потпуно укопана у земљи и до ње се стиже са површине стене, степеништем. Улази за две одвојене стамбене јединице су симетрично постављени на супротним крајевима платформе. Условљен морфологијом, стамбени део постаје својеврсни лавиринт подземних простора и комуникација, где је свака просторија засебна и свака повезана ходницима. Заједничке просторије обе стамбене целине су техничке собе за управљање интегрисаном технологијом, нанизане уз главни ходник, односно примарну комуникацију која се протеже целим пречником платформе. Конструктивни зидови имају првенствено улогу усидрења у стену, потпоре платформе и воденог резервоара, односно улогу спречавања клизања, обрушавања или ротације конструкције. Оба стамбена дела имају евакуациони излаз до површине платформе. Скоро свака просторија је окренута ка океану зид завесом, пружајући довољну количину светлости. Додатни правоугаони отвори на површини платформе позиционирани су да омогуће директан продор сунчеве светлости у укопане делове.

Други део је сама платформа, односно једна равна лебдећа структура пречника 90 метара. Величина ове структуре условљена је инсталацијом опсежног система мрежа за прикупљање воде, који захтева значајну површину како би се постигла оптимална ефикасност у хватању честица воде из магле са једне стране, а са друге њена димензија омогућава постављање довољно соларних панела да се обезбеди потпуна енергетска аутономија за обе стамбене јединице и техничке системе. Она је заштита укопаног стамбеног дела од топлоте и директног сунчевог зрачења и постаје носач соларних панела. Соларним панелима се по утемељеном принципу прикупља и после складишти енергија, која се користи у стамбеним јединицама. Осим носача соларних панела, друга половина хвата и прерађује велику количину воде из водене паре системом мрежа изнад платформе.

Трећи део је посвећен складиштењу прикупљене воде – резервоар. Резервоар је укопан четири метра у стеновито тло, подељен на два дела по хоризонтали. Први, горњи слој чини природни филтрациони систем из географског подручја у ком се цео објекат налази: облуди, камен, песак и угљ. У првом слоју набројаних природних материјала који константно пропуштају и филтрирају воду расту хидрофилне биљке између мрежастих структура које су на међусобном растојању од 3.7 метара. Након проласка кроз природни филтер, пречишћена вода се складишти у доњем, затвореном делу резервоара. Даљим пречишћавањем у техничким просторијама које су део стамбене целине, чиста вода стиже до остатка објекта где се користи. Круг се затвара кроз систем за третман „сивих“ вода и враћа воду природи путем пуштања контролисаним системом.



Слика 1. Ауторска скица

Платформа, као примарни носећи елемент, ослања се на робусне челичне конзоле учвршћене у стенску масу. Унутрашњи носећи и преградни зидови изведени су од геоплимерног бетона. Ободни зид резервоара је такође од истог бетона, а подела резервоара на горњи филтрациони и доњи складиштени део изведена је од челичних носача сличних мостовској конструкцији. Разлог ове примене челика на средини укопаног резервоара је потпора филтрационом слоју, који је изузетно тежак будући да се састоји од слојева природних материјала: облутака, песка, камења и угља.



Слика 2. Ауторски рад – кућа на обали

2.4. Естетичка функција објекта

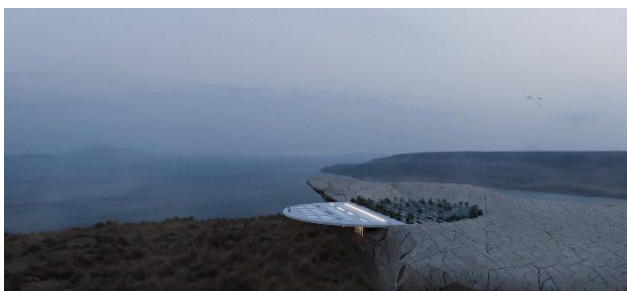
Архитектонски концепт овог пројекта заснива се на идеји технологије као медија између човека и природе, између рационалног и сензибилног. У екстремним условима пустиње, где је граница између живота и непостојања готово опипљива, архитектура постаје инструмент прилагођавања, али и контемплације.

Систем сакупљања воде, добија форму апстрактне скулптуре — „облака“ од мрежа и капљица. У том визуелном чину, процес се трансформише у *land art*, уметничку интервенцију која произлази из саме суштине простора.

„Облак“ стоји као апстрактна скулптура, као метафора сталне промене и пролазности, док етажа испод делује супротно — укопана, масивна, готово архетипска. Тај дијалог између тешког и лаког, чврстог и пролазног, формира равнотежу унутар композиције.

Доња етажа, усечена у стену, носи карактер уточишта. Архитектура је овде замишљена као продужетак терена, а не као његова супротност. Укопане просторије су окренуте ка океану, где се хоризонт јавља као покретна сцена на прозорима станова.

Камен, као елемент терена и бетон, у својој сировој монолитности, посредују између природног и вештачког; стакло, као најделикатнији материјал, служи као елемент који не раздваја, већ спаја — таму стене и светлост пејзажа. Метална мрежа која контрира хоризонталности представља супротан пол тој масивности — лагана и полупрозрачна.



Слика 2. Ауторски рад

2.5. Примена материјала и технологија

Како влажан ваздух Атлантског океана не може да пређе Анде, Хумболт струја са Пацифика ствара идеалне услове за формирање магле. Кретањем Тихог океана до Екватора, настаје одвајање воде услед густине, где хладна вода остаје на површини океана [6]. Ваздух при површини се хлади и тако долази до снажне термичке инверзије [7]. Термичка инверзија је обрнуто понашање температуре у тропосфери — најнижем слоју земљине атмосфере у којој се налази скоро сва атмосферска вода, при чему је слој хладног ваздуха при површини прекривен слојем топлијег ваздуха [8].

Захваљујући управо овој појави, у подручју пустиње Атакама долази до формирања обилне и густе магле, познате локално као "samanchaca". Ова магла представља кључни ресурс у најсувљој пустињи света, јер носи значајне количине воде у облику суспендованих капљица које се никад не претварају у кишу зато што влажност која чини овај облак има

честице величине између 1 и 40 микрона, што је превише ситно да би формирало кишне капи [9]. Кроз специфичне атмосферске услове, природни феномен се трансформише у витални извор воде, чинећи га доступним за прикупљање путем специјализованих технологија.

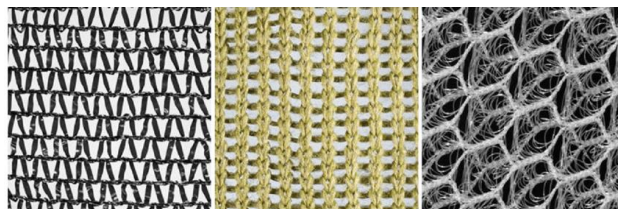
Технологија која одговара захтевима локације, огледа се у примени система мрежа које „хватају“ честице воде из водене паре, односно метода названа Fog harvesting.

Овај метод у природи постоји дуго, а пример за то је паукова мрежа; кактус пореклом из Мексика који користи своје бодље да прикупља капљице воде из магле; буба из Намибијске пустиње која користи црну испупчену структуру свог оклопа да кондензује водену пару и неки бриопхити (маховине, јетрењаче).



Слике 2, 3 и 4. Примери из природе – сакупљање воде из водене паре [10]

Ову структуру чине једноставне вертикалне мреже, структуре сличне „расел“ мрежама, специјално дизајниране, отпорне на влагу и корозију, направљене од метала, које су причвршћене на лагану конструкцију. Систем функционише тако да се честите воде из водене паре заустављају на мрежи и нагомилавањем молекула воде стварају се капљице које се гравитационо спуштају у систем канала до природног филтера изнад резервоара.



Слика 5. Пример различитих врста расел мрежа од полимера [11]

Истраживањем МИТ-а из 2018 године (Electrostatically driven fog collection using space charge injection, 2018), установљено је да главни механизми који ограничавају ефикасност колектора магле заснованог на мрежи су брзина отклањања капљица и аеродинамичко одступање капљица магле. Сходно томе, брзина отклањања капљица се може смањити на два начина: вода може зачепити мреже и услед ветра може доћи до поновног подизања капљица ка горе. До решења ова два проблема истраживачи МИТ-а су дошли увођењем додатне електричне енергије која ће усмерити капљице воде према колектору [12]. Активном контролом капљица помоћу електромагнетног поља остварује се до 20 пута брже прикупљање воде из водене паре у односу на традиционалне пасивне системе [13]. Ово решење посебно је pogodно за примену у аридним подручјима где је свака капљица воде од критичног значаја, а ветар често достиже велике брзине.

Како би се овај принцип применио и на објекту, инсталирани су системи прикључени на електричну мрежу, чија енергија је добијена путем соларних панела – колектора, “off-grid” системом који је погодан за напајање тамо где је немогуће или јако тешко допремити дистрибутивни систем који током дана пуни батеријску банку, а ноћу се из ње црпи акумулирана енергија [14]. Оба система, и систем сакупљача воде и соларни колектори позиционирани су на платформи, изнад тла. По претходно објашњеном принципу, сакупљена вода слива се у филтер направљен од природних материјала, а потом се филтрирана вода депонује у резервоар под земљом. Из тог резервоара даљом дистрибуцијом и додатном филтрацијом долази до крајњих корисника, а сива вода из објекта се рециклира и враћа свом првобитном извору – природи.

Платформа, као и унутрашњи носећи и преградни зидови су, за разлику од традиционалног направљени од геополимерног бетона. Геополимер је неоргански полимер који настаје као резултат поликондензационе реакције одређених отпадних материјала (пепео, отпад из производње целика, метакаолин, силица прасина, пепео из љуски пиринца...) који садрже алуминосиликате (основне компоненте земљине коре и налазе се у глинама и камењу, пепелу...), у реакцији са алкалијама (базне супстанце са високом рН вредношћу) [15].

Према истраживању Департамента за грађевинарство, универзитета у Делхију и универзитета у Саудијској Арабији, геополимерни бетон има боља физичка, механичка својства и постојаност у односу на бетон од Портланд цемента и изузетно је отпоран на дејство киселина, сулфата и соли [16], чије честице се услед близине океана налазе у ваздуху [17].

Иако овај бетон још увек није применљив, постоји велики потенцијал у његовој експлоатацији будући да га одликује редуција уграђеног угљеника (CO₂) за 80%, као и смањење карбон отиска за 9% у односу на бетон какав данас познајемо [18].

3. ЗАКЉУЧАК

Пројекат самоодрживе куће у пустињи Атакама представља синтезу природних процеса, технолошких иновација, архитектонског решења и естетике. Применом анализираних утицаја, престаје да буде само структура у простору у смислу склоништа и постаје механизам који активно учествује у природним циклусима.

Самоодржива кућа није само експериментални концепт, она је визија могућег правца развоја архитектуре у будућности. Оваквом анализом архитектура излази из конвенционалног оквира пројектовања и постаје део ширих научних области и система. На постављено питање да ли је живот у суровим условима могућ, одговор лежи у паралелном постојању неукротиве природе и контролисаног управљања грађеном средином.

Кретањем ка будућности пре него што нас она стигне отвара се ново поглавље: постојање архитектуре која живи у складу са природом, а не на њен рачун.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Environment, Climate Change and Health (ECH), Water, Sanitation, Hygiene and Health (WSH), “Progress on household drinking-water, sanitation and hygiene 2000-2024: Special focus on inequalities,” WHO, 2025.
- [2] The Editors of Encyclopaedia Britannica, “Atacama Desert,” Britannica, 13 10 2025.
- [3] T. Williams, “10 Facts About The Atacama Desert,” Quasarex, 21.03.2016.
- [4] M. M. M. Madsen, “Earth-sheltered construction,” EBSCO Knowledge Advantage, 2024.
- [5] S. Edward, “Do people still live in caves?,” 14 07 2023.
- [6] Patrn, “Meet the Fog Farmers of the Atacama Desert,” 2024.
- [7] F. L.-R. I. A. C. M. C. d. R. K. Keim-Vera, Fog types frequency and their collectable water potential in the Atacama Desert, Atmospheric Research, vol. 312, 2024.
- [8] The Editors of Encyclopaedia Britannica, “temperature inversion,” 21 05 2020.
- [9] N. Lavars, “How Chile's fogcatchers are bringing water to the driest desert on Earth,” New Atlas, 25 08 2015.
- [10] Google Images. [Accessed 09 2025].
- [11] R. S. S. A. L. Otto Klemm, “Fog as a Fresh-Water Resource: Overview and Perspectives,” Research Gate, 02 2012.
- [12] K. K. V. Maher Damak, “Electrostatically driven fog collection using space charge injection,” Sci.Adv., no. 4, 08 06 2018.
- [13] P. Channel, “Solving Desert Water Shortages Using 20,000 Volts,” 2025.
- [14] Green Energy Solution, “Solarni paneli - princip rada,” Green Energy Solution.
- [15] M. K. S. R. N.B. Singh, Geopolymer cement and concrete: Properties, Materials Today: Proceedings, vol. 29, 2020, pp. 743-748.
- [16] N. D. I. R. Manvendra Verma, “Geopolymer Concrete: A Material for Sustainable Development in Indian Construction Industries,” Research Gate, 04 2022.
- [17] Unknown, “Atacama Desert: On the trail of fog trapping and the air plant,” Thies Clima, 19 10 2024.
- [18] R. b. S. C. M. Nidhi Dhull, “Geopolymer Concrete: A Sustainable Alternative to Portland Cement,” AzoBuild, 10 07 2024.

Кратка биографија:



Ива Сирета рођена је у Кикинди 1997. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Архитектуре – Архитектонско пројектовање одбранила је 2025. год.
Контакт: ivasireta@yahoo.com

**АДАПТИВНА АРХИТЕКТУРА СПОРТСКИХ ОБЈЕКАТА: ПРОЈЕКТОВАЊЕ
ТЕНИСКОГ СТАДИОНА ЗА ВЕЛИКЕ СПОРТСКЕ ДОГАЂАЈЕ****ADAPTIVE ARCHITECTURE OF SPORTS FACILITIES: DESIGNING A TENNIS
STADIUM FOR MAJOR SPORTING EVENTS**

Анђела Драгутиновић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – Рад је усмерен на пројектовање тениских стадиона са фокусом на разрешавање функционалних и просторних односа, при чему се посебна пажња посвећује флексибилности објекта и његовом потенцијалу за адаптацију у еколошки центар. Истражују се принципи организације простора који омогућавају ефикасно функционисање спортских садржаја, а истовремено отварају могућност трансформације у мултифункционалне просторе за спорт, рекреацију, културу и едукацију кроз интеграцију одрживих архитектонских елемената. Рад указује на значај оваквих трансформација у контексту савременог урбаног развоја и истиче потребу за одговорним управљањем изграђеним просторима како би се унапредили одређени аспекти савремених градова.

Кључне речи: пројектовање, тениски стадион, еколошки центар, адаптација

Abstract – The thesis focuses on the design of tennis stadiums with an emphasis on resolving functional and spatial relationships, with particular attention given to the flexibility of the structure and its potential for adaptation into an ecological center. It explores principles of spatial organization that ensure the efficient operation of sports facilities while simultaneously enabling their transformation into multifunctional spaces for sports, recreation, culture, and education through the integration of sustainable architectural elements. The research highlights the importance of such transformations within the context of contemporary urban development, emphasizing responsible management to enhance ecological, social, and economic aspects.

Keywords: design, tennis stadium, eco-center, adaptive architecture

1. УВОД

Циљ овог рада је истражити велике спортске објекте изграђене за велика такмичења, који често пропадају након што испуне своју примарну намену. Иако су у ове објекте уложена значајна средства, многу од њих бивају напуштени. Фокус истраживања је на идентификацији иновативних решења и савремених технологија.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Дејан Ецет, ванр. проф.

Циљ је да се пружи конкретне смернице и препоруке за будуће пројекте, како би велики спортски објекти могли постати активни центри заједнице уместо напуштених и неискоришћених структура. Кроз анализу иновативних архитектонских приступа и интеграцију паметних технологија, рад ће показати како се могу оптимизовати ресурси и смањити негативан утицај на животну средину. На тај начин, спортски објекти могу постати важан део одрживог урбаног развоја, доприносећи квалитету живота и социјалној кохезији у урбаним срединама. Овај рад такође испитује могућности интеграције различитих технологија, попут модуларне градње и паметних система управљања ресурсима, како би се постигла већа ефикасност и одрживост спортских објеката. Анализом различитих приступа и пракси у свету, рад ће пружити свеобухватан преглед потенцијала за трансформацију спортских објеката у вишефункционалне просторе који могу одговорити на различите потребе заједнице током целе године. На тај начин, спортски објекти могу постати значајни друштвени и економски ресурси, уместо да буду финансијски терет и естетски проблем након завршетка великих догађаја.

**2. АДАПТИВНА АРХИТЕКТУРА: ТЕОРИЈСКИ
ОКВИРИ**

Адаптивна архитектура је приступ дизајну и изградњи грађевинских објеката који омогућава њихову флексибилност и способност прилагођавања променама у функцији, употреби и околини током времена. Ова архитектура се фокусира на стварање простора који се могу лако модификовати, проширивати или смањивати у зависности од потреба корисника и промена у њиховој околини [1].

Коришћење модуларних елемената, иновативних материјала и технологија омогућава лакшу пренамену и трансформацију простора без потребе за потпуним рушењем или значајним грађевинским радовима. Адаптивна архитектура представља еволуцију у начину на који приступамо дизајну и изградњи грађевинских објеката. Битно је напоменути неколико принципа адаптивне архитектуре:

- Модуларност је један од кључних принципа адаптивне архитектуре и подразумева дизајн кроз међусобно повезане јединице које се могу лако заменити, уклонити или реорганизовати. Овај приступ омогућава брзо прилагођавање простора различитим потребама, уз смањење трошкова и времена изградње.

- Флексибилност у дизајну подразумева могућност брзог прилагођавања грађевинских објеката различитим функцијама и потребама корисника. Флексибилни простори су дизајнирани тако да могу лако променити своју намену – на пример, конференцијска сала може постати простор за заједнички рад, док спортска дворана може бити прилагођена за културне догађаје. Ово се постиже употребом преградних зидова, помичних елемената и мултифункционалног намештаја. Флексибилност омогућава максимално искоришћење простора и повећава његову вредност и корисност током времена. Флексибилна архитектура се прилагођава новим употребама, одговара на промене уместо да стагнира, и покретна је уместо статична [2].

- Одрживост је кључни аспект адаптивне архитектуре. Одрживи дизајн тежи смањењу еколошког отиска објеката кроз употребу енергетски ефикасних материјала, обновљивих извора енергије и система за управљање отпадом. Такође, одрживи дизајн укључује стварање здравог и угодног окружења за кориснике, са нагласком на природно осветљење, вентилацију и употребу еколошки прихватљивих материјала.

- Примена савремених технологија је неопходна за постизање циљева адаптивне архитектуре. Паметни системи за управљање зградама омогућавају оптимизацију ресурса, смањење енергетске потрошње и прилагођавање услова у простору у реалном времену.

3. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ТЕНИСКИХ СТАДИОНА ЗА ВЕЛИКЕ СПОРТСКЕ ДОГАЂАЈЕ

Принципи пројектовања стадиона заснивају се на функционалности, безбедности и комфору корисника. Основни елемент је добра организација простора која омогућава ефикасан проток публике, спортиста и особља, као и јасно раздвајање јавних и приватних зона [3].

- Важан принцип је и флексибилност, односно могућност да се објекат прилагоди различитим спортским догађајима и културним манифестацијама. При томе се води рачуна о видљивости терена из сваког седишта, акустици, као и интеграцији савремених технологија. Поред тога, савремено пројектовање стадиона све више укључује принципе одрживости – енергетску ефикасност, управљање водом и интеграцију зелених површина. Битно је напоменути неколико кључних аспеката у пројектовању стадиона:

- Димензије и подлога терена су јасно дефинисане а поред основних димензија, при пројектовању се мора водити рачуна и о простору око терена, који омогућава играчима довољно простора за кретање и сигурну игру.

- Капацитет трибина и приступачност: Приликом пројектовања трибина, кључно је осигурати добру видљивост са сваког места, како би сви гледоци могли да прате меч без препрека.

- Пратећи садржаји на тениском стадиону обухватају свлачионице, теретане, просторе за рекреацију, угоститељске објекте и просторе за медије, као комплетна подршка играчима и посетиоцима.

- Аспекти о којима тскође треба водити рачуна приликом пројектовања тениских стадиона су кровна конструкција, акустика, природно осветљење.

- Кориштење модуларних компоненти на стадионима, и то обухвата све, од монтажних седишта и трибина до зидних панела, кровних конструкција и просторија као што су свлачионице и канцеларије. Ови елементи се пажљиво планирају како би омогућили брзу монтажу, чиме се минимизирају поремећаји у окружењу и смањује време потребно за завршетак радова. На пример, за изградњу додатних трибина на стадиону, модуларне компоненте се могу брзо поставити без прекидања свакодневних активности.

4. АДАПТАЦИЈА СПОРТСКИХ ОБЈЕКТА

Велики спортски догађаји, попут Олимпијских игара и Светских првенстава, не само да окупљају глобалну публику, већ доносе и бројне инфраструктурне пројекте који на кратак рок доприносе локалном економском развоју. Нажалост, често се дешава да када догађај прође, стадиони и спортски комплекси остају запуштени, недовољно искоришћени или у потпуности напуштени. Ово се дешава јер су ови објекти пројектовани првенствено за привремене догађаје, а локалне заједнице немају дугорочну стратегију за њихову одрживу употребу [4].



Слика 1. Олимпијски стадион у Риу де Женеу-приказ објекта који се деградирао након такмичења [5].

Убрзана еволуција архитектуре спортских објеката доноси револуцију у начин на који доживљавамо спорт и масовне догађаје. Ове структуре, обложене сензорима, могу се аутоматски прилагођавати временским условима, отварајући се за вентилацију током топлих дана или затварајући ради заштите од кише. Зелене фасаде, прекривене биљкама, доприносе еколошкој равнотежи, док у исто време освежавају градски простор и смањују загревање објекта. Технологија пиезоелектричних материјала омогућава прикупљање енергије која настаје када се публика креће или аплаудира, осветљавајући стадион или напајајући разне системе унутар објекта. Унутар спортских објеката, мултифункционални простори долазе до изражаја кроз помичне подове који се лако прилагођавају различитим догађајима. Подови се могу подизати или спуштати, стварајући идеалан терен за кошарку, концертну бину или сајамски простор. Ова трансформација омогућава стадионима да се брзо и ефикасно припреме за разне врсте догађаја. Спортски објекти будућности биће опремљени еко-интегрисаним трибинама, где зелени вртови користе рециклирану кишницу за

наводњавање, стварајући природни хлад и побољшавајући амбијент за гледаоце.

5. АДАПТАЦИЈА ТЕНИСКОГ СТАДИОНА У ЕКОЛОШКИ ЦЕНТАР

Овај пројекат настоји да повеже спорт и екологију кроз дизајн, технологију и едукацију, омогућавајући локалним становницима и посетиоцима да уживају у природи, уче о важности очувања околине и учествују у еколошким активностима. Стадион постаје место за спорт, али и за интеракцију са природом, чиме се подстиче здрав стил живота, поштовање према природи и одговоран приступ ресурсима. Кључни аспекти у процесу адаптације:

- Уградња зелених кровова и вертикалних вртова на трибинама и нивоима стадиона доноси многе еколошке користи. Вертикални вртови, с биљкама које привлаче локалне инсекте и птице, додатно доприносе биодиверзитету и стварају природни амбијент унутар урбаног пејзажа. Простор претходно предвиђен за тениски терен биће трансформисан у модуларне парцеле (коцке) које ће корисници моћи да изнајмљују за урбане баште, омогућавајући индивидуалну или заједничку производњу поврћа и биљака.



Слика 2. Приказ унутрашњости стадиона након адаптације у еколошки центар

- Унутар стадиона може се створити простор посвећен едукацији и истраживању, где посетиоци могу учити о екологији, одрживости, рециклажи и обновљивој енергији.

Технологија игра кључну улогу у адаптацији стадиона у еколошки центар. Интеграција ИоТ уређаја омогућава праћење потрошње енергије, воде и других ресурса, што омогућава оптимизацију одржавања. Употреба паметних мрежа за дистрибуцију енергије, као и аутоматизованих система за наводњавање и осветљење, доприноси ефикаснијем коришћењу ресурса и смањењу укупне потрошње. Систем за прикупљање кишнице инсталиран на крову стадиона омогућава складиштење и коришћење воде за различите потребе, укључујући заливање зелених површина, чишћење објекта и одржавање терена. Рециклирана вода може се користити и за наводњавање биљних башти, стварајући одржив систем у којем се минимизира употреба воде из локалних извора.

6. СТУДИЈА СЛУЧАЈА

Студијом случаја анализирани су пројекти стадиона који интегришу принципе одрживости и еколошки центри са вертикалним баштама. Ови објекти не само да функционишу као спортске арене, већ служе и као модели одрживог урбаног развоја.

- Стадион 974 у Катару представља пионирски приступ у дизајну стадиона. Коришћењем рециклираних бродских контејнера и челика, стадион је изграђен модуларно, што омогућава његову демонтажу и поновну употребу. Овај приступ смањује отпад и емисију угљен-диоксида.

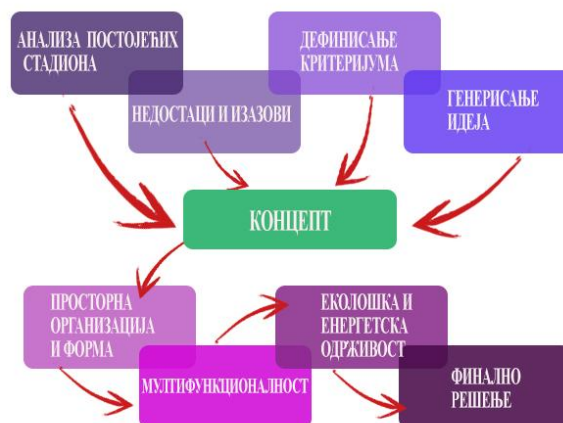
- Олимпијски стадион у Токију, пројектован од стране архитекте Кенга Куме, користи дрвене материјале и соларне панеле на крову. Ови панели не само да напајају стадион, већ се користе и за наводњавање околних зелених површина. Стадион је окружен бујним шумама, стварајући зелену мрежу која повезује природу и урбанизоване просторе.

- Плантагон Сити Фарм у Шведској представља иновативни приступ урбаном баштованству. Овај вертикални фарми систем омогућава производњу поврћа у урбаним срединама, смањујући потребу за транспортом и емисију угљен-диоксида.

7. ОПИС ПРОЈЕКТА

- Намена објекта заснива се на стварању савременог спортског комплекса чија је примарна функција одржавање тениских мечева и турнира. Стадион је пројектован тако да одговори на потребе професионалних спортиста, публике и организатора догађаја, али и да омогући ширу употребу ван периода спортских манифестација.

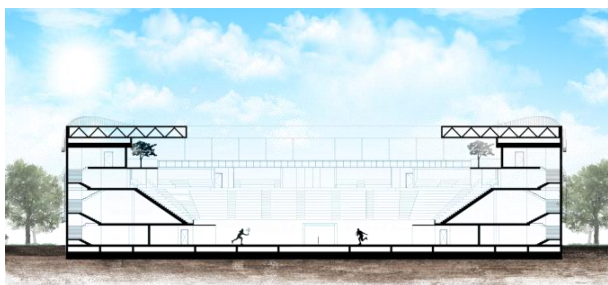
- Концепт тениског стадиона заснован је на идеји интеграције спорта, забаве и природе у јединствену архитектонску целину. Сам процес пројектовања заснивао се на анализи постојећих стадиона, кроз коју су уочени бројни недостаци и изазови – од недовољне мултифункционалности до ограничених могућности прилагођавања различитим садржајима. Овакав увид омогућио је дефинисање јасних критеријума који су водили ка генерисању нових идеја и формирању концепта. На основу тога развијена је просторна организација у којој функционалност и форма делују складно, док је мултифункционалност постављена као централни принцип.



Слика 3. Графички приказ развоја концепта

- Објекат је пројектован на четири нивоа, са јасно дефинисаном друштвеном и функционалном секвенцом простора, при чему је сваки ниво прилагођен потребама корисника и функцији коју треба да обавља. Укупно гледано, објекат је пројектован тако да сваки ниво има јасно дефинисану функционалну и друштвену улогу, где се приземље фокусира на јавне садржаје и администрацију, први ниво на рекреацију и смештај спортиста, други ниво на трибине и комерцијалне активности, док четврти ниво пружа простор за опуштање и велнес, чиме се постиже ефикасна и логична секвенца коришћења простора.

-Објекат је пажљиво пројектован тако да вертикалне и хоризонталне комуникације буду максимално функционалне, прегледне и прилагођене великом броју корисника, укључујући посетиоце, спортисте, особље и особе са инвалидитетом. Хоризонталне комуникације су организоване у виду јасно дефинисаних ходника и пролаза који повезују све функционалне зоне на сваком нивоу такође пројектовани су шири ходници да би простор задовољио потребе великог броја посетилаца. Приземље, које представља главни улазни и јавни простор, има три јавна улаза и један приватни улаз, чиме се омогућава несметано кретање великог броја посетилаца и истовремено одржава сигурност и приватност административних и сервисних зона.



Слика 4. Графички приказ пресека кроз објекат

- Фасада објекта је дизајнирана са имитацијом дрвених летвица. Ове летвице омогућавају да природна светлост улази у унутрашњост објекта, а истовремено смањују директно сунчево зрачење и рефлексију са стаклених површина. Таква материјализација доприноси и визуелној лакоћи објекта, стварајући ритам и текстуру која се уклапа са зеленилом и отвореним просторима.



Слика 5. Тродимензионални приказ објекта

- Материјализација објекта додатно олакшава адаптацију: стаклени панели омогућавају обиље

дневног светла и визуелну повезаност са спољашњим зеленилом док дрвене летвице стварају пријатну атмосферу у урбаном окружењу.

8. ЗАКЉУЧАК

У савременом урбаном окружењу, очување природних ресурса и квалитет животне средине постају све важнији, јер брз развој градова често доводи до деградације простора и смањења зелене површине. Управо из потребе да се урбани пејзаж не урушава, већ активно обогађује и ревитализује, проистекла је идеја да постојећи спортски објекат, тениски стадион, добије нову функцију – да постане еколошки центар. Оваква адаптација омогућава да архитектонска структура, која је већ пажљиво пројектована за потребе спорта, буде интегрисана у ширу друштвену и еколошку сврху, пружајући простор за едукацију, истраживање и очување природе у урбаним срединама. Спортски објекти природно промовишу физичку активност, заједништво и социјалну интеракцију, а адаптацијом простора у еколошки центар ове вредности се надограђују додатним аспектима образовања и свести о одрживости. На овај начин, објекат постаје место које истовремено инспирише и рекреативно и едукативно, пружајући корисницима прилику да развијају здрав стил живота, али и еколошку свест и одговорност према простору који их окружује.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Robert Schmidt III, Simon Austin, *Adaptable Architecture: Theory and Practice*, 2016.
- [2] Robert Kronenburg, *Flexible: Architecture that Responds to Change*, 2007.
- [3] Martin Wimmer, *Stadium Buildings: Construction and Design Manual*, 201.
- [4] Tim Abrahams, Geraint John, Ben McCormic, *Olympic Stadiums / People, Passion, Stories*, 2016.
- [5] <https://www.news.com.au/sport/sports-life/rios-olympic-aquatic-centre-left-in-ruins-after-grand-promises/newsstory/f0d7a5aedfd314c41ae42f66b98d5ca3> (pristupljeno u septembru 2025).

Кратка биографија:



Анђела Драгутиновић рођена је 09.03.1999. године у Бијељини. Дипломски рад је одбранила на Факултету техничких наука 2023. године из области Архитектура и урбанизам.
контакт:
andjela.dragutinovic93@gmail.com

ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ЗА ПРОЈЕКАТ КУЛТУРНОГ ЦЕНТРА МЕШОВИТЕ НАМЕНЕ У НОВОМ САДУ**CONCEPTUAL DESIGN FOR THE PROJECT OF THE MIXED-USE CULTURAL CENTER IN NOVI SAD**

Ана Блажина, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – АРХИТЕКТУРА, АРХИТЕКТОНСКО ПРОЈЕКТОВАЊЕ

Кратак садржај: Пројекат представља концепт културног центра мешовите намене, осмишљеног да обједини културне, едукативне и рекреативне функције у једном простору, прилагођеном младима и Грађанима Новог Сада.

Кључне речи: културни центар, Нови Сад, мешовита намена, едукација, рекреација

Abstract: This project presents a conceptual solution for a mixed-use cultural center in Novi Sad, designed to integrate cultural, educational, and recreational functions within a single accessible and flexible building.

Keywords: Cultural Center, Novi Sad, Mixed-use, Education, Recreation

1. УВОД

Културни центар мешовите намене замишљен је као простор који интегрише различите функције и постаје место окупљања локалне заједнице. Савремени градови често имају проблем фрагментације простора, па је циљ овог пројекта створити објекат који обједињује уметност, едукацију и рекреацију, а истовремено доприноси идентитету Новог Сада.

Мешовита намена у архитектури омогућава комбинацију више функција у једном објекту, повећава флексибилност простора и привлачи шири спектар корисника. Примери из праксе показују да овакви објекти постају жаришта културног живота и стимулишу активно учествовање грађана.

Циљ је да се утврде које компоненте су неопходне, на основу истраживања и студија случаја успешних културних центара, да један нови културни центар постане активан учесник у градском ткиву, да постане место сусрета и атрактивно место које привлачи младе и велик број грађана, а не хладан, напуштен и неискоришћен простор.

2. ОБЈЕКТИ МЕШОВИТЕ НАМЕНЕ: ТЕОРИЈСКИ ОКВИРИ

Објекти мешовите намене представљају сложене архитектонске структуре које интегришу

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др. Дејан Ецет. ред. проф.

различите функције у један корпус, омогућавајући истовремено коришћење јавних, полујавних и приватних простора. Овакав тип објеката одражава савремене урбане тенденције, где је потребно максимално искористити простор, али и обезбедити хармоничну коегзистенцију различитих активности. Кључна особина ових објеката је мултифункционалност, која омогућава корисницима да у оквиру једног комплекса обављају различите активности – од културних и образовних до рекреативних и угоститељских.

При пројектовању објеката мешовите намене посебан акценат се ставља на просторну организацију и циркулацију корисника. Простори различитих функција морају бити међусобно повезани на начин који омогућава лаку оријентацију, али и довољну приватност или независност по потреби. Јавни садржаји, као што су изложбени простори или сценске сале, захтевају директан и јасан приступ, док полујавни или приватни простори, као што су учионице, радни простори или угоститељски објекти, морају бити организовани тако да не ремете основне токове корисника. Флексибилност простора је такође кључни аспект, јер омогућава прилагођавање функција променљивим потребама корисника и различитим типовима програма, што доприноси дугочекности и функционалној одрживости објекта.

Поред функционалних и просторних аспеката, објекти мешовите намене имају и важну социјалну и културну улогу у урбаном контексту. Они постају центри интеракције и окупљања, где се различите групе корисника сусрећу, размењују идеје и учествују у културним и образовним активностима. Јавни и полујавни простори у оквиру ових објеката подстичу социјалну кохезију и активно учешће заједнице, док архитектонски дизајн и естетика доприносе стварању препознатљивог идентитета објекта у околини. Такви објекти, кроз интеграцију функција и промишљено обликовање простора, постају не само функционални елементи урбаног ткива, већ и средства културног оживљавања, промоције локалних активности и стварања динамичних и живих јавних зона.

НАПОМЕНА:



Слика 1. Приказ мешовитости намена

3. СТУДИЈА СЛУЧАЈА – Примери из праксе

3.1. Културни центар Град, Београд

Културни центар Град [1] представља пример савремене зграде мешовите намене која интегрише различите културне, образовне и рекреативне функције у оквиру једног корпуса. У њему се налазе изложбени простори, сценске сале, радионице, учионице и угоститељски садржаји, што омогућава различите типове корисника да истовремено користе објекат. Овај комплекс илуструје принцип мултифункционалности, где свака функција доприноси динамичности објекта, а простор је организован тако да омогућава интегрисану, али независну употребу свих садржаја.

Организација простора и циркулација: Унутрашња организација КЦ Град пажљиво раздваја јавне, полујавне и приватне зоне. Главни изложбени и сценски простори имају директан приступ посетилаца и омогућавају флексибилну употребу за различите програме, док учионице и радионице нуде мирније окружење за образовне и стручне активности. Циркулација унутар објекта је логички решена, са јасним токовима кретања који минимизирају конфликте између различитих корисника. Овакав приступ омогућава корисницима да се лако оријентишу, а истовремено обезбеђује приватност и независност појединих функционалних целина.

Социјални и културни значај: Културни центар Град не представља само функционалан објекат, већ и простор социјалне интеракције и културног оживљавања. Јавни и полујавни простори, као што су лобији, галеријски простори и угоститељски садржаји, подстичу сусрете различитих група корисника и промовишу културну активност. Архитектонски израз објекта и његова визуелна препознатљивост у урбаном контексту доприносе формирању идентитета места и стварању динамичног окружења које привлачи публику и локалну заједницу

Флексибилност и одрживост: Једна од кључних карактеристика КЦ Град је флексибилност простора,

која омогућава прилагођавање програма променљивим потребама корисника. Простори се могу трансформисати за различите врсте догађаја, од изложби и предавања до позоришних представа и радионица. Ова адаптивност, у комбинацији са елементима енергетске ефикасности и промишљеном организацијом простора, доприноси дугорочној функционалној и културној одрживости објекта, омогућавајући му да остане релевантан у савременом урбаном контексту.



Слика 2. Фасада културног центра КЦ Град

3.2. Centre Pompidou, Париз

Концепт и мултифункционалност: Центар Жорж Помпиду [2] представља један од најзначајнијих примера савремене архитектуре објеката мешовите намене, где се култура, образовање и рекреација интегришу у један комплекс. Објекат комбинује музеј савремене уметности, изложбене сале, библиотеку, биоскопске сале и просторе за сценске уметности, уз јавне зоне за одмор и окупљање. Мултифункционалност је овде кључна, јер различите компоненте објекта омогућавају истовремено одржавање активности различитих типова и пружају корисницима широк спектар могућности за културну и образовну интеракцију.

Организација простора и циркулација: Архитектонско решење Центра Жорж Помпиду истиче јасну и логичку организацију простора. Јавни садржаји, као што су изложбени простори и галерије, постављени су тако да омогућавају директан и лак приступ посетиоцима, док се библиотеке и радионице налазе у зоне које нуде мир и концентрацију. Карактеристично је и спољно позиционирање техничких елемената и комуникација, што омогућава флексибилну и непрекинуту циркулацију корисника кроз све делове објекта. Такво решење омогућава да различите функције коегзистирају без међусобних сметњи и да сваки простор буде функционално оптимизиран.

Социјални и културни значај: Центар Жорж Помпиду има изузетну улогу у промоцији културе и социјалној интеракцији. Јавни и полујавни простори, као што су лобији, тргови и отворене галерије, стварају услове за сусрете и интеракцију различитих група корисника. Архитектура објекта, са својом препознатљивом индустријском естетиком и експресивним решењем фасаде, постала је икона савременог Париза,

доприносећи формирању културног идентитета и оживљавању урбаног простора око њега.

флексибилност и дугорочна одрживост: Једна од најважнијих особина Центра Жорж Помпиду је флексибилност простора, која омогућава прилагођавање различитим типовима програма и потребама корисника. Галерије и изложбени простори могу се трансформисати за различите врсте изложби, перформанси или јавних догађаја, док библиотеке и образовни центри обезбеђују континуитет учења и стручног развоја. Ова способност адаптације, у комбинацији са јасно дефинисаним функцијама и интеграцијом јавних зона, осигурава дугорочну релевантност објекта као културног и социјалног центра, чинећи га примером успешне мешовите намене у савременој архитектури.



Слика 3. Фасада културног центра Жорж Помпиду

3.3. Кућа музике у Будимпешти

Концепт и мултифункционалност: House of Music у Будимпешти [3] представља пример савременог објекта мешовите намене у културном контексту, где се интегришу различите културне и образовне функције у један комплекс. У оквиру објекта налазе се концертне сале, изложбени простори, музичке радионице и образовни центри, као и простори за рекреацију и друштвене активности. Мултифункционалност овог објекта омогућава различитим групама корисника да истовремено учествују у различитим активностима, од конзервације и изучавања музичке уметности до присуства јавним наступима и изложбама.

организација простора и циркулација: Просторна организација House of Music пажљиво је конципирана како би се обезбедила логична циркулација корисника и јасна разлика између јавних, полујавних и приватних зона. Концертне сале и изложбени простори постављени су тако да омогућавају директан приступ публици, док учионице, радионице и административни простори нуде мирније окружење за образовање и стручни рад. Циркулација је дизајнирана тако да различите функције могу функционисати истовремено без међусобних сметњи, а флексибилни простори омогућавају лако прилагођавање различитим типовима програма.

социјални и културни значај: House of Music има важну улогу у културном и друштвеном животу града, стварајући простор за интеракцију и окупљање различитих корисника. Јавни и полујавни простори омогућавају сусрете посетилаца, учесника радионица и музичара, а архитектонски дизајн и визуелна препознатљивост објекта доприносе формирању идентитета места и оживљавању урбаног окружења. Објекат постаје културни чвориште које интегрише учење, извођење и јавну интеракцију, што га чини примером успешне мешовите намене у савременој архитектури.

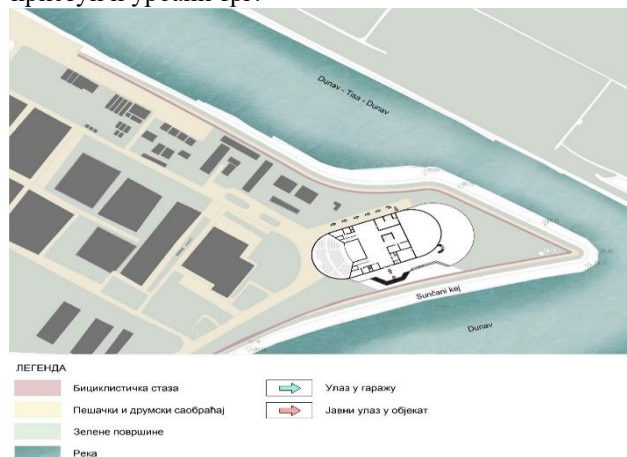
Флексибилност и дугорочна одрживост: Једна од кључних карактеристика House of Music је флексибилност простора, која омогућава прилагођавање различитим врстама културних и образовних програма. Концертне и изложбене сале могу се трансформисати за различите догађаје, док учионице и радионице обезбеђују континуитет образовног програма. Адаптивност простора у комбинацији са пажљиво дефинисаним јавним зонама доприноси дугорочној функционалној и културној релевантности објекта, чинећи га примером објекта мешовите намене који успешно интегрише културу, образовање и друштвене активности.



Слика 4. Надстрешница Куће Музике у Будимпешти

4. ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК

Задатак пројекта био је осмислити културни центар који: интегрише различите културне и едукативне програме; нуди мултифункционалну салу за представе, изложбе и радионице; укључује рекреативне и друштвене просторе, као што су тераса и кафић; повезује зграду са обалом Дунава, креирајући јавни приступ и урбани трг.

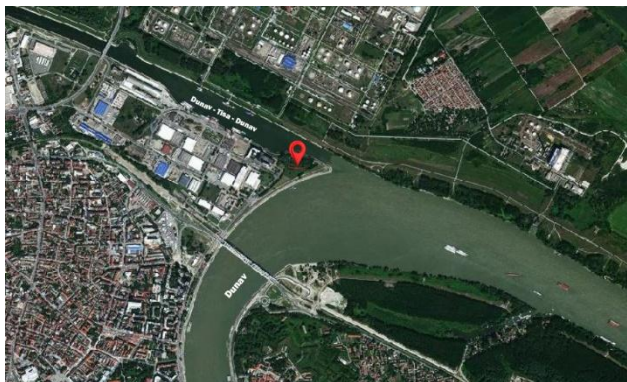


Слика 5. Ситуација са положајем објекта

5. ОПИС ОБЈЕКТА

5.1. Локација

Локација је на самом ушћу Дунава и Дунав-Тиса-Дунав канала, што омогућава јавни приступ, визуру на реку и повезивање са градским окружењем.



Слика 6. Ситуација са положајем објекта

5.2. Концепт

Објекат прати обалу у флуидној форми, са стакленом фасадом и челичном конструкцијом у делу сале за представе. Идеја је да зграда буде прозачна и приступачна, рефлектујући савремене архитектонске принципе и мултифункционалност простора.

Пројектовање објекта мешовите намене захтева детаљну анализу програма [4] како би се све функције интегрисале у један кохерентан систем. У овом објекту издвајају се следеће групе простора: јавни, полујавни и сервисни, а свака група има специфичне захтеве и могућности флексибилне употребе.

5.3. Програм и корисници

Културни центар намењен је младима, студентима, породицама, туристима, али и свим другим грађанима Новог Сада. Програм обухвата:

- Велику салу за представе и предавања
- Мању мултифункционалну салу за изложбе
- Кафић са терасом
- Административне просторије и учионице
- Јавну терасу и платформу за културне догађаје

5.4. Архитектура и материјализација

Објекат је бео, са глатком текстуром фасаде. Конструкција комбинује армирани бетон и челик, Тераса на првом спрату је проходна и озелењена [5] и представља продужетак кафића где се одвија социјализација. Конструкција изнад позоришне сале представља просторну решетку од челика која носи конструкцију крова. Кров изнад првог спрата је непроходан. Унутрашњи простори су флексибилни, а дизајн наглашава повезаност са околином и рекреативним зонама. Објекат својом флуидном формом прати линије обале и ток реке. Застакљена

фасада појачава утисак просторне повезаности и интеракције са околином.



Слика 7. 3Д приказ објекта



Слика 8. 3Д приказ објекта

6. ЗАКЉУЧАК

Културни центар мешовите намене показује како архитектура може објединити више функција у једном простору, стварајући приступачан и атрактиван објекат за заједницу. Интеграција културних, едукативних и рекреативних садржаја доприноси јачању локалног идентитета [6] и квалитету живота, док естетски и функционални концепт рефлектује савремене архитектонске принципе.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Културни центар Град у Београду – <https://www.kcgrad.rs>
- [2] Центар Помпиду, Париз – <https://www.centrepompidou.fr>
- [3] Кућа музике у Бутимпешти <https://www.hungarianhouseofmusic.hu>
- [4] Montgomery, J. (1998). *Making a city: Urbanity, vitality and urban design*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13574809808724418>
- [5] Митић, М. (2015). *Урбанистичко планирање и одрживи развој*. Београд: Грађевинска књига.
- [6] Просторни план града Новог Сада 2021–2030. (2020). Градска управа за урбанизам и заштиту животне средине, Нови Сад.

Кратка биографија: Ана Блажина рођена је 03.03.1999. године у Сремској Митровици.
Дипломски рад је одбранила на Факултету техничких наука 2022. године из области Архитектура и урбанизам.
Контакт: blazinaana99@gmail.com





ИДЕЈНО РЈЕШЕЊЕ ТЕРМИНАЛНЕ ЗГРАДЕ АЕРОДРОМА У БАЊОЈ ЛУЦИ

CONCEPTUAL DESIGN OF THE AIRPORT TERMINAL BUILDING IN BANJA LUKA

Његош Ђатовић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – Овај мастер рад истражује терминалну зграду Аеродрома Бања Лука, анализирајући њену прошлост, садашњост и потенцијалну будућност. Фокус је на унапређењу функционалности, комфора и техничке опремљености у складу са савременим стандардима. Кроз архитектонско обликовање и анализу простора, разматрају се могућности прилагођавања зграде потребама путника, особља и оперативних система. Рад користи мултидисциплинарни приступ, повезујући архитектуру са технологијом, саобраћајем и искуством корисника, с циљем проналажења оптималног рјешења за адаптацију и проширење капацитета. Посебна пажња посвећена је визуелном идентитету, безбједносним аспектима и дугорочној одрживости објекта.

Кључне речи: терминална зграда, аеродром, архитектонско пројектовање

Abstract – This master's thesis explores the terminal building of Banja Luka Airport, analysing its past, present, and potential future. The focus is on improving functionality, passenger comfort, and technical equipment in accordance with modern standards. Through architectural design and spatial analysis, the thesis examines how the terminal can be adapted to meet the needs of passengers, staff, and operational systems. A multidisciplinary approach is applied, linking architecture with technology, transportation, and user experience, aiming to define an optimal solution for adaptation and capacity expansion. Special attention is given to the building's visual identity, safety aspects, and long-term sustainability.

Keywords: terminal building, airport, architectural design

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Дејан Ецет.

1. УВОД

Развој аеродрома започео је почетком 20. вијека, у доба када су први летови били ограничени на кратке удаљености и скромне техничке могућности. Први аеродроми били су једноставне травнате писте без инфраструктуре, често смјештене на периферијама градова. Током међуратног периода, почињу да се граде прве бетонске писте и терминали, а након Другог

свјетског рата долази до значајне експанзије цивилног ваздухопловства. Убрзан технолошки развој, посебно у доба млазних авиона, захтијевао је модернизацију и проширење аеродрома широм свијета.

1.1. Значај аеродрома у савременом друштву

Савремени аеродроми представљају вишефункционалне и комплексне инфраструктурне системе који, осим основне транспортне улоге, имају снажан економски, логистички, урбани и друштвени утицај. Они функционишу као чворишта глобалне повезаности, олакшавајући проток људи, робе и услуга, те директно утичу на развој привреде, туризма и регионалне конкурентности. Њихов економски значај огледа се у генерисању директних и индиректних инвестиција, отварању нових радних мјеста и подстицању урбаног ширења, што је посебно изражено у оквиру концепта „аеротрополиса“, гдје аеродром представља централну тачку регионалног развоја.

Поред економске улоге, аеродроми су кључни у обликовању првог утиска туриста, као и у обезбјеђивању ефикасних и поузданих транспортних веза за индустрије осјетљиве на вријеме, као што су фармација, електроника и мода. У том контексту, аеродроми имају важну улогу у унапређењу ланца снабдијевања и подршци савременим економским токовима. Додатно, њихова улога у повезивању периферних и мање развијених региона омогућава приступ новим тржиштима, образовању, култури и медицинским услугама, чиме се доприноси социјалној и економској инклузији.

1.2. Трендови и будућност развоја аеродрома

Дигитална трансформација, позната као четврта индустријска револуција, убрзано мијења начин функционисања савремених аеродрома. Употреба напредних технологија као што су анализа великих података, носиве технологије, мобилне апликације и навигација у реалном времену постаје стандард у оптимизацији аеродромских процеса. Ови технолошки трендови не само да унапређују оперативну ефикасност, већ директно утичу на побољшање корисничког искуства и одрживост аеродромске инфраструктуре.

Према релевантним анализама, очекује се значајан раст глобалне авио-индустрије, што ће додатно повећати захтјеве за технолошким и еколошким

иновацијама. Пет кључних трендова који ће обликовати будућност аеродрома укључују: постизање нето нулте емисије угљеника кроз увођење обновљивих извора енергије и енергетски ефикасних система; технолошке иновације као што су биометрија, вјештачка интелигенција и аутоматизовани процеси; интермодалну повезаност са другим видовима саобраћаја; трансформацију радне снаге која захтијева дигиталне и социјалне вјештине; као и револуцију у искуству путника, које се све више оријентише ка персонализованим, комфортним и мултифункционалним садржајима.

Одржива инфраструктура и паметно управљање енергијом постају кључни фактори у дугорочној еколошкој и финансијској одрживости аеродрома. У контексту растућих глобалних еколошких изазова и очекивања корисника, аеродроми морају да дјелују као предводници иновација и зелене трансформације у саобраћајној инфраструктури.

2. КОНЦЕПТИ ОРГАНИЗАЦИЈЕ ТЕРМИНАЛНИХ ЗГРАДА

Организација терминалне зграде на аеродрому од суштинског је значаја за ефикасан рад читавог аеродромског система. Дobar распоред терминала омогућава логичан ток путника и пртљага, ефикасно коришћење простора и ресурса, флексибилност у проширењу, као и побољшано корисничко искуство. Постоји неколико основних типологија у пројектовању терминалних зграда, при чему свака има своје предности и недостатке у зависности од величине аеродрома, капацитета, урбанистичког контекста и предвиђеног саобраћајног оптерећења.

2.1. Типологија и основна организација терминалних зграда

Постоји неколико основних типова организације терминалних зграда на аеродромима, гдје свака од тих подјела има своје предности и недостатке у односу на капацитет аеродрома и функционалне захтјеве.

А) Линеарни терминал – Представља издужењу зграду са гејтовима распоређеним дуж линије. Једноставан и лако разумљив систем. Погодан за мање и средње аеродроме. Главна предност је модуларност — лако проширење додавањем нових сегмената. Недостатак је што код великих аеродрома доводи до дугих ходника и великог времена кретања путника.

Б) Пиер терминал – Централна зграда (са пријавом и безбједносним контролама) са више кракова (пијерова) на којима се налазе гејтови. Омогућава двоструко паркирање авиона и боље коришћење простора. Прилагођена је средњим и великим аеродромима. Могу се јавити гужве на спојевима између кракова и централне зграде, нарочито у шпици.

В) Сателитски терминал – Састоји се од главне зграде и једног или више одвојених објеката (сателита) са гејтовима. Повезаност се остварује путем аутоматизованих система за превоз путника, тунела или покретних трака. Пружа ефикасно раздвајање путничких токова и скраћује време укрцавања.

Погодан за велика, међународна чворишта, али је технички захтјеван и скуп за изградњу.

Г) Хибридни терминали – Комбинација претходних типова према специфичним потребама и локацији аеродрома. Омогућавају већу флексибилност и фазну изградњу. На примјер, један дио терминала може бити линеаран за регионалне летове, док се међународни летови обављају преко сателитског објекта.



Слика 1. Визуелни приказ организације терминала

2.2. Принципи пројектовања терминалне зграде

Пројектовање терминала представља сложен процес који обједињује функционалне, безбједносне, техничке и комерцијалне захтјеве. Савремени терминал треба да буде не само ефикасан, већ и пријатан, логичан за коришћење, прилагодљив будућем развоју и одржив.

• Логичан ток путника:

Проток путника од уласка до гејта мора бити јасно организован, без преклапања са долазним токовима. Ефикасна пријава, безбједносне и пасошке контроле кључне су за укупно искуство путника.

• Јасна оријентација и „wayfinding“:

Путници треба да се лако сналазе у простору захваљујући добро постављеној сигнализацији, симболима, бојама и архитектонским оријентирима. То смањује стрес и повећава осјећај сигурности.

• Природно освјетљење и визуелна просторност:

Дневна свјетлост и отворени простори позитивно утичу на расположење и енергијску ефикасност. Велике стаклене површине доприносе пријатном и прегледном амбијенту.

• Флексибилност и будућа прилагодљивост:

Модуларни дизајн омогућава laku надоградњу и прилагођавање новим технолошким или безбједносним захтјевима, што је од великог значаја у условима брзог раста авио-саобраћаја.

• Безбједносни захтјеви:

Пројекат мора обезбиједити јасну подјелу путничких токова, контролу приступа и интеграцију безбједносних система, уз спречавање неовлашћеног кретања.

• Комерцијални садржаји:

Продавнице, угоститељски објекти и услуге треба да буду постављени унутар главних путничких токова, тако да буду лако доступни, али да не нарушавају основну функционалност терминала.

3. АЕРОДРОМ БАЊА ЛУКА

Међународни аеродром Бања Лука, познат и као Аеродром Маховљани, смјештен је у мјесту Маховљани (општина Лакташи), око 23 километра сјеверно од центра Бање Луке. Други је највећи

аеродром у земљи, поред остала три међународна аеродрома у Сарајеву, Тузли и Мостару. Смјештен је у непосредној близини аутопута Бања Лука–Градишка, што му обезбјеђује добру друмску повезаност са већим градовима у Босни и Херцеговини, као и региону.

Аеродром располаже једном пистом дужине 2.500 метара (45 м ширине) која је израђена од комбинације асфалта и бетона; приступне и рулне стазе такође су израђене са одређеним носивостима (PCN-вриједности) које омогућавају употребу средњих путничких авиона. Платформа има димензије око 240 м × 90 м, са четири позиције за авионе типа Боинг 737 / Ербас А320. Терминал је једнокатегоријски објекат са основним функцијама: чекаут шалтери, чекаонице, пасошка контрола, путнички сервиси, простори за продавнице и угоститељске садржаје.



Слика 2. Аеродром данас

3.1. Развој и капацитети

Изградња Аеродрома Бања Лука почела је 1976. године за домаћи саобраћај, по плану СФРЈ. Након рата у БиХ и формирања Републике Српске, аеродром добија ново значење и отворен је за цивилни саобраћај 1997. године. Од 1999. до 2003. био је хаб компаније Ер Српска, а касније се политика усмјерава на сарадњу с нискотарифним авиокомпанијама.

Прави раст почиње након доласка Рајанера и Виз Ера, када се успостављају летови ка бројним европским дестинацијама. До 2018. године промет је био скроман (20–30 хиљада путника годишње), али већ 2019. број путника достиже 140.000 – највећи раст у историји аеродрома. Пандемија 2020. изазива пад саобраћаја, али опоравак почиње већ у наредним годинама. Године 2024. забиљежено је готово 400.000 путника, а у првих седам мјесеци 2025. више од 276.000. Ови резултати потврђују да нискотарифне линије представљају основу дугорочног развоја аеродрома.

3.2. Анализа тренутног стања и корисничких потреба

Иако је промет у посљедњим годинама значајно порастао, постојећа инфраструктура не прати тај раст. Терминални и сервисни капацитети често раде на граници оптималног искоришћења, што доводи до гужви у вршним периодима, ограниченог броја шалтера, недовољних капацитета чекаоница и проблема у протоку путника.

У циљу бољег разумијевања потреба корисника спроведена је анкета међу 60 путника Аеродрома Бања Лука. Резултати показују да већина путника користи аеродром повремено (43,3%), док 31,7% чине лојални корисници са пет и више путовања. То указује на стабилну базу путника и потенцијал за даљи раст.

Највећи проблеми односе се на сигнализацију, капацитет чекаоница и квалитет ентеријера. Иако већина испитаника оцјењује оријентацију простора као задовољавајућу (53,3%), трећина сматра да је сигнализација лоша, што показује потребу за јаснијим визуелним и информативним рјешењима. Више од половине испитаника (56,7%) наводи да нема довољно мјеста за сједење, што указује на дисбаланс између капацитета и стварних потреба. Скоро половина (46,7%) сматра да је ентеријер неугодан, што додатно умањује укупни доживљај путника. Испитаници су такође истакли потребу за угоститељским објектима (63,3%), просторима за рад и пуњење уређаја (60%), продавницом, банкоматима и туристичким пултом. Ови садржаји, према препорукама АСИ (2023), представљају кључ за развој и економску одрживост регионалних аеродрома. Већина анкетираних (95%) види потенцијал за ширење и унапређење аеродрома, што потврђује позитиван став према даљем развоју. Слободни коментари испитаника додатно указују на недостатак простора, гужве приликом долазака и одлазака више летова, недовољну угоститељску понуду, неадекватне тоалете и слаб приступ особа са инвалидитетом. Посебно је истакнута потреба за модернизацијом паркинга и бољом организацијом саобраћаја. Са друге стране, запослени су оцијењени као љубазни и професионални, што представља снажну основу за побољшање корисничког искуства.

Свеукупно, налази показују да су ограничени капацитети и недовољна инфраструктура главни изазови, али и прилика за развој аеродрома у складу са савременим стандардима и очекивањима путника.

4. ИДЕЈНО РЈЕШЕЊЕ ТЕРМИНАЛНЕ ЗГРАДЕ

4.1. Димензионисање терминалне зграде

При планирању аеродромских терминала кључно је одредити капацитет објекта у односу на број путника који треба обрадити. ИЦАО (International Civil Aviation Organization) не прописује фиксне вриједности, већ даје смјернице кроз своје приручнике, који дефинишу принципе планирања и пројекције промета.

Према ИЦАО методологији, капацитет терминала се одређује на основу „дизајн сата“ — најпрометнијег сата просјечног дана у најпрометнијем мјесецу. То омогућава усаглашавање капацитета са најоптерећенијим процесима: чекирањем, контролом безбједности, укрцавањем и унутрашњом циркулацијом путника.

За Аеродром Бања Лука, пројекција за наредних 25 година при стопи раста од 5% даје око 1.700.000 путника годишње. Најоптерећенији мјесец (9% годишњег промета) има око 153.000 путника, односно

4.935 дневно, а најпрометнији сат 1.234 путника. Уз једнаку расподелу, то је приближно 617 одлазних и 617 долазних путника.

Према просјечној пропусној моћи процесних јединица, потребно је:

- мин. 5 чекин позиција (135 путника/сат),
- 4 линије безбједносне контроле (150 путника/сат),
- 5 гејтова (на основу авиона са 150 мјеста и 85% попуњености).

Ове бројке су оквирне и служе као основа за израду идејног рјешења, а не као прецизне прогнозе будућег промета. За стварно планирање потребне су детаљније анализе и статистичке симулације.

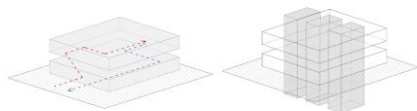
4.2. Контекст и концепт

Концепт аеродрома заснован је на једноставној и читљивој форми која путницима пружа осјећај приступачности и функционалности. Циљ је стварање складне цјелине са постојећим контекстом, уз очување и прилагођавање постојећих токова савременим капацитетима ради боље проточности и оријентације.



Слика 3. Ужа ситуација

Путање за путнике и запослене раздвојене су прије улаза на парцелу – запослени користе посебну саобраћајницу до контролног торња и сервисне рампе, док путници имају директан приступ паркингу и главном улазу. Оваква организација повећава безбједност и ефикасност кретања. Терминал је отворен према прилазној зони, са јасно дефинисаним токовима и функционалним зонама које омогућавају интуитивну оријентацију од доласка до укрцаја. Простор користи природно освјетљење и прегледност, стварајући пријатну атмосферу и осјећај добродошлице.



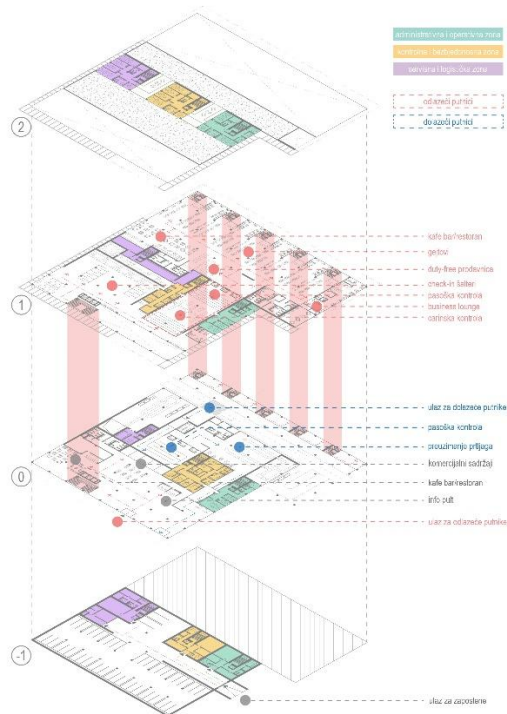
Слика 4. Концептуална полазишта: кретање и језгро

Основна идеја концепта је да се формира терминал који задовољава садашње потребе, али остаје флексибилан за будуће надоградње и интеграцију нових технологија, уз очувану функционалну јасноћу и пријатно корисничко искуство.

4.3. Просторна и програмска организација

Просторна и програмска организација терминала заснована је на јасном раздвајању процеса одласка и доласка путника, уз пратеће садржаје и добро организовану управну зону.

Одвијање путника почиње на инфо пулту, уз приступ комерцијалним садржајима (рента-кар, мјењачница, апотека, банкомат). Путници затим пролазе чекин зоне са класичним и самопослужним шалтерима, посебним простором за предимензинисани пртљаг, те пасошку и царинску контролу. На гејтовима су предвиђени дјути фри, кафић, тоалети, простор за одмор и пословни салон (*business lounge*). Долазни путници имају кратку и логичну путању – пасошка контрола, преузимање пртљага, евентуална царина и излаз, уз могућност коришћења угоститељских и комерцијалних садржаја без мијешања са одлазећима.



Слика 5. Зоне и шеме кретања у објекту

Управна зона подијељена је на три цјелине:

- Сервисна и логистичка зона – снабдијевање, транспорт пртљага и техничка подршка, са одвојеним приступом ради несметаног рада. Ова зона омогућава континуитет функционисања терминала и брзу реакцију на све оперативне захтјеве.
- Контролна и безбједносна зона – просторије царине, полиције и надзорних служби, повезане са кључним тачкама контроле. Њен распоред омогућава ефикасну

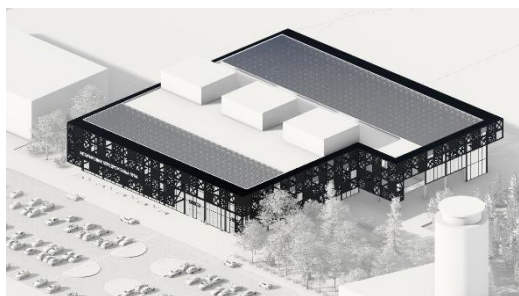
контролу путника и пртљага уз задржавање високих безбједносних стандарда.

- Административна и оперативна зона – канцеларије управе, сале за састанке и простори за запослене. Ова зона представља административно средиште аеродрома и омогућава координацију свих пословних и оперативних процеса.

Оваква организација обезбјеђује јасне токове, ефикасност и висок ниво безбједности и комфора за све кориснике.

4.4. Форма и обликовање фасаде

Једна од кључних идеја у обликовању фасаде била је повезивање савремене архитектуре са локалним културним идентитетом. Инспирација је пронађена у змијањском везу, аутохтоној техници са подручја Бањалуке, уписаној на УНЕСКО листу нематеријалне баштине. Његови геометријски и симетрични орнаменти постали су основа за дизајн фасаде. Фасада је замишљена као „одјећа објекта“, аналогна традиционалној ношњи у коју је вез био уткан. Већински је застакљена ради постизања транспарентности и осјећаја отворености, док су компактни дијелови неутралних тонова послужили као платно за мотиве веза. Орнаментика није директно пренесена, већ је савремено интерпретирана кроз модуларна рјешења која спајају традицију и модерност.



Слика 6. Изометрија објекта

Поред естетске, фасада има и енергетску функцију – филтрира сунчеву свјетлост, смањује прегријавање и потрошњу енергије за освијетљење. Фасада терминала тако постаје не само заштитни слој зграде, већ и симболика која повезује традицију и савременост, локално и глобално, функционално и естетско.



Слика 7. Визуализација терминалне зграде

5. ЗАКЉУЧАК

Циљ рада био је да се представи могућност унапређења аеродрома кроз архитектонско-функционални приступ који отвара простор за даљу дискусију. Аеродром није само саобраћајна тачка, већ генератор развоја, идентитета и међународне препознатљивости региона. Реализација идејног рјешења донијела би значајан напредак за град и регију – од привлачења инвестиција и туриста, до јачања локалне економије и ширења условних могућности. Будућа истраживања треба усмјерити на побољшање саобраћајне повезаности са градом, интеграцију са јавним и жељезничким превозом, као и директнију везу са аутопутем. Повећање броја летова и дестинација, привлачење нискотарифних компанија и увођење сезонских линија додатно би ојачали позицију Аеродрома Бања Лука. Развој комерцијалних садржаја, дигитализација операција и сарадња са локалном заједницом допринијели би већој ефикасности и препознатљивости. Интересовање за авио-саобраћај и аеродроме, које је било основни мотив за избор ове теме, додатно је потврђено кроз истраживање – показујући да аеродром није само мјесто доласка и одласка, већ сложен систем који повезује људе, економије и културе. Управо у тој сложености крије се и његов највећи потенцијал.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Oliver Wyman, *The Evolution of Airports: A Flight Path To 2050*, 2023.
- [2] ICAO, *Airport Planning Manual – Part 1: Master Planning*, 3rd ed., Montreal: International Civil Aviation Organization, 2018.
- [3] Airports Council International, *Airport Economics 2023 Report: A Comprehensive View of the Industry's Financial Performance*, ACI World, 2023.
- [4] IATA, *Key Considerations for Airport Planning and Design*, IATA Knowledge Hub, 2024. Преузето са: <https://www.iata.org/en/publications/newsletters/iata-knowledge-hub/key-considerations-for-airport-planning-and-design>
- [5] А. Иванковић и Д. Ђукановић, *Шеме змијањског веза*, Бања Лука: Музеј Републике Српске, 2018.

Кратка биографија:



Његош Ђнатовић рођен је у Бањој Луци 1998. год. Дипломирао је на основним студијама 2022. године на Департману за архитектуру и урбанизам на Факултету техничких наука. Мастер рад из области Архитектонско пројектовање брани 2025.год.

Контакт: njegosg@gmail.com



ЉУДСКЕ ФИГУРЕ У АРХИТЕКТОНСКОЈ ВИЗУАЛИЗАЦИЈИ: МЕТОДЕ,
РЕАЛИСТИЧНОСТ И ИЗАЗОВИ ИНКОРПОРИРАЊА ЉУДИ У РЕНДЕРИМА
ПОМОЋУ AI АЛАТА (ИСТРАЖИВАЊЕ ИЗ 2024. ГОДИНЕ)

HUMAN FIGURES IN ARCHITECTURAL VISUALIZATION: METHODS, REALISM
AND CHALLENGES OF INCORPORATING PEOPLE IN RENDERINGS USING AI
TOOLS (2024 RESEARCH)

Станислава Вучетић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – ДИГИТАЛНЕ ТЕХНИКЕ,
ДИЗАЈН И ПРОДУКЦИЈА У АРХИТЕКТУРИ

Кратак садржај – Овај Мастер рад истражује примену вештачке интелигенције у инкорпорацији људских фигура у архитектонској визуализацији. У склопу истраживања, пореде се традиционалне методе (3D моделовање и постпродукција) са савременим AI приступима заснованим на моделу *Stable Diffusion*. Истраживање обухвата више типова сцена (дневне и ноћне, ентеријер и екстеријер) и различите начине примене (са подлогом, са подлогом у виду силуета и без подлоге), уз процену реалистичности, ефикасности и техничких ограничења добијених резултата. Истраживање показује да AI алати могу значајно убрзати процес визуализације и побољшати естетски квалитет приказа, уз извесна ограничења у одређеним аспектима људске анатомије и осветљења

Кључне речи: архитектонска визуализација, рендери, вештачка интелигенција, *Stable Diffusion*

Abstract – This Master's thesis explores the use of artificial intelligence in the incorporation of human figures in architectural visualization. As a part of the research, traditional methods (3D modeling and postproduction) are being compared with contemporary AI approaches based on the *Stable Diffusion* model. The research includes multiple types of scenes (daytime and nighttime scenes, interior and exterior scenes) and different application methods (with a base picture, with a base in the form of human silhouettes, and without a base), with an assessment of the realism, efficiency and technical limitations of the obtained results. Research shows that AI tools can significantly speed up the visualization process and improve the aesthetic quality of the display, with some limitations in certain aspects of human anatomy and lighting.

Keywords: architectural visualization, renders, artificial intelligence, *Stable Diffusion*

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из Мастер рада чији ментор је била проф. др Весна Стојаковић.

1. УВОД

Од најранијих облика уметности до савремене архитектуре, визуализација служи као основни начин преношења идеја о простору. Савремене технологије омогућиле су фотореалистичне 3D рендере, али је за потпунији доживљај простора често неопходно укључивање људских фигура у сцене.

Додавање људских фигура у рендере, било 3D моделовањем или постпродукцијом, уме да одузме много времена и ресурса, док резултати често бивају незадовољавајући. С обзиром на растуће захтеве тржишта за бржим и реалистичнијим приказима, јавља се потреба за методом која је довољно ефикасна у погледу утрошеног времена, реалистичности приказа људских фигура и потребних ресурса.

2. ЦИЉ РАДА

Циљ рада је испитати који метод инкорпорације људских фигура у архитектонске рендере даје најреалистичније и најпрактичније резултате, као и у којој мери вештачка интелигенција може подржати професионалну праксу визуализатора. Посебан акценат стављен је на јавно доступне и бесплатне AI алате, при чему је у истраживању коришћен модел *Stable Diffusion* заснован на *text-to-image* принципу, уз примену његових *inpaint* функција и различитих *checkpoint* модела за генерисање људских фигура.

Истраживање обухвата упоредну анализу традиционалних и AI метода инкорпорације људских фигура, квалитативну процену њихове реалистичности и ефикасности у различитим типовима сцена, као и идентификовање главних ограничења и сагледавање будућих перспектива примене вештачке интелигенције у пракси архитектонске визуализације.

3. УОБИЧАЈЕНИ МЕТОДИ И НАЧИНИ РАДА

Пре разматрања могућности AI алата, потребно је сагледати уобичајене методе инкорпорације људских фигура, тачније 3D моделовање фигура и постпродукцију у *Adobe Photoshop*-у, чије разумевање

представља основу за објективно поређење са савременим AI приступима.

3.1. 3D модели и рендеровање

Метод 3D модела подразумева убацивање фигура у сцену и њихово рендеровање са осталим елементима, што омогућује природније усклађивање осветљења, сенки и рефлексија. Међутим, поступак је временски и технички захтеван, нарочито код *high-poly* модела високе детаљности, уз ограничен избор квалитетних фигура и малу флексибилност при прилагођавању њихових поза.

3.2. Постпродукција у Adobe Photoshop-у

Метод постпродукције подразумева уметање 2D фотографија људи (*cut-out* фигуре) у готов рендер помоћу програма као што је *Adobe Photoshop*. Фигуре се прилагођавају перспективи, осветљењу и бојама сцене ради постизања реалистичног изгледа. Главна предност овог приступа је брзина, флексибилност и могућност лаког креирање атмосфере. Ипак, недостатак стварне интеракције фигура са окружењем и ограниченост 2D перспектива често умањују уверљивост фигура, док је додатни изазов доступност квалитетних библиотека *cut-out* фигура.

4. МЕТОД ИНКОРПОРАЦИЈЕ ЉУДИ У ВИДУ AI АЛАТА

4.1. Stable Diffusion и његови алати

Stable Diffusion је генеративни, *open-source* AI модел за креирање слика који генерише или мења слике на основу текстуалног описа (*text-to-image*). Омогућава висок ниво контроле, реализма и прилагођавања визуалног садржаја. У оквиру истраживања коришћен је за додавање људских фигура у већ рендероване архитектонске сцене, применом следећих функција:

- 1) **text-to-image** – генерисање или измена слике на основу текстуалног описа (*prompt*-а);
- 2) **checkpoint** модели – различите верзије модела (*Realistic Vision*, *Cyber Realistic*) које утичу на стил и квалитет резултата;
- 3) **inpaint** – селективна измена делова слике ради додавања или корекције људских фигура.

4.2. Очекивања при истраживању

Изучавањем могућности AI алата, очекује се да ће употреба *Stable Diffusion*-а омогућити реалистичније приказе људских фигура уз бржи и једноставнији процес рада у односу на класичне методе. AI алат требало би да побољша усклађеност фигура са сценама у виду светла, пропорција и израза, чинећи процес доступнијим и онима без напредног техничког знања.

Ипак, због ограничења модела могу се јавити анатомске и светлосне неправилности, па се најбољи резултати очекују комбинацијом AI функција и традиционалне постпродукције, која спаја брзину, контролу и визуелни реализам.

4.3. Задати критеријуми вредновања и ограничења при истраживању

С обзиром на то да су све методе испитиване у истим техничким условима, дефинисани су критеријуми који омогућавају објективно поређење резултата:

- 1) **време** утрошено у израду финалног рендера;
- 2) **реалистичност и уклопљеност додатних ликова у сцену**, односно реалистичност саме фигуре, њену уверљивост положаја и позиције у простору и реалистичност сенки и осветљења;
- 3) **обим и квалитет база података** потребних за постизање оптималних резултата.

5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ЊИХОВА АНАЛИЗА

За сваку од четири сцене (дневни и ноћни екстеријер и ентеријер) спроведена су три типа теста AI алата: са подлогом у виду *cut-out* фигура без сенки, са подлогом у виду силуета људских фигура и без икакве подлоге.

Циљ је био утврдити да ли квалитет резултата зависи од детаљности унетих фигура или је довољан само њихов основни обрис. Сваки резултат представља најбољи могући приказ постигнут у задатом временском оквиру.

5.1. Дневна сцена екстеријера



Слике 1, 2 и 3. Резултати генерисања AI алатима – метод са подлогом из *Adobe Photoshop*-а (1), метод са подлогом у виду силуета (2), метод без подлоге (3);

1) метод са подлогом из Adobe Photoshop-а

Фигуре су генерисане брзо (3–6 минута по фигури), уз висок ниво реализма и усклађености са светлом и простором. AI алат успешно препознаје пропорције и осветљење, а у неким случајевима додаје и детаље који доприносе веродостојности сцене. Квалитет резултата директно зависи од осветљености сцене и квалитета почетних подлога. Код фигура ближих камери јављају се грешке у детаљима попут шака, стопала или одеће. AI алат тешко обрађује групе људи и захтева више итерација за прецизније позе или изразе. Метод се показао се као брз и поуздан начин за реалистичну инкорпорацију људи у сцене дневног екстеријера, нарочито када су подлоге добро одабране и светлосно уравнотежене.

2) метод са подлогом у виду силуета

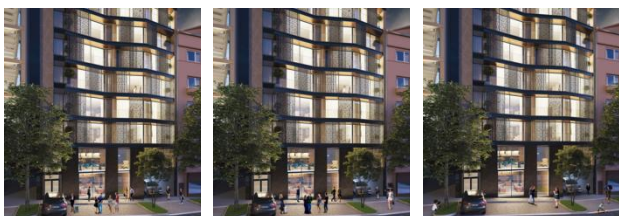
Генерисање сваке фигуре захтевало је најмање две итерације, прву за основни облик и другу за детаље, где су итерације просечно трајале од 5 до 15 минута по фигури. Ликови у позадини су стабилни и пропорционални, али се код ближих јављају грешке у

шакама, стопалима и деловима одеће. AI алат добро препознаје пропорције, али има потешкоће са осветљењем: тамне силуете као подлога често резултују фигурама слабијег контраста и пригушених боја и поред светле околине у сцени. Повремено долази и до деформација површина око генерисаних фигура. Метод са силуетама као подлогом омогућава већу слободу у обликовању ликова и даје задовољавајуће резултате у сценама са дневним и дифузним осветљењем, али за потпун реализам захтева додатну постпродукцију у *Adobe Photoshop*-у.

3) метод без подлоге

У овом методу генерисање је захтевало више покушаја (у просеку две итерације по фигури) при чему се грешке често односе на околину, делове тела или детаље попут одеће. Иако овај приступ пружа већу слободу у обликовању ликова и њихових активности, резултати варирају: удаљени ликови су стабилнији, док ближи често несразмерни и деформисани. AI алат углавном правилно препознаје пропорције и светло, али се јављају одступања у величинама фигура и проблеми при истовременом генерисању више људи. Уочена је и склоност ка генерисању стереотипних ликова (нпр. преферирање одређене расе или типичних улога), што указује на ограничења тренинг података. Метод без подлоге показује највећу непредвидивост: резултати се крећу од изузетно успешних до изразито неуспешних. Иако није погодан за конзистентне или брзе резултате, овај приступ је користан у концептуалним фазама визуализације, где је битна креативност и слобода у варијацијама фигура, уз могућност накнадне дораде у *Adobe Photoshop*-у.

5.2. Ноћна сцена екстеријера



Слике 4, 5 и 6. Исеци; Резултати генерисања AI алатима – метод са подлогом из *Adobe Photoshop*-а (4), метод са подлогом у виду силуета (5), метод без подлоге (6);

1) метод са подлогом из *Adobe Photoshop*-а

У ноћном екстеријеру са делимичним осветљењем, фигуре су убачене као подлоге без додатних корекција светла или сенки. Већина ликова не налази се у фокусу сцене, те су резултати реалистични, са коректним пропорцијама и висинама. AI алат успешно препознаје осветљеније делове простора и усклађује фигуре са амбијентом, док пројектоване сенке често изостају. Реалистичности генерисаних ликова доприносе и фини детаљи попут прегрива материјала и сенки на одећи, које је AI алат самостално генерисао. У деловима сцене под сенком, ликови задржавају форму, али су превише осветљени или пресатурирани, што указује на ограничења модела у раду са сложеним осветљењем. Метод се сматра као поуздан за брзе и реалистичне приказе,

нарочито када су подлоге пажљиво припремљене у складу са амбијентом. За оптималне резултате потребно је спровести најмање две итерације по фигури (4–7 минута).

2) метод са подлогом у виду силуета

У конкретном методу, генерисање сваке фигуре понаособ захтева најмање две итерације, прву за основни облик, а другу за детаље, где и након њих резултати често варирају по квалитету. AI алат углавном успешно формира пропорције и осветљеност ликова у осветљенијим деловима сцене, али тамна подлога неретко условљава генерисање ликова у тамнијој одећи, осим ако то није посебно дефинисано текстуалним описом. У сеновитим зонама јављају су се грешке у скали, висини и осветљењу фигура, те неки ликови делују превише светло или несразмерно у односу на амбијент. И поред тога што метод има ограничења у сложеним светлосним условима и често захтева више покушаја за прихватљив резултат, користан је за истраживање и брзе концептуалне приказе, као и за израду основа које се могу касније дорађивати у *Adobe Photoshop*-у.

3) метод без подлоге

У овом методу AI алат самостално препознаје атмосферу и простор, те добијени резултати показују висок ниво променљивости. Иако омогућава највећу креативну слободу у генерисању различитих фигура и радњи, често се јављају грешке у пропорцијама и димензијама ликова. Поједине фигуре делују несразмерно велике (или мале) у односу на окружење. Проблеми су такође уочени у осветљењу: AI алат неправилно процењује изворе светла, па су фигуре у сенци често претерано осветљене или пресатуриране. Иако су удаљеније фигуре визуелно уверљиве и реалистичне, ликови у првом плану често садрже техничке грешке (недостајући делови тела, дуплирани предмети, или неправилне форме). У просеку, потребно је најмање две итерације по фигури, а поједини сложени случајеви захтевају и преко 20 минута рада. Метод је стога непредвидив и временски захтеван, али користан у истраживачком и концептуалном контексту, посебно када је потребно генерисати специфичне људске фигуре које не постоје у базама података. Мада овај приступ није практичан за пројекте са ограниченим временом и ресурсима, уз додатну постпродукцију у *Adobe Photoshop*-у, резултати могу достићи висок степен реализма.

5.3. Дневна сцена ентеријера



Слике 7, 8 и 9. Исеци; Резултати генерисања AI алатима – метод са подлогом из *Adobe Photoshop*-а (7), метод са подлогом у виду силуета (8), метод без подлоге (9);

1) метод са подлогом из *Adobe Photoshop*-а

Због ближе позиције фигура у односу на камеру, процес генерисања у овом методу захтевнији је и склонiji грешкама него у примерима са фигурама у позадини. AI алат успешно интегрише фигуре у простор и препознаје њихове пропорције. Посебно је успешан у генерисању детаља попут набора на одећи, сенки на намештају и рефлексија. Међутим, честе грешке јављају се у приказу људске анатомије (неправилан број или облик прстију, измештена стопала), као и у неуједначености тонова коже и осветљења. Околина око ликова понекад бива замућена, што утиче на укупну реалистичност сцене. Просечно време генерисања износи од 10 до 15 минута по фигури (од 1 до 3 итерације). Метод са подлогом показује се као ефикасан за брзе концептуалне приказе и презентације, где се мање грешке могу толерисати. За постизање вишег нивоа реализма неопходна је додатна дорада у *Adobe Photoshop*-у, чиме комбиновани приступ са традиционалним методама даје убедљивије и професионалније резултате.

2) метод са подлогом у виду силуета

За сваку генерисану фигуру потребно је две до три итерације да би се добио задовољавајући резултат. И након неколико итерација, грешке попут неадекватне анатомије или неправилних сенки и даље су присутне. Тамна подлога утиче на боју одеће, али не и на тон коже или опште осветљење фигура. Фигуре су пропорционалне и добро уклопљене у простор, реалистичних поза и детаља на одећи, док AI и даље показује ограничења код сложенијих ликова (нпр. девојка у седећој пози са прекрштеним ногама). Уочљиве су и деформације околине у сложенијим амбијентима, као и суптилна, али честа одступања у сатурацији и осветљењу. Занимљив пример представља старија жена која „гледа у фотографију“. AI алат је у свим итерацијама генерисао лик са урамљеном сликом окренутом ка посматрачу, што показује ограничену способност разумевања контекста. Метод са силуетама као подлогом даје реалистичне и пропорционалне резултате, али захтева више итерација и мануалних корекција, што га чини погодним за истраживачке и концептуалне, али не и за финалне професионалне визуализације.

3) метод без подлоге

У дневном ентеријеру без подлоге, *Stable Diffusion* показује знатно већу слободу у обликовању људских фигура, али и већу непредвидивост у резултатима. Фигуре су реалистично интегрисане у простор: сатурација, материјализација и детаљи одеће су на високом нивоу, а грешке попут одсуства стопала или неправилних пропорција јављају се повремено, нарочито код сложенијих поза. Проблеми најчешће обухватају анатомију шака и стопала, као и димензионе односе међу ликовима, што захтева више итерација и понекад циљано поновно генерисање делова тела. AI алат слабије реагује на *prompt*-ове који укључују емоције и интеракцију више фигура (нпр. “насмејани мушкарац који држи уплакану бебу”), па неретко долази до нелогичних или деформисаних резултата. Ипак, у једноставнијим

примерима, као што је лик старије госпође окренуте леђима, резултати су готово без грешака, што указује да је модел успешнији у мање захтевним задацима без сложених фацијалних израза и контекстуалних односа. Метод без подлоге омогућава већу креативну слободу и потенцијал за реалистичне резултате, али захтева више времена, итерација и накнадне дораде у постпродукцији. Погодан је за истраживачке и креативне сврхе, нарочито када је потребно приказати јединствене или тешко доступне типове фигура, али мање практичан када су ресурси ограничени или када се захтева прецизна обрада сцена.

5.4. Ноћна сцена ентеријера



Слике 10, 11 и 12. Исечци; Резултати генерисања AI алатима – метод са подлогом из *Adobe Photoshop*-а (10), метод са подлогом у виду силуета (11), метод без подлоге (12);

1) метод са подлогом из *Adobe Photoshop*-а

Људске фигуре су генерисане на основу *cut-out* подлога, без дефинисаних сенки и значајнијег прилагођавања сцени. Резултати су неуједначени: AI алат често препознаје осветљење подлоге уместо саме сцене, због чега фигуре делују пресветло и делимично изоловано од амбијента. Мање комплексне фигуре, попут мушкараца који стоји, успешно су интегрисане у простор уз реалистичне сенке и пропорције, док сложенији примери (нпр. мајка и дете на кревету) захтевају узастопне итерације и корекције, уз понављајуће деформације шака и удова. Ипак, у појединим случајевима AI алат постиже ефекте који премашују могућности класичне постпродукције, попут дискретних рефлексија светла на фигурама и реалистичног пада сенки на мекане материјале. Због тога се овај метод може сматрати корисним када је потребно унапредити или дорадити већ постојеће фигуре, нарочито у сценама умерене сложености. Међутим, за сцене са сложенијим осветљењем и више међусобно повезаних ликова, метод остаје непоуздан и временски захтеван.

2) метод са подлогом у виду силуета

Генерисање фигура на основу силуета показује неуједначене резултате. Код мање комплексних ликова, као што су мушкарац са телефоном или девојчица која стоји, пропорције и осветљење су углавном реалистични, али се јављају ситне грешке, попут замућених детаља на тепиху или изостављених елемената (торба, сунчане наочаре). Код сложенијих фигура, као што је мајка са дететом, *Stable Diffusion* није успео да правилно препозна силуете, па су резултати деформисани и визуелно неконзистентни, чак и након више итерација. Све генерисане фигуре прате општу логику подлоге, где тамне силуете резултују генерисањем тамније гардеробе, без значајнијег утицаја на тон коже или општу осветљеност. Просечно време генерисања је око осам

минута по фигури, а резултати се сматрају употребљивим тек након више поновљених покушаја. Тиме сходно, овај метод омогућава контролисано обликовање фигура и даје солидне резултате код једноставнијих ликова, али показује високу непредвидивост у формирању комплекснијих поза и светлосних услова. Ради најбољих резултата, препоручује се примена у истраживачком контексту, за тестирање сцене или брзо постављање основних фигура које се касније могу дорађивати у *Adobe Photoshop*-у.

3) метод без подлоге

У комплексној сцени затамњеног ентеријера са дифузним осветљењем, процес препознавања простора и генерисања фигура захтева више итерација и утрошка времена. Мање комплексна фигура, попут пословног човека у ходнику, пропорционална је али превише сатурисана, док је непосредна околина око ње замућена. Код сложенијих примера, као што су мајка и дете на поду, или дечак који седи на кревету, уочене су бројне грешке: неприродне позе, деформације удова и непропорционални делови тела (главе, стопала). Поједини сегменти (материјализација тканина, косе и коже) показују висок степен реализма и указују на потенцијал АИ алата у генерисању финих детаља. Овај метод и пример сцене могу се оценити као најзахтевнији, али изузетно корисни у истраживачком контексту, посебно када је циљ тестирање могућности АИ алата у сложеним условима осветљења и при генерисању фигура без подлоге.

6. ДИСКУСИЈА

6.1. Могућности и ограничења АИ алата

Истраживање је показало да АИ алати, поред великих могућности у генерисању људских фигура, нуде и бројна ограничења. Резултати се добијају брзо, међутим, постизање високог квалитета захтева више итерација и снажне хардверске ресурсе. Фигуре су често реалистичне и детаљне, посебно у сценама стабилног осветљења, али квалитет варира због анатомских грешака и неуједначено генерисаног осветљења. Ипак, АИ значајно убрзава процес и представља користан креативни алат, уз неопходну људску контролу и дораду у виду постпродукције.

6.1. Проблеми при истраживању

Најчешћи проблеми односе се на анатомске неправилности ликова, неуједначено осветљење и деформације у простору. Фигуре често имају дупле удове или неприродне пропорције, што указује на ограничења модела у тренутку истраживања. Генерисање више фигура истовремено ретко даје задовољавајуће резултате, а честа је појава деформација подова, зидова или намештаја у близини ликова. Већина грешака може се ублажити накнадним итерацијама и корекцијама, те оне потврђују експериментални карактер технологије, али и њен развојни потенцијал у контексту архитектонске визуализације.

6.3. Правци развоја АИ алата

Stable Diffusion показује значајан потенцијал у пракси архитектонске визуализације. Његове новије верзије, уз модуле *ControlNet*, *Depth Control*, *IP-Adapter* и *OpenPose Editor*, омогућују већу прецизност, стабилност, правилније генерисање људске анатомије и контролу осветљења. Унапређени алати отклањају бројне проблеме забележене током истраживања и указују на брз развој генеративних метода. Даљи развој визуелно-језичких модела доприносе бољем разумевању односа човека и простора, чиме вештачка интелигенција прелази из експерименталне у професионалну праксу архитектонске визуализације.

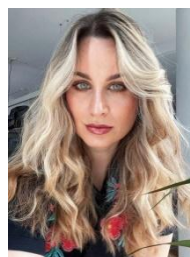
6.4. Закључак

АИ алати представљају значајан помак у професионалној пракси, омогућавајући брзо и интуитивно генерисање људских фигура без потребе за напредним техничким знањем. Најуспешнијим се показују хибридни приступи који комбинују АИ алате са класичним методама постпродукције. Иако већ сада доприносе скраћењу процеса и повећању креативне слободе, даљи развој алата усмерен је ка већој стабилности и анатомској прецизности, те се очекује да ће грешке готово потпуно бити уклоњене. Међутим, будућност не лежи у потпуној аутоматизацији, већ у хибридном процесу који спаја технолошку прецизност и креативни сензибилитет аутора, у ком АИ алати не замењују архитекту, већ надопуњују његову креативност.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- [2] Nichol, A. Q., & Dhariwal, P. (2021). *Improved Denoising Diffusion Probabilistic Models*. *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*.
- [3] Maestri, G. (2006). *Digital Character Animation 3*. New Riders Press.
- [4] Rombach, R., Blattmann, A., Lorenz, D., Esser, P., & Ommer, B. (2022). *High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models*. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 10684–10695.
- [5] <https://github.com/CompVis/stable-diffusion> (приступљено у октобру 2025.)
- [6] https://huggingface.co/docs/diffusers/api/pipelines/stable_diffusion/inpaint (приступљено у октобру 2025.)
- [7] <https://archicgi.com/cgi-services/people-in-architectural-renderings-options/> (приступљено у октобру 2025.)

Кратка биографија:



Станислава Вучетић рођена је у Сомбору 05.06.1995. године. 2014. год., уписује основне студије на Департману за архитектуру и урбанизам, Факултета техничких наука, где дипломира 2018. године и стиче звање дипломираног инжењера архитектуре. Мастер рад на студијском програму Дигиталне технике, дизајн и продукција у архитектури брани 2025. године.

Контакт: stanislavavucetic@yahoo.com

АНЕКС ДЕПАРТМАНА ЗА АРХИТЕКТУРУ У НОВОМ САДУ**ANNEX BUILDING OF THE DEPARTMENT OF ARCHITECTURE IN NOVI SAD***Ана Жакула, Факултет Техничких Наука, Нови Сад***Област – ДИЗАЈН ЕНТЕРИЈЕРА, АРХИТЕКТУРА**

Кратак садржај: Овај рад истражује концепт и дизајн факултета и школа архитектуре у свету. Анализирано је пет објеката кроз студију случаја. Предметни објекат пројектовања, овог рада, је Анекс Департмана за Архитектуру у Новом Саду. Цео процес креирања предметног објекта приказан је текстуалном и графичком документацијом, од идеје, преко техничких цртежа до саме визуелизације објекта. За израду коришћени програми су AutoCad, Lumion и Microsoft Word. Циљ пројектног задатка је додатни простор за професоре и студенте који може да се користи и ван редовне наставе.

Кључне речи: Департман, архитектура, Нови Сад, студенти

Abstract – This paper explores the concept and design of faculties and schools of architecture in the world. Five buildings were analyzed through case study. The subject of the architectural design of this paper is the Annex of the Department of Architecture in Novi Sad. The entire process is shown in textual and graphic documentation, from the idea, through technical drawings to the visualization of the building. The programs used for the creation are AutoCad, Lumion and Microsoft Word. The goal of the project task is creating additional space for professors and students, and that space can be used outside of regular classes.

Keywords: Department, architecture, Novi Sad, students

1. УВОД

Мастер рад на тему "Анекс Департмана за архитектуру у Новом Саду" започиње анализом факултета и школа архитектуре у свету. Затим се прелази на пројектантски рад – Анекс Департмана за Архитектуру у Новом Саду. Прва сазнања и развој љубави према архитектури углавном се стичу у образовним установама, те је веома битно како су ти објекти конципирани, шта пружају студентима у склопу са формираним планом и програмом, да ли пружају угодну атмосферу, јер архитектура је пре свега креативан процес који архитекта ствара из свог бића и претаче га у објекат на коме ради.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији је ментор била др. Ивана Мишкељин, проф.



Слика 1. 3d визуелизација Анекса Департмана за Архитектуру у Новом Саду [1]

1. СТУДИЈА СЛУЧАЈА

Студија случаја анализира пет објеката и школа архитектуре у свету, у оквиру самог контекста у којем се налазе објекти, кроз повезаност унутрашњег и спољашњег простора помоћу стаклених фасада, што може позитивно да утиче на саму креативност студената, што је веома битно за овакав тип објекта.

2.1 Massachusetts College of Art and Design

Слика 2. Massachusetts College of Art and Design [2]

Објекат је грађен 2016. године у Бостону у Сједињеним Америчким Државама, пружио је нов идентитет Бостонској Авенији уметности. Пружио је ново рухо околини, имплементирањем савремених материјала – транспарентна стаклена фасада, која повезује унутрашњи и спољашњи простор, те се стиче осећај да је јавни уређени трг само наставак овог моњументалног објекта [2].

2.2 Princeton School of Architecture



Слика 3. *Princeton School of Architecture* [3]

Објекат се налази у Њујорку, испројектован је као доградња постојећег објекта из 1963. године. Постојећи објекат је реновиран, у складу са новопроектованим. У дограђеном делу налазе се предворје, салон за изложбе, лифт као и челичне конзолне ступнице. Коришћени су савремени материјали, стакло и челик, стаклена фасада објекта повезује унутрашњост објекта са спољашњим окружењем [3].

2.3 Milstein Hall at Cornell University



Слика 4. *Milstein Hall at Cornell* [4]

Нови студијски простор на Корнеловом колеџу за архитектуру, уметност и просторно планирање су пројектовали ОМА Architects 2011. године. Идентитет овог објекта јесте хибридни решеткасти систем који се састоји од 1200 тона челика како би се формирале две велике конзоле. То је најимозантнији и најупечатљивији део објекта [4].

3. АНЕКС ДЕПАРТМАНА ЗА АРХИТЕКТУРУ

3.1 Пројектантски задатак

Пројектантски задатак у оквиру овог мастер рада јесте испројектовати анекс Департмана за архитектуру, који се налази у непосредној близини Централне зграде универзитета у Новом Саду (ректората), са погледом на Сунчани кеј и Дунав. Студентима је потребно обезбедити простор са свим потребним садржајем, који ће моћи да користе и ван одвијања редовне наставе, за цртање графичких радова, штампање истих, прављење макета и припрему испита.

3.2 Контекст

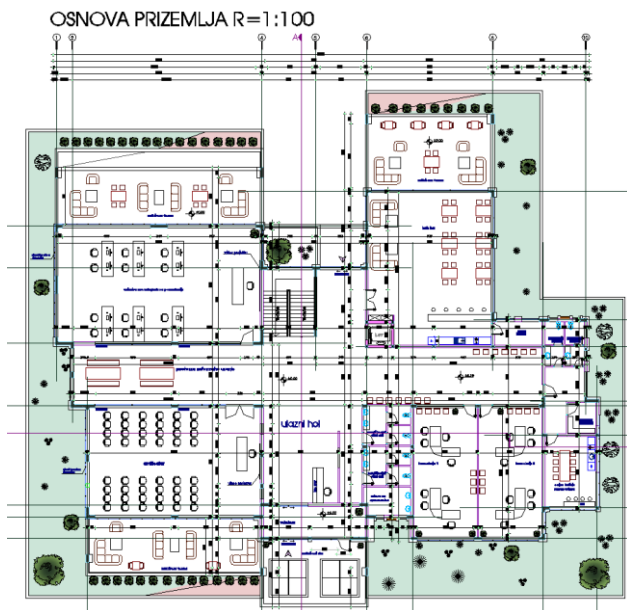
Објекат се налази у Новом Саду, на Лиману 1, у близини Централне зграде универзитета у Новом Саду, са погледом на Сунчани кеј и Дунав, у ул. Др. Зорана Ђинђића. Осим погледа на Дунав и Сунчани Кеј, објекат има поглед и на доста листопадног и зимзеленог дрвећа универзитетског парка.

3.3. Концептуализација решења

Анекс Департмана за архитектуру се уклапа у постојеће окружење коришћењем стаклене структуралне фасаде, која је коришћена и код Централне зграде универзитета, објекту најближем предметном. Главна фасада-западна, на којој се налази главни улаз, је оријентисана ка улици др. Зорана Ђинђића. Главни улаз је конципиран са великим конзолно препуштеним наткривеним делом, на којем се налази зелени кров са ниским растињем. Источна фасада је оријентисана ка сунчаном кеју и Дунаву, те поседује наткривене терасе, као и башту кафе бара у приземљу са погледом на Дунав. Северна фасада има поглед на Булевар Цара Лазара, као и на универзитетски парк са листопадним и зимзеленим дрвећем. Јужна фасада има поглед ка Централној згради универзитета и универзитетском парку.

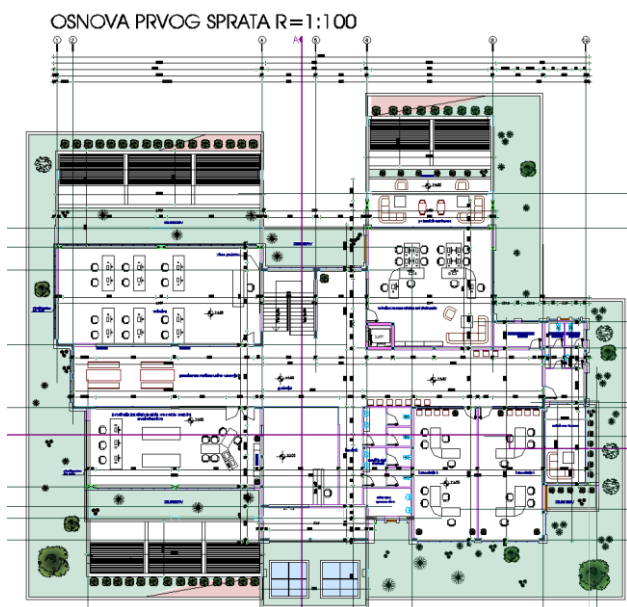


Слика 5. 3d визуелизација главна - западна фасада објекта [1]



Слика 6. Основа приземља [5]

Ниво 0 – приземље објекта, садржи главни улаз са ветробраном, улазни хол у којем је инфо пулт, амфитеатар са 48 места, учионица за вежбе која служи и као сала за презентације, простор за неформално учење студената, тоалет за студенте, остава за спремачицу, кафе-бар са наткривеном терасом са погледом на Дунав. Десно од улазног хола је блок за запослене са две велике канцеларије, чајном кухињом, гардеробером и тоалетима. Степениште је двокрако, централно постављено. Лифт се налази код улаза у кафе-бар и иде до првог спрата.



Слика 7. Основа спрата [5]

Ниво +1 – први спрат објекта у свом садржају има просторију за штампање и сечење папира. Та просторија по потреби служи и као макетарница. Наспрам те просторије налази се учионица и те две просторије по потреби могу да се споје (као и у приземљу) у један већи мултифункционалан простор

– за изложбе и слично. Затим на првом спрату се налази и учионица за самосталан рад студената, која има излаз на наткривену терасу. Тоалети за студенте су позиционирани на истом месту као и у приземљу. Блок за запослене се састоји из две канцеларије и тоалетима за запослене. На овој етажи се налази и остава за канцеларијски материјал. На првом спрату се такође налази и галеријски простор са погледом на сам улаз у објекат, ветробрански простор и инфо пулт, као и на Дунав, Сунчани кеј и универзитетски парк.

Ниво +2 – други спрат објекта има такође галеријски простор са истим погледом.



Слика 8. 3d визуелизација [1]

3.5 Конструктивни склоп, форма и материјализација

Анекс департмана за архитектуру је објекат чија је конструктивна концепција базирана на комбинованом систему, армиранобетонаски стубови и АБ греде ослоњене на темељну плочу. Темелјна плоча је дебљине 40цм и фундирана је на 90цм од терена. Зидови фасадне испуне су 'utong' блокови д = 25цм, а преградни исто 'utong' блокови д = 10цм. Међуспратна конструкција је АБ пуна плоча д = 20цм. Форма објекта је конципирана тако да на главној фасади, својом висином претежно доминира комплетан улазни део у објекат, са зеленим кровом са ниским растињем и са структуралном фасадом која се протеже све до другог спрата, те овај део објекта има највећу спратност. Објекат карактерише структурална фасада која се као мотив јавља са свих страна објекта. Она доминира изгледом фасаде. Поједини прозори (унутар сваке просторије) се отварају како би се обезбедила проветреност. Форму објекта у великој мери одређују и доминантни бели стубови и греде који су саставни део наткривених делова објекта, чију испуну чини биоклиматска пергола. Сви ти елементи доприносе целокупном изгледу објекта, као што је Витрувије рекао у својој књизи "Десет књига о архитектури", да се теорија архитектуре заснива на три постулата: firmitas (чврстоћа) која покрива поље статике и грађевинских материјала, utilitas (сврха, функција) која се односи на саму функцију грађевине, venustas (лепота) која се односи на естетику грађевине односно на сам облик грађевине и односе пропорција архитектонских делова и целине. Осим претходно наведена три постулата, Витрувије је своју теорију заснивао и на шест основних принципа: ред (ordinatio)

распоред (dispositio), еуритмија, симетрија, примерен облик (decor) и економија (distributio) [6].



Слика 9. 3д визуелизација - биоклиматска пергола на западној фасади објекта [1]



Слика 10. 3д визуелизација - биоклиматска пергола на источној фасади објекта [1]

Осим структуралне фасаде, фасаду овог објекта чине и фибер цементне плоче. Осим естетске улоге, овај материјал пружа добру звучну изолацију. Фасада је вентилисана, што омогућава објекту да ‘дише’. Осим фибер цементних плоча, на фасади се налазе и алуминијумске летвице у дрво декору, које се протежу око отвора-структуралне фасаде.



Слика 11. 3д визуелизација – источна и јужна фасада објекта [1]

4. ЗАКЉУЧАК

Архитектура, осим што је техничка наука, она је уметност, те је од кључне важности колико је боравак у простору, у којем ће се креирати и стварати, пријатан и инспиративан. Објекат је пројектован да путем структуралне фасаде буде повезан са природом,

те да ствара једну дозу опуштајуће и не превише строге атмосфере за овакав тип образовне установе.



Слика 12. 3д визуелизација - западна фасада објекта [1]

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ауторски рад - 3д визуелизације
- [2] [Massachusetts College of Art and Design / Ennead Architects | ArchDaily](#)
- [3] <https://www.archdaily.com/197243/princeton-school-of-architecture-architecture-research-office>
- [4] <https://www.archdaily.com/179854/milstein-hall-at-cornell-university-oma-2>
- [5] Ауторски рад - технички цртежи
- [6] Витрувије “Десет књига о архитектури”

Кратка биографија:



Ана Жакула рођена је у Руми 1994. год. У јуну 2021. год. завршава академске студије Архитектуре на Факултету техничких наука, а Мастер рад из области Архитектура - дизајн ентеријера одбранила је 2025. год. на истом факултету.

Контакт: ana.zakula13@gmail.com

Идејно решење стамбене зграде у Новом Саду***Conceptual Design of a residential building in Novi Sad***

Ана Јовановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – Рад је базиран на тему пројектовање стамбене јединице. Комплексног простора у ком живи велики број људи. Овај комплекс представља склоп различитих садржаја и праву луксузну оазу. Јавни простор који је разнолик представља савршено место за окупљање околних грађана. Укључивање и зеленила оплеменјује овај цео простор и чини га мање сивим.

Кључне речи: архитектонско пројектовање, зеленило, луксуз, стамбени простор

Abstract – *The project is based on the concept of designing a residential unit, specifically a complex space intended for a larger number of people. This complex represents a composition of various facilities and functions, forming a true luxurious oasis. The diversity of its public areas creates an ideal place for gathering and social interaction among residents of the surrounding neighborhood. A significant aspect of the project is the integration of greenery, which not only visually enriches the environment but also creates a more pleasant and natural atmosphere. In this way, the space becomes less monotonous and contributes to an improved overall quality of life for its users.*

Keywords: *architecture design, greenery, luxury, residential building*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била проф. др Јелена Атанацковић Јеличић.

1. УВОД

Сам увод овог пројекта је анализа кључних тачака које се прожимају и тема које заправо чине његову целину. Који су то процеси и анализе кроз које пројектант мора да прође да би дошао до савреног решења за простор који се проучава. Анализа зграде као простора, анализа архитектонских елемената, генерална алаза архитектуре и сама локација на којој се гради објекат. Шта у нашем граду представља један стамбени комплекс и који елементи га чине посебним и интересантним за окружење и станаре. У самом почетку прво говоримо о томе шта заправо представља архитектонско пројектовање, који су његови елементи, значај и процеси градње и реализација самог простора. Како се архитектонско пројектовање

мењало кроз историју и који је његов значај био у којој епохи. Како су некада изгледали објекти и који су процеси постојали до постизања циња. Стамбене зграде шта представљају, како се деле. У овим објектима какве зоне и делови постоје. Које су различите карактеристике стамбених простора... Развој стамбени зграда на нашем подручју. Који број објеката постоји данас у односу на прошлост у којој су неки предели представљали само опустошене зоне без функције на којима су данас велики стамбени комплекси. Функција облик и форма стамбене јединице. Који елементи чине овај простор посебним, другачијим и функционалним. Шта су најбољи елементи за живот сваког грађана и која квадратура одише и чини простор луксузним за живот. И којим редом иду процеси пројектовања стамбених јединица. Непосредни контакт човека и природе и уношење што веће количине зеленила у стамбене просторе. Тиме пленимо овакав тип објеката, чинимо средину лепшом и правимо станарима бољи и здравији простор за живот. Данас, на жалост губимо природу и све више бетонских конструкција уништава њено постојање. Ваздух је доста загађенији, а људима свакодневни контакт са природом постаје прави луксуз. Такође анализом овог краја Новог Сада критикујемо и проучавамо које су добре а које лоше стране за живот у нашем граду. Као и карактеристике за само подручје у овој зони. Која је количина различитог старосног становништва нашег подручја и да ли смо повољан простор за некога ко хоће да започне своју будућност баш на овој територији. Анализом различитих аспеката и тема које су заједно везане за овај пројекат долазимо до целине. Архитектонски пројекат је комплексан документ у којем су укључене многе струке и пролази се кроз велики број анализа како би сам пројекат био одобрен и како би представљао најбоље решење за одређено поручје.

2. СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА

Боско Вертикале у Милану представља архитектонску типологију „вертикалне шуме“, карактеристичну за студио Стефана Боерија. Комплекс чине две стамбене куле које носе преко 800 стабала и хиљаде других биљака, чиме се у град уводи густо зеленило без ширења урбаног отиска. Зграде функционишу као самосталан екосистем који побољшава квалитет ваздуха, смањује температуру, апсорбује праšину и ствара здравију микроклиму за људе, биљке и животиње. Архитектура је пројектована тако да

балкони и фасаде омогућавају природан раст крошњи, чинећи природу интегралним делом самог објекта.



Слика 1. Bosco Vertikale [5]

Блок 2 у Сиднеју представља један од најпознатијих примера савремене одрживе архитектуре. Пројекат су осмислили француски архитекта Жан Нувел и ботаничар Патрик Бланк, познат по својим вертикалним вртovima. Комплекс се састоји од две куле – једне стамбене и једне хотелске – које су повезане заједничким подијумом са комерцијалним и јавним садржајима. Око половине фасаде зграде прекривено је зеленилом, чиме се природа парка који се налази у близини симболично „подиже“ на зграду. На тај начин настаје пријатна микроклима за станаре и посетиоце, док биљке истовремено филтрирају ваздух, смањују температуру и регулишу количину сунчеве светлости која улази у унутрашњост. Зграда користи бројне еколошке стратегије, као што су сакупљање и коришћење кишнице, енергетски ефикасни системи осветљења и природна вентилација. Захваљујући томе, објекат је добио највишу оцену одрживости – 6 Green Star, што потврђује његов висок еколошки стандард. На врху стамбене куле налази се истурена конзола са заједничком терасом и хелиостатом – системом огледала који усмерава сунчеву светлост у засенчени део парка испод зграде. Овај иновативни детаљ спаја технологију и природу у јединствену целину. Блок 2 представља пример склађеног односа архитектуре и пејзажа, где зелени елементи постају саставни део објекта. Овај пројекат је постао нови симбол одрживог урбаног развоја Сиднеја и показује како градови могу расти у складу са природом, а не на њен рачун. „Quartier Heidestrasse – QH Track“ представља кључни део развоја будућег „Европација“ у Берлину. Уместо једне велике структуре, пројекат је замишљен као насеље састављено од више различитих, али међусобно усаглашених зграда, које формирају живу и динамичну урбану целину. Индустриска прошлост локације послужила је као инспирација за архитектонски израз и типологију, подсећајући на старе берлинске „Gewerbehöfe“. Девет пажљиво позиционираних зграда различитих висина и пропорција обликују јасне урбане акценте и стварају однос између јавног простора, улице и околног железничког подручја.



Слика 2. One Central Park [6]

Разне фасаде и обликовање приземља доприносе разноврсности и отворености према јавном простору, стварајући нови, vibrantan део града.



Слика 3. Quartier Heidestrasse [7]

Комплекс се састоји од три целине: једног низа од шест ламела (тип В) и две самосталне ламеле (С и D), са укупно осам засебних улаза и вертикалних комуникација. Примарна намена је становање (око 95%), док је пословни садржај заступљен са око 5%. Станови су распоређени од приземља до повучених спратова, зависно од ламеле. Укупно је у приземљу предвиђено 27 локала и 18 станова. Подземни ниво садржи гаражу са пратећим техничким просторијама и има капацитет од 246 паркинг места, што заједно са 96 места у приземљу чини укупно 342 паркинг места. Дворишни простор је уређен у складу са функционалним и противпожарним захтевима, а оријентација станова је прилагођена квалитетном осветљењу и проветравању.

3. ПРОЈЕКАТ ЗГРАДЕ

3.1 Локација и контекст

Локација на углу Булевара цара Лазара и Иве Андрића дуго је била неискоришћена травната површина и делом простор импровизованог ромског насеља. Током последњих година ова зона доживљава значајну трансформацију – изградњом нових стамбених зграда у улици Лазе Лазаревића, Лидл тржног центра и добро организоване аутобуске окретнице, простор постаје урбанистички повезан и функционалнији.



Слика 4. A блок [8]

Даљи развој је обележен комплексом „Garden Residence“, чиме ово подручје добија нови идентитет под називом Лиман 5, као логичан наставак постојећих градских целина. На месту некадашњих необликованих површина данас се гради велики стамбени комплекс са паркинг-зонама и значајним уделом зелених и партерних површина. Тако овај део града, који је некада био запуштен и недовољно настањен, постаје савремени простор за живот, обogaћен новим садржајима и активностима, и поприма потпуно нови урбани карактер. Положај овог комплекса је изузетно повољан. Велики број аутобуских станица у непосредној близини, велики маркет за куповину свих неопходних потрепштина грађана. Лака комуникација са свим деловима града. Близина купалишта Штранда, факултета, здравствених установа, и лак транспорт и долазак до самог центра града.

3.2 Концепт

Анализом простора у Новом Саду примећује се да велики број површина данас не користи свој потенцијал. Зелене зоне се претварају у велике бетонске комплексе, често у сврху профита, без разматрања утицаја на околину и квалитет живота. Урбанистичко планирање у многим сегментима није адекватно спроведено, што је довело до смањења зеленила и нарушавања визуелног идентитета града. Простор који обрађујем поседује значајну зелену површину, али она је запуштена и неактивна. Мој циљ је да је трансформишем у савремени стамбени комплекс са нагласком на биљно растиње у оквиру самог објекта и његове околине. Тиме се простор оживљава, постаје пријатан за боравак и видљив у свакодневном животу града.

Приземље објекта замишљено је као отворена она која омогућава кретање, сусрете и друштвену интеракцију, док разноврсни садржаји привлаче кориснике различитих узраста. Уз добро развијену мрежу градског превоза у близини, нагласак је и на смањењу употребе

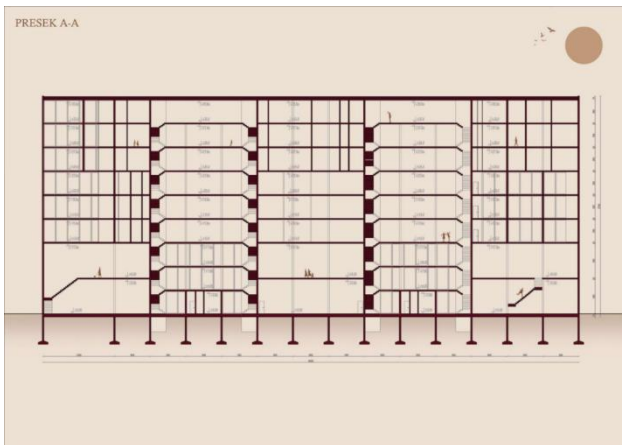
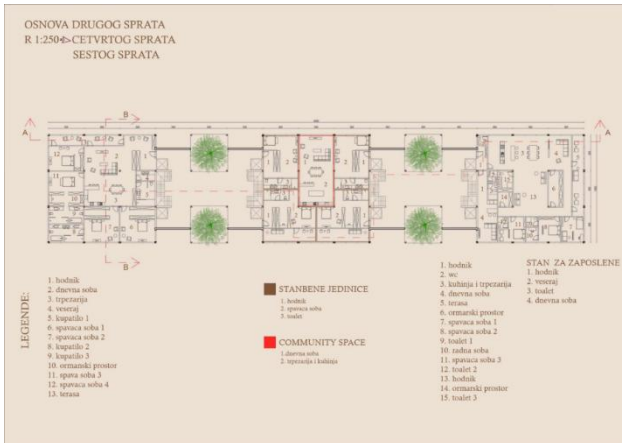
аутомобила. Идеја пројекта је стварање мале урбане целине — „микро-града“ —

у којем су повезани становање, рекреација и зеленило, уз очување идентитета простора и побољшање квалитета живота становника.

3.3 Програмска и просторна структура

У приземљу објекта смештени су јавни садржаји доступни и станарима комплекса и пролазницима. Пословни простори омогућавају пријатније пословање већих фирми, док ресторани и кафићи постају место окупљања и дружења. Зелене површине око објекта служе као баштенске зоне и простори за игру деце. Плене простор и чине га лепшим за живот. Објекат има два главна улаза, што омогућава једноставну циркулацију и лак приступ стамбеним деловима. Сам лоби зграде за себе има посебну функцију. У овом пројекту не представља само простор за кретање кроз објекат, већ је и сам за себе посебан простор за окупљање станара и посетиоца. Сматрам да је битан фактор естетског момента сваког објекта и да негде ствара први утисак свакоме ко дође у непосредну средину са овим простором. Станови су организовани према оријентацији и функцији, пространи су и пуни природне светлости, чинећи начин живота динамичним и комфорним. Форма станова је специфична и није свакодневна. Уз саме луксузне просторе саграђени су и стамбени комплекси за запослене како би станари имали луксузни третман у сваком могућем моменту. Ентеријер је урађен у мирним тоновима са комбинацијом природних и савремених материјала, који простору дају осећај нежности и луксуза. Квалитет изградње и материјала је доведен на неки нов ниво како би се сама цена простора поклапала и са трајношћу самог простора. Што данас и није случај на нашим подручјима, већ се гледа да се пројекти изведу што брже уз коришћење што јефтинијег материјала који брзо дотраје како би инвеститорима зарада била што већа. Спољашњи парк и зелени појас обogaћују простор, а клупе и игралишта позивају на задржавање и боравак на отвореном. Отворене паркинг зоне представљају додатне просторе за аутомобиле, што је већ виђен проблем у Новом Саду. Овај комплекс уноси нови квалитет живота у зону Лимана 5, претварајући некадашњи занемарени простор у савремену и живу градску целину. Зелени простори се максимално чувају како би околини и будућим генерацијама сачували што више природе.

4. ГРАФИЧКИ ПРИЛОЗИ



5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] [“What is architectural design, definition types and examples” Google pretraga [Online]. Dostupno: <https://www.augmentecture.com/blog/what-is-architectural-design/>. [Pristupljeno: 15-Okt-2025]
- [2] “Stambene zgrade -definicija, tipovi, delovi, zakonski okviri” Google pretraga [Online]. Dostupno: <https://beostanupravnik.com/stambena-zgrada/> [Pristupljeno: 17-Okt-2025]
- [3] “Novi Sad i njegove prednosti I mane za porodicni zivot” Google pretraga [Online]. Dostupno: <https://ilovezrenjanin.com/marketing-zrenjanin/novi-sad-i-njegove-prednosti-i-mane-za-porodicni-zivot/> [Pristupljeno: 17-Okt-2025]
- [4] “Katalog osnova stambenih zgrada” Google pretraga [Online]. Dostupno: <https://www.andjelkovicizgradnja.com/katalog-osnova-stambenih-zgrada> [Pristupljeno: 25-Okt-2025]
- [5] <https://www.stefanoeriarchitetti.net/en/project/vertical-forest/>
- [6] <https://www.jeannouvel.com/en/projects/one-central-park/>
- [7] <https://afasiaarchzine.com/2024/09/em2n-quartier-heidestrasse-gh-track-berlin/>
- [8] <https://www.inzenjer.net/projekti/stambeno-poslovni-objekat-a-blok/>

Кратка биографија:



Ана Јовановић рођена је у Новом Саду 2001. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Архитектура-Архитектонско пројектовање одбранио је 2025.год.

Контакт:

anajovanovic063@gmail.com



Зелена Градска Читаоница у Новом Саду

Green City Reading Room in Novi Sad

Јелена Благојевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – САВРЕМЕНЕ ТЕОРИЈА И ТЕХНОЛОГИЈЕ У АРХИТЕКТУРИ

Кратак садржај – Проучавањем културног и друштвеног живота грађана Новог Сада дошло се до закључка да постоји мањак јавних простора које би представљало место окупљања како за читање пре свега тако и за друге образовне активности које би обогатиле заједницу и спојиле различите генерације унутар ње. Циљ је пројектовање простора затвореног типа који би био мултифункционалан, жив а у исто време пружао мир како за читање тако и за креативне радње, такође простор би пружао контакт са природом. Метод је дизајнирање зграде која се састоји из сегмената зависно од програма између којих је отворен простор за боравак на свежем ваздуху. Резултат је инспиративна фреквентна читаоница који може да се користи током целе године при чему вертикални вртови наглашавају лепоту сваког годишњег доба. Направити склад између духовног и интелектуалног живота грађана како унутар себе тако и са заједницом којој припадају и природи којој су неспорно део. Указујући на важност сваког поменутог елемента и њиховој међусобној вези.

Кључне речи (три до пет): читаоница, култура, заједница, самоодрживост, озелењавање

Abstract – By studying the cultural and social life of the citizens of Novi Sad, it was concluded that there is a lack of public spaces that would represent a gathering place for reading, primarily, but also for other educational activities that would enrich the community and bring together different generations within it. The goal is to design a closed-type space that would be multifunctional, lively, and at the same time provide peace for both reading and creative activities, as well as a space that would provide contact with nature. The method is to design a building that consists of segments depending on the program, between which there is an open space for staying in the fresh air. The result is an inspiring, frequent reading room that can be used throughout the year, with vertical gardens emphasizing the beauty of each season. To create harmony between the spiritual and intellectual life of citizens, both within themselves and with the community to which they belong, and the nature of which they are undoubtedly a part. Pointing out the importance of each of the aforementioned elements and their mutual connection.

Keywords: (three to five): reading room, culture, community, sustainability, landscaping

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Игор Мараш, ред. проф.

1. УВОД

Рад истражује и узима у обзир потребе грађана Новог Сада за новом културном институцијом као што је Градска Читаоница. Надовезујући се на прошлост и значај прве читанице у Новом Саду, чија традиција се наставила узимајући данашњи облик Градске Библиотеке.

Сам одабир локације поштује старо језгро града и поменути институцију, повезујући старо и ново време. Пројекат се ослања на прошлост али исто тако сагледава савремене начине дизајна објекта везано за обновљиву енергију, самоодрживост и паметне технологије, анализира медије и потребе савременог друштва и заједнице. Циљ рада је вратити значај култури једног града као што је Нови Сад, створити јавни простор социјализације ко би се користио током целе године и који би обогатио духовно и естетски своју околину. Нова зграда читаонице својим атрактивним дизајном и функционалним решењем би привукла пролазнике, створила везу између отвореног јавног простора и затвореног, и омогућила комуникацију између људи. Пројектовало би се тако да су могући многобројни програми унутар простора који би оживели примарну улогу читанице и обогатили друштвени живот грађана.

2. СРПСКА ЧИТАОНИЦА У НОВОМ САДУ

Повољни економско-политичким условима и добром вољом и намером Српских високо образованих грађана Угарске крајем XIX века Нови Сад полако постаје центар образовања и културе Срба. Најзначајнија је свакако била културна институција Матица Српска настала у Пешти као инспирација Српских књижевника на подстицај јачања вере и културе Срба на територији Угарске државе. Међутим друга под једнако значајна, можда не толико само културна него пре свега друштвена институција за грађане Новог Сада јесте Српска читаоница [1].

2.1. Почци рада читаонице

Захваљујући добровољним прилозима углених грађана целокупна организација читанице је опстајала. Организовани су били балови у добротворне сврхе, чувена су два бала која су описана у тадашњој штампи. Први у Августу 1844. године а други 6 септембра 1945. године, први је био одржан у просторијама градском стрелишту док је други био у кафани “Код фазана” (данашњој средњој музичкој школи Исидор Бајић).

Прва скупштина читаонице одржана је у септембру 1845. године у улици Грчкошколској бр 3, тадашњој згради Грчке школе. Многи документи су нажалост трајно изгубљени након Мађарске револуције 1848-9. године тако да иако се сматра да је постојала и доста раније прва читаоница у Новом Саду ипак се 1845 година узима за оснивање због проверљиве документације [1].

Одобрење од стране власти за рад читаонице је каснило године дана и стигло је 1486 године вероватно због прекривене жеље да се у Новом Саду повећа мађаризација а не да Српски народ и језик добија још већу слободу и значај.

Стални прецедник ове установе од 1847 године је Јован Хаџић, уједно и један од оснивача Матице Српске. Рад институције текао је овако, сваке три године бирала се нова управа сачињена од председника, потпредседника, благајника и библиотекара. Две скупштине су било одржаване по години. Пауза у раду била је за време револуције 1848-49 године. Наставак и још страственији рад друштва почиње од 1860 године, док се следећих пар година под председништвом Светозара Милетића и Јована Јовановића Змаја могу називати најуспешнијим годинама за српску читаоницу [1].

Утицај на свакодневни живот грађана као и давање одређене динамике култури и друштву града као што је Нови Сад види се на основу деловања. Многи креативни и образовни програми који су се дешавали захваљујући читаоници добили су касније своју засебну форму или чак институцију. Примера ради највећа културна институција која заслужује своје постојање читаоници је Српско Народно Позориште [2]. У њој је формирано “Друштво за радиност” 1867-1869 године, затим друштво певача звано Литаоничко певачко друштво заједно са многим другим основаним друштвено корисним покретима. Читаоница је била отвореног типа и подједнака за све, јесте се звала Српска али само ради јачања Народа у Угарској држави, ван тог контекста она није ни један други народ и културу искључивала [1].

Програми коју су били одржавани у читаоници су: балови, беседе, концерти, музичке вечери, научна и образовна предавања. Прво село успешно је одржано 10. јануара 1900. године и настављено је даље одржавање и у наредним годинама у право на тим дешавањима народ је могао да чује доста корисне здравствене, научне савете применљиве за свакодневни живот [1].

Читаоница се може рећи да је формирала нове образованије и хуманије генерације, велики значај јој се придаје за подизање свести везано за образовање жена. Многе жене у то време заслуге за своје образовање могу преписати баш Српској читаоници Девојачкој [1].

Почетком 1905. године, водило се и следеће питање: “Могу ли и женскиње бити редовни чланови Читаонице”. Тиме се може рећи да је она прва институција где се доводи у питање права мушкараца и жена и њихова једнакост. Те године у јануару основана је женска српска читаоница, са скромном колекцијом од 300 књига. Женске чланице читаонице посећивале су народна села где су се одржавали забавно поучни програми. Такође у тешким историјским временима села су имала и хуманитарни карактер [1].

Читаоница није имала само локалан утицај на становништво, већ њено деловање постаје пример за оснивање читаоница у осталим мањим места и селима.

2.2. Градска Библиотека-данашњи облик читаонице

Градска библиотека је друга по величини јавна библиотека позајмног типа у земљи. Садашњу форму има од 1958. године. Мрежа огранака је распрострањена целим градом и приградским насељима, док је централна зграда у старом језгру града, на адреси Дунавској бр. 1, задужбинском здању српских добротвора Анке и Арсе Пајевића. Слика 1. приказује поменути адресу почетком 1900-тих година. Укупан број огранака је 26 у граду и приградским насељима.

Главни објекат има: Одељење за одрасле кориснике „Ђура Даничић”, Дечје одељење, Информационо-реферални центар са читаоницом, стручне библиотечке службе, управу и пратеће службе. Доступно је око 580.000 књига, више десетина наслова штампе и 312 примерака старе и ретке књиге. Прометност је таква да се сваке године упише преко 20.000 корисника. Одржавају се бројне програмске активности, радионце, изложбе, предавања која окупљају велики број грађана [3].



Слика 1. Дунавска улица број 1, 1906-1909 године [4]

3. ЈАВНА НАМЕНА БИБЛИОТЕКЕ-ЧИТАОНИЦЕ

Јавне библиотеке, читаонице имају посебан значај у градском животу она су место социјализације и културних дешавања у граду. Прилагођене су за одвијање вишеструких активности и пракси, те сусрети у њима могу бити различитог карактера, интимности и периода.

Библиотеке с обзиром да су отворене јавности омогућавају групама и појединцима из различитих слојева друштва прилику да проводе време заједно [5]. Што се тиче самог дизајна и архитектонског плана библиотека треба да буде јасно видљиво организован простор за сналажење.

Читаоница за децу и омладину узимају савремене праксе педагога и теорије који сматрају да простор за учење самим тим и читање мора имати флуидност, да не треба бити пасивног карактера, стриктно везивајући кориснике за једно место нити их груписати тако да немају визуални контакт са осталим корисницима. Као резултат добија се динамичан креативан простор пун интеракција и продуктивности [6]. Креирање простора за игру, отворен слободан простор склон трансформацији за активности као што су бојење, смишљање и одржавање представа, приредби и специјалан простор за бебе и млађу децу са стазама за пузање и сензорним мобилијаром [7].

Јавне библиотеке имају и граде посебну везу са својом заједницом, корисници простора се осећају довољно опуштено и пријатно да истовремено учествују у свакодневним дешавањима у поменутој институцији као и организовању додатних програма.

Догађаји који се одвијају у библиотекама може бити различитих капацитета, од малих састанака за пар особа па до већих као што су концерти, јавне трибине, промоције књига и слично. Што се тиче самог дизајна објекта он је доживео такође знатне измене, данашње читаонице и библиотеке су прозрочне грађевине са отвореним слободним простором који не ограничава кориснике нити их стриктно дели према одређеним калупима [8]. Слика 2. у кратким јасним цртама приказује временски ток развоја библиотека.

Time period	Daylight	Ventilation
18 th century	Natural light, shallow plan	Natural ventilation, perimeter windows
19 th century	Natural light, roof-lit deep plan	Natural ventilation, perimeter & roof cross-ventil
20 th century	Artificial light, deep plan	Air-conditioning & mechanical ventilation
21 st century	Natural light, roof-lit, light-shelves	Nat vent, mixed-mode, solar chimneys

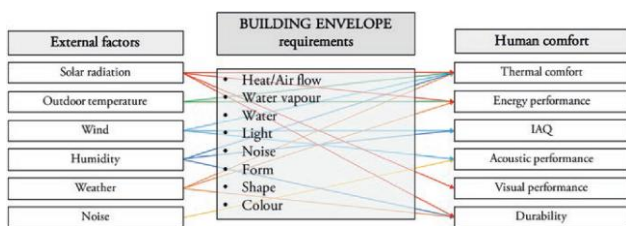
Слика 2. Нове стратегије дизајна библиотека [8]

4. ЗЕЛЕНА САМООДРЖИВА ПАМЕТНА РЕШЕЊА У АРХИТЕКТУРИ

Велики проблем за целокупно друштво на планети, који се мора адресирати и решити су свакако климатске промене. Пројектовање на бази природних решења су према Међународној унији за заштиту природе IUCN (2020) сматрана као : “actions to protect, sustainably manage and restore natural or modified ecosystems that address societal challenges effectively and adaptively” [9].

Добро испланиран урбани простор мора функционисати и бити отпоран на било какве изненадне ситуације које су због климатских промена постале нажалост полако део свакодневнице а у будућности ће бити вероватно још чешће. Велике покривене, поплочане, површине у градовима повећавају топлопу стварајући ефекат градског топлотног острва. Увођењем веће количине зеленила у центре града смањило би овај ефекат и учинио отворени простор пријатним за боравак. Сакупљањем и складиштењем кишнице у изграђеним деловима града се смањује ризик од катастрофалних поплава а уједно се може користити за наводњавање биљака у летњем сушном периоду. Други смер у којем ће се пројектовати будуће зграде а иде под руку са поменутих првим приступом озелењавања су Паметне зграде. Оне имају аутоматизоване процесе који контролишу грејање, вентилација, климатизација, осветљење, безбедност [10]. Слика 3. приказује везу утицаја околине, климе на дизајн и решења приликом пројектовања [11]. Примарна њихова функција је

свакако обезбеђивање комфора својим корисницима али уједно оно доноси рационализовану организацију утрошка енергије и целокуплог процеса одржавања једне зграде.



Слика 3. Однос између спољашњих фактора и комфора [10]

5. ПРОЈЕКАТ

У жељи за пројектовањем јавног затвореног простора који би представљао место окупљања заједнице, културно „уточиште“ током целе године, хладних и топлих дана јавила се идеја о градској библиотеци која би одала почаст постојећој градској библиотеци која има дугу историју и изузетан значај за културу и друштво у Новом Саду.

Истовремено израдити објекат који би представио савремено коришћење и технологије које библиотека може да пружи. Проучавањем историје поменуте институције, чињеница да се пре звала градска читаоница и главном идејом о јавном месту у коме се борави не би ли се корисници обогатили културолошки, довело је до стављања акцента у раду на простор за читање и другим интерактивним активностима а не толико на само пасивној позајмици књига. Хтело се избећи да читалац буде затворен у четири зида без контакта са околином и спољашњим светом већ пружање везе са природом и могућност боравка и читања напољу на зеленим терасама.

5.1. Локација

Од самог старта локација која се најбоље уклапала у контекст отворено-затвореног простора као и физичкој близине постојеће градске библиотеке јесте трг Републике. На којем се естетика околних зграда и фасада не може баш похвалити. Уз то се увек узимала у обзир и позната тврдња да већина тргова је ограничена неким објектима од јавног значаја и намене. Што се за овај конкретан случај не може рећи осим рибље пијаце која је у близин али нема просторно јединство са тргом.

5.2. Корисници

Што се тиче програма и корисницима сматра се с обзиром да Нови Сад као Универзитетски град има адекватне просторе за учење и читање студената, а да исту срећу немају деца, омладина која иде у школи као ни грађани трећег доба те да се тој групацији овим пројектом обогати друштвено-културни живот наравно уз отвореност и за све остале кориснике. Прави се простор који се чешће и фреквентније користи јер изабрана група углавном долази у већем броју типа породично код програма за малу децу и омладину али исто тако већа посећеност се постиже и

чињеницом да пензионери имају највише слободног времена и могућност максималног коришћења простора и оно што оно пружа.

5.3. Форма и материјализација

Иако изабрана локација има своје наведене квалитете она има и своје недостатке који су били изазов али и забавни део приликом пројектовања. Наиме пошто објекат има само две слободне фасаде притом имајући у виду потребе за природим осветљењем и проветрености простора, дошло се до решења смицања волумена објекта стварајући терасе „зелена дворишта“ која поред своје првобитне намене пружања осветљења обезбеђују и извођење различитих активности и читања током лепих дана у току године. Друга ставка је да се зграда налази уз објекте са пасажним пролазима и требало би се обезбедити циркулација у нивоу приземља како се не би прекинуо континуитет између Дунавске улице и трга Републике. Бирани су само одрживи материјали за фасаду као што су плоче од теракоте ребрасте структуре у две нијансе. Друга два сегмента су од дрвене фасаде, а трећа два од бакарних и металних плоча. Због утрошка енергије, њихових footprint-ова и чињеницом да еколошки не загађују а привлачног су изгледа су бирани ови природни материјали.

Свакако један од битних елемената зграде је зеленило. Биљке су уклопљене у дати простор и задовољавају сва чула корисника. Идеја враћања зеленила у изграђене делове центра града, некада називан зелени град Нови Сад данас нажалост великом изградњом и неразвијеношћу о зеленим површинама има све мање и мање. Резултат тога је мањак присуства разноликости врста биљака и животиња, повећано загревање и других последица након климатских катастрофа, као на пример поплава, које су све чешће. „Улаз“ зеленила у објекат и попуњавање отвореним површинама обогатује естетику простора и истовремено даје контакт са природом, улепшава боравак корисницима. Биљке су биране према величини места која заузимају, као и бенефита који пружају. Што се тиче организације простора поједностављено изгледа овако:

По- техничке просторије, складишта, архива, ИТ опрема

Пр-улазни простор, дечија читаоница са пропратним садржајем

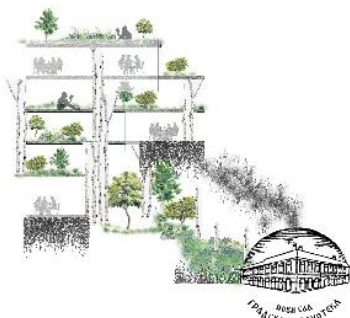
Спрат I -дечија читаоница, канцеларије, простор за запослене

Спрат II-читаноца за омладину, дигитални део, канцеларије, остава

Спрат III-мултифункционалан простор за културу и догађаје, креативни лаб, канцеларије

Спрат IV-главна читаоница за одрасле и сениоре, канцеларија

Спрат V-кровна тераса, мини кафе бар



Слика 4. Колаж концепта

5.4. Концепт

Паметна зелена коцка је „склапање“ простора са одређеном програмском организацијом у једну целину од културног значаја која треба да слави креативност, разноликост и образовање. Затим отворити и разложити коцку тако да се виде сегменти између којих продира зеленило потребно за већи угођај, природно осветљење и свеж ваздух.



Слика 5. Просторни приказ северне фасаде нове читаонице



Слика 6. Просторни приказ улазног дела нове читаонице

6. ЗАКЉУЧАК

Објект одише новим духом, од простора за читање у затвореном и отвореном простору па до организовање разних друштвено битних програма. Оно окупља људе својим дешавањима, јача осећај заједнице и пружа нови поглед на то како проводимо време у читању и генерално у јавном простору. Као место које освешћује људе о прошлости, тренутним дешавањима и погледима на будућност. Градећи бољу средину за будуће генерације логично је било користити за дизајн

природне материјале, имати самоодржива решења и ценити природу и живи свет у жељи обнове истог. Читаоница не мора бити само пасивна, као што смо видели током историје она би требала бити покретач једног хуманог урбаног културног живота грађана.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.kcns.org.rs/agora/srpskacitaonica-gradska-biblioteka-u-novom-sadu/> (приступљено у августу 2025.)
- [2] Мелхиор Ердужели, „Историја Новог Сада“, Кис А. Пајевица, Општинство слоб. Кр. Варош Новог Сада, 1894.
- [3] <https://www.gbns.rs/o-nama/o-biblioteci> (приступљено у августу 2025.)
- [4] <https://ns.in.rs/dunavska/> (приступљено у августу 2025.)
- [5] Melike Peterson, “Public Libraries and Spaces of Micro Connection in the Intercultural City”, Central and Eastern European Migration Review, 12 April 2023.
- [6] H. Thomas Hickerson, Joan K. Lippincot, and Leonora Crema, “DESIGNING LIBRARIES FOR THE 21ST CENTURY”, Association of College and Research Libraries A division of the American Library Association Chicago, Illinois 2022.
- [7] Nolan Lushington, “Libraries Designed for Kids”, Neal-Schuman Publishers, Inc. 100 William St., Suite New York, 2004.
- [8] Ken Worpole, “Contemporary Library Architecture”, Routledge 711 Third Avenue, New York, NY, 2013.
- [9] Steffen Lehmann, “Nature in the Urban Context: Renaturalisation as an Important Dimension of Urban Resilience and Planning”, University of Nevada, Las Vegas, 1-18-2021.
- [10] Valentina Frighi, “Smart Architecture: A Sustainable Approach for Transparent Building Components Design”, Springer Nature, Ferrara, Italy, 2021.
- [11] Manuel Mazzara, Ilya Afanasyev, Smruti R. Sarangi, Salvatore Distefano, Vivek Kumar., “A Reference Architecture for Smart and Software-defined Buildings”, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Washington, United States, June 2019.

Кратка биографија:



Јелена Благојевић рођен је у Новом Саду 1992. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Савремене теорије и технологије у архитектури –Нова Зелена Читаоница у Новом Саду 2025.год.

Контакт: jeleblago@gmail.com



Пројекат „Кућа из снова“

Project „Dream House“

Матеја Вујадиновић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – *Тема рада је развој куће на мору која обједињује стамбени простор на спрату и радионицу грнчарских производа у приземљу. Стамбени дио обезбјеђује комфор, приватност и контакт са природним окружењем, док радионица дјелује као дјелимично отворен простор намјењен креативном раду и дружењу. Концепт је заснован на равнотежи приватног и јавног, корисници имају интиму у становању док радионица истовремено отвара кућу за локалну заједницу и посјетиоце. На тај начин, објекат превазилази оквир индивидуалног дома и постаје мјесто сусрета, стваралаштва и културне размјене.*

Кључне речи (три до пет): *Кућа на мору, викендица, Црна Гора*

Abstract – *The theme of the work is the development of a seaside house that combines living space on the first floor and a pottery workshop on the ground floor. The living area provides comfort, privacy and contact with the natural environment, while the workshop acts as a partially open space intended for creative work and socializing. The concept is based on a balance between private and public, with users enjoying the intimacy of living while the workshop simultaneously opens the house to the local community and visitors. In this way, the building transcends the framework of an individual home and becomes a place of encounter, creativity and cultural exchange.*

Keywords: (three to five): *Seaside house, cottage, Montenegro*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Јелена Атанацковић-Јеличић, ред. проф.

1. УВОД

Кућа на мору је углавном сан сваке особе која воли море, лето и благу климу. Истраживање обухвата различите аспекте, локацију, дрштво, културу, социјалне норме..., који су утицали на стварање ових кућа. Велики утицај је имала клима. Пројективана кућа на мору комбинација је радионице у приземљу и становања на спрату. Представља викендицу којој се пар радо враћа. Циљ овог пројекта је створити кућу која може имати садржаје приватног и јавног карактера

који могу кохерентно постојати неометајући један други.

2. МЕТОД ИСТРАЖИВАЊА

Метод истраживања у оквиру овог рада заснована је на систематичном приступу који обухвата више фаза:

- анализу локације
- историјски оквир
- проучавање климатских услова
- истраживање архитектонских особености простора
- интеграција добијених резултата у процес израде идејног рјешења „Куће из снова“.

3. АНАЛИЗА КОНТЕКСТА

3.1. Црна Гора – Котор - Прчањ

Прчањ је мали приморски град смјештен у Бокоторском заливу у Црној Гори. У документима которског архива помиње се почевши од 13. вијека и завичај је чувених бокешких ратника, али и вјештих помораца који су још у 17. вијеку одржавали први поштански саобраћај између Венеције и Цариграда. 1920. године донијет је званичан краљевски указ којим је Прчањ проглашен природним климатским лијечилиштем [1]. Данас је Прчањ туристичко мјесто и ризница културно-историјских споменика који задивљују посјетиоце. Архитектуру Прчања чини барокни стил који је лако уочљив на свим грађевинама. Посебно доминантна је жупна црква Рођења Блажене Дјевце Марије на падини брда Врмац – највећа у Бокоторској. Поред ње, у Прчању се налази и православна црква Св. Петра Цетињског, саграђена 1976. године. Поред цркава у Прчању се, уз саму Јадранску магистралу, налази и палата Тре сореле (итал. Тре сорелле), око које је настала и чувена легенда о три сестре које су своју љубав поклониле једном истом мушкарцу, херцеговском капетану. Легенда је заштићена као нематеријално културно наслеђе Црне Горе. На основу ове легенде драмски писац Стеван Копривица написао је драму „Tre sorelle“ која се изводи на позоришним сценама у региону [2].

4. СТУДИЈА СЛУЧАЈА

Истраживањем су приказани примјери кућа и викендица на мору и језеру.

Неопходно је уочити на који начин се организује простор у њима, шта је то што им је заједничко а шта их чини различитима.

Критеријуми на основу којих су одабрани примјери у студији случаја су:

- Локација
- Оријентација објекта и распоред просторија
- Освјетљење
- Материјализација и примјењени стил

4.1 Критеријуми одабира примјера

Критеријуми на основу којих су одабрани примјери у студији случаја су:

- Локација
- Оријентација објекта и распоред просторија
- Освјетљење
- Материјализација и примјењени стил

4.1.1 Лунд Хагемова кућа за одмор

Ова острвска кућа за одмор, коју је дизајнирао норвешки студио Лунд Хагем, смјештена је испод широке бетонске надстрешнице, која премошћује околне стјене како би уоквирила поглед на обалу са стране. Због разлика у нивоу тла, резиденција је подјелена на два крила. Главно крило се налази ближе обали и садржи дневну собу и кухињу отвореног типа, као и главну спаваћу собу. У другом блоку се налазе дјечије спаваће собе, гостински апартман и радна соба [3].

4.1.2 Кућа на острву Гамбије – Студио МГБ

Пројекат представља викенд кућу за пар и њихово двоје дјеце и налази се на острву Гамбијер у заливу Хоу Саунд у близини Ванкувера. Кућа је смјештена на ивици литице на сјевероисточној обали острва, међу околним дрвећем и конзолама изнад стијена како би максимално искористила спектакуларан поглед на море. Два наслагана волумена зграде обложена су дрветом, цементном плочом и стаклом, што је одабрано због лакоће монтаже и испуњавања еколошких прописа који се односе на изградњу на обали. Клизна врата која су интегрисана у застакљени зид, отварају се на терасу на крову доњег нивоа, која је окружена застакљеним балустрадама како би се обезбједио несемтан поглед [4].

4.1.3 „Кућа на обали мора“ Шинчи Огава

Кућа представља бијелу фасаду без прозора према улици која пролази поред ње, гдје се налази улаз у имање. Супротна фасада је доста пропустљивија, са великим отворима и застакљењем од пода до плафона, што пружа панорамски поглед на сјеверни Тихи океан. Двоспратна кућа служи као породично викенд уточиште.

У кућу се улази кроз затворено двориште, које садржи простор за паркирање аутомобила. Доњи ниво садржи спаваће собе са гостинском собом и главном спаваћом собом које се отварају на терасу која се протеже цијелом дужином имања. Ентеријер отвореног плана

укључује кухињу, трпезарију и дневни боравак, који излазе на спољну терасу [5].

4.2 Анализа сличности и разлика у наведеним архитектонским пројектима

Табела 1. Сличности и разлике у анализираним архитектонским примјерима [7].

Категорија	Сличности	Разлике
Однос према окружењу	Објекти су оријентисани ка мору/језеру ради максималног искориштавања погледа и природног окружења.	Сјеверни пројекти (Норвешка, Канада, Шведска) усмјерени су на заштиту од хладноће и влаге, док медитерански и латиноамерички (Менорка, Мексико) теже отворености и провјетравању.
Визуелна и физичка повезаност ентеријера и екстеријера	Велике застакљене површине, клизни отвори, директна повезаност унутрашњег и спољашњег простора.	У хладнијим климатима застакљене површине су ограниченије ради енергетске ефикасности, док у топлијим поднебљима доминирају отворене фасаде и лагане структуре.
Освјетљење	Комбинација природног и дифузног свјетла ради пријатног амбијента.	У сјеверним поднебљима користи се више дифузног свјетла, док у јужним регионима доминира директна контрола сунчеве свјетлости кроз сенчаре и перфорације.
Функционална организација	Равнотежа приватних (спаваће собе, атељеи) и јавних зона (дневни боравци, терасе).	Нека рјешења имају јасно раздвојене блокове и нивое (Канада), док друга теже флуидним, повезаним просторима (Јапан, Канагава).
Категорија	Сличности	Разлике

Материјализација	Природни материјали: дрво, камен, бетон и стакло – усклађени са пејзажем.	Сјевер: армирани бетон, влакнасто-цементне плоче (отпорност на влагу). Југ: лагани материјали (палмино лишће, перфорирана керамика).
Стилски израз	Интеграција са природом, прилагођавање топографији и колориту.	Минималистички геометријски облици (Менорка, Мексико) насупротив традиционалнијим, топлијим дрвеним фасадама (Норвешка).

4.2.1 Закључак анализе

Иако су пројекти настали у различитим културним и климатским контекстима, заједничка им је идеја интеграције архитектуре у природно окружење и трагање за равнотежом између функционалности, естетике и комфора. Разлике се прије свега огледају у начину на који је одређена архитектонска форма одговорила на климатске изазове и културна очекивања, чиме се сваки примјер издваја као јединствен, али истовремено дио ширег архитектонског приступа кућама на мору и језеру.

5. АНАЛИТИЧКИ ОСВРТ НА ПРОЈЕКАТ „КУЋА ИЗ СНОВА”

5.1 Концепт пројекта

Новопроектовани објекат се налази у Прчњу, у општини Котор, непосредно у близини Јадранске магистрале. Концепт се заснива на идеји повезивања приватног и јавног – викенд куће и атељеа за прављење грнчарије и одржавање радионица гдје се праве грнчарски производи. Циљ је створити простор који уједно позива људе у њега али истовремено даје и осјећај приватности. То је и постигнуто великим стакленим панелима на приземљу и првом спрату у комбинацији са брисолејима и каменим зидом у приземљу. У приземљу се налази атеље који је у потпуности у стаклу што даје осјећај отворености. На југо-западној страни се налази простор за рад док се на сјеверо-источној страни налази простор за складиштење и печење. На спрату се спаваћа зона налази на сјеверо-источној страни док се простор за дружење и обједовање налази на југо-западној. У материјализацији је употребљена комбинација камена и свијетлих тонова.

5.2 Програмска структура „Куће из снова”

Програмска организација (Слика 1.) објекта заснива се на јасној функционалној подјели простора на приземље и спрат, при чему свака етажа има специфичну намјену у складу са потребама корисника и концептом „Куће из снова“.



Слика 1. Шематски приказ програмске структуре приземља и спрата [8]

Приземље је конципирано као радни и сервисни простор, подијељен у два основна дијела. Први дио чини радни простор намијењен изради грнчарских производа, њиховом обликовању и излагању. Други дио обухвата пратеће просторије које служе за складиштење материјала, процес печења глине, као и санитарну зону неопходну за функционисање овог сегмента објекта. Посебну цјелину представља улазна зона која, поред своје примарне функције, остварује вертикалну комуникацију и води према спрату. Спрат је превасходно стамбени и подијељен је у три програмска дијела. Први дио чини дневна зона са дневним бораваком, кухињом и трпезаријом. Други дио представља приватну зону намијењену одмору и спавању, која садржи спаваће собе и пратеће просторије. Трећи дио обухвата пространу терасу која, захваљујући систему стаклених панела, може бити функционално повезана са дневном собом и трпезаријом, чиме се добија јединствен и флексибилан простор за боравак и дружење.

5.3 Материјализација и освјетљење

У оквиру рада нагласак је стављен на материјализацију спољашње фасаде (Слика 2.) и њено складно уклапање у непосредно окружење. Највећи дио фасадних површина ријешен је у свијетлом камену и бијелом кречу, чиме се постиже чистоћа израза и визуелна једноставност. На нивоу приземља, ради разбијања монотоније у палети боја, примјењен је тамни камен, који својом текстуром и тоналитетом уноси додатну динамику у композицију. Истуреност спрата наглашена је повлачењем приземља, које је третирано дрвеним панелима. Захваљујући разлици у материјализацији између два нивоа, постиже се јачи осјећај дубине и просторне пластичности. На спрату је примјењена стаклена ограда како би се умањила визуелна баријера и створио утисак непрекидности простора, гдје се граница између ентеријера и екстеријера готово губи. Ентеријер је прилично једноставан, у бијелим тоновима којима дозвољава мобилијару да да акценат у простору. Освјетљење објекта обезбјеђено је током читавог дана захваљујући великим стакленим површинама, оријентацији и положају у односу на сунце. На тај начин остварен је висок степен природне инсолације, што доприноси квалитету боравака у просторијама. Дрвени брисолеји додатно регулишу продор сунчевих зрака, обезбјеђују

заштиту од прегрјевања и истовремено повећавају степен приватности стамбеног простора.



Слика 2. Приказ материјализације објекта [9]

5.4 Партерно уређење – примјене врсте

Дворишни простор (Слика 4.) уређен је коришћењем аутохтоних биљних врста, које својом разноврсношћу и карактеристикама доприносе амбијенталној вриједности објекта. Посађене су магнолија, олеандер, мандарина и рузмарин (Слика 3.). Избор ових врста није случајан – њихова декоративност, мирис и сезонска разноврсност уносе живост у простор и обезбјеђују континуирани визуелни и естетски ефекат током цијеле године. Овакво рјешење истовремено повезује објекат са природним окружењем и наглашава концепт одрживог уређења отворених површина, гдје зеленило има и естетску и еколошку функцију [6].



Слика 3. Магнолија, мандарина, рузмарин и олеандер [10]



Слика 4. Приказ партерног уређења [11]

6. ЗАКЉУЧАК

Пројекат „Кућа из снова“ представља резултат истраживања и креативног процеса усмјереног ка стварању савремене приморске куће која уравнива функционалност, естетику и склад са окружењем. Полазиште рада било је уважавање климатских услова, природног амбијента и културно-историјског контекста простора. Примјеном природних материјала као што су камен, дрво и стакло, постигнута је визуелна хармонија и интеграција са пејзажом.

Просторна организација, оријентација и велике застакљене површине омогућавају оптимално природно освјетљење и комфор, док је двориште са домаћим биљним врстама додатно допринијело амбијенталним вриједностима. Коначно, „Кућа из снова“ није само архитектонски објекат, већ концепт који обједињује потребу за приватношћу и отвореношћу, заштитом и уживањем у природним потенцијалима. Овим радом наглашена је важност холистичког приступа архитектури, гдје се кроз синергију локације, материјализације, освјетљења и пејзажа ствара простор који истовремено задовољава функционалне захтјеве и подстиче емоционалну везу корисника са окружењем.

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] “Usnuli bokeljski grad: Sve što niste znali o Prčanju,” Cafe del Montenegro (CdM), 18 Sept. 2017. [Online]. Available: <https://www.cdm.me/drustvo/usnuli-bokeljski-grad-sve-sto-niste-znali-o-prcnju/> [Accessed: 23-Oct-2025]

[2] “Usnuli bokeljski grad: Sve što niste znali o Prčanju,” Cafe del Montenegro (CdM), 18 Sept. 2017. [Online]. Available: <https://www.cdm.me/drustvo/usnuli-bokeljski-grad-sve-sto-niste-znali-o-prcnju/> [Accessed: 23-Oct-2025]

[3] “Concrete canopy shelters Lund Hagem’s holiday home,” Dezeen, Feb. 11, 2016. [Online]. Available: <https://www.dezeen.com/2016/02/11/lund-hagem-norwegian-island-holiday-home-concrete-canopy/>. [Accessed: Oct. 23, 2025].

[4] “Gambier Island house by OMB cantilevers over a rocky cliff face,” Dezeen, Jun. 4, 2014. [Online]. Available: <https://www.dezeen.com/2014/06/04/gambier-island-house-by-omb-cantilevers-over-a-rocky-cliff-face/>. [Accessed: Oct. 23, 2025].

[5] “Seaside house in Kanagawa by Shinichi Ogawa Associates – cantilever swimming-pool Japan,” Dezeen, Aug. 12, 2017. [Online]. Available: <https://www.dezeen.com/2017/08/12/seaside-house-in-kanagawa-shinichi-ogawa-associates-architecture-cantilever-swimming-pool-japan/>. [Accessed: Oct. 23, 2025].

[6] “Atraktivni višegodišnji grmovi,” Vrtni centri KALIA, [Online]. Available: <https://www.kalia.co.me/index.php/savjeti/16-asortiman/49-atraktivni-visegodisnji-grmovi>. [Accessed: Oct. 23, 2025].

[7], [8] i [9] Ауторске илустрације

[10] “Atraktivni višegodišnji grmovi,” Vrtni centri KALIA, [Online]. Available: <https://www.kalia.co.me/index.php/savjeti/16-asortiman/49-atraktivni-visegodisnji-grmovi>. [Accessed: Oct. 23, 2025].

[11] Ауторска илустрација

Кратка биографија:

Матеја Вујадиновић рођена је 08.06.2000. године у Котору, Црна Гора. Мастер рад на Факултету техничких наука, из области Архитектуре, на тему „Пројекат Кућа из снова“ одбранила је 2025. године.

Контакт: matejavujadinovic@gmail.com

Идејно решење лобија стамбене зграде у Новом Саду***Conceptual Design of a Lobby in a Residential Building in Novi Sad***

Милица Катић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – Рад је усмерен на пројектовање лобија стамбене зграде на постојећој локацији у Новом Саду, његово истраживање и развој као и допринос на значају истог током времена. Фокус током пројектовања се ставља на повећање квалитета живот станара, на стварање простора који ће бити пријатан, комфоран, простран, који ће људе заинтересовати да проведу време у њему, а не да буде само улазни хол који пружа основну функцију и ништа даље од тога, а то је комуникација између спољашњег и унутрашњег простора.

Кључне речи: архитектонско пројектовање, ентеријер, лоби, стамбени простор

Abstract – *The paper focuses on the design of a residential building lobby located on an existing site in Novi Sad, its research and development, as well as its contribution to the significance of such spaces over time. The design process emphasizes improving the residents' quality of life by creating a space that is pleasant, comfortable, and spacious—one that encourages people to spend time in it, rather than serving merely as an entrance hall with the basic function of connecting the exterior and interior spaces.*

Keywords: architecture design, interior, lobby, residential building

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била проф. др Јелена Атанацковић Јеличић.

1. УВОД

Циљ овог рада је истражити велике лобије познатих архитеката, чији принципи највише одговарају идеји новопроектваног лобија. Анализирати предности и мане и пројектовати лоби који ће представљати најбоље решење а који ће се моћи замислити да постоји у Новом Саду, да његово решење не одскаче превише, као да није са наших простора, а да опет допринесе на целокупном бољем утиску.

Истраживањем лобија кроз историју закључила сам да се у савременој архитектури и дизајну све све више значаја даје на пројектовање заједничког простора. Схвата се колико има велики потенцијал да допринесе укупном утиску о стамбеној згради и постане место које не служи само као улаз већ и да буде центар окупљања станара, где ће моћи да проводе своје слободно време, што значајно доприноси на повећању

квалитета живота људи који живе у тој згради. Циљ лобија није да буде схваћен као обичан улаз, већ као простор који је пријатан, функционалан, простран и доприноси укупном утиску током боравка у њему. У савременом граду, где је ритам живота ужурбан, лоби представља ретко место предаха између јавног и приватног простора. Иако се често своди на пуки пролаз између улице и стана, он има потенцијал да постане простор сусрета, кратког одмора и ближе комуникације међу станарима, чиме доприноси топлијој атмосфери унутар зграде.

Квалитетно осмишљен лоби повећава осећај сигурности, припадности и репрезентативности. Расвета, материјали, пропорције и акустика могу целокупном објекту дати осећај смирености и достојанства. Међутим, у већини новосадских зграда лоби је сведен на минимум, портирницу, поштанске сандучиће и пролаз ка лифту, без идентитета и могућности задржавања. Европски примери показују да лоби може постати „дневна соба“ зграде – осветљен, зелен и пријатан простор у којем се станари радо задржавају. Такав приступ инспирисао је и овај рад, са идејом да се лоби схвати као огледало архитектонске културе и почетак, а не само улаз у архитектуру.

2. РАЗВОЈ ЛОБИЈА КРОЗ ИСТОРИЈУ

Лоби као простор прелаза између спољашњег и унутрашњег света кроз историју је мењао своју улогу од репрезентативног улазног простора до функционалног међупростора. У раним периодима архитектуре, посебно у палатама и вилама, лоби је имао церемонијални карактер и служио као симбол друштвеног статуса домаћина. Током ренесансе и барока улазне дворане постају раскошне и монументалне, са богатом декорацијом и скулптурама.

Индустријска револуција доноси нови значај лобија у вишеспратницама и хотелима, где постаје место сусрета и дружења. Архитекте попут Frank Lloyd Wright-а и Mies van der Rohe-а у међуратном периоду уводе минимализам и транспарентност — лоби постаје функционалан и прозиран простор од стакла, метала и камена.

У 21. веку поново расте интересовање за унапређење заједничких улаза и њихову трансформацију у пријатне, идентитетске просторе који подстичу осећај припадности. Савремени дизајн лобија све више

наглашава искуство корисника. У новијим примерима, посебно у Јапану и Италији, пажња се посвећује материјалима, светлу, звуку и атмосфери. Природни елементи попут дрвета, камена и зеленила уносе топлину и мир, док се простор све чешће обликује као мултифункционалан — место за седење, рад или кратки одмор. Уместо портирнице јављају се „lounge“ зоне и галеријски простори.

Лоби данас има и психолошку и друштвену вредност он је први утисак о згради и полујавни простор који гради осећај заједништва међу станарима. Светао, топао и добро организован лоби ствара осећај пријатности и сигурности, док хладан и тесан простор делује одбојно и безидентитетно.

3. СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА

3.1. Frank Lloyd Wright

Frank Lloyd Wright био је један од најпознатијих америчких архитеката, препознат по настојању да архитектуру доведе у хармонију с природом. Сматрао је да сваки део зграде има и естетску и функционалну улогу. Посебну пажњу посвећивао је лобијима, које није видео само као пролазне зоне, већ као саставни део архитектонске целине који доприноси укупном утиску о објекту. Његови лобији одликују се пространошћу, обиљем природне светлости, јединственим детаљима и пажљиво одабраним природним материјалима, попут камена и дрвета.

3.2. Imperial Hotel, Tokyo – Frank Lloyd Wright

Једно од најпознатијих Wrightovih предворја налазило се у хотелу *Imperial* у Токију [1,2]. Оригинална зграда, изграђена у стилу мајанске обнове, срушена је 1923. године, али су улаз и предворје сачувани и премештени у музеј *Meiji-Mura* у Инујами, Јапан. Простор је био масиван, декоративан и конструктивно иновативан. Употребљен је природни Оја камен и декоративна цигла, док су карактеристични шупљи стубови били формиран од четири спојена бетонска елемента у облику крста. Расвета и вентилација интегрисане су у декоративне делове који су повезивали стубове, што је доприносило јединственом визуелном и техничком решењу простора.



Слика 1. Imperial hotel [7]

3.3. Price Tower, Бартсвил, Оклахома – Frank Lloyd Wright

Price Tower [3] је једини небодер који је Рајт изградио, завршен 1956. године у граду Бартсвилу, Оклахома. Зграда има 19 спратова и троугаони тлоцрт, а конципирана је као „дрво живота“ са бетонским језгром које симболише дебло. Првобитно је садржала канцеларије, апартмане и уметничке просторе, док је данас адаптирана у музеј и -хотел.

Рајт је лоби посматрао као увод у целокупну идеју зграде. Простор је био пажљиво дизајниран — доминирају материјали попут бакра, дрвета и бетона који стварају топлу и софистицирану атмосферу. Намештај и расвета били су посебно пројектовани за овај простор, чиме је постигнута потпуна архитектонска и естетска целовитост. Данас је *Price Tower* обновљен и претворен у културни и изложбени центар, отворен за јавност.



Слика 2. Price Tower [8]

3.4. Mies van der Rohe

Mies је имао јасно препознатљив приступ архитектури, потпуно другачији од органског концепта Френка Лојда Рајта. Његов стил заснивао се на чистим формама, минимализму и чувеном принципу „less is more“. Зато су његови лобији једноставни, прозачни, испуњени стаклом и светлошћу, без сувишне декорације и са снажним осећајем простора.

3.5. Crown Hall, Чикаго, Илиноис – Mies van der Rohe



Слика 3. Crown Hall [9]

Crown Hall [4] на кампусу ИТ у Чикагу представља Miesovu визију савршеног универзалног простора

једноставног, функционалног и флексибилног, где форма прати функцију. Главни улаз, смештен на јужној страни, изведен је од травертина и уоквирен челичном конструкцијом конзолно избаченом из фасаде. Степенице, без вертикалних чела између газижта, делују као да плутају, што је мотив који је Миес применио и у *Farnsworth House*. Двострука врата од нерђајућег челика воде у простран, отворен хол без преградних зидова, који делује као део главне дворане ослобођене од стубова. Подови од тамног дрвета и травертина, као и неутрална палета боја (бела, сива, црна), наглашавају једноставност и мир који произилазе из јасноће простора и обиља природног светла.

3.6. Seagram Building, Њујорк – Mies van der Rohe

Лоби *Seagram* зграде [5,6] у Њујорку представља савршену синтезу минимализма и луксуза. Уместо монументалног улазног хола, Миес је створио флуидан простор у којем се спољашњост природно наставља у унутрашњост — исти материјали, попут травертина, примењени су и на платоу и унутар објекта, чиме се постиже континуитет.

Лоби је подељен на три целине: западни део окренут ка платоу, централни са лифтовима и степеништем, и источни који води ка ресторану. Простор одликује вицина од око седам метара, плафон од тамног цемента и сивог стакленог мозаика, док су зидови и стубови обложени травертином. Фасада је у потпуности застакљена са бронзаним вертикалним и хоризонталним елементима. Иако је простор формално једноставан, сваки детаљ и материјал су врхунског квалитета - Миес је доказао да луксуз може проистацати из чистоте форме, а не из декорације.



Slika 4. Seagram building [10]

4. ЗАКЉУЧАК СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА

Оно што је заједничко за оба архитекта јесте употреба врхунских материјала којима постижу осећај луксуза и вредности без потребе за претераном декорацијом. Рајт користи природне материјале попут камена, дрвета и керамике, док Миес преферира травертин, бронзу и стакло. Оба архитекта стављају нагласак на природно осветљење и просторност. Док Wright често ствара драматичне унутрашње просторе са наглашеним висинама, Миес користи велике застакљене површине и светлеће плафоне како би повезао унутрашњост са спољашњим простором. За обоје је карактеристично да архитектуру посматрају

као целину лоби није издвојени простор, већ интегрални део архитектонског концепта.

Главна разлика између њих огледа се у начину обликовања простора. Wright гради улаз кроз низ предворја и ходника који су обogaћени стубовима и детаљима, при чему лоби добија интимнији карактер и ближу везу са корисницима, него са спољашњим окружењем. Насупрот томе, Mies тежи апсолутно отвореним и флексибилним просторима холови код њега постају велике сале без преграда и зидова, директно повезане са лифтовима или ресторанима, док се код Рајта могу уочити различите функционалне зоне.

У погледу детаља, Mies тежи крајњем минимализму декорација готово да не постоји, јер форма и материјал сами по себи чине естетску вредност простора. Wright, с друге стране, често користи орнаменте инспирисане природним формама или геометријом, које суптилно интегрише у ентеријер, стварајући топлију и поетичнију атмосферу.

5. АНАЛИЗА ПРОЈЕКТА ЕНТЕРИЈЕРА ЛОБИЈА



Кроз анализу пројеката Frank Lloyd Wright и Mies van der Rohe-а настојала сам да разумем логику њиховог архитектонског пројектовања и препознам елементе које бих применила у сопственом раду. Мој пројекат представља спој њихових приступа Wright-овој органског и природног, и Miesovog минималистичког и рационалног.

Стамбена зграда смештена је у Новом Саду, у улици Иве Андрића на Булевару Европе. Поред стамбеног дела, објекат садржи и пратеће садржаје — кафић, ресторан и канцеларије — који га чине живљим и отворенијим ка окружењу. Простор је организован једноставно и јасно, са доминантном галеријом која дели целину на два нивоа и ствара осећај стабилности и пространости. Лоби има два улаза, па су постављене и две рецепције. Простор карактеришу велика висина и високи прозори, док неутрална подна облога повезује унутрашњост са екстеријером, бришући јасан прелаз између ентеријера и спољног платоа. Оваква организација прати Миесов принцип

отворености, без видљивих препрека — стаклене ограде галерије појачавају утисак прозрачности и слободног тока светлости.

У избору материјала и детаља доминира утицај Wrighta. Дрво, топли тонови и зеленило стварају пријатну атмосферу и ублажавају строгу геометрију простора. Пратећи Wrightови идеју да архитектура треба да буде у складу са природом, у ентеријер сам унела велики број биљака у нишама степеништа и поред зона за седење како би природа постала активан учесник у простору. Зидне облоге од дрвета, керамика са мермерним шарама и неутрална палета тонова дају мекоћу и топлину, задржавајући елегантност. Природно осветљење има кључну улогу дупла висина и застакљени зидови омогућавају продор светлости дубоко у ентеријер. У вечерњим часовима атмосферу гради комбинација viseћих лампи, лед расвете и декоративних кугли које осветљавају биљке, чинећи простор динамичним, али увек пријатним. Степенише је важан просторни акценат обложено дрветом, са стакленом оградом и златним рукохватима, уз дискретну лед расвету која ствара утисак „лебдећих“ степеница по узору на **Crown Hall**, али у модернијој интерпретацији. Композиција лобија има изражену геометријску логику, али не делује хладно. Ипак, одређени елементи би се могли побољшати — наглашени минимализам и висина простора понекад могу створити утисак формалности, док доминација неутралних тонова захтева више контраста. Лоби би могао имати нешто више зона за седење и неформалне активности како би се појачао осећај припадности. Упркос томе, простор има јасну архитектонску структуру и складну композицију без сувишне декорације.

Овај пројекат представља интерпретацију принципа Wrighta и Miesa— кроз једноставне форме, природне материјале и контролисано светло, лоби постаје више од пролазног простора и доприноси квалитету целокупног становања.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] „Frank Lloyd Wright – ulazni hol“, *Google pretraga*. [Online]. Dostupno: <https://www.google.com/search?q=franka+lloyda+wrighta+entrance+lobby>. [Pristupljeno: 24-Okt-2025].
- [2] „Rekonstrukcija lobija Imperial hotela“, *Fondacija Frank Lloyd Wright*. [Online]. Dostupno:

<https://franklloydwright.org/site/imperial-hotel-lobby-reconstruction/>. [Pristupljeno: 24-Okt-2025].

- [3] „Price Tower – ulazni hol Frank Lloyd Wright“, *Google pretraga*. [Online]. Dostupno: <https://www.google.com/search?q=price+tower+entrance+lobby+frank+lloyd+wright>. [Pristupljeno: 24-Okt-2025].
- [4] „S. R. Crown Hall“, *Wikipedia*. [Online]. Dostupno: https://en.wikipedia.org/wiki/S._R._Crown_Hall. [Pristupljeno: 25-Okt-2025].
- [5] „Seagram Building – ulazni hol Mies van der Rohe“, *Google pretraga*. [Online]. Dostupno: <https://www.google.com/search?q=seagram+building+mies+van+der+rohe+entrance+lobby>. [Pristupljeno: 25-Okt-2025].
- [6] „Seagram Building – hol“, *Wikipedia*. [Online]. Dostupno: https://en.wikipedia.org/wiki/Seagram_Building#Lobby. [Pristupljeno: 26-Okt-2025].

7. ИЗВОРИ ИЛУСТРАЦИЈА

- [1] <https://br.pinterest.com/pin/299419075207739340/>
- [2] <https://www.tulsakids.com/bartlesvilles-price-tower-arts-center/>
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/S._R._Crown_Hall
- [4] <https://pin.it/5Y01cWM2s>

8. ГРАФИЧКИ ПРИЛОЗИ



Кратка биографија:



Милица Катих рођена је 30.06.2001. године у Новом Саду. Дипломски рад је одбранила на Факултету техничких наука 2024. године из области Архитектуре.

контакт: milicakatic164@gmail.com

Идејно решење стамбеног објекта са применом пасивних мера *Conceptual Design of a Residential Building Incorporating Passive Design Strategies*

Санда Ћатиповић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – Рад се бави истраживањем постојећих приступа примени пасивних мера у архитектури, уз анализу релевантне литературе, важећих стандарда и студија случаја које разматрају енергетски ефикасно пројектовање вишеспратних стамбених и пословних објеката. На основу спроведеног истраживања развијено је идејно решење пословно-стамбене зграде у Новом Саду које интегрише одабране пасивне мере са циљем смањења потрошње енергије, побољшања комфора корисника и унапређења укупне одрживости објекта. Посебна нажња посвећена је анализи просторне организације пословног и стамбеног дела зграде у контексту примене пасивних стратегија, са нагласком на осветљеност, природно проветравање и термалне перформансе стамбених јединица..

Кључне речи: пасивне мере, пројектовање, енергетска ефикасност

Abstract – *The thesis focuses on exploring existing approaches to the application of passive design strategies in architecture, through the analysis of relevant literature, current standards, and case studies that examine energy-efficient design of multi-storey residential and commercial buildings. Based on the conducted research, a conceptual design for a mixed-use residential and commercial building in Novi Sad has been developed, integrating selected passive measures with the aim of reducing energy consumption, improving user comfort, and enhancing the overall sustainability of the building. The aim of the thesis is to demonstrate the opportunities for improving the energy performance of buildings through the implementation of passive strategies already in the early design phase.*

Keywords: *passive strategies, design, energy efficiency*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Дејан Ецет, ванр. проф.

1. УВОД

Предмет истраживања и пројектовања јесте савремена стамбено-пословна зграда која се заснива на принципима одрживе и енергетски ефикасне архитектуре. Тема рада је примена пасивних мера у савременој архитектури са посебним освртом на њихову имплементацију у пројектовању вишеспратног објекта. Пасивне мере представљају основне принципе

биоклиматског пројектовања којима се обезбеђује енергетска ефикасност и пријатна микроклима у простору без примене сложених техничких система. Циљ овог рада је да се прикаже на који начин се архитектонска форма, просторна организација и избор материјала могу ускладити са принципима пасивне архитектуре. Посебан акценат стављен је на интеграцију природних елемената у структуру објекта – кроз зелене терасе, вегетацију на фасади и ефикасну употребу дневне светлости.

2. ПОЈАМ ПРИМЕНЕ ПАСИВНИХ МЕРА

Пасивне мере у архитектури представљају скуп принципа, поступака и решења којима се постиже енергетска ефикасност и комфор унутар простора без употребе активних, механичких или техничких система. Основна идеја пасивних мера је да се природни ресурси — као што су сунчева светлост, ваздух, температура и влага — искористе на најрационалнији начин, у складу са климатским условима, оријентацијом објекта и карактером локације. Појам „пасивно“ у овом контексту не означава одсуство деловања, већ архитектонски приступ који омогућава објекту да активно реагује на спољне услове уз минимално утрошену енергију. Пасивне мере се реализују кроз архитектонско обликовање, просторну организацију, избор материјала и контролу природне светлости, проветравања и топлоте. Њихова примена почиње још у фази идејног решења, када се анализом климатских и просторних фактора дефинише начин на који ће зграда функционисати у свом окружењу.

3. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ

Концепт пасивних мера у архитектури није нов, већ своје корене има у најранијим облицима градитељства. Још у традиционалној архитектури, много пре појаве модерних техничких система, човек је прилагођавао простор и материјале природним условима средине, настојећи да обезбеди удобност и заштиту од екстремних климатских утицаја. У античким цивилизацијама, као што су египатска, грчка и римска, постоји јасна примена пасивних принципа: дебели зидови и уски отвори служили су за очување хладовине у пустињским условима, док су атријуми и перистили омогућавали природну вентилацију и осветљење простора. Током средњег века и ренесансе, пасивни принципи су и даље били присутни, али више као део традиције него као

предмет свесне анализе. Куће и јавне зграде градиле су се у складу са локалним климатом: у северним крајевима доминирали су компактни волумени са малим отворима ради задржавања топлоте, док су у јужним поднебљима коришћени тремови, лође и дебели камени зидови ради заштите од сунца. Прави преокрет настаје у 20. веку, развојем модерне архитектуре и појавом нових материјала и технологија. Са повећањем доступности електричне енергије, климатизације и вештачког осветљења, архитектура је постепено изгубила везу са природним условима. Зграде су све више зависиле од активних система, а пасивне мере су потиснуте у други план. Међутим, већ од седамдесетих година 20. века, под утицајем енергетске кризе и растуће еколошке свести, поново се јавља интересовање за рационално коришћење енергије у архитектури. У овом периоду развијају се концепти као што су соларна архитектура, биоклиматско пројектовање и пасивне куће, који комбинују традиционалне принципе са савременим технолошким решењима.

4. КРИТЕРИЈУМИ ПАСИВНИХ МЕРА У АРХИТЕКТУРИ

Критеријуми у примени пасивне архитектуре представљају основни оквир за пројектовање, анализу и оцену енергетске ефикасности зграда које користе природне ресурсе и услове окружења како би се смањила потреба за активним системима грејања, хлађења и осветљења. Ови критеријуми омогућавају архитекти и инжењеру да систематски процене како одређене мере — као што су оријентација објекта, употреба природне светлости, вентилација, изолација фасада и кровова, термичка маса, као и примена брисолеја и других система за контролу сунчевог зрачења — утичу на укупну енергетску ефикасност и комфора станара.

Енергетска ефикасност представља основни и најзначајнији критеријум у примени пасивне архитектуре, јер управо она одређује степен одрживости, функционалности и укупних енергетских перформанси објекта. Циљ пасивног пројектовања није само да се смањи потрошња енергије већ и да се створи саморегулишући систем који користи природне ресурсе — сунце, ветар, влажност и температуру земљишта — како би се одржала стабилна унутрашња микроклима током целе године. Овај приступ се темељи на принципу да зграда сама постане „активни организам“ који размењује енергију са својом околином без прекомерног ослањања на механичке системе.

Природна вентилација представља један од најзначајнијих елемената пасивне архитектуре, јер омогућава унутрашњем простору да „дише“ без потребе за механичким системима, користећи природне силе као што су ветар и разлике у температури ваздуха. Овај процес обезбеђује свеж ваздух, уклања вишак топлоте и влаге и тиме ствара здравију и пријатнију микроклиму унутар објекта. У контексту одрживе градње, природна вентилација није само еколошки избор већ и економски ефикасан систем који директно смањује потрошњу енергије,

повећава комфор корисника и продужава век трајања зграде.

Топлотна маса представља један од најважнијих концепата у оквиру пасивне архитектуре, јер има пресудан утицај на термалну стабилност објекта и енергетску ефикасност. Она се односи на способност грађевинских материјала да апсорбују, складиште и постепено ослобађају топлоту. У контексту пасивног дизајна, топлотна маса делује као природни регулатор температуре, ублажавајући дневне температурне осцилације и тиме смањујући потребу за механичким системима грејања и хлађења. Основни принцип функционисања топлотне масе заснива се на физичком својству материјала — њиховом топлотном капацитету. Материјали попут бетона, опеке, камена и набијене земље имају висок топлотни капацитет, што значи да могу примити велику количину енергије без наглог повећања температуре.

Изолација и избор материјала представљају један од најфундаменталнијих принципа пасивне архитектуре, јер директно утичу на енергетску ефикасност, топлотни комфор и дуготрајност објекта. Док пасивни дизајн настоји да искористи природне изворе енергије попут сунчевог зрачења, ветра и топлотне масе, квалитетна изолација делује као баријера која спречава непожељне губитке или добитке топлоте. На тај начин се минимализује потреба за активним системима грејања и хлађења, чиме се постиже енергетска стабилност током целе године.

5. ПАСИВНЕ МЕРЕ У САВРЕМЕНОЈ АРХИТЕКТУРИ

Савремена архитектура све више интегрише пасивне мере као саставни део пројектовања зграда — не као надоградњу, већ као основни концепт. Пасивне мере подразумевају да се кроз архитектонску форму, оријентацију, избор материјала, термичку изолацију, прозоре, проветравање и заштиту од сунца већ у фази пројекта обезбеди висок ниво енергетске ефикасности и комфора. Оне доприносе смањењу потрошње енергије, повећању унутрашњег комфора, побољшању квалитета ваздуха и дугорочној одрживости објекта.



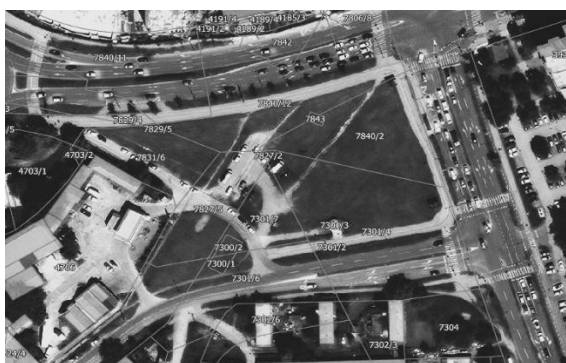
Слика 1. Пројекат 'Farmstapler' архитекте Карло Рати, Шенџен, Кина [5]

Карло Рати је италијански архитекта, инжењер и академик, познат као професор на MIT Senseable City Lab и оснивач архитектонске праксе CRA-Carlo Ratti Associati. Његов рад истражује како архитектура и урбана средина могу бити енергетски ефикасније и више интегрисане с природом, наглашавајући значај

пасивних мера које омогућавају смањење потрошње енергије уз минималну зависност од механичких система. Идеја је била да се међу комерцијалним, канцеларијским и јавним функцијама интегрише велика вертикална фарма – фасада зграде је дизајнирана тако да преко 10.000 м² буде резервисано за узгој биљака, кроз хидропонске или аеропонске системе. У основи, оваква зграда не само да комбинује функције рада, куповине и боравка (канцеларије, супермаркет, фуд-корт) већ и омогућава да се храна узгаја, продаје и конзумира унутар исте вертикалне структуре. Из угла пасивних мера: зелена фасада (биљке на спољашњости зграде) представља природну заштиту од сунца, смањује топлотни добитак унутра и тако смањује потребу за активним системима хлађења. Такође, терасе са разноврсном флором и двовисински унутрашњи вртови стварају атмосферу интеграције природе у радни и социјални простор, што обогаћује искуство корисника и унапређује микро-климу.

6. ОПИС ПРОЈЕКТА

Локација парцела у Новом Саду представља привлачну тачку за пројекат стамбеног објекта, како са аспекта урбаног развоја тако и са погледа на погодности и инфраструктуре. Парцела је смештена у урбаном ткиву града — довољно близу централних зона да омогући лак приступ кључним садржајима града, као што су услуге, културне и јавне установе. Присуство урбаних блокова, саобраћајница и јавних зелених површина утиче на микроклиму места, као и на могућности примене пасивних мера као што су природна вентилација и оптимизација сунчевог добитка. Природне предности и визуелни потенцијал локације може пружати панорамске погледе — на град, реку, брда и будуће околне пројекте. Оријентација објекта у односу на сунце има кључну улогу у квалитету становања, јер од ње зависи колико ће стамбене јединице имати природног осветљења током дана. Потребно је обезбедити да простори буду адекватно изложени јутарњем и поподневном сунцу, али и заштићени од прекомерног загревања.



Слика 2. Приказ локације парцела [6]

Планирани објекат ће имати функцију пословно-стамбене зграде, високог стандарда која комбинује функције становања, пословања и рекреације у јединственом архитектонском оквиру. Намера овог пројекта је да се кроз интеграцију различитих функција постигне синергија између приватног и јавног простора, уз истовремено одржавање високог

нивоа енергетске ефикасности и комфора за кориснике. Функција објекта је кључна за примену и оптимизацију пасивних мера. Различите функционалне зоне у оквиру пословно-стамбене зграде имају специфичне захтеве у погледу пасивне контроле климе. Структурална фасада која преовладава у дизајну омотача омогућава значајан продор природне светлости, смањујући потребу за вештачким осветљењем. Уз то, фасада је дизајнирана тако да минимизира топлотне губитке кроз употребу висококвалитетног стакла са нискоемисионим премазом и аргон пуњењем између стаклених слојева. Ови елементи омогућавају одржавање стабилне унутрашње температуре, док структурна изолација унутар фасадних панела обезбеђује континуитет термичког омотача.



Слика 3. Изгледи пројектоване зграде

Стамбена зграда је пројектована са концептом природне вентилације у виду контролисаног кретања ваздуха кроз станове и заједничке просторе. Велики застакљени отвори, у комбинацији са балконима и фасадним брисолејима, омогућавају оптимално усмеравање свежег ваздуха и уклањање топлоте током топлих дана. Брисолеји такође делују као пасивни вентилаторски елементи, омогућавајући континуирану заштиту од директног сунчевог зрачења и смањујући топлотни добитак током лета. Балкони зграде су интегрисани са зеленилом, што представља значајан елемент биоклиматске стратегије. Зелене површине на балконима делују као природни регулатор температуре, апсорбујући сунчеву енергију и смањујући прегревање фасаде, док истовремено побољшавају микроклиму простора и квалитет ваздуха. Овај приступ, поред енергетске ефикасности, доприноси и естетском квалитету простора и благостању станара. Брисолеји представљају кључни елемент за контролу соларног добитка. Они су постављени у зависности од оријентације зграде и кривине сунчевог пута у току године, тако да омогућавају продор сунчеве светлости током зимских месеци, а истовремено штите од прекомерног загревања лети. Комбинација стакла и брисолеја омогућава оптимизацију дневне светлости и минимизирање енергетских губитака, што је основни принцип пасивног соларног дизајна. Материјализација планиране стамбено-пословне зграде у Новом Саду представља интеграцију конструктивних и фасадних решења са концептом пасивне архитектуре. Главни принцип при избору

материјала био је постизање високе енергетске ефикасности, оптимизација соларног добитка, контрола топлоте и обезбеђење комфора за кориснике, уз очување естетске вредности и функционалности. Омотач објекта се заснива на структуралној фасади, која комбинује високо квалитетно стакло и изолационе панеле. Стамбени делови и први спрат пословних простора користе застакљене површине са нискоемисионским премазом и пуњењем инертним гасом, што значајно смањује топлотне губитке током зиме и минимизира топлотни добитак током лета.

Материјализација тераса са интегрисаним зеленилом представља један од кључних елемената овог пројекта, јер зелене површине на омотачу објекта имају истовремено биоклиматску, естетску и структурну улогу. Избор материјала и конструктивних слојева подређен је обезбеђивању стабилних услова за раст биљака, спречавању продора влаге и постизању високе енергетске ефикасности. Подна конструкција изведена је као армиранобетонска плоча високог носивог капацитета, са водонепропусним и противкорозивним заштитним слојевима. Ограде тераса реализују се од транспарентног безбедносног стакла или перфорисаних металних панела, у циљу очувања визуелне повезаности са окружењем и довођења довољне количине природног светла.

При избору материјала водило се рачуна и о еколошким аспектима и животном циклусу грађевинских елемената. Стакло, метал и изолациони панели могу се рециклирати или поново користити, док зеленило и природни материјали на терасама доприносе одрживости и побољшавају микроклиму. Комбинација ових материјала осигурава да зграда функционише као интегрисани систем који спаја естетику, енергетску ефикасност и одрживост.

Унутрашњи простор планиране стамбено-пословне зграде пројектован је са посебним нагласком на термалну удобност, акустику и контролу влажности, што је у складу са принципима пасивне архитектуре. При избору подних, зидних и плафонских материјала водило се рачуна о њиховој способности да акумулирају и равномерно ослобађају топлоту, што доприноси стабилној унутрашњој температури и смањује потребу за активним системима грејања и хлађења.



Слика 4. - Тростандардни приказ објекта

7. ЗАКЉУЧАК

Планирани пројекат стамбено-пословне зграде у Новом Саду представља пример савремене интеграције пасивних мера у урбану архитектуру. Овај рад потврђује да примена пасивних мера у мултифункционалним високоспратним објектима није само могућа, већ и кључна за постизање енергетске ефикасности и одрживог урбаног развоја. Идеја пројекта, као и њена реализација кроз пажљиво осмишљену материјализацију, оријентацију, природну вентилацију и зелене елементе, представља пример како савремена архитектура може да комбинује естетику, функционалност и одрживост, а да истовремено буде прилагођена потребама корисника и климатским условима. Рад је показао да интеграција различитих пасивних мера, као што су структурална фасада са нискоемисионим стаклом, брисолеји, индивидуалне терасе са зеленилом, природна вентилација и висококвалитетна изолација, омогућава значајно смањење потрошње енергије за грејање и хлађење. Стамбени и пословни делови зграде, прилагођени својим специфичним потребама, показују како различите функције могу коегзистирати у једном објекту, а да се при томе одржи високи ниво комфора и енергетске ефикасности. Анализа материјала показала је да избор унутрашњих и фасадних материјала, као и елемента као што су балкони са зеленилом, не само да доприноси естетском и функционалном квалитету простора, већ и директно подржава пасивне стратегије управљања топлотом, соларним добицима и природном вентилацијом.

Студија овог објекта потврђује значај системског приступа пасивној архитектури, где сваки елемент (од материјала и фасаде до балкона и ентеријера) доприноси енергетски ефикасном, функционалном и пријатном окружењу за кориснике, а истовремено демонстрира потенцијал урбаног одрживог дизајна у Србији.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Justin Bere, "An Introduction to Passive House", London, UK, 2019.
- [2] Ratti & Matthew Claudel, "The City of Tomorrow: Sensors, Networks, Hackers, and the Future of Urban Life", London, UK, 2016.
- [3] Ratti and Matthew Claudel, "Open Source Architecture", New York, 2015.
- [4] Richard L. Crowther, "Sun/Earth: Alternative Energy Design for Architecture", Boulder, CO, 1983.
- [5] <https://www.archdaily.com/967740/carlo-ratti-associati-unveils-worlds-first-farmscraper-in-shenzhen> (приступљено у новембру 2025.)
- [6] <https://a3.geosrbija.rs/> (приступљено у новембру 2025.)

Кратка биографија:



Санда Ђатиповић рођена је 16.01.1998. године у Бачкој Тополи. Дипломски рад је одбранила на Факултету техничких наука 2024. године из области Архитектура и урбанизам. контакт: sandacatipovic1@gmail.com

Ревитализација напуштеног сакралног објекта у тржницу са енотеком***Revitalization of an Abandoned Sacred Building into a Market With an Enoteca***

Милана Новаковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – *Тема рада је пројектовање нових садржаја унутар габарита цркве светог Рудолфа, у Баноштору. Предмет истраживања базира се на то, да пренамену сакралне архитектуре прикаже као одрживи модел очувања културног наслеђа. У склопу рада описани су појмови и примери пренамене, као и појмови тржнице, која је најбитнији програм у склопу трансформације. Пројектантски део рада приказује начин оживљавања споменичких грађевина, смештањем програма тржнице, винског бара и осматрачнице у простор цркве.*

Кључне речи: *Сакрални објекат, трансформација, пренамена, тржница*

Abstract – *The topic of this thesis is the design of new functions within the dimensions of the Church of St. Rudolf in Banoštor. The subject of the research is grounded in the notion of showcasing the repurposing of sacred architecture as a sustainable model for the preservation of cultural heritage. The thesis outlines concepts and examples of repurposing, along with an exploration of the marketplace, which represents the most significant program within the transformation framework. The design portion of the work illustrates the revitalization of monumental structures by integrating programs such as a marketplace, a wine bar, and an observatory within the church space.*

Keywords: *Sacred object, transformation, conversion, marketplace*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Ивана Мишкељин, ред. проф.

1. УВОД

„Да бисмо замислили будућност, важно је осврнути се на прошлост – учити из претходних искустава.“ [1]
Пренамена сакралне архитектуре представља један од кључних сегмената очувања културног наслеђа. У овом раду је вршено истраживање различитих приступа пренамене верских објеката, као и на који начин се такви религијски споменици могу прилагодити савременом друштву. Поред тога је важно размотрити коју улогу заједница има при очувању идентитета и вредности сакралних објеката.



Слика 1. Изглед цркве светог Рудолфа данас [2]

Како би се на прави начин приступило пројектном задатку трансформације цркве светог Рудолфа, у Баноштору, претходно је потребно упознати се терминима и примерима који су били инспиративни приликом осмишљавања идејног решења. Пројекат пренамене кроз коезистенцију различитих програма покушава истовремено да допринесе оживљавању места и да одговори на потребе становника Баноштора.

2. ПОЈАМ ТРЖНИЦЕ

Тржница представља јавни простор чију срж чини концепт размене. Овакав тип јавног простора датира још од древних цивилизација, када се простор тржнице смештао централно у односу на насељено место. Разлог позиционирања тржнице у центар, произилази из тога што се њеном оквиру није обављала једино трговина, већ су се на том простору одвијале политичке расправе, друштвена окупљања и верске церемоније. Већина тржница данас, употребљава новац као средство размене, а некада се то вршило кроз трампу производа.

Тржнице су доживеле значајне трансформације кроз време, нарочито развојем технолошких иновација. Главне промене у архитектонском смислу су се догодиле, када су тржнице, чији је изглед некада био импровизиран, сада прешле у структуриране зграде. Смештање тржнице у затворени простор или њиховим наткривањем, омогућена је боља хигијена и боља контрола продаје.

Појавом супермаркета и растом онлине продаје, традиционалне тржнице су морале да прођу додатни процес адаптације. Тржнице су постале мултифункционални простори који ће да понуде нешто више од традиционалне продаје, као што су уметност, туризам и угоститељство.

У последњих пар година, повећано је интересовање за органску и одрживу производњу, која је изазвала успон локалних и органских тржница. Са економског аспекта, такве пијаце су веома значајне, јер омогућују малим произвођачима, да без посредника учествују у процесу трговине. Еколошки су такође погодне, јер се куповином локалних производа смањује потреба за транспортом хране из других крајева.

Тржнице су много више од једноставних простора трговине, оне представљају живе организме урбаног контекста, које се кроз време непрестано прилагођавају ритму заједнице.

Тема локалних тржница је била веома значајна при осмишљавању програма у склопу трансформације. Поред класичне студије случаја, специјално су размотрене четири рибље тржнице, које имају битан значај у економији локалног становништва. Један интересантан пример како тржница треба да прати контекст у ком се налази, је *Тржница и рибарница Биоград на мору*. Пијаца је конципирана као наткривени простор, али отворен ка уличној страни, што корисницима олакшава њену употребу. Намењена је продаји локалних врста рибе, али и других производа са тог локалитета.



Слика 2. Тржница и рибарница, Биоград на Мору [3]

3. ИСТОРИЈСКА И ГЕОГРАФСКА ВРЕДНОСТ КОНТЕКСТА

Црква светог Рудолфа је смештена у малом месту Баноштор, које је једно од најстаријих села у Срему. Са још седам мањих насељених целина припада општини Беочин. Баноштор са једне стране окружује Фрушка гора, а са друге река Дунав. Недалеко од цркве се при излазу на Дунав налази скела која је повезана са Бегечом, што омогућава становницима бржи пут до бачке стране Војводине. Баноштор је удаљен од Новог Сада 28 километара и смештен је на саобраћајници која повезује Петроварадин и гранични прелаз Нештин, који се налази на свега 15 минута удаљености. Како је простор Војводине припадао Хабзбуршкој монархији, а потом и Аустроугарској све до краја Првог светског рата, различите групе народа су насељавале тај

простор. Баноштор као место са дугом историјом се спомиње у 12. веку, а име је добио по бенедиктинском самостану Бан Моноштра, који на свом земљишту подигао угарски палатин бан Белуш. Такође се верује да се на подручју данашњег Баноштора налазило насеље старих Римљана које се звало *Malata Bononia* [4] који су имали богате засаде винове лозе. Тај податак можемо лако да повежемо са данашњицом, јер поред брдовитог предела, Баноштор важи за место са „два Сунца“, односно захваљујући рефлексији Сунца са Дунава добија се још интензивнији зраци, који су веома значајни за квалитет грождја. О томе колико је грождје квалитетно на овом простору говори податак, да у Баноштору који броји око 700 становника, постоји чак 12 регистрованих винарија. Неке од најпознатијих винарија су Шијачки, Ачански, Урошевић, Стојковић, Винаријум и остали. Напуштена црква светог Рудолфа има централну позицију у селу, па поред винарија чини један од основних идентитета овог насеља.

4. КОНЦЕПТУАЛНО РЕШЕЊЕ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ

При тражењу концептуалног решења, жеља је била да остаци некадашње цркве остану у потпуности сачувани и да се принципом „куће у кући“ не угуши њен градитељски и споменички значај. Детаљна анализа проблематике простора и контекста утицала је стварање идеје о потпуној пренамени објекта. Циљ развоја нових програма унутар простора цркве је задовољити потребе локалног становништва и поспешити рурални туризам.



Слика 3. Визуелни приказ новопроектваног објекта

Како већ дуги низ година, објекат нема никакву протекцију, битно је кроз ревитализацију обезбедити стабилност објекта и спречити даље урушавање. Објекат у основи није великих димензија, а због недостатка кровне конструкције омогућава развијање програма по вертикалном плану. Поствљањем челичне конструкције у главном простору цркве, достижемо висину која је потребна да прати некадашњу линију крова. Њеним имплементирањем уједно добијамо додатни спратни простор за даље развијање програма. До идеје да конструкција буде делимично транспарентна, а делимично покривена, дошло је из два разлога. Први разлог представља потребу да унутрашњем простору буде омогућена велика количина дневне светлости, а уједно да би се естетика постојећег објекта појавила у ентеријеру. Квалитетно сакривање инсталација, изолације и спратне

конструкције у покривеном делу, представља други разлог. Приликом оваквог одабира и конструктивног система и завршне обраде, тежило се јасном разграничавању новог и старог.

5. ПРОГРАМСКО РЕШЕЊЕ

Пренамена објекта замишљена је као коегзистенција три различита садржаја. Сва три садржаја су отвореног типа и замишљени су као програми који би олакшали дневне потребе мештана, док су неки програми осмишљени како би поспешили посећеност места.

5.1. ТРЖНИЦА

Први програм, уједно и најзначајнији програм пренамене је тржница. Након анализе локације, закључено је да на подручју Баноштора не постоји ни једна тржница. Како и сам Баноштор припада општини Беочин, њихови становници се свежим намирницама снабдевају на беочинској пијаци. На тај начин створила се идеја да би управо такав програм могао да се нађе у простору цркве. Тржница би преко дана била намењена експонирању домаћих производа из Баноштора, посебно рибом која долази са Дунава, а понекад би месечно, простор био отворен у вечерњим терминима за одржавање ноћног базара. При уласку у тржницу се налази ветробран, који је са унутрашње стране тржнице урађен тако да формом имитира улазе у верске објекте урађене у неороманичком стилу. Са страна код улаза постављене су полице, које су замишљене као простори за одлагање, а самим тим су и олакшица при процесу куповине. Одмах са врата уочавамо тезге које својом формом и материјализацијом, не личе на традиционалне примере тржница. Тезге су конципиране тако, да својом формом окружују степениште и да са њим чине целину. Степениште, нема само улогу у премошћавању висине, већ због велике количине простора испод њих, играју значајну улогу у складиштењу производа потребних за тржницу. Простор за запослене је смештен између тезги и степеништа, а простор за купце је сав преостали простор.



Слика 4. и 5. Визуелни приказ тржнице

5.2. ЕНОТЕКА

Простор за дегустацију вина, представља други програм и нашао је своје место на спратној конструкцији. Идеја за пројектовање оваквог простора, проистекла је из предности које носи локација. Наиме,

како у овако малом месту постоји мноштво винарија, које су распоређене на различитим местима у Баноштору, решење је било спојити их у један простор. Простор би пружао могућност експонирања свих вина из Баноштора, њихову дегустацију и куповину. Самим тим и у овом делу задржавамо тему трговине. Простор спрата је са приземљем спојен степеништем, које је већ споменуто у програму тржнице. Долазак до простора винског бара је такође омогућен лифтом, који је смештен у простор торња и који има могућност отварања са две стране. Са једне стране лифт се отвара ка пролазу који га спаја са тржницом, а са друге стране има отвор ка споља, па пружа могућност посетиоцима да без посеђивања тржнице, одмах приступе бару. Спратна конструкција је исечена у средини, како би се створио простор степеништа, што је већ одредило да се преостали простор подели. Са ивичних страна спрата постављена су два шанка необичног облика, који нису класичних барских димензија. Идеја је била да се направе тако да буду погодни за обичне ресторанске столице, како би се омогућио што удобнији простор током дегустације. Са унутрашње стране шанка постављени су фрижидери који су неопходни за одређене сорте вина. До зида грађевине су постављене полице за приказивање вина која се нуде, чије су димензије сваког сегмента прилагођене димензијама флаше.



Слика 6. Визуелни приказ бинског бара

5.3. ОСМАТРЧНИЦА

Трећи програм представља осматрачница, која се налази на самом врху торња. Преостали део торња достиже скоро 20 метара, самим тим се овај простор савршено поклопио са идејом осматрачнице. Осматрачница има два приступа, лифтом и степеништом које је приљубљено уз јужну страни фасаде. Посетиоци тржнице и винског бара могу лако

и брзо да приступе осматрачници лифтом. При доспевању на ове висине пружа се широк поглед ка занимљивој природи, са једне стране Дунав и шуме у Бегечу, са друге падине Фрушке горе. Помоћу овог простора пружен је додатни саджај, који ће посетиоцима приближити Баноштор.



Слика 7. Визуелни приказ осматрачнице

6. КОНСТРУКЦИЈА

Поред осмишљавања програмске промене која треба да се деси унутар објекта, једно од најизазовнијих проблема је било како решити конструкцију. Како нема јасних података о начину градње постојећег објекта, преостало нам је претпоставка да се испод носећих зидова налазе тракасти темељи. У склопу трансформације идеја је била да се задрже сви остаци постојећег објекта, а интервенција да се деси у оним деловима где је објекат трајно оштећен. Како би успели да достигнемо ту висину објекта, изабран је челични констриктивни систем. Новонастали простор је подељен на три сегмента који су међусобно повезани и сваки је изграђен од различитих елемената челичне конструкције. Због непознавања носивости зидова и темеља, неопходно је било да се са новим конструктивним системом не ослањамо на зидове и да новим темељима не оштетимо старе. За конструкцију позиционирану у главном простору цркве коришћени су челични префабриковани оквири, за које је потребно доћи до носећег слоја тла и помоћу шипова и темељних греда добро усидрити оквире. Оквири се састоје из четири елемента, која се заваривају и шрафе на лицу места и које имитирају некадашњи изглед цркве са кровом. Стаклени панели постављени између првог и трећег оквира, омогућају природно осветљење током читавог дана и поглед на зидове цркве, а преко

кровних отвора, који имају системе са аутоматским отварањем, се регулише температура и влага у објекту.

7. ЗАКЉУЧАК

„Ми обликујемо наше зграде, а затим наше зграде обликују нас“ [3].

Пренаменом сакралног објекта упуштамо се у осетљив процес у ком је потребно балансирати између очувања културних вредности и прижања могућности да се објекат интерпретира на савремени начин. У данашње време када нам преостаје све мање простора за стварања нових грађевина, битно је окренути се ка структурама које већ постоје и на тај начин учествовати у поспешивању одрживе архитектуре. Кроз анализираних примера пренамене, примећује се све већи број напуштених верских објеката, који су последица пада религиозности. Важност сакралних објеката се протеже кроз векове, па и кроз своје остатке представља архитектонски израз који говори о начину живота одређене заједнице у неком историјском моменту. При адаптирању нових намена у сакралне просторе потребно је преиспитати могућност корисника да се идентификује са новом функцијом. У склопу пројекта пренамене цркве светог Рудолфа, пажљиво су бирани програми који би били одговор на потребе локалног становништва и да се при томе додатно пружи прилика да овај простор постане циљ путовања. Објекат својом конструкцијом и материјализацијом споља јасно раздваја савремено од историјског. Приказивањем нове куће која „ниче“ из старе куће, назначаваче се процес метаморфозе објекта.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Iñiguez, Agustina., https://www.archdaily.com/1035417/voices-of-archdaily-agustina-iniguez?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all(
- [2] <https://www.google.de/maps/place/Saint+Rudolph%E2%80%99s+Church>.
- [3] <https://www.gradnja.rs/pijaca-ribarnica-biograd-na-moru-sodaa/>
- [4] Malata Banonia: <https://luftika.rs/vinarije-banostor/>
- [5] Winston Churchill, говор из парламента 28. октобар 1943. године.

Кратка биографија:



Милана Новаковић рођена је у Сремској Митровици 1995. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Архитектура – Дизајн ентеријера одбранила је 2025.год.

Контакт:
milana.odzic@gmail.com

Кућа чаја у Јапану

Tea House in Japan

Милица Јовановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – Рад садржи студије случаја у пројекат куће чаја од бамбуса у Бамбусовом парку Ракусай у Кјоту, Јапан. Приликом пројектовања фокус је пре свега стављен на бамбус као архитектонски материјал, његов однос са контекстом у коме се налази и естетику.

Кључне речи: архитектонски материјал, бамбус, естетика

Abstract – *The thesis contains case studies and a project for a bamboo tea house in Rakusai Bamboo Park in Kyoto, Japan. During the design, the focus was primarily on bamboo as an architectural material, its relationship with the context in which it is located, and aesthetics.*

Keywords: *Architectural material, bamboo, aesthetics*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Ивана Мишкељин, ред. проф.

1. УВОД

Кућа чаја представља један од најзначајнијих симбола јапанске културе, место где се материјално и духовно прожимају у јединственом ритуалу познатом као чано ју – „пут чаја“. Простор намењен овом древном обреду није само архитектонски објекат, већ израз филозофије једноставности, хармоније и поштовања према природи. У њему се огледају основни принципи естетике ваби-саби, која вреднује скромност, природност и пролазност.

Избор бамбуса као основног грађевинског материјала за кућу чаја ослања се на дубоко укорењену јапанску традицију коришћења природних ресурса у складу са окружењем. Бамбус, симбол снаге и флексибилности, омогућава стварање архитектуре која је истовремено лагана, одржива и естетски складна са природним амбијентом [1]. Кроз анализу историјских узора, савремених конструктивних решења и културолошких значења, овај рад настоји да испита потенцијале бамбуса као материјала који у савременој архитектури може поново оживети дух традиционалне јапанске куће чаја.

Кућа чаја представља један од најзначајнијих симбола јапанске културе, место где се материјално и духовно прожимају у јединственом ритуалу познатом као чано ју – „пут чаја“. Простор намењен овом древном

обреду није само архитектонски објекат, већ израз филозофије једноставности, хармоније и поштовања према природи. У њему се огледају основни принципи естетике ваби-саби, која вреднује скромност, природност и пролазност.

2. СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА

2.1. Конструкција од бамбуса, студио Пенда, Пекинг, Кина

Павиљон од бамбуса који је пројектовао студио Пенда постао је познат по својој иновативној употреби бамбуса као грађевинског материјала и његовом одрживом приступу и дизајну. Овај павиљон је био истакнут у контексту одрживе архитектуре и често се спомиње у разговорима о екологији и употреби природних материјала у савременој архитектури.

Павиљон је пројектован као привремени објекат, што значи да га је лако монтирати и демонтирати. Ово га чини погодним за догађаје као што су фестивали, изложбе и друге привремене архитектонске инсталације. Због своје једноставне монтаже и еколошких карактеристика, бамбус је постао све популарнији за овакве пројекте. Присутни су светли тонови у хармонији са осветљеношћу простора. Обилна природна светлост се постиже непрекидним тракама троструког застакљивања у оквиру хибридни рамова дрво-алуминијум. Преко сто светлосних канала (цеви од нерђајућег челика, закривљене или праве) обезбеђују природно осветљење централних ходника и задњег дела практичних радних просторија (за уметничко и научно образовање).

Осим што је функционалан, павиљон је естетски врло привлачан. Његов дизајн омогућава да светлост природно улази у унутрашњи простор, стварајући пријатан амбијент. Кроз коришћење бамбуса, павиљон се одликује топлином и повезаношћу са природом, што је додатно појачано његовим органским обликом и лакоћом у изгледу. Павиљон није само архитектонска структура, већ и објекат који стимулише интеракцију са околином. Његова отворена и флексибилна форма позива посетиоце да уђу, истраже и доживе простор на начин који је у складу са природом [2].

Употреба бамбуса у овом павиљону такође одражава поштовање локалних традиција градње, посебно у азијским земљама где бамбус већ дуго има значајну

улогу у грађевинској индустрији. Пројектом је студио Пенда желео да повеже савремене архитектонске праксе с традиционалним материјалима.

2.2. Скулптура од бамбуса, Кенго Кума, Прстен у Лондону, Енглеска

Скулптура од бамбуса коју је дизајнирао Кенго Кума је једно од његових значајних дела која истражује употребу бамбуса у савременој архитектури и дизајну. Кенго Кума, познат по свом приступу који наглашава хармонију између природног окружења и архитектонских структура, често користи бамбус у својим пројектима због његових еколошких и естетских вредности. Скулптура коју је дизајнирао издваја се због иновативног приступа овом материјалу.

Скулптура од бамбуса има дубоку симболику повезану с природом, одрживошћу и еколошком одговорношћу. Бамбус је материјал који брзо расте и еколошки је одржив, а његова употреба у уметности и архитектури омогућава уметницима и дизајнерима да стварају свест о очувању природних ресурса. Кума често користи бамбус као начин да пружи ново значење и дубоку симболику природним материјалима [3].

У пројектима Кенго Куме, скулптуре од бамбуса нису статичне. Оне могу бити део архитектонских инсталација које омогућавају интеракцију посетилаца с простором. Бамбус се користи за стварање динамичних форми које реагују на светлост, ветар и околину, често стварајући променљиве ефекте, попут сенки и звучних утисака.

Као и у многим другим пројектима Кенго Куме, скулптура од бамбуса дизајнирана је тако да се уклопи у своје окружење. Кума се увек труди да његови пројекти не буду само објекти, већ да постигну хармоничан однос с природом, како у смислу материјала, тако и у смислу форме и функције.

2.3. Кров од бамбуса на спортској хали на Тајланду

Спортска хала од бамбуса која се налази у Тајланду дизајнирана је од стране архитектонског студија Пенда и представља иновативни пројект у употреби бамбуса у модерној архитектури. Ова хала се истиче својом еколошком одрживошћу, естетиком и функционалношћу, а такође је један од значајних примера употребе бамбуса у великим грађевинским пројектима.

Спортска хала је пројектована као структура која користи бамбус као главни грађевински материјал, што је неуобичајено за овакве врсте објеката. Коришћење бамбуса омогућило је изградњу лагане, али чврсте структуре која је истовремено естетски атрактивна и функционална. Хала је обликована тако да омогућава висок ниво природне вентилације и светлости, чиме се смањује потреба за вештачким осветљењем и климатизацијом [4].

Бамбус је коришћен за израду дрвених носача и других структурних елемената, док су традиционалне технике обраде бамбуса (попут лепљења и савијања) употребљене како би се постигла потребна чврстина и отпорност. Овај приступ омогућава да хала буде

лакша и флексибилнија него да је изграђена од тежег материјала попут бетона или челика.

Спортска хала се користи за различите спортске активности, укључујући кошарку и одбојку. Унутрашњи простор је дизајниран тако да омогући добар проток ваздуха и светлости, чиме се ствара пријатан амбијент за спортисте и посетиоце. Бамбусови панели омогућавају природну вентилацију, смањујући потребу за ваздушним клима уређајем и стварајући здравију унутрашњу средину.

2.4. Театар од бамбуса, Студио Андру Тод

Театар од бамбуса дизајниран је као привремена структура која има улогу културне и друштвене манифестације, а постављен је у Индонезији. Пројект је део шире иницијативе за употребу природних материјала у архитектури, с нагласком на одрживост и екологију. Циљ је био створити простор који није само функционалан, већ и у потпуности усклађен са природним окружењем [5].

Један од кључних циљева пројекта био је одрживост и смањење негативног утицаја на околину. Бамбус је изабран зато што је брзо растући, обновљив материјал који не захтева велике количине енергије у производњи, а може се узгајати у различитим климатским условима. Ово је нарочито значајно у контексту природних ресурса у тропским подручјима, као што је Индонезија, где бамбус има дуготрајну традицију у градњи.

2.5. Бамбус у ентеријеру – ентеријер хотела, Икс Дизајн

У оквиру ентеријера хотела бамбус је примењен у више слојева – као конструктивни елемент у секундарним структурама, као завршни слој у облогама и намештају, те као акцентни материјал у расветним телима и детаљима. Његова природна текстура и влакнаста структура стварају визуелни контраст грубим површинама опеке, док његова топла колористика доприноси осећају пријатности и људске скале у простору [6].

Бамбус у овом пројекту не функционише само као материјал, већ и као идеолошки оквир: он артикулише филозофију меке архитектуре — архитектуре која не доминира над окружењем, већ се с њим повезује. Његова еластичност и способност да “дише” у простору метафорично одражавају прилагодљивост савремене културе према променама, што је у снажном контрасту с ригидношћу опеке и бетона.

2.6. Закључак студија случаја

Ови пројекти показују да бамбус, упркос својој привидној једноставности и лакоћи, поседује изузетну конструктивну снагу, флексибилност и адаптабилност, што га чини погодним за различите типологије грађевина – од привремених павиљона до сложених јавних и културних објеката. Његова брза обновљивост и минималан утицај на животну средину чине га једним од најперспективнијих материјала будућности.

Сабирајући сва ова искуства, може се закључити да бамбус представља парадигму одрживог материјала 21. века. Његова употреба омогућава развој

архитектуре која је не само енергетски ефикасна, већ и културно релевантна, локално укореењена и осетљива према природном окружењу. Бамбус у архитектури данас није само материјал, већ архетип нове еколошке свести – доказ да будућност грађења може почивати на принципима природе, сарадње и обнове.

3. ЛОКАЦИЈА

Бамбусов парк Ракусай у Кјоту (Куото Циту Ракусай Бамбоо Парк) налази се у западном делу града, у мирној четврти Нишикјо-ку, далеко од гужве централног Кјота.



Слика 1 – приказ парка бамбуса у Кјоту [7]

То је место где се дух старог Кјота и његов однос према природи и материјалима осећа у сваком детаљу. Парк је посвећен бамбусу — биљци која је дубоко укореењена у јапанску културу, естетику и занатство — и представља својеврсну оазу зеленила, тишине и контемплације. Простором доминира једноставност: земљане стазе вијугају кроз високи бамбус, светлост се филтрира кроз танке зелене стабљике, а ветар ствара осећај покрета и живота.

4. КОНЦЕПТ И ИДЕЈА ПРОЈЕКТА

Пројекат куће чаја у парку бамбуса у Кјоту замишљен је као део пута доживљаја природе и традиције — просторна и духовна путања која повезује човека са природним окружењем и културним наслеђем јапанске чајне церемоније. Целокупан доживљај објекта заснива се на идеји постепеног прелаза, како у физичком тако и у психолошком смислу: од спољашњег, динамичног света природе, ка унутрашњем, мирном и интроспективном простору чајне куће. Концепт куће заснован је на директном контакту са природом, али и на интеракцији са локалном заједницом – становницима који би водили церемонију и служили чај.

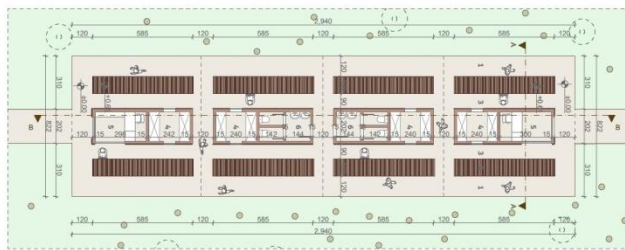
5. ФУНКЦИОНАЛНА ОРГАНИЗАЦИЈА

Централну осу објекта чини лонгитудинално шеталиште које представља главни просторни и доживљајни правац пројекта. Ово шеталиште није само комуникација већ и кичма целокупног концепта — својеврсна путања унутар шуме бамбуса која повезује природу, архитектуру и ритуал чаја.

Позиционирано у складу са линијом терена и густином стабљика, оно посетиоцима омогућава постепену промену перцепције простора: од отвореног, природног амбијента ка затворенијем и интимнијем простору церемоније.

У средишњем делу осе налази се зона са пратећим садржајима — тоалети, оставе и мала сувенирница са локалним производима и чајевима. Ови садржаји су интегрисани у структуру на ненаметљив начин, тако да не ремете континуитет шеталишта, већ се природно уклапају у ток кретања. Сувенирница је осмишљена као продужетак искуства чајне културе, место где посетиоци могу понети део локалног духа и материјалне традиције.

Дуж шеталишта смештен је ниски шанк који служи као простор за припрему и послуживање чаја. Његов концепт инспирисан је традиционалним начином припреме чаја у седећем положају, што омогућава блиску комуникацију између мајстора чаја и посетилаца. Простор шанка функционише као полуотворени павиљон – спој ентеријера и екстеријера – где се церемонија одвија у непосредном контакту са природом, уз мирис бамбуса и звук ветра који пролази кроз шуму. Посетиоци могу седети уз шанк, посматрати процес припреме чаја и активно учествовати у ритуалу, чиме се остварује интеракција и размена између локалних становника и посетилаца.



- 1.....ПРОСТОР ЗА ШЕТЊУ - P= 10.55m²
- 2.....ПРОСТОР ЗА ПОСЛУЖИВАЊЕ ЧАЈА - P= 5.80m² x8
- 3.....ПРОСТОР ЗА ЛОКАЛЦЕ КОЈИ ПРАВЕ ЧАЈ - P= 5.26m² x8
- 4.....ОСТАВА - P= 4.15m² x4
- 5.....СУВЕНИР ШОП - P= 5.16m² x2
- 6.....ТАОЛЕТИ - P= 5.16m² x2

Слика 2 – приказ новопроектване основе куће чаја

6. ПРОСТОРНА КОМПОЗИЦИЈА

Просторна композиција куће чаја заснива се на суптилној игри пуног и празног, светлости и сенке, присуства и празнине – односа који су суштински за традиционалну јапанску архитектуру. Објекат не посматра простор као статичну форму, већ као жив организам који удише и издише, који постоји у непрестаном дијалогу са природом која га окружује. Однос пуног и празног представља кључни принцип у обликовању унутрашњости. Пуна тела модула – тоалета, остава и сувенирнице – смењују се са отвореним, полупрозирним деловима шеталишта и простора за чајну церемонију. Овим се постиже ритам који у архитектури одјекује као ритам природе: густо и ретко, светло и сенка, мир и кретање. Празнина није схваћена као недостатак, већ као активан простор, као место за дисање, гледање и ослушкивање природе. Тако, у ритму стабљика, у пулсу светлости и сенке, у

смени пуног и празног, кућа чаја постаје продужетак шуме – њен архитектонски одјек. Она није супротстављена природи, већ је њен савремени превод, место где се човек, материјал и светлост сусрећу у тихој хармонији.



Слика 3 – амбијентални приказ куће чаја у Кјоту

7. МАТЕРИЈАЛ И КОНСТРУКЦИЈА

Главни конструктивни и фасадни материјал куће чаја је бамбус, који се користи у више различитих облика и техничких примена, у складу са принципима одрживости и поштовања природног окружења. Као материјал дубоко укореењен у јапанску традицију, бамбус симболизује снагу, еластичност и прилагодљивост, што га чини идеалним избором за пројекат који тежи хармонији између природе и архитектуре.

У конструктивном смислу, бамбус се примењује као пуни елемент носеће структуре, у виду вертикалних стубова и хоризонталних носача. Његова природна влакнаста структура пружа изузетну чврстоћу и флексибилност, што омогућава стварање лаганог, али стабилног скелета објекта. Систем носача заснива се на мрежи вертикала и хоризонтала, повезаних традиционалним спојевима и челичним везама које обезбеђују стабилност при минималној видљивости конструктивних елемената.

Бамбус се користи и као плетени материјал за преградне зидове и делимично затворене фасадне површине. Такве полупрозирне структуре омогућавају филтрирање светлости и природну вентилацију, чиме се постиже благ, пријатан амбијент и осећај сталног контакта са спољашњим простором. У појединим деловима објекта, бамбус је примењен као естетски завршни материјал, у комбинацији са дрветом и природним текстурама тла, што доприноси топлини и аутентичности ентеријера

Применом бамбуса у свим слојевима архитектонског израза – од конструкције до детаља – објекат задржава јединствену материјалну логику и визуелни идентитет. Његова текстура, топла боја и органска форма уносе осећај природности и смирености, чинећи да кућа чаја не делује као наметнут елемент у шуми, већ као њен природни изданак

8. ЗАКЉУЧАК

Пројекат куће чаја у парку бамбуса у Кјоту представља синтезу традиционалних вредности,

савременог архитектонског промишљања и дубоког поштовања према природи. Полазећи од јапанске филозофије ваби-саби, која велича једноставност, природност и пролазност, концепт је развијен као простор доживљаја, мира и повезаности човека са окружењем. Кућа чаја није схваћена као изолован архитектонски објекат, већ као продужетак шумског пејзажа, место где се природа и архитектура прожимају у јединственом ритму светлости, сенке и материјала. Кроз овај пројекат доказује се да савремена архитектура може бити одржива, поетична и дубоко хумана, онда када израста из суштине места и материјала. Кућа чаја, скривена у бамбусовом парку Кјота, остаје као тиха метафора – простор сусрета, тишине и равнотеже, у којем архитектура постаје чин поштовања према природи и животу самом.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Liese, Walter & Köhl, Matthias, *Bamboo: The Plant and its Uses*, Springer, 2015
- [2] *Višespratnice od bambusa s konopcem kao vezivni materijal*. (n.d.). Retrieved from gradnja.rs: <https://www.gradnja.rs/visespratnice-od-bambusa-s-konopcem-ka-vezivnim-materijalom/>
- [3] *Bamboo ring - Kengo Kuma London*. (n.d.). Retrieved from Dezeen: <https://www.dezeen.com/2019/09/14/kengo-kuma-bamboo-ring-carbon-fibre-va-london-design-festival/>
- [4] *Sportska hala od bambusa na Tajlandu*. (n.d.). Retrieved from [gradjevinarstvo.rs](https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/7554/820/sportska-hala-od-bambusa-koja-odrzava-prijatnu-temperaturu-utroskim-uslovima): <https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/7554/820/sportska-hala-od-bambusa-koja-odrzava-prijatnu-temperaturu-utroskim-uslovima>
- [5] *Harledot Elizabethan Theatre*. (n.d.). Retrieved from Architizer: <https://architizer.com/projects/harledot-elizabethan-theatre/>
- [6] *Brick Kiln Folk Inn & Museum | H DESIGN*. (n.d.). Retrieved from [archilovers](https://www.archilovers.com/projects/220854/brick-kiln-folk-inn-museum.html): <https://www.archilovers.com/projects/220854/brick-kiln-folk-inn-museum.html>
- [7] Извор слике 1 - Retrieved from [kyototourism.org](https://www.kyototourism.org/en/sightseeing/20813/): <https://www.kyototourism.org/en/sightseeing/20813/>

Кратка биографија:



Милица Јовановић рођена је у Пироту 13.12.2000. год. Дипломски рад одбранила је на Факултету техничких наука 2023. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Архитектонско пројектовање одбранила је 2025. год.

Контакт:
milicaj457@gmail.com

Пројекат “Кућа маслине” у Далмацији

The “Olive House” Project in Dalmatia

Анастасија Кркљеш, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – Рад садржи пројекат куће маслине у Далмацији, на острву Шипан. Пројекат представља комплекс који интегрише производњу и дегустацију маслиновог уља, као и смештај посетиоца. У фокусу рада је употреба локалног камена.

Кључне речи: пројектовање, кућа маслине, камен

Abstract – The work contains a project for an olive house in Dalmatia, on the island of Šipán. The project is a complex that integrates the production and tasting of olive oil, as well as visitor accommodation. The focus of the work is the use of local stone.

Keywords: design, olive house, stone

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Ивана Мишкељин, ред. проф.

1. УВОД

Камен је најстарији природни материјал за градњу и његова употреба датира из праисторијских времена, када је служио као основно средство за заштиту и конструкцију [1]. Његова трајност, чврстоћа и отпорност на време чиниле су га идеалним материјалом за монументалне грађевине, али и за скромне објекте у руралним срединама. Камен је био сведок историје и део сваког пејзажа - од праисторијских мегалита до савремених архитектонских објеката.

Коришћењем камена са истог тла на којем се гради, архитектура добија аутентичност, а објекат постаје органски део пејзажа. Тако камен није само материјал, већ сведок културног наслеђа - свака неправилност, свака текстура и боја у себи носе трагове природе и времена. Када архитекта бира локални камен, он не бира само материјал, већ наставља причу простора, гради континуитет између прошлости и садашњости. Употреба локалног камена кроз историју је и одраз економичности у виду смањења транспорта.

У фокусу рада налази се локални камен. Он је веза између пејзажа, културе и архитектуре. Пројекат Кућа маслине је лоциран у Далмацији, на острву Шипан, простору препознатљивом по маслињацима и традиционалним каменим кућама. Кућа маслине осмишљена је као мултифункционални комплекс који

обједињује производњу маслиновог уља, простор за дегустацију и продају, као и смештајне јединице намењене посетиоцима. Основна идеја пројекта заснива се на тежњи да архитектура буде у складу са природом и контекстом у којем настаје. Камен коришћен на фасади потиче из локалних каменолома острва Шипан.

2. УПОТРЕБА КАМЕНА У АРХИТЕКТУРИ

2.1 Камен у историји архитектуре

Камен је вечан материјал, то доказују бројна здања из прошлости, која су се очувала захваљујући њему. Најстарија сачувана грађевина од обрађеног камена је пирамида фараона Цосера у Сакари, саграђена око 2650. године п.н.е. Архитекта овог монументалног здања је био Имхотеп, фараонов везир и један од првих познатих градитеља у историји. Грађевина је саграђена од камена вапненца. Пирамида је под заштитом Унеска као споменик светске баштине [4].

Још један значајан пример праисторијске употребе камена је Стоунхенџ у Енглеској, грађевина која датира из млађег каменог доба до старијег бронзаног. Спада међу мегалитне споменике јер је подигнут од камених блокова тежине и до неколико тона. Стоунхенџ је од 1986. године под заштитом Унеска.

Партенон, антички грчки храм је један од најзначајнијих примера класичне употребе камена у архитектури. Изграђен је од пентеличког мермера, у 5. веку п.н.е. на Акропољу у Атини и овај храм показује врхунац техничке прецизности и уметничке обраде камена [2].

Римска архитектура наставља традицију коришћења камена, али је доводи до новог нивоа техничке иновације. Римљани су усавршили градњу комбинујући камен са бетоном, чиме су постигли до тада невиђене распоне и висине.

У средњем веку, камен добија изразито симболичну и духовну вредност, служи као средство које уздиже архитектуру ка небу, наглашавајући духовност и тежњу ка божанском. У периоду ренесансе, камен добија нову, декоративну и уметничку улогу, више није само конструктивни материјал већ средство изражавања идеала хармоније, пропорције и савршенства [4].

Данас је употреба камена значајно опала због појаве модерних грађевинских материјала као што су армирани бетон и челик. Међутим, камен је и даље

присутан у грађевинарству због својих естетских квалитета.

2.2 Традиционална камена кућа у Далмацији

Најстарија традиција градње каменом у Далмацији везана је за сувозидну градњу, необрађени камен се полаже у сувозид без везива (малтера) - као ограда око њива и поља

Камен за изградњу куће је вађен у околини самих села, у мањим локалним каменоломима. Његов квалитет није био свуда исти, па је избор материјала зависио од намене објекта. За стамбене куће коришћен је пажљивије обрађен камен, док се код пољопривредних и помоћних објеката примењивала једноставнија обрада. Обрада камена варирала је од тесаног до правилно правоугаоног блока, а структура и слог камених зидова зависили су од више фактора: врсте камена (најчешће кречњака), његове погодности за обраду и економских могућности власника. Код најстаријих кућа зидови су били широки и до метар, али се временом та дебљина смањивала до оптималних 50 центиметара. Зидови су најчешће зидани „са два лица“, при чему је спољна страна увек имала боље обрађен и естетски лепши камен. Кровови камених кућа представљају још једну карактеристичну одлику далматинске градитељске традиције. Камене плоче су тежак покривач и стога незахвалне за градњу јер су под њиховом тежином кровови најчешће страдали.

2.3 Камен у савременој архитектури

Захваљујући модерним технологијама обраде, камен се користи не само као конструктивни, већ и као изразито естетски елемент у архитектури и ентеријеру. Неки од примера савремене употребе камена у архитектури су:

-Терме Валс, Швајцарска - Петер Цумтор, 1996.

Терме Валс представљају један од најзначајнијих примера савремене архитектуре у којој је камен централни елемент концепта. Комплекс је пројектовао архитекта Петер Цумтор и садржи хотел и спа центар, осмишљен као јединствено сензорно искуство и у потпуном складу са природним окружењем. Архитекта Петер Цумтор пројектовао је спа центар 1996. године као доградњу постојећем хотелском комплексу, са идејом да простор делује као природна пећина или каменолом уклопљен у планински пејзаж. Цела структура изведена је од локално вађеног валзерског кварцита. У својим белешкама Цумтор описује процес као „грађење у камену, са каменом, у планини и изван ње“, што симболично указује на потпуну синергију материјала и контекста.

-Винарија „Доминус“, Напа Вали, САД - Херцог и де Мерон, 1998.

Објект се налази у срцу винограда у долини Напа, окружен брдима и редовима винове лозе, што је условило његову изразиту везу са пејзажом. Архитекте, Херцог и де Мерон су настојали да створе грађевину која неће доминирати окружењем, већ ће се природно стопити са њим. Објект је изведен као издужени правоугаони волумен чије су фасаде састављене од металне жичане мреже испуњене ломљеним базалтним каменом. Винарија „Доминус“

представља савремено тумачење грађења каменом: архитектура није више масивна и тешка, већ пропусна, прозрачна и прилагодљива природним условима.

-Кућа над водопадом, Пенсилванија, САД - Френк Лојд Рајт, 1935.

Кућа над водопадом, један је од најпознатијих примера савремене архитектуре у којој је камен интегрисан као суштински елемент концепта и односа са природом. Архитекта Френк Лојд Рајт пројектовао је ову приватну резиденцију тако да се објект директно надовезује на околне стене и водопад, стварајући ефекат да кућа „израста“ из самог терена. Локални пешчар коришћен је за зидове и подове, а масивне камене плоче постављене су тако да делују као природни наставак стеновитог корита реке. Камен је овде приказан у свом аутентичном облику - груб, тежак, али природно интегрисан, што појачава осећај стабилности и трајности.

2.4 Карактеристике камена као грађевинског материјала

Да би се правилно одабрао камен потребно је познавати његове карактеристике, а то су: чврстоћа, отпорност на хабање, топлотна проводљивост, отпорност на мраз, отпорност на ватру, као и боја грађевинског камена [1].

2.5 Врсте камена у архитектонској примени

Главне врсте камена које се користе у архитектури могу се поделити на следеће категорије:

Вапненац (кречњак) - Најчешће је коришћен у Далмацији и целом медитеранском подручју. Лаган је за обраду и одликује се добром отпорношћу на атмосферске утицаје. Најчешће се користи за облагање фасада, подова, поплочавање стаза и тераса. Мермер - користи се у архитектури, ентеријеру и вајарству и цењен је због своје лепоте и издржљивости. Карактеришу га разнолике боје и шаре и може се користити за облагање подова, унутрашњих зидова, споменика...

Травертин - природни камен који је познат по својој карактеристичној, порозној структури и топлим нијансама. Има велику трајност и естетску вредност, па се користи за облагање фасада, подова, степеница и других декоративних елемената.

Пешчар – камен топлих боја које варирају од жућкасто-зеленкасте до црвенкасте боје. Лако се обликује и користи се за спољашње и унутрашње зидове, стазе, терасе као и за декоративне елементе.

Тврди магматски камен (гранит, базалт) - карактерише их што су веома издржљиви и отпорни на хабање и атмосферске утицаје. Због својих механичких својстава користе се за фасаде, степеништа, спољно поплочавање, као и у споменичкој архитектури.

2.6 Подела камена према обради

Према облику и обради грађевински камен се дели на: ломљен, обрађен и дробљен и мљевен камен [3].

-Ломљени камен добија се механичким ломљењем стене без додатне обраде и обично има неправилан облик и грубу текстуру. Најчешће се користу за

зидање и за облагање спољашњих површина где се жели природан изглед.

-Обрађени камен представља природни камен који је тесан, полирањем или резањем доведен у правилан облик. Најчешће се користи за облагање фасада, стубова, степеништа и за декоративне елементе.

-Дробљен камен се добија од обичног ломљеног камена који се уситњава различитим дробилицама, а додатним уситњавањем се добија млевени камен.

3. ПРОЈЕКАТ “КУЋА МАСЛИНЕ”

3.1 Локација пројекта

Шипан је највеће острво у Елафитској групи острва у Јадранском мору, око 17 км северозападно од Дубровника. Острво је било насељено у римско доба. Под данашњим именом помиње се први пут 1371. године, а током периода Дубровачке републике острво доживљава свој највећи процват. Острво је у то време било омиљено летовалиште дубровачког племства, што се види по бројним летњиковцима и сакралним објектима из тог периода, који су углавном грађени од локалног камена. У то време развијали су се поморство, бродоградња, маслинарство, риболов и виноградарство, што је оставило трајан траг на културном и просторном идентитету острва.

Данас је Шипан познат по великом броју маслина - процењује се да их има преко 70.000 стабала, што га чини једним од најплоднијих острва дубровачког архипелага. Клима је блага, медитеранска, са топлим, сувим летима и благим зимама, што га чини идеалним простором за узгој маслина и винове лозе. Архитектонски идентитет Шипана заснива се на традиционалним каменним кућама, сувозидима и црквицама, које представљају спој природног материјала и пејзажа. Простор одликује склад између изграђеног и природног, где архитектура није доминантна већ се складно уклапа у терен и околину. Кућа маслине пројектована је у близини Шипанске луке и непосредној близини мора. Положај објекта у близини луке олакшава долазак и приступ посетиоцима који на острво стижу бродским линијама из правца Дубровника. Овај аспект локације има посебан значај, јер доприноси функционалности и приступачности комплекса, чинећи га атрактивним како за туристе, тако и за локално становништво које учествује у производњи и промоцији маслиновог уља.

3.2 Концепт пројекта

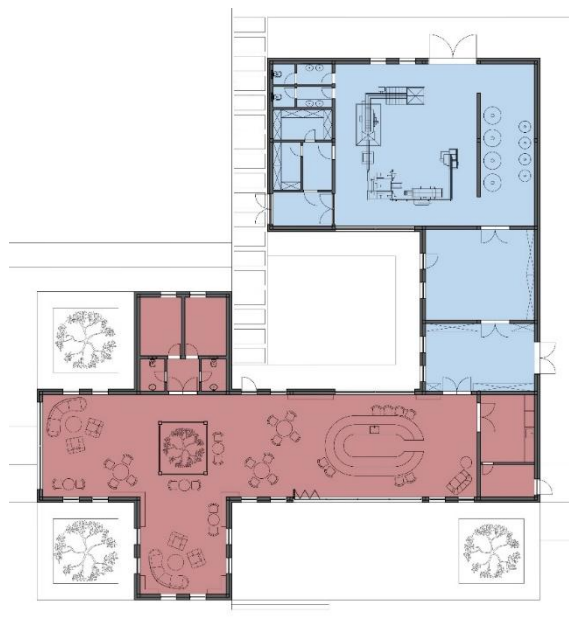
Основни концепт пројекта Кућа Маслине заснован је на спајању традиције и савремене архитектуре, у циљу стварања простора који одражава идентитет места и начин живота на далматинским острвима. Идеја произилази из маслине као симбола Медитерана - дрвета које представља живот и трајност. Замисао је да објект израста из пејзажа, прилагођавајући се његовој топографији, клими и духу.

Полазиште у пројектовању била је жеља да се створи јединствена целина која обухвата производњу, дегустацију и продају маслиновог уља, као и простор за боравак и одмор посетилаца. Посетилац пролази

кроз процес упознавања са уљем - од стабла, преко производње, до укуса, доживљавајући простор као причу о медитеранском животу. Камен је коришћен као доминантан материјал, он симболично повезује земљу и објект, док стаклене површине омогућавају визуелну везу са морем и маслињацима.

3.3 Просторна и функционална организација

Објект је приземне спратности. Укупна бруто површина објекта износи 654,43 м², а функционално је подељен на две основне целине - производни део и део за дегустацију и продају.



Слика 1. Основа куће маслине са поделом на целине

На слици изнад приказана је основа куће маслине са поделом на целине, плавом бојом овележен је производни део, док је розом бојом означен део за дегустацију и продају.

Производни део обухвата:

- улаз у производњу са предпростором и гардеробама за запослене
- санитарне чворове за запослене,
- главну производну просторију
- магацин маслиног уља у бурадима,
- простор за паковање, пуњење и етикетирање
- складиште готових производа

Производни процес у Кући маслине обухвата све фазе прераде маслине, од пријема сировине до добијања финалног производа. Улаз за раднике је посебно издвојен, са гардеробама и тоалетима који обезбеђују раздвајање чисте и прљаве зоне у складу са санитарно-техничким прописима.

Део за дегустацију и продају обухвата:

- простор за дегустацију и продају уља, замишљен као простор за дегустацију различитих сорти маслина и маслиновог уља, уз пратњу локалних вина и традиционалних производа.
- хладну кухињу и оставу, са фрижидерима за вино, сиреве и остале производе
- мушки и женски тоалет,
- просторију за чистачицу и техничке потребе,

-велику наткривену терасу која се отвара према пејзажу и маслињацима.

У самом центру налази се кружни бар, који представља место окупљања гостију, стварајући топлу и пријатну атмосферу. Маслина, као симбол и полазиште концепта, интегрисана је у саму архитектуру куће. На препустима крова предвиђени су отвори који омогућавају садњу маслина, док је у централном делу формиран атријум са маслином као просторно-визуелним акцентом.

Смештајна јединица обухвата:

-дневни боравак са кухињом и трпезаријом,

-спаваћу собу

-купатило,

-наткривену терасу оријентисану према маслињаку.

Осмишљене су четири смештајне јединице, које деле исту основну структуру куће, али су прилагођене различитим потребама гостију.

3.4 Архитектонско обликовање и материјализација

Приликом избора материјала тежило се минимализму и уклапању у контекст. Основни материјал објекта чини локални камен Шипана.

Коришћен је ломљени камен, што даје фасади рустичан карактер, док је атика изведена у контрастно белој боји, наглашавајући чисте линије. Камен са Шипана има светле, неутралне тонове - од светло сиве, крем до благо жуткастих нијанси.

Стабло маслине је значајан мотив у центру укупног доживљаја куће и дворишта, зато се оно прожима кроз цео пројекат, у препустима су направљени отвори на крову како би се омогућио раст маслина и како би она постала симбол куће.



Слика 2. Кућа маслине

3.5 Конструкција

Конструкција објеката је армирано-бетонска. Носећи систем чине пуне армирано-бетонске плоче ослоњене на стубове. Темелна конструкција је армирано-бетонска у виду темелних трака, испод темелја поставља се тампон слој дробљеног камена. Кров је предвиђен као раван, са благим падом од 2°, што омогућава одводњавање воде. За завршни слој кровне конструкције предвиђен је камени облукат. Облагање спољашњих зидова изводи се локалним каменом - вапненцем, у дебљини од око 2-3 центиметра. Камен се поставља на термоизолацију дебљине 15 центиметара, при чему је обавезно претходно наносење цементног лепка отпорног на атмосферске услове, који служи као подлога и средство за

пријањање камена. Термоизолација је предвиђена да буде од камене вуне. Испуну спољашњих зидова чини блок од 20 цм, између носећих стубова. Унутрашњи зидови изводе се од блокова дебљине 20 цм или од пуне опеке дебљине 12 цм. Објекат не угрожава животну средину и нема негативан утицај на суседне објекте. Материјали и технологије предвиђене за изградњу обезбеђују дуготрајност, сигурност и економичност објекта, као и минималан негативан утицај на природно окружење. Столарија је планирана од алуминијума у антрацит боји, са великим стакленим површинама које омогућавају обилје природне светлости и визуелну повезаност са пејзажом.

4. ЗАКЉУЧАК

Камен је одувек био један од најзначајнијих грађевинских материјала, од праисторијских мегалита до савремених архитектонских остварења. Његова трајност, чврстоћа и естетска вредност омогућавају стварање објеката који дуго опстају. Камен остаје трајан симбол везе између човека, природе и архитектуре. Локални камен, својом бојом и текстуром, не служи само као материјал, већ као носилац идентитета и приче о месту. Кроз рад на пројекту „Кућа маслине“ научила сам колико је важно разумети простор у којем се гради и поштовати његове природне и културне вредности, као и то да је одговорна архитектура она која поштује место, материјал и човека. „Кућа маслине“ није само функционалан туристички и производни објекат, већ симбол очувања локалне традиције. Она показује да савремена архитектура може бити дубоко укорењена у контекст, али и отворена за нове интерпретације медитеранског стила.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] В. Crnković, Lj. Šarić, „*Građenje prirodnim kamenom*”, 2012.
- [2] Н. V. Janson, А. F. Janson, „*Istorija umetnosti*”, 2016.
- [3] N. Popović, „*Eksploatacija i obrada kamena*”, 2013.
- [4] R. L. Ramon, „*Kratka istorija arhitekture*”, 2009.

Кратка биографија:



Анастасија Кркљеш рођена је у Врбасу 13.02.2001. године.

Дипломски рад одбранила је на Факултету техничких наука 2023. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Архитектонско пројектовање одбранила је 2025. год.

Контакт:

anastasijakrkles6@gmail.com

Енергетска ефикасност на примјеру модуларне павиљонске структуре у урбаном контексту града Никшића

Exploring Energy Efficiency in Modular Pavilion Design: the Urban Context of Nisic

Андријана Дачевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај—Рада се бави истраживањем енергетске ефикасности павиљонске структуре која је састављена од модула. Основни циљ рада је одредити најефикаснију конфигурацију модула и испитати употребљивост генерисане енергије. Кроз примјену савремених алата и софтвера, анализира се како геометрија и њена оријентација утичу на стварање енергије из обновљивих ресурса.

Кључне речи: Енергетска ефикасност, модуларни дизајн, павиљонске структуре, савремени софтвери

Abstract – The thesis focuses on the investigation of the energy efficiency of a pavilion structure composed of modules. The main objective of the study is to determine the most efficient configuration of the modules and to examine the usability of the generated energy. Through the application of modern tools and software, the analysis explores how the geometry and its orientation affect the production of energy from renewable resources.

Keywords: Energy efficiency, modular design, pavilion structure, modern software

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је била др Ивана Бајшански, ред. проф.

1. УВОД

Предмет овог истраживања је интеграција обновљивих извора енергије у привремене урбане структуре, с посебним фокусом на дизајн павиљона који би био у модуларном облику. Истраживање обухвата области архитектуре, урбанизма, енергетске ефикасности, али и савремених софтвера који могу да допринесу развоју практичних рјешења која повезују љепоту, корисност и одрживост у модерним градским срединама.

2. ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ

Обновљиви извори енергије су неисцрпни извори из природе као што су сунце, вјетар, вода, биомаса и остали. Они се обнављају у природним процесима и употребом оваквих извора не нарушавају се еколошки аспекти, с обзиром да не загађују околину емисијом гасова.

Соларна енергија представља најчешће коришћен обновљиви извор у павиљонским структурама, јер се најлакше може имплементирати. Фотонапонски панели могу се поставити на кров или фасаду. Савремене технологије омогућавају примјену флексибилних и лаких соларних панела који се лако прилагођавају облику и структури павиљона. Данас се производе тако да не морају да нарушавају естетику објекта, већ могу да јој и допринесу. Енергија произведена на овај начин може се користити за осветљење, вентилацију, напајање технологије и тако даље.

Мале вјетротурбине представљају ефикасно рјешење за производњу електричне енергије на локацијама гдје постоји довољан проток ваздуха. Ове турбине се могу лако монтирати на кровне или носеће елементе павиљона, јер могу бити прилично компактне. Осим функционалне улоге, вјетротурбине често доприносе и визуелном идентитету објекта.

Биомаса и биогаз се ријетко користе у малим павиљонским структурама јер захтијевају велики простор и специфичну опрему, али могу бити дио ширег система. Интеграција обновљивих извора енергије у архитектонски дизајн павиљона не представља само технички изазов, већ и прилику за стварање визуелно препознатљивих структура.

3. СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА

Павиљони, који користе обновљиве ресурсе енергије, најчешће су експериментални и испитују однос човјека, технологије и природе. Неки од њих представљају самоодрживе микросистеме, што значи да генеришу енергију која је потребна за властито функционисање.

3.1. Павиљон на соларни и вјетроенергетски погон

Павиљон (слика 1) је замишљен као мјесто окупљања студената и професора Калифорнијског факултета. Павиљон је висок око 45 m и на његовом врху налази се вертикална вјетротурбина која производи електричну енергију. Она се може користити директно у оквиру кампуса или складиштити у батеријама које су смјештене у постољу павиљона.

Окретање турбине користи се и за генерисање интерактивних слика и звукова, који се приказују на централном пројекционом екрану. Додатну енергију

производе четири велика прстена фотонапонских ћелија, која се налазе на јужним странама. Те ћелије претварају сунчеву свјетлост у струју.

Оно што је необично јесте да се дио енергије која се произведе помоћу вјетра и сунца може претворити у водоник, користећи и кишницу са крова павиљона. Водоник и вода се чувају, па онда служе за напајање возила и других система кампуса, док се кишница, између осталог, користи и за наводњавање биљака. Тако је овај павиљон мултифункционалан у погледу енергетске ефикасности. Павиљон симболично подсећа на велики кишобран.



Слика 1. Павиљон на соларни и вјетроенергетски погон

3.2. Павеген плоче

Павеген плоче (слика 2) представљају иновативан систем који претвара кинетичку енергију људског кретања у електричну енергију. Ову технологију је 2009. године осмислио Британац Лоренс Кембал-Кук, заснивајући концепт на једноставној идеји – сваки корак постаје мали извор енергије. Плоче се уграђују у под, а када особа стане на њих, оне се лагано слегну (око 5–10 mm). Механички систем у комбинацији са електромагнетима тада претвара притисак у електричну енергију, при чему један корак може произвести просјечно 3,5 цула – довољно за неколико секунди рада LED сијалице.

Ове плоче се данас користе на различите начине. У урбаним срединама могу напајати улично осветљење, екране или сензоре, док се у школама и на игралиштима користе за осветљавање простора и едукацију деце о обновљивим изворима енергије. Павеген је постављен на многим локацијама широм свијета – од лондонског аеродрома Хитроу и Вест Хем стадиона, преко тржних центара и шеталишта у Дубају и Абу Дабију, до јавних паркова у Вашингтону, па чак и у афричким школама.

Павеген плоче су идеалан елемент за дизајн павиљона предвиђеног за овај пројекат, јер су визуелно ненаметљиве, а истовремено пружају све функционалности потребне за интеграцију одрживе енергије. Оне омогућавају генерисање електричне енергије из људског кретања, доприносе едукацији и

подизању еколошке свијести, а не нарушавају естетику и концепт самог павиљона, што их чини савршеним избором за овај простор.



Слика 2. Павеген плоче

4. АНАЛИЗЕ

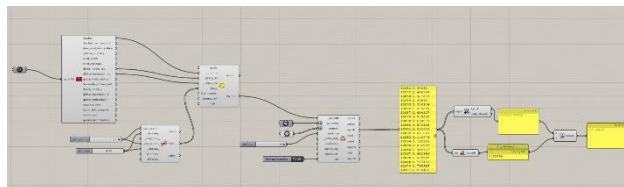
4.1. Локација

Како би се прецизније сагледали квалитети локација за постављање павиљона, спроведене су анализе радијације (слика 3) и просјечног броја осунчаних сати (слика 4) у одређеном периоду.

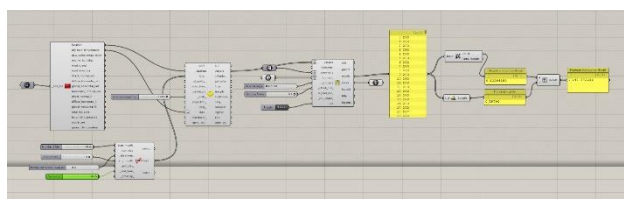
Анализе су рађене у софтверима Rhino и Grasshopper, уз коришћење додатака као што су Ladybug и Honeybee, који су омогућили интеграцију метеоролошких података и симулацију соларних утицаја. Као улазни податак узет је ерв документ који приказује временске услове за град Подгорицу, која се налази 50 km од Никшића.

Разматрано је пет локација: шеталиште Алексе Бачковића, плато испред робне куће „Никшићанке“, двориште Филозофског факултета, плато испред Дома револуције и пјешачка зона у „Кварту“. Критеријуми за одабир локација за постављање павиљона највише су се односили на доступност и фреквенцију кретања, пошто је за инсталацију ове врсте од изузетног значаја управо – интеракција људи.

За сваку од ових пет локација израђен је појединачни 3D модел урбаног окружења, укључујући основне волумене објеката и морфологију терена. Узет је обим 150 m x 150 m.



Слика 3. Код за радијацију



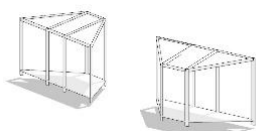
Слика 4. Код за осунчане часове

Уз помоћ ових анализа, добили смо најбољу просјечну радијацију од 53,59 kWh/m², у току мјесеца октобра, на локацији дворишта факултета. Сам графички приказ се разликује од осталих – на њему се уочава да је велики број ћелија грида у „црвеној зони“. Такође, на приказу се види јасан простор у средишњем дијелу на којем би могло да се развије велики број модула павиљона.

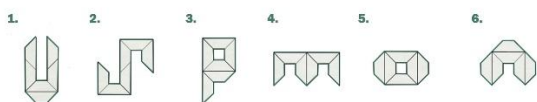
4.2. Варијације модула

Након истраживања модуларних форми и експериментисања у софтверима, изведен је изглед два микромодула (слика 5). Њиховим мултиплицирањем добиће се различите конфигурације модула. Изглед коначног модула мора имати одређену линију кретања, како би испоштовао програм галерије.

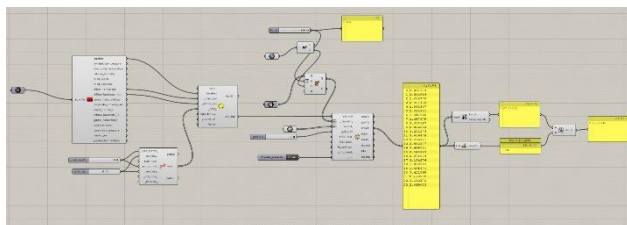
Направљено је шест конфигурација (слика 6) које задовољавају овај критеријум. Сви модули су састављени од шест микромодула. У даљој анализи, истраживани су и макромодули који садрже четири модула, односно 24 микромодула.



Слика 5. Микромодули



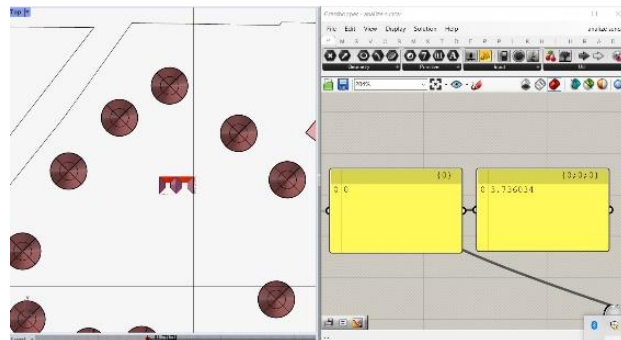
Слика 6. Конфигурације модула



Слика 7. Код за израчунавање радијације на павиљону

Анализе (слика 7) су рађене за све одабране конфигурације модула и њихових макромодула. Уз помоћ кода пронађен је угао који даје најбоље резултате за сваку од њих, и на основу тога упоредном анализом треба добити најефикаснији модул и његову позицију у дворишту.

Након анализа радијације, најбоље перформансе је показао модул број 4 (слика 8), који има просјечну радијацију 3,73 kWh/m². Његов одговарајући пар макромодула такође је показао највећу радијацију у односу на остале, која износи 3,55 kWh/m².



Слика 8. Анализа модула 4

5. ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА

На слици 9. приказан је рендер ентеријера одабраног модула у својој функцији галерије. За амбијент је изабрана палета зелених нијанси боја, која остварује природну и пријатну атмосферу. Отвори у модулу омогућавају визуелну повезаност са екстеријером и осталим модулима. Прозор између два модула остварује бољу прегледност простора.



Слика 9. Рендер ентеријера

Колаж екстеријера, на слици 10, показује како се павиљон уклопио у природни амбијент дворишта факултета. На крову павиљона уочавају се соларни панели, а на поду Павеген плоче.



Слика 10. Колаж екстеријера

6. ДОБИЈЕНА ЕНЕРГИЈА И ЕФИКАСНОСТ ПАВИЉОНА

6.1. Соларни панели

Енергија, добијена од соларних панела на павиљону, биће апроксимативно израчуната.

Формула за рачунање енергије [1]:

$$E = A \times r \times H \times PR \quad (1)$$

A је укупна површина соларних панела, у нашем случају рачунаћемо површину крова који је састављен од микромодула трапезоидног облика. Формула за рачунање површине трапеза је (2):

$$P = (a+b) \times h / 2 \quad (2)$$

Странице трапеза су: $a=3\text{m}$, $b=1\text{m}$, док висина износи $h=1,12\text{m}$. Када то уврстимо у формулу (2), добијамо:

$$P = (3\text{m}+1\text{m}) \times 1,12\text{m} / 2 = 2,24\text{m}^2$$

Пошто павиљон чини 6 микромодула, укупна површина је $13,44\text{m}^2$.

У формули r означава ефикасност панела. Стандардна ефикасност панела износи 20%, односно 0,2 [2].

H је просјечна соларна радијација, која је у овом случају добијена анализама у Grasshopper-у и износи $3,73\text{ kWh/m}^2$ у току једног дана.

PR (performance ratio) представља коефицијент перформанси, који приказује губитке. Његова вриједност је у домену 0,6 – 0,9 [3]. За апроксимационо рачунање енергије у овом случају узећемо средњу вриједност од 0,75.

Када уврстимо све вриједности у формулу (3), добијамо:

$$E = 13,44\text{m}^2 \times 0,2 \times 3,73\text{ kWh/m}^2 \times 0,75 = 7,51\text{ kWh} \quad (3)$$

Енергија добијена преко соларних панела на павиљону у току једног дана износи $7,51\text{ kWh}$.

6.2. Павеген плоче

У претходном тексту је наведено да један корак може да произведе 2–5 цула, односно у просјеку 3,5 цула.

Када погледамо павиљон, он се састоји од шест истих трапеза чија је средња линија дужине 2 m, што је укупно 12 m линије која је предвиђена за шетњу. Рецимо да једна особа пређе 12 m у 15 корака.

$$3,5\text{J} \times 15 = 52,5\text{J} \quad (4)$$

Ако павиљон посјети 50 особа дневно, та енергија би била:

$$52,5\text{J} \times 50 = 2625\text{J} \quad (5)$$

Када бисмо то претворили у kWh, ради упоређивања са енергијом добијеном из соларних панела, то би изгледало овако:

$$1\text{ kWh} = 3600000\text{J}, \text{ dakle } 1\text{J} = 1/3600000\text{ kWh} \quad (6)$$

$$2625\text{J} = 2625 / 3600000\text{ kWh} = 0,00072917\text{ kWh}, \text{ односно } 7,29 \times 10^{-4}\text{ kWh}$$

У односу на енергију која је добијена преко соларних панела, овај број је занемарљив на дневном нивоу. Тако да је апроксимативна вриједност енергије коју генерише павиљон у току једног дана: $7,51\text{ kWh}$.

7. ЗАКЉУЧАК

Кроз испитивање модуларних структура, примећено је да је потребно урадити више анализа да би се изабрала најбоља конфигурација. Када је у питању угао ротирања модула, који даје најбоље перформансе, он се може разликовати у случају када се модул мултиплицира. Његовим мултиплицирањем утицај контекста урбане средине може бити другачији. Пошто принцип модуларног пројектовања подразумева да се модул временом развија и шири, неопходно је урадити анализе како на самом модулу, тако и на његовим бројчаним варијацијама.

У случају овог пројекта једна конфигурација се знатно издвојила, па је и њен модул и макромодул показивао најбоље резултате. Када би било другачије, морали би се одредити и додатни критеријуми за одабир конфигурације.

Након апроксимационих прорачуна, који су узимали у обзир укупну површину панела, његову ефикасност, коефицијент губитака и просечну соларну радијацију, дошли смо до вриједности енергије од $7,51\text{ kWh}$.

Закључујемо да енергија генерисана овим павиљоном може да буде практично употребљива. Она доказује да павиљон може функционисати као независна јединица, али и користити своју енергију у функцији већег система.

Добијени резултати показују да и релативно мале соларне инсталације, правилно оријентисане и оптимизоване, могу имати стварни допринос.

8. ЛИТЕРАТУРА

[1] www.epa.gov, приступљно у новембру 2025.

[2] N.D. Kaushik, Anuradha Mishra, Anil K. Rai, „Solar Photovoltaics: Technology, System Design, Reliability and Viability 2018.“

[3] “Renewable and Sustainable Energy Reviews”, доступно на сајту scencedirect.com

Кратка биографија:



Анријана Дачевић рођена је у Никшићу, 2000. год. Дипломирала је на Факултету техничких наука у Новом Саду у области Архитектуре и урбанизма 2023. године.

контакт:
andrijanadacevic0507@gmail.com

Упоредна анализа софтвера за израду архитектонских рендера на примерима ентеријера

Comparative Analysis of Architectural Rendering Engines Using Examples of Interior Scenes

Ирена Бабић, Марко Јовановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – Истраживање се базира на упоредној анализи два софтвера за израду архитектонских приказа, Анрил Енџина (енг. *Unreal Engine*) и Ви-реја (енг. *V-ray*). Поређење се темељи на примерима сцена из ентеријера, у циљу процене рада у програмима и крајњег степена реалистичности приказа.

Кључне речи: рендеровање, фотореализам, софтвер, осветљење, текстура

Abstract – *The research is based on the analysis of two rendering engines used for creating architectural visualization, Unreal Engine, and V-ray. The comparison is accomplished through examples of interior scenes in order to determine the relation between the program workflows and the realism of the end results.*

Keywords: *rendering, photorealism, software, lighting, texture*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Марко Јовановић, ванред. проф.

1. УВОД

Архитектонска визуелизација представља „процес трансформације апстрактних геометријских модела и концептуалних скица у визуелне репрезентације које омогућавају антиципацију перцептивних и функционалних квалитета будућег грађевинског објекта“ [1]. У складу са тим, стилизоване презентације користе се у сврху дочаравања концептуалних квалитета, попут жељене атмосфере или планиране намене, док би реалистични прикази, требало да поседују цео скуп информације о тачном крајњем изгледу пројекта. Како употреба фотореалистичних садржаја, тј. генерисаних медија који се визуелно скоро па не разликују од стварних фотографија, омогућава тачнију перцепцију будућег објекта, у пракси је тренутно већа потражња за усавршењем ових приказа. Кроз употребу и интегрисање рачунарске графике у процес стварања визуелних материјала, постаје могуће креирати рендере који симулирају елементе попут осветљења и материјала у дигиталном

окужењу, на исти начин на који се они понашају у природи.

Архитектонски рендер јесте приказ, који настаје рачунарским процесом генерисања растерских слика из тродимензионалне геометријске сцене, кроз различите приступе прорачуна кретања светлости. Уз употребу рендера, у контексту визуелизације ентеријера, могуће је реплицирати било које својство амбијента, било да су то текстура или боја материјала, осветљеност простора, присуство рефлексија или амбијентални ефекти. Из овог разлога, данас и купци који се не баве архитектуром и не умеју да читају друге планове, могу бити подједнако информисани о томе како ће будући изграђени простор да изгледа, што поспешује разумевањем пројекта од стране свих странки. Тиме се знатно олакшава комуникација између пројектанта, клијента и извођача, смањујући неспоразуме и ризик од настајања грешака у фази реализације објекта.

Ову чињеницу потврђују и емпиријски подаци из индустрије, који указују да употреба реалистичних рендера у презентацијама некретнина повећава учесталост куповине за 27%, док употреба интерактивне визуелизације скраћују време ревизије пројекта за 35% [2]. Тиме се наглашава улога рендера као кључног фактора у доношењу одлука о просторном доживљају.

1.1. Област истраживања

Један од проблема који се јавља у оквиру ових студија, јесте време које је потребно за креирање самих приказа. Како реалистични рендери убрзавају процес комуникације, очекује се да се нађе и најбржа и најфикаснија техника за њихово генерисање, како би цео радни ток био брз и учинковит, а у исто време и крајњи резултат био на задовољавајућем нивоу.

У циљу постизања високог степена фотореализма, архитектонски бирои опредељују се за професионалне офлајн софтвере попут Ви-реја (енг. *V-ray*), који захтевају знатну количину времена за достављање финалних садржаја. Овај програм представља тренутни индустријски стандард за физички засновано рендеровање (енг. *physically based rendering, PBR*), што је метод симулирања кретања светлости у стварном свету, за постизање визуелно реалистичних приказа материјала и површи. У контексту ентеријера, Ви-реј

омогућава проверену верност у рекреирању различитих рефлективних, храпавих и прозирних материјала, као и додатних детаља прљавштине и оштећења. Међутим, у пракси је познато да рендеровање сцене у адекватној резолуцији, са одговарајућим подешавањима за жељене резултате може трајати од неколико сати до чак неколико дана. Насупрот томе, постоје и програми за рендеровање у реалном времену који користе напредне технике како би умањили ово време и омогућили тренутни приказ резултата. Водећи међу њима, тренутно је софтвер Анрил Енџин 5 (енг. Unreal Engine 5), са својственим напредним системима осветљења и прорачуна полигона геометрије. Ове технике омогућавају примену интерактивног дизајна, где се промене у диспозицији намештаја, интензитету светлости или материјалима виде тренутно. Још једна могућност Анрил Енџина јесте креирање имерзивних искустава, тј. доживљаја који стварају осећај присуства и активног учествовања у дигиталном окружењу, попут виртуелних шетњи, презентација виртуелне реалности или преклапања проширене реалности на постојеће просторе. Овде је, како год, фокус на знатном повећању брзине генерисања резултата, коју овај програм нуди.

С обзиром на ове чињенице, поставља се питање методолошког и техничког избора. Да ли је за креирање висококвалитетних рендера ентеријера ефикасније усвојити Ви-реј као професионални рендеринг систем унутар Аутодеск 3дс Мах платформе, који нуди загарантоване резултате, или се окренути могућностима Анрил Енџина за рендер у реалном времену, који нуди брзину и нове начине приказивања? Ова дилема отвара нову тему у склопу архитектонске репрезентације простора, унутар које се проучава прелазак са статичког ка динамичком и од пасивног ка интерактивном приказу.

1.2. Стање у области

Упоредивање перформанси и квалитета између ова два софтвера представља значајну дискусију у савременим истраживањима из области рачунарске графике, визуелизације и интерактивних медија.

Када се прави технички избор, битно је фокусирати се на цео систем рада, као и начине на које се креирају крајњи резултати. Један од главних аспеката процеса генерисања рендера јесу методе симулирања кретања тј. понашања светлости. Прва тренутно релевантна техника у архитектонској пракси, јесте реј-трејсинг (енг. ray-tracing), који прати кретање сваког појединачног зрака, послатог из камере, кроз пикселе на екрану. Када зрак наиђе на објекат, софтвер прорачунава на који начин би се он одбијао, преламао, апсорбовао или прошао кроз постојеће површи, а затим га прати назад до извора. На основу овог поступка, даљим напретком развили су се пет-трејсинг (енг. path-tracing) и Лумен (енг. Lumen) технике које користи Анрил Енџин. Пет-трејсинг је напредна метода реј-трејсинга, која додаје и принципе глобалне илуминације, чиме се генерише и индиректно осветљење и боје које се преносе између објеката, насумичним одбијањем сваког зрака, више пута. Лумен је креиран као динамички систем глобалног

осветљења, који омогућава промене у реалном времену, уз коришћење поједностављених површи, које апроксимирају геометрију, с којом интерагује зрак. Унутар Ви-реја примарни систем такође ради на принципу пет-трејсинга, са тим да се бира између Брут Форсе (енг. Brute Force) и Лајт Кејш (енг. Light Cache) метода. Брут Форсе за сваку тачку у сцени рачуна осветљење без интерполације између узорака, док Лајт Кејш чува информације о осветљењу сваке тачке с којом интерагује и прави мапе осветљења које се касније интерполирају у једну слику. Лајт Кејш је бржи, али прави грешке, док је Брут Форсе прави тачне прорачуне, али захтева више времена [3].

Како напредују ови системи, битна тема постају и могућности рачунара, да испрате нове захтеве. Са методама које врше физички тачне прорачуне, процес рендеровања, постаје захтевнији, тако да је битно изабрати их у складу са могућностима графичког процесора (ГПУ, енг. Graphics Processing Unit) односно централног процесора (ЦПУ, енг. Central Processing Unit) рачунара. На оптерећеност ЦПУ-а и ГПУ-а утичу и различити фактори, од којих првенствено сложеност геометрије, односно мешева (енг. mesh). Појам меш, односи се на омотач геометријског тела која се састоји од темена, ивица и површи, где се те површи називају још и полигони. Што је већи број полигона, дуже траје рендеровање. Други фактори се тичу сложености материјала, подешавања за степен шума (енг. noise) на рендеру, као и жељеног броја семплова (енг. samples). Смањивањем броја семплова, тј. броја светлосних зракова, чије се кретање рачуна за сваки пиксел, може се постићи већа брзина, али мања тачност финалног резултата. На сличан начин повећање шума на слици повећава се неправилност и тачкасти ефекат осветљења, али смањује рендеринг време. На основу ових података, закључује се да треба обратити пажњу и о односу перформанси и жељеног фотореализма приказа.

Истраживања спроведена у пракси указују на знатно већу брзину рендеровања Анрил Енџина и већи степен перципираног фотореализма на Ви-реј рендерима. Стога, се поставља питање да ли Анрил Енџин, може достићи адекватан ниво фотореализма, који би омогућио бржи рендеринг процес у будућности.

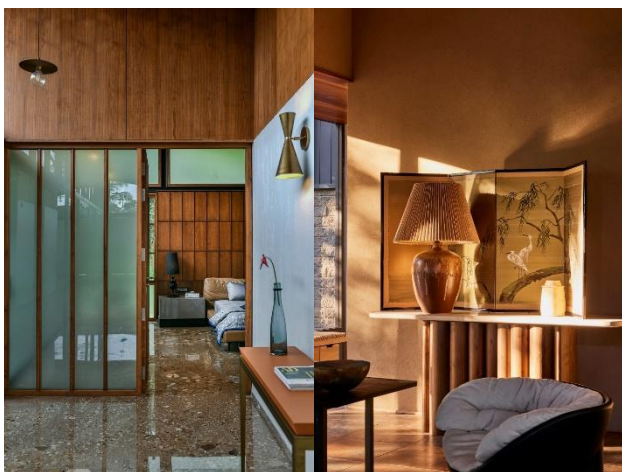
1.3. Циљ и критеријуми истраживања

У складу са овим проблемима, фокус рада биће на поређењу процеса креирања и перципираног крајњег квалитета приказа, измоделованих на основу примера ентеријерских сцена. Истраживање ће се односити и на откривања ефикаснијег и бољег одабира софтвера за учење за нове кориснике. Како Анреал Енџине има могућности симулације интерактивних визуелизација и видео приказа, цео процес рада био би знатно убрзан и поједностављен, када би се примарно генерисање статичних рендера, одвијало такође у овом програму. Главни циљ рада јесте, дакле, отворити тему о могућности употребе Анрил Енџина као јединог софтвера и за статичне и за динамичне имплементације, како би се омогућио један радни ток и учење само једног процеса. Битан фактор у решавању овог питања представљаће очување адекватне реалистичности приказа, за време које не умањује

ефикасност рада на пројекту. Треба открити који метод даје боље резултате, и у којој мери се они разликују, што ће бити праћено бележењем времена рендеровања и спровођењем анкете о веродостојности. Детаљно ће бити упоређен процес постављања сцене у оба програма, опције и методе подешавања, као и друге релевантне могућности.

2. МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Ради испитивања изводљивости остварења датог циља, у оквиру истраживања креирани су рендери у оба програма на основу две референтне ентеријерске сцене изграђеног архитектонског простора, тачније њихових фотографија. Референтне фотографије одабране су у складу са циљем рада, тако да тестирају другачију поставку камере, различите текстуре, својеврсну примену рефлексије и материјала који пропуштају светло, као и употребу различитих конфигурација осветљења. Као први пример, изабран је улаз испред спаваће собе Скју (енг. Skew) куће у Керали у Индији (Слика 1а) и део дневне собе Глас Риџ (енг. Glass Ridge) куће у Ла Канада Флинтриџу (енг. La Cañada Flintridge) у Северној Америци. (Слика 1б)



Слика 1. Фотографија из Скју куће (лево) и фотографија из Глас Риџ куће (десно) [1]

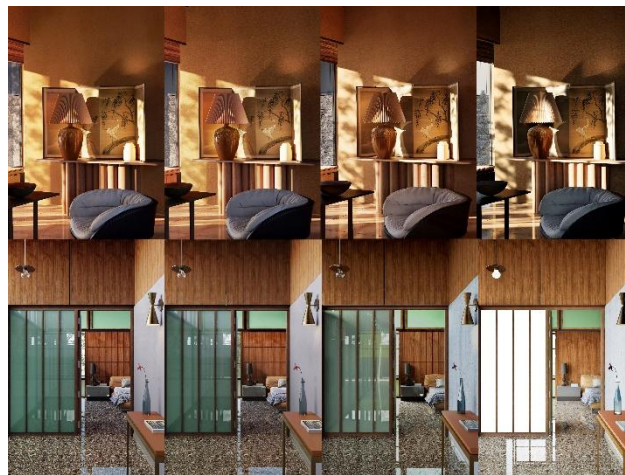
За оба приказа креиран је што веродостојнији тродимензионални геометријски модел, а затим су му била додељена својства попут текстура и боја. После тога, генерисани су рендери, са праћењем и тестирањем различитих принципа, који могу дати резултате, као што су опције ГПУ и ЦПУ рендеровања унутар Ви-реја и опције Лумена и пет-трејса у Анрил Енцину. Главно поређење вођено је између ГПУ приказа унутар Ви-реја који користи Брут Форс системе и приказа добијеног употребом пет-трејса у Анрил Енцину, како су ове методе најсличније у оба програма. Тестирало се и да ли други принципи дају погодније слике. Крајњи резултати упоређени су у односу на реалистичност, оцењену кроз анкету. Наспрам тога, мерило се време потребно за реализацију, а у процену је ушао и процес припреме сцене у оба софтвера. Посматрана су подешавања појединачних аспеката, а крајњи резултат добијен је

синтетисањем свих релевантних својстава, који су део истраживања.

Унутар овог рада анализирана је свака појединачна фаза у оквиру рекреирања сцене, која се састоји од постављања и моделовања геометрије, постављања камере, намештања параметара за рендеровање, подешавање осветљења, додавање материјала и текстура и техника пост-продукције.

2.1. Припрема сцене

Комбиновањем претходно наведених метода генерисања, а у циљу детаљнијег испитивања резултата, креирано је осам различитих рендера на основу примера ентеријера. За обе слике рекреирана су два приказа у Ви-реју са употребом Брут Форса, али један који користи ГПУ, а други ЦПУ, као и две слике из Анрил Енцина, где су тестиране пат-трејсинг и Лумен методе (Слика 2). За сваки је забележено време извршења сваког претходно споменутог корака, а даље је реалистичност тестирана кроз анкету.



Слика 2. Приказ свих рендера из Ви-реја и Анрил Енцина [2]

2.2. Анкета

Практични део анкете састојао се од питања базираних на упоређивању два визуала. Обухватио је шест парова, од којих су неки поредили два рендера, а други рендер са референтном фотографијом. За сваки пар постављено је питање: "Изаберите који од датих приказа сматрате да је фотографија реалног простора." са опцијама:

- Приказ лево је фотографија.
- Приказ десно је фотографија.
- Оба приказа су фотографије.
- Ниједан приказ није фотографија.

Уколико је испитаник одабрао опцију "Ниједан приказ није фотографија" постављено је потпитање за исти пример: "Изаберите који од датих приказа сматрате да је више реалистичан.", са одговорима:

- Приказ лево је реалистичнији.
- Приказ десно је реалистичнији.

Анкета је спроведена са циљем да се провери да ли су одређени рендери довољно реалистични да буду оцењени као фотографије реалног простора, као и да се

утврди релативна реалистичност међу различитим техникама.

3. РЕЗУЛТАТИ

На основу припремљених сцена, време рендеровања је у случају примене АНрил Енцин увек било краће од Ви-реја што је за очекивати, док резултати нису били толико видљиви. Један пример је време рендеровања, које је за Скју Хаус у случају Ви-реја применом ГПУ било 108 минута, насупротом 7 минута колико је било потребно за АНрил Енцин пат-трејсинг приступ, што је око 15 пута брже. За другу сцену је разлика још драстичнија, јер је време рендеровања око 30 пута брже, при чему се рендер у АНрил Енцину добија за око један минут.

Анкету је попунило 166 испитаника, од којих је 109 имало искуства у областима архитектуре и 3Д уметности, попут анимације и визуелизације, док 57 није имало додира са овим областима. Ово је битно, јер проверава у којој мери се разликују мишљења стручњака, од потенцијалних клијената који нису у истој бранши.

У оквиру анкете, оцењиван је квалитет приказа, на два начина. Први је био кроз тестирање, да ли ће испитаници помислити за неки од рендера да је реална фотографија изграђеног простора. Сваки пут када су перципирани као фотографије, прикази су добили по један бод, осим у случају када је слика упоређивана два пута, тада је прихваћена средња вредност резултата. Други начин је био за испитанике који су интерпретирали оба рендера, као рендере, али оценили један као реалистичнији. Сваки пут када је оцењен као реалистичнији, рендер је добио бод по истом принципу.

По том систему бодовања, на првом примеру Глас Риц куће, највише бодова је добио приказ из АНрил Енцина рађен пат-трејсингом у обе категорије, са 84.5 бода за потпуну фотореалистичност и 32 бода за већи степен реалистичности. Рендер из Ви-реја на ГПУ и ЦПУ имали су сличан број гласова, са 58 и 13, и са 56 и 18. На примеру Скју куће најбоље је оцењен приказ из Ви-реја на ЦПУ са 70 и 76 бодова, док је АНрил Енцин рендер са 61 и 36.5 гласова.

4. ЗАКЉУЧАК

На основу датих резултата, може се закључити да АНрил Енцин може у великој мери заменити Ви-реј у процесу генерисања рендера и постићи сличан степен реализма, уз употребу пет-трејсинг система за прорачуне осветљења. На ово даље указују одговори из првог дела анкете, где је АНрил Енцин био боље оцењен, од Ви-реја, што се може приписати и знатно бржим повратним информацијама, али и квалитету који пружа у материјализацији и осветљењу. Како је време рендеровања само неколико минута, лако се добије представа о крајњем резултату приказа, па је олакшан и корак исправљања потенцијалних грешака. У другом делу, Ви-реј сцена је оцењена као реалистичнија, али са малом разликом у гласовима у односу на пет-трејсинг сцену из АНрил Енцина. Ово указује на предност Ви-реја у тачном прорачуну

рефлективних површина, које су присутне на приказу. Ипак с обзиром на разлику у резултатима, та предност није знатна.

Упоредна анализа процеса постављања сцене указује на мању практичност АНрил Енцина у погледу креирања и измене геометрије, те је погоднији за случајеве где се увозе готови 3Д модели са интернета или измоделовани у другом софтверу. Поред тога, систем креирања материјала је мало комплекснији. Ипак, смањење времена за израду рендера са неколико сати на неколико минута, са сличним резултатима, оправдава временски, ове додатне кораке. Подешавања осветљења функционишу на сличном принципу.

Целокупан закључак указује на то да АНрил Енцине има велики потенцијал, да преузме улогу и рендеринг софтвера за статичне приказе и тиме олакша и интегрише цео радни ток креирања са интерактивним и динамичким визуелизацијама. Овим поступком био би поједностављен и процес учења програма, а знатно би било смањено и време рендеровања појединачних приказа.

Интеграција комплетног процеса унутар софтвера који је базиран на иновативним методама приказа, попут презентација виртуелних реалности, интерактивних сцена и преклапања са проширеном реалношћу, може усмерити архитекте на учесталију употребу ових напредних медија. То би представљало битан корак у разматрању свих могућности архитектонске репрезентације, као и помак даље у ефикасности целог система комуникације између пројектаната, клијената и извођача.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Y.E. Kalay, "Architecture's New Media", Cambridge, Massachusetts, MIT Press, Мај 2004.
- [2] Autodesk, "State of Design & Make Report", San Francisco, California, Autodesk Inc., Октобар 2022.
- [3] M. Pharr, W. Jakob, G. Humphreys, "Physically Based Rendering: From Theory to Implementation", Burlington, Massachusetts, Morgan Kaufmann Publishers, Март 2023.

Кратка биографија:



Ирена Бабић рођена је у Сремској Митровици 1999. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Архитектура – Архитектонска визуелизација и симулације одбранила је 2025.год.
Контакт: irena.babic36@gmail.com

Развој система за детекцију цурења на мотору центрифугалних пумпи***Development of a System for Detecting Leaks on Centrifugal Pump Motors***

Милица Васовић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – МЕХАТРОНИКА

Кратак садржај – У овом раду представљен је развој и израда аутоматизованог система за тестирање заптивки на склопу мотора пумпе. Циљ пројекта је унапређење контроле квалитета и елиминација неисправних производа из производног процеса. Систем је пројектован као комбинација пнеуматских и електричних елемената, управљаних преко ПЛЦ контролера и ХМИ интерфејса, који омогућавају потпуну аутоматизацију процеса тестирања.

Кључне речи: тестирање мотора, пнеуматика, ПЛЦ управљање, вакуум генератор, индустријска аутоматизација, заптивка мотора, контрола квалитета.

Abstract – In this paper, the development and implementation of an automated system for testing seals on the pump motor assembly are presented. The main goal of the project is to improve quality control and eliminate defective products from the production process. The system is designed as a combination of pneumatic and electrical components, controlled via a PLC controller and HMI interface, which enable full automation of the testing process.

Keywords: motor testing, pneumatics, PLC control, vacuum generator, industrial automation, engine gasket, quality control.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Ласло Тарјан, ванредни професор.

1. УВОД

Развој савремене индустрије условио је стално унапређење технолошких система, међу којима пумпни системи имају кључну улогу у снабдевању водом, транспорту флуида и бројним производним процесима. Посебан значај имају центрифугалне пумпе, које се одликују једноставном конструкцијом, поузданошћу и енергетском ефикасношћу. Њихов исправан рад у великој мери зависи од стања појединачних компоненти, посебно заптивки које

обезбеђују непропусност, спречавају губитак флуида и штите систем и околину.

Отказ заптивке може довести до губитака енергије, застоја у производњи, оштећења делова и еколошких инцидената. Због тога је у савременој индустрији развијена пракса систематског тестирања заптивки ради повећања поузданости и безбедности. Савремени, аутоматизовани системи за тестирање омогућавају прецизну проверу функционалности у реалним условима рада, уз елиминацију људских грешака и бољу контролу квалитета.



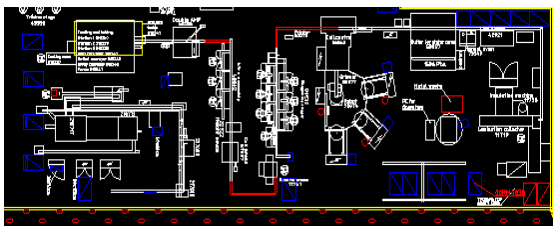
Слика 1. Заптивка центрифугалне пумпе

Овај рад приказује пројектовање и израду аутоматизованог система за тестирање заптивки на склопу мотора пумпе. Циљ је развој поузданог и ефикасног система који обезбеђује верификацију исправности заптивки и интеграцију у постојећи производни процес. Рад обухвата анализу постојеће производне линије, дефинисање захтева за нову машину, опис дизајна и управљачког система, као и развој PLC програма, HMI интерфејса и процеса скенирања радних налога. На крају је извршено тестирање и валидација система, чиме је потврђена његова функционалност и допринос повећању поузданости и квалитета производње.

2. АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СИСТЕМА

У овом поглављу описана је постојећа производна линија за монтажу и тестирање статора и склопа мотора, дизајнирана за ефикасан и поуздан ток процеса. Производња почиње машином Cup feeder која пуни линију палетама, затим се у машини за ламинацију формира језгро статора и поставља у палету. Fence buffer служи као складиште језгара и обезбеђује континуитет производње. У Coiling Center-у се врши намотавање жице на језгро, након чега

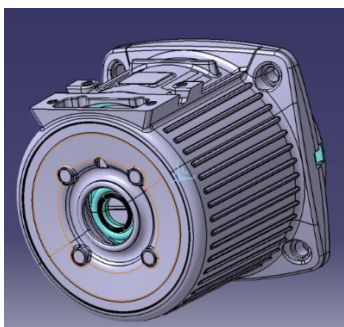
следи контрола отпора, означавање статора и ручна дорада на Finishing станици.



Слика 2. Распоред производне линије

Затим се постављају горња и доња капа, врши пресовање и мерење висине статора. Проводници се ручно повезују, а на Double AMP машини убацују се конектори. Потом се врши тестирање и „печење“ статора, чиме се постиже електрична стабилност и спремност за монтажу.

Други део линије обухвата склапање мотора. Статори, кућишта и ротори синхронизовано стижу на монтажну позицију. Кућиште се загрева ради лакшег уметања статора, затим се хлади и врши контрола висине. Потом се додаје заптивна гумица и убацује ротор, након чега се склоп финално означава и припрема за наредну фазу производње.



Слика 3. Кућиште мотора

3. ТЕХНИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ НОВЕ МАШИНЕ

У оквиру постојеће производне линије потребно је развити нову машину за тестирање мотора на цурење, односно детекцију присуства заптивне гумице на склопу мотора. Она се заснива на постојећем решењу са асембли линије, али прилагођена је посебним захтевима производње мотора са црним кућиштем, где је потребно избећи оштећења површине. Постојећа линија није пружала адекватне услове због чланкастог транспортера који гребе кућишта, па је пројектовање новог тестера било неопходно.

Нова машина биће интегрисана у линију за производњу мотора и служиће искључиво за проверу заптивености. Процес тестирања мора бити брз, трајање циклуса до пет секунди, и без оштећења површине кућишта. Предвиђен је универзални алат са Х-прстеном који омогућава тестирање више типова мотора без замене алата.

Функционално, машина врши пуњење мотора притиском и прати пад у задатом временском интервалу. Ако нема пада, мотор је исправан („ОК“); у супротном, означава се као неисправан („НОК“). Исправни мотори се аутоматски враћају на транспортну траку, док се неисправни пребацују на Reject conveyor.

Систем управљања заснива се на PLC контролеру који, на основу скенираног радног налога, одређује да ли мотор треба бити тестиран. На овај начин омогућено је селективно и ефикасно тестирање без непотребног задржавања линије. Машина је опремљена светлосном сигнализацијом која приказује статус рада. У случају квара или пуне траке за неисправне моторе, активира се звучни и визуелни аларм како би оператер одмах реаговао.

Тестер је пројектован у складу са безбедносним стандардима, са вратима за рад и сервисирање опремљеним безбедносним прекидачима који при отварању прекидају довод ваздуха и заустављају све покретне делове. Додатну заштиту обезбеђују PILZ сигурносни уређаји, заштитне баријере и тунели који спречавају приступ покретним механизмима и контакт са електричним деловима, чиме се осигурава безбедан и поуздан рад машине.

4. ПРОЈЕКТОВАЊЕ МАШИНЕ

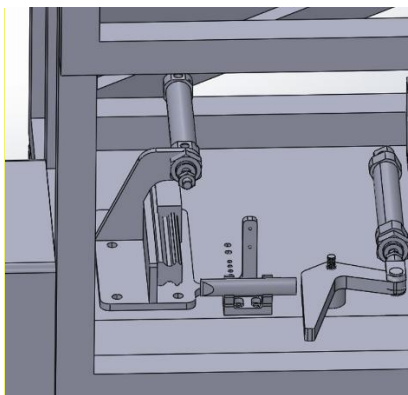
4.1 Функционалност и дизајн машине

Сам рад машине започиње након што бар-код скенер успешно региструје радни налог који садржи број мотора предвиђен за тестирање. Овај корак је кључан јер контролеру омогућава да препозна који се мотор налази у процесу и да на основу тога одлучи да ли ће активирати тестер. На овај начин обезбеђена је потпуна контрола над процесом, избегавају се грешке у идентификацији производа и гарантује да се свака операција изводи у складу са производним налогом. Скенер служи као улазни интерфејс система, док PLC контролер на основу добијених података врши поређење и одлучивање. На овај начин обезбеђује се да машина ради само са валидним налозима, што повећава поузданост и сигурност производног процеса.

Након успешног скенирања, мотор наставља свој пут кроз производни ток где пролази све планиране операције. Тестер представља аутоматизовану целину која се састоји од три главне функционалне јединице: стопер станице, станице за тестирање, где се врши провера заптивености мотора, и станице за одбацивање, која издваја неисправне моторе са главне транспортне траке.

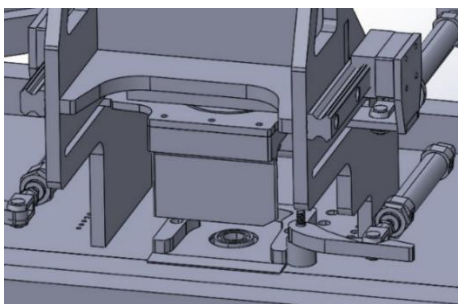
Прва станица, односно стопер станица, задужена је за контролу уласка мотора у тестну зону. Пнеуматски

цилиндр SMC CD85N25-100C-B делује као стопер који пропушта само један мотор у тестер, обезбеђујући сигуран и прецизан ток процеса. Његов рад контролише електро-пнеуматски разводник SMC SY5120-5YO-01F-Q који прима сигнал из PLC-а и управља кретањем цилиндра.



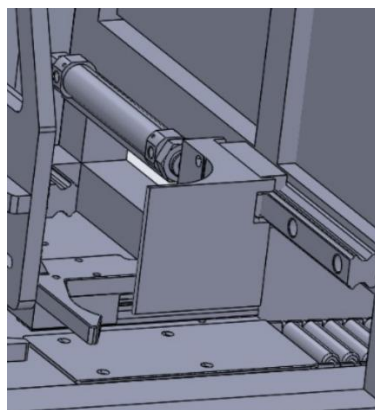
Слика 4. Стопер станица

Главна станица за тестирање изводи поступак провере заптивености применом вакуума. Мотор се позиционира помоћу пнеуматских цилиндара SMC CD85N25-120C-B, а херметичко затварање обезбеђују цилиндри SMC MGPM80TF-50Z и MGPM80TF-100Z. Вакуум генератор SMC ZM132HF-M21L-Q ствара подпритисак унутар затвореног простора, док регулатор притиска SMC ZSE30A-01-F континуирано надзире вредности и шаље сигнал у случају одступања. Ако се током теста не региструје пад притиска, мотор се означава као исправан, у супротном, резултат је негативан.



Слика 5. Станица за тестирање

Након тестирања, мотор се враћа на транспортну траку. Исправни мотори настављају ка баферу за складиштење, док се неисправни усмеравају ка станици за одбацивање. Ова станица, реализована помоћу два пнеуматска цилиндра (SMC CD85N25-130C-B и SMC CD85N25-230C-B), механички избацује неисправне моторе на посебну транспортну траку, чиме се они физички раздвајају од исправних производа и спречава њихов повратак у процес.



Слика 6. Станица за одбацивање

4.2 Управљачки систем

Уређај за тестирање цурења интегрише све кључне компоненте које омогућавају сигуран, поуздан и ефикасан рад. Систем обухвата управљачке елементе за контролу циклуса рада, безбедносне склопове за заштиту оператера, сензоре положаја и присуства радних комада, као и пнеуматске вентиле и актуаторе који директно реализују сам процес тестирања. За потребе праћења рада машине интегрисане су сигналне лампиче и визуелни индикатори који пружају јасан приказ стања уређаја, омогућавајући оператеру да у сваком тренутку има потпун увид у радни процес.

Контролна јединица садржи основне тастере за покретање (START), заустављање (STOP) и прекид циклуса (CANCEL), сви са интегрисаном LED сигнализацијом која индиректно приказује статус система. Зелени тастер означава активност машине, црвени тренутно зауставља рад, а плави омогућава сигурно прекидање започетог циклуса тестирања. Ови тастери, у комбинацији са визуелним сигнаlima, омогућавају да оператер прати све фазе рада, чак и у условима када није у непосредној близини уређаја. За реализацију овог система примењени су Schneider Electric елементи ZB4BW36 и ZBVВ1.

Безбедносни склопови обухватају централни сигурносни релеј PILZ PNOZ X3, тастере за хитно заустављање и сигурносне бравице на свим приступним вратима машине. Ови елементи су повезани тако да у случају било каквог отварања врата или активирања хитног прекида, напајање се одмах прекида, а механички делови машине се блокирају, чиме се минимизује ризик од повреда и оштећења опреме. Систем омогућава аутоматску детекцију прекида безбедносног кола и обавештавање PLC контролера о стању сваког елемента.

Сензори присуства радних комада (Omron E3Z-D86) и сензори положаја цилиндра (SMC D-A96) пружају повратне информације о положају мотора и клипова цилиндра, што омогућава контролеру да донесе

логичке одлуке о наставку процеса, заустављању или заштити од могућих грешака. Сви сигнали се обрађују и преносе на PLC, који управља пнеуматским вентилма, индикаторима и семафорским сигналима.

За даљу визуелну контролу рада машине користи се семафор XVMB2RAGSSB са три боје: зелена сигнализира нормалан рад, жута означава стање приправности или потребу за интервенцијом, а црвена указује на хитно заустављање или квар. На овај начин оператер може да прати стање машине са удаљене позиције, што повећава безбедност и ефикасност рада.

Сви улазни и излазни сигнали машине пролазе кроз монтажне клеме и индустријски конектор Harting, а затим се повезују са главним PLC ормаром производне линије. Ово омогућава интегрисан и координисан рад у оквиру целе линије, синхронизујући тестирање са другим производним операцијама и обезбеђујући поузданост и континуитет рада. Таква конфигурација гарантује да је сваки мотор правилно тестирани, да су сви сигнали видљиви, а оператер у сваком тренутку информисан и у могућности да брзо реагује.

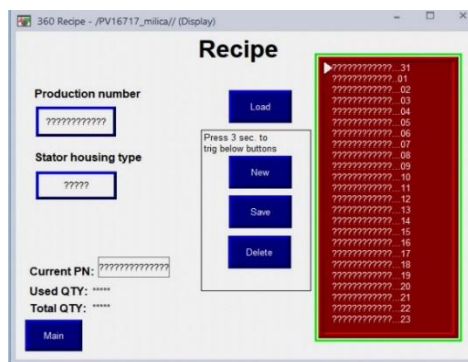
5. СОФТВЕРСКО РЕШЕЊЕ

Софтверско управљање тестером реализовано је преко PLC Allen-Bradley 1769-L32E CompactLogix, уз HMI PanelView Plus 7 и бар-код скенер Zebra LI4278. Програм је подељен у два сегмента: управљање радним налозима и функционалност тестера.

Управљање радним налозима омогућава ефикасну контролу над процесом тестирања мотора и обезбеђује да само исправни радни налози буду прослеђени на тестер. Оператор преко HMI панела уноси нове радне налоге, дефинише њихов јединствени идентификатор и тип кућишта мотора (1 – сиво глатко, 2 – сиво ребрasto, 3 – црно глатко, 4 – црно ребрasto). Ови подаци се чувају у интерној бази PLC-а, што омогућава лако препознавање радног налога при наредним проласцима мотора.

Систем нуди следеће функције за рад са налогом:

- Нови налог (New): проверава да ли налог већ постоји и, уколико не, уписује га у базу и приказује на HMI-ју.
- Учитавање налога (Load): омогућава избор постојећег налога за преглед или измену, а подаци се приказују на HMI-ју.
- Чување налога (Save): ажурира базу података са измењеним подацима, уз визуелну потврду на HMI-ју.
- Брисање налога (Delete): уклања избрани налог из базе и освежава приказ на HMI-ју.



Слика 7. Прозор за уношење нових радних налога

За идентификацију налога током производње користи се бар-код скенер, који преноси податке PLC-у преко серијске комуникације. PLC упоређује скенирани код са базом налога и аутоматски препознаје тип кућишта мотора, одлучујући да ли ће налог бити послат на тестирање. Оваквим механизмом се спречавају грешке и осигурава контрола над укључивањем само исправних радних налога у процес тестирања.

Функционалност машине за тестирање омогућава аутоматизовану проверу заптивања мотора уз контролу кретања комада и резултата теста. Машина се активира само ако су испуњена два основна услова: скенирани радни налог садржи тип кућишта који захтева тестирање (црно глатко или црно ребрasto) и унесен је укупан број комада за производњу.



Слика 8. Прозор за праћење броја тестираних комада

У иницијалној позицији, стопера и цилиндри одржавају комаде на одговарајућим позицијама како би се обезбедило тачно и безбедно увођење у зону тестирања. Стопери 1 и 2 контролишу размак између комада, док стопер 3 држи комад на позицији за тестирање.

Након позиционирања, активирају се цилиндри који притискају моторе ради тестирања заптивања. Притисак се одржава одређено време, а регулатор контролише да ли је достигнут потребан ниво. Ако комад прође тест, враћа се на траку за исправне комаде, ако не, систем га усмерава на траку за одбацивање.

Систем прати број тестираних комада за сваки радни налог и омогућава аутоматско бројање, што обезбеђује потпуну контролу над процесом и спречава прескакање или неправилно тестирање мотора. Сав рад актуатора и стопера је синхронизован

са сензорима положаја и присуства комада, што омогућава непрекидан и сигуран рад машине у аутоматском режиму.

6. ИЗРАДА, ТЕСТИРАЊЕ И ВАЛИДАЦИЈА СИСТЕМА

У оквиру израде система, конструисане су и повезане све пратеће инсталације неопходне за правилан рад машине. То укључује пнеуматски и електрични ормар машине, као и повезивање са електричним ормаром главне производне линије где је смештен главни PLC контролер.



Слика 9. Електрични ормар

Комплетна реализација обухватила је и монтажу механичких делова, транспортних система и цилиндара са специјално дизајнираним алатима. Након монтаже, извршено је детаљно тестирање и провера интеграције.

Тестирање и валидација обављени су у више фаза:

- Функционално тестирање – проверена је исправност свих компоненти појединачно (сензори, цилиндри, вентили, тастери, лампице) и њихова реакција на улазне и излазне сигнале.
- Системско тестирање – провераван је аутоматски рад машине, укључујући редослед покрета стопера, рад гурача, позиционирање мотора и активацију алата за заптивање, као и рад вакуум генератора и регулатора притиска. Тестирани су сви типови кућишта мотора и различите комбинације са и без гумене заптивке.
- Тестирање у условима грешке – намерно су симулиране неправилности, као што је уметање мотора без заптивке, и проверавана је реакција на притискање STOP и TOTAL STOP тастера. Машина је у свим случајевима моментално прелазила у безбедно стање.

Резултати показују да су сви улазни и излазни сигнали исправно повезани, да PLC логика управљања функционише у складу са дефинисаном секвенцом корака, да систем поуздано раздваја исправне и неисправне моторе и да безбедносне функције обезбеђују сигуран рад.



Слика 10. Машина – поглед са предње стране

На основу тога, систем у потпуности испуњава пројектне захтеве и спреман је за рад у производној линији.



Слика 11. Машина – поглед са задње стране

7. ЗАКЉУЧАК

Представљен је аутоматизован систем за тестирање мотора на цурење који поуздано раздваја исправне од неисправних мотора. Систем користи PLC управљање, пнеуматске и електропнеуматске елементе, вакуум генератор и регулатор притиска за прецизно тестирање. Тестирања су показала да систем исправно детектује цурења, да ради сигурно и стабилно у аутоматском режиму, и да је успешно интегрисан у производну линију, чиме се обезбеђује контрола квалитета и ефикасност производње.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] European Association of Pump Manufacturers (1999), "NPSH for rotodynamic pumps: a reference guide", 1st edition.
- [2] A. Stepanoff (1957), "Centrifugal and axial flow pumps: theory, design and application". 2nd edition, John Wiley & Sons

Кратка биографија:



Милица Васовић рођена је 2001. године у Сомбору, Србија. Дипломски рад под називом „Пројектовање и израда прототипа станице за утискивање и детекцију ознака “ на Факултету техничких наука одбранила, је 2023. године.



Пројектовање и имплементација паметног система за паркирање

Design and implementation of a smart parking system

Петар Граховац, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – МЕХАТРОНИКА, РОБОТИКА И АУТОМАТИЗАЦИЈА

Кратак садржај – Задатак паметног система за паркирање обрађује развој аутоматизованог система затвореног типа за управљање паркинг местима, заснованог на NFC/RFID идентификацији корисника. Систем интегрише сензоре, актуаторске механизме, програмабилни контролер и визуелне индикаторе заузетости. Посебан акценат је стављен на пројектовање штампане електронске плоче (PCB), софтверску архитектуру и дизајн макете. Систем омогућава и екстерно управљање, чиме се проширују његове функционалне могућности. Рад описује све фазе развоја – од хардверске организације и комуникационих протокола, преко софтверских алгоритама, до израде макете и апликације за екстерно управљање паркингом.

Кључне речи: аутоматизација, PCB, паркинг, бесконтактна комуникација

Abstract – This thesis presents the development of an automated smart parking system, based on NFC/RFID user identification. The system integrates sensors, actuator mechanisms, a programmable controller, and visual indicators of occupancy. Special emphasis is placed on PCB design, software architecture and 3D model prototyping. The system also supports external control, enhancing its functional capabilities. The paper describes all development phases – from hardware organization and communication protocols, through software algorithms, to 3D model design and the application for external management.

Keywords: automation, PCB, parking, contactless communication

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Гордана Остојић, ред. проф.

1. УВОД

У последњих неколико година, концепт паметних градова све више добија на значају, а са њим и потреба за интелигентним решењима у области саобраћаја и инфраструктуре. Један од кључних изазова у урбаним срединама јесте ефикасно управљање паркинг просторима.

Традиционални системи често не пружају довољно информација о доступности места, нити омогућавају аутоматизовану контролу приступа. Паметни системи за паркирање представљају одговор на ове изазове, комбинујући сензорску технологију, електронске компоненте и софтверске алгоритме како би се обезбедила поуздана, флексибилна и аутоматизована контрола над паркинг инфраструктуром. У оквиру овог рада развијен је аутоматизовани систем затвореног типа који користи NFC/RFID технологију за идентификацију корисника, омогућава детекцију заузетости, контролу приступа као и визуелну сигнализацију стања паркинг места. Унапређење система огледа се у увођењу могућности даљинске интеракције, којом се омогућава надзор над статусом кључних компоненти у реалном времену, управљање приступним рампама и увид у евиденцију улазака возила.

2. СТРУКТУРА СИСТЕМА

У овом поглављу представљена је техничка структура система, са фокусом на распоред хардверских компоненти и њихове међусобне функционалне везе.

2.1. Хардверска основа

У табели 1 приказана је техничка конфигурација система, заснована на микроконтролеру ESP32-DevKit-C [1,2], уз примену различитих сензора и актуатора који заједно омогућавају реализацију свих функционалности паметног система за паркирање.

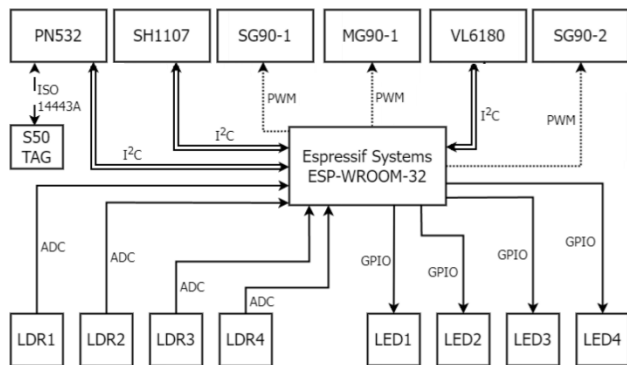
Табела 1. Хардверска основа система

Компонента	Функција
ESP32 модул [2]	Управљање системом
RFID модул	Провера идентификације
OLED екран	Приказ слободних места
SG90 мотори	Управљање рампама
MG90 мотор	Управљање стубом
Фотоотпорници [3]	Провера заузетости места
RGB LED диоде	Индикатор заузетости места
ToF сензор	Провера присуства на излазу

Систем користи три мотора – два мотора SG-типа за рампе и један мотор MG-типа за потапајући стуб, док је за свако од четири паркинг места примењен по један фотоотпорник и RGB LED диода.

2.2. Архитектура система

На слици 1 приказана је системска архитектура модула који чине систем, заједно са протоколима комуникације који омогућавају размену података међу њима.



Слика 1. Системска архитектура

3. КОМУНИКАЦИОНИ ПРОТОКОЛИ

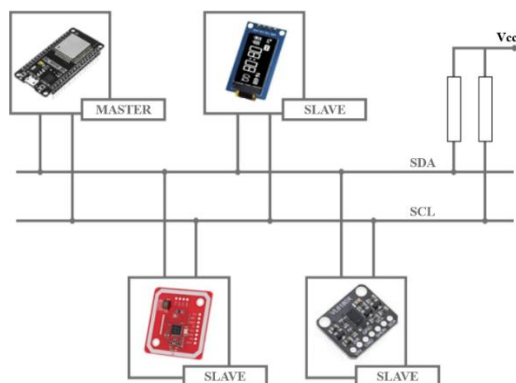
У Табели 2 приказани су комуникациони протоколи који омогућавају међусобну размену података између модула система.

Табела 2. Комуникациони протоколи

Протокол	Енглеска скраћеница
I ² C	Inter-Integrated Circuit
PWM	Pulse width modulation
ADC	Analog to Digital Converter
GPIO	General-purpose input/output
ISO14443A [4]	Contactless communication

3.1. I²C комуникација

Коришћен је I²C комуникациони протокол у конфигурацији са једним master и више slave уређаја. На слици 2 приказана је шема ове комуникације у оквиру пројекта, где master уређај представља главни контролер система, док су slave уређаји RFID модул, OLED екран и сензор присуства испред излазне рампе.



Слика 2. I²C комуникација

3.2. Ширинско-импулсна модулација

Мотори који управљају отварањем и затварањем улазне и излазне рампе контролисани су путем сигнала ширинско-импулсне модулације (PWM). Поред њих, истим сигналом управља се и мотором који покреће потапајући стуб испред резервисаног места, при чему је овим мотором могуће управљати искључиво екстерно.

3.3. Аналогно-дигитална конверзија

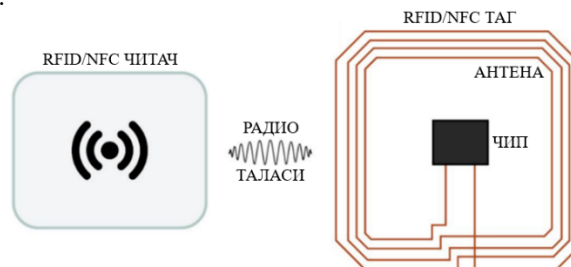
За претварање аналогног сигнала фотоотпорника [3] у дигитални коришћени су аналогно-дигитални пинови микроконтролера. Фотоотпорници се користе за детекцију присуства или одсуства светла, при чему је њихова отпорност обрнуто пропорционална интензитету осветљења — што је светлост слабија, отпорност је већа. На основу измерене отпорности може се закључити колику количину светлости сензор прима. У овом случају није потребно прецизно мерење интензитета светлости, већ само детекција њеног присуства или одсуства. Када је паркинг место празно, фотоотпорник прима светлост, па је његова отпорност мања. Када се возило паркира и закљони амбијентално светло, отпорност фотоотпорника расте, што указује на одсуство светлости.

3.4. Улазно-излазни пинови

Дигитални излазни пинови микроконтролера коришћени су за управљање RGB LED диодама, које у овом пројекту служе као визуелни индикатори заузетости паркинг места. Зелено светло означава слободно место, док црвено сигнализира да је место заузето.

3.5. Бесконтактна комуникација

У овом пројекту користе се RFID тагови који комуницирају на фреквенцији од 13,56 MHz, у оквиру високофреквентног (HF) опсега [4]. За успостављање ове врсте бежичне комуникације неопходна су два основна елемента: PCD (proximity coupling device), односно РФИД модул који врши идентификацију корисника, и PICC (proximity integrated circuit card), тј. RFID таг који се налази на возилу и служи за валидацију идентитета. Бесконтактна размена података између ова два уређаја приказана је на слици 3.

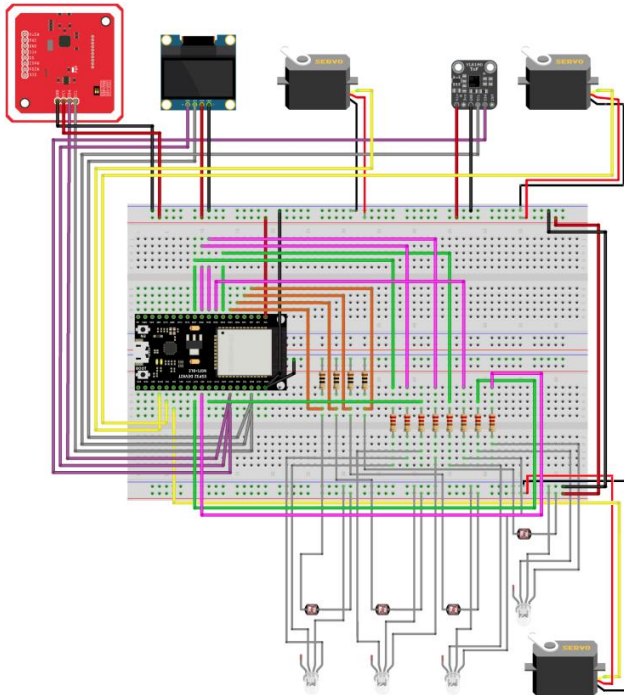


Слика 3. Бесконтактна комуникација [4]

У сваки RFID таг уписан је јединствени идентификациони број (ID), чиме се омогућава контрола приступа паркинг простору. Систем води евиденцију о уласцима возила, од тренутка активације па до губитка напајања, а листа улазака доступна је кроз апликацију за екстерну контролу.

4. ШЕМАТСКИ ПРИКАЗ СИСТЕМА

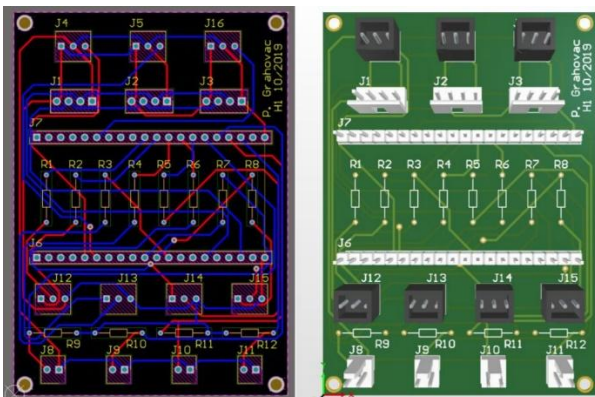
На шематском приказу [5,6] представљени су електронски модули, њихов распоред и начин међусобног повезивања у оквиру паметног система за паркирање.



Слика 4. Шематски приказ система [5,6]

5. РСВ ПРОЈЕКТОВАЊЕ

Тестирање рада система извршено је на основу шематског приказа пројекта, користећи микроконтролер, електронске компоненте, краткоспојнице и протоплочу. Након успешног тестирања, шема је пренета у облик електронске плоче (РСВ), чиме је значајно смањен број каблова, елиминисана потреба за протоплочама и обезбеђена поузданија веза захваљујући конекторима који спречавају губитак контакта. Узимајући у обзир димензије штампане плоче и комплексност проводних веза, примењен је двослојни дизајн ради оптималне функционалности и распореда компоненти. Приказ дизајниране електронске плоче дат је на слици 5.



Слика 5. 2D/3D приказ електронске плочице

6. ПРОГРАМ СИСТЕМА

У овом поглављу описан је начин програмирања и алгоритам за управљање овим системом. Корак након одабира компонента и њиховог међусобног повезивања је писање програма. Применом секвенцијалног редоследа извршавања акција не дозвољава се да се започне наредна акција пре него што се заврши претходна. Алгоритам се састоји од акција које се извршавају и услова за прелазак из једне акције у другу.

6.1. Главни програм

Након покретања система, извршава се иницијализација свих компоненти. Ако је иницијализација успешна, наставља се са даљим извршавањем акција. У случају да иницијализација није успешна, ради се поновна иницијализација. Поред иницијализације компоненти, врши се калибрација сензора испред излазне рампе тако што се читава 50 узорака и израчунава њихова средња вредност, која представља референтну вредност када се возило не налази на излазу и користи се за поређење са наредним читавањима како би се утврдило да ли је возило пришло излазној рампи. За свако паркинг место врши се калибрација фотоотпорника тако што се за сваки од четири фотоотпорника читава 50 узорака и израчунава средња вредност, која представља амбијентално осветљење када се возило не налази на паркинг месту. Та вредност се користи као референца за поређење са наредним читавањима, како би се утврдило да ли је возило паркирано.

Након успешне иницијализације свих компоненти, извршавају се следеће функције по наведеном редоследу:

6.2. Мод читања RFID модула на улазу

На улазном делу паркинга, испред улазне рампе, налази се модул за идентификацију путем RFID технологије. Покреће се режим читања, и у случају успешног читавања RFID тага, проверава се његова валидност. Ако се ID тага налази у систему, на екрану се приказује идентификација, а улазна рампа се отвара. Уколико ID није регистрован у систему, на екрану се приказује порука да је приступ паркингу одбијен.

6.3. Мод читања сензора на излазу

На излазном делу паркинга, испред излазне рампе, постављен је сензор присуства. Када се његова вредност значајно разликује од референтне вредности добијене током иницијализације, то указује на присуство возила које жели да напусти паркинг. У том случају, излазна рампа се аутоматски отвара.

6.4. Читање са фотоотпорника

На средини сваког паркинг места, у равни са коловозом, постављен је по један фотоотпорник. Када се његова вредност значајно разликује од референтне вредности добијене током иницијализације, то указује да је на том месту паркирано возило. У том случају, у коду се бележи да је место заузето. Ако нема промене у односу на референтну вредност, бележи се да је место слободно.

6.5. Промена боје RGB LED диоде

Изнад сваког паркинг места постављена је RGB LED диода. Када је место заузето, одговарајућа диода мења боју из зелене у црвену. Уколико је место слободно, диода остаје зелене боје, сигнализирајући доступност.

6.6. Исписивање стања на екран

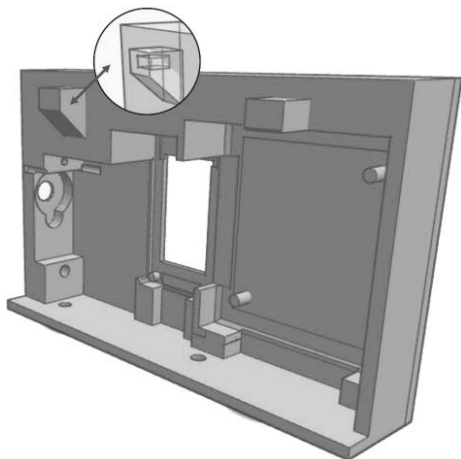
Између модула за идентификацију и улазне рампе налази се екран који је видљив возилима при приласку паркингу. Током рада система, на екрану се приказује тренутни број слободних паркинг места. Уколико модул за идентификацију прочита RFID таг, приказ се мења — у зависности од валидности тага, на екрану се исписује порука о успешној идентификацији или обавештење да је приступ паркингу одбијен.

7. ПРОЈЕКТОВАЊЕ МАКЕТЕ

Макета је пројектована тако да све компоненте буду лако доступне, без потребе за коришћењем алата. Димензије су компактне, што омогућава једноставно руковање и прегледност. Макета се састоји од:

- Основне плоче
- Помоћне плоче
- Зид индикације заузетости места
- Контролне кутије
- Аутомобила

Сваки модул је прецизно димензионисан и поседује одговарајући држач. Унутар макете су постављени неодијумски магнети [7] који омогућавају лако отварање и затварање њених делова. Ова функционалност је приказана на примеру улазног зида макете, где се налазе држачи за модул за идентификацију, екран и мотор улазне рампе.



Слика 6. Улазни зид макете [7]

8. АПЛИКАЦИЈА ЗА ЕКСТЕРНО УПРАВЉАЊЕ

Апликација омогућава праћење листе улазака возила у реалном времену, као и статус кључних компоненти система, укључујући и успешност њихове иницијализације приликом покретања. Омогућено је управљање рампама, независно од аутоматизованог режима рада, као и спуштање или подизање потапајућег стуба резервисаног паркинг места, којем се не може приступити без коришћења апликације.

9. ЗАКЉУЧАК

Реализацијом система демонстрирана је могућност израде функционалног, аутоматизованог система за управљање паркинг местима, заснованог на савременим технологијама као што су NFC/RFID идентификација, сензорска детекција и актуаторска контрола. Интеграцијом хардверских и софтверских компоненти, уз јасно дефинисану архитектуру и модуларни приступ, систем омогућава поуздану локалну и даљинску контролу, као и проширивање ка различитим врстама возила и сценаријима примене. Овај рад представља основу за даље унапређење система у правцу скалабилности и интеграције са ширим концептом паметне инфраструктуре.

10. ЛИТЕРАТУРА

- [1] H. Kareem, D. Dunaev, "The Working Principles of ESP32 and Analytical Comparison of using Low-Cost Microcontroller Modules in Embedded Systems Design," *2021 4th International Conference on Circuits, Systems and Simulation (ICCSS)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2021, pp. 130-135, doi: 10.1109/ICCSS51193.2021.9464217.
- [2] Espressif ESP32-DevKit-C V4 development board, https://docs.espressif.com/projects/esp-dev-kits/en/latest/esp32/esp32-devkitc/user_guide.html (приступљено у јуну 2025.)
- [3] Light Dependent Resistor (LDR), <https://www.electronicsforu.com/technology-trends/learn-electronics/ldr-light-dependent-resistors-basics> (приступљено у јуну 2025.)
- [4] Nak-Gwon Choi, Hyuek-Jae Lee, Sang-Hoon Lee and Seong-jeon Kim, "Design of a 13.56 MHz RFID system," *2006 8th International Conference Advanced Communication Technology*, Phoenix Park, 2006, pp. 4 pp.-843, doi: 10.1109/ICACT.2006.206094.
- [5] Fritzing circuit, <https://fritzing.org/learning/tutorials/building-circuit> (приступљено у јулу 2025.)
- [6] Custom Fritzing parts, <https://learn.sparkfun.com/tutorials/make-your-own-fritzing-parts/what-is-fritzing> (приступљено у јулу 2025.)
- [7] Embedded magnets in 3D print, https://docs.espressif.com/projects/esp-dev-kits/en/latest/esp32/esp32-devkitc/user_guide.html (приступљено у октобру 2025.)

Кратка биографија:



Петар Граховац рођен је 1996. у Зрењанину. Дипломирао је 2019. године на Факултету техничких наука, смер Мехатроника, на којем је исте године уписао мастер студије.

Контакт: grahovac@null.net

Израда геопортала за заштићена подручја: од модела до коначног производа

Development of a Geoportal for Protected Areas: from Data Model to Final Product

Наталија Радић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – ГЕОДЕЗИЈА И ГЕОИНФОРМАТИКА

Кратак садржај – Геопортал за заштићена подручја развијен је у складу са INSPIRE директивом. Модел базе података креиран је у Enterprise Architect-у, подаци су усклађени помоћу FME-a и публиковани на GeoServer, а на самом крају је израђена веб апликација с основним функционалностима геопортала.

Кључне речи (три до пет): Геопортали, GIS, FME, PgAdmin, HTML

Abstract – The geoportal for protected areas was developed in accordance with the INSPIRE directive. The database model was created in Enterprise Architect, the data were harmonized using FME and published on GeoServer, and finally, a web application with basic geoportal functionalities was developed.

Keywords: (three to five): Geoportals, GIS, FME, Pgadmin, HTML

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Александра Радуловић.

1. УВОД

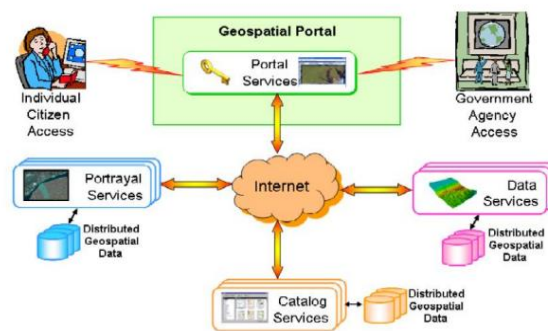
Геопортал омогућава корисницима приступ, претраживање и коришћење геопросторних података путем интернета, користећи стандардне сервисе и ГИС технологије [1]. У овом раду, коришћењем INSPIRE теме „Заштићена подручја“, развијен је концептуални модел базе података у Enterprise Architect-у, дефинисана је шема базе у pgAdmin-у, а подаци су усклађени у FME-у и имплементирани у базу. Након тога, подаци су публиковани на GeoServer, а израђена веб апликација омогућава интерактивну визуализацију и основне функционалности за рад са геопросторним информацијама.

2. АРХИТЕКТУРА ГЕОПОРТАЛА

OGC је развио референтну архитектуру геопортала с циљем олакшавања, убрзавања и стандардизације имплементације геопросторних портала. Референтна архитектура дефинише опсег, циљеве,

функционалности и понашање портала, служећи као водич за изградњу оперативних геопортала који омогућавају приступ геопросторном садржају, мапама и метаподацима. Ова архитектура садржи четири класе сервиса (Слика1):

- 1) Портал сервиси (Portal Services) - омогућавају приступ и администрацију портала.
- 2) Каталог сервиси (Catalog Services) - служе за претрагу геопросторних података и сервиса
- 3) Сервиси за презентацију (Portrayal Services) - припремају податке за приказ.
- 4) Сервиси података (Data Services) - омогућавају приступ и обраду геопросторних садржаја [2].



Слика 1. Референтна архитектура геопортала [2]

3. INSPIRE ДИРЕКТИВА

INSPIRE је иницијатива Европске уније усмерена на успостављање јединствене инфраструктуре просторних података у Европи, чиме се омогућава доступност, интероперабилност и коришћење квалитетних геоинформација за подршку креирању и праћењу политике. Директива поставља правни оквир, приоритете тема и принципе похране, одржавања и дељења података, док алати попут FME олакшавају хармонизацију и интеграцију постојећих геоподатака. Основне компоненте су метаподаци, интероперабилност, мрежне услуге, заједничко коришћење података и координацију надзора, а покривају 34 тематске области просторних података

неопходних за изградњу ефикасног система информација о околини [3].

4. БАЗА ПОДАТАКА

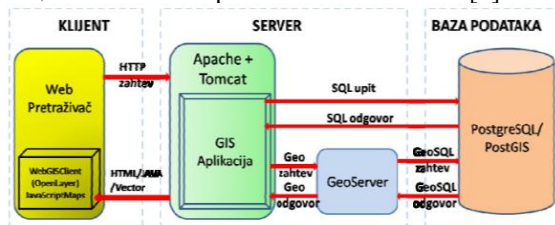
База података је организован и логички повезан скуп података који се чувају и користе за добијање информација, укључујући и метаподатке који описују структуру, везе и правила приступа подацима. Систем за управљање базом података (DBMS) омогућава интеракцију корисника и апликација са подацима на диску, док сам систем базе података обухвата кориснике, апликације, DBMS и саму базу података, чинећи целину потребну за ефикасно складиштење, приступ и управљање подацима [4].

5. ETL

ETL (Extract, Transform, Load) је процес који омогућава издвајање података из различитих извора, њихову трансформацију и учитавање у централизовано складиште података (Data Warehouse). Главна сврха ETL-а је оптимизација података за аналитику, стварајући окружење погодно за анализу великих скупова података и омогућавајући интеграцију информација из различитих извора ради боље пословне и аналитичке подршке [5].

6. АРХИТЕКТУРА ВЕБ АПЛИКАЦИЈЕ

Трострука (клијент/сервер) архитектура веб ГИС система састоји се од три слоја (Слика2). Први слој, кориснички интерфејс, омогућава преглед мапа, просторне упите и коришћење сервиса путем веб претраживача користећи Java, PHP, JavaScript и OpenLayers. Други слој, пословна логика, обрађује захтеве корисника, генерише SQL упите и изолује клијента од базе, повећавајући сигурност и ефикасност. Трећи слој, слој података, складишти просторне податке, извршава упите и враћа резултате кориснику преко GeoServer-а, Tomcat-а и Apache-а. Ова архитектура омогућава сигуран и ефикасан рад са геоподацима, док одабрани софтвер (PostgreSQL, GeoServer, Apache, Java, OpenLayers) обезбеђује функционалан и интерактиван ГИС систем [6].



Слика 2. Архитектура веб ГИС апликације [6]

7. ТЕХНОЛОГИЈЕ И СОФТВЕРСКА РЕШЕЊА

Sparx Systems Enterprise Architect је алат за визуелно моделовање и дизајн заснован на UML стандарду, који омогућава моделирање софтверских система, пословних процеса и индустријских домена [7].

pgAdmin је веб или десктоп апликација са графичким корисничким интерфејсом која омогућава управљање и надзор PostgreSQL-а и изведених релационих база података на локалним и удаљеним серверима [8].

FME је моћан алат за трансформацију и интеграцију података, посебно геопросторних, који омогућава аутоматско чишћење, манипулацију и конверзију података у различите формате [9].

GeoServer је веб картографски сервер отвореног кода у Java-и који омогућава „сервирање“ просторних података преко OGC протокола (WMS, WFS, WCS) и подржава различите растерске и векторске формате [10].

OpenLayers је JavaScript библиотека отвореног кода за развој интерактивних веб ГИС апликација, са снажном подршком за визуализацију, манипулацију и коришћење различитих формата и OGC веб сервиса (WMS, WFS, WMTS) [10].

Leaflet је једноставна JavaScript библиотека за израду интерактивних веб мапа, која омогућава приказ и манипулацију географских података као што су маркери, слојеви и искачући (pop-up) прозори [10].

HTML је језик за означавање који дефинише структуру веб страница помоћу ознака (тагова), елемената и атрибута [11].

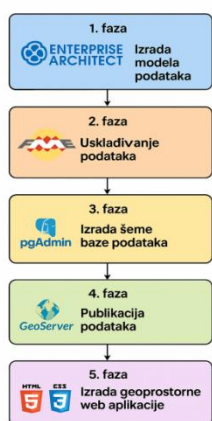
Веб странице комбинују HTML, који дефинише садржај, и CSS, који одређује изглед тог садржаја, укључујући фонтове, боје и распоред елемената [12].

8. ПРАКТИЧНИ ДЕО РАДА

Практични део рада (Слика3) започиње израдом INSPIRE модела података за „Заштићена подручја“ у Enterprise Architect-у, који дефинише структуру и односе података као основу за даљу обраду. Затим се FME користи за трансформацију, чишћење и хармонизацију података из различитих извора према INSPIRE шеми, припремајући их за учитавање у PostgreSQL базу података. Стандардизовани подаци се организују у релационој бази путем пгАдмин-а, што омогућава њихову конзистентност, структурирано чување и припрему за публикацију и визуализацију. GeoServer објављује податке преко OGC протокола (WMS/WFS), омогућавајући интероперабилност и директан приступ просторним подацима, док веб ГИС апликација израђена помоћу HTMLA-а, CSS-а, JavaScript-а и OpenLayers-а омогућава визуални приказ, анализу и практичну употребу података о заштићеним подручјима.

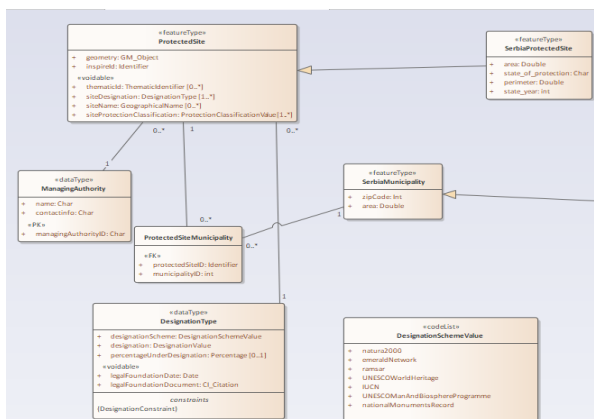
8.1. Израда модела података

Модел података за заштићена подручја у Републици Србији структурисан је тако да интегрише националне специфичности унутар INSPIRE стандарда кроз специјализоване и самосталне класе. Кроз класе SerbiaProtectedSite, SerbiaMunicipality и ManagingAuthority, омогућено је повезивање заштићених подручја са административним јединицама и надлежним институцијама, уз јасно дефинисане везе и наслеђивање атрибута (Слика4).



Слика 3. Архитектура веб ГИС апликације

Овај приступ омогућава прецизну евиденцију, преглед и анализу података на националном нивоу, док концептуални и логички модели служе као чврста основа за ETL процес, имплементацију базе података и развој геопортала, осигуравајући стандардизацију, интероперабилност и ефикасно управљање заштићеним подручјима.



Слика 4. Приказ додатних класа у UML моделу

8.2. Припрема и усклађивање података

Ово поглавље илуструје процес трансформације и хармонизације сирових просторних података помоћу FME алата, како би се омогућила интероперабилност и усклађеност са INSPIRE стандардом.

Сирови подаци о заштићеним подручјима (Слика5, Слика6) и административним јединицама долазе из различитих, често непотпуних и хетерогених извора, што ствара проблеме са атрибутима, класификацијом и стандардизацијом.

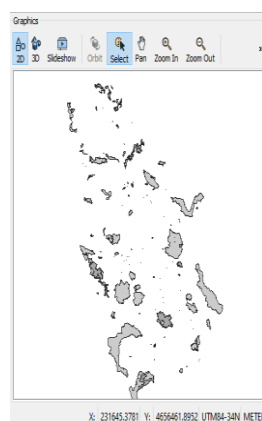
Кроз ETL процес у FME-у, подаци се увозе, мапирају, хармонизују, стандардизују и повезују са INSPIRE шемом, укључујући креирање идентификатора, преименовање и стандардизацију атрибута, док се геометрија обрађује према типу класе (атрибутивни или геометријски).

Крајњи циљ је добијање јединствене, стандардизоване и интероперабилне шеме података спремне за извоз у релациону базу података (PostgreSQL) и каснију имплементацију у геопортал.

Овако спроведен процес обезбеђује доследност и поузданост података, уз знатно смањење могућности грешке. Применом FME алата различити формати се обједињују у јединствену структуру, што омогућава ефикасно припрему података за даљу употребу у бази и геопорталу, у складу са INSPIRE стандардом.

id	name	area	state_of_protection	state_year	perimeter	designation_type	managing_authority_id	geometry
1	Stablo hrasta lu...	0.001250287796...	Designated	2003	125.458	Spomenik prirode	1	fme_polygon
2	Stablo cера-Za...	0.001250285546...	Designated	2003	125.458	Spomenik prirode	2	fme_polygon
3	Stablo oraха	0.00125028773...	Designated	2003	125.458	Spomenik prirode	3	fme_polygon
4	Brđanka-druжа	0.001250285190...	Designated	2003	125.456	Spomenik prirode	4	fme_polygon
5	Stari heat u G...	0.0012502863749	Designated	2003	125.456	Spomenik prirode	5	fme_polygon
6	Boggojacke br...	0.001250286374...	Designated	2004	125.466	Spomenik prirode	6	fme_polygon
7	Kutecki hrast...	0.001250286713...	Designated	2004	125.464	Spomenik prirode	7	fme_polygon
8	Stabli otkosne...	0.001250286491...	Designated	2004	125.47	Spomenik prirode	8	fme_polygon
9	Fikus - Cacak	0.001250285544...	Designated	2004	125.46	Spomenik prirode	9	fme_polygon
10	Zapisi u Leskoviku	0.001250287063...	Designated	2006	125.465	Spomenik prirode	10	fme_polygon
11	Bela topola u K...	0.0012502880176	Designated	2005	125.481	Spomenik prirode	11	fme_polygon
12	Dva stabla hrast...	0.00125028681596	Designated	2005	125.464	Spomenik prirode	12	fme_polygon
13	Hrast kungali u...	0.0012502869185	Designated	2006	125.458	Spomenik prirode	13	fme_polygon
14	Beli dud u Bebi...	0.001250287055...	Designated	2006	125.459	Spomenik prirode	14	fme_polygon
15	Gojovnica kpa	0.001250287180...	Designated	2007	125.458	Spomenik prirode	15	fme_polygon
16	Stablo hrasta lu...	0.001250287006...	Designated	2007	125.456	Spomenik prirode	16	fme_polygon

Слика 5. Приказ атрибутивних података за заштићена подручја у FME-у након обраде



Слика 6. Приказ просторних података за заштићена подручја у FME-у након обраде

8.3. Израда шеме базе података

У PostgreSQL систему креирана је шема базе података према UML моделу, чиме је обезбеђено конзистентно и интероперабилно складиштење података усклађених са INSPIRE стандардом и прилагођених Републици Србији. Дефинисане су табеле, везе и атрибути, а виртуелне табеле (погледи) олакшавају публикавање на GeoServer, чиме база постаје физички еквивалент концептуалном моделу и спремна за рад у геопорталу.

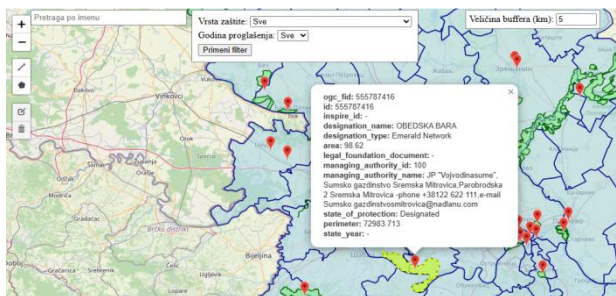
8.4. Публикација података на GeoServer

GeoServer омогућава публикацију података из PostGIS базе pgAdmin кроз креирање извора и слојева, уз правилно подешавање координатног система и оквира. Подаци се не мењају у бази, већ се кроз слојеве дефинишу атрибути и стилови приказа помоћу SLD језика, чиме се обезбеђује тачна визуализација и доступност података преко WMS/WFS сервиса.

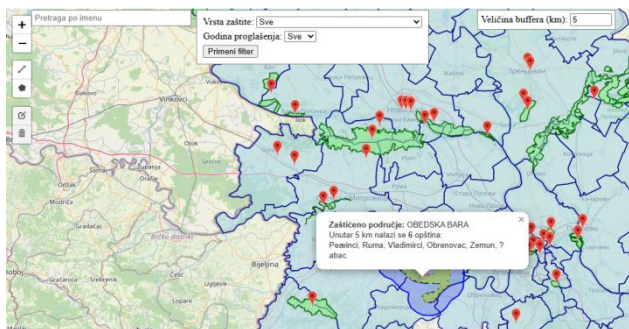
8.5. Израда геопросторне веб апликације

Последња фаза рада обухвата израду геопросторне веб ГИС апликације, тј. геопортал који омогућава интерактивни преглед и анализу заштићених подручја и општина у Републици Србији. Кроз повезивање GeoServer-а и OpenLayers/Leaflet библиотека, корисницима су доступне функционалности попут прегледа атрибута (Слика7), филтрирања, претраге, цртања геометрија, генерисања buffer зона (Слика8),

одређивања најближег заштићеног подручја и извоза података. Тиме је обезбеђен једноставан, прегледан и широко доступан начин визуализације и просторне анализе без потребе за специјализованим ГИС софтвером.



Слика 7. Информације о селектованом подручју



Слика 8. Buffer зона око селектованог подручја

9. ЗАКЉУЧАК

Реализација овог рада је обухватила целокупан процес од моделовања података према INSPIRE смерницама, преко трансформације и усклађивања извора у FME-у, до креирања базе података у PostgreSQL-у и израде веб ГИС апликације за визуелизацију и анализу заштићених подручја у Републици Србији. Резултат је интегрисан и стандардизован систем који омогућава преглед, анализу и управљање просторним и атрибутивним подацима о заштићеним подручјима и општинама. Практична вредност рада огледа се у томе што израђени модел, база и апликација могу служити националним и локалним институцијама, истраживачима и планерима као ефикасан алат за праћење, заштиту и планирање простора.

10. ЛИТЕРАТУРА

- [1] D. J. Maguire and P. A. Longley, “The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures,” *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 29, pp. 3–14, 2005.
- [2] OGC, “*Geospatial Portal Reference Architecture: A Community Guide to Implementing Standards-Based Geospatial Portals*”, ver. 0.2, OGC 04-039, OGC Discussion Paper, Open Geospatial Consortium, 2004.
- [3] European Commission, “*Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an infrastructure for spatial information in the European Community (INSPIRE)*”,

Official Journal of the European Union, L 108, pp. 1–14, 2007.

- [4] М. Михалшин, “*Приручник за интерну употребу: моделирање и симулација система за управљање базом података*”, Бања Лука, 2018.
- [5] R. Kimball and J. Caserta, “*The Data Warehouse ETL Toolkit*”, Wiley Publishing, 2004.
- [6] F. Truyen, “*Enacting the Service Oriented Modeling Framework (SOMF) using Enterprise Architect*”, Cephax, 2010.
- [7] D. Rosenberg, “*Embedded Systems Development using SysML*”, Iconix, 2010.
- [8] <https://www.adservio.fr/post/what-is-pgadmin>, (Pristupljeno: 10.09.2025).
- [9] <https://samuel-walker.gitbooks.io/fme-desktop-basics-module/content/4.fme-workflows/4.07.best-practice.html>, (Pristupljeno: 10.09.2025).
- [10] М. Килибарда и Д. Протић, “*Геовизуелизација и веб картографија*”, Београд: Универзитет у Београду, Грађевински факултет, 2018.
- [11] L. Lemay, R. Colburn, and J. Kyrnin, “*HTML5, CSS3 i JavaScript за развој веб страна*”, Београд: Компјутер библиотека, 2016.
- [12] R. Andrew, “*CSS3 antologija*”, Београд: Микро књига, 2012.

Кратка биографија:



Наталија Радић рођена је у Новом Саду 2001. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Геодезије и геоинформатике одбранила је 2025. године.

Контакт: natalijaradic01@gmail.com



Упоредна анализа примене *RTK* и *PPK* метода у поступку *uav* фотограметрије

Comparative Analysis Of The Application Of Rtk And Ppk Methods In Uav Photogrammetry Process

Филип Димитријевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – ГЕОДЕЗИЈА И ГЕОИНФОРМАТИКА

Кратак садржај – У оквиру овог рада реализовано је поређење две методе прикупљања просторних података уз помоћ беспилотне летелице - метода са оријентационим тачкама *GCP* (енг. *Ground Control Point*) и кинематичка метода са накнадном обрадом *PPK* (енг. *Post Processing Kinematic*). Урађена је комплетна фотограметријска обрада прикупљених података, укључујући генерисање облака тачака и дигиталног модела терена. За сваки метод извршена је анализа тачности добијених резултата, посебно у погледу хоризонталне и вертикалне тачности. Добијени подаци су упоређени и критички анализирани са аспекта тачности, ефикасности и применљивости у различитим условима.

Кључне речи: Беспилотна летелица, фотограметрија, *GCP*, *RTK*, *PPK*

Abstract – As part of this master's thesis, a comparison was conducted between two methods of spatial data collection using an unmanned aerial vehicle (UAV): the method involving ground control points (GCPs) and the kinematic method with post-processing (PPK). A complete photogrammetric processing of the collected data was performed, including the generation of point cloud and a digital terrain model. For each method, the accuracy of the obtained results was analyzed, especially in terms of horizontal and vertical accuracy. The obtained data were compared and critically analyzed from the aspect of accuracy, efficiency and applicability in different conditions.

Keywords: Unmanned aircraft, photogrammetry, *GCP*, *RTK*, *PPK*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био ванр. проф Марко Марковић

1. УВОД

У савременој геодезији и фотограметрији, беспилотне летелице све чешће се користе за прикупљање просторних података високе резолуције. Прецизност добијених модела у великој мери зависи од начина

геореференцирања, односно од примене одговарајуће методе позиционирања. Циљ овог истраживања је упоредна анализа тачности и применљивости методе са оријентационим тачкама (*GCP*) и кинематичке методе са накнадном обрадом (*PPK*) у фотограметријској обради података прикупљених беспилотном летелицом. На основу извршене обраде прикупљених података на терену у *Pix4D* и *Emlid studio* софтверима израђена су два облака тачака, при чему је један израђен уз примену *GCP* тачака, док је други креиран применом *PPK* методе без укључивања оријентационих тачака у самој обради. Кроз поређење добијених резултата у смислу положајне и висинске тачности, овај рад настоји да пружи увид у предности и ограничења обе методе за њихову примену у зависности од услова и циљева конкретног пројекта.

2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

2.1. Беспилотне летелице

У енглеском језику *UAV* (енг. *Unmanned Aerial Vehicle*) је општеприхваћени назив за ваздухоплове који немају пилота у самој летелици. Основни захтеви које беспилотне летелице морају задовољити да би се могле користити за фотограметријско снимање су: могућност извођења пројектованог плана лета са високом тачношћу, могућност носивости опреме за снимање и навигацију, аутономија лета летелице и смањене вибрације и остали спољашњи утицаји током лета. Основне компоненте система су летелица, сензори, погонски систем (серво мотори и батерије), системи за детекцију и избегавање препрека, систем за комуникацију (контролна станица, радио предајник), софтвер за планирање лета, мапирање, полетање и слетање и софтвер за обраду података. Функционисање *UAV* система се може објаснити кроз три фазе. У првој фази потребно је извршити припрему лета, дефинисати подручје снимања, резолуцију снимања и детаље лета. Детаљи лета и његови параметри морају се пажљиво размотрити, укључујући висину лета, оријентацију лета, брзину лета, подручје снимања, оријентацију снимања, проценат преклапања снимака и брзину снимања. Дефинисање оријентационих/контролних тачака и калибрација представљају другу фазу функционисања система. Системи тог типа опремљени су камерама високе

резолюције, па се трећа фаза односи на процесирање добијених података. UAV системи могу произвести густе облаке тачака (густина тачака и до неколико милиметара) користећи SIFT (енг. Scale Invariant Feature Transform) и SfM (енг. Structure form Motion) технике у комбинацији са фотограметријском методом [1].

2.2 Фотограметријска метода

Фотограметрија је наука и технологија добијања поузданих информација о објектима и простору на основу фотографија кроз прецизно мерење и анализу снимака. Циљ фотограметрије је одређивање облика, положаја и димензија објеката у тродимензионалном простору коришћењем фотографских снимака. Излазни резултати могу бити 3Д модел, дигитални модел рељефа, ортофото карта као и облак тачака. Основни математички модели у фотограметрији приказани су формулама 1, ..., 5:

Модел централне пројекције:

$$\frac{x}{x-x_0} = \frac{y}{y-y_0} = \frac{f}{z-z_0} \quad (1)$$

где су:

x, y – координате тачке на слици;

X, Y, Z – просторне координате тачке у реалном свету;

X_0, Y_0, Z_0 – координате центра пројекције (положај камере);

f – жижна даљина објектива.

Одређивање размере слике:

$$m = \frac{f}{H-h} \quad (2)$$

где су:

m – размера слике;

f – жижна даљина;

H – висина лета летелице или висина камере;

h – просечна надморска висина терена.

Претварање мерења са слике у стварне димензије:

$$L = l * \frac{H-h}{f} \quad (3)$$

где су:

L – реална (теренска) дужина;

l – дужина измерена на слици;

f – жижна даљина;

H – висина лета летелице или висина камере;

h – просечна надморска висина.

Паралакса и висинска разлика:

$$\Delta h = \frac{p*H}{B} \quad (4)$$

где су:

Δh – висинска разлика;

p – паралакса;

H – висина лета;

B – базна дужина односно растојање између две позиције камере.

Одређивање дубине објекта:

$$Z = \frac{f*B}{x_L-x_R} \quad (5)$$

где су:

x_L, x_R – координате пројекције тачке на левој и десној слици;

B – базна дужина;

f – жижна даљина;

Z – дубина тачке у простору.

2.3 Глобални навигациони сателитски системи

Основна идеја одређивања положаја тачке на Земљи на основу мерења растојања до сателита заснива се на трилатерационој методи. Позиција GNSS пријемника одређује се на основу мерења дужина до три или више сателита. Сателити емитују кодиране навигационе поруке које садрже:

- тачну позицију сателита у време емитовања поруке и
- тачно време емитовања поруке.

У оквиру овог мастер рада реализовано је поређење две методе прикупљања просторно-географских података уз помоћ беспилотне летелице – методе са оријентационим тачкама (GCP) и кинематичке методе са накнадном обрадом (PPK). Извршена је комплетна фотограметријска обрада прикупљених података, укључујући генерисање облака тачака и дигиталног модела терена. За сваку методу анализирана је тачност добијених резултата, посебно у погледу хоризонталне и вертикалне прецизности. Добијени подаци су упоређени и критички анализирани са аспекта тачности, ефикасности и применљивости у различитим условима. У случају апсолутног позиционирања положај се одређује у глобалном елипсоидном координатном систему који је везан за планету Земљу, док се код релативног позиционирања положај одређује у односу на неку тачку, која је усвојена за почетак локалног координатног система [3]. Генерално, грешке GNSS система могу се сврстати у три категорије:

- грешке сателитског порекла;
- грешке простирања сигнала;
- грешке пријемника.

Грешке сателитског порекла обухватају неколико типова грешака:

- грешке због лоше геометрије сателита;
- грешке ефемерида;
- грешке часовника у сателиту;
- грешке теорије релативитета.

Са становишта кретања електромагнетних таласа који имају GNSS фреквенције, Земљина атмосфера дели се на јоносферу и тропосферу. Ова два атмосферска слоја карактеристична су по томе што се у њима GNSS сигнали различито понашају. Доминантне грешке које се јављају приликом простирања сигнала су тада:

- грешке јоносферског кашњења сигнала и
- грешке тропосферског кашњења сигнала.

У грешке пријемника најчешће се убрајају:

- грешке услед шума у пријемнику;
- грешке синхронизације часовника пријемника;

- грешке ексцентрицитета фазног и геометриског центра [4].

2.4 Перманентне станице

Позиционирање помоћу једног *GNSS* пријемника подложно је утицају разних извора грешака. Како би се грешке елиминисале или барем умањиле развијен је метод позиционирања помоћу два или више *GNSS* пријемника који истовремено врше опажања. Барем један пријемник је стационаран и позициониран на тачки чије су координате познате. Разлика између познатих и мерених координата тачке се назива диференцијална корекција, систем у коме се поред сигнала са сателита користе и диференцијалне корекције, диференцијални *GNSS*. Диференцијални *GNSS* омогућује повећање тачности мерења у два правца:

- грешке које се јављају и на непокретним и на покретним пријемницима се готово у потпуности елиминишу и
- могуће је фазно мерење јер се може разрешити фазна неодређеност.

Српска просторна референтна мрежа (СРЕФ) имплицитно дефинише званични национални координатни систем, којим управља Републички геодетски завод. Мрежу СРЕФ чини 838 тачака, које су трајно стабилизване и равномерно распоређене на територији Републике Србије, на просечној удаљености од 10 *km*. Теренска *GNSS* мерења на тачкама мреже СРЕФ изведена су методом релативног статичког позиционирања [5].

2.5 Pix4D i Emlid studio

Pix4D је дизајниран да ради са најновијом генерацијом беспилотних летелица и врши трансформацију великог броја фотографија снимљених беспилотним летелицама у прецизне облаке тачака, дигиталне моделе површи и ортомозаике. То је софтвер за обраду фотографија који се заснива на аутоматском проналажењу хиљаде заједничких тачака између фотографија. Свака карактеристична тачка која се налази на фотографији назива се кључна тачка. Када се утврди да су две кључне тачке на две различите фотографије исте, то су подударне кључне тачке [6].

Emlid Studio је десктоп апликација за више платформи дизајнирана посебно за накнадну обраду података са базе станице. Апликација има пет токова рада: кинематичка обрада, статичка обрада, обрада података беспилотном летелицом, *Stop & Go* са *Emlid flow* и конвертује евиденцију у *RINEX* [7].

3. ПРАКТИЧНИ ПРИМЕР И ДИСКУСИЈА

У практичном делу вршено је поређење постигнуте тачности применом две врсте мапирања беспилотном летелицом, где су израђена два облака тачака исте локације у К.О Инђија на парцели 7505/21. Коришћено је 416 фотографија са беспилотне летелице, 4 *GCP* тачке и *RINEX* подаци са базе станице. Код методе са оријентационим тачкама (*GCP*) вршено је учитавање фотографија и координата *GCP* тачака у софтвер *Pix4D*. Пре самог учитавања у софтвер картезијанске координате *GCP* тачака снимљених на терену су

трансформисане у Гаус - Кригерову пројекцију и у систем висина ТРСТ помоћу апликације ГРИДЕР. Након извршене комплетне обраде и израде облака тачака као коначан резултат је добијена глобална тачност геореференцирања модела од 1 *cm* (Слика 1).

Images	median of 67918 keypoints per image	✓
Dataset	416 out of 416 images calibrated (100%), all images enabled	✓
Camera Optimization	1.93% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
Matching	median of 35844.4 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	yes, 4 GCPs (4 3D), mean RMS error = 0.01 m	✓

Слика 1. Тачност геореференцирања

Процес обраде података код кинематичке методе са накнадном обрадом (*PPK*) је започет, тако што је узета аритметичка средина картезијанских координата базе станице која је снимљена *GNSS* уређајем 3x30 s и та вредност је унета за координату базе станице у заглављу *MRK* фајла. Након тога је приступљено обради *RINEX* података у софтверу *Emlid studio*, где се помоћу опције *Drone data processing* извршило учитавање обсервационих фајлова са беспилотне летелице (ровера) и базе, навигациони фајл са беспилотне летелице и *MRK* фајл. Као резултат процесирања добијен је излазни фајл са екстензијом *.pos* у коме се налазе поправљене картезијанске координате центара за сваку фотографију снимљену са беспилотне летелице. Затим је у апликацији ГРИДЕР извршена трансформација координата као и код предходне методе у Гаус –Кригерову пројекцију и систем висина ТРСТ. Са поправљеним координатама центара фотографија извршено је учитавање фотографија у *Pix4D* софтвер и извршена комплетна израда облака тачака без коришћења оријентационих тачака. Тачке које су се код методе са оријентационим тачкама (*GCP*) користиле као оријентационе тачке и учествовале у изради модела сада нису коришћене при изради облака тачака у *Pix4D* – у, већ су се накнадно учитавале као *check – point*, односно контролне тачке на којима је вршено поређење координата контролних тачака снимљених на терену и истих тих тачака чије су координате добијене мануелним маркирањем на моделу у чијој обради нису коришћене оријентационе тачке, где је као резултат добијен извештај у облику табеларног приказа одступања по координатним осама за сваку контролну тачку (Слика 2). Из приказаног извештаја може се видети да се положајна тачност креће до 4 *cm*, док код висинске тачности постоје значајно већа одступања која износе око 20 *cm*.

Geolocation Details

Ground Control Points

0 out of 4 check points have been labeled as inaccurate.

Check Point Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
gcp5004	0.034	-0.000	-0.182	0.424		14 / 14
gcp5005	0.033	-0.018	-0.203	0.539		17 / 17
gcp5006	0.009	-0.028	-0.178	0.455		18 / 18
gcp5007	0.024	0.018	-0.207	0.581		17 / 17
Mean [m]	0.024923	-0.007328	-0.192532			
Sigma [m]	0.010172	0.017559	0.012555			
RMS Error [m]	0.026919	0.019026	0.192941			

Localization accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Слика 2. Табеларни приказ одступања по осама

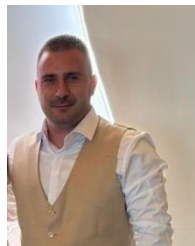
4. ЗАКЉУЧАК

У поређењу две методе прикупљања података помоћу беспилотних летелица и *GNSS* технологије, може се закључити да обе имају своје предности и ограничења, зависно од захтева пројекта и услова на терену. Метода са оријентационим тачкама обезбеђује високу прецизност, како у хоризонталном тако и у вертикалном смислу. Захваљујући директној вези између оријентационих тачака и фотограметријског модела, овај приступ је веома поуздан када је потребна центиметарска тачност. Међутим, главни недостатак ове методе је временска и логистичка захтевност теренског рада, посебно у тешко приступачним подручјима, као и зависност од стабилне *GNSS* везе или интернет конекције за добијање корекција. Са друге стране, кинематичка метода са накнадном обрадом (*PPK*) представља ефикаснију алтернативу за мапирање у условима, где није могуће поставити оријентационе тачке или где не постоји интернет сигнал. Ова метода омогућава прикупљање података на великим удаљеностима од базне станице и знатно скраћује време боравка на терену. Ипак, њен недостатак се огледа у смањеној прецизности вертикалне компоненте модела, што је чини мање погодном за пројекте који захтевају висинску тачност. Избор методе зависи од конкретних потреба пројекта, расположиве опреме, теренских услова и жељене тачности финалног модела. У пракси се често примењује комбинација обе методе ради постизања оптималног баланса између ефикасности и тачности.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://hrcak.srce.hr/file/121452>. (приступљено у марту 2025.)
- [2] М. Говедарица, Фотограметрија, материјал са предавања, 2025.
- [3] http://geodezija.ftn.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2024/12/9_UuG_GNSS.pdf. (приступљено у марту 2025.)
- [4] В. Булатовић, Методе прецизних геодетских мерења – скрипта, други део испита, 2012.
- [5] В. Булатовић, Активне геодетске референтне мреже, материјал са предавања, 2025.
- [6] <http://www.gisandbeers.com/GeoBazar/Tutoriales%20y%20manuales/Manual-Pix4D-Mapper.pdf>. (приступљено у априлу 2025.)
- [7] <https://emlid.com/emlid-studio/>. (приступљено у априлу 2025.)

Кратка биографија:



Филип Димитријевић рођен 27. новембра 1996. године у Пожаревцу. Мастер рад на Факултету техничких наука у Новом Саду студијски програм Геодезија и геоинформатика уџа научна област Геодезија одбранио је 2025. године.

Контакт: fica-012@live.com



Моделовање евакуације Српског народног позоришта у Новом Саду

Evacuation modelling of the Serbian National Theatre in Novi Sad

Теодора Војновић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – УПРАВЉАЊЕ РИЗИКОМ ОД КАТАСТРОФАЛНИХ ДОГАЂАЈА И ПОЖАРА

Кратак садржај - У оквиру истраживања спроведена је анализа услова евакуације, прорачун евакуације, креиран је модел евакуације и спроведена је симулација евакуације из Српског народног позоришта у Новом Саду у случају пожара. Циљ рада је да се, путем компаративне анализе резултата добијених софтверским моделом (Патхфиндер) и анализом испуњености техничких захтева безбедне евакуације, установе недостаци и формулише предлог мера за унапређење безбедности од пожара и услова евакуације Српског народног позоришта у Новом Саду.

Кључне речи: евакуација, симулација евакуације, безбедност од пожара, услови евакуације.

Abstract – In the scope of the research, an analysis of evacuation conditions was conducted, an evacuation calculation and model were created, and an evacuation simulation was performed for the Serbian National Theatre in Novi Sad in the event of a fire. The aim of the study is to identify deficiencies and formulate proposals for improving fire safety and evacuation conditions of the Serbian National Theatre in Novi Sad, through a comparative analysis of the results obtained by the software model (Pathfinder) and the assessment of compliance with the technical requirements for safe evacuation.

Keywords: evacuation, evacuation simulation, fire safety, evacuation conditions.

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Мирјана Лабан, ред. проф.

1. УВОД

Приликом пројектовања и изградње објекта, који се гради према закону који уређује област планирања и изградње, мора се обезбедити испуњеност основних захтева заштите од пожара тако да се у случају пожара [1]:

1. Очува носивост конструкције током одређеног времена,
2. Спречи ширење ватре и дима унутар објекта,
3. Спречи ширење ватре и дима на суседне објекте,

4. Омогући сигурна и безбедна евакуација људи.

Уколико дође до пожара брза и безбедна евакуација особа је од великог значаја за њихову сигурност.

Начин остваривања заштите од пожара остварује се [1]:

1. Организовањем и припремањем субјеката заштите од пожара,
2. Обезбеђивањем услова за спровођење заштите од пожара,
3. Предузимањем мера и радњи за заштиту и спасавање људи, материјалних добара и животне средине приликом избијања пожара,
4. Надзором над применом мера заштите од пожара.

Циљ рада је, кроз компаративну анализу резултата добијених путем софтверског модела (engl. Pathfinder) и прорачуном евакуације према [2], дати предлог мера за унапређење безбедности од пожара и услова евакуације Српског народног позоришта у Новом Саду.

2. ПОЖАРИ У ПОЗОРИШТИМА

Позоришта су места окупљања људи ради уживања у драмској, балетској и сценској уметности. Током историје, њихова конструкција се мењала, што је утицало и на отпорност на пожаре. Пожари у позориштима често су имали трагичне последице, а најчешћи узрок били су лако запаљиви материјали у конструкцији и ентеријеру. Због недостатка система за детекцију, дојаву и гашење пожара, мањи пожари су се често претварали у велике катастрофе са бројним жртвама и материјалним штетама што нам показују бројке из претходних великих пожара, културни центар Бени Суеф - Египат [3], Национално позориште - Праг [4], Позориште музичке комедије - Русија [5].

3. СПЕЦИФИЧНОСТИ И ПРЕВЕНЦИЈА ПОЖАРА У ПОЗОРИШТИМА

Историјски пожари у позориштима указују на потребу детаљне анализе ових објеката ради разумевања њихове комплексности и примене адекватних мера заштите. Позоришта су објекти повећаног ризика због велике окупљености људи, запаљивих сценских материјала и сложених техничких система. Основне мере заштите обухватају јасно обележене евакуационе путеве, контролу сценских и електричних инсталација, примену ватроотпорних материјала, формирање пожарних сектора, уградњу система за детекцију и гашење пожара, као и обуку особља за

поступање у ванредним ситуацијама. Применом ових мера обезбеђује се већи ниво безбедности објекта и свих присутних.

4. КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ОБЈЕКТА

4.1 Локација и опис објекта

У студији случаја анализиран је јавни објекат Српско народно позориште, које се налази у Новом Саду и припада централној зони града Новог Сада. Српско народно позориште је удаљено 0,6 km од ватрогасне станице, 2,5 km од полицијске станице 2,5 km и 4,6 km од хитне помоћи.

Зграда Српског народног позоришта припада категорији јавних објеката. Садржи сутерен, приземље и три етаже (Су-2+П+3). Висина објекта је 10 m, површина објекта је 22340,58 m² и има највећу позоришну сцену у Србији.

У јавном објекту се налазе просторије које се могу поделити у три групе, у зависности од намене:

- 1) простор за извођаче и запослене – радни простор,
- 2) простор за публику и извођаче – бине и гледалишта,
- 3) простор за публику – јавни простор (холони и фоајеи).

Према уредби [6] Српско народно позориште је објекат јавне намене и спада у II категорију угрожености од пожара, односно објекте са повећаним ризиком од избијања пожара, јер је максимални број људи који може да борави у објекту 2997 особа.

Грађевинска конструкција објекта изведена је као скелетни армирано-бетонски систем који чине носећи стубови и греде, док су зидови испуне од опеке, блокова, гипс-картонских плоча и панела, у зависности од дела објекта. Спољашњи зидови су изведени од монтажних армирано-бетонских елемената или пуне опеке, а фасада је обложена венчачким мермером са полиуретанском термоизолацијом. Унутрашњи зидови су малтерисани и бојени, а у холонима и фоајеима су обложени ламинатним зидним плочама. Подови су изведени од различитих материјала — бетона, керамичких плочица, паркета, ламината, тепиха и вештачког камена — у складу са наменом простора. Столарија је изведена делимично од дрвета, а делимично од ПВЦ материјала.

Објекат поседује три главна улаза/излаза у приземљу, и то двокрилна врата ширине 1,8 m и једна једнокрилна врата ширине 1,2 m, која уједно служе као и евакуациони излази.

4.2. Евакуациони путеви

Путеве евакуације у објекту чине ходиници и степеништа.

У објекту се налазе три степеништа која се пружају од коте -3,20 m до +6,80 m. На свакој етажи постављена су двокрилна пожарна врата, укупно дванаест, која су повезана са системом за аутоматску дојаву пожара. Врата се у редовним условима држе отвореним помоћу електромагнетних држача, а у случају активације система за дојаву пожара, магнети се

аутоматски деактивирају, врата се затварају и спречава се ширење дима и ватре.

4.3. Примењене мере безбедности од пожара

Контрола квалитета перформанси безбедности од пожара је спроведена квалитативном методом - чек листом према одговарајућем правилнику [2], и обухваћени су сви посебни системи и мере у Српском народном позоришту.

У објекту Српског народног позоришта су изведени следећи системи заштите од пожара:

1. систем аутоматске и ручне дојаве пожара,
2. стабилни систем за гашење пожара – Дренчер систем,
3. систем вентилације и одимљавања,
4. паник расвета,
5. унутрашња и спољашња хидрантска инсталација и
6. мобилни уређаји за гашење пожара.

У свим просторијама су постављени планови евакуације и упутства за поступање у случају пожара као и путокази евакуације.

5. МОДЕЛОВАЊЕ ЕВАКУАЦИЈЕ

Према [2] је спроведен прорачун максималног броја лица који може да се безбедно евакуише из објекта Српско народно позориште. Према овом прорачуну из објекта може да се безбедно евакуише 2997 лица.

Прорачун евакуације за Српско народно позориште је спроведен путем претпостављеног очекиваног сценарија према правилнику [2]. Овим правилником су дефинисани основни параметри за прорачун евакуације као и услови које простори за боравак људи, коридори евакуације и излази треба да задовољавају.

За овај сценарио је узето у обзир да се из објекта евакуише 1483 лица у 3 етапе евакуације.

У I етапи евакуације евакуише се 850 особа, од полазног места - партер велике дворане и део са велике бине, до првог излаза - врата од дворане. Време срачунато за I етапу износи 134,02s.

У II етапи евакуације, од првог излаза - врата од велике дворане, кроз ходник и степенишни простор, до крајњег излаза, евакуише се 1483 лица. Особама из велике дворане (850) придружују се особе из партера велике дворане, хола велике и мале дворане, фоајеа велике и мале дворане, ложа и позоришног клуба, њих укупно 633. Од укупног броја лица на првом крајњем излазу ће се евакуисати 1248 лица а на други крајњи излаз њих 235. Време срачунато за II етапу износи 442,95s.

У IV етапи евакуације, од крајњег излаза до безбедног места, се евакуише 1483 лица. Време срачунато за IV етапу износи 13,33s.

Усвојено укупно време за евакуацију лица према дефинисаном сценарију је 770s.

Модел симулације евакуације пружају пројектанту могућност добијања графичких информација о местима формирања уских грла, и такође олакшава одабир мера које би се могле имплементирати на

објекту како би се смањило време потребно за евакуацију.

Применом софтверског алата *Pathfinder*, намењеног за израду симулација евакуације, извршено је рачунарско моделовање евакуације. Патхфиндер подржава два режима кретања у симулацији. У управљачком режиму (енгл. *Steering mode*), актери користе систем за управљање да би се кретали. Овај режим покушава да опонаша људско понашање и кретање. У SFPE (енгл. *Society of Fire Protection Engineers*) режиму актери не покушавају да избегну један другог и дозвољено им је да се преплићу, али врата намећу границу протока, а брзина се контролише густином [7].

Према правилнику [2] усвојено је да брзина хода по равном износи 1,5 m/s.

У Патхфиндер-у је креиран модел евакуације и спроведена је симулација у циљу добијања што реалнијих резултата.

Анализирана су два сценарија:

Сценарио 1 - очекивани сценарио (реалан сценарио према стварним условима у згради),

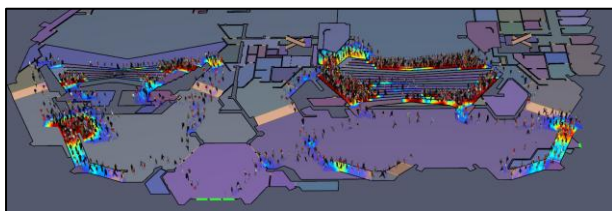
Сценарио 2 - пожељни сценарио (односи се на унапређено стање; моделу зграде је додато спољашње степениште као предложена мера за унапређење).

Анализирани сценарији се разликују по броју крајњих излаза из зграде а самим тим и по броју лица која се упућују на одређене излазе.

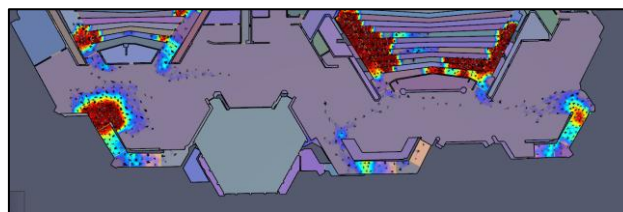
Почетна тачка кретања лица за оба сценарија је из партера велике дворане као простора у ком према прорачуну максималног броја лица може да борави највише лица. Овим лицима се кроз ток евакуације придружују и лица из осталих делова објекта и сусрећу се са њима на крајњим излазима из објекта. Евакуације лица се поред партера велике дворане изводи и са партера мале дворане, фоеја велике и мале дворане, ложа, позоришног клуба и хола велике и мале дворане.

5.1 Сценарио 1

Сценарио 1 приказује евакуацију корисника објекта у којој се корисници свих етажа истовремено активирају (Слика 1 и Слика 2). За анализирани сценарио у обзир је узето 1483 лица која се евакуишу из објекта односно из партера велике и мале дворане, фоеја велике и мале дворане, ложа, позоришног клуба и хола велике и мале дворане (посетиоци и запослени).



Слика 1. Евакуација у првом сценарију – Приземље



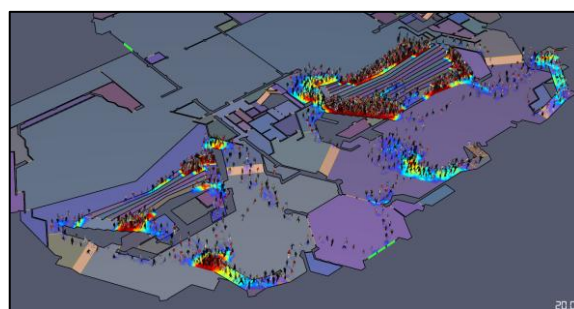
Слика 2. Евакуација у првом сценарију – I спрат

Симулација евакуације је спроведена у три етапе евакуације, као и у прорачунском моделу. Време евакуације добијено применом софтверског модела износи 4,19 min (227,8 секунди).

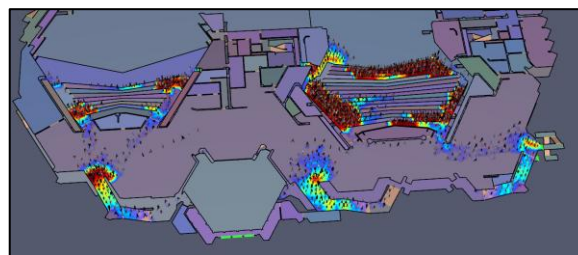
На сликама (Слика 1 и 2) је прошло 20s од почетка евакуације и укупно се евакуисало 33 лица. Приметно је да је дошло до загушења на излазима из партера велике и мале дворане, као и на степенишном простору из фоеја велике и мале дворане. У свим интервалима симулације су присутне исте критичне тачке уз додатна загушења која настају на крајњим излазима из објекта, што омогућава сагледавање постојећих проблема и имплементирање превентивних мера.

5.2 Сценарио 2

Сценарио 2 приказује евакуацију корисника објекта у којој се корисници свих етажа истовремено активирају (Слика 3 и Слика 4). За анализирани сценарио у обзир је узето 1483 лица која се евакуишу из објекта, односно из партера велике и мале дворане, фоеја велике и мале дворане, ложа, позоришног клуба и хола велике и мале дворане (посетиоци и запослени). Поступак евакуације за други сценарио са I спрата и приземља се изводи исто као и у првом сценарију само што се сада одређеном броју актера додељује нова одредница - да иду и на спољно степениште. Време евакуације добијено применом софтверског модела износи 4,17 min (226,5 секунди).



Слика 3. Евакуација у другом сценарију – Приземље



Слика 4. Евакуација у другом сценарију – I спрат

На претходним сликама (Слика 3 и Слика 4) видимо да је прошло 20s од почетка евакуације и да се евакуисало 35 лица што је за 2 лица више у односу на Сценарио 1. Као и у Сценарију 1, видимо да постоје исте критичне тачке у току евакуације иако је моделу додато спољно пожарно степениште.

За потребе другог сценарија у оквиру модела креирано је спољно пожарно степениште које је незнатно утицало на брзину евакуације и на скраћење пута евакуације. У односу на први сценарио сада се један део актера кретао кроз безбедан простор (спољним пожарним степеницама) и брже су дошли до безбедног места.

6. ОЦЕНА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА И МЕРЕ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ УСЛОВА ЕВАКУАЦИЈЕ

Анализом система евакуације из велике дворане утврђено је да је процес организован у више етапа, што омогућава контролисано кретање лица, али и открива бројне недостатке у функционалности. У првој етапи евакуације, време кретања до првих излаза износи приближно 134 секунде и налази се у оквиру прописаних норми, док у другој етапи, од првих до крајњих излаза, време износи око 443 секунде, што премашује дозвољене вредности. Симулација је показала појаву „чепова” и застоја у зонама сужења и код првих излаза, као и преоптерећење излаза И31, док је излаз И32 делимично неискоришћен. Прорачуном је добијено укупно време евакуације од 770 секунди, односно 13 минута и 23 секунде, што указује на недовољну пропусност и неповољну организацију евакуационих путева. Симулацијом евакуације добијено време за *Сценарио 1* износи 4,19 min а за *Сценарио 2* износи 4,17 min. Према овим резултатима видимо значајну разлику у добијеним временским интервалима евакуације прорачунском методом и методом софтверске симулације.

Резултати показују да су уочени недостаци у организацији евакуације, посебно због недовољне пропусности излаза и појаве загушења при кретању луди на појединим коридорима. Поређењем два сценарија — креираних на основу постојећег и побољшаног стања - са додатним спољним пожарним степеништем — утврђено је минимално смањење укупног времена евакуације (за 1,3 секунде), али значајније побољшање у равномернијем распореду кретања лица. Анализа је указала и на потребу ревизије пожарних сектора, проширења коридора и повећања броја првих и крајњих излаза, како би се скратило пут и време евакуације.

Поред техничких мера, наглашена је важност континуиране едукације запослених и корисника, спровођења редовних обука и показних вежби, што представља кључни фактор у подизању безбедносне културе и смањењу ризика од пожара.

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] Закон о заштити од пожара („Службени гласник РС“, број 20/2015),

https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_od_poazar_a.html, Приступљено 31.10.2025,

[2] Правилник о техничким нормативима за заштиту од пожара стамбених и пословних објеката и објеката јавне намене ("Сл. гласник РС", бр. 22/2019),

<https://www.paragraf.rs/propisi/pravilnik-tehnickim-normativima-zastitu-pozara-stambenih-poslovnih-objekata-objekata.html>, Приступљено 31.10.2025,

[3] Др. Енг Надер (2005) "Riad The fire at Beni Suef Cultural Palace", [A002321.pdf](#), Приступљено 31.10.2025,

[4] Thomas Smith (2024) "Fire at Prague's National Theatre forces evacuation, tramdisruption", <https://www.expats.cz/czech-news/article/fire-breaks-out-at-prague-s-national-theatre>, Приступљено 31.10.2025,

[5] "Три особе су повређене у пожару у музичком позоришту у Хабаровску", <https://newdaynews.ru/incidents/838556.html>, Приступљено 31.10.2025,

[6] Уредба о разврставању објеката, делатности и земљишта у категорије угрожености од пожара, <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/vlada/uredba/2010/76/3/reg>, Приступљено 31.10.2025,

[7] "Thunderhead : Pathfinder user manual", <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/>, Приступљено 31.10.2025.

Кратка биографија:



Теодора Војновић, рођена је у Новом Саду, Република Србија, 1998. године. Основне студије на Факултету техничких наука, Нови Сад, смер Управљање ризиком од катастрофалних догађаја и пожара завршила је 2021. године.

Контакт:
teodora.vojnovic12345@gmail.com



Идентификација и анализа техничког дуга у софтверу за заказивање термина

Identification and Analysis of Technical Debt in Appointment Scheduling Software

Милица Окиљевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – ИНЖЕЊЕРСТВО ИНФОРМАЦИОНИХ СИСТЕМА

Кратак садржај – Технички дуг је метафора која описује креирање компромиса у изради изворног кода, где се одлуке доносе ради бржег развоја у кратком року, али касније стварају додатне трошкове кроз одржавање и дораду. Овај концепт обухвата не само кодирање, већ и шири оквир планирања рокова, испорука и функционалности пројекта. Циљ рада је да објасни основу техничког дуга и његову категоризацију, укаже на утицај у развоју софтвера и уради анализу појаве техничког дуга у реалном систему софтвера за заказивање термина. Резултати показују да су најизраженији архитектонски, дизајнерски и дефектни дуг, док су променљиви захтеви и временски притисак кључни фактори њиховог настанка.

Кључне речи: Технички дуг, развој софтвера, софтвер за заказивање термина

Abstract – *Technical debt is a metaphor that describes making compromises during software development to speed up short-term progress, which later leads to extra costs for maintenance and improvements. This concept includes not only coding but also project planning, delivery deadlines, and functionality. The aim of this paper is to explain the basics and categorization of technical debt, show its impact on software development, and analyze its occurrence in a real appointment scheduling software system. The results show that the most common types of technical debt are architectural, design, and defect debt, while changing requirements and time pressure are key factors behind their appearance.*

Keywords: *Technical debt, Software development, Appointment scheduling software*

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Дарко Стефановић, ред. проф.

1. УВОД

Технички дуг је појам који је први увео *Ward Cunningham* [1] 1992. године, описујући га као „не баш исправан код“ (енг. *not-quite-right code*) који развојни тим свесно оставља у систему како би убрзао

краткорочни напредак. Касније је ова дефиниција проширена и данас обухвата све развојне активности које се свесно одлажу, иако постоји ризик да у будућности изазову проблеме у пројекту [2].

Развој софтвера захтева балансирање између брзе испоруке и имплементације решења, услед чега често долази до компромисних одлука. Иако такве одлуке могу бити корисне у кратком року, њихов кумулативни ефекат може значајно отежати одржавање и даљи развој система. Управо због тога расте потреба за препознавањем, мерењем и управљањем техничким дугом, како би се спречило његово дуготрајно негативно деловање на квалитет софтвера и развојне процесе.

Циљ рада је да укаже на значај детектовања и мерења техничког дуга током развоја софтвера на примеру реалног система из окружења. Истакнута је важност препознавања различитих врста техничког дуга и њихово решавање, како би се побољшала одрживост и могућност надоградње система, као и на важност квалитетног дефинисања захтева и документације као кључних фактора у превенцији његовог настанка.

У раду је примењен квалитативни приступ који обухвата анализу релевантне литературе и идентификацију појава техничког дуга у реалном систему. Методологија се заснива на систематском прегледу литературе и студији случаја кроз анализу *Petify* апликације као представника система за заказивање термина.

Структура рада је следећа. Поглавље два дефинише основне појмове за разумевање и појаву техничког дуга. Поглавље три објашњава коришћење методологије и опис реалног система. Поглавље четири представља конкретне примере техничког дуга у софтверу. Поглавље пет се односи на дискусију и резултате анализе и рада. На крају, у закључку су сумирани кључни налази и предложени даљи развој ове теме.

2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

У оквиру овог поглавља су описани основни појмови везани за технички дуг и његову класификацију.

2.1. Појам техничког дуга

Технички дуг је метафора први пут дефинисана 1992. године и представља интерне задатке за које тим одлучи да се прескочи њихово извршење са ризиком да ће потенцијално створити проблем касније. Метафора дефинише дуг који настаје када развојни тим изабере краткорочно решење, које носи велику могућност негативног утицаја и последица дугорочно [3].

Суштина ове метафоре огледа се у поређењу са финансијским дугом где развојни тим „задужује” пројекат бржим напретком у садашњем тренутку, али тај дуг касније мора бити „отплаћен с каматом” кроз додатне трошкове, сложеније одржавање и рефакторисање система. Технички дуг не обухвата само лош код, већ и шири спектар развојних активности које су привремено заобиђене. Може се односити на, на пример, застарелу или непотпуну документацију, тестове који нису спроведени, превише сложен код који би требало реструктурирати или познате дефекте који остају неисправљени. Последице таквих одлука најчешће се манифестују кроз неочекивана кашњења, проблеме у имплементацији нових функционалности и потешкоће у одржавању дефинисаних критеријума квалитета [2].

Технички дуг се јавља у софтверским пројектима када је потребно бирати између одржавања високог квалитета система и брзе испоруке уз ограничене ресурсе. Ове компромисне одлуке често су неизбежне у раним фазама развоја, али њихово игнорисање може довести до озбиљних последица на дужи рок.

2.2 Класификација техничког дуга

Martin Fowler [4] је категорисао технички дуг пратећи две главне карактеристике: необазривост/промишљеност и намерно/ненамерно. Не дуго након његове класификације, *Steve McConnell* [5] је категорисао технички дуг у намерне и ненамерне. Временом, развијен је нов начин класификације техничког дуга који се заснива на природи проблема из којих различите врсте дуга настају. Овај приступ омогућава јасније разумевање сложености техничког дуга у софтверским пројектима и идентификацију специфичних индикатора за сваку врсту дуга током развоја софтвера. На тај начин се олакшава препознавање и практична примена одговарајућих метода и алата за њихову детекцију у реалним пројектима. У наставку ће бити објашњена свака врста техничког дуга понаособ [6].

Архитектонски дуг – Односи се на проблеме који настају у архитектури софтверског пројекта, као што су нарушавање модуларности и смањење квалитета унутрашњих структура. Овај дуг негативно утиче на архитектонске захтеве попут перформанси, робусности и скалабилности, а његово отклањање захтева додатно време и напор у процесу рефакторисања архитектуре.

Дизајнерски дуг – Односи се на дуг који се може открити анализом изворног кода и идентификовањем пракси које крше принципе доброг објектно-оријентисаног дизајна. Овакав дуг отежава проширење, тестирање и рефакторисање система.

Дефектни технички дуг – Односи се на познате грешке (дефекте) у софтверском систему које су уочене током тестирања или пријављене од стране корисника, а које су евидентирани у системима за праћење багова. Њихово решавање се често одлаже због ограничених ресурса и конкурентских приоритета унутар пројекта и честа је појава нагомилавања дефектних дугова.

Дуг у процесу изградње – Технички дуг који се односи на проблеме у процесу изградње (енг. *build*), који тај процес чине непотребно сложеним и спорим. Процес изградње може садржати беспотребан код или зависности које нису јасно дефинисане, што доводи до непотребног трошења времена и ресурса.

Кодски дуг – Односи се на проблеме у изворном коду који негативно утичу на његову читљивост и одржавање. Такви проблеми често потичу од лоших програмерских пракси. Овај дуг се обично може идентификовати прегледом изворног кода или помоћу алата за статичку анализу.

Документациони дуг – Односи се на проблеме у документацији софтверског пројекта попут недостатка, неадекватности или непотпуности документације. Документација може формално постојати и функционисати, али да не задовољава квалитетне стандарде (нпр. неажурност, непрецизност, изостанак техничких детаља). Ово отежава разумевање система и продужава време увођења нових чланова тима.

Инфраструктурни дуг – Односи се на проблеме у инфраструктури организације који могу одлагати или отежавати развојне активности. Примери укључују одлагање надоградњи сервера, база података или алата, што касније узрокује проблеме са перформансама, безбедношћу и компатибилношћу.

Процесни дуг – Односи се на неефикасне или застареле процесе. На пример, процес који је раније био прикладан више не одговара тренутним потребама пројекта, што доводи до застоја, дужег циклуса испоруке и неспоразума у тиму.

Дуг у захтевима – Настаје када се праве компромиси у вези са тиме који захтеви ће бити имплементирани или на који начин. Примери укључују делимично имплементирани захтеви, имплементације које не покривају све случајеве, или оне које не задовољавају све нефункционалне захтеве (нпр. сигурност, перформансе).

Тестерски дуг – Означава проблеме у тестирању који утичу на квалитет. Примери укључују планиране тестове који нису извршени или познате недостатке у сету тестова, као што је ниска покривеност кода тестовима. Овај дуг повећава ризик да дефекти прођу неоткривени у продукцију.

3. МЕТОДОЛОГИЈА

Методолошки оквир рада заснива се на комбинацији прегледа литературе у области и анализе техничког дуга на примеру реалног софтверског система. Овакав приступ омогућава повезивање теоријских концепата и класификација техничког дуга са практичним примерима из стварног развојног окружења.

3.1. Преглед литературе

Систематичан преглед литературе заснива се на анализи досадашњих истраживања која обухватају методе идентификације и мерења техничког дуга, приступе засноване на статичкој анализи кода, као и новије правце усмерене ка техничком дугу у фази захтева.

Идентификација и мерење техничког дуга

Идентификација и мерење техничког дуга представљају кључне кораке за његово разумевање и управљање. Мерење техничког дуга омогућава организацијама да јасно разумеју који су проблеми присутни у систему и да на основу тога дефинишу приоритете за њихово решавање и ојачају стабилност и одрживост пројекта [7].

Најчешће истраживани приступи мерењу техничког дуга ослањају се на алате за статичку анализу кода, који пружају објективне метрике о квалитету софтвера, попут комплексности кода, присуства дуплираних делова и лоших програмерских пракси [8].

Технички дуг у фази захтева

Последњих година све више пажње посвећује се детекцији техничког дуга заснованој на захтевима (енг. *Requirements Engineering Debt, RED*) која се фокусира на анализу проблема насталих у фази дефинисања захтева, како би се идентификовали индикатори потенцијалног техничког дуга.

RED представља проширење традиционалног концепта техничког дуга са нивоа имплементације на ниво инжењеринга захтева, при чему се дуг не односи само на код или архитектуру, већ и на недоследне, непотпуне или нејасне захтеве који могу довести до каснијих трошкова у развоју и одржавању система [9]. Последице се испољавају у виду пада квалитета софтвера, повећања трошкова имплементације и одржавања, као и смањења поузданости и задовољства корисника.

3.2. Опис реалног система

У оквиру рада биће анализирана појава техничког дуга на систему за резервацију термина *Petify*, апликације која повезује кориснике и пружаоце услуга (салоне и хотеле) специјализованих за кућне љубимце и олакшава им процес заказивања термина. Апликација покрива претрагу услуга, резервације, нотификације и специјалне погодности чланства. Администраторски део система *Petify* је веб апликација која представља календарски систем вођења резервација уз базу клијената и евиденцију ценовника и трошкова.

Софтвер је имплементиран у *.NET* технологији за бекенд део пројекта, док су на фронтенду коришћени *React* и *React Native* технологије, а подаци се чувају у релационој бази података *PostgreSQL*. Систем је грађен итеративно и у више развојних фаза, са честим изменама и проширењима захтева од стране клијената. *Petify* је софтвер који је вођен у малом тиму, што је резултовало брзим доношењем одлука и променама у

току имплементације. Управо овакав контекст чини *Petify* апликацију погодним примером за анализу и праћење појаве различитих врста техничког дуга, нарочито у ситуацијама када се систем брзо прилагођава захтевима тржишта и корисника.

Анализа на реалном систему *Petify* обухвата различите врсте техничког дуга (архитектонски, дизајнерски, кодски, дефектни и дуг у захтевима), као и њихове међусобне односе. Посебан фокус стављен је на захтеве као иницијални извор техничког дуга (*RED*), будући да промене и непрецизности у захтевима често узрокују каснију појаву других врста дуга.

Детекција техничког дуга у систему *Petify* заснива се на анализи одлука развојног тима и промена кроз више итерација система. Праћени су примери у којима су краткорочна решења и непрецизно дефинисани захтеви доводили до проблема у архитектури, дизајну и одржавању кода.

4. ПРИМЕРИ ТЕХНИЧКОГ ДУГА У СОФТВЕРУ

Идентификација и мерење су прва два корака у процесу менаџмента која одређују тип техничког дуга и њихов утицај на софтвер [2]. У овом поглављу биће анализирани конкретни примери појава техничког дуга у реалном систему *Petify* који су оставили највећи утицај и последице на даљи развој.

4.1. Архитектонски технички дуг

Приликом реализовања нових пројеката честа је појава овог дуга, јер је акценат на брзој испоруци решења, како би се софтвер тестирао и валидирао што пре од стране корисника, клијената и инвеститора. Овај дуг је уочен и на примеру *Petify* апликације, која је у фази пројектовања и идеје била само за резервацију термина у домену салона. Архитектура је била једноставна, корисник је бирао салон, услугу и слободан термин. Модел података и интерфејс за програмирање апликација (енг. *API – Application Programming Interface*) су се састојали од једноставног ентитета попут *Appointment* који садржи податке *salonId*, *serviceType*, *dateTime* и *petId*. Проблем је настао када је одлучено да апликација обухвата и систем за резервацију хотела, који представља систем заказивања, са напредним захтевима попут различитих термина пријављивања/одјављивања, различитих врста соба и додатних услуга (храна, нега) као и капацитет термина по соби. Како је постојећи систем био креиран за једнодневне термине и ентитет салона, додавање хотелских резервација није било могуће једноставним проширењем модела, већ је било неопходно рефакторисати постојећу базу података да укључује вишедневне резервације са додатним услугама и измене у контролерима и сервисима који разликују ентитет салона и хотела. До овог случаја је дошло јер је архитектура дизајнирана за строго један систем заказивања без модуларности и флексибилности за будућа проширења. Имплементација система за хотеле је захтевала значајне развојне активности, миграције података и измене у више слојева система (фронтенд, бекенд и база података), уместо једноставних локалних интервенција у коду.

4.2. Дизајнерски технички дуг

Један од примера појаве дизајнерског дуга су лоше програмерске праксе, попут превеликих класа. У случају *Petify* апликације, један од примера представља модел ентитета *Salon*. У почетку је овај модел садржао само основне информације. Међутим, како је број клијената растао, тако су расли и њихови захтеви о персонализацији и конфигурацији, попут дужина времена између термина, да ли дозвољавају резервације данас за данас, или отказивање један или више дана унапред. Ови захтеви су решени додавањем већег броја атрибута попут: *canReserveTomorrow*, *canCancelTomorrow* и *timeSlotRange*, што је резултовало значајним проширењем модела. До овог дуга не би дошло да смо креирали табелу за конфигурацију (*CustomSettings* са пољима *timeSlotRange*, *canOperateAfterWorkingHours*, *reservationPolicy*) чиме се правила изолују од основних атрибута салона.

4.3. Дефектни технички дуг

Дефектни технички дуг указује на познате грешке (дефекте) у софтверском систему које су уочене током тестирања или пријављене од стране корисника и чије се решавање често одлаже због ограничених ресурса и конкурентских приоритета унутар пројекта.

Petify апликација је имала више различитих дефеката у свом систему. Један од њих је неуспешна промена радног времена салона, чије се решавање проблема одлагало, јер не представља функционалност која се често користи, док би њено решавање захтевало значајно улагање времена у програмирању. Проблем је кулминирао и порастао када смо додали опцију нових запослених у салону и креирање и измене њиховог радног времена које су користиле логику из салона. Овај случај је могао бити избегнут, да је након прве пријаве грешке, пронађено и имплементирано решење у коду.

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Анализа техничког дуга на примеру система за заказивање термина показала је да се понављају одређени обрасци појављивања техничког дуга. Ово је честа појава код брзо растућих пројеката који имају постављене рокове, налазе се у раним фазама позиционирања на тржишту и интензивно комуницирају са клијентима. У случају *Petify* апликације, најизраженији облици техничког дуга били су архитектонски, дизајнерски и дефектни. Свака од ових појава била је директно повезана са променама захтева, било да је реч о повећању броја клијената, додатним захтевима од стране корисника и менаџмента или проширењу домена апликације на нове типове услуга.

Овакав образац имплицитно указује на технички дуг у захтевима (*RED*) као иницијални фактор који подстиче каснији развој осталих категорија техничког дуга. Непрецизно дефинисани захтеви често доводе до импровизованих архитектонских решења, повећања сложености модела и појаве дефеката у каснијим фазама развоја. Претходне студије потврђују да

непотпуни захтеви представљају водећи симптом *RED*-а, док је незадовољство корисника најчешћа последица [8,9]. Ниски спољашњи квалитет софтвера, који се често манифестује кроз корисничко незадовољство, једна је од кључних последица документационог и захтевски условљеног техничког дуга [9]. Ови налази су у складу са анализом система *Petify*, где су проблеми настали у фази дефинисања захтева касније резултирали значајним архитектонским изменама, сложенијим дизајном и повећањем броја дефеката.

Додатно, значајан фактор који је утицао на појаву техничког дуга био је временски притисак условљен појавом конкурената и притиском тржишта за бржим завршетком пројекта. Под утицајем кратких рокова и брзим пласирањем производа, развојни тим је правио намерно краткорочне компромисе у дефинисању и разради захтева, што је касније резултовало дугорочним последицама на архитектуру и код. Овај сценарио је у складу са налазима претходних истраживања, која указују да временски притисак и тржишна конкуренција представљају једне од кључних фактора у генерисању *RED*-а и његовом преношењу на остале техничке слојеве система [6].

6. ЗАКЉУЧАК

Тема техничког дуга је од суштинског значаја за разумевање квалитета софтверских пројеката, нарочито у раним фазама развоја када се системи брзо мењају и прилагођавају тржишту. У овом раду анализиран је технички дуг на примеру система за заказивање термина, са фокусом на *Petify* апликацију. Циљ је био да се идентификују и разумеју обрасци појављивања различитих типова техничког дуга и да се они повежу са теоријским концептима и факторима који на њих утичу.

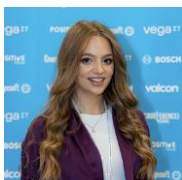
Резултати анализе показали су да су најизраженији облици техничког дуга у *Petify* систему архитектонски, дизајнерски и дефектни дуг, а да су промене и недовољна разрада захтева биле кључни покретачи њиховог настанка. Тиме је потврђено да технички дуг у захтевима често представља иницијалну тачку која води ка проширењу других категорија техничког дуга. Додатно, временски притисак и тржишна конкуренција значајно су утицали на одлуке које су генерисале дуг, што је у складу са налазима претходних студија.

Ови резултати наглашавају потребу за систематичним праћењем и управљањем техничким дугом кроз цео развој софтвера. Посебан акценат треба да буде на квалитетно дефинисаним захтевима, чиме се може значајно смањити појава нових облика техничког дуга током развоја. Поред традиционалног фокуса на дуг кода, резултати указују на значај препознавања и анализирања осталих врста техничког дуга, посебно оних који често имају дугорочне последице по одржавање и развоју система. У будућности, од великог значаја би био развој специјализованих алата који би пратили све појаве техничког дуга и одређивали приоритете за ефективно решавање и унапређење софтвера и система.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] W. Cunningham, "The WyCash Portfolio Management System," ACM SIGPLAN OOPS Messenger, vol. 4, no. 2, pp. 29–30, 1992.
- [2] N. S. Alves, T. S. Mendes, M. G. de Mendonça, R. O. Spínola, F. Shull, and C. Seaman, "Identification and Management of Technical Debt: A Systematic Mapping Study," Information and Software Technology, vol. 70, pp. 100–121, 2016.
- [3] C. Seaman, Y. Guo, N. Zazworka, F. Shull, C. Izurieta, and A. Vetrò, "Towards an Ontology of Terms on Technical Debt," in Proceedings of the IEEE International Workshop on Managing Technical Debt (MTD), 2014.
- [4] M. Fowler, "Technical Debt Quadrant," *Bliki* [Blog], 2009. [Online]. Доступно: <http://www.martinfowler.com/bliki/TechnicalDebtQuadrant.html> (приступљено 10.10.2025.)
- [5] S. McConnell, *Managing Technical Debt*, Construx Software Builders, Inc., White Paper, 2008. [Online]. Доступно: <https://www.construx.com/uploadedfiles/resources/whitepapers/Managing%20Technical%20Debt.pdf> (приступљено 10.10.2025.)
- [6] V. Lenarduzzi, T. Besker, D. Taibi, A. Martini, and F. Arcelli Fontana, "A Systematic Literature Review on Technical Debt Prioritization: Strategies, Processes, Factors, and Tools," Journal of Systems and Software, vol. 171, p. 110827, 2021.
- [7] D. Koulla Moulla, E. Mnkandla, H. Oumarou, and T. Fehlmann, "Technical Debt Measurement: An Exploratory Literature Review," CEUR Workshop Proceedings, vol. 3852, pp. 1–14, 2024.
- [8] A. Melo, R. Fagundes, V. Lenarduzzi, and W. Santos, "Identification and Measurement of Technical Debt Requirements in Software Development: A Systematic Literature Review," arXiv preprint arXiv:2105.14232, 2021.
- [9] J. Frattini, D. Fucci, D. Mendez, R. Spinola, V. Mandic, N. Tausan, M. O. Ahmad, and J. Gonzalez-Huerta, "An Initial Theory to Understand and Manage Requirements Engineering Debt in Practice," arXiv preprint arXiv:2211.06189, 2022.

Кратка биографија:



Милица Окиљевић рођена је у Урошевцу 1999. год. Дипломски рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Примењене рачунарске науке и информатика одбранила је 2021. год.

Контакт:

milica99okiljevic@gmail.com

Дигитални близанци у предиктивном одржавању уз примјену вјештачке интелигенције

Digital twins in predictive maintenance using artificial intelligence

Сања Тица, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – ИНЖЕЊЕРСТВО ИНФОРМАЦИОНИХ СИСТЕМА

Кратак садржај – У овом раду дат је систематски преглед литературе на тему дигиталних близанаца у предиктивном одржавању уз примјену вјештачке интелигенције. На почетку су представљене теоријске основе које читаоца уводе у кључне појмове. Затим је корак по корак описана методологија претраге и селекције радова. Резултати анализе представљени су графички, путем разних дијаграма који пружају визуелни увид у стање и трендове у области. У завршном дијелу рада представљени су коначни резултати анализе садржаја селектованих радова из прве фазе, уз наглашавање начина на које ови радови доприносе одговарању на постављена истраживачка питања и развоју области дигиталних близанаца у контексту предиктивног одржавања.

Кључне ријечи: дигитални близанци, предиктивно одржавање, вјештачка интелигенција

Abstract – This paper represents a systematic literature review on the topic of digital twins in predictive maintenance using artificial intelligence. The paper begins with a presentation of the theoretical foundations, introducing the reader to the key concepts. Subsequently, the methodology for searching and selecting research papers is described step by step. The results of the analysis are also presented graphically, through various diagrams that provide a visual overview of the current state and trends in the field. In the final part of the paper, the results of the content analysis of the selected papers from the first phase are presented, emphasizing how these studies contribute to answering the defined research questions and to the development of the field of digital twins in the context of predictive maintenance.

Keywords: digital twins, predictive maintenance, artificial intelligence

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Душанка Дакић, доцент.

1. УВОД

Рад је написан у форми систематског прегледа литературе на тему дигиталних близанаца (енгл. *Digital Twins - DT*) у предиктивном одржавању (енгл.

Predictive maintenance - PdM) уз примјену вјештачке интелигенције (енгл. *Artificial Intelligence - AI*)

Дигитални близанци представљају виртуелне репрезентације физичких ентитета (машина, процеса, система или уређаја) који у реалном времену синхронизују стање, понашање и податке свог физичког пандана, те на тај начин омогућавају предвиђање, оптимизацију и контролу тог физичког пандана, кроз међусобну размјену података [1].

Предиктивно одржавање је врста одржавања заснована на стању (енгл. *condition-based maintenance*), при чему се анализом историјских и тренутних индикатора предвиђа тренутак потенцијалног отказа система, како би се правовремено реаговало и избегли непланирани прекиди [2]. Главни циљ предиктивног одржавања јесте процјењивање тренутног стања имовине и ресурса, спровођење активности одржавања ако и када је потребно, са циљем очувања поузданости и смањења трошкова непланираних застоја [3].

У ери четврте индустријске револуције (енгл. *Industry 4.0*), фокус је на повећању продуктивности, оперативне ефикасности и квалитета доношења одлука, при чему постизање ових циљева у великом обиму и даље представља изазов [2]. Са друге стране, вјештачка интелигенција као концепт се сваким даном интензивно развија и надограђује, те је њена примјена у свим сферама човјековог живота све израженија. Како у свакодневном животу, вјештачка интелигенција је узела маха и у индустрији, почевши од производње, роботике, авијације, до развоја паметних и одрживих градова, па све до медицине и унапријеђења квалитета људског живота и здравља.

У другом поглављу биће представљено на који начин је текао поступак систематског прегледа литературе од претраге радова по одабраним кључним ријечима, преко њихове филтрације према дефинисаним критеријумима, па све до коначне селекције релевантних истраживања.

У трећем поглављу биће представљени резултати детаљне анализе садржаја претходно одабраних радова, почевши од идентификације коришћених технологија и метода, до извођења закључака и формулисања одговора на постављена истраживачка питања, на основу обједињене анализе свих радова. На крају овог рада биће дат свеобухватан закључак који сумира кључне налазе и указује на шире импликације спроведеног истраживања.

2. МЕТОДОЛОГИЈА СИСТЕМАТСКОГ ПРЕГЛЕДА ЛИТЕРАТУРЕ

Мотивација за спровођење систематског прегледа литературе на ову тему произилази из потребе да се на свеобухватан и методолошки утемељен начин сагледа тренутно стање у области, идентификују кључни изазови и недостаци, као и најзначајнији приступи и потенцијални правци будућег развоја.

2.1. Приступ истраживању

Главна смјерница за спровођење систематског прегледа литературе била је PRISMA методологија. Иако је PRISMA као методологија настала још 2009. године, званична верзија која се данас најчешће користи јесте надограђена верзија из 2020. године, тзв. PRISMA 2020, која уводи новине и побољшања у начину извјештавања и структурирању систематских прегледа. Садржи 27 ставки контролне листе (енгл. *checklist*) и ревидиране дијаграме тока (енгл. *flow diagrams*) за праћење процеса селекције радова [4].

Уколико се систематски преглед литературе спроводи коришћењем ове методологије, процес тече у четири следеће фазе:

1. Идентификација (енгл. *Identification*): навођење база (и других извора) коришћених за претрагу радова и кључних ријечи/стрингова који су коришћени за претрагу.

2) Прелиминарна селекција радова (енгл. *Screening*): селекција радова на основу неког критеријума (на примјер процјена на основу наслова рада, уклањање дупликата...).

3) Оцјена подобности (енгл. *Eligibility*): Детаљнија анализа радова, најчешће на основу апстрактта рада или cjелокупног садржаја.

4) Укључивање радова у коначан преглед (енгл. *Included*): радови који су добијени као резултат спровођења cjелокупног процеса селекције и који ће се користити у даљем наставку истраживања [4].

2.2. Дефинисање истраживачких питања

У наставку је приказана листа пет истраживачких питања, дефинисаних у складу са циљевима и фокусом истраживања, која су служила као основ за детаљнију селекцију радова у фази *Eligibility* према PRISMA методологији.

П1. На који начин интеграција дигиталних близанаца и вјештачке интелигенције унапређује предиктивно одржавање у индустријским системима?

П2. Које су најчешће архитектуре и приступи за имплементацију дигиталних близанаца у сврху предиктивног одржавања?

П3. Како различите методе машинског и дубоког учења доприносе тачности и поузданости предиктивних дигиталних близанаца?

П4. Које су главне препреке и изазови у имплементацији дигиталних близанаца заснованих на вјештачкој интелигенцији у стварним индустријским окружењима?

П5. На који начин дигитални близанци и системи засновани на вјештачкој интелигенцији омогућавају прелазак са традиционалног и превентивног на

предиктивно одржавање у савременим индустријским системима?

2.3. Стратегија претраге

За спровођење овог истраживања и проналажење адекватних радова коришћене су двије различите базе научних радова:

1. *Scopus*

2. *IEEE Xplore*

Scopus је индексна апстрактна база података, развијена од стране *Elsevier Co.* Интересантно је да је база сам назив добила по птици *Hammerkop* (*Scopus umbretta*), која природно има изражене навигационе способности, у чему лежи и симболика. Радови садржани у овој бази потичу од 21 различите институције, у сарадњи са око 300 библиотека и истраживача. Ова база омогућава приступ чланцима из научних, техничких и медицинских часописа, као и референцама које су укључене у те чланке, чиме се кориснику омогућава хронолошка претрага, уназад и унапријед кроз вријеме [5].

IEEE Xplore јесте дигитална библиотека која представља моћан ресурс за проналажење и приступ научном и техничком садржају, а који је објављен од стране IEEE организације и њених издавачких партнера. Постоје различити типови научних радова које је овде могуће пронаћи, међу којима су књиге и њихова поглавља, радови са конференција, курсеви, разни стандарди, као и часописи и журналы [6].

2.4. Кључне ријечи и стрингови претраге

Како би се прије свега пронашли најрелевантнији радови за дату тему, те како би се сузио избор претраге, коришћена је стратегија претраге путем стрингова и кључних ријечи, у оквиру тзв. напредне претраге (енгл. *Advanced Search*). Оваква претрага омогућена је у већини ових научних база, у којима је могућа комбинација кључних појмова помоћу логичких оператора као што су *OR*, *AND* или *NOT*, а могућа је и претрага по неком конкретном дијелу документа, као што је назив или апстракт, па је могуће успјешно прилагодити саму претрагу специфичним потребама истраживања.

Стринг по коме се вршила претрага садржао је комбинацију више различитих кључних ријечи, логички спојених путем више различитих оператора. Претрага је извршена користећи кључне појмове и комбинацију логичких оператора приказаних у наставку.

Стринг претраге: ("*digital twin**" *AND* "*predictive maintenance*" *AND* ("*artificial intelligence*" *OR* "*machine learning*" *OR* "*deep learning*")

Иницијални број радова добијених као резултат извршавања претходно приказаног упитног стринга био је 1211 (из обје научне базе заједно). Број дупликата, односно радова који су се појављивали у обје научне базе је био 645. Међутим и након уклањања дупликата, број радова за детаљну анализу био је и даље висок, стога су примјењени додатни филтери претраге. Тражени су радови писани на енглеском језику, издати у задњих 5 година, који су типа *Conference Paper* или *Journal Article* и који су отвореног типа (енгл. *Open Access*). На овај начин, број

радова који је разматран за даљу селекцију пао је на 190. Од ових радова, одређени број је елиминисан само на основу свог наслова, јер се већ из њега могло закључити да није релевантан за дату тему, као на примјер следећи радови:

- *Performance Modeling of Data Storage Systems Using Generative Models*

- *Detection of Spark Erosion on Insulated Rail Joints by Deep Learning*

На овај начин, елиминисано је 28 радова. Следећи корак селекције подразумјевао је анализу апстрактних радова, на основу ког је могуће закључити шта је главни предмет истраживања. У оквиру ове фазе елиминисано је још 42 рада, који су углавном обухватили дигиталне близанце и предиктивно одржавање, али нису се бавили интеграцијом компоненте вјештачке интелигенције, тако да је на крају коначан број радова погодних за детаљну анализу износио 22.

2.5. Опште карактеристике

Највећи број радова који су постали предмет детаљног истраживања пронађени су у оквиру *Scopus* научне базе радова, док је мањи број радова преузет *IEEE Xplore* научне базе радова. Оваква дистрибуција може се објаснити чињеницом да *Scopus* обухвата шири спектар интердисциплинарних публикација, укључујући области инжењерства, рачунарства, индустријских система, али и менаџмента и организационих наука.

Када је ријеч о географској расподјели аутора по земљама из којих долазе, доминира подручје Азије и то углавном Кина, а потом Уједињено Краљевство и Сједињене Америчке Државе. Преосталих европских држава је углавном по један представник, али оно што се може закључити је да су радови који су добијени као резултат селекције написани од стране аутора са свих страна свијета, доминантно европског и азијског континента, што доста говори о заступљености теме међу ауторима широм свијета, односно о глобалном карактеру истраживања и интересу међународне заједнице за тему дигиталних близанаца у предиктивном одржавању уз примјену вјештачке интелигенције.

Анализом односа између броја референци и броја цитата по раду, могуће је закључити да радови који садрже већи број референци генерално остварују и већи број цитата, што указује на повезаност између ширине обухваћене литературе и научног утицаја рада. На основу година објављивања одабраних радова, уочава се да раније објављени радови (из 2021. и 2022. године) имају значајно већи број цитата у односу на новије публикације из 2024. и 2025. године. Може се рећи да је овакав тренд очекиван, из разлога што старији радови природно имају више времена да буду препознати и цитирани у академској заједници.

Када су у питању кључне ријечи из одабраних радова, анализа показује да је најзаступљенији појам „*Digital Twins*“. Слједи га термини „*artificial intelligence*“ и „*predictive maintenance*“, што указује на снажну везу између дигиталних близанаца и примјене вјештачке интелигенције у контексту предиктивног одржавања. Учестала појава појмова „*machine learning*“ и „*deep*

learning“ додатно наглашава улогу напредних алгоритама у анализи података и моделовању понашања физичких система.

3. РЕЗУЛТАТИ СИСТЕМАТСКОГ ПРЕГЛЕДА ЛИТЕРАТУРЕ

У овом поглављу представљени су резултати спроведеног систематског прегледа литературе. Сваки од одабраних радова детаљно је анализиран, а из те анализе изведени су кључни налази релевантни за тему истраживања.

3.1. Преглед технологија и метода

Кључне технологије примјењиване у системима који су били предмет претходно спроведене анализе могу се груписати у неколико различитих категорија:

1.) Технике машинског и дубоког учења

Најзаступљеније методе у овој области које су помињане и описиване у већини претходно анализираних истраживања јесу неуронске мреже и то доминантно конволуционе неуронске мреже (енгл. *Convolutional Neural Networks – CNN*), рекурентне неуронске мреже (енгл. *Recurrent Neural Networks – RNN*), као и неке *ensemble* методе, као што су *RandomForest* и *XGBoost* алгоритми. Неуронске мреже са краткотрајном и дуготрајном меморијом (енгл. *Long Short-Term Memory – LSTM*) такође су заступљене у неколико различитих истраживања и то најчешће за детекцију и учење веза и образаца понашања у систему. За синтезу и аугментацију података користе се углавном генеративне адверзарне неуронске мреже (енгл. *Generative Adversarial Networks – GAN*) и аутоенкодери (енгл. *Autoencoders – AE*). Употреба алгоритма к-најближих сусједа (енгл. *K-Nearest Neighbors – KNN*) је такође широко распрострањена у спроведеним истраживањима, а најчешће је коришћен за анализу и предикцију перформанси од значаја у систему, као што су напрезање и помјерање у зупчаницима. Поред ових метода, у појединим радовима коришћене су и *Bayes*-ове мреже, методе потпорних вектора, стабла одлучивања...

2.) Физички и хибридни модели

Неки аутори [7] наглашавају потребу за физички-информисаним моделима (енгл. *Physics-informed models – PIML*) који комбинују законе механике и податке прикупљене са сензора, ради повећања интероперабилности и реалистичности симулација дигиталног близанца, а у циљу детекције кварова.

3.) Архитектуре система

Када је ријеч о предложеним архитектурама система, доминанте су *cloud-state* хибридне вишеслојне архитектуре, које комбинују пожељне карактеристике оба типа архитектура – брзину локалне обраде података (*edge-computing*) и скалабилност сервиса у облаку (енгл. *cloud services*).

4.) Сензорске и ИоТ технологије

Сви радови истичу значај примјене интернета ствари и интернета роботских ствари (енгл. *Internet of Robotic Things – IoRT*) сензора за прикупљање података о вибрацијама, притиску, температури, потрошњи енергије и другим параметрима (зависно од система у ком се сензори примјењују).

3.2. Предности интеграције ДТ и АИ

Увођење интегрисаног ДТ–АИ система доноси низ значајних предности и унапријеђења у раду. У наставку су истакнуте неке од најважнијих:

- континуирано праћење и могућност симулације физичког система,
- виртуелно тестирање и предвиђање кварова без застоја,
- аутоматско одржавање и успостављање двосмјерне комуникације између сензора и ДТ модела и
- повећање интероперабилности употребом физички-информисаних и *Vayes*-ових модела.

Овај приступ показао се посебно значајним и корисним у ситуацијама гдје су кварови ријетки или не постоји могућност адекватног мјерења (зупчаници, хидраулични системи...), јер ДТ подржава генерисање вјештачких података над којима се модели тренирају.

3.3. Технички и организациони изазови

Иако сваки од описаних приступа има своје предности, постоје и неки изазови и недостаци са којима су се аутори сусретали приликом спровођења истраживања. Највећи број аутора истиче следеће проблеме:

- проблеми у раду са подацима, у смислу недостатка великих и репрезентативних сетова података за обуку модела,
- безбједност и сигурност података,
- високи трошкови имплементације,
- сензорске инфраструктуре и обезбјеђења рачунарских ресурса за тренирање модела,
- ограничена интероперабилност између различитих ДТ платформи (предложена рјешења углавном су компатибилна само са једним одређеним системом) и
- недостатак стандардизације архитектура и комуникационих протокола.

Унапређења у сензорским технологијама и методама машинског учења указују да ће се ови системи у наредном периоду даље усавршавати и постајати практично примјењиви у све већем броју индустријских окружења.

4. ЗАКЉУЧАК

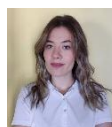
Већ на самом почетку истраживања, приликом претраге и филтрације релевантне литературе, било је могуће закључити да је тема која је у овом раду обрађивана изузетно популарна и заступљена као предмет истраживања многих аутора, а нарочито у периоду од задњих пет година. Имајући у виду да ни технологије дигиталног близанца ни методе вјештачке интелигенције још увијек нису постигле свој пуни технолошки потенцијал, оправдано је очекивање да ће интересовање за ову област у наредним годинама значајно расти. Улога ДТ у оваквим системима односи се на моделовање физичких система, синхронизацију података у реалном времену и могућност спровођења различитих индустријских сценарија. Са друге стране, АИ компонента омогућава напредну анализу података прикупљених у систему, најчешће путем сензора који су данас такође потпомогнути АИ технологијама (нпр.

ИоТ сензори) и као такви имају могућност напредног прикупљања података. Анализом одабраних радова могуће је потврдити да системи у којима се интегришу дигитални близанци заједно са методама и техникама вјештачке интелигенције представљају основу модерних система за предиктивно одржавање. Дигитални близанци као концепт су већ увелико заступљени у индустрији, а временом се опсег њихове примјене додатно шири, у комбинацији са новим технологијама и приступима. Хронологија анализираних радова указује и на јасан напредак од традиционалних аналитичких метода и реактивног одржавања ка самоуком, адаптивним и интелигентним индустријским системима. Посматрано у цјелини, дигитални близанци засновани на АИ технологијама представљају темељ будућих интелигентних индустријских система у оквиру парадигме Индустрије 4.0 и предстојеће Индустрије 5.0.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Traar G, Henjes J, Kritzinger, M, Karner and W. Sihn. Digital twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. IFA PapersOnLine, 51(11).
- [2] Achouch, M, Dimitrova, K, Ziane, S, Sattarpanah Karganroudi, R, Dhouib, H, Ibrahim, and M. Adda. On predictive maintenance in industry 4.0: Overview, models, and challenges. Applied Sciences, 12(16), 2022.
- [3] Logan Cummins et al. Explainable predictive maintenance: A survey of current methods, challenges and opportunities. IEEE Access, 12:57574–57602, 2024.
- [4] J. Page, J. E. McKenzie, P. M. Bossuyt, et al. The prisma 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, 2021.
- [5] J. Burnham. Scopus database: A review. Biomedical Digital Libraries, 3, 2006.
- [6] IEEE Xplore. About content in ieee xplore. <https://ieeexplore.ieee.org/Xplorehelp/overview-of-ieee-xplore/about-content>. [Online; accessed 16 October-2025].
- [7] S. Ma, K. A. Flanigan, and M. Bergés. State-of-the-art review and synthesis: A requirement-based roadmap for standardized predictive maintenance automation using dig- ital twin technologies. Advanced Engineering Informatics, 62, 2024.

Кратка биографија:



Сања Тица рођена је 02. Августа 2000. године у Требињу, Република Српска. Уписује основне академске студије 2019. године, на смјеру Инжењерство информационих система. Диплому инжењера информационих технологија стиче 2023. године, а потом исте године уписује мастер академске студије, на истом смјеру.

Контакт: sanjatica2000@gmail.com



Примена предиктивне аналитике у анализи саобраћајних незгода у београду путем Power BI алата

Predictive Analytics Approach to Traffic Accident Analysis in Belgrade Using Power BI

Сандра Лазаревић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – ИНЖЕЊЕРСТВО ИНФОРМАЦИОНИХ СИСТЕМА

Кратак садржај – Рад приказује примену предиктивне аналитике у анализи саобраћајних незгода у Београду за период 2020–2025. Полазни подаци, преузети са платформе отворених података Републике Србије, обрађени су у Python-у и Power BI-ју. Применом техника чишћења, моделовања и визуализације развијени су регресиони, класификациони и кластер модели ради предвиђања ризичних периода и локација. Резултати су приказани кроз интерактивни Power BI dashboard са временским трендовима, географским расподелама и прогнозама броја незгода. Анализа указује на сезонске и просторне обрасце који могу допринети унапређењу безбедности саобраћаја.

Кључне речи: предиктивна аналитика, отворени подаци, саобраћајне незгоде, Power BI, машинско учење

Abstract – The paper presents the application of predictive analytics in analyzing traffic accidents in Belgrade for the period 2020–2025. The dataset, obtained from the official Open Data Portal of the Republic of Serbia, was processed using Python and Power BI. Through data cleaning, modeling, and visualization, regression, classification, and clustering models were developed to predict high-risk periods and locations. Results are displayed in an interactive Power BI dashboard showing temporal trends, geographic distributions, and accident forecasts. The analysis reveals seasonal and spatial patterns that can support improvements in urban traffic safety.

Keywords: predictive analytics, open data, traffic accidents, Power BI, machine learning

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је доц. др Теодора Вучковић

1. УВОД

Безбедност саобраћаја у Београду представља значајан изазов због велике густине саобраћаја и броја возила. Упркос унапређењима, број незгода остаје висок, што указује на потребу за савременијим методама анализе. Рад представља интегрисани систем за анализу и предикцију саобраћајних незгода заснован на Python-

у, техникама машинског учења и Power BI-ју. Користећи податке са портала data.gov.rs [1], примењени су регресиони, класификациони и кластер модели ради предвиђања броја незгода и идентификације ризичних локација. Резултати су визуализовани кроз интерактивне извештаје који омогућавају ефикасније управљање безбедношћу саобраћаја.

2. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Истраживање је спроведено кроз више међусобно повезаних фаза које обухватају прикупљање, припрему и обраду отворених података, примену метода машинског учења и визуелну интерпретацију резултата у Power BI окружењу. Посебан акценат стављен је на интеграцију аналитичких и визуелних компоненти, чиме је омогућено обједињено сагледавање временских, просторних и узрочних аспеката саобраћајних незгода. Комбинацијом програмског језика Python и алата Power BI, развијен је истраживачки оквир који повезује статистичко моделовање, предиктивно учење и визуелну аналитику.

Такав приступ омогућава да се комплексни подаци о незгодама преточе у разумљиве, интерактивне и практично применљиве информације које могу допринети унапређењу система безбедности саобраћаја.

2.1. Извори података

Подаци коришћени у истраживању преузети су са званичног портала data.gov.rs [1], из скупа „Подаци о саобраћајним незгодама по полицијским управама и општинама“ [2]. Сет података обухвата период 2020–2025. и више од 80.000 записа који садрже: датум, време, локацију (управа, општина), тип и исход незгоде (материјална штета, повређени, погинули). Фокус истраживања је на територији града Београда, а подаци су јавно доступни, анонимизовани и редовно ажурирани, што омогућава њихову поуздану примену у истраживачке сврхе.

2.2. Припрема и обрада података

У првој фази извршено је чишћење и трансформација података у Python окружењу, уз следеће кораке:

- уклањање дупликата и неконзистентних вредности,
- конверзија временских поља у стандардизовани формат,
- кодирање категоријских променљивих нормализација нумеричких вредности.

Након тога, подаци су припремљени за моделовање и подељени на тренинг и тест скупе (однос 80:20), чиме је омогућена објективна процена перформанси модела.

2.3. Примена модела машинског учења

За предиктивну анализу примењени су следећи алгоритми:

- Linear Regression – за предвиђање броја незгода по месецима и општинама,
- Decision Tree Classifier – за класификацију тежине незгода (материјална штета, повређени, погинули),
- K-Means алгоритам – за идентификацију „црних тачака“, односно локација са високом концентрацијом незгода.

Перформансе модела процењиване су помоћу MAE, RMSE, R^2 и F1-мере, а затим су резултати експортирани у Power BI за визуелну анализу и интерпретацију.

2.4. Интеграција и визуализација

Добијени резултати повезани су у Power BI кроз релационе моделе (димензије: датум, општина, исход). Визуализације обухватају:

- линијски дијаграм за праћење сезонских трендова,
- просторну мапу за приказ “црних тачака”,
- класификационе приказе по исходу незгода и
- упоредни приказ предвиђених и стварних вредности.

Овакв систем омогућава интерактивну анализу и динамично сагледавање безбедности саобраћаја у Београду, уз могућност проширења модела новим подацима и додатним метрикама.

3. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И РЕЗУЛТАТИ АНАЛИЗЕ

Процес имплементације обухватио је примену модела машинског учења у Python окружењу и њихову интеграцију у Power BI, ради визуелне интерпретације и анализе резултата. На тај начин обезбеђен је потпуни циклус обраде — од прикупљања и моделовања података, до интерактивног приказа кључних налаза.

3.1. Припрема података и окружење

Анализа је спроведена у окружењу Google Colab, коришћењем библиотека pandas, numpy, scikit-learn и matplotlib. Након филтрирања података на полицијску управу Београд, извршено је чишћење и стандардизација dataset-a, као и издвајање релевантних атрибута — „општина“, „датум_незгоде“, „исход_незгоде“, „тип_незгоде“, „лонгитуда“, „латитуда“. На основу колоне датума креиране су нове променљиве („година“, „месец“,

„дан“, „дан_у_недељи“), чиме је омогућена временска сегментација и анализа сезонских образаца. Основна анализа показала је да се највећи број незгода дешава у периоду од маја до октобра, најчешће петком, а просторно су најзаступљеније општине Нови Београд, Вождовац и Палилула.

3.2. Резултати модела машинског учења

За предвиђање месечног броја незгода коришћен је Linear Regression алгоритам.

Модел је показао просечну грешку (MAE) од око 110 незгода месечно, што представља одступање од 7–10% у односу на стварне податке. Коефицијент детерминације ($R^2 = -0.13$) указује на слабу линеарну везу између времена и броја незгода, што потврђује да је модел користан за илустрацију тренда, али не и за прецизне пројекције.

На основу графика 1, може се приметити да модел уопштено препознаје тренд раста и пада броја незгода, али уз уочљива одступања у појединим периодима. Ово потврђује да је линеарна регресија адекватна за илустрацију основних трендова, али не и за прецизно предвиђање.

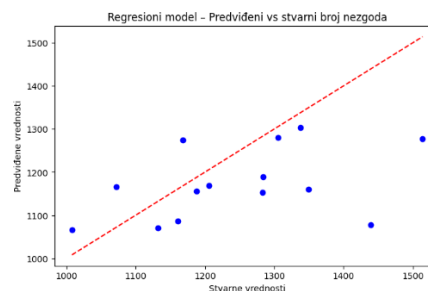


График 1. Регресиони модел - Поређење стварних и предвиђених вредности броја незгода по месецима

За предвиђање типа саобраћајне незгоде примењен је Decision Tree Classifier, који омогућава интерпретабилан приказ одлука.

Модел је трениран на атрибутима „општина“, „месец“ и „дан“, а циљна променљива је „исход_незгоде“ (материјална штета, повређени, погинули).

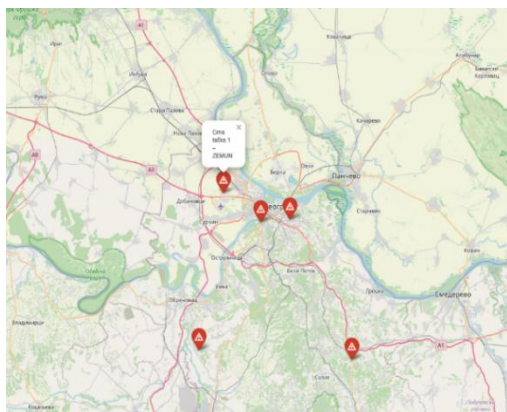
Резултати евалуације показују да модел најтачније препознаје незгоде са материјалном штетом (прецизност=0.74, одзив=1.00), док су остале класе мање заступљене и самим тим теже за предвиђање.

Анализа стабла одлучивања показала је да сезонски фактори имају највећи утицај на тежину последица, а одређене општине се издвајају као подручја са већим уделом тежих незгода.

За просторну анализу коришћен је K-Means алгоритам, који је омогућио груписање незгода према географским координатама.

Формирано је пет кластера, чије локације могу да се виде на слици 1, који означавају подручја са највећом учесталашћу саобраћајних незгода. Највећа густина забележена је у централним и јужним деловима града, посебно на територији Вождовца, Чукарице и Звездаре, док су мањи кластери примећени на периферним саобраћајницама.

Овакав приступ омогућава идентификацију ризичних зона које могу бити приоритет у планирању безбедносних мера и унапређењу инфраструктуре.



Слика 1. Мапа Београда са приказом црних тачака саобраћајних незгода

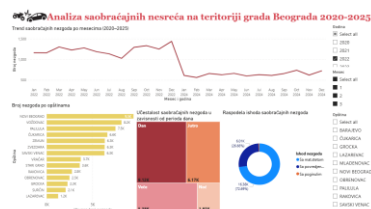
3.3. Интеграција резултата у Power BI

Power BI је изабран као алат за завршну фазу истраживања јер омогућава повезивање, обраду и визуализацију података у интерактивном окружењу. Након што су у Python-у спроведене фазе чишћења, трансформације и моделовања података, резултати су извезени у CSV формату и интегрисани у Power BI ради визуелне анализе и интерпретације.

У Power BI окружењу израђен је интерактивни *dashboard* који обједињено приказује резултате дескриптивне, предиктивне и просторне анализе. Кључне компоненте укључују:

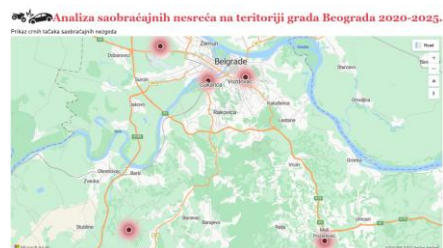
- Линијски дијаграм – приказује сезонске трендове броја незгода по месецима и годинама, што омогућава идентификацију периода са повећаним ризиком.
- Мапа црних тачака (енгл. *Heat Map*) – визуализује просторну дистрибуцију незгода, при чему су најинтензивније зоне уочене у општинама Вождовац, Чукарица и Звездара.
- Стубичасти дијаграм по општинама – омогућава поређење укупног броја незгода на територији Београда.
- Кружни дијаграм (енгл. *Pie Chart*) – приказује структуру незгода према исходу (материјална штета, повређени, погинули).
- Предиктивни приказ – пореди стварне и предвиђене вредности броја незгода, чиме се визуелно потврђује ефикасност регресионог модела и уочава очекивани пад броја инцидената у наредним годинама.

Почетна страница извештаја која се види на слици 2, приказује основне статистичке показатеље и временске трендове броја саобраћајних незгода. Овај део *dashboard*-а пружа кориснику брзи преглед укупног стања и динамичких промена кроз време.



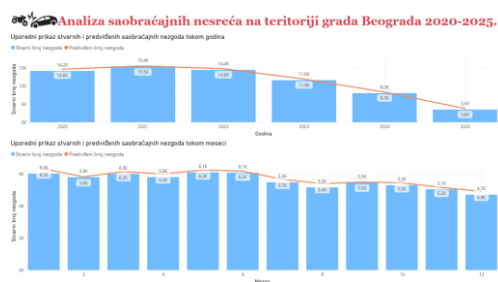
Слика 2. Почетна страница извештаја

Друга страница извештаја која је на слици 3 фокусира се на просторну димензију анализе – мапа црних тачака визуализује подручја са највећом учесталошћу незгода што омогућава идентификацију „критичних зона“.



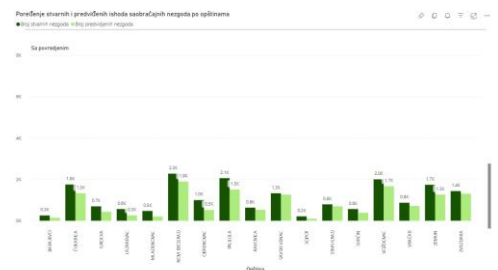
Слика 3. Друга страница извештаја

Трећа страница извештаја на слици 4 садржи стубичасти дијаграм који приказује укупни број незгода по општинама на територији Београда.



Слика 4. Трећа страница извештаја

Четврта страница извештаја на слици 5 приказује резултате предиктивне анализе. Посебно су истакнуте општине и периоди са најизраженијим разликама између стварних и очекиваних вредности, што доприноси бољем разумевању фактора ризика и трендова безбедности.



Слика 5. Четврта страница извештаја

3.4. Дискусија и правци будућих истраживања

Спроведена анализа показала је да примена предиктивне аналитике омогућава ефикасно препознавање просторних и временских образаца саобраћајних незгода у Београду. Комбинацијом Python моделовања и Power BI визуализације развијен

је интегрисани систем који омогућава увид у сезоналност, концентрацију и очекиване трендове незгода.

Регресиони модел делимично објашњава сезонске промене, али није довољан за дугорочна предвиђања. Класификациони модел постигао је тачност од 0.74 за незгоде са материјалном штетом, док су тежи исходи теже предвидиви због неуравнотежености података. Кластер анализа је идентификовала „црне тачке“ — зоне највећег ризика, углавном дуж главних раскрсница и магистралних праваца. Главна ограничења односе се на непотпун скуп података (недостају подаци о времену, стању пута и возача) и немогућност Power BI-а да динамички ажурира моделе у реалном времену. Будућа истраживања требало би да укључе напредније алгоритме (нпр. Random Forest, Gradient Boosting, неуронске мреже), технике балансирања класа (SMOTE) и додатне изворе података, као и развој интерактивних *dashboard*-а у реалном времену. Такав приступ представља основу за развој паметних система безбедности у оквиру концепта *Smart City*.

4. ЗАКЉУЧАК

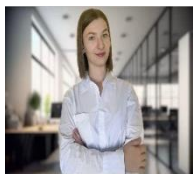
Истраживање је обухватило развој предиктивног модела за анализу саобраћајних незгода у Београду кроз интеграцију Python-а и Power BI-а. Овим приступом обезбеђен је увид у временске и просторне обрасце ризика, као и могућност предвиђања трендова. Регресиони модел успешно је уочио сезоналне варијације, класификациони је омогућио препознавање типова незгода, а кластер анализа идентификовала критичне зоне. Визуелизација у Power BI-ју допринела је бољем разумевању налаза и њиховој практичној примени.

Рад потврђује да комбинација предиктивне аналитике и визуелних алата може подржати планирање превентивних мера и унапредити систем безбедности саобраћаја у урбаним срединама.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Република Србија, *Портал отворених података – Data.gov.rs*, Доступно на: <https://data.gov.rs/sr/datasets>
- [2] Република Србија, Министарство унутрашњих послова, *Подаци о саобраћајним незгодама по полицијским управама и општинама*, Доступно на: <https://data.gov.rs/sr/datasets/podatsi-o-saobratshajnim-nezgodama-po-politsijskim-upravama-i-opshtinama/>

Кратка биографија:



Сандра Лазаревић, рођена је 13. фебруара 2001. у Пријепољу. 2019. године уписала је Факултет техничких наука у Новом Саду, студијски програм Инжењерство информационих система. Звање дипломираног инжењера стекла је 2023. године, а мастер студије

наставља у истом усмерењу, уз даљи професионални развој у области пројектовања и развоја база података.

Контакт: sandra.lazarevic123@gmail.com



Примена модерних алгоритама и метода у системима аутономних возила

Application of Modern Algorithms and Methods in Autonomous Vehicle Systems

Дуња Шпановић, Лидија Крстановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – АНИМАЦИЈА У ИНЖЕЊЕРСТВУ

Кратак садржај – Овај рад проучава и примењује савремене алгоритме и методе за перцепцију околине и планирање кретања у системима аутономне вожње. Повезујући теоријске основе и имплементацију у програмском језику Пајтон, детаљно су истражене три целине: детекција и праћење саобраћајне траке методама компјутерске визије, имплементација алгоритама за планирање оптималне путање (BFS, DFS и A* алгоритам) и креирање CNN модела за класификацију саобраћајних знакова на скупу података GTSRB.

Кључне речи: аутономна возила, компјутерска визија, детекција саобраћајне траке, планирање путање, класификација саобраћајних знакова

Abstract – This paper consists of three main parts: lane detection and tracking using computer vision methods, implementation of path-planning algorithms (Breadth-First Search, Depth-First Search, and A*), and development of a CNN model for traffic sign classification using the GTSRB dataset.

Keywords: autonomous vehicles, computer vision, lane detection, path planning, traffic sign recognition

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чија менторка је била др Лидија Крстановић, ванр. проф.

1. УВОД

Аутономна возила представљају један од највећих технолошких напредака у области транспорта. Захваљујући способности да функционишу без директног учешћа људи, значајно утичу на безбедност саобраћаја, као и на друштвене и економске аспекте живота. Развој ове технологије подстакнут је потребом да се смањи број саобраћајних незгода, од којих је више од 90% последица људских грешака [1]. Захваљујући могућности комуникације са другим возилима и саобраћајном инфраструктуром у реалном времену, аутономна возила доприносе бољој координацији и оптималнијем протоку саобраћаја. Поред тога, ефикаснија вожња коју омогућавају може смањити емисију штетних гасова, допринети очувању

животне средине и олакшати кретање особама са ограниченом покретљивошћу.

У пракси, кључни изазови обухватају детекцију и праћење саобраћајне траке у променљивим условима, препознавање саобраћајне сигнализације, уочавање препрека, процену стања возача, као и помоћне функције попут асистенције при паркирању. Њихово решавање ослања се на алате компјутерске визије и вештачке интелигенције, од класичних метода обраде слике до дубоког учења, у комбинацији са напредним сензорима, рачунарима и алгоритмима који омогућавају возилу да тумачи околину, доноси одлуке и управља у складу са тренутним условима на путу.

2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

Теоријске основе дају сажет преглед кључних концепата и технологија система за самосталну вожњу: историјски и технички развој, улогу компјутерске визије у перцепцији окружења и преглед главних софтверских алата и библиотека, са посебним нагласком на програмски језик Пајтон.

2.1. Системи аутономних возила

Аутономна возила интегришу модуле за перцепцију, планирање и контролу како би се самостално кретала. Њихов развој почиње од да Винчијевих самоходних кола из 16. века и првих радио-контролисаних аутомобила из 20. века, наставља се кроз академске пројекте и DARPA такмичења, све до данашњих индустријских решења [2].

Степен самосталности описује се SAE класификацијом од нултог до петог нивоа, при чему се нижи нивои већ примењују, а виши се тестирају у ограниченим условима [3]. У Србији је 2023. уведен правилник за испитивање трећег и четвртог нивоа, што подстиче даљи развој и њихову већу примену.

Перцепција се ослања на камере, лидар, радар и ултразвучне сензоре, док GPS и IMU обезбеђују позиционирање. Фузија ових података, уз вештачку интелигенцију и V2X комуникацију, омогућава доношење одлука у реалном времену [4].

2.2. Компјутерска визија

Компјутерска визија из података са камера добија поздане информације за доношење одлука и, у споју са алгоритмима дубоког учења, омогућава перцепцију окружења у реалном времену. Због ограничења класичних метода, предност су добиле конволуционе

неуронске мреже које представљају основу савремених система за детекцију, праћење, сегментацију и класификацију објеката [5]. Њихова архитектура (конволуциони слој, груписање, активациони слој, потпуно повезани слој) издваја карактеристике и омогућава класификацију. Имплементација се ослања на *OpenCV*, једну од кључних библиотека компјутерске визије, док се за обуку модела примењују *TensorFlow* и *Keras*.

2.3. Програмски језик Пајтон

Програмски језик Пајтон је вишенаменски програмски језик који је стекао велику популарност због своје једноставне синтаксе и прилагодљивости. Као интерпретабилни језик, омогућава извршавање кода без претходног компајлирања. Он подржава различите стилове програмирања, попут процедуралног, објектно оријентисаног и функционалног, што га чини изузетно свестраним алатом.

У овом раду програмски језик Пајтон служи као основа развоја у *Visual Studio Code*-у, док његов екосистем покрива цео ток обраде података: *NumPy* и *SciPy* за нумеричке прорачуне, *Pandas* за табеларне формате и *Matplotlib* и *Seaborn* за визуализацију.

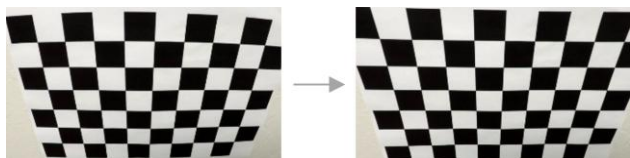
3. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ФУНКЦИОНАЛНОСТИ

Практичан део овог рада заснива се на имплементацији кључних функционалности које чине основу система за аутономну вожњу: детекција саобраћајне траке, алгоритми за планирање оптималне путање и препознавање саобраћајних знакова.

3.1. Детекција саобраћајне траке

Детекција саобраћајне траке представља функционалност која се у потпуности ослања на податке прикупљене путем камере. Применом алгоритма компјутерске визије идентификују се линије које са леве и десне стране дефинишу границе саобраћајне траке. На основу њих обезбеђује се праћење и одржавање одговарајућег положаја возила у оквиру предвиђене путање. Процес детекције траке у овом раду заснива се на редоследу корака описаних у [6], где свака фаза припрема податке за наредну повећавајући тачност резултата.

Први корак подразумева калибрацију камере која повезује 3D тачке сцене са њиховим 2D пројекцијама и одређује интринзичне и екстринзичне параметре и коефицијенте дисторзије. Урађена је на 20 снимака шаховске табле 10×7 аквизираних помоћу камере која је на возилу. На основу добијених параметара је отклоњена дисторзија као што је приказано на слици 1.



Слика 1. Отклањање дисторзије

Следећи корак је примена перспективне трансформације, тако да линије на путу које су на необрађеној слици конвергентне постану паралелне.

На овај начин се добија поглед на пут из птичије перспективе, што даље омогућава прецизнију детекцију траке. Перспективна трансформација се заснива на израчунавању матрице, која се добија на основу четири улазне и четири циљне тачке. Улазне тачке су одређене положајем леве и десне линије траке које се у даљини спајају, док циљне тачке формирају правоугаоник у који се оригинални трапезни облик пута пресликава.

Поступак обухвата конвертовање у сиву слику, затим отклањање шума *Gaussian* филтром и детекцију ивица *Canny* детектором. На издвојеним ивицама се дефинише регион од интереса који маскира слику тако да се задржи само доњи део слике у облику трапеза. Након тога, линијски сегменти се детектују *Hough*-овом трансформацијом, а затим се групишу по нагибу на леве и десне линије. Групе линија се усредњавају тако да се добије по једна репрезентативна лева и десна линија. Из њихових горњих и доњих тачака формира се улазни трапез чије се пресликавање врши помоћу матрице хомографије у правоугаоник, односно у саобраћајну траку из птичије перспективе. На слици 2 је приказан резултат перспективне трансформације након које су линије на путу постале паралелне.



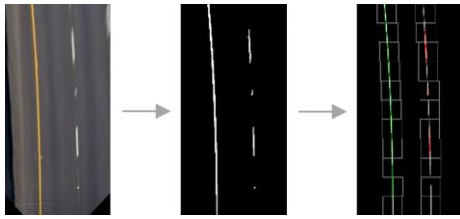
Слика 2. Перспективна трансформација

Претходни кораци се извршавају пре почетка обраде података у реалном времену. Једном добијени параметри камере и матрица трансформације чувају се у засебном документу и користе током целокупне анализе видеа. Први корак који се спроводи на сваком фрејму је бинаризација, чији је циљ да се пиксели линија представе белом бојом, а остатак слике црном.

Да би се добили стабилни резултати при различитим условима осветљења издвајају се два канала: *R* из *RGB* (за беле) и *b* из *CIELAB* (за жуте линије). Оба канала се побољшавају *Top-hat* морфолошком операцијом, након чега се врши локална бинаризација тако што се централни пиксел пореди са околином у 4 смера. Пиксел постаје бео ако је довољно светлији у хоризонталном или вертикалном правцу, чиме се постиже отпорност на шум и промене осветљења. На крају се маске, настале издвајањем и побољшавањем канала, спајају у јединствену бинарну слику.

Завршна фаза детекције траке почиње хистограмом доње трећине фрејма, из кога се одређују почетне *x* координате леве и десне линије. На основу тих полазних тачака примењује се метода клизајућих прозора која дуж висине слике прикупља пикселе трака и затим их апроксимира полиномима другог реда. Из добијених полинома израчунава се радијус закривљености пута и одређује смер кривине поређењем усредњених нагиба при дну и на врху фрејма. Попречно одступање возила од центра траке

добија се као разлика између центра траке и оптичке осе камере. Да би резултати били стабилнији, континуирано се примењују медијан и усредњавање последњих 9, односно 7 израчунатих вредности. Резултати бинаризације и праћења линија клизајућим прозорима приказани су на слици 3.



Слика 3. Бинаризација и примена клизајућих прозора

На крају се детектована саобраћајна трака визуализује полигоном враћеним у оригиналну перспективу, уз испис радијуса, смера кривине и одступања возила од средине траке, као што је приказано на слици 4.

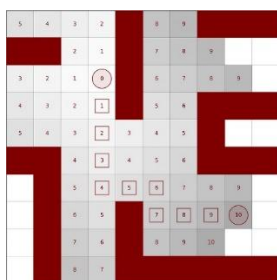


Слика 4. Детектована саобраћајна трака

3.2. Алгоритми за планирање оптималне путање

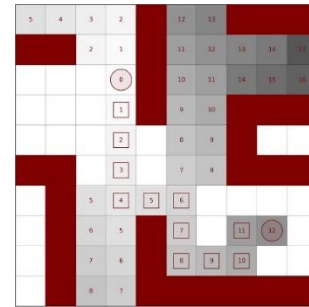
Алгоритми за планирање оптималне путање омогућавају возилу да безбедно стигне од старта до циља уз избегавање препрека. У раду су имплементирани и поређени: претрага у ширину - *BFS*, претрага у дубину - *DFS* и *A** алгоритам [7]. Упоредна анализа је вршена на примеру мреже са 10×10 ћелија са истим распоредом препрека, старта и циља и могућим кретањем горе, доле, лево, десно, приликом чега су прикупљени подаци о дужини и облику путање и броју посећених ћелија.

Претрага у ширину креће од старта и помоћу реда (*FIFO*) обрађује све на удаљености од једног корака, затим два, итд. *BFS* шири фронт у свим правцима и посећује велики број ћелија, што га чини неефикасним. Главна предност *BFS*-а је једноставност имплементације и гаранција проналаска најкраће путање. Приликом претраге у ширину на датој мрежи број истражених ћелија је 57, док дужина најкраћег пута износи 10 корака. Облик путање приказан је на слици 5.



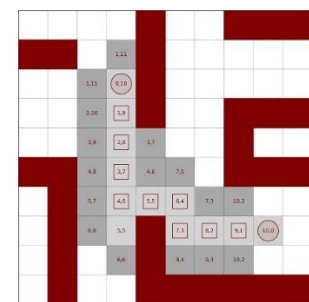
Слика 5. Претрага у ширину

Претрага у дубину истражује граф тако што иде што даље од старта дуж једног гранања, па се затим враћа уназад. Чворови се обрађују помоћу стека (*LIFO*), па алгоритам иде у дубину уместо слојевитог ширења које је карактеристично за *BFS*. Захтева мање меморије, али не гарантује најкраћу путању и у великој мери зависи од редоследа обиласка суседа. Уколико се деси да је прва грана која се посећује управо она која води до циља, резултат се постиже брзо. У супротном, алгоритам улази у слепе улице и враћа се, па пут није нужно оптималан, нити је број посећених ћелија мањи него код *BFS*-а. На слици 6 приказана је мрежа на којој је истражено укупно 44 ћелије, док пронађена путања има дужину од 12 корака.



Слика 6. Претрага у дубину

*A** алгоритам за планирање путање користи приоритетни ред у којем даје предност чворовима са мањом вредношћу $f = g + h$, где је g стварни трошак пута од старта, а h хеуристичка процена трошка до циља (нпр. Менхетн удаљеност). Захваљујући хеуристици, претрага се усмерава ка циљу и обилази знатно мање чворова него неинформисане методе. Када је хеуристика допустива (не прецењује трошак), *A** је потпун и оптималан, тј. гарантује проналазак најкраће путање. На слици 7 је приказан резултат претраге по мрежи са Менхетн хеуристиком. Добијена је иста дужина пута као код *BFS*-а (10), али уз мање посећених чворова (12) и ужи фронт претраге (16). Полазећи од овог примера мреже са могућим кретањем у четири смера, *A** се издваја као најпогоднији избор за проналажење оптималне путање.



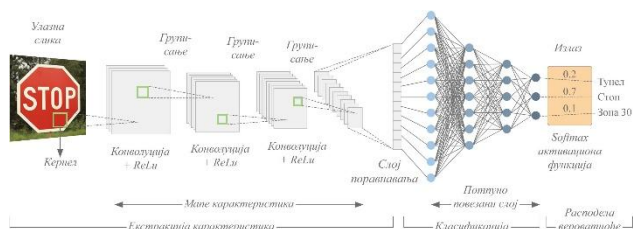
Слика 7. *A** алгоритам

3.3. Класификација саобраћајних знакова

Да би кретање било безбедно и у складу са прописима, перцептивни модул возила треба да поуздано препознаје саобраћајне знакове у реалном времену. У последњем делу рада креиран је *CNN* класификатор над скупом података *GTSRB* [8], који садржи преко 50 000 слика немачких саобраћајних знакова снимљених из различитих углова и при променљивим

условима осветљења. Имплементација је изведена у *Google Colab*-у уз *T4 GPU*.

Слике организоване у 43 класе су учитане, уједначене на димензије $30 \times 30 \times 3$ и подељене у односу 80:20 на тренинг и тест скуп. Ознаке су преведене у *one-hot* запис, а оштећени узорци прескочени уз испис поруке о грешци. Након припреме података, модел се креира употребом *CNN* архитектуре, чији је шематски приказ дат на слици 8.



Слика 8. Архитектура *CNN* модела

После компајлирања, модел се евалуира на тест скупу и приказују се графици тачности и губитка током епоха. Као метрика су примењени матрица конфузије и извештај о класификацији по класама (*Precision*, *Recall*, *F1*), чиме је омогућен увид у класе знакова које се најчешће међусобно замењују. За практичну проверу појединачних примера насумично се бира тест слика која се скалира на димензију 30×30 и пропушта кроз модел, након чега се добија предикција са исписаним називом класе. На слици 9 су приказани примери практичне провере модела.



Слика 9. Примери предикције саобраћајног знака

4. ЗАКЉУЧАК

У раду су истражене три целине система за аутономну вожњу: детекција саобраћајне траке, планирање путање (*BFS*, *DFS* и *A** алгоритам) и класификација знакова *CNN*-ом на *GTSRB* скупу. Резултати показују стабилну детекцију траке при умереним променама осветљења, већу ефикасност *A** у односу на *BFS* и *DFS*, и високу тачност *CNN* класификатора саобраћајних знакова.

Могућа унапређења обухватају развој модула за детекцију траке у ноћним условима и неповољним временским приликама, као и прилагођавање планирања путање динамичним препрекама. Поред тога, увођење корака локализације пре класификације повећало би робусност система и омогућило препознавање знакова на различитим позицијама у окружењу у реалном времену. За примену у Србији, потребно је прилагодити систем класификације прикупљањем локалних података и усклађивањем са важећим прописима и службеним писмом.

5. ЛИТЕРАТУРА

DOI: <https://doi.org/10.24867/34SA01Spanovic>
 DOI: <https://doi.org/10.24867/34SA01Spanovic>
 DOI: <https://doi.org/10.24867/34SA01Spanovic>
 DOI: <https://doi.org/10.24867/34SA01Spanovic>
 DOI: <https://doi.org/10.24867/34SA01Spanovic>
 DOI: <https://doi.org/10.24867/34SA01Spanovic>

[7] L. Anany, Introduction to the Design and Analysis of Algorithms (3rd Edition), Boston: Pearson, 2011.

[8] S. Houben, J. Stallkamp, J. Salmen, M. Schlipsing и C. Igel, „Detection of Traffic Signs in Real-World Images: The {G}erman {T}raffic {S}ign {D}etection {B}enchmark,“ у International Joint Conference on Neural Networks, 2013.

[9] „Traffic Signs Classification App,“ GitHub, 8.9.2020. URL: https://github.com/Spidy20/Traffic_Signs_WebApp (приступљено: 3.4.2025.)

Кратка биографија:



Дуња Шпановић рођена је у Сомбору 9.4.2000. Од 2019. студира на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер Анимација у инжењерству, где је 2023. уписала мастер академске студије у истој области. Мастер рад је одбранила 2025. године. Контакт: spanovic2000@gmail.com



ANALIZA TOKOVA MATERIJALA FOTONAPONSKIH PANELA

MATERIAL FLOW ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC PANELS

Stefan Miljković, Nemanja Stanisavljević, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*

Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

Кратак садржај *U ovom radu je dat prikaz jednog od problema koji je usko vezan za sektor energetike i sektor zaštite životne sredine, a to je proizvodnja električne energije iz fotonaponskih panela i управљање отпадом koju nastaje nakon isteka njihovog životnog veka. Na samom početku dat je opis osnovnih elemenata fotonaponskih panela, nakon čega slede odgovori na pitanja vezana za metodu Analize tokova materijala, njen značaj i mogućnost primene u energetici. U ovom radu je takođe predstavljen model cirkularne.*

Ključne reči: *fotonaponski paneli, električna energija, cirkularna ekonomija, zaštita životne sredine*

Abstract *This paper describes one of the problems that is closely related to the energy sector and the environmental protection sector, which is the production of electricity from photovoltaic panels and the management of waste that occurs after the end of their life. At the very beginning, a description of the basic elements of photovoltaic panels is given, followed by answers to questions related to the Material Flow Analysis method, its importance and the possibility of application in the energy sector. This paper also presents a circular model.*

Keywords: *photovoltaic panels, electricity, circular economy, environment protection*

1. UVOD

Svesni činjenice da je potreba za energijom iz dana u dan sve veća, a resursa i zaliha energenata sve manja, dolazimo do povećanog interesovanja za upotrebu obnovljivih izvora energije i razvoja čistih energetske tehnologije. Jedan od takvih vidova energije je solarna energija. Energija sunčevog zračenja ili solarna energija, predstavlja osnovu gotovo svih drugih izvora energije na Zemlji. Kao akumulisani oblik solarne energije javljaju se fosilna goriva (ugalj, nafta i prirodni gas). Racionalizacijom situacije nastale krajem drugog i početkom trećeg milenijuma vrlo se jasno primećuje trend prekomerne eksploatacije ovakvih izvora energije kao i njen nepovoljan uticaj na životnu sredinu.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio dr. Nemanja Stanisavljević, redovni profesor.

Stoga, prirodno se javila potreba za pronalaženjem alternativnih i obnovljivih izvora za dobijanje električne energije koji smanjuju ili u potpunosti eliminišu probleme kao što su velike emisije ugljen dioksida, metana i ostalih toksičnih gasova sa efektom staklene bašte.

Kada se govori o solarnoj energiji kao oblasti energetike, misli se na direktno iskorišćenje energije sunčevog zračenja za potrebe proizvodnje električne energije. U ovom radu će se izučavati primena fotonaponskih panela, sastav i proizvodnja fotonaponskih panela, kao i šta raditi nakon isteka njihovog veka proizvodnje električne energije.

2. OSNOVNI ELEMENTI FOTONAPONSKOG SISTEMA

Fotonaponske (FN) ćelije pretvaraju sunčevu energiju direktno u električnu energiju, a sastavni su deo fotonaponskih sistema koji se mogu podeliti u tri glavne grupe: on-grid (priključeni na mrežu), off-grid (autonomni sistemi), i hibridni sistemi. FN sistemi se sastoje od FN modula (povezane FN ćelije), koji su osnova svakog sistema, a uz njih dolaze i prateći uređaji poput baterija i invertora. Pojedinačna FN ćelija ima relativno nisku izlaznu snagu (1-2W), pa se FN ćelije povezuju u veće module, a ti moduli u panele, čime se povećava izlazna snaga Sistema [9].

FN ćelije obuhvataju zaštitni providni sloj, antirefleksni sloj koji povećava efikasnost smanjenjem refleksije svetlosti, mrežu električnih kontakata, aktivni poluprovodnički sloj (p-n spoj), i druge slojeve koji omogućavaju konverziju svetlosne energije u električnu. Postoje tri glavne vrste solarnih panela, koje se razlikuju po strukturi ćelija:

- **Monokristalni:** Najefikasniji i najskuplji, napravljeni od jednog kristala silicijuma.
- **Polikristalni:** Jeftiniji, ali sa nižom efikasnošću, sastoje se od više kristala silicijuma.
- **Tankoslojni:** Fleksibilni i lakši, ali sa najnižom efikasnošću, obično korišćeni u specifičnim aplikacijama.

Svi FN sistemi zahtevaju precizno dimenzionisanje u odnosu na dostupno sunčevo zračenje i potrebe korisnika, a skladištenje energije pomoću baterija omogućava rad tokom noći ili oblačnih dana. S obzirom na rastuću potražnju za obnovljivim izvorima energije, FN sistemi postaju sve važniji deo održive budućnosti, s ciljem smanjenja emisije štetnih materija i prelaska na ekološki prihvatljive izvore energije [1].

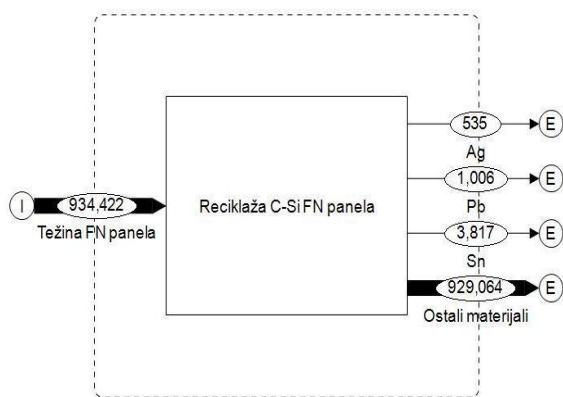
godina proizvesti oko 934.422 tona otpada. Ovaj otpad sadrži dragocene materijale kao što su silicijumske pločice, aluminijum, staklo i plemeniti metali, koji se reciklažom mogu ponovo upotrebiti. Reciklaža solarnih panela postaje ključna za sprečavanje nagomilavanja otpada i očuvanje prirodnih resursa. Pravilno upravljanje i reciklaža panela omogućavaju vraćanje dragocenih materijala u ekosistem, čime se štiti životna sredina i smanjuje potreba za deponijama. Uspostavljanje robusne infrastrukture za reciklažu solarnih panela može doneti i ekonomske koristi, kao što su smanjenje troškova energije i stabilizacija lanca snabdevanja materijalima. Dok se tehnologije reciklaže usavršavaju, a ekološki propisi postaju stroži, recikliranje zastarelih panela predstavlja priliku za nove ekonomske tokove, koji dodatno podstiču razvoj obnovljivih izvora energije.

5.1. Analiza štetnih materijala u fotonaponskim panelima

Solarni paneli sastoje se uglavnom od stakla, aluminijuma, bakra i silicijuma, što ih čini pogodnim za reciklažu. Međutim, zabrinutost raste zbog prisustva toksičnih materijala poput olova i kadmijum telurida (CdTe). Olovo, koje se koristi za lemljenje, prisutno je u oko 14 grama po panelu, a industrija solarne energije planira značajno smanjenje njegove upotrebe do 2026. godine. CdTe, iako kancerogen, koristi se u specijalizovanim panelima tankog filma, ali zbog obavezne inkapsulacije ne propušta toksične supstance u okolinu [8].

5.1.1. Kristalno silicijumski fotonaponski paneli

Kristalni fotonaponski paneli igraju ključnu ulogu u smanjenju emisija štetnih gasova, ali njihova proizvodnja uključuje teške metale poput olova i srebra, kao i hemikalije koje mogu štetiti životnoj sredini. U Srbiji je instalirano 17,14 MW solarne energije, što će nakon isteka životnog veka panela proizvesti značajne količine štetnih materijala: oko 534,77 kilograma srebra, 1006,12 kilograma olova i 3817,08 kilograma kalaja.

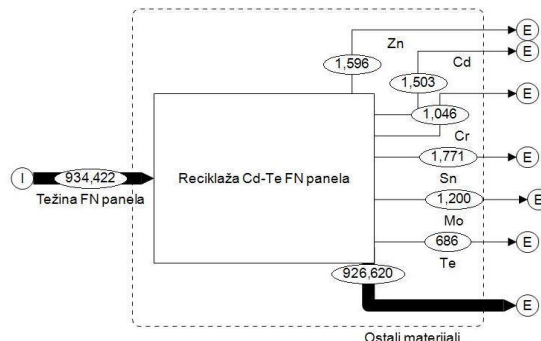


Slika 5.1.1.1 Količina štetnih materijala koji nastaje prilikom reciklaže C-Si fotonaponskih panela

5.1.2 Kadmijum teluridski fotonaponski paneli CdTe

Kadmijum teluridski (CdTe) paneli spadaju među najefikasnije tankoslojne solarne tehnologije, ali sadrže toksične materijale kao što su kadmijum, koji može ugroziti životnu sredinu ako se ne odlaže pravilno. Nakon

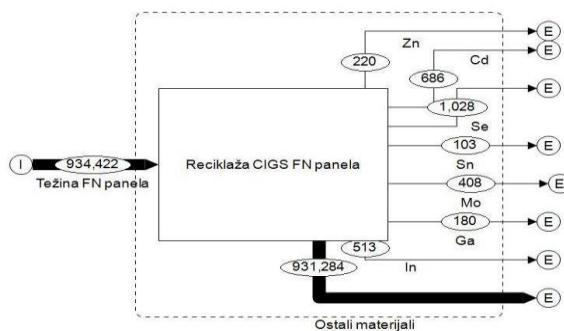
životnog veka ovih panela, instalirani kapacitet Srbije od 17,14 MW mogao bi generisati značajne količine štetnih materijala: oko 1503,18 kilograma kadmijuma, 1045,54 kilograma hroma, 1199,8 kilograma molibdena, 1770,56 kilograma kalaja, 685,6 kilograma telurida i 1595,73 kilograma cinka.



Slika 5.1.2.1 Količina štetnih materijala koji nastaje prilikom reciklaže CdTe fotonaponskih panela

5.1.3 Bakar indijum galijum diselenid fotonaponski paneli CIGS

CIGS fotonaponski paneli, napravljeni od kombinacije bakra, indijuma, galijuma i selenia, nude izuzetnu efikasnost u pretvaranju sunčeve energije u električnu i sve češće se koriste u industriji solarne energije. Međutim, ova tehnologija uključuje retke materijale koji, iako manje toksični od kadmijuma u CdTe panelima, zahtevaju pažljivo rukovanje i reciklažu zbog mogućih uticaja na životnu sredinu tokom proizvodnje i odlaganja. Procene pokazuju da bi Srbija, s instaliranim kapacitetom od 17,14 MW solarne energije, mogla imati oko 6,86 kilograma kadmijuma, 179,97 kilograma galijuma, 512,49 kilograma indijuma, 407,93 kilograma molibdena, 1028,4 kilograma selenia, 102,84 kilograma kalaja i 219,39 kilograma cinka nakon isteka životnog veka ovih panela.



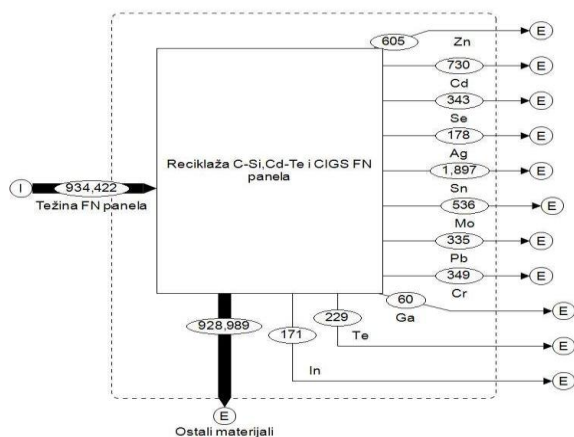
Slika 5.1.2.1 Količina štetnih materijala koji nastaje prilikom reciklaže CIGS fotonaponskih panela

Metodologija analize tokova materijala (MFA) omogućava detaljno istraživanje ovih potencijalnih tokova otpada, kao i procenu količina materijala koji se mogu reciklirati i ponovo upotrebiti. Primenom MFA analize, mogu se identifikovati mogućnosti za optimizaciju sistema reciklaže i prevenciju otpada. Na taj način, možemo osigurati da ovi materijali imaju manji uticaj na životnu sredinu, kao i povećati efikasnost i održivost industrije

solarne energije. Pored očuvanja prirodnih resursa, pravilnim recikliranjem ovih panela moguće je smanjiti potencijalne rizike i poboljšati uslove za održivi razvoj solarnih tehnologija [10].

6. DISKUSIJA

Uprkos značajnim benefitima reciklaže fotonaponskih panela, proces generiše i određene količine opasnih i štetnih materijala koji moraju biti adekvatno tretirani da bi se sprečilo zagađenje životne sredine. Na slici ispod prikazani su rezultati analize za Srbiju, odnosno koliko se potencijalno štetnih materijala po okolinu stvara prilikom reciklaže svih instaliranih solarnih panela u zemlji [11].



Slika 6.1: Količina štetnih materijala koja nastaje prilikom reciklaže CIGS, C-Si i Cd-Te fotonaponskih panela u Srbiji

Rezultati na slici jasno pokazuju da se reciklažom fotonaponskih panela, pored dominantnih inertnih materijala (staklo, aluminijum), generiše značajne količine metala koje mogu imati opasan i strateški značaj. Najveće količine otpada odnose se na cink, olovo, hrom i kadmijum. Ovi metali predstavljaju potencijalnu pretnju životnoj sredini ukoliko se ne upravlja pravilno njihovim tokovima, s obzirom na toksičnost i mogućnost kontaminacije zemljišta i voda. Sa druge strane, prisutni su i strateški i ekonomski vredni metali poput srebra, indijuma, gvožđa, galijuma i telurida. Njihova ponovna upotreba kroz reciklažu predstavlja ključan element u obezbeđivanju sigurnosti snabdevanja kritičnim mineralima u budućnosti.

7. ZAKLJUČAK

Zaključak o recikliranju solarnih panela ističe važnost efikasnog upravljanja otpadom u industriji fotonaponskih sistema. Reciklaža solarnih panela je ključna za smanjenje ekološkog otiska i očuvanje resursa, omogućavajući ponovnu upotrebu sirovina i smanjenje otpada. U radu je pokazano da se fotonaponski paneli mogu u potpunosti reciklirati i da skoro svi materijali mogu biti ponovo upotrebljeni. Najštetniji materijali nalaze se u CdTe panelima, dok su kristalni silicijumski paneli najmanje štetni. Budući rast otpada iz solarnih postrojenja u Srbiji naglašava potrebu za održivim reciklažnim sistemima, koji bi podržali cirkularnu ekonomiju i smanjili uticaj na životnu sredinu. Održivost fotonaponske tehnologije zavisi od inovacija u reciklaži i odgovornom upravljanju

resursima, čime se osigurava dugoročna održivost solarne energije.

8. LITERATURA

- [1] Čorba, Z: „Mogućnosti primene hibridnog sistema za pretvaranje energije vetra i sunca u električnu“, Magistarski rad, 2021.
- [2] Elektrodistribucija Srbije: „Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije“, „Službeni glasnik RS“, broj 40 od 22. aprila 2021.
- [3] Elle Li: „A Solar Panels Life after Death“, Maysun solar, 2023
- [4] Galyna Tripolska, Andrzej Rosner: „The Use of Solar Energy by Households and Energy Cooperatives in Post-War Ukraine: Lessons Learned from Austria“, National Academy of Sciences of Ukraine, 2022
- [5] Dieter Holger: „The Solar Boom Will Create Millions of Tons of Junk Panels“, Wall Street Journal, 05-05-2022
- [6] Jane Marsch: „Can we remove toxic materials from solar“, Renewable energy magazine, 04-07-2023
- [7] Larry Sandler: „The truth about dangerous chemicals in solar panels“, IOWA Solar, 07-03-2022
- [8] Bill Nussey: „How Innovators Are Using Local-scale Solar and Batteries to Disrupt the Global Energy Industry from the Outside In“, 05-12-2021
- [9] Radojčin, M, Babić, M, Babić, Ljiljana, Pavkov, I, Karadžić, B: „Energetska efikasnost i ekonomičnost solarnog zagrevanja vazduha“, PTEP - Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, 11(2007), s.190-194
- [10] Nemanja S., Brunner, P.H., Combination of MFA and SFA: „A powerful approach for decision support in waste management. Waste Management & Research 32 (8) 733-744“, 11.08.2014
- [11] Nemanja S., Jaroslav K.: „Mining the low-carbon future“, Waste Management & Research, Vol. 42(7) 509-510, 2024
- [12] Suny Recycle, Scrap PV Solar Panel Recycling Plant. Dostupno na: <https://www.sunyrecycle.com/Scrap-PV-Solar-Panel-Recycling-Plant/>

Kratka biografija:



Stefan Miljković rođen je u Požarevcu, 31. avgusta 2000. godine. Fakultet je završio 2023. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Čiste energetske tehnologije
Kontakt: stefanmiljkovic1@gmail.com



Dr Nemanja Stanisavljević je redovni profesor na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na Katedri za inženjerstvo zaštite životne sredine. Njegova profesionalna interesovanja obuhvataju oblast sistemskog upravljanja otpadom i analize tokova materijala sa posebnim akcentom na ulogu i značaj upravljanja otpadom u savremenom društvu. Kontakt: nemanjastanisavljevic@uns.ac.rs



UPOREDNA ANALIZA FOTONAPONSKE ELEKTRANE SNAGE 1MW SA FIKSNIM I ROTIRAJUĆIM NOSEĆIM SISTEMOM NA TERITORIJI REPUBLIKE SRPSKE

COMPARATIVE ANALYSIS OF 1MW PV POWER PLANT WITH FIXED AND SOLAR TRACKER SYSTEM ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF SRPSKA

Mirjana Četojević, Zoltan Čorba, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROENERGETIKA

Kratak sadržaj – Analiza se bavi razmatranjem mogućnosti korištenja solarne energije kroz fotonaponsku elektranu snage 1MW. Poseban akcenat stavljen je na analizu dva tehnička rješenja, sistem sa fiksnim nagibnim uglom i sistem sa horizontalnim rotirajućim stolovima za praćenje Sunca. U okviru analize predstavljeni su osnovni principi rada fotonaponskog sistema, rezultati proračuna i izvršeno je poređenje dobijenih vrijednosti i prednosti i nedostataka svakog od rješenja.

Ključne reči: Fotonaponska elektrana, obnovljivi izvori energije, fiksna konstrukcija, rotirajuća konstrukcija.

Abstract – The analysis deals with the consideration of the possibility of using solar energy through a 1MW photovoltaic power plant. Special emphasis was placed on the analysis of two technical solutions, a system with a fixed tilt angle and a solar tracker with horizontal rotating. As part of the analysis, the basic principles of the photovoltaic system are presented, the calculation results and the obtained values of the advantages and disadvantages of each solution are compared.

Keywords: Photovoltaic power plant, renewable energy sources, fixed structure, solar tracker structure.

1. UVOD

Fotonaponski (FN) sistem predstavlja integrisan skup fotonaponskih modula i drugih komponenti koji primarnu solarnu energiju direkto pretvaraju u električnu energiju i predaje je potrošaču ili elektroenergetskom sistemu. Osnovi elementi fotonaponskog sistema su fotonaponski moduli koji pretvaraju energiju sunčevog zračenja u električnu energiju pri jednosmjernom naponu. Kod fotonaponskih sistema koji su povezani na elektroenergetsku mrežu ili koji se koriste za napajanje potrošača naizmjenične struje neophodni su invertori za pretvaranje jednosmjerne u naizmjeničnu struju. Fotonaponski sistemi mogu imati i baterije za skladištenje električne energije.

Za pouzdano funkcionisanje sistema neophodna je i prateća oprema koju čine rasklopni i zaštitni uređaji, provodnici i kontroleri, uređaji za nadzor i upravljanje i elementi za montažu, kao što je noseća konstrukcija i ostali materijal [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Zoltan Čorba, vanr. prof.

U zavisnosti od načina rada fotonaponski sistemi se dijele na:

- 1) Off-grid fotonaponski sistem
- 2) Hibridni fotonaponski sistem
- 3) Fotonaponski sistem povezan na distributivnu mrežu (On-Grid sistem) [1].

2. ANALIZA FOTONAPONSKE ELEKTRANE OD 1MW

Plan analize je uraditi kompletan proračun za instalaciju solarne elektrane na zemlji. Proračuni će se raditi za dva slučaja fotonaponske elektrane sa fiksnim nagibnim uglom od 25° i drugi slučaj fotonaponske elektrane sa automatizovanim sistemom za praćenje Sunca, jednoosni sistem praćenja sa horizontalnom osom sjever-jug.

2.1. Solarni potencijal lokacije

Bosna i Hercegovina ima u prosjeku godišnje 1840,9 sunčanih sati, dok taj broj na jugu zemlje dostiže vrijednost i do 2352,5 sati godišnje. Ako se izvrši poređenje sa vrijednostima ukupnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu u zemljama srednje i sjeverne Evrope, gdje godišnji prosjeci iznose 1150kWh/m², dolazi se do zaključka da u prosjeku Bosna i Hercegovina dobije oko 15% više sunčeve energije u odnosu na srednju Evropu, te 30% više od sjeverne Evrope [2]. Ukupan solarni potencijal odabrane lokacije u Opštini Gradiška za FN elektranu sa fiksnim nagibnim uglom od 25° i za FN elektrane sa automatizovanim sistemom za praćenje Sunca u horizontalnoj ravnini iz Meteorološke baze podataka je procjenjen na 1250,7kWh/m² [3].

2.2 Lokacija elektrane

Lokacija za analizu FNE se nalazi u Ulici Jurkovića, naselje Žeravica u Opština Gradiška. Parcela se nalazi u industrijskoj zoni koja pripada Opštini Gradiška. Površina zemljišta za fotonaponske elektrane iznosi oko 16 500 m². Izgled lokacije će biti prikazan u poglavlju 3.

2.3 Osnovne komponente FN elektrane

Osnovne komponente fotonaponske elektrane su FN moduli, invertori, noseća konstrukcija, DC i AC kablovi, razvodni ormari, mjerni ormar, zaštitna i druga sklopna oprema. Odabrani tip FN modula je Tiger Neo N-type 66HL4M-BDV, izrađeni su od monokristalnog silicijuma, koji omogućavaju optimalnu proizvodnju električne energije iz sunca u svim uslovima zračenja. Za analizu je predviđen inverter SG50CX koji pretvara jednosmjernu struju koju proizvedu solarni moduli u naizmjeničnu struju na izlazu. Nosiva konstrukcija je vrlo važan dio FN sistema

jer se na nju montiraju FN moduli. Moduli se postavljaju na noseću konstrukciju orijentisani prema jugu u prvom slučaju analize sa fiksnim nagibnim uglom od 25°. U drugom slučaju fotonaponski moduli se postavljaju na nosivu konstrukciju koja ima pravac prostiranja redova sjever-jug, a fotonaponski stolovi se rotiraju u horizontalnoj ravni u jednoj osi istok-zapad slika 1.



Slika 1. Izgled fiksne konstrukcije i konstrukcije koja se rotira po horizontalnoj ravni [4], [5]

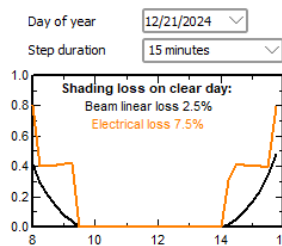
3. USAGLAŠAVANJE SNAGA FOTONAPONSKIH MODULA I INVERTORA

Proračuni se odnose za oba analizirana tipa sistem sa konstrukcijom fiksnog nagibnog ugla i tipa sistema sa automatizovanim sistemom za praćenje Sunca. U tabeli 1 su prikazane formule i rezultati usaglašavanja snaga fotonaponskih modula i invertora, fotonaponski modul ima snagu od 625Wp, invertori su snage 50kW. Vrijednosti potrebne za proračun su preuzete iz zvaničnih tehničkih listova proizvođača FN modula i invertora.

Tabela 1. Prikaz DC proračuna fotonaponske elektrane

Formula	Mjerna jedinica	Proračunate vrijednosti
$U_{PH}(t) = U_{PH, STC} \cdot (1 - (25 - t) \cdot \frac{\beta_{PH}}{100})$	[V]	54,82
$N_{Max} \leq \frac{U_{INV, Max}}{U_{PH, Max}(t_{Min})}$	[-]	20,06
$U_{TMS}(t) = U_{TMS, STC} \cdot (1 - (25 - t) \cdot \frac{\beta_{TMS}}{100})$	[V]	35,55
$N_{Min} \geq \frac{U_{TMS, Min}}{U_{TMS}(t_{Max})}$	[-]	5,63
$N_{OPT} = \frac{U_{FNN}}{U_{TMS}(t_{NOCT})}$	[-]	15,22
$I_{KS}(t) = I_{KS, STC} \cdot (1 - (25 - t) \cdot \frac{\alpha_{KS}}{100})$	[A]	16,47
$N_{FNN, Max} = \frac{I_{INV, Max}}{I_{KS}(t_{Max})}$	[-]	2,43
$k = \frac{P_{STVARNO}}{P_{NAZ}}$	k	1,35
$P_{stvarno} = \text{br. modula} \times \text{snaga mod.}$	[Wp]	67500,00
$N_{Min} \leq N \leq N_{Max}$	$20 < N < 5$	Odobrani broj modula u stringu je 18

Na osnovu proračuna odabrani broj FN modula je 2160. Od ukupno pet MPPT ulaza po invertoru SG50CX, na četiri MPPT ulaza se veže po jedan string od 18 redno vezanih FN modula, a na peti MPPT ulaz se vežu dva stringa od 18 redno vezanih FN modula. Kroz proračun je dokazano da su izabrani FN moduli usklađeni sa radom invertora i da inverter radi u opsegu optimalnog rada. FN elektrana sastoji se od ukupno 20 invertora na svakom inveroru je po 108 modula. Simulacija FN elektrane je rađena u softverskom alatu PV Syst 8.0.12 [3]. Određeni su optimalni razmaci između redova panela, razmak između redova u oba analizirana slučaja je 11m. Kao najnepovoljniji dan za procjenu sjenčenja uzet je 21. decembar kada je Sunce najniže na horizontu i sjenka najduža.



Slika 2. Dijagram dnevnog sjenčenja 21. decembra [3]

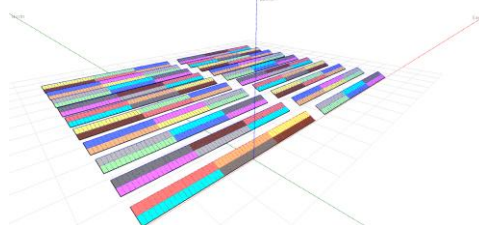
Na osnovu prethodne slike 2 vidi se da fotonaponska elektrana nema međurednog sjenčenja u kritičnom energetskom periodu od 10 do 14 časova. U ovom intervalu paneli su potpuno osunčani što omogućava maksimalni energetski prinos i u zimskom periodu. Ujutru od 8:00 do 9:30 časova i predveče 14:30 do 16:00 časova prikazano je povećano sjenčenje koje je i očekivano zbog niskog položaja Sunca na horizontu. Na osnovu dijagrama sa slike 2 se može zaključiti da je razmak između redova adekvatno dimenzionisan.

3.1 Položaj fotonaponske elektrane sa fiksnom konstrukcijom na lokaciji

Na slici 3 je prikazana dispozicija FN elektrane sa fiksnom konstrukcijom na zemlji i na slici 4 je 3D model FN elektrane iz PVSyst-a.



Slika 3. Dispozicija FN elektrane sa fiksnom konstrukcijom [6]



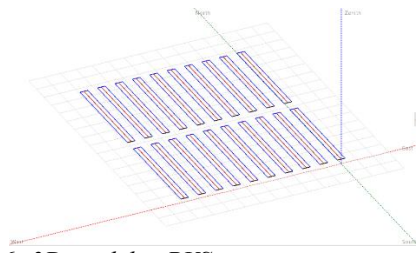
Slika 4. 3D model iz PVSyst-a sa fiksnom konstrukcijom [3]

3.2 Položaj fotonaponske elektrane sa jednoosni rotatorskim sistemom sa horizontalnom osom rotacije

Na slici 5 je prikazana dispozicija FN elektrane sa rotatorskim sistemom za praćenje Sunca, a na slici 6 je 3D model FN elektrane iz PVSyst-a.



Slika 5. Dispozicija FN elektrane sa automatizovanim sistemom

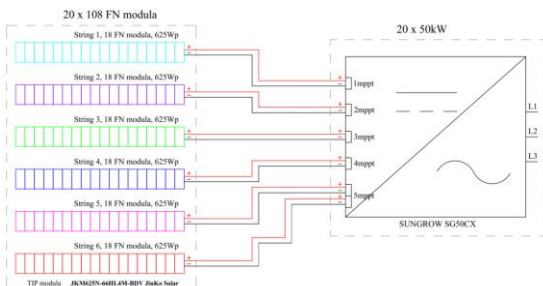


Slika 6. 3D model iz PVSystem-a sa automatizovanim sistemom [3]

Kod ovog sistema izvršena je izmjena dispozicije redova, pri čemu su redovi orjentisani u prevcu sjever-jug dok je međuredni razmak ostao isti kao kod fiksnog Sistema. FN moduli se postavljaju na rotirajuće stolove koji prate položaj Sunca u pravcu istok-zapad.

3.3 Blok šema DC strane fotonaponske elektrane

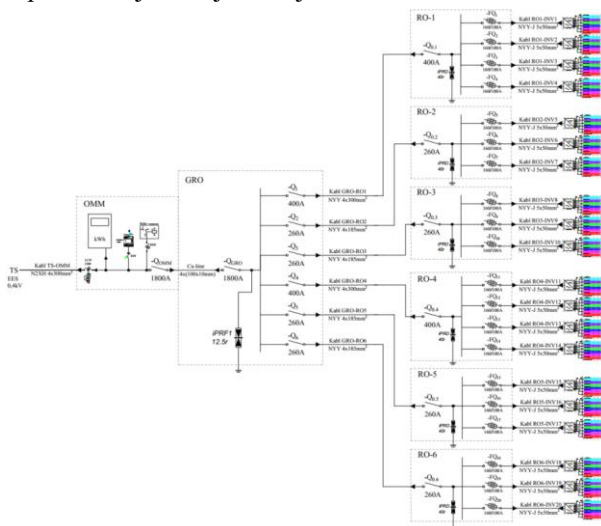
Na narednoj slici 7 je prikazana blok šema povezivanja fotonaponski modula u stringove i povezivanje stringova sa invertorom. Ukupna instalisana snaga invertora je 1MW dok je ukupna snaga FN modula 1,35MWp. Optimalan opseg koeficijenta invertora se kreće od 1 do 1,5. Prema proračun iz tabele 1 koeficijent invertora je 1,35 i u opsegu su optimalnog rada.



Slika 7. Blok šema DC stranne fotonaponske elektrane

3.4 Blok šema AC strane fotonaponske elektrane

Na sledećoj slici 8 prikazana je AC blok-šemi FN elektane do povezivanja na mjerno mjesto.



Slika 8. Blok šema razvoda AC strane

Niskonaponski razvod sastoji se od nekoliko podsegmenata (gledano od distributivnog sistema električne energije ka FN elektrani):

- priključak na distributivnu mrežu u TS,
- ormara mjernog mjesta OMM u kome se nalazi sklopna i zaštitna oprema (prekidač, osigurač,

relej za nadzor napona i frekvencije, trofazni osigurač, kontrolno brojilo, priključna mjerna kutija, trofazno elektronsko dvosmjerno brojilo, strujni mjerni transformatori, kontaktor i grebenasta sklopka),

- glavni razvodni ormar (GRO) u kome se nalazi sklopna i zaštitna oprema (prekidači, osigurači, odvodnik prenapona, LED svjetiljke za ormar, tipkalo za nužni stop, monofazna utičnica, prekidač na vratima, higrostat i termostat, grijač),
- razvodni ormari elektrane RO-1, RO-2, RO-3, RO-4, RO-5 i RO-6 u kojima se nalazi sklopna i zaštitna oprema (NV osigurači, odvodnici prenapona),
- invertori u kojima se jednosmjerna električna energija pretvara u naizmjeničnu električnu energiju.

4. SOLARNI I ENERGETSKI POTENCIJAL LOKACIJE

U narednoj tabeli 2 je prikazan solarni i energetski potencijala FN sistema sa fiksnim nagibnim uglom i sa automatizovanim sistemom za praćenje Sunca.

Tabela 2. Procena proizvodnje i mjesečno zračenje za oba analizirana Sistema

Mjesec	Solarni potencijal	Energetski potencijal FN elektrane sa fiksnim nagibnim uglom	Energetski potencijal za FN elektranu sa rotatorskim sistemom za praćenje Sunca
	Globalno horizontalno zračenje na ravnu površinu	Ukupna korisna energija	Ukupna korisna energija
	[kWh/m ²]	MWh	MWh
Januar	37,20	64,4	55,4
Februar	52,40	81,4	75,0
Mart	98,10	139,3	144,4
April	128,10	158,8	182,2
Maj	161,30	181,6	219,7
Jun	179,10	193,9	245,8
Jul	184,50	199,3	251,1
Avgust	157,70	186,3	219,9
Septembar	106,40	136,1	146,4
Oktobar	73,70	107,9	104,9
Novembar	41,80	70,1	61,5
Decembar	30,40	50,8	42,4
Godišnje	1250,70	1 569,8	1 748,6

Najveći solarni potencijal za nevedeno područje je mjesec jul. Niži energetski potencijala ima sistem sa fiksnim nagibnim uglom jer fotonaponski paneli nisu optimalno nagnuti tokom cijele godine i niža je ukupna proizvodnja električne energije, dok kod rotatorskog sistema paneli prate položaj Sunca tokom dana čime se povećava ukupna proizvodnja električne energije.

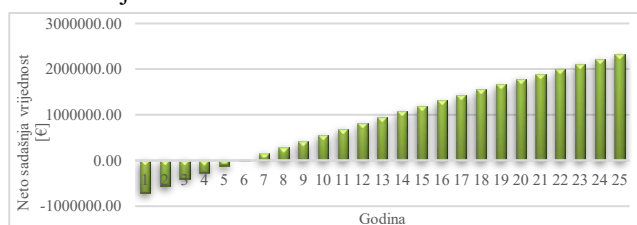
4. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA

Ekonomski proračun je u obliku prostog proračuna sa ciljem da se prikaže osnovna isplativost investicije. Proračun nije rađen detaljno prema metodologiji ekonomskih analiza koje koriste ekonomisti, već je zasnovan na pojednostavljenom pristupu dovoljnog za tačnost tehno-ekonomske analize za fotonaponsku elektranu. Proračun je rađen sa pretpostavkom da elektrana od 1MW ima već potpisan ugovor o grantovanim otkupnim cijenama. U tabeli 3 su prikazani osnovni podaci za proračun tehno-ekonomske analize.

Tabela 3. Osnovni podaci za tehno-ekonomsku analizu

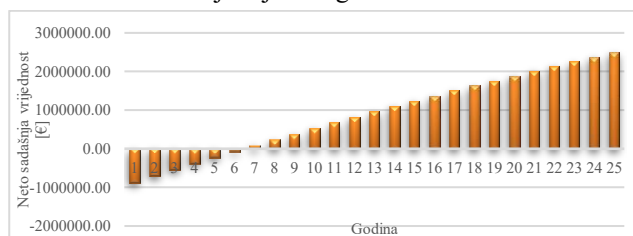
Naziv	Mj. jedinica	FN elektrane sa fiksnim nagibnim uglom	FN elektranu sa rotatorskim sistemom za praćenje Sunca
		Vrijednost	Vrijednost
Investicija	€	864.639,38	1.046.143,69
Prosječna godišnja proizvodnja	MWh	1 569, 8	1 748,7
Godišnji pad proizvodnje	%	0,4	
Otkupna cijena električne energije u Republici Srpskoj za solarne elektrane [7]	€/kWh	0,1035	
Troškovi rada (administrativne i operativne aktivnosti)	€	50	
Troškovi održavanja (od investicije)	%	1	
Referentna kamatna stopa	%	4,6	
Stopa inflacije	%	3,5	
PDV	%	17	

Na slikama 9 i 10 su prikazane neto zarade u sadašnjoj vrijednosti novca za FNE sa fiksnom i rotirajućom konstrukcijom.



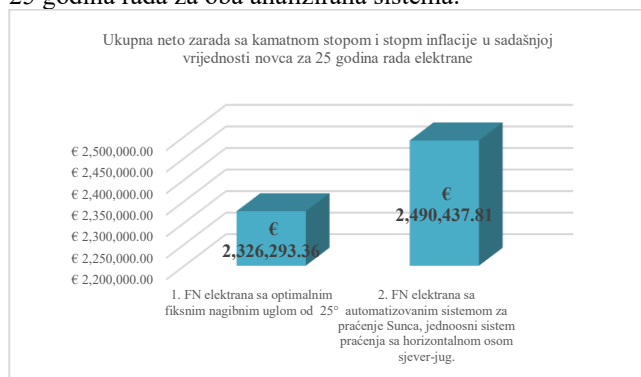
Slika 9. Neto sadašnja vrijednost zarade za FNE sa fiksnom konstrukcijom

Period isplate investicije za fotonaponsku elektranu sa fiksnom konstrukcijom je u 6. godini.



Slika 10. Neto sadašnja vrijednost zarade za FNE sa rotatorskim sistemom

Period isplate investicije za fotonaponsku elektranu sa rotatorskim sistemom je u 7. godini. Na osnovu poraćuna na slici 11 je prikazana ukupna neto zarada sa kamatnom stopom i stopom inflacije u sadašnjoj vrijednosti novca za 25 godina rada za oba analizirana sistema.



Slika 11. Ukupna neto zarada za 25 godina rada

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu uporedne analize fotonaponskog sistema sa fiksnim nagibnim uglom i sistema sa praćenjem Sunca u horizontalnoj osi rotacije, rotatorski sistem pokazuje bolju ekonomsku isplativost. Iako su početna ulaganja značajno veća za 45%, zahvaljujući većoj godišnjoj proizvodnji električne energije automatizovani sistem omogućava veći ukupni prihod za oko 160.000€. Međutim, automatizovani sistem zahtjeva složeniju opremu, češće i specijalizovano održavanje, kao i dodatni angažman stručnog kadra što povećava rizike u eksploataciji. Na osnovu dobijenih podataka i uzimajući u obzir kompletnu analizu predlaže se ulaganje u fiksni sistem za ovu lokaciju zbog njegove jednostavnosti, pouzdanosti, nižih troškova početnog ulaganja i nižih troškova održavanja. Kao preporuka za budući razvoj sistema prijedlog je da se razmotri ulaganje u baterijski sistem za skladištenje električne energije (BESS – Battery Energy Storage System) u kombinaciji sa SCADA sistemom za upravljanje i praćenje tržišnih cijena.

5. LITERATURA

- [1] Jovan Mikulović, Željko Đurišić, 2019, Solarna energetika, Beograd
- [2] “Prirodni i tehnički potencijal sunčeve energije u Bosni i Hercegovini“, Haris Lulić, Adnan Đugum, <https://www.ceps.edu.ba/Files/DIT/Godina%205%20Broj%202/16.pdf?ver1> (pristupljeno u avgustu 2024.)
- [3] PVsyst V8.0.12
- [4] https://www.hugergy.com/smd-horizontal-single-axis-tracker_p82.html, (pristupljeno u junu 2025.)
- [5] <https://solarno.net/sezonski-podesiva-konstrukcija-za-solarne-elektrane/>, (pristupljeno u septembru 2024.)
- [6] <https://earth.google.com/web/@45.12544895,17.25719301,88.53534975a,978.34408395d,35y,0h,0t,0r/data-OgMKATA> (pristupljeno u septembru 2024.)
- [7] <https://reers.ba/wp-content/uploads/2022/12/Odluka-o-visini-garantovanih-otkupnih-cijena-i-premija-za-elektricnu-energiju-proizvedenu-iz-obnovljivih-izvora-energije-jul-2022.-godine.pdf>, (pristupljeno u oktobru 2024.)

Kratka biografija:



Mirjana Četojević rođena je u Sanskom Mostu 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektroenergetski sistemi odbranila je 2025. godine
kontakt:
stojanovic.mirjana10@gmail.com



Zoltan Čorba

Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2016. godine, a od 2021. je u zvanju vanrednog profesora. Oblasť interesovanja su fotonaponsko pretvaranje i kvalitet električne energije.