

ДИТ

Друштво

Истраживање

Технологије

НАУЧНО
СТРУЧНИ
ЧАСОПИС

ГОДИНА XXVIII*** БРОЈ 37
Март 2022

SCIENTIFIC
PROFESIONAL
JOURNAL

YEAR XXVIII *** ISSUE 37
March 2022

МАШИНСТВО
ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И
РАЧУНАРСТВО
ЕНЕРГЕТИКА
ТЕХНОЛОГИЈЕ
МЕНАџМЕНТ И ЕКОНОМИЈА
ВЕЛИКАНИ НАУКЕ



COBISS.SR-ID 105108999



ДИИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXVIII, Број 37, март 2022. год.
Year XXVIII, Issue 37, March 2022. year

Оснивач: Друштво инжењера и техничара Зрењанин

Издавач: Друштво инжењера Зрењанин

Главни уредник: Проф. др Милорад Ранчић, Друштво инжењера Зрењанин

Технички уредник: Проф. др Жељко Еремић, ВТШСС Зрењанин

Одговорни уредници:

Машинство: Проф. др Љиљана Радовановић, ТФ“Михајло Пупин“ Зрењанин

Енергетика: Проф. др Јасмина Пекез, ТФ“Михајло Пупин“ Зрењанин

Електротехника и рачунарство: Проф. др Лазо Манојловић, ВТШСС Зрењанин

Технологије: Проф. др Данијела Јашин, ВТШСС Зрењанин

Менаџмент и економија: Проф. др Дејан Молнар, Економски факултет, Београд

Издавачки савет:

Председник Издавачког савета: Милан Зечар, дипл.инж. Друштво инжењера Зрењанин

Чланови Издавачког савета:

Горан Маринковић, дипл. инж. Културни центар Зрењанин

Никола Адамовић, дипл. инж. Друштво инжењера Зрењанин

Проф. др Драгица Радосав, ТФ“Михајло Пупин“, Зрењанин

Проф. др Обрад Спаић, Факултет за производњу и менаџмент, Требиње

Проф. др Миодраг Ковачевић, ВТШСС Зрењанин

Др Здравко Ждрале, Завод за јавно здравље Зрењанин

Душко Радишић, мсц, Град Зењанин

Славиша Влачић, дипл. инж, Телеком Србија, Зрењанин

Милан Димитријевић, дипл.инж. ДЕК Институт, Зрењанин

Борислав Умићевић, дипл. маш. инж, УМИНГ, Зрењанин

Адреса издавача: Друштво инжењера Зрењанин

Македонска 11, 23000 Зрењанин

E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs

www.diz.org.rs

Штампа: Градска Народна Библиотека „Жарко Зрењанин“, Зрењанин

Тираж: 300

Часопис је први пут уписан у Регистар средстава јавног информисања Министарства за информисање Републике Србије 24.11.1994.године под редним бројем 1807.

ISSN 0354-7140

ИЗДАВАЧ



**ДРУШТВО ИНЖЕЊЕРА
ЗРЕЊАНИН**



ГРАД ЗРЕЊАНИН

**ФИНАНСИЈСКА ПОДРШКА
ПОКРАЈИНСКИ СЕКРЕТАРИЈАТ ЗА ВИСОКО
ОБРАЗОВАЊЕ, НАУКУ И ТЕХНОЛОШКИ
РАЗВОЈ**

СРП - Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

62

ДИТ : Друштво, Истраживање, Технологије :
научно-стручни часопис / главни уредник Милорад
Ранчић. - Год. 1, бр. 1 (1995)-год. 9, бр. 19/20
(2003) ; Год. 20, бр. 21/22 (2014)- . - Зрењанин :
Друштво инжењера Зрењанин, 1995-2003; 2014-
. - 30 cm

Полугодишње.
ISSN 0354-7140 = ДИТ
COBISS.SR-ID 105108999

РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА

Поштовани читаоци,

Поштоване колегиниоце и колеге,

Тридесет седми број часописа ДИТ (Друштво, Истраживање, Технологије) објавио је научне и стручне прилоге из области машинства, електротехнике и рачунарства, енергетике, технологија, менаџмента и економије. Теме о којима пишу наши аутори су резултат њихових научних истраживања али и искуства које су стекли у инжењерској пракси. Читаоци се у изложеним радовима могу упознати са применом методе коначних елемената, одржавањем према стању у железници, дијагностиком клима уређаја, метаверзумом, обучавањем неуронских мрежа, електромагнетним зрачењема у аутомобилима, квалитативном и квантитативном анализом протеина пшенице, могућностима Fischer-Tropsch синтезе, технологијом монтаже фасадних панела, симулацијом простирања топлоте у радијатору, изазовима квалитета 4.0, анализом пословних циљева у БСЦ оквиру, утицајем менаџмента знања у образовању. Као што се види теме су интересантне, савремене и актуелне.

У овом броју часописа представили смо и Јелисавету Начић. Била је прва жена која је дипломирала архитектуру у Србији. Пројектовала је и градила изузетне објекте у Београду и широм земље.

Министарство науке и високог образовања Републике Србије за 2021. годину је наш часопис рангирало са М53.

Главни уредник
Др Милорад Ранчић, професор



Савез инжењера и техничара Србије
доделио је 3. фебруара 1997. године
Научно-стручно-информативном
часопису "ДИТ"

Повељу за најбољу



публикацију у Србији у 1996. години.

САДРЖАЈ

РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА	3
МАШИНСТВО	
Љубица Лазих Вулићевић, Александар Грбовић, Александар Седмак, Валентина Младеновић, Александар Рајић: ПМКЕ У МОДЕЛОВАЊУ И АНАЛИЗИ РАСТА ЗАМОРНЕ ПРСЛИНЕ У ОШТЕЋЕНИМ ШАВНИМ ЧЕЛИЧНИМ ЦЕВИМА ИЗ НАФТНЕ БУШОТИНЕ <i>THE XFEM IN MODELING AND ANALYSIS OF FATIGUE CRACK PROPAGATION IN A DAMAGED OIL WELL SEAM CASING PIPE</i>	9
Жељко Стојановић, Љиљана Радовановић, Славица Првуловић, Сања Станисављевић, Спасоје Ерић: ИНТЕГРАЦИЈА ОДРЖАВАЊА ПРЕМА СТАЊУ У ЖЕЛЕЗНИЦИ - ПРОБЛЕМИ, ТЕХНИКЕ, НОВА РЕШЕЊА <i>INTEGRATION OF CONDITION-BASED MAINTENANCE IN RAILWAY – PROBLEMS, TECHNIQUES AND NEW SOLUTIONS.....</i>	15
Спасоје Ерић, Александар Рајић, Жељко Стојановић: ДИЈАГНОСТИКА СТАЊА И ТЕХНИЧКО ОДРЖАВАЊЕ КЛИМА УРЕЂАЈА <i>CONDITION DIAGNOSTICS AND TECHNICAL MAINTENANCE OF AIR CONDITIONERS.....</i>	33
ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО	
Željko Eremić: МЕТАВЕРЗУМ <i>METAVERSE.....</i>	41
Мања Кнежевић: ОБУЧАВАЊЕ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА ГЕНЕТСКИМ АЛГОРИТМОМ НА ПРИМЕРУ АУТОМОБИЛА <i>TRAINING NEURAL NETWORKS BY GENETIC ALGORITHM ON THE EXAMPLE OF CARS</i>	47
Милорад Ранчић, Никола Адамовић, Милан Зечар: ЕЛЕКТРОМАГНЕТНА ЗРАЧЕЊА У АУТОМОБИЛИМА СА БЕНЗИНСКИМ, ДИЗЕЛ И ХИБРИДНИМ <i>ELECTROMAGNETIC RADIATION IN CAR WITH PETROL, DIESEL AND HYBRID ENGINES.....</i>	55
ЕНЕРГЕТИКА	
Ивана Терзић, Љиљана Пецић: СИМУЛАЦИЈА ПРОСТИРАЊА ТОПЛОТЕ РАДИЈАТОРА И ВАЛОРИЗАЦИЈА РЕШЕЊА ТОПЛОТНОГ УЧИНКА <i>THE SIMULATION OF RADIATOR HEAT DISTRIBUTION AND VALORIZATION OF HEAT PERFORMANCE SOLUTIONS.....</i>	63
ТЕХНОЛОГИЈЕ	
Матилда Лазих, Драган Халас, Данијела Јашин: МОГУЋНОСТИ FISCHER-TROPSCH СИНТЕЗЕ КАО КАТАЛИТИЧКЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ У САВРЕМЕНОЈ ПЕТРОХЕМИЈСКОЈ ИНДУСТРИЈИ <i>POSSIBILITIES OF FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS AS CATALYTIC TECHNOLOGY IN MODERN PETROCHEMICAL INDUSTRY.....</i>	77
Milana Drašković, Gordana Ludajić: КВАНТИТАТИВНА КВАЛИТАТИВНА АНАЛИЗА ПРОТЕИНА ДУРУМ ПШЕНИЦЕ LAB-ON-A-CHIP (LOAC) ЕЛЕКТРОФОРЕЗОМ <i>QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ANALYSIS OF DURUM WHEAT PROTEIN BY LAB-ON-A-CHIP (LOAC) ELECTROPHORESIS</i>	83
Grujica Ljubisavljević, Ivana Terzić: ТЕХНОЛОГИЈА МОНТАЖЕ ФАСАДНИХ ПАНЕЛА ПРИМЕНОМ МАЛОГ ГУСЕНИЧНОГ КРАНА <i>TECHNOLOGY OF INSTALLATION OF FACADE PANELS USING A SMALL TRUCK CRANE.....</i>	93
МЕНАџМЕНТ И ЕКОНОМИЈА	
Боривој Новаковић, Сања Станисављевић, Мила Кавалић, Драгана Милосављевић, Златко Кошут, Жолт Ваштаг: <i>THE INFLUENCE OF KNOWLEDGE MANAGEMENT ON BUSINESS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY CASE STUDY, „NOVARES SERBIA” DOO</i>	109
Предраг Правдић, Виолета Ђорђевић, Ивана Терзић, Љиљана Брзаковић, Звонко Петровић, Марија Мојсиловић: АНАЛИЗЕ ПОСЛОВНИХ ЦИЉЕВА У БСЦ ОКВИРУ КАО ВОДИЧ ПОБОЉШАЊА <i>ANALYSIS OF BUSINESS GOALS IN THE BSC FRAMEWORK AS IMPROVEMENTS GUIDE.....</i>	119
Dijana Tadić, Sanja Stanisavljev, Mila Kavalić, Zlatko Košut: ИЗАЗОВИ КВАЛИТЕТА 4.0: ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ И ПОСЛОВНЕ ПРАКСЕ <i>QUALITY CHALLENGES 4.0: REVIEW OF LITERATURE AND BUSINESS PRACTICE.....</i>	131
ЈЕЛИСАВЕТА НАЧИЋ	139
УПУТСТВО ЗА ПИСАЊЕ РАДОВА.....	141



ЈЕЛИСАВЕТА НАЧИЋ
(1878-1955)

Прва жена дипломирани архитекта
у Србији.

Пројектант Основне школе
„Краљ Петар Први“ у Београду,
Малих степеница на Калемегдану,
бројних цркава, тргова, болница,
индустријских постројења.

Велики борац за слободу и права
Српског народа.



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXVIII, Број 37, март 2022. год.
Year XXVIII, Issue 37, March 2022. year

МАШИНСТВО

Одговорни уредник:

Проф. др Љиљана Радовановић
Технички факултет “Михајло Пупин“
Зрењанин

Редакцијски одбор:

Проф. др Милија Крајишник,
Машински факултет,
Универзитет у Источном Сарајеву

Проф. др Драган Шешлија,
Факултет техничких наука,
Универзитет у Новом Саду

Проф. др Бранко Савић,
Висока техничка школа струковних студија
Нови Сад

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
Е-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

ПМКЕ У МОДЕЛОВАЊУ И АНАЛИЗИ РАСТА ЗАМОРНЕ ПРСЛИНЕ У ОШТЕЋЕНИМ ШАВНИМ ЧЕЛИЧНИМ ЦЕВИМА ИЗ НАФТНЕ БУШОТИНЕ

THE XFEM IN MODELING AND ANALYSIS OF FATIGUE CRACK PROPAGATION IN A DAMAGED OIL WELL SEAM CASING PIPE

ЉУБИЦА ЛАЗИЋ ВУЛИЋЕВИЋ¹

АЛЕКСАНДАР ГРБОВИЋ²

АЛЕКСАНДАР СЕДМАК²

ВАЛЕНТИНА МЛАДЕНОВИЋ¹

АЛЕКСАНДАР РАЈИЋ¹

¹Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

²Машински факултет, Универзитет у Београду, Краљице Марије 16, Београд

РЕЗИМЕ

У раду је приказана примена проширене методе коначних елемената (ПМКЕ) у моделовању и анализи раста прслине у шавним цевима од челика повишене чврстоће АПИ J55 произведених високофреквентним контактним заваривањем. Геометрија која се користи у симулацијама је цев са аксијалном површинском прслином подвргнута цикличним оптерећењима константне амплитуде. Извршени су експерименти на модификованим ЦТ и Шарпи епруветама направљеним из цеви које су после 70 000 сати рада извучене из нафтне бушотине, а добијени коефицијенти Парисове једначине искоришћени су у симулацији. Приказане су кратке теоријске основе о ПМКЕ-у, као и демонстрација методе која се користи за верификацију израчунатих фактора интензитета напона (ФИН). Добијени нумерички резултати доказују ефикасност ПМКЕ у симулацији ширења аксијалних прслина на геометрији типа цеви.

Кључне речи: ПМКЕ, шавне цеви, површинска прслина, раст заморних прслина, предвиђање заморног века чврстоће, раст заморних прслина, предвиђање заморног века

ABSTRACT

Abstract: This paper presents an application of the extended finite element method (XFEM) in the modeling and analysis of simultaneous cracks propagations in a seam casing pipe made of API J55 steel by high-frequency (HF) contact welding. The geometry used in simulations is pipe with axial crack subjected to constant amplitude cyclic loads. Tests of the modified CT and Charpy specimens from pipe after 70.000 hours of service in an oil drilling rig were carried out and thus obtained Paris equation parameters are used in simulation. Short theoretical background information is provided on the XFEM, as well as the demonstration of the method used for verification of computed stress intensity factors (SIFs). The obtained numerical results prove the efficiency of

XFEM in the simulation of the axial cracks propagations in tube geometry. Some guidelines for improving the XFEM use in fatigue life predictions are also given.

Keywords: XFEM, seam casing pipes, surface crack, fatigue crack growth, fatigue life prediction.

1. УВОД

Цевоводи су најјекономичнији и најбезбеднији начин за транспорт нафте и гаса. Међутим, велики број отказа у току експлоатације дешава се захваљујући недовољној отпорности на појаву прслине и њен заморни раст, било да је у питању лош квалитет завареног споја или пак оштећења настала услед дејства корозије. Нисколегирани челици који су у данашње време у широкој употреби кад су у питању цевоводи, захваљујући оптималној комбинацији механичких особина и заварљивости, ипак су, кад је у питању њихова употреба за транспорт нафте и гаса, врло често повезани са појавом грешака и отказа услед њих.

Поузданост нафтних бушотина и опреме за експлоатацију је од виталног значаја, како за континуирану експлоатацију, тако и за заштиту животне средине. Због тога су развијени многи поступци и методе за оцену утицаја разних оштећења, па и типа прслине, на интегритет заврених цеви у цевоводу [1,2]. Шавне цеви могу имати оштећења у облику прслине у радијалном или аксијалном правцу, унутрашњој или спољашњој површини и могу бити подвргнуте различитим оптерећењима. укључујући унутрашњи и спољни притисак, као аксијална и трансверзална оптерећења (нпр. узрокована тежином саме конструкције) [3,4]. У циљу одржавања цевовода безбедним и поузданим у току читавог процеса експлоатације, веома је важна процена заморног века. Најважнији део у процени заморног века је са приличном тачношћу одредити максимални дозвољени притисак, те проценити параметре механике лома. као што су фактор интензитета напона (ФИН) и J интеграл.

Овај рад представља пример могућности примене проширене методе елемената (ПМКЕ) у моделовању и анализи симултане пропагације прслине у цевима направљеним од челика повишене чврстоће АПИ J55 високофреквентним контактним заваривањем. У симулацији је кориштена геометрија цеви са аксијалном површинском прслином подвргнута цикличном оптерећењу са константном амплитудом.

2. РАСТ ПРСЛИНЕ ПРИ ЦИКЛИЧНОМ ОПТЕРЕЂЕЊУ

Пресудни утицај на животни век машинских делова и конструкција има брзина раста прслине под цикличним оптерећењем. Због тога је од практичног значаја одредити зависност између присутног стања напона на врху прслине, које је при променљивом, цикличном оптерећењу одређено опсегом фактора интензитета напона ΔK и брзине раста прслине da/dN .

Раст прслине до њене критичне дужине зависи од спољашњег оптерећења и брзине раста прслине. Парисова једначина за метале и легуре утврдила је зависност између брзине раста заморне прслине da/dN и опсега фактора интензитета напона ΔK користећи коефицијент C_p и експонент m_p :

$$\frac{da}{dN} = C_p (\Delta K)^{m_p} = C_p (1,12 \cdot \Delta \sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a})^{m_p}$$

3. ОТПОРНОСТ ЧЕЛИКА АПИ J55 КА РАСТУ ПРСЛИНЕ

Заварене цеви под притиском могу бити веома осетљиве на прслине и њихов стабилан или нестабилан раст. Због тога је важно наћи поуздан критеријум за

процену преосталог радног века цеви са прслином у завареном споју.

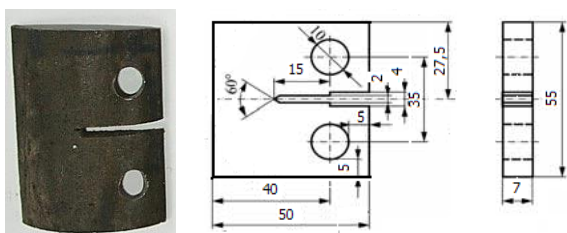
Експерименти су изведени на модификованој СТ епрувети на собној температури (20°C) на машини SCHENCK-TREBEL RM 100. Епрувете су направљене из цеви које су после 70 000 сати рада извучене из нафтне бушотине, Слика 1. Дебљина модификоване СТ епрувете је $d = 6,98 \text{ mm}$ (једнака је дебљини зида цеви) [5]. Индиректно, преко критичне вредности J интеграла - J_{Ic} , одређена је критична вредност фактора интензитета напона K_{Ic} , односно израчуната је применом израза (1) и приказана је у Табели 1:

$$K_{Ic} = \sqrt{\frac{J_{Ic} \cdot E}{1 - \nu^2}} \quad (1)$$

Користећи израз:

$$K_{Ic} = 1,12 \cdot \sigma_c \cdot \sqrt{\pi \cdot a_c} \quad (2)$$

и узимајући у обзир да је вредност напона, $\sigma = \sigma_c$, (где је σ_c напон лома), израчунате су вредности критичне дужине прслине (a_c) за основни материјал (ОМ), зону утицаја топлоте (ЗУТ) и метал шави (МШ).



Слика 1. Модификована ЦТ епрувета за испитивање параметара механике лома

Табела 1. Вредности K_{Ic} – за цев из експлоатације

епрувета	J_{Ic} [kN/m]	K_{Ic} [MPa m ^{1/2}]	a_c [mm]
ОМ	35.8	91.4	14.4
ЗУТ	48.5	106.4	19.6
МШ	45.7	103.3	18.5

Посматрајући добијене резултате за K_{Ic} за ОМ, ЗУТ и МШ, очигледно је да ОМ има најмању отпорност на појаву и раст прслине, те је даља процена заморног века цеви рађена за основни метал.

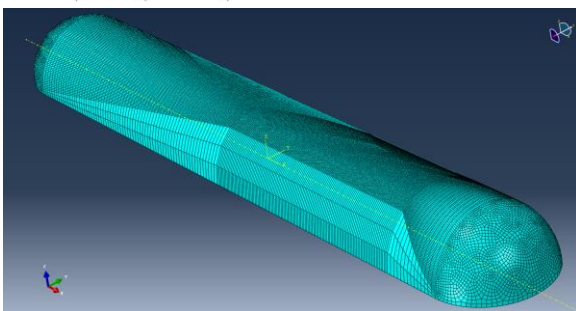
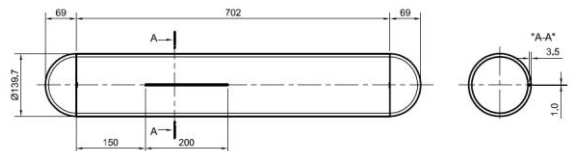
4. АНАЛИЗА РАСТА ЗАМОРНЕ ПРСЛИНЕ ПОМОЋУ ПМКЕ

Проширена метода коначних елемената развијена је да олакша тешкоће при решавању проблема који се јављају или нису ефикасно решени локалним прављењем fine мреже где је то неопходно [6]. Као добра метода за решавање проблема симулације раста прслине и одређивања фактора интензитета напона на 3Д моделима појавила се у скорије време проширена метода коначних елемената (ПМКЕ) [7]. Ова метода омогућава симулацију раста прслине и одређивање фактора интензитета напона без креирања нове мреже након сваког корака пропагације, захваљујући „побољшаним“ коначним елементима. Кључна предност ПМКЕ је да у таквим проблемима мрежа коначних елемената не мора да се ажурира да би се пратила путања прслине. Морфео/Крак за Абакус (*Morfeo/Crack for Abaqus*) се ослања на имплементацију методе проширених коначних елемената (ПМКЕ) доступној у Абакусу [8]. Морфео/Крак за Абакус је способан да изводи симулације ширења прслине у сложеним геометријама. Он прави побољшано ПМКЕ решење у малој области око прслине и израчунава ФИН-ове. ФИН вредности на врху прслине одређују одговарајући прираст раста постојеће прслине Ова процедура је изведена 100 пута да би се симулирао инкрементални раст прслине. Абакус чува у посебним датотекама добијене вредности напона и деформација за сваки корак прорачуна.

5. АНАЛИЗА РАСТА ЗАМОРНЕ ПРСЛИНЕ ПОМОЋУ ПМКЕ У ЦЕВИ СА АКСИЈАЛНИМ ПОВРШИНСКИМ ОШТЕЋЕЊЕМ

Урађена 3Д симулација заморног лома помоћу проширене методе коначних елемената (ПМКЕ) на стандардној Шарпи епрувети од материјала АПИ J55 показала је врло добре резултате [9] и она је служила за верификацију ове методе симулације заморног оштећења. Од истог материјала је и цев чија ће отпорност према заморном лому бити испитана 3Д симулацијом раста аксијалне површинске прслине. Поређењем резултата за епрувету из 3Д симулације са оним из експеримента, добијено је прилично добро поклапање вредности, тако да је прорачунски век епрувете исти као век добијен 3Д симулацијом.

Геометрија коришћена у симулацији је цев чије су димензије приказане на Слици 2, затворена на оба краја да би се створио ефекат посуде под притиском. На спољашњој страни цеви (посуде) постављена је иницијална прслина у основном материјалу (ОМ), дужине $2c=200$ и дубине $a=3,5$ mm. Дебљина зида цеви је $t=6,98$ mm [10].



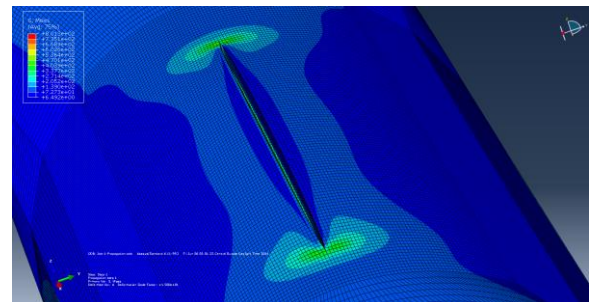
Слика 2. Цев (посуда под притиском) са аксијалном прслином на спољној страни [10]

Основне техничке карактеристике нафтне бушотине из које је цев извађена, а на којој се ради симулација, су следеће:

- Слојни притисак: $max=10,01$ MPa, $min=7,89$ MPa.
- слојна температура: $T=65$ °C,
- број ходова глатке шипке дубинске пумпе: $n_{G\delta}=9,6$ min⁻¹

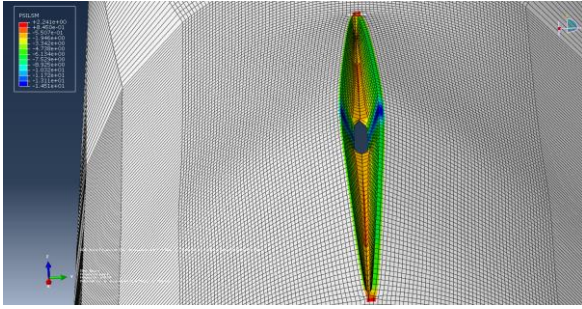
Модел цеви са спољашњом аксијалном прслином дефинисан је у софтверу Абакус [6], где су дефинисане и карактеристике материјала: челик АПИ J55, чији је Јангов модул $2,1 \cdot 10^5$ MPa и Пуасонов коефицијент $0,33$, и одговарајући гранични услови (Слика 1). Мрежа је урађена знатно финије у области око иницијалног оштећења ради добијања што прецизнијих резултата, тј. података о расту прслине. За оптерећење је узет притисак од $p=10$ MPa, што је максимална вредност притиска у радним условима. За процену укупног броја циклуса N употребљени су експериментални подаци за Парисов коефицијент C_p и експонент m_p и количник напона $R=0,8$ [10].

Прслина расте са кораком од $0,2$ mm по циклусу. Слика 3 показује други корак раста прслине и фон Мизесове напоне у околини прслине.

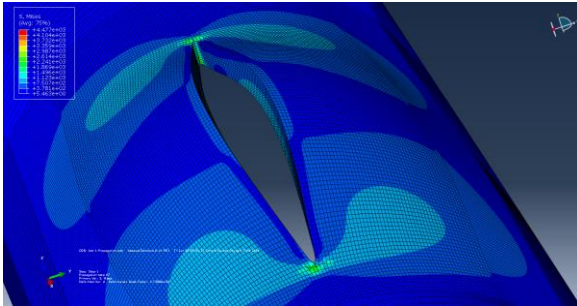


Слика 3. Други корак пропације и фон Мизесови напони на врху прслине

На Слици 4 су приказани тренутак када прслина постаје пролазна и напони око прслине, а на Слици 5 показан је 69-и корак раста прслине и њено даље напредовање у аксијалном правцу.



Слика 4. Прслина постаје пролазна кроз зид и напонско стање око ње

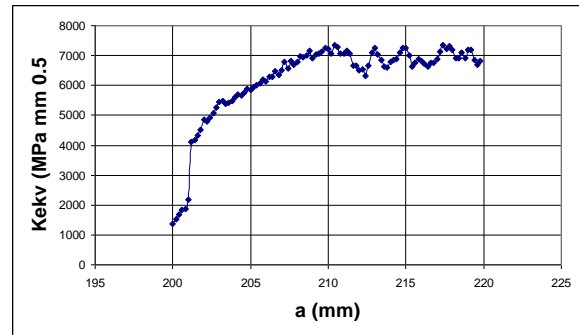


Слика 5. Прслина у 69-ом кораку симулације и фон Мизесови напони

Симулација је рађена до стотог корака и коначне дужине прслине од 209 mm, мада је тренутак пробијања прслине кроз зид у седмом кораку у ствари тренутак када долази до отказа конструкције, тј. до процуривања цеви.

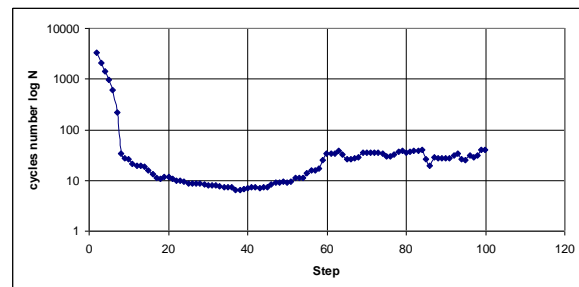
Вредности фактора интензитета напона (ФИН) на врху прслине одређују одговарајући раст прслине у сваком кораку. Софтвер рачуна и еквивалентни ФИН (K_{ekv}) за сва три мода раста прслине I, II и III, тј. одговарајуће ФИН-ове K_I , K_{II} и K_{III} .

Добијена зависност дужине прслине a и еквивалентног фактора интензитета напона K_{ekv} приказана је на Слици 6. Највећи пораст вредности K_{ekv} , како је и очекивано, појавио се када је прслина пробила зид. У радним условима то је и тренутак отказа цеви, али је симулација настављена како би смо посматрали даље понашање прслине [10].



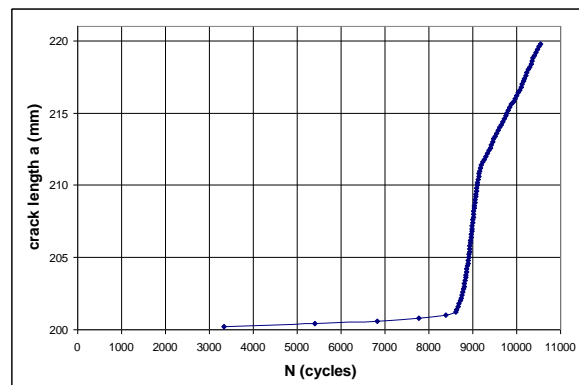
Слика 6. Добијена зависност дужине прслине a и еквивалентног ФИН-а K_{ekv}

Дијаграм на Слици 7 показује добијену зависност између корака и броја циклуса у логаритамском облику, $\log N$. Након што прслина пробије цев, број циклуса постаје значајно нижи и остаје отприлике уједначен до краја симулације.



Слика 7. Зависност броја корака симулације раста прслине и броја циклуса N

Дијаграм на Слици 8 показује добијену зависност дужине прслине a [mm] и броја циклуса N . Очигледно је да је, након продора прслине кроз зид, даљи број циклуса потребних за пораст прслине знатно мањи [10].



Слика 8. Добијена зависност дужине прслине a и броја циклуса N

6. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је приказана могућност примене проширене методе коначних елемената на анализу и моделовање раста заморне прслине, тј. предвиђање заморног века цеви са аксијалном површинском прслином на спољној површини цеви израђених од челика повишене чврстоће АПИ J55.

Добијени нумерички резултати доказују ефикасност ПМКЕ у симулацији раста аксијалних прслина на геометрији цеви која је под притиском.

Већина кварова заварених челичних цевовода настаје због недовољне отпорности материјала на настанак и раст прслина. Током свог животног циклуса цевоводи су изложени додатно и корозији и високим температурама. Имајући у виду предвиђене тешке услове експлоатације, требало би очекивати знатно краћи преостали заморни век цеви него онај који се добија проценама кроз прорачуне и симулације.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Molent, L.; Jones, R.; Barter, S.; Pitt, S. Recent development in fatigue crack growth assessment. // *International Journal of Fatigue*. 28, 12(2006), pp. 1759-1768.
- [2] В Gubeljak, N., Predan, J., Kozak, D. Leak-Before-Break Analysis of a Pressurizer- Estimation of the Elastic-Plastic Semi-elliptical Through Wall Crack Opening Displacement. // *Structural Integrity and Life*. 12, 1(2012), pp. 31-37
- [3] Sanjeev, S.; Ramachandra, M. On the accuracy of ductile fracture assessment

of through-wall cracked pipes. // *Engineering Structures*. 29, (2007), pp. 789-801.

- [4] Kumar, V.; German, M. D. Elastic-plastic fracture analysis of through-wall and surface flaws in cylinders. EPRI Report, NP-5596, 1988.
- [5] Lazić Vulićević Lj., Arsić M., Šarkoćević Ž., Sedmak A., Rakin M., Structural life assessment of oil rig pipes made of api j55 steel by high frequency welding, *Technical Gazette*, Vol 20 No 6(2013), 1091-1094
- [6] Belytschko T., Black T., Elastic crack growth in finite elements with minimal remeshing, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 45, No. 5, 1998, pp. 601-620.
- [7] Mohammadi S., Extended finite element method for fracture analysis of structure, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK, 2008.
- [8] <http://www.3ds.com/products/simulia/portfolio/abaqus/latest-release/>
- [9] Лазих Вулићевих Љ., Грбових А., Седмак А., Рајић А., Младенових В.: Проширена метода коначних елемената у симулацији раста заморне прслине, ДИТ Научно-стручни часопис, Год. 27, Бр. 36, Стр. 13-18, ИСБН 0354-7140, Издавач: Друштво инжењера Зрењанин, 2021
- [10] Лазих Вулићевих Љ., Отпорност према заморном лому заварених цеви од челика повишене чврстоће, докторска дисертација, Универзитет у Београду, 2015.

Адреса аутора: Љубица Лазих Вулићевих, професор струковних студија, Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину, Ђорђа Стратимировића 24, Зрењанин
е-маил: lazic.ljubica@yahoo.com
Рад примљен: фебруар 2022.
Рад прихваћен: фебруар 2022.

ИНТЕГРАЦИЈА ОДРЖАВАЊА ПРЕМА СТАЊУ У ЖЕЛЕЗНИЦИ - ПРОБЛЕМИ, ТЕХНИКЕ, НОВА РЕШЕЊА

INTEGRATION OF CONDITION-BASED MAINTENANCE IN RAILWAY – PROBLEMS, TECHNIQUES AND NEW SOLUTIONS

ЖЕЉКО СТОЈАНОВИЋ¹
ЉИЉАНА РАДОВАНОВИЋ²
СЛАВИЦА ПРВУЛОВИЋ²
САЊА СТАНИСАВЉЕВ²
СПАСОЈЕ ЕРИЋ³

¹"Hutchinson" д.о.о. Индустијска 71, Рума

²Универзитет у Новом Саду, Технички факултет "Михајло Пупин" у Зрењанину

³Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

РЕЗИМЕ

У раду се анализирају постојећи оквири примене стратегије одржавања према стању на модерним железницама како би се постигло побољшање ефикасности и исплативости одржавања и како би се унапредили потенцијали за постизање перформанси доступности и поузданости железничких возила и инфраструктуре. Говори се о системима за аутоматско праћење стања који могу да дијагностикују већину отказа на критичним компонентама инфраструктуре и шинских возила који могу довести до скувих кашњења, прекида саобраћаја и до незадовољства путника. Наводе се безбедносни и економски аспекти експлоатације и оштећења осовинских лежајева. Сагледавају се и објашњавају фактори који доприносе порасту топлоте у овим компонентама и ближе се представљају најновији системи за праћење стања лежајева који се користе у железничкој индустрији, као што су инфрацрвени детектори кућишта, чија је актуелност и важност додатно потврђена

давањем извода из истраживања објављених у оквиру Пројекта Европске Уније. Истичу се утицајни фактори који својим деловањем најчешће доприносе отказу точкова железничких возила. Представљају се софистицирани уређаји и технике прегледа, као што су детектори ударних оптерећења точкова и детектори точкова који одступају од кружности који омогућавају железничким оператерима да уз примену исплативих решења на побољшан начин управљају железничком имовином.

Кључне речи: одржавање према стању, железница, осовински лежајеви, точкови, детектори

ABSTRACT

The paper analyzes the existing frameworks of the implementation of the conditionbased maintenance strategy on modern railways in order to improve the efficiency and costeffectiveness of maintenance and to improve the potential for

achieving availability and reliability performance of railway vehicles and infrastructure. There is talk about the systems for automatic condition monitoring that can diagnose most failures on critical infrastructure components and rail vehicles that can lead to costly delays, traffic disruptions and passenger dissatisfaction. The safety and economic aspects of the exploitation and damage of shaft bearings are mentioned. The factors that contribute to the increase of heat in these components are considered and explained and the latest systems for monitoring the condition of bearings used in the railway industry, such as infrared housing detectors, whose relevance

and importance is further confirmed by providing excerpts from research published within the European Union Project are closer represent. Influential factors which most often contribute to the failure of railway vehicle wheels by its action are highlighted. Sophisticated devices and inspection techniques, such as wheel impact load detectors and detectors of wheels which deviate from the circle which enable railway operators to better manage railway assets using costeffective solutions are presented.

Key words: condition-based maintenance, railway, axle bearings, wheels, detectors

1. УВОД

Међународна Електротехничка Комисија (ИЕС) предложила је дефиницију одржавања као комбинацију свих техничких и административних радњи, укључујући радње надзора, које имају за циљ да се производ задржи или врати у стање у којем може да обавља тражену функцију (ИЕС 60050). [1] У циљу спречавања опасних појава до којих може доћи у току експлоатације механичких конструкција и уређаја и ради предвиђања утицаја потенцијалних отказа на њихов даљи рад, неопходно је стално праћење техничког стања механичких конструкција и стални развој прецизнијих и поузданијих метода или система испитивања. [2] Одржавање представља значајан трошак током животног циклуса железничких возила и машина уопште. С тога је проналажење праведне политике одржавања обавезно за сваку компанију која управља флотом возила или машина. [3]

Железница широм света доживљава пораст потражње који је вођен повећаном глобалном трговином. У САД, железница је један од главних видова транспорта терета. У анкети о робним токовима из 2007. године, железница је чинила 46[%] укупних националних тонских миља [4]. Железницу

такође користе, у приличној мери, људи за путовање између два места. Због тога постоји све већи притисак на железнице да у сваком тренутку одржавају висок ниво услуге. Уз повећан проток железничког саобраћаја, неопходно је обезбедити доступност железничких услуга у целини и да оне функционишу безбедно и тачно. Да би се избегли непланирани поремећаји и на тај начин свело на минимум свеукупно време застоја система, како би се испунили растући захтеви у погледу трошковне ефикасности, поузданости и безбедности за железничка возила и железничке услуге, систем одржавања железничких возила према стању (уместо календарског) је веома пожељан [5].

Тренутно се одржавање, преглед и поправка опреме железничких возила обавља методом одржавања према времену, при чему се компоненте одржавају на основу пређених удаљености и времена рада, без обзира на степен дотрајалости. Међутим, одржавање према стању је пут напред, где се нивои дотрајалости и знаци отказа могу идентификовати праћењем компоненти како би се показало њихово стање, обезбеђујући да се одржавање изведе у складу са тим [6].

Рано откривање отказа је кључ за смањење стопе исклизнућа из шина на железници. Један од главних праваца

развоја и изградње система за праћење железничког саобраћаја су уређаји засновани на модуларним решењима као што су детектори прегрејаног точка и кућишта [7]. Системи за праћење стања су системи за прикупљање података са интелигентним алгоритмима који могу открити грешке пре отказа, идентификовати грешке и проценити њихову озбиљност. Предност система за праћење стања је да се расположивост и оперативна поузданост железничких возила могу побољшати предиктивним праћењем [8]. Лежајеви, кочнице и точкови железничких возила су витални елементи за безбедност рада железнице. Неоткривање загревања ових елемената може довести до лома осовинских рукаваца, исклизнућа из шина, изазвати пожар и друга оштећења возила или колосека што узрокује прекид саобраћаја [9]. Праћење стања и одржавање осовинских склопова, посебно лежајева, за возове у саобраћају, је стални приоритет за оператере и менаџере инфраструктуре. Системи за надзор се могу поделити у две категорије: на возу и поред пруге.

Теоријски циљ рада се заснива на дескрипцији начина путем којих одржавање према стању доприноси постизању веће расположивости и поузданости железничких возила, као и планирању оптималних, циљаних и правовремених акција одржавања чиме се постиже смањење учестаности отказа који генеришу застоје, трошкове и кашњења. **Практични циљ рада** усмерен је на убрзање интеграције одржавања према стању у суштинске циљеве политике управљања одржавањем железница Србије, чиме би се створили неопходни предуслови за прелазак на исплативо одржавање уз унапређење квалитета услуге.

2. ПРЕВЕНТИВНО ОДРЖАВАЊЕ ЖЕЛЕЗНИЧКИХ СРЕДСТАВА ПРЕМА СТАЊУ - ШАНСА ЗА УШТЕДУ

2.1 ЛОШЕ СТРАНЕ ПРЕВЕНТИВНОГ ОДРЖАВАЊА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ СРЕДСТАВА ПРЕМА ИНТЕРВАЛУ

За модерне железнице, одржавање је кључно да би се осигурала безбедност, тачност и добра укупна искоришћеност капацитета. Трошкови одржавања у Европи крећу се од 30000 до 100000 Евра по километру железничке пруге годишње. Одговарајуће планирање одржавања железнице је веома пожељно како би се одржало неопходно стање инфраструктуре на коју се у великој мери ослањају економске и друштвене делатности [10]. У железничкој индустрији, интервали одржавања се често традиционално заснивају на времену или километражи, а ови интервали се често заснивају на ранијем искуству или на спецификацији добављача [11].

Најпопуларнија политика одржавања је данас "циклично одржавање" где се одржавање обавља у унапред одређеним интервалима без узимања у обзир стања опреме. Период између интервенција одржавања се често заснива на стручном знању о употреби опреме, њеном веку трајања и брзини пропадања. Две главне предности цикличног одржавања су једноставност програмирања заустављања возила (током периода слабог саобраћаја) и буџетирање годишњих трошкова одржавања. Са друге стране, цикличним одржавањем, делови возила ће вероватно бити замењени много пре него што им дође крај животног века. Пошто се током планираних заустављања спроводи стандардни сет провера, остаје висок ризик од неочекиваних отказа. Ови откази захтевају непланиране поправке, које су скупље од планираних сервисних интервенција. Наравно, циклично одржавање је далеко од ефикасног у спречавању отказа и може довести до непотребних трошкова [3].

У области железничког саобраћаја, као што се дешава у целом индустријском свету, убрзање смањења оперативних

трошкова и растућа потреба за еколошком одрживошћу радикално мењају филозофију управљања и одржавања логистичке инфраструктуре и возила. У таквом контексту, побољшање техника посвећених праћењу стања електричних машина и њихових компоненти с тога постаје од суштинског значаја за максимизирање радног века возила, избегавајући периоде недоступности због непотребног одржавања, без угрожавања безбедносних стандарда за робу и путнике. У том циљу, конвенционална процедура одржавања у фиксном временском интервалу, у зависности од километраже или радних сати, могла би се ефикасно заменити или интегрисати са новим методама или критеријумима заснованим на стварним стањима компоненти и подсистема [12]. Преко одржавања према стању може се пратити рад кључних система у реалном времену. Дакле, потенцијално хабање или отказ покретних делова може се идентификовати током њиховог развоја. Одржавање према стању се не заснива на временским интервалима већ на стварном стању система [13].

2.2 ПРЕЛАЗАК НА ОДРЖАВАЊЕ ПРЕМА СТАЊУ СТРАТЕГИЈА ЕФИКАСНОГ ПОБОЉШАЊА ПЕРФОРМАНСИ

Одржавање је кључно за правилно функционисање железничке мреже која се састоји од колосека, скретница, далековода, станица, система сигнализације итд. Одржавање према стању, где је доношење одлука засновано на "уоченом" стању средстава добија све већу пажњу у литератури. У поређењу са цикличним превентивним одржавањем које преовлађује у садашњој пракси, одржавање према стању је ефикасније, јер може да предложи правовремене и кључне акције, предвиђањем развоја процеса пропадања [14].

Према литератури [15], 99[%] отказа опреме могу бити назначени одређеним симптомима пре него што се појаве.

Сходно томе, одржавање према стању сматра се ефикаснијом и идеалном стратегијом одржавања која не само да може да избегне катастрофалне отказе, већ и да смањи трошкове животног циклуса опреме. Кључни фактор спровођења плана одржавања према стању је тачна анализа и предвиђање стања опреме. Изузетан ефекат спровођења плана одржавања према стању је тачна процена стања опреме и благовремено откривање отказа на опреми, што спречава да се догоде незгоде. На овај начин се може постићи сврха смањења трошкова одржавања и побољшања профита који доноси опрема.

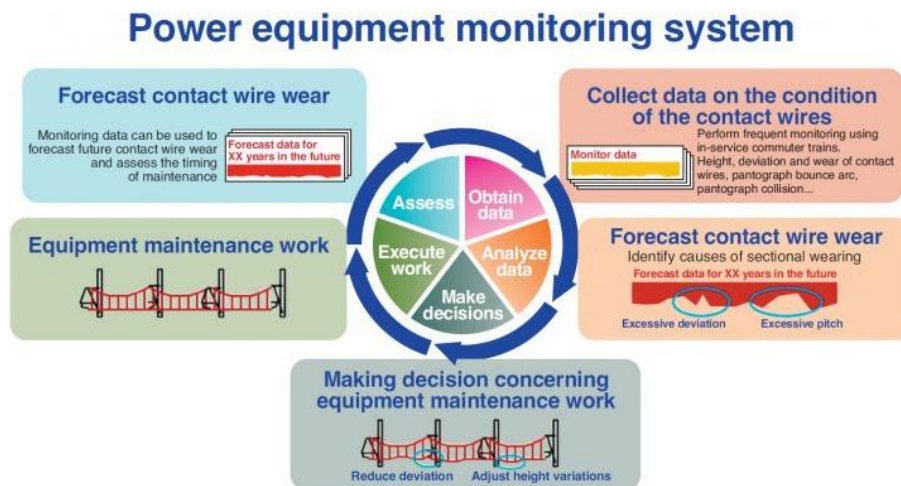
Japan Railways Group настоји да промени начин одржавања железничке опреме. Они сматрају да би добијање података о померању надземних водова од стране возова који су у функцији омогућило да се такви подаци о померању добијају сваки дан. Анализа тих података би им омогућила да идентификују брзину којом надземни вод отказује. Тада се могу донети одлуке у вези са оптималним временом за обављање поправки уз прецизно предвиђање неправилности надземних водова по појединим локацијама, омогућавајући веома поједностављено превентивно одржавање. Ефекти поправки ће се значајно побољшати тако што ће моћи да добијају податке о неправилностима надземних водова на дневној бази.

Са одржавањем према стању, циклус приказан на слици 1 може се пратити на дневној и динамичној основи. Циклус подразумева добијање података, одређивање стања отказа анализом података, доношење одлука о времену/методу/локацији поправки, извођење поправки и потврђивање и оцењивање резултата тих поправки. Што се више података акумулира, то је паметнији процес доношења важних одлука у одржавању. Такође, тренутно проучавају како би се одржавање према стању могло користити за железничка возила како би се постигло ефикасније одржавање. У овој визији, одржавање према стању ће помоћи

у праћењу појединачних компоненти железничког возила, добијени подаци биће анализирани, а одржавање железничких возила планирано и спроведено на основу тих резултата. Неопходни подаци о одржавању се акумулирају за опрему постављену континуално дуж пруга (опрема колосека и контактних линија)

праћењем возова у раду, као и сензорима и комуникационом технологијом за опрему постављену на тачкама дуж пруге (мостови, тунели, подстанице, скретнице итд) [16].

Процењује се да се само у САД потроши више од 1 трилиона долара годишње на замену савршено добре опреме [17].



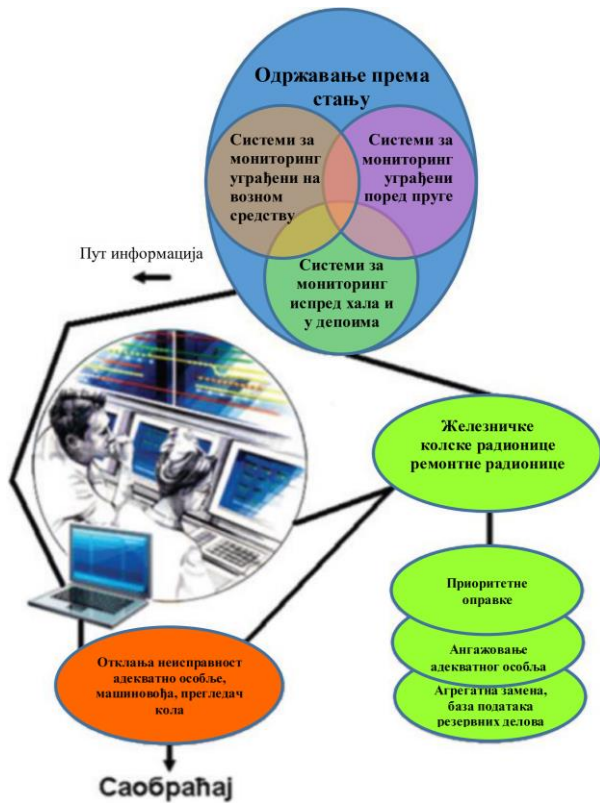
Слика 1. Циклус радова на одржавању надземних водова у *Japan Railways Group* [16]

Процена животног века компоненте се углавном заснива на искуству. Искуство је засновано на тренду отказа компоненте. Ако искуство каже "то је три године" онда се компонента мења сваке три године. Компонента никада неће добити прилику да ради дуже од три године. Праћење стања је најбоља техника за процену животног века сваке компоненте дајући јој прилику да ради до краја свог века. Ово такође осигурава поузданост и сигурност. Технике праћења стања су најважнији алати за исплативо одржавање [18].

Одржавање према стању железничких возила је главни задатак у железничкој индустрији, јер отказ у раду може довести до кашњења и незадовољства путника. Штавише, откази у раду повећавају трошкове одржавања и с тога имају утицај на укупну доступност и перформансе поузданости возног парка [19]. За Шведску железничку мрежу, акумулирана кашњења возова изазвана инфраструктуром износила су 27,809[h] у 2010. години, 23,760[h] у 2011. години и 21,655[h] у 2012. години.

Под претпоставком да један минут кашњења кошта јавност 1,200 SEK за путнички воз и 800 SEK за теретни воз и да је комбинација (однос) путничких возова и теретних возова 50/50, онда је укупан трошак за ова кашњења 1,61,3 милијарди SEK за 20102012. годину. Смањење кашњења за 10[%] резултирало би уштедом од око 100 милиона SEK сваке године, само у смислу смањених трошкова кашњења [20].

Аутори Ђорђевић и Тепић у свом раду [21] објављеном у Часопису *Железнице* наводе да је суштина савременог приступа одржавању шинских возила у дијагностици и поузданом третману систематизованих мерних података, као и развоју система одржавања према стању, а не према временским категоријама (слика 2).



Слика 2. Савремени концепт одржавања теретних вагона [21]

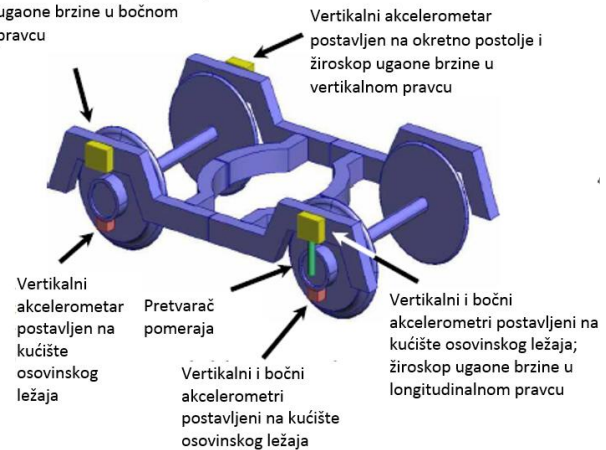
3. САВРЕМЕНИ СИСТЕМИ ЗА ПРАЋЕЊЕ ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА И ИНФРАСТРУКТУРЕ

3.1 НАЧЕЛНЕ НАПОМЕНЕ ПРЕ АНАЛИЗЕ

Практична примена праћења стања динамике воза врши се или коришћењем сензора на колосеку или сензора на возилу. Углавном, сензори на колосеку се користе за праћење стања осовинских слогова, док се сензори на шинском возилу баве праћењем инфраструктуре шинских возила [22]. Данас је већина комерцијално доступних производа за праћење стања железничких возила претежно фокусирана на систем окретних постоља. То је зато што неке од његових критичних компоненти брзо мењају своје параметре током рада што може представљати проблем везан за безбедност. Кључни концепт овде је способност постојеће технологије да прати и идентификује ове параметре у реалном времену у сврху праћења стања и предиктивног одржавања. У индустрији се

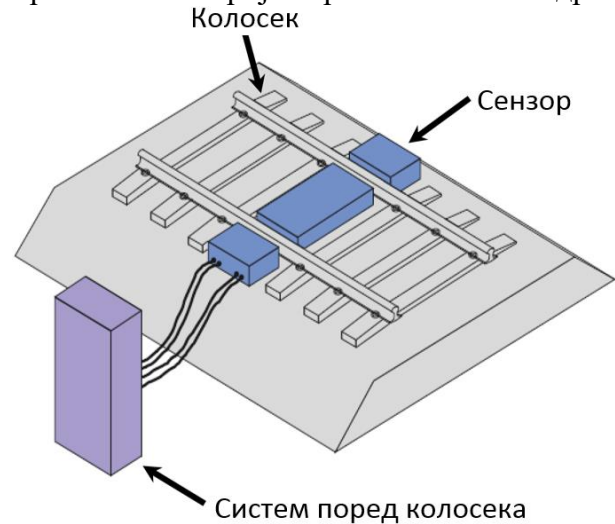
тренутно примењују различите конфигурације сензора за праћење параметара железничких возила, али они углавном спадају у системе на возилу (засновани на возилу) или системе засноване на прузи (слика 3 и 4).

Боčni акцелерометар постављен на окретно постоље и жироскоп угаоне брзине у бочном правцу



Слика 3. Позиција сензора окретног постоља и осовинског слога [22]

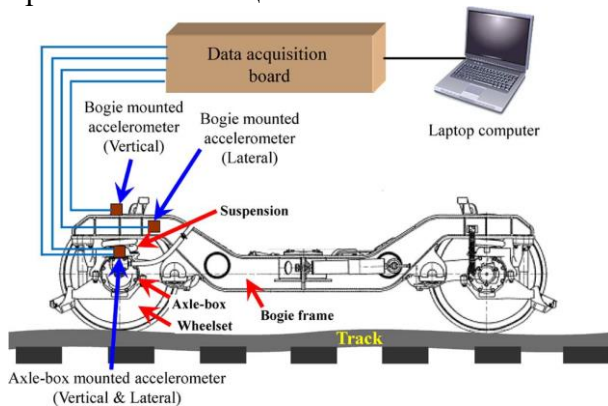
Мерне станице, инсталиране дуж пруге обично имају за циљ следеће: детекцију прегревања лежајева и точкова, откривање делова кола ван товарног профила, проверу подигнутости пантографа, акустично откривање дефектираних лежајева, праћење истрошености кочионих уметака, праћење стања профила и пречника точкова, праћење геометрије обртног постоља и др.



Слика 4. Конфигурација сензора поред колосека [22]

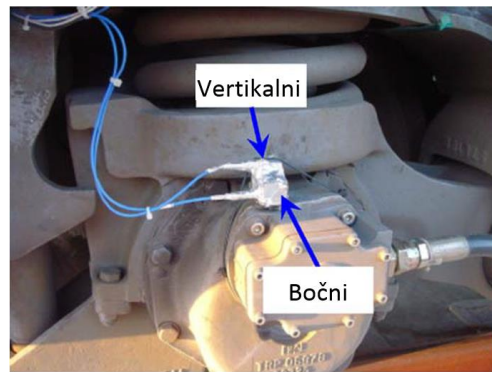
3.2 ДИЈАГНОСТИЧКИ ПРИСТУПИ ЗА ПРАЋЕЊЕ СТАЊА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА И ИНФРАСТРУКТУРЕ

Возови се на железничким шинама воде помоћу осовинских слогова који се састоје од точкова и осовина који су преко кућишта лежаја и суспензије повезани са рамом окретног постоља, као што је приказано на слици 5.

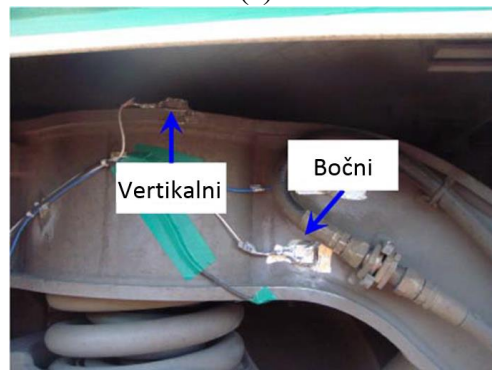


Слика 5. Концепт железничког колосека, окретног постоља и подешавања мерних уређаја [23]

Услед великих оптерећења саобраћаја и неочекиваног померања терена, колосек се деформише бочно или вертикално што доводи до неправилности смера колосека. Када воз прође кроз такве неправилности на колосеку, осовински склопови доживљавају ненормално кретање које доводи до вибрација воза. Вибрације могу довести до лошег квалитета вожње или исклизнућа из шина. С тога, неправилности на колосеку треба пажљиво пратити и поправљати одговарајућим методама како би се одржао добар квалитет вожње и стабилност возова [23]. Бочни и вертикални акцелерометри који су монтирани на кућиште лежаја и на окретном постољу воза приказани су на слици 6.



(а)



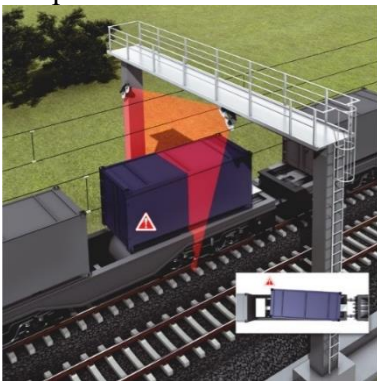
(б)

Слика 6. Подешавање за мерење убрзања. (а) Акцелерометри постављени на кућишту лежаја. (б) Акцелерометри постављени на окретном постољу [23]

Апсорбовање вибрација изазваних неправилностима колосека како би се обезбедила побољшана удобност вожње једна је од главних функција система окретних постоља брзих возова. Остале виталне функције окретног постоља су ослонац рама вагона и стабилна вожња на правој и закривљеној прузи. Праћење окретних постоља је суштински део програма одржавања воза. Здравствено стање окретних постоља на нивоу лежајева, вратила, кочница се стално проверава ради безбедности путника. Акцелерометри постављени на кућиште осовине окретног постоља брзог воза мере убрзања у бочном и вертикалном правцу. Вибрације на окретном постољу се мере за превентивно одржавање и рано откривање потенцијалног отказа као и за обавезно испитивање које прописује железничка регулатива [24].

Предмети који виरे из возова могу проузроковати значајну штету на

инфраструктури. Систем профилисања железнице аутоматски детектује нарушавање ваздушног простора које може бити узроковано нпр. лабавом церадом. Нарушавање ваздушног простора се открива у високој резолуцији, при нормалним брзинама, без обзира на временске услове [25]. Мерење профила воза се обавља преко система за мерење, заснованог на мерењу ласерским даљиномером, у комбинацији са високим фреквенцијама скенирања (слика 7). Овај дијагностички систем може одредити меру товарења теретног воза.



Слика 7. Мерење профила воза [25]

Бочни лежајеви су једна од компоненти железничких возила која су подложна великим оптерећењима. У таквим железничким компонентама се дешавају чести откази. Такви откази повећавају трење између делова. Како се трење повећава, уочава се пораст температуре у целом кућишту бочних лежајева [26]. озбиљни проблеми који настају због овог повећања температуре су топљење постелице од белог метала код клизних лежајева и отказ уља за подмазивање у ваљкастим лежајевима [27]. Извештај произвођача лежајева СКФ из 2014. године показао је да се узроци оштећења лежајева генерално могу поделити у четири главне категорије, као што је приказано на слици 8.



[8]

Сходно томе, процес оштећења осовинских лежајева има безбедносне и економске импликације на експлоатацију железничких система, због чега је био предмет интензивне пажње железничких власти што је доказано избором ове теме од стране Европске комисије и позивима за подношење предлога истраживања. Пројекат МАХВЕ, Пројекат који финансира Европска Унија појављује се у овом контексту и његов главни циљ је развој и демонстрација нових ефикасних технологија које се могу користити за праћење стања осовинских лежајева на возилу и поред пруге. Пројекат МАХВЕ се фокусира на откривање начина отказа осовинских лежајева у раној фази, комбиновањем нових са постојећим техникама праћења и карактеризацијом процеса деградације осовинских лежајева. Са концептом МАХВЕ Пројекта биће могуће: допринети откривању отказа осовинских лежајева у раној фази, створити услове за оперативну и техничку интеграцију праћења и одржавања осовинских лежајева у различитим европским железничким мрежама, допринети стандардизацији захтева за праћење, дијагностика и одржавање осовинских лежајева [28].

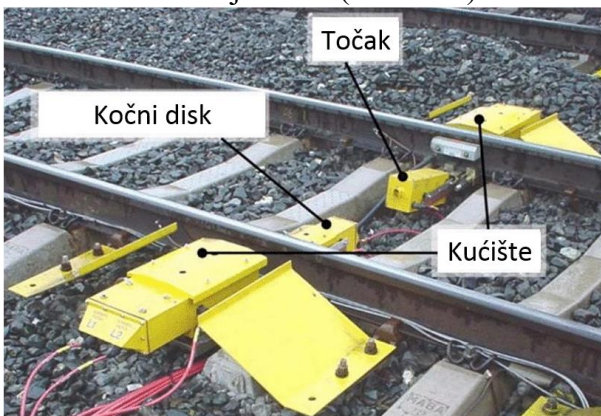
Железничка индустрија тренутно користи два типа система за детекцију на колосеку за праћење здравља лежајева теретних вагона у употреби: систем за акустичну детекцију у непосредној близини колосека (TADS) и детектор прегрејаног осовинског лежаја на колосеку (HBD) [29]. Иако ова два система користе различите методе за утврђивање неисправности лежаја, принцип је исти. Ови системи за праћење стања лежаја прикупљају и анализирају податке са лежајева док они пролазе поред сензора. Технологија апликације акустичних метода користи микрофоне за снимање звука возила која пролазе (слика 9).



Слика 9. Систем за акустичну детекцију неисправности лежајева TADS [29]

Систем је вешт у одређивању лежајева који су на крају радног века, али не успева да идентификује лежајеве са неисправностима у раним фазама њиховог развоја. Штавише, постоји мање од 20 система у употреби широм САД и Канаде, а TADS није вешт у откривању неисправности унутрашњег прстена. Последње чињенице сугеришу да многи лежајеви могу провести цео свој радни век без проласка кроз TADS станицу, а многи други лежајеви са релативно малим дефектима ће остати неоткривени док пролазе кроз TADS [29]. Систем чини низ микрофона постављених у кућиште са обе стране колосека који бележе податке звучног записа сваког лежишта.

Систем за праћење здравља који се најчешће користи је детектор прегрејаног осовинског лежаја HBD (слика 10).

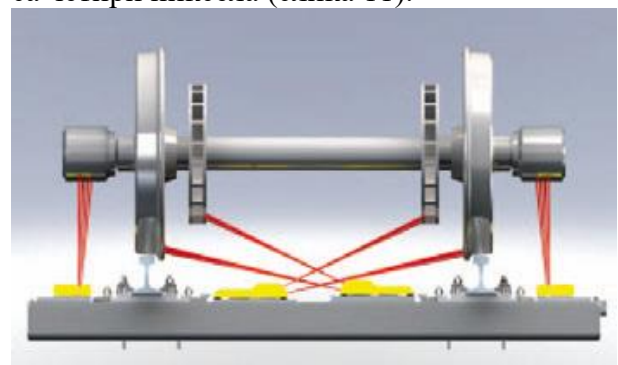


Слика 10. Пример уређаја за мерење температура точкава, осовинских лежајева и кочионих дискова [29]

Овај систем користи појединачне инфрацрвене температурне сензоре постављене на удаљености од 24 до 40[km] дуж железничке пруге. Како теретни вагон пролази, сваки детектор скенира доњу

страну котрљајних лежајева и бележи температуру лежаја заједно са амбијенталном температуром из свог окружења. Ако измерена температура лежаја у поређењу са амбијенталном пређе унапред одређени праг, детектор генерише аларм који се користи за успоравање или заустављање воза ради прегледа [30]. Систем за откривање прегрејаних осовинских лежајева коришћен у Аустрији од стране ÖBBInfrastruktur AG састоји се од опреме са стране колосека, једне јединице за оцену и управљање, опреме за пренос података и јединице са визуелним приказивањем.

Топлотна радијација из објеката може да се детектује инфрацрвеним камерама. Ова технологија омогућава да се означи која су то подручја са високим или ниским температурама. Систем користи "thermal imager" технологију и дигиталну обраду слике. FUES II детекција прегрејаних точкава, лежајева и блокираних кочица има један линеарни инфрацрвени детектор са четири пиксела (слика 11).

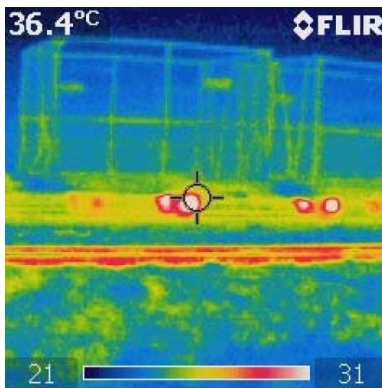


Слика 11. Могућа конфигурација FUES II система за детекцију [31]

Овај систем (управно на правац кретања) може да скенира при брзинама до 500[km/h]. У стандардној конфигурацији, целокупан систем се састоји од три до четири модулarna скенера који покривају лежајеве осовина и кочионе дискове. Систем приказује апсолутне и релативне температуре као и температурне разлике између елемената (пиксела) у реалном времену [31].

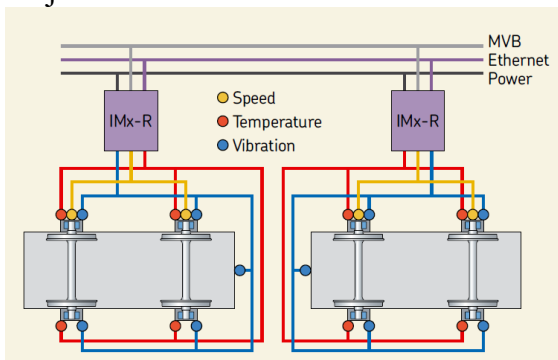
Коришћење инфрацрвених термографских камера уместо детектора пружа јефтиније решење. Систем се може

релативно лако померати због преносиве природе инфрацрвене камере. У поређењу са детекторима, инфрацрвене камере постижу релативно лошију резолуцију, док је максимална брзина на којој се могу применити такође нижа. Слика 12 приказује резултујућу инфрацрвену слику коју генерише детектор заснован на камери [32].



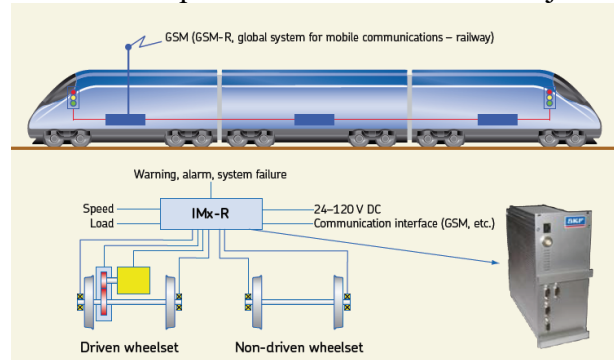
Слика 12. Термографска слика генерисана инфрацрвеном камером коришћена за праћење осовинских лежајева теретног воза [32]

Праћење стања осовинских лежајева детекторима на шинском возилу се првенствено заснива на мерењу вибрација, температуре и брзине. Температурни сензори се користе за праћење стварне температуре осовинског лежаја код којих се, ако се пређе одређена температура, оглашава аларм. Поједностављена шема на слици 13 показује СКФов IMxR систем на шинском возилу за праћење стања лежајева.



Слика 13. Шема показује СКФов IMxR систем за праћење стања на шинском возилу. Систем укључује сензоре за мерење вибрација, температуре и брзине на сваком осовинском лежају. Такође може да садржи сензоре акустичне емисије [32]

Сваки осовински лежај је опремљен акцелерометром, сензором за мерење температуре и брзине. Сензори су повезани каблом или Wifi на главну контролну јединицу на возу која прикупља податке. Када се открије отказ, систем користи аларм. Систем такође може да користи сензоре акустичне емисије одвојено од акцелерометара. Шема на слици 14 показује општи принцип рада СКФовог IMxR система за праћење стања точка и лежаја.



Слика 14. Шема показује општи принцип рада СКФовог IMxR система за праћење стања на шинском возилу [32]

Безбедност је најважнији атрибут квалитета услуге и рада железнице. Стање точкава и шина има велики утицај на безбедност железнице [33]. Точкови железничких возила су подвргнути екстремним напрезањима што неминовно доводи до хабања и чупања. Равна места као и оштећења на контактним површинама су типични показатељи хабања. Непосредан резултат таквог хабања и чупања је већа варијација у вертикалним силама између точка и шине. Точкови железничких возила почињу да показују ефекте хабања током времена због великих напрезања која морају да издрже. У неким случајевима, оштећење точкава се манифестује као равна места, односно точкови постају ексцентрични [34]. Због тога је поремећено глатко кретање возова, возови постају бучнији, али што је најозбиљније, ексцентрични точкови могу довести до прегревања лежајева, прелома осовина и кућишта осовина, пукотина које продиру у точкове, уништити железничку инфраструктуру и оштетити системе за

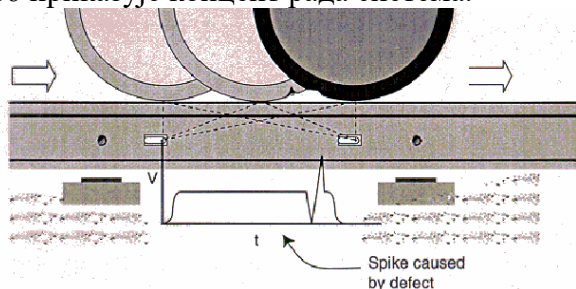
мерење и надзор инсталиране на шинама, довести до прелома шине са ризиком од исклизнућа. Када су точкови оштећени, они се не окрећу у правом кругу, тако да сила којом точак делује на шину постаје нестална, што доводи до прекомерног напрезања шина и инфраструктуре и до присилних вибрација више фреквенције.

WILD WheelChex системи (приказани на слици 15) користе мераче напрезања причвршћене на површину мреже колосека за процену стања точкова.



Слика 15. WILD WheelChex систем инсталиран на железничкој мрежи Велике Британије [35]

Ови мерачи напрезања мере промену отпора која настаје услед све већег угиба шина под већим ударним оптерећењима изазваним присуством неправилности у газећем слоју точка као што су равна места. WILD систем се састоји од серије мерача напрезања заварених на шину. Мерачи напрезања квантификују силу примењену на шину кроз математички однос између примењеног оптерећења и одступања (савијања) подножја шине. Ове ударне силе се користе за праћење стања точкова локомотива и вагона како би се осигурало безбедно кретање воза. Инсталација WILD не захтева радикалну модификацију постојеће структуре колосека [36]. Слика 16 приказује концепт рада система.



Слика 16. Принцип рада WILD система [32]

GOTCHA (слика 17) је комплетно решење за мерење дефеката точкова и осовинског оптерећења возова у раду, при великим брзинама.



Слика 17. GOTCHA систем праћења оптерећења воза, неуравнотежења, динамичког удара и дефеката точкова [37]

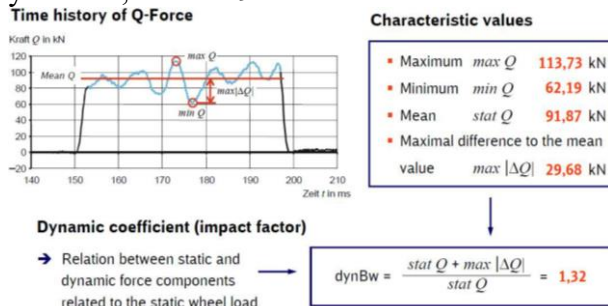
Систем користи оптичке сензоре (слика 18) који су смештени у робусна метална кућишта постављена испод шине. Сензор детектује вертикално одступање (савијање) шине услед проласка возова. Оптички сигнал са сензора се претвара у електрични сигнал који представља карактеристике одређеног дефекта точка или осовинског оптерећења. Да би се осигурали тачни подаци о маси, врши се аутоматска калибрација како се идентификују локомотиве са унапред дефинисаним масама. [38].



Слика 18. Постављени фибер оптички сензори на колосек [39]

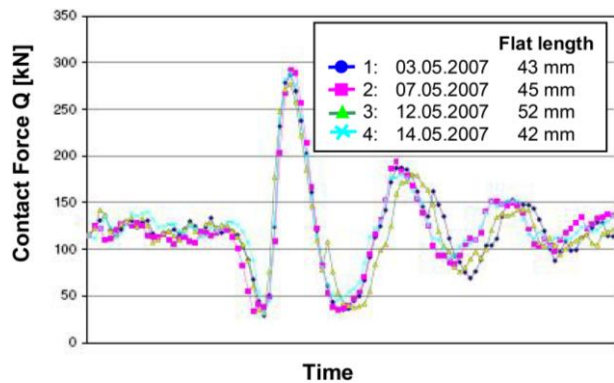
TagMasterов RFID систем је централни део GOTCHA система. RFID систем осигурава да се измерени подаци тачно приписују сваком вагону док пролази поред мерне станице. Сваки вагон је опремљен ИДознаком на свакој страни, коју TagMaster читачи дугог домета аутоматски идентификују.

DafuR (на немачком: Detektionsanlage für unrunde Räder) је WLC (wheel load checkpoint) који се користи за откривање тачкова који одступају од круга. Системи за детекцију овог типа су раштркани по Немачкој железничкој мрежи, и сваки дан се прикупљају подаци од 2000 до 3000 возова који се преносе власницима возила (оператерима). На основу RFID (Radio Frequency Identification) информација о конфигурацији возила, свако мерење може бити директно повезано са одређеним тачковима захваљујући ознакама на сваком возилу. Користећи систем мерача напрезања постављених на шину, мери се вертикална контактна сила тачакшина на растојању од 4,2[m]. Систем је развио DB Systemtechnik. Статистичка процена сигнала континуиране силе се врши да би се обезбедио, нпр. фактор динамичког увећања, слика 19.



Слика 19. Принцип мерења DafuR-а. Временска историја измерене вертикалне контактне силе тачак-шина и изведене величине [40]

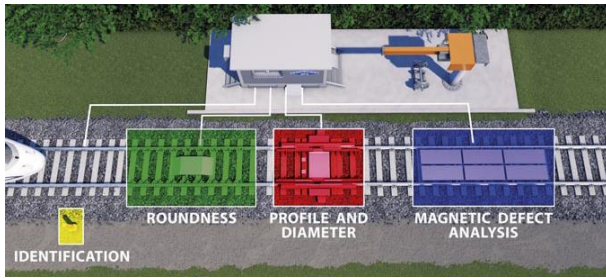
Да би се одредио тип и озбиљност одступања од кружности, измерени сигнал се упоређује (препознавање шаблона) са карактеристикама других сигнала снимљених за познате геометрије тачка. Слика 20 илуструје четири сигнала мерена од стране DafuRa за исти тачак са равним местом.



Слика 20. Карактеристике вертикалне контактне силе тачакшина мерене за равно место: растерећење тачка праћено импулсом [40]

На предњој ивици равног места, вертикална сила је смањена (понекад на нулу што указује на губитак контакта). Пад контактне силе је праћен јаким ударцем. Метода препознавања шаблона указује на дужину равног места тачка у интервалу од 4252[mm]. Поновљивост сигнала је добра. Према Немачким прописима (максимална дужина равног места 60[mm]), ово равно место на тачку не захтева тренутно одржавање.

ARGUS II систем омогућава, не само дијагностику осовинских склопова шинских возила, већ је могућа и дијагностика осовинских склопова трамваја у раду. Приликом уласка у деоницу испитивања, возила се аутоматски идентификују и мере. Сви релевантни подаци се архивирају у бази података. Ово омогућава оператеру осовинских склопова да континуирано надгледа без трошкова особља и губитка времена. На основу прикупљених мерења, може се одредити карактеристика хабања, која ће послужити као економично, еколошки прихватљиво и безбедно одржавање [40]. Слика 21 приказује различите модуле ARGUS II система.



Слика 21. Структура система ARGUS II [41]

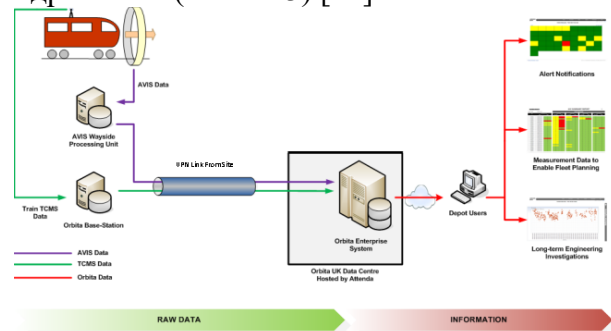
Основна верзија система укључује модуле идентификација (идентификација воза), пречник (оптичко одређивање пречника мерног круга и разлике пречника десно/лево) и профил (оптичко мерење профила точкова за стандардна возила или трамваје) који се могу користити за мерење и трамвајских и стандардних осовинских склопова. Систем за стандардно мерење може се опционо проширити модулима кружност (додирно мерење одступања висине венца точка и дубине равних места) и испитивање материјала магнетима (детекција дефеката у осовинском склопу и на површини котрљања и непосредна класификација осовинског склопа након проласка). Предности система су следеће:

- Потпуно аутоматизована дијагностика осовинских склопова без трошкова особља.
- Архивирање свих мерних података у једној бази података.
- Прецизне и лако доступне информације о стању свих осовинских склопова заједно са њиховом историјом и прогнозом хабања из базе података о осовинским склоповима.
- Основа за унапређење организације радионица и логистичке припреме.
- Повећање оперативне поузданости и тачности без оперативних резерви, јер су све потребне радње на осовинским склоповима познате пре доласка возила.



Слика 22. ARGUS II merna stanica [41]

AVIS систем који је предложио *Bombardier Transportation* је комплетан систем који мери, анализира, прати, успоставља трендове и аутоматски генерише радне налоге за особље за одржавање (слика 23) [42].

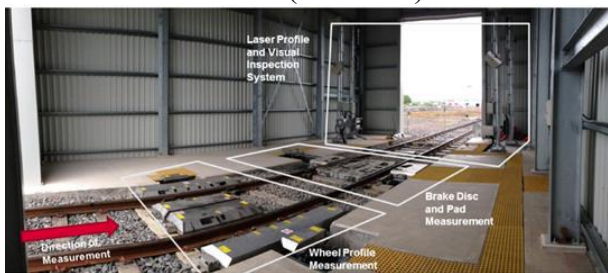


Слика 23. AVIS блок дијаграм [42]

Такође генерише аларме и дозвољава кретање података за дугорочна инжењерска истраживања. AVIS функционише када воз пролази кроз њега смањеном брзином (8[km/h]) и не захтева интервенцију техничара за одржавање. Аутоматски преглед се може извршити када локомотива улази/излази из депоа. Подаци се прикупљају, сортирају, чувају, анализирају и аутоматски се генеришу радни налози. Систем обавља мерења на возу коришћењем ласера, термалних и оптичких технологија снимања, обрађује необрађене податке за одређивање стања опреме, аутоматски бележи стање кључних компоненти воза, аутоматски подиже радни налог да би се омогућило исправљање стања.

AVIS се састоји од:

- система за мерење опреме возила (VEMS) који је мерни апарат где сензори, ласери и камере прикупљају податке о возу у реалном времену. Смештен је у наменску структуру и/или закопан око колосека (слика 24).



Слика 24. Систем за мерење опреме возила (VEMS) [42]

- Бомбардиеров *ORBIFLO Software* који примењује алгоритме за подршку одлучивању на VEMSове податке о догађајима за покретање упозорења о одржавању; он врши детекцију стања; процену здравственог стања; прогностичку процену.
- *Maximo© Asset Management Software* који аутоматски генерише радне налоге за особље за одржавање и прослеђује податке о окружењу (као што су километража и конфигурација) до VEMSa.
- Систем динамичког планирања који пружа општи визуелни преглед за све планиране радове на возилу и омогућава оптимизовану расподелу ресурса и материјала.

VEMS је модуларни систем и он је конфигуриран у зависности од конструкције воза и оперативних потреба. Он може садржати следеће модуле:

- Систем за праћење температуре на крају осовине. Овај систем мери крајњу температуру сваке осовине издајући упозорења када постоји одступање од просечне величине.
- Систем за праћење кочионих уметака. Овај систем издаје

упозорење ако недостаје кочиони уметак и мери дебљину уметка сваке кочице, израчунава брзину хабања кочионих уметака и предвиђа када је потребна замена.

- Систем за праћење кочионог диска. Овај систем мери дебљину кочионог диска, профил диска и максималну дубину хабања, обезбеђујући упозорења ако је нешто изван параметара.
- Систем за праћење профила точкава. Овај систем мери профил точка и процењује стање у поређењу са неколико кључних маркера (висина венца итд).
- Систем за праћење хабања пантографа. Ово процењује профил карбонске траке, максималну дубину хабања и локализовану ширину пукотине на ивици карбонске траке.
- Систем за праћење оштећења точкава. Ово мери равна места на точковима и пријављује стање оштећења точка помоћу система прагова, како би се утврдило када се точак мора послати на поновно репрофилсање.
- Систем за снимање визуелне слике. Овај моћни систем, путем ласерског скенирања и оптичког снимања, хвата многе тачке спољашњости воза омогућавајући верификацију било каквог одступања од профила возила или претходног стања возила.

4. ЗАКЉУЧАК

Железничка индустрија проширује своје тржишне капацитете у домену теретног и путничког саобраћаја и заузима све већи проценат у укупном учешћу протока робе и услуга широм света. Са повећањем потенцијала железничког саобраћаја, повећавају се захтеви за одрживом и безбедном експлоатацијом железничких средстава и за подизањем нивоа квалитета услуге, што би железницу учинило препознатљивим и пожељним начином транспорта који код корисника изграђује

осећај поверења у изврсност пружених услуга. У циљу постизања веће расположивости и поузданости железничких средстава и инфраструктуре, неопходно би било да железнички оператери промене политику оријентације стратегије одржавања засновану на превентивном одржавању према временском (календарском) интервалу и да је прилагоде методологији одржавања опреме према стању која пружа проверене методе и технике чијом се применом обезбеђује потпунија процена стања опреме, праћењем тренда њеног пропадања. Овакав приступ би требао да омогући већу искоришћеност, поузданију и сигурнију употребу опреме, дајући јој прилику да ради до краја радног века.

У раду се истиче значај откривања неисправности опреме у раним фазама њеног развоја што би требало да послужи као сигнал за предузимање правовремених активности којима би се спречили непланирани откази, као што се истиче и предиктивна особина стратегије која, у основи, представља кључни императив у развоју и унапређивању технолошке способности опреме за дијагностику. Истраживања у овом раду указују да одржавање према стању постаје заступљеније управо порастом учесталости употребе софистицираних техника и метода праћења и њиховом све израженијом диверзификацијом и доступношћу железничким оператерима који решење проблема отказа, кашњења, застоја и великих трошкова животног циклуса опреме све више проналазе у операцијама свакодневног праћења и анализе стања, што би им омогућило да на дневном нивоу идентификују брзину пропадања опреме.

Заједничка карактеристика која је својствена дијагностичким уређајима истакнутим у овом раду је предиктивна способност која омогућава уређајима да мере, бележе и прате перформансе железничких возила и одређених компоненти. Ово омогућава уређајима да прикупљају информације на основу којих може да се анализира стање опреме, учо

грешке система и да се прогнозирају могући откази што би олакшало планирање активности одржавања и унапредило ефикасност опреме.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] International Electrotechnical Commission
<https://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=192-06-01>
Pristupljeno 11.01.2022.
- [2] Chudzikiewicz, A., Bogacz, R., Kostrzewski, M., Konowrocki, R., Condition monitoring of railway track systems by using acceleration signals on wheelset axle-boxes, *Transport*, vol. 33, issue 2, pp. 30-42, ISSN 1648-4142, 2018.
- [3] Pinceti, P., Magro, C.M., Paola De E., Fir-po, P., A Technological Infrastructure for Implementing a Policy of Condition Based Maintenance for a Fleet of Railway Vehicles, 3rd Int. Conference on Circuits, Systems, Communications, Computers and Applications (CSCCA'14), 2014, Florence, Italy.
- [4] Sharma, S., Cui, Y., He, Q., Mohammadi, R., Li, Z., Data-driven optimization of railway maintenance for track geometry, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 90, pp. 34-58, ISSN 0968-090X, 2018.
- [5] Li, P., Goodall, R., Weston, P., Ling, S.C., Goodman, C., Roberts, C., Estimation of railway vehicle suspension parameters for condition monitoring, *Control Engineering Practice*, vol. 15, issue 1, pp. 43-55, ISSN 0967-0661, 2007.
- [6] *Global Railway Review*
<https://www.globalrailwayreview.com/article/61524/condition-based-maintenance-japan/>
Pristupljeno 12.01.2022.
- [7] Milić, S., Optical Device of Non-contact Temperature Measurement and Hot Box Detecting, *Proc. SPIE 6379, Photonic Applications for Aerospace, Transportation, and Harsh Environments*, 63790A, 10 October 2006.

- [8] Entezami, M., Roberts, C., Weston, P., Stewart, E., Amini, A., Papaelias, M., Perspectives on railway axle bearing condition monitoring, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: *Journal of Rail and Rapid Transit*, vol. 234, issue 1, pp. 17-31, ISSN: 0954-4097, 2020.
- [9] Progres Rail
<http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10670245> Pristupljeno 12.01.2022.
- [10] Wen, M., Li, R., Salling, K.B., Optimization of preventive condition-based tamping for railway tracks, *European Journal of Operational Research*, vol. 252, issue 2, pp. 455-465, ISSN: 0377-2217, 2016.
- [11] Lagnebäck, R., Evaluation of wayside condition monitoring technologies for condition-based maintenance of railway vehicles, Licentiate thesis, Luleå University of Technology, 2007.
- [12] Capasso, M., Savio, S., Firpo, P., Parisi, G., Railway transportation efficiency improvement: loco health assessment by time domain data analysis to support Condition Based Maintenance implementation, 4th International Symposium of Transport Simulation-ISTS'14, 1-4 June 2014, Corsica, France.
- [13] Xu, S., Chen, C., Lin, Z., Zhang, X., Dai, J., Liu, L., Review and prospect of maintenance technology for traction system of high-speed train, *Transportation Safety and Environment*, vol. 3, issue 3, online ISSN 2631-4428, 2021.
- [14] Su, Z., Núñez, A., Baldi, S., Schutter De, B., Model predictive control for rail condition-based maintenance: A multilevel approach, Proceedings of the 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems, Nov. 2016, Rio de Janeiro, Brazil.
- [15] Shen, R., Wang, T., Luo, Q., Towards Prognostic and Health Management of Train Wheels in the Chinese Railway Industry, *IEEE Access*, vol. 7, pp. 115292-115303, ISSN: 2169-3536.
- [16] Condition Based Maintenance for Japan's railways
<https://www.globalrailwayreview.com/article/61524/condition-based-maintenance-japan/> Pristupljeno 15.01.2022.
- [17] Whitepaper: Condition-based maintenance reduces maintenance costs and increases availability in transportation assets
<https://www.globalrailwayreview.com/whitepaper/75369/whitepaper-condition-based-maintenance-reduces-maintenance-costs-and-increases-availability-in-transportation-assets/> Pristupljeno 15.01.2022.
- [18] Condition-based maintenance - a cost effective approach
<https://www.railelectrica.com/maintenance-engineering/condition-based-maintenance-a-cost-effective-approach/> Pristupljeno 15.01.2022.
- [19] Alkali, M.B., Dinmohammadi, F., Ramani, A., Towards implementing condition based maintenance policy for rolling stock critical system, Paper presented at The Stephenson Conference: Research for Railways, 25-27 April 2017, London, United Kingdom.
- [20] Asplund, M., Wayside Condition Monitoring Technologies for Railway Systems, Licentiate Thesis, Luleå University of Technology, 2014.
- [21] Đorđević, Ž., Tepić, J., Model za unapred-enje održavanja železničkih voznih sredstava primenom dijagnostičkih sistema, *Žel-eznice*, vol. 62, issue 1, pp. 57-66, ISSN 0250-5138, 2017.
- [22] Ngigi, W.R., Pislaru, C., Ball, A., Gu, F., Modern techniques for condition monitoring of railway vehicle dynamics, *Journal of Physics: Conference Series: 25th International Congress on Condition Monitoring and Diagnostic Engineering*, vol. 364, issue 1, pp. 1-12, 2012.
- [23] Jun Seok, L., Sunghoon, C., Sang-Soo, K., Choonsoo, P., Young Guk, K., A Mixed Filtering Approach for Track Condition Monitoring Using Accelerometers on the Axle Box and Bogie, *IEEE Transactions on*

- Instrumentation and Measurement, vol. 61, issue 3, pp. 749-758, ISSN: 0018-9456, 2012.
- [24] Bogie Monitoring System
<https://www.colibrys.com/mems-application/bogie-monitoring-system/>
 Pristupljeno 16.01.2022.
- [25] Sensor Intelligence: measurement of train profile
<https://www.sick.com/ae/en/industries/traffic/rail/solutions-for-traffic-safety-at-railways/measurement-of-the-train-profile/c/p329737> Pristupljeno 15.01.2022.
- [26] Garip, G., Üstoğlu, İ., Mumcu, T., Kaymakçı, Ö., Hot Box Detection System Design for Railway Vehicle Safety, Recent Advances in Financial Planning and Product Development, 2014.
- [27] Rousseau, E., Infrared sensing in hot box detectors, *Proc. SPIE*, vol. 395, pp. 205-209, 1983.
- [28] Final Report Summary - MAXBE (Interoperable monitoring, diagnosis and maintenance strategies for axle bearings).
- [29] Tarawneh, C., Montalvo, J., Wilson, B., Defect detection in freight railcar tapered-roller bearings using vibration techniques, *Railway Engineering Science*, vol. 29, issue 3, pp. 42-58, ISSN 2662-4745, 2021.
- [30] Tarawneh, C., Aranda, J., Hernandez, V., Ramirez, C., An Analysis of the Efficacy of Wayside Hot-Box Detector Data, Proceedings of the 2018 Joint Rail Conference JRC2018, 18-20 April 2018, Pittsburgh, PA, USA.
- [31] Eisenbrand, E., Hot box detection in European railway networks, *Railway Technical Review Special*, ISSN 0079-9548, 2011.
- [32] Interoperable monitoring, diagnosis and maintenance strategies for axle bearings – MAXBE, Deliverable 2.2: Assessment of existing wayside equipment and on-board systems and operational requirements.
- [33] Palo, M., Condition-Based Maintenance for Effective and Efficient Rolling Stock Capacity Assurance A Study on Heavy Haul Transport in Sweden, Doctoral thesis, Luleå University of Technology, 2014.
- [34] Wheel Impact Load Detection
<https://www.itss.tech/aguila-wim-wild>
 Pristupljeno 18.01.2022.
- [35] Huang, Z., Integrated Railway Remote Condition Monitoring, Doctoral thesis, The University of Birmingham, 2016.
- [36] Stratman, B., Liu, Y., Mahadevan, S., Structural Health Monitoring of Railroad Wheels Using Wheel Impact Load Detectors, *Journal of failure analysis and prevention*, vol. 7, issue 3, pp. 218-225, ISSN 1547-7029, 2007.
- [37] Project FR8RAIL-Deliverable D 3.6 Way-side Condition Monitoring Impact Analysis
- [38] GOTCHA - Wheel flat detection and axle load measurement system
<https://tagmasterna.com/wp-content/uploads/2016/05/Gotcha.pdf>
 Pristupljeno 18.01.2022.
- [39] Radosavljević, A., Đorđević, Ž., Mirković, S., Sistemi za praćenje stanja voznih sredstava pored pruge, Istraživanja i projektovanja za privredu, vol. 6, issue 20, pp. 59-69, ISSN: 1451-4117, 2008.
- [40] Project Railway Induced Vibration Abatement, Solutions Collaborative - Definition of wheel maintenance measures for reducing ground vibration, 2013.
- [41] ARGUS II wheelset diagnostics system
<https://www.hegenseidtmfd.com/en/railway-technology/argus-ii-wheelset-diagnostics-system/> Pristupljeno 19.01.2022.
- [42] Cavaglia, A., Magro, C.M., Pinceti, P., Antonelli, M., Paola, De E., Marino, E., Methods, Techniques and Algorithms for Condition Based Maintenance of Railway Vehicles, 14th IMEKO TC10 Workshop Technical Diagnostics New Perspectives in Measurements, Tools and Techniques for system's reliability, maintainability and safety, June 27-28 2016, Milan, Italy.

Адреса аутора: Жељко Стојановић, "Hutchinson"
 д.о.о. Индустијска 71, Рума
 е-маил: zeljkoelemir@gmail.com
 Рад примљен: јануар 2022.
 Рад прихваћен: фебруар 2022.



ЈЕЛИСАВЕТА НАЧИЋ
(1878-1955)

Прва жена дипломирани архитекта
у Србији.

Пројектант Основне школе
„Краљ Петар Први“ у Београду,
Малих степеница на Калемегдану,
бројних цркава, тргова, болница,
индустријских постројења.

Велики борац за слободу и права
Српског народа.

ДИЈАГНОСТИКА СТАЊА И ТЕХНИЧКО ОДРЖАВАЊЕ КЛИМА УРЕЂАЈА

CONDITION DIAGNOSTICS AND TECHNICAL MAINTENANCE OF AIR CONDITIONERS

СПАСОЈЕ ЕРИЋ¹
АЛЕКСАНДАР РАЈИЋ²
ЖЕЉКО СТОЈАНОВИЋ³

¹Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

²Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

³"Hutchinson" д.о.о. Индустијска 71, Рума

РЕЗИМЕ

У раду је приказан приступ дијагностици стања и техничког одржавања клима уређаја. Рад приказује праћење рада и отклањање кварова уз превентивно и корективно одржавање, као и приступ могућег проактивног одржавања ради продужетка века трајања компресора клима уређаја.

Кључне речи: клима уређаји, дијагностика стања, техничко одржавање, проактивно одржавање.

ABSTRACT

The paper presents an approach to condition diagnostics and technical maintenance of air conditioners. The paper shows the monitoring of work and troubleshooting with preventive and corrective maintenance, as well as the approach of possible proactive maintenance to extend the life of air conditioning compressors.

Keywords: air conditioners, condition diagnostics, technical maintenance, proactive maintenance.

1. УВОД

Техничко одржавање система (машина и постројења) представља скуп поступака и активности чија је сврха спречавање појаве стања у отказу (или у застоју), као и враћање система по појави стања у отказу (или појави отказа) поново у стање у раду (у радноспособно стање), у што краћем времену и са што мањим трошковима, у датим условима околине и организације рада. [1]

Одржавање средстава рада (СР) је специфичан производни систем који је

тако организован и опремљен, да може реализовати део услуга за потребе непосредне производне радне организације (РО). [2]

2. ОПШТИ ДЕО

Структура Техничке дијагностике укључује два међусобно повезана правца:

- Теорију проналажења (препознавања), и
- Теорију контроле особина.
- Теорија препознавања се користи за постављање дијагностичких

модела дијагностиковања објекта, а такође и за разраду алгоритма препознавања и правилног схватања решења. Теорија контроле особина укључује разраду средстава и метода добијања дијагностичких информација, контролу техничког стања објеката и проналажење неисправности.

На поузданост хидрауличких система при експлоатацији утичу различити фактори:

- особеност конструктивног решења хидрауличног система (структура и количина резервних делова)
- могућност регулисања
- лакоћа приступа измена елемената и др.
- режим рада (број укључења, снага, радни притисак)
- параметри околине хидрауличног система (температуре, влажност, чистоћа)
- стационарност или покретљивост (мобилност хидро система)
- стање радне течности (запрљаност, садржај гасова, присуство воде)
- вискозност, температуре
- организационо – експлоатациони услови (стратегичка одржавања и ремонти, класификационе структуре одржаваоца опреме, поседовање уређаја за дијагностику итд.) [3]

Клима уређај представља уређај за регулацију температуре у просторији. Ови уређаји у зависности од изведбе имају намену хлађења или загревања ваздуха у просторији. Израђују се као једноделни (прозорска клима, портабилна – пингвин клима...), дводелна – сплит систем (унутрашња и спољашња јединица) или мулти (једна спољашња и више унутрашњих јединица). У току рада клима уређај такође врши и пречишћавање ваздуха, као и одвлаживање ваздуха у режиму хлађења.

Правилним кориштењем и одржавањем клима уређаја добија се вишеструка корист, док се у супротном добија већи утрошак електричне енергије, скраћује животни век клима уређаја, слабији учинак рада, појава бактерија и непријатних мириса у просторији.

На слици 1. приказани су једноделни клима уређаји, који једноставнијом уградњом врше хлађење или грејање просторије, али наменске уградње на прозор или део просторије уз обезбеђен извод ваздуха из просторије. Прозорски клима уређаји имају могућност измене ваздуха тј. мешања спољашњег и унутрашњег ваздуха, док портабилне (пингвин) климе врше избацивање ваздуха из просторије.



Слика 1. Једноделни клима уређаји (прозорска и портабилна клима)

На слици 2. приказана је сплит клима, састављена од два основна дела спољашње и унутрашње јединице које су раздвојене и удаљене једна од друге. Њихова уградња је ограничена према произвођачким спецификацијама, како места за уградњу тако и дужине инсталације која их повезује са или без додавања флуида (фреона).



Слика 2. Сплит клима уређај

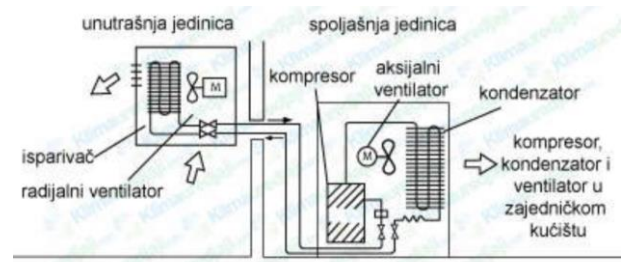
Висински положај тј. дозвољена разлика у висини унутрашње у односу на спољашњу јединицу такође се даје у препоруци. Унутрашња јединица у новијим изведбама мора бити удаљена од плафона за 15 до 20 цм због усисавања ваздуха и остварења потребног протока ваздуха кроз измењивач (кондензатор).

При уградњи спољашњих клима уређаја такође је битан правилан положај уградње и препоруке произвођача, које се често не испоштују ради техничких могућности. Овај део се односи на удаљеност уређаја од зида која не задовољава захтеве услед ограничености дужине носача.

3. ПРИНЦИП РАДА КЛИМА УРЕЂАЈА

Клима уређаји као и расхладни уређаји функционишу по принципу сабијања и експанзије гаса (фреона). Компресор који се налази у спољашњој јединици сабија гасну фазу фреона чиме јој се додаје температура. Температура гаса је у зависности од притиска и врсте фреона (R22, R410A или R32) износи од 50 до 70°C. Овако загрејан гас се преко четворокраког вентила усмерава према потреби хлађења или грејања. Код хлађења он се усмерава на саће спољашње јединице где се протоком ваздуха који остварује вентилатор хлади и кондензује, а затим упућује на капилару након које експандира и спушта температуру (око -20 °C), а затим улази у саће унутрашње јединице где се преко

саћа проводи ваздух из просторије који се расхлађује тј. спушта му се температура.



Слика 3. Блок шема рада клима уређај

Температура ваздуха при изласку из унутрашње јединице у делу одржавања температуре у просторији је од 5 до 10 °C. Фреон из унутрашње јединице враћа се у компресор са температуром око 0 °C и наставља кружни циклус. Код грејања овај процес се обавља обрнутим смером циркулисања фреона.

4. ТЕХНИЧКО ОДРЖАВАЊЕ

Техничко одржавање представља одржавање од стране корисника и одржавање од стране сервиса клима уређаја. Одржавање од стране корисника своди се на редовно прање филтера које се изводи периодично. Ово одржавање је у складу са кориштењем клима уређаја и разликује се примена уређаја у кућној варијанти, предузећу, локалима и сл. Само кућно одржавање зависи од услова који су у просторији као што су стари зидови, много ствари, теписи, кућни љубимци, број особа итд.

Правилно кориштење клима уређаја је рад клима уређаја у непрестаном режиму тј. без паљења и гашења. Потребно је подесити жељену температуру и не гасити уређај. Овим поступком се у режиму хлађења приликом одвода влаге (конденза) из ваздуха саће унутрашње јединице суши протоком ваздуха мале влажности, док се паљењем уређаја и гашењем уређаја након неког времена сав конденз на уређају суши како на саћу тако и на пластичним деловима (канални, турбина). Овим сушењем конденза уз

присуство прашине стварају се нечистоће које убрзо смањују техничке карактеристике уређаја, настају бактерије на нечистоћама и појављује се неугодан мирис. Температура потребна за боравак у просторији је 24 до 25 °C, и подешава се према субјективном осећају.

У режиму грејања такође се подеси температура према потреби и оставља клима у раду. Рад клима уређаја у непрекидном режиму одржава увек пријатну температуру, а уштеде енергије посебно се виде кориштењем инвертерских клима уређаја који при одржавању температуре смањују потрошњу енергије и до 60%.

Одржавање од стране сервиса огледа се у расклапању унутрашње јединице, прања филтера, канала, саћа, турбине и др. Наслаге масноће од кувања, нечистоће од честица које прођу кроз филтере, дувански дим и сл. Хватају се на деловима унутрашње јединице и потребно их је детаљно уклонити. Нечистоће на филтеру и турбини смањују проток ваздуха и стварају осећај неисправности уређаја или недовољне напуњености фреоном.



Слика 4. Приказ сервисираниог уређаја

Сервисирање клима уређаја се може поделити на мали и велики сервис, где се код малог сервиса обављају наведени послови, уз чишћење саћа спољашње јединице, док се код великог сервиса клима уређај демонтира и носи у сервис на детаљно прање. Ово се изводи у случају кад дође до превелике

запрљаности уређаја, упадања нечистоћа у канале недоступне за чишћењем малим сервисом и појавом инсеката и штеточина у неприступачним каналима.

5. ДИЈАГНОСТИКА СТАЊА

Стање клима уређаја може се посматрати кроз стање у раду и стање у отказу. Стање у раду се дијагностикује према посматрању параметара рада клима уређаја. Слаб рад тј. резултати рада клима уређаја може бити услед запрљаности и нередовних сервиса, што је и најчешћи проблем (не опрани филтери, не урађен сервис, запрљаност турбине, прљава спољашња јединица) или недостатка фреона у систему. Стање услед запрљаности дијагностикује се прегледом уређаја, стање услед недостатка фреона дијагностикује се визуелно или мерењем притиска манометрима. Визуелно дијагностификовање недостатка фреона је посматрањем тање цеви која леди услед недостатка фреона у режиму хлађења, или нижом температуром издувавања унутрашње јединице. Мерењем манометрима утврђује се стварни притисак у систему и услед недостатка фреона врши се допуна по могућности у режиму хлађења. Уколико није могуће укључити климу на хлађење потребно је гас извући рекуператором, потом га вратити у систем и додати недостајућу количину према табели на спољашњој јединици.

Стање у отказу приказује стање клима уређаја након отказа једног или више делова. Већина клима уређаја приказује грешку блинкањем лампица или исписивањем грешке на дисплеју. Дијагностика клима уређаја, коју изврши електроника, може бити непрецизна па је такође потребно извршити прецизнију дијагностику. Визуелним прегледом утврђује се рад покретних елемената (вентилатори, компресор, мотор крилца, шпулна). Системом елиминације грешке долази се до квара на уређају.

Табела 1. Списак грешака Волт клима уређаја

Приказ	Опис проблема
E1	Грешка сензора ваздуха унутрашње јединице
E2	Грешка сензора температуре усисне цеви унутрашње јединице
E3	Квар сензора температуре цеви спољне јединице
E4	Цурење или квар система расхладног средства
E6	Слаб рад мотора вентилатора унутрашње јединице
E7	Квар сензора температуре усисавања спољне јединице
E0	Грешка у комуникацији унутрашње и спољне јединице
E8	Квар сензора температуре пражења спољне јединице
E9	ИПМ квар компресора инвертора спољне јединице
EA	Струјно преоптерећење спољне јединице
EE	Грешка штампане плоче ПЦБ ЕЕПРОМ инвертора спољне јединице
EX	Квар мотора вентилатора спољне јединице
EF	Квар сензора температуре усисавања спољне јединице

У табели 1. Приказан је пример приказаних кодова грешака које се показују на дисплеју унутрашње јединице са описом могућих стања. Табела се односи на бренд Волт клима уређаје, а према произвођачима ових брендова списак грешака је могуће применити и на остале брендове које исти произвођач пласира на тржиште под другим именом.

Приликом стартовања уређаја постоји редослед радњи које електроника климе спроводи ради провере исправности и спремности за рад. Тако на пример климе по укључивању у струју дају тонско обавештење, а затим померају крилце у крајње положаје и позиционирају га у почетно стање. Након укључивања тј. стартовања уређаја у режиму хлађења електроника отвара крилце за издување ваздуха и проверава стање температурних сонди читавањем отпорности и уколико

нека вредност одступа од задатих клима неће почети са радом. Следеће је стартовање мотора унутрашњег вентилатора (турбине). Након ових провера унутрашње јединице електроника прелази у режим рада и стартовања спољашње јединице. Ово стартовање код неких клима врши се са задршком од неколико минута како код првог стартовања тако и код промене режима рада и нестанка струје.

Стартовање спољашње јединице покрећу се вентилатор и компресор, док се у режиму грејања прво стартује шпулна четворокраког вентила, која се јавља карактеристичним звуком померање клипа за промену смера тока фреона. Праћењем тока стартовања уређаја приступа се утврђивању квара, врши се мерење отпорности, капацитативности, као и визуелни преглед цеви и каблова како у кућишту уређаја тако и у инсталацији која спаја унутрашњу и спољашњу јединицу.

6. ПРОАКТИВНО ОДРЖАВАЊЕ

Проактивни приступ проблему одржавања базиран је на контроли и елиминисању основних узрочника отказа. Примена овог концепта посебно добре резултате даје у области одржавања хидрауличких система.

Концепт проактивног одржавања се недавно појавио у индустријској пракси и привукао значајну пажњу, нарочито после објављивања првих резултата који су сведочили о великим уштедама постигнутих применом овог новог метода.

Проактивни приступ проблему одржавања техничких система, базиран је на сталном праћењу и контроли основних узрочника отказа и активностима на њиховом елиминисању или значајном смањењу негативног дејства. Са друге стране превентивно одржавање према стању усмерено је на откривање и праћење раних симптома отказа (вибрације, температура, продукти

хабања...)). Проактивни концепт не прихвата отказ као нормално и могуће стање, већ се спроводи низ адекватних мера да до отказа уопште не дође. Једноставно речено тежи се да машине „воде здрав живот” и да им се на тај начин максимално продужи век експлоатације. [6]

Проактивни приступ праћења рада код клима уређаја могао би бити примењив у случају рада компресора као основног и најбитнијег дела у систему. Замена и поправка осталих делова је могућа и јефтина, док замена компресора спада у скоро не исплативу инвестицију и већином се власници одлучују за замену комплетног уређаја.

Праћење рада компресора према карактеристичним вибрацијама и загревању, може дати резултат да нешто није у реду, али проблем који се појави не може се отклонити јер су делови у компресору не заменљиви. Праћењем фреона који је у систему може се утврдити чистоћа, где се на основу контроле може приметити крем браон боја и сагорелост уља у систему. Ово се манифестује при контроли притиска у систему где се на прикључку појављује пена и густа маса са бојом. Уколико постоји могућност потребно је извршити замену фреона и уља у компресору свежим и тиме продужити животни век уређаја.

7. ЗАКЉУЧАК

У раду је дат приказ клима уређаја са описом принципа рада, одржавања као и дијагностике кварова. Рад представља теоријски приступ проблему уз практичну реализацију за спречавање и отклањање кварова.

Рад је подељен на неколико сегмената који су делови једног комплекснијег процеса и сваком сегменту би се могло приступити појединачно и детаљније у разради, реализацији и отклањању насталих кварова и проблема у раду клима уређаја.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Живослав Адамовић, Љубо Лазић, Стеван Петровић, Одржавање техничких система, Академија инжењерства одржавања, Београд, 2007.
- [2] Драгољуб Јевтић, Технологија одржавања алатних машина, НИРО “Техничка књига”, Београд, 1980.
- [3] Адамовић, Ж., Поузданост хидрауличких система, Српска Академија инжењерства одржавања, Београд, 2007.
- [4] Зоран Раичевић, Сервисирање и монтажа Сплит клима уређаја, Регионални центар за образовање одраслих Техничка школа “Нови Београд”, Београд, 2009.
- [5] Зоран Раичевић, Сервисирање кућних расхладних уређаја, Регионални центар за образовање одраслих Техничка школа “Нови Београд”, Београд, 2009.
- [6] Спасоје Ерић, Живослав Адамовић, Жељко бурсаћ: Савремени приступ дијагностици стања хидрауличких система, XI Конференција „Техничка дијагностика термоелектрана, соларних електрана, топлана и хидроелектрана”, Врњачка Бања, 2014.
- [7] <https://www.lg.com/us/images/air-conditioners/lw1514er/gallery/large01.jpg>, 17.11.2021.
- [8] https://media.istockphoto.com/photos/portable-air-conditioner-in-interior-3d-rendering-picture-id1026799590?k=20&m=1026799590&s=612x612&w=0&h=M9i-filbeo1cel_pVGmM2Jz8t3nFtIA8NZ3VmbNV2ss=, 17.11.2021.
- [9] <https://cdn.vanguardngr.com/wp-content/uploads/2019/01/air-conditioners.png>, 17.11.2021.
- [10] <http://www.klimauredjaji.co.rs/home/>, 17.11.2021.

Адреса аутора: Ерић Спасоје, предавач, Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину, Ђорђа Стратимировића 24, Зрењанин
е-маил: erics@ptt.rs
Рад примљен: јануар 2022.
Рад прихваћен: фебруар 2022.



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-professional journal

Година XXVIII, Број 37, март 2022. год.
Year XXVIII, Issue 37, March 2022. year

ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Одговорни уредник:

Проф. др Лазо Манојловић
Висока техничка школа струковних студија
Зрењанин

Редакцијски одбор:

Проф. др Ранко Зотовић,
Универзитет Политехника Валенција,
Шпанија

Проф. др Дејан Раковић,
Електротехнички факултет
Универзитет у Београду

Проф. др Жељко Еремић.
Висока техничка школа струковних студија
Зрењанин

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

METAVERZUM

METAVERSE

ŽELJKO EREMIĆ¹

¹Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu

REZIME

Metaverzum je postao izuzetno važan termin danas. Najveće tehnološke kompanije današnjice su ga uvrstile u svoje planove poslovanja. Postoji izražena potreba u stručnoj i širokoj javnosti razjasni šta zapravo znači ovaj termin. U ovom radu će se predstaviti značaj metaverzuma, objašnjenje samog termina, njegove definicije, važni povezani pojmovi, karakteristike, kao i najvažnije prednosti i mane metaverzuma. Na kraju će se dati neki primeri upotrebe koji imaju elemente metaverzuma, s obzirom da metaverzum u pravom smislu reči još uvek ne postoji.

Ključne reči: metaverzum, avatar, digitalni bliznac, NFT, elektronsko poslovanje, virtualna ekonomija

ABSTRACT

Metaverse has become an extremely important term today. Today's largest technology companies have included it in their business plans. There is a strong need in the professional and general public to clarify what this term actually means. This paper will present the meaning of the metaverse, an explanation of the term itself, its definitions, important related concepts, characteristics, as well as the most important advantages and disadvantages of the metaverse. Finally, some examples of use that have elements of a metaverse will be given, since the metaverse in the true sense of the word does not yet exist.

Key words: metaverse, avatar, digital twin, NFT, e-business, virtual economy

1. UVOD

U poslednje vreme svedoci smo situacije da se termin metaverzum (engl. metaverse) sve češće pominje. Izvršni direktor Facebooka Mark Zuckerberg je 28.10.2021. objavio da menja ime svoje kompanije u Meta, jer je sada kompanija usmerena na stvaranje metaverzuma [1]. Samo nekoliko dana kasnije 02.11.2021. kompanija Microsoft je objavila da pravi svoj metaverzum, koji će, čini se biti našto više usmeren na poslovnu upotrebu [2]. Nedugo zatim objavljeno je u [3] da će Barbados postati prva suverena nacija sa ambasadam u Metaverzumu, a digitalna ambasada bi

trebalo da se otvori najpre u svetu na bazi kriptovaluta po imenu Decentralend.

U ovom radu će biti predstavljeni termin, definicije ključnih pojmova, karakteristike, prednosti i mane, i potrebna objašnjenja vezana za metaverzum. Takođe će biti predstavljeni neki primeri upotrebe sistema koji su vezani za metaverzum.

2. TERMIN, DEFINICIJE I VAŽNI POJMOVI

Poreklo termina **metaverzum** ili meta-univerzum se vezuje za roman Snežni sudar (engl. Snow Crash) iz 1992, autora Nila Stivensona. U ovom romanu je prikazan

život dostavljača pice koji se u slobodnom vremenu povezuje u virtualni svet, i gde kroz svog avatara obavlja svakodnevne aktivnosti. Vredi se osvrnuti i na sastav same reči metaverzum. "Reč Metaverzum je sastavni deo prefiksa „meta“ (što znači „izvan“) i sufiksa „verse“ (skraćeno za „univerzum“). Tako bukvalno znači univerzum izvan fizičkog sveta." [4] Treba podvući da ovaj spoljni svet nije duhovni niti metafizički već je kompjuterski generisan. Za sada na postoji potpuno ostvaren metaverzum, već samo određen broj virtuelnih svetova.

Dok je poreklo termina jasno, ne postoji samo jedna **definicija**, već mnoštvo njih. Zapravo teško je dati sveobuhvatnu definiciju za nešto što još uvek ne postoji u svom punom kapacitetu. U radu [4] metaverzumom se smatra "integrisana mreža 3D virtuelnih svetova" koja predstavlja "ubedljivu alternativnu oblast za ljudsku sociokulturnu interakciju."

Takođe neke od definicija u sebe uključuju termin avatar (koji će biti objašnjen u ovom radu) i što se pominje i u [5]: "Metaverse su impresivni trodimenzionalni virtuelni svetovi (VWs) u kojima ljudi komuniciraju kao avatari jedni sa drugima i sa softverskim agentima, koristeći metaforu stvarnog sveta, ali bez njegovih fizičkih ograničenja."

U narednom radu [6] se pominje i činjenica da se iza ovog pojma nalaze decenije razvoja. "Metaverse je kombinacija „meta“ (što znači izvan) i matičnog „verse“ od „universe“, koji označava internet sledeće generacije u kome korisnici, kao avatari, mogu da komuniciraju jedni sa drugima i softverskim aplikacijama u trodimenzionalnom (3D) virtuelnom prostoru. Iza evolucije ovog pojma postoji otprilike 30 godina razvoja" [6]

Kada sagledamo navedene definicije, moglo bi se zaključiti da se radi o sistemu koji omogućava pristup virtuelnim svetovima većem broju korisnika, pri čemu se kao infrastruktura koristi Internet. Dolazi do svojevrstnog spajanja fizičkog i virtuelnog sveta. Korisnici nisu, kao što je slučaj sada,

ograničeni da posmatraju preko ekrana već u te svetove i ulaze ne primer i preko kacige Oculus. Takođe iz sada dominantnog dvodimenzionalnog okruženja se prelazi u trodimenzionalno. U tim virtualnim svetovima korisnici se predstavljaju putem avatara.

Avatar je pojam koji se često koristi vezano za metaverzum: "...izraz „avatar“ (sa sanskrita što znači „namerno pojavljivanje ili manifestacija božanstva na zemlji“) da opiše njegove digitalne stanovnike ili stanovnike. Kao i kod originalnog sanskrita, savremena upotreba termina avatar uključuje transpoziciju svesti u novi oblik. Međutim, za razliku od drevne upotrebe, moderna tranzicija u formi uključuje kretanje od ljudskog tela do digitalnog prikaza, a ne od boga ka muškarcu ili ženi." [4]. Avatar bismo mogli shvatiti kao digitalnu predstavu ljudskog korisnika u digitanom svetu metaverzuma.

Digitalni bliznac (engl Digital twin) je koncept koji se vezuje za ideju pravljenja kopija entiteta iz realnog sveta. Ovi entiteti mogu biti kako osobe, tako i predmeti realnog sveta. Entiteti mogu biti skenirani u stvarnom svetu na primer putem odgovarajućih senzora ili IoT uređaja. Na osnovu rezultata ovakvog skeniranja moguće je dobiti njegovog digitalnog blizanca u nekom od svetova metaverzuma.

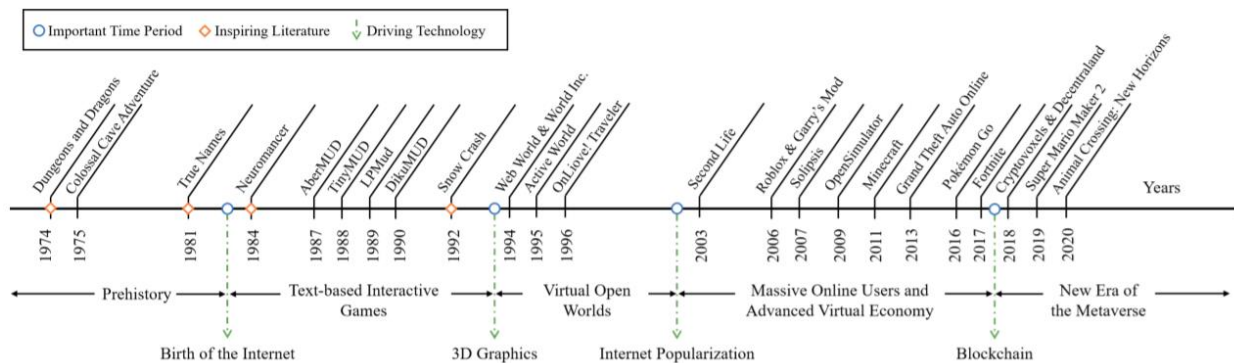
Blokčejn (engl. blockchain) se koristi za evidentiranje transakcija. Iako je on najpoznatiji po upotrebi kod kriptovaluta, veoma važnu primenu ima i u svetu metaverzuma. "Blokčejn (engl. blockchain) je termin usko vezan za kriptovalute prvenstveno bitcoin, i predstavlja javni registar svih transakcija koje su se ikada do sada desile, s tim da je svima dostupan. Ovo nije jedinstvena baza podataka koja se nalazi na jednom mestu, već u više manjih baza (blokova) koji su digitalno povezani." [7]

NFT je skraćenica za nezamenjive tokene (engl. non-fungible tokens), jedinstvene i nezamenljive jedinice podataka koji su smešteni u svojevrstnu digitalnu knjigu (blokčejn). NFT se može povezati sa raznim tipovima fajlova koje je lako kopirati

poput audio ili video fajlova, pri čemu NTF predstavlja svojevrsnu potvrdu o autentičnosti. Dokaz o vlasništvu se ostvaruje korišćenjem blokčejn tehnologije. Pri tome je moguće po potrebi praviti kopije originalnog fajla. "Zamenljivi tokeni su

identični i zamenljivi tokeni (kao što je fiat valuta), koji omogućavaju računovodstvene i naplatne transakcije." [8]. Tipično se NFT tokeni kupuju i prodaju putem kriptovaluta.

Kratak vremenski okvir razvoja metaverzuma dat na slici 1.



Slika 1. Kratak vremenski okvir razvoja metaverzuma [6]

3. KARAKTERISTIKE

Jedinstveni nalog za sve je još jedna ideja koja se vezuje za metaverzum. Ideja je da se izbegne stvaranje i korišćenje posebnih naloga za svaku celinu kao što je slučaj danas gde imamo poseban nalog za Fajsbuk, Gugl, Instagram ili TikTok. Umesto toga korisnik bi koristeći svoje ime i prezime koristio najrazličitije usluge. Sa idejom korišćenja jedinstvenog naloga povezano je i pitanje korisničkih podataka. U metaverzumu bi korisnik trebao da lično poseduje svoje podatke, i da ima mogućnost izbora koje podatke će ostaviti na kojoj platformi ili veb sajtu.

Hardver koji se koristi za pristupu je raznolik. Neki primeri su ono što nudi kompanija Gugl preko svojih naočara i kacige Oculus.

Što se tiče **arhitekture** metaverzuma takođe ne postoji jedinstveno rešenje. Jedna od arhitektura koja se predlaže je ona [9] koja koristi sedam nivoa "1. infrastruktura, 2. ljudski interfejs, 3. decentralizacija, 4. distribuirano računarstvo, 5. ekonomija kreatora, 6. otkriće i 7. iskustvo".

Virtuelna ekonomija je još jedan od faktora vezanih za metaverzum. Jedna od posledica prisustva ljudi u metaverzumu je da oni mogu učestvovati u aktivnostima

poput stvaranja sadržaja, kupovine ili prodaje. "Ljudski korisnici koji se nalaze u fizičkom svetu mogu da kontrolišu svoje avatare preko XR-a i tehnike interakcije korisnika za različite kolektivne aktivnosti kao što je kreiranje sadržaja. Dakle, virtuelna ekonomija je spontani derivat takvih aktivnosti u metaverzumu." [10]. Skraćenica XR koja se pominje se odnosi na pojam proširene stvarnosti (engl. extended reality). Jedna ilustracija kako može izgledati trgovina virtuelnim objektima je data na slici koja sledi.



Slika 2. "Naša pretpostavka o tome kako trgovina virtuelnim objektima može izgledati. Ova slika prikazuje dva korisnika iz različitih virtuelnih svetova koji ulaze u trgovinski prostor preko portala (dva objekta u obliku elipse), gde trguju virtuelnim mopedom." [10]

4. PREDNOSTI I MANE

Metaverzum ima nesumljivo određene pozitivne efekte na naš postojeći stvarni svet. U smislu pristupačnosti naročito u pandemijskim uslovima znatno je lakše, brže i jeftinije napraviti sastanak u metaverzumu nego u stvarnom. Raznolikost je omogućena lakom transformacijom scenografije u raznim oblastima poput političkih kampanja, obrazovanja, prikaza umetničkih dela i slično. Rasne, polne, imovinske ili fizičke karakteristike koje postoje u stvarnom svetu se ne moraju videti u metaverzumu, jer svako može da napravi avatara po svojoj želji, a na taj način se može povećati i socijalna prihvatljivost pojedinca. Humanost se ogleda i u zaštiti kulturnih relikvija, gde je na primer kompanija Ubisoft napravila 3D model Notre Dame katedrale u cilju podrške njene rekonstrukcije.

"Iako je metaverzum virtuelni svet, koji se smatra računarstvom usredsređenim na čoveka, on zaista pokazuje značajan pozitivan uticaj na stvarni svet, posebno u smislu pristupačnosti, raznolikosti, jednakosti i humanosti"[6]

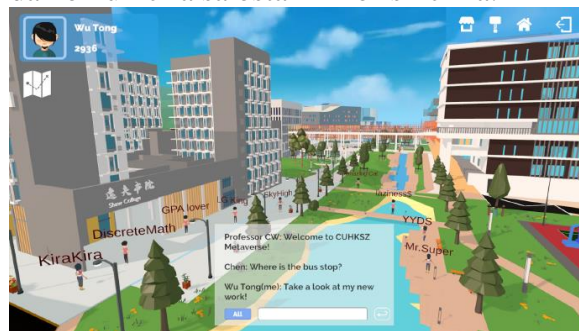
Kada govorimo o prednostima koje metaverzum donosi pored unapređenih poslovnih mogućnosti postoji i one vezane za privatne aktivnosti. Metaverzum donosi mogućnost da se ljudi druže, na način koji je zabavan i u okruženju koje do sada nije bilo moguće.

Ipak postoje mišljenja da nisu svi efekti pozitivni. Postoji strah da bi preveliko prisustvo u metaverzumu moglo stvoriti zavisnost poput one koja se javlja kod prevelike upotrebe video igara, jer se lako može izgubiti osećaj provedenog vremena. S obzirom da se pristup metaverzumu ostvaruje u zatvorenom prostoru to znači manje vremena za boravak u prirodi. Takođe bi moglo doći do preterane veštačke stimulacije nekih naših čula od strane opreme koja se koristi za pristup metaverzumu. Takođe pitanja bezbednosti, sigurnosti i pravni aspekti ostaju važni

izazovi kao i kod svake druge aktivnosti na Internetu.

5. PRIMERI UPOTREBE

Jedan rani prototip metaverzuma se odnosi na Univerzitet u Hong Kongu. "Kineski univerzitet u Hong Kongu, Šenžen (CUHKSZ) Metaverse, naš prototip u ranoj fazi, kao uzorni sistem vođen blok-čeinom za demonstracije i buduće društvene eksperimente. Predloženi sistem ima za cilj da našim studentima na kampusu pruži interaktivni metaverzum, mešovito okruženje gde bi akcije učenika u stvarnom svetu mogle da utiču na virtuelni svet, i obrnuto" [6]. Razvijen je korišćenjem Unity [11], dostupan je različitim uređajima koji su povezani žično i bežično. 3D modeli su izrađeni putem softvera Blender[12]. Takođe je zasnovan na korišćenju blokčejna, tokena i sistema za trgovinu. Na slici 3 koja sledi može se videti kako izgleda ovaj rani prototip. Jedan primer korišćenja ovog metaverzuma je taj da se student koji se upiše na ovaj Univerzitet odmah priključuje i na čet sobu biblioteke, gde mu je omogućeno da komunicira sa ostalim korisnicima.



Slika 3. Ugao na CUHKSZ preko Metaverse Observer-a

MMO je skraćunica za masivne multiplejer online igre (engl. Massive multiplayer online) spadaju u najpopularnije vrste multiverzuma danas. Karakteriše ih masovnost, laka komunikacija, ekonomija, mogućnost da korisnici sami kreiraju sadržaje, kao i česta upotreba uređaja za proširenu realnost.

Jedan primer ovakve aplikacije, koja nije MMO u pravom smislu, je **Second Life** gde

korisnici mogu da stvaraju svoje avatare u okviru metaverzuma. Avatari imaju interakciju sa lokacijama, objektima i drugim avatarima. Pored mogućnosti da istražuju svet, i da učestvuju u raznim aktivnostima, korisnici imaju mogućnost da koriste kao valutu Linden dolar, koga je moguće menjati za stvaran novac.

Već ranije pomenuti **Decentraland** koristi Ethereum za trgovinu parcelama, imanjima, avatarima, imenima... Postoji mogućnost da korisnici stvaraju sadržaje poput scena, umetničkih dela ili zgrada. Aukcijska kuća Sotheby's je napravila repliku svog sedišta za prikaz i prodaju NFT umetnina.

Navedeni primeri su i većoj ili manjoj meri bliski ideji multiverzuma. Treba podvući da metaverzum u pravom i punom smislu reči još uvek ne postoji, a njegov nastanak se očekuje u godinama i decenijama koje dolaze.

6. ZAKLJUČAK

Uvodno poglavlje nas uvodi u problematiku metaverzuma. U drugom poglavlju ovog rada predstavljaju se termin, definicije i važni pojmovi vezani za metaverzum. Treće poglavlje se bavi glavnim karakteristikama metaverzuma, a četvrto poglavlje navodi prednosti i mane koje on sa sobom nosi. Peto poglavlje daje neke primere upotrebe koje konvergiraju budućem metaverzumu, koji tek treba da zaživi u punom kapacitetu.

Velike tehnološke kompanije su pokazale interes za metaverzum. Očekivanja su da će ti novi virtuelni svetovi biti sa više interaktivnosti, multimedije, mogućnosti za ekonomske aktivnosti, i drugačije od sadašnjih, moćnog hardvera i pre svega sa nekim novim mogućnostima koje sada nisu dostupne. Još uvek postoje značajni izazovi da metaverzum postane deo naše svakodnevnice, što ne treba da nas obeshrabri u korišćenju onih njegovih pogodnosti koje su nam dostupne.

7. LITERATURA

- [1] Everything Facebook revealed about the Metaverse in 11 minutes, <https://www.youtube.com/watch?v=gElfIo6uw4g> [pristupljeno 19.11.2021.]
- [2] MICROSOFT NAJAVIO SVOJE METAVERSE: Isto kao Facebook, samo ozbiljno, <https://smartlife.mondo.rs/tech/platforme/a29107/Microsoft-najavio-svoj-metaverse.html> [pristupljeno 19.11.2021.]
- [3] Barbados to Become First Sovereign Nation With an Embassy in the Metaverse, <https://www.coindesk.com/business/2021/11/15/barbados-to-become-first-sovereign-nation-with-an-embassy-in-the-metaverse/> [pristupljeno 19.11.2021.]
- [4] Dionisio J. D. N., Burns III W. G., Gilbert R., 3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities. *ACM Computing Surveys* Vol. 45, No. 3, Article, 2013.
- [5] Davis A., Murphy J. D., Owens D., Khazanchi D., Zigurs I., Avatars, people, and virtual worlds: Foundations for research in metaverses, *Journal of the Association for Information Systems*, Volume 10, Issue 2, 2009. pp. 90-117.
- [6] Duan H., Li, J., Fan S., Lin Z., Wu X., Cai, W, Metaverse for social good: A university campus prototype. In *Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia*, 2021. pp. 153-161.
- [7] Eremić Željko, Računari, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, 2021.
- [8] Arcenegui J., Arjona R., Román R., Baturone I. Secure Combination of IoT and Blockchain by Physically Binding IoT Devices to Smart Non-Fungible Tokens Using PUFs. *Sensors*, 21(9), 3119. 2021.
- [9] Jon Radoff. The Metaverse Value-Chain. <https://medium.com/building-the->

metaverse/the-metaverse-value-chain-afcf9e09e3a7 [pristupljeno 20.11.2021.]

[10] Lee L.H., et al. All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda. 2021.

[11] Unity, <https://unity.com/> [pristupljeno 21.11.2021.]

[12] Blender, <https://www.blender.org/> [pristupljeno 21.11.2021.]

Adresa autora: Željko Eremić, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Đorđa Stratimirovića 23, Zrenjanin, Republika Srbija

e-mail: zeljko.eric@vts-zr.edu.rs

Rad primljen: januar 2022.

Rad prihvaćen: januar 2022.

ОБУЧАВАЊЕ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА ГЕНЕТСКИМ АЛГОРИТМОМ НА ПРИМЕРУ АУТОМОБИЛА

TRAINING NEURAL NETWORKS BY GENETIC ALGORITHM ON THE EXAMPLE OF CARS

МАША КНЕЖЕВИЋ¹

¹Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин

РЕЗИМЕ

Овај рад приказује основне елементе неуронских мрежа и генетских алгоритама. У овом раду је на примеру аутомобила приказано како се неуронске мреже могу обучавати генетским алгоритмом. Циљ је да аутомобил уз помоћ три вектора учи на сопственим грешкама и сам да научи да савлада препреке. Није за циљ добити идеално кретање аутомобили по стази, него добити аутомобил који константно учи.

Кључне речи: Неуронска мрежа, генетски алгоритам, Unity

ABSTRACT

This paper presents the basic elements of neural networks and genetic algorithms. In this paper, the example of car shows how neural networks can be trained by a genetic algorithm. The goal is for the car to learn from its own mistakes with help of three vectors and to overcome obstacle on its own. The goal is not to get the car moving perfectly on the track, but to keep the car constantly learning.

Key words: Neural network, genetic algorithm, Unity

1. УВОД

Почетак интересовања за развој вештачких неуронских мрежа започиње радом *McCulloch* и *Pitts* из 1943. године [1]. Овакав један подухват је разматрао могућност паралелног дистрибутивног процесирања информација и конекционистичких модела [2]. Додатни мотив је понудио *D.Hebb* у свом делу „*The organization of Behavior*” из 1949 [3]. године. Истраживачи су разматрали могућности изградње вештачких неурона, базираних на моделу биолошких неурона, који су својствени живим бићима.

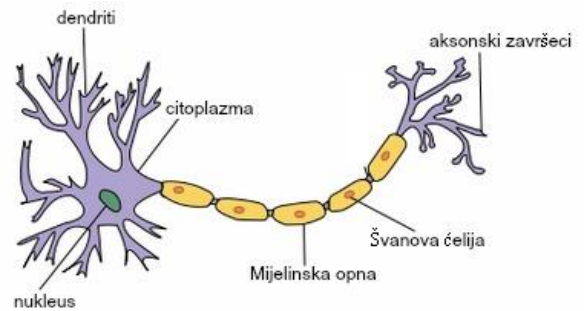
Истраживачи су започели од претпоставке да поједностављени модел биолошког неурона може служити као основ за изградњу концептуалних компоненти система који може извршавати рачунске операције. Касније, *F.Rosenblatt* представља „*Perceptrona*” [4], неуронске мреже за симулацију особине перцепције какву поседују жива бића. Постигнути су први практични резултати, али када су *Minsky* и *Papert* 1969.[5] године објавили рад о ограничењима „*Perceptrona*”, велики број истраживача обуставља истраживање ове области. До поновног

интереса долази током 1980-тих због теоретског открића до ког су дошли *P. Webos*, *Hopfield* [6] (математичке основне посебне класе неуронских мрежа) *Rumerlhart*, *McClelland* (*Backpropagation* алгоритам за обучавање)[7]. *T. Kohonen* [8] је развио неуронске мреже за обучавање ненадгледаног типа, и многи други. Откривено је да се процесна моћ неурона може повећати умрежавањем у вишеслојне неуронске мреже, а веома битан помак учињен је открићем *Backpropagation* алгоритма за обучавање вишеслојне неуронске мреже.

Стварање вештачких неуронских мрежа инспирисано је хипотезом да се природна интелигенција формира искључиво на основу природних неуронских мрежа. Мрежа се састоји од великог броја вештачких неурона и веза међу њима. Таква мрежа се моделира на рачунару или се гради помоћу физичких елемената [9]. Идеја вештачке неуронске мреже се базира на моделу биолошке неуронске мреже. Биолошку неуронску мрежу (мозак) човека сачињава 10^{10} неурона. Такође сматра се да биолошки неурони функционишу 5 до 6 редова величине спорије од вештачких неурона. Биолошка неуронска мрежа састоји се од великог броја веза међу неуронима, а претпоставља се да је енергија потребна за функционисање биолошке неуронске мреже мања за 10 редова величине од енергије потребне за функционисање вештачке неуронске мреже [10].

2. ФУНКЦИОНИСАЊЕ НЕУРОНСКЕ МРЕЖЕ

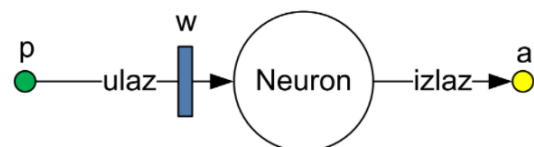
Идеја вештачког неурона се заснива на моделу биолошког неурона. Биолошки неурони представљају основну јединицу биолошке неуронске мреже [11]. Из ове чињенице следи да су вештачки неурони основне јединице вештачке неуронске мреже. Модел биолошког неурона је приказан на слици у наставку. (Слика 1)



Слика 1- Приказ биолошког неурона

Тело ћелије (Сома) биолошког неурона састоји се од језгра и везе ка другим неуронима. Биолошки неурон прима информацију преко Дендрита и прослеђује их суседним неуронима путем Аксона. Дужина аксона варира од дела милиметра до око једног метра у људском организму. Аксон се грана и на крају сваке гране се налази Синапса која одређује снагу излазног сигнала из те гране.

На следећој слици (Слика 2) се може видети да улаз p , преко синаптичке тежине w доводи до тела неурона где се формира излаз неурона a . Улаз p бива модификован тежинским коефицијентом w тако што улаз p множи w . Тежина w може бити позитивна или негативна. Ако је $w = 0$ информација се не преноси са једног неурона на други. То значи да p, w и a узимају вредности из скупа реалних бројева [12].



Слика 2- Приказ вештачког неурона са једним улазом

У случају да постоји R улаза, $R > 1$, тада постоји R синаптичка тежина. То значи да сваки улаз има своју синаптичку тежину. Улази p_1, p_2, \dots, p_n , се множе синаптичким тежинама w_1, w_2, \dots, w_n респективно. У телу неурона израчунава се сума производа по формули:

$$w_1 p_1 + w_2 p_2 + \dots + w_n p_n \quad (1)$$

3. ФУНКЦИОНИСАЊЕ ГЕНЕТСКОГ АЛГОРИТМА

Еволутивно рачунарство се користи у ситуацијама када је проблем који је потребни решити спречио тако да не постоји алгоритамско решење. У овој једној области се користе хеуристичке *random-search* алгоритми при оптимизацији функције која није позната [13]. Једна од значајнијих области у склопу еволутивног рачунарства представљају генетски алгоритми. Генетски алгоритми су откривени од стране *John Holland* –а 1975. године.

Компоненте генетског алгоритма су:

- Кодирање,
- Функција иницијализације,
- Функција евалуације,
- Функција селекције,
- Мутације,
- Критеријум краја рада алгоритма.

Генетски алгоритам се састоји из неколико корака. Први корак представља генерисање рандом популације n јединки: уобичајно јединка је представљена уз помоћ низа битова. Други корак представља прорачун вредности фитнес функције за сваку јединку популације. Трећи корак је креирање нових чланова популације. Креирање нових чланова се извршава тако што се изврши селекција два родитеља на основу њихове вредности фитнес функције, затим се њиховим укрштањем добијају генерисани потомци и на крају се врши мутација истих потомака. Четврти корак представља наставак рада алгоритма од другог корака, сем уколико за крај рада алгоритма није испуњен. И на крају пети корак означава крај рада генетског алгоритма.

Процесом укрштања родитеља се добијају два потомка. Један потомак има a део од првог родитеља и b део од другог родитеља, а други потомак има a део од другог родитеља и b део од првог родитеља.

Одвијање процеса мутације доста зависи од сложености области у којој се примењује. Постоји више оператора мутације: проста мутација, мутација помоћу биномне расподеле и мутације коришћењем нормалне расподеле. Проста мутација која је кориштена у овом примеру дословно прати дефиницију оператора мутације. Овде се генетски код процесира бит по бит и сваки бит се одређује да ли је дошло до мутације или не. При реализацији процес се може и убрзати, али ако и само ако се за сваку реч у генетском коду формира маска, па се мутација врши преко ње. Међутим, и при таквом приступу генерисање маске захтева процесирање бит по бит [14].

Нека је дат ниво мутације $p=0.2$ и јединка 010111000101. Ако је случајним избором генерисана маска 001000000100, тада је (Табела 1):

Табела 1- Пример просте мутације

Маска 001000000100
Јединка пре мутације 010111000101
Јединка после мутације 011111000001

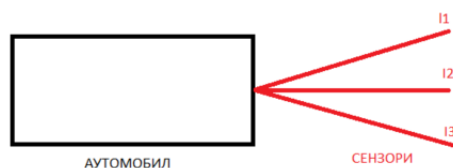
Алгоритам завршава са радом када је вредност фитнес функције блиска некој задатој вредности, генерисан је одређени број генерација потомака или је пронађено оптимално решење. Генетски алгоритам се користи за решавање проблема трговачког путника, у ауто индустрији за проналажење оптималних карактеристика возила, роботици, телекомуникацијама, финансијама, криптографији и криптоанализи, рачунарским игрицама, маркетингу као и у многим другим областима [15].

4. КРЕИРАЊЕ ПРИМЕРА

Пројекат је урађен у програмском пакету *Unity* уз помоћ објектно оријентисаног програмског

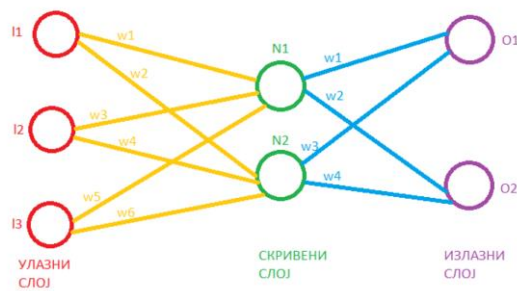
језика C#. Графичко окружење је урађено уз помоћ софтвера *Blender*.

Аутомобил је представљен као објекат који се креће на основу детектовања која прима уз помоћ сензора. Сензори представљају три вектора који премеравају удаљеност од аутомобила до ивице пута (Слика 3). Параметри који сакупљају ова три сензора представљају улазне податке. Сам аутомобил као објекат има своје убрзање које је у интервалу (0, 1) и окретање које је у интервалу (-1, 1).



Слика 3- Приказ аутомобила са сензорима

Подаци који се учитавају са сензора представљају улазне податке за дату неуронску мрежу. Неуронска мрежа се састоји од улазног слоја, скривеног слоја и излазног слоја. Улазни и скривени слој су повезани са својим тежинским гранама. Док су скривени слој и излазни слој повезани са својим тежинским гранама. У зависности од захтева за прецизност података може се додавати више скривених слојева, али то нужно не значи да ће већи број скривених слојева и већи број неурона у њима донети нужно прецизније и тачније податке. За сваку неуронску мрежу постоји адекватан број слојева и неурона на основу којих ће се добити адекватни подаци (Слика 4). Сваки слој има своје неуроне и сваки неурон треба да буде повезан са сваким неуроном из суседног слоја. Свака веза између два неурона између суседних слојева има своју тежину (случајно одређену вредност, компјутерски одређено).



Слика 4- Приказ неуронске мреже

Прорачунавање вредности неурона скривеног слоја се извршава на основу формуле:

$$N_1 = [(I_1 * W_1) + (I_2 * W_3) + (I_3 * W_5)] + \theta \quad (2)$$

Када се заврши прорачунавање сваког неурона у слоју потребно је урачунати биаса вредност θ . Сваки скривени слој има своју биаса вредност. Ова вредност представља аргумент функције неурона. Уз помоћ ове вредности функција задржава своју линеарност. Ова вредност треба да буде у интервалу (-1,1). Ова вредност нема утицај на крајњи резултат него само одржавање минималне грешке приликом креирања функције линеарности. Ако замислимо читав процес обучавања као једну функцију схватићемо да је потребана другачија функција. Јер почетак и крај кретања аутомобила се не заснива само на линеарном кретању. Због тога је потребно приликом кодирања додати *TanH* функцију. Јер на тај начин се добије и већи интервал, али се и сви подаци прикупљају.

Сва прорачунавања се могу приказати на бази матрица. Ако представимо улазни и скривени слој на датом примеру кроз матрицу добијамо следеће матрице:

$$I = [I_1 \ I_2 \ I_3] \quad (1 \times 3) \quad (3)$$

$$L = [N_1 \ N_2] \quad (1 \times 2) \quad (4)$$

Пошто процес множења матрица има посебан принцип и правила, множењем ове две матрице треба да добијемо матрицу димензије 3x2. Пре свега потребно је да

сваки слој замислимо као посебну матрицу. У овом случају улазни слој је димензије 1x3, слој тежинских грана између улазног и скривеног слоја је 3x2 и скривени слој је димензије 1x2.

$$I*[W] = L \quad (5)$$

Приликом даљег креирања програма потребно је креирати генетски алгоритам који ће обучавати ову неуронску мрежу. Аутомобил уз помоћ сензора прикупља све информације. Брзина аутомобила и његово окретање се програмски одређују случајним одабиром. Тако да је цео пројекат базиран на случајним вредностима у одређеним интервалима. Приликом првог сусрета са ивичњаком стазе региструје се смрт, тачније грешка. Та грешка представља креирање једног гена. Одређени број гена сачињава једну генерацију. Док одређени број генерација сачињава једну популацију. Како је за циљ да аутомобил учи на својим грешкама у овом пројекту не може да дође до брисања било којег гена, тачније меморисаног податка.

Након меморисања популације, потребно је пре свега сортирати популације по опадајућој вредности фитнес функције. Фитнес функција се у овом принципу заснива на томе колико се аутомобил кретао, а да није извршио грешку. Пошто је циљ пројекта да аутомобил учи, а да се подаци приказују што реалније. У овом случају се неће узимати првих 100 најбољих популација, него 20% популација са највишом вредности фитнес функције и одређени проценат популација са најнижом вредности фитнес функције.

Након извршавања одабира популација потребно је извршити одабир родитеља А и родитеља Б. Родитељи се налазе на суседним позицијама и њихове вредности се одабирају из читавог базена гена. Тачније, из читаве базе прикупљених и одабраних поodataка. Комбинацијом два родитеља се добијају два потомка (поступак наслеђивања

објашњен у делу 3.), ти потомци приступају процесу мутације и у следећем случају они постају родитељи. На тај начин након нетестираног броја извесног понављања долази до идеалног кретања објекта по путањи.

4.1. КОРИШЋЕНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

Unity представља вишеплатформски погон за игре са уградњом интегрисаног развојног окружења. Креиран је 2005. године [16]. У овом програмском окружењу могуће је креирати сопствену анимацију, креирати скрипте, али и увозити како графику тако и готове елементе у само окружење. Приликом креирања пројекта контроле које омогућава ово окружење потпомажу у изградњи и омогућава визуелно праћење догађаја. Пројекат је рађен у три димензија, а сам аутомобил као објекат је преузет из продавнице самог програма.

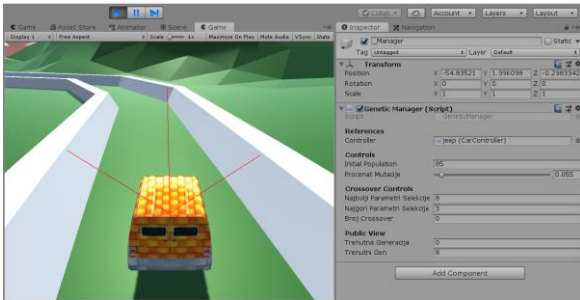
C# представља објектно оријентисани програмски језик, који садржи своје класе и објекте. На почетку писања било које *C#* скрипте потребно је позвати одговарајуће библиотеке. Позивањем одговарајућих библиотека омогућавамо методе за испис на конзолу и учитавање конзоле, као и дефинисане основне математичке константе и имплементиране основне математичке функције [17].

Visual Studio представља интегрисано програмско окружење, креирано од стране *Microsoft*. Коришћен је у овом пројекту ради писања класа. Ово интегрисано програмско окружење се такође користи за израду веб апликација, веб сајтова и веб сервиса. Поржава3б различитих програмских језика. Такође, могуће га је повезати са *SQL* базом података[18].

4.2. ИЗГЛЕД АПЛИКАЦИЈЕ

Применом претходних претпоставки и технологија аутор је реализова аутомобил који учи на својим грешкама. У оквиру окружења „Unity” је увезено анимирано

окружење дизајнирано у програму „Blender“. Сам аутомобил је преузет из „Unity“ продавнице. Приликом покретања аутомобила са десне стране на слици 5 се могу пратити координате аутомобила у координатном систему и пратити који ген се у ком тренутку креира, који је ниво мутације и која је популација у питању. (Слика 5)



Слика 5- Приказ креираног пројекта

5. ЗАКЉУЧАК

Овај рад омогућава основно разумевање обучавања неуронских мрежа генетским алгоритмом. Даља истраживања треба да буду базирана на прорачунима и анализом до приближно идеалног кретања аутомобила. То подразумева праћења броја популација у одређеном интервалу времена. Коришћењем неуронских мрежа уз помоћ генетског алгоритма на овом принципу је могуће креирати и одређене елементе за возила. Тако што ће се у самим возилима постављати већ обучене неуронске мреже и унапредити ову грану индустрије.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] W.S. McCulloch and W.Pitts, „A logical calculus of the ideas imminent in nervous activity”, Bulletin of Mathematical Biophysics, vol. 5, pp. 115-133, 1943,
- [2] V.Krose and P. Van der Smagt, „An Introduction to Neural Networks”, The university of Amsterdam, 1996,
- [3] D.Hebb, „The organization of Behavior” Wiley, New York, 1949,
- [4] F.Rosenblatt, „The perceptron: A probabilistic model of information storage and organization in the brain”,

Psychological Review, vol.65, pp. 386-408, 1958,

- [5] M.Minsky and S.Papert „Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry MIT Press, Cambridge, MA, 1969,
- [6] J.Li, A.Michel and W.Porod, „Analysis and synthesis of a class of neural networks: linear systems operating on a closed hypercube”, IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. 36, No. 11, pp. 145-1422, 1989,
- [7] D.E.Rumelhart and J.McClelland, „Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition”, MIT Press/ Bradford Books, Cambridge, Mass., 1986,
- [8] T.kohonen, „Self-organisation and Associative Memory”, Springer-Verlag, New York, 1984,
- [9] Петар Хотомски, „Системи вештачке интелигенције”, Универзитет у Новом Саду технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин, 9-14, 2006,
- [10] J.J. Hopfield, „Neural Networks and physical systems with emergent collective computational abilities”, Proc. Natl. Acad. Sci. USA Vol.79, pp. 2554-2558, 1982,
- [11] Владимир Пантић, „Биологија ћелије”, Универзитет у Београду, Центар за мултидисциплинарне студије Минерва, 1974,
- [12] Ke-Lin Du, M.N.S. Swamy, „Neural Networks and Statistical Learning”, Springer-Verlag, London 2014,
- [13] S.Droste, T.Jansen, G.Rudolph, H.P Schwefel, K.Tinnefeld and I.Wegener, „Advances in Computational Intelligence” Springer-Verlag, 2003, ch. Theory of Evolutionary Algorithms and Genetic Programming, pp. 107-134,
- [14] Јозеф Ј. Кратица, „Паралелизација генетских алгоритама за решавање неких НП- комплетних проблема”, докторска дисертација, Универзитет у Београду математички факултет, 2000, pp. 55-60,
- [15] W.Banzhaf, M.Brameier, M.Stautner and K. Weinert, „Advances in

computational Intelligence” Springer-Verlag, 2003, ch.Genetic Programming and Its Application in Machining Technology, pp. 194-241,

[16] Alan Thorn, Learn Unity for 2D Game Development, Apress 2013,

[17] Драган Машуловић, „Увод у програмирање у програмском језику C#”, Нови Сад, пп. 1-15 , 2020,

[18] Svetlin Nakov, Veselin Kolev, „Fundamentals of Computer Programming with C#”, Sofia, 2013.

Адреса аутора: Кнежевић Маша,
Дипломирани инжењер информатичких
технологија, Универзитет у Новом Саду,
Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин
е-маил: littlepanda.mk@gmail.com
Рад примљен: јануар 2022
Рад прихваћен: фебруар 2022



**ЈЕЛИСАВЕТА НАЧИЋ
(1878-1955)**

Прва жена дипломирани архитекта
у Србији.

Пројектант Основне школе
„Краљ Петар Први“ у Београду,
Малих степеница на Калемегдану,
бројних цркава, тргова, болница,
индустријских постројења.

Велики борац за слободу и права
Српског народа.

ЕЛЕКТРОМАГНЕТНА ЗРАЧЕЊА У АУТОМОБИЛИМА СА БЕНЗИНСКИМ, ДИЗЕЛ И ХИБРИДНИМ МОТОРИМА

ELECTROMAGNETIC RADIATION IN CAR WITH PETROL, DIESEL AND HYBRID ENGINES

МИЛОРАД РАНЧИЋ¹
НИКОЛА АДАМОВИЋ¹
МИЛАН ЗЕЧАР¹

¹Друштво инжењера у Зрењанину, Зрењанин

РЕЗИМЕ

Савремени аутомобили са бензинским, дизел и хибридним моторима опремљени су са великим бројем електричних и електронских система, уређаја и елемената. Електромагнетна зрачења која се због тога неизбежно појављују могу да имају негативно дејство на људски организам. У раду су изложени резултати мерења интензитета ових зрачења у произвољно изабраним моделима неколико светских произвођа аутомобила. Изведени су и одговарајући закључци.

Кључне речи: аутомобили, електрични и електронски уређаји, електромагнетна зрачења, негативни утицаји

ABSTRACT

Modern cars with petrol, diesel and hybrid engines are equipped with a large numbers of electrical and electronic systems, devices and elements. Electromagnetic radiations that therefore inevitably occurs can have a negative effect on the human body. The paper presents the results of measuring the intensity of these radiations in randomly selected models of several world cars manufacturers. Appropriate conclusions were drawn.

Key words: cars, electrical and electronic devices, electromagnetic radiations, negative effects

1. УВОД

Примена електричне енергије код мотора са унутрашњим сагоревањем отпочела је са њиховом појавом и применом за покретање возила још пре сто тридесет година. Како је текао развој возила која су користила за свој погон топле СУС моторе тако се развијала и

расла примена различитих електричних и електронских уређаја и система (ЕЕУ). До шездесетих година прошлог века ЕЕУ су омогућавали ефикасну примену СУС мотора и то се углавном односило на паљење гасне смеше, осветљење, сигнализацију, погон агрегата неких механичких уређаја и слично. Електромотори као погонски агрегати

користили су се углавном код неких врста возила као што су то трамваји, тролејбуси, возила унутрашњег транспорта..., док их код аутомобила није било. Нафтна криза шездесетих година и све строжији еколошки захтеви приморали су конструкторе да почну озбиљније да раде на примени електричних мотора и за погон аутомобила. С обзиром на ограничени капацитет и начин допуњавања акумулаторских батерија а тиме и ограничени домет кретања возила, као прелазно решење појавио се хибридни погон. То су возила са комбинацијом два основна погона- мотор СУС и електрични мотор. Даљи развој акумулаторских батерија данас је омогућио да скоро сваки озбиљан произвођач аутомобила у свом производном програму има не само хибридне него и чисто електричне погонске motore. Без обзира у ком ће правцу даље ићи развој погонских агрегата возила и аутомобила примена електричних и електронских уређаја и система све се више шири.

2 .ЕЛЕКТРИЧНИ И ЕЛЕКТРОНСКИ УРЕЂАЈИ И СИСТЕМИ (ЕЕУ) КОД АУТОМОБИЛА

Код модерних аутомобила и возила изузетно је велики број различитих електричних и електронских уређаја и система. С обзиром на тенденције развоја њих ће у будућности бити све више. За сада они се могу сврстати у следеће групе:

- Електрични уређаји за акумулацију електричне енергије, напајање и покретање.
- Системи за убризгавање и паљење смеше.
- Уређаји за сигнализацију и осветљење.
- ЕЕУ за повећање безбедности, управљање и регулацију рада разних других система на возилу.

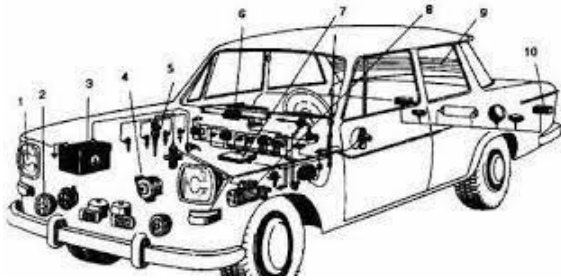
2.1. КЛАСИЧНИ АУТОМОБИЛИ СА СУС МОТОРИМА

У групу уређаја за напајање, акумулацију електричне енергије и покретање спадају: акумулатори, алтернатори, регулатори напона, електропокретачи (стартери и анласери), мотори за покретање брисача, пуме за гориво, подизача стакала и друго. Електричне инсталације на моторним возилима имају задатак да воде електричну енергију од извора (акумулаторске батерије, генератора) до великог броја различитих потрошача. У састав електричних инсталација улазе: проводници и каблови, елементи за спајање, настављање, и завршавање кава(спојнице, конектори, плетенице), прекидачи, релеји, осигурачи...

Уређаји за осветљење и сигнализацију могу да се групишу у неколико група. За осветљење пута намењена су дуга, средња и кратка светла и светла за маглу. За означавање возила користе се предње и задње позиционо светло, паркирна светла, светла за регистарске таблице, стоп светла, показивачи правца (мигавци), катадиоптери, ротациона светла. Возила су опремљена још и са унутрашњим светлом кабине, светлом за инструмент таблу, разним индикаторским лампицама. Као извори светла користе се обичне, рефлекторске и лед сијалице различите снаге, облика и димензија. Законски прописи захтевају да свако возило мора да има најмање један уређај за звучну сигнализацију. То су најчешће електричне сирене или ређе специјалне трубе, алармне сирене.

За информисање возача о стању возила, брзини кретања, функционисању важних агрегата и друго у сваком возили постоји инструмент табла. На њој се могу читати и пратити информације са уређаја као што су: брзиномер, обртомер, мерач пређеног пута, манометар, тахометар, термометар за мерење температуре, показивач количине горива, амперметар, волтметар... У уређаје за

прање, брисање и сушење стакала спадају електрична пумпа за дозирање течности за прање, електромотор са механизмом за покретање брисача, аутомат за периодично укључивање брисача, грејачи за сушење стакала.



1. Главна светла
2. Додатна светла
3. Акумулаторска батерија
4. Генератор
5. Еређај за паљење
6. Мотор брисача стакла
7. Радио пријемник
8. Електропокретач
9. Грејач задњег стакла
10. Задња светла

Слика 1. Распоред неких ЕЕУ у аутомобилу

Систем за паљење и убризгавање горива има задатак да омогући, иницира и изврши паљење смеше горива. У ту сврху користе се класично батеријско индукционо, транзисторско и електронско паљење. Елементи батеријског паљења су: извор електричне енергије, индукциони калем (бобина), прекидач примарног кола, кондензатор, регулатор, разводник паљења и свећице. Код транзисторског паљења улогу прекидача замењује транзистор а код електронског паљења у разводнику нема механичких регулатора паљења већ се користе сигнали са сензора броја обртаја и оптерећења. Микрорачунар израчунава и одређује тренутак паљења и обликује излазне сигнале према извршним органима. Систем за убризгавање горива заменио је улогу распршивача (карбура-

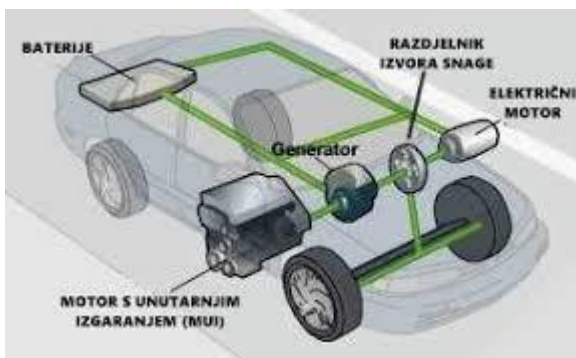
тора) тако што гориво распршује убризгавањем директно у цилиндре или усисну цев пре или током усисног такта. Овај систем има три основне целине: усисни део (филтер, усисна цев, пригушни вентил, лептир гаса, усисна грана), подсистем горива (резервоар, пумпа, филтер, регулатор притиска, бризгачка) и управљачки подсистем (сензори, управљачка јединица, актуатори). Код дизел мотора систем за убризгавање чине: пумпа ниског притиска пумпа високог притиска филтер, бризгачка и електронска управљачка јединица. За смањење емисије штетних материја у издовним гасовима мотора у примени су сензори, ламбда сонда, конвертори и филтери.

Електрична и електронска опрема на возилима која служи за повећање безбедности и управљање и регулацију разних других система на возилу са развојем електронике и микрорачунара има све значајнију и ширу примену. Сваки нови модел савременог аутомобила добија и нове уређаје у овој области. Од многобројних уређаја и система најчешће су у примени: АБС (антиблок систем), АЦП (систем за спречавање проклизавања), ЕСП (систем за регулацију динамике вожње), систем за електронску регулацију преноса снаге у диференцијалу, навигациони ГПС системи, системи за аутоматско управљање возилом, ситеми за контролу одстојања возила, системи за помоћ и аутоматско паркирање, алармни и противпровални системи, ваздушни јастуци, системи за грејање и хлађење, клима уређаји, вебасто грејачи, темпомати за управљање брзине кретања возила, уређаји за централно и даљинско закључавање, електронско подизање стакала, системи за телекомуникацију и пренос информација (интернет), радио пријемник... Многобројни сензори за регистровање, мерење и праћење различитих физичких величина размештени су по целом возилу. Сигнали са сензора доводе се у централну електронску управљачку јединицу (рачу-

нар). Након обраде параметара рачунар даје налоге актуаторима (извршним органима) који коригују или управљају радом различитих уређаја и система у возилу.

2.2 ХИБРИДНИ АУТОМОБИЛИ

Хибридни аутомобили за покретање користе два или више извора енергије уместо једног. Најчешће је то комбинација бензинског или дизел мотора са електромотором.



Слика 2. Хибридни погон

Код делимичног хибрида електромотор служи као помоћ мотору СУС. Потпуни хибрид омогућава кретање возила и само помоћу електромотора. Из тог разлога електромотор мора да поседује најмање 1/3 снаге коју има СУС мотор. Поред ЕЕУ које поседују класични аутомобили тхибридни аутомобили имају још и акумулаторску батерију великог капацитетa, погонски електромотор снаге више десетина киловата у зависности од модела као и низ других пратећих електронских уређаја и система за регулацију, контролу и управљање.

3. ЕЛЕКТРОМАГНЕТНА ЗРАЧЕЊА

Присуство огромног броја електричних и електронских елемената, уређаја и система у аутомобилима који су наведени у претходној глави, доводи до генерисања магнетних, електричних и радиофреквентних поља, односно, зрачења. Истраживања која су спроведена

у оквиру овог рада то су и показала. Мерним инструментима утврђено је постојање ових поља и измерени су њихови интензитети. Мерења су обављена на једном броју произвољно изабраних модела аутомобила са бензинским, дизел и хибридным моторима. За мерење су коришћени следећи мерни уређаји:

- Magnetoskop detektor, tipWKDA 02 705, Made in Poland
- Instrument Tri Field EMF Meter, model TF2, Made in USA

3.1 УСЛОВИ МЕРЕЊА

За зону мерења изабрана је кабина ауто-мобила, место возача, непосредно испод управљача. У току мерења аутомобил је био минимално оптерећен (на лер гасу) са фабрички подешеним бројем обртаја који је у зависности од модела износио између 800 и 1000 о/мин. Мерењем су утврђене вредности интензитета електро-магнетног смога (ЕМС), магнетног поља (МАП), електричног поља (ЕЛП) и радиофреквентног поља (РАФ). За МАП и ЕЛП мерење је обављено за два фреквентан опсега:

- I – стандардни (од 40 Hz до 100 KHz)
- II – отежано (изнад 60 Hz)

3.2 ДОЗВОЉЕНЕ ВРЕДНОСТИ

Законски прописи, пратећи правилници и документација произвођача опреме дефинишу дозвољене вредности електромагнетних и других врста нејонизирајућих зрачења. Према овим препорукама дозвољене вредности су:

- За електромагнетни смог до 350 nT,
- За магнетно поље: стандардни опсег (I) до 3mG, отежани (II) до 5 mG,
- За електрично поље до 50 mV/m²,
- За радиофреквентно поље интензитет до 0,200 mW/m² а пикови до 1000 mW/m².

4. РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА

Тип аутомобила	Врста мотора	Запремина мотора cm ³	Снага мотора KS(KW)	ЕМС nT	МАП		ЕЛП miG	РАФ mW/m ²
					I	II		
					Fiat Sciecento	benzinski		
Fiat Punto 1,2	benzinski	1220	60(44)	180	2,7	3,8	0	5,54
Volkswagen Polo	benzinski	1100	75(55)	160	19	16,5	0	0
Škoda Octavia	dizel	1900	68(50)	190	23	12,3	0	0,05
Renault Kangoo	dizel	1461	68(50)	60	0,4	1,7	0	0
Audi Q850TDI	dizel	2000	286(210)	530	52	30	0	0,03
Ford Kuga	dizel	2000	163(120)	90	7,8	4,1	0	0,03
Porsche Cayenne	dizel	2967	250(184)	1860	11,2	30	0	0,02
Toyota Prius	hibrid							
Prius	ben,el	1800	98(72)	220	1,5	2,8	0	0.
Toyota RAV4	hibrid							
RAV4	ben,el.	2400	220(160)	420	3,1	5.6	0	0,04
Hyundai 10NOQ	hibrid							
10NOQ	ben,el.	1580	105(77,45)	220	2,4	10	0	0,03
Mercedes E350E	hibrid							
E350E	ben,el.	1990	220(160,80)	320	2,4	8,5	0	0,07

5. ЗАКЉУЧАК

Досадашња многобројна истраживања у свету али и код нас недвосмислено су доказала да постоји негативан утицај дејства електромагнетних поља на животно окружење а посебно на људски организам. Када је реч о човеку тај утицај зависи од више фактора а најзначајнији су интензитет зрачења, фреквенција, растојање од извора зрачења, временска дужина излагања...Постоји велики број аутора који су у својим радовима и монографијама упозоравали на штетно дејство електромагнетних зрачења по људски организам (3), (4), (5). Посебно су истакнути утицаји на нервни систем, кардиоваскуларни систем, срце, функције мозга, разарање структуре ћелије, пад имунитета, појаву стреса, ендокрини систем...

Анализа резултата мерења интензитета електромагнетних поља која су обављена у овом раду показује да су они за неке моделе аутомобила изнад дозвољених вредности. С обзиром да се

очекује да ће примена хибридних и чисто електричних аутомобила у временима која тек долазе бити значајно увећана истраживањима у овој области треба посветити посебну пажњу.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Товаришић Драган, Електрични и електронски уређаји на возилима, ТШ Суботица, 2018.
- [2] Лажетић Богосав, Биолошки системи и магнетна поља, Институт за плућне болести, Нови Сад, 2016.година
- [3] Калајџић Александар, Раковић Дејан, О биолошким утицајима радиофреквентног и микроталасног нејонизујућег зрачења, Научно стручни часопис ДИТ, број 31., Друштво инжењера у Зрењанину, Зрењанин, 2019. година.
- [4] Городскиј Б. Владимирович, Сајт Ај-конМед, www.iconmed.ru

Адреса аутора: Др Милорад Ранчић, проф.,
Друштво инжењера у Зрењанину, Зрењанин
е-маил: milorad.rancic@diz.org.rs
Рад примљен: фебруар 2022.
Рад прихваћен: март 2022.



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXVIII, Број 37, март 2022. год.
Year XXVIII, Issue 37, March 2022. year

ЕНЕРГЕТИКА

Одговорни уредник:

Проф. др Јасмина Пекез
Технички факултет “Михајло Пупин“
Зрењанин

Редакцијски одбор:

Проф. др Будимирка Мариновић
Факултет за производњу и менаџмент,
Требиње
Универзитет у Источном Сарајеву

Проф. др Марина Карић
Академија струковних студија Шумадија
Одсек Трстеник

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

СИМУЛАЦИЈА ПРОСТИРАЊА ТОПЛОТЕ РАДИЈАТОРА И ВАЛОРИЗАЦИЈА РЕШЕЊА ТОПЛОТНОГ УЧИНАКА

THE SIMULATION OF RADIATOR HEAT DISTRIBUTION AND VALORIZATION OF HEAT PERFORMANCE SOLUTIONS

ИВАНА ТЕРЗИЋ¹
ЉИЉАНА ПЕЦИЋ¹

¹Академија струковних студија Шумадија, Одсек Трстеник

РЕЗИМЕ

За радијаторе је најважније какав им је учинак. Истраживање карактеристика више различитих радијатора од различитих произвођача из њихових каталога је показало да највећи топлотни учинак постиже алуминијумски радијатор. Кроз овај рад је показано да се процесом оптимизације додатно могу побољшати резултати.

Кључне речи: радијатор, учинак, оптимизација

ABSTRACT

For radiators, the most important thing is their effect. Research on the characteristics of several different radiators from different manufacturers (from producer's catalogs) has shown that the greatest thermal effect is given by the aluminum radiator. This paper has shown that the optimization process can further improve the results

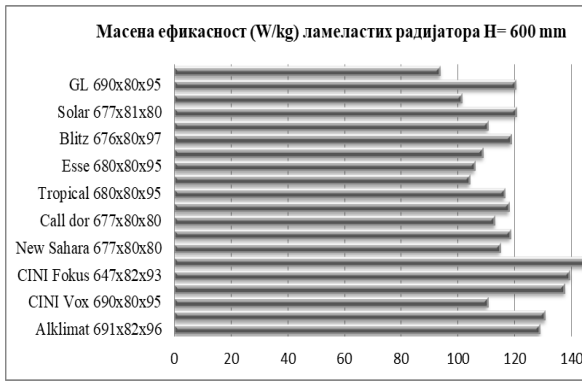
Key words: radiators, effect, optimisation

1. УВОД

Радијатор, као грејно тело, представља један од основних елемената постројења за централно грејање. Као грејно тело, потреба је да задовољи више критеријума: да оствари одговарајући топлотни учинак, да испуни естетске захтеве, као и захтеве трајности и ниских трошкова одржавања. Топлотни учинак (W) и специфични топлотни учинак (W/kg) представљају основну термичку карактеристику радијатора. Величина по којој се могу упоређивати радијатори јесте управо специфични топлотни

учинак. Циљ свих произвођача радијатора јесте да направе радијатор који ће разменити највише топлоте по јединици његове масе и тиме вишеструко уштедети енергију.

На слици 1 приказано је поређење ламеластих радијатора по специфичном топлотном учинку, за стандардне моделе (називне висине 600 mm). Наведени модели су израђени од алуминијума, процесом ливења, а једино су радијатори фирме ЦИНИ добијени процесом хладног истискивања.



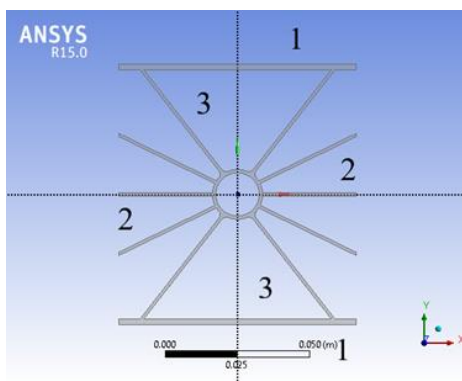
Слика 1. Специфични топлотни учинак ламеластих радијатора

Анализом дијаграма на слици 1 може се закључити да највећи топлотни учинак дају алуминијумски радијатори добијени процесом хладног истискивања. Међутим, процесом оптимизације могуће је побољшати резултате.

2. ПРЕНОС ТОПЛОТЕ РАДИЈАТОРА

Топлота која се предаје са радијатора на околину врши се преко следећих механизма:

- Зрачење (које је у овом случају најизраженије у зони 1, слика 2),
- Природна конвенција са спољашњих површина (зоне 1 и 2, слика 2),
- Конвенција димњачким ефектом у затвореним каналима, која се може третирати као принудна конвенција (зона 3, слика 2).



Слика 2. Профил ламеластог радијатора

Специфични топлотни флуks са појединих површина радијатора, q_{sr} (W/m^2) може се представити као [1]:

$$q_{sr} = h_t(t_{psr} - t_v) = h_t \Delta t_p \dots \dots \dots (1)$$

где су:

- h_t (W/m^2K) – тотални коефицијент прелаза топлоте (укључује и зрачење), потенцијал размене топлоте,
- t_{psr} ($^{\circ}C$) – температура појединих површина радијатора,
- t_v ($^{\circ}C$) – температура околног ваздуха,
- Δt_p ($^{\circ}C$) – карактеристична разлика температура, погонска сила размене топлоте.

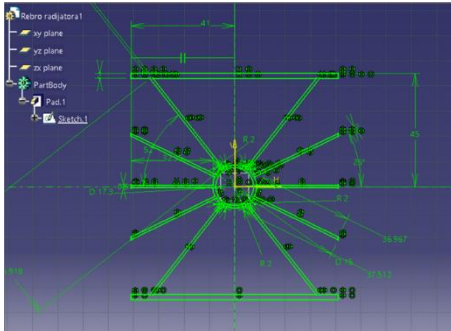
Примењујући само приближне прорачуне, може се закључити да најмањи ефекат по искоришћеној површини дају зоне где се размена топлоте обавља углавном димњичким ефектом. Иако је у тој зони коефицијент прелаза топлоте конвекцијом највиши (јер је увећана брзина струјања ваздуха), погонска сила тј. разлика температура је значајно нижа, због загревања ваздуха у тунелу, за разлику од зоне 2, где је она максимална.

Улазећи дубље у процесе размене топлоте у оваквим конструкцијама, може се закључити да се ради о врло компликованом систему размене топлоте, чија је геометрија јако сложена.

Прецизнији прорачуни захтевају нумеричке 3D моделе, због специфичности саме конструкције, па је знатно лакше и ефективније експериментима утврдити стварне карактеристике радијатора и у ком правцу је могуће деловати на побољшање карактеристика и модела.

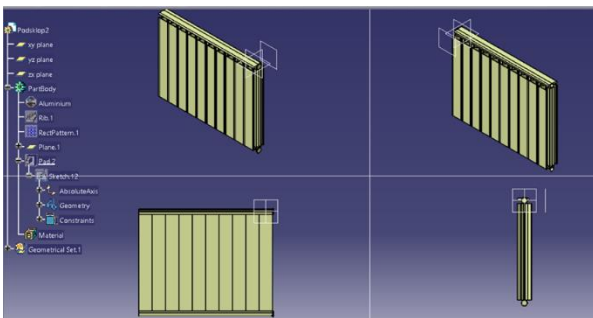
3. 3D МОДЕЛ ПРОФИЛА РАДИЈАТОРА

Приступ термичкој анализи радијатора захтева креирање профила радијатора, употребом инжењерских алата за 3D моделирање. Радијатор је дизајниран помоћу софтверског пакета CATIAV5, преко 2D профила, слика 3.



Слика 3. Попречни пресек уздужног ребра радијатора

На слици 4 приказан је склоп радијатора, добијен употребом наредби за креирање 3D модела, extrude и pattern. Да би модел био прихватљив дефинисане су димензије и додељен материјал, ради даље анализе. У овом сценарију материјал који је додељен радијатору јесте алуминијум.

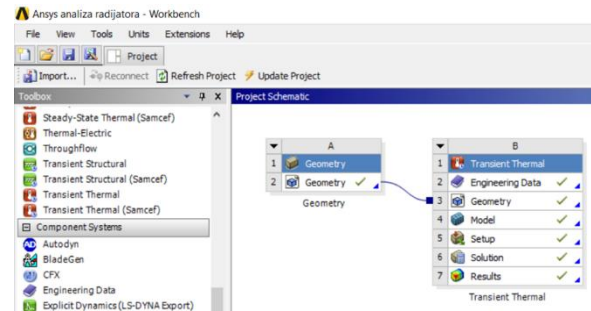


Слика 4. Склоп алуминијумског радијатора

4. ИСПИТИВАЊЕ У ANSYS-у

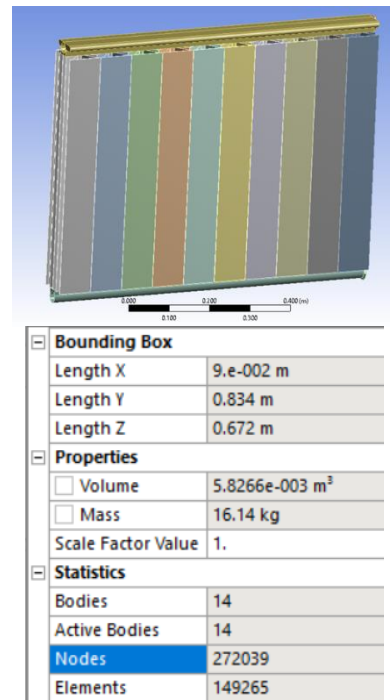
Након креирања 3D модела следи процес анализе преноса топлоте у софтверском пакету ANSYS 15.0. Да би се добили тражени резултати, приступа се термичкој анализи Transient Thermal,

радно окружење представљено је на слици 5 [2].

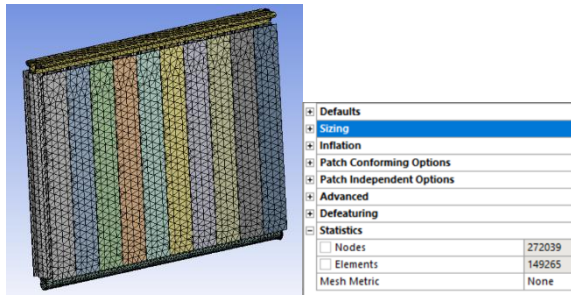


Слика 5. Transient Thermal анализа

Према учитаним подацима CAD модела у ANSYS-у, добијене су основне карактеристике радијатора, као што су запремина ($5.8266e-003 \text{ m}^3$) и маса (16.14 kg). Може се видети број елемената и чворова добијених меширањем, који су битни ради даљег прорачуна (слика 6). Испитивањем алуминијумског радијатора добијен је број чворова 272 039 и елемената 149 256, што указује да су добијени резултати анализом релативно добри, јер је препоручен оптимални број елемената 500000 ради тачности добијених резултата (слика 7) [2].



Слика 6. Учитана геометрија радијатора



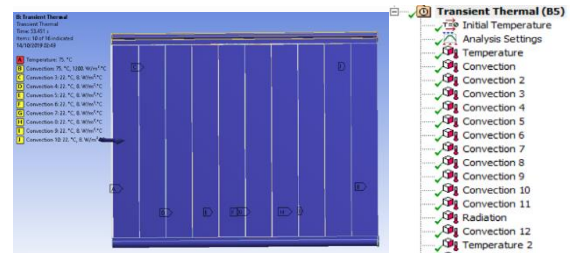
Слика 7. Дискретизација мреже „Mesh“

Transient Thermal анализом може се пратити промена температуре у времену, као и конвекција и зрачење радијатора. На тај начин се долази до основних карактеристика масене ефикасности радијатора. Такође, могуће је испитивати карактеристике радијатора направљених од различитих материјала. У овом случају испитиваће се алуминијумски радијатор. На следећим сликама представљени су кораци испитивања. Приступ термалној анализи захтева дефинисање почетних услова, који су приказани у табели 1.

Табела 1. Подаци о почетним условима испитивања алуминијумског радијатора

Температура воде на улазу (°C)	75
Температура воде на излазу (°C)	65
Температура околине (ваздуха) (°C)	22
Коефициент конверзије (вода) (W/m ² °C)	1200
Коефициент конверзије (алуминијум) (W/m ² °C)	8
Коефициент конверзије (димњички ефекат) (W/m ² °C)	20
Радијација, емисивност (-)	0.94

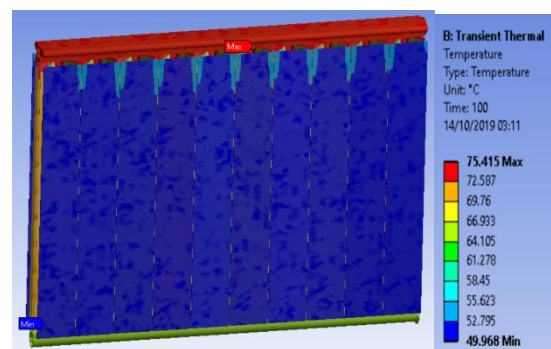
Како је претходно описано на којим деловима профила се јављају конвекција и радијација, сходно томе су задате површине на којима су присутне, као и температура воде на улазу (75°C) и на излазу из радијатор (65°C) (слика 8, табела 1).



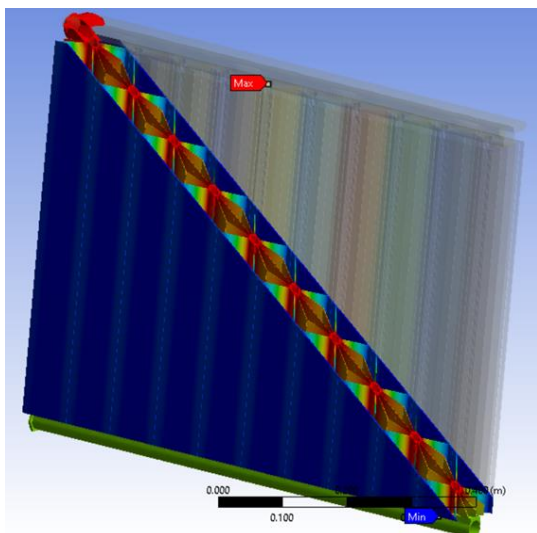
Слика 8. Гранични услови термалне анализе радијатора

5. ПРИКАЗ ТЕМПЕРАТУРНОГ ПОЉА

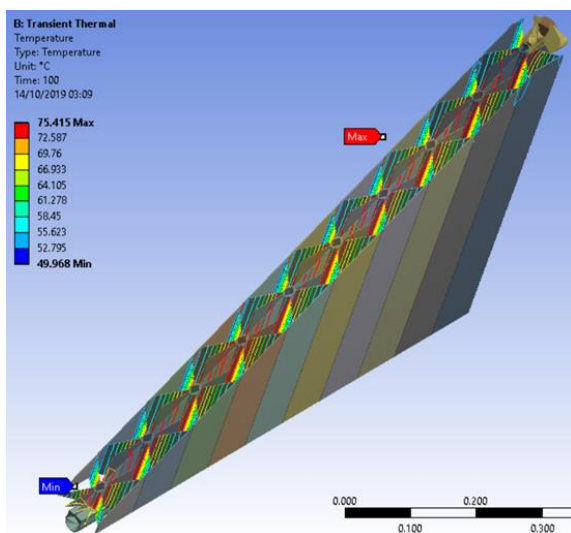
Практично, у овом случају интересује нас количина топлоте коју флуид у јединици времена преда зидовима радијатора, а радијатор околном ваздуху. Решавање система диференцијалних једначина на најлакши начин се врши управо анализом у софтверским пакетима који подржавају биланс количине кретања и енергетски биланс. На сликама од 9 до 12 могу се видети максималне и минималне вредности температурног поља које се простире током процеса загревања радијатора у функцији од времена, као што је и описано у радовима Digvendra singh, Narayan Das Pal и V. Karthikeyan, R. Suresh Babu, G. Vignesh Kumar ([4], [5], [6] и [7]).



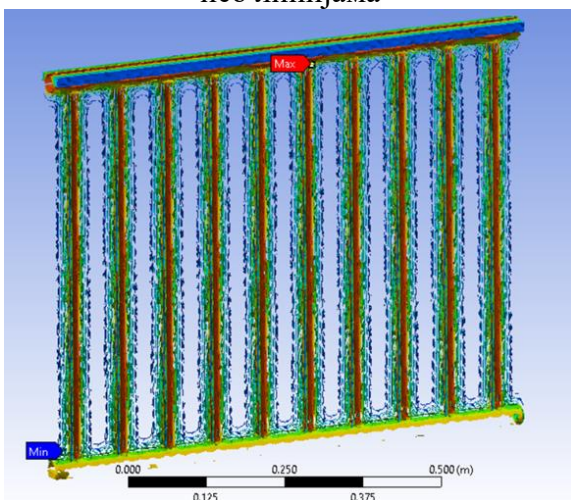
Слика 9. Простирање температурног поља са максималним и минималним вредностима температура



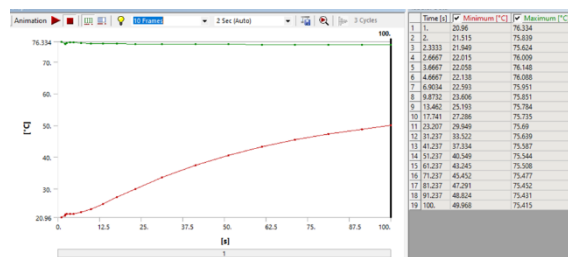
Слика 10. Температурно поље приказано у пресеку радијатора



Слика 11. Температурно поље приказано исо линијама



Слика 12. Температурно поље приказано исо површином

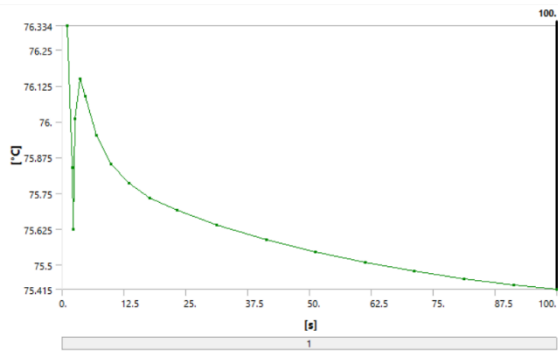


Слика 13. Промена температурног поља у функцији времена

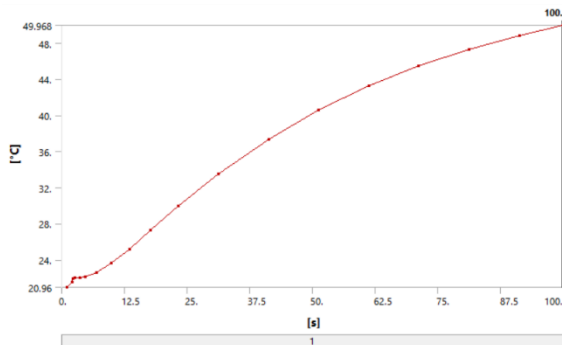
На слици 13 представљена је промена температурног поља у функцији времена, испитано у првих 100 секунди. Може се уочити скок у првих неколико секунди на 76.334 °C, што је оправдано одавањем топлоте радијатору, чиме убрзо следи пад температуре на 75.625 °C, узрок одавања топлоте околини (слика 14). Ако се сагледа понашање минималних вредности температурног поља (слика 15) сасвим је оправдана размена топлоте почетним условима. У табели 2 приказани су добијени резултати максималних и минималних вредности температурног поља.

Табела 2. Максималне и минималне вредности температурног поља

Резултат анализе	
Минимум	49.968 °C
Максимум	75.415 °C
Минимална вредност на делу радијатора	part 1 (1. rebro radijatora)
Максимална вредност на делу радијатора	part 6 (6. rebro radijatora)
Минималне вредности у функцији времена	
Минимум	20.96 °C
Максимум	49.968 °C
Максималне вредности у функцији времена	
Минимум	75.415 °C
Максимум	76.334 °C



Слика 14. Максималне вредности температурног поља у функцији времена



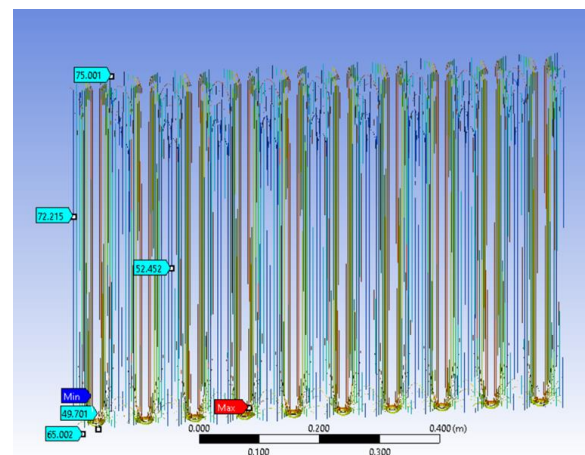
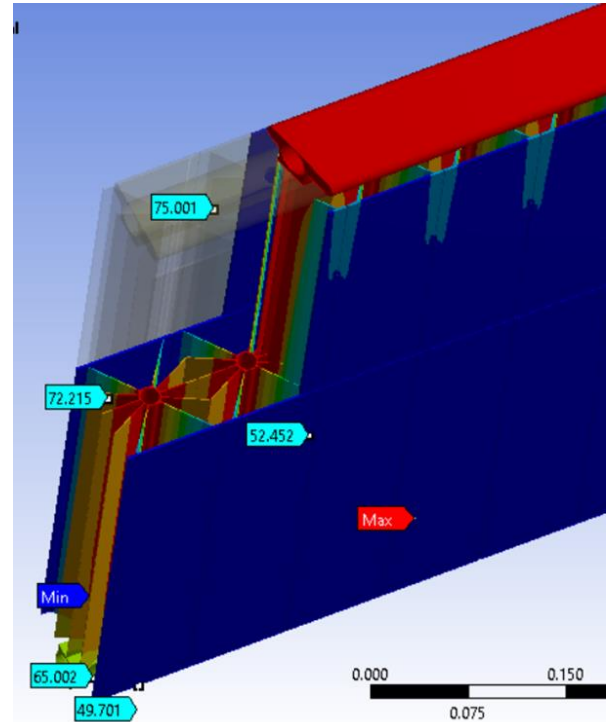
Слика 15. Минималне вредности температурног поља у функцији времена

На слици 16 представљене су одабране тачке одговарајућих вредности температура температурног поља добијене термалном симулацијом.

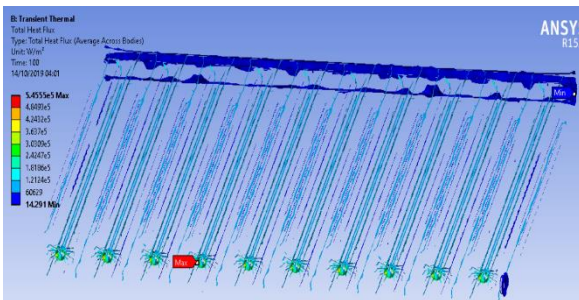
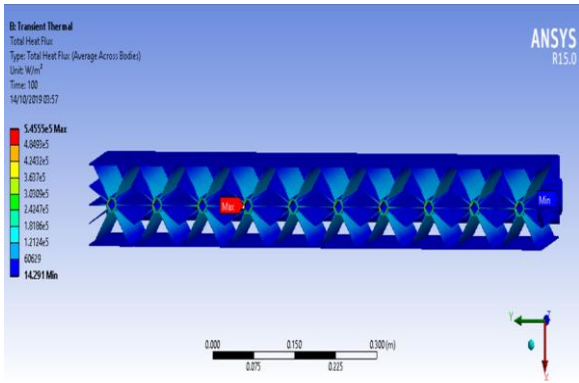
6. ТОПЛОТНИ ФЛУКС

Уместо симултаног решавања диференцијалних једначина преноса количине кретања и топлоте, симулацијом се дефинише скуп бездимензионих група или критеријума, које карактеришу посматрану појаву превођењем диференцијалних једначина у бездимензиони облик. На основу примењеног експеримента, дефинишу се критеријумске једначине, које повезују бездимензионе критеријуме за поједине класе система, које се описују истом геометријом (да би могао да се оствари услов геометријске сличности) и исти режим струјања флуида (због хидродинамичке сличности).

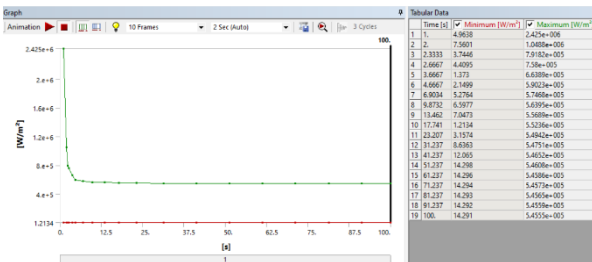
Управо због тога се употребљавају симулације софтвера који могу дати решења захтеваног проблема. На слици 17 приказана су решења испитивања, укупни топлотни флукс.



Слика 16. Вредности температура одабраних тачака на радијатору



Слика 17. Укупни топлотни флуks



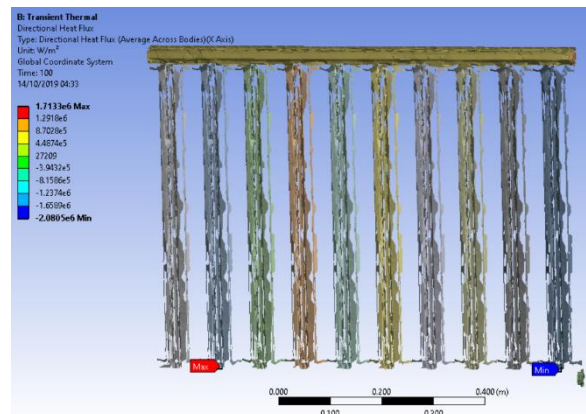
Слика 18. Максимална и минимална вредност топлотног флуksа

Табела 3. Максималне и минималне вредности топлотног флуksа

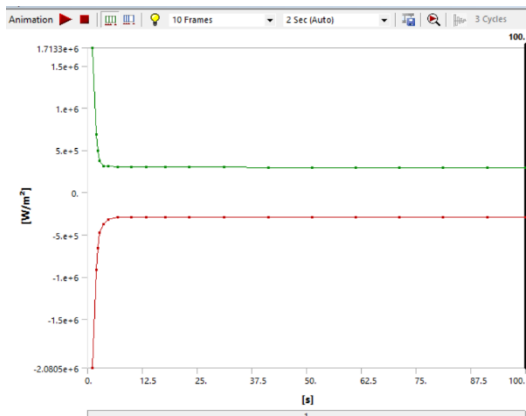
Резултат анализе	
Минимум	14.291 W/m ²
Максимум	5.4555e+005 W/m ²
Минимална вредност на делу радијатора	part 13 (одводна цев)
Максимална вредност на делу радијатора	part 4 (4. ребро радијатора)
Минималне вредности у функцији времена	
Минимум	1.2134 W/m ²
Максимум	14.298 W/m ²
Максималне вредности у функцији времена	
Минимум	5.4555e+005 W/m ²
Максимум	2.425e+006 W/m ²

Добијени резултати топлотног флуksа приказани су на слици 18 и табели 3. Максимални топлотни флуks добијен симулацијом износи 5.4555e+005 W/m², минимални има вредност 14.291 W/m².

Правац топлотног флуksа, у зависности од осе простирања, приказан је са резултатима на следећим сликама (19, 20 и 21) и табелама 4, 5 и 6:



Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Directional Heat Flux
Orientation	X Axis
By	Time
<input type="checkbox"/> Display Time	Last
Coordinate System	Global Coordinate System
Calculate Time Hist...	Yes
Identifier	
Suppressed	No
Integration Point Results	
Display Option	Averaged
Average Across Bod...	Yes
Results	
<input type="checkbox"/> Minimum	-2.9097e+005 W/m ²
<input type="checkbox"/> Maximum	2.9571e+005 W/m ²
Minimum Occurs On	Part 10
Maximum Occurs On	Part 2
Minimum Value Over Time	
<input type="checkbox"/> Minimum	-2.0805e+006 W/m ²
<input type="checkbox"/> Maximum	-2.9097e+005 W/m ²
Maximum Value Over Time	
<input type="checkbox"/> Minimum	2.9571e+005 W/m ²
<input type="checkbox"/> Maximum	1.7133e+006 W/m ²

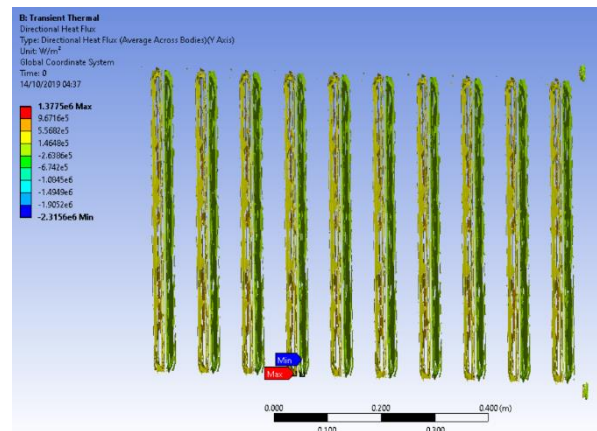


	Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> Minimum [W/m ²]	<input checked="" type="checkbox"/> Maximum [W/m ²]
1	1.	-2.0805e+006	1.7133e+006
2	2.	-9.1254e+005	6.8528e+005
3	2.3333	-6.6027e+005	4.9007e+005
4	2.6667	-4.8061e+005	3.7275e+005
5	3.6667	-3.7397e+005	3.1543e+005
6	4.6667	-3.2235e+005	3.0768e+005
7	6.9034	-2.973e+005	3.0345e+005
8	9.8732	-2.9558e+005	3.0129e+005
9	13.462	-2.9456e+005	3.0001e+005
10	17.741	-2.9391e+005	2.9919e+005
11	23.207	-2.934e+005	2.9856e+005
12	31.237	-2.9289e+005	2.9795e+005
13	41.237	-2.9242e+005	2.974e+005
14	51.237	-2.9205e+005	2.9696e+005
15	61.237	-2.9175e+005	2.9661e+005
16	71.237	-2.9149e+005	2.9631e+005
17	81.237	-2.9128e+005	2.9607e+005
18	91.237	-2.911e+005	2.9586e+005
19	100.	-2.9097e+005	2.9571e+005

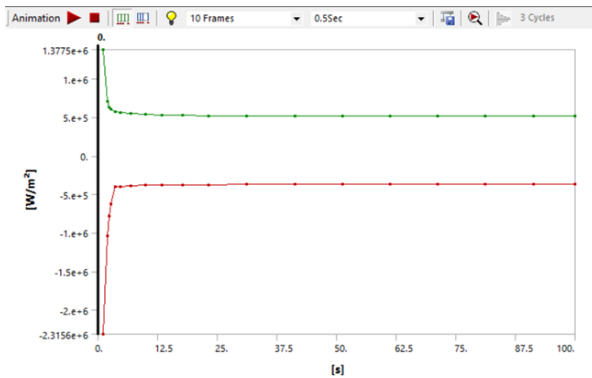
Слика 19. Правац простирања топлотног флуksа у правцу Ox осе

Табела 4. Максималне и минималне вредности топлотног флуksа у правцу Ox осе

Резултат анализе	
Минимум	-2.9097e+005 W/m ²
Максимум	2.9571e+005 W/m ²
Минимална вредност на делу радијатора	part 10 (10. rebro radiјатора)
Максимална вредност на делу радијатора	part 2 (2. rebro radiјатора)
Минималне вредности у функцији времена	
Минимум	-2.0805e+006 W/m ²
Максимум	-2.9097e+005 W/m ²
Максималне вредности у функцији времена	
Минимум	2.9571e+005 W/m ²
Максимум	1.7133e+006 W/m ²



Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Directional Heat Flux
Orientation	Y Axis
By	Time
<input type="checkbox"/> Display Time	Last
Coordinate System	Global Coordinate System
Calculate Time History	Yes
Identifier	
Suppressed	No
Integration Point Results	
Display Option	Averaged
Average Across Bodies	Yes
Results	
<input type="checkbox"/> Minimum	-3.7289e+005 W/m ²
<input type="checkbox"/> Maximum	5.171e+005 W/m ²
Minimum Occurs On	Part 4
Maximum Occurs On	Part 4
Minimum Value Over Time	
<input type="checkbox"/> Minimum	-2.3156e+006 W/m ²
<input type="checkbox"/> Maximum	-3.7289e+005 W/m ²
Maximum Value Over Time	
<input type="checkbox"/> Minimum	5.171e+005 W/m ²
<input type="checkbox"/> Maximum	1.3775e+006 W/m ²

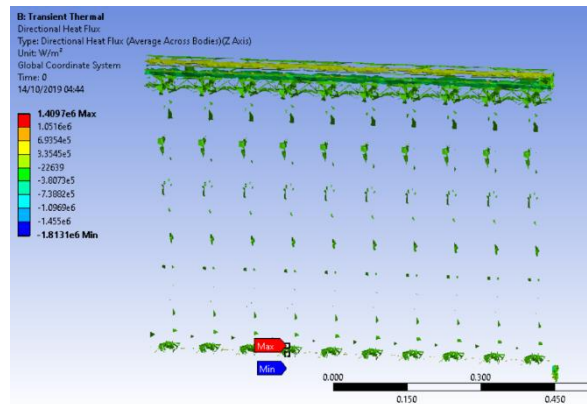


Time [s]	Minimum [W/m ²]	Maximum [W/m ²]
1.	-2.3156e+006	1.3775e+006
2.	-1.0351e+006	7.0325e+005
3.	-7.8492e+005	6.3278e+005
4.	-6.2219e+005	6.0242e+005
5.	-4.0744e+005	5.7315e+005
6.	-3.9879e+005	5.5906e+005
7.	-3.8995e+005	5.4449e+005
8.	-3.8372e+005	5.3444e+005
9.	-3.7954e+005	5.2784e+005
10.	-3.7683e+005	5.236e+005
11.	-3.7505e+005	5.2084e+005
12.	-3.739e+005	5.1903e+005
13.	-3.7333e+005	5.1809e+005
14.	-3.7309e+005	5.1766e+005
15.	-3.7299e+005	5.1743e+005
16.	-3.7294e+005	5.173e+005
17.	-3.7291e+005	5.1721e+005
18.	-3.729e+005	5.1714e+005
19.	-3.7289e+005	5.171e+005

Слика 20. Правац простирања топлотног флуksа у правцу O_y осе

Табела 5. Максималне и минималне вредности топлотног флуksа у правцу O_y осе

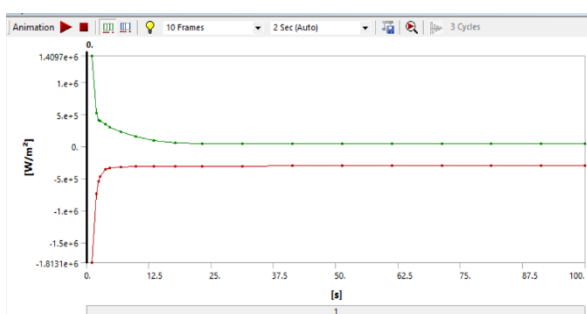
Резултат анализе	
Минимум	-3.7289e+005 W/m ²
Максимум	5.171e+005 W/m ²
Минимална вредност на делу радијатора	part 4 (4. ребро радијатора)
Максимална вредност на делу радијатора	part 4 (4. ребро радијатора)
Минималне вредности у функцији времена	
Минимум	-2.3156e+006 W/m ²
Максимум	-3.7289e+005 W/m ²
Максималне вредности у функцији времена	
Минимум	5.171e+005 W/m ²
Максимум	1.3775e+006 W/m ²



21 а.)

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Directional Heat Flux
Orientation	Z Axis
By	Time
<input type="checkbox"/> Display Time	Last
Coordinate System	Global Coordinate System
Calculate Time History	Yes
Identifier	
Suppressed	No
Integration Point Results	
Display Option	Averaged
Average Across Bodies	Yes
Results	
<input type="checkbox"/> Minimum	-3.0365e+005 W/m ²
<input type="checkbox"/> Maximum	39602 W/m ²
Minimum Occurs On	Part 13
Maximum Occurs On	Part 13
Minimum Value Over Time	
<input type="checkbox"/> Minimum	-1.8131e+006 W/m ²
<input type="checkbox"/> Maximum	-3.0365e+005 W/m ²
Maximum Value Over Time	
<input type="checkbox"/> Minimum	39602 W/m ²
<input type="checkbox"/> Maximum	1.4097e+006 W/m ²

21 б.)



21 в.)

Time [s]	Minimum [W/m ²]	Maximum [W/m ²]
1	-1.8131e+006	1.4097e+006
2	-7.3802e+005	5.1636e+005
3	-5.4059e+005	4.0764e+005
4	-4.6742e+005	3.9696e+005
5	-3.6125e+005	3.4913e+005
6	-3.306e+005	3.0224e+005
7	-3.2154e+005	2.214e+005
8	-3.1602e+005	1.4811e+005
9	-3.1251e+005	92209
10	-3.1008e+005	53400
11	-3.0812e+005	43860
12	-3.0618e+005	42095
13	-3.0465e+005	41064
14	-3.0438e+005	40521
15	-3.0417e+005	40195
16	-3.04e+005	39976
17	-3.0386e+005	39816
18	-3.0374e+005	39692
19	-3.0365e+005	39602

21 г.)

Слика 21. Правац простирања топлотног флуksа у правцу Oz осе

7. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТВАЊА АЛУМИНИЈУМСКОГ РАДИЈАТОРА

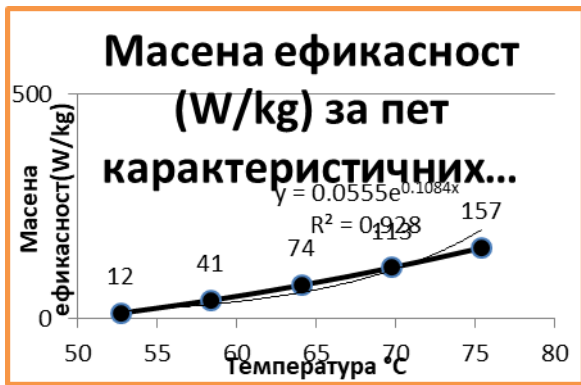
Резултати свеобухватне термалне анализе представљени су у табели б.

Табела 6. Резултати добијени Transient Thermal анализом

	Температура(°C)	Тотал топлотни флуks (W/m ²)
РЕЗУЛТАТИ		
мин	49.968	14.291
макс.	75.415	5.4555e+005
Минималне вредности у функцији времена		
мин.	20.96	1.2134
макс.	49.968	14.298
Максималне вредности у функцији времена		
min.	75.415	5.4555e+005
макс	76.334	2.425e+006

Према добијеним резултатима може се видети да при максималној температури укупни топлотни флуks износи 2.425e+006 W/m², док је минимални добијени 5.4555e+005 W/m². Може се закључити да најмањи ефекат по искоришћеној површини дају зоне где се размена топлоте обавља димњачким ефектом. Погонска сила у тој зони је најмања, тј. најмања је разлика у температури, без обзира на увећану брзину струјања ваздуха, због загревања ваздуха у тунелу.

На слици 22 графички је представљена количина топлоте испитиваног алуминијумског радијатора за 5 карактеристичних температурних поља у опсегу размене топлоте са околином (од 75°C до 22°C, температура воде и околног ваздуха, респективно).



Слика 22. Масена ефикасност алуминијумског радијатора

Температуре које су случајно одабране дају вредност масене ефикасности радијатора (W/kg). Масена ефикасност радијатора за температурну тачку 75°C износи 157 W/kg, чиме је доказана анализа топлотног учинка ламеластих радијатора, узетих у обзир на самом почетку рада (слика 1).

8. ЗАКЉУЧАК

Термалном анализом алуминијумског радијатора доказано је испитивање топлотног учинка радијатор и поређењем са најефикаснијим радијатором добијени резултати су скоро исти, топлотни учинак испитиваног радијатора износи 157 W/kg, колико и најефикаснији радијатор добијен процесом хладног истискивања алуминијума 157.14 W/kg.

На основу добијених резултата долазимо до закључка да је најмања количина топлоте која се простире управо у зони димњичког ефекта конвекције топлоте, јер у том делу радијатора је најмања топлотна снага, односно најмања разлика у температури. Нови профил радијатора се врло лако може измоделовати и поново испитати употребом наведених софтвера који су коришћени у овом раду. Такође се могу једноставно мењати и испитивати карактеристике радијатора направљених од различитих врста материјала.

Симулација простирања топлоте радијатора и добијена решења топлотног учинка представљају значајан искорак у

производњи грејних тела оптималних термичких карактеристика, који утичу на смањење цене њихове израде, као и штетан утицај на животну средину током производње.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Радивојевић, П., Утицај снижења температурног нивоа размене топлоте у системима централног грејања на потрошњу енергије, магистарски рад, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2007.
- [2] ANSYS Fluent Tutorial Guide, <http://www.ansys.com/> (24.09.2021.)
- [3] *** Као извор података о карактеристикама грејних тела коришћени су оригинални каталози (брошуре) произвођача те опреме.
- [4] V. Himachandra Raju, Ch. Srinivasa Rao, Steady State Thermal Analysis of a Heat Sink with Rectangular Pin Fin, International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET) ISSN: 2321-9653; IC Value: 45.98; SJ Impact Factor: 6.887 Volume 6 Issue IV, April 2018.
- [5] Digvendra singh, Narayan Das Pal, Designing and Performance Evaluation of a Shell and Tube Heat Exchanger using Ansys, International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS) – Volume-2, Issue-3, ISSN: 2395-3470, March 2016.
- [6] Frank P. Incropera, David P. Dewitt, Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine "Fundamentals Of Heat And Mass Transfer", John Wiley & Sons SIXTH EDITION, 111 River Street, Hoboken, NJ 07030-5774 2007.
- [7] V. Karthikeyan, R. Suresh Babu, G. Vignesh Kumar, Design and Analysis of Natural Convective Heat Transfer

Coefficient Comparison between Rectangular Fin Arrays with Perforated and Fin Arrays with Extension, International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 4, Issue 2, February 2015.

Адреса аутора: Терзић Ивана, Мастер инжењер машинства, Академија струковних студија Шумадија одсек Трстеник, Трстеник, Радоја Крстића 19

е-маил: ivana.aa.terzic@gmail.com

Рад примљен: јануар 2022

Рад прихваћен: јануар 2022



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-professional journal

Година XXVIII, Број 37, март 2022. год.
Year XXVIII, Issue 37, March 2022. year

ТЕХНОЛОГИЈЕ

Одговорни уредник:

Проф. др Данијела Јашин
Висока техничка школа струковних студија
Зрењанин

Редакцијски одбор:

Проф. др Азра Јагањац, УН експерт
Амбасадор зеленог инжењерства

Проф. др Александра Митровић
Академија техничких струковних студија
Београд

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

МОГУЋНОСТИ FISCHER-TROPSCH СИНТЕЗЕ КАО КАТАЛИТИЧКЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ У САВРЕМЕНОЈ ПЕТРОХЕМИЈСКОЈ ИНДУСТРИЈИ

POSSIBILITIES OF FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS AS CATALYTIC TECHNOLOGY IN MODERN PETROCHEMICAL INDUSTRY

МАТИЛДА ЛАЗИЋ¹
ДРАГАН ХАЛАС¹
ДАНИЈЕЛА ЈАШИН¹

¹Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

РЕЗИМЕ

У овом раду биће дат преглед комерцијалних каталитичких технологија производње синтезног гаса и Fischer-Tropsch синтезе у петрохемијској индустрији. Синтезни гас погодног састава за Fischer-Tropsch синтезу на глобалном нивоу, производи се следећим каталитичким технологијама: конверзија природног гаса; конверзија угља (уз претходну гасификацију); конверзија биомасе. Практично, применом Fischer-Tropsch синтезе, серијом каталитичких конверзија природних сировина и биомасе уз добијање синтезног гаса као међукоорак-међусировине, добијају се виша, течна угљоводонична моторна горива, која попримају све већи значај у тзв. мешовитом енергетском концепту и чине искорак ка чистим моторним горивима.

Кључне речи: синтезни гас, каталитичке технологије, Fischer-Tropsch синтеза

ABSTRACT

This paper will provide an overview of commercial catalytic technologies for the production of syngas intended for Fischer-Tropsch synthesis in the petrochemical industry. Syngas of suitable composition for Fischer-Tropsch synthesis on a global level, is produced by the following catalytic technologies: conversion of natural gas; conversion of coal (with prior gasification); conversion of biomass. Practically, by applying Fischer-Tropsch synthesis, i.e. by a series of catalytic conversions of natural raw materials and biomass, higher liquid hydrocarbon motor fuels are obtained, which are gaining more and more importance in the so-called a mixed energy concept and a step towards clean motor fuels.

Key words: Syngas, Catalytic technologies, Fischer-Tropsch synthesis

1. УВОД

Синтезни гас представља смешу водоника и угљен монооксида са веома варијабилним молским односом. Репрезентује такође, веома значајну и широко употребљавану сировину за комерцијалне Fischer-Tropsch синтезе (ФТС). ФТС је веома варијабилна рута за производњу течних угљоводоничних моторних горива и лубриканата [1] и веома је атрактивна, каталитичка технологија данашњице у петрохемијској индустрији. Као основни производи ФТС настају многобројне алтернативне хемикалије али и широк спектар виших угљоводоника (C_1-C_{70+}) при чему доминирају n-парафини [1,2]. У серији главних угљоводоничних производа, значајно место заузимају и линеарни олефини (нарочито 1-олефини, транс-2-олефини и цис-2-олефини). У принос производа ФТС убрајају се и споредни производи као што су алкохоли, алдехиди, кетони, киселине, циклични угљоводоници, разгранати парафини [2,3]. Спектар споредних производа ФТС, накнадним конверзијама се преводу у секундарне петрохемикалије најновије генерације, нпр. оксигенате (адитиви за моторне бензине нафтног порекла), естре, итд. [1-3].

Данас се из синтезног гаса применом комерцијалних каталитичких технологија базираних на ФТС, у петрохемијским комплексима широм света преодоминантно производе синтетички моторни бензин и дизел гориво са екстра ниским садржајем сумпора [1,2,3] али и виши течни угљоводоници различитих намена. Синтезни гас добијен савременим каталитичким технологијама може се користити и као напој за производњу метанола, етанола, итд. [1,2,3].

У мешовитом енергетском концепту метанол и етанол из синтезног гаса као прекурсора, представљају алтернативна горива или компоненте за немешавање са конвенционалним горивима, што синтезном гасу додатно даје на значају у

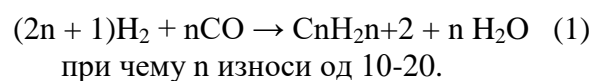
савременим кретањима производа петрохемијске индустрије. На крају руте хемијских синтеза са синтезним гасом као прекурсором, налазе се алтернативни лубриканти и мазиве масти [4,5], као веза доступних и расположивих природних сировина са високопрерађеним производима широког спектра индустријске примене [1-4].

Из синтезног гаса се може добијати водоник, као чисто гориво или сировина за хидрогеновање или се из њега издвојени угљен моноксид конвертује у угљен диоксид са применом као индустријски флуид или хемикалија.

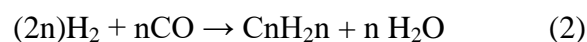
У овом раду биће дат преглед комерцијалних каталитичких технологија производње синтезног гаса и Fischer-Tropsch синтезе са применом у петрохемијској индустрији.

2. МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ FISCHER-TROPSCH СИНТЕЗЕ

ФТС је скуп олигомеризационих хемијских реакција у којима долази до конверзије синтезног гаса (смеша водоника и угљен монооксида) или воденог гаса у смешу угљоводоника дугих угљеничних ланаца [4]. ФТС чини веома сложени скуп катализованих хемијских трансформација. Одвија се према збирној реакцији [2-4] која је приказана једначином (1):



Једначином (1) производе се n-алкани. Истовремено са настајањем n-алкана, одвија се и реакција настајања олефина (првенствено, линеарних α -олефина) која је приказана једначином (2) и може се такође, сматрати главном реакцијом [2].



ФТС процеси се деле на нискотемпературне и високо температурне. У случају

нискотемпературне ФТС, реакције се одвијају у интервалу температуре од 150–350 °С. Више температуре фаворизују стварање метана, што није пожељно. Процес се одвија при благо повишеном притиску да би се фаворизовало настајање угљоводоника дугих ланаца. Рад на високим притисцима није пожељан јер би фаворизовао коксовање катализатора [3-5] што води ка његовој деактивацији.

Високотемпературна ФТС се изводи при температурама од 330–350 °С и користи катализатор на бази гвожђа.

Избором састава синтезног гаса као напоја и радних услова реакције, у ФТС реакторима погодне конструкције, може се фаворизовати настајање жељених производа у одговарајућим приносима, што је за савремену петрохемијску индустрију веома значајно јер јој даје могућност добијања веома широког спектра производа [1-6].

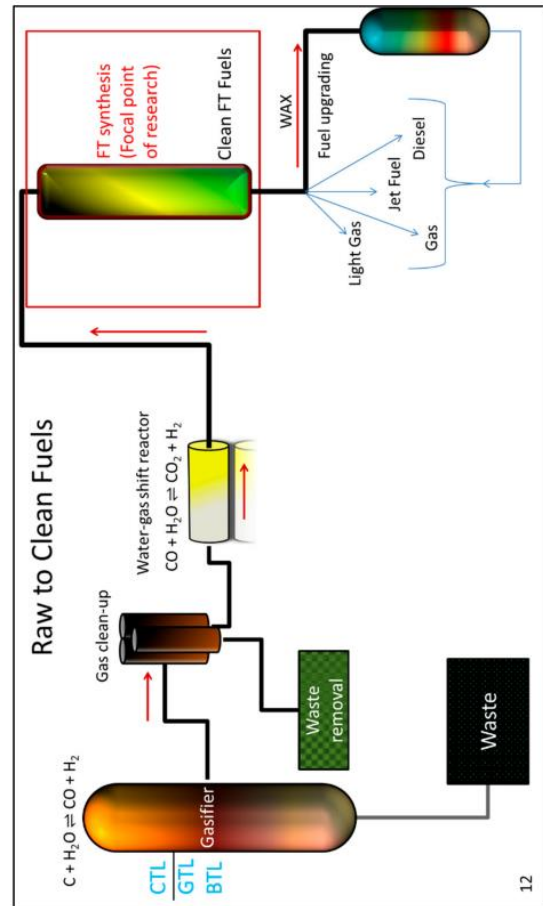
3. ТИПОВИ ФТС ТЕХНОЛОГИЈЕ

ФТС је олигомеризациона реакција синтезе у којој реакције производње синтезног гаса чине кључни корак [2,6-8]. У зависности од врсте природних сировина, као прекурсора за производњу синтезног гаса, разликују се три типа комерцијалних ФТС [2, 6-12]:

- ГТЛ (енг. Gas-to-Liquids),
- ЦТЛ (енг. Coal-to-Liquids),
- БТЛ (енг. Biomass-to-Liquids).

Наведени типови ФТС се међусобно разликују према врсти прекурсора синтезног гаса.

Упрошћен шематски приказ ГТЛ, ЦТЛ, БТЛ процеса као кључних корака у ФТС, приказани су на Слици 1. [2].



Слика 1. Упрошћен шематски приказ ГТЛ, ЦТЛ, БТЛ процеса као кључних корака у ФТС

Слика 1. представља изузетно сложено процесно постројење за ФТС, које се састоји из више интегрисаних процесних јединица [2]. Први и најважнији корак у ФТС (Слика 1.) је производња синтезног гаса из следећих природних ресурса: природни гас (ГТЛ), угаљ (ЦТЛ), биомаса (БТЛ). Избор природног ресурса се врши у зависности од локалне доступности исте за петрохемијску прераду у рафинеријама/комплексима [2].

Каталитичким технологијама полазећи од природног гаса (односно метана као основне компоненте), угља или биомасе производи се синтезни гас. Производња синтезног гаса се одвија у сложеним процесним јединицама, у којима врста и број операција/трансформација зависи од избора типа сировине.

За производњу сировог синтезног гаса угаљ и биомаса се прво гасификују (Слика 1.) јер представљају чврсте прекурсоре.

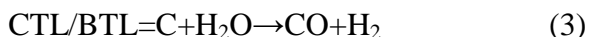
Из природног гаса, синтезни гас погодног састава, производи се следећим каталитичким технологијама [2-7]:

- суво реформирање метана,
- влажно реформирање метана,
- парцијална оксидација метана.

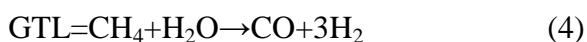
Суво реформирање метана подразумева конверзију метана из природног гаса воденом паром у присуству катализатора нпр. NiO-Al₂O₃. Суво реформирање обухвата каталитичку конверзију метана из природног гаса у присуству нпр. NiO-Al₂O₃. Парцијална оксидација метана из природног гаса је каталитичка конверзија кисеоником из ваздуха у присуству катализатора на бази гвожђа као активне компоненте. Парцијална оксидација метана је још увек најзаступљенији начин конверзије метана у синтезни гас у петрохемијској индустрији. Влажно и суво реформирање су технологије које данас, чине интензиван продор у комерцијализацији на глобалном нивоу.

Аутотермално реформирање метана и три-реформирање метана у присуству NiO-Al₂O₃ репрезентују каталитичке технологије најновије генерације за производњу синтезног гаса као сировине за ФТС [4-14].

Врсте хемијских реакција, које се одигравају у циљу добијања синтезног гаса (почетни корак, Слика 1.), зависе од врсте коришћеног природног ресурса и приказане су у једначинама (3,4) [2]:



при чему се добија молски однос $\text{CO}/\text{H}_2=0,7$



У случају CTL и GTL (једначина (3)) сирови синтезни гас добија се конверзијом претходно гасификованог

прекурсора (угља и биомасе) у каталитичком реактору (Слика 1.) Настали синтезни гас мора се пречишћавати пре уласка у реактор за ФТС. Потребан је третман ради уклањања алкалних метала, остатака катализатора, сумпорних једињења, угљен диоксида, азотних једињења, и других киселих састојака [2]. Уклањање сумпорних једињења је веома важно јер она представљају каталитичке отрове за ФТС катализатор [2,3] пошто смањују његову активност и воде ка деактивацији.

У случају да је сирови синтезни гас произведен CTL и BTL технологијама (једначина (3)), добијени молски однос водоника и угљен монооксида није погодан за директну ФТС (Слика 1.) [2,3]. Састав синтезног гаса се може побољшати применом реакције воденог гаса [2]. Гвожђе карбид се може користити као катализатор у реакцији воденог гаса јер је активан и у ФТС [2]. При томе се добија молски однос компонената у синтезном гасу $\text{CO}/\text{H}_2=1$, погодан директно, за ФТС.

Применом GTL технологија добија се погодан састав синтезног гаса, директно применљив у ФТС [2].

Пречишћен синтезни гас, подешеног састава (Слика 1.) улази у ФТС реактор са непокретним слојем катализатора. У реактору се изводе сложене трансформације (једначине (3,4)) под оптималним радним условима. Као производ ФТС реактора добија се реакциона смеша, која садржи: лаке гасове, авионски и моторни бензин, дизел гориво и воскове [2]. Практично, добија се смеша виших течних угљоводоничних производа широког састава, коју прати лаки гас. Реакциона смеша се раздваја на гасовиту и течну фазу. Добијена течна смеша иде на додатну конверзију на тзв. upgrading (Слика 1.). Процес подразумева извођење каталитичког хидрокрековања воскова у циљу добијања пројектованог C-опсега виших угљоводоника, који обухватају: бензин, дизел, авио гориво, лубриканте [2].

Настали производи ФТС (Слика 2.) : дизел, моторни бензин и авио гориво су са ултра ниским садржајем сумпора [2,3] што им даје предност примене јер задовољавају осим технолошких спецификација и оштре еколошке прописе.

4. КАТАЛИЗАТОРИ ЗА ФТС

ФТС генерално, обухвата следеће реакционе ступеве који се одвијају на површини погодно изабраног каталитичког система [2]:

- адсорпција реактаната на активна места на површини катализатора,
- иницирање реакције пораста C-ланца,
- пропација C-ланца,
- терминација,
- десорпција производа реакције са површине катализатора.

Прелазни метали: кобалт, гвожђе, рутенијум и никал показују каталитичку активност за ФТС. Због приступачности, цене и карактеристика при деактивацији, у индустријској употреби су најчешће гвожђе и кобалт [2,15,16]. Промотори активне компоненте су најчешће, оксиди алкалних метала а користе се у својству структуралних стабилизера. У случају нпр. гвожђе карбида промотори фаворизују селективност насталих производа [2]. Традиционални носачи катализатора фаворизују повољне интеракције активне фазе и носача, што је веома важно за ефикасност извођења каталитичке реакције. Носач по потреби даје бифункционалност и то, у зависности од формулације катализатора и реакције у којој треба да ради. Високе перформансе катализатора које морају доћи до изражаја у каталитичком реактору односно, у конкретним радним условима реакције веома су важни показатељи избора каталитички активне фазе и носача за употребу у комерцијалним ФТС.

Највероватнији механизми каталитичког процеса ФТС приказани су у раду Shafer et.al. [2].

Нискотемпературна ФТС користи катализатор на бази гвожђа или кобалта као активне компоненте. Пример је постројење Shell, Бинтулу, Индија [13,14].

Пример високотемпературне ФТС је Sasol постројење у Катару. Sasol патентна технологија различитих генерација се заснива на CTL технологијама и веома је комерцијализована [3-6].

5. ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАТЦИ ФТС

Основна предност ФТС се огледа у томе што технологија, као полазну сировину, може да користи широк спектар природно расположивих ресурса. Веома значајна предност ФТС у односу на технологије производње течних горива нафтног порекла је конкурентност цене производа на тржишту [17].

Основни недостатак ФТС су изузетно велики капитални и оперативни трошкови при изградњи постројења, као и време изградње комплексних постројења. Морају се узети у обзир и корпоративне таксе у појединим развијеним земљама и различитости политика према алтернативним горивима [17]. Међутим, брзина повраћаја инвестиционих трошкова постројења и исцрпљивост природних ресурса за производњу горива, иду у прилог даљој комерцијализацији ФТС на глобалном нивоу [17].

6. ЗАКЉУЧАК

Ширењем ресурса добијања синтезног гаса варијабилног састава уз примену различитих формулација катализатора, отварају се могућности добијања све ширег спектра ФТС производа петрохемијске индустрије.

Широка комерцијализација и унапређење процеса ФТС има све већу улогу у продору тзв. мешовитог енергетског концепта односно, повећања

заступљености чистих горива, која нису пореклом из нафте. Комплексним, вишестепеним технологијама које обухвата ФТС, из различитих природних ресурса, добија се широк спектар нових тзв. високопрерађених и чистих петрохемикалија. Добијени производи се налазе на врху пирамиде супституције тзв. прљавих енергетских технологија и представљају трендове будућности петрохемијске прераде на глобалном нивоу.

ФТС према наведеном, представља пример повезаности катализе, зелене хемије и производње одрживе енергије за широку потребу.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Nowicki, L., Bukur, D.B., *Studies in Surface Science and Catalysis*, vol. 136, Elsevier, 2001.
- [2] Shafer, W.D., Gnanamani, M.K., Graham, U.M., Yang, J., Fischer-Tropsch: Product Selectivity—The Fingerprint of Synthetic Fuels, *Catalysis*, volume 9, issue 3, 259-316, 2019.
- [3] Martin., M.M., Syngas, chapter 5 in *Industrial Chemical Process Analysis and Design*, pp 199-297, 2016.
- [4] Arno de Klerk, A., Fischer-Tropsch Process, in *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, Weinheim, Wiley-VCH, 2013.
- [5] Schulz, H., Short history and present trends of Fischer-Tropsch synthesis, *Applied Catalysis A: General*, vol 186, issue 1–2, 3–12, 1999.
- [6] Wilhelm, D.J., Simbeck, D.R., Karp, A.D., Dickenson, R.L, Syngas production for gas-to-liquids applications: Technologies, issues and outlook, *Fuel Process. Technol.*, vol. 71, 139–148, 2001.
- [7] Wood, D.A., Nwaoha, C., Towler, B.F., Gas-to-liquids (GTL): A review of an industry offering several routes for monetizing natural gas, *J. Nat. Gas Sci. Eng.*, vol. 9, 196–208, 2012.
- [8] Jessop, P.G., Subramaniam, B.. Gas-Expanded Liquids, *Chem. Rev.*, vol. 107, 2666–2694, 2007.
- [9] Davis, B.H., Clean fuels from coal: The path to 1972. *Prepr. Symp. Am. Chem. Soc. Div. Fuel Chem.*, vol. 48, 141–143, 2003.
- [10] Zhang, Y., Davis, B.H., Indirect coal liquefaction—Where do we stand?, *Prepr. Am. Chem. Soc. Div. Pet. Chem.*, vol. 44, 20–24, 1999.
- [11] Whitehurst, D.D., Mitchell, T.O., Farcasiu, M., *Coal Liquefaction: The Chemistry and Technology of Thermal Processes*, Academic Press, Inc.: New York, NY, USA, 1980.
- [12] Liu, Z., Shi, S., Li, Y., Coal liquefaction technologies—Development in China and challenges in chemical reaction engineering, *Chem. Eng. Sci.*, vol. 65, 12–17, 2010.
- [13] Balonek, C.M., Lillebø, A.H., Rane, S., Rytter, E., Schmidt, L.D., Effect of Alkali Metal Impurities on Co–Re Catalysts for Fischer–Tropsch Synthesis from Biomass-Derived Syngas, *Catalysis Letters*, vol. 138, issue 1–2, 8–13, 2010.
- [14] Gas to Liquids (GTL) Technology, Retrieved 15 May 2015.
- [15] Dry, M.E., The Fischer–Tropsch process: 1950–2000, *Catal. Today*, vol. 71, 227–241, 2002.
- [16] Enger, B.C., Holmen, A., Nickel and Fischer-Tropsch Synthesis, *Catal. Rev.*, vol. 54, 437–488, 2012.
- [17] Suppes, G.J., Storvick, T.S., Energy and Sustainability, *Sustainable Power Technologies and Infrastructure*, 75–119, 2016.

Адреса аутора: Лазић Матилда, професор струковних студија, Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину, Зрењанин, Борђа Стратимировића 23

е-маил: matildalazic@outlook.com

Рад примљен: јануар 2022

Рад прихваћен: јануар 2022

KVANTITATIVNA KVALITATIVNA ANALIZA PROTEINA DURUM PŠENICE LAB-ON-A-CHIP (LOAC) ELEKTROFOREZOM

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ANALYSIS OF DURUM WHEAT PROTEIN BY LAB-ON-A-CHIP (LOAC) ELECTROPHORESIS

MILANA DRAŠKOVIĆ¹
GORDANA LUDAJIĆ²

¹Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu

REZIME

Durum pšenica predstavlja najpogodniju sirovinu za proizvodnju testenine. Visok nivo ujednačenosti kvaliteta sorti durum pšenice za testeničarsku industriju je od izuzetnog značaja. Kvalitet genotipova durum pšenice je podložan promenama koje se dešavaju kao odgovor na izmenjene klimatske uslove. Genetski materijal korišćen u ovom istraživanju obuhvatio je četrnaest genotipova durum pšenice koje su uzgajane na istom lokalitetu, oglednom polju Instituta za kukuruz "Zemun Polje" tokom dve proizvodne godine. Presudan faktor kvaliteta durum pšenice je sadržaj proteina i njihova struktura. Kvalitativni i kvantitativni elektroforetski profili proteina glutena određeni su pomoću Lab-on-a-chip (LoaC) elektroforeze.

Cilj ovog rada je procena parametara kvaliteta različitih genotipova durum pšenice poreklom iz dve proizvodne godine, proučavanje korelacija između pokazatelja kvaliteta, kao i ispitivanje uticaja klimatskih faktora na tehnološki kvalitet durum pšenice.

Ključne reči: durum pšenica; proteini; Loac elektroforeza; klimatski faktori

ABSTRACT

Durum wheat represents the most suitable raw material for the production of pasta. The high level of quality standard uniformity of different varieties of durum wheat is of great importance for pasta making industry. The genotypes quality is subject to changes to occur as a consequence of changed climate conditions. Genetic material used in this research includes fourteen genotypes of durum wheat grown on the same locality on the experimental field of Maize Research Institute "Zemun Polje" during two production years.

The crucial factor is the quality durum wheat protein content. The qualitative and quantitative electrophoretic profiles of protein are determined using the Lab-on-a-chip (LoaC) electrophoresis. The aim of this work is quality parameters assessment of various durum wheat genotypes grown during two productions years, examination of the relation between quality parameters, and of the climatic factors influence on the technological quality of durum wheat.

Key words: durum wheat; proteins; Loac electrophoresis; climatic factors

1. UVOD

Pšenica je žitarica koja se uzgaja u različitim klimatskim uslovima. Postoji veliki broj različitih sorti pšenice, a njihova zrna se mogu razlikovati po veličini, obliku, sadržaju proteina. Za proizvodnju testenina dobrog kvaliteta neophodno je obezbediti pšenicu visoke staklavosti sa visokim sadržajem proteina, sa visokom koncentracijom bojenih materija i niskim sadržajem lipolitičkih i amilolitičkih enzima. Sadržaj, kvalitet i vrsta proteina imaju najvažniji uticaj na kvalitet testenine.

Mlevenjem tvrde durum pšenice sa visokim sadržajem proteina (12-16%) dobija se odgovarajuća sirovina (krupica-semolina) za testeničarsku industriju. Moderna proizvodnja testenine zahteva krupicu sa više od 14% proteina, što odgovara sadržaju proteina u zrnju od 15% [1]. Od semoline sa većim sadržajem proteina proizvodi se testenina koja je čvrsta i elastična, i koja tokom kuvanja dobro bubri, a ostaje čvrsta i ne lepi se. Sa druge strane, testenina napravljena od semoline sa niskim sadržajem proteina je veoma lomljiva i ima malu čvrstoću, gubici organske materije tokom kuvanja su uvećani, a kuvana testenina se lepi [2]. Proteini glutena čine 80% od ukupnih proteina brašna i predstavljaju rezervne proteine pšenice [3]. Proteini glutenskog kompleksa se sastoje iz dve frakcije: glijadina, rastvorljivih u alkoholu i glutenina, nerastvorljivih u alkoholu ali rastvorljivih u razblaženim kiselinama ili bazama. Glijadini su monomerni proteini molekulske mase od 30 do 80 kDa, i imaju izražen genetski polimorfizam i zbog toga se koriste za identifikaciju sorti pšenice [4]. Glijadini se mogu klasifikovati u četiri grupe α -, β -, γ - i ω -glijadine, na osnovu svojih biohemijskih i genetičkih karakteristika [5] i pokretljivosti u kiselj sredini u poliakrilamid gel elektroforezi [6]. Molekulske mase ω -glijadina su između 46 do 74 kDa, dok su molekulske mase α , β , i γ -glijadina niže i kreću se u opsegu od 30 do 45 kDa [7].

Sinteza glijadina kodirana je genima na Gli-1 lokusu koji se nalazi na kraćem kraku hromozoma 1 i Gli 2 lokusu koji se nalazi na kraćem kraku hromozoma 6. Sinteza γ -glijadina i ω -glijadina kodirana je sa dva lokusa Gli-A1 i Gli-B1, koji se nalaze na kraćim kracima hromozoma 1A i 1B. Sinteza α -glijadina i β -glijadina kodirana je sa dva lokusa Gli-A2 i Gli-B2, koji se nalaze na kraćim kracima hromozoma 6A i 6B [8].

Glutenini predstavljaju heterogene smeše polimera nastale povezivanjem polipeptida disulfidnim vezam, spadaju među najveće proteine čija je molekulska masa veća od 10 miliona Da [9]. Prema njihovoj elektroforetskoj pokretljivosti mogu se klasifikovati u četiri grupe: A grupa odgovara gluteninskim podjedinicama velike molekulske mase (High Molecular Weight – HMW-GS) od 80-120 kDa, dok B grupa (42-51 kDa), C grupa (30-40 kDa) i D grupa (46-74 kDa) pripada gluteninskim podjedinicama male molekulske mase (Low Molecular Weight Glutenin Subunits– LMW-GS) [10,11].

Glutenini male molekulske mase (LMW-GS) predstavljaju jednu trećinu od ukupnih proteina u endospermu i oko 60% ukupnih glutenina [12], LMW-GS imaju važnu ulogu u određivanju kvaliteta testenine od durum pšenice [13]. Poslednjih godina analitički instrument novije generacije Agilent 2100 Bioanalyzer je uglavnom korišćen za procenu kvaliteta pšenice *Triticum aestivum* [14,15]. Kako nema dovoljno podataka o njegovj upotrebi u proceni kvaliteta tvrde pšenice (*Triticum durum* Desf.), cilj ovog rada je da se ispita njegov potencijal u proceni kvaliteta različitih genotipova durum pšenice uzgajanih tokom dve proizvodne godine, kao i da se ispita uticaj klimatskih faktora na tehnološki kvalitet durum pšenice.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

2.1. MATERIJAL

Genetski materijal korišćen u ovom istraživanju obuhvatio je 14 genotipova

durum pšenice, ozimog i fakultativnog tipa dobijenih od Instituta za kukuruz u Zemun Polju, Beograd, Srbija (Tabela 1). Pšenica je uzgajana na istom oglednom polju Instituta za kukuruz “Zemun Polje” tokom dve proizvodne godine (2011–2012 i 2012–2013).

Tabela 1. Poreklo i tip ispitivanih genotipova durum pšenice (*Triticum durum* Desf.)

Genotip	Poreklo	Instititut	Tip
1 ZP 7/I	Srbija	MRIZP	ozima
2 ZP 46/I	Srbija	MRIZP	ozima
3 ZP 63/I	Srbija	MRIZP	ozima
4 ZP 64/I	Srbija	MRIZP	ozima
5 ZP 74/I	Srbija	MRIZP	ozima
6 ZP 34/IE	Srbija	MRIZP	fakul tativna
7 ZP 34/IL	Srbija	MRIZP	fakul tativna
8 ZP 120/I	Srbija	MRIZP	fakul tativna
9 37EDUYT #7817	Meksiko	CIMMYT	fakul tativna
10 37EDUYT #7857	Meksiko	CIMMYT	fakul tativna
11 37EDUYT#7879	Meksiko	CIMMYT	fakul tativna
12 37EDUYT#7881	Meksiko	CIMMYT	fakul tativna
13 DSP-MD-01#66	Sirija	ICARDA	fakul tativna
14 DSP-MD-01#66†	Sirija	ICARDA	fakul tativna

MRIZP- Institut za kukuruz “Zemun Polje”, Srbija; CIMMYT – Internacionalni centar za poboljšanje kukuruza i pšenice (Meksiko); ICARDA – Internacionalni centar za poljoprivredna istraživanja u sušnim oblastima (Sirija).

2.2. KLIMATSKI USLOVI

Podaci o klimatskim uslovima koji su vladali tokom vegetacionog perioda maj-jun na oglednim poljima dobijeni su od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije [16]. Klimatski uslovi Zemun Polja i Surčina, mogu se definisati kao poseban

jugozapadni varijetet semiaridne klime sa izraženim kontinentalnim karakterom. Dobijeni podaci izmereni su na lokalitetu Surčin (nadmorska visina 96m, geografska širina 44°49' i geografska dužina 20°17') i predstavljaju prosečne vrednosti podataka izmerenih svakog sata.

Agrometerološki uslovi u proizvodnoj 2011/2012 godini, tokom juna meseca, zbog veoma toplog vremena sa znatno manje padavina (svega 32% od višegodišnjeg proseka), uticali su na brži protok početnih faza zrenja ozimih žita. Maksimalne temperature vazduha su najčešće bile oko 30°C, ali je pojedinih dana zabeleženo i preko 35°C. Toplo i uglavnom suvo vreme nije nepovoljno uticalo na opšte stanje ozimih useva, jer je zrno durum pšenice pre pojave visokih temperatura već bilo dobro naliveno. Zbog pojave visokih temperatura vazduha konačne faze zrenja ozimih žita prošle su brže od uobičajenih, pa je i žetva započela desetak dana ranije. Klimatski uslovi u 2012/2013. godini u drugoj polovini maja pokazuju zahlađenje koje je trajalo do prve dekade juna i donekle je usporilo faze razvoja (cvetanje, oplodnja, formiranje i nalivanje zrna). U prvoj dekadi juna obilne padavine, vremenske nepogode i olujni vetrovi su uslovlili poleganje useva. Vremenski uslovi su se stabilizovali početkom druge dekade juna i došlo je do porasta temperature vazduha što je omogućilo prosušivanje zemljišta i početak završnih faza zrenja ozimih žita. Maksimalne temperature vazduha od polovine meseca su najčešće bile oko 30°C, ali je pojedinih dana zabeleženo i preko 35°C. Toplo vreme uz povremene obilne padavine nije nepovoljno uticalo na stanje ozimih useva, jer je zrno pšenice pre pojave visokih temperatura već bilo dobro naliveno, tako da je ono pri ovakvim uslovima brže gubilo vlagu, a završne faze zrenja ozimih žita su prošle brže i žetva je započela nekoliko dana ranije.

Prosečne mesečne vrednosti šest klimatskih parametara: prosečna mesečna maksimalna temperatura, prosečna mesečna minimalna temperatura, prosečna mesečna

srednja temperatura, broj dana sa temperaturama višim od od 30°C (25°C), prosečna mesečna relativna vlažnost vazduha i suma padavina za mesec za maj i jun prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2. Prosečne vrednosti klimatskih uslova merenih na lokalitetu Zemun Polje u 2012. i 2013. godini

Mesec	Godina 2012	Godina 2013
	maksimalne temperature (°C)	
Maj	30.0	31.7
Jun	35.7	35.4
	temperature više od 30 °C (25 °C) (dana)	
Maj	1 (11)	3 (15)
Jun	19 (26)	9 (16)
	minimalne temperature (°C)	
Maj	6.9	6.2
Jun	8.1	9.3
	srednje temperature (°C)	
Maj	17.3	18.2
Jun	24.0	20.7
	srednja relativna vlažnost (%)	
Maj	71	66
Jun	56	71
	padavine (mm)	
Maj	75.4	98.6
Jun	15.8	39.2

2.3. METODE

2.3.1. LABORATORIJSKO MLEVENJE PŠENICE

Sva ispitivanja obavljena su u okviru akreditovanih laboratorija Naučnog instituta za prehrambene tehnologije FINS u Novom Sadu. Durum pšenica je samlevena na mlinu Sedimat (Brabender, Nemačka) Mlevenjem na laboratorijskom mlinu Sedimat zrno pšenice se razdvaja na frakciju sa definisanom veličinom čestica do 150 µm, poreklom iz centralnog dela pšeničnog zrna i preostali deo zrna. Za analizu korišćena je frakcija iz centralnog dela zrna gde su skoncentrisani rezervni proteini pšenice. Za ispitvanje je uzeta (odmerena) količina 30 mg brašna. Ovako pripremljeni uzorci brašna korišćeni su dalje za ispitivanje proteina brašna.

2.3.2. Karakterizacija glijadina i glutenina pomoću automatske kapilarne elektroforeze (Lab-on-a-chip)

Karakterizacija glijadina i glutenina je izvedena postupkom elektroforetskog razdvajanja automatskom Lab-on-a-Chip kapilarnom elektroforezom.

Ekstrakcija albumina je izvedena prema Osborne-ovom ekstrakcionom postupku. Pšenično brašno (30 mg) je ekstrahovano sa 300 µl dejonizovane vode i zatim intenzivno homogenizovano 10 s na 3000 rpm. Nakon 24h ekstrakcije uzorci su centrifugirani 20min na 14000 o/min i dobijeni supernatant albumina je odbačen, a talog je korišćen za dalju analizu. Zatim su ekstrahovani globulini sa 2%-tnim rastvorom NaCl i talog je upotrebljen za dalju ekstrakciju. Glijadini su ekstrahovani dodatkom 300 µl 70%-tnog rastvora etanola na prethodno izdvojeni talog. 200 µl supernatanta glijadina je odvojeno i ostavljeno da rastvarač ispari. Na taj način se dobio čist talog glijadina. Zatim je u preostali talog uzorka brašna i čist talog glijadina dodato 200 µl 2% rastvora SDS (sodium dodecil sulfat) koji sadrži 5% β-merkaptetanola (treatment buffer) koji služi za ekstrakciju gluteninskih podjedinica kao i za denaturaciju gluteninskih i glijadinskih podjedinica.

Nakon dodavanja treatment buffer-a talog uzorka brašna je homogenizovan mikserom velike brzine (vortex) 10 s, uzorci su zagrejani na vodenom kupatilu 5 minuta na 100°C. Posle izvršene denaturacije toplotom, uzorke postepeno hladiti u trajanju (15-20 min) da bi se smanjila količina gela nakon centrifugisanja i obezbedila veća količina supernatanta. Ovako su pripremljeni rastvori sa glijadinskim podjedinicama, dok su rastvori sa ekstraktom glutenina centrifugirani 20 min na 14000 o/min, a supernatant je korišćen za analizu gluteninskih podjedinica.

Elektroforetsko razdvajanje ekstrahovanih proteina izvedeno je na uređaju Agilent 2100 Bioanalyzer (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) u kombinaciji sa 2100 Expert Software računskim programom i Protein 230 Kit

kompletom čipova, reagenasa i pomoćne opreme, koji služe za razdvajanje proteina čije molekulske mase se kreću od 14 do 240 kDa.

Pored uzoraka, na čip se aplikuje i smeša proteinskih markera referentnih proteina (4,5; 7; 15; 28; 46; 63; 95, 150 i 240 kDa), čime je omogućeno precizno izračunavanje molekulskih masa dobijenih frakcija. Rezultati analize čip elektroforeze su softverski predstavljeni na dva različita načina, kao kvantitativni profil i kao simulirane fotografije gela. Svaki elektroforegram opisuje kvalitativno (molekulske mase) i kvantitativno (koncentracije). Kvantitativni profil čine niz pikova koji su od presudnog značaja za kvantifikaciju. Kvalitativna analiza proteina podrazumeva određivanje molekulskih masa razdvojene frakcije proteina a kvantitativna određivanje koncentracije svake od definisane proteinske frakcije. Svi uzorci su analizirani u dva ponavljanja koja se izvode na istom ili različitom čipu.

2.4. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Za obradu eksperimentalno dobijenih vrednosti udela proteina glutena ispitivanih uzoraka durum pšenice korišćeni su Expert 2100 Software program i Microsoft Excel 7. Dobijene baze podataka su obrađene primenom ANOVA testa, radi utvrđivanja statističke značajnosti razlika među uzorcima genotipova durum pšenice.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U vegetacionom periodu pšenice u toku maja i juna, koji utiče na kvalitet i količinu proteina i skroba u zrnu pšenice, dve proizvodne godine su se međusobno razlikovale i u pogledu trajanja visokih temperatura, i u pogledu sume padavina. Godinu 2011-2012 karakterisao je duži toplotni stres u junu, a 2012-2013 godinu veća ukupna količina padavina, za 50% veća u maju i više od dva puta veća u junu.

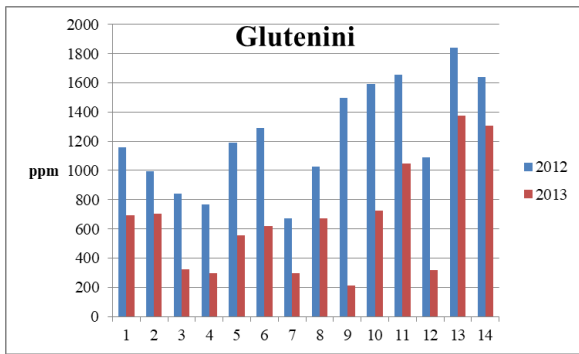
Srednje vrednosti kvantitativno određenih udela gluteninskih i glijadinskih frakcija u intervalu molekulskih masa od 13-220 kDa, kao i njihov zbirni udeo u glutenu, pojedinačno po uzorcima za dve proizvodne godine prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. Kvantitativni odnos glutenina i glijadina u glutenu za uzorke durum pšenice

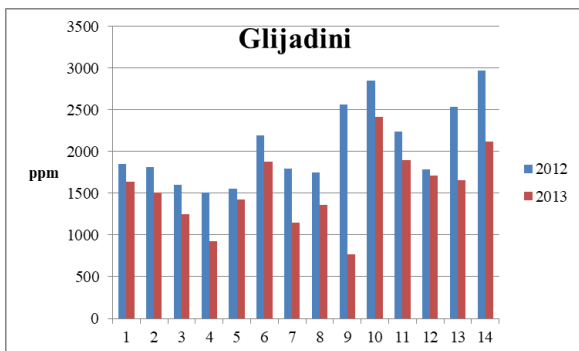
br. uzorka	godina	glutenini (ppm)	glijadini (ppm)	gluten (ppm)	glutenini %	glijadini %
1	2012	1158,60	1847,90	3006,50	39	61
1	2013	690,40	1642,20	2332,60	30	70
2	2012	1022,50	1816,85	2838,35	36	64
2	2013	761,70	1509,40	2271,1	33	67
3	2012	842,10	1602,10	2444,20	34	66
3	2013	320,80	1251,75	1572,55	20	80
4	2012	768,40	1510,20	2278,60	34	66
4	2013	295,40	921,20	1216,60	24	76
5	2012	1192,00	1552,40	2744,40	43	57
5	2013	554,10	1421,60	1975,70	28	72
6	2012	1289,55	2197,00	3486,55	37	63
6	2013	617,95	1879,10	2497,05	25	75
7	2012	673,70	1793,70	2467,40	27	73
7	2013	295,50	1145,40	1440,90	21	79
8	2012	1025,50	1748,75	2774,25	37	63
8	2013	670,50	1362,50	2033,00	33	67
9	2012	1499,20	2563,05	4062,25	37	63
9	2013	213,80	767,95	981,75	22	78
10	2012	1590,70	2850,30	4441,00	36	64
10	2013	723,10	2419,00	3142,10	23	77
11	2012	1653,90	2236,20	3890,10	43	57
11	2013	1047,90	1896,50	2944,40	36	64
12	2012	1091,10	1790,00	2881,10	38	62
12	2013	318,10	1711,50	2029,60	16	84
13	2012	1842,50	2540,20	4382,70	42	58
13	2013	1375,60	1657,50	3033,10	45	55
14	2012	1639,10	2976,00	4615,10	36	64
14	2013	1308,50	2117,40	3425,90	38	62

Kod svih ispitivanih genotipova durum pšenice, udeo glutenina i glijadina je značajno veći u sušnoj 2012. godini u odnosu na 2013. godinu. Procentualno u glutenu su znatno više zastupljeni glijadini (55-84%) u odnosu na glutenine (16-45%) (Tabela 3).

Sistemska analiza primenom ANOVA testa, pojedinačno po uzorcima posebno za gluteninsku i za glijadinsku frakciju za dve proizvodne godine, uključuje i ispitivanje značajnosti razlika između genotipova durum pšenice, kao i njihov odgovor na različite klimatske uslove koji su vladali u dve proizvodne godine (slika1 i slika2).



Slika 1. Uticaj klimatskih faktora na udeo glutenina genotipova durum pšenice



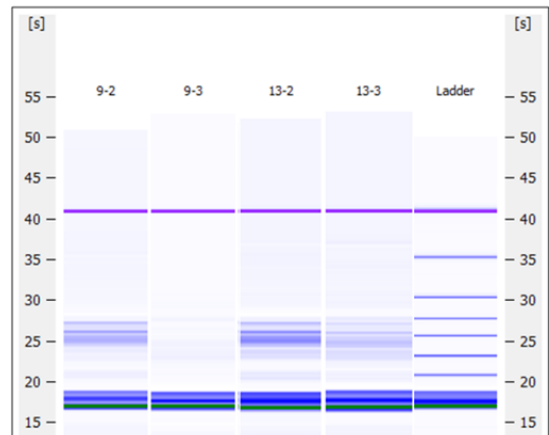
Slika 2. Uticaj klimatskih faktora na udeo glijadina genotipova durum pšenice

Klimatski uslovi za vreme naliavanja zrna utiču na akumulaciju proteina u pšeničnom zrnu i mogu da izmene funkcionalna svojstva dobijenog brašna. Kvalitet pšeničnog zrna je funkcija hemijskog sastava zrna, prvenstveno proteinske komponente, koji zavisi od genotipa i spoljnih faktora (klimatskih faktora, đubriva, lokaliteta gajenja).

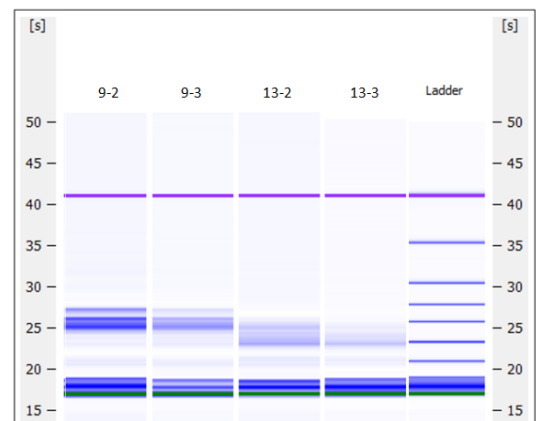
Najveće variranje, odnosno najizraženiji klimatski uticaj u udelu glutenina i glijadina se zapaža kod uzorka 9. Uzorak 13 je imao najveći udeo glutenina u obe proizvodne godine (slika 1, slika 2).

Sastav proteina zrna pšenice se menja u toku razvoja zrna. Jedna od posledica ove činjenice je da uslovi koji skraćuju naliavanje zrna, kao što su visoke temperature ili suša, utiču na balans proteinskih frakcija [17,18]. Uticaj karakteristika glutenskog kompleksa na tehnološki kvalitet pšenice ispitivanih sorti veoma dobro može proceniti na osnovu izgleda gela sa razdvojenim frakcijama glijadina i glutenina.

Slike 3 i 4 prikazuju gel imidž gluteninskih i glijadinskih frakcija u ispitivanom intervalu molekularnih masa od 4,5 do 240 kDa, uzorci brašna durum pšenice 9 i 13 se razlikuju u kvalitativnom smislu, uočljiva je vidljiva razlika u intenzitetu obojenja traka gela koje predstavljaju količinu razdvojenih frakcija.

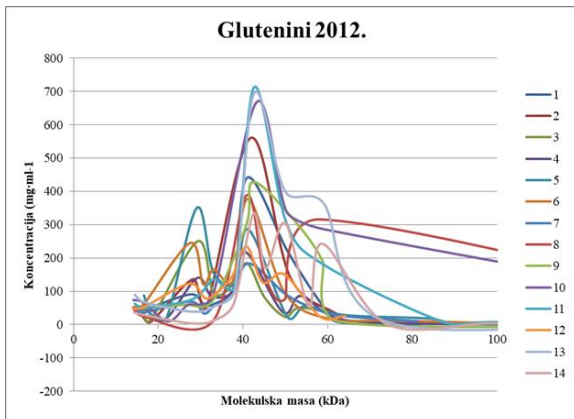


Slika 3. Softverska simulacija izgleda gela sa razdvojenim frakcijama glutenina uzorka 9 i 13 (2012. i 2013. proizvodna godina)



Slika 4. Softverska simulacija izgleda gela sa razdvojenim frakcijama glijadina uzorka 9 i 13 (2012. i 2013. proizvodna godina)

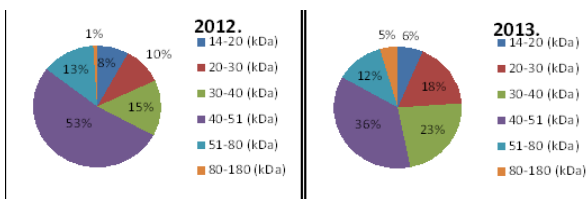
Za dalju analizu odabrano je 5 grupa gluteninskih podjedinica koje su se izdiferencirale u okviru niskih molekularnih masa od 14-20 kDa, 20-30 kDa, 30-40 kDa, 40-51 kDa, 51-80 kDa i jedna grupa gluteninskih podjedinica koje su se izdiferencirale u okviru molekularnih masa od 80-180 kDa, kako bi lakše ustanovili uticaj klimatskih uslova na udele gluteninskih frakcija (slika 5).



Slika 5. Grupisanje gluteninskih podjedinica prema molekulskim masama

Udeli glutenina niskih molekulskih masa od 14-20 kDa u toploj sušnoj 2012. godini statistički su viši nego u kišnoj 2013. godini. Frakcija koja se nalazi u opsegu molekulskih masa 40-51 kDa (slika 6) čini više od polovine ukupne količine glutenina (53%) u 2012. godini. Najmanji sadržaj gluteninskih frakcija pokazali su svi ispitivani uzorci u opsegu molekulskih masa od 80-180 kDa.

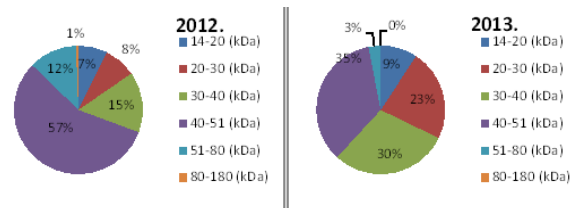
Gluteninske frakcije od 20-30 kDa i 30-40 kDa, imaju obrnut trend, kao i gluteninske podjedinice visokih molekulskih masa od 80-180 kDa. Kod glutenina od 51-80 kDa nisu značajne razlike između dve proizvodne godine 2012. i 2013. (u korist 2012), što je prikazano na slici 6.



Slika 6. Udeo pojedinih frakcija glutenina u odgovarajućim intervalima molekulskih masa uzoraka brašna različitih genotipova durum pšenice iz 2012. i 2013. proizvodne godine

Dobijeni rezultati su pokazali da je udeo glijadinskih frakcija u opsegu niskih molekulskih masa od 14-20 kDa, 20-30 kDa i 30-40 kDa u kišnoj 2013. godini znatno viši nego u sušnoj 2012. Obrnuti trend imaju udeli najzastupljenijih glijadina od 40-51

kDa, kao i udeli od 51-80 kDa i glijadini visokih molekulskih masa od 80-180 kDa, što je prikazano na slici 7.



Slika 7. Udeo pojedinih frakcija glijadina u odgovarajućim intervalima molekulskih masa uzoraka brašna različitih genotipova durum pšenice iz 2012. i 2013. proizvodne godine

U odnosu na literaturne podatke [19] gde autori navode da je procentualni odnos glutenina i glijadina u glutenu (50% : 50%), svi uzorci analiziranih genotipova durum pšenice su imali procentualno veći udeo glijadina u obe godine. Najizraženiju razliku je pokazao uzorak 12 u 2013. godini u odnosu na glutenin i glijadinu (16% : 84%), a procentualno najpribližniji odnos glutenina i glijadina je imao uzorak 13 u 2013. godini (45% : 55%).

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da postoje značajne razlike u strukturi i udelima niskomolekularnih i visokomolekularnih kao glutenina, tako i glijadina između ispitivanih genotipova durum pšenice. Ispitivani genotipovi durum pšenice pokazali su razlike u pogledu strukture i udela frakcija proteina kao gluteninske, tako i glijadinske frakcije u opsegu molekulskih masa od 14 do 220 kDa.

U posmatranom opsegu molekulskih masa od 14 do 220 kDa, utvrđeni su znatno viši udeli glijadinskih (63% u 2012 i 72% u 2013) u odnosu na gluteninske frakcije (36,96% u 2012. i 27,99% u 2013.). Količine frakcija glutenina su manje u odnosu na količine frakcija glijadina. Gluteninske i glijadinske podjedinice su se izdiferencirale u pet grupa u okviru niskih molekulskih masa od 14-20 kDa, 20-30 kDa, 30-40 kDa, 40-51 kDa, 51-80 kDa i jednu grupu u

okviru visokih molekulskih masa od 80-180 kDa. Genotipovi durum pšenice imali su niži sadržaj glutenina i glijadina, u kišnoj 2013. godini nego u sušnoj 2012. godini.

Utvrđeno je da gluteninska i glijadinska frakcija u opsegu molekulskih masa 40-51 kDa u uzorcima pšenice iz 2012. godine čini 53% ukupne količine glutenina, odnosno 57% ukupne količine glijadina.

Elektroforetska karakterizacija glijadinske i gluteninske frakcije proteina genotipova durum pšenice u dve ispitivane godine pokazala je visoke različitosti polipeptidnog sastava, koje se mogu pripisati uticaju spoljnih faktora, genotipa i međusobnim delovanjem genotipa i sredine.

5. LITERATURA

- [1] Landi A, Guarneri R. 1992. Durum wheat and pasta industries: Twenty years of achievement in science and technology. In: Cereal Chemistry and Technology: A long past and a bright future. Proceeding of 9th Int. Cereal and Breed Congress, 1-5 June Paris 1992, pp. 139-142.
- [2] Dexter JE, Matsuo RR, Morgan BS. Spaghetti stickiness: Some factors influencing stickiness and relationship to other cooking quality characteristics. *J Food Sci.* 1983; 48: 1545-1551.
- [3] Shomer I, Lookhart GL, Vasiliver R, Bean S. Ultrastructure of consecutively extracted and flocculated gliadins and glutenins. *J Cereal Sci.* 1998; 27: 27-36.
- [4] Wrigley CW, Autran JC, Bushuk W. Identification of cereal varieties by gel electrophoresis of the grain proteins. *Ad Cereal Sci and Technol.* 1982; 5: 211-259.
- [5] Thewissen BG, Celus I, Brijs K, Delcour JA. Foaming properties of wheat gliadin. *J Agric Food Chem.* 2011; 59: 1370-1375.
- [6] Shewry PR, Tatham AS, Forde J, Kreis M, Mifflin BJ. The classification and nomenclature of wheat gluten proteins: a reassessment. *J Cereal Sci.* 1986; 4: 97-106.
- [7] Kasarda DD, Autran JC, Lew EJJ, Nimmo CC, Shewry PR. N-terminal amino acid sequences of ω -gliadins and ω -secalins: Implications for the evolution of prolamins genes. *Biochim Biophys Acta.* 1983; 747: 138-150.
- [8] Brown JWS, Flavell RB. Fractionation of wheat gliadin and glutenin subunits by two-dimensional electrophoresis and the role of the group 6 and group 2 chromosomes in gliadin synthesis. *Theor Appl Genet.* 1981; 59: 349-359.
- [9] Wrigley CW. Gaint proteins with flour power. *Nature.* 1996; 381: 738-739.
- [10] Gianibelli MC, Larroque OR, MacRitchie F, Wrigley CW. Biochemical, genetic, and molecular characterization of wheat endosperm proteins. *Am Assoc Cereal Chem Online Rev.* 2001; 1-20.
- [11] Lindsay PM, Skerritt HP. The glutenin macropolymer of wheat flour doughs: structure-function perspectives. *Trends Food Sci Technol.* 1999, 10: 247-253.
- [12] Denčić S, Obreht D, Kobiljski B, Štatkić S, Bede B. Genetic determination of breadmaking quality in wheat. Proceedings. 43rd Croatian and 3rd International Symposium on Agriculture, Opatija, Croatia, 2008, 278-281.
- [13] Pogna N, Lafiandra D, Feillet P, Autran J. Evidence for a direct causal effect of low molecular weight subunits of glutenins on gluten viscoelasticity in durum wheats. *J Cereal Sci.* 1988; 7: 211-214.
- [14] Tomić J, Torbica A. Evaluation of technological quality of wheat using Lab-on-a-chip electrophoresis. *Food and Feed Research* 2011; 38 (2): 63-68.
- [15] Živančev D, Nikolovski B, Torbica A, Mastilović J, Đukić N. Lab-on-a-chip method uncertainties in determination of high-molecular-weight glutenin subunits. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly (CI&CEQ)* 2013; 19(4): 553-561
- [16] RHMZ. Republički Hidrometeorološki zavod Srbija. <http://www.hidmet.gov.rs>

- [17] Jamieson PD, Stone PJ, Semenov MA. Towards modeling quality in wheat- from grain nitrogen concentration to protein composition. *Asp Appl Biol.* 2001; 64: 111-126.
- [18] Triboï E, Martre P, Triboï-Blondel A. Environmentally-induced changes in protein composition in developing grains of wheat are related to changes in total protein content. *J Exp Bot.* 2003; 54 (388): 1731-1742.

- [19] Žilić S, Barać M, Pešić M, Dodig D, Ignjatović-Micić D. Characterization of Proteins from Grain of Different Bread and Durum Wheat Genotypes. *Int J Mol Sci.* 2011; 12: 5878-5894.

Adresa autora: Drašković Milana, Profesor strukovnih studija, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Zrenjanin, Đorđa Stratimirovića 23, Republika Srbija
e-mail: draskovic.milana@gmail.com
Rad primljen: januar 2022
Rad prihvaćen: februar 2022



ЈЕЛИСАВЕТА НАЧИЋ
(1878-1955)

Прва жена дипломирани архитекта
у Србији.

Пројектант Основне школе
„Краљ Петар Први“ у Београду,
Малих степеница на Калемегдану,
бројних цркава, тргова, болница,
индустријских постројења.

Велики борац за слободу и права
Српског народа.

ТЕХНОЛОГИЈА МОНТАЖЕ ФАСАДНИХ ПАНЕЛА ПРИМЕНОМ МАЛОГ ГУСЕНИЧНОГ КРАНА

TECHNOLOGY OF INSTALLATION OF FACADE PANELS USING A SMALL TRUCK CRANE

GRUJICA LJUBISAVLJEVIĆ¹
IVANA TERZIĆ²

¹ „MIWEL LTD“ Москва

² Академија струковних студија Шумадија, одсек Трстеник

РЕЗИМЕ

У раду је приказана монтажа фасадних панела, великих димензија, израђених од алуминијума и стакла. Панели су постављени на огромној репрезентативној згради, чија архитектура садржи више кула и тераса. Постављање панела је изведено малим гусеничним крановима. Ефикасност извођења радова се огледа управо у употреби ангажовања доступне механизације за извођење радова. Тако се и овде приступило искоришћењу паралелног ангажовања великих торањских кранова.

Функционалност такве монтаже достигла је врхунац у изградњи, посебно на местима где употреба великих торањских кранова не би била изводљива, због отежаног приступа и немогућности дохвата.

Кључне речи: мали гусенични кран, фасадни панели

ABSTRACT

The paper presents the installation of facade panels, large dimensions, made of aluminium and glass. The panels are placed on a huge representative building, whose architecture contains several towers and terraces. The panels were installed with small crawler cranes. The efficiency of the work is reflected in the use of the available mechanization for the work. This is how the parallel engagement of large tower cranes was used here as well.

The functionality of such an installation has reached its peak in construction, especially in places where the use of large tower cranes would not be feasible, due to difficult access and inability to reach..

Key words: Small crawler crane, Facade panels

1. УВОД

Више функционални комплекс ОРУЖЕЈНИ („Оружейный“) је један велики бизнис центар који се налази у

непосредној близини Кремља. Простире се дуж улице Оружејни 41 и „Садовой-Каретной“ (средњи транспортни прстен унутар Москве), између две метро станице Мајаковскаја и Новослободскаја.

Простор бизнис центра користе „Сбербанка“, „Пао Мегафон“, Фитнес клуб „Word Class“ као и многи други послодавци.

ОРУЖЕЈНИ је армирано - бетонска грађевина на којој се налази потпуно застакљена фасада, изграђена у Неостаљинистичком стилу. Састоји се од главне зграде са 28 спратова и две од по 14 спратова. Испод високог приземља налази се паркинг, који се простире на 6 спратова, капацитета од 1 233 паркинг места. Изнад паркинга налази се шопинг зона са продавницама, ресторанима (први и други спрат), фитнес клуб (трећи и четврти спрат). Остала спратност зграде представља пословни простор који се простире на 120 000 m². Прилаз (улаз и излаз) подземној гаражи је омогућен са две улице, опремљен најсавременијим системом контроле.

Укупна површина комплекса износи 183 000 m², док висина, заједно са торњем од 35 m, досеже до 165 m, што формално омогућава класификацију оваквог здања у савремене небодере, и представља један од најлепших пословних центара у Москви. Комплекс је опремљен са 38 лифтова, доводном и издувном вентилацијом, такође инсталирана је централна климатизација, која нуди могућност одабира режима климатизације и собне температуре у свакој просторији.

Разликује се од других зграда оригиналним архитектурним решењем. Првих 12 метара висине урађена је фасада од гранита, док је преостали део комплекса застакљен панелима. Садржи велики број тераса и кула са пилонима и самим обликом представља изглед „Стаљинке“, веома познатих огромних зграда направљених у доба Стаљина, којих има 7 у Русији. Комплекс представља ремек дело модерне градње и уређења главног града Русије (слика 1).

Градњу објекта је започела компанија „ДОНСТРОЙ“ још 2006 године и након две године рада је прекинута. Неколико година бетонско армирани скелет са

површином од око 120 000 m² је стајао као споменик.



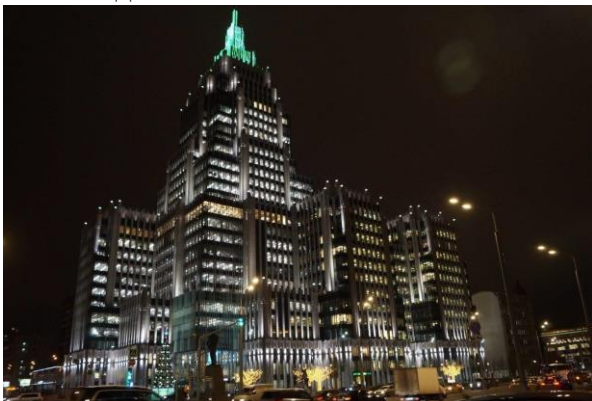
Слика 1. Зграда Оружејни („Оружейный“) и Средњи транспортни прстен („Садовое кольцо“) у Москви

2012. године фирма „MIWEL LTD“, прихватила је пројекат, у циљу да доврши градњу бизнис комплекса. Након детаљне провере бетонске конструкције (услед дугог одлагања изградње) и допуне пројекта, која је подразумевала повећање висине и површине зграде, направљен је план приступа извођења радова по етапама:

- Као прво, извршено је ојачање свих носећих стубова,
- Затим је уследила операција сечења специјалним поступцима армирано бетонске плоче и стубова на по два спрата на две куле – одрезана су два спрата,
- Дограђени су нови проширени спратови, као и још по два спрата, тако да су куле постале вишље за по два/четири спрата,
- Дограђена је нова кула са 14 спратова,
- Доњи део фасаде (висине 12 m) обложен је гранитом и стаклом,
- Остали део фасаде у потпуности је обложен великим стакленим фасадним панелима. Уграђено је

више од стотину различитих типова фасадних стаклених панела са алуминијумским касетама (или без њих), као и потпуно обложена фасада алуминијумским касетама. Укупна количина великих фасадних панела који су уграђени на згради износи 6 900 комада, од чега је мањи део и противпожарни. Сви ови панели су произведени у Србији у фирми BASWEL и испоручени на градилиште у Москви са 330 Џамбо шлепера.

- Уграђени су метални пилони обложени алуминијумским касетама у боји фасадних панела, на парпетима свих тераса зграде, чиме се ова зграда потпуно уклопила у форму „Стаљинка“, што је и представљало услов главног архитекте Москве.
- Дограђен је метални врх у облику четворостране пирамиде, висине 35 m на највишој тераси централне куле, тако да се постигла висина од 163 m.



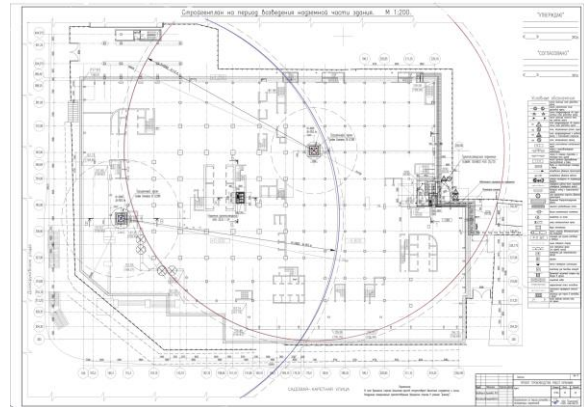
Слика 2. Зграда Оружејни („Оружейный“) ноћу у Москви

2. ПРИПРЕМА ЗА УГРАДЊУ ФАСАДНИХ ПАНЕЛА

Употребом два велика торањска крана, висине од 165 m до стреле и радним стрелама од 74 m и 65 m, са носивошћу од 3 тоне на крају стреле, извршена је градња зграде. Овакви кранови су тада били највећи торањски кранови у Москви. Међутим, због веома

великих хоризонталних спољних димензија зграде, није било могуће крановима опслужити поједине захвате, тако да је постојала потреба за ангажовањем малих гусеничних кранова, који су имали улогу и приликом монтаже фасадних панела.

Њихово највеће ангажовање било је у изради куле, постављене према Оружејној улици, састављене од 14 спратова, јер трећина куле није била у захвату торањског крана (слика 3).



Слика 3. План градилишта – хоризонтални пресек надземног дела зграде

На целој згради је урађена врло сложена фасада изнад 12 m висине применом фасадних панела ALUKASA великих димензија до 5x2,24 m и тежина до 650 kg (слика 4).



Слика 4. Техичке карактеристике Фасадног панела

2.1 ПРИПРЕМА ФАСАДНИХ ПАНЕЛА

2.1.1 Припрема места за уградњу фасадних панела

- На свим спратовима, на бетонским плочама обележена су места (геометар са инструментом) за постављање АНКЕР металних плоча, у складу са мерама за анкерисање фасадног панела и датим растојањима међу њима као и удаљености од краја бетонске плоче на којој се поставља фасадни панел у циљу строге вертикалности и хоризонталности целе будуће фасаде. Затим је извршено бушење отвора у бетону (по три ком. за сваку анкер плочу), према препорученим димензијама за Анкер завртње.
- Пре монтаже Анкер плоче изравнато је место предвиђено за постављање анкера, попуњавањем специјалним материјалом за изравнавање.
- Анкер плоче су монтиране на начин да се специјални зарези, који се налазе на њима, уклапају са задатим и обележеним правцима и стрелицама постављених од стране геометра. Везане су са по два анкер завртња, пројектованом силом од стране произвођача анкер завртњева момент кључем. Предвиђени трећи анкер завртањ је постављен након завршене монтаже фасадних панела везаних за ту Анкер плочу (слика 5).



Слика 5. Намонтиране Анкер металне плоче на бетонским спратовима

- За монтажу првих почетних фасадних панела на бетонском парапету (слика 6) постављени су на специјално оцинкованим

носећим металним елементима алуминијумски профили, чија је ширина уједно дебљина фасадног панела, са заптивним гумама и водећим елементима за фасадне панеле.



Слика 6. Алуминијумски профил почетни за ношење фасадних панела

Најбитније је да монтажа фасадних панела почиње од најниже тачке, линијски по хоризонтали, а затим додавањем следећих редова, крећући се према врху. Овакав приступ је од суштинског значаја, јер накнадно уметање фасадног панела било би неизводљиво.

2.1.2 Транспорт и припрема Фасадних панела за уградњу

- Транспорт до градилишта фасадних панела обављен је са 330 Џамбо шлепера из Србије (слика 7), који су превозили фасадне панеле, пакованих по три реда по дужини, у сваком реду од 5 до 7 ком. панела (дужине 4 200 mm, ширине 2 250 mm) сложених у металним сошкама (рамовима).



Слика 7. Истовар скупине фасадних панела са торањским краном из Џамбо шлепера

- Готови Фасадни панели су испоручени у металним сошкама (металним рамовима), упакованим један на други (слика 7). До места уградње допремани су хоризонталним или вертикалним транспортом. Приликом пријема фасадних панела извршени су детаљни прегледи и одабир истих према местима уградње. При подизању фасадних панела са металним рамовима, коришћени су текстилни ојачани ремени носивости до 3 тоне, дужина до 5 m, да не би дошло до оштећења фасадних панела.
- На терасама је урађена припрема постављања фасадних панела, додавањем алуминијумских касета на предвиђеним местима, затим преглед и прање, пре постављања. Пред саму монтажу панела, ради постављања из хоризонталног у вертикални положај (дужина панела је 4 200 mm), на доњем делу панела су била монтирана помоћна колица а на горњем делу траверза – специјални уређај за ношење фасадног панела до места уградње.



Слика 8. Помоћна колица за лакше подизање и исправљање

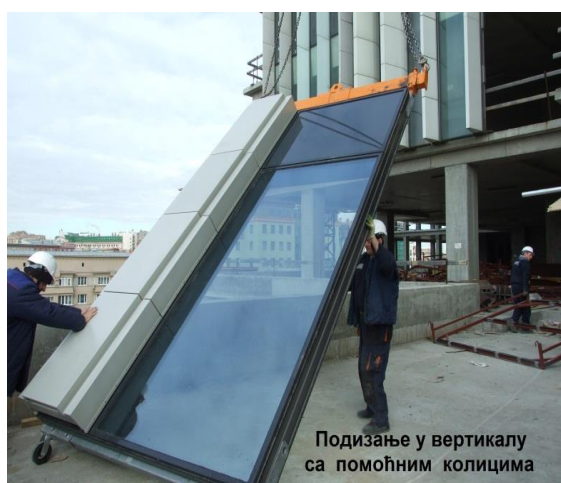


Слика 9. Подесива траверза за подизање и ношење фасадног панела



Слика 10. Фасадни панел спреман за подизање и вертикални транспорт до места уградње

- Слике 8, 9, 10, 11, 12, 13 и 14 приказују редослед операција припреме за подизање и монтажу фасадног панела. Тим од 4 радника монтера учествовао је на припреми, уградњи касета и подизању панела, од којих су два радила на уградњи касета а два на припреми за подизање.



Слика 11. – 12. Постепено исправљање фасадног панела и уклањање металног рама



Слика 13. – 14.. Демонтирање помоћних колица

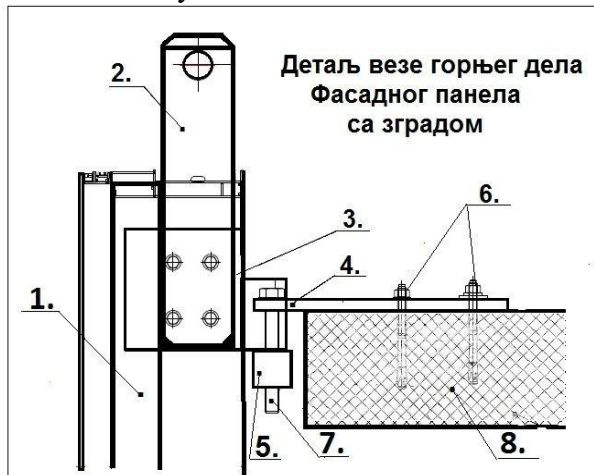
3. МОНТАЖА ФАСАДНИХ ПАНЕЛА НА ЗГРАДИ

Подизање и транспорт фасадних панела до места уградње вршено је подесивом траверзом са вертикалним транспортом - вертикалним торањским крановима и малим гусеничним краном. Због велике висине зграде и великог броја тераса иста се у току подизања вертикалним транспортом због могућства ротације пратила радиостаницама и усмеравала извођачима радова распоређеним по спратовима. Све команде су обављане преко више ручних батеријских радиостаница на истој фреквенци усаглашеној са руковоцем торањског крана или малог гусеничног крана.

- Сама уградња – монтажа на фасади представља операцију која је захтевала 4 стручна лица – монтера који су били распоређени на два спрата зграде – места где је извршена уградња. Два монтера на

горњем спрату су давала инструкције за навођење фасадних панела, тј. његове металне горње вођице на уграђене, ради тога, анкерне плоче (слике 15, 16 и 17). Друга два монтера, на спрату ниже, истовремено су их наводили на доње испусте где су уграђене металне вођице (слика 17) или металне ушке, већ претходног монтираног фасадног панела. Допунско штеловање и подешавање налагања фасадног панела вршила су двојица монтера са горњег спрата путем одвијања или завијања регулационих завртњева поз.7 (слике 15 и 16).

- Таквом технологијом постигнута је велика прецизност уклапања и монтаже фасадних панела, као и пројектом предвиђено технолошко растојање од 9 mm међу фасадним панелима. За такво навођење, монтажу и уклапање, било је потребно мин. око 10 минута по панелу.



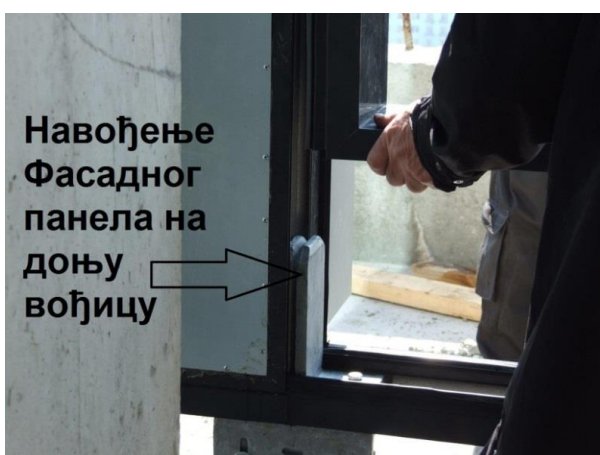
Слика 15. Детаљ везивања Фасадног панела за бетонску плочу зграде



Слика 16. Детаљи везивања Фасадног панела за анкер плочу на бетонску плочу зграде

Легенда са детаљима везе горњег дела фасадног панела (слике 15 и 16)

1. Фасадни панел ALUCASA
2. Носеће и водеће оцинковане металне ушке на фасадном панелу
3. Носећи и водећи везни оцинковани метални део фасадног панела
4. АНКЕР оцинкована метална плоча за навођење и држање фасадног панела
Држач - Метална оцинкована
5. четвртаста призма са два навојна отвора M20
Метални оцинковани завртњеви за
6. бетон – за држање Анкер оцинковане металне плоче
Носећи оцинковани завртњеви M20
7. истовремено и регулациони завртњеви за фасадне панеле
8. Бетонска плоча спрата зграде



Слика 17. Навођење Фасадног панела на горњу Анкер плочу - горњи спрат и доње металне ушке - доњи спрат

Овакав начин монтажа је извођен уз поштовање редоследа уградње-монтаже Фасадних панела, на сваком делу зграде према урађеном пројекту фасаде зграде.

Велика пажња је посвећена поштовању редоследа извођења операција, јер свако накнадно извођење убацивања елемената, рецимо угаоних елемената фасадних панела захтевало би отпуштање и натежање већ уграђених суседних Фасадних панела и изискивало велики напор приликом постављања угаоног елемента.

Зграда „МФК Оружеини“ садржи јако много угаоних елемената, спољашних и унутрашњих.

Све је то захтевало изузетну екипу и израду детаљних планова монтаже по спратовима и кулама, док је главни захтев представљао нормалну адекватну испоруку Фасадних панела и припадајућих елемената на градилиште.

Огроман је број типова Фасадних панела и њихова количина који су уграђени на фасади бизнис центра, тако да обележавање истих је било изузетно усклађено са свим детаљним монтажним плановима, као и вођење евиденције о уграђеним.

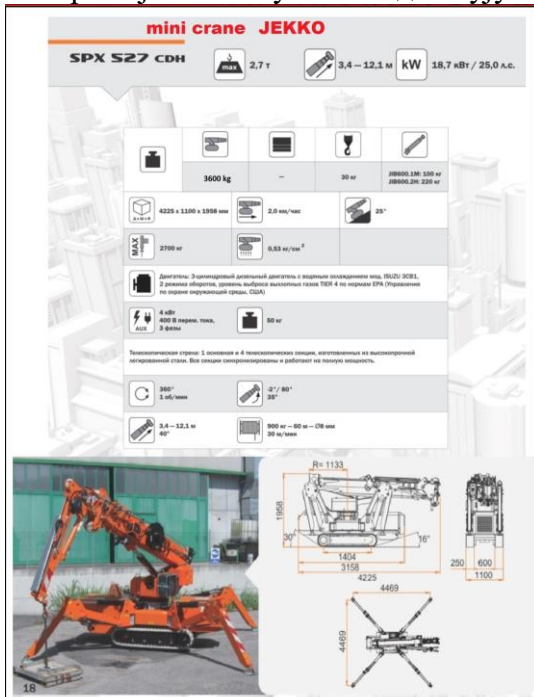
3.1 ТЕХНИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ МАЛИХ ГУСЕНИЧНИХ КРАНОВА

Употреба малих гусеничних кранова „**ЈЕККО**“ као допуна рада великим торањским крановима тада је представљала иновацију у грађевинарству. Фирма MIWEL LTD је прва која је применила такву врсту извођења радова, уопштено речено први пут је била и примењена у Москви. Мали гусенични кранови се још зову и „Спајдер“ или „ПАУК“ кранови, јер у основном радном положају, са извученим ослоним ногама са папучама личе на Паука. Они су закупљени од фирме „**ARLIFT**“ која се бави издавањем и продајом тих кранова у Сан Петербургу.

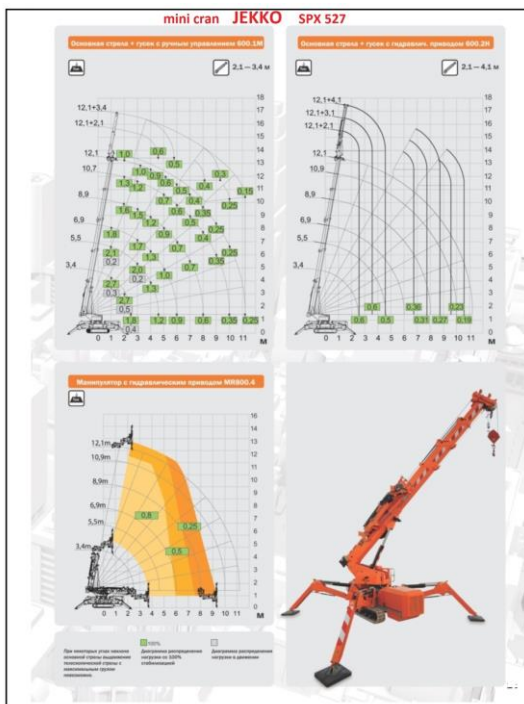
Уникатност оваквих кранова огледа се у могућности извођења радних операција на веома тесним просторима, захваљујући малим транспортним и радним димензијама, изузетном покретљивошћу и прилагођавању месту рада, као и хидрауличној више телескопској вишесекцијској стрели (као и код аутодизалица). Главна карактеристика огледа се у невероватној количини снаге у односу на своје димензије, веома су покретљиви и потребно им је минимално време за промену места рада и спремности за рад.

Раде на принципу аутодизалица, са могућношћу окретања за 360°, погон који користе је дизел мотор, хидраулика, електроника и даљинско безконтактно управљање. У изградњи се најчешће користи мали гусенични кран **ЈЕККО SPX 527**, (слике 18 и 19), чија максимална дужина хидрауличне телескопске руке износи 12,1 m, максималне носивости 1200 kg. Захваљујући таквој техници, на

местима где није било доступно извођење радова великим торањским крановима монтирано је дневно и до 23 ком. фасадних панела, док великим торањским крановима 26 панела. Брзина монтаже, са истим бројем људи употребом оваквог типа крана је била изузетно задивљујућа.



Слика 18. Техничке карактеристике мини гусеничног крана ЈЕККО SPX 527



Слика 19. Техничке карактеристике мини гусеничног крана ЈЕККО SPX 527

3.2 МОНТАЖА ФАСАДНИХ ПАНЕЛА СА МАЛИМ ГУСЕНИЧНИМ КРАНОМ

На местима где је било немогуће приступити монтажи великим торањским крановима, или непокривеност дужине њихових стрела, монтажа фасадних панела изведена је са малим гусеничним краном **ЈЕККО SPX 527**.



Слика 20. Допремање малог гусеничног крана на градилиште у Москви



Слика 21. Пренос малог гусеничног крана на место монтаже са великим торањским краном

Оваквим крановима није потребно обезбедити специјални транспорт. Због својих малих димензија могуће је транспортовати их и возилима за евакуацију аутомобила (слике 20 и 21). Додатна погодност је да могу сами себе истоварити и утоварити на транспортно возило.

Захваљујући сопственом погону и веома доброј покретљивошћу помоћу гумених гусеница, као и малим транспортним габаритима и даљинском управљању, веома су лако покретљиви по бетонским плочама спратова зграде, на

малим радним површинама (тесним условима за извођење радних операција) (слике 22, 23, 24 и 25).



Слика 22. Премештање гусеничног крана по уском коридору терасе зграде

Још ефективнија особина је његово подешавање хидраулично покретних ослонаца тзв. „ногу“ приликом заузимања положаја за монтажу.

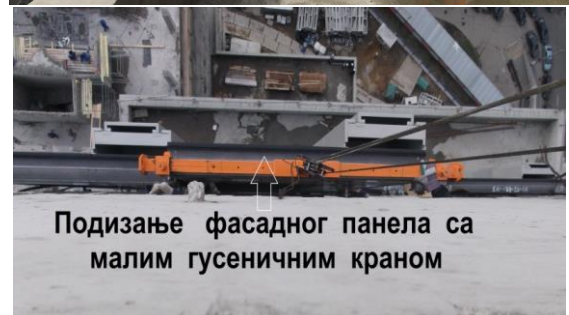


Слика 23. Подешавање ослоних „ногу“ за радни положај монтаже

Невероватно је колико мали манипулативни простор је потребан за његово намештање за рад.

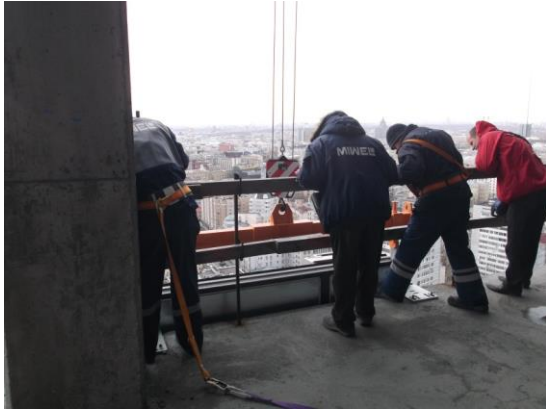


Слика 24. Припрема за рад малог гусеничног крана



Подизање фасадног панела са малим гусеничним краном

Слика 25. Подизање фасадног панела малим гусеничним краном



Слика 26. Монтажа фасадног панела малим гусеничним краном

На веома тесним местима, где су на углу зграде постављене хидрауличне ноге са шапама малог гусеничног крана и велике висине захвата, великим торањским краном су допремани фасадни панели за монтажу (слика 26).



Слика 27. Веома тесни услови за монтажу, а тежина фасадног панела износи око 600 kg



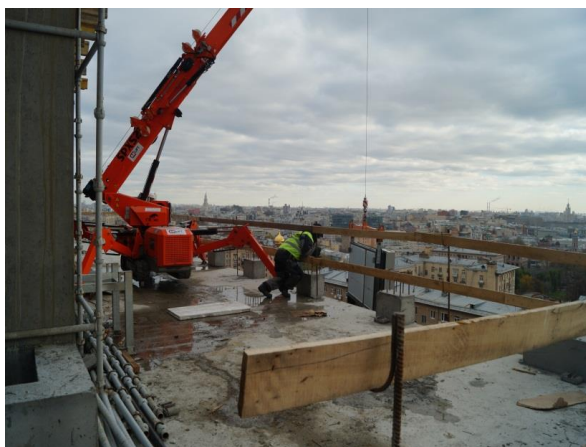
Слика 28. Обезбеђивање и подизање тешког фасадног панела

На слици 29 може се видети да је фасадни панел три пута већи од малог гусеничног крана.

Велика предност овакве монтаже са малим гусеничним краном огледа се у управљању крана, тако да се руковаоц налази у близини и у могућности је да изведе прецизно навођење фасадних елемената на место уградње даљинском командом, истовремено и да прати рад свога крана (слике 27, 28, 29, 30 и 31).



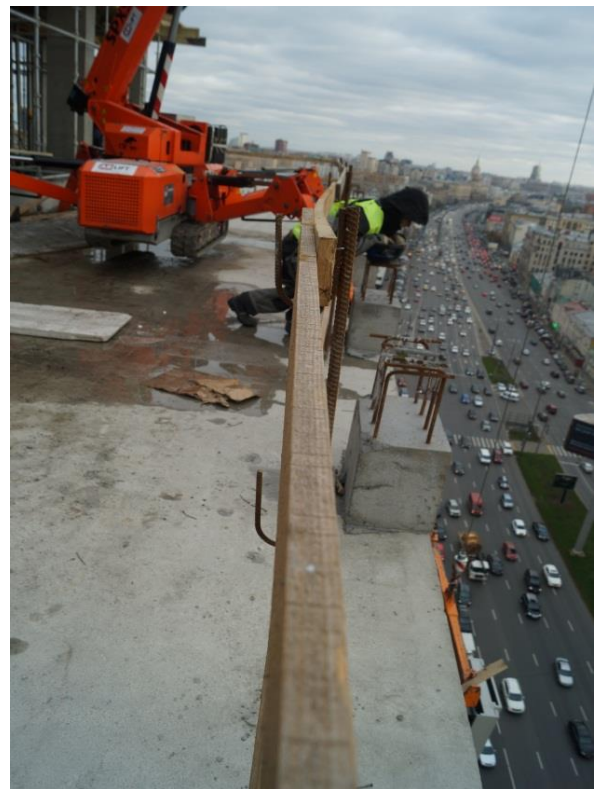
Слика 29. Фасадни панел је три пута већи од малог гусеничног крана



Слика 30. Спуштање фасадног елемента према месту постављања

Мали гусенични кранови имају уграђен добош за радно уже, због тога је ограничена висина дизања, код овог гусеничног крана максимална висина дизања је 60 метара. Пошто у појединим ситуацијама то је представљало недовољну висину, уз одобрење фирме која изнајмљује кранове у закуп и

одобрење произвођача употребљена је једнострука сајла уз смањење носивости за 50 %, самим тим и повећана висина дизања, тако да су фасадни панели монтирани са великом пажњом.



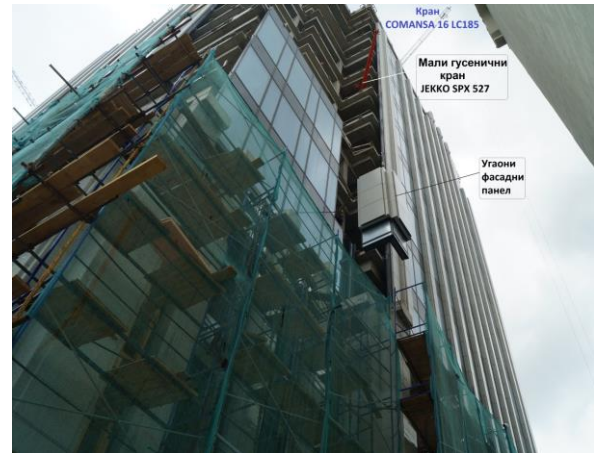
Слика 31. Монтажа фасадног панела на згради у улици Оружејни редом са „Садовое кольцо“ (Средњи транспортни прстен унутар Москве)



Слика 32. Подизање и монтажа угаоних фасадних панела са 14. спрата зграде



Слика 33. Подизање и монтажа угаоних фасадних панела са спрата висине 65m



Слика 34. Монтажа угаоног фасадног елемента

На фотографијама (слике 32, 33 и 34) приказано је подизање и монтажа угаоних фасадних панела са малим гусеничним краном, који се налазио на згради, на висини од 65 m. Монтажа се одвијала прилично тешко и споро, јер су панели постављани у већ монтирану фасаду са обостраним равним фасадним панелима. Исти су се морали натезати приликом монтаже, обострано текстилним ременима да би се обезбедио потребан простор за постављање угаоног елемента фасаде.

До сада је приказано неколико необичних примера уградње и монтаже фасадних панела употребом малих гусеничних кранова. Њиховом применом је монтирано око 670 различитих фасадних панела на згради. Мобилност, проходност и функционалност ових кранова је веома велика у односу на своје димензије и тежину.

4. ЗАКЉУЧАК

Са сличној технологијом монтаже фасадних панела – много мањих са малим гусеничним краном упознао сам се у Азербејдану граду Баку 2010 године. Разлика је била у томе што су фасадни стаклени панели претходно са великим краном постављени унутар спратова на бетонским плочама, близу места уградње. Фасаде су подизане малим гусеничним краном са монтираном штелујућом

вакумском хваталчком на врху хидрауличне руке изношене ван фасаде, заокретане за 90° и тако монтиране на фасаду. Мали гусенични кран је био марке “MADEA“ (увезен из Турске), али прилично спор, механички управљан и са ручним извлачењем ногу и ручном стабилизацијом.

Постигнутим резултатима рада на изградњи и монтажи фасадних панела са малим гусеничним краном JEKKO SPX 527 смо били изузетно задовољни. Јако много инжењера из других фирми је долазило на градњу да би се упознали са радом оваквог крана, просто нису могли да схвате да тако мало средство може да подиже и монтира велике фасадне панеле, јер посматрајући кран са земље био је видљив само мали део радне стреле гусеничног крана.

За поједине операције и монтажу металних пилона обложених алуминијумским лимом на свим терасама зграде користили смо и мањи гусенични кран JEKKO SPX 312 чије су транспортне димензије: ширина 770 mm, дужина 1060/2760 mm и висина 1600 mm са четворо секцијском хидрауличном телескопском стрелом максималне дужине 7,5 m са додатком 2,2 m, носивост на 2 m 1200 kg а на дужини стреле 7,5 m 400 kg (слика 35).



Слика 35. Мали гусенични кран JEKKO SPX 312

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Технички подаци малог гусеничног крана фирме 2017 **Jekko s.r.l.** <https://www.jekko.it/en/>
- [2] Пројекат ППР за зграду „МФК Оружеини“ фирме „MIWEL LTD“ Москва
- [3] Пројекат фасадних панела и фасаде фирме „АЛУКАСА“ из Београда
- [4] Фотографије аутора рада (шефа механизације и управника градње) Љубисављевић Грујице

Адреса аутора: Грујица Љубисављевић
дип.маш.инг., Шеф механизације фирме “MIWEL LTD”

е-маил: grujica48@gmail.com

Рад примљен: јануар 2022.

Рад прихваћен: фебруар 2022.



ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-professional journal

Година XXVIII, Број 37, март 2022. год.
Year XXVIII, Issue 37, March 2022. year

МЕНАџМЕНТ И ЕКОНОМИЈА

Одговорни уредник:

Проф. др Дејан Молнар
Економски факултет
Београд

Редакцијски одбор:

Проф. др Соња Јосиповић
Технолошко-металуршки факултет
Универзитет у Београду

Др Косовка Огњеновић,
научни сарадник
Институт економских наука,
Београд

Проф. др Милан Николић
Технички факултет "Михајло Пупин"
Зрењанин

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин
ул. Македонска 11,
23000 Зрењанин
E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs
www.diz.org.rs

УТИЦАЈ МЕНАЏМЕНТА ЗНАЊА НА ПОСЛОВАЊЕ У АУТОМОБИЛСКОЈ ИНДУСТРИЈИ СТУДИЈА СЛУЧАЈА „NOVARES SERBIA” ДОО

*THE INFLUENCE OF KNOWLEDGE MANAGEMENT ON BUSINESS IN
THE AUTOMOTIVE INDUSTRY CASE STUDY „NOVARES SERBIA” DOO*

БОРИВОЈ НОВАКОВИЋ¹
САЊА СТАНИСАВЉЕВ¹
МИЛА КАВАЛИЋ²
ДРАГАНА МИЛОСАВЉЕВ¹
ЗЛАТКО КОШУТ¹
ЖОЛТ ВАШТАГ¹

¹Технички факултет „Михајло Пупин”, Зрењанин, Универзитет у Новом Саду

²Факултет техничких наука, Нови Сад, Универзитет у Новом Саду

РЕЗИМЕ

Кроз овај рад, аутори су се базирали на истраживање везано за утицај менаџмента знања у аутомобилској индустрији, директније на индустрију која се бави производњом пластичних делова у оквиру аутомобилске индустрије. Кроз истраживање, дошло се до сазнања о тренутној ситуацији унутар компаније, као и начину на који се тренутно стање везано за менаџмент знања може унапредити, како би се остварио коначан циљ, то јест унапређење производних услова унутар саме компаније.

Кључне речи: аутомобилска индустрија, унапређење знања, менаџмент знања.

ABSTRACT

Through this paper, the authors have relied on research related to the impact of knowledge management in the automotive industry, more directly on the industry engaged in the production of plastic parts within the automotive industry. Through research, we learned about the current situation within the company, the way in which the current situation related to knowledge management can be improved, in order to achieve the ultimate goal, which is to improve production conditions within the company itself.

Key words: automotive industry, improvement of knowledge, knowledge management

1. УВОД

Основна правила економске конкуренције су се последњих година значајно променила. Разлози за то су глобализација тржишта, развој информационих технологија, доступност информација. Данашња економија је названа економијом знања, где учесници продају своје знање, које се фокусира на истраживање, иновације и друге облике стварања знања [1, 2].

Савремено пословање, које карактеришу нагле и честе промене, захтева од организација, које желе да опстану и буду конкурентне на тржишту, да користе један од најважнијих алата данашњице – знање [3]. Интелектуални ресурси су кључна организациона имовина, а знање је примарни ресурс у организацији. Организације које ефективно управљају знањем, остварују бројне користи, попут: смањења трошкова, повећања ефективности, ефикасности и иновативности. Из тог разлога је менаџмент знањем кључан у ери економије знања [4].

Менаџмент знања подразумева стварање, складиштење пренос и примену знања у организацији. Циљ менаџмента знања је да се пикупе и искористе искуства и мудрости запослених у организацији и да се учине доступним и корисним свим члановима организације [5]. На успех менаџмента знања утичу бројни фактори, као што су: организациона култура, менаџмент људских ресурса, лидерство, информационе технологије итд.

2. ТЕОРИЈКИ ОКВИР

2.1. ЗНАЧАЈ МЕНАЏМЕНТА ЗНАЊА У САВРЕМЕНОЈ ЕКОНОМИЈИ

Знање предузећа одређује његову економску снагу и могућности да развија остале ресурсе. Зато се и каже да савремени услови пословања одвијају у

друштву које је засновано на знању [6]. Основна подела знања је на: имплицитно (тацит), односно знање које је усађено у човеков ум и искуство и експлицитно знање, односно знање које је формализовано. Потпуно коришћење знања подразумева прелазак имплицитног у експлицитно знање [7, 8].

У данашње време организације се суочавају са променама, морају знати како да уче и управљају учењем како би биле конкурентне на савременом тржишту. Менаџмент знања је процес који помаже организацијама у проналажењу, одабиру, организацији и обједињавању важних информација, које се користе за активности решавања важних проблема, динамичког учења и закључивања [3].

Већина организација сматра да успешност организација не зависи само од успешне расподеле материјалне имовине и природних ресурса, већ и од ефикасног менаџмента знања. Из тог разлога је примећно да се инвестиције у менаџмент знања повећавају током година [7]. Менаџмент знања се бави развојем, разменом и применом знања унутар организације, ради стицања и одржавања конкурентске предности [9]. У последње време, организације у великој мери користе менаџмент знања како би побољшале доношење одлука, иновације производа, продуктивност и профитабилност пословања [10].

Менаџмент знања је процес који подразумева [3, 4, 11]:

- стварање знања – фаза која укључује активности које су везане за уношење новог знања у систем и састоји се од развоја, откривања и стицања знања;
- складиштење знања – фаза у којој организације морају да уреде и структурирају знање које је створено, како би се олакшао приступ и дистрибуција знања унутар организације;
- размена знања – фаза која подразумева пренос знања са

особе на особу у организацији (или једног дела организације на други). Ова фаза укључује активности: комуникације, превођења и тумачења знања;

- примена знања – фаза која подразумева само коришћење знања, односно његову примену у пракси. Знање само по себи није вредно уколико се не искористи на прави начин.

Циљ менаџмента знања је да организације постану свесне знања које поседују (појединачног и колективног) и да га обликују тако да га могу користити на најефикаснији и најефективнији начин [4].

2.2. ФАКТОРИ КОЈИ УТИЧУ НА ЕФИКАСНОСТ МЕНАЏМЕНТА ЗНАЊА

Бројни су фактори који утичу на ефикасност менаџмента знања. Као најутицајнији могу се издвојити:

- организациона култура – има утицај на менаџмент знања, кроз формирање организационих вредности и понашања, који подржавају размену и унапређење знања [12]. Из тог разлога је задатак организација да изграде организациону културу која ће подржати специфичне циљеве менаџмента знања.
- менаџмент људских ресурса – праксе МЉР значајно утичу и мотивацију и поншње запослених, па тако и на напоре запослених да стварају, стичу и размењују знање. Организацијама је зато потребан систем менаџмента људским ресурсима који је оријентисан на знање [11, 13].
- лидерство – задатак лидера је да кроз подршку и мотивацију унапреде стварање и коришћење знања у организацији [14].

- информационе технологије – развој информационих технологија омогућава брже и лакше стицање и размену знања у организацији, те се може рећи да је информационо-комуникациона технологија једна од најважнијих компоненти менаџмента знања [15].

2.3. МЕНАЏМЕНТ ЗНАЊА У КОМПАНИЈИ „NOVARES SERBIA” ДОО

Тржиште на коме данас послују компаније аутомобилске индустрије је изузетно турбулентно. Да би биле конкурентне, оне морају да се непрекидно усавршавају и развијају. Због тога су менаџмент знања и неговање вештина и вредности заснованих на знању од кључног значаја за успех ових компанија.

Своју конкурентност на глобалном тржишту, компанија „Novares Serbia” доо постиже:

- иновирањем и спровођењем процесних побољшања, развојем нових и усавршавањем постојећих производа,
- стварањем базе података о корисницима услуга, успостављањем савременог менаџмент односа са клијентима,
- стварањем организационе културе која мотивише, подржава и охрабрује освајање, стварање и дељење знања на индивидуалном, групном и организационом нивоу,
- успостављањем успешне имплементације менаџмента знања од стране лидера и топ менаџмента.

Пословна стратегија компанија у аутомобилској индустрији у центар свог интересовања ставља крајњег купца клијента. Отуда је менаџмент односа са клијентима од виталног значаја за опстанак на глобалном тржишту у којој је циљ максимизирање профитабилности, прихода и задовољства клијената. Компанија „Novares Serbia” доо користи

све аспекте интеракција са својим клијентима како за унапређење производних програма тако и у погледу пружања својих услуга.

Савремена предузећа заснивају свој успех на сагласности индивидуалних и организационих циљева, отуда у компанији „Novares Serbia” доо организациона култура има снажан утицај на мотивацију запослених. Норме понашања, ставови и вредности, који су заступљени у компанији су компатибилна са системом потреба и мотива појединаца. Стварање и дељење знања на индивидуалном, групном и организационом нивоу део су организационе културе ове компаније [16].

3.МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

3.1. ПРЕДМЕТ И ПРОБЛЕМ ИСТРАЖИВАЊА

Развој индустрије у свим секторима, веома се убрзао почетком 21. века. Производни процеси који су постали све више аутоматизовани, директно су утицали на наведени развој. Информационе технологије имале су кључну улогу у томе. То је утицало да се тржиште промени, у смислу захтева са аспекта квалитета, као и са аспекта технологија и техника производње. Наведени аспекти са собом подразумевају и унапређење свих процеса, где унапређење, преношење и управљање знањем у компанијама представља кључ успеха.

На основу изнетог проблема, проистиче предмет истраживање, који представља сагледавање релације између менаџмента знања и пословних процеса у оквиру компаније „Novares Serbia” доо, чије пословање припада аутомобилској индустрији.

3.2. МЕТОД ИСТРАЖИВАЊА

Истраживање које се спровело, представља емпиријско истраживање. Оно је спроведено путем упитника који је креиран за потребе истраживања. Питањима су из области менаџмента знања која су обрадила сегменте као што је продуктивност, ефикасност, радну атмосферу итд.

3.3. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Циљ истраживања огледао се у томе да се на основу одговора испитаника донесу закључци у којој мери спроведени процеси унутар компаније утичу на менаџмент знања, а на основу тога који су бенефити квалитетно спроведених поступака.

Циљ истраживања може се представити и кроз следећа истраживачка питања:

ИП1: Да ли знање за запослене представља кључно питање савременог пословања?

ИП2: Која су побољшања настала услед адекватног управљања знањем?

ИП3: Која је улога менаџмента знања на лични развој запосленог?

ИП4: На који начин се стичу и преносе знања запослених?

ИП5: Да ли постоји утицај усмереног знања и искуства лидера на продуктивност компаније?

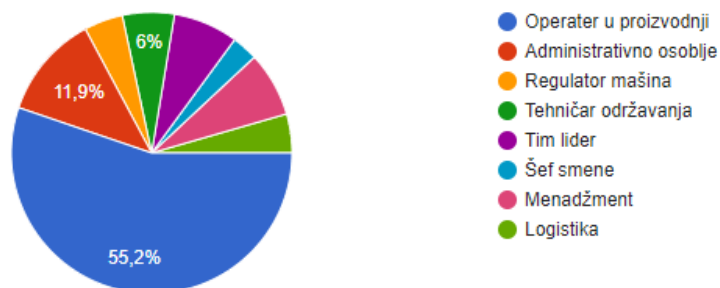
ИП6: Да ли су запослени задовољни обукама унутар компаније зарад ефикаснијег рада?

3.4. УЗОРАК ИСПИТАНИКА

Узорак испитаника чинили су запослени (N=130), компаније „Novares Serbia” доо, из различитих сектора

(менаџмент, администрација, производња...). Узорак је тако биран да су обухваћене све структуре у оквиру компаније, како би се могла добити комплетна слика о начину и важности

спровођења организационе културе и менаџмента знања [17]. На слици 1. приказане су позиције запослених унутар компаније.

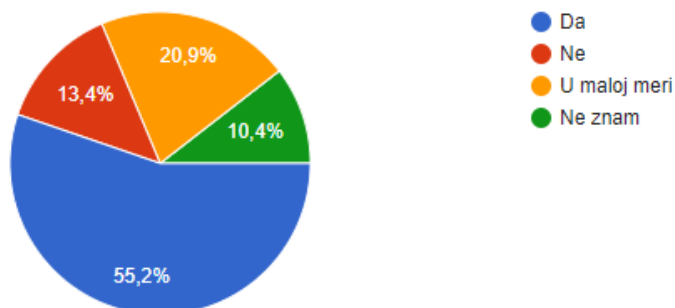


Слика 1. Радно место запослених

Према слици 1. може се закључити да је у највећем проценту било заступљено радно место оператер у производњи. Док су остале позиције мањем проценту сразмерно биле заступљене.

4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА ИСТРАЖИВАЊА

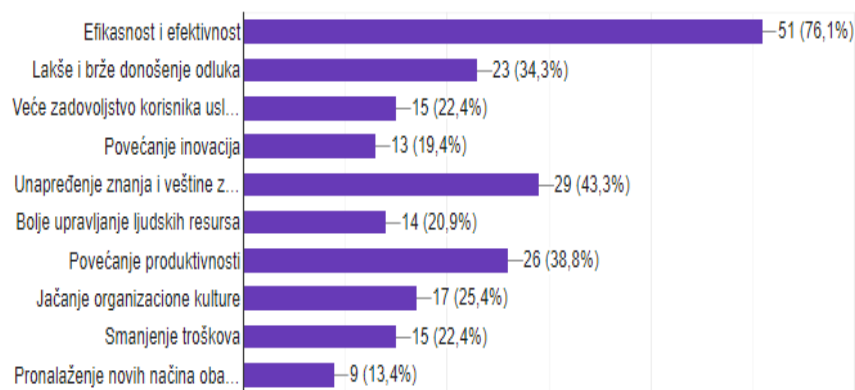
На слици 2. приказани су одговори испитаника о препознавању знања као кључног питања савременог пословања.



Слика 2. Знање као кључно питање савременог пословања

На основу слике 2. може се закључити да је више од 50% запослених потврдно одговорило да је знање кључно питање.

Слика 3. приказује мишљење испитаника која су побољшања уследила адекватним управљањем знања.

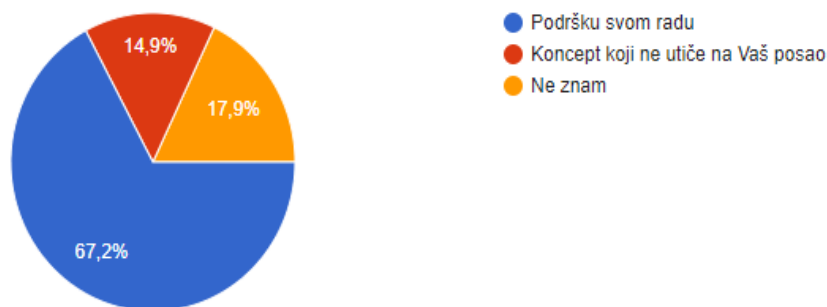


Слика 3. Побољшања настала услед адекватног управљања знањем

На слици 3. је приказано процентуално утицај на побољшања квалитетном имплементацијом управљања знањем. У највећој мери доприноси се на пољу ефикасности и ефективности чак 76,1% испитаника је то потврдило, док се као други и трећи

сегмент по процентима односи на унапређења знања и вештина запослених 43,3% и повећање продуктивности 38,8% (ИП2).

На слици 4. приказано је мишљење испитаника о улози менаџмента знања на лични развој.

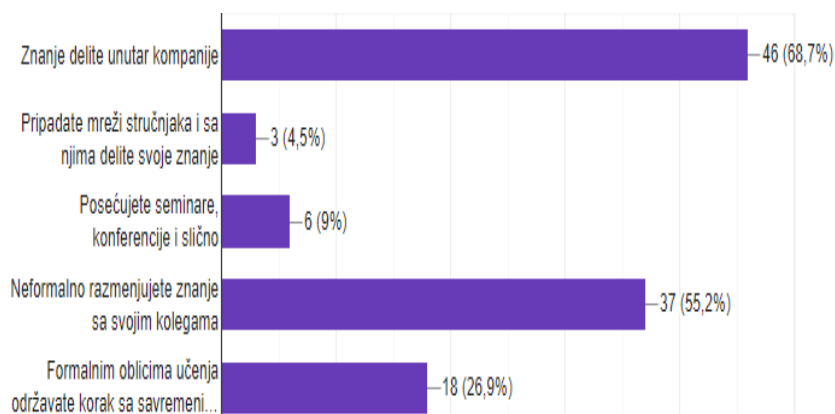


Слика 4. Улога менаџмента знања на лични развој запосленог

На основу слике 4. закључује се да већина запослених сматра да је менаџмент знања подршка у њиховом раду (67,2%), и то представља позитиван проценат, у смислу даљег развијања

менаџмента знања унутар компаније (ИП3).

На слици 5. дат је приказ о начину стицања и преношења знања испитаника.

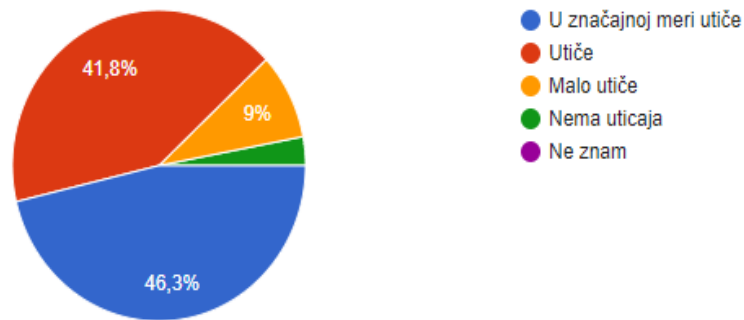


Слика 5. Стицање и преношење знања запослених

На основу слике 5. и на основу претходне констатације да већина запослених препознаје менаџмент знања као личну сатисфакцију, неопходно је да се поред неформалног знања и таквог начина размене, повећају активности на пољу осавремењивања знања у домену

стручног усавршавања, конференција, семинара и томе слично (ИП4).

На слици 6. приказано је стање о усмереном знању и искуству лидера и њиховом утицају на саму продуктивност компаније.

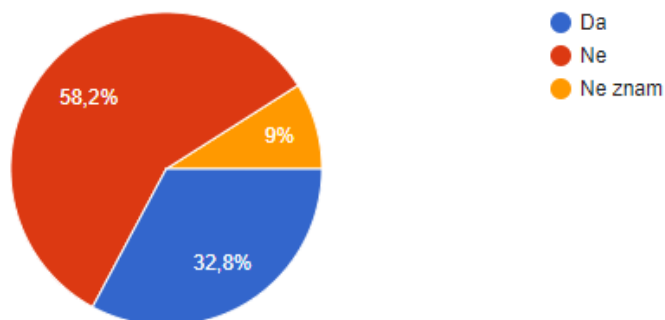


Слика 6. Утицај усмереног знања и искуства лидера на продуктивност компаније

Према слици 6. закључује се да су мишљења подељена, те је на основу подељености мишљена неопходно поради на квантитету усмереног знања. Те у саме обуке и стручна усавршавања укључити и део компаније који ради у производном сектору као погонски радник, техничар одржавања, јер највећи

процент „негативних“ одговора потиче баш из тог сектора, од укупно 41,6%, чак 38,9% потиче из поменутих сектора (ИП5).

На слици 7. приказано је који је квантитет одржавања стручних обука зарад ефикаснијег рада запослених унутар компаније.



Слика 7. Обуке запослених унутар компаније зарад ефикаснијег рада

Према слици 7. јасно се стиче сазнање о проблемима који су уочени у претходна два питања, а то је да је квантитет обука лош, те да је неопходно овакве ствари уводити у свим секторима производње и менаџмента, како би за резултат био постигнут ефикаснији рад свих запослених унутар компаније (ИП6).

5. ЗАКЉУЧАК

Истраживањем на пољу утицаја имплементације менаџмента знања у аутомобилској индустрији, стиче се сазнање да је неопходно уврстити све структуре једне компаније у развој својих вештина и знања. С обзиром да је научно

доказано, а и овим истраживањима потврђено, менаџмент знања доприноси продуктивности, ефикасности и ефективности компаније. Крајњи циљ огледа се са економског аспекта у повећању добити, а са друштвеног аспекта кроз здраву и задовољну радну средину. Како би се проценти добијени истраживањем у овом раду побољшали, неопходно је да се детаљно анализира свака структура компаније, те да се на основу добијених повратних информација, донесу мере о даљем деловању по питању развоја знања унутар компаније. Продукт свега тога, свакако јесте компанија која ради са малим процентом губутака и великим процентом економске добити.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Saeed Tahir, Tayyab Basit, M. Anis-Ul-Haque, Ahmah H. Mushtaq, Chaudhry Anwar, Knowledge management practices: Role of organizational culture, ASBBS Annual Conference 17(1): Las Vegas, pp. 1027 – 1036, February 2010.
- [2] Nonaka Ikujiro, A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation, Organization Science, 5(1), pp. 14-37, 1994.
- [3] Ali Ahmadya Gholam, Nikooraveshb Aghdas, Mehrpour Maryam, Effect of organizational culture on knowledge management based on Denison model, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 230, pp. 387-395, 2016.
- [4] Ling-hsing Chang Christina, Ching Lin Tung-, The role of organizational culture in the knowledge management process, Journal of Knowledge Management, 19(3), pp. 433-455, 2015.
- [5] Chin-Loy Claudette, Mujtaba Bahaudin G., The Influence Of Organizational Culture On The Success Of Knowledge Management Practices With North American Companies, International Business & Economics Research Journal (IBER), 6(3), pp. 15-28, 2007.
- [6] Крстић Бојан, Вукадиновић Драгана, Управљање знањем као извор одрживе конкурентности предузеће, Економске теме, XLVI(3), pp. 85-98, 2008.
- [7] Alsheikh Ghaith Abdulraheem Ali, Alnawafleh Enas Ali Theeb, Halim Mutia sobihah Abd, Tambi Abdul Malek A., The Impact of Human Resource Management Practices, Organizational Culture, Motivation and Knowledge Management on Job Performance with Leadership Style as Moderating Variable in the Jordanian Commercial Banks Sector, Journal of Reviews on Global Economics, 6, pp. 477-488, 2018.
- [8] Kriegel Hans-Peter, Borgwardt Karsten M., Kröger Peer, Pryakhin Alexey, Schubert Matthias, Arthur Zimek, Future trends in data mining, Data Mining and Knowledge Discovery, 15, pp. 87-97, 2007.
- [9] Edvardsson Ingi Runar, HRM and knowledge management, Employee Relations, 30(5), pp. 553-561, 2008.
- [10] Edvardsson Ingi Runar, Knowledge management and SMEs: the case of Icelandic firms, Knowledge Management Research & Practice, 4(4), pp. 275-282, 2006.
- [11] Gürlek Mert, Tech Development through HRM: Driving Innovation with Knowledge-Based Cultures, Emerald Publishing Limited, Bingley, 2020.
- [12] Sensusea Dana Indra, Cahyaningsiha Elin, Wibowoa Wahyu Catur, Knowledge Management: Organizational Culture in Indonesian Government Human Capital Management, Procedia Computer Science, 72, pp. 485 – 494, 2015.
- [13] Donate Mario J., Guadamillas Fátima, An empirical study on the relationships between knowledge management, knowledge-oriented human resource practices and innovation, Knowledge Management Research & Practice, 13(2), pp. 134-148, 2015.
- [14] Машић Бранислав, Целетовић Миленко, Николић Давор, Менаџмент

знања и конкурентска предност: куда иде савремена теорија и пракса, Часопис Економског факултета Брчко, 12(1), пп. 31-40, 2018.

[15] Јокановић Бојана, Томић Ивана, Дуђак Љубица, Улога информационих технологија у менаџменту знања, XXIII Скуп Трендови развоја: Положај високог образовања и науке у Србији, пп. 1-3, 2017.

[16] Компанија „Novares Serbia“ доо, <https://www.novaresteam.com/discover-novares/about-us/>

[17] Ваштаг Жолт, Анализа фактора утицаја на ефикасност менаџмента знања у компанији „Novares Serbia“ доо, Мастер рад, Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, 2019.

Адреса аутора: др Кавалић Мила, студент докторских студија, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6

е-маил: mila@tfzr.uns.ac.rs

Рад примљен: јануар 2022

Рад прихваћен: јануар 2022



ЈЕЛИСАВЕТА НАЧИЋ
(1878-1955)

Прва жена дипломирани архитекта
у Србији.

Пројектант Основне школе
„Краљ Петар Први“ у Београду,
Малих степеница на Калемегдану,
бројних цркава, тргова, болница,
индустријских постројења.

Велики борац за слободу и права
Српског народа.

АНАЛИЗЕ ПОСЛОВНИХ ЦИЉЕВА У БСЦ ОКВИРУ КАО ВОДИЧ ПОБОЉШАЊА

ANALYSIS OF BUSINESS GOALS IN THE BSC FRAMEWORK AS IMPROVEMENTS GUIDE

ПРЕДРАГ ПРАВДИЋ¹
ВИОЛЕТА ЂОРЂЕВИЋ¹
ИВАНА ТЕРЗИЋ¹
ЉИЉАНА БРЗАКОВИЋ¹
ЗВОНКО ПЕТРОВИЋ¹
МАРИЈА МОЈСИЛОВИЋ¹

¹ Академија струковних студија Шумадија, одсек Трстеник

РЕЗИМЕ

Пословни циљеви предузећа произилазе из његових функција у друштву, сложености и унутрашње структуре. Дефинисани пословни циљеви предузећа морају да одразе суштину и разноврсност његовог бића као сложеног економског организма. БСЦ мери вредности циљева (или кључних индикатора) према четири перспективе: финансијској (како менаџмент предузећа жели да стејхолдери виде предузеће), перспективи купца (циљеви на овој перспективи су фокусирани на степен задовољења жеља и потреба купаца), перспективи интерних процеса (колико добро може да се управља интерним процесима), перспективи учења и раста (треба да се одговори на питања да ли предузеће може да побољшава услуге и да ли је спремно да континуално учи и развија се).

Кључне речи: БСЦ, пословни циљеви, побољшања, организације

ABSTRACT

Business objectives of the company are arising from its functions in society, complexity and internal structure. Defined business objectives of the enterprise should reflect the essence and diversity of his being as a complex economic organism. BSC measures the values of objectives (or key performance indicators) to four perspectives: financial (as the company management wants to see stakeholders of company), customer perspective (objectives in this perspective are focused on the level of wish satisfactions and needs of customers), internal processes perspective (how well can internal processes be manage), the perspective of learning and growth (to respond to questions about whether the company can improve its services and whether it is willing to continuously learn and develop).

Key words: BSC, business goals, improvements, organizations

1. УВОД

У сталном развоју друштва и односа у њему тежња за већим пословним успехом предузећа добија све већи значај. Пословни успех као један од најзначајнијих мерила ефикасности рада предузећа зависи не само од идентификованих пословних циљева, већ и од стратегија управљања пословним циљевима. Пословни циљеви у највећој мери опредељују начине и резултате рада осталих процеса и функција, као и система предузећа у целини. Кључна промена која се на светском тржишту у последњих деценија дефинитивно потврдила јесте промена у дефинисању концепта пословања и међународних пословних активности са макроекономског на микроекономски ниво – посебно када је у питању доношење одлука. Иако на први поглед, изгледа да се на савременом тржишту замагљује граница између макро и микро нивоа, јасно је да то померање ка предузећу као кључном носиоцу међународног пословања и одлучивања у значајном степену уноси измене и у схватање међународне поделе рада и битно мења савремене оквире функционисања економије уопште, а производње и трговине посебно.

Сложенија мрежа учесника и структурне промене које су захватиле свет с краја прошлог века имале су као крајњи резултат проширивање поља конкурентске борбе, њено интензивирање и диверсификовање. Снажно преплитање на међународном нивоу довело је до рушења до тада суверених економских сила и јавио се свет без монопола у међународној размени. Свет се све више креће у правцу институционализованијих односа, усмереније трговине, стратешки програмираних и контролисаних токова роба, услуга, капитала и знања. Тако да, предузеће има суштинску потребу да изгради и спроводи јасну или одрживу стратегију у циљу капитализовања евентуалних стратешких предности које

треба креирати у новим условима функционисања савремене економије. Успех њиховог пословања, раста и развоја утиче на брзину привредног и друштвеног развоја сваке земље, као и региона. Пословни циљеви предузећа произилазе из његових функција у друштву, сложености и унутрашње структуре. Дефинисани пословни циљеви предузећа морају да одразе суштину и разноврсност његовог бића као сложеног економског организма. Једном када су формулисани, пословни циљеви постају критеријуми рационалности пословних одлука при избору алтернативних менаџмент иницијатива, и стандард контроле ефикасности и ефективности пословања предузећа. Пословни циљеви укључују све делатности предузећа усмерене на улагање и комбинацију потребних ресурса, ширење на нова тржишта, стварање нових производа, нових потрошача, нових технологија и технолошких решења. Актуелна финансијска и економска криза погодила је различитом јачином све земље света, без обзира на ниво развијености и структуру привреде, све привредне секторе и све друштвене слојеве и појединце. Криза је изазвала пад свих макроекономских агрегата и индикатора свих земаља света. Кључне последице кризе су неликвидност, пад производње и извоза, смањење запослености и повећање незапослености, пад животног стандарда и раст сиромаштва. Република Србија у периоду економске кризе је, попут других земаља, забележила повећање неликвидности привреде, пад бруто домаћег производа, индустријске производње, извоза и увоза, пад запослености и раст незапослености, пад примања и куповне снаге становништва и пораст сиромаштва. У Србији као земљи у транзицији на прелом макроекономских трендова првенствено су утицали одлагани и нагомилани транзициони проблеми, а додатно и пад агрегатне тражње, смањење прилива страног капитала и повећање неликвидности у

условима глобалне економске кризе и рецесије. Спровођење нове политике пословања предузећа захтева да она представља заокружен систем компонената. Њих треба да сачињавају прецизно дефинисани пословни циљеви, мере, средства и носиоци који креирају и спроводе одговарајуће мере и активности дефинисане пословним планом. Управљање предузећима у савременим условима пословања подразумева детерминисање адекватних пословних циљева (и њихових перформанси) који ће повезати стратегију предузећа са текућим пословањем, пружити релевантне информације о остваривању процеса у оквиру конкурентских стратегија и указује на подручја где су неопходна побољшања. Технолошке, политичке, нормативне и монетарне промене које се непрекидно дешавају у пословним окружењима предузећа, посебно у земљама које су у развоју, захтевају промене у домену стратегијског планирања.

Ове промене треба да омогуће менаџменту предузећа да брзо и правилно разумеју нове начине конкуренције, препознају опасности и шансе и да могу да мобилизују све ресурсе предузећа у циљу повећања његове конкурентске предности. У другој половини XX века развијена је БСЦ метода за мерење финансијских перформанси предузећа. Касније, вредности пословних циљева су одређиване помоћу интегрисане БСЦ методе којом се успешно повезује корпоративна стратегија са резултатима пословања. Нов концепт стратегијског планирања који повезује велики број стратешких циљева са оперативним плановима је развијен на основу БСЦ и назван је стратешка мапа предузећа. Стратешком мапом су приказани пословни циљеви на различитим хијерархијским нивоима, као и релације које постоје међу њима.

2. ПЕРФОРМАНСЕ ПОСЛОВНИХ ЦИЉЕВА У ОРГАНИЗАЦИЈАМА

Један од основних захтева стандарда ИСО 9001:2008 јесте побољшање пословних процеса што се првенствено постиже кроз побољшање перформанси дефинисаних пословних циљева и повећање степена остварења пословних циљева у поређењу са њиховим циљним вредностима. Стратегијски или топ менаџмент сваког предузећа дефинише критичне факторе успеха са респектовањем визије (како менаџмент предузећа жели да се предузеће сагледава од стране купаца, коопераната и конкурентских предузећа), мисије (шта предузеће жели да постигне), и вредности (то су њихова веровања, организациона култура и др.) [1] Ови критични фактори успеха треба да буду довољни да се оствари мисија и користе се за идентификацију пословних процеса. Остварење критичних фактора успеха може да буде праћено кроз остварење пословних циљева које су мерљиве величине. Треба напоменути ако су пословни циљеви сложени, они могу даље да се декомпоунују на кључне индикаторе, тако да се мера пословних циљева одређује преко мере перформанси кључних индикатора. Оцене перформанси пословних циљева могу да се дефинишу као циљ које треба да постигне предузеће да би ефективно пословало током одређеног временског периода [2]. У литератури, постоји много дефиниција термина мере перформанси. Neely и др. [3] сугеришу да вредност пословног циља може да се дефинише као процес квантификације ефективности и ефикасности коришћене стратегије. Каплан и Нортон [4] сматрају да оцена перформанси (вредност пословног циља) представља начин приказа остварења финансијских и не-финансијских циљева предузећа. Rue i Vuars [5] сматрају да оцена перформанси показује како запослени дефинишу сопствени рад, и како се успостављају процеси

одлучивања и комуникације у циљу постизања дефинисаних циљева. Мерење перформанси може да се дефинише као метрика која се користи да би се квантификовала ефективност и/или ефикасност стратегије [3]. Мерење перформанси је важан менаџмент задатак. Према неким ауторима [4] ако желимо да управљамо морамо да знамо колике су вредности управљачких величина, односно морамо да их меримо. Данас постоји велики број система за мерење перформанси пословних циљева. Највише коришћен приступ је [6] БСЦ је заснован на процесу стратегијског планирања.

Да би одговарало визији и стратегији предузећа, БСЦ мери вредности циљева (или кључних индикатора) према четири перспективе: финансијској (како менаџмент предузећа жели да стејхолдери виде предузеће), перспективи купца (циљеви на овој перспективи су фокусирани на степен задовољења жеља и потреба купаца), перспективи интерних процеса (колико добро може да се управља интерним процесима), перспективи учења и раста (треба да се одговори на питања да ли предузеће може да побољшава услуге и да ли је спремно да континуално учи и развија се). БСЦ може да одржава скор мера које балансирају између дугорочних и краткорочних циљева, као и између финансијских и не-финансијских циљева. Конвенционална БСЦ је коришћена за одређивање мера перформанси пословних циљева у многим профитним и не-профитним предузећима.

3. БСЦ МЕТОДА КАО СИСТЕМ ЗА МЕРЕЊЕ ПЕРФОРМАНСИ ПОСЛОВНИХ ЦИЉЕВА

БСЦ метода је интегрисана у систем менаџмента, тако да успешно повезује корпоративну стратегију са конкретним резултатима, односно користи се у стратешком планирању и управљању предузећима. Током времена БСЦ метода је постала неопходан алат за

оптимизацију и управљање процесима тако да се може користи и као надоградња TQM-а. Каплан и Нортон су развили стратешку мапу чији основни циљ је да повеже стратешки циљ предузећа преко концепта узроци-ефекти у четири перспективе БСЦ-а : финансијска перспектива, перспектива купаца, перспектива интерних процеса и перспектива учења и развоја. Стратешка мапа је логичка и разумљива архитектура за означавање критичких елемената и њихових веза у једној стратегији организације. Овај стратешки оквир повезује стратегију организације са свим организационим јединицама и запосленима, и дозвољава свим учесницима да виде како њихове појединачне активности доприносе постизању свеобухватне стратегије. Стратешка мапа такође показује везе узрок-и-ефекат помоћу којих специфична побољшања стварају жељене исходе. БСЦ ће стога показати везе узрок-и-ефекат између различитих јединица кроз четири повезане перспективе. Перформансе пословања готово свих организација које су усвојиле овај нови систем стратешког менаџмента побољшане су у периоду од две до три године. Ова метода је имплементирана у многим предузећима. Истраживање које је реализовано од стране предузећа Bain and Company у коме је било обухваћено 708 организација на 5 континента је показало да 62% организација користи БСЦ [7]. Врло је занимљиво да се ова метода данас широко примењује у државама које су у транзицији: компанија С&Т је до сада на САП-овој технолошкој основи у Србији успешно реализовала преко 20 пројеката. Многи истраживачи [8,9] при проучавању БСЦ модела су закључили да је индиректно повезан са побољшањем перформанси и профитабилношћу као и да постоји узрочна повезаност између финансијске перспективе и других перспектива. Davis i Albright [10] су показали да правилна употреба БСЦ-а води ка побољшању финансијске

перспективе. Друге студије [11-13] су показале да је примена БСЦ довела до других позитивних ефеката као што су задовољство запослених и разумевање посла. У свим фабрикама корпорацији Континентал (четврти највећи произвођач гума на свету) БСЦ метода је имплементирана [7].

Треба напоменути да су фабрике дислоциране и налазе се у Nanoveru, Camacari (Brasil) и Vernon (USA). Корпорација Континентал прописала је методологију БСЦ и употребу алата ВМА-БСЦ са циљем да поуздано и оптимално доносе одлуке – на којој ће се локацији израђивати поједини производи. Менаџмент компаније Тигар (Пирот) је ушао нов пројекат имплементирања БСЦ са циљем да се процеси праћења, контроле пословања и заштите од ризика подигну на виши ниво и тако створе бољи услови за процесе стратешког планирања и одлучивања у компанији. Према Kloot i Martin [14] не постоји снажна повезаност између стратешких циљева и мера перформанси у јавном сектору предузећа, али да се жељене стратешки орјентисане перформансе могу постићи помоћу БСЦ методологије. У многим јавним предузећима БСЦ се веома успешно примењује : Petrobras (Petroleum Prospecting and Trading Agency), град Charlotte (USA), Министарство енергетике у USA, Cockburn и Melville (Australija), Singapore, U.S. National Reconnaissance Office (NRO) са своја три програма (Air Force, Central Intelligence Agency & Navy). Каплан и Нортон [4] описују предности примене ове методе у следећим непрофитним организацијама. Многа национална телекомуникацијска предузећа употребљавају или намеравају употребити БСЦ у процесу руковођења услуга како би се успешно преобликовали из хетерогеног у хомогеног понуђача конвергентних фиксних и мобилних услуга. Cribb и Hogan [15] су истраживали могућност коришћења БСЦ у приватној универзитетској библиотеци. Cullen и dr. [16] су предложили да БСЦ

буде коришћен у школама за повећање важности перформанси (уместо самог праћења перформанси). Azizi и dr. [17] су показали да су БСЦ и њене апликације специфичан и снажан менаџмент алат мерења, посебно у сектору здравства. Организацијама у здравству треба „балансиран скуп мера који обухвата ефективност клиника, искуство корисника услуга, ефективност менаџмента ризика и стратешку ефективност“ [18].

4. ИНТЕГРАЦИЈА И ПРИМЕНА БСЦ МЕТОДЕ СА МЕТОДАМА ВИШЕ-КРИТЕРИЈУМСКЕ АНАЛИЗЕ

Модификација БСЦ методе првенствено се заснива на интеграцији ове методе и метода више-критеријумске анализе и/или модификованих метода више-критеријумске анализе. БСЦ метода представља оквир за дефинисање пословних циљева. Применом методе више-критеријумске анализе се оцењују пословни циљеви.

Clinton и др. [19] сматрају да је помоћу АХП (аналитички хијерархијски процес) методе могуће превазићи ограничења БСЦ модела и то у неколико корака. Прво, потребно је одабрати особе које ће дефинисати циљеве по перспективама. У овај проблем су укључени експерти који раде у организацији која уводи БСЦ модел и то за сваку перспективу и за сваки део организације који одговара датој перспективи. Експерти користе своје искуство и знање и методе као што је брејнсторминг приликом дефинисања циљева. Када су циљеви дефинисани потребно је да се смањи њихов број и да се узму у обзир само они најважнији. Експерти то могу да ураде на састанку или помоћу анкете да би одредили коначне циљеве БСЦ перспектива и њихове релативне важности. Други корак је поређење тежина циљева по БСЦ перспективама помоћу АХП да би се утврдило који имају највећи утицај на

пословање организације и да би се израчунале перформансе пословања организације по перспективама.

Леунг и др. [20] су показали да АХП и АНП (аналитички мрежни процес) могу да се користе за специфичне ситуације приликом имплементације БСЦ модела у организацији и превазилажења проблема који се јављају (као што су завистан однос између мера и употреба објективних и необјективних мера). Лее Аму и др. [21] су развили модел за процену информационо-технолошких одељења у производној индустрији на Тајвану. Модел је заснован на фази АХП (ФАХП) и БСЦ. ФАХП је коришћен у комбинацији са БСЦ перспективама (које су хијерархијски дефинисане и чији циљеви су изабрани за сваку перспективу) за толерисање неодређености и двосмислености информација. Erbas и Parlakaya [22] истраживали су број стратегија и циљева и њихову повезаност у домену хотелијерства. Аутори сугеришу да треба дефинисати најпотребније циљеве и стратегије и њих унапређивати, што се ефикасно може постићи применом БСЦ и АХП методологије. Xiaoli и Guangbin [23] су извршили процену перформанси информационо-технолошких организација користећи АХП за разврставање прикупљених мера перформанси. Затим, Функционална анализа трошкова (Function costs analysis – FCA) метода се користи за преглед и побољшање свих рангова перформанси информационо-технолошких организација. Многи аутори користе и друге методе. Kim и Davidson [24] су користили БСЦ оквир за процену комерцијалне перформансе трошкова „Информационе Технологије“ у банкарском сектору користећи статистичке методе за анализу података као што је студентова расподела и регресиона анализа. Azarbad и др. [25] су у свом раду представили БСЦ-Делфи модел за дефинисање слабости и снаге будућих партнера светских банака у циљу смањивања могућих ризика. Помоћу БСЦ

методологије су одређени критеријуми, под-критеријуми и алтернативе за пословног партнера разматране банке у оквиру четири БСЦ перспективе. Применом Делфи методе одређене су релативне важности критеријума, под-критеријума и алтернатива. У Делфи методи је учествовало 25 експерата који су своје процене давали помоћу унапред дефинисаних лингвистичких исказа. Кио и Chen [26] су користили БСЦ оквир и фази Делфи методу за дефинисање вредности кључних циљева у предузећима услужне делатности. Резултати рада показују да у услужној индустрији на финансијској перспективи три циља су најважнија: контрола трошкова, пораст профита и пораст цена. На перспективи купаца то су: квалитет услуга/производа, задовољство купаца и време услуга. Код перспективе интерних процеса најзначајнији циљеви су доступност информација, процедуре стандардних операција и однос између особља и клијената. Код перспективе учења и развоја најзначајнији циљеви су углед организације, конкуренција и задовољство запослених. Kang и Juanmei [27] су применили БСЦ методу и фази теорију како би извршили процену перформанси окружења ланца снабдевања. Аутори рада су поред већ постојећих перспектива БСЦ увели и пету перспективу-заштита животне средине. Извршена је анализа и рангирање циљева помоћу фази приступа да би се показала тачност и ефективност модела. Као резултат те анализе настали су нови систем циљева и модел за процену перформанси ланца снабдевања. Wu Chun-Teh и др. [28] су спровели студију за процену „перформансе нове државне процедуре“ користећи БСЦ структуру интегрисану са фази скалом за мерење и побољшање јавних услуга. Фази скала у ствари представља низ анкета и упитника који су спроведени међу грађанством због оцењивања јавних услуга, њиховог квалитета и мера побољшања.

Резултати процена су обрађени помоћу статистичких метода. Аутори су мишљења да ефикасан систем мерења перформанси је есенцијалан за контролисање, праћење и побољшање квалитета услуга у државним организацијама. Извршено је испитивање финансијских процеса, услуга грађана и радних интерних процеса. Као резултат ове студије настао је прелаз субјективне перцепције менаџера у информациони ентитет и потврда побољшања тог прелаза. Vobillo и др. [29] предлажу семантични фази експертни систем који имплементира генерички оквир за БСЦ. У свом раду су знање о БСЦ променљивама представили помоћу OWL (Ontology web language – онтолошки интернет језик) прилаза, тако да је могуће размена, коришћење и измена БСЦ модела између различитих организација. OWL прилаз је представљен као основа за фази експертни систем који користи фази АКО-ОНДА правила за опис нових информација (знања). Резултати представљају корисне делове информација који помажу менаџерима да побољшају стратешке циљеве својих компанија. Овакав фази БСЦ експертни систем може да се користи и да се прилагоди различитим врстама пословања у организацији. Shafia и др. [30] су испитивали утицај имплементације „менаџмента односа са купцима“ на пословање организације заснованог на БСЦ методи. Разлике у садашњим условима при имплементацији „менаџмента односа са купцима“ у организацији доводе до дефинисања стратешких циљева који се могу рангирати да би се добило најбоље решење у циљу повећања „менаџмента односа са купцима“. Тежине мера менаџмента односа са купцима у БСЦ моделу и стратешких циљева су одређене од 44 менаџера који су питања добијали у облику упитника. Резултати су анализирани кроз фази приступ помоћу упитника и неких селективних метода за више-критеријумске одлуке и решавање

проблема. На основу тога су одређени коначни стратешки циљеви (повратне информације од купаца, адаптирање знања менаџера и припадност запослених) који треба да побољшају пословање организације. Решења добијена у овом раду пропагирају на боље разумевање „менаџмента односа са купцима“ и његове ефикасности за различите врсте организација и предлажу стратешка решења за настале проблеме. Предложени модел може се користити и у другим гранама индустрије. У раду [31] фази групна линерна метода је коришћена за одређивање распореда процеса менаџмента по нивоима у оквиру четири БСЦ перспективе. Фази групни приступ (помоћу реалних опција) је коришћен за процену финансијских вредности распоређених процеса у претходном кораку. И на крају, извршен је избор оптималног процеса менаџмента (у различитим временима) сагледавајући распоред, финансијске вредности и повезаност процеса. Оквир за фази групну више-критеријумско оцењивање и селекцију процеса узима у обзир квалитет и квантитет критеријума и њихових вредности од стране експерата које су исказане помоћу лингвистичких променљивих. Резултати рада показују да фази приступ моделирања неизвесности улазних података може да се користи у БСЦ моделу. Yazdi и Haddadi [32] су посматрали организацију кроз четири БСЦ перспективе да би дефинисали циљеве перформанси, затим су извршили рангирање циљева помоћу фази ФМЕА. Анкета је спроведена у тиму од 23 експерта (менаџера, менаџера квалитета и људи који су повезани са БСЦ циљевима). Према резултатима анкете дошло се до релативне вредности циљева.

Циљ који се налази први у рангу има највећи утицај на перформансе предузећа и менаџмент тим треба да се фокусира на његово унапређење. Аутори сматрају да се коришћењем ове методе избегавају слабости БСЦ и помаже бржем дефинисању визије организације. Такође,

результати овог рада показују да је могуће извршити одређивање стратешке мапе предузећа (помоћу које се дефинишу ресурси и буџет, положај на тржишту итд.) и рангирање циљева перформанси применом предложене методе.

5. ЗАКЉУЧАК

Нови услови пословања захтевају прилагођавање пословних субјеката и изградњу организационе структуре засноване на новим постулатима чији је крајњи циљ „изградња“ нове организације, при чему је она врло флексибилна и иновативна и може да одговори на нарастајуће захтеве корисника у краћем временском периоду и да формира конкурентску предност. Домаћа предузећа су током последњих десетак година била недовољно конкурентна на међународном тржишту, а ефекти светске економске кризе су само појачали питање лоше конкурентске способности домаћих предузећа. Неопходност убрзаног развоја Републике Србије, који треба да омогући одговарајуће укључивање у међународно тржиште, подразумева поред осталог, добро организована предузећа чије се функционисање заснива на ефикасном раду и привређивању. Домаћа предузећа као конкуренте немају само предузећа из развијених земља, превасходно из земља ЕУ, већ и из ново-индустријализованих земља, попут Кине, Индије, Бразила, Мексика, Турске, итд. Главни фактор њиховог успеха јесте оптимизација односа цене и квалитета производа, заснована на сталном унапређивању продуктивности. Њихова конкурентска способност се заснива на нижим трошковима пословања, превасходно због ниже цене радне снаге, али и због отворености за стране инвестиције и због прихватања најсавременијих метода и техника менаџмента. Један од свакако најзначајнијих проблема економија у транзицији, који у доброј мери условљава лош тржишни наступ предузећа на

међународном тржишту, свакако је неадекватна дефинисаност и употреба пословних циљева, при чему се превасходно мисли на пословне циљеве који су потребни за ефикасно управљање предузећем. Пословни циљеви предузећа представљају битну окосницу ефикасности коришћења ресурса и ефективности задовољавања потрошача. Сталне промене у тржишном и укупном окружењу намећу императив менаџменту да стално усавршава пословне циљеве предузећа како би стекао, очувао и унапређивао позицију на тржишту, а тиме допринео и пословној успешности. Савремено предузеће као основни субјект развијене тржишне привреде понаша се као самостални економски систем који пројектује и користи своје пословне циљеве као компоненту стратешких предности у односу на окружење. Зато се пословни циљеви предузећа морају тако дефинисати, да омогућавају усклађивање са развојном стратегијом, као посебном управљачком активношћу менаџмента, која усмерава своје мере на дефинисање и реализовање кључних циљева пословне успешности. У том смислу, пословање домаћих предузећа мора да се заснива на примени менаџмент мера које подржавају конкурентност, иновативност и флексибилност пословних циљева, као и на интервентном унапређивању знања запослених у њима, а посебно топ менаџмента. Од изузетног значаја за све националне економије у свету је сектор малих и средњих предузећа.

Због бројних предности економске и социјалне природе, попут економске и технолошке флексибилности, креирања нових радних места, запошљавања, сектор малих и средњих предузећа се, са правом, означава као генератор развоја националне економије. Све развијене економије у свету, у значајној мери, ефекте свога раста и развоја дугују, управо, малим и средњим предузећима. Њихов развој је посебно битан за остваривање циљева регионалног развоја, како у оквиру једне националне

економије, тако и на међународном плану. Мала и средња предузећа омогућавају развој предузетничке климе, а то је предуслов напретка у савременој светској привреди. Мала и средња предузећа су носиоци привредног и битан фактор унапређења економске ефикасности сваке привреде. Њихова конкурентска предност огледа се у брзини, флексибилности и осетљивости на потребе потрошача, те на тај начин представљају најзначајније креаторе нових производа, дају највећи допринос отварању нових радних места, највише доприносе променама привредне структуре и представљају најфлексибилнији и на потребе потрошача најосетљивији део сваке привреде. Она обезбеђују преко потребну дозу флексибилности и адаптивности и представљају највиталнији и економски најефикаснији део сваке привреде. Имајући то у виду, потребно је пронаћи оптималну комбинацију малих, средњих и великих предузећа која је у стању да најбоље испуни привредне и друштвене циљеве једне земље. Мала, средња и велика предузећа стоје, како у међусобно конкурентским, тако и у комплементарним односима и заједно дају синергетске ефекте у привреди. С тим у вези, ревитализација и експанзија постојећих предузећа, уз подстицање креирања и комерцијализације предузетничких иницијатива, опредељујуће су претпоставке будућег привредног развоја. Хитне менаџмент мере (повећање прихода, смањење имовине, снижење трошкова и њихова комбинација, итд.) углавном су детерминисане ресурсима предузећа и степеном удаљености пословања предузећа од преломне трачке. У кризној ситуацији потребно је систематски и објективно вредновати све могућности, имајући у виду пореске и билансне консеквенце, као и очекивани ефекат на пословање предузећа. Избор зависи од садашње и будуће стратегије предузећа, као и од могућности топ менаџмента.

Уколико почетне менаџмент мере мотивишу запослене и при том се остваре краткорочна побољшања у пословању, са великом сигурношћу се може очекивати превазилажење кризне ситуације. Такође, потребна је адекватна анализа вредности, која представља процес идентификовања и елиминисања непотребних трошкова, посебно производа или услуге. Тако да при формулисању стратегије треба узети у обзир конкуренцију, конкурентске предности, извршити сегментацију тржишта на основу посебних обележја производа и обратити пажњу на фазе у еволуцији производа и тржишта. Пословни циљеви се постављају на финансијској основи како се не би превиделе могућности на тржишту. Управо они представљају оријентире при формулисању стратегије. При формулисању стратегије морају се уважавати текући и будући трендови, њихови правци и интензитети. Трансформационе процесе треба разумети као управљање организацијом у динамичним условима привређивања, где се на бази шанси и опасности као и јаких и слабих страна предузећа формулишу стратегије, а на бази њих предузимају стратегијске акције које ће водити ка очувању виталности предузећа.

Могућ је читав спектар стратегијских интервенција које могу укључивати промене пословног портфолија, интервенције у технологији, менаџменту, структури активе и сл.

Стратегију треба преформулисати у правцима где ће организација моћи да на бази дистинктивних компетентности стекне конкурентску предност (вођство у трошковима, диференцирање или тржишно фокусирање). На тај начин зауставио би се пад тржишног учешћа и пад профитабилности у појединим сегментима пословног портфолија. Привредна историја показује да су опстала она предузећа која су се успешно прилагођавала променама при чему су и сама, у одређеним интервалима времена и одређеним подручјима пословања

иницијатори промена. Међутим, предузећа у Србији су обављала своје активности у пословном окружењу које су карактерисали неефикасност пословања и одсуство мотивације код запослених. У таквим условима, економски систем суочен је још и са непредвидивим ефектима глобалне економске кризе, што додатно погоршава актуелно стање домаћих предузећа. Сходно томе, кључни фактори успеха предузећа постају способност и брзина прилагођавања, при чему су стратешке и организационе промене неопходне да би предузеће рационално реаговало на променљиво окружење. Наиме, у променљивом окружењу, да би опстала, предузећа се и сама морају непрестано мењати и развијати. Опстанак и развој подразумевају улагање напора у реevaluацију и поновну афирмацију конкурентних предности предузећа и њихових позиција на тржишту. Управљање променама захтева од запослених у организацији да усвоје нова знања, прикупе више информација, изађу на крај с новим задацима, побољшају своје вештине, те често мењају своје радне навике, вредности и ставове. Ово укључује промене у људима – код управе и запослених, њихових способности, мотивације, понашања и делотворности на раду. Исто тако укључује и промене у организационој култури – промене вредности, устаљених обичаја, информационих односа, утицаја, стила управљања. Како је то читав процес корених промена - не одвија се сам по себи: потребно је и учење, и време, напор, упорност, способност, оданост и преданост послу који се обавља.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] Oakland, J., (2004). Oakland on quality management, Elsevier Butterworth – Heinemann, United Kingdom.
 [2] Lebas, M.J. (1995). Performance measurement and performance

management. International Journal of Production Economics, 4 (1), 23-35.
 [3] Neely, A.D., Gregory, M., Platts, K. (1995). Performance measurement system design: a literature review and research agenda. International Journal of Operations & Production Management, 15 (4), 80-116.
 [4] Kaplan, R.S., Norton D.P. (2008). The execution premium: linking strategy to operations for competitive advantages. Harvard Business School Publishing Corporation, Boston, USA.
 [5] Rue, W.L., Byars, L.L., (2005). Human Resource management. McGraw-Hill/Irwin Companies, Inc.
 [6] Kaplan, R.S., Norton D.P. (1992). The Balanced Scorecard-measures that drive performance. Harvard Business Review, 70 (1), 71-79.
 [7] Hendricks, K., Menor, L. and Wiedman, C. (2004), The Balanced Scorecard: to adopt or not to adopt?. Ivey Business Journal Online, available at: www.iveybusinessjournal.com/view_article.asp?intArticle_ID=527.
 [8] Malina M, Selto FH (2001). Communicating and controlling strategy: an empirical study of the effectiveness of the balanced scorecard. Journal of management accounting research, 13, 47-90.
 [9] Bose S., Thomas K., (2007). Applying the balanced scorecard for better performance of intellectual capital. Journal of Intellectual Capital, 8 (4), 653-665, Emerald Group Publishing Limited 1469-1930, DOI 10.1108/14691930710830819.
 [10] Davis, S., Albright, T., (2004). An Investigation of the Effect of Balanced Scorecard Implementation on Financial Performance. Management Accounting Research, 15 (2), 135-153.
 [11] Dumond, E. J. (1994). Making Best Use of Performance-Measures and Information. International Journal of Operations & Production Management, 14 (9), 16-31.

- [12] Forza, C., Salvador, F. (2000). Assessing some distinctive dimensions of performance feedback information in high performing plants. *International Journal of Operations & Production Management*, 20 (3), 359-385.
- [13] Forza, C., Salvador, F. (2001). Information flows for high-performance manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 70 (1), 21-36.
- [14] Kloot, L., Martin, J. (2000). Strategic performance management: a balanced approach to performance management issues in local government. *Management Accounting Research*, 11, 231-251.
- [15] Cribb, G., Hogan, C. (2003). Balanced scorecard: linking strategic planning to measurement and communication. 24th Annual IATUL Conference, June 2-5, 2003. Ankara, Turkey., <http://www.bond.edu.au/library/staff/iatulpaper.pdf>.
- [16] Cullen, J., Joyce, J., Hassall, T., & Broadbent, M. (2003). Quality in higher education: From monitoring to management. *Quality Assurance in Education*, 11, 1–5.
- [17] Azizi F., Behzadian M. and Afshari A.J. (2012), Application of Balanced Scorecard Approach to Healthcare Organizations, *European Journal of Scientific Research*, 74 (1), 79-89, ISSN: 1450-216X, EuroJournalsPublishing,Inc.2012,<http://www.europeanjournalofscientificresearch.com>.
- [18] Moullin, M. (2002). *Delivering Excellence in Health and Social Care: Quality, Excellence and Performance Measurement*. Open University Press, Buckingham.
- [19] Clinton, D., Webber, S.A., Hassel, J.M. (2002). Implementing the Balanced Scorecard Using the Analytic Hierarchy Process. *Management accounting quarterly*, 3, 1-11.
- [20] Leung C., Lam K. C. and Cao D. (2006), Implementing the balanced scorecard using the analytic hierarchy process & the analytic network process, *Journal of the Operational Research Society*, 57 (6), 682–691.
- [21] Lee Amy H.I., Wen-Chin C., and Ching-Jan C. (2008). A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan, *Expert Systems with Applications* 34 (1), 96–107.
- [22] Erbasi A., and Parlakkaya R., The use of analytic hierarchy process in the balanced scorecard: an approach in a hotel firm, *Business and Management Review*, 2 (2), 23 – 37, april, 2012, ISSN: 2047 – 0398, <http://www.businessjournalz.org/b>.
- [23] Xiaoli Y., Guangbin W., *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM '08. 4th International Conference, Dalian, 12-14 Oct. 2008*, pp. 1 – 5, E-ISBN: 978-1-4244-2108-4, Print ISBN: 978-1-4244-2107-7, INSPEC Accession Number: 10357066, Digital Object Identifier: 10.1109/WiCom.2008.1229.
- [24] Kim C.S. and Davidson L. F., (2004), The effects of IT expenditures on banks' business performance: using a balanced scorecard approach, *Managerial Finance*, 30 (6), 28–45.
- [25] Azarbad M., Ekhtiari M., Sarfaraz Homayoun A. and Abdi F., (2011), A framework to select commercial bank partner using fuzzy BSC-DEA method, *Management Science Letters*, 1 (4), 467-480, ISSN 1923-9335, DOI: 10.5267/j.msl.2011.06.
- [26] Kuo F. and Chen P. C., (2008), Constructing performance appraisal indicators for mobility of the service industries using fuzzy delphi method, *Expert Systems with Applications*, 35 (4), 1930–1939.
- [27] Kang S. and Juanmei Y., Study on the performance evaluation of green supply chain Based on the balance scorecard and fuzzy theory, (2010), *Information Management and Engineering (ICIME), The 2nd IEEE International Conference on 16-18 April 2010 ,Chengdu*, pp. 242-

246, E-ISBN: 978-1-4244-5265-1, Print ISBN: 978-1-4244-5263-7, INSPEC Accession Number: 11361516, Digital Object Identifier: 10.1109/ICIME.2010.5477618.

- [28] Wu Chun-Teh J., Tsai Hsien-Tang , Shih Meng-Hsun and Fu Hwai-Hui , (2010), Government performance evaluation using a balanced scorecard with a fuzzy linguistic scale, *The Service Industries Journal*, 30 (3), 449-462, DOI:10.1080/02642060802248017.
- [29] Bobillo F., Delgado M., Gómez-Romero J. and López E., A semantic fuzzy expert system for a fuzzy balanced scorecard, *Expert Systems with Applications*, 36 (1), 423–433, january 2009, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2007.09.020>
- [30] Shafia M. A., Mazdeh M. M., Vahedi M. and Pournader M., (2011), Applying fuzzy balanced scorecard for evaluating the CRM performance, *Industrial Management & Data Systems*, 111 (7),

1105-1135,
DOI:10.1108/02635571111170622
(Permanent URL), ISSN: 0263-5577,
Emerald Group Publishing Limited

- [31] Zandi F. and Tavana M., (2011), A fuzzy multi-objective balanced scorecard approach for selecting an optimal electronic business process management best practice (e-BPMBP), *Business Process Management Journal*, 17 (1), 147 – 178, DOI:10.1108/14637151111105625 (Permanent URL), ISSN: 1463-7154, Emerald Group Publishing Limited
- [32] Yazdi A. K. and Haddadi M., (2011), Integration of Balanced Scorecard and Fuzzy FMEA for designing road map, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5 (9), 907-916, ISSN 1991-8178.

Адреса аутора: др Предраг Правдић, професор струковних студија, Академија струковних студија Шумадија, одсек у Трстенику
е-маил: ppravdic@asss.edu.rs
Рад примљен: јануар 2022
Рад прихваћен: јануар 2022

IZAZOVI KVALITETA 4.0: PREGLED LITERATURE I POSLOVNE PRAKSE

QUALITY CHALLENGES 4.0: REVIEW OF LITERATURE AND BUSINESS PRACTICE

DIJANA TADIĆ¹
SANJA STANISAVLJEV¹
MILA KAVALIĆ²
ZLATKO KOŠUT¹

¹ Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin”, Zrenjanin, Srbija.

² Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija.

REZIME

Autori se u radu bave istraživanjem izazova, sa kojima su se susretala preduzeća prilikom implementacije Kvaliteta 4.0. Cilj rada je usmeren na pregledu dosadašnje poslovne prakse, koja može poslužiti svim preduzećima koja planiraju ili su u začetku uvođenja vrhunskog kvaliteta – Kvaliteta 4.0. Pregledom literature došlo se do zaključka, da se najčešće ponavljalo 10 izazova, s kojim su se organizacije susretale prilikom uvođenja Kvaliteta 4.0, do danas. Izazovi su grupisani, u zavisnosti od toga, koliko se preduzeća susrelo sa istim, a baziraju se na dva glavna činioca, na ljude i tehnologiju.

Ključne reči: Kvalitet 4.0, Industrija 4.0, Izazovi, Implementacija.

ABSTRACT

The authors research the challenges faced by companies during the implementation of Quality 4.0. The aim of the paper is aimed at reviewing the current business practice, which can serve all companies that are planning or are in the process of introducing top quality - Quality 4.0. A review of the literature led to the conclusion that 10 challenges were most often repeated, which organizations have encountered during the introduction of Quality 4.0, to date. The challenges are grouped, depending on how many companies have encountered them, and are based on two main factors, people and technology.

Key words: Quality 4.0, Industry 4.0, Challenges, Implementation.

1. UVOD

Nakon spoznaje da je nastupila Četvrta industrijska revolucija, kao i da je uslov opstanka na tržištu njena implementacija, danas se sve više govori o iskustvima preduzeća i primenjenim metodama, koje su

omogućile da se ovaj koncept primeni. Na taj način, pokušava se iznedriti pravi i sledljiv put, koji bi pomogao svim drugim organizacijama, koje žele postići isto. Nakon uvođenja Industrije 4.0, prirodan sled događaja nameće potrebu za implementacijom Kvaliteta 4.0. Može se reći

da je to korak više, koji iziskuje još veća ulaganja i znanja. S obzirom da ne postoji razrađena metoda implementacije, mnoga preduzeća pokušavaju da dosegnu ovaj stepen kvaliteta na svojstven način. Na tom putu, susreću se sa mnogim izazovima. Kvalitet 4.0 se dovodi u blisku vezu i sa Totalnim upravljanjem kvalitetom [1;2;3;4;5;6]. TQM veoma važan u Industriji 4.0 zbog svojih kompetencija [7]. Stoga, može se reći da je TQM, jedan od koraka koji su značajni za uvođenje Kvaliteta 4.0. Ovaj rad ima za cilj da izvrši pregled dostupnih literaturnih izvora i iskustava, iz poslovne prakse među preduzećima koja su imala poteškoće prilikom uvođenja Kvaliteta 4.0. Cilj je i da se na jednom mestu obuhvate ključni dosadašnji izazovi, radi lakše evidencije i spoznaje smernica organizacijama, koje im mogu pomoći na putu uvođenja Kvaliteta 4.0.

2. METODOLOGIJA

2.1. PREDMET I PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Savremeno poslovanje u kojem je zastupljena sve više Industrija 4.0, diktira i obavezu sprovođenja Kvaliteta 4.0 radi dobrog pozicioniranja organizacija na tržištu. Problemi koji nastaju u sprovođenju Kvaliteta 4.0 mogu se predstaviti i kroz izazove sa kojima se preduzeća susreću. Predmet ovog istraživanja usmeren je na sagledavanje dobre poslovne prakse preduzeća, koja su se susrela sa sprovođenjem Kvaliteta 4.0. Predmet istraživanja može se predstaviti i kroz sledeće istraživačko pitanje: Koji su to izazovi Kvaliteta 4.0, s kojim se se organizacije susretale od početka uvođenja Industrije 4.0 do danas?

2.2. IZVORI I DOSTUPNOST PODATAKA

Za potrebe ovog istraživanja, koje se bazira na pregledu literature i izvlačenju relevantnih zaključaka vezanih za

implementaciju Kvaliteta 4.0, koristilo se više pretraživača naučnih i stručnih radova. U tabeli 1, dat je pregled časopisa, koji su se najčešće javljali. Njihova učestalost se takođe može videti u tabeli. Zbog velikog ukopnog broja izvora, drugi deo časopisa / konferencija je namerno izostavljen.

Tabela 1: Najčešći časopisi iz kojih su preuzeti radovi

Naziv časopisa:	ISSN:	Izdavač:	Učestalost:
Journal of Physics: Conference Series	1742-6588	IOP Publishing LTD	9
The TQM Journal	1754-2731	Emerald Group Holdings Ltd	5
IFAC-PapersOnLine	2405-8963	Elsevier B.V.	5
Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb	0947-0085	Carl Hanser Verlag	4
Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)	2169-8767	IEOM Society	4
International Journal of Innovation: IJI Journal	2318-9975	Univ Nove Julho	4
International Journal for Quality Research	1800-6450	Univ Montenegro	4
Procedia CIRP	2212-8271	Elsevier	3
Total Quality Management & Business Excellence	1478-3363	Routledge Journals	3
Sustainability	2071-1050	MDPI	3

Težnja ovog pregleda, bila je da se analizira što veći broj radova. Stoga, može se reći da nije namerno izostavljen nijedan, koji bi mogao doprineti ovoj analizi. Na ovaj način, može se uvideti rasprostranjenost interesovanja među časopisima, aktuelnost oblasti i teme, u savremenom poslovanju i praksi preduzeća. Treba imati u vidu, da nisu samo proizvodne organizacije zainteresovane za Kvalitet 4.0. Nefitne

organizacije različitih oblasti, takođe su uvidele mogućnost napretka implementiranjem ovog stepena kvaliteta.

3. TEORIJSKI OKVIR ISTRAŽIVANJA

Veoma su retka istraživanja koja se bave Industrijom i Kvalitetom 4.0 [8]. Fokus je mnogo više usmeren ka (između ostalog) pokazateljima kvaliteta [9], upravljanju istog [10] ili kvalitetu kao strategiji da se primeni Industrija 4.0 [11;12]. Sa druge strane, na osnovu jednog istraživanja u automobilske industriji je zaključeno, da je velika povezanost između ova dva koncepta [13]. Grupa autora [14] navela je kao osnovni izazov integraciju razvoja: procesa, zaposlenih, partnera i kupaca, kao celine koja čini kompletan lanac vrednosti. Naime, ovi autori su predočili da svi zajedno moraju raditi na razvoju počevši od sebe samih u preduzeću, pa sve do krajnjih kupaca. Ovde se navode, svi tokovi i procesi koji se odvijaju unutar organizacije, kao i oni koji su izvan, kako bi zajedničkim naporima napredovali i postigli željeni uspeh.

Veliki broj radova [15;16;17;18;19], bazirao se na upravljanju podataka, kao jednog od najvećih izazova uvođenja Kvaliteta 4.0. Uz pomoć inteligentnih mašina, dolazi se do mnoštva podataka, koji se ranije nisu mogli ni zamisliti. Neki autori dodaju [16], da u proizvodnim procesima, ima jako puno varijacija, i da je jako teško generalizovati upravljanje podacima. Drugi pak [17], ističu da je od presudnog značaja odrediti kvalitet informacija sa kojima se upravlja. U skladu sa tim, može se reći da se metode za obradu velike količine podataka, još uvek razvijaju, i da će od njihove efikasnosti zavisiti ispravnost odluka [15]. Savremene tehnologije će odigrati značajnu ulogu po ovom pitanju [18].

Među literaturom, može se naći i istraživanje [20], koje naglašava da je za stvaranje visokog standarda kvaliteta, najveći izazov otkriti šta se traži na tržištu, odnosno otkriti želje kupca. Sa takvim

informacijama, preduzeća bi mogla proizvoditi samo one proizvode koji bi donele maksimalan profit, i to na način kakav priželjkuju krajnji korisnici. U tom slučaju, dugoročno se obezbeđuje uspešno i profitabilno poslovanje.

Prema nekim autorima [21], čovek predstavlja neizostavan faktor u Industrijama 4.0. Da bi se obezbedila efikasna proizvodnja sa kvalitetom, koja se na tržištu očekuje, praćenje čovekovog rada je važno isto kao i nadgledanje mašine. Očekuje se da će savremena tehnologija pratiti čovekov rad i obavestavati ga kada pravi greške. Na taj način, smanjiće se izlaznost defekata, a povećati kvalitet proizvoda. Ovaj rad, može se povezati i sa drugim istraživanjima u kojima se napominje da će zarad uvođenja Industrije i Kvaliteta 4.0, organizacije biti prinuđene na brojne organizacione i menadžerske izazove [22]. Organizacije će morati uvesti savremenu tehnologiju i obučiti ljude da njome rukuju, kao i da se postaraju da obezbede nadogradnju znanja i razvoj rukovodećih veština menadžera na svim nivoima.

Smatra se da će doći do revolucionarnih promena, po pitanju kvaliteta, te da će ključni izazov biti osiguranje vrhunskog kvaliteta i njegov kontinuitet [23].

Prema nekim autorima, najveći izazov je, postignuti iskustvo Kvaliteta 4.0 najpre na najsitnijim procesima, pa onda dalje [24]. Jedino sa takvom politikom rada, moguće je ostvariti krajnji cilj, odnosno uvesti Kvalitet 4.0 na nivou celog preduzeća.

Poseban izazov u Industrijama 4.0 predstavlja i integracija robotskih sistema u Kvalitet 4.0. Zahvaljujući napornom radu i istraživanju, došlo se do unapređenja funkcija robotske tehnologije, koje danas omogućavaju veću brzinu, nepogrešivu tačnost i besprekidnu ponovljivost [25].

Poseban osvrt po pitanju Kvaliteta 4.0 usmeren je ka neprofitabilnim organizacijama. Na primer, mnogi univerziteti u Rusiji, nemaju uspostavljeno efikasno marketinško upravljanje [26]. Razlog tome su zastareli i neiskorišćeni do kraja, marketinški alati. Danas, uz pomoć

savremene tehnologije, može se pospešiti kvalitet upravljanja marketingom, i obezbediti veći broj domaćih i stranih studenata, privući novi zaposleni i podići efikasnost rada na novi nivo. Sa druge strane, naglašava se da je kvalitet u obrazovnim ustanovama od presudnog značaja, po pitanju celog regiona ako se govori o prelasku na Industriju 4.0 [27]. Obezbeđivanjem većeg stepena kvaliteta u univerzitetima, i modernizacijom obrazovanja budućih zaposlenih, omogućava se lakše prevazilaženje jaza koje je prouzrokovala tranzicija, u cilju ostvarenja Industrije 4.0. Pored primarnog zadatka univerziteta, da osposobe studente da rade u Industriji 4.0, njihov cilj ogleda se i u smanjenju stope nezaposlenosti, koja će se u prvi mah javiti prilikom ulaska u Četvrtu industrijsku revoluciju [28]. Postoje i određene preporuke obrazovnim institucijama, kako treba da se upravlja kvalitetom u sklopu Industrije 4.0, u cilju prevazilaženja postojećih rizika i pretnji koje vladaju na tržištu [29].

Jedna grupa autora [30] istakla je, da se troškovi proizvodnje drastično smanjuju zahvaljujući pametnim proizvodnim sistemima. Samoorganizovanje, autonomnost, predvidljivost i samoodržavanje, samo su neki od karakteristika koje ti sistemi poseduju, a vode ka profitabilnijoj proizvodnji [31]. Reč je o sajber-fizičkim sistemima, koji imaju sposobnost otkrivanja nedostataka, pre nego što do njih dođe [32;33;34]. Na taj način, smanjuje se otpad i ostvaruje veći stepen kvaliteta. Smatra se da je u nekim segmentima, postojeće upravljanje kvalitetom zastarelo, i da je ključ napretka u tehnologijama Industrije 4.0 [33]. Značaj inteligentne tehnologije u ovoj industrijskoj revoluciji postaje sve bitniji [35]. U radovima drugih autora [36;37], može se pronaći sličnost u smeru razmišljanja. Oni navode, da je uslov obezbeđenja kvaliteta u Industriji 4.0, implementacija sajber-fizičkih sistema, kao osnove pametne proizvodnje. Nadalje, to je i razlog zašto se stvorila potreba za novim pristupom upravljanja

kvalitetom [38;39]. Pored tog pristupa, postoji rad [40], koji se usko bavio tehnikama i alatima za upravljanje Kvalitetom 4.0. Primena metode *Lean Six Sigma*, zauzima sve značajnije mesto u Industrija 4.0, i značajno brže dovodi do faktora uspeha [41]. Odnosno, oni kažu da kroz sprovođenje *Lean Six Sigma*, dolazi do lakšeg i bržeg usvajanja koncepta Kvaliteta 4.0. Izazov se ogleda u temeljnoj pripremi i ostvarenju svih uslova, koji će omogućiti krajnji cilj.

Autori jednog rada [42], izazove Kvaliteta 4.0 predstavili su kao prepreke njene implementacije. Oni navode, prema istraživanju koje su obavili u vodećim evropskim i američkim kompanijama, da je početni izazov, troškovi uvođenja Kvaliteta 4.0. Zatim, nedostatak resursa, u vidu tehnologija i kvalifikovanih ljudskih resursa. Treći izazov je nedovoljno znanja o implementaciji. Nakon toga, navodi se organizaciona kultura. Smatra se da za uvođenje Kvaliteta 4.0 najviše doprinosi inovaciona organizaciona kultura [43]. Naposljetku, kao krajnji izazov Kvaliteta 4.0, navedena je svest i znanje o ovom konceptu.

4. PREPORUKE I SMERNICE ZA UNAPREĐENJE KVALITETA 4.0

Na osnovu navedenog, izazove Kvaliteta 4.0 možemo sažeti u 10 najčešćih, s kojim se se organizacije susretale od početka uvođenja Industrije 4.0 do danas. To su:

1. Obezbeđenje materijalnih sredstava,
2. Podizanje svesi i znanja o Kvalitetu 4.0 i njegovoj implementaciji,
3. Integracija razvoja svih učesnika u proizvodnom ciklusu,
4. Uvođenje povoljne organizacione kulture,
5. Implementacija sajber-fizičkih sistema,
6. Uvođenje robotike u poslovne procese,
7. Upravljanje podacima,
8. Otkrivanje šta se traži na tržištu,
9. Uvođenje TKQ-a i
10. Implementacija *Lean Six Sigma*.

Može se reći da je prvi izazov, koji je uslov za svaki naredni korak, obezbeđenje materijanih sredstava. Ta sredstva se moraju rasporediti na dva glavna činioca - ljude i tehnologiju.

Ljudima se mora podići svest o važnosti i značaju uvođenja Kvaliteta 4.0. Takođe, neophodna je dodatna obuka i usavršavanje praktičnih znanja menadžera na svim nivoima. Oni moraju posedovati znanje da pomognu ostalim zaposlenima da prebrode jaz koji je pred njima. Pored internog kadra preduzeća, mora se uključiti u razvoj i eksterni, kao što su dobavljači i krajnji korisnici. Drugim rečima, oni svi zajedno moraju da prebrode taranziciju i steknu bazična znanja koja je potrebno kasnije nadograđivati. U sklopu ovog, može se navesti da je neophodna implementacija odgovarajuće organizacoione kulture, koja je zapravo podloga svega navedenog.

Drugi spomenuti činilac su sajber-fizički sistemi, koji predstavljaju osnovu Industrije 4.0. Njihovo uvođenje u organizaciju je neophodno, kako bi se na brži, kvalitetniji i jednostavniji način ispunili zahtevi savremenog društva. Ovim sistemima se pridružuju i robotski, koji imaju sposobnost da obavljaju rutinske zadatke, koji su nekad obavljali zaposleni, i na taj način daju zaposlenima priliku da se bave kreativnijim, produktivnijim i inovativnijim poslovima, koji će doprineti boljem uspehu preduzeća.

Uz pomoć savremene tehnologije, ljudima je obezbeđena ogromna podrška po pitanju upravljanja podataka. Sada, može se predvideti svaka greška i pogrešan potez, što umnogome smanjuje mogućnost škarta, i istovremeno obezbeđuje bolji kvalitet. Takođe, imaju veliku korist, po pitanju želja kupca, odnosno otkrivanja onog što se traži na tržištu. Zahvaljujući tome, organizacije se mogu fokusirati na sigurne i profitabilne odluke. Nakon uvođenja prethodnog, predueća će imati prohodan put za implementaciju mnogih alata kvaliteta, kao što su TQM i *Lean Six sigma*, koji predstavljaju krajnji korak pre uvođenja Kvaliteta 4.0. Dokazano je da pomenuti alati

kvaliteta i Kvalitet 4.0 imaju zajedničke faktore uspeha, stoga, može se reći da je to pretposlednji stadijum uvođenja vrhunskog kvaliteta.

Navedeni izazovi ne moraju nužno biti raspoređeni, kao što je ovde dato, niti se moraju javiti svi zajedno. Organizacije se međusobno razlikuju, što omogućava i razliku u postignutim dosadašnjim rezultatima. Ono što je bitno, jeste svest, šta organizacije mogu da očekuju na svom putu ka Kvalitetu 4.0.

5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad imao je za cilj da sagleda dosadašnju poslovnu praksu među preduzećima, koja su imala poteškoće prilikom uvođenja Kvaliteta 4.0. Istraživanje je bilo usmereno da se na jednom mestu obuhvate značajne prakse preduzeća i da se zaključci sumiraju, kroz izazove koje nameće sprovođenje Kvaliteta 4.0.

Pregledom literature došlo se do zaključka da se javljalo 10 najčešćih izazova, s kojim se organizacije susretale prilikom uvođenja Kvaliteta 4.0 do danas. Izazovi su grupisni, u zavisnosti od toga, koliko se preduzeća susrelo sa istim, a baziraju se na dva glavna činioca, na ljude i tehnologiju. Zahvaljujući tome, ovaj rad ima poseban značaj, koji se ogleda u pomoći svim zainteresovanim stranama, da spoznaju sa kakvim izazovima se mogu susresti na putu do implementacije Kvaliteta 4.0.

Kroz odgovaranje preduzeća na izazove, na neki način, može se uočiti jedan kontinuitet razvoja, koji polazi od osnovnih sredstava, ide ka usputnim, ali neizostavnim, i naposljetku dolazi do onih koji predstavljaju završnicu i sam uvod u Kvalitet 4.0. Neophodno je pozidanje svesti zaposlenih o važnosti i značaju uvođenja Kvaliteta 4.0. Potom, nužna je dodatna obuka i usavršavanje praktičnih znanja menadžera na svom nivoima. U razvoj, pored internog kadra preduzeća, potrebno je uključiti i eksterni, kao što su dobavljači i krajnji korisnici.

Ovaj rad ima praktičnu svrhu za sva preduzeća, koja pred sobom imaju za cilj da uvedu Kvalitet 4.0, i na taj način osiguraju uspeh u budućem poslovanju. Značaj se ogleda u sažimanju iskustava preduzeća iz različitih branši i predstavljanju istih, na jednostavan i razumljiv način. Zahvaljujući tome, ovaj rad ima poseban značaj, koji se ogleda u pomoći svim zainteresovanim stranama, da spoznaju sa kakvim izazovima se mogu susresti na putu do implementacije Kvaliteta 4.0, kao i jasnom ukazivanju na neophodne korake, koje organizacije moraju preduzeti.

6. BIBLIOGRAFIJA

- [1] Asif, M. (2020). Are QM models aligned with Industry 4.0? A perspective on current practices. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120820.
- [2] Babatunde, O. K. (2020). Mapping the implications and competencies for Industry 4.0 to hard and soft total quality management. *The TQM Journal*.
- [3] Beard-Gunter, A., Ellis, D. G., & Found, P. A. (2019). TQM, games design and the implications of integration in Industry 4.0 systems. *International journal of quality and service sciences*.
- [4] Chiarini, A. (2020). Industry 4.0, quality management and TQM world. A systematic literature review and a proposed agenda for further research. *The TQM Journal*.
- [5] Hamid, N. A., Hamzah, F. H. A., Noor, R. M., & Azali, N. M. (2018). Determinants of reinvestment allowance (RA) tax incentive utilization in embracing industry 4.0. *Polish Journal of Management Studies*, 18.
- [6] Sader, S., Husti, I., & Daróczy, M. (2019). Industry 4.0 as a key enabler toward successful implementation of total quality management practices. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 27(2), 131-140.
- [7] de Souza, F. F., Corsi, A., Pagani, R. N., Balbinotti, G., & Kowaleski, J. L. (2021). Total quality management 4.0: adapting quality management to Industry 4.0. *The TQM Journal*.
- [8] Fonseca, L., Amaral, A., & Oliveira, J. (2021). Quality 4.0: The EFQM 2020 model and industry 4.0 relationships and implications. *Sustainability*, 13(6), 3107.
- [9] Shin, W. S., Dahlgaard, J. J., Dahlgaard-Park, S. M., & Kim, M. G. (2018). A Quality Scorecard for the era of Industry 4.0. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(9-10), 959-976.
- [10] Hyun Park, S., Seon Shin, W., Hyun Park, Y., & Lee, Y. (2017). Building a new culture for quality management in the era of the Fourth Industrial Revolution. *Total Quality Management & Business Excellence*, 28(9-10), 934-945.
- [11] Rowlands, H. (2018, August). Manufacturing Quality 4.0. In *Proceedings of the 21st QMOD-ICQSS Conference, Cardiff University, Cardiff, UK* (pp. 22-24).
- [12] Rowlands, H., & Milligan, S. (2019, October). Future Research Agenda for Quality 4.0. In *Proceedings of the 22nd QMOD-ICQSS Conference: Leadership and Strategies for Quality, Sustainability and Innovation in the 4th Industrial Revolution, Kraków, Poland* (pp. 13-15).
- [13] Tasmin, R., Rahman, N. S., Jaafar, I., Abd Hamid, N. A., & Ngadiman, Y. (2020). The Readiness of Automotive Manufacturing Company on Industrial 4.0 Towards Quality Performance. *International Journal of Integrated Engineering*, 12(7), 160-172.
- [14] Albers, A., Gladysz, B., Pinner, T., Butenko, V., & Stürmlinger, T. (2016). Procedure for defining the system of objectives in the initial phase of an industry 4.0 project focusing on intelligent quality control systems. *Procedia Cirp*, 52, 262-267.
- [15] Dogan, O., & Gurcan, O. F. (2018, July). Data perspective of Lean Six Sigma in industry 4.0 Era: a guide to improve quality. In *Proceedings of the international conference on industrial*

engineering and operations management Paris.

- [16] Oliff, H., & Liu, Y. (2017). Towards industry 4.0 utilizing data-mining techniques: a case study on quality improvement. *Procedia CIRP*, 63, 167-172.
- [17] Reis, M. S. (2018). A Systematic Framework for Assessing the Quality of Information in Data-Driven Applications for the Industry 4.0. *IFAC-PapersOnLine*, 51(18), 43-48.
- [18] Sommerhoff, B. (2021). Qualitätssicherung 4.0–Weniger Rückrufe durch KI?. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 116(4), 193-197.
- [19] Zonnenshain, A., & Kenett, R. S. (2020). Quality 4.0—the challenging future of quality engineering. *Quality Engineering*, 32(4), 614-626.
- [20] Villalba-Diez, J., Schmidt, D., Gevers, R., Ordieres-Meré, J., Buchwitz, M., & Wellbrock, W. (2019). Deep learning for industrial computer vision quality control in the printing industry 4.0. *Sensors*, 19(18), 3987.
- [21] Wang, Z., Qin, R., Yan, J., & Guo, C. (2019). Vision Sensor Based Action Recognition for Improving Efficiency and Quality Under the Environment of Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 80, 711-716.
- [22] Müller, J. M. (2019). Contributions of Industry 4.0 to quality management-A SCOR perspective. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 1236-1241.
- [23] Glück, M., & Wolf, J. (2014). Integrated quality management for Industry 4.0. *Productivity Management*, 19, 19-22.
- [24] Ramezani, J., & Jassbi, J. (2020). Quality 4.0 in action: smart hybrid fault diagnosis system in plaster production. *Processes*, 8(6), 634.
- [25] Mineo, C., Vasilev, M., Cowan, B., MacLeod, C. N., Pierce, S. G., Wong, C., ... & Cross, E. J. (2020). Enabling robotic adaptive behaviour capabilities for new industry 4.0 automated quality inspection paradigms. *Insight-Non-Destructive Testing and Condition Monitoring*, 62(6), 338-344.
- [26] Bratukhina, E. A., Lysova, E. A., Lapteva, I. P., & Malysheva, N. V. (2020). Marketing management of education quality in the process of University reorganization in industry 4.0: Goals of application and new tools. *International Journal for Quality Research*, 14(2).
- [27] Cheglakova, L. S., Devetyarova, I. P., Agalakova, O. S., & Kolesova, Y. A. (2020). Marketing strategy of quality management during reorganization of regional universities in the process of modernization of education in the conditions of region's transition to industry 4.0. *International Journal for Quality Research*, 14(1).
- [28] Nabokikh, A. A., Ryattel, A. V., Sanovich, M. A., & Lapteva, S. V. (2020). Quality as the basis of effective management of the educational market and a goal of development of universities in the conditions of industry 4.0. *International Journal for Quality Research*, 14(1).
- [29] Karanina, E. V., Loginov, D. A., & Timin, A. N. (2020). Overcoming the threats and risks of the strategy of education quality management in a region in Industry 4.0. *International Journal of Economic Policy in Emerging Economies*, 13(6), 632-647.
- [30] Neal, A. D., Sharpe, R. G., van Lopik, K., Tribe, J., Goodall, P., Lugo, H., ... & West, A. A. (2021). The potential of industry 4.0 Cyber Physical System to improve quality assurance: An automotive case study for wash monitoring of returnable transit items. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 32, 461-475.
- [31] Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., & Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *Cirp Annals*, 65(2), 621-641.

- [32] Barbosa, J., Leitão, P., Trentesaux, D., Colombo, A. W., & Karnouskos, S. (2016, July). Cross benefits from cyber-physical systems and intelligent products for future smart industries. In *2016 IEEE 14th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*. (p.504-509). IEEE.
- [33] Emblemsvåg, J. (2020). On Quality 4.0 in project-based industries. *The TQM Journal*.
- [34] Leitão, P., Rodrigues, N., Turrin, C., & Pagani, A. (2015). Multiagent system integrating process and quality control in a factory producing laundry washing machines. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 11(4), 879-886.
- [35] Závadská, Z., & Zavadský, J. (2020). Quality managers and their future technological expectations related to Industry 4.0. *Total quality management & business excellence*, 31(7-8), 717-741.
- [36] Demartini, M., & Tonelli, F. (2018). Quality management in the industry 4.0 era. *Proceedings of the Summer School Francesco Turco, 2018*, 8-14.
- [37] Zakoldaev, D. A., Shukalov, A. V., Zharinov, I. O., & Zharinov, O. O. (2020). Organization of Quality Control of Manufactured Products in Smart Factories of the Industry 4.0. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 795(1). p. 012016). IOP Publishing.
- [38] Glück, M. (2015). Process-based quality control for industry 4.0[Prozessbasierte qualitäts-regelung für die industrie 4.0]. *Productivity Management*, 20(1), 61-64.
- [39] Zürn, S., & Lücken, H. (2020). Chancen und Risiken von Industrie 4.0 für die Qualitätssicherung. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 115(4), 248-251.
- [40] Saifuddin, I., & Rizal, H. S. (2020). A Study of Quality Tools and Techniques in the Context of Industrial Revolution 4.0 in Malaysia. What's New?. *Calitatea*, 21(174), 88-96.
- [41] Yadav, N., Shankar, R., & Singh, S. P. (2021). Critical success factors for lean six sigma in quality 4.0. *International Journal of Quality and Service Sciences*.
- [42] Sony, M., Antony, J., & Douglas, J. A. (2021). Motivations, barriers and readiness factors for Quality 4.0 implementation: an exploratory study. *The TQM Journal*.
- [43] Ziaei Nafchi, M. and Mohelska, H. (2020), "Organizational culture as an indication of readiness to implement industry 4.0", *Information*, 11 (3). 174.

Адреса аутора: др Кавалић Мила, студент докторских студија, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6
 е-маил: mila@tfzr.uns.ac.rs
 Рад примљен: фебруар 2022
 Рад прихваћен: фебруар 2022

Проф. др Милорад Ранчић

ЈЕЛИСАВЕТА НАЧИЋ



Јелисавета Начић је рођена у Београду 31. децембра 1878. године. Њен отац Михајло бавио се трговином на велико а мајка је била ћерка Јована Савића управника Управе фондова. За оно доба њена породица је била изузетно имућна. На место данашњег хотела Москва у Београду налазило се имање Ничића а у Хиландарској улици имали су неколико кућа. Атрактивне кочије које су поседовали изнајмљиване су за потребе краљевског двора.

Јелисавета се школовала у Београду. Њену одлуку да упише студије архитектуре на тек отвореном Техничком факултету породица није са одушевљењем одобрила. Наиме, у току деветнаестог века у Србију су долазиле архитекте које су се школовале у западној Европи. Иако је Технички факултет основан 1863. године одсек за архитектуру је формиран тек 1896. године. Јелисавета је била прва жена у првој генерацији студената архитектуре у Србији. Била је одличан студент и студије је завршила већ 1900-те године и тако постала прва жена дипломирани архитекта у Србији. Одмах након дипломирања суочила се са проблемом родне дискриминације. По закону у то време у државне институције могли су да се запосле само мушкарци који су одслужили војску. Јелисавета је успеле да пробије те блокаде и запослила се у Министарству грађевина на радном месту цртача. Након две године савладала је и до тада непремостиве препреке, положила је државни испит и 1902. године прешла са службом у Инжењерско-архитектонски одсек Београдске општине. Тада је отпочела њена плодна и изузетно успешна професионална каријера. Била је активни члан Удружења српских инжењера и архитеката. Као социјалдемократа била је блиска пријатељица Димитрија Туцовића али своје политичке ставове није износила у јавност.

Године 1916. Јелисавета Начић је интернирана у логор Нежидер у Мађарској зато што је у част повратка српске војске из Балканских ратова (1913-те године) на Теразијама подигла славолук на коме је писало „Има још неослобођених Срба“. У мађарском логору Јелисавета је упознала албанског интелектуалце Луку Лукоја. За њега се удала 1917-те године и родила ћерку Лулу. После завршетка рата Јелисавета и Лука се враћају у Београд

и након краћег боравка поново се селе и одлазе у Албански град Скадар. Тамо је Лукај постављен за министра у влади Есад Паше. Есад Паша је био велики пријатељ Срба и пружио им је изузетну помоћ када су у Првом светском рату прелазили преко Албаније. Наконудаје Јелисавета се одрекла своје каријере архитекте. Постала је верна сапутница свога мужа Луке. Заједно са њим је у Скадру учествовала у подизању устанка за ослобођење Албаније од утицаја Италије. Након пропасти тог устанка, 1923. године, Јелисавета и Лука били су приморани да се селе за Дубровник. И од тада до краја живота посветила се породици, васпитању ћерке и неговању болесног супруга. Живела је скромно и од пензије која јој је на иницијативу Савеза архитеката Југославије додељена након Другог светског рата за изузетан допринос архитектури.

Иако је релативно кратко као била активна у својој професији оставила је дубок и неизбрисив траг. Као прва жена архитекта у Србији реализовала је велики број пројеката. За идејно решење цркве Светог Ђорђа у Тополи, године 1903., добила је трећу награду. Била је у тиму чувеног архитекте Димитрија Леке који је радио на уређењу Калемегдана. Јелисавета је на Малом Калемегдану пројектовала у необарокном стилу степенице које воде од Савске алеје до Париске улице. Ограда савског шеталишта у духу сецесије реализована стилизованим вазама на каменим постаментима, мажалост, данас не постоји јер је срушена још у Првом светском рату.

Сигурно најважнији и најуспешнији пројекат који је урадила Јелисавета Начић јесте Основна школа код Саборне цркве која данас носи име „Краљ Петар Први“. Када је објекат 1906. године завршен био је то најмодернији школски објекат у Србији. Данас је ова зграда проглашена за културно добро и налази се на листи заштићених од стране Унеска. Јелисавета је учествовала и на конкурс за уређење Теразија. По њеном предлогу простор Теразија трбало је да буде подељен на два дела а у центру постављена фонтана са скулптуром Мештровићевог споменика „Победник“. Радове на уређењу Теразија прекинуо је рат 1914. године. Јелисавета је била и пројектант прве зграде за колективно становање на Балкану, блока радничких станова који су реализовани 1910 и 1911. године. Она је пројектовала и Трг у Савамали испред зграде Београдске задруге, прву болницу за турбеколожне болеснике на Врачару, прву кружну пећ и пратећа постројења за израду опеке у Прокопу.

Посебно треба истаћи њена постигнућа у пројектовању сакралних објеката. Црква у Штимљу на Косову посвећена је Архангелу Михајлу. А црква Александра Невског на Дорћолу представља њено најзначајније дело у овој области. По Јелисаветиним идејама и пројектима саграђено је више приватних кућа у Београду. Неке од њих су: кућа Божидара Костића на углу Шафарикове и улице Ђуре Даничића, кућа књижара Марка Марковића на углу Капетан Мишине и Ломине улице, кућа Зорке Арсенијевић у Ломиној улици.

Јелисавета Начић је имала кратак али изузетно богат професионални живот. Као прва жена дипломирани архитекта у Србији оставила је дубок и неизбрисив траг у српском а посебно у београдском градитељству.

Јелисавета Начић је преминула 6. јуна 1955. године у Дубровнику. Умрла је сиромашна и заборављена. Једна улица у Београду, у близини Бајлонијеве пијаце, данас носи њено име.

УПУТСТВО ЗА ПИСАЊЕ РАДОВА

- Радови се достављају у електронском облику на усб диску или електронском поштом.
- Рад треба да буде откуцан у фонту Times New Roman са ћириличним писмом. Величина фонта 12.
- Препоручује се ауторима да при уређивању рада користе шему - темплејт - који се налази на сајту издавача www.diz.org.rs
- Обим рада не би требало да буде већи од 12 страница.
- Наслов рада се даје на српском и енглеском језику. Испод наслова налазе се име и презиме аутора уз које иде научно или стручно звање, афелација (радна организација и њено седиште, место, адреса и контакт телефон или е-маил адреса. Рад мора да има резиме на српском и енглеском језику дужине до десет куцаних редова као и кључне речи уз обе варијанте. Садржај рада треба да има увод, разрадне делове и закључак.
- Дијаграми, цртежи, слике, табеле треба да се налазе на свом месту у раду. Текст нпр. „Слика 1.“ налази се испод слике на средини а текст „Табела 1.“ изнад табеле лево.
- Мере и мерне јединице морају бити у складу са важећим прописима у тој области.
- Литература се наводи на крају и треба да садржи: редни број, презиме и почетно слово имена аутора, назив рада, назив часописа (или књиге), број издања, назив издавача, место седишта издавача и годину издања.
- На крају рада после Литературе навести име и презиме првог аутора са научним или стручним звањем, назив и адресу институције, контакт телефон и е-маил адресу.
- Препорука је да се радови пишу на ћирилици.
- Сви пријављени радови подлежу анонимној научно стручној рецензији и оцени квалитета о чему ће аутори бити обавештени.
- Уредништво часописа ће прихватити само необјављене радове.
- Пријављени радови се не враћају ауторима.
- **За оригиналност, резултате истраживања и изнете ставове у овој публикацији издавач не сноси одговорност, већ аутори радова.**

Пријатељи часописа ДИТ



Elektrotehnički institut DEC[®]

za merenja i ispitivanja iz Zrenjanina
osnovan 1990.

Kej 2. oktobra br. 13
23000 Zrenjanin
P. fah 3
e-mail: info@dec.rs
www.dec.rs

Tel: +381 23 580 830
381 23 589 030
Fax: +381 23 580 831
+381 23 589 031

Usluge usaglašene sa SRPS ISO/IEC 17020 i SRPS ISO/IEC 17025:

- Merenja, ispitivanja i kontrolisanja na elektroenergetskim objektima do 400 kV (sistemi izolacije - tgδ i VLF 0,1 Hz, otpornost namotaja, prenosni odnos, SFRA analiza, merenje impedanse uzemljenja na sistemima velikih uzemljivača, napon dodira i koraka, hemijska i fizička analiza trafo ulja, regeneracija trafo ulja, termovizijske kontrole, kontrolisanje metaloksidnih odvodnika prenapona...)

- Jednofazno i trofazno ispitivanje relejne zaštite, analiza kvaliteta isporučene el. energije...

- Kontrolisanje mernog mesta na niskom, srednjem i visokom naponu: brojila, merni transformatori...

- Revizija trafostanica: merenje, ispitivanje i pregled montažno-betonskih, stubnih, zidanih i ostalih tipova trafostanica svih naponskih nivoa...

- Laboratorija za etaloniranje i pregled električnih merila

- Overavanje brojila el. energije i mernih transformatora (strujnih i naponskih)

- Kontrolisanje električnih i gromobranskih instalacija stambenih, poslovnih, proizvodnih objekata...

- Ispitivanje opreme i oruđa za rad sa aspekta bezbednosti i zdravlja na radu: Licenca za pregled opreme i oruđa za rad od Ministarstva rada i socijalne politike br. 164-02-00230/2015-01

- Izdavanje sertifikata o energetskim svojstvima objekata visokogradnje - energetskog pasoša

- Merna kola BAUR: pronalaženje trase kablova i kvarova na njima, kao i saniranje kvarova

NAŠ INSTITUT JE ZVANIČNI ZASTUPNIK KOMPANIJA METREL IZ SLOVENIJE

- Ispitivanje el. instalacija Eurotest 61557...
- Otpor izolacije, uzemljenje... TeraOhm 10kV...
- Mašine i oprema MI 2094 CE Multitester...
- Analiza kvaliteta el. energije POWER4Q PLUS...
- Multimetri, strujna klešta... MD 9060...

www.metrel.si



UM-ING

PETKUS Engineering d.o.o.

Bagljaš Aerodrom bb
23000 Zrenjanin
Rep.Srbija



GP MPM d.o.o.
Adresa: Aleksandra Belića 14,
23000 Zrenjanin

email: office@gmpm.rs;
predragmistic@gmpm.rs

PIB: 111249840

MB: 21449237

Žiro račun: 275-0020222974638-56
Societe Generale Banka

IRON



www.iron.rs 023/531-890 , 023/ 530-511



iron@iron.rs 063/521-435 , 062/8838-291

TEGOVI I KLUPE ZA VEŽBANJE

BORILAČKA OPREMA

KOORDINACIONI PROGRAM

SPRAVE ZA KUĆNO VEŽBANJE

BSN TEH GRAD DOO

23000 Zrenjanin,

Toše Jovanovića br 26 L2/8

E mail:djurica1963@gmail.com



ДРУШТВО ИНЖЕЊЕРА ЗРЕЊАНИН



ГРАД ЗРЕЊАНИН



РЕПУБЛИКА СРБИЈА

Овај часопис се финансира из буџета ГРАДА ЗРЕЊАНИНА.
Ставови изражени у овој публикацији искључива су
одговорност аутора и његових сарадника
и не представљају нужно званичан став ГРАДА.