

# ДИТ

Друштво      Истраживање      Технологије

НАУЧНО  
СТРУЧНИ  
ЧАСОПИС

ГОДИНА XXVII\*\*\* БРОЈ **35**  
Април 2021

SCIENTIFIC  
PROFESIONAL  
JOURNAL

YEAR XXVII \*\*\* ISSUE **35**  
April 2021

МАШИНСТВО  
ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И  
РАЧУНАРСТВО  
ЕНЕРГЕТИКА  
ТЕХНОЛОГИЈЕ  
МЕНАџМЕНТ И ЕКОНОМИЈА  
ВЕЛИКАНИ НАУКЕ

ДИТ Број 35 /2021 \*ГОДИНА XXVII



COBISS.SR-ID 105108999



# ДИИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис  
Scientific-professional journal

Година XXVII, Број 35, април 2021. год.  
Year XXVII, Issue 35, April 2021. 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

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

Поштоване колегинице и колеге,

Пред Вама је тридесет пети број часописа ДИТ ( Друштво, Истраживање, Технологије). На почетку једна добра вест. Наш часопис је напредовао на националној листи научних часописа Србије. За 2020-ту годину Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије доделило нам је категорију М53.

Уредништво је и овог пута одабрало радове истакнутих стручњака из области машинства, електротехнике и рачунарства, енергетике, технологија, менаџмента и економије. Аутори су у својим прилозима обрадили актуелне теме као што су: динамичка анализа носеће конструкције вагона, оптимизација структуре пнеуматских система, негативне последице у процесима заваривања, системи за производњу електричне струје помоћу ветра, софтвер за анализу путне мреже, камере у функцији повећања безбедности у саобраћају, избегавање пореских обавеза, коришћење методе стратегијског биланса, концепт одрживог развоја, анализа ланца вредности и унапређење економског развоја.

А овај број часописа посветили смо још једном нашем великом научнику. Лекар и истраживач Милош Марић своја остварења реализовао је почетком прошлог века у Русији.

Уредништво часописа направило је још један корак који ће, надамо се, утицати на подизање угледа и квалитета. Редакцијске одборе по областима смо проширили и укључили још неке познате експерте не само из наше земље него и из иностранства.

Главни уредник  
Проф. др Милорад Ранчић



---

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

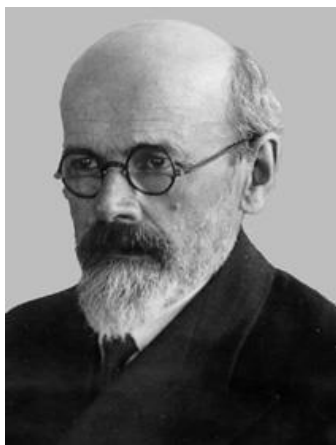
Повељу за најбољу



публикацију у Србији у 1996. години.

## САДРЖАЈ

<b>РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА .....</b>	<b>3</b>
<b>МАШИНСТВО</b>	
Бранислав Миленковић, Младен Крстић: ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА НОСЕЋЕ СТРУКТУРЕ ВАГОН ЦИСТЕРНЕ ТИПА ZANS <i>DYNAMICAL ANALYSIS OF ZANS TANK-VAGON SUPPORTING STRUCTURE.....</i>	9
Валентина Младеновић, Драган Шешлија: ПРИЛОГ ОПТИМИЗАЦИЈИ СТРУКТУРЕ ПНЕУМАТСКОГ СИСТЕМА ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ВАЗДУХА ПОД ПРИТИСКОМ <i>CONTRIBUTION TO THE STRUCTURE OPTIMISATION OF PNEUMATIC SYSTEM FOR COMPRESSED AIR DISTRIBUTION .....</i>	15
Милорад Ранчић, Никола Адамовић, Милан Зечар: ЕЛЕКТРОЛУЧНО ЗАВАРИВАЊЕ, НЕКЕ НЕГАТИВНЕ ПОЈАВЕ И ПОСЛЕДИЦЕ ШТЕТНЕ ПО ЉУДСКИ ОРГАНИЗАМ <i>ARC WELDING, SOME NEGATIVE PHENOMENA AND CONSEQUENCES HARMFUL TO THE HUMAN BODY .....</i>	25
<b>ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО</b>	
Никола Костић, Бојана Бошковић, Бранимир Милосављевић, Саша Бабић, Жарко Ђорђевић: ПРИМЕНА ФУРИЈЕОВЕ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ У АНАЛИЗИ СТАЊА ПУТНЕ МРЕЖЕ РАДИ УНАПРЕЂЕЊА БЕЗБЕДНОСТИ И РЕГУЛИСАЊА САОБРАЋАЈА <i>APPLICATION OF FURI'S TRANSFORMATIONS IN ANALYSIS OF THE ROAD CONDITION IN ORDER TO IMPROVE SAFETY AND TRAFFIC REGULATION .....</i>	33
Бојана Бошковић, Никола Костић, Саша Бабић, Бранимир Милосављевић, Жарко Ђорђевић: ПРИМЕНА АКУСТИЧНИХ КАМЕРА У ФУНКЦИЈИ ПОВЕЋАЊА БЕЗБЕДНОСТИ И РЕГУЛИСАЊА ДРУМСКОГ САОБРАЋАЈА <i>ACOUSTIC CAMERAS APPLICATION IN THE FUNCTION OF ROAD TRAFFIC SAFETY AND REGULATION .....</i>	43
<b>ЕНЕРГЕТИКА</b>	
Грујица Љубисављевић, Ивана Терзић: АУТОНОМНИ СИСТЕМИ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ПОМОЋУ ВЕТРА <i>AUTONOMOUS SYSTEMS FOR WIND POWER GENERATION .....</i>	55
<b>ТЕХНОЛОГИЈЕ</b>	
Vesna Nadalín, Gordana Ludajić, Aleksandra Šučurović, Danijela Jašin, Milana Drašković: МИКОТОКСИНИ У ПИВУ <i>MYCOTOXINS IN BEER.....</i>	71
<b>МЕНАџМЕНТ</b>	
Дејан Молнар, Исидора Бераха: АНАЛИЗА ЛАНЦА ВРЕДНОСТИ КАО МЕТОД ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ЛОКАЛНОГ ЕКОНОМСКОГ РАЗВОЈА <i>VALUE CHAIN ANALYSIS AS A METHOD FOR IMPROVING LOCAL ECONOMIC DEVELOPMENT .....</i>	81
Војан Врачаревић: КОНЦЕПТ ОДРЖИВОГ РАЗВОЈА: ПРЕГЛЕД И КРИТИЧКА АНАЛИЗА <i>THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT: A REVIEW AND CRITICAL ANALYSIS .....</i>	91
Радован Дамњановић, Милан Михајловић, Зоран Васић: ИЗБЕГАВАЊЕ ПОРЕСКЕ ОБАВЕЗЕ КОД ПОРЕЗА НА ДОДАТУ ВРЕДНОСТ <i>AVOIDANCE OF TAX LIABILITY WITH VALUE ADDED TAX .....</i>	101
Милош Миљковић, Јелена Авакумовић, Слободан Анџић: МОГУЋНОСТ КОРИШЋЕЊА МЕТОДЕ СТРАТЕГИЈСКОГ БИЛАНСА У АНАЛИЗИ КАПИТАЛНЕ СТРУКТУРЕ ПРЕДУЗЕЋА <i>POSSIBILITY OF USING THE STRATEGIC BALANCE SHEET METHOD IN ANALYSIS OF THE CAPITAL STRUCTURE OF THE COMPANY .....</i>	113
<b>МИЛОШ МАРИЋ.....</b>	<b>118</b>
<b>УПУТСТВО ЗА ПИСАЊЕ РАДОВА.....</b>	<b>121</b>



МИЛОШ  
МАРИЋ  
(1885- 1944)

Лекар.  
Професор Руских и  
Совјетских  
медицинских  
универзитета.  
Велики истраживач.  
Творац гране  
медицине која се  
данас  
бави клонирањем.  
Велики Србин,  
родољуб и борац.



# ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис  
Scientific-profesional journal

Година XXVII, Број 35, април 2021. год.  
Year XXVII, Issue 35, April 2021. 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





# ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА НОСЕЋЕ СТРУКТУРЕ ВАГОН ЦИСТЕРНЕ ТИПА ZANS

## *DYNAMICAL ANALYSIS OF ZANS TANK-VAGON SUPPORTING STRUCTURE*

БРАНИСЛАВ МИЛЕНКОВИЋ<sup>1</sup>  
МЛАДЕН КРСТИЋ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Математички институт САНУ

<sup>2</sup>Универзитет у Крагујевцу, Факултет за машинство и грађевинарство, Краљево

### РЕЗИМЕ

У овом раду је извршена динамичка анализа носеће структуре вагон цистерне типа Zans запремине 95 m<sup>3</sup>. За динамичку анализу модела коришћена је метода коначних елемената. При анализи овако сложене конструкције неопходно је задати одговарајуће граничне услове и оптерећења у складу са прописаним стандардима. Прво је уз помоћ закона аналитичке механике формирана динамичка једначина носеће структуре а након тога је извршена експериментална анализа у софтверском пакету Ansys 14.5. У оквиру самог софтверског пакета извршена је провера напонско-деформационог стања. Сам рад представља једну добру основу, која може послужити за даља истраживања на пољу динамичке анализе конструкција применом методе коначних елемената.

**Кључне речи:** вагон, динамика, носећа структура, метод коначних елемената

### ABSTRACT

In this paper, a dynamic analysis of Zans type tank wagon supporting structure having the volume of 95 m<sup>3</sup> is being considered. The finite element method is used for dynamic analysis of tank wagon supporting structure. During the analysis of such a complex construct, it is necessary to specify boundary conditions and load which adhere to standards. Firstly, using the laws of analytic mechanics, a dynamic equation for the supporting structure was created, after which an experimental analysis using the Ansys 14.5 software was performed. Using the same software product, a check of stress-strain state was performed. This work presents a good foundation for further research in the field of dynamic analysis of constructs using the finite element method.

**Key words:** wagon, dynamic, supporting structure, FEM

### 1. УВОД

Са инжењерског становишта, вагони представљају изузетно сложену конструкцију који су оптерећени

различитим врстама оптерећења у току своје експлоатације. Управо, одређивање динамичких оптерећења железничких возила и његових саставних делова представља један од најкомплекснијих

проблема са којима се железница суочава. Може се рећи да теоријски развој динамике вагона почиње са развојем механике као науке. У првим радовима који су били везани за динамику судара вагони су разматрани као апсолутно крута тела. Корак напред, дугујемо Исаку Њутну који је увођењем коефицијента реституције омогућио утврђивање губитка енергије при судару два вагона. Међутим, до данашњег дана у науци постоје неке наивне интерпретације да су судар и удар једна иста ствар. Удар представља кретање неког објекта у односу на објекат који мирује (удар вагона о непокретни зид) док судар уствари представља покретне објекте (испитивање вагона налетањем).

Данас, захваљујући разним мерним претварачима и мерном опремом могуће је одређивање динамичких параметара експерименталним путем. На слици 1 је приказано динамичко испитивање вагона при налетању које омогућава праћење динамичких величина (деформација, брзина, убрзање) при чему се региструју и силе на одбојницима[1,2].



Слика 1. Испитивање вагона налетањем

Носећу структуру вагон цистерне која је анализирана у овом раду чине доње постоље и резервоар.

На слици 2 приказана је вагон цистерна типа Zans где резервоар прихвата само нека оптерећења а доње постоље прихвата већину оптерећења.



Слика 2. Резервоар вагон цистерне директно ослоњен на доње постоље

## 2. ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА СТРУКТУРЕ

У овом раду за динамичку анализу структуре користи се метод коначних елемената као и у референци[3]. Вредност методе је у чињеници да аналитички поступци садрже озбиљне препреке у процедури математичке реализације анализе.

Применом Хамилтоновог варијационог принципа изведена је основна једначина равнотеже. Хамилтонов принцип полази од кинетичке енергије  $E_k$ , потенцијалне енергије унутрашњих и спољашњих сила  $\Pi$  и рада неконзервативних сила  $W$ . Полазна основа је функционал Лангранжа  $L$ . Хамилтонов принцип показује да механички систем заузима оне положаје у којима Лангранжеов функционал има стационарну вредност:

$$L = E_k - \Pi + W \quad (1)$$

$$\delta \int_{t_1}^{t_2} L dt = \int_{t_1}^{t_2} \delta(E_k - \Pi) dt + \int_{t_1}^{t_2} \delta W dt \quad (2)$$

Уз претпоставку да решење егзистира, једначина (2) може се свести на Лангранжеву једначине друге врсте у облику (3), где је  $Q_i$  генералисана сила а  $t_1 \div t_2$  временски интервал кретања.

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial E_k}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial q_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} = Q_i \quad (3)$$

Кинетичка енергија система је дефинисана изразом (4), где је  $\dot{u}$  брзина кретања а  $\rho$  густина материјала.

$$E_k = \frac{1}{2} \int_V \rho \dot{u}^T \dot{u} dV \quad (4)$$

Потенцијална енергија система је збир спољашњих површинских  $p$  и запреминских сила  $F$ :

$$\Pi = \frac{1}{2} \int_V \varepsilon^T D \varepsilon dV - \int_V u^T F dV - \int_S u^T p ds \quad (5)$$

Преко интерполационе матрице  $N$  се могу изразити померања и брзине  $u, \dot{u}$ , а деформације  $\varepsilon$  преко матрице  $B$ . Сменом кинетичке енергије  $E_k$  и потенцијалне енергије  $\Pi$  у Лангранжеву једначину кретања, уз силе пригушења  $F_p$  и генералисане силе  $Q_p$ , долази се до основне динамичке једначине коначног елемената:

$$m \ddot{q}_e + c \dot{q}_e + k q_e = Q_e \quad (6)$$

У једначини (6) су дефинисане следеће матрице:

$$m = \int_V N^T \rho N dV \quad (7)$$

$$c = \int_V N^T c N dV \quad (8)$$

$$k = \int_V B^T D B dV \quad (9)$$

$$Q_e = \int_V N^T F dV + \int_S N^T p ds \quad (10)$$

Проширењем динамичке једначине коначног елемента на целу структуру добија се динамичка једначина структуре:

$$M \ddot{q} + C \dot{q} + K q = Q \quad (11)$$

У једначини (11) са  $M, C$  и  $K$  су означене матрице маса, пригушења и

крутости система.  $Q$  је генералисани вектор спољашњих сила у чворовима коначних елемената. Ова једначина представља основ за анализу механичких система [4].

### 3. МОДАЛНА АНАЛИЗА НОСЕЋЕ СТРУКТУРЕ МЕТОДОМ МКЕ

У нормалној модалној анализи за дати модел одређујемо природне фреквенције и облике осциловања структуре односно модове.

Уколико носећу структуру изведемо из равнотежног положаја и ослободимо принудног утицаја доћи ће до појаве природне фреквенције. Ова анализа има за циљ одређивање корелације између експерименталних и аналитичких резултата.

Једначине кретања непригушеног система, које су изражене у матричној форми дате су изразом:

$$[M]\{\ddot{q}\} + [K]\{q\} = \{0\} \quad (11)$$

За линеарне системе, слободне осцилације биће хармонијске у форми:

$$\{q\} = \{\Phi\}_i \cos \omega_i t \quad (12)$$

Нормална модална анализа одређена са непригушено слободно осциловање даје сопствене фреквенције према релацији:

$$[K] - \omega^2 [M]\{\Phi\} = \{0\} \quad (13)$$

У једначини (13)  $[M]$  је матрица масе,  $[K]$  матрица крутости структуре,  $\omega$  природна фреквенција и  $\{\Phi\}$  репрезентативни сопствени вектор модова осциловања природне фреквенције.

Сопствена вредност и кружна фреквенција осциловања имају међусобну везу следећом релацијом:

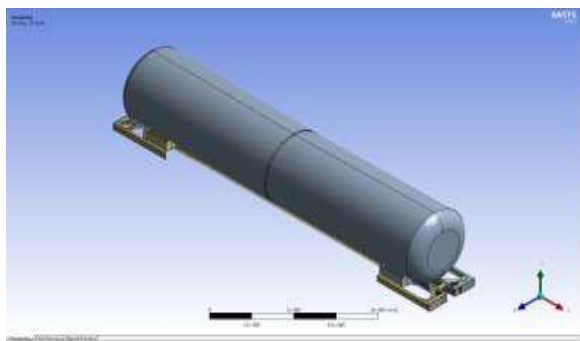
$$\omega_i = 2\pi f_i \quad (14)$$

У следећој табели 1 наведене су најважније техничке карактеристике вагон цистерне типа Zans 95 m<sup>3</sup> која се производи у оквиру компаније Tatravagonka Bratstvo [5].

**Табела 1.** Спецификација вагон цистерне Zans 95 m<sup>3</sup>

<b>Ширина железничког колосека</b>	1435 mm
<b>Маца натовареног вагона</b>	90 t
<b>Тежина цистерне</b>	65 t
<b>Максимално оптерећење цистерне</b>	22,5 t
<b>Запремина цистерне</b>	95 m <sup>3</sup>
<b>Максимална брзина</b>	120 km/h
<b>Тип обртног постоља</b>	Y25Ls1-K
<b>Радни притисак</b>	0,3 MPa

Модална анализа добијених фреквенција и напонско деформационог стања урађена је у оквиру програмског пакета *Ansys 14.5*. Због сложености геометрије и разних ограничења модел вагон цистерне најпре је моделиран у *Autodesk Inventor 2016*. Након моделирања извршено је увезивање геометрије модела у претходно наведени програм за методу коначних елемената.



Слика 3. Увезени 3D модел вагон цистерне у програмском пакету *Ansys 14.5*

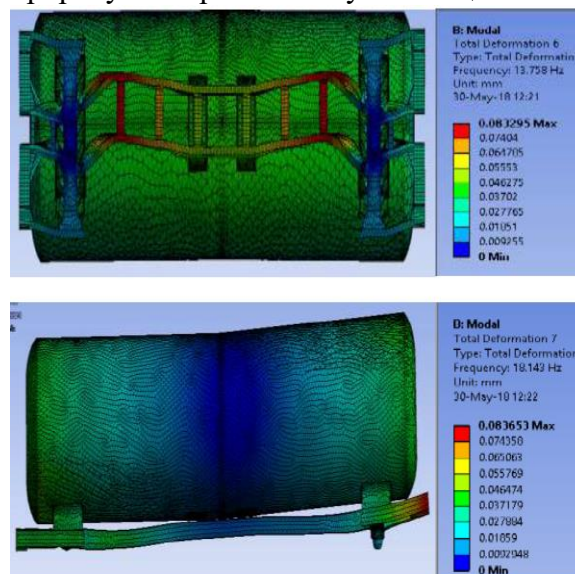
Носећа структура вагон цистерне израђена је од конструкционог челика

S355. Потребно је дефинисати у прозору који се отвара из падајућег менија *Model Material*. Да бих извршили анализу оптерећења најпре је потребно унети податке о модулу еластичности, *Poisson-ov* коефицијент и густину челика. За динамичку анализу носеће структуре коришћен је модул *Explicit Dynamics*. У оквиру овог модула задати су површински ослонци чије је бочно и вертикално померање фиксирано и формирана је мрежа коначних елемената. Модел се у највећој мери састоји из троугаоних коначних елемената. Број чворова износи 382384 док број елемента износи 171538.



Слика 4. Мрежа коначних елемената модела

Примери добијених фреквенција и напонско-деформационих стања носеће структуре вагон цистерне добијених МКЕ прорачуном приказани су на слици 5.



Слика 5. Пример добијених фреквенција и напонско-деформационог стања МКЕ прорачуном

#### 4. ЗАКЉУЧАК

На основу добијених резултата модалне анализе може се закључити да носећа структура вагон цистерне задовољава у погледу напонско-деформационог стања и фреквенција осциловања. Добијене вредности фреквенције осциловања носеће структуре су знатно мање него код путничких вагона. Може се закључити да метод коначних елемената омогућио поуздану и вернудинамичку анализу понашања конструкције. Међутим, треба имати у виду да је метод коначних елемената нумеричка метода тако да су добијена решења приближна. Реална решења добијамо правилним избором прорачунског модела и правилним одабиром коначних елемената.

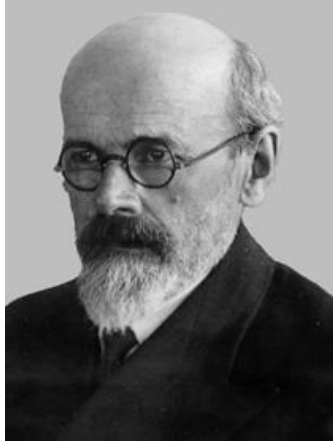
#### 5. ЛИТЕРАТУРА

[1] Драган Петровић, Динамика судара вагона, Задужбина Андрејевић, Београд, 2001.

- [2] Драган Петровић, В. Александров, Железничка возила-основе, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Краљево, 2013.
- [3] S.S. Harak, S.C.Sharma, S.P. Harsha, Structural dynamics analysis of freight railway wagon using finite element method, 3rd International Conference on Materials Processing and Characterisation, India, 2014.
- [4] Структурна анализа конструкција, Универзитет у Нишу, Машински факултет, Ниш, (ауторизована предавања).
- [5] <http://www.tatravagonkabratstvo.rs/>

---

Адреса аутора: Миленковић Бранислав,  
истраживач приправник, Математички институт  
САНУ, Београд, Кнеза Михаила 36  
е-маил:bmilenkovic@mi.sanu.ac.rs  
Рад примљен: март 2021.  
Рад прихваћен: април 2021.



МИЛОШ  
МАРИЋ  
(1885- 1944)

Лекар.  
Професор Руских и  
Совјетских  
медицинских  
универзитета.  
Велики истраживач.  
Творац гране  
медицине која се  
данас  
бави клонирањем.  
Велики Србин,  
родољуб и борац.

# ПРИЛОГ ОПТИМИЗАЦИЈИ СТРУКТУРЕ ПНЕУМАТСКОГ СИСТЕМА ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ВАЗДУХА ПОД ПРИТИСКОМ

## *CONTRIBUTION TO THE STRUCTURE OPTIMISATION OF PNEUMATIC SYSTEM FOR COMPRESSED AIR DISTRIBUTION*

ВАЛЕНТИНА МЛАДЕНОВИЋ<sup>1</sup>  
ДРАГАН ШЕШЛИЈА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

<sup>2</sup>Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

### РЕЗИМЕ

Један од императива пројектовања савремених пнеуматских система јесте подизање енергетске ефикасности на свим позицијама конкретне система на којима је то изводљиво. У раду су приказани проблеми у пројектовању структуре реалног система за дистрибуцију ваздуха под притиском, а посебно је апострофиран значај дефинисања адекватне висине постављања главног цевовода система.

**Кључне речи:** Структура пнеуматског система, Ваздух под притиском, Енергетска ефикасност

### ABSTRACT

One of the imperatives of designing modern pneumatic systems is to increase energy efficiency in all positions of a specific system where it is feasible. The paper presents the problems in designing the structure of a real system for the distribution of compressed air, and especially emphasizes the importance of defining the adequate height of the main pipeline of the system.

**Key words:** Pneumatic system structure, Compressed air, Energy efficiency

### 1. УВОД

Основни задатак система за производњу, припрему и дистрибуцију ваздуха под притиском је да сваки сегмент система добије ваздух припремљен тачно онако како је за тај сегмент дефинисано, како би се оствариле пројектоване радне карактеристике [1]. Међутим, многи пнеуматски системи су резултат једноставног додавања компоненти које су надовезане на

претходно постојећи систем и то као последица повећаних потреба за ваздухом под притиском [2]. То доводи до тога да значајан број пнеуматских система, који функционишу у дужем временском периоду, све мање квалитетно испуњавају постављене задатке, чиме се намеће потреба њихове ревитализације.

Да би ревитализација постојећег система била ефективна, неопходно је применити системски прилаз по идентичном моделу као када се пројектује



нов пнеуматски систем [3]. Производња и потрошња ваздуха под притиском се, у склопу системског прилаза, морају увек посматрати интегрално - као целовит систем. У том смислу је неопходно приступити свим системским поступцима као што су анализа, надзор и управљање овог система а нарочито његовом ефикасном менаџменту.

Успостављање ефикасног менаџмента система започиње детаљним прегледом (одит) и анализом система за производњу, складиштење и дистрибуцију ваздуха под притиском са једне стране и анализе потрошача са друге стране. Након прегледа, следи успостављање норми (интерних стандарда) по којима се одређују карактеристике потрошње и услови примене ваздуха под притиском за поједине апликације [4].

Приликом пројектовања пнеуматског система неопходно је донети стратешке одлуке о структури система, његовим компонентама и релацијама између њих. Те одлуке ће у значајној мери одредити будуће понашање пнеуматског система како у погледу његове функционалности тако и у погледу енергетске ефикасности која ће има ефекат током целог животног циклуса система. Овај рад има за циљ да помогне пројектантима да систем ваздуха под притиском који пројектују што је могуће више приближе оптималном.

У раду се, поред основног осврта на структуру пнеуматског система, ставља акценат на сегмент за дистрибуцију ваздуха под притиском и указује на неке могућности оптимизације структуре пнеуматског система.

## **2. СТРУКТУРА ПНЕУМАТСКОГ СИСТЕМА**

Структура система ваздуха под притиском се успоставља дефинисањем редоследа и положаја елемената система на основу захтеваних оперативних поступака. Структура система је увек скуп подструктура и дефинисана је функцијом критеријума система у

одређеном времену и у датим условима околине.

Најзначајније подструктуре које чине систем ваздуха под притиском су: подсистем за снабдевање, подсистем за дистрибуцију и подсистем за потрошњу ваздуха под притиском. Подсистем за снабдевање ваздухом под притиском обухвата производњу, припрему и складиштење ваздуха под притиском. Његов циљ је да се подсистему за потрошњу, односно потрошачима ваздуха под притиском, преко подсистема за дистрибуцију, правовремено достави ваздух под притиском који испуњава захтеве постављене од стране потрошача у погледу притиска, количине (одговарајући проток) и квалитета. Компоненте пнеуматског система које формирају дотичну структуру, морају бити адекватно пројектоване и, по карактеристикама, међусобно усклађене како би могле да испуне специфициране захтеве. То је посебно важно, између осталог, и због тога што систем ваздуха под притиском, најчешће, представља редну везу елемената а то значи да његова поузданост зависи од поузданости најслабијег елемента система [1].

### **2.1 ПОДСИСТЕМ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ВАЗДУХА ПОД ПРИТИСКОМ**

Подсистем за производњу ваздуха под притиском чине компресори, група за припрему ваздуха под притиском (накнадни хладњаци, сушачи, филтери, одвајачи кондензата итд.) и резервоари. Избор броја и врсте компресора као и избор групе за припрему ваздуха су питања која у овом раду нису детаљније обрађена јер су те теме у значајној мери већ истражене и квалитетно представљене у научној и стручној литератури.

Истраживања показују да већина компресора ради под режимом који је испод максималног капацитета. Према неким студијама, више од 70% потрошње ваздуха под притиском током радног дана

је у распону од 40 до 80% од инсталисаног капацитета [5]. Међутим, како су конвенционални компресори пројектовани да буду најефикаснији при пуном оптерећењу, то значи да их рад у режиму делимичног оптерећења доводи у стање у којем се енергија не искоришћава на најефикаснији начин. Примена мотора високе ефикасности и енергетски ефикасног управљања помаже у побољшању ситуације.

Резервоари ваздуха под притиском имају значајну улогу и заслужују посебну пажњу. У том контексту, позиционирање и димензионисање складишта ваздуха је веома значајан корак у правилном дефинисању структуре система. Величина резервоара зависиће од величине флукуације захтева за ваздухом под притиском. Уколико је резервоар правилно одабран (адекватне величине), он ће бити способан да испоручи додатни ваздух током периода велике потражње а затим да се напуни када потражња опадне.

## 2.2 ПОДСИСТЕМ ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ВАЗДУХА ПОД ПРИТИСКОМ

Велики значај система за дистрибуцију ваздуха под притиском огледа се у чињеници да он врши интеграцију свих компоненти система. Упркос одабраним најбољим могућим компонентама система, цео систем неће квалитетно испуњавати своју функцију уколико компоненте нису правилно постављене и повезане и ако је дистрибуција ваздуха под притиском неадекватна.

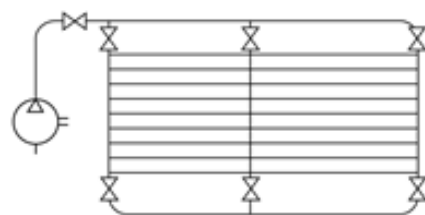
Цевоводи су сложени системи за транспорт флуида који садрже цеви и бројне цевне елементе који се могу повезати на различите начине. Структура пнеуматског цевовода разликује се од структуре хидрауличких цевовода јер пнеуматски системи не захтевају повратне водове. Пнеуматски цевоводи почињу након компресора и завршавају се на местима употребе. Главни типови

цевовода су (слика 1): прстенасти, мрежни, отворени и комбиновани [6].

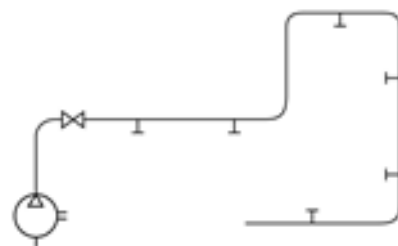
*Отворени* цевоводи (слика 1а) имају довод притиска само са једне стране док је други крај цеви затворен. Ови цевоводи представљају најједноставнију форму цевовода. Њихов основни недостатак је чињеница да снабдевање ваздуха под притиском сваког наредног потрошача зависи од потрошње претходног потрошача. Ова врста цевовода се примењује само у мањим радионицама, лабораторијама као и код појединачних потрошача.



а) Отворени цевовод



б) Прстенаст цевовод



ц) Мрежни цевовод

Слика 1. Просторне форме цевовода

*Прстенасти* цевоводи (слика 1б) су најчешће у употреби, а њихова главна карактеристика је да се ваздух под притиском до сваког потрошача доводи са две стране. На тај начин у великој мери елиминисан утицај потрошње једног потрошача на друге. Осим тога, код овог решења је смањена брзина протока ваздуха под притиском у односу на отворени тип цевовода.

*Мрежни* цевоводи (слика 1ц) се најчешће примењују у великим системима као што су фабрике, складишта, болнице итд. У овом типу цевовода су појединачне гране снабдевене вентилима којима је могуће изоловати поједине потрошаче или целе сегменте мреже ради одржавања, оправке или у случају хаварије.

*Комбиновани* цевоводи могу бити састављени од више отворених цевовода (типа разгранатог стабла) или споја отворене и прстенасте структуре. Комбиновану структуру је могуће остварити и цевоводом од неколико нивоа где су прстенови повезани вертикално и хоризонтално.

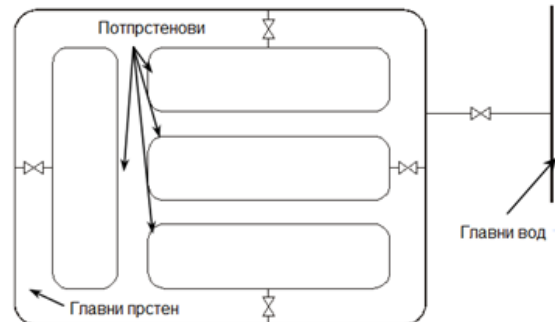
Уколико је циљ повећање енергетске ефикасности система у пракси је познато решење да се поједини фабрички погони искључе са напајања ваздухом под притиском у периодима када не раде [7], и то помоћу вентила постављених на местима уласка цевовода у погон или на местима одвајања гране која снабдева погон од главног цевовода.

Ради даљег повећања енергетске ефикасности у раду [7] је предложена нова, енергетски ефикасна структура пнеуматског система. Уместо да се искључивање напајања ваздуха под притиском врши на нивоу целог погона, предложено је да се направе додатни прстени, унутар главног прстена у једном погону, који снабдевају појединачне производне линије. Тиме је омогућено да се искључивање врши у периодима када одређене линије не раде. На споју помоћног прстена са главним прстеном у погону неопходно је уградити даљински управљани вентил за прекид напајања и, по могућности, протокомер (слика 2).

У том случају се не мора чекати да цео погон престане са радом да би се откачио са снабдевања ваздуха под притиском већ се, са завршетком рада на појединим линијама, оне одвајају од снабдевања.

Поред тога, на овај начин је могуће измерити тачну потрошњу ваздуха под

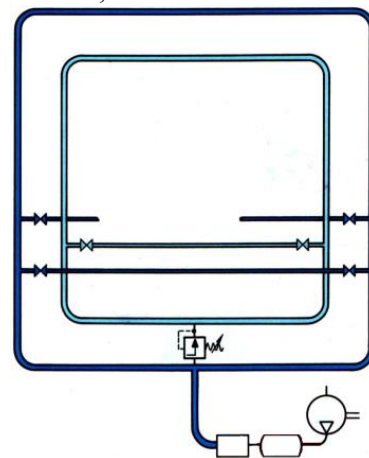
притиском по појединим производним линијама, што је из менаџерског аспекта веома битно јер на тај начин могу тачно алоцирати трошкови свих енергената који оптерећују поједине производе.



Слика 2. Нова, енергетски ефикасна, структура пнеуматског система

На основу изложеног може се закључити да је циљ формирања потпрстенова вишеструк:

- снабдевање ваздухом под притиском једне групе технолошких система као заокружене целине која производи један производ,
- уколико постоји групатаквих технолошких система који користе ваздух нижег/вишег притиска они се прикључују на посебан прстен који се снабдева ваздухом нижег/вишег притиска (слика 3), уместо да се у целом систему одржава непотребно висок притисак,



Слика 3. Прстенаста структура са одвојеним прстеном нижег притиска за нерегулисане потрошаче

- омогућено је искључивање појединих линија са напајања ваздухом под притиском у периодима када су планирана превентивна и предиктивна одржавања или уколико дође до хаварије.

## 2.3 ПОДСИСТЕМ ЗА ПОТРОШЊУ ВАЗДУХА ПОД ПРИТИСКОМ

Овај подсистем обухвата све врсте потрошача ваздуха под притиском као што су: пнеуматски алати, уређаји за активирање и управљање, различити захтеви процеса попут аерације, чишћења, одувавања делова итд.

Поред међусобних релација између тих компоненти, структура опреме крајњих потрошача је веома значајна, посебно када је у питању пројектантски задатак позиционирања управљачких вентила. О тој тематици је више дато у раду [8].

## 3. УТИЦАЈ СТРУКТУРЕ ПНЕУМАТСКОГ СИСТЕМА НА ЕНЕРГЕТСКУ ЕФИКАСНОСТ

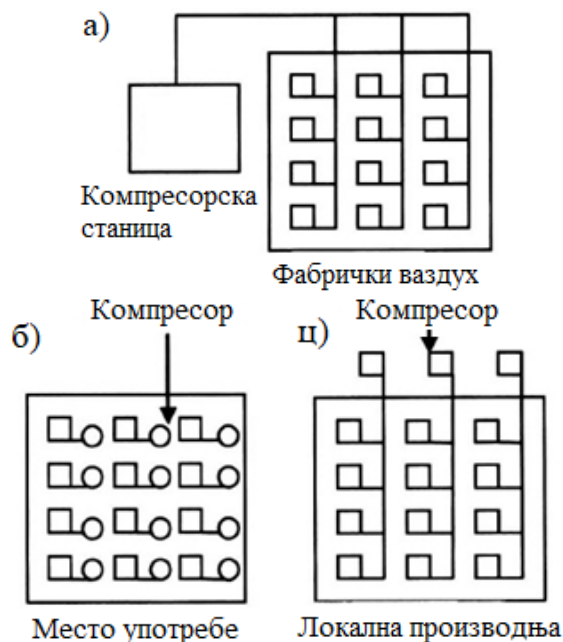
### 3.1 ПОЗИЦИОНИРАЊЕ И КОНФИГУРИСАЊЕ КОМПРЕСОРСКЕ СТАНИЦЕ

Тренд у производњи ваздуха под притиском је прелазак са великих производних система на системе високе ефикасности позициониране у тачкама употребе. У раду [10] анализирана су три начина напајања ваздуха под притиском, као што је приказано на слици 4:

- *Централни фабрички ваздух под притиском:* цело постројење се снабдева ваздухом под притиском из компресорске станице са цевоводима разведеним по фабрици како би се обезбедио ваздух под притиском за све кориснике.
- *Производња ваздуха под притиском на месту употребе:* сваки потрошач (машина, процес)

има независано инсталисан компресор за ваздух.

- *Локална генерација:* одређени број машина, линија или један погон напаја један компресор.



Слика 4. Различите варијанте основне структуре подсистема за производњу ваздуха под притиском

У разматраном примеру аутомобилске фабрике [10], производња ваздуха под притиском у конфигурацији фабричког ваздуха троши највише енергије међу овим опцијама, а локална генерација (производња) је најбоље решење у погледу енергетске ефикасности. Аутори су доказали да се, применом овог модела производње ваздуха под притиском, утроши око 43% енергије мање него уколико се примени решење са фабричким ваздухом. То у конкретном примеру доводи до годишње уштеде од 95.764 kWh електричне енергије.

Када се разматра конфигурација компресорске станице, неопходно је дефинисати број и врсту компресора, као и број и положај сушача и пријемника.

### **3.2 РАЗЛИЧИТИ НИВОИ ПРИТИСКА**

На енергетску ефикасност система ваздуха под притиском значајно утиче ниво притиска који је у њему успостављен. Непримерено висок притисак значи непотребно расипање енергије. Непримерено низак притисак значи да потрошачи ваздуха под притиском неће моћи да, у потпуности, обаве своју функцију. Идентификоване су три могућности где различита структура пнеуматског система може помоћи у повећању енергетске ефикасности.

#### **3.2.1 ИСКЉУЧИВАЊЕ ПОТРОШАЧА ВАЗДУХА ПОД ПРИТИСКОМ СА ЗАХТЕВИМА ЗА ВИШИМ ПРИТИСКОМ**

Уколико постоји крајњи корисник за чије функционисање је неопходан виши притисак у односу на већину осталих крајњих корисника, то је разлог за повећану употребу енергије јер су типични системи пројектовани за довод ваздуха под највишим притиском и за квалитет који захтева крајњи корисник. Да би се то избегло, алтернативна решења могу бити [8]:

- изградити пнеуматски систем који испоручује нижи притисак и уградити појачало за притисак (pneumatic booster) за оне потрошаче којима је потребан већи притисак или
- обезбедити и инсталирати наменски компресор на местима примене.

#### **3.2.2 СНАБДЕВАЊЕ НЕРЕГУЛИСАНИХ ПОТРОШАЧА ПОСЕБНОМ ЛИНИЈОМ**

Под појмом нерегулисаног потрошача воде се сва места употребе у којима се ваздух под притиском може директно користити отварањем вентила, сва места на којима постоје цурења итд. На пример, у применама са пнеуматским алатима, уколико регулатор притиска није инсталисан, алат ће користити пуни

мрежни притисак и тај притисак може бити знатно већи од нивоа потребног за његов рад (на пример, 8 *bar* уместо 5,5 *bar*). Такође, овакав пораст притиска доводи до већег хабања опреме, што надаље доводи до већих трошкова одржавања и до смањења животног циклуса опреме.

Посебно је неопходно водити рачуна о пиштољима за издувавање који користе ваздух под притиском а који се углавном користе за чишћење и одувавање. У случају у којем је истовремено у употреби много ових уређаја, може бити исплатива изградња посебне структуре дистрибутивног система као што је приказано на слици 5 у којој се одвојени прстен напаја преко регулатора притиска са притиском од 1 до 1,5 *bar* уместо 6 *bar* или више колико износи притисак у главном воду. Сваки 1 *bar* притиска који се смањи доводи до смањења потрошње енергије у распону од 7 до 15% у зависности од величине и карактеристика пнеуматског система.

#### **3.2.3 РАЗЛИЧИТИ НИВОИ ПРИТИСКА УНУТАР ПРОИЗВОДНИХ ЛИНИЈА**

У многим производним линијама постоји низ различитих потрошача ваздуха под притиском са различитим захтевима за притиском. Корисно је прецизно утврдити минимални ниво притиска за сваког потрошача унутар једне производне линије. Уколико таква анализа покаже да постоји више тачака употребе (потрошача) са неопходним притиском нижим од улазног притиска у производну линију, смањење енергије је могуће изградњом одвојене гране за снабдевање тих тачака употребе које ће имати тачно онај притисак који се захтева. То може бити само једна линија ако постоји мали број таквих места али са великом потражњом, или може бити прстен унутар прстенасте структуре уколико таквих места има много.

Ово решење је заправо комбинација приступа приказаних на сликама 2 и 3.

### 3.3 ВИСИНА ПОСТАВЉАЊА ЦЕВОВОДА

При дефинисању структуре система за дистрибуцију ваздуха под притиском, поред пречника главног вода, који у највећој мери утиче на енергетске карактеристике провођења ваздуха, што је детаљно обрађено у [2], висина на коју се поставља цевовод, такође може значајно да допринесе смањењу губитака а што до сада није разматрано у научним и стручним радовима.

Оптimalна висина цевовода за дистрибуцију ваздуха под притиском се може дефинисати као она висина која омогућава да цевовод задовољава своју функцију - снабдевање свих потрошача одговарајућом количином ваздуха под притиском са најмање губитака (кривина, рачви, вентила).

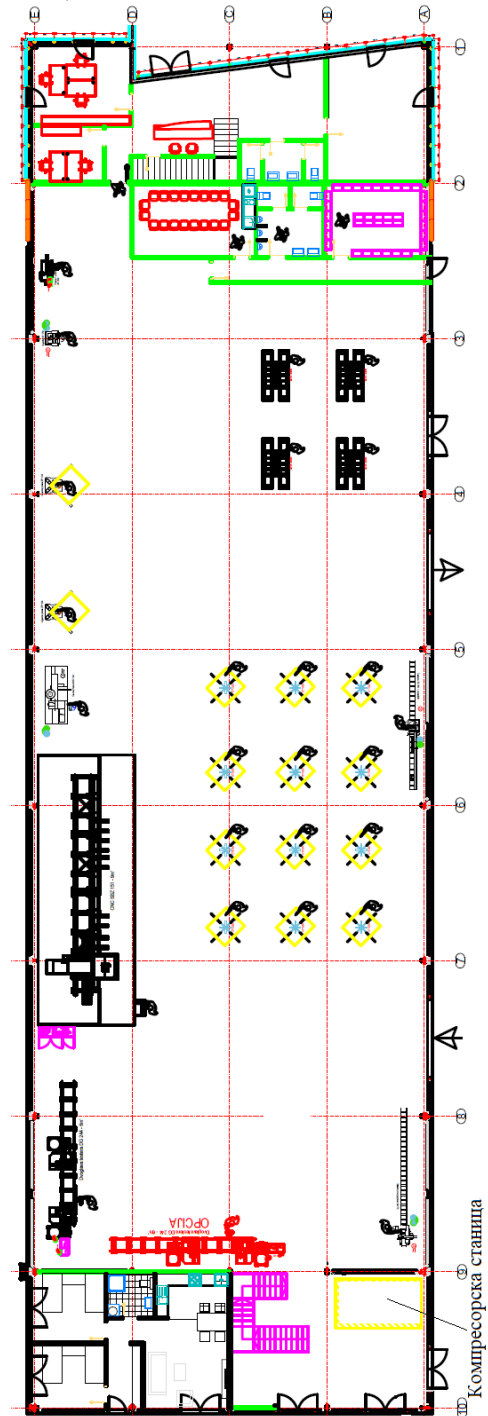
Наиме, уколико се, поред општих принципа при постављању линије главног вода (најкраће растојање и најмањи број промена тока и рачвања линија) узму у обзир и реални фабрички услови у хали неопходно је водити рачуна и о датим ограничењима које намеће повезивање две структуре. То су: структура дистрибутивног система и структура грађевинског објекта са свим већ присутним инсталацијама и раније инсталираним технолошким системима. У том смислу, при дефинисању висине на којој ће се простирати главни вод, треба тражити онај ниво на коме ће цевовод имати најмање ломљења струје ваздуха - кривина. Уколико се препусти извођачима радова да одређују висину, они ће настојати да цевовод буде постављен што ниже (јер је то њима лакше за извођење), не узимајући у обзир колико ће због тога више кривина морати да направе. Међутим, свака кривина значи енергетски губитак и пожељно их је избегавати на свим местима на којима то услови дозвољавају.

Са друге стране, уколико се цевовод поставља сувише високо, намећу се друга, уграђена ограничења као што су,

на пример, кранске стазе или друге препреке (топловоди, водоводне цеви, носеће греде, степенице и сл.).

### 4. ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА

Као експериментални полигон за примену приказаних теоретских поступака одабран је погон за производњу алуминијумских фасада (слика 5).



Слика 5. Глоцрт погона за производњу алуминијумских фасада



Пројектовани су компресорска станица и цевни развод од компресорске станице ка свим потрошачима. Због тога је било неопходно опрему и цевоводе позиционирати тако да се омогући адекватна приступачност елементима система и могућност надзора и одржавања, а за компресорску станицу је додатно било неопходно обезбедити све потребне мере заштите, особља и објекта у складу са важећим прописима и нормативима.

На слици 6 је приказан сегмент унутрашњости хале на којој се види један део присутних ограничења. У првој верзији пројекта, извођачи цевовода су предлагали да висина цевовода буде 2 m јер у тој варијанти не би било висинских радова.



Слика 6. Изглед хале са приказаним делом уграђених врата и кранском стазом

Међутим, тако дефинисана висина је захтевала обилазак изнад двоје великих фабричких врата и једних мањих врата, што је значило подизање цевовода на 4 m и његово поновно спуштање, укупно три пута. Уместо тога, усвојена је висина од 4 m којом се све ове кривине избегавају. Ипак, на једном делу цевовод је морао

заобићи постојеће степенице а како је по уздужним странама зидова хале постављена кранска стаза, цевовод није било могуће поставити више од ње.

Да би се одговорило захтевима инвеститора и потребама опреме која ће бити алоцирана у хали, пројектом је предвиђено да довод ваздуха под притиском до крајњих потрошача буде реализован преко 12 вертикала повезаних „лабудовим вратом“ са главним водом (слика 7).



Слика 7. Оптимизована структура система за дистрибуцију ваздуха под притиском

Због постојећих ограничења није било могуће пројектовати цевовод који је у потпуности без заобилазница већ је направљена заобилазница око степеница чиме су додата 3 колена од 90 степени како је приказано на слици 7.

## 5. ЗАКЉУЧАК

У процесу пројектовања структуре система ваздуха под притиском неопходно је увек деловати у смеру повећања енергетске ефикасности јер се тиме повећава одрживост производног процеса смањењем трошкова неопходних за производњу. Систем дистрибуције ваздуха под притиском, као део свеобухватног пнеуматског система производног погона, представља сегмент са бројним позицијама на којима постоји могућност за унапређење енергетске ефикасности.

Систем за дистрибуцију ваздуха под притиском има посебан значај због чињенице да он врши интеграцију свих компоненти система. Избор адекватне конфигурације цевовода и дефинисање његове, енергетски ефикасне, трасе у простору је пројектантски проблем на који пресудно утичу фактори на терену, то јест, физички захтеви које пројектант затиче у производној хали и које не може мењати. Квалитетна оптимизација трасе цевовода значајно ће допринети одрживости производње. У раду се, поред прегледа могућности повећања за повишење енергетске ефикасности структуре система посебно указује на проблем висине на коју се поставља главни вод.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Šešlija, D., *Proizvodnja, priprema i distribucija vazduha pod pritiskom*, Ikos, Novi Sad, 2002.
- [2] Šešlija D., *Uticaj dodatnih potrošača na rad sistema vazduha pod pritiskom*, Zbornik radova 29. konferencije sa međunarodnim učešćem HIPNEF 2004, Vrnjačka Banja, 2004.
- [3] Šešlija, D., Dudić, S., Milenković, I., *Sistemska prilaz povećanju energetske efikasnosti sistema vazduha pod pritiskom*, International Conference DEPENDABILITY AND QUALITY MANAGEMENT ICDQM 16, Beograd, 2013.
- [4] Milenković, I., Šešlija, D., Golubović, Z., Stojiljković, M., *Odit pneumatskih sistema – prvi korak ka povećanju energetske efikasnosti*, PROCESING 21, Subotica, 2008.
- [5] Radgen, P., Blaustein, E., *Compressed air systems in the European Union, energy, emissions, saving potentials and policy actions*. LOG-X Verlag GmbH, Stuttgart, 2001.
- [6] Dudić, S., Šešlija, D., Slavković, B., Golubović, Z., *Prilog razvoju strukture energetski efikasnog pneumatskog sistema*, Regionalna konferencija „Industrijska energetika i zaštita životne sredine u zemljama jugoistočne Evrope“ IEEP 2008, Zlatibor, 2008.
- [7] Šešlija, D., Ignjatović, I., Dudić, S., Šešlija, M., *New structure of distribution system for compressed air*, Proceedings, 14. International Conference on Industrial Systems, IS 08, Novi Sad, Srbija, 2-3. October, 2008.
- [8] Šešlija, D., Milenković, I., Dudić, S., *Compressed air system structure and energy efficiency*, Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia 15, Soko Banja, 2011.
- [9] Yuan, C. Y., Zhang, T., Rangarajan, A., Dornfeld, D., Ziemba, B., Whitbeck, R., *A Decision-Based Analysis of Compressed Air Usage Patterns in Automotive Manufacturing*, *Journal of Manufacturing Systems*, 25(4), 2006.
- [10] Šešlija, D., Stojiljković, M., Golubović, Z., Blagojević, V., Dudić, S., *Identification of the possibilities for increasing energy efficiency in the compressed air systems*, *FACTA UNIVERSITATIS, Series: Mechanical Engineering*, 7(1), 2009.

---

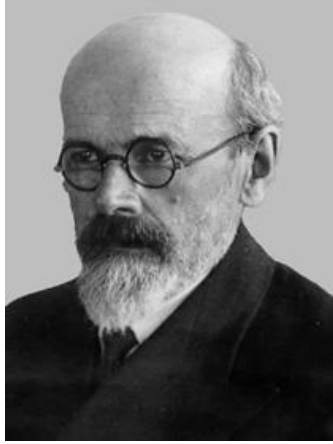
Адреса аутора: Предавач др Младеновић Валентина, Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину, Ђорђа Стратимировића 23

е-маил: valentina.mladenovic@vts-zr.edu.rs

Рад примљен: март 2021.

Рад прихваћен: април 2021.





МИЛОШ  
МАРИЋ  
(1885- 1944)

Лекар.  
Професор Руских и  
Совјетских  
медицинских  
универзитета.  
Велики истраживач.  
Творац гране  
медицине која се  
данас  
бави клонирањем.  
Велики Србин,  
родољуб и борац.

# ЕЛЕКТРОЛУЧНО ЗАВАРИВАЊЕ, НЕКЕ НЕГАТИВНЕ ПОЈАВЕ И ПОСЛЕДИЦЕ ШТЕТНЕ ПО ЉУДСКИ ОРГАНИЗАМ

## *ARC WELDING, SOME NEGATIVE PHENOMENA AND CONSEQUENCES HARMFUL TO THE HUMAN BODY*

МИЛОРАД РАНЧИЋ<sup>1</sup>  
НИКОЛА АДАМОВИЋ<sup>1</sup>  
МИЛАН ЗЕЧАР<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Друштво инжењера Зрењанин

### РЕЗИМЕ

Оператер електролучног заваривања, заваривач, је једно од најтраженијих и најбоље плаћених занимања. Међутим, сам процес и опрема која се користи изазивају неке негативне појаве које остављају последице на здравље и организам заваривача. У овом раду се разматрају појаве електромагнетног смога, ултраљубичастог зрачења и металних испарења. Анализирају се резултати истраживања њи-хових штетних утицаја, акутних и трајних оштећења очног вида, коже, дисајних и других органа људског организма.

**Кључне речи:** електролучно заваривање, штетне последице, здравље заваривача

### ABSTRACT

Arc welding operator, welder, is one of the most demanded and most paid occupations. However, the process itself and equipment used causes some negative phenomena that leave harmful consequences on the welders body and health. In this paper, phenomena of electromagnetic smog, ultraviolet radiation and metal vapors are considered. The result of research on their harmful effects, acute and permanent damage to the eye, skin, respiratory and other organs of the human body are analyzed.

**Key words:** arc welding, harmful, consequences, health of welder

### 1. УВОД

Заваривање је технолошки поступак помоћу кога се врши нераздвајиво спајање металних делова. На месту спајања делови су омекшани или растопљени а операција се изводи применом притиска или без њега. С

обзиром на врсту енергије која се користи као извор топлоте заваривање најчешће може бити гасно или електрично. Код гасног заваривања топлота настаје сагоревањем неког висококалоричног гаса и кисеоника. Код електричног заваривања топлота настаје формирањем електричног лука између електроде и основног мате-

ријала који се заварује (електролучно заваривање) или услед великог отпора при провођењу струје кроз материјал (електроотпорно заваривање). Поред наведених поступака заваривање се може извести и неким новим и савременим методама као што су то алуминотермијска, ултразвучна, електронски сноп, дифузија у вакуму...

## 2. ОСНОВЕ ЕЛЕКТРОЛУЧНОГ ЗАВАРИВАЊА

Као што је већ речено електролучно заваривање је поступак спајања метала при коме се топи део основног материјала радног предмета истовремено са додатним материјалом. Извор топлоте је електрични (волтин) лук који се формира између електроде и метала који се заварује. Разликују се два поступка: са топлљивом електродом и са нетопљивом електродом. Код првог поступка топи се језгро електроде које је истовремено и додатни материјал за попуну жлеба шавана на радном предмету. Овај поступак се примењује за заваривање свих врста челика, сивог лива, обојених метала и њихових легура. Код поступка са нетопљивом електродом као додатни материјал користи се жица која се уноси у електрични лук. Лук се формира између нетопљиве електроде и основног материјала. Овај поступак је ређе у примени. Користи се, на пример, при спајању танких делова и лимова, наваривању тврдих легура и слично.

У зависности од врсте електроде заваривање може бити:

- заваривање обложеном електродом (Е-поступак);
- заваривање топлљивом електродом (МАГ и МИГ поступак);
- заваривање нетопљивом електродом у заштити гаса (ТИГ поступак).

Према врсти извора електричне струје за заваривање се може користити и једносмерна и наизменична струја, при чему је прва чешће у примени.

## 2.1 ИЗВОРИ ЕЛЕКТРИЧНЕ СТРУЈЕ

Извори електричне струје у току заваривања треба да обезбедевпотребну јачину струје, напон лука, лако успостављање лука и његову стабилност. У неким поступцима (МИГ/МАГ) потребно је да испуне и неке посебне захтеве као што су то импулсна струја, успостављање лука без додира електроде, исправљање несиметрије струје (ТИГ)...С обзиром да се у поступцима заваривања користи и наизменична и једносмерна струја као извори струје у примени су трансформатори, исправљачи и претварачи.

Трансформатори за заваривање се састоје од језгра (железни лимови), примарног намотаја (који је везан за мрежу), секундарног намотаја (који је везан за струјно коло у коме се налазе радни комад и електрода) и регулатора јачине струје. Као регулатор најчешће се користи помична котва, пригушница и променљиви број намотаја. Трансформатори се најчешће користе код електролучног (Е) поступка.

Исправљачи имају компликованију конструкцију. Поред трансформатора поседују и исправљачке елементе као и управљачки систем. Исправљачи могу да раде са великом јачином струје па су због тога погодни за све заваривања. У последње време све више у употреби су инверторски исправљачи. Они су знатно лакши, јевтинији и погоднији за употребу. У првој фази рада они претварају наизменичну струју градске мреже у једносмерну струју која се затим уводи у инверторско коло. У инверторском колу се струја поново претвара у наизменичну али са много већом учестаношћу (са 50 Хз до 50 кХз). Струја се затим своди на потребан напон и јачину уз помоћу знатно мањег трансформатора од класичног. Трансформисана струја се поново исправља у једносмерну уз помоћ одговарајућих електронских компоненти. Струја на кра-

ју пролази кроз индуктор мањих димензија од класичног. Контролу свих ових процеса обавља електронски управљачки систем који може да подешава различите статичке и динамичке карактеристике. То даје могућност да се инверторски уређаји могу примењивати код свих поступака заваривања (Е,МАГ/МАГ,ТИГ).

Претварачи у свом саставу имају погонски блок (на пример електромотор) који је механички везан за генератор чија је улога да производи једносмерну струју. За погон генератора може се користити и мотор са унутрашњим сагоревањем и тада се овакви системи називају агрегати.

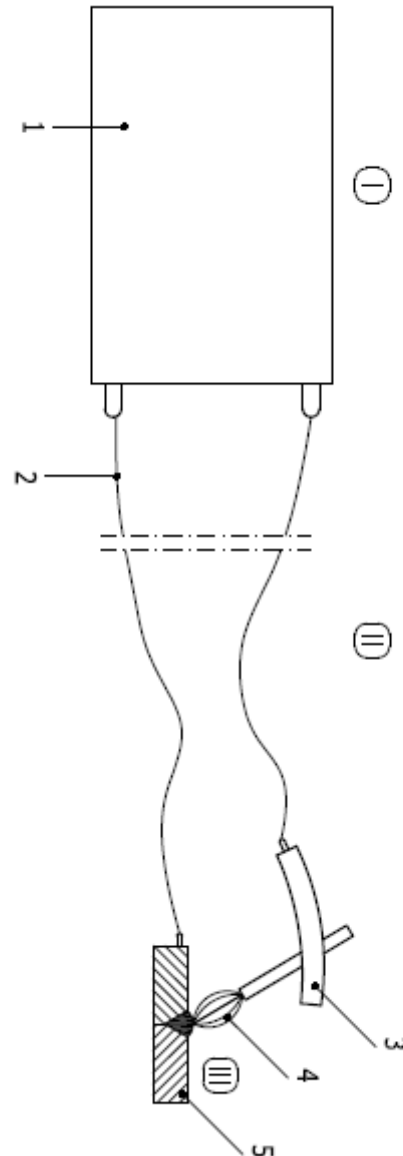
## 2.2 ЕЛЕКТРИЧНИ (ВОЛТИН) ЛУК

Електрични лук се образује тако што се основни материјал и електрода вежу за различите половине електричне струје, додирну и кратко одмакну. На месту додира услед кратког споја долази до појаве великог отпора и загревања до усијања. При одмицању услед високог напона загрејани метали почињу да емитују наелектрисане честице (јоне и електроне). Негативни електрони крећу се према аноди а позитивно наелектрисани јони ка катоди. Наелектрисане честице се сударају са неутралним молекулама ваздуха. До јонизације гаса између електроде и основног материјала долази услед дејства енергије електрона. При ударању позитивних јона у катоду и негативних електрона у аноду долази до нагле промене брзина те се кинетичка енергија честица претвара у топлотну. На местима удара метал и електрода се загревају изнад температуре њиховог топљења што омогућава услове заваривања. Температура у електричном луку може да достигне и до 5000 степени Целзијуса.

## 2.3 УРЕЂАЈ ЗА ЕЛЕКТРОЛУЧНО ЗАВАРИВАЊЕ

На Слици 1. шематски је приказан Уређај за електролучно заваривање. Он се

састоји од извора електричне струје (1), водова електричне струје (2), држача електроде са електродом (3), електричног лука (4) и радног предмета, материјала који се заварује (5).



Слика 1.

1. Извор електричне струје
2. Водови електричне струје
3. Држач електроде са електродом
4. Електрични лук
5. Радни предмет

I, II, III- Зоне мерења

### 3. РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА ЕЛЕКТРОМАГНЕТНОГ ЗРАЧЕЊА

Утврђено је да сви елементи уређаја за заваривање емитују електромагнетна поља и да постоје електромагнетна зрачења (ЕМЗ). Мерним инструментима су извршена мерења интензитета електромагнетног смога (ЕМС), електричног поља (ЕЛП) и магнетног поља (МАП). Одабране су по три зоне мерења:

- Зона I – на растојању од 100мм од из-вора електричне струје (трансфор-матор,инвертор)
- Зона II – на растојању 100 мм од во-дова електричне струје (каблова)
- Зона III – на растојању од 200 мм од електричног лука.

Као мерни инструменти за потребе ових мерења коришћени су:

1. Magnetoskop detektor, tip WKDA 02 705, Made in Poland
2. Instrument Tri Field, model TF 2, Made in USA.

Као објекти мерења изабрани су уређаји за заваривање неколико различитих про-извођача и поступака заваривања.

Наводе се резултати мерења.

1. Уређај за заваривање: „Раде Кончар“ 170-А, А-63

Поступак: електролучно

Мерна зона	I	II	III
ЕМС	4000	1400	+4000
МАП	80-90	30	90-100
ЕЛП	6-10	+100	+200
Мерне јединице:	nT за ЕМС mm G за МАП и ЕЛП		

2. Уређај за заваривање: JASIC ARG 200

Поступак: МИГ

Мерна зона	I	II	III
ЕМС	40		3000
МАП	0,1		4.5-28
ЕЛП	11-12		0
Мерне јединице:	nT за ЕМС mm G за МАП и ЕЛП		

3. Уређај за заваривање: ORION MIG 200S sa CO2

Мерна зона	I	II	III
ЕМС	+4000		+4000
МАП	+100		54
Мерне јединице:	nT за ЕМС mmG за МАП		

4. Уређај за заваривање: INVERTER 220,140

Мерна зона	I	II	III
ЕМС	260		280
МАП	0,3		1,5
Мерне јединице:	nT за ЕМС mmG за МАП		

Дозвољене вредности

Према Закону о заштити од нејонизујућег зрачења и пратећим правилницима из ове обласитим као и препорукама произвођача опреме утврђене су максимално дозвољене вредности за интензитета електромагнетних поља. То су вредности изнад 700 nT за електромагнетни смог, изнад 5 mmG за МАП и 50 V/m за ЕЛП. Анализа претходних резултата мерења указује да су у више случајева добијене вредности интензитета електромагнетног зрачења у значајној мери веће од дозвољених и препоручених.

### 4. ПОСЛЕДИЦЕ ШТЕТНЕ ПО ОРГАНИЗАМ ЗАВАРИВАЧА

О штетном дејству неких појава при заваривању и њиховом утицају на здравље заваривача постоји велики број објављених истраживачких и стручних радова. Аутори овог прилога ограничили су своје интересовање на утицај електромагнетног зрачења (ЕМЗ) и дејство металних испарења и честица.

#### 4.1 О УТИЦАЈУ ЕМЗ

У монографији (6) изложене су, изузетно детаљно, истраживања о утицају електричних и магнетних поља на биолошке системе. Примери многобројних

истраживања и експерименталних опита у свету несумњиво су потврдили да електромагнетни смог повећаног интензитета и у дужем временском трајању негативно делује на све биолошке системе па према томе и на организам човека. Посебно треба истаћи негативни утицај на нервни систем, кардиоваскуларни систем и срце, функције мозга, разарање структура ћелија итд.

#### Ултраљубичасто зрачење

Ултраљубичасто зрачење (или УВ-ултравиолетно зрачење) је електромагнетно зрачење чија је таласна дужина  $L$  у распону од 400 до 10 nm. Успектру електромагнетних зрачења налази се између видљиве светлости и X зрачења. Ултраљубичасти зраци се у ваздуху простиру праволинијски и имају брзину светлости. Енергија УВ фотона је од 3.1 до 124(eV). Многе материје врше апсорпцију УВ зрака. Апсорбовани УВ зраци изазивају прекид интерних молекуларних веза и њихову дисоцијацију и рекомбинацију. Ако се ради о живој ћелији то се назива биолошко дејство УВ зрака. Најизраженији биолошки ефекти УВ зрачења јављају се на кожи и органу вида оку. Утврђена је директна веза између таласне дужине  $L$ , енергије апсорбованог зрачења и морфолошких промена у структурама озраченог ткива. У раду (3) детаљно су изложене дозе, ризици и последице ултраљубичастиг зрачења. Детаљно је описано биолошко дејство УВ зрачења на кожу и око. Промене на очима изазване овим зрацима су фотокератитис, катаракта, дегенерација жуте мрље и слепило. Излагање коже УВ-А зрацима (од 400 до 315 nm) изазива хиперпигментацију коже и углавном је без штетних последица. Исто је и са очним видом. УВ-Б зрачење је носилац високе енергије и фотони имају деструктивно дејство на живу ћелију. На кожи ово зрачење изазива еритрем а при дужем излагању и интензивној експозицији може да изазове опекотине

другог степена. Сматра се да ови зраци делују директно на ДНК. Малигне алтерације на кожи испољавају се као булозни карциноми и меланоми. УВ-Ц (таласна дужина од 260 до 290 nm) и највећа зрачна енергија) зрачење је деструктивно по живе ћелије. Може да изазове прекид синтезе ДНК и смрт ћелије. Прекомерна експозиција може да изазове опекотине на кожи. Такође, дуготрајна излагања УВ-Ц зрацима могу да изазову бројна оштећења у оку као што су еритем, старење ока, гребаве испод очног капка, кератитис, осећај присуства страног тела у оку, болови у оку, блефороспазма, главобоља, оток очних капака, магловит вид, катаракта, привремени губитак вида, трајни губитак вида (до слепила).

#### 4.2 О УТИЦАЈУ МЕТАЛНИХ ИСПАРЕЊА

У току процеса заваривања услед високих температура које су неопходне да би се отопио основни материјал (радни предмет) као и додатни материјал (електрода) долази до појаве металних испарења, димова и лебдења веома финих честица. У раду (4) аутор је детаљно анализирао утицај удисања штетних материјала. Оне могу да изазову акутна тровања а у случају да је удисање у дужем периоду и до различитих хроничних оболења. Најчешће су то главобоља, надражај очију, крварење носа, дерматитис, акне, упаљено грло. У тежим случајевима може се појавити оштећење респираторног система, професионална асма, рак носа и носне шупљине. Димови могу да надраже кожу и проузрокују њену сувоћу, изазову алергије и екцеме. Димови из органских топитеља моги да проузрокују оштећење нервног система, смањење осетљивости, умор, немир у ногама и рукама.

Хемијски састав металних испарења зависи од хемијског састава материјала који се заварује, хемијског састава електроде и њене облоге. Већи део хемиј-

ских елемената такође има штетна дејства на разне органе човека. Тако, на пример, гвожђе може да изазове болести зглобова, аритмију, увећање атеросклерозе, болести јетре, органа за варење. Алуминијум изазива Алцхајмерову болест. Олово негативно утиче на ендокрине жлезде, репродуктивне хормоне, мозак (когнитивни поремећаји, појава лезија), анемију... Бакар изазива Вилсонову болест и делује на нервни систем. Кадмијум има карциногено дејство, делује на бубреге, кости, плућа...

## 5. ЗАКЉУЧАК

Електролучно заваривање је један од веома тражених и популарних процеса машинске обраде који има широку примену. Међутим, оно са собом носи и низ изазова. Штетне последице које се јављају могу озбиљно да угрозе здравље заваривача. Зато се пред технологе и инжењере заваривања и саме завариваче поставља озбиљан задатак. То је адекватна и квалитетна заштита у радним условима. Иако средства заштите постоје неопходно је и даље радити на њиховој примени уз непрестану модернизацију и усавршавање. Исто се односи и на уређаје, апарате, алате и друга средства која се користе у процесима заваривања.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [6] Седмак Александар, Шијачки-Жеравчић В., Ђорђевић В., Вукићевић М., Ма-шински материјали 1.део, Машински факултет, Београд, 2000.год.
- [7] Ранчић Милорад, Технолошки процеси, ИЦИМ, Крушевац, 1999.год.
- [8] Бабић Раде, Станковић-Бабић Г., Бабић С., Марјановић А., Бабић Н., Дозе, ризици и последице ултраљубичастиг зрачења, Акта Опхтхелмологи-ка вол. 42., Ниш, 2016.год.
- [9] Шестак Јосипа, Утицај удисања штетних твари на здравље радника и развој професионалних болести, Велеучилиште у Карловцу, Хрватска, 2015.г-
- [10] Јованић Душан, Манојловић Л., Ранчић М., Електромагнетно поље исправљача апарата за заваривање, Часопис ДИТ, бр.28., Друштво инжењера Зрењанин, 2017. год.
- [11] Лажетић Богосав, Биолошки системи и магнетна поља, Институт за плућне болести, Нови Сад, 2016. год.

---

Адреса аутора: Др Ранчић Милорад, проф. Друштво инжењера Зрењанин, Македонска 11  
е-маил: milorad.rancic@diy.org.rs  
Рад прим љен: март 2021.  
Рад прихваћен: април 2021.



# ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис  
Scientific-professional journal

Година XXVII, Број 35, април 2021. год.  
Year XXVII, Issue 35, April 2021. 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](mailto:milorad.rancic@diz.org.rs)  
[www.diz.org.rs](http://www.diz.org.rs)





# ПРИМЕНА ФУРИЈЕОВЕ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ У АНАЛИЗИ СТАЊА ПУТНЕ МРЕЖЕ РАДИ УНАПРЕЂЕЊА БЕЗБЕДНОСТИ И РЕГУЛИСАЊА САОБРАЋАЈА

## *APPLICATION OF FURI'S TRANSFORMATIONS IN ANALYSIS OF THE ROAD CONDITION IN ORDER TO IMPROVE SAFETY AND TRAFFIC REGULATION*

НИКОЛА КОСТИЋ<sup>1</sup>  
БОЈАНА БОШКОВИЋ<sup>1</sup>  
БРАНИМИР МИЛОСАВЉЕВИЋ<sup>1</sup>  
САША БАБИЋ<sup>1</sup>  
ЖАРКО ЂОРЂЕВИЋ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Академија струковних студија "ШУМАДИЈА", Одсек Трстеник

### РЕЗИМЕ

У раду је приказан принцип рада софтвера за утврђивање микропрофила пута. Снимање стања пуне мреже вршено је применом ROMDAS система, након чега су подаци обрађени софтвером применом дводимензионалне Брзе Фуријеове Трансформације (FFT) како би се од сирових података добиле информације које су релевантне за даљи прорачун.

**Кључне речи:** ROMDAS, FFT, obrada slike

### ABSTRACT

The paper presents the principle of operation of software for determining the microprofile of the road. Recording the condition of the road network was performed using the ROMDAS system, after which the data were processed by software using the two-dimensional Fast Fourier Transform (FFT) in order to obtain information from the raw data that is relevant for further calculation.

**Key words:** ROMDAS, FFT, image processing

### 1. УВОД

Информације које возач прима од окружења и возила могу бити: макро- и микро-рељеф пута, вибрације и бука подсистема возила и сл. При томе, посебан значај има пут, као простор који се може користити за безбедно кретање возила [3].

Пут се обично оцењује на основу његовог макро – микрорелефа. Имајући у виду да макро-рељеф и микро-рељеф имају велики значај са аспекта безбедности саобраћаја потребно је извршити неопходна мерења како би се утврдило стање путне мреже,. Данас је у употреби велики број уређаја за детектовање неравности путне мреже

који се углавном разликују у брзини мерења и времену потребном за мерење. У овом раду ће бити приказан рад софтвера који се користи у обради података како би се од сирових података добиле информације које су релевантне за даљи прорачун.

## 2. УРЕЂАЈИ ЗА УТВРЂИВАЊЕ МИКРОПРОФИЛА ПУТА

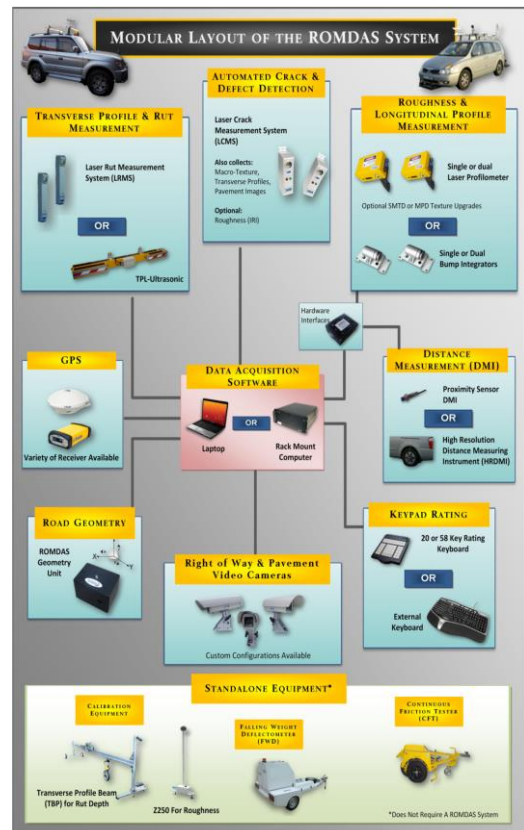
Микро-профил пута припада групи случајних процеса, па је неопходно утврдити статистичке параметре истог. Микро-профил пута се идентификује на основу микронеравина које се мере уз коришћење специјалних уређаја. Постоји велики број уређаја и поступака за мерење параметара микропрофила пута и по правилу се региструје подужни профил, а попречни се идентификује на основу ансамбла паралелних подужних профила [5].

### 2.1. ПРИКАЗ И ОПРЕМА ROMDAS СИСТЕМА

На слици 1 је приказана шема ROMDAS (Road Measurement Data Acquisition System) система који се може инсталирати на било које возило које се користи приликом истраживања и у зависности од потребе мерења бира се одговарајућа опрема.

Мерење текстуре коловоза на путевима у Србији је вршено 2008. године и том приликом су коришћени ARAN и ROMDAS системи.

ROMDAS је развијен од стране Data Collection Ltd. (DCL) као јефтин модуларни систем за прикупљање података о стању коловоза и путева користећи било које возило. ROMDAS нуди велику флексибилност тиме што омогућава корисницима да додају или скидају модуле у зависности од потреба мерења и скупљања података.



Слика 1. Приказ ROMDAS система за мерење текстуре коловоза [6]

Модул (LCMS) систем за ласерско мерење пукотина користи пројекторе ласерских линија, камере за снимање при великим брзинама и напредну оптику како би се постигла висока резолуција 3D профила пута. Овај систем је најновији на тржишту.

DataView Software је напредна интеграција података и програм за обраду који омогућава GIS мапирање, оцену видео слике и презентацију података. Корисницима ROMDAS опреме је омогућено GPS праћење и надгледање у реалном времену и онлине складиштење података. Рад ROMDAS софтвера се прати и контролише преко лаптопа или компјутера уграђеног у возилу и повезан је са бројним инструментима који се користе за мерење и снимање података на путевима.

Коришћењем камера могуће је снимити слику пута и површине коловоза, а кључни подаци, као што су храпавост, удаљеност, GPS, итд. се

суперпонирају на видео-снимак користећи прилагодљива преклапања.



Слика 2. Приказ монтираног ROMDAS система [6]

Примена ROMDAS система је нашироко позната у свету због своје флексибилности и могућности коришћена на свим категоријама путева (асфалтни, макадам, туцаник...) [6].

Након избора модула ROMDAS система врши се њихова монтажа на изабрано возило и спроводи се истраживање. Међутим пре почетка истраживања неопходно је извршити калибрацију уређаја. Један од првих корака је да се калибрише одометар (мерач пређеног пута), поента је да се смањи грешка мерења даљине. Одреди се секција пута од 500м и изврши се 5 мерења. На основу тога бира се калибрациони фактор, а ако мерења не задовољавају одређене статистичке критеријуме врши се понављање мерења. Након тога врши се калибрација бамп интегратора у односу на висок ниво тачности профилометара. Калибрација се врши тако што се изаберу три секције пута са различитом површином пута

(добро, просечно, лоше), а затим се за сваку секцију при три различите брзине (30km/h, 50km/h, 70km/h) врше читавања бумп интегратора. Ако читавања не задовољавају захтевану тачност поступак се понавља. Током мерења ROMDAS софтвер прикупља податке у сировом облику који захтевају даљу обраду. Током обраде прикупљене вредности се претварају у IRI вредности уз помоћ уграђене регресионе једначине. Ови подаци се могу конвертовати у друге формате за даљу анализу података и презентацију [7].

### 3. PRIMENA FFT U OBRADI SLIKE

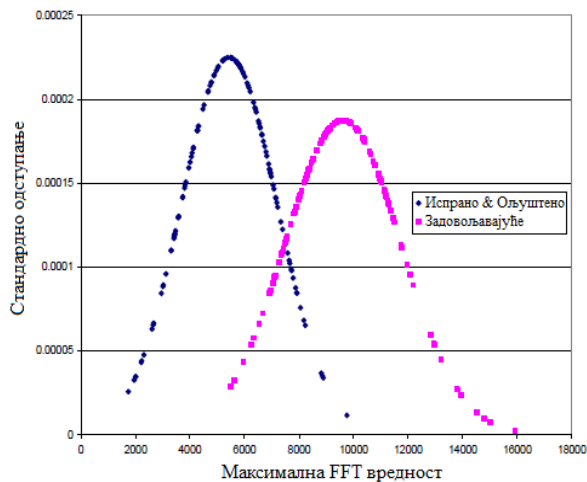
Обрада слике је област истраживања која је расла у последњих неколико година и има велики број примена у неколико области (медицина, географија, инжењеринг и др.).

Важан елемент на стварање слике је боја, а рачунари користе RGB систем (црвено-зелено-плаво) у процесу, у коме се контролише интензитет ове три основне боје. Дефинисањем дате боју у рачунару, наводи се интензитет до предајника R, G и B. Дигитална слика се састоји од коначног броја елемената, где сваки елемент има одређену локацију и вредност; може се сматрати као матрица чији индекси редова и колона идентификују тачку на слици, а одговарајућа вредност матрице елемента идентификује ниво од сиве у тој тачки. Ови елементи матрице називају се елементи слике (пиксела). Пиксел је основни елемент коначних димензија на слици, чији је најчешћи облик правоугаони или квадратни.

Слика може бити представљена матрицом  $N \times M$ , као што је приказано у следећој једначини.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

Најчешће коришћени математички процес у истраживању зове се брза Фуријеова трансформација (FFT). Овај приступ може се лако искористити за квантификовање информационог садржаја дигиталне слике користећи веома једноставну примену теорије информација. Предложени приступ је веома елегантан тиме што покушава да измери информациони садржај слике, а затим да искористи ту квантитативну меру за статистичку корелацију са физичким мерењем текстуре извршеним на истој локацији као на слици. Циљ је разликовање текстуре површине на основу визуелног садржаја информација. Као резултат тога, процес садржи уграђену проверу излаза обраде слике: способност да квалитативно потврди да слика као визуелна текстура такође даје сличне FFT бројеве, као и слично "sand circle" мерење [1].



Слика 3. Нормална дистрибуција максималне вредности FFT за различите текстуре [1]

### 3.1. ДИСКРЕТНА ФУРИЈЕОВА ТРАНСФОРМАЦИЈА

Како рачунари раде само са дискретним подацима, нумеричко израчунавање Фуријеове трансформације  $f(x)$  захтева дискретне узорке вредности  $f(x)$ . Затим, рачунар може израчунати

трансформације  $F(u)$ , само на дискретним вредностима  $u$ .

$$\left\{ \begin{array}{l} f(x_0), f(x_0 + \Delta x), f(x_0 + 2\Delta x), \dots, \\ f(x_0 + [N - 1]\Delta x) \end{array} \right\}$$

$$f(x_0 + x\Delta x)$$

где  $x$  сада преузима дискретне вредности  $0, 1, 2, \dots, N-1$ .

Другим речима, низ  $\{f(0), f(1), f(2), \dots, f(N-1)\}$  означава сваки  $N$  равномерно распоређен узорак из одговарајуће континуалне функције. Имајући ово у виду, пар дискретне Фуријеове трансформације који се односи на узорковану функцију дат је следећом једначином:

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \exp[-j2\pi ux/N]$$

за  $u=0, 1, 2, \dots, N-1$

$$f(x) = \sum_{u=0}^{N-1} F(u) \exp[j2\pi ux/N]$$

за  $x=0, 1, 2, \dots, N-1$

У дво-променљивом случају пар дискретне Фуријеове трансформације је:

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \exp[-j2\pi(ux/M + vy/N)]$$

за  $u=0, 1, 2, \dots, M-1, v=0, 1, 2, \dots, N-1$

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \exp[j2\pi(ux/M + vy/N)]$$

за  $x=0, 1, 2, \dots, M-1, u=0, 1, 2, \dots, N-1$  [1]

Функција  $f(x, y)$  представља слику интензитета на различитим тачкама просторног домена. Фуријеова трансформација  $F(u, v)$  представља слику као збир комплексних експоненцијалних функција различитих величина, фреквенција и фаза и служи за побољшање, анализу, опоравак и

компресију слика. Ова функција је дефинисана на фреквентном домену.

Дискретна Фуријеова трансформација и њена инверзна су периодичне за период  $N$  - само  $N$  вредности сваке променљиве у било ком једном периоду морају да добију  $f(x,y)$  из  $F(u,v)$ .

Брза Фуријеова Трансформација, FFT, је дизајнирана да минимизира време рачунања. Број сложених множења и сабирања потребних за спровођење одређених једначина је пропорционалан  $N^2$ . Правилно разлагање ове једначине може учинити број операција множења и сабирања сразмеран  $[N \log_2 N]$ . Поступак декомпозиције се зове алгоритам Брзе Фуријеове трансформације (FFT) [2].

### 3.2. ФУРИЈЕОВА АНАЛИЗА ДИГИТАЛНИХ СЛИКА (ФРЕКВЕНЦИЈСКИ ДОМЕН)

Фуријеова трансформација разлаже таласни облик (или функцију) у синусоиде различитих фреквенција које сумира у оригинални талас. Она идентификује или разликује различите фреквенције синусоида и њихових амплитуда. Физички закони сугеришу да замисливи објекат који може дати слику може увек бити представљен низом или једноструким или вишеструким Фуријеовим интегралом. Често је корисно замислити да функције и њихове фреквенције заузимају два домена, који се често називају временски и фреквенцијски домен. Операције које се обављају у једном домену имају одговарајуће операције у другом. То нам омогућава кретање између домена, тако да се операције могу обављати где су најлакше и најповољније. Најчешће коришћена трансформација у истраживању текстуре пута је дводимензионална FFT на дискретној матрици (дигитална слика).

Најчешће коришћени програм за извођење 2D FFT и инверзне FFT јесте "MATLAB". Слика се учитава у софтвер,

а затим је 2D FFT конвертује у свој пандан фреквентног простора. Команда 2D FFT трансформише стварни простор 2D матрице у сложену 2D матрицу. Матрица има два дела: реални део сваког елемента (модул) и магнитуду тог модула која је еквивалентна спектру снаге или просторноом енергетском садржају слике. Размере тог модула је најчешће коришћен приказ фреквенцијског спектра слике.

### 3.3. ФРЕКВЕНТНИ ОПСЕГ

Када се бира подела фреквентног опсега, постоје две опције: кружна подела и правоугаоне подела. FFT коју прорачунава софтвер је у облику матрице. Тако се ствара дводимензионални низ за дводимензионалне слике. Због ове просторне компатибилности, правоугаона подела доставља формат који олакшава писање кода за обраду слике и чини накнадни прорачун једноставнијим. Да би направили кружну поделу, мора се пронаћи центар матрице и израчунати растојање између овог центра и сваког елемент матрице. Сваки пиксел елемент мора бити наведен да припада групи "n" уместо групе "n+1", што значи више рачунања. Кружна подела је много сложенија и не побољшава тачност. Стога је утврђено да је метода правоугаоне поделе довољна за наше потребе.

### 4. ПРИКАЗ РАДА 2D FFT СОФТВЕРА ЗА ОБРАДУ ПОДАТАКА

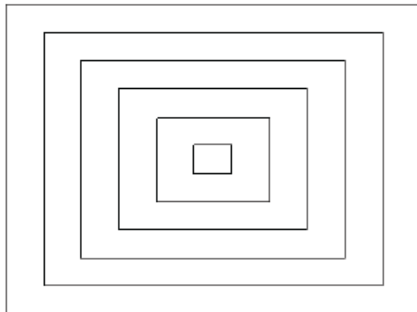
Алгоритам који се користи за добијање просторне информације из дигиталне слике ради на следећи начин:

- слика се добија користећи CCD камеру.
- добијена слика се претвара у црно-белу фотографију, која садржи стандардни опсег од 256 сивих нивоа.
- Слика се обрађује и дели на регионе као што је илустровано на слици 27, затим се израчунава FFT

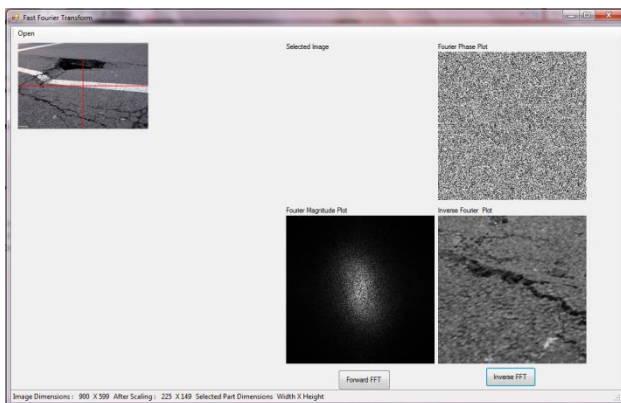


чије се фреквенције компоненте раздвајају. Ова подела је постигнута раздвајањем FFT у бенд (регионе).

- фреквенцијске компоненте почињу са нултом компонентом у централном пикселу.
- рачуна се збир FFT трансформација локалних пиксела за сваки прстен.
- збир се исцртава у односу на фреквенцијски бенд користећи било који графички софтверски пакет.
- Подаци су спремни за анализу [2].



Слика 4. Правоугаони фреквентни опсези [2]

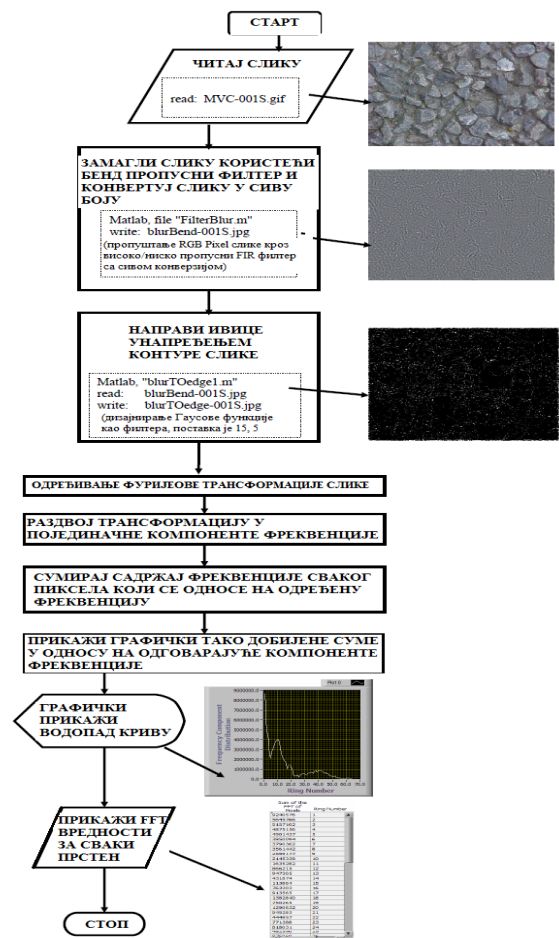


Слика 5. Приказ програма за рачунање 2D FFT слике

#### 4.1. ПРОТОКОЛ ОБРАДЕ СЛИКЕ

Протокол обраде слике је приказан на слици 6. Ту је приказан и процес и визуелне фазе слике који се обрађују заједно са одговарајућим кодом који је повезан са сваком кораком у процесу. Протокол обраде слике снабдева

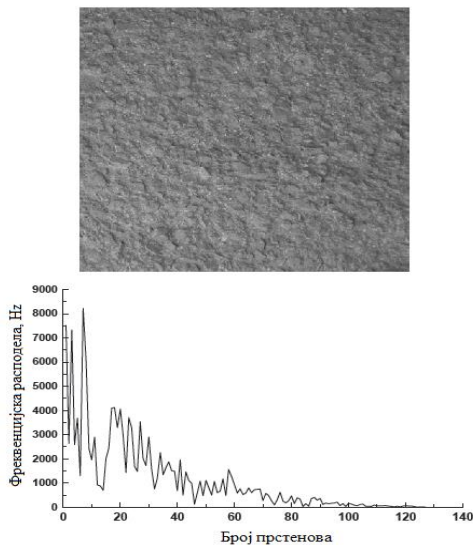
истраживаче са директним средствима за квантификацију FFT излаза за до 25 прстенова у свакој слици. Овај излаз података омогућава истраживачу да истражи FFT вредности у сваком прстену како би пронашао који прстен или скуп прстенова дају најбоље регресионе коефицијенте одлучности и стога најјачу везу са физичким мерењем текстура направљен коришћењем теста круга песка.



Слика 6. Протокол обраде слике [1]

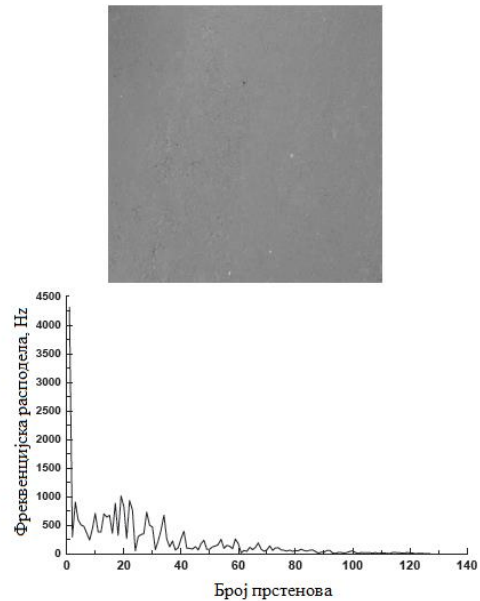
Рачунарски програм је развијен за читање информација садржаних у сликама, посебно просторне фреквенције; следећи корак је да се створи база података "sand patch" тестова са својим сликама; креирана је група од 26 слика површине коловоза са различитим текстурама, од веома финог (0,15 до 0,22mm) до веома грубог (1,20 до 4,97mm).

Свака слика је подељена у групи 127 прстенова, међутим примећено је да се већина промена у FFT вредности јавља у првих 25 прстенова, тако да је фокус стављен на првих 25 прстенова. Може се приметити да код грубе текстуре коловоза, постоје релативне разлике у осветљености између суседних пиксела и стога слика има високу просторну фреквенцију као што је илустровано на слици 7.



Слика 7. FFT сума у односу на број посматраних прстенова (груба текстура) [2]

Ако слика има fine агрегате или су скоро потпуно уроњени у асфалт, површина ће показати ниске варијације у осветљености између суседних пиксела. Дакле, они имају низак контраст и просторну фреквенцију, као што је приказано на слици 8.



Слика 8. FFT сума у односу на број посматраних прстенова (фина текстура). [2]

## 4.2. АУТОКОРЕЛАЦИОНА ФУНКЦИЈА

Идентификација микропрофила у временском домену подразумева израчунавање различитих врста средњих вредности [3].

Класична средња вредност

$$z_{sr} = \lim_{L \rightarrow \infty} \frac{1}{L} \int_0^L z(x) dx$$

или у дискретном облику:

$$z_{sr} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i$$

Најчешће се током даљих обрада функција микропрофила нормира тако да је средња вредност једнака нули.

Ефективна вредност је дата изразом:

$$z_{ef} = \sqrt{\lim_{L \rightarrow \infty} \frac{1}{L} \int_0^L z(x)^2 dx}$$

или у дискретном облику:



$$z_{ef} = \sqrt{\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_1^N z_i^2}$$

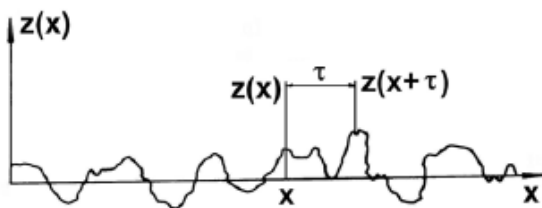
Средња апсолутна вредност се дефинише: [3]

$$z_{sap} = \lim_{L \rightarrow \infty} \frac{1}{L} \int_0^L |z(x)| dx$$

или у дискретном облику:

$$z_{sap} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_1^N |z_i|$$

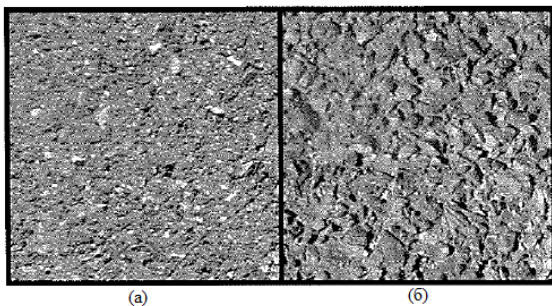
Примена аутокорељационе функције је корисна када се жели проучити стационарност микропрофила пута. Код стационарних процеса, са порастом временског параметра  $\tau$ , она тежи нули, или благо осцилује око апсцисне осе.



Слика 9. Дефиниција аутокорељационе функције [3]

- Аутокорељациона функција:

$$A(k, l) = \frac{\frac{1}{(M-k)(N-l)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N I[i, j] I[i+k, j+l]}{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N I^2[i, j]}, \quad 0 \leq k \leq M-1, 0 \leq l \leq N-1$$

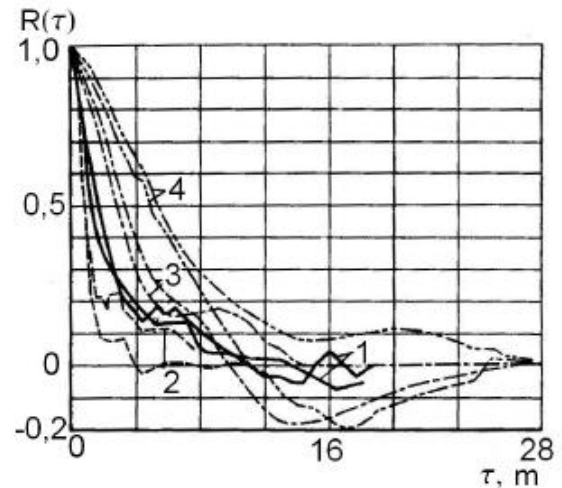


Слика 11. Пример fine (а) и грубе (б) текстури коловоза [4]

$$R(x, x + \tau) = \lim_{L \rightarrow \infty} \frac{1}{L} \int_0^L z(x) z(x + \tau) dx$$

или у дискретном облику:

$$R(\Delta) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_1^N z_i z_{i+\Delta}$$

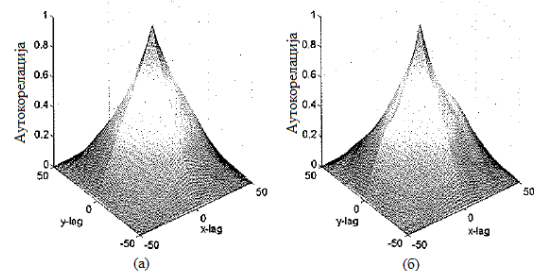


Слика 10. Карактеристични случајеви аутокорељационих функција за путеве: 1- макадамски, 2- макадамски са успонима и падовима, 3 и 4- асфалтни и цементнобетонски пут [3]

У пракси се, често, уводи појам нормиране аутокорељационе функције:

$$R_n(\tau) = \frac{R_\tau}{R_0} = \frac{R_\tau}{z_{ef}^2}$$

Аутокорељациона функција  $A(k, l)$  матрице  $M \times N$  слике  $I(i, j)$  се дефинише:

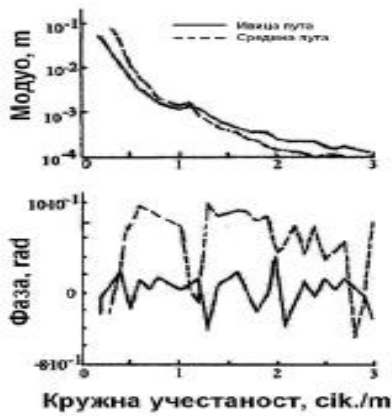


Слика 12. Аутокорељација слике 9 [4]

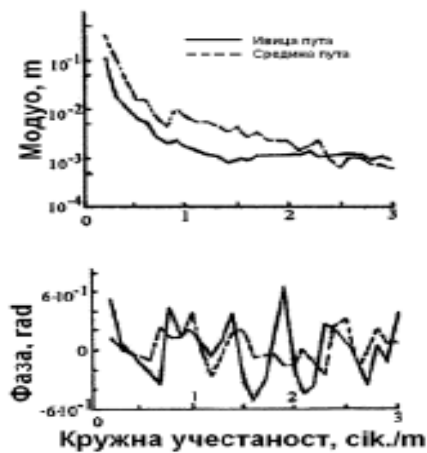
На слици 11 је дат тродимензионални приказ симетричне аутокорељационе функције  $A(k,l)$  за слику 10 са кашњењем од 50 пиксела. Аутокорељациона функција опада полако када је текстура груба и убрзано када је текстура фина. Ово се може користити за утврђивање грубости текстуре површине пута [4].

## 5. ПРИМЕРИ МЕРЕЊА МИКРОНЕРАВНИНА ПУТЕВА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

У наредном тексту ће бити приказани неки примери мерења микронеравнина путева у Србији. Дати су примери израчунавања спектра амплитуда и аутокорељационих функција.



Слика 13. Спектар амплитуда аутопута [3]



Слика 14. Спектар амплитуда оштећеног асфалтног пута



Слика 15. Спектар амплитуда валовитог асфалтног пута



Слика 16. Нормирана аутокорељациона функција за аутопут [3]



Слика 17. Нормирана аутокорељациона функција за валовити асфалтни пут



Слика 18. Нормирана аутокорељациона функција за оштећени асфалтни пут

## 6. ЗАКЉУЧАК

Микро-профил пута се идентификује на основу микронеравнина које се мере уз коришћење специјалних уређаја. Ови уређаји раде на принципу ласерског мерења површине и аутоматски обрађују податке потребне за даље истраживање и могу се користити при високим брзинама. За обраду података се углавном користи софтвер који ради на принципу Брзе Фуријеове трансформације тако што камере снимају деоницу пута, а програм врши конверзију слике како би се добили потребни подаци за даљи прорачун.

Из свега наведеног можемо закључити да је неопходно константно мерење и снимање услова пута како би се оформила база података о стању путне мреже, а самим тим обезбедили и потребни параметри за пројектовање возила. Утицаји побуда од пута имају велики значај са аспекта безбедности саобраћаја и без података о побудама које се са пута преносе на возило немогуће је приступити пројектовању возила.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

[1] Pidwerbesky, B., Waters, J., Gransberg, D., Stemprok, R., "Road surface texture measurement using digital image processing and information theory", Land Transport New Zealand Research Report 290, 2006. године.

- [2] Pivoto Specht, L., Khatchatourian, O., Tudeia dos Santos, R., "Measurement of pavement macrotexture through digital image processing", Acta Scientiarum. Technology, 2013. године.
- [3] Демић, М. "Динамичке побуде аутомобила", Институт за нуклеарне науке «Винча» Центар за моторе и возила, Београд, 2006. године.
- [4] Elunai, R., Chandran, V., Mabukwa, P., "Digital image processing techniques for pavement macro-texture analysis", 24th ARRB Conference: Building on 50 years of road transport research, Melbourne, 2010. године.
- [5] Барбарих, Ж., "Упрошћени математички модел за формирање слике терена оптоелектронским сензорима", Војно технички институт ВЈ, Београд, 1996. године.
- [6] "ROMDAS System Overview Brochure", [www.romdas.com](http://www.romdas.com), приступљено 19. јануар 2021. године.
- [7] Sodikov, J., Tsunokawa, K., Ul-Islam, R., " Road Survey with ROMDAS System: A Study in Akita Prefecture", Minutes of the Faculty of Engineering of the University of Saitama, 2005. године.

---

Адреса аутора: Костић Никола, дипломирани инжењер саобраћаја - мастер, Академија струковних студија "ШУМАДИЈА", одсек Трстеник, Радоја Крстића 19, Трстеник  
е-маил: kosticn83@gmail.com  
Рад примљен: март 2021.  
Рад прихваћен: април 2021.

# ПРИМЕНА АКУСТИЧНИХ КАМЕРА У ФУНКЦИЈИ ПОВЕЋАЊА БЕЗБЕДНОСТИ И РЕГУЛИСАЊА ДРУМСКОГ САОБРАЋАЈА

## *ACOUSTIC CAMERAS APPLICATION IN THE FUNCTION OF ROAD TRAFFIC SAFETY AND REGULATION*

БОЈАНА БОШКОВИЋ<sup>1</sup>  
НИКОЛА КОСТИЋ<sup>1</sup>  
САША БАБИЋ<sup>1</sup>  
БРАНИМИР МИЛОСАВЉЕВИЋ<sup>1</sup>  
ЖАРКО ЂОРЂЕВИЋ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Академија струковних студија Шумадија – Одсек Трстеник

### РЕЗИМЕ

Бука као облик загађивања средине, односно угрожавања и деградације квалитета живота постаје у новије време све већи проблем. Када звучна опрема (акустичка камера) измери ниво звука који је прекорачен и препозна извор, возило се фотографише или снима. Постоје различити типови акустичких камера које се користе за мерење како унутрашње тако и спољашње буке коју емитује возило.

**Кључне речи:** бука, акустичке камере, унутрашња и спољашња бука возила

### ABSTRACT

Noise as a form of environmental pollution, has recently become an increasing problem. It is instantaneous in its effect it acts only during the emission and does not cause delayed effects on the entire environment. When the sound equipment (acoustic camera) measures the sound level that has been exceeded and recognizes the source, the vehicle is photographed or recorded. There are different types of acoustic cameras used to measure noise both inside and outside emitted by the vehicle.

**Key words:** noise, acoustic camera, inside and outside vehicle noise

### 1. УВОД

“Загађење” животне средине буком односи се на нивое звука у човековом окружењу који су виши од прихватљивих нивоа изазваних саобраћајним, грађевинским, индустријским, као и појединим рекреативним активностима. Оно може да има озбиљне директне или индиректне последице на здравље људи,

попут оштећења слуха или поремећаја сна. Временом може довести до повећања крвног притиска и до менталних поремећаја.

Истраживања Светске здравствене организације показују да је више од 40% популације земаља Европске уније изложено буци друмског саобраћаја чији еквивалентни ниво за период од читавог дана премашује 55 dB, а да је чак 20 %

популације изложено еквивалентним нивоима већим од 65 dB за тај период. Узимајући у обзир буку која потиче од свих врста транспорта, процењује се да око половине градског становништва Европске уније живи у зонама које не обезбеђују адекватан акустички комфор. При томе, више од 30% популације је током ноћи изложено еквивалентним нивоима буке већим од 55 dB, што има узнемиравајући ефекат на спавање и одражава се негативно на квалитет ноћног одмора.

## 2. ВОЗИЛО КАО ИЗВОР БУКЕ

Главна карактеристика моторних возила је то да су она у саобраћајном току током времена променљива, те уобичајени индекси за одређивање нивоа (константе) буке овде нису адекватни. Један од највише употребљаваних показатеља за буку у животној и радној средини је тзв. еквивалентни ниво буке  $L_{eg}$  (дефинисан као просечна енергија нивоа буке за одређени период), који даје нумеричку вредност променљиве буке еквивалентну нивоу константе са истом енергијом. За квантитативну процену саобраћајне буке користе се и бројни други параметри, а сходно самим њеним карактеристикама. Већи број аутора је утврдио да се саобраћајна бука добро описује нормалном расподелом и овим параметрима, тако да је  $L_{eg}$  дефинисан као:

$$L_{eg} = 10 \log \left[ \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n f_i 10^{0.1 L_i} \right] \quad (1)$$

Где је:

$f_i$  – проценат времена трајања буке у границама око нивоа  $L_i$

$n$  – број тих класа  $i < n$

Знатно поједностављује и одређује везом:

$$L_{eg} = L_{50} + 0.11 \sigma^2 \quad (2)$$

Где је:

$L_{50}$  – средњи ниво буке

$\sigma$  – стандардно одступање од  $L_{50}$

Слично важи и за остале поменуте параметре за процену саобраћајне буке, као и за појединачно возило.

Бука путничких и теретних возила је резултат рада бројних сложених система и склопова, који се могу сврстати у више извора. Основни је механичке природе, тј. бука потиче од кретања унутрашњих и спољашњих саставних делова мотора у процесима усисавања, сагоревања и издувавања остатака смеше горива и ваздуха. Не мање важни извори буке су трансмисија, каросерија и пнеуматици возила. Оба извора емитују повећану укупну буку, независно од конструкције возила или положаја мотора (напред или позади), разлике у снази мотора, трансмисији или опреми.

## 3. САОБРАЋАЈНИ ТОК КАО ИЗВОР БУКЕ

Под буком саобраћајног тока подразумева се збира емисија појединачних возила у колони. Већ овако дата дефиниција указује на сложеност долажења до адекватног звучног нивоа самог тока, јер полази од стално променљиве буке једног возила у још променљивијим условима саобраћаја на физички стабилним елементима уличне мреже и окружења. Те чињенице, уклопљене у сам феномен буке, садржане су у два основна начина за рачунање буке саобраћајног тока.

Проток и брзина возила су најважнији параметри тока за емисију буке. Сва истраживања, започета физичким релацијама простирања звука, потврђују како појединачне тако и њихове међусобне утицаје. Као што је речено, прво се посматра једно возило као извор буке са својом снагом и интензитетом, а креће се константном брзином на одређеном растојању од средине саобраћајнице. Еквивалентни ниво буке тада износи:

$$L_{eg} = 10 \log \frac{P}{I_0 T 2rV} [dB (A)] \quad (3)$$

Где је:

$P$  – снага звучног извора,

$I_0$  - интензитет звучног извора,

$T$  – интервал времена проласка возила,

$r$  – растојање од извора до примаоца звука,

$V$  – константна брзина.

Даљи поступак уводи у прорачун  $n$ -возила, а колона се третира као извор цилиндричних, односно сферних таласа, чији интензитет опада са растојањем по физичким законима.

Мерење нивоа емитоване буке одређених категорија возила у зависности од брзине, дошло се до закључка да је су разлике знатне. Највећа бука је при константној брзини од 20 km/h (најчешћој и у отежаним условима саобраћа на мрежи) – у односу на аутомобил, теретна возила до 7.5 тона су бучнија за 7 dB (A), а тешка теретна за 13 dB (A), што су донекле, и ранија испитивања о релативном осећају буке и констатовала.

Наглашена сложеност феномена буке саобраћајног тока види се и по томе што су неке од значајних особености тока већ инкорпориране у утицајем самим његових стања возила и индивидуално понашање возача. Непотребно је наглашавати да свака од ових особености утиче на емисију буке тока али да, као више објективни него субјективни разлози често не подлежу контроли.

#### **4. УОПШТЕНО О АКУСТИЧКИМ КАМЕРАМА**

Акустичка камера била је први комерцијално одржив систем који је користио обликовање снопа за визуелну локализацију звучних емисија. Изведена на тржиште 2001. године акустичка камера је заузела тржишта широм света за бројне примене у различитим индустријама. Омогућава мерења у блиском и далеком пољу помоћу интензитета, холографије или обликовања сигнала. Без обзира да ли се користи за биотехнолошке примене за мерење инсеката или за мерење великих

индустријских постројења - нема ограничења у погледу величине мерних објеката.

Оригинална акустичка камера је систем развијен у Берлину. Садржи низ микрофона, хардвер за мерења и софтвер за анализу и процену који се могу проширити различитим додацима. Компоненте су потпуно интегрисане и покривају читав процес од мерења до анализе и процене.

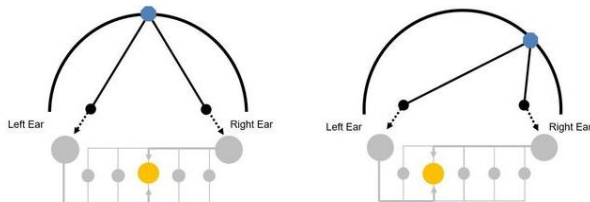
##### *Beamforming техника*

Међу техникама за анализу интензитета звука, снаге звука и опсега фреквенција, они за локализацију звука су добили највећи значај. Све методе требају ефикасан тим микрофонског низа, хардвера и софтвера за прикупљање података користећи алгоритме за обраду сигнала. Технике се базирају на мерењу нивоа звучног притиска или интензитета звука. Начин избора зависи од примене као и од потребних информација.

За већину анализа извора звука beamforming је погодна техника која пружа процену слика засновану на нивоу звучног притиска. За мерења у близини поља изабрана је метода акустичке холографије у близини. Ако је циљ независност од позадинске буке, мерење на врло ниским фреквенцијама и на малим растојањима, најприкладније је мерење интензитета. За акустичко мапирање на 2Д фотографијама или 3Д моделима, акустичка камера може се поставити помоћу сваке методе, у зависности од појединачне апликације.

Одгађање и збрајање преноса (енг. Delay-and-sum-beamforming) је најпознатија техника локализације звука. Заснована је на следећем принципу: Звуку различитих тачкастих извора потребно је различито време да дођу до микрофона низа. Израчунавањем временских разлика између звучног догађаја и сваког микрофона низа одређују се смер и јачина извора звука. Израчунати звучни притисак се затим пресликава на оптичку слику мерног објекта помоћу NoiseImage. На овај начин

се емисије звука могу анализирати у контексту њиховог порекла и узимајући у обзир стварност. Примењени алгоритми узимају у обзир и најважније психоакустичке параметре попут гласноће, оштрине и храпавости.



Слика 1. Техника одгађања и збрајања преноса (енг. Delay-And-Sum-Beamforming)

Одгађање и збрајање преноса (енг. Delay-And-Sum-Beamforming) у домену фреквенције омогућава акустичку процену путем фреквенцијских домена. У акустици се периодични временски сигнали описују њиховим спектрима у фреквенцијском домену. Спектар и спектрограм показују различите фреквенције од којих се састоји сигнал. Да би се континуирани апериодични сигнали претворили у континуирани спектар, треба применити Фуријеову трансформацију. Трансформацијом сигнала могућ је прелаз од временског до фреквенцијског домена, а спектар и спектрограм се могу израчунати у NoiseImage.

Настале акустичке фотографије и видео снимци у 2Д и 3Д моделу пружају моћно средство за анализу звука, смањење буке и управљање квалитетом.

У зависности од примене користе се различити низови микрофона, различитих величина, геометрије и броја микрофона. У зависности од примене користе се различити низови микрофона, различитих величина, геометрије и броја микрофона.

#### Прстенасти облик

Овај тип је погодан за различите 2Д примене - изнутра и споља. У зависности од сценарија мерења, низ се може састојати од 32 микрофонских канала, нпр. за мерења у акустичким лабораторијама,

до 72 микрофонских канала, на пример, за мерења на слободном терену или велике предмете.

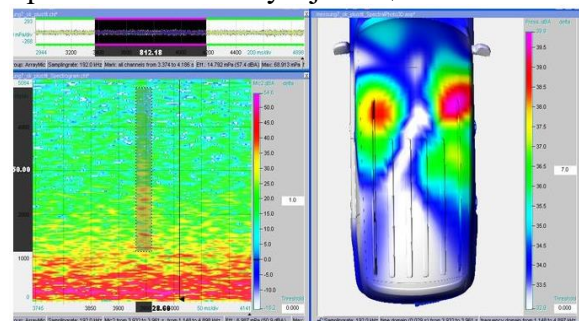
#### Звездасти облик

Овај микрофонски низ је најбољи избор за мерне објекте који се налазе на удаљености од 7 - 300 m.

### 4.1. АКУСТИЧНЕ КАМЕРА ЗА МЕРЕЊЕ БУКЕ У УНУТРАШЊОСТИ ВОЗИЛА

За извођење тестова, сферни низ и снимач података смештени су у кабину, а мобилни извор напајања постављен је у пртљажнику. По завршетку постављања, извршена су мерења током вожње на путу. Након тога, САД модели аутомобила из базе података су интегрисани у податке о каналима и свака кабина је анализирана тродимензионално користећи софтвер NoiseImage.

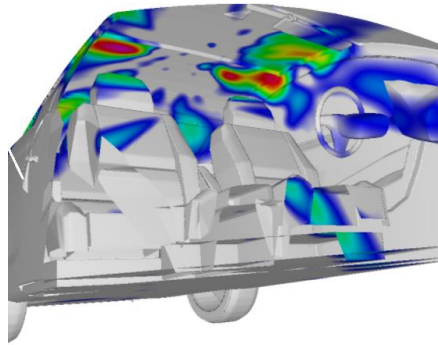
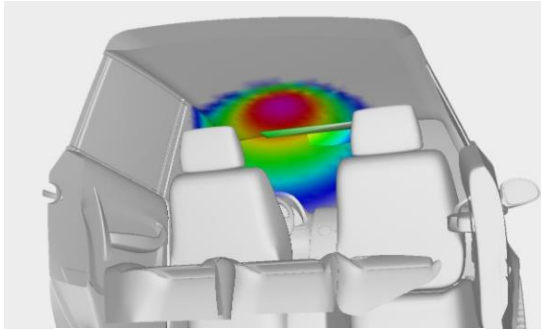
Прво испитивање је изведено на крову аутомобила. Неуобичајена шкрипа налазила се изнад возачког седишта. Предњи део крова емитовао је на врхунцу буку од 68,1 dB (A). Тачна тачка је приказана на слици 2, како је пресликана на САД моделу, тако и изворни извор приказан на поменутој слици.



Слика 2. Пример мерења уочене буке на крову аутомобила

Посебно је корисна тродимензионална анализа шупљина, јер је потребно само једно мерење да покрије сва важна подручја, а овај поступак омогућава локализацију без проблема. Акустичка камера може бити повољан алат за локализацију непознатих извора одмах након што се открије у проблем у акустици аутомобила и решити на брз и поуздан начин.





Слика 4. Примери мерења унутрашње буке возила акустичким камерама

#### 4.2. УПОТРЕБА АКУСТИЧКИХ КАМЕРА У ПРАКСИ

У Едмонтону, у Канади, примењена је четворомесечна шема којом је осам станица за надгледање буке прикључено на семафорима у областима која су била позната по високом нивоу буке због возила. Систем за надзор буке радио је заједно са саобраћајном камером, тако да када се прекорачи унапред одређени праг, камера се активира како би се идентификовала регистарска таблица возила које прекрши прекршај. Изабрани ниво прага био је 85 dB (A) на основу стандарда буке. Извршење би се састојало од кажњавања возила која прекрше прекршаје, међутим, ова функција није коришћена током суђења. Четири станице за надзор буке биле су опремљене дигиталним дисплеј плочама, као што је приказано на слици, које су возачима нумерички приказивале измерене нивое буке чак и ако су биле испод прага нивоа буке. Међутим, постојала је забринутост да ће дисплеји подстаћи возаче да тестирају аутомобиле уместо да возе нормално.



Слика 5. Дигитални дисплеј и акустичка камера

Трошкови пилот пројекта у почетку су процењени на између 50.000 и 100.000 америчких долара, али укупни трошкови ће зависити од трошкова изнајмљивања опреме током четворомесечног периода, међутим, коначни трошкови су много већи.

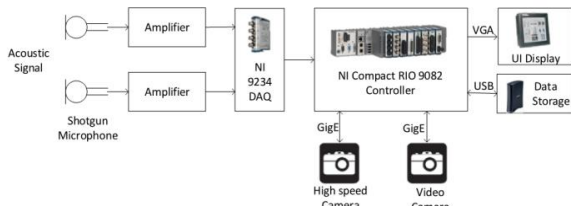
Методологија ИСО 5130 усвојена је у целој Европи и Аустралији, Новом Зеланду и Јапану, пошто је везана за УН регулативе 41 и 51. Сједињене Америчке Државе и Канада користе стандард који је произвело Друштво аутомобилских инжењера, САЕ J 1492, за стационарна испитивања лаких возила. Стандард је сличан ИСО 5130 и укључује његове аспекте у поступак мерења. Слично томе, ИСО 5130 укључује аспекте САЕ J 1492 у своју методологију.

Неколико земаља је испробало употребу камера који мере буку за идентификацију возила за која се сматра да производе прекомерну буку, укључујући Аустралију, Канаду, Сингапур и Уједињене Арапске Емирате. Иако постоје разлике између система, они се углавном састоје од најмање једног микрофона, АНПР-а и видео записа, чији су излази временски обележени како би формирали пакет доказа. Треба напоменути да се ово значајно разликује од осталих система познатих као „акустичке камере“, који користе низ микрофона за изградњу дводимензионалне слике извора буке, понекад прекривене преко видео слике.

У Сингапуру је систем *NoivelCam* развио Технолошки универзитет



Нангианг и тестирао га за идентификацију претерано бучних возила, укључујући она која су нелегално модификована или лоше одржавана. Систем се састоји од два високо усмерена микрофона за пушку за мерење нивоа звучног притиска и снимање звука, АНПР-а и широкоугаоне камере за непрекидно снимање видео записа. Ове компоненте су повезане са контролером за прикупљање и обраду података, као што је приказано на слици 6.



Слика 6. Дијаграм система NoivelCam

Систем локализује возила помоћу два микрофона и може генерисати упозорења ако поједина возила произведу буку која прелази унапред одређени ниво прага. У свакој прилици када се процес прикупљања података покрене прекорачењем прага нивоа буке, снима се извештај који укључује аудио и видео снимке, регистарску таблицу возила и историју времена снимљеног нивоа звучног притиска на микрофонима. Ови извештаји се затим могу даље анализирати како би се потврдило кршење и издале казне у складу с тим. Програмери препоручују употребу ИСО 362 стандарда за испитивање пролазне буке за подешавање граничних нивоа буке за претерано бучне издувне системе.

NoivelCam је тренутно конфигуриран за надгледање једне траке на аутопутевима са више трака у поставкама надземног постављања, као што је приказано на слици 7, иако је откривање више трака у фази израде. Офлајн алгоритми за обраду података идентификују класу возила и филтрирају лажне аларме произведене сметњама буке из суседних трака на аутопутевима.



Слика 7. Примена NoivelCam-а

Испитана је тачност система, утврђено је да је процењени ниво буке на извору унутар  $\pm 0,8$  dB у поређењу са мерењима извора спроведеним мерачем нивоа звука класе 1. Коришћење микрофона са окидачем максимализује фокус на надгледаној траци за сузбијање доприноса извора буке изван траке за најмање 10 dB, а обрада сигнала пружа даљу подршку идентификације извора. У неким случајевима је и даље потребан ручни преглед аудио-визуелне документације да би се идентификовали лажни окидачи.

Испитивање на лицу места показало је да систем пружа довољно информација за процену ситуација у којима возило путује надгледаном траком без конкурентских извора јаке буке на суседним тракама. Међутим, у одређеним случајевима информације нису коначне да би се утврдило да ли возило крши прагове буке, на пример да ли бука из јаког возила (нпр. камиона) на суседној траци утиче на идентификацију извора.

Полиција Абу Дабија развила је камеру за буку, како би се суочила са прекомерном буком произведеном од илегалних модификација аутомобила. Упркос јавности у вези са камерама за буку у Абу Дабију, ниједна техничка информација у вези са технологијом која се користи или постављањем камера за буку није јавно доступна. Међутим, тврди се да се систем састоји од мерача нивоа звука и камере, а саопштења показују да ће се систем појавити као што је приказано на слици 8.



Слика 8. Камера за мерење буке која се користи у Абу Дабију

## 5. ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАЦИ КОРИШЋЕЊА АКУСТИЧКЕ КАМЕРЕ

Када звучна опрема измери ниво звука који је прекорачен и препозна извор (зато мора имати неколико микрофона), возило се фотографише или снима. Ово је почело пре осам година у канадском граду Калгари са пилот пројектом који није настављен јер се резултати звучних мерења не могу користити за спровођење. Ово није зауставило друге: у канадском граду Едмонтону у 2018. години постављено је неколико камера са опремом за снимање звука, поред уређаја за снимање звука који су причвршћени на LED матрицу. Влада регије Брисел још увек расправља о могућности звучних камера за спровођење закона јер је резолуција предложена у марту 2017. У париском предграђу Виленеуве-ле-Рои, у близини аеродрома Парис Орли, први системи су већ инсталирани. Они још увек нису активни, према француском закону и даље се не може на овај начин казнити починилац, али то ће се ускоро променити. Британско министарство транспорта саопштило је да су у Великој Британији постављене акустичке камере као реакција на прекомерну буку возила. Коначно, град Тилбург на југу Холандије разматра акустичке камере против прекомерне буке аутомобила, мотоцикала и четвороточкаша у унутрашњости града.

Стручњаци су помало скептични према овим системима акустичких камера. Прекомерна бука у саобраћају је проблем: није само досадна, то је

здравствено питање. О томе је урађено много истраживања и написано је много студија. Институције попут Светске здравствене организације и Европске уније већ дуго упозоравају и пишу извештаје о опасности од превелике буке и наводе саобраћај као истакнути извор. Такође, познато је и то како мотоцикли могу бити важан извор звука и прекомерне буке. Нарочито када су опремљени илегалним издувним системима са неадекватном редуцијом звука, који су неовлашћено оштећени или још увек легални издувни системи са вентилима који се отварају када су обртаји мотора изван пропусне ширине која се користи за испитивања хомологације, или пак када неки возач не уме да пребаци у виши степен преноса.

Као што је речено, у вези с тим треба нешто учинити и примена акустичких камера је добар начин за почетак, свакако бољи него затварање путева или забрана мотоцикала у градовима током ноћи. Међутим, звук није попут брзине, где је технички прилично једноставно измерити брзину и идентификовати прекршиоца. Постоји добар разлог зашто се садашња статичка мерења звука морају извршити на прецизно описан начин, са фиксним растојањима и угловима између издувних цеви (возила) и микрофона, далеко од зграда и других објеката који могу стварају резонанцу, као што је претходно описано у овом раду. Пример је када све врсте возила пролазе у неколико смерова, где су други извори звука помешани (у случају града Виленеуве-ле-Рои који се налази у Француској, у близини је чак и велики аеродром), где се звук одбија од предмета, где између микрофона и возила се може наћи било шта. Управо из претходно поменутих разлога, пилот пројекат у Калгарију није продужен након 2011. године. Међутим, то се може превазићи данас када се техника даље развија. У неким примерима који су претходно поменути, мере су искључиво или углавном усмерене на мотоцикле. Да

ли је прекомерна бука мотоцикала једина? Зашто се такође не фокусирати на аутомобиле и камионе, којих има много више у односу на мотоцикле?

Поред тога, спровођење закона електронским путем није се показало као ефикасно. Када су упознати са локалном ситуацијом, возачи прилагођавају своје понашање на том месту или одаберу другу руту. Могу се приметити проблеми који су се јављали када су постављене камере за мерење брзине. У овом случају возачи мотоцикала би возили пуним гасом да виде колико буке могу да региструју, што се поред претходно наведеног може јавити као велики проблем.

**Табела 1.** Предности и недостаци акустичких камера

Ставка	
Предности	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Може бити преносив</li> <li>• Може се аутоматизовати</li> <li>• Може се користити за различите распоред путева и саобраћајне услове</li> <li>• Може потенцијално да користи различита ограничења буке за различите класе возила</li> <li>• Ствара снажан пакет доказа</li> <li>• Не захтева присуство полиције</li> </ul>
Недостаци	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Изузетно скупо</li> <li>• Могућа ограничења постављања – потребна сарадња са локалним властима</li> <li>• Потребно је унапред оглашавати локације за надгледање</li> <li>• Захтева од полиције да прегледа пакет доказа пре него што предузме мере</li> <li>• Тешко да ће направити разлику између бучних возила и бучних стилова возње</li> <li>• Потенцијално мање ефикасан на коловозима са више трака и аутопутевима</li> <li>• Тешко изводљиво против возила са страним регистарским таблицама</li> <li>• Софистицирани системи нису у потпуности развијени</li> </ul>
Могућности	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Може се комбиновати са мрежним алатима за извештавање да би се идентификовале одговарајуће локације за инсталирање</li> </ul>
Претње	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Можда ће бити потребно да треће стране инсталирају или преселе систем и / или да предузму одржавање или калибрацију</li> <li>• Систем чува личне податке, тако да би требало да буде шифрован и да испуњава законске захтеве у вези са приватношћу</li> <li>• Потребно је инсталирати на локацијама како би се избегло вандализам или крађа</li> <li>• Возачи модификованих возила користе алтернативне руте да би избегли идентификацију</li> </ul>

## 6. МОГУЋИ ПРАВЦИ РАЗВОЈА КАМЕРА ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЈУ БУКЕ ВОЗИЛА

Иако нису дизајнирани за препознавање гласних возила, два система су доступна агенцијама за спровођење закона које могу имати неку примену у овој области. Ови системи су коришћени за откривање пуцњаве и идентификовање локације стрелца. Технолошке карактеристике система су сличне и ослањају се на импулсивну

природу пушчане ватре, при чему сензори детектују карактеристике пуцњаве - било „пулс“ или надзвучни ударни талас генерисан услед метка који путује ваздухом.

Пример је систем Boomerang III приказан на следећој слици, где се јединица за детекцију састоји од седам малих микрофонских сензора постављених на јарбол са задње стране војног возила, као што је приказано доле. Сваки микрофон детектује звук пуцњаве у нешто различито време. Интерни контролер затим израчунава правац метка, удаљеност изнад тла и домет до стрелца. Ту је и систем приказа који кориснику говори домет стрелца, висину и азимут.



Слика 9. Boomerang III систем за детекцију звука

Како је систем дизајниран посебно за откривање пуцњаве, произвођач је уградио технологију за филтрирање „небалистичких“ догађаја. То би укључивало буку која произлази из возила на којем је постављен јарбол и другу буку око возила (буку околине). Ово би било ограничење у директној примени технологије, међутим овај систем је корисна референца за системе развијене техникама „камере за детекцију буке“.

Други пример је ShotSpotter, дизајниран да утврди локацију ватреног оружја у урбаном окружењу. Низ микрофона постављен је на ступац лампе или на врх зграда или високе структуре. Софтвер филтрира амбијенталну позадинску буку и ослушкује импулсивне звукове карактеристичне за пуцњаву (звани импулси). Ако сензор детектује

пулс, он из таласног облика издваја импулсну карактеристику, као што су оштрина, јачина, трајање и време пропадања. Ако најмање три сензора открију пулс, то се идентификује као пуцањ. Триангулација се користи на основу временске разлике доласка и угла доласка звука за одређивање тачне локације.



Слика 10. ShotSpotter систем

Могуће је разликовати ватру од пуцњава и нормалну буку у заједници постављањем акустичких сензора на велике удаљености тако да само изузетно гласни звукови (попут пушчане ватре) могу доћи до неколико сензора; ова техника филтрирања назива се „просторним филтером“.

## 7. ЗАКЉУЧАК

У односу на друге облике загађивања средине, бука је по свом утицају на квалитет живота врло специфична. Она је по свом дејству тренутна, делује само док траје емисија и не узрокује закасниле ефекте на целокупну средину, попут загађивања ваздуха или воде. Мада не оставља трајне ефекте на околину, често или дуготрајно излагање буци може код човека да изазове пролазне или трајне физиолошке и психолошке поремећаје. Саобраћај представља данас најзначајнији извор буке, који човека готово непрекидно оптерећује. То је угрожавање најизраженије управо у градовима, где је врло тешко избећи скоро стални утицај буке на човека. Бука као врло специфични облик загађивања има ту особина да релативно брзо опада са повећањем удаљености од извора. Проблем буке, последње четири деценије, у целом свету проучавају се веома интензивно.

Акустичка камера била је први комерцијално одржив систем који је користио обликовање снопа за визуелну локализацију звучних емисија. Изведена на тржиште 2001. године акустичка камера је заузела тржишта широм света за бројне примене у различитим индустријама. Омогућава мерења у блиском и далеком пољу помоћу интензитета, холографије или обликовања сигнала. Без обзира да ли се користи за биотехнолошке примене за мерење инсеката или за мерење великих индустријских постројења - нема ограничења у погледу величине мерних објеката. Оригинална акустичка камера је систем развијен у Берлину. Садржи низ микрофона, хардвер за мерења и софтвер за анализу и процену који се могу проширити различитим додацима. Компоненте су потпуно интегрисане и покривају читав процес од мерења до анализе и процене. Међу техникама за анализу интензитета звука, снаге звука и опсега фреквенција, они за локализацију звука су добили највећи значај. Све методе требају ефикасан тим микрофонског низа, хардвера и софтвера за прикупљање података користећи алгоритме за обраду сигнала. Технике се базирају на мерењу нивоа звучног притиска или интензитета звука. Начин избора зависи од примене као и од потребних информација.

Акустичке камере нашле су се у употреби широм света. Када звучна опрема измери ниво звука који је прекорачен и препозна извор (зато мора имати неколико микрофона), возило се фотографише или снима.

Као што је речено, Примена акустичких камера је добар начин за почетак, свакако бољи него затварање путева или забрана мотоцикала у градовима нпр. током ноћи. Међутим, звук није попут брзине, где је технички прилично једноставно измерити брзину и идентификовати прекршиоца. Постоји добар разлог зашто се садашња статичка мерења звука морају извршити на



прецизно описан начин, са фиксним растојањима и угловима између издувних цеви (возила) и микрофон, далеко од зграда и других објеката који могу стварају резонанцу. Међутим, то се може превазићи данас када се техника даље развија.

## 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Berglund B., Lindvall T., Schwela H.D., „Guidelines for Community Noise”, World Health Organization (WHO) document, London, 1999.
- [2] Линк:<http://www.fema-online.eu/website/index.php/2019/09/10/acoustic-cameras/>, Приступљено датума: 05.04.2020.
- [3] Линк: <https://www.acoustic-camera.com/en/applications/vehicle-interior.html>, Приступљено датума: 14.07.2020.
- [4] Stolte E., Photo radar for noise; Electronic displays, cameras being tested in eight spots, Edmonton Journal, 16 08 2018, Линк: <https://edmontonjournal.com/news/local-news/photo-radar-for-noise-electronic-displays-cameras-being-tested-in-eight-spots>, Приступљено датума: 24.08.2020.
- [5] City of Edmonton Council, Vehicle Noise Monitoring Pilot, Линк: [https://www.edmonton.ca/transportation/traffic\\_safety/vehicle-noise-monitoring-pilot.aspx](https://www.edmonton.ca/transportation/traffic_safety/vehicle-noise-monitoring-pilot.aspx), Приступљено датума: 28.08.2020.
- [6] Canada News, Edmonton turns off 4 vehicle noise displays after complaints of stunting, intentional noise, Линк: <https://canada-news.org/edmonton/edmontonturns-off-4-vehicle-noise-displays-after-complaints-of-stunting-intentional-noise/>, Приступљено датума: 28.08.2020.
- [7] Society of Automotive Engineers, “SAE J1492-2008 (R) Measurement of Light Vehicle Stationary Exhaust System Sound Level, Engine Speed Sweep Method,” 2008.
- [8] California Bureau of Automotive Repair, “Vehicle Exhaust Noise Level Certification,” Линк: [https://bar.ca.gov/Consumer/Referee\\_Program/Vehicle\\_Exhaust\\_Noise\\_Level\\_Certification.html](https://bar.ca.gov/Consumer/Referee_Program/Vehicle_Exhaust_Noise_Level_Certification.html), Приступљено датума: 01.09.2020.
- [9] International Organization for Standardization, “ISO 5130:2007 + A1:2012 Measurement of sound pressure level emitted by stationary road vehicles,” ISO, Geneva, 2012.
- [10] Agha A., Gan W., Chong Y, Ang B., A Noisy Vehicle Surveillance Camera (NoivelCam) System, in Internoise 2014, Melbourne, Australia, 2014.
- [11] Altaher N., Noise-measuring radars in Abu Dhabi residential areas soon, Линк: <https://gulfnews.com/uae/transport/noise-measuring-radars-in-abu-dhabi-residentialareas-soon-1.1704485>, Приступљено датума: 20.08.2020.
- [12] Raytheon, Boomerang III, Линк: <https://www.raytheon.com/capabilities/products/boomerang>, Приступљено датума: 28.08.2020.
- [13] ShotSpotter, ShotSpotter Technology, Линк: <https://www.shotspotter.com/technology/>, Приступљено датума: 28.08.2020.
- [14] ShotSpotter, Gunfire Location Detection, Sensor Analysis and Reporting Patents, Линк: <https://www.shotspotter.com/patents/>, Приступљено датума: 28.08.2020.
- [15] Roadside Vehicle Noise Measurement Phase 1 Study Report and Technology Recommendations, Specialist Professional and Technical Services (SPATS) Framework Lot 1, March 2019, Линк: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/805940/roadside-vehicle-noise-measurement-phase-1-study-report-and-technologyrecommendations.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/805940/roadside-vehicle-noise-measurement-phase-1-study-report-and-technologyrecommendations.pdf), Преузето датума: 20.08.2020.

---

Адреса аутора: Бојана Бошковић, Академија струковних студија "ШУМАДИЈА", одсек Трстеник  
е-маил: kosticn83@gmail.com  
Рад примљен: март 2021.  
Рад прихваћен: април 2021.



# ДИТ

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис  
Scientific-profesional journal

Година XXVII, Број 35, април 2021. год.  
Year XXVII, Issue 35, April 2021. 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](mailto:milorad.rancic@diz.org.rs)  
[www.diz.org.rs](http://www.diz.org.rs)



# АУТОНОМНИ СИСТЕМИ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ПОМОЋУ ВЕТРА

## AUTONOMOUS SYSTEMS FOR WIND POWER GENERATION

ГРУЈИЦА ЉУБИСАВЉЕВИЋ<sup>1</sup>  
ИВАНА ТЕРЗИЋ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> "Латифовић" Д.О.О. Крушевац

<sup>2</sup> Академија струковних студија Шумадија, одсек Трстеник

### РЕЗИМЕ

Обновљиви извори енергије су трајни извори и представљају енергетске ресурсе који се користе за производњу електричне или топлотне енергије, односно сваки користан рад чије се резерве константно или циклично обнављају.

Један од тих ресурса, чија се употреба енергије користи веома давно, јесте **ветар**.

**Кључне речи:** ветрогенератор, обновљиви извори енергије, развој

### ABSTRACT

Renewable energy sources are permanent sources and represent energy resources used for the production of electricity or heat, or any useful work whose reserves are constantly or cyclically renewed.

One of those resources, whose use of energy has been used for a long time, is wind.

**Key words:** wind turbine, renewable energy, development

## 1. УВОД

Ветар представља кретање ваздуха од места са вишег према нижем притиску, са тежњом изједначавања ваздушног притиска. Сунце неравномерно загрева површину Земље, чиме су изазване разлике у температури, самим тим и неједнакост ваздушног притиска (у атмосфери), доводећи до кретања ваздушних маса унутар атмосфере Земље и појаве хоризонталних и вертикалних струјања.

Хоризонтална ваздушна струјања зову се *ветар*, вертикална ваздушна струјања зову се *успон* или *ниспон*, у зависности од правца струјања.

## 2. КАРАКТЕРИСТИКЕ ВЕТРА

Основни појмови ветра су:

- **Правац ветра** – обележава се оном страном одакле се ветар креће (северни, јужни,..) и одређује се преко показивача смера ветра;
- **Брзина ветра** – мери се мерним уређајима (анемометрима) у јединицама *m/s*, *km/h*, чворовима,..;
- **Јачина ветра** – представља силу којом ветар делује на поједине предмете или објекте у природи, и одређује се према Босфоровој скали (слика 1).



БОФОРОВА СКАЛА		Јачине ветра		опис појаве код таквог ветра
Брзина ветра m/s	Брзина ветра km/h	Брзина ветра m/s	Брзина ветра km/h	
0	Ташина	0-02	<1	Потпуно тихо - дим се уздиже усправно
1	Ветрић Лак повисерац	0,3-1,5	1-5	Правци ветра примећују се само по кретању дима или по показивању смера ветра (ветрокази)
2	Врло слаб ветар	1,6-3,3	6-11	Осјећа се на лицу, окреће лампу заставе, помера показивач смера ветра (ветроказ)
3	Слаб ветар	3,4-5,4	12-19	Листе и травице у непрекидном кретању.
4	Умерен ветар	5,5-7,9	20-28	Подноје прашину и парчиће травица са земље, окреће травице и травице.
5	Умерено јак ветар	8,0-10,7	29-38	Мале листовито дрвце почињу да се клати, баца таласе на стојаћим водама.
6	Јак ветар	10,8-13,8	39-49	Покреће велике гране
7	Веома јак ветар	13,9-17,1	50-61	Луњају се цела стабла, кретање у супротном правцу ветра је отечено.
8	Олујни ветар	17,2-20,7	62-74	Листе се уздижу на дрвету, знатно откожава вод на слободним простору.
9	Олуја	20,8-24,4	75-78	Проурурије мања оштећења на кућана, руци се димљаци и падују шестови са кровова.
10	Јака олуја	24,5-28,4	89-102	Листи дрвце или га чупа са кореном.
11	Олуја слична орану	28,5-32,6	103-117	Проурурије већа оштећења и руши кровове.
12	Оркан	32,7-38,9	118-133	Има уништавајуће дејство.

Слика 1. Бофорова скала са шематским приказом сталних ветрова и ружом ветрова у Београду од 1988. до 2014. године

Класа храпавости и дужина храпавости за различите терене				
Класа храпавости	Адреса	површина	опис терена	Z <sub>0</sub> (m)
0	1	Море	Отворено море	0,0002
I	2	Глатка	Равне пешчаре; снег; ниска вегетација без препрека	0,005
II	3	Отворена	Равни терени; травањаци са неколико изолованих препрека	0,03
III	4	Отворена храпава	Ниски усеви; раштркане високе преграде	0,1
IV	5	Храпава	Високи усеви; раштркане високе преграде	0,25
III	6	Веома храпава	Вањњаци; жбуње; бројне преграде	0,5
III	7	Затворена уређена	Терен са високим уређеним (једноликим) препрекама (предградња, шуме)	1
IV	8	Неуређена	Градска насеља са високим и ниским грађевинама	>2

Слика 2. Храпавост површине и њен утицај на ветар

Брзина ветра  $v_{b,0}$  је фундаментална вредност основне брзине ветра која се дефинише као десетоминутна средња брзина ветра независна од правца ветра и годишњег доба, измерена на 10m изнад нивоа тла друге категорије – класе храпавости 3 (на отвореном земљаном терену са ниском вегетацијом, као што је терен покривен травама са изолованим препрекама које су раздвојене за најмање 20 висина препреке).

Основна брзина ветра  $v_b$  је дефинисана једначином 1:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \quad (1)$$

где су:

$c_{dir}$  - коефицијент правца ветра за различите правце (на основу SRPS EN 1991-1-4/NA2017, препоручена вредност 1,0);

$c_{season}$  - коефицијент сезонског деловања ветра (на основу SRPS EN 1991-1-4/NA2017, препоручена вредност 1,0).

Средња брзина ветра  $v_{m(z)}$  на висини (z) изнад терена зависи од храпавости и топографије терена, као и од основне брзине ветра  $v_b$  (2):

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} \cdot c_{0(z)} \cdot v_b \quad (2)$$

где су:

$c_{0(z)}$  - кофицијент топографије, који се усваја као 1,0 уколико није другачије одређено;

$c_{r(z)}$  - коефицијент храпавости, узима се у обзир због промене средње брзине ветра на локацији конструкције услед висине изнад нивоа и храпавости тла на терену.

Снага ветра се одређује преко следећег обрасца (3):

$$P_V = \frac{1}{2} \rho \cdot Q \cdot v^2 \quad (W) \quad (3)$$

где су:

$\rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)$  - густина ваздуха, усваја се да је константна и приближно износи 1,25  $kg/m^3$ ;

$Q \left( \frac{m^3}{s} \right)$  - запремински проток, код турбина се може изразити као производ површине ротора  $A(m^2)$  и брзине струјања ваздуха  $w(m/s)$ ;

$v \left( \frac{m}{s} \right)$  - брзина ветра испред турбине.

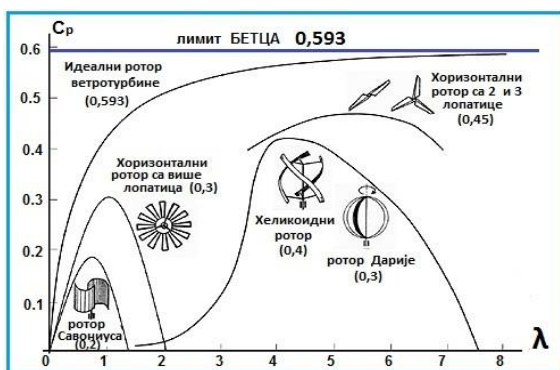
На слици 3 представљена је просечна годишња снага ветра.



Слика 3. Просечна годишња снага ветра на висини 100m у Србији

### 3. ВЕТРОГЕНЕРАТОРИ

Ветрогенератори – електране на ветар, су уређаји за трансформацију кинетичке енергије струјања ветра (обновљивог извора енергије) ветротурбинама у којима се трансформише у механичку енергију окретања ротора а затим преко електричних генератора у електричну енергију. Ветар представља еколошки извор енергије и значајан ресурс у производњи енергије чији глобални потенцијал вишеструко превазилази потребе. Спада у неограничене изворе енергије и ствара више енергије него што је свету потребно (слика 4).



Слика 4. Коefицијент искоришћења енергије ветра, ветротурбинама по Бетцу;  $\lambda$ -однос линеарне брзине лопатица ветрогенератора и брзине ветра;  $C_p$ -коefицијент искоришћења енергије ветра са ветрогенератором

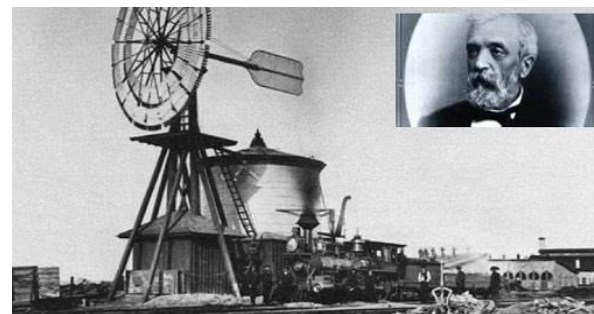
Сведоци смо развоја науке и технологије, појаве веома ефикасних технологија, а истовремено у пољу енергетике можемо уочити парадоксалну тенденцију повратка древној технологији коришћења енергије ветра.

Постоји објашњење за овај парадокс. Почетком 21. века друштво се суочило са проблемом ограничених необновљивих фосилних извора енергије, чијим коришћењем долази до великих загађења животне средине, повећања температуре околине па самим тим и до поремећаја у природи. Према томе веома убрзано се традиционални извори енергије замењују обновљивим, еколошки прихватљивим изворима енергије, укључујући и енергију ветра.

Ово је још један пример историје која је направила скоро пун круг и вратила се на почетак.

#### 3.1. ИСТОРИЈА ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

1853. године амерички механичар Данијел Халадеј, је поред побољшања млинских точкова увео и новину у раду ветротурбине, био је пионир у овој области. Ветроурбина се састојала из 8 лопатица у облику весла поређаних у једном кругу, на хоризонталној осовини, док уз помоћ додатног хоризонталног крила, лопатице ветротурбине су увек биле у смеру ветра. То је прва конструкција код које се вршило усмеравање ветротурбине у правцу ветра (слика 5).



Слика 5. Прва усмеравајућа ветротурбина – ветрењача млин механичара Данијела Халадеја 1853. год.

Открићем електромотора и електричног генератора у 19. веку, започето је извођење експеримената претварања механичке енергије (ветротурбине) у електричну енергију, самим тим и производња електричне енергије и настанак ветрогенератора.

Први ветрогенератор за производњу електричне енергије са ветротурбином у вертикалном осовинском извођењу изумео је и направио 1887. године у Шкотској, у Глазгову, професор Џемс Блајт (James Blyth) (слика 6).



Слика 6. Први ветрогенератор са вертикалном турбином Џемс Блајта

Непосредно после тога 1887.-1888. године у Квивленду САД, Чарлс Бруш (Charles Brush) је направио први ветрогенератор са ветротурбином, са хоризонталном осовином и аутоматским управљањем, за производњу електричне енергије снаге 12 KW. Пречник ротора износио је 17m и састојао се из 144 лопатице (слика 7).



Слика 7. Први ветрогенератор са хоризонталном турбином Чарлс Браша

1891.-1901. године у Данској физичар Паул Ла Кур дизајнирао је и изградио ветрогенератор са ветротурбином у хоризонталном извођењу ротора, чији је капацитет производње електричне енергије износио до 25 KW, која је коришћена 1895. године за осветљавање села Асков. Његов ветрогенератор са хоризонталним ротором се сматра првом модерном електричном ветротурбином (слика 8).



Слика 8. Ветрогенератор са хоризонталном осовином Паул Ла Кура

### 3.2. ПОДЕЛА ЕЛЕКТРАНА НА ВЕТАР (ВЕТРОГЕНЕРАТОРА)

Основна подела ветрогенератора према положају ветротурбине (осовине и ротора турбине) у односу на површину земље је на:

- Ветрогенераторе са вертикалним извођењем (радијални) – осовина ротора турбине и ротор турбине постављени су вертикално у односу на површину земље;
- Ветрогенераторе са хоризонталним извођењем (аксијални) – осовина ротора турбине и ротор турбине постављени су хоризонтално и паралелно у односу на површину земље.
- Ветрогенераторе специјалних изведби

Свака од наведених група даље се дели на:

I. Према броју лопатица / крила (Хоризонтални ветрогенератори):

- Једнокрилне;



- Двокрилне;
- Трокрилне;
- Вишекрилне.

**II.** Према промени нагиба лопатица у току рада (Хоризонтални ветрогенератори):

- Без активне промене нагиба лопатица током рада;
- Са активном променом нагиба лопатица током рада.

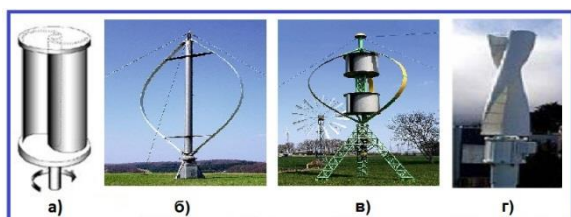
**III.** Према типу материјала за израду лопатице – једра

**IV.** Према типу лопатице (Вертикални ветрогенератори):

- Обичне са аеродинамичним пресеком лопатица;
- Обичне без аеродинамичног пресека лопатица;
- Савонијус турбине;
- Даријус турбине;
- Комбиноване Савонијус – Даријус турбине;
- Ортогоналне.

### 3.3. ВЕТРОГЕНЕРАТОРИ СА ВЕРТИКАЛНИМ ИЗВОЂЕЊЕМ (РАДИЈАЛНИ)

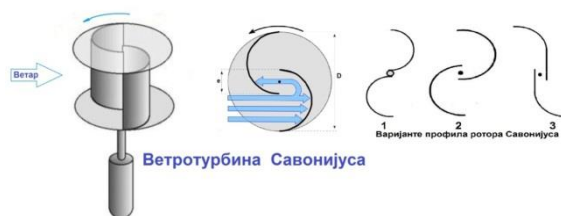
Најстарији типови ветротурбина су вертикалне ветротурбине и појавиле су се према записима 500 година пре нове ере као Персијски механизам за вађење воде и млевење зрна „Панемоне“. Постоји много конструкцијских решења ових ветротурбина са аспекта типова и облика вертикалних лопатица и њиховог начина постављања. Једна од најчешће коришћених подела по типовима конструкције вертикалних турбина је показана у класификацији 3.2 (слика 9).



Слика 9. Типови конструкција вертикалних турбина – ветрогенератора са роторима Савонијуса, Дарија, комбинованим Савонијуса–Дарија и модификације ротора Савонијуса–Виндсаит;

#### 3.3.а. Ветротурбина са ротором Савонијуса (С.Ж. Савониус, Финска, 1922. год.)

Ротор ове турбине је у облику слова „S“ (слика 9.а и 10). Почетна брзина овог ротора је  $1,5 \text{ m/s}$ , омогућава рад при веома широком спектру ветрова, низак ниво буке, малу површину уградње и ради у било ком смеру ветра, али се одликује малом аеродинамичном ефикасношћу (не више од  $400 \text{ o/min}$ ). Конструкција омогућава управљање обртним моментом турбине променом броја и величине лопатица и растојања до центра масе, а не висине торња. По закону Бетца максимална ефективност је 0,2. Постављањем две такве турбине, једне изнад друге, појачава се максимална ефикасност.



Слика 10. Ветротурбина Савонијуса

#### 3.3.б. Ветротурбина са ротором Дарија (Ж. Ж.-М. Дарриус, Франција, 1931 год.)

Даријус роторска ветротурбина је врста турбине ниског притиска са вертикалном осом ротације и има две или три лопатице у облику равне траке (слика 9.б и 11). Одликује се ниском ценом, али њихова ефикасност није највећа. Мана јој је немогућност започињања обраћања при равномерном ветру а доживљава и снажне трзаје приликом рада, те захтева веома добро укрућивање са траверзама.



Слика 11. Ветрогенератор са вертикалним ротором Дарије

Почетна брзина ветра је  $3 \text{ m/s}$  а по закону Бетца максимална ефикасност је 0,3. Аеродинамички принципи по којима се окреће ротор, еквивалентни су онима у хеликоптерима, у ауторотацији.

### 3.3.в. Ветрогенератор са комбинованим ротором Савонијуса – Дарија

Комбинација код ове врсте ветротурбине огледа се у томе да је у ротору Даријус ветротурбине додат и ротор Савонијус турбине чији је основни задатак лако покретање, приликом равномерног ветра, ротора Даријус ветротурбине као и рад при мањим брзинама ветра (слика 9.в). По закону Бетца, максимална ефикасност је 0,32.

### 3.3.г. Ветрогенератор са модификацијом ротора Савонијуса - ротором Виндсаита (Р. Њутсиниemi, Финландија, 1979. год.)

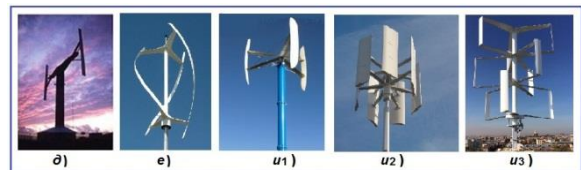
Ротор Виндсаит је модификација ротора Савонијуса чиме је постигнуто мало боље искоришћење енергије ветра и боља максимална ефективност по Бетцу (слика 9.г и 12).



Слика 12. Ветрогенератори са вертикалним ротором Виндсаит модификовани ротор Савонијус

## 3.4. ОРТОГОНАЛНИ ТИП ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

Основна одлика ортогоналних ветрогенератора је вертикална ветротурбина у којој су лопатице распоређене по периферији носећих траверзи на одређеном растојању од осовине и паралелне су њој. Лопатице су постављене под одређеним углом у односу на вертикалу и увек су у смеру ветра без обзира одакле ветар дува. На сликама од 13 до 16 представљена је подела ортогоналних ветрогенератора према конструкцијском типу, облику и броју лопатица у ротору ветротурбине.



Слика 13. Вертикални ветрогенератори са ортогоналним ротором; и) Ветрогенератор са вертикалним ротором и вертикалним лопатицама

### 3.4.д. Ветрогенератор са ротором Масгрова (П. Масгров, Велика Британија, 1975 год.)

Код ротора Масгрова су лопатице са специјалним шаркама постављене на крају траверзе која се окреће. Приликом повећања силе ветра повећава се брзина ротације а самим тим и центрифугална сила која лопатице из вертикалног положаја померају у хоризонтални тако да овом ветрогенератору нису потребне додатне кочнице (слика 13.д и 14).



Слика 14. Ветрогенератор са вертикалним ротором Масгрова

### 3.4.e. Ветрогенератор са хеликоидним ротором Горлова (А. Горлов, США, 2001 год.)

Хеликоидна ветротурбина Горлова може се рећи да је усавршена ветротурбина Даријуса (слике 13. и 15). Дариусове турбине су имале лопатице, чији је руб био фиксиран паралелно са осом ротације турбине. Горлов је исправио Даријеву грешку: променио је угао лопатица и дао им закривљени облик. Ове наизглед мале промене у дизајну значајно су смањиле вибрације. Профил лопатица Горлове ветротурбине је сличан аеродинамичном профилу авионског крила Боинг 727. Благо „увијање“ лопатица не само да је елиминисало вибрације, већ је ветротурбину учинило најефикаснијом данас.



Слика 15. Ветрогенератор са хеликоидним ротором Горлова

Почетна брзина ветра је  $3 \text{ m/s}$  а по закону Бетца максимална ефективност је 0,4.

### 3.4.и. ВЕТРОТУРБИНА СА ВЕРТИКАЛНИМ РОТОРОМ И ЛОПАТИЦАМА

Ветрогенератор са вертикалним ротором и вертикалним лопатицама, може се рећи, да су најчешће коришћени за ветрогенераторе снаге до  $10 \text{ KW}$ . Једноставне су конструкције и са могућношћу монтаже на висини од  $1,5 \text{ m}$ , и више од нивоа Земље. Ротори таквих турбина, у већини случајева, су

опремљени аеродинамичним лопатицама постављеним на одређеном растојању од осовине ротора, на крају траверза балансираних по начину поставке. Веза ротора са генератором је најчешће директна, чиме се постиже да је брзина ротора уједно и брзина генератора. Ротори су опремљени са три или више лопатица који се постављају у два или више нивоа на истој осовини (слика 13.и).

Опште карактеристике вертикалних ветротурбина су следеће:

#### 1. Позитивне особине ортогоналних ветрогенератора:

1. Подразумевају не прилично високу ефикасност, при великим димензијама у поређењу са хоризонтално - аксијалним уређајима, за исте снаге;
2. Независни су од смера ветра;
3. За разлику од ветрогенератора са хоризонталном осом, имају само једну осу ротације, дакле дужи радни век;
4. Монтирају се на довољно малој висини: на фундаменту или стубу и не захтевају посебне алате за одржавање, а самим тим и безбедније су;
5. Због вертикалне конструкције ротора ветротурбине погонски механизам се може поставити на ниво тла. Сви важни покретни делови налазе се на дну генератора, што омогућава погодно одржавање;
6. Због могућности стварања конструкције са неколико тачака ослонаца, вертикалне ветротурбине могу радити и на већем максимуму брзина ветра;
7. Већа отпорност ка силнијим ефектима ветра;
8. Због једноставне конструкције могуће је и самостално направити овакве ветрогенераторе.

## II. Негативне особине ортогоналних ветрогенератора:

1. Ниска ефикасност рада у поређењу са хоризонталном, коефицијент искоришћења енергије ветра по Бетцу креће се до 0.4;
2. Гломазна конструкција. Најлакше вертикалне ветрењаче теже најмање 300 kg са постољем;
3. Висок ниво вибрација и нагле промене у режимима ротације стварају велико оптерећење на лежајевима, доприносећи брзом отказу покретних делова и склопова;
4. Производе се за мале снаге и више су намењене домаћинствима, фармама и мањим фирмама.

### 3.5.к. Многолопатасте ветротурбине

У ову категорију ортогоналних ветротурбина са многолопатастим ротором спадају две врсте ветротурбина чије су лопатице поређане у виду бубња на периферији, и то (слика 16):

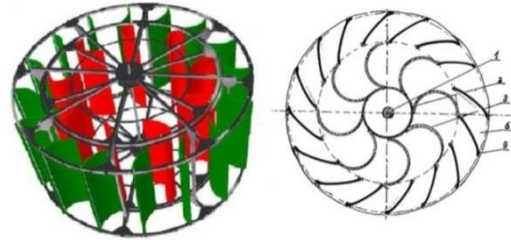


Слика 16. Вертикални ветрогенератори са ортогоналним многолопатастим ротором

**к-1. Ортогоналне ветротурбине са многолопатастим ротором** код којих се ротор са лопатицама распоређеним по периферији окреће под дејством ветра

**к-2. Ортогоналне ветротурбине са многолопатастим ротором** код којих постоје два пара вертикалних лопатица распоређених по периферији у два кружна реда. Први спољни ред лопатица је непокретан и оне су постављене под одређеним углом. Њихов задатак је да „хватају“ ветар и да под одређеним оптималним углом, повећавајући му при том брзину протока, упуте струјање ветра ка унутрашњем реду лопатица, које се

окрећу. Такође, оне штите ветротурбину, односно покретно радно коло ветротурбине - ротор од птица и неповољних прилика (снега, града итд.), (слика 17).



Слика 17. Ветрогенератор са многолопатастим ротором

Конструкција овакве ветротурбине условљава да њен погон буде изазван и приликом мале брзине ветра (од  $2m/s$ ). Њена називна снага постиже се већ са брзином ветра од само  $3m/s$ , а ефикасност по закону Бетца је 0,3 док специјални типови иду и до 0,4. Мана им је доста скупа и сложена израда.

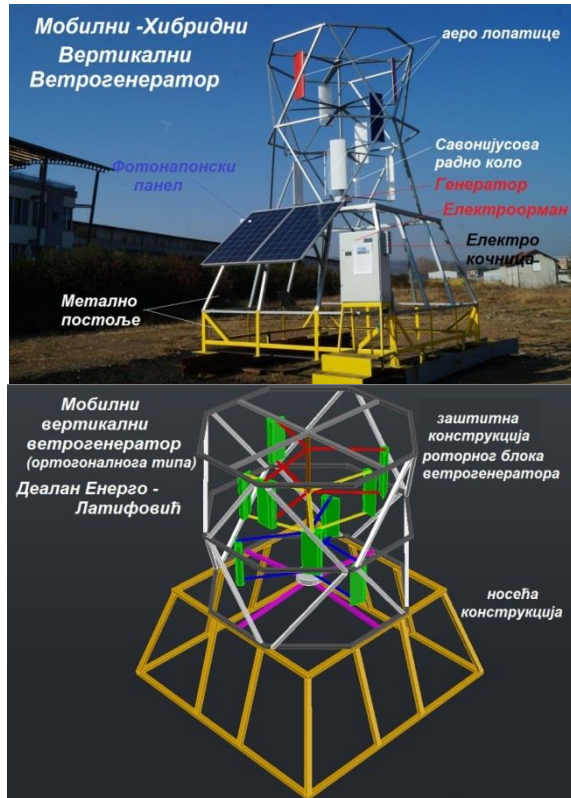
## 4. МОБИЛНИ ХИБРИДНИ ВЕРТИКАЛНИ ВЕТРОГЕНЕРАТОР ОРТОГОНАЛНОГ ТИПА

У овом делу рада реч је о једном савременом систему преносног типа за производњу електричне енергије користећи енергију ветра. – **Мобилном вертикалном ветрогенератору ортогоналног типа**

Сам уређај је пројектован, разрађен и испитан у Русији (у аеро-динамичком тунелу) са веома много техничких иновација у циљу постизања што веће ефикасности рада и мањих губитака енергије, као и коришћење свих



постигнутих решења. Представља нови производ који је радно проверен и у веома тешким климатским зонама. Опремљен је низом новина – научно техничко технолошких решења патентираних и заштићених (слика 18).



Слика 18. Мобилни хибридни вертикални ветрогенератор

**Мобилна** због своје мале тежине и компатибилности, може се преносити и монтирати свуда чак и на крову равних зграда без израде фундаманата од бетона (нормално уземљење је неопходно) са различитим висинама постоља у зависности од терена и поштовања храпавости терена. Место на коме се поставља не сме бити заклоњено од ветра а њен ротор ветрогенератора треба да буде изнад окружних кровова свих објеката у околини поштујући прописе кретања ветра са препрекама.

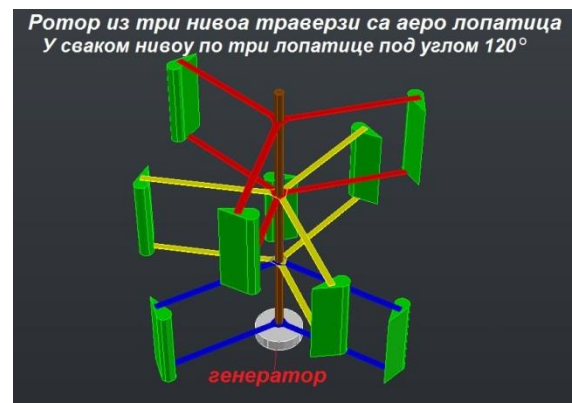
**Хибридна** јер поред ветрогенератора поседује и фотонапонски панел као и могућност рад и са другим системима за добијање електричне енергије.

Мобилни хибридни ветрогенератор – мобила хибридна електрана на ветар састоји се из:

- 1. Ротора ветрогенератора** (базни блок), који се састоји из (слике 19, 20 и 21):
  - Осовине ротора са траверзама;
  - Лопатица;
  - Ротора Савонијуса;
  - Генератора.



Слика 19. Монтажа роторнога блока ветрогенератора



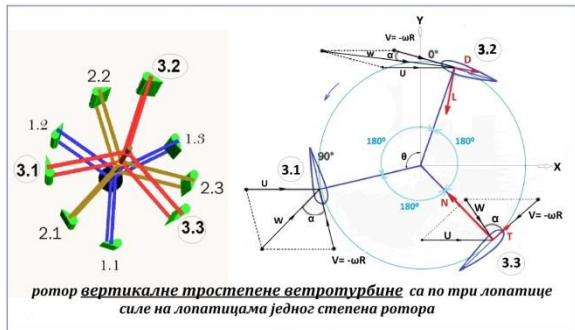
Слика 20. 3D приказ вертикалног ротора ветрогенератора

- Осовина ротора са траверзама (носачима лопатица), са горњим и доњим за сваки носач, конструисана је за три нивоа са по три лопатице, које су постављене под углом од  $120^\circ$  у једној равни једног нивоа;
- Лопатице имају облик авионског крила израђене су од специјалног алуминијума са ојачањима у виду



ребара. Постављене су под специјално одабраним углом на траверзама, који је добијен прорачунима и испитивањима. У случају орданских ветрова са брзинама преко  $45 \text{ m/s}$  почињу да ротирају око своје осе унутар траверзи.

- Ротор Савонијуса израђен је од фибергласа, који је уграђен у првом нивоу ротора ветротурбине, непосредно уз сам генератор. На тај начин обезбеђен је старт ветротурбине и при веома малим брзинама ветра.



Слика 21. 3D приказ вертикалног ротора ветрогенератора и силе које делују на лопатице у једно од нивоа ротора

- Генератор – синхрони трофазни спороходни (са малим бројем обртаја од 210 до  $240 \text{ o/min}$ ) директно је повезан са осовином ротора ветротурбине (direct-drive) Његове димензије су јако мале у односу на снагу коју даје (слика 22).



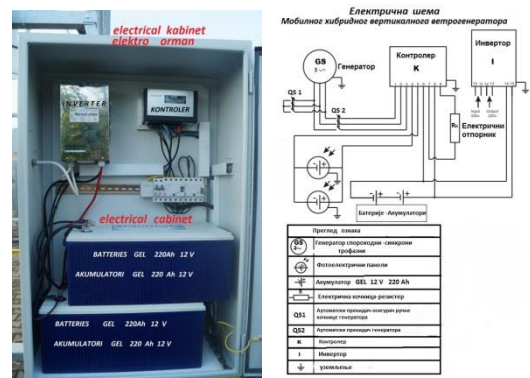
Слика 22. Генератор трофазни спороходни синхрони са малим бројем обртаја

## 2. Метална поцинкована заштита ротора ветрогенератора;

3. **Подконструкције** – (носач базног блока са носачем соларних фотонапонских панела) поцинкованих челичних профила, минималне висине од  $1,8 \text{ m}$ .

4. **Соларних фотонапонских панела** (поликристални или монокристални) снаге  $250 - 300 \text{ W}$  и радног напона  $24 \text{ V}$ . Њихова количина зависи од спољних фактора односно односа енергије ветра и сунца на месту на коме се налази станица. Панели су уоквирени алумнијумским рамовима са изведеним кабловима за везу иза панела.

5. **Електроормана** са електронском опремом (електроорман је израђен по свим прописима за спољну употребу у класи IP 65 (слика 23)) и у њему се налазе:



Слика 23. Електроорман са опремом и шемом

- **Контролер** – компјутерски електронски уређај за контролу пуњења акумулаторских батерија из ветрогенератора и фотонапонских соларних панела, у питању су две врсте струја (трофазна наизменична и једосмерна). Он претвара напон за пуњење у једносмерни напон  $24$  или  $48 \text{ V}$ , контролише рад пуњења, и управља рад генератора - преко отпорника врши кочење генератора при већим брзинама ветра. Омогућује повезивање и других уређаја за производњу

електричне енергије и њихов синхрони рад. На себи има дисплеј на коме се у сваком тренутку могу видети сви подаци о раду система (слика 24).



Слика 24. Дисплеј контролера

- **Електрични отпорник** поставља се на спољашњој страни електроормана, због хлађења и служи за електромагнетно кочење генератора и држања истога у систему спороходног рада .
- **Акумулаторне батерије** су акумулатори напуњени са GEL напона 12 V и веома великих капацитета од 220 -250 Ah, везују се у систему 24 или 48 V, и служе за смештај неискоришћене а створене електроенергије. Тежина једног акумулатора креће се од 58 - 65 kg.
- **Инвертор** претвара једносмерни напон 24 или 48 V у чисто синусни наизменични напона 220-240 V 50Hz. На њему се налази и допунски вод за везу са спољним извором електроенергије. На себи поседује и дисплеј на коме се у сваком тренутку могу видети количина енергије, напон и фреквенца. Они могу бити израђени у систему:
- **ON-Grid** (систем повезан на спољну мрежу, утиче на смањење трошкова потрошње спољне електроенергије из мреже и рационализација исте)
- **Off-Grid** (систем ради без спољне мреже - тамо где она и не постоји и производи електричну енергију од ветра и сунца). На себи има дисплеј на коме се у сваком

тренутку могу видети сви подаци о раду система (слика 25).

Техничке карактеристике :		
1.	номинална снага	2 KW
2.	генератор синхрони спороходи номиналне снаге	2 KW
3.	излазни напон	240 V ± 10/50 Hz
4.	радни дијапазон ветра	3-12 m/s
5.	максимална допустима брзина ветра	24 m/s
6.	прорачунска брзина ветра при пуној снази	10 m/s
7.	система оријентације лопатица	вертикална
8.	пречник ротора турбине са лопатицама	2,3 m
9.	висина ротора са лопатицама	2,7 m
10.	број лопатица (тростепени систем 3x 3 )	9 kom
11.	висина постоља челичне конструкције	1,8 m
12.	дужина и ширина постоља	3,5 m
13.	укупна тежина комплетне електране	700 kg
14.	Фотоелектрични панели ( 250 W -24 V )	2 kom
15.	Електро орман	1 + 1
16.	контролер пуњења и регулисања рада генератора	1
17.	инвертер (номиналне снаге KW )	1
18.	отпорник за кочење генератора од већег ветра	1
19.	акумулатори (са GEL 220 Ah 12 V )	2 kom

Слика 25. Техничке карактеристике мобилног хибридног вертикалног ветрогенератора од 2KW

## 5. ЗАКЉУЧАК

Као што се види из приложеног материјала, ова мобилна хибридна електрана на ветар или вертикални ветрогенератор мобилног хибридног типа са ортогоналним ротором је веома компактна конструкција са веома dobrim техничким карактеристикама захваљујући студиозном прилазу и многим иновацијама уграђеним на њој. Њен рад започиње са веома малим брзинама ветра већ са 2,5 m/s, док максималну снагу постиже при брзини ветра од 10 m/s Преласком брзине ветра преко 15 m/s укључује се електронска кочница, а при брзини од 25 m/s генератор се аутоматски искључује. Конструисана је тако да издржава брзине ветра и до 60 m/s. Погодна је за рад при било ком смеру ветра, такође није бучна због веома мале линеарне брзине лопатица. Ове карактеристике указују на еколошку прихватљивост.

Овакав тип ветроелектране показао се ефикасно у раду и при ниским температурама, у случају појаве леда. Једноставног је дизајна, лака за одржавање, не постоји редуктор или мултипликатор ,јер је остварена директна веза са генератором.

Према свему наведеном може се закључити да вертикални ветрогенератор

мобилног хибридног типа има доста добру искоришћеност ветра (по закону Бетца  $C_p$  је око 0,39) у поређењу са сличним типовима електрана.

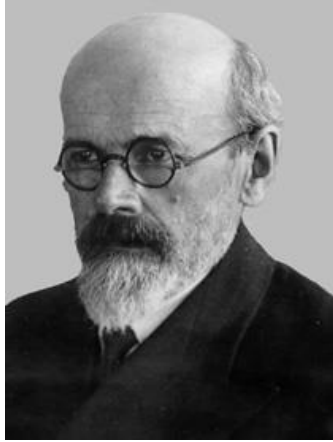
## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Горелов Д. Н. Аэродинамика ветроколес с вертикальной осью вращения // Горелов Д.Н.–Омск. – 2012.
- [2] Гринченко В. Т. Оптимизация характеристик ветроротора Дарье с прямыми управляемыми лопастями / В.Т. Гринченко, В.П. Каян // Доповіді Національної академії наук України. – 2015. – №. 6. – С. 37–45.
- [3] Алексей Николаевич Боголюбов: «Творения рук человеческих (Естественная история машин)»: Знание; Москва; 1988 ISBN 5-07-000028-4
- [4] Chong W. T. Vertical axis wind turbine with omni-directional-guide-vane for urban high-rise buildings / T. Chong, S.C. Poh, A. Fazlizan, K.C. Pan // Journal of Central South University. – 2012. – Т. 19. – №. 3. – С. 727–732.
- [5] Метод дискретных вихрей в задачах аэродинамики отрывного обтекания ортогональных роторов ветросиловых установок 2003 год., кандидат технических наук Островой, Александр Владимирович
- [6] Методологические основы разработки и создания вертикально-осевых ветроэнергетических установок для агропромышленного комплекса России 2013 год., доктор технических наук Соломин, Евгений Викторович
- [7] LOW-TECH MAGAZINE Doubts on progress and technology - Wind powered factories: history (and future) of industrial windmills
- [8] Power from Wind: „A History of Windmill Technology", Richard L. Hills, 1994.
- [9] Досаев М.З., Климина Л.А., Локшин Б.Я., Селюцкий Ю.Д. Моделирование динамики ветроустановки с вертикальной осью вращения // Научно-технический отчет Института механики МГУ № 4944. Москва. 2008. 60 с.
- [10] Климина Л.А. Ротационные режимы движения аэродинамического маятника с вертикальной осью вращения // М.: Вестн. Моск. Ун-та, Сер.1 Математика. Механика. 2009 №5, стр. 71-75.
- [11] Климина Л.А. Моделирование ветроприемного элемента ветротурбины Дарье // Труды конференции-конкурса молодых ученых 8-10 октября 2008 г. Издательство Московского университета 2009. 113-121.
- [12] Табачников В.Г. Стационарные характеристики крыльев на малых скоростях во всем диапазоне углов атаки // Труды ЦАГИ 1974, вып. 1621. 120 с.
- [13] Abdel Azim El-Sayed A.F., Hirsch C., Derdelinckx R. Dynamics of Vertical Axis Wind Turbines (Darrieus Type) // International Journal of Rotating Machinery 1995, Vol. 2, No. 1, pp. 33-41.
- [14] Andersen Per Dannemand. Review of Historical and Modern Utilization of Wind Power. 1999. <http://www.risoe.dk/rispubl/VEA/danneinand.htm>
- [15] Berg Dale E. Vertical-Axis Wind Turbines The Current Status of an Old Technology // Japan Wind Energy Association Symposium, Tokyo, Japan, November 1996.
- [16] Bhatta Pradeep, Paluszek Michael A., Mueller Joseph B. Individual Blade Pitch and Camber Control for Vertical Axis Wind Turbines // Proceeding of World Wind Energy Conference, 2008.
- [17] Challet Alexandre, Golling Stefan, Suhr Benoit, Vogel Tobias, Winter Katharina. Sustainable energy systems: wind power // 2007.
- [18] .Dosaev M.Z., Klimina L.A., Lokshin B.Y., Selyutskiy Yu.D., Ching-Huei Lin. Evolution of the phase portrait in the

- model of a vertical axis wind turbine 10th Conference on Dynamical Systems Theory and Applications, Proceedings. 2009. Vol. 2, pp. 543-548.
- [19] Klimas Paul C., Sheldahl Robert E. Four aerodynamic prediction schemes for vertical - axis wind turbines: a compendium // SAND78-0014 Unlimited Release Printed June 1978. 20 p.
- [20] Klimina L.A., Lokshin B.Y., Hwang Shyh-Shin. The behavior of an aerodynamic pendulum with vertical axis of rotation // CD-Proceedings of the 6th EUROMECH Nonlinear Dynamics Conference, 2008., Saint Petersburg, Russia.
- [21] Persson J., Carlson O., Perdana A. Dynamic Response of Grid-Connected Wind Turbine with Doubly Fed Induction Generator during Disturbances // Nordic workshop on power and industrial electronics. Trondheim 2004.
- [22] Veldkamp Dick. Chances in Wind Energy: A Probabilistic Approach to Wind Turbine Fatigue Design // Published and distributed by: Duwind Delft University Wind Energy Research Institute. 2006.
- [23] Zhang Jianhui. Numerical Modeling of Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Master thesis. Technical university of Denmark department of mechanical engineering 2004.
- [24] Wikipedia, The free encyclopedia [http://en.wikipedia.org/wiki/Windturbine#Норвегијска\\_вертикална\\_ос](http://en.wikipedia.org/wiki/Windturbine#Норвегијска_вертикална_ос)
- [25] Смелая попытка в Вермонте. [Пуск в 1941 г. ветротурбины Smith-Putnam. Лопасты длиной по 20 м - стальные пластины шириной 3,4 м. Генератор GE 1250 кВА 2,4 кВ 600 об/мин. Работала ВЭУ 1100 ч за ее короткую жизнь – 3,5 года.] IEEE Power & Energy Magazine, 2009, No 6, 100-110.
- [26] Каталог техничких и проспективних докумената вертикалног ветрогенератора и фотографије «Деалан Енерго» Русија – «Латифовић» Србија
- [27] "Wind, Water, Work: Ancient And Medieval Milling Technology (Technology and Change in History)", Adam Lucas, 2005.
- [28] Дементьев И. А., Дементьев А. А. Разработка передвижной быстровозводимой энергоустановки на возобновляемых источниках энергии. Механическая часть «Молодой учёный». № 2 (136). Январь 2017 г.

---

Адреса аутора: Грујица Љубисављевић дип.инж.,  
Синђелићева 27/26, 3700 Крушевац  
е-маил: grujica48@gmail.com  
Рад примљен: фебруар 2021.  
Рад прихваћен: април 2021.



МИЛОШ  
МАРИЋ  
(1885- 1944)

Лекар.  
Професор Руских и  
Совјетских  
медицинских  
универзитета.  
Велики истраживач.  
Творац гране  
медицине која се  
данас  
бави клонирањем.  
Велики Србин,  
родољуб и борац.



**ДИТ**

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис  
Scientific-profesional journal

Година XXVII, Број 35, април 2021. год.  
Year XXVII, Issue 35, April 2021. 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](mailto:milorad.rancic@diz.org.rs)  
[www.diz.org.rs](http://www.diz.org.rs)



---

# MIKOTOKSINI U PIVU

## *MYCOTOXINS IN BEER*

VESNA NADALIN<sup>1</sup>  
GORDANA LUDAJIĆ<sup>1</sup>  
ALEKSANDRA ŠUĆUROVIĆ<sup>1</sup>  
DANIJELA JAŠIN<sup>1</sup>  
MILANA DRAŠKOVIĆ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu

---

### REZIME

Mikotoksini su toksični metaboliti različitih vrsta plesni, od kojih su najzastupljeniji rodovi *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium*. Najvažniji mikotoksini koji se mogu naći u ječamu, pšenici, kukuruzu, sladu ili drugim proizvodima su: aflatoksini, ohratoksin A, deoksinivalenol, nivalenol, fumonizini, zearalenon i citrinin

Toksični efekti mikotoksina koji su rezultat njihove hemijske strukture, izazivaju negativne posledice na zdravlje ljudi u vidu kancerogenog, mutagenog, teratogenog, estrogenog i imunosupresivnog dejstva.

Kontaminacija ječma mikotoksinima, kao jedne od ključnih sirovina u proizvodnji piva, može predstavljati ozbiljan problem u procesu proizvodnje i fermentacije piva. Da bi se izbegla kontaminacija mikotoksinima veoma je važna kontrola sirovina, kao i in process kontrola tokom proizvodnje.

**Ključne reči:** ječam, mikotoksini, pivo, kontaminacija

### ABSTRACT

Mycotoxins are toxic metabolites of different mould species, from which the most abundant are *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium*. The most important mycotoxins which can be found in barley, wheat, corn, malt or other products are: aflatoxins, ochratoxin A, deoxynivalenol, nivalenol, fumonisins, zearalenone and citrinin.

Toxic effects of mycotoxins are the result of their chemical structure, as they have negative consequences on human health in the form of cancerogenic, mutagenic, teratogenic, estrogenic and immunosuppressive effect.

Mycotoxins contamination of barley, as one of the key source in beer production, could pose a serious problem in the process of beer production and fermentation. In order to avoid contamination with mycotoxins, control of the source is very important, as much as in process control during the production.

**Key words:** barley, mycotoxins, beer, contamination



## 1. UVOD

Mikotoksini, kao sekundarni metaboliti plesni, predstavljaju grupu od nekoliko stotina različitih toksičnih jedinjenja. Intoksikacije izazvane unosom hrane kontaminirane plesnima kako kod ljudi tako i kod životinja poznate su vekovima. Međutim mnoge plesni nisu u stanju da produkuju mikotoksine, ili ih produkuju u različitim količinama u zavisnosti od supstrata, kao i uslova pod kojima rastu. Samim tim, detekcija plesni u ispitivanim uzorcima, ne mora da ukazuje na obavezno prisustvo mikotoksina<sup>1</sup>.

Najčešće mikotoksikološkim kontaminacijama podležu žitarice, mleko i mlečni proizvodi, kafa, vino, pivo, sveže i sušeno voće, povrće i orašasti plodovi. Posebno mesto u agro-ekonomskom smislu, kao i uticaju na zdravlje ljudi zauzimaju: aflatoksini (AFLA), ohratoksin A (OTA), trihotecene (deoksinivalenol DON, nivalenol NIV, HT-2 toksin, T-2 toksin), zearalenon

(ZEA), patulin (PAT), fumonizini (FB) i ergot alkaloidi<sup>2,3,4</sup>.

## 2. PIVO I MIKOTOKSINI

Kvalitet piva je usko povezan sa ispravnošću polaznih sirovina. Izvor mikotoksina mogu biti zaražene žitarice (ječam), sa kojih se mikotoksini dalje prenose na slad, a potom na pivo. Kontaminacija piva mikotoksinima može se pojaviti u različitim fazama procesa proizvodnje. Transfer mikotoksina od kontaminiranog ječma, preko slada do finalnog proizvoda je olakšan zahvaljujući termostabilnosti mikotoksina (DO, ZEN, AFT) i rastvorljivosti u vodi (DON i FB).<sup>5</sup>

Najčešće izolovani mikotoksini u ječmu su produkti *Fusarium* vrsta, trihoteceni poput DON, NIV i diacetoksiskirpenola (DAS), što je prikazano u tabeli 1. Nivo produkovanih mikotoksina varira u zavisnosti od stepena kontaminacije plesnima, kao i klimatskih uslova u uzgoju ječma<sup>6</sup>.

**Tabela 1.** Mikotoksini izolovani u ječmu i sladu<sup>7</sup>

Mikotoksini	Toksični efekti	Producenti
<b>Metaboliti plesni poreklom iz polja</b> <i>Trihotecene (Tip A)</i> Monoacetoksiskirpenol Diacetoksiskirpenol T-2 Toksin HT-2 Toksin Neosolaniol	Neurotosični, teratogeni, imunotoksični	<i>Fusarium</i> spp.
<i>Trihotecene (Tip B)</i> Deoksinivalenol Nivalenol Fusarenon X 3-acetil deoksinivalenol - 15-acetyl deoksinivalenol Zearalenon Fumonizini B1, B2	Tip B je manje toksičan od tipa A  Teratogeni, estrogeni Kancerogeni, mutageni	
<b>Metaboliti plesni poreklom iz skladišta</b> Afltoksini B1, B2, G1 and G2 Ohratoksin A Citrinin Sterigmatocistin Patulin	Kancerogeni, hepatotoksičan,  Imunotoksičan Kancerogen, teratogen, hepatotoksičan, nefrotoksičan, imunosupresivan Citotoksičan Kancerogen hepatotoksičan Citotoksičan	<i>Aspergillus</i> spp.  <i>Penicillium</i> spp. <i>Aspergillus</i> spp.  <i>Aspergillus</i> spp.

Veliki broj istraživanja u oblasti proizvodnje piva je posvećen DON, jer je najzastupljeniji i predstavlja veliku opasnost za zdravlje potrošača piva. Prvi put je izolovan u Japanu iz kontaminiranih zrna ječma vrstom plesni *Fusarium roseum*<sup>8</sup>. Istraživanja rađena u Namačkoj na različitim brendovima piva su potvrdila koncentracije DON u opsegu od 172 do 569 µg/L, u Čekoslovačkoj je to iznosilo 10,9 µg/L, dok je u Poljskoj potvrđeno 100% prisustvo DON u ispitivanim uzorcima u opsegu od 6 do 70,2 µg/L, a ZEA je nađen u svega 11%

uzoraka piva u količini od 0 do 0,546 µg / L<sup>9, 10, 11</sup>. Količine ostalih mikotoksina koje su izolovane iz različitih uzoraka piva na području Evrope su se kretale za fumonizina B1 i B2 5,8 µg/L i 0,6 µg/L redom, 0,019 µg/L OTA. Dobijene vrednosti sadržaja mikotoksina su imale vrlo slične vrednosti u analiziranim uzorcima piva ispitivanim u različitim zemljama Evrope<sup>12</sup>.

Važeća evropska regulativa propisuje dozvoljene koncentracije mikotoksina za proizvode na bazi žitarica što je prikazano u tabeli 2.

**Tabela 2.** Maksimalno dozvoljene vrednosti mikotoksina u žitaricama prema EU regulativi<sup>13</sup> i Pravilniku Republike Srbije<sup>14</sup>

Mikotoksin	Proizvod	Maksimalna vrednost [µg/kg]	
		EU	R.Srbija
Aflatozin B1	Žitarice i proizvodi dobijeni iz žitarica	2,0	2,0
Aflatoksini zbirno B1, B2, G1, G2	Žitarice i proizvodi dobijeni iz žitarica	4,0	4,0
	Kukuruz i riža koja se sortira	5,0	5,0
Ohratoksin A	Neprerađene žitarice	5,0	5,0
Deoxynivalenol	Neprerađene žitarice	1250	1250
	Osim durum pšenice i ovsu	1750	1750
	Osim kukuruza namenjenog za vlažno mlevenje	1750	1750
	Žitarice za neposrednu upotrebu u ishrani ljudi	750	750
Fumonizini B1+B2	Neprerađeni kukuruz	4000	4000
Zearalenon	Neprerađene žitarice osim kukuruza	100	100
	Kukuruz osim kukuruza koji je namenjen preradi vlažnim mlevenjem	300	350

U tabeli 3 je dat prikaz zastupljenosti nekih mikotoksina u različitim vrstama piva u pojedinim delovima sveta.<sup>15</sup>

### 3. SUDBINA MIKOTOKSINA U PROCESU PROIZVODNJE PIVA

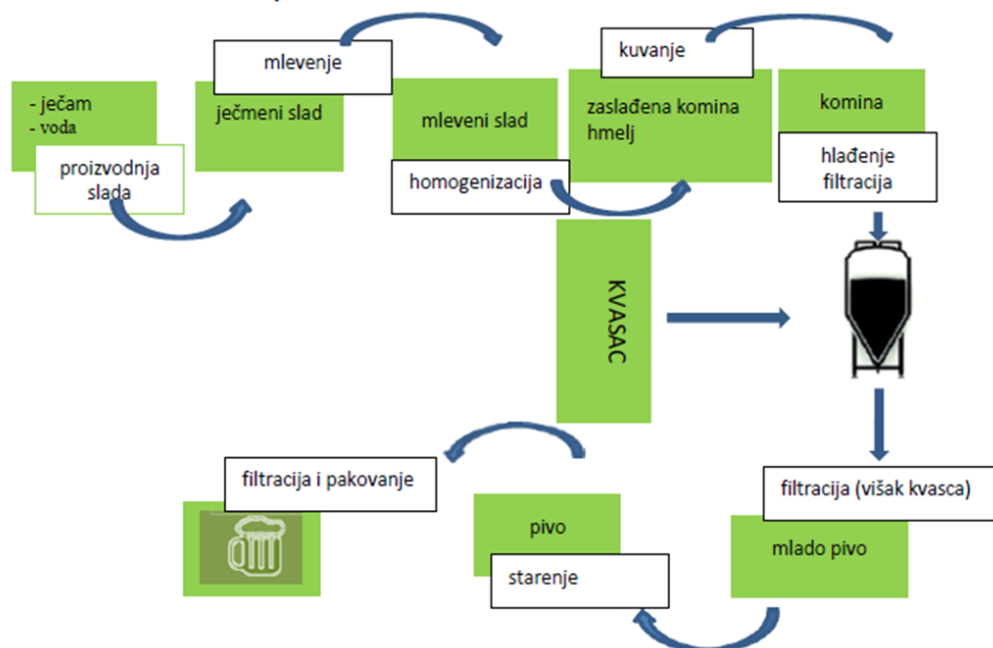
Proizvodnja piva se odvija u nekoliko faza

(slika 1). Ključne biohemijske reakcije u pojedinim fazama proizvodnje su: aktivacija enzima u zrnju ječma tokom klijanja, enzimska hidroliza skroba u fermentabilne šećere (maltoza i dekstrini) i proces alkoholnog vrenja pomoću kvasaca *Saccharomyces* vrsta.

**Tabela 3.** Zastupljenost mikotoksina u različitim vrstama piva<sup>16</sup>

Mikotoksin	Broj analiziranih uzoraka piva	Broj pozitivnih uzoraka na mikotoksin	Opseg koncentracije mikotoksina [µg/L]	Vrsta piva	Zemlja porekla
AFs	422	273	0,00007–0,04518	-	Francuska
	35	3	12–400	Tradicionalno afričko	Južna Afrika
HT-2	154	14	25,1–38,2	Pšenično pivo	Nemačka
ZEA	91	10	0,46–0,55	-	Irska
	46	28	12,5–200	Tradicionalno afričko	Nigeria
	35	7	2,6–426	Tradicionalno afričko	Južna Afrika
OTA	116	107	0,0017–0,066	-	Belgija
	106	72	0,005–0,189	-	Danska
	19	10	1,5–2340	Tradicionalno afričko	Južna Afrika
	88	73	0,007–0,204	-	Nemačka
DON	313	272	4,0–56,7	-	Belgija
	106	70	0,7–18,6	-	Hrvatska
	91	91	6,0–70,2	-	Poljska
	217	118	5,4–89,3	Svetlo pivo	Austrija
	46	36	5,2–49,6	Pšenično pivo	Nemačka
	47	14	11,1–45,0	Tamno pivo	Nemačka
	19	5	3,2–26,1	Bezalkoholno pivo	Srbija
	154	92	24,5–47,7	-	Španija
	53	17	127–501	-	Brazil

Skraenjice: AFs (aflatoxins), HT-2 (HT-2 toxin), ZEN (zearalenone), OTA (ochratoxin A), DON (deoxynivalenol).



Slika 1. Shema proizvodnog procesa

Kao što je prethodno rečeno dominantan mikotoksin u ječmu za proizvodnju slada je DON pored ZEN, NIV, T2 i HT-2 toksina<sup>17</sup>. Istraživanja su potvrdila da se u fazi močenja (kvašenja) sadržaj DON redukuje za oko 10% u odnosu na polaznu količinu, zahvaljujući hidrosolubilnosti DON<sup>18</sup>. Tokom procesa klijanja, usled povoljnih uslova, dolazi do razvoja plesni ponovne produkcije DON u rasponu od 18 do 114% u odnosu na polaznu sirovinu<sup>6</sup>.

U procesu sušenja slada, ukoliko se postiže temperatura oko 150°C, može doći do destrukcije DON i samim tim smanjenja koncentracije<sup>10</sup>. Porast koncentracije DON je bio potvrđen u procesu komljenja. Ovo povećanje koncentracije DON nastaje kao rezultat biohemijskih reakcija oslobađanja vezanog DON za proteine<sup>19</sup>. Tokom kuvanja komine i ohmeljavanja nisu zabeležene značajne promene sadržaja mikotoksina<sup>9</sup>. Prisustvo mikotoksina DON i AFB1 u fazi fermentacije je negativno uticalo na proces proizvodnje. Ovi mikotoksini su inhibirali aktivnost određenih vrsta kvasaca<sup>20</sup>. U literaturi je nađeno da se veliki udeo određenih mikotoksina eliminiše adsorpcijom na nusproizvodima fermentacije piva. Sadržaj ZEN je redukovan adsorpcijom do 75,1%, AFB1 48,1% i OTA 59,4%. Smanjenje DON je postignuto svega 11,6%<sup>21</sup>.

#### **4. PREVENTIVNE MERE KONTAMINACIJE PIVA MIKOTOKSINIMA**

Da bi se sprečila kontaminacija piva mikotoksinima neophodno je da se u procesu proizvodnje koriste sirovine (ječam, voda, hmelj, kvasci i aditivi) proverenog kvaliteta. Pored odabira ječma koji nije kontaminiran plesnima, neophodno je obezbediti i dobre uslove skladištenja. Sadržaj vlage je jedan od ključnih parametara za rast plesni i produkciju mikotoksina. Stoga se ječam pre skladištenja mora sušiti na oko 12% vlage. Na ovaj način se prevenira razvoj plesni i produkcija mikotoksina. Time se sprečava

unos mikotoksina u proces proizvodnje i u krajnji proizvod (pivo)<sup>6</sup>.

Ukoliko je inicijalni broj plesni u ječmu mali, adekvatni uslovi tokom proizvodnje slada mogu da utiču na suzbijanje daljeg razvoja plesni. Kod jako zaraženog zrna ječma ovim postupkom se ne može zaustaviti produkcija mikotoksina i rast plesni. U tim slučajevima se za dekontaminaciju koristi alkalna sredina tokom močenja, sredstva na bazi hlora ili peroksidi. Ovi postupci dekontaminacije nisu našli veliku primenu u praksi. Ekonomski su neisplativi, a primena hemijskih jedinjenja mora biti strogo kontrolisana, jer određene koncentracije mogu negativno uticati na moć klijanja zrna ječma.

Ukoliko prevencija nije adekvatno sprovedena, neophodno je izvršiti dekontaminaciju. Biotehnoška detoksikacija mikotoksina se može izvoditi upotrebom određenih vrsta mikroorganizama ili izolovanih enzima iz njih. Biotransformacije ili degradacije se sprovode do netoksičnih jedinjenja. Prednost ove metode je u tome što odabrani mikroorganizmi mogu biti i radni soj u samom procesu fermentacije. Na taj način se isključuje nepoželjna dejstva hemijskih agenasa, a pivo ne gubi na svojim organoleptičkim svojstvima<sup>22</sup>.

Primena mlečnokiselih bakterija u detoksikaciji tokom procesa proizvodnje slada i sladovine ima zapažene rezultate<sup>23</sup>.

Ozonizacija kao hemijski tretman u dekontaminaciji ječma i piva, ima svoju perspektivu. Veoma je važno da primenom ovog načina detoksikacije nema rezidua u finalnom proizvodu<sup>24</sup>.

#### **5. ZAKLJUČAK**

U prehrambenoj industriji kao i u proizvodnji stočne hrane posebna pažnja se poklanja kontroli sadržaja mikotoksina. To se odnosi i na industriju piva, gde je moguć transfer mikotoksina preko kontaminiranih žitarica.

Veliki broj istraživanja je posvećen proučavanju određene grupe mikotoksina kao i sudbine istih u pojedinim fazama procesa proizvodnje. U nekim fazama kao što su močenje, sušenje, ukomljavanje ekstrakcija slada, fermentacija i bistrenje može doći do eliminacije ili destrukcije nekih mikotoksina.

U nekim slučajevima kontaminacija je neizbežna, tako da postupak dekontaminacija ima svoju važnost u cilju dobijanja bezbednog proizvoda. Ovaj tretman može biti primenjena u svim fazama procesa proizvodnje. U skladištu se može sprovesti tretman fungicidima, u proizvodnji se primenjuje ozonizacija, ili se koriste određeni sojevi mlečnokiselih bakterija i kvasaca u cilju biodegradacije. Dekontaminacija mikotoksina kao i prevencija su ključne u cilju dobijanja bezbednog proizvoda.

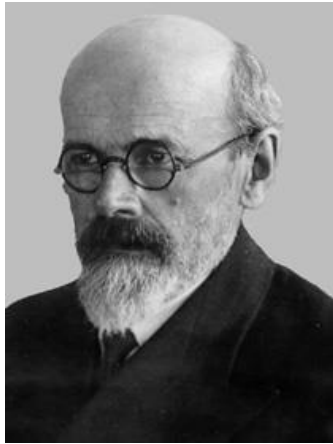
## 6. LITERATURA

- [1] Sibanda, L., Marovatsanga, L. T., and Pestka, J. J. (1997). Review of mycotoxin work in sub-Saharan Africa. *Food control*, 8, 21-29.
- [2] Huwig, A., Freimund, S., Käppeli, O., and Dutler, H. (2001). Mycotoxin detoxication of animal feed by different adsorbents. *Toxicology Letters*, 122, 179-188.
- [3] Sweeney, M. J., and Dobson, A. D. W. (1998). Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. *International Journal of Food Microbiology*, 43, 141-158.
- [4] Hussein, S. H., and Brassel, J. M. (2001). Toxicity, metabolism and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, 167, 101–134.
- [5] Rodríguez-Carrasco, Y., Fattore, M., Albrizio, S., Berrada, H., and Mañes, J. (2015). Occurrence of *Fusarium* mycotoxins and their dietary intake through beer consumption by the European population. *Food Chemistry*, 178(1881), 149–155.
- [6] Schwarz, P. B., Casper, H. H., and Beattie, S. (1995b). Fate and development of naturally occurring *Fusarium* mycotoxins during malting and brewing. *Journal of American Society of Brewing Chemists*, 53, 121-127.
- [7] Tangni, E. K., and Larondelle, Y. (2002). Malts, moulds and mycotoxins. *Bacteria, Yeasts and Moulds in Malting and Brewing: Proceedings of the Xth Symposium "Chair J. de Clerck"* 15-18 September Leuven (Belgium)
- [8] Yoshizawa, T., and Morooka, N. (1973). Deoxynivalenol and its monoacetate: New mycotoxins from *Fusarium roseum* and moldy barley. *Agricultural and Biological Chemistry*, 37(12), 2933–2934.
- [9] Niessen, L., Bohm-Schrami, M., Vogel, H. and Donhauser, S., 1993, Deoxynivalenol in commercial beer – screening for the toxin with an indirect competitive ELISA. *Mycotoxin Research* 9, 99–109.
- [10] Kostelanska, M., Zachariasova, M., Lacina, O., Fenclova, M., Kollos, A. L., and Hajslova, J. (2011). The study of deoxynivalenol and its masked metabolites fate during the brewing process realised by UPLC-TOFMS method. *Food Chemistry*, 126(4), 1870–1876.
- [11] Kuzdraliński, A., Solarska, E., and Muszyńska, M. (2013). Deoxynivalenol and zearalenone occurrence in beers analysed by an enzyme-linked immunosorbent assay method. *Food Control*, 29(1), 22–24.
- [12] Benešová, K., Běláková, S., Mikulíková, R., and Svoboda, Z. (2012). Monitoring of selected aflatoxins in brewing materials and beer by liquid chromatography/mass spectrometry. *Food Control*, 25(2), 626–630.
- [13] Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance).

- [14] Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja (Službeni glasnik Republike Srbije broj 29/2014 i 37/2014-ispr.)
- [15] Tangni, E. K. and Larondelle, Y. (2002). Malts, moulds and mycotoxins, Bacteria, Yeasts and Moulds in Malting and Brewing : Proceedings of the Xth Symposium "Chair J. de Clerck" 15-18 September 2002, Leuven (Belgium)
- [16] Peters, J., van Dam, R., van Doorn, R., Katerere, D., Berthiller, F., Haasnoot W, et al. (2017) Mycotoxin profiling of 1000 beer samples with a special focus on craft beer. PLoS ONE 12(10): e0185887.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185887>
- [17] Pestka, J. J. (2007). Deoxynivalenol: Toxicity, mechanisms and animal health risks. *Animal Feed Science and Technology*, 137(3–4), 283–298.
- [18] Lancova, K., Hajslova, J., Poustka, J., Krplova, A., Zachariasova, M., Dostalek, P., and Sachambula, L. (2008). Transfer of Fusarium mycotoxins and "masked" deoxynivalenol (deoxynivalenol-3-glucoside) from field barley through malt to beer. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 25(6), 732–744.
- [19] Wolf-Hall, C. E. (2007). Mold and mycotoxin problems encountered during malting and brewing. *International Journal of Food Microbiology*, 119(1–2), 89–94.
- [20] Kłosowski, G., Mikulski, D., Grajewski, J., and Błajet-Kosicka, A. (2010). The influence of raw material contamination with mycotoxins on alcoholic fermentation indicators. *Bioresource Technology*, 101(9), 3147–3152.
- [21] Campagnollo, F. B., Franco, L. T., Rottinghaus, G. E., Kobashigawa, E., Ledoux, D. R., Daković, A., and Oliveira, C. A. F. (2015). In vitro evaluation of the ability of beerfermentation residue containing *Saccharomyces cerevisiae* to bind mycotoxins. *Food Research International*, 77, 643–648.
- [22] Bata, A., and Lasztity, R. (1999). Detoxification of mycotoxin-contaminated food and feed by microorganisms. *Trends in Food Science and Technology*, 10, 223–228.
- [23] Halasz, A., and Lasztity, R. (2009). Decontamination of mycotoxin-containing food and feed by biodegradation. *Food Reviews International*, 25(4), 284–298.
- [24] Allen, B., Wu, J., and Doan, H. (2003). Inactivation of fungi associated with Barley Grain by gaseous ozone. *Journal of Environmental Science and Health*, 38(5), 617–630.

---

Adresa autora: Vesna Nađalin, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, Đorđa Stratimirovića, Zrenjanin, Republika Srbija  
e-mail: vesna.nina@gmail.com  
Рад примљен: март 2021.  
Рад прихваћен: април 2021.



МИЛОШ  
МАРИЋ  
(1885- 1944)

Лекар.  
Професор Руских и  
Совјетских  
медицинских  
универзитета.  
Велики истраживач.  
Творац гране  
медицине која се  
данас  
бави клонирањем.  
Велики Србин,  
родољуб и борац.



**ДИТ**

Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис  
Scientific-profesional journal

Година XXVII, Број 35, април 2021. год.  
Year XXVII, Issue 35, April 2021. year

## МЕНАЏМЕНТ

---

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

---

Редакција:

Друштво инжењера Зрењанин  
ул. Македонска 11,  
23000 Зрењанин  
E-mail: [milorad.rancic@diz.org.rs](mailto:milorad.rancic@diz.org.rs)  
[www.diz.org.rs](http://www.diz.org.rs)





# АНАЛИЗА ЛАНЦА ВРЕДНОСТИ КАО МЕТОД ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ЛОКАЛНОГ ЕКОНОМСКОГ РАЗВОЈА

## *VALUE CHAIN ANALYSIS AS A METHOD FOR IMPROVING LOCAL ECONOMIC DEVELOPMENT*

ДЕЈАН МОЛНАР<sup>1</sup>  
ИСИДОРА БЕРАХА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду - Економски факултет

<sup>2</sup>Институт економских наука, Београд

### РЕЗИМЕ

Анализа ланца вредности је свеобухватан метод анализе и оцене перформанси у свим активностима на путу од иницијалне идеје до испоруке производа или услуге финалном потрошачу, као и свих фактора који на посредан или непосредан начин утичу на пословање у датом сектору. Метод налази широку примену у управљању локалним економским развојем будући да пружа информациону основу за усмеравање институционалне подршке у области са највећим потенцијалом за повећање конкурентности и запослености. Рад има за циљ да пружи теоријски али и практични оквир за примену метода анализе ланца вредности као ефективног инструмента за подстицање економског развоја на локалном нивоу.

**Кључне речи:** анализа ланца вредности, локални економски развој, управљање на локалном нивоу.

### ABSTRACT

Value chain analysis is a comprehensive method used to assess and analyze performance of a full range of activities required to bring the product or service from an initial idea to its delivery to the final consumer, including the factors that directly or indirectly affect business in each sector. The method is widely applied in local economic development practice as it provides an information basis for directing institutional support to activities with the highest potential for competitiveness and employment increase. The paper aims to provide a theoretical and practical framework for the application of value chain analysis as an effective instrument to improve economic development of a local communities.

**Key words:** value chain analysis, local economic development, local governance.

### 1. УВОД

Динамичне промене у пословном окружењу условиле су потребу за изналажењем нових извора конкурентске

предности. Конкурентска борба на глобалном тржишту више се не одвија између предузећа, већ између сложених процеса посредством којих се испоручује вредност за потрошаче. Традиционалне

приступе усмерене на оптимизацију трошкова заменило је управљање перформансама у свим активностима и услугама на путу од идеје до продаје финалног производа, односно услуге на тржишту било да је оно локално, национално, регионално или глобално.

Концепт ланца вредности и метод анализе ланца вредности налазе своју широку примену у анализи перформанси индивидуалних предузећа али и читавих сектора и привреда. Уместо да се предузећа посматрају као изоловани субјекти, у фокусу је систем међуповезаних учесника, односно активности у којима се на путу од иницијалне идеје до испоруке финалног производа или услуге ствара вредност за потрошаче.

На нивоу предузећа, анализа ланца вредности је инструмент помоћу којег се пословање дезагрегира на појединачне активности при чему се идентификују кључни извори конкурентске предности. На нивоу сектора, ланац вредности обухвата добављаче сировина, репроматеријала и других улазних инпута, произвођаче, прерађиваче и купце, као и пружаоце техничких, пословних и финансијских услуга.

Искуства из 1990-их година XX stoleћа потврдила су неопходност активних мера за подстицање економског развоја у економијама са ниским и средњим нивоом дохотка, а локални економски развој представља прагматичан одговор на ову видљиву потребу [1]. Анализа ланца вредности сектора је ефикасан метод за анализу могућности локалног економског развоја који омогућава да се на бази резултата истраживања креирају препоруке за усмеравање мера институционалне подршке у приоритетне области. По природи дескриптиван, овај метод је најпре пружао хеуристички оквир за генерисање података [2] али се временом развио у ефикасан дијагностички и аналитички инструмент.

Анализа ланца вредности сектора у локалној привреди обухвата мапирање и свеобухватну анализу перформанси свих учесника у ланцу вредности, анализу пословног окружења и институција и агенција за пружање подршке, те идентификовање учесника који остварују кључан утицај на пословање сектора и подручја у којима су неопходна унапређења.

Циљ рада је да пружи теоријски и практични оквир за примену метода анализе ланца вредности у идентификовању могућности за подстицање економског развоја на локалном нивоу. Релевантност примене овог метода у управљању локалним економским развојем огледа се у позитивним ефектима на перформансе и конкурентност индивидуалних предузећа, сектора и локалне привреде и то кроз приступ недостајућим ресурсима, унапређење ефикасности, развијање дугорочних односа сарадње, повећање продаје, трансфер знања и развој технолошких капацитета.

## **2. ТЕОРИЈСКИ ОКВИР АНАЛИЗЕ ЛАНЦА ВРЕДНОСТИ**

Идеја о ланцу вредности као сету повезаних активности и учесника у свим фазама од идеје до испоруке производа или услуге финалном потрошачу није нова, а теоријско упориште налази у концепту Мајкла Портера [3] који производно (или услужно) предузеће посматра као систем сачињен од подсистема при чему сваки има инпуте, процес трансформације и аутпуте. У основи концепта ланца вредности је сагледавање пословања предузећа кроз већи број појединачних активности у домену дизајна, производње, маркетинга, испоруке, подршке и сервиса које допринесе релативној трошковној конкурентности предузећа или представљају основ за диференцирање у односу на конкуренцију.

Ланац вредности је сет међуповезаних активности у којима се додаје вредност за потрошача. Према овом концепту, све стратегијски значајне активности у предузећу могу се сврстати у групу примарних и групу подржавајућих активности. Примарне активности обухватају улазну логистику, производњу, излазну логистику, маркетинг, продају и сервис, а активности подршке се односе на инфраструктуру, управљање људским ресурсима, развој технологије и набавку. Конкурентска предност је резултат начина на који предузеће организује и обавља пословне активности у ланцу вредности. Да би предузеће стекло конкурентску предност оно мора да испоручи већу вредност за потрошаче тако што ће своје активности обављати ефикасније или другачије од других.

Ослањајући се на концепт ланца вредности који је дефинисао Портер, развијен је метод анализе ланца вредности која идентификује све активности на путу од иницијалног концепта/идеје или дизајна до испоруке производа или услуге финалном потрошачу, укључујући и постпродајне услуге и сервис. Унапређење конкурентске предности условљено је разумевањем места и улоге предузећа у систему активности којима се додаје вредност за потрошача. У фокусу анализе ланца вредности је динамика веза и односа који се успостављају између различитих учесника. Са аналитичке тачке гледишта, анализа ланца вредности захтева проучавање активности које се одвијају изван предузећа, а посебно разумевање стратегијске улоге односа са кључним екстерним учесницима [4].

Анализа ланца вредности представља мултидимензионалну оцену перформанси ланца вредности која укључује токове материјала, токове информација и односе између различитих учесника, а која пружа могућност да се пажња стејкхолдера усмери у оне фазе у којима су могућа унапређења [5]. Методолошки допринос

анализе огледа се у обезбеђивању релевантних информација за усмеравање институционалне подршке ка оним активностима које највише доприносе унапређењу конкурентности сектора као целине [6].

У основи концепта ланца вредности је претпоставка према којој је перцепција вредности финалног производа у очима крајњег потрошача услед чега се ланац вредности може дефинисати као скуп свих активности које генеришу вредност од извора сировина до испоруке финалног производа потрошачима [7, 8].

Будући да препреке и шансе за унапређење могу постојати у било ком делу ланца, предмет анализе нису појединачни учесници, већ укупност активности, веза и односа [9]. У условима у којима се конкурентска борба више не одвија између индивидуалних предузећа, већ између читавих ланаца вредности као кључних генератора додате вредности, ефективно управљање ланцем вредности постаје значајан извор конкурентске предности за све учеснике.

### **3. ЛОКАЛНИ ЕКОНОМСКИ РАЗВОЈ И АНАЛИЗА ЛАНЦА ВРЕДНОСТИ - СИМБИОТИЧКИ ОДНОС?**

Дефинисање локалног економског развоја (ЛЕР-а) није једноставно, јер има много варијабли од којих ЛЕР зависи. Локални (економски) развој се може ближе одредити као функција следећих варијабли:

*Локални економски развој = f* (природни ресурси; радна снага; капитал и инвестиције; предузетништво; транспорт и комуникација; структура индустријске производње; технологија; капацитети локалних институција; међународна економска ситуација) [10].

Иако овим приказом нису обухваћене све детерминанте локалног развоја, може се стећи утисак о комплексности самог

процеса. Према једној од најчешће цитираних дефиниција „локални економски развој је процес у којем локалне владе и/или локалне развојне организације стимулишу и/или одржавају постојећи ниво пословне активности и запослености. Основни циљ локалног економског развоја је да стимулише могућности за запошљавање у оним секторима који побољшавају живот у заједници, користећи постојеће људске, природне и институционалне ресурсе" [11].

На основу анализе релевантне литературе која третира проблематику локалног економског развоја може се закључити да је свим дефиницијама ЛЕР-а заједничко то што у први план истичу настојање да се постигне што већи квалитет живота грађана, уместо максимизације броја радних места и прихода. Стога, носиоци локалне власти, односно доносиоци одлука у локалним заједницама морају најпре да разумеју економску ситуацију у свом граду/општини, па да тек онда и у складу са потребама грађана дефинишу развојне приоритете и доносе одговарајуће мере и политике. Један од све популарнијих начина да се анализира локална привреда јесте примена концепта ланца вредности.

У литератури која се бави анализом ланаца вредности пажња се углавном усмерава на интервенције на нивоу глобалних ланаца вредности, док је приметан дефицит истраживачких подухвата у области анализе ланаца вредности на националном и локалном нивоу.

Интервенције у домену локалних ланаца вредности су фокусиране на ланце које карактерише одсуство глобалних веза, у којима доминира већи број малих актера (оних са малом тражишном моћи) који су усредсређени на национално или субнационално (регионално; локално) тржиште.

Иако се не занемарују ни извозне могућности/прилике, суштина интервенција у области локалних ланаца

вредности је да се унапреде капацитети и сарадња локалних произвођача, да се побољша размена знања и ресурса на локалном нивоу, као и да се развију локалне тржишне прилике [12].

Стога се од анализе локалног ланца вредности очекује да пружи одговарајуће смернице за стратешку и одрживу преоријентацију одређеног (одабраног; приоритетног) сектора из локалне привреде, како би се повећала његова дугорочна конкурентност на националном и међународном нивоу.

Једна од основних користи од анализе ланца вредности је идентификовање оних интервенција (мера; политика) које могу да унапреде конкурентност локалних предузећа. Анализа локалног ланца вредности и локални економски развој су процеси који имају много сличности и који се међусобно подупиру.

Анализа локалног ланца вредности је веома корисна због тога што омогућава да се разуме и опише функционисање локалне привреде на начин који је веома разумљив свим заинтересованим странама. Тако се много лакше могу уочити конкретне препреке и ограничења за унапређење пословања локалних предузећа. Након откривања „уских грла“ у локалној привреди, може се деловати у правцу њиховог отклањања, чиме се унапређују перформансе локалне економије, шири се простор за сарадњу између локалних предузећа и институција, за отварање нових радних места, повећавање пореских прихода локалне самоуправе итд.

Метод анализе ланца вредности је идеалан „алат“ за решавање проблема који су у домену локалног економског развоја, попут отварања радних места, креирања дохотка, смањења сиромаштва и др., и због тога што јасно указује на разлике у снази и утицају (моћи) које постоје између различитих учесника у привредном животу локалне заједнице. На тај начин се лакше идентификују проблеми, али и кључни актери и мере који могу да допринесу њиховом

решавању. Концепт ланца вредности заправо служи као „истражни“ метод помоћу којег се долази до важних сазнања и закључака о софистицираности локалног економског развоја, пошто се он темељи на разумевању мрежа и веза које постоје између локалних тржишних актера [13]. Концепција (локалног) економског развоја која се заснива на примени концепта ланца вредности пабољшава комуникацију између локалних партнера, што са своје стране доприноси јачању поверења и социјалног капитала на локалном нивоу, што је једна од кључних детерминанти ЛЕР-а, будући да он зависи од локалних партнерстава. Штавише, разумевање локалног ланца вредности помаже локалним предузећима и другим заинтересованим учесницима да одговоре на изазове који произилазе из процеса глобализације.

Примена анализе ланца вредности у процесу ЛЕР-а има позитиван утицај на међусобно вредновање и респектовање учесника - локална предузећа постају свеснија значаја, вредности, али и потенцијала које њихови партнери на локалном нивоу имају за њихово пословање. Локални актери почињу више да цене једни друге и да удружују напоре са циљем да јачају заједничке капацитете и потенцијале (тзв. сарадничка предност/конкурентност), са циљем да буду отпорнији и независнији од „спољашњих“ утицаја који долазе изван локалне привреде. Дакле, концепт анализе ланца вредности и локалног економског развоја један другог подстичу и (п)ојачавају.

#### **4. ПРИМЕНА МЕТОДА АНАЛИЗЕ ЛАНЦА ВРЕДНОСТИ У ЛОКАЛНОЈ ПРИВРЕДИ**

Метод анализе ланца вредности одабраног сектора омогућава да се применом квалитативне анализе која представља комбинацију канцеларијског и теренског истраживања, на ефективан начин утврде природа и динамика веза и

односа између различитих група учесника, идентификују кључне баријере и потребни ресурси, као и могућности за унапређење пословних перформанси у ланцу вредности у локалној привреди. Анализа ланца вредности је свеобухватан метод анализе и оцене активности у свим фазама кроз које пролази производ од сировине до финалне потрошње, као и свих фактора који на посредан или непосредан начин утичу на перформансе одабраног сектора.

Примена метода анализе ланца вредности у локалној привреди обухвата следећих седам фаза, односно корака: (i) одабир приоритетног сектора, (ii) ситуациона анализа локалног окружења, (iii) мапирање ланца вредности, (iv) анализа ланца вредности, (v) израда мапе ланца вредности, (vi) идентификовање начина на који се врши управљање ланцем вредности и (vii) креирање препорука локалној самоуправи.

Једна од основних претпоставки одрживог развоја локалне привреде је ослањање, у што већој мери, на сопствене (локалне; ендогене) ресурсе и потенцијале. Доносиоци одлука на локалном нивоу би, стога, требало далеко више подршке да пружају оним делатностима у којима локална привреда има конкурентских предности, односно оним секторима који су идентификовани (одређени) као приоритетни. За одабир приоритетног сектора у локалној привреди је најбоље користити расположиве статистичке податке, као и друге квантитативне индикаторе. С обзиром да је током последњих десетак година повећана одговорност локалних самоуправа за питања економског развоја на њиховом подручју, и у градовима и општинама у Србији полако почиње да преовлађује став да локалним економским развојем треба управљати на модеран начин, помоћу адекватних информација и података, који ће чинити основу за креирање одговарајућих инструмената и мера, те вођење јавних политика на локалном нивоу заснованих

на објективним чињеницама (*evidence-based policy and governance on local level*). У релевантној литератури је заступљено неколико метода које се користе приликом анализирања стања и промена у локалним привредама [14]. Стандардне (класичне) методе које се користе са циљем да креаторима локалног економског развоја помогну приликом процеса планирања, дефинисања развојних стратегија, као и одабира приоритетних сектора су: (1) анализа локационог коефицијента (LQ) и (б) „shift – share“ (S-S) анализа (анализа промена у уделима). Комбиновањем ове две методе се долази до корисних сазнања о структури и динамици локалне привреде, што представља основу у процесу идентификовања оних делатности у којима локална економија има развојних потенцијала, односно конкурентских предности.

Ситуациона анализа обухвата географске, природне, демографске, економске и инфраструктурне чиниоце који су повезани са економским развојем, а односе се на природне и људске ресурсе, друштвене, физичке и финансијске потенцијале локалног подручја. За потребе анализе користе се статистички подаци доступни у општинским, регионалним и националним базама. Ситуациона анализа може се спровести применом различитих метода као што су PEST и SWOT анализа. PEST анализа је концептуални оквир који разматра политичко-институционалне, економске, социолошко/демографске и технолошке факторе окружења, док SWOT анализа представља анализу снага, слабости, шанси и опасности.

Мапирање ланца вредности се односи на идентификовање свих релевантних учесника у ланцу вредности сектора. Мапирање обухвата креирање базе свих привредних субјеката који су регистровани у одабраном сектору, односно делатности у локалној привреди, а затим и примену финансијске ратио анализе како би се на основу индикатора

профитабилности утврдили привредни субјекти чије пословање је успешно и стабилно. На основу података из биланса стања и биланса успеха израчунавају се два показатеља профитабилности (тзв. ратио броја) и то принос на укупно ангажована стедства - POA (*Return on Assets*) и принос на капитал – POE (*Return on Equity*).

Четврта фаза обухвата детаљну анализу свих значајних аспеката функционисања ланца, а пре свега токова материјала, при чему се оцена врши на основу тога где лежи вредност у очима потрошача; снага и слабости како би се утврдиле активности у које треба усмеравати инвестиције и активности које треба елиминисати; динамике токова информација између учесника; и јачине односа између учесника, односно узајамног поверења и сарадње. За потребе анализе подаци се прикупљају методом индивидуалног, дубинског, квалитативног, полу-структурираног интервјуа са привредним субјектима који су идентификовани у фази мапирања, а затим и применом метода фокус група са релевантним групама учесника. Такође, у оквиру ове фазе спроводи се и анализа локалног тржишта одабраног сектора како би се проценили величина и потенцијал раста, улазне и излазне баријере, постојање супститута, регулативне баријере, итд.

На основу примарних и секундарних података који су прикупљени у претходним фазама креира се мапа ланца вредности која графички приказује систем учесника, њихових веза и односа, окружење у којем се активности одвијају и пружаоце услуга подршке. Пословно окружење чине сви чиниоци који утичу на одвијање пословних активности као што су инфраструктура, регулаторни оквир и институције за пружање подршке. Пружаоци услуга су актери који обезбеђују подршку у ланцу вредности у областима као што су маркетинг, пружање финансијских услуга, транспорт, истраживање и развој и сл.

Идентификовање начина на који се врши управљање ланцем вредности у одабраном сектору на локалном нивоу је посебно релевантно за ефикасност интервенције локалне самоуправе, односно за успешност мера институционалне подршке. Управљање ланцем вредности може се детерминисати следећим индикаторима [15]:

- 1) Тржишно засновано управљање – присуство великог броја купаца и добављача, ограничен проток информација, одсуство техничке подршке;
- 2) Уравнотежена мрежа – ограничен број добављача, интензиван проток информација, чврсти односи сарадње;
- 3) Директна мрежа – један кључан купац који дефинише карактеристике производа и пружа техничку подршку, једнодимензионалан проток информација, асиметрија моћи;
- 4) Вертикална интеграција – мала аутономија одлучивања на локалном нивоу.

Седма фаза поступка анализе ланца вредности идентификује кључне тачке/фазе у ланцу вредности у које/ка којима треба усмерити интервенцију локалне самоуправе, а како би се иницирале промене. Кључне тачке/фазе у ланцу вредности могу да обухвате следеће аспекте:

- 1) Унапређење квалитета производа/услуге;
- 2) Развој локалног/домаћег тржишта;
- 3) Унапређење вештина локалних предузећа;
- 4) Унапређење дизајна;
- 5) Унапређење сарадње и размене информација;
- 6) Унапређење капацитета, опремљености, брендирање, итд.

Ситуациона анализа, мапирање, анализа ланца вредности и идентификовање начина на који се врши управљање ланцем вредности треба да омогуће да се утврди ко су главни учесници у ланцу вредности (колико их има и које су њихове активности), у којим

фазама ланца вредности се ствара највећа додата вредност, где настају највећи трошкови, каква је социо-економска димензија (број запослених по фазама), како се врши проток материјала, како се врши проток информација, каква је структура ланца (који учесници остварују кључан утицај), колики је обим активности појединачних учесника, какве су врсте веза и односа између учесника, који су највећи проблеми у ланцу, какав је институционални и регулаторни оквир, ко су кључни екстерни фактори и које су најважније институције подршке.

На основу дефинисаних кључних тачака у којима је неопходна интервенција, односно највећих проблема у функционисању ланца вредности, креирају се препоруке креаторима економске политике на локалном нивоу. Препоруке треба да помогну да се мере подршке усмере у приоритетне области како би се унапредила конкурентност, пословне перформансе и запосленост одабраног сектора, као и укупне локалне привреде.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Примена анализе ланца вредности у локалном економском развоју још увек није довољно заступљена у економској теорији и пракси. Упркос постигнутом консензусу у погледу неопходности планирања и управљања развојем на локалном нивоу, креирање политика и дизајнирање мера подршке није засновано на подацима и резултатима емпиријских истраживања услед чега су њихови ефекти ограничени. У условима у којима је развој одређеног локалитета детерминисан пуним искоришћавањем свих расположивих локалних ресурса, концепт ланца вредности као сета међуповезаних активности и учесника у свим фазама кроз које производ или услуга пролазе на путу од иницијалне идеје до испоруке финалном потрошачу добија на значају. Анализа ланца



вредности је ефикасан инструмент за подстицање локалног економског развоја.

Допринос овог рада огледа се у теоријском, али још више у практичном оквиру који сугерише поступак примене анализе ланца вредности у одабраном (приоритетном) сектору у локалној привреди. Примена метода ове анализе омогућава да се мапирају сви учесници и оцене њихове перформансе како би се идентификовале фазе у ланцу вредности у којима се додаје највећа вредност за потрошаче, те подршка усмерила у оне активности које имају највећи потенцијал за повећање конкурентости и запослености сектора, али и целокупне локалне економије.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Cunningham Shawn, Meyer-Stamer Jörg, Planning or Doing Local Economic Development? The Problems with the Orthodox Approach to LED. *Africa Insight*, бр. 35(4), 2015.
- [2] Kaplinsky Raphael, Spreading the Gains from Globalization: What Can Be Learned from Value-Chain Analysis?, *Problems of Economic Transition*, бр. 47(2), 2004.
- [3] Porter Michael E., *Competitive Advantage*, The Free Press, New York, 1985.
- [4] Pietrobelli C., & Saliola F., Power relationships along the value chain: multinational firms, global buyers and performance of local suppliers. *Cambridge Journal of Economics*, бр. 32(6), 2008.
- [5] Taylor H. D., Value chain analysis: An approach to supply chain improvement in agri-food chains, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, бр. 35(10), 2005.
- [6] Beraha Isidora & Molnar Dejan, Analiza lanca vrednosti u funkciji lokalnog ekonomskog razvoja: primer IKT sektora u privredi grada Kragujevca, XXV naučni skup Regionalni razvoj i demografski tokovi zemalja jugoistočne Evrope, Ekonomski fakultet, Niš, 2020.
- [7] Lindič J. & Marques da Silva C., Value proposition as a catalyst for a customer focused innovation, *Management Decision*, бр. 49(10), 2011.
- [8] Walters D. & Lancaster G., Implementing value strategy through the value chain, *Management Decision*, бр. 38(3), 2010.
- [9] Campbell R., Key elements of the Value chain approach, Briefing paper, United States Agency for International Development, 2008.
- [10] Stimson R. J., Stough R. R., & Roberts B. H., *Regional Economic Development: Analysis and Planning Strategy*, Springer, New York, 2006.
- [11] Blakely E. J., *Planning local economic development: theory and practice*, 2nd edition, Sage Publications, Thousand Oaks, California, 1994.
- [12] Hainzer Kirt, Best Talitha Brown & Philip Hugh, Local value chain interventions: a systematic review. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 9(4), 2019. doi:10.1108/jadee-11-2018-0153
- [13] Madhovi T., Tomato Value Chain and Local Economic Development in Domboshava Area in Goromonzi Rural District Council, Zimbabwe, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 9(4), 2020. DOI: 10.21275/SR20421180148
- [14] Molnar Dejan (2011), *Lokalni ekonomski razvoj: teorija, analiza, praksa*, NIP Zrenjanin i Asocijacija novinara Banata, Agava, Zrenjanin, 2011.
- [15] International Labour Organization, *Value Chain Development*, Briefing paper 1: Combining Value Chain Development and Local Economic Development 2006.

Напомена: На бази уговора о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2021. години, средства за реализацију овог истраживања су обезбеђена од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

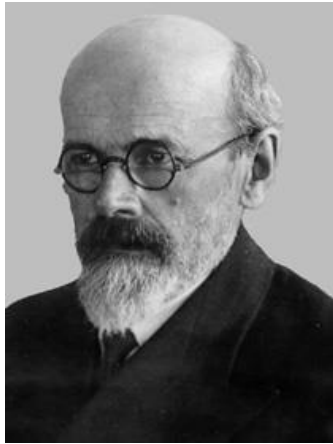
---

Адреса аутора: Молнар Дејан, ванредни професор, Универзитет у Београду – Економски факултет, Београд, Каменичка 6.

е-маил: [dejan.molnar@ekof.bg.ac.rs](mailto:dejan.molnar@ekof.bg.ac.rs)

Рад примљен: март 2021.

Рад прихваћен: април 2021.



МИЛОШ  
МАРИЋ  
(1885- 1944)

Лекар.  
Професор Руских и  
Совјетских  
медицинских  
универзитета.  
Велики истраживач.  
Творац гране  
медицине која се  
данас  
бави клонирањем.  
Велики Србин,  
родољуб и борац.

---

# KONCEPT ODRŽIVOG RAZVOJA: PREGLED I KRITIČKA ANALIZA

## *THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT: A REVIEW AND CRITICAL ANALYSIS*

BOJAN VRAČAREVIĆ  
Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet

---

### REZIME

Iako u literaturi postoje različite interpretacije i definicije održivog razvoja, ovde je sigurno reč o centralnom konceptu kako u domenu ekonomskog razvoja, tako i u sferi očuvanja životne sredine. Iako sveopšte prihvaćen, sprovođenje principa i ostvarivanje njegovih ciljeva nije se u praksi pokazalo nimalo jednostavnim. Jedan od krupnih razloga za to predstavlja neodređenost samog koncepta, odsustvo jasnog teorijskog i analitičkog okvira i konfuzija u vezi sa definisanjem adekvatnih, univerzalno prihvaćenih, indikatora. Drugi ozbiljan problem leži u suštinskom nerazumevanju odnosa prirodnih sistema i ekonomskog (pod)sistema iz koga proizilazi oštar, i naizgled nepomirljivi, sukob održivog razvoja sa tradicionalno shvatanim ekonomskim rastom, kao i poteškoće njegove odgovarajuće ekonomske interpretacije.

**Кључне речи:** održivi razvoj, ekonomski rast, zaštita životne sredine, ekološka ekonomija

### ABSTRACT

Although there are different interpretations and definitions of sustainable development in the literature, this is certainly a central concept both in the domain of economic development and in the field of environmental protection. Although generally accepted, the implementation of its principles and the achievement of its goals proved to be difficult in practice. One of the major reasons for this is the vagueness of the concept itself, the absence of a clear theoretical and analytical framework and confusion regarding the definition of adequate, universally accepted, indicators. Another serious problem lies in the essential misunderstanding of the relationship between natural systems and the economic (sub)system from which arises the sharp, and seemingly irreconcilable, conflict of sustainable development with traditionally understood economic growth, as well as the difficulties of its proper economic interpretation.

**Key words:** sustainable development, economic growth, environmental protection, ecological economics

## 1. UVOD

Iako u literaturi postoje različite interpretacije i definicije održivog razvoja, ovde je sigurno reč o centralnom konceptu kako u domenu ekonomskog razvoja, tako i u sferi očuvanja životne sredine. Ipak, ideja na kojoj se zasniva koncept održivog razvoja je relativno novije prirode. Sami koreni te ideje datiraju još od sredine 60-ih godina prošlog veka, mada su prvi pravi koraci napravljeni tek desetak godina kasnije.

Na konferenciji Ujedinjenih Nacija posvećenoj ljudskom okruženju, u Stokholmu 1972. godine, okupilo se 113 zemalja u nameri da reši probleme kiselih kiša i ekološkog zagađenja u severnoj Evropi. Dolazi do osnivanja nacionalnih agencija za zaštitu životne sredine u većem broju zemalja kao i Programa UN za životnu sredinu (*United Nations Environment Programme - UNEP*). Pored narastajućih problema ljudskog okruženja, žestoka naftna kriza iz 1970-ih godina menja način razmišljanja u vezi ograničenosti prirodnih resursa na Zemlji. Sve je to, praktično, dovelo do prekretnice koja se dogodila 1983. godine kada je UN ustanovila Svetsku komisiju za zaštitu životne sredine i razvoj (*World Commission on Environment and Development - WCED*), poznatiju pod nazivom Brundtland komisija<sup>1</sup>. Četiri godine kasnije komisija objavljuje izveštaj „Naša zajednička budućnost” (Brundtland izveštaj) u kojem se prvi put pominje termin „održivi razvoj”. Usvojena definicija - da održivi razvoj omogućava zadovoljenje postojećih potreba, a da pri tom ne ugrozi mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe i aspiracije [1] - do danas je najcitiranija. Kulminacija u promovisanju koncepta održivog razvoja ostvaruje se donošenjem dokumenta pod nazivom Agenda 21 na Svetskom samitu u Rio de Žaneiru 1992. godine, najposećenijoj međunarodnoj konferenciji do tada. U pitanju je, zapravo, plan akcija koji se mora kontinuirano sprovesti na globalnom,

nacionalnom i lokalnom nivou. Agenda 21 se sastoji od 40 poglavlja koji se detaljno bave problemima očuvanja prirodnih resursa kao i socio-ekonomskim pitanjima. U narednim godinama postaje najbitniji dokument u oblasti održivog razvoja, koji nažalost ipak nije obavezujući.

Potpisivanjem Kjoto protokola 1997. godine i donošenjem Konvencije o globalnim klimatskim promenama postavlja se okvir za smanjenje emisije GHG gasova na globalnom nivou. Tri godine kasnije dolazi do najvećeg okupljanja svetskih lidera pod okriljem Ujedinjenih Nacija. Na tom samitu se promovisu Milenijumski ciljevi razvoja (MDG) koji u sebi inkorporiraju principe održivog razvoja. Ti ciljevi su usmereni, između ostalog, na iskorenjavanje siromaštva, poboljšanje svetskog zdravlja i obezbeđivanje ekološke održivosti. Naredni Svetski samit u Johanesburgu, održan 2002. godine, samo još više utvrđuje poziciju koncepta održivog razvoja u međunarodnim okvirima. Održan deset godina nakon ključnog samita u Rio de Žaneiru (i zato neformalno nazvan „Rio+10”) okuplja sve zainteresovane strane koje zajedno procenjuju dokle se stiglo u reformama i ostvarivanju ciljeva održivog razvoja. Takođe, države članice se obavezuju da pristupe izradi nacionalnih strategija održivog razvoja, i da do 2005. godine započnu njihovu realizaciju. Nakon toga, 2012. godine, Rio de Žaneiro je ponovo domaćin velikog samita („Rio+20”) koji, između ostalog, ima za cilj da dalje obezbedi političku podršku održivom razvoju. U poslednjih dvadeset godina postignut je značajan napredak u institucionalnom smislu. Veliki broj zemalja je uvrstio održivi razvoj u svoja planska dokumenta. Ipak, uprkos tome, sprovođenje principa i ostvarivanje ciljeva održivog razvoja nije se u praksi pokazalo nimalo jednostavnim.

<sup>1</sup> Nazvana po premijerki Norveške Gro Harlem Brundtland, koja je predsedavala komisijom.

## 2. IZAZOVI DEFINISANJA NOVE PARADIGME

Svetska komisija za zaštitu životne sredine i razvoj utvrđuje da su ključni uslovi neophodni da se ostvari održivi razvoj [1]:

1. politički sistem koji omogućuje učešće civilnog društva u donošenju odluka;
2. ekonomski sistem koji omogućava razrešenje tenzija nastalih iz neravnomernog razvoja;
3. proizvodni sistem koji poštuje obavezu da se očuva ekološka baza neophodna za potrebe razvoja;
4. tehnološki sistem koji neguje održive forme trgovine i finansija;
5. fleksibilan administrativni sistem sa kapacitetom za samokorekciju.

Takođe, u istom izveštaju [1] navode se najznačajniji ciljevi održivog razvoja u koje spadaju:

1. oživljavanje ekonomskog rasta;
2. izmena kvaliteta samog ekonomskog rasta;
3. zadovoljenje osnovnih ljudskih potreba za hranom, vodom, energijom, zaposlenjem i higijenom;
4. održivi nivoi svetske populacije;
5. očuvanje i poboljšanje baze resursa;
6. preusmeravanje tehnologije i upravljanje rizikom;
7. zajedničko razmatranje ekonomije i životne sredine u procesu donošenja odluka;
8. promena međunarodnih ekonomskih odnosa.

Mebratu [2] primećuje da se sama definicija Svetske komisije za zaštitu životne sredine i razvoj bazira na dva osnovna koncepta:

1. konceptu potreba, posebno osnovnih potreba stanovništva iz zemalja u razvoju i
2. ideji ograničenosti životne sredine i njenoj nedostatnosti da, na trenutnom nivou tehnologije i društvene

organizacije, zadovolji potrebe sadašnjih i budućih generacija.

Evidentno je da održivi razvoj predstavlja interdisciplinarni koncept s širokim spektrom značenja. Iako prihvaćen, kako od država tako i od same nauke, svaka od zainteresovanih strana ima svoje jedinstveno tumačenje tog koncepta [3]. Iako može biti različito definisan i shvaćen u okviru različitih kultura, izleda da je održivi razvoj neophodan svima [4]. Pirs i dr. duhovito komentarišu da održivi razvoj zvuči dobro „poput majčinstva i pite od jabuke“ i da zapravo nema osobe koja je protiv njega [5]. Iako je ideja održivog razvoja svima privlačna, izgleda da niko nije baš apsolutno siguran šta ona zapravo predstavlja [6]. Mnogi autori ističu da je održivi razvoj u opasnosti da izgubi svaku vrednost i postane kliše, pomodna fraza kojoj svako želi da oda poštu ali niko ne može da je na jasan način definiše [7], [8]. Iako postoji pregršt šarenolikih definicija<sup>2</sup> čini se da ima previše različitih interpretacija i varijacija u praksi od kojih većina uspeva da obuhvati samo neke specifične elemente ove kompleksne problematike [2]. Očigledno je da i samo razumevanje ovog koncepta predstavlja izazov za sebe [9].

Ekonomisti često odbacuju pojam održivosti kao nejasan i loše definisan koncept, iako su, upravo mnogi ključni koncepti u samoj ekonomiji podjednako neprecizni i magloviti [10]. Tako, na primer, Dejli ističe da ukoliko ekonomisti žele da diskredituju ovaj koncept zbog toga što nije dovoljno analitičan, morali bi prvo preispitati sam pojam novca [6].

Može se reći da je baš ta neodređenost koncepta održivog razvoja omogućila njegov širok društveni, politički i naučni konsenzus. S druge strane, odsustvo jasnog teorijskog i analitičkog okvira izaziva konfuziju oko uloge i značaja ekonomskog rasta i otežava procenu efektivnosti novih propisa koji

---

<sup>2</sup> Pezi navodi čak 33 različite definicije koje su u upotrebi [18], dok Holmberg tvrdi da postoji više od 80 definicija i interpretacija održivog razvoja proisteklih iz originalne definicije Brundtland komisije [8].

imaju za cilj podsticanje ekološki i socijalno odgovornog razvoja [7]. Čini se da je u početnim fazama definisanja koncepta važno mišljenje da je „slaganje oko nejasnog koncepta mnogo bolje nego neslaganje oko jasno definisanog koncepta” [6]. Sve primedbe i kritike koje su poslednjih decenija upućivane konceptu održivog razvoja zbog njegove nejasnoće, u manjoj ili većoj meri stoje sve do danas.

Pojam održivog razvoja se primarno bazira na naizgled nepomirljivim, kontradiktornim idejama „održivosti“ i „razvoja“. Mnogi autori sam pojam održivog razvoja smatraju oksimoronom [4], [11]. Koncept održivosti fokusiran je na problematiku obnovljivih resursa i ekološke uslove neophodne za podršku i očuvanje ljudskog života na određenom nivou blagostanja. U ovom kontekstu koncept je usmeren na ekološku održivost. U sebi sadrži ideje iz literature koja se bavila ograničenjima rasta [12], [13] kao i elemente teorije Tomasa Roberta Maltusa (*Thomas Robert Malthus*) koja se, u neku ruku, može smatrati pretečom održivosti. Iako samo odbacivanje mita o izobilju nije izazvalo mnogo nesuglasica, odbacivanje progresa okarakterisano je kao mračan pogled na budućnost [14]. Pezoli ističe da pojam „održivost” nosi jednu ideološku i političku konotaciju, barem u istoj meri u kojoj i ekonomski i ekološki sadržaj [15].

S druge strane, razvoj je često definisan u okvirima poboljšanja kvaliteta života i standarda življenja. Neoklasična ekonomija razvoj tretira kao povećanje društvenog blagostanja mereno ekonomskim autputom koji ne podrazumeva nužno rast izražen fizičkim jedinicama. Na taj način, pokušava se negirati, ili barem ublažiti, kontradiktornost između održivosti i razvoja [7].

Lele [7] navodi dva argumenta koja idu u prilog da se ekonomski rast može smatrati operativnim ciljem u kontekstu održivog razvoja. Prvi se odnosi na tezu da ne postoji suštinska kontradikcija između ekonomskog rasta i održivosti jer se rast ekonomske aktivnosti može javiti paralelno sa

poboljšanjem ili pogoršanjem kvaliteta životne sredine. Drugi argument se tiče osnovne pretpostavke održivog razvoja – da je siromaštvo jedan od glavnih uzroka degradacije životne sredine. Stoga, smanjenje siromaštva, kao posledice razvoja, direktno pomaže postizanju ekološke održivosti. Ova dva argumenta naglašavaju dugoročnu međuzavisnost ekonomskog razvoja i kvaliteta životne sredine.

Pojam održivosti se vrlo teško probijao u okviru ekonomske teorije budući da se ekonomija već više od pola veka uglavnom bavila ekonomskim rastom, kao i zbog oštre kolizije koja postoji između ciljeva ekonomskog i održivog razvoja. Jednostavno, svet bez ekonomskog rasta je bio politički nezamisliv [16]. Sam pojam ekonomskog rasta je podrazumevao rast makroekonomskih agregata kao što su bruto domaći proizvod (BDP) ili bruto nacionalni proizvod (BNP) koji, ipak, nisu obuhvatali aspekte poput životne sredine ili socijalne jednakosti.

Mnogi ekonomisti, s potpunim pravom, tvrde da je BDP pogrešan indikator za merenje održivosti, pa i blagostanja<sup>3</sup>. Ovaj pokazatelj, jednostavno, ne pokazuje društvene i ekološke troškove ekonomskog progresa. Metodološki posmatrano, BDP čak, potpuno asurdno, računa troškove zaštite od zagađenja kao i saniranja zagađenja (*defensive expenditures*, eng.) kao stavku koja povećava njegov ukupan iznos [6]. Ipak, uprkos ovim, vrlo značajnim, nedostacima teško je ovaj pokazatelj zameniti nekim drugim koji u sebi sadrži društvene i ekološke aspekte, a da je istovremeno jednostavan za razumevanje i upotrebu poput BDP-a. Čak je i sam pokušaj definisanja održivosti u kontekstu BDP-a problematičan, budući da na taj način dolazi do zamene, suštinski različitih, pojmova kvantitativnog rasta i kvalitativnog razvoja.

---

<sup>3</sup> Herman Dejli (*Herman Daly*) i Džon Kob (*John B. Cobb*) krajem 1980-ih godina razvijaju i predlažu Indeks održivog ekonomskog blagostanja (*Index of Sustainable Economic Welfare - ISEW*) kao podesniju meru društveno-ekonomskog razvoja.

Razlikovanje pojmova rasta i razvoja, koji se često (pogrešno) koriste kao sinonimi, neophodno je za potpuno razumevanje koncepta održivog razvoja. U ekonomskoj teoriji razvoj predstavlja mnogo širu kategoriju koja, osim što obuhvata sam kvantitativno izražen rast, pretpostavlja i određena kvalitativna prilagođavanja. Promena paradigme ka održivom razvoju pretpostavlja promenu ekonomske norme kvantitativnog izražavanja (rast) u kvalitativno poboljšanje (razvoj). Naravno, ova promena nailazi na otpor mnogih ekonomskih i političkih institucija koje se plaše „nečeg tako finog i izazovnog kao što je kvalitativni razvoj” [6].

Održiva ekonomija u jednom trenutku zapravo mora da stane sa rastom i da nastavi sa razvojem. Osnovna ideja održivosti jeste promena shvatanja ideje „progresna” od logike rasta, koji nije održiv, ka logici razvoja, koji ima mogućnosti da bude održiv [16].

Ekonomska aktivnost, kakva preovlađuje danas u svetu, izaziva skoro sve probleme koji se tiču životne sredine. Postavlja se pitanje zašto je to slučaj. Sve dominantne ekonomske teorije su razvijene pre više decenija, u vreme kada je glavni problem bio kako efikasno transformisati prirodne resurse u fizički kapital. Danas, u okolnostima kada je limitiranost prirodnih resursa dobila na značaju, ove teorije su u velikom neskladu sa realnošću.

Problemi koji proizilaze iz ovog nesklada su mnogobrojni. Najkrupniji među njima se odnose na sledeće oblasti:

1. sfera ekonomije se smatra odvojenom i nezavisnom od sfere prirode. S obzirom na ekonomski cilj neograničenog povećanja autputa, jasna je nekompatibilnost sa ograničenim resursima prirodnih sistema;
2. troškovi zagađenja koji se javljaju u procesu proizvodnje su označeni kao „eksterni efekti” i vrlo često su potpuno ignorisani i prebačeni na buduće generacije;

3. putem maksimiziranja neto sadašnje vrednosti, kao dominantnog metoda za donošenje ekonomskih odluka, vrši se takva raspodela koristi i troškova koja, zbog diskutabilnog izbora vrednosti diskontne stope, favorizuje sadašnje generacije u odnosu na buduće [17].

Za razliku od klasične ekonomije, neoklasična ekonomska teorija se zasniva na parametrima koji nisu fizičke prirode (poput tehnologije, preferencija itd.), dok se, s druge strane, bavi time kako fizičke varijable proizvedenih roba i iskorišćenih resursa prilagoditi tako da se uklupe u ravnotežu koju uspostavljaju pomenuti parametri koji nisu fizičke prirode.

Nasuprot tome, koncept održivog razvoja se temelji na fizičkim parametrima i bavi se problemom kako da varijable koje nisu fizičkog karaktera uklupi u ravnotežu s kompleksnim biofizičkim sistemom. Iz toga sledi da su fizički parametri dati, dok su parametri koji nisu fizičke prirode varijable. Stoga je paradigma održivog razvoja više nalik klasičnoj nego neoklasičnoj ekonomiji budući da se to prilagođavanje obavlja putem kvalitativnog razvoja, a ne kvantitativnog rasta [6].

Prethodno analizirani modeli rasta nisu se, niti eksplicitno niti implicitno, bavili prirodnim resursima tj. nisu ni na koji način analizirali odnos između ekonomije i životne sredine. Postoje dva glavna aspekta ovog odnosa: prvo, proces proizvodnje se neizostavno zasniva na eksploataciji prirodnih resursa, i drugo, ekonomski procesi imaju za efekat stvaranje zagađujućih tokova usmerenih natrag u životnu sredinu. Oba ova pitanja imaju ključan uticaj na postizanje pozitivnih stopa ekonomskog rasta i na narušavanje ljudskog blagostanja u najširem mogućem smislu.

Očigledno je, dakle, da prirodni resursi nisu oduvek bili sastavni deo modela ekonomskog rasta. Sve do 1960-ih godina (i buđenja ekološke svesti) smatralo se da je ekonomski autput zahtevao samo kapital, rad i tehnološki input. U takvim okolnostima



nije bilo nikakve potrebe razmišljati o problemu održivosti [18].

Uključivanje prirodnih resursa kao proizvodnih inputa ima nesagledive posledice na parametre modela ekonomskog rasta, budući da su prirodni resursi (sem retkih izuzetaka poput sunčeve svetlosti) količinski ograničeni. Neki od njih su obnovljivog, a neki neobnovljivog karaktera. Upravo ta ograničenost i neobnovljivost prirodnih resursa predstavlja kritičnu prepreku koja onemogućava argumentovanu raspravu o neograničenom ekonomskom rastu i čak obesmišljava takav teorijski koncept [19].

Za razliku od klasične ekonomije, tradicionalna neoklasična ekonomija posmatra ekonomiju kao zatvoren sistem. Tek pre nekih pet decenija javljaju se radovi koji, iako u određenim aspektima rudimentarni, po prvi put razmatraju problem međuzavisnosti ekonomskog rasta i životne sredine postavljajući na taj način temelje danas vrlo aktuelne problematike (videti: „Oskudnost i rast: ekonomija raspoloživosti prirodnih resursa“ [12] i „Ograničenja rasta“ [13]). Od 1970-ih godina počinje da se vodi ozbiljna debata o tome da li će kontinuirani ekonomski rast neizostavno dovesti do ozbiljne degradacije životne sredine na globalnom nivou. Tokom 80-ih godina prošlog veka literatura koja se bavi razvojem i literatura koja se bavi očuvanjem životne sredine počinju da se približavaju jedna drugoj, preplićući teme svojih istraživanja [9]. Mnogi ekonomisti tada uviđaju da ekonomija mora biti posmatrana kao otvoren sistem koji počiva na korišćenju resursa iz prirode i na vraćanju otpada natrag u životnu sredinu.

Postavlja se vrlo razumno pitanje – koje veličine treba da je ekonomski podsistem u odnosu na ukupan sistem, tj. koliko on može da naraste pre nego što počne da narušava funkcionisanje celog sistema? Upravo je to isticanje konflikta između ekonomskog sistema i sistema životne sredine dovelo do rađanja koncepta održivog razvoja. Ovako definisan pojam u sebi podjednako sadrži i

problematiku održivosti i problematiku razvoja.

Pitanje održivosti je uvek zauzimalo centralno mesto u ekonomiji prirodnih resursa upravo zbog postojanja opasnosti njihovog iscrpljivanja. Biološki resursi, kao što su šume, predstavljaju resurse čija se upotreba mora optimizirati na dugi rok. Cilj je obezbediti maksimalni održivi prinos, tj. maksimalnu potrošnju resursa iz raspoložive količine resursa u neograničenom vremenu. Osnovni problem proizilazi upravo iz ekonomskih principa koji pretpostavljaju maksimiziranje profita, čime se izaziva nekontrolisano iscrpljivanje ovih resursa [20].

Iako pitanja održivosti delom potiču iz korpusa neoklasične teorije (tj. kritike procesa rasta) mnogi teoretičari i ekonomisti se pitaju da li su neoklasični koncepti metodološki uopšte adekvatni u kontekstu održivog razvoja [18].

### **3. MULTIDIMENZIONALNOST KONCEPTA – OGRANIČENJE ILI VRLINA?**

Održivi razvoj se vrlo često interpretira u uskom smislu tj. kao problematika vezana za očuvanje prirodnih resursa i životne sredine. Međutim, nepoštovanje koncepta održivosti vodi ka neefikasnom privrednom razvoju, tj. sve većem rasipanju resursa i energije. Održivi razvoj treba posmatrati na način u kom su ekonomski, socijalni i ekološki ciljevi zapravo komplementarni, sa mnoštvom kompleksnih međusobnih veza. Shodno tome, održivi razvoj je moguć samo kada se ostvaruje preklapanje ciljeva iz ove tri navedene grupe. Naravno, za tu ravnotežu, od ključnog značaja su i politički procesi u jednoj zemlji, koji moraju predstavljati podršku tim ciljevima.

Pozitivna stopa ekonomskog rasta nam, na primer, ne govori ništa o raspodeli. Intenziviranje procesa globalizacije 1990-ih godina, i nejednakosti na svetskom nivou koju je ona izazvala, zaoštrilo je aktuelnost socio-ekonomskih problema. Danas se često isticke da razvoj mora biti pametan, održiv i

inkluzivan tj. da se pored ekonomskog aspekta mora u podjednakoj meri uzeti u obzir i socijalna i ekološka dimenzija.

Većina autora prepoznaje postojanje tri važna aspekta održivog razvoja:

1. ekonomski aspekt,
2. ekološki aspekt i
3. socio-kulturni aspekt.

Drugim rečima, pravi održivi razvoj obezbeđuje stabilne ekološke sisteme, društvenu pravednost i ekonomsku stabilnost.

Održivi ekološki sistemi prvenstveno moraju održati stabilnu bazu resursa, zatim izbeći iscrpljivanje neobnovljivih resursa, preteranu eksploataciju obnovljivih resursa kao i narušavanje sposobnosti životne sredine da apsorbuje otpadne materije. Ovo uključuje i čist vazduh, plodno zemljište, očuvanje biodiverziteta, energetske sigurnost kao i mere za izbegavanje klimatskih promena.

Održivi društveno-politički sistemi pretpostavljaju ravnopravnost između polova, zatim između ljudi različitih nacionalnosti, religijskih uverenja kao i toleranciju među pojedincima i grupama tj. eliminaciju siromaštva i svih vidova socijalne nejednakosti. Takođe, u njima mora postojati politička odgovornost i participacija [21].

Održivi ekonomski sistemi (u idealnim uslovima) se zasnivaju na ideji da se svakoj osobi na svetu omogući pristup robama i uslugama koji su bitni za njihovo fizičko i psihičko zdravlje [22]. U skladu s tim, postizanje održivosti u ekonomskom smislu pretpostavlja ostvarenje kontinuiranog privrednog rasta, bez inflacije i povećanja spoljne zaduženosti.

Ovako definisana multidimenzionalnost koncepta izaziva problem u balansiranju pojedinih ciljeva, kao i poteškoće u ocenjivanju uspeha ili neuspeha u njihovom ostvarivanju.

Model održivog razvoja je najčešće prikazan kao presek ekonomije, društva i životne sredine u kome su ove tri oblasti

međusobno povezane i predstavljene jednakim prstenovima. Ipak, mnogi autori kritikuju ovaj klasičan model smatrajući da u sebi sadrži značajna ograničenja i slabosti s obzirom da pretpostavlja izraženu autonomiju ova tri entiteta. Odvojenost ekonomije, društva i životne sredine dopušta pravljenje kompromisa između ovih oblasti u skladu sa 'mekim' pristupom održivom razvoju, po kome je dozvoljeno zameniti prirodni kapital stvorenim [23]. Stoga, Gidings i dr. predlažu model u kome je ekonomija smeštena tek kao deo jednog šireg okvira – društva, a društvo deo - životne sredine [3]. Sličan pristup ima i Mebratu, koji je formalizovan u njegovom modelu tzv. kosmičke međuzavisnosti [2], [24].

Postizanje održivog razvoja pretpostavlja prekidanje dva začarana kruga. Jedan krug ilustruje način kako najsiromašniji slojevi, boreći se za goli opstanak, izazivaju degradaciju životne sredine i iscrpljivanje prirodnih resursa. Drugi začarani krug se odnosi na uticaj razvoja na izmenu globalne klime, zagađivanje prirode i preterano korišćenje resursa [25].

Evidentno je da održivi razvoj zahteva reinterpretaciju elemenata ekonomske teorije, budući da uključuje ekološku<sup>4</sup> i socijalnu dimenziju. U pitanju je redefinisane fundamentalnih teorijskih okvira i koncepata u ekonomiji, poput kapitala, štednje, investicija i ekonomskog rasta [10].

Jedan od najvećih problema u ekonomskoj interpretaciji održivog razvoja tiče se upotrebe postupka diskontovanja koji se koristi kako bi se izračunala 'sadašnja vrednost' troškova i koristi tokom vremena. Prihvatimo li ovu metodu u svrhe poređenja vrednosti potrošnje u različitim vremenskim periodima, održivost nije ništa drugo do efikasna alokacija resursa [10], [21]. Problem je što odluka o diskontnoj stopi, koja je ključna za izračunavanje sadašnje

---

<sup>4</sup> U nekoj meri ekološka održivost može biti izražena u ekonomskim okvirima (npr. kroz internalizaciju ekoloških troškova) ali potpuno inkorporiranje principa održivosti zahteva mnogo širi i kompleksniji pristup.

vrednosti, često potpada pod uticaj preferencija sadašnjih, na štetu budućih generacija.

Haris navodi da je pri diskontnoj stopi od 10% vrednost od million dolara za sto godina jednaka vrednosti od današnjih 72 dolara, te tako proizilazi da je budućim generacijama nametnut trošak od milion dolara zarad sadašnje potrošnje od 72 dolara. Tako je nanošenje štete životnoj sredini prihvatljivo iz ugla ekonomske efikasnosti [21]. Kritične oblasti su, znači, negativni uticaji na životnu sredinu dugoročnog karaktera (poput emisije GHG gasova). Favorizovanje sadašnjosti u odnosu na budućnost je još lakše pravdati u siromašnim državama, čiji stanovnici žive u veoma lošim materijalnim i zdravstvenim uslovima [4].

Iako se diskontovanje može vrlo lako pripisati racionalnom razmišljanju, po kome ljudi više vrednuju sadašnju u odnosu na buduću potrošnju, ovakav pristup predstavlja tzv. društvenu zamku (*social trap*, eng.). Drugim rečima, ponašanje pojedinaca motivisano razlozima kratkoročne prirode, u potpunom je neskladu sa dugoročnim interesima društva [26].

U cilju postizanja međugeneracijske pravičnosti izgleda da je neophodno uvesti neka jasna pravila koja se tiču zagađenja životne sredine i iscrpljivanja resursa. Odgovor, zapravo, leži u pristupu po kome se u različitim okolnostima mogu koristiti različite diskontne stope. Diskontna stopa koja se koristi za vrednovanje prirodnog kapitala mora biti znatno niža od tržišnih stopa koje se primenjuju u procesu donošenja privatnih investicionih odluka [10]. Zapravo, u nekim slučajevima odluka se može jednostavno prepustiti tržišnom mehanizmu, dok se u drugim slučajevima preporučuje pristup koji izlazi van neoklasičnog ekonomskog modela i kojim se čuvaju ključni resursi i prirodne funkcije. Na taj način očuvan je značaj koncepta održivosti koji tako postaje nezavistan od standardne neoklasične teorije i oslanja se na normativno donošenje odluka od strane društva, što je fundamentalna promena ekonomske paradigme [10].

Hjort i Bageri posmatraju održivi razvoj kao beskrajn proces koji nije definisan ni fiksnim ciljevima, niti konkretnim sredstvima za njihovo ostvarivanje već pristupom kojim se kreira promena. Pitanja održivog razvoja se ne odnose samo na pojedinačne resurse, već na sve resurse posmatrane zajedno u interakciji s ljudima i kapitalom. Stoga, autori kritikuju tradicionalni fragmentirani i mehanicistički naučni pristup kao neadekvatan da se izbori s kompleksnom problematikom održivog razvoja. Klasična nauka rešava probleme tako što se fokusira na njihove izolovane elemente uz pretpostavku da su problemi dobro definisani. Umesto nje neophodna je paradigma zasnovana na sistemskom razmišljanju, dinamičkoj analizi koja je u svojoj biti transdisciplinarna [27].

Nauka o životnoj sredini daje značajan doprinos problematici održivog razvoja uvodeći pojam entropije u analizu. Entropija predstavlja meru u kojoj je materija-energija raspoloživa za ljudsku upotrebu s tim da izvori niske entropije imaju veći potencijal od izvora visoke entropije [15]. Sam ekonomski proces je entropijski, odvija se potrošnja sirovina niske entropije (npr. fosilnih goriva) i stvaranje otpada visoke entropije koji se vraća u životnu sredinu [28]. Proces industrijalizacije je presudno uticao na to da, umesto energije koja dolazi od Sunca, sada svet zavisi pretežno od neobnovljivih izvora energije [29]. Ipak, ovakvi stavovi neretko nailaze na nerazumevanje neoklasičnih ekonomista. Solou, na primer, tvrdi da entropija nema neposredan praktični značaj za ekonomsku nauku [30].

Naposletku, kako bismo bili u stanju da ocenimo kvalitet ekonomskog, ekološkog i socijalnog razvoja neophodni su jednostavni i precizno definisani indikatori. Naravno, oblast održivog razvoja se, zbog svoje interdisciplinarnosti, nužno oslanja na kombinaciju indikatora iz različitih sfera. Njihovo poređenje zahteva konvertovanje u ekonomski izražene troškove i koristi. Već do početka prošle decenije zabeleženo je više od 500 pokušaja razvijanja

kvantitativnih indikatora održivog razvoja. Milenijumski ciljevi razvoja, na primer, predstavljaju jedan set često korišćenih kvantitativnih indikatora održivog razvoja na globalnom, nacionalnom i regionalnom nivou. Međutim, zbog neodređenosti i kompleksnosti održivog razvoja kao i nejasnoća oko njegove terminologije, podataka i metoda merenja, još uvek ne postoji univerzalno prihvaćeni set indikatora podržan na ubedljiv način od strane teorije koji je uticajan u praksi [31].

#### 4. ZAKLJUČAK

U poslednjih pola veka, ekonomski rast i razvoj je, uz eksplozivni rast svetske populacije, doveo do, ranije nezabeleženih, posledica po životnu sredinu. U pitanju su ugrožavanje biodiverziteta, izmene globalne klime, kao i iscrpljivanje energetskih i drugih prirodnih resursa, koji često nastaju kao nus-proizvodi ekonomske aktivnosti.

Upravo je ova problematika dovela, prvo do rađanja, a kasnije i do ogromne popularizacije koncepta održivog razvoja, koji je, između ostalog, usmeren na usaglašavanje ciljeva ekonomskog rasta i očuvanja životne sredine. Međutim, relativna neodređenost i uopštenost ovog koncepta (koja je i omogućila njegovu primenjivost u mnogim oblastima), uslovlila je teškoće u prevođenju principa održivog razvoja iz teorije u praksu.

S jedne strane, u stručnoj literaturi imamo, potpuno opravdane tvrdnje, da je ekonomski razvoj nekompatibilan sa konceptom održivog razvoja, dok na drugoj strani postoji stav da se teorijski okvir neoklasične ekonomije, ipak, može prilagoditi kako bi uzeo u obzir degradaciju životne sredine.

Čini se da Pandorinu kutiju predstavlja suštinska nekompatibilnost dva osnovna sistema – (starijeg) fizičkog sistema materije i energije, s jedne, i (novijeg) ekonomskog sistema, s druge strane. Imajući u vidu da ekonomski sistem teži da eksponencijalno raste, a da fizički sistem, s obzirom na svoja inherentna ograničenja, nije u takvoj mogućnosti, javlja se veliki raskorak iz koga,

praktično, proizilaze svi gorući problemi današnjice.

Sve do pre nekoliko decenija, granice ekonomskog rasta su više bile pod uticajem tehnologije i znanja neophodnog za eksploataciju i korišćenje prirodnih resursa, nego pod uticajem njihove ograničenosti. Evidentno je da su prirodni resursi, posmatrano na dugi rok, glavni ograničavajući faktor ekonomskog rasta, i da, stoga, njihova produktivnost mora biti maksimizirana. U ovom kontekstu, ključno pitanje predstavlja, upravo, veza između održive upotrebe resursa i ekonomskog rasta.

#### 5. LITERATURA

- [1] World Commission on Environment and Development, *Our common future*. New York: Oxford University Press, 1987.
- [2] D. Mebratu, "Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review," *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 18, no. 6, pp. 493–520, 1998, doi: 10.1016/S0195-9255(98)00019-5.
- [3] B. Giddings, B. Hopwood, and G. O. Brien, "Environment, Economy and Society: Fitting Them Together into Sustainable Development," *Sustain. Dev.*, vol. 10, pp. 187–196, 2002, doi: 10.1002/sd.199.
- [4] B. Redclift, "Sustainable Development (1987-2005): An Oxymoron Comes of Age," *Sustain. Dev.*, vol. 13, pp. 212–227, 2005.
- [5] D. Pearce, A. Markandya, and E. Barbier, *Blueprint for a Green Economy*. London: Earthscan, 1989.
- [6] H. E. Daly, *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Boston: Beacon Press, 1996.
- [7] S. M. Lele, "Sustainable Development: A Critical Review," *World Dev.*, vol. 19, no. 6, pp. 607–621, 1991.
- [8] J. Holmberg, *Policies for a small planet*. London: Earthscan, 1994.
- [9] J. Overton, *An introduction to sustainable development: The developing world*, vol. 12, no. 1. 1996.

- [10] J. M. Harris, Timot. A. Wise, K. P. Gallagher, and N. R. Goodwin, Eds., *A Survey of Sustainable Development: Social and Economic Dimensions*. Washington, DC: Island Press, 2001.
- [11] H. Daly, "Sustainable growth: a bad oxymoron," *Grassroots Dev.*, vol. 15, no. 3, 1991.
- [12] H. J. Barnett and C. Morse, *Scarcity and Growth: The Economics of Natural Resource Availability*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1963.
- [13] D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers, and W. W. Behrens III, *The Limits to Growth*. New York: Potomac Associates - Universe Books, 1972.
- [14] R. B. Norgaard, "Sustainable Development: A Co-Evolutionary View," *Futures*, vol. 20, no. 6, pp. 606–620, 1988.
- [15] K. Pezzoli, "Sustainable development: A transdisciplinary overview of the literature," *J. Environ. Plan. Manag.*, vol. 40, no. 5, pp. 549–574, 1997, doi: 10.1080/09640569711949.
- [16] H. E. Daly, *Ecological economics and sustainable development, Selected Essays of Herman Daly*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2007.
- [17] B. D. Batker and D. Cosman, "Sustainability through a new economic paradigm for the 21 st century," pp. 1–3, 2010.
- [18] J. Pezzey, *Sustainable Development Concepts: An Economic Analysis*. Washington, D. C.: The World Bank, 1992.
- [19] R. Perman and D. I. Stern, "Sustainable Development, Growth Theory, Environmental Kuznets Curves, and Discounting," in *Economics interactions with other disciplines*, vol. I, Paris: UNESCO - Encyclopedia Life Support Systems, 2002.
- [20] F. Vivien, "Sustainable development: An overview of economic proposals," *S.A.P.I.E.N.S.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2008.
- [21] J. M. Harris, "Basic Principles of Sustainable Development," Tufts Univ., no. June, p. 26, 2000, doi: 10.1016/S0959-6526(01)00061-0.
- [22] O. Schwarz-Herion and A. Omran, *Strategies Towards the New Sustainability Paradigm Managing the Great Transition to Sustainable Global Democracy*. New York: Springer, 2015.
- [23] E. Neumayer, *Weak Versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 1999.
- [24] D. Mebratu, *Sustainability as a Scientific Paradigm*. Lund: International Institute for Industrial Environmental Economics, 1996.
- [25] P. P. Rogers, K. F. Jalal, and J. A. Boyd., *An introduction to sustainable development*. London: Glen Educational Foundation, Inc, 2008.
- [26] R. Costanza and H. E. Daly, "Toward An Ecological Economics," *Ecol. Modell.*, vol. 38, pp. 1–7, 1987.
- [27] P. Hjorth and A. Bagheri, "Navigating towards sustainable development: A system dynamics approach," *Futures*, vol. 38, no. 1, pp. 74–92, 2006, doi: 10.1016/j.futures.2005.04.005.
- [28] H. E. Daly, "The Economic Growth Debate : What Some Economists Have Learned But Many Have Not'," pp. 323–336, 1987.
- [29] N. Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge: Harvard University Press, 1971.
- [30] H. E. Daly, "Reply To Solow/Stiglitz," *Ecol. Econ.*, vol. 22, no. 3, pp. 271–273, 1997.
- [31] T. M. Parris and R. W. Kates, "Characterizing and Measuring Sustainable Development," *Annu. Rev. Environ. Resour.*, vol. 28, no. 1, pp. 559–586, 2003, doi: 10.1146/annurev.energy.28.050302.105551.

---

Adresa autora: Doc. dr Bojan Vračarević,  
 Geografski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Studentski  
 trg 3/3, 11000, Beograd, Srbija  
 e-mail: bojanvracarevic@gmail.com  
 Rad primljen: mart 2021.  
 Rad prihvaćen: april 2021

# ИЗБЕГАВАЊЕ ПОРЕСКЕ ОБАВЕЗЕ КОД ПОРЕЗА НА ДОДАТУ ВРЕДНОСТ

## AVOIDANCE OF TAX LIABILITY WITH VALUE ADDED TAX

РАДОВАН ДАМЊАНОВИЋ<sup>1</sup>

МИЛАН МИХАЈЛОВИЋ<sup>2</sup>

ЗОРАН ВАСИЋ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Војна академија, Универзитет одбране у Београду

<sup>2</sup>Висока школа модерног бизниса, Београд

<sup>3</sup>Висока школа за менаџмент и економију, Крагујевац

### РЕЗИМЕ

Транзиција и криза избацују у први план проналажење „рупа у закону“ и коришћење свих могућности да се не плате обавезе, а пре свега обавезе према држави. Ради решења проблема морају се посебно идентификовати порески обвезници који оснивају фирме са минималним улозима, а потом обављају послове који се изражавају у милионским износима. Још је већи проблем у томе што се многе такве фирме брзо затварају или на други начин трансформишу, мењајући седиште или власника, а држава често остане ускраћена за своје приходе.

**Кључне речи:** порез, пореска власт, порез на додату вредност, пореска утаја.

### ABSTRACT

The transition and the crisis bring to the forefront the finding of "holes in the law" and the use of all possibilities not to pay obligations, and above all obligations to the state. In order to solve the problem, taxpayers who establish companies with minimal investments must be identified, and then perform jobs that are expressed in millions. An even bigger problem is that many such companies are rapidly closing down or otherwise transforming, changing their headquarters or owner, and the state is often deprived of its revenues.

**Key words:** tax, tax authority, value added tax, tax evasion.

### 1. УВОД

Привредно друштво је правно лице основано са циљем како оставривања, тако и максимизирања добити. Лице ће статус стећи регистрацијом у Агенцији за привредне регистре – АПР-у, а на основу прописа којима се уређује начин уписа у АПР[1]. Друштва могу бити организована као друштва лица у ово групу спадају

ортачко и командитно друштво и друштва капитала која обухватају друштва са ограниченом одговорношћу и акционарска друштва. Регистрацијом код Агенције за привредне регистре, субјекти добијају порески идентификациони број (ПИБ), исти ће одредити Пореска управа. Доделом ПИБ-а привредна друштва су регистрована у регистру пореских обвезника. Као порески обвезници

привредна друштва су обавезна да, у складу са пореским прописима[2], обрачунавају и плаћају доспеле пореске обавезе[3]. У пореском систему Србије најзначајнији порези су: порези на имовину[4], порези на потрошњу[5], порези на доходак грађана и добит правних лица. Порез на додату вредност (ПДВ) је најиздашнији порески облик у пореском систему Србије[6], а наплаћују га Управа царина и Пореска управа као управе у саставу Министарства финансија.

## **2. ПАРТИЦИПИРАЊЕ ПДВ-А У УКУПНИМ ПРИХОДИМА БУЏЕТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ**

Буџетом Републике Србије уређују се приходи Републике. Законом о буџету[7] за 2020. годину планирани су укупни приходи у износу од 1.244.821.031.000,00 динара. Од планираног износа укупних прихода на приходе по основу пореза отпада 85,50% или 1.064.300.000.000,00 динара. ПДВ, као најиздашнији порески облик у држави, у пореским приходима партиципира са 53,16% или 565.800.000.000,00 динара од укупних прихода за претходну, 2020.годину. Планирани ПДВ из увоза износи 439.600.000.000,00 динара или 77,70%, а планирани ПДВ од промета у земљи износи 126.200.000.000,00 динара, или 22,30%.

ПДВ се обрачунава и плаћа у свакој фази промета у Републици и приликом увоза. Обвезници овог пореза су сви учесници у производњи и промету који испуњавају законом прописане услове оствареног или планираног промета и увозници. Утврђивање ПДВ-а може се вршити применом директне и индиректне методе.

Директна метода обрачуна ПДВ састоји се у утврђивању износа који је додат у конкретној ситуацији на износ цене коштања (производна или набавна), као основицу, на коју се примењује прописана пореска стопа[8].

У Србији су прописане две пореске стопе, и то: општа у износу 20% и посебна у износу од 10%[9].

Индиректна метода подразумева обрачун пореза тако што се у свакој фази обрачунава додата вредност применом прописане пореске стопе на укупну вредност производа (набавна цена без ПДВ, увећана за додату вредност у конкретној фази), па се од тако добијеног износа одузме обрачунати порез у претходној фази промета исказан у фактури добављача или плаћен по решењу царинског органа. Овај начин обрачуна ПДВ примењује се у Републици Србији. У складу са тим, порески обвезници у сваком обрачунском периоду сачињавају пореску пријаву на Образцу ПП-ПДВ коју су обавезни да поднесу Пореској управи не касније од 15 дана по истеку предвиђеног периода. Уз образац ПП-ПДВ лице је дужно да надлежним државним органима, достави и преглед на који је начин обрачунат ПДВ. У случају да исти није саставни део ПП-ПДВ, државни органи ће сматрати да пореска пријава није поднета [10].

Порески период за подношење пореске пријаве може бити календарски месец и календарско тромесечје (квартал).

Посебан статус при плаћању ПДВ-а имају обвезници који се одреде за плаћање ПДВ по наплаћеном потраживању за продата добара, а по раније датом одобрењу надлежних државних органа, у овом случају Пореске управе. У случају када обвезник ПДВ није успео да наплати потраживање за продата добра или услуге, то га неће ослободити да плати насталу обавезу ПДВ-а за период у коме је истекао рок од шест месеци[10].

Порески обвезници подносећи пореску пријаву, Образац ПП-ПДВ, сами утврђују своју обавезу по систему самоопорезивања.

Пореска управа пореску пријаву евидентира, исказујући задужење пореског обвезника у пореском



књиговодству, с тим што, мора да се поступи по члану 123. Закона о ПППА („Службени гласник РС“, бр. 80/2002 ... 86/2019), где ће се у поступку пореске контроле проверава исправност пријаве и у њу унетих података.

Пореска контрола представља скуп радњи које обавља Пореска управа ради утврђивања тачности, као и усаглашености пореске пријаве са другим прописима као и других евиденцијама обвезника битних за утврђивање стварне обавезе пореског обвезника: Биланс стања, Биланс успеха, Биланс токова готовине, Извештај о променама на капиталу, обрачун капиталних добитака и губитака, обрачун трошкова и прихода по основу трансферних цена, преглед обрачуна ПДВ и друге евиденција[11]. Ове евиденције се односе на извршен увоз и извоз, остварен промет преко текућег рачуна код пословне банке, податке из пореског информационог система.

У поступку када Пореска управа крене у раније поменуто утврђивање исправности пореске пријаве, она ће без присуства обвезника, тј. самостално проверавати тачност и исправност пореске пријаве и извештаја који су поднети са њом Пореској управи[10]. Онда када Пореска управа констатује пропусте, дужна је да са истим упозна обвезника, а он је у обавези да исте одклони, у колико то не учини, Пореска управа то евидентира као да лице уопште и није поднело пријаву.

У поступку када обвезник буде предмет пореске контроле, у обавези је да партиципира у истом и пружи све потребне информације лицима која врше контролу. Порески инспектор је увек када се у поступку контроле утврде значајне неправилности, када му нису јасне неке радње пореског обвезника, када се по попису утврде вишкови и мањкови и сл. дужан да од пореског обвезника захтева обавештења и изјаву, а одговори могу бити писмени или усмени. Неизвршавање наведених обавеза од стране обвезника

неће одгодити контролу, а при том, обвезник може сносити консеквенце[12]. Овлашћено лице може од запослених као и од обвезника тражити документацију и друге битне информације, како би стекао правилну слику о предмету контроле. Сва лица која су предмет контроле, дужна су да поступају по захтеву инспектора. Све неправилности које констатује лице у поступку контроле, констатује решењем, а обвезник је у обавези да их отклони.

У току контроле предметне ствари, овлашћено лице може одузети робу обвезнику[10]:

1) онда када сумња да је роба или други материјал прибављен, а да за исти није измирен порез или када су роба или неки други материјални пробављени мимо прописа којима се уређује та област, а не постоје документовани докази како је предмет контроле прибављен; нпр., када порески обвезник не поседује веродостојан документ о набавци робе (отпремница, фактура, ЈЦИ приликом увоза и сл.), односно када нема доказ о набавци робе са плаћеним порезом.

2) онда када се врши продаја робе, а приликом регистрације обвезника у АПР-у, та делатност није регистрована-уписана;

3) онда када обвезник производи робу или врши њену продају, а то се не евидентира правилно у пословним књигама;

4) онда када се роба превози од тачке А до тачке Б (транспортје), а за исту не постоји потребна документација;

5) онда када се промет роба врши мимо просторија предвиђених за ту намену или другог места које је одредио за продају надлежни орган.

Ради заштите фискалног интереса државе и остваривања планираних пореских прихода основана је посебна организациона јединица у саставу Пореске управе – Пореска полиција. Пореска полиција би својим радом требало да допринесе ефикаснијој борби против криминалитета у области јавних прихода, односно у сузбијању пореске

евазије. Задатак пореске полиције је откривање дела која имају карактер кривичних у пореском домену као и лица која исти почине. Пореска кривична дела су кривична дела која као могућну последицу имају потпуно или делимично избегавање плаћања пореза, сачињавање или подношење фалсификованог документа од значаја за опорезивање, угрожавање наплате пореза и пореске контроле, недозвољен промет акцизних производа и друге назакономите радње које су у вези са избегавањем и помагањем у избегавању плаћања пореза[13]. Инспектор пореске полиције на основу закона има право да саслуша лице за које се муња да је дело починило. Када пореска полиција у пореском поступку предузима радње које имају одлике принуде, непосредно сарађује са органом унутрашњих послова. Пореска полиција до сазнања долази на основу извештаја пореских инспектора који су обавезни да, када у поступку контроле уоче ствари у вези којих постоји сумња да одступају од закона, сачине извештај претпостављеним лицима и заједно са прикупљеном доказима га доставе, а лица која су примила извештај од пореских инспектора су дужна да га проследе пореској полицији. Пореска полиција, на основу прикупљених обавештења, саставља кривичну пријаву и подноси је државном тужиоцу. У кривичном поступку пореска полиција сарађује са судом и тужилаштвом.

Пореска пријава (Образац ПП-ПДВ) састоји се од три основна дела која су битна за исказивање пореске обавезе.

У првом делу се исказује остварени промет и на основу тога се обрачунавају припадајући порези по општој и посебној стопи за промете у земљи. Порез се не обрачунава за промете за које су прописана пореска ослобађања по чл. 24. и 25. Закон о ПДВ-у[14]. Наиме, ослобађања по члану 24. Закона о ПДВ су права ослобађања, јер подразумевају необрачунавање пореза на исказане промете, уз право на одбитак обрачунатог

пореза од претходног учесника у промету. То су:

- „услуге превоза, повезане са увозом добара, ако је вредност тих услуга садржана у основици увезеног добра“;
- „унос добара у слободну зону, превозне и друге услуге корисницима слободних зона које су непосредно повезане са тим уносом и промет добара и услуга када би та добра или услуге набављао за потребе обављања делатности ван слободне зоне“;
- промет робе која је ускладиштена у царинском простору;
- отпремање робе у слободне царинске продавнице које се налазе на аеродромима за међународни саобраћај који поседују пасошке и царинске контроле ради продаје путницима, као и испорука робе из царинских продавница на међународним подручјима;
- „услуге радова на покретним добрима набављеним од иностраног примаоца услуге у Републици, или која су увезена ради оплемењивања, оправке или уградње, а која после оплемењивања, оправке или уградње испоручилац услуге, инострани прималац или треће лице, по њиховом налогу, превози или отпрема у иностранство“.

Ослобађање ПДВ-а по члану 25. Закона о ПДВ подразумева одсуство обавезе да се у посматраној фази промета обрачуна порез, али се за добра набављена у претходној фази промета не може користити одбитак претходног пореза. Ова ослобађања се односе на ПДВ који се не плаћа у промету новца и капитала и на ПДВ који се не плаћа на промет:

- услуга осигурања, услуге посредника и агента (заступника);
- земљишта као и на давање у закуп таквог земљишта;

У другом делу пореске пријаве порески обвезник исказује порез обрачунат приликом увоза, у претходној фази промета у земљи и надокнаду плаћену пољопривреднику. Износ пореза исказаног у пољима 106–108 умањује пореску обавезу исказану у И (првом) делу пореске пријаве у пољу 105.

Зависно од исказаних износа у пољима 105 и 109, трећи део пореске пријаве овог пореза може имати позитивну или негативну вредност, односно резултат може бити једнак нули ( $I - III \geq 0$ ). Уколико је разлика између износа из првог и другог дела пореске пријаве позитивна, порески обвезник је себи утврдио обавезу по основу ПДВ-а и самим тим и обавезу плаћања. У случају да је  $I - III < 0$ , порески обвезник по основу пословања са аспекта овог закона потражује исказана новчана средства у трећем делу пореске пријаве у пољу 110 са предзнаком – (мање) из буџета Републике. Та средства порески обвезник може тражити да му се врате, уплатом на његов рачун, или да их користи за будуће пореске обавезе, као порески кредит.

Овакав начин обрачуна и могућност исказивања негативне обавезе – потраживања прописан у трећем делу пореске пријаве могу довести до злоупотреба и доношења директне штете буџету Републике, не само у смислу смањења законом прописаних прихода већ и повлачењем новчаних средстава из буџета.

### **3. ПДВ У ЦАРИНСКОМ ПОСТУПКУ**

Партиципирање ПДВ-а утврђеног од стране Царине износи 439.600.000.000,00 динара или 77,70% од свих пореза на додату вредност, што је за 313.200.000.000,00 динара више од планиране наплате овог пореза у земљи. Увозни ПДВ се обрачунава приликом увоза добара у земљу. Основицу за обрачун пореза приликом увоза чине

набавна вредност робе, акциза, царина и друге дажбине које се плаћају приликом увоза и сви споредни трошкови везани за тај увоз.

Царињена вредност робе исказује се на основу чл. 51. до 64. Царинског закона [15]. Основни метод којим се дефинише царињена вредност робе је онај дефинисана чланом 52. Царинског закона, а чине је стварна цена или она ће се тек. Онда када се вредност робе на царини из било ког разлога не може утврдити према одредбама члана 52. Царинског закона, она се утврђује секундарном методом царинског вредновања, а у складу са трансакцијским вредностима:

- робе која је по својствима иста продатој за извоз у Србију и оне која је у приближно време извезена, а чија се вредност утврђује;

- појединачне вредности увезене робе по којој се иста продаје у царинском подручју Републике Србије;

- вредност робе се састоји од:

(1) трошкова насталих у производњи увезене робе,

(2) износа добити оствареног приликом продаје робе, као и вреднована роба,

(3) додатних трошкова у вези са превозим увезене робе од тачке А до тачке Б, као и њеног осигурања до уноса исте у царинско подручје Републике Србије. (Царински закон, члан 56).

Кад је у питању примена прва два наведена метода, упоређују се роба продата на тржишту у једнакој количини као и посматрана роба. Када такве роба не успе да се пласира на тржиште, вредност се може утврдити на основу трансакцијске вредност робе продате по неком другом основу. Када се вредност увезене робе не може утврдити применом ових метода, вредност робе ће се на царини утврдити:

– методом дедукције, при чему је вредност утврђена на основу појединачних цена исте или слична роба, умањена за провизију или добит и опште трошкове продаје у Србији за робу исте

врсте, уобичајене додатне трошкове насталих у земљи као и оних плаћених приликом увоза;

– обрачунском методом, тј. на основу свих трошкова у производњи добити и трошкова насталих приликом продаје.

Стварна и плаћена цена или она коју тек треба платити признаје се на основу износа који је фактурисан. Под том ценом подразумевају се сва плаћања односно све створене обавезе измирене или неизмирене у односу купаца продавцу или оне које је направио продаваца за робу из увоза, као услов за продају увезене робе, продавцу или некој трећој страни да би се испунила обавеза продавца. Ретроактивно одобрено снижење као део већ плаћене цене за раније трансакције, односно раније увезену робу, не прихвата се као снижење цене за робу чија се вредност утврђује. Наиме, уобичајено је да се уговором прецизира да ће се за одређени промет робе (изражен у количини купљене робе или у одређеној вредности), остварен у току одређеног периода (најчешће квартално или годишње), одобрити снижење за сву, продату робу за извоз у Србију, на тај начин признато снижење за увезену робу, не сматра се снижењем и не прихвата се [16].

#### **4. ПОВРАЋАЈ ПДВ-А ПЛАЋЕНОГ ПРИЛИКОМ УВОЗА**

Описани начини утврђивања цене и вредности увезене робе представљају основ за утврђивање царине и пореза. Измирење царине и других царинских дажбина као и пореза утврђује се решењем царинског органа. На решења царинског органа може се изјавити жалба ради смањења утврђене обавезе. Међутим, у случају ПДВ-а, обвезник регистрован као ПДВ обвезник може, на основу пореских закона, у својим пословним књигама да прокњижи улазне фактуре ино добављача и већ у првом пореском периоду за подношење пореске пријаве (Образац ПП-ПДВ), у другом делу те пријаве да искаже плаћени износ

ПДВ по решењу царинског органа. На овај начин увозник, обвезник ПДВ-а, може да поврати плаћени ПДВ при увозу.

У првом делу пријаве исказује се остварени промет по основу продаје увезене или прерађене робе по обрачунским периодима и по ценама и вредностима које привредни субјект одреди, а на основу калкулација цена у складу са актима тог субјекта, трошкова и конкурентске позиције на тржишту. С обзиром на то да овакво поступање доводи до умањења дуговане обавезе, па самим тим утиче и на стање буџета, контролни органи Пореске управе су обавезни да утврде правилну примену пореских прописа када је реч о овој категорији пореских обвезника. У сваком случају описано поступање представља рационално понашање привредних субјеката који желе да што више смање, односно да прикажу мањи пословни трошак, поготово када се има у виду чињеница да порези представљају издатке за лице које их плаћа, а да за узврат не добија никакву директну противуслугу или материјалну надокнаду. Задаци Пореске управе су уређени комплексом пореског законодавства које је по свом садржају и карактеру усаглашено са пореским законодавством савремене Европе, нарочито у делу ПДВ-а. Међутим, без обзира на то, порески систем Републике Србије још увек није до краја дограђен те су то разлози да се надаље усавршава пошто у значајној мери нормативна решења одступају од праксе. Привредни субјекти, мада су користи које на овај начин могу да остваре значајне, одлуку доносе процењујући могућни ризик у свим оним случајевима када се одлука за њихово поступање не заснива на поштовању пореских прописа и стварној пословној документацији. Пореска управа, са своје стране, све више афирмише подизање нивоа стручног знања у својој кадровској структури, оспособљавајући кадар да у партнерском односу са пореским обвезницима сам учини напор да се едукује и оспособи за

уредно извршење својих пореских обавеза. То је уједно предуслов да се у комуникацији са пореским обвезником на најбољи начин пласира смисао пореског опорезивања и прошири уверење о правом значењу пореза у најширем смислу. Развијајући партнерске односе са пореским обвезником порески органи у извесном смислу настоје да помире два супротна захтева[17].

Један је да се обезбеди нормалан прилив средстава за финансирање државних функција, а други да се очува континуитет пословања пореских обвезника на дуги рок. Овако постављени захтеви све више афирмишу неопходно подизање нивоа професионалног знања људи који морају да буду способни да успешно хармонизују ова два супротстављена принципа.

Тачно приказивање материјално-финансијских токова код привредних субјеката неопходно је ради:

- проналажења оптималног пословања у целини и по свим пословним функцијама посебно,
- правилног позиционирања на тржишту ради заштите права и интереса власника и пословних партнера,
- тачног обрачуна и плаћања пореза и доприноса.

Са становишта државе, евидентирање свих пословних промена елиминише и значајно смањује нелегалне токове робе и новца и доприноси потпуном обрачунавању Законом утврђених јавних прихода. Постављене задатке обављају запослени, па је анализа кадровске структуре, у смислу њене професионалне обучености и поступања у извршењу функције надзора, веома значајна. Боља сарадња са организацијама које се баве пореском тематиком омогућила би Пореској управи да друкчије планира своје контроле при чему би оне биле квалитетније, спроведене са мањим бројем пореских инспектора, уз мање трошкове, уз постизање веће обухватности у правилном утврђивању и

равномерном измиривању пореских обавеза.

Сваки субјект има интерес да умањи све облике расхода, што подразумева да по логици ствари чини напоре да смањи и пореске обавезе које за њега представљају расход[18]. Из тих разлога логично је очекивати да ће се сви привредни субјекти понашати по принципу проналажења могућности да умање своје пореске обавезе, што је и нормално пошто у економији не важе правила алтруизма већ рационалног оптимизма.

Земља која није успела да организује функционисање пореског система и спровођење пореске политике већ самим тим потврђује своју неорганизованост, а управо ту се најчешће налазе велики социјални и други конфликти унутар њеног ткива. Због свега тога је надзор над спровођењем пореске политике и пореског законодавства изузетно важна мера у функцији унутрашње стабилизације сваке државе.

Основно начело функционисања надзора над спровођењем пореског законодавства је начело законитости, које може бити повређено при вршењу контролне функције, односно функције надзора, а свака повреда тог начела има за последицу неплаћање пореза, или, пак, неосновану „глобу“ за пореског обвезника. Поред јасно дефинисаних правила по којима се контрола спроводи и начина на који се спроводи, нужно је да буде предвиђена и мера интервенције која ће се предузети у случају уочених недостатака, пошто је контрола без интервенције, тј. санкције могућна, али не и ефикасна!

Да би остварила свој циљ контрола мора да буде:

- благовремена;
- непристрасна;
- ефикасна,
- праћена одговарајућим санкцијама.

Вршење функције контроле захтева постојање стратегије у којој се посебан

акценат ставља на тзв. категорију великих обвезника. Због тога је од значаја да се изврши претходно груписање обвезника по висини пореске обавезе, остварених прихода и врсти привредне делатности којој порески обвезник припада.

Посебно је значајно да се у стратегији пореске контроле, поред могућних злоупотреба у начину формирања пореских обавеза, обради и питање обухвата пореских обвезника. Боље речено, веома је значајно да се утврди да ли сви субјекти који подлежу обавези плаћања пореза уопште извршавају своје обавезе. У вези с тим, интересантна су искуства неких земаља које су разрадиле посебну стратегију за порески обухват тзв. фантомских фирми. Порески органи тих земаља, суочивши се са проблемом да многобројне фантомске фирме нису уопште пријављивале порезе, што значи да нису подносиле пореске пријаве, нити на било који начин плаћале порез, проблем су решили усвајањем одговарајућих пореско-правних техника.

Одбијени увозни ПДВ, увођењем у прометни ланац фантомских фирми које неће да обрачунају и плате ПДВ по тржишној цени продате робе, наноси директну штету буџету. Зато се пореска пријава мора обликовати на начин да је сваки субјекат који исказује претходни порез обавезан да наведе порески број и докуменат оног субјекта коме је роба продата и колике су залихе робе на крају обрачунског периода. Компјутерским упаривањем пореских пријава на тај начин утврђују се разлике и откривају субјекти који избегавају порез. У тој ситуацији органи пореске контроле, без лутања, на основу чврстих информација могу да спроведу своју функцију потпуног обухвата свих пореских обвезника. Овај пример је коришћен као илустрација актуелног стања у Србији пошто Србија није до краја решила питање идентификације свих пореских обвезника и што постоји могућност да су многи од њих изван пореског система и његовог надзора и контроле. Проширени

обухват пореских обвезника и на оне субјекте који су разним недозвољеним радњама изван њега могао би значајно да допринесе на пољу ефикасности спровођења пореске политике[19].

Првостепени орган у поступцима контроле основаности права на претходни порез, плаћен приликом увоза, често се позива на начело фактицитета уређено ЗПППА[20] конкретно 9. Чланом. На пореском органу је да правилно оцени и утврди економску суштину посла, односно да ли се иза снижења фактурисане робе у даљем промету налази рационално тржишно поступање привредног субјекта којим он коригује цену робе утврђену од царинског органа у поступку увоза, сводећи је на фактурну вредност ино добављача, или је то у основи пореска евазија ради остваривања противправне користи. У случају да увозник симулованим послом прикрива посао којим остварује приходе супротно закону, порески орган ће утврдити пореску основицу на основу дисимулованог правног посла и увећати вредност исказаног промета и обрачунатог пореза у првом делу пореске пријаве ПДВ.

Без ефикасно организоване контроле пореских органа не може се очекивати успешно функционисање пореског система у целини. У стручној јавности поодавно је прихваћено мишљење да слабо организована контрола представља први индикатор о слабости целе пореске администрације. Због тога се организацији контроле и контролним методама мора посветити посебна пажња.

Пореска контрола има тројаку функцију[21]:

- превентивну (подстицај придржавању закона),
- корективну (исправљање неправилности),
- репресивну.

Треба истаћи значајну чињеницу која је иманентна обрачунском систему ПДВ, а то је да умањење пореске обавезе у једном пореском периоду по логици

ствари има за претпоставку повећање пореске обавезе у наредном пореском периоду. Обрачун ПДВ сам по себи истиче у први план намере пореског обвезника. Према томе, порески обвезник који у наредном пореском периоду по исказивању претходног пореза има већи дуговани од претходног пореза коригује негативно задужење исказано у првом обрачунском периоду по плаћању утврђеног ПДВ на увезена добра.

Пореска евазија дужи низ година представља камен спотицања привреде Србије. Међутим, на евазију пореза често се гледа чак са одређеним симпатијама. Јавност не осуђује адекватно евазију пореза због распрострањеног схватања да се њоме нико не оштећује. У недостатку пореске дисциплине пореских обвезника, држава је принуђена да прописује релативно високе пореске стопе да би од опорезивог дела економије захватила што веће приходе. Међутим, високе пореске стопе и међу дисциплинованим пореским обвезницима изазивају отпор плаћању пореза. Због тога је много боље да се ради на ефикаснијем организовању функције контроле. После галопирајуће инфлације почетком 90-их година, нестабилног курса динара и великог притиска на буџет Републике Србије проузрокован санкцијама, у српском пословном миљеу драстично је раширена финансијска недисциплина. Због тога Пореска управа, заједно са другим органима, има централно место управо у области стварања амбијента за побољшање финансијске дисциплине. То је, свакако, и један од њених кључних задатака и разлог због кога она и данас трпи велике оперативне тешкоће и организационе притиске. Побољшање финансијске дисциплине пореских обвезника и уопште економских субјеката у Републици Србији условљено је подизањем нивоа контролног механизма у области финансија. У привредној реалности чињеница је да су успешни пословни субјекти често људи недовољно обучени за вршење послова у савременом бизнису.

Код таквих власника капитала већ из њихове свести произилази и стил рада у коме се финансијска документација и финансијско пословање сматрају нижеразредним послом, а често и теретом за фирму. Многи успешни пословни руководиоци тврде да податке о пословању имају у својим главама. Све док постоји такав стил вођења привреде и док се финансије уместо у сређеним службама и пословним књигама налазе у главама, јављаће се проблем хаоса и финансијске недисциплине. У овом моменту то је један од централних проблема са којим се суочава пореска функција у Републици Србији.

Порески органи у Републици Србији и даље наилазе на тотално несређена рачуноводства, непотпуну документацију, а понекад чак и на непостојање било каквих евиденција. Процена је да је у Србији пореска утаја на нивоу преко 30%, од чега се открије тек 2-3% укупно наплаћених јавних прихода које администрира Пореска управа. Тако велика годишња стопа пореског криминалитета поткопава националну економију, девалвира правни и социјални поредак државе, те изазива неповерење грађана у државне институције и државне органе. Због тога се организацији контроле и поставци одговарајућих контролних метода мора посветити већа пажња[22].

Проблем је, очигледно у томе да порески инспектори морају успешно интергисати стручна знања из минимално две области: економије и права. Међутим, та знања нису увек довољна, пошто се често наилази на ситуације да је неопходно познавање и других специфичних питања која се односе на производњу и робни промет[23]. У таквим ситуацијама мора се поседовати способност успешног комуницирања са другим професијама, а то значи ефикасно коришћење њихових знања и способности у функцији својих задатака. Коначно, у пореској проблематици се преламају и сви друштвени конфликти, па



она понекад добија елементе социјалне драме, који се не могу искључити из људских емоција. Наиме, у пракси се често наилази на разне драматичне ситуације, стварне и симуловане, па чак и на сцене које угрожавају интегритет кадра који се бави овим послом. Према томе, кадар у овој области мора да има способност да препозна и да диференцира истинску од симуловане драме. Често се догађа да имућни слојеви, као што су разни шверцери, шпекуланти, па чак и криминалци, симулирају беду, а баш они најчешће нису спремни да плате пореске обавезе. Пореска методологија за одабир и контролу пореских обвезника која се примењује у данас још увек је далеко од захтева који намеће савремена економска реалност у Европи, мада је приметна промена у правцу побољшања. Стога на стручном плану треба учинити још много напора да се она подигне на виши ниво. Заједно са оспособљавањем кадра то је један од кључних задатака које у будуће треба решити у Републици Србији.

## 5. ЗАКЉУЧАК

У фази економске транзиције, као и у свим фазама када је привреда скопчана са коњуктуром, просперитетом или кризом, и област пореске политике се сусреће са специфичним проблемима које доноси такав привредни амбијент. Период транзиције сам по себи је болан, како у економском, тако и у социјалном погледу, и праћен многим нерегуларним поступањима пореских обвезника. У периоду транзиције као носиоци привредних активности јављају се људи који имају довољну храброст да уђу у пословне авантуре, а врло често и недовољно знање да се изборе са искушењима које такве авантуре доносе. Управо такви људи често праве велике тешкоће привредном систему, јер су по правилу, клијенти пореских органа. Својим недовољно стручним понашањем, непознавањем законских прописа и ограничења, а понекад и менталитетом,

они представљају велику преокупацију пореских органа. Период транзиције, дакле, избацује у први план нека понашања пореских обвезника која нису стандардна и уобичајена, па се због тога надзор над њиховим понашањем мора прилагодити управо начину на који они реализују своје пословне циљеве. Када у привреди једне земље доминирају новокомпоновани бизнисмени, порески органи се сукобљавају са специфичним проблемима који буквално нису обрађивани у науци и пореској теорији, а врло често нису довољно обухваћени ни у позитивном законодавству. Транзиција и криза избацују у први план проналажење „рупа у закону“ и коришћење свих могућности да се не плате обавезе, а пре свега обавезе према држави. Ради решења проблема морају се упознати порески обвезници а посебно они који оснивају фирме са минималним улогом, а потом закључују и реализују послове који се изражавају у милионским износима. Још је већи проблем у томе што се многе такве фирме брзо затварају или на други начин трансформишу, мењајући седиште или власника. Неке од новооснованих фирми ураде само један посао и престају да обављају било какву делатност, а то значи да оне фактички не постоје, а формално нису угашене. Порески органи се стога налазе у тешкоћама чак и да идентификују њихова седишта, а мере које предузимају против њих понекад немају никакав казнени ефекат. Пословни стил вођења фирме и карактер њеног власника у транзицији и кризи најбоље се проверавају на пореској проблематици. Иза уредног измирења пореских обавеза и сређеног књиговодства, по правилу, налазе се солидни пословни људи и успешне фирме, што не значи да су фирме које избегавају порез неуспешне. Напротив, много је примера да порезе на недостојан начин избегавају веома успешне фирме, па чак и најуспешније. Извесно је, међутим, да иза пореских утаја и пословних егзибиција никада не стоје солидни људи. Оваквом развоју

догађаја погодују и унутрашња пословна атмосфера, неизграђено законодавство и неусаглашено привредно и кривично законодавство. Разуме се, у све то се укључује и политички моменат заштите и протекционизма, односно персоналне уније, како је то некада Карл Маркс писао.

У протеклим годинама порески органи нису имали довољну подршку политичких структура на власти, што је још једна отежавајућа околност за њихову ефикасност. Мало је стручних послова у једној земљи који су до те мере условљени текућом политиком као што је то случај са пореским органима. Несавршеност привредног законодавства, укључујући и пореске законе, додатна је стручна тешкоћа која отежава рад пореским органима. Како пореска контрола ради на принципу парцијалног обухвата – дакле, узорка, то се и у њој могу догодити пропусти, грешке или омашке. У исто време ваља имати у виду чињеницу да пореску контролу врше људи са свим врлинама, манама и недостацима, те да и они могу доћи у ситуацију да због бројних разлога свој посао обаве несавесно, што добија елементе злоупотребе. У пореској пракси у Србији и у свету било је доста случајева несавесног рада људи који су обављали ове послове, како у смислу неоправданог терећења пореског обвезника, тако и у смислу његовог ослобађања. У пракси, поред свега, појављује се и формални проблем, а то је да се у односу на пореске обвезнике пореска контрола не може више пута вршити због исте ствари. Међутим, то не значи да у случају постојања елемената кривичног дела она не може бити извршена. Већ сама свест о томе довољна је да субјекти који се баве овим послом са одговорношћу доносе одлуке. Искуства пореских органа показују да се порески обвезници доследно понашају, односно да настоје да понављају своју праксу, па и праксу пореске утаје. Тога су, наравно, свесни порески органи, што олакшава избор

пореских обвезника за контролу. Све то доводи да се квалитет надзора радикално подиже и да постоје сви услови да у будућности он буде на још вишем нивоу.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Савић Александар и Миљковић Милош, Методе и мере за спречавање, односно елиминацију двоструког економског порезивања, Рачуноводство, 60(2): 207-217, 2016
- [2] Станковић Братислав, Дамњановић, Радован & Поповић Милица, Облици надзора над јавним расходима, Одитор, 4(3): 96-109, 2018.
- [3] Исаиловић Зоран, Поглед на савремене пореске системе, Право и привреда, 55(7-9): 623-641, 2017.
- [4] Алексић, Весна, Порески систем у Србији и промене пореског система у складу са тенденцијама у свету, Култура полиса, 16(39): 485-504, 2019
- [5] Димитријевић Марина, Дизајнирање делотворне политике спречавања пореске евазије, Зборник радова Правног факултета у Нишу, 58(84): 31-43, 2019
- [6] Гогић Немања, Пореска политика и ефекти опорезивања у Републици Србији, Економски изазови, 9(17): 14-27, 2020.
- [7] Закон о буџету Републике Србије за 2020. годину ("Службени гласник РС", бр.135/2020)
- [8] Ђорђевић Драгомир & Крстић Далибор, Однос фискалне политике и одрживог развоја, Одрживи развој, 2(1), 7-15, 2020.
- [9] Анђелић Драган и Мајсторовић Александар, Модели књиговодства у рачуноводственом систему, Акционарство, 27(1): 5-20, 2016
- [10] Закон о порезу на добит правних лица, ("Службени гласник РС", бр. 25/01, 80/02 – др. закон, 43/03, 84/04, 18/10, 101/11, 119/12, 47/13, 108/13, 68/14- др. закон,, 142/14, 91/15 и 112/2015),

- [11] Видовић Никола & Дуин Драгана, Примена стандарда у билансирању хартија од вредности у јавном сектору, *Одитор*, 4(1): 104-118, 2018.
- [12] Dobos Piroška & Takács-György Katalin, Uticaj odnosa između države, državnih institucija i poreskih obveznika na spremnost plaćanja poreza, *Serbian Journal of Management*, 15(1): 69-80, 2020.
- [13] Димитријевић Марина, Релевантна обележја савременог јавног финансирања, Зборник радова Правног факултета у Нишу, 57(81): 103-118, 2018.
- [14] Закон о порезу на додату вредност ("Службени гласник РС", бр. 84/2004, 86/2004 - испр., 61/2005, 61/2007, 93/2012, 108/2013, 6/2014 – усклађени дин. изн., 68/2014 – др. закон, 142/2014, 5/2015 - усклађени дин. изн., 83/2015, 5/2016 - усклађени дин. изн., 108/2016 и 7/2017 усклађени дин. изн.),
- [15] Царински закон, ("Службени гласник РС", бр. 95/2018, 91/2019 - др. закон и 144/2020)
- [16] Видовић Никола, Бериша Хатица, & Целетовић Миленко, Утицај пореза на додату вредност на јавне финансије Републике Србије, *Војно дело*, 71(3): 234-245, 2019.
- [17] Мајсторовић Александар, Тасић Светлана и Јовићевић Предраг, Усмерења за моделирање система интерне буџетске ревизије, *Акционарство*, 26(1): 49-63, 2020.
- [18] Пантић Немања, Јовановић, Бранислав & Исса, Х. Р. Опорезивање у функцији одрживог развоја, *Одрживи развој*, 1(2): 37-51, 2019.
- [19] Милојевић Иван, Игњатијевић Светлана & Ђорђевић Драгомир, Економске теорије одржања буџетског дефицита, *Економија: теорија и пракса*, 7(2): 47-60, 2014.
- [20] Закон о пореском поступку и пореској администрацији ("Службени гласник РС", бр. 80/2002, 84/2002 - испр., 23/2003 - испр., 70/2003, 55/2004, 61/2005, 85/2005 - др. закон, 62/2006 - др. закон, 63/2006 - испр. др. закона, 61/2007, 20/2009, 72/2009 - др. закон, 53/2010, 101/2011, 2/2012 - испр., 93/2012, 47/2013, 108/2013, 68/2014, 105/2014, 91/2015 - аутентично тумачење, 112/2015, 15/2016, 108/2016, 30/2018, 95/2018, 86/2019 и 144/2020
- [21] Поповић Дејан, *Пореско право*, Београд: Правни факултет, 2014.
- [22] Stanulović Milana, The problem of budgetary deficit in modern economies, *Економија: теорија и пракса*, 10(1): 27-43, 2017.
- [23] Дејовић Стеван, *Настанак и развој пореских рајева*, *Одитор*, 4(2): 17-26, 2018.

---

Адреса аутора: доц. др Радован Дамњановић, Универзитет одбране у Београду, Војна академија, Београд, Павла Јуришића Штурма 33.  
 е-маил: radovandam78@gmail.com  
 Рад примљен: фебруар 2021.  
 Рад прихваћен: март 2021.

# МОГУЋНОСТ КОРИШЋЕЊА МЕТОДЕ СТРАТЕГИЈСКОГ БИЛАНСА У АНАЛИЗИ КАПИТАЛНЕ СТРУКТУРЕ ПРЕДУЗЕЋА

## *POSSIBILITY OF USING THE STRATEGIC BALANCE SHEET METHOD IN ANALYSIS OF THE CAPITAL STRUCTURE OF THE COMPANY*

МИЛОШ МИЉКОВИЋ<sup>1</sup>  
ЈЕЛЕНА АВАКУМОВИЋ<sup>2</sup>  
СЛОБОДАН АНЦИЋ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Министарство одбране, Београд

<sup>2</sup>Факултет за менаџмент, Универзитет «Унион – Никола Тесла»

<sup>3</sup>Београдска академија пословних и уметничких струковних студија

### РЕЗИМЕ

Стална тежња предузећа да се минимизира цена средстава која се улажу, а да се максимизира добијена вредност условљава коришћење различитих економских инструмената. Један од њих је и планирање капиталне структуре предузећа где се управљања ценом капитала.

У економији је не ретка појава да долази до појаве великих супротности у дефинисању најбољих опција коегзистенције капитала у фирми, односно предузећу. Зато је неопходно максимално ангажовање менаџмента у проналажењу оптималне капиталне структуре предузећа.

Метода стратегијског биланса даје могућност дијагностиковања проблема у капиталној структури предузећа, што ће бити приказано у овом раду.

**Кључне речи:** стратегијски биланс, анализа, капитална структура, предузеће.

### ABSTRACT

The constant aspiration of the company to minimize the price of the invested funds, and to maximize the obtained value, conditions the use of various economic instruments. One of them is the planning of the capital structure of the company where the price of capital is managed.

In economic practice, great antagonisms often occur when finding the optimal capital structure in a company. Therefore, it is necessary to maximally engage the management in finding the optimal capital structure of the company. The method of strategic balance gives the possibility of diagnosing problems in the capital structure of the company, which will be presented in this paper.

**Key words:** strategic balance, analysis, capital structure, company.

## 1. УВОД

Економска теорија нуди различите начине за дефинисање капиталне структуре предузећа, који у појединим сегментима испољавају супротности приликом сагледавања утицаја капиталне структуре на перспективе развоја предузећа. Приликом дефинисања опште цене капитала потребно је „повући“ први корак, а то је одредити правилну структуру капитала. Ово је један од битнијих корака у процесу дефинисања опште цене капитала[1].

Постоје два основна циља које менаџмент предузећа жели да оствари утврђивањем оптималне капиталне структуре предузећа[2]. Први се односи на правилан избор и дефинисање свих елемената и делова структуре капитала којом се остварује максимизирање тренутне вредности и обезбеђује довољан степен поузданости у развој предузећа. Другим се остварује могућност релативно јефтиног финансирања када тржишни услови у значајној мери ограничавају слободу деловања привредног субјекта. Управо предмет овог истраживања је могућност примене методе стратегијског биланса код сагледавања основе за креирање структуре капитала предузећа, а у складу са напред наведеним циљевима.

## 2. МЕТОДОЛОШКЕ ОСНОВЕ ИСТРАЖИВАЊА

За формирање структуре капитала предузећа може се користити коефицијент капиталне структуре којим се у корелацију доводе сопствени и дугорочни извори финансирања. Коефицијент не изражава ништа друго но до корелацију између позајмљеног капитала и сопственог капитала у форми основног капитала. Ради превазилажења појаве као што је утицај структуре капитала на вредност и могућност развоја предузећа, основна претпоставка од које се полази јесте да су инвестиционе одлуке

константне. То условљава чињеницу да се промена капитала може решити само онда када предузеће изврши емисију дуга и започне откуп акција или обрнутим случајем тј. емисијом акција и откупом дуга. Финансијским леверицом, односно употребом новца, који је позајмљен, за повећање производње, продају и приходе [4] принос на основни капитал ставља се у други план, ради константних финансијских издатака, из разлога што долази до смањена основе сопственог капитала и покушаја кредитора да умање на највећи ниво сопствени ризик, долази до раста финансијског ризика предузећа.

Условљеност капиталне структуре предузећа имовинским делом биланса, као и односом осталих елемената из пословања изискује детерминисање односа између пословних позиција. Успостављање ове везе захтева одређивање односа између сопственог и позајмљеног капитала[3] позиционирањем одређених билансних елемената, зависно од фактора ризика и позиције предузећа у пословном окружењу.

Наш модел формирања капиталне структуре применићемо на имперфектном тржишту са ограниченим информацијама, на коме предузећа међусобно размењују производе и тржишно у одређеној мери зависе. Финансијско тржиште је перфектно, цена дуга је нижа од цене капитала уз одсуство фискалних давања предузећа.

## 3. МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ СТРАТЕГИЈСКОГ БИЛАНСА

За утврђивање капиталне способности предузећа, са напред наведеним претпоставкама, користимо методу стратегијског биланса. Основна претпоставка од које се полази у овом моделу јесте да се предузеће налази на отвореном тржишту, а сагледавање предности и недостатака врши се поређењем вредности тржишног

окружења у односу на вредност предузећа.

Суштина рачуноводственог поступка креирања вредности предузећа налази се у уочавању интерних предности у односу на екстерне недостатке. Главни задатак анализи стратегијског положаја предузећа, јесте уочавање стратегијских ограничења, применом стратегијског биланса. Билансне позиције[5] у стратегијском билансу састоје се од различитих елемената, а за потребе овог истраживања користиће се пет елемената и то: капитал, нематеријална средства, материјална средства, финансијска средства, обавезе као и број запослених.

У делу активе исказаће се утицај осталих предузећа који су конкуренти основном, а на страну пасиве исказаће се утицај основног предузећа на конкурентска предузећа. [6]

Спровођење читавог поступка врши се кроз неколико фаза и то: а) анализа и оцена зависности по сваком чиниоцу, где се утицај анализира и исказује на бројчаној скали помоћу података[7] б) приказивање укупне активи и пасиви где се сабирањем утврђује различитост позиција; в) детаљно се указује на позната ограничења и проналазе појединачне мере за кориговање постојеће билансне структуре. Каснијом анализом обезбеђује се избор мера и сачињава план за промену билансне структуре капитала предузећа.

### 3.1. МАРКИРАЊЕ ПОЗИЦИЈА И ИСКАЗИВАЊЕ РЕЗУЛТАТА

Уношење података у стратегијски биланс спроводимо на основу обрађених података. Вредности задатих елемената представљају просечну релативну вредности из скупа предузећа унутар гране наменске индустрије, у односу на предузеће «Милан Благојевић» Лучани што приказујемо у Табели бр. 1. Овде морамо напоменути да је ово репрезентативан скуп, јер обухвата две трећине од укупног броја предузећа ове

групације. Исказан салдо активе и пасиве по позицијама се сабира те се на тај начин утврђује удаљеност позиција.

**Табела 1. Стратегијски биланс**

Фактори %	АКТИВА										ПАСИВА									
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Капитал																				
Нематеријална средства																				
Материјална средства																				
Финансијска средства																				
Створене обавезе																				
Запослени																				

Стратегијски биланс показује маркиране позиција у следећој табели. Идентификовање критичне тачке или стратегијског теснаца реализује се у последњој фази на основу удаљености обележених позиција. Из Табеле бр. 2 можемо видети рангирање добијених резултата.

**Табела 2. Рангирање и утврђивање стратегијских позиција**

Стратегијски и Елементи	Маркиране позиције у активи	Маркиране позиције у пасиви	Распон маркираних позиција (А + П)	Ранг
Капитал	72.6	81.5	154.1	6
Нематеријална Средства	87.3	42.1	129.4	3
Материјална Средства	52.7	62.5	105.2	2
Финансијска Средства	79.2	63	142.2	4
Обавезе	42.6	51.3	93.9	1
Запослени	82	613	143.3	5
Укупно	416.40	913.40	768.10	

У овако сачињеном стратегијском билансу може се уочити однос снага и слабости предузећа. У активи је означена величина снага и то идентификовањем позиција, а у пасиви је означена величина слабости и то у обојеним позицијама, с тим што је за ово истраживање битно сагледати релативне односе имовинске и капиталне стране биланса.

На овај начин створен је узрочно последични однос да је вредности предузећа директно пропорционална структуром капитала у предузећу. Поља у

стратегијском билансу која су обојена идентификују јачину у активи и смањење слабости исказана кроз утицај других конкурента на предузеће, док је у пасиви ситуација другачија, ту њихов збир обједињује снаге из активе или умањене слабости у пасиви. На основу претходно изнетог уочава се да што је више обојених поља у стратегијском билансу предузеће има бољи положај. Најмањи збир у стратегијском билансу идентификује највеће ограничење које је у овој, конкретној ситуацији условљено фактором „Обавезе”, о чему посебно говори његов ранг "1".

### **3.2. ПОСТУПЦИ ЗА КОРИГОВАЊЕ БИЛАНСНЕ СТРУКТУРЕ**

Добијени резултати из табеле бр. 2. могу се посматрати у односу на тржишне услове, уз услов савршеног финансијског тржишта и изузећа фискалних ограничења, тада се уочава да вредност предузећа која се може постићи на тржишту није једнака са износом дуга и капитала у предузећу [8]. Позиција на тржишту предузећа и капитална структура условљене су величином и ризиком готовинских токова. Оне обухватају обавезе у односу на позиције «Средства» предузећа.

Претпоставка овог рада је да је задужење за предузеће јефтиније од цене капитала, односно већи дуг инкорпориран у структуру капитала доводи до тога да се снижава општа цена капитала предузећа. Класичан приступ се заснива на претпоставци да је оптимална капитална структура. То условљава чињеницу да повећање финансијског леверица у старту може да смањи цену капитала и повећа вредност предузећа.[9]

Онда када се у предузећу поступа тако да се појачано употребљава новац који је позајмљен, за повећање производње, продају и приходе, ситуација се мења. Смањењем стопе приноса на капитал на конто обавеза према инвеститорима, компензоваће задужење предузећа.[10]

Посматрајући обавезе по основу пореза које предузеће има, уочава се да финансијски левериц доводи до повећања вредности предузећа и то сразмерно за износ средстава обезбеђених задуживањем.

Раст тржишне вредности [11] предузећа утиче на додатну власничку нето вредност и једнака је тренутној вредности уштеда, које су остварене на конто пореских обавеза, што је последица употребе додатног дуга. У крајњим ситуацијама, оптимална капитална структура би се остварила потпуним финансирањем дугом, или на степену разлике од минимално потребног сопственог капитала[12]. На овај начин однос понуде и тражње за позајмљеним средствима постаје дискутабилан. Уважавањем пореза на доходак у посматрани модел долази до смањења добити што условљава увећање вредности позиције «Капитал». То утиче на измену капиталне структуре биланса предузећа.

Задуживањем ће се формирати најбоља структура капитала и то равнотежом прихода и расхода [13]. На основу изнетог долази се до тога да је за предузећа која пословање заснивају на већи ризик оптимално да се у мањем обиму задужују у односу на она са нижим ризиком у пословању, у једнаким условима пословања, пошто са растом пословног ризика повећава се и вероватноћа да се јаве финансијски проблеми. Средства у материјалној форми директно су повезана са могућности већег задуживања предузећа [14], у односу на предузећа са имовином где доминирају нематеријална средства.

На основу спорведеног истраживања закључује се да у конкретном случају предузеће има релативно мали рацио дуга[15]. То условљава да промена капиталне структуре директно утиче на расподелу ризика приликом настајања капиталне структуре предузећа.

Такође, то доводи и до закључка да је неопходно узимати у обзир капиталној



вредност чиме ће се компензовати евентуални губитак настао прекомерним задуживањем.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Ово истраживањ је показало да обавезе у структури капитала предузећа представљају најкритичнију тачку. Ово упућује на закључак да капитална структура предузећа захтева умањење обавеза. Како се ради о специфичној врсти предузећа, која послују на имперфектном тржишту докапитализација представља основни вид умањења обавеза у смислу конверзије обавеза у капитал, тако што ће тржиште својим полугама омогућити предузећу бенефите за емисију хартија од вредности и за излагање различитим врстама ризика.

Ризик који се појављује приликом успостављања вредности предузећа може се смањити неким од методолошко-аналитичким поступком као што је и ова метода. Она подразумева мешавину позајмљених и сопствених вредности где се уз дозу ризика очекује да се укупни добитак значајно увећа.

Придржавајући се изнетих начела и захтева, предузеће ће имати мање трошкове финансирања, а тржиште ће предузећу за узврат омогућити већу цену акција на финансијском тржишту.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА

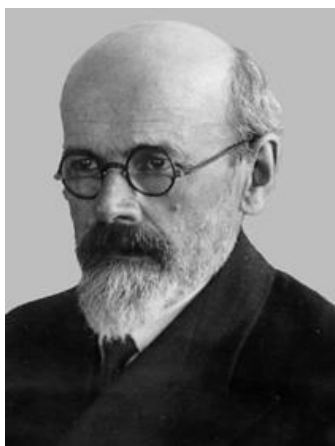
- [1] Gill G. *Modern Auditing and Assurance*, Servucesm Monash University, 2002.
- [2] Милановић Никола., Анџић, Слободан и М. Бутулија. Структура капитала као детерминанта вредности предузећа. *Одитор* 3, (1): 80-91, 2017.
- [3] Иванишевић Милорад, *Пословне финансије*, Економски факултет, Београд, 2013
- [4] Лекић Н., Ј. Вапа-Танкосић, Ј. Рајаковић-Мијаиловић, и С. Лекић. 2020. *Анализа структурног капитала као компоненте интелектуалног капитала у ИКТ предузећима*. *Одитор* 6, (3): 33-54
- [5] Тинтор Ј. *Анализа пословања предузећа*, Економски факултет, Осијек, 2001
- [6] Вукша С., Д. Анђелић, и И. Милојевић. 2020. *Анализа као основа одрживости пословања*. *Одрживи развој* 2, (1): 53-72.
- [7] Стојановић, Цвијетин и Станојевић, Петко, *Циљеви организационог система и ИМС-а*, *Акционарство*, 23(1), стр. 5-18.
- [8] Pogue G. and Lall K., *Corporate Finance: An Overview*, Preager Publishers, 1976.
- [9] Brigham, E., and Gapenski L. *Financial Management*, The Dryden Press, Harcourt Brace College Publishers, Orlando, 1994.
- [10] Јовановић Валентина, Вукша Славко, *Корпоративно позиционирање финансијског менаџмента*, *Научно-стручни часопис ДИТ*, бр.34, Друштво инжењера Зрењанин, Зрењанин, 2020
- [11] Глигорић М., и Б. Јовановић-Гавриловић. *Циркуларна економија као окосница одрживог развоја привреде Србије*. *Економски видици* 22, (2-3): 119-134, 2017.
- [12] Михајловић М., и Б. Видић. 2019. *Књиговодство као услов одрживог развоја*. *Одрживи развој* 1, (2): 27-36.
- [13] Иванова, Биљана и Ристић Слађан, *Акумулација и концентрација капитала*, *Акционарство*, 26(1), стр. 26-34.
- [14] Stern J. and Chew D., 1986. *The Revolution in Corporate Finance*, Basil Blackwell
- [15] Milojević I., M. Mihajlović, M. Popović, i N. Pantić. 2020. *Application of quantitative models in the organization of the financial function of agricultural enterprises*. *Ekonomika poljoprivrede* 67, (3): 747-761

---

Адреса аутора: Миљковић Милош М.А., Рада Нинковића 24 Стари Бановци  
е-маил: milos.miljkovic.mekis@gmail.com  
Рад примљен: март 2021.  
Рад прихваћен: април 2021.

Проф. др Милорад Ранчић

## МИЛОШ МАРИЋ



Милош Марић је рођен 20. априла 1885. у Руми у Србији. Био је треће, најмлађе, дете оца Милоша и мајке Марије. Марићи су живели у Тителу код Новог Сада. Ови крајеви у то време били су у саставу тадашње Аустроугарске монархије. Отац Милош био је аустроугарски наредник. Након рођење прве ћерке Милеве (1875.год.) он напушта војну службу и посао налази као службеник у вуковарском суду. Марићи се затим селе у Руму а 1892. године одлазе у Загреб. Због болести оца Милоша породица је напустила Загреб и долази најпре у Каћ а потом у Нови Сад у своју кућу у Кисачкој улици.

Милош Марић Млађи је основну школу похађао у Загребу а гимназију завршио у Новом Саду. С обзиром да је породица Марић била финансијски добростојећа и богата родитељи су били у могућности да своју децу пошаљу на студије на познате европске универзитете. Најстарија ћерка Милева уписала је студије физике у Цириху у Швајцарској. Ту се она упознала и касније удала за чувеног светског научника Алберта Ајнштајна. Најмлађи син Милош одлучио је да студира медицину. Студије је уписао на Коложварском универзитету у Трансилванији. ( данас је то град Клуж у Румунији). На Универзитету у Клужу у то време било је пуно студената из Србије. Милош се великим одушевљењем прикључио покрету који је заговарао и популарисао српску културу и економију. Тај покрет је из Новог Сада водио Тихомир Остојић, Милошев професор из гимназије, који је оставио и одржао значајан утицај на ставове младог студента медицине.

Милош Марић је био младић широких интересовања. Говорио је поред матерњег, српског, језика још и немачки, мађарски, француски и руски језик. Године 1905. он одликује да прошири своја знања и одлази на путовање по Европи. Након Француске и Париза долази у Швајцарску. У Берну је код сестре Милеве и њеног супруга Алберта Ајнштајна боравио скоро годину дана. По повратку у Клуж године 1907. дипломирао је на Коложварском универзитету. Као млади лекар запослио се на Психијатријској клиници у Клужу где је радио наредне три године. Године 1910. изабран је најпре за млађег а потом за старијег асистента на катедри за хистологију при Универзитету у Клужу. По наговору оца, године 1913., мимо своје воље, оженио се Мартом, мештанком из богате породице. У време свог боравка у Клужу упознао се и спријатељио са познатим мађарским

револуционаром Белом Куном. Приступио је и Социјалдемократској партији Угарске. Сарадња и пријатељство са Белом оставили су је значајан утицај у на његов даљи живот.

Као аустроугарски поданик Милош Марић је прошао кроз војну службу шестог пешадијског хонведског пука у војној болници у Будимпешти. По окончању службе добио је звање млађег војног лекара. Године 1914. постављен је за батаљонског лекара на фронту. Његов пук се прво борио на Јужном (српском) фронту а затим је пребачен на Северни (руски) фронт. У току повлачења Аустроугарске војске Милош је заробљен од стране Руске армије, мада постоје нека сведочанства да се уствари добровољно предао, односно, да је пребегао у Руску армију. Као ратни заробљеник а након сазнања да је лекар и српске националности Руси су га послали за Москву. Ту је почео да ради у Лефортовској болници. У Москви Милош обнавља своја знања из хистологије тако да 1915. и 1916. године истовремено ради и као асистент при катедри за хистологију Московског универзитета. Године 1917. одлази у Екаторинослав (Дњепропетровск) где су га на катедри за хистологију изабрали за доцента. Убрзо су га поставили и за шефа катедре. За време боравка у Дњепропетровску Милош заснива свој други брак, овог пута са Рускињом Маријом Васиљевном Карповом која ће га пратити до краја живота. Године 1930. Милош Марић одлази да живи и ради у град Саратов. На конкурс је изабран за шефа катедре хистологије на Саратовском медицинском универзитету. Указом из 1935. године Квалификациона комисија при Народном комесеријату за здравство РСФСР је Милошу Марићу је доделила научно звање професора и степен доктора медицинских наука. У току наредних четири година професор Марић је учествовао у организовању немачког одељења студија медицине и био његов декан. У исто време је и обављао дужности шефа катедре опште биологије Саратовског медицинског универзитета као и катедре хистологије Саратовског ветеринарског института. Основао је и фонд од 200 рубаља који је био намењен за награђивање најбољих студената који су испите из хистологије положили са одличним успехом.

Основне области научно-истраживачког рада професора Милоша Марића биле су изучавање могућности деобе живе ћелије - митоза и амитоза, порекла и биолошке суштине вишејезграних структура које се срећу у нормалним и патолошким стањима. Тих тридесетих година прошлог века катедра за хистологију је имала у свом саставу изузетно квалитетне истраживаче: Б.Н.Шмита, В.В.Гладкова, Г.А.Коблова, В.А.Карпова и др. Професор Милош Марић је са својим сарадницима обрађивао велики број тема из опште и парцијалне хистологије. Добијени истраживачки резултати коришћени су као основа за кандидатске и докторске дисертације. Захваљујући бројним објављеним радовима и монографијама из области митозе и амитозе професор је постао један од најважнијих научника Совјетског Савеза. Велики број руских научника који су били добри познаваоци научног рада Милоша Милошевича Марича (како су га у Русији звали) уверени су да је он поставио темеље медицинске области која се данас зове клонирање живих бића. Марић је био започео и истраживања у области проучавања нервног система. На основу објављених резултата ова истраживања су настављена и након његове смрти и Другог светског рата.

У току свог живота и рада у Русији Милош Марић се дружио не само са познатим научницима него и са чувеним личностима оног доба као што су то били оперски певач Фјодор Шаљапин и глумац Василије Качалов. Неки извори тврде да је био и члан тима који је обавио балсмовање Владимира Илича Лењина. На Медицинском универзитету у Саратову и данас постоји једна соба која је посвећена успоменама на рад и научна достигнућа професора Марића.

Велики отаџбински, односно Други светски, рат прекинуо је научни и педагошки рад катедре за хистологију на Саратовском медицинском универзитету. Један део сарадника отишао је у редове Совјетске армије а остатак је ангажован на практичној припреми лекара за фронт. Као угледан научни радник професор Милош Марић се прикључио

Црвеној армији на московском фронту. Али изузетно нарушеног здравља на фронту је и преминуо 3. маја 1944. године. Професор Милош Марић, лекар, велики научник и истраживач, србин и родољуб, сахрањен је на гробљу Хефертово у Саратову на реци Волги, у Русији.

# 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](http://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<sup>®</sup>**

za merenja i ispitivanja iz Zrenjanina  
osnovan 1990.

Kej 2. oktobra br. 13  
23000 Zrenjanin      Tel: +381 23 580 830  
P. fah 3                      381 23 589 030  
e-mail: info@dec.rs      Fax: +381 23 580 831  
www.dec.rs                      +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](http://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](mailto:office@gmpm.rs);  
[predragmistic@gmpm.rs](mailto:predragmistic@gmpm.rs)

PIB: 111249840

MB: 21449237

Žiro račun: 275-0020222974638-56  
Societe Generale Banka

# IRON



[www.iron.rs](http://www.iron.rs) 023/531-890 , 023/ 530-511



[iron@iron.rs](mailto: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](mailto: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.