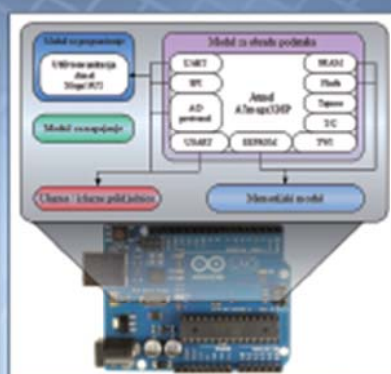
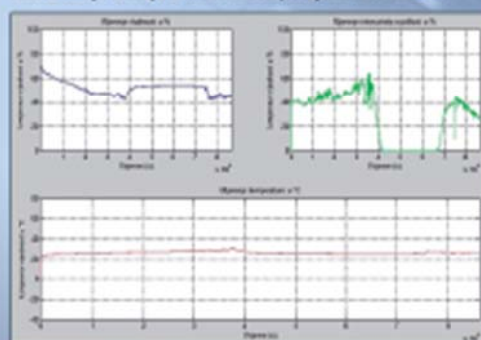


Tehnički Glasnik

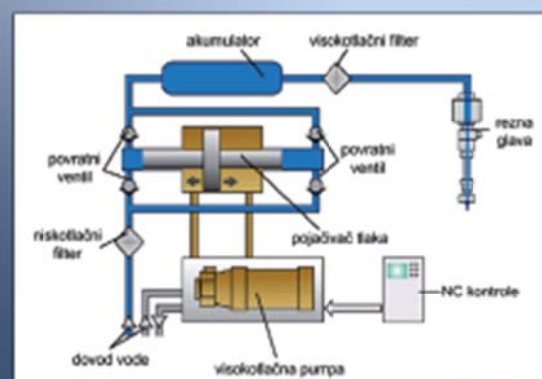
Technical Journal



Ostvarivanje sučelja između mikroupravljača i MATLAB-a



Obrada vodenim i abrazivnim mlazom



ISSN 1846-6168 (Print)
ISSN 1848-5588 (Online)
Godište (Volume) 8
Broj (Number) 3
Stranica (Pages) 203-326
Varaždin, rujan (September) 2014.

TEHNIČKI GLASNIK TECHNICAL JOURNAL

Znanstveno-stručni časopis Sveučilišta Sjever
Scientific professional journal of University North

Godište (Volume) 8
Varaždin, rujan (September) 2014.

Broj (Number) 3
Stranica (Pages) 203-326

Adresa uredništva (Address of Editorial Office):

Sveučilište Sjever – Tehnički glasnik
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, 42000 Varaždin, Hrvatska;
Tel. ++385/ 42/ 493 328, Fax. ++385/ 42/ 493 333
e-mail: casopis@unin.hr
<http://www.unin.hr/sveucilisna-knjiznica/izdavastvo/tehnicki-glasnik/>

Osnivač i izdavač (Founder and Publisher):

Sveučilište Sjever

Savjet časopisa (Council of Journal):

Predsjednik Marin MILKOVIĆ (UNIN Varaždin), član Milan KLJAJIN (SF Slavonski Brod),
član Ante ČIKIĆ (VTŠ Bjelovar), član Krešimir BUNTAK (MS Koprivnica), član Živko
KONDIĆ (UNIN Varaždin)

Urednički odbor (Editorial Board):

Marin MILKOVIĆ, Živko KONDIĆ, Damir VUSIĆ, Ivan ŠUMIGA, Marko STOJIC, Goran
KOZINA, Marko HORVAT (UNIN Varaždin); Krešimir BUNTAK (MS Koprivnica);
Duško PAVLETIĆ i Branimir PAVKOVIĆ (TF Rijeka); Božo SOLDI (GTF Varaždin); Nikola
MIRVAC i Igor ZJAKIĆ (GF Zagreb); Biserka RUNJE i Krešimir GRILEC (SF Zagreb); Ivan
SAMARDŽIĆ, Dražan KOZAK, Leon MAGLIĆ, Roberto LUJIĆ, Ante STOJIC i Katica
ŠIMUNOVIĆ (SF Slavonski Brod); Ante ČIKIĆ (VTŠ Bjelovar); Darko DUKIĆ (Sveučilište u
Osijeku, Odjel za fiziku); Srđan MEDIĆ (VELK Karlovac); Sanja KALAMBURA (Veleučilište
Velika Gorica); Marko DUĐER (FF Rijeka, Odsjek za politehniku)

Međunarodni urednički savjet (International Editorial Council):

Boris TOVORNIK (UM FER Maribor); Nenad INJAC (KPH Wien/Krems); Džafer
KUDUMOVIC (MF Tuzla); Marin PETROVIĆ (MF Sarajevo); Salim IBRAHIMEFENDIĆ (KF
Kiseljak); Zoran LOVREKOVIĆ (VTŠ Novi Sad); Igor BUDAK (Fakultet tehničkih nauka,
Univerzitet u Novom Sadu); Darko BAJIĆ (Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore);
Tomáš HANÁK (Brno University of Technology, Czech Republic); Aleksandr Viktorovich
SHKOLA, Klimentko Evgenij VLADIMIROVIĆ, Oleg Aleksandrovich POPOV (Odessa State
Academy of Civil Engineering and Architecture, Ukraine)

Glavni urednici (Editors-in-Chief):

Živko KONDIĆ, Marin MILKOVIĆ

Tehnički urednici (Technical Editor):

Milan KLJAJIN, Goran KOZINA

Grafički urednik (Graphics Editor):

Dean VALDEC

Tajništvo (Secretary Office):

Domagoj TROJKO

Lektori i prevoditelji (Linguistic Advisers and Translators):

Ivana GRABAR, Ivana JURKOVIĆ (za engleski jezik)
Ljiljana ŠARAC (za hrvatski jezik)

Informatička podrška (IT support):

Davor LEVANIĆ

Svi objavljeni članci u časopisu su recenzirani (All papers published in journal have
been reviewed)

Časopis je besplatan i izlazi u četiri broja godišnje (The journal is free and published
four issues per year)

Naklada (Circulation): 100 primjeraka (issues)

Časopis je referiran u (Journal is referred in):

EBSCOhost Academic Search Complete
Hrčak - Portal znanstvenih časopisa RH

Rukopisi se ne vraćaju (Manuscripts are not returned)

Registracija časopisa (Registration of journal):

Časopis "Tehnički glasnik" upisan je u Upisnik HGK o izdavanju i distribuciji tiska 18.
listopada 2007. godine pod rednim brojem 825.

Uređenje zaključeno (Preparation ended):

Rujan (September) 2014.

SADRŽAJ

CONTENT

Šumah Š., Klopota I., Mahić E. FACTORS WHICH IMPACT ON CORRUPTION IN THE PUBLIC SECTOR FAKTORI KOJI UTJEČU NA KORUPCIJU U JAVNOM SEKTORU	203
Narayan S. ANALIZA BUKE KOJU PROIZVODI DIZEL MOTOR SA ZAJEDNIČKIM VODOM ANALYSIS OF NOISE RADIATED FROM COMMON RAIL DIESEL ENGINE	210
David V., Bolšec K., Šafarić M. METODA UZORKA I NORMA HRN ISO 2859-1 METHOD OF SAMPLE AND STANDARD HRN ISO 2859-1	214
Fajt S., Krhen M., Marušić T. METHOD OF EVALUATING THE QUALITY OF ROOM ACOUSTICS BASED ON ENERGY RELATIONS OF SOUND METODA EVALUACIJE KVALITETE AKUSTIKE SOBE TEMELJENOJ NA ENERGETSKIM RELACIJAMA ZVUKA	222
Čehajić N., Halilčević S., Softić I. PRIMJENA ORGANSKOG RANKINOVOG CIKLUSA (ORC) I PRIKLADNI RADNI FLUIDI USING AN ORGANIC RANKIN CYCLE (ORC) AND APPROPRIATE WORKING FLUIDS	229
Arsovski S., Nikezić S., Stojković D., Đurović B. LEADERSHIP AND QUALITY IN THE PUBLIC SECTOR RUKOVOĐENJE I KVALITETA U JAVNOM SEKTORU	238
Glatki T., Lacković M., Kos S., Lončar J. OBRADA VODENIM I ABRAZIVNIM MLAZOM TREATMENT OF WATER AND ABRASIVE BLASTING	245
Pavlic T., Hršak B., Šabić R. PRILAGODBA CAD/CAM SUSTAVA ZA 2.5D I 3D GLODANJE NA 4-OSNOJ CNC GLODALICI HAAS VF6 CAD/CAM SYSTEM CUSTOMIZING FOR 2.5D AND 3D MILLING ON HAAS VF6 4-AXIS CNC MILLING MACHINE	252
Čelar D., Valečić V., Željezić D., Kondić Ž. ALATI ZA POBOLJŠAVANJE KVALITETE QUALITY IMPROVEMENT TOOLS	258
Krpan Lj., Maršanić, R., Jedvaj V. UPRAVLJANJE ZALIHAMA MATERIJALNIH DOBARA I SKLADIŠNO POSLOVANJE U LOGISTIČKOJ INDUSTRIJI INVENTORY MANAGEMENT OF MATERIAL GOODS AND WAREHOUSING THE LOGISTICS INDUSTRY	269
Kondić V., Horvat M. ANALITIČKI POSTUPAK ODREĐIVANJA MOMENATA I INTERVALA VREMENA IZMEĐU PREVENTIVNIH PREGLEDA STROJEVA	278
Horvatić M., Zvonarek D. PROJEKTIRANJE OPTIČKOG MJERNOG PRETVORNIKA UDALJENOSTI DESIGN OF AN OPTICAL DISTANCE MEASUREMENT TRANSDUCER	282
Horvat M., Kondić V., Brezovečki D. OPRAVDANOST PRIMJENE MAG forceArc POSTUPKA ZAVARIVANJA U IZRADI ČELIČNIH KONSTRUKCIJA JUSTIFICATION OF THE APPLICATION OF MAG forceArc PROCESS IN THE CONSTRUCTION OF STEEL STRUCTURES	288
Pavlic T., Novosel I., Trojko D. IZRADA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE LAKTOFRIZA TIP RBV – 300 THE PRODUCTION OF THE PROJECT DOCUMENTATION OF A MILK COOLING TANK TYPE RBV – 300	295
Šumiga I., Petrić I. METEOROLOŠKI RADAR MER-93S-K WEATHER RADAR MER-93S-K	303
Devon A. KONCEPT LJUDSKE SIGURNOSTI U POLITIČKIM I AKADEMSKIM KRUGOVIMA HUMAN SECURITY CONCEPT IN POLITICAL AND ACADEMIC CIRCLES	309
Palašek B., Mesarić P., Kukec M. OSTVARIVANJE SUČELJA IZMEĐU MIKROUPRAVLJAČA I MATLAB-a IMPLEMENTING INTERFACE BETWEEN MICROCONTROLLER AND MATLAB	314
Valdec D., Miljković P., Modrić D. AUTOMATIZACIJA PRIJELOMA PUBLIKACIJA U INDESIGNU PRIMJENOM BAZE PODATAKA AUTOMATIZATION OF CREATING PAGE LAYOUTS FOR PUBLICATIONS IN INDESIGN USING DATABASE	319

Prikaz knjiga Sveučilišta Sjever Overview of the books University North	III
---	------------

Naputak autorima Instructions for authors	V
---	----------

FACTORS WHICH IMPACT ON CORRUPTION IN THE PUBLIC SECTOR (IN THE CASE OF INDEPENDENT STATES OF THE FORMER YELLOW-BLACK MONARCHY)

FAKTORI KOJI UTJEČU NA KORUPCIJU U JAVNOM SEKTORU (NA PRIMJERU NEOVISNIH DRŽAVA BIVŠE ŽUTO-CRNE MONARHIJE)

Štefan Šumah, Igor Klopota, Edita Mahić

Original scientific paper

Abstract: In this research our attention was given to factors that define the degree of corruption (in the single state) or what generates corruption. In the case of five independent states of the former Yellow-black monarchy it will be found out how some macroeconomic pointers can influence the degree of corruption (in what part they influence). In this research it was found out with the analysis of the panel data between the years 2003 and 2011 how the degree of corruption is influenced by the GDP, unemployment and the height of the average net revenue. As it was discovered that the right factors have been chosen, because it was found out that all three (3) macroeconomic pointers represent 87.29% of all the influences on the perception of corruption. The most impact on corruption has the degree of unemployment so it can be concluded that the perception of corruption is determined by negative effects on the standard of citizens (lower income, more unemployment).

Keywords: corruption, unemployment, GDP, net income, panel data, economics

Izvorni znanstveni članak

Sažetak: U ovom istraživanju naša pozornost je bila usmjerena na faktore koji definiraju stepen korupcije (u pojedinačnoj državi) ili što generira korupciju. U slučaju pet nezavisnih država bivše žuto-crne monarhije bit će utvrđeno kako neke makroekonomske pokazatelje mogu utjecati na stepen korupcije (u kojoj mjeri utječu). U ovom istraživanju utvrđeno je analizom panelnih podataka između godina 2003. i 2011. kako stepen korupcije utječe na BDP, nezaposlenost i visinu prosječnog neto prihoda. Kako je otkriveno da su pravi faktori bili odabrani, jer je utvrđeno da sva tri (3) makroekonomske pokazatelje predstavljaju 87,29% svih utjecaja na percepciju korupcije. Najveći utjecaj na korupciju ima stepen nezaposlenosti, pa se može zaključiti da percepcija korupcije određena negativnim efektima na standard građana (niži prihodi, veća nezaposlenost).

Keywords: korupcija, nezaposlenost, BDP, neto prihod, panelni podaci, ekonomija

1. INTRODUCTION

Everybody tries to find out how can corruption impact on economy (when corruption rises, GDP falls) the economic growth is lower, but the question was the impact which determines degrees of corruption in the single state or perception about what generates corruption.

In the case of five independent states of the former Yellow-black monarchy I will be found out how some macroeconomic pointers can influence the degree of corruption (how can they influence and in what part they influence)...

In this research it was discovered with the analysis of the panel data between the years 2003 and 2011 how the height of GDP, unemployment and the average net revenue can influence the degree of corruption.

Hypothesis: GDP, unemployment and the height of the average net revenue instantly and insomuch influence the estimated degree of corruption in the single state.

2. CORRUPTION

2.1. The definition of corruption

Law of integrity and prevention of corruption [1]:

Corruption is the contravention of the treatment of the official authorities in public or private sector, as well as the treatment of the persons who act on their own initiative of contravention or avoid themselves of contravention because of directly or indirectly promised or given, demanded, accepted or unexpected utility for themselves or somebody else.

The international corruption is the corruption where participates at least one legal or illegal representative from the foreign country.

The consequences of corruption:

- reduction of economic growth (consequently the rising the poverty)
- the less of the inland revenue

- reduction of charges, from the view of corruption less interesting (school system)
- trust of citizens in institutions and the principles of legal states is lower.

2.2. Influences and consequences of corruption

The influence of corruption on the operation of society [2] is in the long-term negative, that's why the inland and international community pays much more attention to it. Because of negative effects, that corruption brings, all the states try to influence this area with the certain goal to prevent extending of corruption or at least limit it corruption represents practically all spheres of social and political life. It appears as a bribe, acquaintanceship, relation, nepotism or a privilege. It is not easy to discover corruption. It reduces the economic growth, the rising of poverty, reduces the quality of things being done, it causes the exhaustion of public sources and undermines the authenticity of politics, it effects the processes of judging and destabilizes democratic systems.

2.3. The classification of corruption

- petty or casual corruption (very rare examples)
- not very important examples
- simple systematic corruption. The corruptive relations are long standing and repetitive usually limited on the area of competence of individual officials
- systematic corruption and economic crime includes many active and passive subjects within many years
- systematic corruption and noneconomic crime which relates to organized noneconomic crime that includes the systematic influence of organized crime on the representatives of
- legislation, forensic authorities [3]

3. FACTORS RESPONSIBLE FOR APPEARANCE AND DEVELOPMENT OF CORRUPTION

Political and economic environment: The more regulated and limited is economic business in a state the higher commission and the power of officials on decisions brings greater possibility for appearance of corruption, because individuals are ready to offer payment to avoid limitation. Corruption influences the low salaries of civil servants (state officials) who are trying to improve their position by accepting bribes. Professional ethics and legislation: The back of professional ethics and defective laws which regularize the sector of corruption as culpable acts, are the very important cause for appearance and spreading of corruption. The great influence has the no affective sanctions of corruption which in case of being no affective makes a better possibility of continuation of the people involved, there is a great likelihood for the involvement other person because of no affective sanctions. Customs, tradition: In different states there is a

different relationship towards corruption. In Europe we can find two extremes to corruption from intolerant north to the warm south where corruption is almost normal, social acceptable appearance. Or the difference between the states having democratic past which traditionally chase corruption and former socialist states, where there was corruption a part of the folklore tradition.

4. NEGATIVE INFLUENCE OF CORRUPTION

4.1. Influence on companies

Research that was accomplished by EBRD and the World Bank [4] makes clear that bribes paid in the small companies represent 5% their annual profit in the medium-sized companies the bribes represent 4% of their annual profit in comparison with bigger companies, where bribes represent less than 3%. So we can get the idea how great influence corruption has on companies or what position they are taken in. It enlarges their costs and reduces their competition and profiteering (ousting the companies for the market, the lower economic growth, more unemployment).

4.2. Influence on investments

Corruption may have influence on entire investments, on the height of public investments, as well as efficacy of investing decisions and projects [5]. On the presence of corruption the investments are smaller, because of awareness of contractors to bribe the officials for the better execution or to guarantee their participation by the profit. Because of the bigger costs contractors are not interested in investments. Employment is not given to somebody who is the most appropriate and classified for a single job, but to somebody who is prepared to pay or return the favour in a different way. Corruption often reduces efficacy of different programmes of financial help (as well as state and international programmes), because financial sources are lost and do not reach the ones who really need it.

4.3. Influence on budget and income taxes

Financial benefits coming from corruption are non-taxable, because they are hidden. So the state loses the part of income from taxes. The public consumption which is the consequence of corruption (because of individual interests) leads to negative effects on the budget.

4.4. Influence on infrastructure and public works

Public works are usually worse quality and more expensive because of corruption. Corruption makes infrastructural projects more expensive, because in public competitive examination the best bidder is not chosen, but the one who got a job by the help of corruption (we get the infrastructure in a smaller amount or inappropriate quality). In both cases there are negative

consequences for the public budget because of elevation of public consumption or the smaller amount of public works (worse quality) and the smaller amount or the worse quality of infrastructure. The citizens are losing trust in the legal state or they are starting to practice corruption (on both sides).

5. THE NEGATIVE FINANCIAL EFFECTS OF CORRUPTION

The negative financial effects of corruption are scary, but notice about the standards has to be given and collected from the media.

- 3. 2. 2014 the European Commission published the report about corruption, where it estimated that corruption costs the European economy about 120 billion a year. In the estimation of the European Commission corruption is present at public orders, financing political parties in some states corruption is in medicine
- The report of the United Nations shows that the cost of corruption in Afghanistan in the year 2012 was 3.9 billion \$ which is twice as much GDP of state on the other land bribes are taken by 50% of citizens.
- The report of UN estimates, that the most part has already taken the fact that the most officials are taken bribes.

Research of the Institute of the World Bank in April 2004 has given evidence that more than 1 billion \$ bribes are paid annually.

Daniel Kaufmann [6], the director of Institute administered (by WBI) makes clear, that these data are the estimation of bribes paid all over the world in rich or not very rich countries. The research has shown that states which fight against corruption and the improvement of their legal state heighten their national incomes on the big term four times and the death-note of children can reduce for 75%.

6. FACTORS WHICH IMPACT ON CORRUPTION (in the case of states constructed from the former yellow-black monarchy)

Independent states constructed from the former yellow-black monarchy were chosen on purpose, because they were a part of the same state up to 1918, they had the only one officialdom and the same values. Of course there were differences between them (above all in development) during the years they have chosen their own way (the second world war, dictation, socialism) and there were differences between them both in legal aid as well as in the unemployment and in the net income. There were the major differences between the states in corruption of state organs, which were sometimes common and famous for their own bureaucratic honesty and referring to the crown (on the basis of officialdom individual states formed their own officialdom immediately offer the first world war,

especially Austria and the former Czechoslovakia). As it was mentioned before the forming of officialdom has chosen its own way especially after the second world war and that was the reason that the table of corruption was used to measure the knowing of corruption in the public sector for 177 states.

In the case of these five countries it will be found out if and how the height of GDP, the stage of unemployment and the average net income influence the corruption in the public sector.

6.1. The chosen states, the noted pointers and the time limit

States: Austria, Slovenia, Hungary, the Czech Republic and Slovakia

The noted pointers:

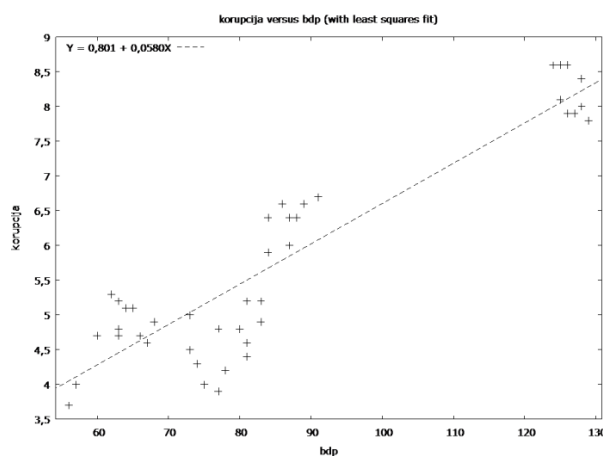
- GDP (in % of the average GDP for 27 states in EU (Source: Eurostat [7])
- The average net income (in e-source Eurostat)
- The rate of unemployment (in %; source: Eurostat)
- The rate of corruption (the first table was used to measure the rate of corruption in public sector for 177 states (source: Transparency International [8])
- The time limit: 2003-2011

6.2. Scatter diagrams

Exploration: By the data of corruption: Mark 0 is a note of full corruption, mark 10 is the zero point of corruption (higher is the mark larger is transparency or lower is the mark, higher is the awareness of corruption).

There are three diagrams:

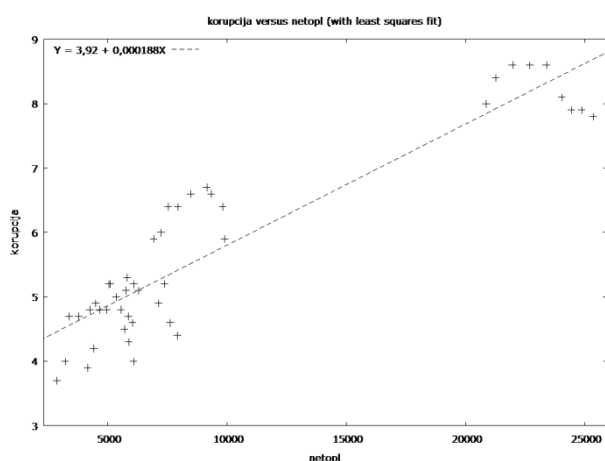
- Corruption towards GDP (dependence on awareness of corruption from GDP)
- Corruption towards average net income (dependence on awareness of corruption from the height of net income)
- Corruption towards the note of unemployment (dependence on awareness of corruption from the note of unemployment)



Picture 1: Corruption (axis Y) towards GDP (axis X)

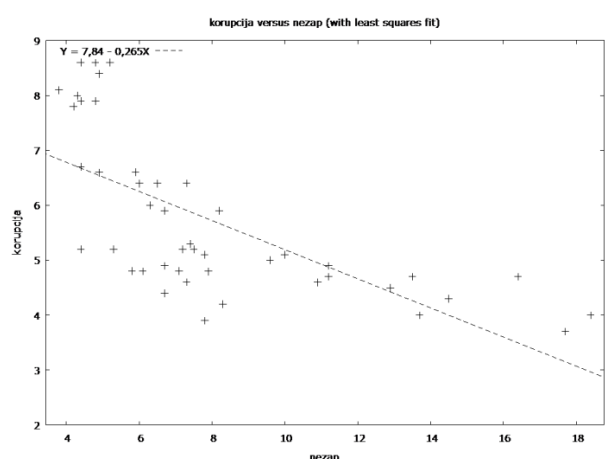
Comment: The scatter diagram shows relation between the rate of corruption (korupcija, axis Y) and the

height of GDP (bdp, axis X). The higher GDP the lower is the rate of awareness of corruption or the better is the index of corruption.



Picture 2: Corruption (axis Y) towards average net income (axis X)

Comment: The scatter diagram shows relation between the note of corruption (korupcija, axis Y) and the average net income (netopl, axis X). Better net income the lower note of unemployment, higher index of corruption.



Picture 3: Corruption (axis X) towards the note of unemployment (axis Y)

Comment: The scatter diagram shows relation between the note of corruption (korupcija, axis Y) and unemployment (nezap, axis X). The lower is the note of unemployment the lower is the note of corruption or higher is the index of corruption.

6.3. The basic statistics

Five states were analysed in nine time periods and four different variables.

One half and more states have lower index of corruption from the average 5.72. There is a big classification between the index of corruption, between 3.7 (a very corruptive state) up to 8.6 (very transparent state). The coefficient of variation shows the low variability.

The basic statistic

Variable	Mean	Median	Minimum	Maximum
korupcija	5,72000	5,20000	3,70000	8,60000
bdp	84,7556	81,0000	56,0000	129,000
nezaposl	8,00667	7,10000	3,80000	18,4000
netoplac	9558,21	6293,04	2878,04	25349,6
Variable	Std. Dev.	C.V.	Skewness	Ex. kurtosis
korupcija	1,46607	0,256306	0,748434	-0,712836
bdp	23,0278	0,271697	0,924458	-0,423395
nezaposl	3,75387	0,468843	1,25084	0,754200
netoplac	7127,82	0,745727	1,34015	0,134520

Table 1: The basic statistic - analysis of the nine-year period for four different variables

The classification of parabola on the right side: lower or the same GDP from 81.00 have the half or more states. There is also a big classification between the lowest (56) and the highest (129) GDP (average 27 is 100, that means that the average of these five states, regardless of Austria which is above average lower from the average GDP EU 27). The variability remains low.

The rate of unemployment is in the half or more states lower or the same 7.1%. This classification of unemployment in the part or active citizens is big from 3.8% up to 18.4%. Variability is of medium height (0.468843). There is classification in the right side too.

The greatest variability is by net income, which is very high. There is a big difference between the lowest average net income (2878.04€ a year) and the highest (25349,6€ a year). In the half or more states there is a lower income or it remains the same 6293.04€ a year. There is the classification of parabola in the right side.

7. ESTIMATION OF MODELS AND THEIR ANALYSIS

7.1. Model of united data

Model 1: Pooled OLS, using 45 observations

Included 5 cross-sectional units

Time-series length = 9

Dependent variable: korupcija

	Coefficient	Std. Error	t-ratio	p-value	
const	4,18032	0,970379	4,3079	0,00010	***
bdp	0,0107575	0,0141048	0,7627	0,45002	
nezaposl	-0,0780349	0,0295306	-2,6425	0,01160	**
netoplac	0,000131063	4,23023e-05	3,0982	0,00351	***

Mean dependent var	5,720000	S.D. dependent var	1,466071
Sum squared resid	12,02093	S.E. of regression	0,541473
R-squared	0,872891	Adjusted R-squared	0,863591
F(3, 41)	93,85279	P-value(F)	2,11e-18
Log-likelihood	-34,15194	Akaike criterion	76,30388
Schwarz criterion	83,53053	Hannan-Quinn	78,99790
rho	0,808297	Durbin-Watson	0,239559

7.2. Model of unit data with robust valuation

Model 2: Pooled OLS, using 45 observations
Included 5 cross-sectional units
Time-series length = 9
Dependent variable: korupcija
Robust (HAC) standard errors

	Coefficient	Std. Error	t-ratio	p-value	
const	4,18032	0,85106	4,9119	0,00001	***
bdp	0,0107575	0,0221515	0,4856	0,62981	
nezaposl	-0,0780349	0,0248685	-3,1379	0,00315	***
netoplac	0,000131063	8,25917e-05	1,5869	0,12022	

Mean dependent var	5,720000	S.D. dependent var	1,466071
Sum squared resid	12,02093	S.E. of regression	0,541473
R-squared	0,872891	Adjusted R-squared	0,863591
F(3, 41)	93,85279	P-value(F)	2,11e-18
Log-likelihood	-34,15194	Akaike criterion	76,30388
Schwarz criterion	83,53053	Hannan-Quinn	78,99790
rho	0,808297	Durbin-Watson	0,239559

7.3. Model of fixed effects

Model 3: Pooled OLS, using 45 observations
Included 5 cross-sectional units
Time-series length = 9
Dependent variable: korupcija

	Coefficient	Std. Error	t-ratio	p-value	
bdp	-0,0080028	0,0171312	-0,4671	0,64313	
nezaposl	-0,123828	0,0335469	-3,6912	0,00072	***
netoplac	5,31454e-06	4,58241e-05	0,1160	0,90830	
du_1	9,66106	2,00734	4,8129	0,00003	***
du_2	7,74395	1,47519	5,2495	<0,00001	***
du_3	6,12131	1,40533	4,3558	0,00010	***
du_4	6,47786	1,17972	5,4910	<0,00001	***
du_5	6,69048	1,37612	4,8618	0,00002	***

Mean dependent var	5,720000	S.D. dependent var	1,466071
Sum squared resid	3,682033	S.E. of regression	0,315459
R-squared	0,961066	Adjusted R-squared	0,953701
F(7, 37)	130,4764	P-value(F)	4,21e-24
Log-likelihood	-7,530294	Akaike criterion	31,06059
Schwarz criterion	45,51389	Hannan-Quinn	36,44863
rho	0,583973	Durbin-Watson	0,740321

7.4. Model of informal data with robust variables

Model 4: Pooled OLS, using 45 observations
Included 5 cross-sectional units
Time-series length = 9
Dependent variable: korupcija
Robust (HAC) standard errors

	Coefficient	Std. Error	t-ratio	p-value	
const	9,66106	2,00924	4,8083	0,00003	***
bdp	-0,0080028	0,0123984	-0,6455	0,52261	
nezaposl	-0,123828	0,0375003	-3,3020	0,00213	***
netoplac	5,31454e-06	5,84057e-05	0,0910	0,92799	
du_2	-1,91711	0,889128	-2,1562	0,03764	**
du_3	-3,53975	1,02702	-3,4466	0,00143	***
du_4	-3,18319	1,11769	-2,8480	0,00714	***
du_5	-2,97057	1,07372	-2,7666	0,00879	***

Mean dependent var	5,720000	S.D. dependent var	1,466071
Sum squared resid	3,682033	S.E. of regression	0,315459
R-squared	0,961066	Adjusted R-squared	0,953701
F(7, 37)	130,4764	P-value(F)	4,21e-24
Log-likelihood	-7,530294	Akaike criterion	31,06059
Schwarz criterion	45,51389	Hannan-Quinn	36,44863
rho	0,583973	Durbin-Watson	0,740321

7.5. Model of coincidental effects

Model 5: Random-effects (GLS), using 45 observations
Included 5 cross-sectional units
Time-series length = 9
Dependent variable: korupcija

	Coefficient	Std. Error	t-ratio	p-value	
const	5,61926	1,35836	4,1368	0,00017	***
bdp	0,007092	0,0161109	0,4402	0,66211	
nezaposl	-0,107381	0,0333627	-3,2186	0,00252	***
netoplac	3,76031e-05	4,49179e-05	0,8372	0,40736	

Mean dependent var	5,720000	S.D. dependent var	1,466071
Sum squared resid	32,87373	S.E. of regression	0,884708
Log-likelihood	-56,78749	Akaike criterion	121,5750
Schwarz criterion	128,8016	Hannan-Quinn	124,2690

'Within' variance = 0,0995144

'Between' variance = 0,74829

theta used for quasi-demeaning = 0,878441

Breusch-Pagan test -

Null hypothesis: Variance of the unit-specific error = 0

Asymptotic test statistic: Chi-square(1) = 48,3999

with p-value = 3,47595e-012

Hausman test -

Null hypothesis: GLS estimates are consistent

Asymptotic test statistic: Chi-square(3) = 6,76206

with p-value = 0,0798812

8. COMPARISON OF MODELS AND THEIR CHOICE

8.1. Comparison of models of informal effects and united data

Using Breusch-Pagan test, which estimates if the variance of the specific error is the equal of 0 we choose

the model of united data is chosen if the variance from 0 is different the model of informal effects is used. In this case (p-value is 3.47595e-12), that is the reason that between the models of informal data the united data, the model of informal effects was chosen.

8.2. Comparison of the model of fixed and informal effects

For the comparison of these two models we can use the Hausman's test, it estimates if the GLS marks are consistent, the model of informal effects is presented, if not the model of fixed effects is chosen. Because of relatively high p-value (p-value is 0.0798812) the model of informal effects was used.

8.3. Comparison of the model of united data and the model of fixed effects

The model of united data can be used if there is no difference in constant or if there is not effect of units. If there is one constant different from 0 we can use the model of fixed effects, it means that there is an effect of units present. With the F-test the p-value is being chosen.

F(7, 37): area to the right of 4,2e-020 $\approx$ 1
(to the left: 1,31075e-067)

F-test estimates, that p-value is different from 0 so we can choose the model of fixed effects.

8.4. Model of united data – comment

On the basis of comparison the model of united data was chosen as the most appropriate, because the Breusch-Pagan's test seemed better than the model of informal effects and using F-test better from the model of fixed effects. Between the two models of united data the model without robust valuation was selected.

Comment:

^

Corruption = 4.18032 + 0.0107575*GDP – 0.0780349*unemployment + 0.000131063*net income

1. 45 observations were analysed in nine different time periods, so five states and four variables.
2. Using R-squared 87.29% of all the influence on the rate of corruption is explained, so we can definitely say that GDP, the rate of unemployment and the height of net income in the state have a very strong influence on corruption (87.29% of all the influence on corruption)
3. The longer GDP leads to the longer index of corruption (lower corruption) – directional coefficient is positive. Because the rate of unemployment has the negative directional coefficient it shows us that larger unemployment has lower index of corruption or corruption is higher. The smaller effect like augmenting of GDP has the growth of net income (positive coefficient) and has the positive influence on the index of corruption (it lowers the perception of corruption)

4. If the GDP rises for 1% (GDP is in % from EU 27=100) the index of corruption enlarges in the average of 0.0107575% by the assumption that unemployment and net income do not change. But it needs to be added, that for GDP we cannot be 95% sure that GDP affects the rate of corruption.
5. If unemployment rises for 1% (unemployment is handed in %) the index of corruption is lower for 0.0780349% by the assumption ceteris paribus. The p-value is very low, what is the pointer of statistically typical influence of unemployment on the index of corruption.
6. If the net income rises for 1%, index of corruption is larger for 0.000131063%. The p-value is also very low, which shows the statistic influence of net income on corruption.

P(F) is very small, that proves the linear connection of corruption with the other three variables.

9. CONCLUSION

Hypothesis: GDP, unemployment and the height of average net income directly influence on the marked rate of corruption in a single state, was confirmed by this research, because these three factors estimate 87.29% of all the influence on the perception of corruption.

GDP does not statistically influence corruption or perception of corruption. Very little (but statistically typical) influence on the perception of corruption has the height of net income, a great influence has unemployment (by the raising of unemployment and lowering the net income we can see the larger perception of corruption), that is more or less expected, because people observe corruption more critically by falling of life standard, we can also say that by higher note of general standard (larger net income, lower unemployment) there is higher tolerance of corruption, which means that people have a very strange relationship with corruption, when we get on well we do not notice it, but when crisis comes we notice it at once or we treat it more critically.

10. SOURCES AND LITERATURE

- [1] Zakon o preprečevanju korupcije:
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=20042&stevilka=71>
- [2] <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/NEWS/0,,contentMDK:20190187~menuPK:34457~pagePK:34370~piPK:34424~theSitePK:4607,00.html>
- [3] Dobovšek, B.: Korupcija in politika, Ljubljana, RS, MNZ, Policija, Generalna policijska uprava, Uprava kriminalistične policije, 2005
- [4] Hren, M.: Ekonomski vidik korupcije in odkrivanje koruptivnih dejanj. Posvet: Problematika odkrivanja in pregona gospodarske kriminalitete. Ljubljana: Ministrstvo za notranje zadeve, 2002, str.163-179
- [5] Tanzi, V.; Davoodi, H. R.; Corruption, Growth, and Public Finances (November 2000). IMF Working

Paper, Vol. , pp. 1-27, 2000. Available at SSRN:
<http://ssrn.com/abstract=880260>

- [6] Bucič, M.: Vrste korupcije v Sloveniji in možnosti za njihovo preprečevanje, Diplomsko delo, Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2004.
- [7] Eurostat:
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>
- [8] Transparency international:
<http://www.transparency.org/country>

Kontakt autora:

Štefan Šumah, mag.poslovnih ved, dipl.ing
Kotlje 31, Kotlje
stefan.sumah@gmail.com

Igor Klopota, mag.oec.

Edita Mahič, mag.

ANALIZA BUKE KOJU PROIZVODI DIZEL MOTOR SA ZAJEDNIČKIM VODOM

ANALYSIS OF NOISE RADIATED FROM COMMON RAIL DIESEL ENGINE

Sunny Narayan

Stručni članak

Sažetak: Various noise regulations and consumer comfort needs are pushing automotive makers for investigating new methods for noise control. This work deals with experiments carried out on a 440 cc direct injection diesel engine which is commonly used for medium power automobiles. In order to investigate the acoustic behaviour of this engine various experiments were carried out at various loads and speeds. Useful data was obtained for source location of various noise sources and transmissions paths.

Ključne riječi: akustika, analiza buke

Professional paper

Abstract: Various noise regulations and consumer comfort needs are pushing automotive makers for investigating new methods for noise control. This work deals with experiments carried out on a 440 cc direct injection diesel engine which is commonly used for medium power automobiles. In order to investigate the acoustic behaviour of this engine various experiments were carried out at various loads and speeds. Useful data was obtained for source location of various noise sources and transmissions paths.

Key words: Acoustics, noise analysis

1. INTRODUCTION

Various vibrations occurring in a diesel engine are due to mechanical and combustion forces [1]. These vibrations are transmitted through engine structure to surface of engine. These vibrations give rise to motion of air which leads to audible noise around us. Broadly the total noise can be divided into combustion noise, motion based noise and load based mechanical noise [2]. One key process to reduce the noise is by use of higher injection pressures, but it necessitates use of bigger injection pumps which leads to higher noise from gear drives [3].

When a force is applied on a structure, the induced vibrations depend upon the application time as well as on natural frequency of vibration of structure. Combustion based noise can be reduced either by stiffening of structure or by controlling rate of pressure rise. Hence controlling pressure rate is a key to control combustion noise. Common rail injection systems are being used now days to control combustion noise as well as particulate emissions [3]. Controlling the injection parameters is the key to minimize the emissions from such type of engine [4]. In this work sets of experiments were performed to identify various sources of noises and study their reasons and effects.

2. EXPERIMENTAL RIG

Experiments were carried out on a lombardini LDW442CRS common rail double direct injection engine system having specifications as given in the Table no 1. This engine test rig has a piezo electric type Kistler 6056A make pressure transducer for in cylinder pressure measurements and an optical crank angle encoder for detection of TDC position as well as engine speed. The noise data obtained from the tests was processed using B&K Nexus device which amplifies and filters data at 22.4KHz. Experiments were carried out at fired and motored conditions by varying speed. The data thus obtained is presented in table no 2.

Table 1. Specification of Engine [5]

Parameter	Rating values
Bore	60.6 mm
Stroke	68 mm
Volume	440cm ³
Torque	25N-m @2000 RPM
Power	8.5kw@4400 RPM
Compression	20:1

Table 2. Experimental Data Acquired

Test case	P(Rail) (Bar)	Load	Speed	Q _{PRE}	Q _{MAIN}	SOI _{PRE}	SOI _{MAIN}
B1	508	50%	1600 RPM	1	6.3	19.9	5.08
B2	714	100%	1600 RPM	1	13.8	14.6	6.29
B3	-	0%	1600 RPM	-	-	-	-
B4	515	50%	2000 RPM	1	6.6	22.5	5.08
B5	710	100%	2000 RPM	1	13.8	16.5	6.29
B6	-	0%	2000 RPM	-	-	-	-

3. NOISE PREDICTION

To understand noise mechanisms it is necessary to understand the combustion base noise developed due to in cylinder pressure. This process is clear in figure no 2 where pressures were measured by means of pressure transducers at both fired and motored conditions. A rise in pressure was found to be about 18 Bars owing to combustion process. To better understand the events the pressure frequency analysis was done. The analysis of energy value of in cylinder pressure is seen in figure. It can be seen that the peak corresponds to resonance.

Further understanding of cylinder attenuation is useful to understand combustion noise. In cylinder pressure needs to be changed in order to understand the influence of pressure. This can be accomplished by changing the inlet air temperature to engine, changing cetane ratings or by changing injection timings. It has been further assumed that mechanical noise remains constant and structural attenuation response is linearly dependent on change of in-cylinder noise.

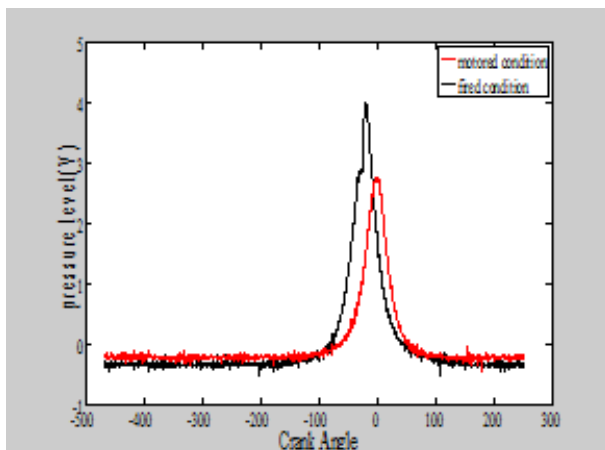


Figure 1. In-Cylinder pressure for both motored as well as combustion conditions (case1)

Based on these two assumptions it can be formulated that:

$$sp = m * cp + A \quad [6] \quad (1)$$

Where m is inverse of engine attenuation, sp is energy related to sound pressure levels n , cp is energy related to in cylinder pressure levels and A is energy level related to mechanical noise.

Further other parameters can be written as follows:

$$\text{Mechanical noise} = 10 * \log(a) \quad (2)$$

$$\text{Structural attenuation} = 10 * \log\left(\frac{L}{m}\right) \quad (3)$$

$$\text{Combustion noise} = 10 * \log(b - a) \quad (4)$$

Cylinder pressure can be expressed as sum of combustion noise & structural attenuation. Using these equations for the case of data collected for various test cases parameters have been plotted as seen from figures 2, 3, 4, 5.

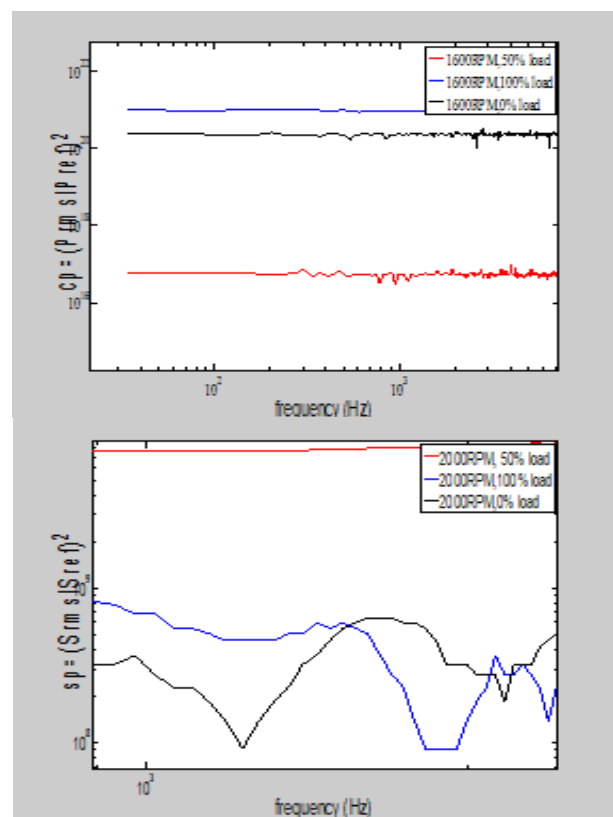
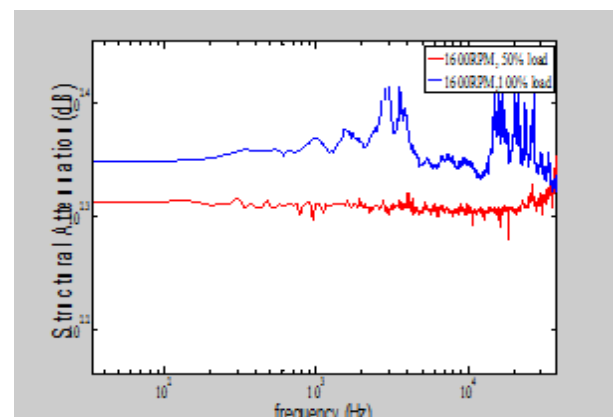


Figure 2. Variation of Energy Level Parameters



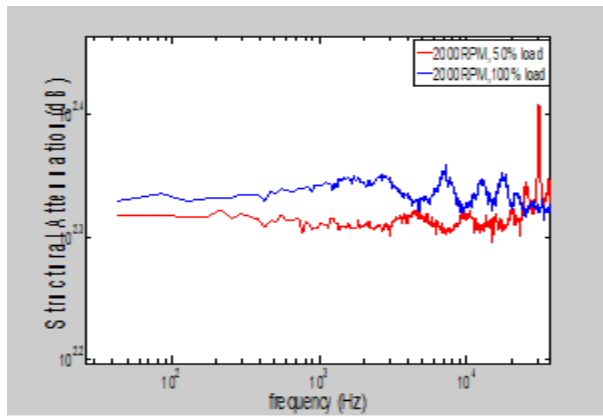


Figure 3. Variation of Structural Attenuation

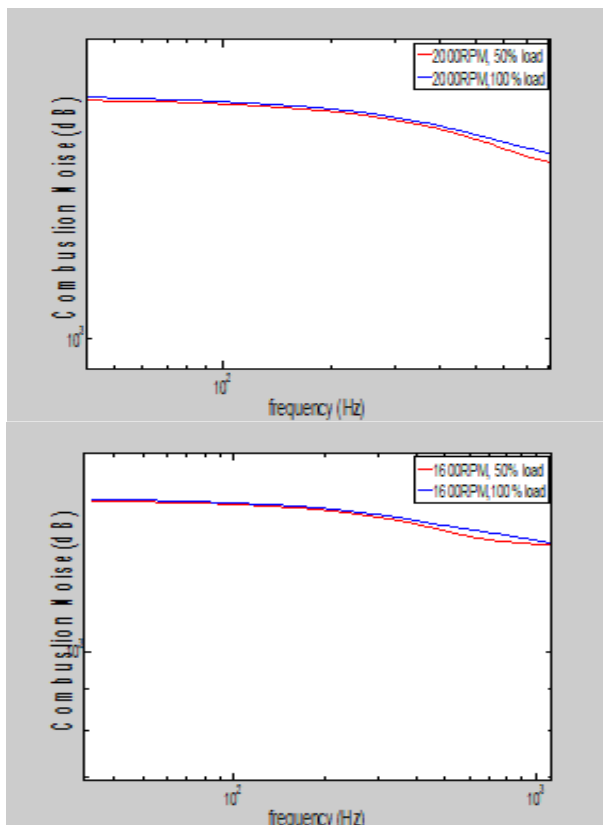


Figure 4. Variation of Mechanical Energy

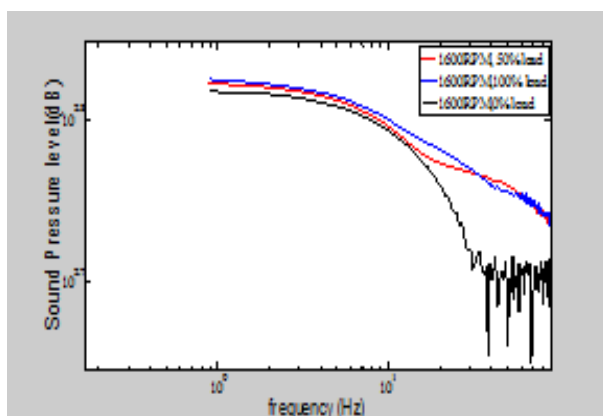


Figure 5. SPL for given testing conditions

Figure 5 shows the SPL for given testing conditions expressed as one-third of octave frequency band. From this figure it is clear that frequency band 0-10 Hz is most important band from engine acoustics view point. Hence trend of curve in this region can be used to calculate noise using empirical formula.

Table 3. Trend parameter Value

CASE	Trend(dB/ decade)
B1	6.27
B2	3.6925
B3	2.5233
B4	3.8218
B5	6.5706
B6	2.3197

An empirical formula relating intensity of noise radiated with engine bore can be expressed by relationship:

$$L_p A = A \log(N) + B \log(D) - C \quad (5)$$

Where N is engine RPM, D is engine bore, A is trend of in cylinder pressure spectra (ref table 3), B is reference bore parameter C is structural feature of engine.

Values of B and C are 50, 31 respectively for this class of engines [1]. Using this relationship, an estimate of A level noise radiated from engine for given test conditions was calculated and the obtained results were compared with those evaluated by experimental data obtained from SPL as given in table no 4.

Table 4. Comparison of A level Noise Levels

CASE	Calculated	Experimental
B1	93.8816	169.9916
B2	92.0885	165.6622
B3	83.4381	164.9954
B4	111.1047	169.9998
B5	114.2520	169.9689
B6	82.3282	169.3807

The difference between the two sets of values was due to structural features of engine under test.

4. CONCLUSION

In this work the acoustic study of a dual cylinder CRDI diesel engine has been undertaken for understanding of various components associated with radiated noise using both experimental & empirical approaches have been studied. Based upon the results optimization of injection parameters can be carried out to reduce the noise radiated from engine to match human comfort levels.

5. NOMENCLATURE

CRDI-Common Rail Direct Injection

SOI pre -Start of Pre -Injection ($^{\circ}$ Before TDC)

SOI Main -Start of Main-Injection ($^{\circ}$ Before TDC)

P rail=rail injection pressure

Q Pre-amount of fuel injected per stroke (pre-injection)

QMain-amount of fuel injected per stroke (pre-injection)

db –decibel level

6. REFERENCES

- [1] Hickling and Kamal, Engine Noise Extraction, Vibration and Radiation, Plenum Press, New York, 1982.
- [2] Priede, "Noise and Vibration Control of the internal combustion Reciprocating Engine", Chapter 19, Noise and Vibration Control Engineering, Beranek, John Wiley Sons, New York, 1992.
- [3] Taylor: The Internal Combustion Engine in Theory and Practice, vol2: Combustion, Fuels, Materials, Design, MIT press, 1968.
- [4] http://service.lombardinigroup.it/english/man_index_gb.htm. Accessed on 18-11-2013.
- [5] Beranek, "Acoustics", 1954.
- [6] Corcione, Siano, Vaglieco, "Analysis and control of Noise Emissions of a small Single Cylinder D.I. Engine", SAE paper-2003-01-1459.

Kontakt autora:

Sunny Narayan

PhD student

University of Roma Tre, Italy

rarekv@gmail.com

METODA UZORKA I NORMA HRN ISO 2859-1

METHOD OF SAMPLE AND STANDARD HRN ISO 2859-1

Valentino David, Karlo Bolšec, Marko Šafarić

Stručni članak

Sažetak: Metoda uzorkovanja i norma HRN ISO 2859-1 koja se koristi kod uzorkovanja su obrađene u ovom članku. Uzorkovanje je procjena nekog osnovnog skupa na temelju jednog ili više uzoraka. Kod korištenja metode uzorkovanja treba poštivati opće principe uzimanja uzoraka: slučajnost, nezavisnost, nepristranost i reprezentativnost. Kontrola kvalitete proizvoda može biti bez kontrole, 100%- na kontrola i statistička kontrola kvalitete. Norma ISO 2859-1 specificira planove uzorkovanja i postupke za pregled diskretnih elemenata prema atributima. Svrha norme je da ekonomskim i psihološkim pritiskom neprihvatanja partije djeluje na dobavljača da održava prosjek procesa barem na razini specificirane vrijednosti AQL-a.

Ključne riječi: Metoda uzorkovanja, uzorak, analiza, karakteristika, osnovni skup, kontrola kvalitete, norma, razina kakvoće, partija, plan uzorkovanja

Professional paper

Abstract: Sampling method and standard ISO 2859-1 is used for sampling are discussed in this seminar. Sampling is an estimate of a basic set based on one or more samples. When using sampling methods must comply with the general principles of sampling: randomness, independence, impartiality and representativeness. Quality control can be out of control, 100% - the control and statistical quality control. ISO 2859-1 specifies sampling plans and procedures for inspection of discrete elements by attributes. The purpose of the standard is that the economic and psychological pressure of refusal group acting on suppliers to maintain an average process at least at the level of values specified AQL's.

Key words: method of sampling, sample, analysis, characteristics, basic set, quality Control, standard, quality Level, group, sampling plan

1. UVOD

Uzorak je reprezentat statističke mase koja se istražuje. Zbog toga se metoda uzorka naziva još i reprezentativna metoda. Može se slobodno reći da je uzorak broj elemenata koji se uzima iz statističke mase koja se istražuje i da se pomoću njega istražuje statistička masa (populacija). Budući da su zaključci iz analize uzorka osnovni statistički skup, uzorak treba biti osnovni skup u malom. Ovaj zahtjev upozorava na to da izboru uzorka treba pristupiti krajnje pažljivo. Reprezentativan uzorak nije uvijek lako izabrati jer o populacijama koje istražujemo često vrlo malo znamo ili su nam potpuno nepoznate. Otežana je okolnost i ta što su ponekad elementi osnovnog skupa rasprostranjeni na velikom prostoru, što je varijabilnost promatranog obilježja velika i slična. Ako bi svi elementi osnovnog skupa bili jednaki, dovoljno bi bilo uzeti jedan element u uzorak i pomoću njega dati karakteristike osnovnog skupa. U praksi to nije slučaj.

Uzorkovanje je procjena nekog osnovnog skupa na temelju jednog ili više uzoraka. Tako se u kontroli kvalitete na temelju uzoraka prima roba od dobavljača,

kontrolira se sam proces, te se kontrolira proizvod koji je njihov rezultat.

Kod korištenja metode uzorkovanja treba poštivati opće principe uzimanja uzoraka, a to su:

- slučajnost
- nezavisnost
- nepristranost
- reprezentativnost

2. POSTUPAK IZBORA ELEMENATA U UZORKU

Prije svega potrebno je odrediti populaciju za istraživanje, a zatim na temelju toga okvir izbora. Okvir izbora je popis jedinica populacije iz koje se bira uzorak.

Izbor vrste uzorka je sljedeći korak i tako je povezan s okvirom izbora. Primjerice, jednostavan slučajni uzorak organizacija s certificiranim sustavom kvalitete nije moguće napraviti ako ne postoji cjelovit popis svih organizacija sa spomenutim certifikatom, odnosno okvir izbora. U praksi se koriste dva pristupa biranju jedinica u uzorku: slučajni i namjerni. Kod slučajnih uzoraka sve jedinice populacije imaju izgled za ulazak u uzorak neovisno o prosuđivanju ili utjecaju istraživača. Suprotno

tome, namjerni uzorci su rezultat osobnog prosuđivanja istraživača.

Prema varijabilnost obilježja razlikujemo homogeno i heterogenu populaciju. Što je osnovniji skup homogeniji, to će procjene metodom uzoraka biti preciznije, i obratno.

Ako je broj elemenata osnovnog skupa poznat u trenutku analize, kažemo da je osnovno skup konačan, a ako se broj jedinica u populaciji ne može ni približno odrediti ili ako u taj skup neprestano stižu nove jedinice, onda se takav osnovni skup zove beskonačan.

S obzirom da se metoda uzoraka uglavnom koristi za velike skupove, najčešće se uzima uzorak bez ponavljanja. Svaka kombinacija je jedan uzorak, a broj elemenata u uzorku može biti veći ili manji. Zavisno od vremena i troškova potrebnih za neku analizu.

2.1. Plan izbora uzorka i vrste uzorka

Postoje dva osnovna tipa uzorka:

- a) Slučajni:
 - a. jednostavni slučajni
 - b. sustavni
 - c. stratificirani
 - d. uzorak skupina
- b) Namjerni:
 - a. prigodni
 - b. uzorak poznavatelja
 - c. kvotni

2.2. Veličine uzorka

Veličina uzorka ovisi o varijabilnosti obilježja koje se mjeri, a potom o preciznosti kojom se želi mjeriti konkretno obilježje. Ako je obilježje manje varijabilno, bit će dovoljan manji uzorak, a kod jako varijabilnog obilježja potreban je velik uzorak. S druge strane, ako se ne zahtijeva velika preciznost, moguće se zadovoljiti i s manjim uzorkom, odnosno veća preciznost zahtijevat će i veći uzorak.

3. UZORKOVANJE I CENTRALNI GRANIČNI TEOREM

Ako se iz neke populacije uzme uzorak od 50 mjerenja, aritmetička sredina, standardno odstupanje i ostali izračunati parametri iz uzorka predstavljaju procjenu prave aritmetičke sredine, standardnog odstupanja i drugih parametara. Za pravu aritmetičku sredinu standardno odstupanje i dr. mora se izmjeriti kompletna populacija. Prema tome, kad je riječ o uzorcima, izračunate vrijednosti, nisu uvijek zapravo prave vrijednosti, nego približne vrijednosti ili procijene.

Kod zaključivanja iz uzorka valja računati i uzimati u obzir slučajne varijacije koje se mogu dogoditi. Veličine tih slučajnih varijacija ovise o stanju u samoj populaciji, a to znači što je veća varijabilnost rezultata u populaciji, to će biti i veća varijabilnost uzoraka uzetih iz te populacije.

Promatra li se osnovni skup podataka iz kojeg se metodom slučajnog izbora vade uzorci za bilo koju

zakonitost razdiobe podataka vrijedi da će razdioba aritmetičkih sredina uzoraka biti funkcija normalne varijable $N\{\bar{x}, \sigma_{\bar{x}}^2\}$.

Standardno odstupanje $\sigma_{\bar{x}}$ razdiobe aritmetičkih sredina uzoraka naziva se standardnom greškom, te je važan podatak statističkog zaključivanja.

Standardna greška aritmetičke sredine se na temelju uzorka procjenjuje se prema jednadžbi (1):

$$S_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Iz izraza se može zaključiti da je pogreška aritmetičke sredine veća što je veće standardno odstupanje pojave koja se mjeri i što je broj mjerenja manji.

4. KONTROLA KVALITETE I UZORKOVANJA

Kontrola kvalitete proizvoda može biti ustrojena na jednu od tri mogućnosti:

1. bez kontrole
2. 100%-na kontrola – vrsta inspekcije koja se provodi na određenim svojstvima svih proizvoda ili materijala u skupini kako bi se utvrdilo zadovoljava li proizvod ili materijal standarde. Ako postoji vjerojatnost uništenja imovine ili opasnost od ozljede radnika, onda se 100%-na kontrola nameće kao nužna.
3. Statistička kontrola – skup metoda i postupaka za prikupljanje, obradu, analizu i tumačenje podataka radi osiguravanja kvalitete proizvoda, procesa i usluga.

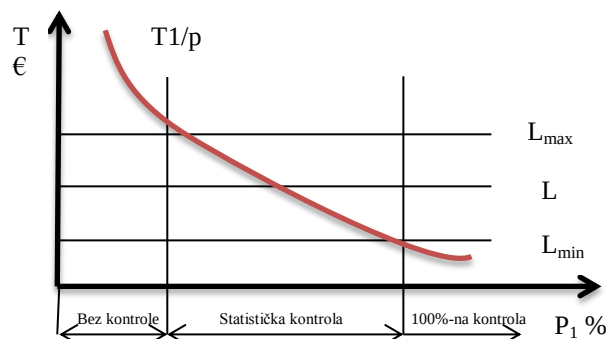
Metode statističke kontrole kvalitete:

- Kontrola u toku procesa-kontrolne karte
- Kontrola nakon dovršenog procesa-planoci prijema

4.1. Izbor načina kontrole

Da bi se odabrala vrsta i način kontrole, treba odgovoriti na pitanje je li ekonomičnije provoditi 100%-nu kontrolu, uzorkovati ili uopće ne provoditi kontrolu.

Slika 1. prikazuje primjer uzorkovanja proizvoda ili materijala u nekom proizvodnom procesu.

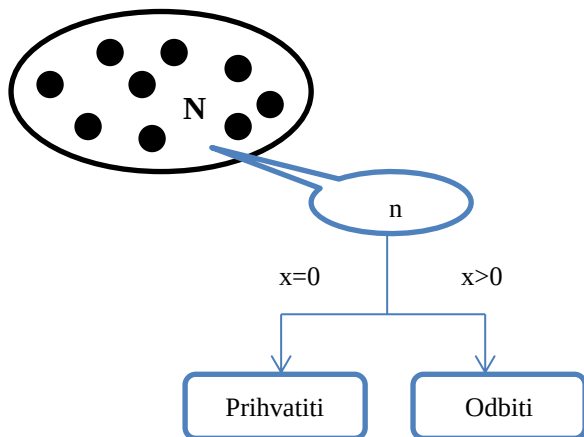


Slika 1. Trošak kontrole – izbor načina kontrole (T_1 – jedinični trošak, T_1/p – trošak pronalaska jednog nesukladnog komada, L – procijenjena šteta nastala propuštanjem lošeg komada, $L_{\max}$ – procijenjena najveća šteta zbog propuštanja lošeg komada, $L_{\min}$ – procijenjena najmanja šteta zbog propuštanja lošeg komada)

Oznake na slici:

- N – veličina serije
- n – veličina uzorka (n je uvijek veći od 1)
- x – broj loših komada

Pitanje je koliko uzorka uzeti iz ukupne populacije proizvoda ili materijala. Odgovor se nalazi u normama koje mogu biti atributivne ili mjerljive. Osnovu metode uzorkovanja čini podatak da uzorak mora biti slučajan. Ako nije tako, onda koncepcija uzorkovanja gubi svaki smisao.



Slika 2. Osnovna filozofija uzorkovanja

5. HRN ISO 2859-1 - POSTUPCI UZORKOVANJA ZA PREGLED PREMA ATRIBUTIMA

Norma HRN ISO 2859:1996 pod općim nazivom Postupci uzorkovanja za pregled prema atributima, sastoji se od ovih dijelova:

1. dio: Planovi uzorkovanja indeksirani prema prihvatljivoj razini kakvoće (AQL) za pregled partija po partija
2. dio: Planovi uzorkovanja indeksirani prema graničnoj kakvoći (LQ) za pregled izdvojenih partija
3. dio: Postupci uzorkovanja s preskakanjem partije.

5.1. Područje primjene

Ovaj dio norme ISO 2859 specificira planove uzorkovanja i postupke za pregled diskretnih elemenata prema atributima. Planovi uzorkovanja u ovoj normi indeksirani su prema vrijednostima prihvatljive razine kakvoće.

Svrha je ove norme da ekonomskim i psihološkim pritiskom neprihvatanja partije djeluje na dobavljača da održava prosjek procesa barem na razini specificirane vrijednosti AQL-a, dajući istodobno za kupca gornju granicu rizika od povremenog prihvatanja loše partije.

Planovi uzorkovanja određeni u ovom dijelu norme ISO 2859 primjenjivi su na pregled:

- a) krajnjih proizvoda
- b) sastavnica i sirovina
- c) postupaka
- d) gradiva u procesu
- e) zaliha u skladištu
- f) postupaka održavanja

- g) podataka ili zapisa
- h) upravnih postupaka.

Ti planovi trebaju u prvom redu primjenjivati na neprekinute nizove partija, što omogućuje primjenu pravilnih prijelaza, čime se:

- postiže automatska zaštita kupca ako bi se otkrilo pogoršanje kakvoće
- daje mogućnost smanjenja troškova pregleda prijelazom na blaži pregled ako se trajno postiže dobra kakvoća

5.2. Nazivi i definicije

Nazivi i definicije rabljeni u ovoj međunarodnoj normi u skladu su s normom ISO 3534:

- a) Neispravnost
- b) Nesukladnost
- c) Nesukladna jedinica
- d) Postotak nesukladnih jedinica
- e) Broj nesukladnosti na 100 jedinica
- f) Prihvatljiva razina kakvoće (AQL)
- g) Plan uzorkovanja
- h) Shema uzorkovanja
- i) Sustav uzorkovanja
- j) Odgovorni ocjenjivač
- k) Pregled
- l) Izvorni pregled
- m) Pregled prema atributima
- n) Jedinica proizvoda
- o) Partija
- p) Veličina partije
- q) Uzorak
- r) Granična kakvoća (LQ)

5.3. Iskazivanje nesukladnosti

Mjera nesukladnosti iskazuje se kao postotak nesukladnih jedinica ili kao broj nesukladnosti na 100 jedinica. U tablicama se pretpostavlja da se nesukladnosti pojavljuju samo slučajno i statički neovisno. Mogu postojati dobri razlozi za sumnju da bi jednu nesukladnost mogao uzrokovati uvjet koji će vjerojatno uzrokovati i druge nesukladnosti.

5.4. Prihvatljiva razina kakvoće (AQL)

5.4.1. Uporaba i primjena

Kad se neka nesukladnost ili skupina nesukladnosti označi kojom posebnom vrijednošću prihvatljive razine kakvoće, to pokazuje da će shemom uzorkovanja biti primljena velika većina podnesenih partija, pod uvjetom da razina kakvoće u tim partijama nije veća od te označene vrijednosti AQL-a. Dakle, AQL je oznaka vrijednosti postotka nesukladnih jedinica koji će shemom uzorkovanja koju treba upotrebljavati biti primljen najveći broj puta.

Označivanje AQL-a ne podrazumijeva da dobavljač ima pravo svjesno isporučivati bili kakve nesukladne jedinice proizvoda.

5.4.2. Specificiranje vrijednosti prihvatljive razine kakvoće

Prihvatljiva razina kakvoće koju treba upotrebljavati označuje se ugovorom ili je određuje odgovorni ocjenjivač ili se pak određuje prema pravilima koje je dao odgovorni ocjenjivač. Skupine nesukladnosti koje se razmatraju zajednički ili pojedinačne nesukladnosti mogu se označiti različitim AQL-ovima.

- Nesukladnosti razreda A – One nesukladnosti razmatrane vrste koje imaju najveću važnost za proizvod ili uslugu.
- Nesukladnosti razreda B – One nesukladnosti razmatrane vrste koje imaju idući niži stupanj važnosti. Prema tome, njima se mogu dodijeliti veće vrijednosti AQL-a nego nesukladnostima razreda A, a manje nego nesukladnostima razreda C, ako postoji treći razred

5.4.3. Normne vrijednosti AQL-a

Vrijednosti AQL-a dane u tablicama poznate su kao normne vrijednosti AQL-a. Ako je za neki proizvod označen AQL različit od normne vrijednosti AQL-a, te tablice nisu primjenljive.

5.5. Podnošenje proizvoda na uzorkovanje

Proizvod se slaže u prepoznatljive partije, potpartije ili na neki sličan način. Svaka se partija, što je praktično više moguće, mora sastojati od jedinica proizvoda jedne vrste, stupnja, razreda, veličine i sastava, proizvedenih u biti u istim uvjetima i u isto vrijeme.

Način oblikovanja partija, veličinu partije i način na koji dobavljač prikazuje i identificira svaku partiju određuje ili odobrava odgovorni ocjenjivač ili se provodi prema pravilima odgovornog ocjenjivača. Po potrebi dobavljač mora za svaku partiju osigurati dostatan i prikladan skladišni prostor, opremu potrebnu za ispravnu identifikaciju i prikazivanje te osolje za sve postupke s proizvodom koji se zahtijevaju pri uzimanju uzoraka

5.6. Prihvatanje i neprihvatanje

5.6.1. Prihvatljivost partija

Prihvatljivost partije određuje se uporabom plana uzorkovanja ili planova uzorkovanja pridruženih označenom AQL-u ili označenim AQL-ovima.

Naziv "neprihvatanje" upotrebljava se u tom sklopu umjesto naziva "odbijanje" kad se on odnosi na rezultat koji slijedi iz postupka. Odgovorni ocjenjivač odlučuje kako se postupa s partijama koje nisu prihvaćene. Takve se partije mogu pročititi, srediti, preraditi, ponovo procijeniti prema specifičnijim kriterijima upotrebljivosti, zadržati zbog dodatnih podataka itd.

5.6.2. Nesukladne jedinice

Pridržava se pravo odbijanja svake jedinice proizvoda za koju se tijekom pregleda utvrdi da je nesukladna, bez

obzira na to čini li jedinica proizvoda dio uzorka ili ne, čak i kad se partija kao cjelina prihvaća. Odbijene jedinice mogu se popraviti ili ispraviti i ponovno podnijeti na pregled uz odobrenje i na način koji se specificirao odgovorni ocjenjivač.

5.6.3. Posebni uvjeti za označene nesukladnosti

Dodjela posebne vrste nesukladnosti svakom razredu ovisi o dogovoru o posebnim primjenama uzorkovanja. Općenito, svrha je takvog razvrstavanja u razrede da se dopusti uporaba skupa planova uzorkovanja koji imaju istu veličinu uzorka, ali različite vrijednosti AQL-a. Odgovorni ocjenjivač može po vlastitoj prosudbi zahtijevati da se svaka jedinica u partiji pregledava prema označenim razredima nesukladnosti.

5.6.4. Ponovo podnesene partije

Ako se utvrdi da je koja partija neprihvatljiva, sve će se strane odmah obavijestiti. Takve partije ne podnose se ponovno na pregled sve dok se sve jedinice ponovno ne provjere ili ispitaju, a dobavljač ne zadovolji uvjet da je sve nesukladne jedinice uklonio ili nesukladnosti ispravio.

5.7. Uzimanje uzoraka

Kad je to prikladno, broj jedinica u uzorku odabire se u razmjeru s veličinom potpartije ili slojem partije utvrđene prema nekom kriteriju. Kad se upotrebljava slojevito uzorkovanje, jedinice iz svakog sloja partije odabiru se na slučajan način.

Uzorci se mogu uzimati nakon što se sve jedinice koje su sadržane u partiji prikupe ili tijekom proizvodnje partije.

Kad se primjenjuje dvokratno ili višekratno uzorkovanje, svaki se uzorak odabire iz cijele partije.

5.8. Uobičajeni, stroži i blaži pregled

5.8.1. Početak pregleda

Na početku pregleda, ako nije drukčije odlučio odgovorni ocjenjivač, provodi se uobičajeni pregled.

5.8.2. Nastavak pregleda

Na idućim partijama nastavlja se bez promjene uobičajeni, stroži ili blaži pregled, s iznimkom tamo gdje postupci za prijelaz zahtijevaju promjenu vrste pregleda. Postupci prijelaza primjenjuju se neovisno za svaki razred nesukladnosti ili nesukladnih jedinica.

5.8.3. Pravila i postupci prijelaza

Pri uobičajenom pregledu uvodi se stroži pregled kad se ne prihvate dvije od pet ili manje uzastopnih partija pri početnom pregledu.

Pri strožem pregledu vraća se na uobičajeni pregled kad se pri početnom pregledu pet uzastopnih partija ocijeni prihvatljivim.

Kad se provodi uobičajeni pregled, uvodi se blaži pregled pod uvjetom da se ispune svi ovi uvjeti:

- da je 10 prethodnih partija podnesenih na uobičajeni primljeno pri početnom pregledu
- da je ukupni broj nesukladnih jedinica u uzorcima iz prethodnih 10 partija jednak ili manji od primjenjivoga graničnog broja danog u tablici VIII. Ako se upotrebljava dvokratno ili višekratno uzorkovanje, trebali bi biti uključeni svi pregledani uzorci, a ne samo "prvi uzorci"
- da se proizvodnja odvija ustaljenom brzinom
- da odgovorni ocjenjivač smatra poželjnim blaži pregled

Kad se provodi blaži pregled, vraća se na uobičajeni pregled, ako se u početnom pojavi bilo što od ovoga:

- ako koja partija ne bude primljena, ili
- ako se koja partija smatra prihvatljivom prema postupcima za blaži pregled, ili
- ako proizvodnja postaje nepravilna ili kasni, ili
- ako drugi uvjeti nalažu da se vrati na uobičajeni pregled

Ako ukupni broj partija koje nisu primljene u nizu uzastopnih partija pri početnom strožem pregledu dosegne 5, postupci prihvaćanja prema ovom dijelu norme ISO 2859 prekidaju se.

Tablica 1. Tablica VIII. HRN ISO 2859

Tablica VIII - Granični brojevi za blaži pregled (v. 9.3.3)

GRANIČNI
BROJEVI

Tablica VIII - Granični brojevi za blaži pregled (v. 9.3.3)

Broj jedinica u uzorku iz zadnjih 10 partija	Prihvatljiva razina kakvoće																											
	0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
20 – 29	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0	2	4	8	14	22	40	68	115	181	277	
30 – 49	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0	1	3	7	13	22	36	63	105	177	277	
50 – 79	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0	2	3	7	14	25	40	63	110	181	277	
80 – 129	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0	0	2	4	7	14	24	42	68	105	181	297	490		
130 – 199	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0	0	2	4	8	13	25	42	72	115	177	301	490			
200 – 319	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0	2	4	8	14	22	40	68	115	181	277	471					
320 – 499	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0	1	4	8	14	24	39	68	113	189								
500 – 799	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0	2	3	7	14	25	40	63	110	181									
800 – 1 249	*	*	*	*	*	*	*	0	0	2	4	7	14	24	42	68	105	181										
1 250 – 1 999	*	*	*	*	*	*	0	0	2	4	7	13	24	40	69	110	169											
2 000 – 3 149	*	*	*	*	*	0	0	2	4	8	14	22	40	68	115	181												
3 150 – 4 999	*	*	*	*	0	0	1	4	8	14	24	38	67	111	186													
5 000 – 7 999	*	*	*	0	0	2	3	7	14	25	40	63	110	181														
8 000 – 12 499	*	*	0	0	2	4	7	14	24	42	68	105	181															
12 500 – 19 999	*	0	0	2	4	7	13	24	40	69	110	169																
20 000 – 31 499	0	0	2	4	8	14	24	38	68	115	181																	
više od 31 449	0	1	4	8	14	24	22	67	111	186																		

* Označava da je broj jedinica u uzorku u posljednjih 10 partija nedostatan za prijelaz na blaži pregled za taj AQL. U tom slučaju može se za računanje upotrijebiti više od 10 partija pod uvjetom da su upotrijebljene partije zadnje u nizu te da su bile podvrgnute uobičajenom pregledu i da nijedna nije bila odbijena tijekom uobičajenog pregleda.

5.9. Planovi uzorkovanja

5.9.1. Razina pregleda

Odgovorni ocjenjivač propisuje zahtijevanu razinu kakvoće za svaku posebnu primjenu. To omogućuje ocjenjivaču da za neke svrhe zahtijeva veće razlikovanje, a za druge manje. U tablici II dane su tri razine pregleda za opću uporabu. Ako nije drukčije određeno upotrebljava se razina pregleda II. Kad se zahtijeva manje razlikovanje može se upotrebljavati razina pregleda I, ako se zahtijeva veće razlikovanje, razina pregleda III. U tablici I (HRN ISO 2859) dane su također još četiri dodatne posebne razine pregleda (S-1, S-2, S-3, S-4), a mogu se upotrebljavati kad su nužne razmjerno male veličine uzoraka, a mogu se ili će se dopustiti ili se dopuštaju veliki rizici uzorkovanja.

Pri određivanju razina pregleda od S-1 do S-4 potrebno je voditi računa da se izbjegavaju AQL-ovi koji nisu spojivi s tim razinama pregleda. Drugim riječima, svrha je tih posebnih razina pregleda da se, gdje je to potrebno, smanje uzorci.

Primjer: Slovne oznake u stupcima ispod S-1 ne idu dalje od slova D, što je istovjetno veličini uzorka od 8 jedinica pri jednokratnom uzorkovanju, ali, ako je AQL

jednak 0,1 % za što je najmanja veličina uzorka jednaka 125, nema nikakva smisla specificirati razinu pregleda S-1.

5.9.2. Slovne oznake veličine uzoraka

Veličine uzorka označene su slovnim oznakama. Da bi se za posebnu veličinu partije i propisanu razinu pregleda našla primjenljiva slovna oznaka, upotrebljava se tablica I (HRN ISO 2859)

5.9.3. Dobivanje planova uzorkovanja

Iz tablica II, III ili IV (HRN ISO 2859) se dobiva plan uzorkovanja, pomoću AQL i slovnih oznaka veličine uzorka.

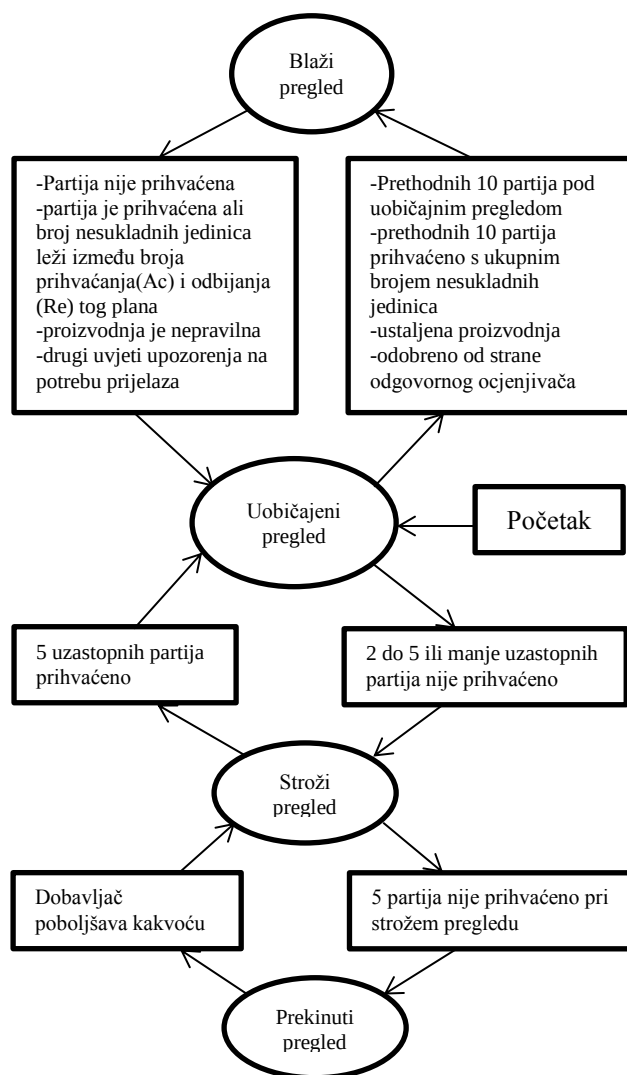
5.9.4. Vrste planova uzorkovanja

U tablicama 2, 3 i 4 dane su redom tri vrste planova uzorkovanja. Kad je za dani AQL i slovnu oznaku na raspolaganju više vrsta planova, može se upotrijebiti bilo koji od tih planova. Odluka o vrsti plana obično se temelji na usporedbi između administrativnih poteškoća i prosječnih veličina uzorka za dostupne planove.

Tablica 2. Tablica I (HRN ISO 2859)

Veličina partije	Posebne razine pregleda				Opće razine pregleda		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 do 8	A	A	A	A	A	A	B
9 do 15	A	A	A	A	A	B	C
16 do 25	A	A	B	B	B	C	D
26 do 50	A	B	B	C	C	D	E
51 do 90	B	B	C	C	C	E	F
91 do 150	B	B	C	D	D	F	G
151 do 280	B	C	D	E	E	G	H
281 do 500	B	C	D	E	F	H	J
501 do 1200	C	C	E	F	G	J	K
1201 do 3200	C	D	E	G	H	K	L
3201 do 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 do 35000	C	D	F	H	K	M	N
35001 do 150000	D	E	G	J	L	N	P
150001 do 500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001 i više	D	E	H	K	N	Q	R

5.10. Određivanje prihvatljivosti

**Slika 2.** Opći prikaz pravila prijelaza

Da bi se odredila prihvatljivost partije pregledom prema postotku nesukladnih jedinica, upotrebljava se plan uzorkovanja primjenljiv u skladu s sljedećim točkama:

- plan jednokratnog uzorkovanja
- plan dvokratnog uzorkovanja
- plan višekratnog uzorkovanja
- posebni postupak za blaži pregled

5.11. Primjer uzorkovanja kod tehničkog izvida upotrebom stroja za razminiranje kao samostalne metode

Projektirana srednja dubina obrade tla u MSP-u upotrebom stroja za razminiranje kao samostalnom metodom je minimalno 20 cm u I kategoriji (a) i minimalno 10 cm u II i III kategoriji zemljišta (b) (Tablica 3).

Određivanje slovne oznake

Dnevno obrađena-tretirana površina je npr. 3120 m².

Slovna oznaka veličine uzorka određuje se pomoću tabele 3 na sljedeći način:

- veličina dnevne partije je pod rednim brojem 3 (1201 do 3200 m²),
- veličina uzorka je 6 m² a broj mjerenja dubina u uzorku je 3,
- za početak nadgledanja dubine strojne obrade odabire se uvijek opća razina pregleda i to:
 - ako je površina tretirana lakim strojem, razina II (slovna oznaka je D)
 - ako je površina tretirana teškim i srednjim strojem, razina I (slovna oznaka je C)
 - ako je površina tretirana teškim strojem koji postiže prosječnu dubinu obrade tla preko 30 cm, odabire se posebna razina pregleda (od S-1 do S-4, za navedeni primjer odabire s slovna oznaka B)

Određivanje broja uzoraka (veličina uzorka) i prihvatljive razine kakvoće (AQL) Nakon definiranja slovnih oznaka u Tabeli 3, odabire se plan jednokratnog uzorkovanja. Na početku rada stroja uvijek se polazi od planova jednokratnog uzorkovanja za uobičajeni pregled (Tablica 4).

Za laki stroj pod a) za slovnu oznaku «D» iz tabele 3 za uobičajeni pregled veličina uzorka je 5. Znači, nadglednik odabire u partiji 5 uzoraka po 6 m² metodom slučajnog odabira. Broj mjerenja dubine u uzorku je 3.

Ako je srednja dubina u uzorku manja od projektirane dubine partija je neispravna i odbacuje se. Prisutnost nesukladnosti u razredu A s brojem prihvaćanja Ac=0 predstavljaju neispravnost i partija se odbacuje. Nadglednik izvješćuje pirotehničkog nadzornika o odbacivanju partije po bilo kojoj osnovi navedenoj u ovom SOP-u.

Nesukladnosti u primjeru se definiraju na sljedeći način:

Nesukladnost razred A je:

- ako je pojedinačna dubina u uzorku manja od 12cm u kategoriji zemljišta I, vrijednost AQL-a je 0.1. Iz (tabele 4) broj prihvaćanja partije je Ac=0 a broj

odbijanja je $Re=1$. Znači, nije u uzorku dozvoljena manja dubina od 12 cm.

- b) ako je pojedinačna dubina u uzorku manja od 6 cm u kategoriji zemljišta II i III, vrijednost AQL-a je 0.1. Iz tablice 3-A broj prihvatanja partije je $Ac=0$ a broj odbijanja je $Re=1$. Znači, nije u uzorku dozvoljena manja dubina od 6 cm.

Nesukladnost razred B je:

- a) ako je pojedinačna dubina u uzorku manja od 17 cm a veća od 12 cm u kategoriji zemljišta I, vrijednost AQL-a je 2.5. Iz tabele 4 broj prihvatanja partije je $Ac=2$ a broj odbijanja je $Re=3$.
- b) ako je pojedinačna dubina u uzorku manja od 8 cm a veća od 6 cm u kategoriji zemljišta II i III, vrijednost AQL-a je 2.5. Iz tabele 4 broj prihvatanja partije je $Ac=2$ a broj odbijanja je $Re=3$.

Nesukladnost razred C je:

- a) ako je pojedinačna dubina u uzorku manja od 20 cm a veća od 17 cm u kategoriji zemljišta I, vrijednost AQL-a je 4.5. Iz tabele 4 broj prihvatanja partije je $Ac=3$ a broj odbijanja je $Re=4$.
- b) ako je pojedinačna dubina u uzorku manja od 10 cm a veća od 8 cm u kategoriji zemljišta II i III, vrijednost

AQL-a je 4.5. Iz tabele 4 broj prihvatanja partije je $Ac=3$ a broj odbijanja je $Re=4$.

Zaključak:

- Partija se odbija ako je izmjerena srednja dubina u uzorku manja od projektirane. Izvješćuje se nadležni pirotehnički nadzornik o odbijanju partije.
- U uzorcima nisu dozvoljene pojedinačno izmjerene dubine svrstane u razred A, AQL je veoma mali (najčešće je 0.1).
- Ovisno o vrsti i tipu stroja, njegovoj kvaliteti obrade tla u uzorcima su dozvoljena pojedinačna nesuglasja definiranjem razreda B i C uz upotrebu općih različitih razina pregleda (I, II i III) i posebnih razina pregleda (S-1, S-2, S-3, S-4). Njihov broj je definiran izborom vrijednosti AQL-a za zadovoljavajući prosjek projektirane dubine.
- Nadglednik je dužan u što kraćem roku izvijestiti nadležnog pirotehničkog nadzornika o odbijanju partije po bilo kojem osnovu navedenom u ovom SOP-u. Pirotehnički nadzornik dalje postupa u skladu s Pravilnikom o načinu obavljanja poslova razminiranja.

Tablica 3. Slovnne oznake veličine uzorka

Red. broj	Veličina partije (m ²)	Veličina površine uzoraka (m ²)	Broj mjerenja dubine u uzorku	Posebne razine pregleda				Opće razine pregleda		
				S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
1	200 do 500	1	1	A	A	A	A	A	B	C
2	501 do 1 200	1	1	A	A	B	B	B	C	D
3	1 201 do 3 200	6	3	B	B	C	C	C	D	E
4	3 201 do 5 000	10	3	B	C	C	D	D	D	E
5	5 001 do 8 000	20	5	C	C	D	D	D	E	F
6	8 001 do 15 000	20	5	C	D	D	E	E	F	F
7	15 001 do 35 000	20	5	D	E	E	E	E	F	G
8	35 001 do 150 000	50	7	D	E	E	F	F	G	H
9	150 001 i više	50	7	E	E	F	F	G	H	J

Tablica 4. Planovi jednokratnog uzorkovanja za uobičajeni pregled

Slovnna oznaka veličine partije	Veličina uzorka	Prihvatljiva razina kakvoće, AQL (uobičajeni pregled)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		0,01		0,015		0,025		0,04		0,065		0,1		0,15		0,25		0,4		0,65		1,0		1,5		2,5		4,0		6,5		10		15		25		40		65		100		150		250		400		650		1000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
A	1	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	

↓ = upotrijebiti prvi plan uzorkovanja ispod strelice

↑ = upotrijebiti prvi plan uzorkovanja iznad strelice

Ac = broj prihvatanja

Re = broj odbijanja

6. ZAKLJUČAK

Osnovni zadatak metode uzorka je da se na osnovu uzorka izabranog iz osnovnog skupa procijene karakteristike tog skupa, a statističkom metodom određuje se pouzdanost i preciznost te procjene.

Drugi zadatak metode uzorka je da se na osnovu podataka dobivenih uzorkom donese odluka da li da se prihvati, odnosno odbaci određena pretpostavka (hipoteza) koja se odnosi na neku karakteristiku osnovnog skupa. To znači da uzorak mora biti reprezentativan, a do reprezentativnog uzorka dolazi se ispravnim izborom elemenata osnovnog skupa za uzorak.

Zadatak metode uzorka je i određivanje prave veličine uzorka, koja značajno utiče na pouzdanost procjene traženog parametra populacije. Kako se smanjuje veličina uzorka, tako se smanjuje postotak pouzdanosti procjene i obratno. Pošto se sva istraživanja provode pod određenim finansijskim ograničenjima, ta činjenica ne utiče samo na odluku o veličini uzorka već i na vrstu uzorka i način prikupljanja podataka.

Svrha norme HRN ISO 2859-1 je da ekonomskim i psihološkim pritiskom neprihvatanja partije djeluje na dobavljača da održava prosjek procesa barem na razini specificirane vrijednosti AQL-a, dajući istodobno za kupca gornju granicu rizika od povremenog prihvatanja loše partije.

7. LITERATURA

- [1] Kondić Ž.: Statička kontrola kvalitete, Veleučilište u varaždinu, Varaždin 2012.
- [2] Hrvatska norma: HRN ISO 2859-1, Prvo izdanje, Siječanj 1997.
- [3] <https://www.hcr.hr/pdf/04.02-UZORKOVANJE-UZIMANJE%20UZORAKA%20ZA%20PREGLED%20I%20KONTROLU%20DUBINE%20OBRADE%20TLA%20KOD%20UPOTREBE%20STROJEVA%20ZA%20RAZMINIRANJE.pdf>

Kontakt autora:

Valentino David, student

Sveučilište Sjever
104. brigade 3
42000 Varaždin

Bolšec Karlo, student

Sveučilište Sjever
104. brigade 3
42000 Varaždin

Šafarić Marko, student

Sveučilište Sjever
104. brigade 3
42000 Varaždin

METHOD OF EVALUATING THE QUALITY OF ROOM ACOUSTICS BASED ON ENERGY RELATIONS OF SOUND

METODA EVALUACIJE KVALITETE AKUSTIKE SOBE TEMELJENOJ NA ENERGETSKIM RELACIJAMA ZVUKA

Siniša Fajt, Miljenko Krhen, Tončo Marušić

Professional paper

Abstract: Measuring procedure of achieving room acoustic quality parameters with impulse response is usually used as the basis for acoustical measuring PC based software. The objective parameters: clarity (C), definition (D) and ratio between reflected and direct energy (R) are defined with reflected, direct and total energy of sound. The relations are set in order to enable estimation of other parameters based on measurement of only one energy parameter. Based on measurements in two architectural identical, but according to acoustic characteristics two different rooms, and additional analysis and calculations connected with number of people in a hall, objective parameters are evaluated according to earlier adopted optimal conditions involving certain deviations from the values.

Key words: room acoustic, energy relations, sound, evaluation

Stručni članak

Sažetak: Mjerni postupak postizanja parametara kvalitete zvuka prostorije impulsnim odzivom obično se koristi kao osnova za računalni software za akustično mjerenje. Jasnoća (C), definicija (D) i omjer između reflektirane i izravne energije (R) kao objektivni parametri definirani su reflektiranom, izravnom i ukupnom energijom zvuka. Odnosi su postavljeni tako da bi se omogućila procjena ostalih parametara na temelju mjerenja samo jednog parametra energije. Na temelju mjerenja u dvije arhitektonski identične, ali prema akustičnim svojstvima dvije različite prostorije te dodatnoj analizi i izračunima povezanim s brojem ljudi u dvorani, objektivni parametri se ocjenjuju prema ranije usvojenim optimalnim uvjetima koji uključuju određena odstupanja od vrijednosti.

Ključne riječi: akustika sobe, energetske relacije, zvuk, evaluacija

1. INTRODUCTION

The measurements were carried out using and omnidirectional speaker dodecahedron as a sound source and the omnidirectional microphone Behringer ECM 8000. The test signal was MLS. Processing was done using Tascam US-144 soundcard and notebook with ARTA – Audio Measurement and Analysis Software. Acoustic descriptors are defined and formally recommended in standard ISO 3382 (Figure 7).

Measurement has been implemented with octave analysis of energy-time curves (ETC). Analysis of ETC was most appropriate because acoustic quality of room is mostly determined with flow of energy (reverberation time and early decay time (EDT) of sound energy and ratio between direct and reflected energy in reverberation. When ETC are measured, it is very important to look for time and frequency resolution of measurement results displaying. Two rooms with almost equal dimensions, but different acoustic properties were chosen for measurement and testing. Both rooms are in

Department of Electroacoustic at the Faculty of Electrical Engineering and Computing, Zagreb, Croatia. One of the rooms is classroom without acoustical finishing, with volume of 270 m³, dimensions 11.95 m x 7.05 m x 3.20 m and it is used for lecturing. Detailed view of the room is shown on Figures 1, 2 and 3.

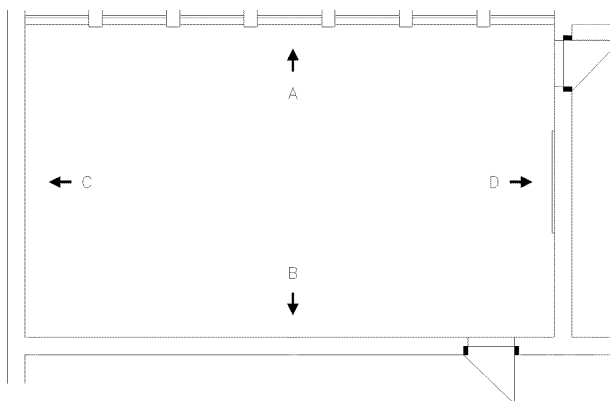


Figure 1. The groundplan of Room 1 – acoustically untreated room

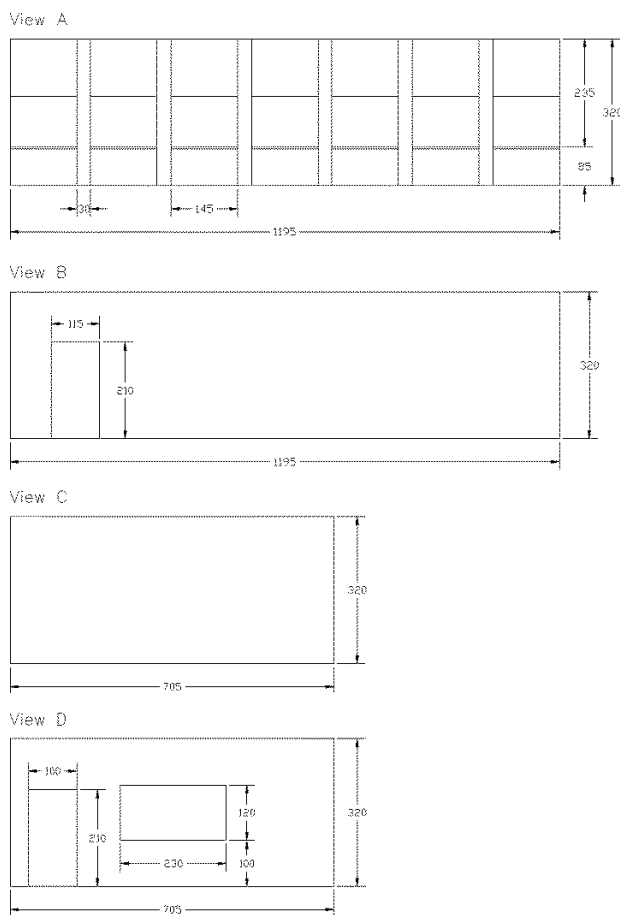


Figure 2. Dimensions of Room 1 - acoustically untreated room

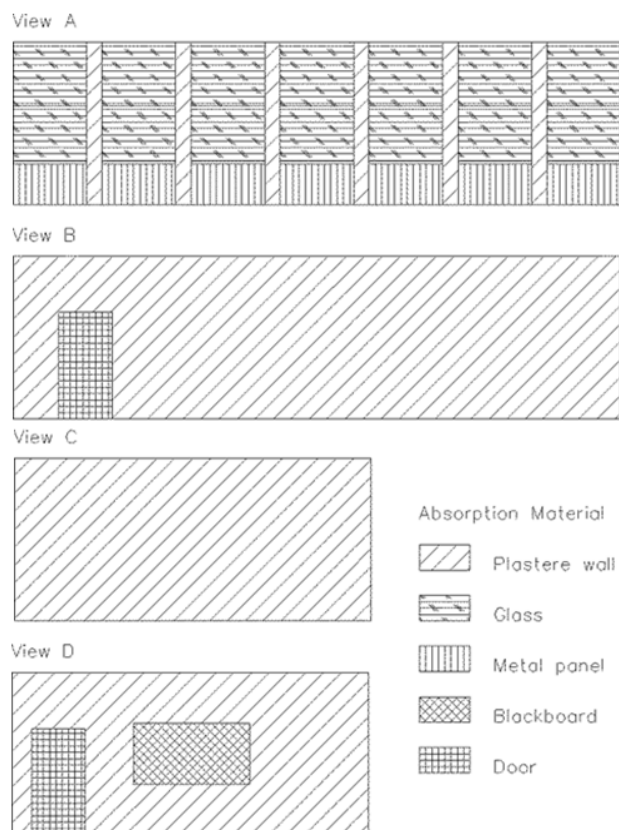


Figure 3. Layout of Room 1 with applied materials - acoustically untreated room

Second room is approximately same dimensions, with volume of 230 m³, dimensions 10.20 m x 7.05 m x 3.20 m, but it is acoustically defined, and it is used as listening room, for parallel subjective testing of loudspeakers, psychoacoustic testing and recording. Detailed view of this room is shown on the Figures 4, 5 and 6. Absorption constructions (absorbers) are added in the room for purpose of acoustically finishing of this room. The room was measured in nine different points of the room. Area of auditorium was sampled in those points.

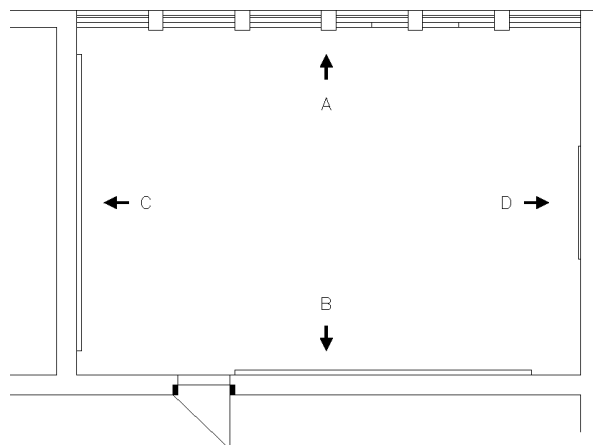


Figure 4. The groundplan of Room 2 - acoustically treated room

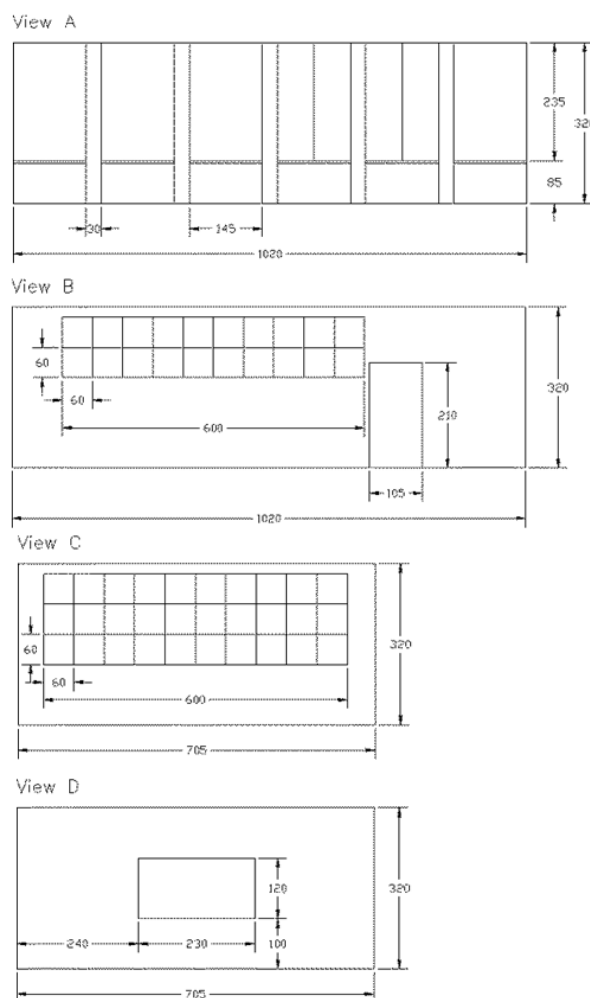


Figure 5. Dimensions of Room 2 - acoustically treated room

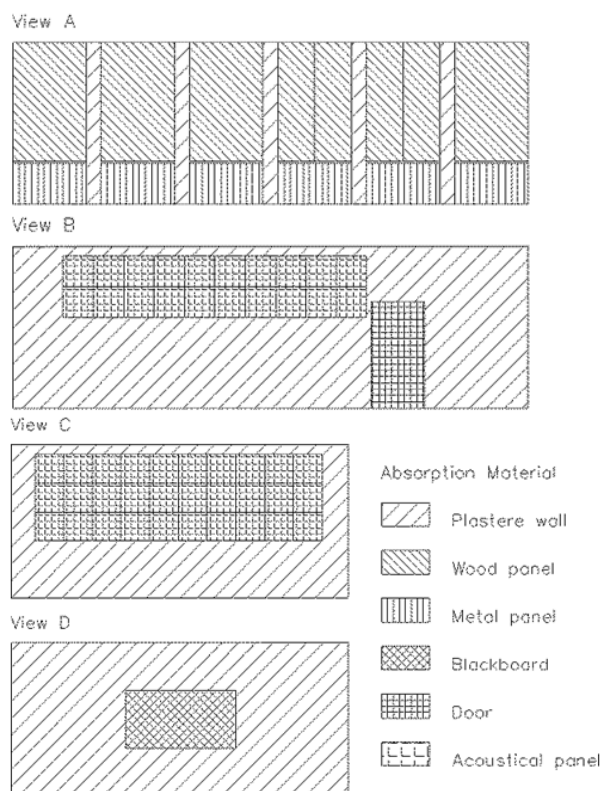


Figure 6. Layout of Room 2 with applied materials - acoustically treated room

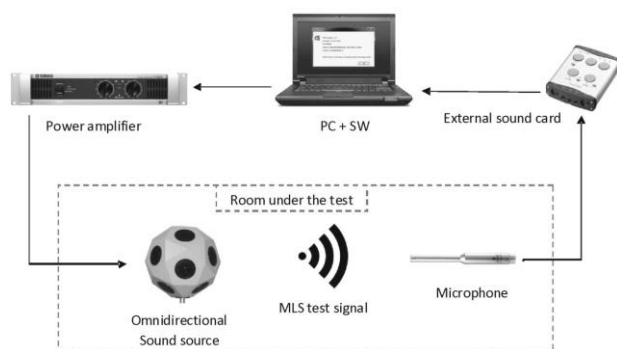


Figure 7. Measuring equipment layout

2. MEASUREMENT AND EVALUATION OF ENERGY RATIOS

Energy ratios of direct and reflected sound are responsible for acoustic properties of rooms. In 1953. Thiele suggested objective parameter of definition of sound D50 (as ratio of direct and total sound energy) and connected it with understanding of speech and definition of sound as subjective parameter of acoustic quality of room. In 1965 Beranek and Shultz suggested ratio between reflected and direct sound energy (R) and determined influence on reverberation and movement as subjective parameters of acoustic quality. In 1975 Reichard and later Alim and Schmidt suggested clarity C (as ratio of direct and reflected energy of sound) and they determined influence on clarity of music and brightness as subjective parameters of acoustic quality of room. Generally, energy of direct sound can be expressed

$$E_d(t_x) = k \cdot \int_0^{t_x} p^2(t) dt \quad (1)$$

and energy of reflected sound is given by equation:

$$E_r(t_x) = k \cdot \int_{t_x}^{\infty} p^2(t) dt \quad (2)$$

where is $t_x = 50$ ms for speech or $t_x = 80$ ms for music and k is coefficient of proportionality.

Thus definition of energy ratios can be written as in Table 1. that are common to all the people. Secondly, the components of human security are interdependent, which implies that it transgresses all types of borders. Further on, it is easier to ensure the human security by means of prevention. Finally, it is a concept that is people centered and is thus focused on the well-being of an individual in the society. "Like other fundamental concepts, human security is more easily identified through its absence than its presence." The UNDP definition has to date remained one of the most widely accepted definitions despite the quite broad scope it includes.

Table 1. Definitions of energy ratios

	C	D	R
C_{t_x}	$\frac{E_d(t_x)}{E_r(t_x)}$	$\frac{1}{\frac{1}{D_{t_x}} - 1}$	$\frac{1}{R_{t_x}}$
D_{t_x}	$\frac{1}{1 + \frac{1}{C_{t_x}}}$	$\frac{E_d(t_x)}{E_u}$	$\frac{1}{1 + R_{t_x}}$
R_{t_x}	$\frac{1}{C_{t_x}}$	$\frac{1}{D_{t_x}} - 1$	$\frac{E_r(t_x)}{E_d(t_x)}$

Where total energy is:

$$E_u = E_d(t_x) + E_r(t_x) = k \cdot \int_0^{\infty} p^2(t) dt \quad (3)$$

This ratios can be expressed like relative ratios in dB. Energy of direct $E_d(t_x)$ and reflected sound $E_r(t_x)$ on different time distance ($t_x = 50$ ms or $t_x = 80$ ms in relation with time $t_x = 0$ of direct incoming sound) are measured with methods based on integration ETC with octave frequency bandwidth. Octave values of measured energies are averaged values of measurements in all 9 measurement points. Considering recommended optimal values for objective parameters according different authors, modified method of valuing energy ratios was suggested, in the first order clarity C, which was suggested in 1996 by Marshall for evaluation speech C_{50} and music C_{80} .

Boundaries values of objective parameters for speech and music expressed like levels and their marks are shown in table 2.

Table 2. Evaluating objective parameters for speech and music

C ₈₀	D ₈₀	R ₈₀	
+13 dB < C ₈₀	-0.21 dB < D ₈₀	R ₈₀ < -13 dB	⇒ 5
+6 dB < C ₈₀ ≤ +13 dB	-0.97 dB < D ₈₀ ≤ -0.21 dB	-13 dB ≤ R ₈₀ < -6 dB	⇒ 4
-6 dB ≤ C ₈₀ ≤ +6 dB	-6.99 dB ≤ D ₈₀ ≤ -0.97 dB	-6 dB ≤ R ₈₀ ≤ +6 dB	⇒ 3
-13 dB ≤ C ₈₀ < -6 dB	-13.22 dB < D ₈₀ ≤ -6.99 dB	+6 dB < R ₈₀ ≤ +13 dB	⇒ 2
C ₈₀ < -13 dB	D ₈₀ < -13.22 dB	+13 dB < R ₈₀	⇒ 1

C ₅₀	D ₅₀	R ₅₀	
+9 dB < C ₅₀	-0.52 dB < D ₅₀	R ₅₀ < -9 dB	⇒ 5
+3 dB < C ₅₀ ≤ +9 dB	-1.76 dB < D ₅₀ ≤ -0.52 dB	-9 dB ≤ R ₅₀ < -3 dB	⇒ 4
-3 dB ≤ C ₅₀ ≤ +3 dB	-4.77 dB ≤ D ₅₀ ≤ -1.76 dB	-3 dB ≤ R ₅₀ ≤ +3 dB	⇒ 3
-9 dB ≤ C ₅₀ < -3 dB	-9.39 dB < D ₅₀ ≤ -4.77 dB	+3 dB < R ₅₀ ≤ +9 dB	⇒ 2
C ₅₀ < -9 dB	D ₅₀ < -9.39 dB	+9 dB < R ₅₀	⇒ 1

It can be seen that, if ratio of direct and reflected energy is known, all three values can be estimated. It is needed to consider measurements conditions and evaluations. Ratio of reflected energy with presence of auditorium (E_{ri}) and without presence of auditorium (E_r)

are in ratio like reverberation time with presence (T_{ri}) and without presence of auditorium (T_r).

Reverberation time in same room, with same loudness depends of total absorption and it isn't same with auditorium and without it. Less absorption, more reverberation time and awry.

So it can be assumed next:

$$\frac{E_{ri}}{E_r} = \frac{T_{ri}}{T_r} \Rightarrow E_{ri} = \frac{T_{ri}}{T_r} E_r \quad (4)$$

Analog with previous conclusions it can be assumed that ratio of direct energies with presence (E_{di}) and without presence of auditorium (E_d) are in relation as early decay time of sound energy with presence of people (EDT_i) and without presence of people (EDT) and it can be assumed next:

$$\frac{E_{di}}{E_d} = \frac{EDT_i}{EDT} \Rightarrow E_{di} = \frac{EDT_i}{EDT} E_d \quad (5)$$

Thus, if ratios of energy are known with presence of auditorium, C_i , D_i , R_i , can be evaluated.

If only one parameter is known other two can be evaluated because of their correlation. Other two parameters can be easily estimated.

Table 3. Measured objective parameters in studio without presence of auditorium

Frequency Hz	C ₅₀ dB	C ₈₀ dB	D ₅₀ dB	D ₈₀ dB	R ₅₀ dB	R ₈₀ dB
63	4.57	9.08	-1.30	-0.51	-4.57	-9.08
125	5.46	9.79	-1.09	-0.43	-5.46	-9.79
250	8.19	10.82	-0.61	-0.35	-8.19	-10.82
500	8.29	11.70	-0.60	-0.28	-8.29	-11.70
1000	7.70	12.04	-0.68	-0.26	-7.70	-12.04
2000	7.78	12.73	-0.67	-0.23	-7.78	-12.73
4000	8.05	13.31	-0.63	-0.20	-8.05	-13.31
8000	13.24		-0.20		-13.24	

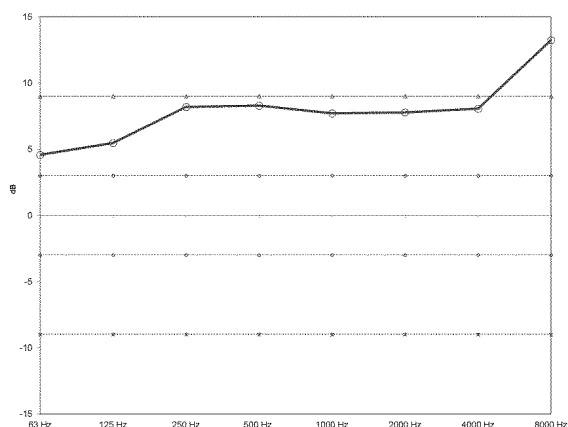


Figure 8. Clarity C₅₀ measured in studio without auditorium which evaluated values are given in Table 3 and average mark is 4

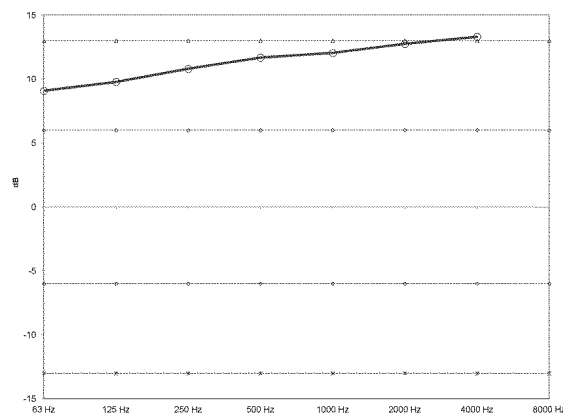


Figure 9. Clarity C₈₀ measured in studio without presence of auditorium which marks are given in table 3 and average mark is 4.

Table 4 shows marks C_{50} and C_{80} in studio which together give average mark of clarity C from 4.13, what

is with subjective evaluating 4. The same mark is then for definition D and for ratio reflected-direct energy R.

Table 4. Marks C_{50} and C_{80} in studio

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
C_{50}	4	4	4	4	4	4	4	5
C_{80}	4	4	4	4	4	4	5	

Table 5. Evaluated objective parameters in studio with presence of auditorium

Frequency Hz	C_{50} dB	C_{80} dB	D_{50} dB	D_{80} dB	R_{50} dB	R_{80} dB
63	4.57	9.08	-1.30	-5.88	-4.57	4.58
125	5.45	9.78	-1.09	-6.53	-5.45	5.44
250	8.17	10.80	-0.62	-8.79	-8.17	8.17
500	8.27	11.68	-0.60	-8.87	-8.27	8.27
1000	7.70	12.04	-0.68	-8.38	-7.70	7.70
2000	7.79	12.75	-0.67	-8.46	-7.79	7.79
4000	8.05	13.31	-0.63	-8.68	-8.05	8.05
8000	13.17		-0.20		-13.17	

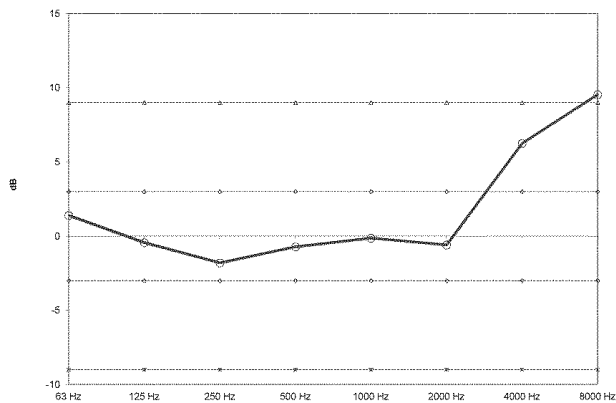


Figure 10. Clarity C_{50} evaluated in studio included presence of auditorium which estimated values are given in table 5 and average mark is 4.

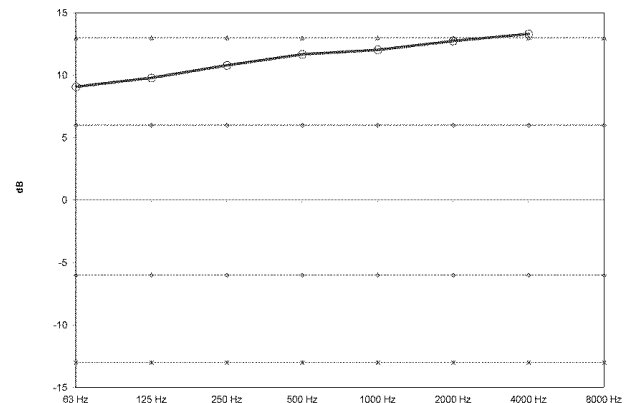


Figure 11. Clarity C_{80} evaluated in studio included presence of auditorium which estimated values are given in table 5 and average mark is 4.

Table 6 shows marks of C_{50} and C_{80} , which together give average mark of clarity C of 4.13 which is in order with subjective evaluating 4.

Table 6. Marks C_{50} and C_{80} in studio

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
C_{50}	4	4	4	4	4	4	4	5
C_{80}		4	4	4	4	4	5	

Table 7. Measured objective parameters in seminar without presence of auditorium

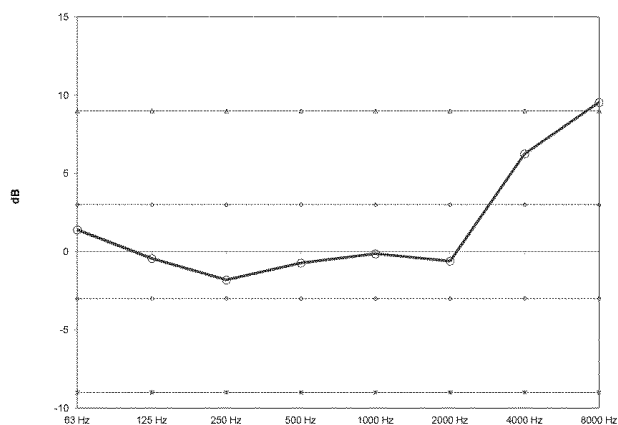
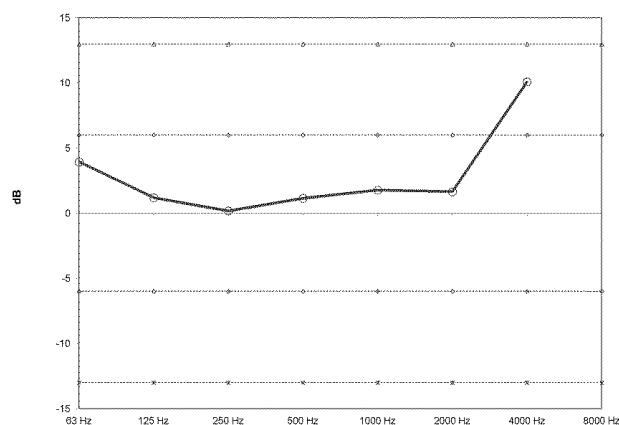
Frequency Hz	C_{50} dB	C_{80} dB	D_{50} dB	D_{80} dB	R_{50} dB	R_{80} dB
63	1.40	3.94	-2.36	-1.47	-1.40	-3.94
125	-0.43	1.20	-3.23	-2.45	0.43	-1.20
250	-1.80	0.20	-4.00	-2.91	1.80	-0.20
500	-0.76	1.11	-3.41	-2.49	0.76	-1.11
1000	-0.17	1.74	-3.10	-2.23	0.17	-1.74
2000	-0.60	1.64	-3.32	-2.27	0.60	-1.64
4000	2.32	6.16	-2.00	-0.94	-2.32	-6.16
8000	9.68		-0.44		-9.68	

Table 8. Marks C_{50} and C_{80} in seminar without presence of auditorium

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
C_{50}	3	3	3	3	3	3	3	5
C_{80}	3	3	3	3	3	3	4	

Table 9. Evaluated objective parameters in seminar with presence of auditorium

Frequency Hz	C_{50} dB	C_{80} dB	D_{50} dB	D_{80} dB	R_{50} dB	R_{80} dB
63	1.39	3.93	-2.37	-3.76	-1.39	1.39
125	-0.44	1.19	-3.23	-2.80	0.44	-0.44
250	-1.81	0.18	-4.01	-2.20	1.81	-1.82
500	-0.73	1.15	-3.39	-2.66	0.73	-0.72
1000	-0.14	1.77	-3.08	-2.95	0.14	-0.11
2000	-0.60	1.65	-3.32	-2.72	0.60	-0.60
4000	6.25	10.09	-0.92	-7.71	-6.25	6.91
8000	9.54		-0.46		-9.54	

**Figure 12.** Clarity C_{50} evaluated in seminar included in consideration presence of auditorium whose evaluated values are given in table 9 and average mark is 3**Figure 13.** Clarity C_{80} evaluated in seminar included in consideration presence of auditorium whose evaluated marks are given in table 9 and average mark is 3.**Table 10.** Marks C_{50} i C_{80} in seminar

Freq.	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
C_{50}	3	3	3	3	3	3	4	5
C_{80}	3	3	3	3	3	3	4	

3. CONCLUSION

Evaluation of acoustic quality of room is possible in the first order with direct subjective testing or indirect estimating objective measurement. Difficulties at evaluating acoustic quality of room are in defining subjective parameters acoustic quality of room, because they are generally expressed with description, while in analysis is needed to express them quantitative. Quantity expressing subjective parameters' is necessary for determine interdependency with objective parameters of acoustic quality of room. Comparing marks of objective parameters acoustic quality of room with different acoustic properties it is determined coincidence which confirms the validity of right assumption of measurement evaluation. This defined method of evaluating acoustic quality enable marking of subjective parameters acoustic quality based on marking measured objective parameters.

This can be used at computer simulations of objective parameters in phase of projecting determined room where with iterative method optimal acoustical quality is given according with acoustic properties of materials implemented in performance for special rooms, having in mind purpose of room. This like defined method of evaluating acoustic quality can be considered as background of implement standardizes quality of room.

4. REFERENCES

- [1] Abdou, R. W. Guy: Spatial information of sound fields for room-acoustic evaluation and diagnosis, The Journal of the Acoustical Society of America, USA, Vol. 100, No. 5, 1996.
- [2] Blauert, J.; Jekosch, U.: Sound-Quality Evaluation – A Multilayer Problem, Acoustica

- [3] Hirzel, S.: Verlag – Stuttgart, Volume 83, No. 5, 1997.
- [4] Fastl, H.: The Psychoacoustics of Sound-Quality Evaluation, Acoustica, S. Hirzel Verlag – Stuttgart, Volume 83, No. 5, 1997
- [5] Domitrović, H.; Fajt, S.; Krhen, M.: Multimedia Room Acoustical Design // Proceedings ELMAR-2009, Zadar : Croatian Society Electronics in Marine - ELMAR, Zadar, 2009. 221-224
- [6] Vodopija, J.; Fajt, S.; Krhen, M.: The influence of different source positions on acoustical parameters of churches // Proceedings of 1st EAA - Euroregio 2010.. Ljubljana, Slovenija, 2010.
- [7] Vodopija, J.; Fajt, S.; Krhen, M.: Evaluation of Acoustic Parameters of Churches // Proceedings of 10th French Congress of Acoustics. Lyon, Francuska, 2010.
- [8] Vodopija, J.; Fajt, S.; Krhen, M.: Assessment of Acoustic Properties of Churches // Proceedings of Inter Noise 2010. Lisbon, Portugal, 2010.

Kontakt autora:**Siniša Fajt,**

University of Zagreb, Faculty of Electrical
Engineering and Computing, Department of
Electroacoustics
Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia
E-mail: sinisa.fajt@fer.hr

Miljenko Krhen

University of Zagreb, Faculty of Electrical
Engineering and Computing, Department of
Electroacoustics
Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia
E-mail: miljenko.krhen@fer.hr

Tončo Marušić

Faculty of Science and Education, University of
Mostar,
Ulica Matice hrvatske b.b., Mostar 88000, Bosnia
and Herzegovina
E-mail: tonco.marusic@gmail.com

PRIMJENA ORGANSKOG RANKINOVOG CIKLUSA (ORC) I PRIKLADNI RADNI FLUIDI

USING AN ORGANIC RANKIN CYCLE (ORC) AND APPROPRIATE WORKING FLUIDS

Nurdin Čehajić, Suad Halilčević, Izudin Softić

Pregledni rad

Sažetak: Prikazane su mogućnosti upotrebe ORC tehnologija za transformaciju niskotemperaturnih izvora topline u električnu energiju. Primjenom ORC kogeneracijskih postrojenja na biomasu omogućava se dobijanje toplinske i električne energije iz jednog izvora topline. Dat je pregled ORC proizvođača sa rasponima snaga, toplinskim izvorom, temperaturnim razinama i korištenim radnim fluidom. Kako radni fluid igra ključnu ulogu u radu ORC sistema dana je uopćena metodologija izbora radnog fluida. Izvršeno je usporedba najčešće korištenih radnih fluida kroz njihov utjecaj na termodinamičku ili eksergijsku učinkovitost ORC procesa, ali i na okoliš i zdravlje ljudi. Dokazano je da se ORC sistem može primijeniti u malim lokalnim zajednicama ili industrijskim pogonima koji raspolažu dovoljnom količinom biomase za zadovoljenje svojih potreba za električnom i toplinskom energijom.

Ključne riječi: Organski Rankinov ciklus (ORC), biomasa, kogeneracija, izvor topline, radni fluid, zaštita okoliša

Review article

Abstract: Shown the possibility of using ORC technology to transform low temperature heat source into electricity. Applying ORC CHP to be getting heat and electricity from a single heat source. A review is given ORC manufacturers with ranges of power, heat source, temperature levels and used working fluid. As the working fluid plays a key role in the ORC system the generalized methodology of choice of working fluid is given. The comparison of the most commonly used working fluid through their influence on the thermodynamic or exergy efficiency of the ORC process is conducted, but also the environment and human health consequences are taken into consideration. It has been shown that the ORC system can be applied in small communities or industrial plants that have a sufficient amount of biomass to meet its demand for electricity and thermal energy.

Key words: Organic Rankine cycle (ORC), biomass, cogeneration, heat source, working fluid, environmental protection

1. UVOD

Interes za niskotemperaturne toplinske izvore raste u posljednjih deset godina, zbog povećane zabrinutosti o nestašici energije i globalnog zatopljenja. World Energy Council [1] procjenjuje da će se do 2030. godine potrošnja svih oblika energije udvostručiti.

Predložen je veliki broj novih rješenja za proizvodnju električne i toplinske energije iz niskotemperaturnih izvora topline. Među predloženim rješenjima, ORC tehnologija je najčešće korištena.

ORC je varijacija Rankinovog ciklusa u kojem se umjesto vode kao radnog medija koristi organski fluid. Zbog relativno niske temperature isparavanja organskog fluida moguće je iskorištavanje niskoentalpijskih izvora topline (biomasa, otpadna toplina, geotermalna i sunčeva energija). ORC tehnologija može pretvoriti toplinsku energiju relativno niskih temperatura u rasponu od 80 do 350°C u električnu energiju i može igrati važnu ulogu u povećanju energetske učinkovitosti novih ili postojećih aplikacija.

Prednost korištenja ORC tehnologije temelji se na činjenici da su potrebni niski radni pritisci u odnosu na

druge termodinamičke cikluse, kao što je Carnot-ov ili klasičan Rankin-ov ciklus. Također, kod ORC tehnologije izbjegava se problem korozije i erozije lopatica turbine i druge opreme postrojenja zbog karakteristika radnog fluida. Važnost ORC tehnologije posebno se može promatrati u svjetlu povećane emisije štetnih (stakleničkih) plinova nastalih uglavnom procesom sagorijevanja fosilnih goriva uzrokujući efekt staklenika, pojavu ozonskih rupa, zagađenje voda, zemlje i oštećenje šuma. Kako bi se to smanjilo potrebno je uložiti mnogo napora za primjenu mjera u svim sektorima potrošnje te primjenu novih tehnologija sa nultom ili veoma niskom stopom emisija stakleničkih plinova.

Dobrim energentom se pokazuju biomasa koja zanemarivo opterećuje atmosferu s CO₂, jer je količina emitiranog CO₂ prilikom sagorijevanja biomase jednaka količini CO₂ koja je neophodna za rast biljke, pod uvjetom da su sječa i prirast drvene mase u održivom odnosu.

Biomasa je široko dostupna, a čine je poljoprivredni, šumski, drveni, komunalni i industrijski otpad. Toplinsku i električnu energiju dobivenu iz biomase je najbolje

koristiti na lokalnoj razini jer je gustoća energije biomase mala, što povećava troškove transporta.

Udio biomase u ukupnoj potrošnji energije u svijetu iznosi 14,7%, od toga u razvijenim zemljama 2,8%, te u zemljama u razvoju 38,1%. Sve procjene potencijala i uloge biomase u svjetskoj energetskej politici u narednom periodu govore o značajnom porastu udjela biomase kao obnovljivog izvora. Predviđa se da će do 2050. godine u svijetu udio biomase u potrošnji energije iznositi između 30 i 40%. U periodu od 2004. do 2006. godine ukupno učešće biomase u Evropi se povećalo za 11% [2].

Tako npr. Ukrajina ima instalirane kapacitete od 320 MW za dobivanje električne energije iz biomase, Njemačka je 2010. godine imala oko 261 postrojenje sa kapacitetom od 1240 MW, Švedska je 2009. godine dobivala od korištenja biomase 32% energije, a Finska 20%. U EU se 58% primarne energije dobivene iz obnovljivih izvora energije dobiva iz drveta i procjenjuje se otvaranje oko 1,5 miliona radnih mjesta u industriji biomase do 2020. godine. Dalje, procjene govore da ukupni svjetski resursi biomase imaju teoretski potencijal koji je deset puta veći od ukupne svjetske potrošnje primarne energije, što je 7 mld tona u ekvivalentu nafte godišnje.

U skladu s navedenim u članku su prikazane mogućnosti iskorištenja biomase kao niskoentalpijskog izvora topline za dobivanje električne i toplinske energije upotrebom kogeneracijskog ORC postrojenja sa organskim radnim fluidom. Dalje, dati su usporedni podaci termodinamičke i eksergijske analize ORC sa različitim radnim fluidima.

2. ORC TEHNOLOGIJE SA BIOMASOM KAO POGONSKIM ENERAGENTOM

Tehnologije za korištenje biomase se koriste dugi niz godina, ali je u posljednjih dvadeset godina došlo do naglog razvoja tehnologija za pripremu, sagorijevanje, automatsku dobavu goriva (pelet i sječka) i proizvodnju topline bez nadzora ložača.

Prilikom donošenja odluke o korištenju biomase kao energenta uglavnom se postavlja pitanje izbora tehnologije i određenog kogeneracijskog postrojenja koje će tokom eksploatacije omogućiti siguran, tehnički i ekonomski optimalan, te ekološki prihvatljiv pogon.

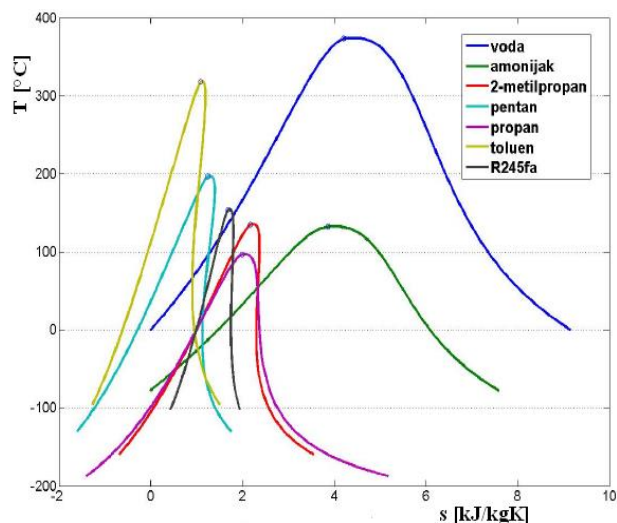
ORC tehnologija se uspješno primjenjuje za mala kogeneracijska postrojenja na biomasu nazivnih snaga između 200 i više od 2000 kW, te se kao takva pokazuju odličnim rješenjem za manje lokalne zajednice bogate biomasom bilo kojeg oblika.

2.1. Princip rada ORC postrojenja

ORC proces ima isti princip rada i glavne komponente (isparivač, turbinu, kondenzator i pumpu) kao i klasičan Rankinov ciklus. U isto vrijeme postoje i neke velike razlike između ova dva ciklusa. Razlike se uglavnom odnose na korišteni radni fluid u ciklusu, termodinamičke osobine radnog fluida i temperaturu izvora topline.

Glavna razlika između dva ciklusa je radni fluid koji se koristi. U Rankinovom ciklusu koristi se samo voda, dok postoje stotine različitih radnih fluida koji se mogu koristiti u ORC ciklusu. Ciklus vodene pare je pogodan za temperature na ulazu u turbinu iznad 350°C. Većina organskih fluida imaju nižu točku vrenja od vode, što ih čini pogodnim za korištenje toplinskog potencijala s temperaturama ispod 350°C. Ovo pokazuje da organski fluidi trebaju nižu temperaturu izvora topline od vode kako bi prešli u parnu fazu, te kao takvi mogu koristiti niskoentalpijske izvore topline.

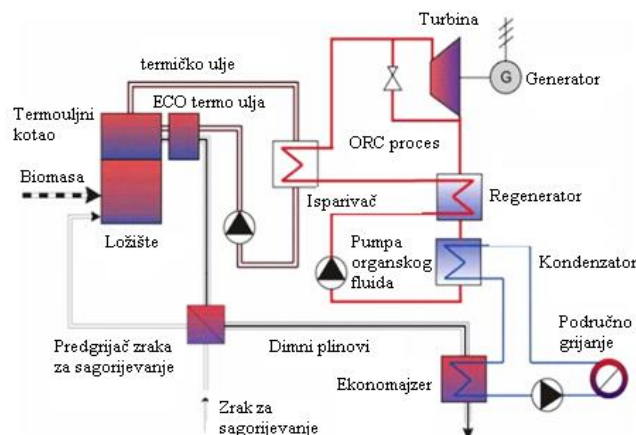
Na slici 1. je prikazan T-s dijagram promjene agregatnih stanja za vodu i neke druge radne fluide koji se koriste u ORC procesu.



Slika 1. T-s dijagram za vodu i druge radne fluide

Sa slike 1. se uočava jasna razlika u promjeni entropije između krive zasićenja tečnosti i krive zasićenja pare za vodu i druge radne fluide. Organski fluidi imaju znatno manju promjenu entropije u odnosu na vodu, jer joj treba znatno veća količina topline da bi promijenila fazu i prešla iz zasićene tekućine u zasićenu paru.

Tipičan kogeneracijski ORC proces baziran na biomasu prikazan je na slici 2.



Slika 2. ORC kogeneracijsko postrojenje na biomasu [3,4]

Kao što se sa slike 2. vidi kod kogeneracijskih niskoentalpijskih ORC postrojenja (u ovom slučaju ulazni energent je biomasa) koristi se međukrug termičkog ulja koje služi kao medij posrednik između topline dobivene sagorijevanjem biomase i radnog fluida. Naime, kod visokih temperatura, voda i para zahtijevaju i odgovarajući visoki radni tlak, koji je kod sistema s termičkim uljem do temperatura od 300°C minimalan. U industrijskoj i energetske primjeni potreban je visok temperaturni nivo, a postizanje tog režima s parom i vodom tehnički je zahtjevno. Postoji još nekoliko prednosti sistema s termičkim uljem u odnosu na vodeno-parne sisteme.

S druge strane ovakva izvedba dovodi do:

1. Više cijene postrojenja zbog nužnosti ugradnje izmjenjivača topline (toplina biomase - termičko ulje, termičko ulje - radni fluid), cirkulacijskih pumpi i cjevovoda sa armaturom i mjernom opremom;
2. Složenije izvedbe.

Na temelju navedenog, princip rada kogeneracijskog ORC procesa bazira se na nekoliko sljedećih koraka:

1. Toplinski izvor (biomasa) zagrijava termičko ulje, od 250 do 300°C u zatvorenom radnom krugu. Zagrijano termičko ulje usmjerava se ka isparivaču, gdje se toplina predaje radnom mediju (organski fluid) te on isparava, uz najčešće njegovo prethodno predgrijavanje u regeneratu;
2. Organska para ekspandira u turbini, gdje se kinetička energija pare pretvara u mehaničku, a mehanička se u generatoru pretvara u električnu energiju. Veza između turbine i generatora je direktna što je moguće zbog relativno malih brzina vrtnje turbine, te su na taj način smanjeni mehanički gubici;
3. Ekspandirana para organskog fluida hladi se u kondenzatoru, gdje se rashladna voda (ili zrak) zagrijava na temperaturu od 80 do 90°C i može se koristiti za područno grijanje i druge namjene;
4. Ohlađeno termičko ulje se pumpom vraća u kotao a kondenzirani organski fluid drugom pumpom se vraća nazad u regenerator, gdje se dogrijava i odlazi u isparivač i ORC proces se ponavlja.

Cjelokupna energetska efikasnost ORC ciklusa je vrlo velika. Naime, od 98% topline termičkog ulja 20% se transformira u električnu energiju, a oko 78% u toplinsku energiju. Oko 2% ulazne energije su gubici na različitim komponentama ORC postrojenja.

Prednosti ORC tehnologije su:

1. Proces se odlikuje relativno visokom iskoristivosti na nižim opterećenjima što predstavlja prednost kod pogona kogeneracijskog postrojenja u režimu koji slijedi toplinsku potrošnju;
2. Korištenjem termičkog ulja umjesto vode omogućen je pogon kotla loženog biomasom na nižim tlakovima s čime se, u usporedbi s vodom - parnim procesom, smanjuju naprezanja i produljuje vijek trajanja kotla. Za pogon na nižim tlakovima nije potrebna dozvola inspektora parnih kotlova;
3. Proces se može potpuno automatizirati.

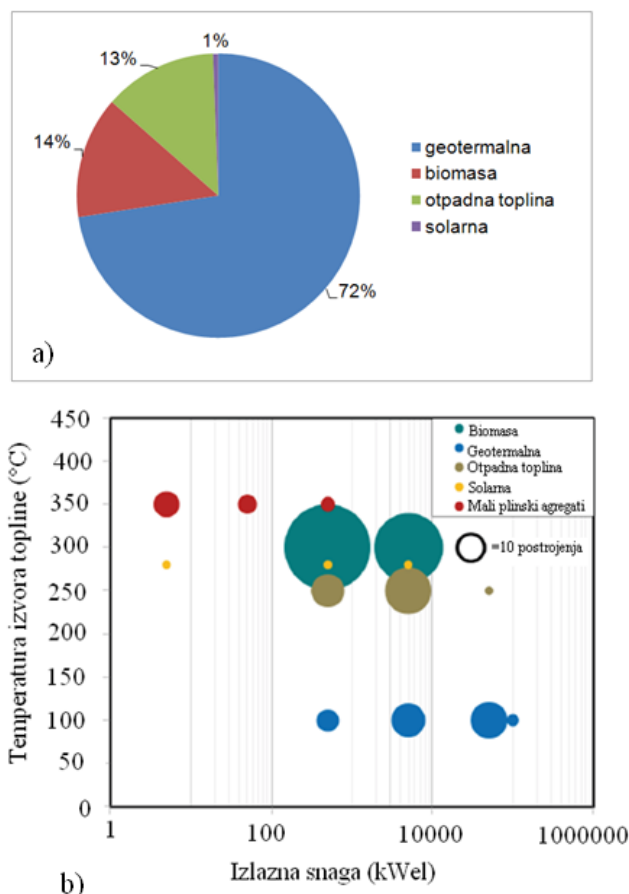
U nedostatke ORC sistema se ubrajaju:

1. Visoki specifični investicijski troškovi (kod manjih postrojenja >4000 EUR/kWe);
2. Zapaljivost organskog radnog fluida na sobnim temperaturama kao i potrebna primjena dodatnih mjera zaštite od propuštanja vrelouljnog kotla;
3. Visoka temperatura izlaznih plinova iz kotla što može smanjiti učinkovitost kotla. Da bi se to izbjeglo neophodno je iskorištenje topline dimnih plinova kroz predgrijavanje zraka za sagorijevanje, predgrijavanje radnog fluida i dr. (slika 2.).

2.2. ORC proizvođači

ORC proizvođači su prisutni na tržištu od početka 80 - tih godina prošlog stoljeća. Procijenjena ukupna izlazna snaga generiranih ORC sistema je oko 1,3 GW_{el} [3,5,6].

Sa slike 3.a se vidi da geotermalne ORC aplikacije proizvode veći dio električne energije, nakon čega slijedi biomasa i iskorištenje otpadne topline, dok je postotak proizvodnje solarnih zanemariv. Slika 3.b. prikazuje broj instaliranih ORC postrojenja prema izlaznoj snazi i vrijednosti temperature izvora topline, za pet različitih aplikacija.



Slika 3. a) Udio pojedinih ORC aplikacija u proizvodnji električne energije; b) Broj instaliranih ORC postrojenja prema rasponu temperature izvora topline i izlaznoj snazi [7]

U tabeli 1. je dat pregled instaliranih ORC postrojenja u zadnjih dvadeset godina sa širokim rasponom snage, temperature toplinskog izvora i izabranim radnim fluidom.

Tabela 1. Disperzija ORC postrojenja u svijetu [8]

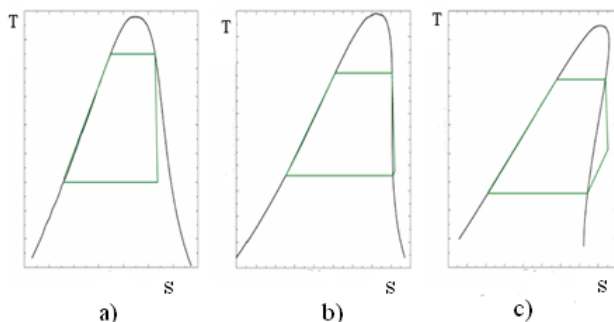
Proizvođač	Toplotni izvor/aplikacija	Raspon snage	Temperatura toplinskog izvora	Radni fluid
ORMAT, US	Geotermalna, otpadna toplina, solarna	200 kWe - 72 MWe	150° - 300°C	n-pentan
TURBODEN, ITALY	geotermalna, kogeneracija	200 kWe - 2 MWe	100° - 300°C	OMTS*, Solkatherm
ADORATEC, GERMANY	kogeneracija	315 – 1600 kWe	300°C	OMTS
GMK, GERMANY	otpadna toplina, geotermalna, kogeneracija	50 kWe – 2 MWe	120° - 350°C	GL 160 (GMK ga patentirao)
KOEHLER-ZIEGLER, GERMANY	kogeneracija	70 – 200 kWe	150°C - 270°C	Hydrocarbons
UTC, US	otpadna toplina, geotermalna	280 kWe	>93°C	-
CRYOSTAR	otpadna toplina, geotermalna	-	100° - 400°C	R245fa, R134a
FREEPOWER, UK	otpadna toplina	6 kWe – 120 kWe	180° - 225°C	-
TRI-O-GEN, NETHERLAND	otpadna toplina	160 kWe	>350°C	-
INFINITY TURBINE	otpadna toplina	250 kWe	>80°C	R134a

* OMTS (Oktametiltrisiloksan) - $C_8H_{24}Si_3O_2$

3. RADNI FLUIDI

3.1. Podjela i osobine radnih fluida

Klasifikacija u smislu mokrih, izentropskih i suhih može se prikazati pomoću T - s dijagrama, slika 4. Mokri fluidi (voda, propan, R134 i dr.) imaju krivu zasićenja pare s negativnim nagibom, izentropski fluidi (R11, R142b i dr.) imaju okomitu krivu zasićenja pare i suhi fluidi (izobutan, R245fa, R236fa, toluen i dr.) imaju pozitivan nagib.

**Slika 4.** Mokri, izentropski i suhi radni fluidi [7]

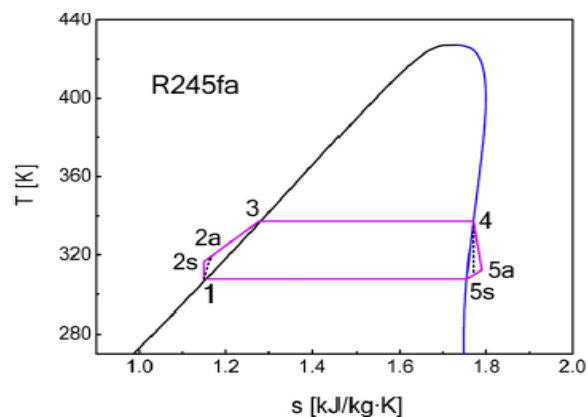
Negativan nagib krive zasićene pare dovodi do povećanja entropije a smanjenja temperature, pozitivan nagib znači da sa smanjenjem entropije dolazi do smanjenja temperature, dok je kod izentropskog nagiba krivulja zasićene pare okomita (linija konstantne entropije).

Izentropski i suhi radni fluidi (slika 4.b i 4.c) sa aspekta zaštite opreme (turbina i kondenzatora) su najpogodniji jer napuštaju turbinu kao pregrijana para i eliminiraju rizik od nastanka korozije. Međutim ako je nagib krive zasićene pare previše nagnut (suhi fluidi)

onda para turbinu napušta sa značajnim pregrijavanjem, što može biti izgubljeno u kondenzatoru. U tom slučaju regenerator minimizira tu pojavu sa predgrijavanjem radnog fluida prije ulaska u isparivač. Regenerator znači dodatnu složenost i veće investicijske troškove ORC postrojenja.

Izentropski fluid napušta turbinu suh, ali bez značajnog pregrijavanja, što rezultira povećanjem učinkovitosti bez potrebe za regeneratorom [7].

Krivulja promjene agregatnog stanja za suhi radni fluid R245fa dana je na slici 5.

**Slika 5.** T - s dijagram za radni fluid R245fa sa pozitivnim nagibom krive zasićenja pare

Sa slike 5. se vidi da radni fluid R245fa ulazi u turbinu kao zasićena para (točka 4), a nakon ekspanzije dolazi u pregrijano područje (točka 5a).

Nadalje, gustoća organskog fluida igra ključnu ulogu pri dimenzioniranju komponenti ciklusa, koje su ovisne od volumnog protoka. Veća gustoća znači manji specifični volumen, niži volumni protok te manje dimenzije komponenata.

S obzirom na kemijski sastav fluide općenito možemo podijeliti na sljedeće skupine:

1. Ugljikovodike
2. Etere
3. Alkohole
4. Siloksane
5. Fluorovodike
6. Hlorofluorouglikje (CFC)
7. Hidrohlorofluorouglikje (HCFC)
8. Hidrofluorouglikje (HFC)
9. Hidrofluorolefine (HFO)

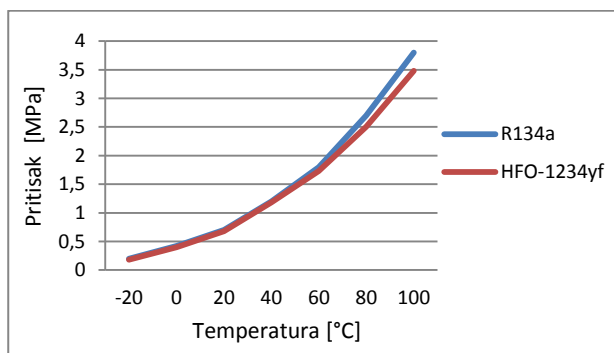
3.2. Utjecaj radnih fluida na okoliš i zdravlje

Mnogi fluidi prikladni za upotrebu u ORC procesu mogu imati štetne učinke na okoliš i zdravlje ljudi.

Potpuno halogenizirani klorofluorouglikji (CFC) su i pored dobrih termodinamičkih osobina, stabilnosti i netoksičnosti, Montrealskim protokolom (1987. godine) eliminirani iz upotrebe. Radi sadržaja jednog atoma klora u molekulu, upotreba hidroklorofluorouglikja (HCFC) je reducirana u mnogim evropskim zemljama. Upotreba djelomično halogeniziranih hidrofluorouglikja (HFC), u čijim molekulama nema atoma klora također je zbog povećane zapaljivosti, u velikoj mjeri ograničena.

Tražeći radne fluide koji ne sadrže atome klora (ODP - Ozone Depletion Potential jednak nuli), a koji imaju nizak utjecaj na globalno zatopljenje (GWP - Global Warming Potential što manji) i slabu zapaljivost, hidrofluorolefini (HFO) se nameću kao izbor za novu generaciju radnih fluida. Svi HFO su razvijeni kao zamjena za R134a.

Termofizičke osobine fluida HFO-1234 su veoma slične svojstvima R134a, što omogućava dobre performanse postrojenja u širokim opsegu temperatura isparavanja i kondenzacije. Na slici 6. u dijagramu p-t su prikazane ravnotežne krive parne i tečne faze za R134a i HFO-1234yf.



Slika 6. Ravnotežne krive parne i tečne faze u p-t dijagramu za dva radna fluida [13]

Uspoređivanjem ravnotežnih krivih R134a i HFO-1234yf jasno je vidljivo da se one za temperature ispod 60°C dobro poklapaju, a na temperaturama iznad 60°C ravnotežna krivulja za R134a je nešto strmija od krive za HFO-1234yf [13].

Svi HFO-1234 imaju odlična ekološka svojstva, GWP im ne prelazi 7. Dozvoljena granica GWP je 150, dok EU u posljednje vrijeme razmatra vrijednost 2150. HFO-

1234 su blago zapaljivi, u prirodnim uslovima se brzo razlažu i ne prouzrokuju nikakvu toksičnost [14].

Ugljikovodonici kao što su pentan ili toluen imaju dobre termodinamičke osobine, ali su otrovni i vrlo zapaljivi. Uz odgovarajuće mjere opreza zasićeni ugljikovodonici (metan, propan i butan) se uspješno koriste u ORC sistemima bez oštećenja okoliša ili ugrožavanja ljudskog zdravlja.

Siloksani (silicij ulja) su zapaljivi, ali imaju nisku toksičnost i mali utjecaj na okoliš.

Organske fluide karakterizira niska temperatura samozapaljenja. U slučaju curenja fluida na spojnim mjestima cjevovoda i armature i kontakta sa zrakom došlo bi do zapaljenja fluida. Zbog toga je potrebno da temperatura samozapaljivosti radnog fluida mora biti veća od maksimalne temperature izvora topline.

U tabeli 2. su dati faktori GWP i ODP za različite grupe fluida, kao i vijek trajanja u atmosferi (ALT - Atmospheric Life Time).

Tabela 2. Faktori ODP, GWP i ALT za različite grupe radnih fluida [15]

Grupa fluida	Fluid	ODP	GWP (100 god.)	ALT (godina)
CFC	R11	1	4750	50
	R12	1	10900	102
	R113	0,8	6130	85
HCFC	R22	0,055	1790	11,9
	R141b	0,11	717	9,2
	R142b	0,065	2220	17,2
HFC	R134a	0	1370	13,4
	R32	0	716	5,2
	R143a	0	4180	47,1
	R245fa	0	1050	7,7
	R125	0	3420	28,2
	R152a	0	133	1,5
	R227ea	0	3580	38,9
HFO	R1234yf	0	4	10,5 dana
	R1234ze	0	7	16,4 dana

U cilju smanjenja GWP nastaju nove mješavine fluida kao kombinacija radnih fluida sa određenim postotnim udjelom.

Radni fluid R404a je nastao kao kombinacija fluida R125/R143a/R134a sa postotnim udjelima (44/52/4).

GWP mješavine se računa pomoću formule [15]:

$$GWP = (GWP \cdot u\%) + (GWP \cdot u\%) + (GWP \cdot u\%) \quad (8)$$

Uvrštavanjem vrijednosti GWP faktora i postotnih udjela radnih fluida R125, R143a i R134a u izraz (8) dobiva se:

$$GWP_{R404a} = (3420 \cdot 0,44) + (4180 \cdot 0,52) + (1370 \cdot 0,04) = 3733$$

Nove mješavine mogu nastati kombiniranjem radnih fluida sa velikim i malim potencijalom globalnog zatopljenja.

Korištenjem R32 umjesto R143a sa istim udjelom, a na osnovu (8) dobiva se:

$$GWP_{mješavine} = (3420 \cdot 0,44) + (716 \cdot 0,52) + (1370 \cdot 0,04) = 1932$$

Kao što se vidi ova mješavina je ispod limita od 2150. Problem kod mješavina može biti u zapaljivosti i pri promjeni mješavine može doći do temperaturnog klizanja, a ako je veliko može prouzrokovati ozbiljan problem.

Neke od novih mješavina su zasnovane na binarnim mješavinama R32 i R1234yf. Na osnovu izraza (7), postotnog udjela i faktora GWP pojedinog radnog fluida nastaju nove mješavine, tabela 3.

Tabela 3. Mogućnosti smanjenja GWP kombiniranjem radnih fluida [15]

	R32	R125	R134a	R1234yf	GWP
Postotni udio fluida (% /100)					
R407a	0,2	0,4	0,4	-	2107
R407b	0,1	0,7	0,2	-	2804
R407c	0,23	0,25	0,52	-	1774
R407d	0,15	0,15	0,70	-	1627
R407e	0,25	0,15	0,60	-	1552
R407f	0,3	0,3	0,4	-	1825
Nova mješavina A	0,2	0,4	-	0,4	1537
Nova mješavina B	0,1	0,7	-	0,2	2518
Nova mješavina C	0,23	0,25	-	0,52	1032
Nova mješavina D	0,15	0,15	-	0,70	629
Nova mješavina E	0,25	0,15	-	0,60	696
Nova mješavina F	0,3	0,3	-	0,4	1254

3.3. Izbor radnih fluida

Izbor radnog fluida je jedan od najvažnijih zadataka kod dizajna toplinskog stroja baziranog na ORC. Postoji više kriterija o kojima treba voditi računa pri

izboru radnog fluida za ORC, a oni su: priroda izvora topline, termodinamičke i druge osobine fluida te troškovi pumpi i turbina.

Uopćen postupak (metodologija) za izbor radnog fluida je:

1. Pregled literature o postojećim organskim fluidima;
2. Prvi izbor uzimajući u obzir radnu temperaturu izvora topline i kondenzatora;
3. Drugi izbor sa naglaskom na sigurnost i okoliš (Montrealški protokol);
4. Usporedba termodinamičkih svojstava i određivanje učinkovitosti ciklusa;
5. Provjera dostupnosti turbina u smislu razumnog radnog područja.

Izbor radnog fluida i optimizacija termodinamičkih parametara ORC procesa za određeni izvor topline predstavlja ključni problem i tretiran je u brojnim istraživanjima [8,9,10,11,12].

Pri optimiziranju ORC ciklusa sa određenim radnim fluidom najčešće je postavljana ovisnost između termodinamičke ili eksergijske učinkovitosti ciklusa i pritiska i temperature na ulazu u turbinu, ali i temperature u isparivaču i kondenzatoru.

Termodinamička efikasnost ORC ciklusa se računa:

$$\eta_t = \frac{W_t - W_p}{Q} \quad (1)$$

gdje indeksi t i p označavaju turbinu i pumpu respektivno, W snagu i Q razmijenjenu toplinu u isparivaču.

Snaga turbine, pumpe i razmijenjena toplina u isparivaču se računaju:

$$W_t = m (h_4 - h_{5a}) \quad (2)$$

$$W_p = m (h_{2a} - h_1) \quad (3)$$

$$Q = m (h_4 - h_{2a}) \quad (4)$$

gdje je m maseni protok radnog fluida, a h_1 , h_{2a} , h_4 i h_{5a} su specifične entalpije u točkama prikazanim na slici 5.

Eksergijska učinkovitost ORC sistema se može napisati kao odnos neto snage turbine i eksergije ulaza u ORC sistem:

$$\eta_{ex} = \frac{W_n}{E_u} \quad (5)$$

Neto snaga turbine se računa prema obrascu:

$$W_n = W_t - W_p = m [(h_4 - h_{5a}) - (h_{2a} - h_1)] \quad (6)$$

Eksergija ulaza u ORC sistem se računa po obrascu:

$$E_u = m_i c_{pi} [(T_i - T_0 - T_0 \ln(\frac{T_i}{T_0}))] \quad (7)$$

gdje su: m_i maseni protok izvora topline, c_{pi} specifični toplinski kapacitet izvora topline, T_i temperatura izvora topline i T_0 temperatura okoline.

Opće relevantne karakteristike iz tih istraživanja bi bile:

1. Termodinamička/eksergijska učinkovitost (η_t, η_{ex}) ciklusa ili izlazna snaga turbine trebaju biti što je moguće više za dati izvor topline i temperaturu kondenzacije radnog fluida;
2. Krivulja zasićenja pare (T-s dijagram) treba biti pozitivna ili izentropska. Negativne krive zasićenja pare (mokri fluidi) dovode do oštećenja opreme;
3. Prihvatljivi pritisci radnog fluida. Visoki pritisci u ORC procesu dovode do većih investicijskih troškova i povećanja složenosti;
4. Visoka gustoća pare radnog fluida. Niske gustoće dovode do vrlo velikih dimenzija turbina i kondenzatora;
5. Mali utjecaj na okoliš i visok stupanj sigurnosti;
6. Visoka stabilnost temperature. Za razliku od vode, organski fluidi obično pate od kemijskih pogoršanja i raspadanja na visokim temperaturama. Maksimalna temperatura izvora topline je ograničena kemijskom stabilnošću radnog fluida;
7. Dobra dostupnost i niska cijena.

3.4. Komparacija radnih fluida

Većina istraživanja ORC procesa je uglavnom usmjerena na optimiziranje učinkovitosti ili izlazne snage s obzirom na vrstu (konfiguraciju) ciklusa i određeni radni fluid.

Ovo poglavlje ima za cilj usporedbu najčešće korištenih radnih fluida za tri vrste aplikacija:

1. Prva aplikacija ima termodinamičke parametre: temperatura isparavanja je 85°C, a temperatura kondenzacije je 20°C. Ove temperaturne razine su tipične za geotermalne ORC aplikacije;
2. Temperatura isparavanja ja 145°C, a kondenzacije 45°C, što može odgovarati aplikacijama za otpadnu toplinu;
3. Temperatura isparavanja ja 280°C, a kondenzacije 100°C, što može odgovarati biomasi (kogeneracijske aplikacije).

Šest različitih radnih fluida se razmatraju jer su čini se najčešće korišteni u ORC aplikacijama (tabela 1.). Ti fluidi su: R134a, R245fa, n-pentan, OMCS, R236ea i R245ca.

Tabela 4. pokazuje da radni fluidi R134a i R245fa imaju određene prednosti pri niskim temperaturama isparivača i kondenzatora, ali i zbog veće gustoće u odnosu na n-pentan i OMCS (oktamilciklotrisiloksan). Niske gustoće su štetne za silikonska ulja na niskoj temperaturi. Tako je gustoća silikonskog ulja 61 puta manja od gustoće R245fa na temperaturi od 30°C, što može dovesti do znatnog povećanja dimenzija turbine i kondenzatora.

Za drugi slučaj temperaturnih razina isparivača i kondenzatora radni fluid R236ea ima veću eksergijsku učinkovitost u odnosu na R245ca.

U trećem slučaju pri višim vrijednostima temperatura isparivača i kondenzatora, OMCS pokazuje značajno veću vrijednost termodinamičkog stupnja iskorištenja ($\eta_t = 18,6\%$) u odnosu na prvi slučaj ($\eta_t = 10,3\%$), dok niža vrijednost gustoće na ovom nivou temperatura ne predstavlja problem.

Također, pokazano je da za istu temperaturu isparavanja radnog fluida manji gubitak toplinske snage je za fluide sa većom nego za fluide sa manjom molnom masom.

U prvom slučaju za temperaturu isparavanja od 85°C izabrani radni fluidi R134a i R245fa ($C_3H_3F_5$) imaju veću molarnu masu u odnosu na n-pentan i OMCS, ali i značajno veću vrijednost gustoće što povlači i manje dimenzije opreme.

Za drugi slučaj pri temperaturi isparavanja od 145°C veću molarnu masu ima izabrani radni fluid R236ea u odnosu na R245fa. Plinski kompaund R245fa ima gustoću od 1404,1 kg/m³ (tečnost kod 1 bar i 0°C) i 5,84 kg/m³ (para kod 1 bar i 15°C). Točka vrenja je 15,3°C.

OMCS ima najmanji gubitak toplinske snage i najveću molarnu masu, ali je za razliku od prvog slučaja kada je zbog male gustoće pri niskoj temperaturi kondenzacije od 20°C eliminiran, u ovom slučaju i na ovom nivou temperature kondenzacije od 100°C mala gustoća neće predstavljati nikakav problem. Usporedbe radi, gustoća radnog fluida OMCS na temperaturi kondenzacije od 100°C je oko 60 puta veća nego pri temperaturi kondenzacije od 20°C.

Promatrajući temperature isparavanja radnih fluida i vrijednosti molarnih masa izvodi se zaključak da fluidi sa većom molarnom masom nužno imaju i višu kritičnu temperaturu (t_c) što omogućava iskorištavanje topline biomase na nivou temperatura od 250 do 300°C.

Tabela 4. Termodinamičke performanse ORC ciklusa za tri različite aplikacije [8,12]

	Fluid	Kemijska formula	Molarna masa (kg/kmol)	Plinska konstanta (J/kgK)	p_{isp} (bar)	p_{kon} (bar)	η_t (%)	η_{ex} (%)	ρ (kg/m ³)
$t_{isp} = 85^\circ\text{C}$ $t_{kon} = 20^\circ\text{C}$	R134a	CH_2FCF_3	102,03	81,49	29,28	5,74	10,6	-	26,2
	R245fa	$\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_5$	134,05	62,03	8,92	1,29	11,7	-	6,775
	n-pentan	C_5H_{12}	72,15	115,24	4,16	0,63	11,5	-	1,803
	OMCS	$\text{C}_8\text{H}_{24}\text{O}_4\text{Si}_4$	296,62	28,03	0,0454	0,000953	10,3	-	0,007966
$t_{isp} = 145^\circ\text{C}$ $t_{kon} = 45^\circ\text{C}$	R236ea	$\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_6$	152,04	54,69	12	2,06	11,53	35,43	1,25
	R245ca	$\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_5$	134,05	62,02	12	1,01	12,37	33,61	5,55
$t_{isp} = 280^\circ\text{C}$ $t_{kon} = 100^\circ\text{C}$	OMCS	$\text{C}_8\text{H}_{24}\text{O}_4\text{Si}_4$	296,62	28,03	8,042	0,0872	18,6	-	0,483

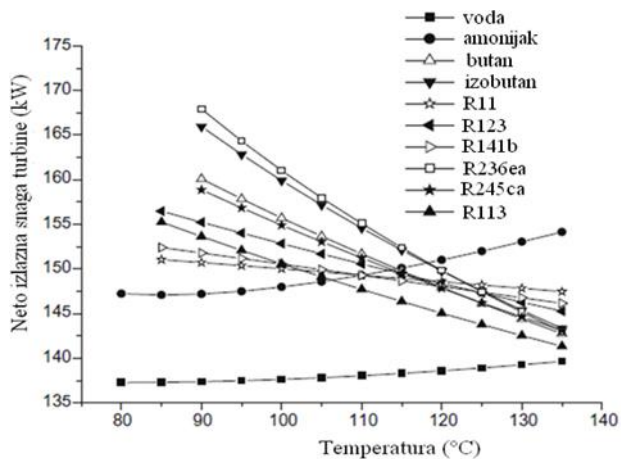
U tabeli 5. su date usporedne vrijednosti termodinamičkog stupnja iskorištenja ORC ciklusa za radni fluid R236ea u zavisnosti od vrijednosti temperature na ulazu u turbinu (t_{ut}).

Tabela 5. Termodinamički koeficijent iskorištenja ORC u zavisnosti od temperature na ulazu u turbinu

Članak	Autori	Radni fluid	t_{ut} (°C)	η_i (%)
Parametric optimization and comparative study of organic Rankine cycle (ORC) for low grade waste heat recovery	Yiping Dai, Jiangfeng Wang, Lin Gao	R236ea	87,73	11,53
Sustainable working fluids selection for the low temperature organic Rankine cycle	S.N. Haddad, S. Artemenko, D. Nikitin	R236ea	100	12,16

Tablica 5. pokazuje da radni fluid R236ea (HFC - suhi fluid) ima različite vrijednosti termodinamičkog stupnja iskorištenja te je on veći za veću vrijednost temperature na ulazu u turbinu.

Na slici 7. je prikazana varijacija neto izlazne snage turbine u zavisnosti od temperature na ulazu u turbinu za deset različitih radnih fluida.



Slika 7. Vrijednost snage turbine u zavisnosti od temperature na ulazu u turbinu [12]

Sa slike 7. se vidi da sa porastom temperature na ulazu u turbinu, snaga turbine se povećava za radne fluide sa negativnim nagibom krive zasićenja pare (amonijak i voda), dok se za radne fluide sa pozitivnim i izentropskim nagibom krive zasićenja pare (butan, izobutan, R11, R123, R141b, R245ea, R245ca i R113) smanjuje. Uspoređujući utjecaj ulazne temperature u turbinu za radni fluid R236ea, jasno se vidi da porast temperature na ulazu u turbinu dovodi do povećanja eksergijskog koeficijenta iskorištenja (tabela 5.), ali s druge strane dolazi do smanjenja izlazne snage turbine (slika 7.). Naime, efektivnost isparavanja radnog medija povećava se sa temperaturom u kotlu i približno

jednakim masenim protokom termičkog ulja i radnog medija. Međutim, stupanj korisnosti cijelog ciklusa opada sa što većom jednakošću masenih protoka zbog činjenice da radni medij je suviše „brz“ za preuzimanje topline od termičkog ulja u evaporatoru. Puno je bolje da maseni protok radnog medija bude što manji u odnosu na protok termičkog ulja.

4. ZAKLJUČAK

Toplotni strojevi bazirani na ORC tehnologiji postaju interesantni za primjenu u malim lokalnim zajednicama, tvornicama namještaja i dr. koji raspolažu sa dovoljnim količinama biomase. Zbog male gustoće energije biomase povećani su troškovi transporta te ju je najbolje upotrijebiti na mjestu njenog nastanka.

Upotreba ORC kogeneracijskih postrojenja na biomasu se čini osobito prikladnim u slučaju nepouzdatih priključaka na elektroenergetsku mrežu.

Prednost kogeneracijskih postrojenja u odnosu na postrojenja sa sistemom odvojene opskrbe je u tome da se za istu količinu primarne energije (biomase, fosilnog goriva i sl.) pod određenim uslovima pomoću kogeneracije može dobiti i do 40% više toplinske i električne energije nego sa sistemom odvojene opskrbe.

Investicijski troškovi ORC postrojenja za male snage su veliki, pa je u prvoj fazi primjene potrebno omogućiti od strane države poticaje za proizvodnju električne i toplinske energije iz obnovljivih izvora energije, kako to rade gotovo sve zemlje EU.

Apliciranjem ORC sistema u energetske i privredne slike jedne zemlje doprinosi se štednji fosilnih goriva, smanjenju emisija CO₂, energetskej neovisnosti, ali i razvoju privrede kroz zapošljavanje stanovništva.

Pokazano je da se pravilnim izborom radnog fluida za date radne uvjete značajno može uticati na učinkovitost ORC procesa, veličinu komponenti, investicijske troškove te okoliš i zdravlje ljudi. Također, važno je u istraživanju ORC postrojenja i traženja njegove najveće efikasnosti uzeti u obzir maseni protok termičkog ulja i radnog medija (kg/s) u funkciji temperature kotla.

Buduće istraživanje nastavlja se u kontekstu odabira radnog fluida ili mješavine čije će termodinamičke osobine dati optimalan eksergijski koeficijent iskorištenja ORC postrojenja pogonjenog biomasom, a sve na temelju statičkog i tranzitnog modela i jednadžba održanja energije i masa.

5. LITERATURA

- [1] World Energy Council report, 2010. (Dostupno: 05.02.2014.)
- [2] Bruton, T.; Tottenham, T.: Biomass CHP Market Potential in the Western Region, The Western Development Commission, Ireland, 2008, 64
- [3] <http://www.turboden.eu/it/home/index.php> (Dostupno: 10.02.2014.)
- [4] Obernberger, I.; Thek, G.: Techno - economic Evaluation of selected decentralised CHP

- applications based on biomass combustion in IEA partner countries, final report, IEA Bioenergy Agreement Task 32 project, March 2004.
- [5] <http://www.ormat.com/global-project> (Dostupno: 12.02.2014.)
- [6] <http://www.adoratec.com/referenznav.html> (Dostupno: 12.02.2014.)
- [7] Rettig1, A.; Lagler, M.; Lamare, T.; Li, S.; Mahadea, V.; McCallion, S.; Chernushevich, J.: Application of Organic Rankine Cycles (ORC), World Engineers Convention, Geneva, september 2011.
- [8] Quoilin, S.; van den Broeck, Declaye, S.; Dewallef P.; Lemort V.: Techno - economic survey of Organic Rankine Cycle (ORC) systems, 5th European Conference Economic and Management of Energy in Industry, Portugal, April 2009.
- [9] Drescher, U.; Bruggemann, D.: Fluid selection for the Organic Rankine Cycle (ORC) in biomass power and heat plants, Applied Thermal Engineering 27 (2007) 223-228
- [10] Saleh, B.; Koglbauer, G.; Wendland, M.; Fischer, J.: Working fluids for low - temperature organic Rankine cycles, Energy 32 (2007) 1210–21
- [11] Wei, D.; Lu, X.; Lu, Z.; Gu, J.: Performance analysis and optimization of organic Rankine cycle (ORC) for waste heat recovery, Energy Convers Manage, 48 (2007) 1113–9.
- [12] Dai, Y.; Wang, J.; Gao L.: Parametric optimization and comparative study of organic Rankine cycle (ORC) for low grade waste heat recovery, Energy Conversion and Management 50 (2009) 576–582
- [13] Kosi, F.; Stojković, M.; Milovančević, U.; Otović, S.: Rashladni fluid HFO-1234yf: Termodinamička analiza ciklusa toplotnih pumpi malih snaga, kgh 1 (2011) 73–76
- [14] Tanaka, K.; Higashi, Y.: Thermodynamic properties of HFO - 1234yf (2,3,3,3 - tetrafluoropropene), International journal of refrigeration 33 (2010) 474–479
- [15] Aleksander, C. P.: Future refrigerants, kgh 4 (2012) 51–55

Kontakt autora:

mr.sc. Nurdin Čehajić, dipl.ing.maš.

J.U. Mješovita srednja škola Živinice
Ul. Alije Izetbegovića 12a, 75270 Živinice
+387 35 772 611
nurddin_cehajic@hotmail.com

dr.sc. Suad Halilčević, red. prof.

Fakultet elektrotehnike, Univerzitet u Tuzli
ul. Franjevačka 2, 75000 Tuzla
suad.halilcevic@untz.ba

dr.sc. Izudin Softić, viši asistent

Fakultet elektrotehnike, Univerzitet u Tuzli
ul. Franjevačka 2, 75000 Tuzla
izudin.softic@untz.ba

LEADERSHIP AND QUALITY IN THE PUBLIC SECTOR

RUKOVOĐENJE I KVALITETA U JAVNOM SEKTORU

Slavko Arsovski, Srdan Nikezić, Dobrica Stojković, Boban Đurović

Stručni članak

Sažetak: Prikazane su mogućnosti upotrebe ORC tehnologija za transformaciju niskotemperaturnih izvora topline u električnu energiju. Primjenom ORC kogeneracijskih postrojenja na biomasu omogućava se dobivanje toplinske i električne energije iz jednog izvora topline. Dat je pregled ORC proizvođača sa rasponima snaga, toplinskim izvorom, temperaturnim razinama i korištenim radnim fluidom. Kako radni fluid igra ključnu ulogu u radu ORC sistema dana je uopćena metodologija izbora radnog fluida. Izvršeno je poređenje najčešće korištenih radnih fluida kroz njihov utjecaj na termodinamičku ili eksergijsku učinkovitost ORC procesa, ali i na okoliš i zdravlje ljudi. Dokazano je da se ORC sistem može primijeniti u malim lokalnim zajednicama ili industrijskim pogonima koji raspolažu dovoljnom količinom biomase za zadovoljenje svojih potreba za električnom i toplinskom energijom.

Ključne riječi: Organski Rankinov ciklus (ORC), biomasa, kogeneracija, izvor topline, radni fluid, zaštita okoliša

Professional paper

Abstract: Shown the possibility of using ORC technology to transform low temperature heat source into electricity. Applying ORC CHP to be getting heat and electricity from a single heat source. A review is given ORC manufacturers with ranges of power, heat source, temperature levels and used working fluid. As the working fluid plays a key role in the ORC system the generalized methodology of choice of working fluid is given. The comparison of the most commonly used working fluid through their influence on the thermodynamic or exergy efficiency of the ORC process is conducted, but also the environment and human health consequences are taken into consideration. It has been shown that the ORC system can be applied in small communities or industrial plants that have a sufficient amount of biomass to meet its demand for electricity and thermal energy.

Key words: Organic Rankine cycle (ORC), biomass, cogeneration, heat source, working fluid, environmental protection

1. INTRODUCTION

The issue of quality in the national and local administration was "opened" by David Osborne and Ted Gaebler by publishing the book "Reinventing Government" in 1992. At that time in the USA there was a culmination of dissatisfaction in services of the national and local administration. Therefore, it was no surprise that most Americans had positively answered the question in the *Times* magazine: "is the state dead?". Why? Even along with high state expenditures, only 5% of Americans was in 1980 satisfied with the services and considered it a success to work in the state administration, while only 13 % of employees in the state administration would recommend this career to others. A debate was opened whether the state administration is too large or too small.

In Osborn's and Gaebler's opinion, "our fundamental problem is that we have a bad type of state. We don't need more state or less state, we need a better state. To be more precise, we need better management. Management is a process through which we collectively resolve our problems and meet social needs. The state is merely an obsolete instrument that needs to be upgraded". This pointed to the significance of state

administration quality. This problem was later analyzed in other countries as well, especially in the European countries, and later in the EU through the development of a common framework for assessing the quality in the public sector.

In the first part of this paper quality issues in the state administration and public sector are analyzed and the structure of a common assessment framework (CAF) in the public sector is presented. In the second part an approach to improving leadership in the public sector is provided. As the public sector is very wide, this approach was tested on two local self-governing administrations in Serbia.

2. QUALITY IN THE PUBLIC AND STATE ADMINISTRATION (PLA)

2.1. Mission and vision in the public sector

The mission of the public and state administration, as well as the relevantly permanent task and purpose, is defined by the regulations in this area. Along with the Government of the Republic of Serbia, which is the fundamental stakeholder (Figure 1), employees, citizens,

county administration and other business entities participate in creating the mission of the public and state administration.

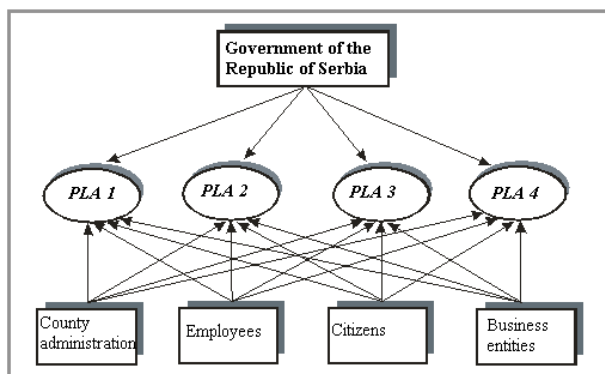


Figure 1. PLA stakeholders

In creating the PLA vision a dominant role is played by leaders who, following the requests of the Government of the Republic of Serbia, county administrations and expectations of citizens and business entities, define the elements of the vision that has to be:

- understandable for all stakeholders,
- challenging, but achievable,
- elevated and
- concise.

2.2. Policy and objectives

Bearing in mind the general features of quality policy that it:

- represents the highest ethical standard for all business activities,
- expresses the attitude that customer satisfaction is the top priority,
- points to the manner of achieving the mission by answering the question "How?",
- points to the significance of quality and resources that are to be engaged for the purpose of constant quality improvement and the protection of the living environment,

the following components of PLA quality policy may be identified:

- constant increase in the level of service quality accompanied by optimal implementation of resources,
- increase in involving citizens as stakeholders and users of services,
- increase in the level of citizens' awareness of the significance of quality,
- increase in the level of health, welfare and protection of the living environment at the local level,
- integration of common PLA processes and other local business systems for the purpose of increasing the level of service quality.

Taking into account that the general features of quality objectives must be:

- set up widely enough, so that they are not altered too often,

- set up clearly enough, so that they could be measured,
- directly connected with the mission and the policy,
- oriented toward achieving the mission and the policy,

the following PLA objectives may be defined:

- increase in the level of service quality (reduction in complaints, increase in customer satisfaction, meeting the deadlines etc.),
- improving communication with the users of services and the business environment,
- increase in the efficiency and effectiveness of PLA operation,
- increase in the level of protection of the living environment.

2.3. Strategy and plans for the implementation of a quality management system into PLA

Before considering strategies and plans for the implementation of a quality management system (hereinafter referred to as QMS) into PLA, global experiences from state and local administration are to be analyzed. According to [2], in Figure 2 one may find the results of a USA study from 1992 on achieving the influence of the quality system on performances.

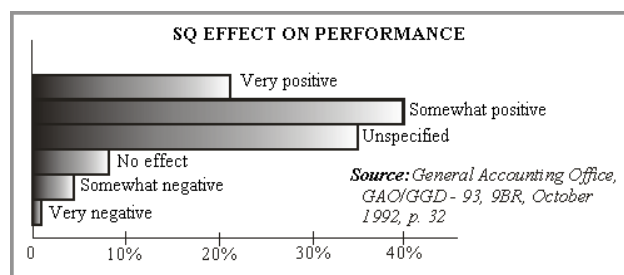


Figure 2. SQ influence on performances of companies in the local and state administration (PLA)

Quality improvement, according to [2], may be significantly achieved by:

- carefully observing and understanding users' demands,
- grouping processes and problem-solving skills,
- internal communication,
- participating management style,
- meeting the deadlines in internal processes and
- a higher efficiency of processes.

Figure 3 shows obstacles in the SQ implementation, according to the same source.

The strongest obstacle is employees' distrust that they will actively be included and become responsible for the processes. By analyzing these obstacles it becomes visible that they refer to:

- the human factor,
- the financial factor and
- the regulations.

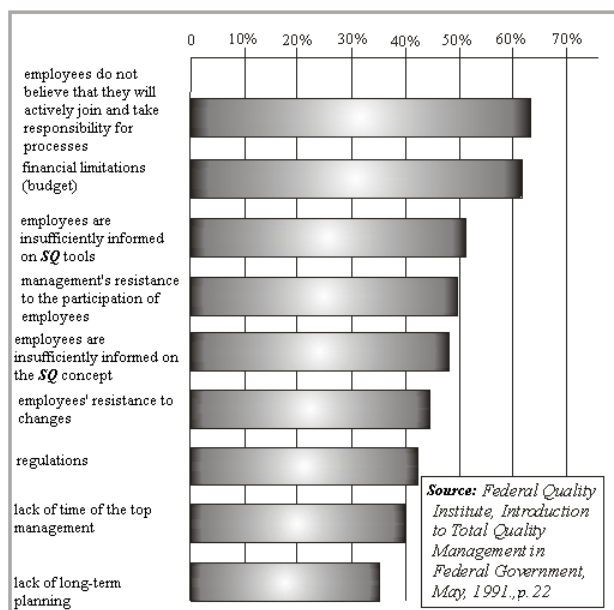


Figure 3. Obstacles in the SQ implementation

Regardless of the existing low level of PLA quality, according to [2] the quality improvement strategy must include key elements of quality management (Figure 4).

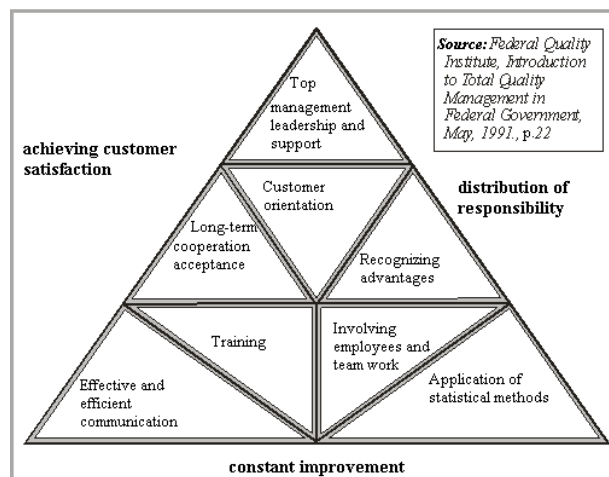


Figure 4. Key elements of quality management in PLA

Every side of the triangle is equally relevant to achieving the objectives. By analyzing key elements of quality management in PLA, the following components of quality improvement in PLA have been identified (Table 1).

Table 1. Components of quality improvement in PLA

Component quality strategies in PLA	OBJECTIVES			
	1. Increasing the level of service quality	2. Improving communications with service users and business environment	3. Increasing efficiency and effectiveness of PLA work	4. Increasing the level of the protection of the living environment
1. Improving management activities	+			
2. Directing activities towards customer satisfaction	+			
3. Achieving effective leadership in organization	+			
4. General acceptance of the quality philosophy in the organization	+			
5. Constant improvement			+	•
6. Improving communication in the organization and with the environment		+		
7. Increasing the participation of employees	+		+	+
8. Training and assuring human resources	+		+	•
9. Constant questioning and innovating vision, objectives, quality policy and strategy	+			
10. Management based on information	+	+		
11. Increasing reply speed		+		
12. Support on long-term plans	+			
13. Stressing each success	+			
14. Encouraging and implementation of team work	+	•		
15. Encouraging partnership	•	+	•	+
16. Designing quality by creating robust processes and products			+	

17. Improving and expanding the scope of training			+	+
18. Building trust and respecting employees			+	
19. Accepting quality philosophy as a life philosophy	+			
20. Transferring quality processes on suppliers			+	
21. Increasing responsibility for processes and the living environment	•		+	+
22. Respecting financial and other limitations	+		•	

Legend: + affects
• doesn't affect

3. ORGANIZATIONAL EXCELLENCE IN THE PUBLIC SECTOR

3.1. Features of the public sector

This paper will particularly focus on the analysis of the organization of local administration within the public sector. It has a specific organizational structure, formed processes and practice that are more or less of a bureaucratic character. Furthermore, it significantly depends on social and political factors. The need for improving the quality and excellence in this sector is obvious, but still not researched and carried out extensively enough for the purpose of meeting the demands of all stakeholders (politicians, local officials, citizens, voters, customers etc.).

A significant feature of local administration is a relatively high level of autonomy and independence in relation to the central state administration, so it is only natural that local authorities have been pioneers in the implementation of new methods in administration (*Gaster 1996, Gabris 2000, Skelcher 1992*). The result of their efforts is greater "closeness" to citizens and their wish to be more responsible and innovative. It also points to the fact that in the local administration the concept has been significantly altered from mere administration to meeting the demands of stakeholders, which is basically a quality concept.

Defining quality in the public sector is more difficult than in the private sector, where quality concept arose in the first place. The main elements of the quality concept in the public sector are:

- **value for money**, which points to the fact that local administration must deliver services and meet the needs of customers who pay taxes. This concept is the basis of the responsibility model developed by *Dohlgaard* in 1998, *Kirkpatrick* and *Lucio* in 1995 for the services provided by the local administration.
- **customer comes in first**, by tracking the wishes and needs of users and searching for ways for them to be met.
- **orientation towards public services**, whereat the rights of individual users and citizens being involved in planning public services are combined (*Kirkpatrick and Lucio 1995*).

A specific feature of local administration is its structure. The upper part of the structure is significantly

related to the political factor with other demand profiles of stakeholders. The bottom part of the structure is operative and an analogy may be made with the private sector.

According to *Gaster (1995)* the specifics of the public sector are:

- services are delivered to everyone, such as e.g. public lighting,
- services are available only for specific users (e.g. public kitchen etc.),
- services are prescribed by law and nobody is deprived of using them,
- services are guided by needs (e.g. primary healthcare),
- services depend on available resources,
- services may be of a prevention character,
- services must be available to those who want them, usually against payment, e.g. transport.

From the aforementioned facts it may be concluded that most services may be used if a customer wishes to, and for some services individuals have no choice, but to use the offered services. *Morgan and Murgatroyd (1994)* pointed to the fact that there is no market for many public services. Furthermore, the existence of some non-typical users does not diminish the need of the public sector to fight with problems such as inefficiency or losses. This also relates to the quality of public sector services.

The quality of local administration is not a new quality concept, but it is specific due to:

- political nature of public administration (elected members have great power),
- wide range of services and a large number of objectives, including the social ones,
- profit of service users,
- differences between the legal framework and public statutory limitations,
- special values, such as equality, democracy,
- geographical domain – activities of local authorities are related to a special geographical domain.

Generally speaking, local administration customers want to be treated as individuals and to be provided with services that meet their individual demands.

3.2. The role of citizens, customers and consumers

There is a debate whether it is possible for the *TQM* user concept to include citizens as well. *Skelcher* (1992) considered that citizens should:

- be aware of the existence of the main policy and decision-making by local authorities,
- be capable of discussing decisions of the Council,
- be more interested in the Council's care,
- be involved in the management of the local community,
- evaluate work of the Council and
- vote.

Internal users are employed at local (public) institutions – management, political leaders and other employees.

The political dimension of leadership in local administration is very important, because roles of local political parties and other political groups, as well as political atmosphere as a whole may not be ignored (*Wilkinson, 1998*). It is related to quality, because these are new demands of stakeholders from the world of politics. With this in mind, activities of decentralizing political decision-making are initiated so that:

- elected members have no contact with users and citizens,
- higher sensitivity of local administration is achieved in deciding on resources allocation and decision-making policy,
- a better approach to political processes and decision-making forums is granted to citizens.

For the purpose of improving quality in local administration it is necessary to raise awareness regarding:

- new demands of users,
- consumption limitations,
- decentralization and modernization policy,
- promotion of quality etc.

According to *Allen and Kilman (2001)*, obstacles to quality implementation in local administration are:

- lack of formal strategic plan for changes,
- lack of customer orientation,
- poor internal communication,
- lack of real influence by employees,
- lack of trust of employees in the top management,
- inadequate system of rewards
- accent on short-term financial results,
- lack of leadership etc.

This has affected the defining of attributes of public organizations (*Ingstrup and Crockall, 1998*) of great performances:

- accent on people,
- participation leadership,
- innovative working style,
- strong customer orientation,
- aspiration towards achieving optimal performances.

Therefore, *Federal Quality Institute* from the USA introduced seven operative principles for the application of quality in the public sector:

1. politics of the top management and personal leadership,
2. long-term strategic planning,
3. customer orientation,
4. measuring and analyzing products and processes,
5. training and acknowledging employees' success,
6. strengthening team work and
7. assuring quality.

3.3. Organizational values and leadership

According to a research conducted in Portugal, organizational values in local administration are:

- utilitarianism – orientation towards a greater good for the majority,
- liberalism – free choice with minimization of central authority participation,
- redistribution of resources and power,
- social justice,
- limited inequality,
- filtering resources towards the bottom.

Based on this, vision, mission, strategy and key requirements are defined, which all together affect (*Figure 5*).

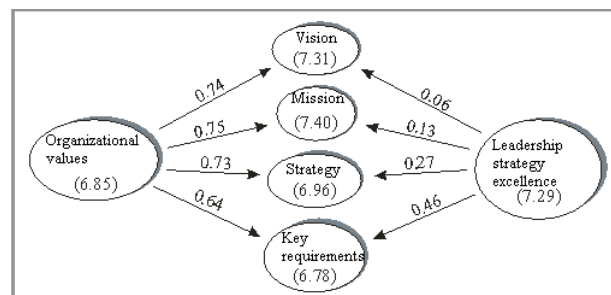


Figure 5. Variables in the leadership excellence model [11] on a sample amounting to 85 local administrations

There is an interesting difference in views of leaders and employees (*Figure 6*).

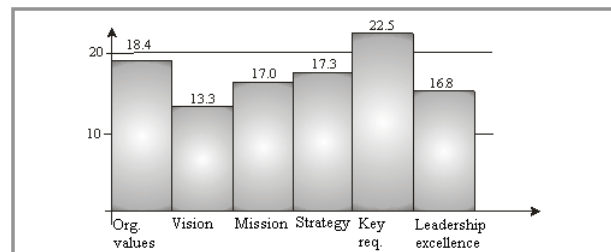


Figure 6. Difference in grades by leaders and staff

It is visible that leaders' grade on leadership and excellence has always been higher than the grade of local administration staff. A special difference in grades is around 15 %, which may be used for faster analyses of leadership in local administrations.

On the other hand, the internal grade and citizens' grade differ (*Table 2*).

Table 2. Comparison of mean values of grades

	Internal grade	Citizens' grade	Difference
Communication related to strategy	6.72	5.14	1.58
Conforming strategy policy	6.89	4.60	2.29
Coordination and team work	6.66	4.48	2.18
Measuring performances	5.95	4.78	1.11
Benchmarking	6.16	4.85	1.31
Constant improvement culture	7.12	4.54	2.58
Leadership approach	7.62	4.76	2.86
Responsibility for changes and citizens' needs	7.09	4.68	2.41
Service and process innovation	5.81	4.45	1.36
Awareness on citizens' needs	7.30	4.50	2.80
Information and communication quality	6.35	4.59	1.91
Suggestions and complaints management	7.24	4.10	3.14
Value for money	7.22	4.38	2.84
Financial situation	7.40	5.08	2.32
General image	7.44	5.17	2.27
Contribution to the development of local administration and the quality of citizens' life	8.56	5.42	3.14

4. CONCLUSION

It may be noticed that employees' grade is significantly higher than the grade by citizens as users of local administration services.

The following conclusions may therefore be made:

1. the area of public administration becomes the subject of many analyses and improvement efforts, especially due to unsatisfactory service quality,
2. current individual attempts haven't delivered expected results,
3. a grading model is recommended, which is conformed to some of the business excellence models,
4. in order to assure comparability of quality levels, the EU issued the *CAF* model as a framework for common grading of public sector organizations,
5. due to the recorded initial activities in this area, there is a huge challenge for the quality movement in Serbia, especially for the Quality and Standardization Association, which relates to active involvement in improving public administration processes from the aspect of quality,
6. the created infrastructure, especially the Fund for Quality Culture and Excellence (*FQCE*) has been priceless for external assessment of business excellence of public sector organizations.

CAF model has become a model for recognizing and identifying the level of quality of the public administration in the EU. According to a previously conducted research, self-assessment was most frequently found in local administration (44 organizations), education and research (18), social welfare and services

(16), economy, agriculture, fishery and trade (9), general politics and coordination (7), transport, infrastructure, public work (7), protection of the living environment (4), justice and law (4), budget-related divisions of the public sector, *ICT* (4), customs, taxes and finances (3), health (3), police and safety (3), household work (2), post and communications (1), other (3).

The application of the *CAF* model is significantly easier if there are previous experiences with other models, especially with the *EFQM* model, quality circles, *QFD* and *FMEA* methods and other national rewards for business excellence.

What is to be said in the end? We are in the initial phase of applying the *CAF* model in Serbia. A special action plan should be made for "attracting" the interest of public administration in *CAF* and their involvement in the business excellence reward in Serbia.

5. REFERENCES

- [1] Gerard, B.: (1995), *The Process Analysis Workbook for Government*, ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, USA
- [2] Hunt, D.: *Quality Management for Government: A Guide to Federal, State, and Local Implementation*, Wisconsin, USA, 1994
- [3] *The Common Assessment Framework*, Second Quality Centerence for Public Administrations, 2002
- [4] Thijs, N.; Staes, P.: The use of organizational performance information for organizational improvement, EGPA conference "Study group on productivity and quality in the public sector", Bocconi University, Milano, 2006

- [5] Report resulting from the ESF Seminar, Vilnius 17-18 November 2005, June 2006
- [6] Study on the use of the Common Assessment Framework in European Public Administrations, May 2005., European Institute of Public Administration, 2005
- [7] Introduction to Total Quality Management in Federal Government, Federal Quality Institute, May, 1991
- [8] Bergwall-Kareborn, E.; Berquist, B; Klefsjo, B.: Creating social change in a municipality using Total Quality Management approach, Total Quality Management, Vol.20, Nos11-12, 2009, 1375-1393
- [9] Madan, P.: An award journey for business excellence: the case study of a public sector unit, Total Quality Management, Vol.21, Nos11-12, 2010, 1343-1364
- [10] Sa, P.: Organizational excellence in the public sector, PhD Thesis, Sheffield Hallam University, 2002
- [11] Teeuwen, B.: Lean for the Public Sector: The Pursuit of Perfection In Government Services, CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 2011

Kontakt autora:

Slavko Arsovski, Full Professor, graduate engineer,
University of Kragujevac, Kragujevac,
cqm@kg.ac.rs

Srdan Nikezić, Assistant Professor, graduate
economist, University of Kragujevac, Kragujevac

Dobrica Stojković, Ražanj County,
opstinaražanj@gmail.com

Boban Đurović, Vrnjačka Banja

OBRADA VODENIM I ABRAZIVNIM MLAZOM

TREATMENT OF WATER AND ABRASIVE BLASTING

Tihomir Glatki, Matija Lacković, Sebastijan Kos, Jovica Lončar

Stručni članak

Sažetak: *Važnost kvalitete i rokova izrade, nameće potrebu stalnog poboljšanja uvjeta proizvodnje i tehnološkog razvoja. Isto tako nameće se i uvođenje tehnoloških inovacija u postojećim procesima ili usvajanje potpuno novih tehnologija. Obrada vodenim i abrazivnim mlazom jedan je od procesa kojim se mogu ostvariti predhodno navedeni tehnološki zahtjevi i koji je prilagodljiv novim trendovima obrade materijala. Postupak obrade materijala vodenim mlazom spada među mehaničke postupke obrade, kao i obrada abrazivnim vodenim mlazom, pri kojem čestice abraziva velikom brzinom napuštaju mlaznicu u reznjoj glavi i udaraju o obradak.*

Ključne riječi: obrada vodenim mlazom, obrada abrazivnim vodenim mlazom

Professional paper

Abstract: *The importance of quality and making deadlines, imposed by the need to continuously improve the conditions of production and technological development. It also imposes the introduction of technology and innovation in existing processes or adopting a completely new technology. Treatment of water and abrasive blasting is one of the processes by which they can achieve the previously mentioned technological requirements and which is adaptable to new trends in material processing. The method of processing materials waterjet is among the mechanical processing operations as well as processing abrasive waterjet in which abrasive particles rapidly leave the nozzle in the cutting head and hitting the workpiece.*

Key words: waterjet processing, processing of abrasive waterjet

1. UVOD

Suvremeni tehnološki razvoj u svijetu karakterizira pronalazak velikog broja materijala koji nalaze primjenu u raznim vrstama ljudske djelatnosti. Kod većine ovih materijala obrada konvencionalnim tehnologijama predstavlja veliki problem zbog loma i trošenja alata, neekonomičnosti ili čak nemogućnosti obrade. To je uvjetovalo pojavu novih nekonvencionalnih tehnologija obrade, kod kojih se obrada izvodi bez uobičajenih ograničenja u odnosu na svojstvo obradivosti materijala. Novi nekonvencionalni postupci obrade su postupci, kod kojih se uklanjanje viška materijala, izmjena oblika, dimenzija i strukture materijala ostvaruje korištenjem električne, kemijske, svjetlosne, magnetske, nuklearne i drugih oblika energije, dovedenih neposredno u proces - zonu rezanja. Izbor jednog od postupaka vrši se pomoću višekriterijskog odlučivanja uzimajući u obzir ograničenja u materijalima i postojećoj tehnologiji [1]. Jedna od nekonvencionalnih metoda obrade materijala je upotreba vode kao sredstva za obradu. Voda je izvor života, u prirodi predstavlja ljepotu i moć. Opažanje snage vode dovelo je do razmišljanja o vodi kao uporabnom obliku za obradu. Čovjek oduvijek iskorištava vodu za dobivanje energije (mehaničke, kemijske, toplinske). Vodu je upotrebljavao za rudarstvo,

kao sredstvo prisile kod demonstracija i za zabavu. Danas se o vodi razmišlja kao o oruđu [7].

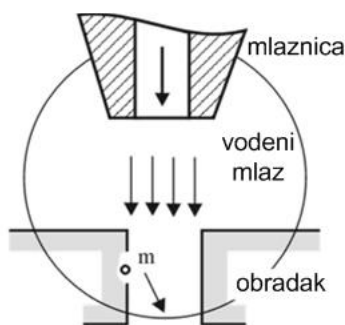
2. POVIJESNI RAZVOJ VODENOG MLAZA

Prvi patent za korištenje vodenog mlaza u nekoj proizvodnji pojavio se u SSSR-u 1936. godine. Zaposleni u rudnicima ugljena u Ukrajini koristili su vodeni mlaz za ispiranje ugljena iz raznesenih stijena. Kasnije su fokusirani vodeni mlaz koristili i za kopanje rupa u stijenama za postavljanje eksploziva u rudnicima. 50-ih i 60-ih godina prošlog stoljeća, sve veća potreba za rudom urana oživjela je interes za ovu metodu iskopavanja rude. Osnovni problem kod iskopavanja urana bila je njegova radioaktivnost, pa je taj problem riješen tako što se umjesto klasičnih metoda iskopavanja koristila metoda iskopavanja vodenim mlazom. Istovremeno je započelo i konstruiranje suvremenih strojeva za kopanje rude, pa su se one kasnije koristile i za kopanje podzemnih skladišta. Krajem 60-ih godina prošlog stoljeća Robert Franz sa sveučilišta Michigan upotrebljava visokotlačni mlaz za rezanje drveta. Kompanija koja je poznata kao prvi veći industrijski korisnik vodenog mlaza je Cartney Manufacturing Company, koja je 1972. godine vodenim mlazom rezala višeslojne papirnate cijevi. Prvu komercijalnu pumpu za rezanje vodenim mlazom počela

je 1971. godine proizvoditi američka kompanija Flow Research. 1982. godine njena sestrinska kompanija WTI (Waterjet Technology Inc.), otkrila je i patentirala postupak pri kojem se vodi u izlaznoj mlaznici dodaje abrazivno sredstvo. Postupak je nazvan rezanje s abrazivnim vodenim mlazom. Od tog pronalaska, postupak rezanja vodenim mlazom doživljava procvat [5].

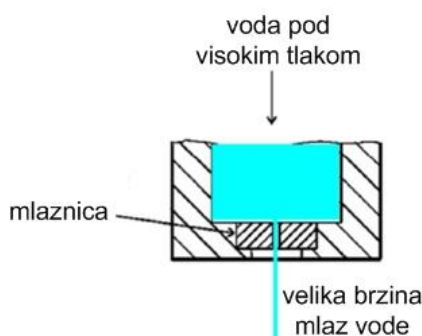
3. VODENI MLAZ

Postupak obrade materijala vodenim mlazom spada među mehaničke postupke obrade. Visokotlačni vodeni mlaz udara o površinu obradka, pri čemu povećava pukotine u materijalu istovremeno odnašajući otpadni materijal (slika 1.).



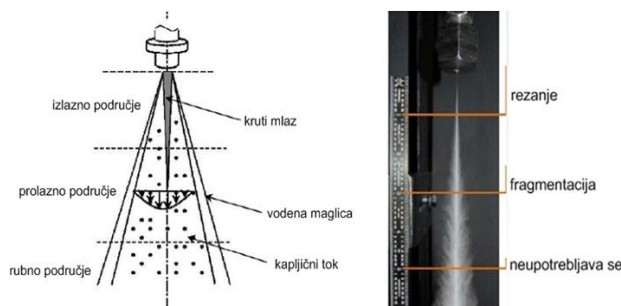
Slika 1. Obrada vodenim mlazom [9]

Princip djelovanja vodenog mlaza je vrlo jednostavan. Voda pod visokim tlakom (2000 – 4000 bar), se preko visokotlačne cijevi, dovodi do rezne glave u kojoj se nalazi tzv. vodena mlaznica (dijamant, safir) s malim promjerom otvora (0,1 mm do 0,4 mm). Pri istjecanju vode iz mlaznice formira se uzak mlaz vode velike brzine (do 1000 m/s), tri puta veće od brzine zvuka (slika 2.).



Slika 2. Nastanak mlaza vode [7]

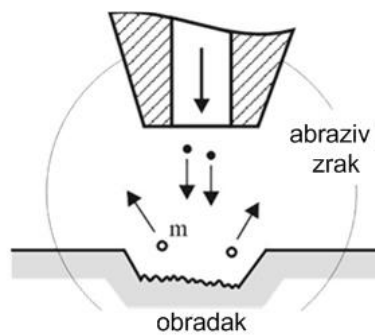
U trenutku kada vodeni mlaz stupi u zračnu atmosferu, on se rasprši. Što se tiče strukture, vodeni mlaz dijeli se na izlazno područje gdje ima krutu srž koja se upotrebljava za rezanje. Drugo područje zove se prolazno područje gdje nastaje vodena maglica. To područje vodenog mlaza namijenjeno je za fragmentaciju. Kada vodeni mlaz prijeđe rubno područje njegov oblik prelazi u kapljični tok, gubi snagu i više nije upotrebljiv u proizvodnji. Na slici 3 prikazana je struktura vodenog mlaza.



Slika 3. Struktura vodenog mlaza [7]

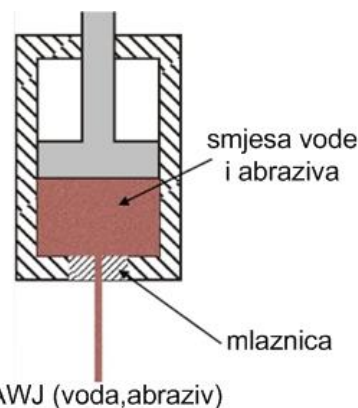
4. ABRAZIVNI VODENI MLAZ

Postupak obrade materijala abrazivnim vodenim mlazom spada među mehaničke postupke obrade, pri kojem čestice abraziva velikom brzinom napuštaju mlaznicu u reznoj glavi i udaraju o obradak. Zbog svoje tvrdoće i brzine na obradku izazivaju pukotine, a voda još dodatno širi pukotine i odnosi materijal. U tom slučaju mlaz je sastavljen od vode, abraziva i zraka, koji na površini obradka radi točnu i usku liniju (slika 4.). Takav vodeni mlaz je oruđe. [8]



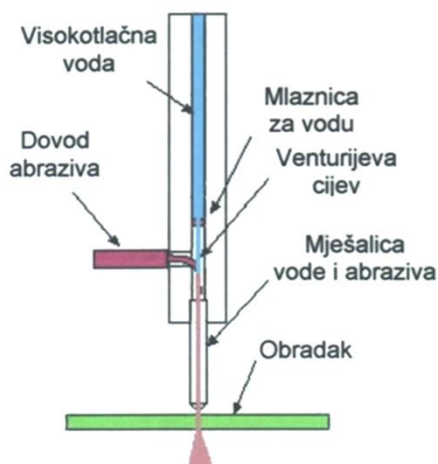
Slika 4. Obrada abrazivnim vodenim mlazom [9]

Postoje dvije vrste dobivanja abrazivnog vodenog mlaza. Prva vrsta je suspenzijski abrazivni vodeni mlaz (slika 5.), koji nastaje kada se kroz mlaznicu istiskuje već pripremljena smjesa vode i abraziva.



Slika 5. Suspenzijski abrazivni vodeni mlaz [7]

Druga vrsta dobivanja abrazivnog vodenog mlaza je injekcijski abrazivni vodeni mlaz.



Slika 6. Injekcijski abrazivni vodeni mlaz [6]

Na slici 6. prikazan je postupak dobivanja injekcijskog abrazivnog vodeni mlaza. Voda pod visokim tlakom (2000 - 4000 bara), prolazi kroz mlaznicu (tvrdi metal, dijamant ili safir), malog promjera (0,1 mm do 0,4 mm). Na ovaj način stvara se vodeni mlaz velike brzine (≈ 900 m/s), koji zatim prolazi kroz Venturijevu cijev. U cijevi se usred Venturijevog efekta stvara vakuum, koji je dovoljan da usisa određenu količinu abraziva u nju. Vodeni mlaz ubrzava čestice abraziva i zajedno s njima prolazi kroz dugačku cilindričnu cijev za miješanje. Mješavina vode i abrazivnih čestica izlazi iz cijevi za miješanje kao koherentni mlaz i vrši obradu.

4.1. Zadaci i vrste abraziva

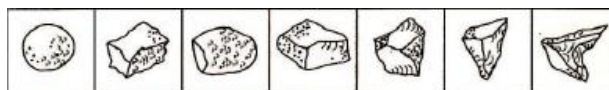
Abraziv se dodaje vodi zbog povećanja učinkovitost mlaza. Zato se abrazivni vodeni mlaz koristi za rezanje tvrdih materijala kao što je čelik, kamen... Pri rezanju mekših materijala papira, kože... može se upotrebljavati čisti vodeni mlaz.

Abrazivne pijeske ili minerale dijelimo na okside (korund ili aluminijev oksid, kvarcni pijesak ili silicijev oksid) i minerale (granat, olivin, cirkonijev silikat). Najčešće upotrebljavan abraziv je granat jer je tvrd, težak i ekonomski najisplativiji. Za obradu površina može se dodatno upotrijebiti zdrobljena troska ili čelične i staklene kuglice [7]. Na slici 7. prikazane su neke vrste abraziva.



Slika 7. Abrazivi [7]

Svojstva pojedinog abraziva, kao što su njegova struktura, tvrdoća i čvrstoća, oblik i veličina zrna (slika 8.), utječu na obradu materijala.



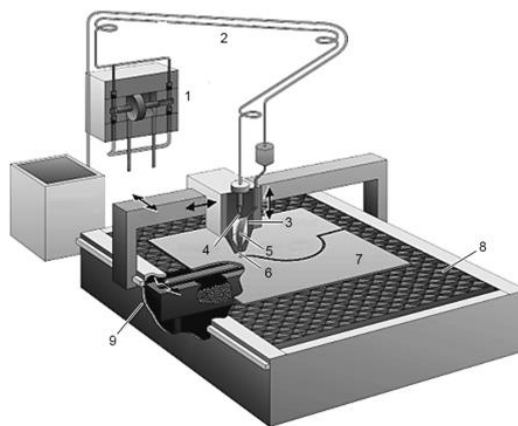
Slika 8. Oblici abrazivnog sredstva [7]

S obzirom na način dobivanja abrazivnih sredstava upotrebljavaju se dvije vrste abraziva. Jedna vrsta je pijesak dobiven drobljenjem velikih stijena. Druga vrsta abraziva dobiva se prosijavanjem morskog pijeska. Drobljeni pijesak ima više šiljaste rubove, te je tako pogodan za grubo rezanje, dok je prosijani morski pijesak pogodniji za finiju obradu zbog zaobljenog oblika rubova. Prema veličini abrazivne čestice, abraziv se dijeli na abraziv za grubo rezanje (veće čestice) i abraziv za fino rezanje (manje čestice) [8].

Granulacija abraziva je različita, a ovisi o vrsti primjene. Granulacija označena sa 120 upotrebljava se tamo gdje je potreban obradak sa glađom površinom. U opće svrhe najčešće se koristi granulacija označena sa 80. Za obradke sa grubljom površinom dovoljna je granulacija označena sa 50.

5. STROJ ZA OBRADU VODENIM MLAZOM

Stroj koji vrši obradu materijala vodenim mlazom složeni je obradni sustav, koji predstavlja suvremeni proizvod vrhunske tehnologije (slika 9.). Namijenjen je za precizna konturna rezanja, najčešće ravnih (2D) dijelova.

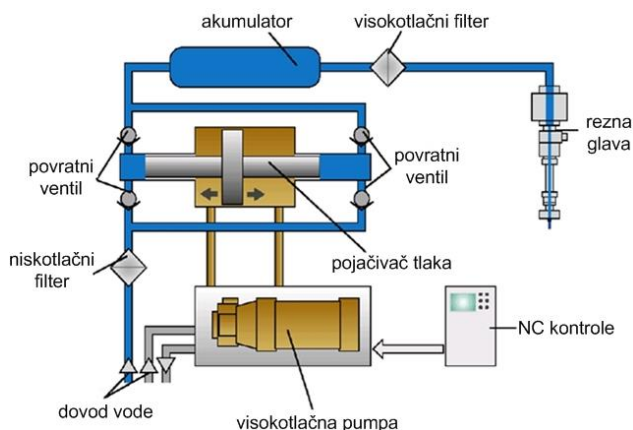


Slika 9. Stroj za rezanje vodenim mlazom [6]

Dijelovi stroja:

1. Visokotlačna pumpa,
2. Dovod vode
3. Dovod abraziva
4. Mlaznica za vodu
5. Mješalica vode i abraziva
6. Vodeni mlaz
7. Obradak
8. Rešetkasti stol za obradu
9. Spremnik za vodu nakon obrade

Na slici 10. prikazan shematski je prikaz sistema za rezanje vodenim mlazom i njegovi pojedini dijelovi.



Slika 10. Shematski prikaz rezanja vodenim mlazom [9]

Centralni dio stroja za rezanje vodenim mlazom je visokotlačna pumpa, koja potiskuje hidrauličnu tekućinu (ulje) u pojačivač tlaka. Pojačivač tlaka obično se sastoji od dva cilindra sa različitim unutarnjim promjerom. Cilindar sa većim unutarnjim promjerom obično pogoni hidraulično ulje pod visokim tlakom. Tlak u drugom cilindru ovisi o razlici u promjerima cilindara, tj. poprečnih presjeka cilindara. Ovaj omjer najčešće se kreće u granicama 1:10 i 1:25. Zbog ovakvog omjera poprečnih presjeka, tlak vode u drugom cilindru doseže vrijednost od 4000 bar i više.

Stroj može biti CNC navođen, što znači da računalo izračunava poziciju i putanju, vodeći alat u jednoj ili više osi, dok su noviji strojevi opremljeni robotskim rukama, koje vode alat u svih šest osi s 0.2 - 0.3 mm preciznosti i putanjom ponavljanja do približno $\pm 0,5$ mm. Željeni obradak nacrtava se u 2D ili 3D obliku pomoću CAD programa, te prenese u kontrolnu kutiju stroja. Prije početka obrade neke vrste materijala, potrebno je unijeti podatke o debljini materijala kao i željenu preciznost, dok CNC izračunava ostale strojne parametre (brzinu rezanja).

Virtualno svi geometrijski oblici mogu biti izrezani, jedino ograničenje predstavljaju mali provrti, čiji promjer treba biti veći od promjera vodenog mlaza. Stezanje materijala je relativno jednostavno, jer zbog male snage (u stroju su zajedno jedna ili dvije osi) dodatno stezanje nije potrebno. Kvaliteta strojne površine navedene kao hrapavost izrezane površine najviše ovisi o brzini rezanja, koja ovisi o tipu i debljini materijala.

6. UPOTREBA VODENOG MLAZA

Tehnologija obrade materijala vodenim mlazom je u posljednjih nekoliko desetljeća doživjela veliki razvoj. Od prvih primjera upotrebe vodenog mlaza do danas takav oblik obrade materijala bilježi snažan rast. Tehnologija obrade vodenim mlazom upotrebljava se u različite svrhe. Na slici 11. prikazani su postupci obrade materijala vodenim mlazom.



Slika 11. Postupci obrade materijala vodenim mlazom

Jedan od osnovnih postupaka gdje se upotrebljava vodeni mlaz je čišćenje površine. Vodeni mlaz može se koristiti za fragmentaciju, npr. upotrebom vodenog mlaza lako se odstrani beton bez oštećenja armature. Vodenim mlazom lako se odstranjuju različiti premazi (prevlake i boje), npr. uklanjanje boje s brodova. Postupak rezanja vodenim mlazom je sve razvijeniji, lako se režu raznovrsni materijali od umjetnih do organskih, izrezuju se najzahtjevniji 2D likovi, a u zadnje vrijeme uvodi se i rezanje 3D oblika. Obradci izrezani vodenim mlazom imaju iznimno gladak rez, nema oštih rubova (srha). Vodeni mlaz koristi se pri površinskoj obradi za preoblikovanje površina, kao i za odstranjivanje srha s materijala. Koristi se i kao pomoć konvекcionalnim tehnikama obrade u rudarstvu, kamenolomima i obradi metala. U novije vrijeme vodeni mlaz nalazi primjenu i u medicini, gdje se koristi za rezanje različitih tkiva ili kostiju, a kao abraziv upotrebljava se šećer ili sol, koji se poslije upotrebe rastope. Na području medicine vodeni mlaz ima veliku prednost pri upotrebi, jer prouzrokuje minimalno krvarenje, stvara lijep i točan rez, a u radu nudi preglednost zbog istovremenog ispiranja nastalih tekućina.

6.1. Rezanje čistim vodenim mlazom

Vodenim mlazom bez dodataka abrazivnih sredstava mogu se rezati razni organski i anorganski materijali (slika 12.), a najčešće se koristi kod rezanja mekših materijala kao što je papir, tekstil, koža, guma..



Slika 12. Rezanje anorganskih i organskih materijala vodenim mlazom [7]

Tlak vode, promjer mlaznice i brzina mlaza su prevladavajući faktori, koji utječu na učinkovitost i kvalitetu rezultata obrade mlazom vode.

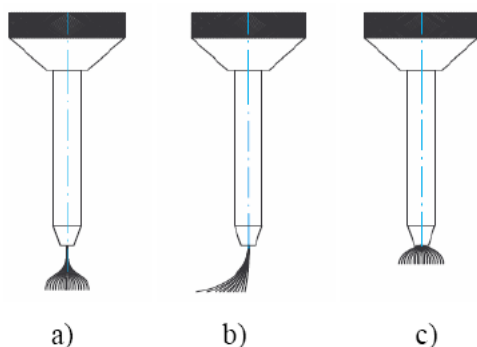
Volumen i tlak od toka mlaza vode imaju drugačiji učinak na rezanje. Povećanjem tlaka i smanjenjem promjera mlaznice postiže se veća dubina reza kod istog volumnog protoka vode.

Rezanje metala čistim vodenim mlazom pri tlaku vode od 400 MPa nije moguće, zbog nedovoljne energije mlaza. Rezanje metala bilo bi moguće primjenom vode tlaka od 700 MPa do 1000 MPa. Sa sada raspoloživim materijalima i tehnologijom, za te vrijednosti tlaka nije moguće napraviti pumpu i komponente sustava visokog tlaka, koje bi zadovoljavale sve zahtjeve potrebne za industrijsku primjenu [5].

6.2. Rezanje abrazivnim vodenim mlazom

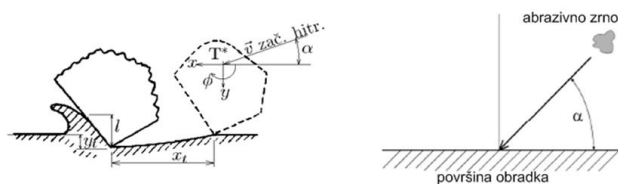
Rezanje materijala vodenim mlazom s dodatkom abraziva koristi se za rezanje krutih materijala (staklo, keramika, kamen ...) i kompozitnih materijala.

Prilikom rezanja abrazivnim vodenim mlazom jako je važno da mlaznica i cijev za miješanje budu dobro centrirane, jer o tome ovisi izgled abrazivnog vodenog mlaza (slika 13.), a samim time i kvaliteta obrade.



Slika 13. Oblici abrazivnog vodenog mlaza a) dobar, b) i c) loš [10]

Količina odnošenja materijala pri obradi abrazivnim vodenim mlazom ovisna je o brzini abrazivnog zrna, kutu ulaska zrna u materijal, tvrdoći abrazivnog zrna, tvrdoći materijala obrade, obliku abrazivnog zrna (slika 14).

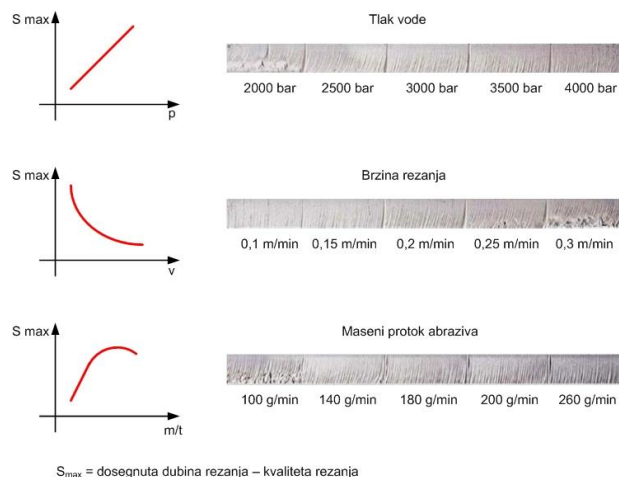


Slika 14. Princip odnošenja materijala abrazivnim vodenim mlazom [8]

Na proces rezanja abrazivnim vodenim mlazom utječe veliki broj faktora. Na kvalitetu reza (geometriju i hrapavost površine) utječu faktori procesa rezanja kao što su: brzina rezanja, tlak vode, vrsta abraziva, količina čestice abraziva, maseni protok abraziva, promjer mlaznice, razmak između rezne glave i obradka, debljina obradka.

Brzina rezanja jako je važan parametar obrade, jer utječe na kvalitetu reza, ali i na trošak obrade. Ona je ovisna o debljini, tvrdoći i vrsti materijala koji se obrađuje (tablica 1.). Brzina rezanja predstavlja brzinu

relativnog pomicanja rezne glave u odnosu na obradak u pravcu rezanja (pravac pomoćnog kretanja rezne glave je okomit na pravac strujanja mlaza). Da bi se optimizirali rezultati procesa rezanja za različite debljine obradka, vrši se podešavanje brzine rezanja. Time se ostvaruje željena kvaliteta reza pri zadanim vrijednostima tlaka vode i masenog protoka abraziva (slika 15.).



S_{max} = dosegnuta dubina rezanja – kvaliteta rezanja

Slika 15. Utjecaj parametara abrazivnog vodenog mlaza na kvalitetu rezanja [8]

Tablica 1. Brzina rezanja [3]

Parametri obrade	Promj mlaznice (mm)	0,23		0,33		0,46		0,56	
	Količina dodatog abraziva (kg/min)	0,23		0,68		0,91		1,46	
	Tlak vode (bar)	3100		2400		2400		2400	
Brzina rezanja (mm/min)	Debljina materijala (mm)	1,6	3,2	6,4	12,7	19	25,4	50,8	100
	Mjed	762	457	254	102	25	13	8	3
	Aluminij	2030	1270	762	457	305	203	152	102
	Bakar	1020	559	305	152	75	38	15	3
	Ugljični čelik	1270	762	508	305	203	152	75	25
	Korozivno otporan čelik	762	610	486	254	152	102	57	25

Osnovne karakteristike površine obrađene abrazivnim vodenim mlazom su širina reza, koničnost reza i hrapavost obrađene površine. Kvaliteta obrađene

površine obično se izražava u srednjoj visini neravnine profila R_z mjerenog u deset točaka [3].

Najbolja površinska kvaliteta reza postiže se na gornjoj strani materijala. S donje strane materijala kvaliteta reza je nešto lošija zbog smanjenja tlaka vodenog mlaza i odstupanja pri većem posmaku.

6.2.1. Ubrzanje abrazivnih čestica

Ubrzanje abrazivnih čestica počinje zahvaćanjem abraziva vodom u komori za miješanje. Ubrzanje čestica ostvaruje se zbog razlike u brzini kretanja abraziva i brzini strujanja vodenog mlaza. Pretpostavlja se da čestice abraziva ubrzavaju između visokobrzinskog vodenog mlaza i cijevi za fokusiranje. Tijekom ubrzanja, abrazivne čestice i okrnjene abrazivne čestice lokalno ometaju protok vode i dolazi do smanjenja protoka vode. Korištenjem cijevi za fokusiranje veće duljine, može se ubrzati abraziv do najviših mogućih brzina (u prosjeku 50% brzine protoka vode). Gubitak kinetičke energije vode, uzrokovan lomom čestica na površini cijevi za fokusiranje, rezultira značajnim smanjenjem brzina abraziva, koje mogu biti preniske za učinkovito rezanje radnog komada. Tijekom kontakata abrazivnih čestica i unutarnje površine cijevi za fokusiranje, događa se dodatno usporavanje. Zaključuje se da proces ubrzanja počinje u konusnom dijelu cijevi za fokusiranje, gdje se abraziv skuplja [2].

Tijekom početne faze ubrzanja čestica i formiranja mlaza postoji tzv. konstantno klizanje mlaza kroz rezu glavu. Zbog visoke brzine mlaza vode koja protječe kroz komoru za miješanje, uslijed venturi efekta, zrak se uvlači u struju. Ustvari, u komori za miješanje postoji venturi efekt jer je zrak stlačen u mlazu vode. S jedne strane protok zraka prekida mlaz vode, stoga bi trebao biti minimiziran, a s druge strane zrak omogućava zahvat abraziva mlazom vode u komori za miješanje [2].

7. PREDNOSTI I NEDOSTATCI OBRADJE VODENIM MLAZOM

Prednosti obrade vodenim mlazom [3] i [6]:

- Nema zagrijavanja materijala u zoni obrade (hladna obrada)
- Nema nastajanja čestica prašine koje predstavljaju opasnost za disanje
- Kratko vrijeme pripreme stroja
- Jednostavna automatizacija postupka
- Ekološki prihvatljiv postupak (koriste se prirodni materijali, voda i pijesak, te nema otpadnih nečistoća kao ulje i emulzija)
- Jedan alat koristi se za rezanje materijala različitog sastava i debljine (aluminij, čelik, staklo)
- Nema oštih rubova nakon rezanja
- Ograničen (minimalan) gubitak materijala zbog malog promjera vodenog mlaza
- Bolja iskoristivost energije
- Nije potreban početni provrt za obradu
- Male posmične sile za vrijeme obrade
- Mala potreba za stegama kod postavljanja i stezanja obratka

- Točnost obrade $\pm 0,1$ mm
- Debljina materijala obratka i do 100 mm
- Moguće je izraditi gotovo sve 2D oblike

Nedostatci obrade vodenim mlazom [3] i [6]:

- Izbrazdane površine obradom vodenog mlaza izazivaju smanjenje energije u dubini reza (rješenje je smanjenje brzine rezanja ili podizanje tlaka)
- Brzim linearnim rezanjem dobiva se V profil
- Kod brzog rezanja unutarnjih kutova mogu nastati urezi u materijalu. Pri brzom rezanju krugova i lukova može doći do odstupanja
- Materijali skloni koroziji moraju se nakon rezanja zaštititi od korozije
- Gubitkom tlaka između pumpe i rezne glave smanjuje se brzina rezanja
- Obrada vrlo tvrdih materijala je vrlo teška ili gotovo nemoguća
- Postoje ograničenja u obradi 3D oblika
- Buka koja se razvija prilikom obrade (do 100 db)

8. PODRUČJA PRIMJENE

Postoje brojni primjeri primjene vodenog i vodno-abrazivnog mlaza u praksi. Neka od područja primjene prikazana su u tablici 2.

Tablica 2. Područja primjene vodenog i vodno-abrazivnog mlaza [2]

Primjena vodenog mlaza	Područje primjene
1. Rezanje plastike	Plastična industrija
2. Rezanje papira i celuloze	Industrija papira
3. Rezanje vlakana i tekstila	Tekstil i odjeća, sportska oprema
4. Rezanje gume i kože	Industrija gume, proizvodnja obuće, kožna industrija
5. Rezanje hrane	Prehrambena industrija, konditorska industrija
6. Rezanje drveta i šperploče	Šumarstvo
7. Rezanje krutog goriva i leda	Šumarstvo, ukrasna industrija
Primjena vodno-abrazivnog mlaza	Područje primjene
1. Rezanje titana, aluminija, inoxa, čelika visoke čvrstoće, legura	Zrakoplovstvo, automobilska industrija, brodogradnja, proizvodnja mostova i sl.
2. Rezanje stakla, armirano staklo, laminarno staklo	Staklarstvo, dekoracije, promotivni materijal
3. Rezanje kompozitnih materijala, keramike, magnetskih materijala	Zrakoplovstvo, automobilska industrija, keramika, elektronička industrija
4. Zavod za građevinske materijale, beton	Građevinska industrija
5. Rezanje istrošenog goriva (šipke), grafitne	Nuklearne elektrane
Primjena u drugim područjima	Područje primjene
1. Rezanje betona i cementa	Cementna industrija, građevinarstvo, demontaža
2. Za rezanje kamena	Rudarstvo, obrada kamena
3. Za rezanje otpada	Ekologija
4. Rezanje malih tunela	Građevinarstvo

9. ZAKLJUČAK

Vodeni mlaz je svestrano oruđe koje se upotrebljava pri raznim primjenjivim tehnologijama kao što su rezanje, bušenje, glodanje materijala, odstranjivanje boje, fragmentacija... Postupak vodenog mlaza je konkurentan drugim tehnologijama budući ga lako upotrebljavamo za obradu većine materijala, potrebna je minimalna energija, nema toplinske deformacije obrađivanog materijala i ekološki je prihvatljiv postupak. Zahtjevi za većom fleksibilnošću, izradom kompleksnijih oblika obradka, bržom obradom materijala dovelo je do porasta usvajanja tehnologije obrade materijala vodenim mlazom na tržištu. Postupak obrade materijala vodenim mlazom lako se primjenjuje s ili bez dodatka abraziva, ovisno o materijalu koji se obrađuje. Neprestana želja za razvojem tehnologije, svestranost postupka i ekološka prihvatljivost, razlozi su zbog kojih će opisana tehnologija u budućnosti imati sve veću primjenu na tržištu.

Sebastijan Kos (student)
seba.kos@hotmail.com

Jovica Lončar (student)
jloncar.bj@gmail.com

10. LITERATURA

- [1] Nedić, B.; Lazić, M.: Proizvodne tehnologije, Obrada metala rezanjem, Mašinski fakultet Kragujevac, 2007.
- [2] Hloch, S.; Valiček, J.; Stoić, A.; Kozak, D.; Samardžić, I.; Novak-Marcinčin, J.; Modrak, V.: Rezanje mlazom vode, Sveučilišni udžbenik, Slavonski Brod, 2011.
- [3] Botak, Z.; Kondić, Ž; Mađerić, D.: Obrada mlazom vode, Tehnički vjesnik, Vol. 16, No. 3, Rujan 2009, str. 97-101
- [4] Nedić, B.; Baralić, J.: Specifičnosti obrade abrazivnim vodenim mlazom, IMK – 14, Istraživanje i razvoj, Vol. 13, br. 1-2 (2007.), str. 113-120
- [5] Janković, P.; Radovanović, M.: Prilog istraživanju kvaliteta reza kod sečenja abrazivnim vodenim mlazom, IMK – 14, Istraživanje i razvoj, Vol. 15, br. 3-4 (2009.), str. 19-24
- [6] www.fsb.hr/kas/.../2Nekonvencionalne%20obrade%20ECM-EDM-WJ.pps (28.05.2014.)
- [7] http://lab.fs.uni-lj.si/lat/nekProc/AVC_Uvod-2.pdf (28.05.2014.)
- [8] <http://lab.fs.unilj.si/lat/nekProc/NP%20AVC%20rezanje.pdf> (28.05.2014.)
- [9] http://www.ssfs.si/download/Nekonvencionalni_procesi/Vsa%20predavanja.pdf (22.04.2010)
- [10] <http://tribolab.mas.bg.ac.rs/proceedings/2007/249-253.pdf> (28.05.2014.)

Kontakt autora:

Tihomir Glatki (student)
tflatki@gmail.com

Matija Lacković (student)
lackobasista93@gmail.com

PRILAGODBA CAD/CAM SUSTAVA ZA 2.5D I 3D GLODANJE NA 4-OSNOJ CNC GLODALICI HAAS VF6

CAD/CAM SYSTEM CUSTOMIZING FOR 2.5D AND 3D MILLING ON HAAS VF6 4-AXIS CNC MILLING MACHINE

Tomislav Pavlic, Božidar Hršak, Renato Šabić

Stručni članak

Sažetak: U ovom radu opisana je problematika konstruiranja složenog kalupa, pomoću programskog alata SolidWorks. Za konstruiranje kalupa korišteni su programski moduli Surface i Mold, pomoću kojih se izradio zahtjevni 3D model žlice (programski modul Surface) te s obzirom na nju konstruirani su matrica i žig (programski modul Mold). Nakon 3D modeliranja kalupa, izrađena je simulacija 3D obrade glodanja u programskom modulu SolidCAM, gdje je nakon definiranja obrade generiran G-kod za stroj Haas VF-6 na kojemu je sam kalup i izrađen.

Ključne riječi: površine, kalup, CAD/CAM, 2.5D glodanje, 3D glodanje

Professional paper

Abstract: In this thesis we work on modeling an complex mold, with a help of software SolidWorks. For constructing this mold, moduls of Surface and Mold were used, for making of spoon (Surface), and then based on spoon it was made mark and countermark (Mold). After 3D modeling of a mold, it was made 3D milling simulation in modul of SolidCAM, where was generated G-code of milling for a machine Haas VF-6, where a mold was made.

Key words: Surface, Mold, CAD/CAM, 2.5D Milling, 3D Milling

1. UVOD

Razvojem tehnologije u području obrade metala odvajanjem čestica moguća je izrada kompleksnijih dijelova, što je prije bilo nezamislivo izraditi obradom odvajanja čestica. Upotrebom računalnih programskih alata danas je moguće napraviti geometrijski složene obratke s velikim brzinama obrade i visokom točnošću. Korištenjem CAD/CAM tehnologije moguće je konstruirati geometrijski kompliciran izradak u prirodnoj veličini i zatim napraviti simulaciju obrade tog izratka. Korekcijom parametara tijekom simulacije smanjuje se mogućnost pogreške pri obradi, čime se štedi vrijeme zbog nepotrebnih obrada sirovca dok se ne dobije točno željeni izradak. Također, verifikacijom simulirane obrade, sprečavaju se neki nepoželjni događaji poput, npr. kolizije stroja i stege. Danas je nezamisliva obrada odvajanjem čestica bez CAD/CAM programskih alata, jer se bez njih ne može kvalitetno raditi višeosna simultana obrada glodanja, što je u današnje vrijeme postao standardni zahtjev u obradi materijala pomoću CNC glodalica. U ovome radu, kao primjer složenog proizvoda, tj. kalupa za njega, izabrana je žlica. Svima dobro poznat proizvod, kojeg je nemoguće izvesti obradom odvajanja čestica bez kombinacije CAD/CAM sustava i CNC glodalice sa tri simultane NC-osi.

2. PROGRAMIRANJE CNC GLODALICA

CNC programiranje je postupak pisanja programa prema unaprijed definiranoj tehnologiji, a može se obaviti ručno ili pomoću računala. Programiranje pomoću računala podrazumijeva definiranje obrada na osnovu izabranih parametara poput: dimenzije sirovca, putanja alata, izbor alata, režima rada i sl., u posebnim programskim alatima, kao što su npr. *Catia*, *Mastercam*, *Solidcam* i dr. Također je moguća simulacija obrada i zapis samog programa u izabrane upravljačke jedinice CNC glodalica. Ovime se skraćuje vrijeme i smanjuju troškovi izrade programa, te je brža izrada prvog komada na stroju [1].

Proizvodnja podržana računalom (CAM) oblik je automatizacije u kojem se radne (operativne) informacije proizvodnoj opremi, strojevima, predaju izravno iz računala. Ta tehnologija razvila se iz numerički upravljanih strojeva s početka 50-ih godina 20. stoljeća, čijim radom se upravljalo pomoću niza kodiranih naredbi sadržanih na bušenim karticama ili bušenoj vrpci. Današnja računala mogu upravljati radom niza robota, glodalica, tokarilica, strojeva za zavarivanje i drugih strojeva i uređaja, transportirajući obradak od stroja do stroja, kada je operacija na prethodnom stroju završena.

Takvi sustavi dozvoljavaju jednostavno i brzo reprogramiranje, što omogućuje brzu primjenu konstrukcijskih promjena. Napredniji sustavi, koji su obično integrirani s CAD sustavima, mogu upravljati i takvim zadaćama kao što su narudžbe dijelova, raspoređivanje i izmjena alata. Konstruiranje pomoću računala (CAD) je u pojednostavljenom obliku elektronička crtača daska, jer se umjesto olovkom i papirom, konstruira na računalu. CAD se može povezati s proizvodnjom, pri čemu se prenose specifikacije i proces izrade konstruiranog proizvoda. CAD sistemi se najčešće koriste bibliotekom pohranjenih oblika i instrukcija. Rezultati konstruiranja mogu biti iscrtani na pisaču, ali je još važnije pohraniti ih u memoriji na računalu, što omogućuje spretno mijenjanje konstrukcije i interaktivnu elektroničku komunikaciju s proizvodnjom.

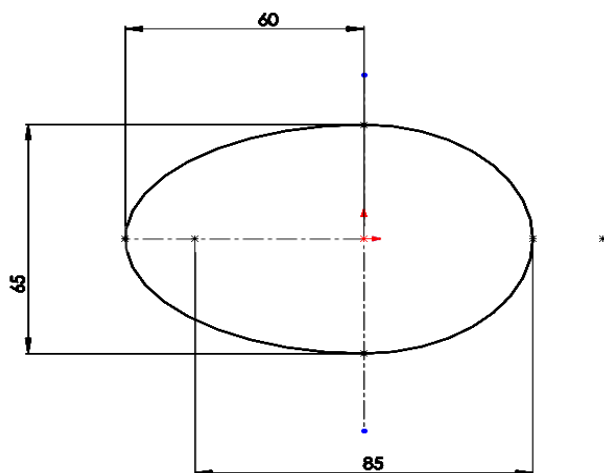
Vrste CAD/CAM programiranja obrada glodanja:

- 2.5D - alat se kreće po Z-osi stroja, a zatim po X/Y osima, i obratno;
- 3D - alat se kreće u X/Y/Z osi istovremeno;
- 4 - osno simultano glodanje – uz 3 pravocrtna gibanja postoji i rotacijsko gibanje (na vertikalnim glodalicama je to rotacija oko X-osi (A-os), dok je na horizontalnim strojevima rotacija oko Y-osi (B-os));
- 5 - osno simultano glodanje - mogućnost gibanja alata u 3 translacije i 2 rotacije istovremeno.

3. 3D OBLIKOVANJE MODELA KALUPA U PROGRAMSKOM ALATU SOLIDWORKS

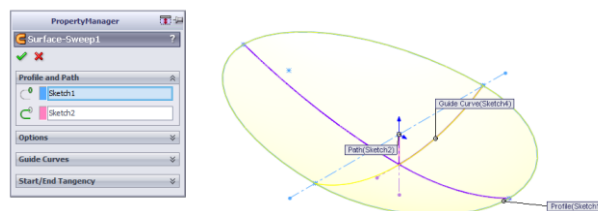
Modeliranje kalupa u programskom alatu *SolidWorks* izrađuje se pomoću modula za izradu kalupa (*eng. Mold*). Način modeliranja je taj da se prvo konstruira izradak (odljevak) a zatim s obzirom na njega, zrcalno, izradi se matrica i žig [2].

Modeliranje žlice (Slika 1.) započinje izradom skice baze žlice u gornjoj ravnini (*Top Plane*).



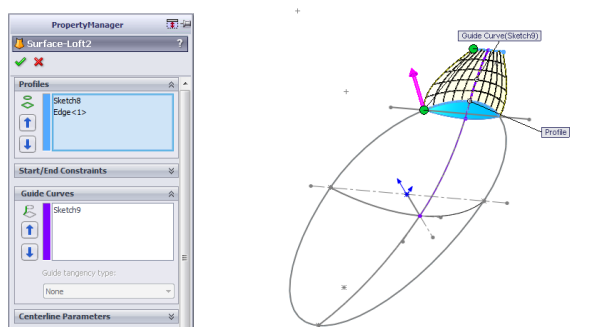
Slika 1. Skica baze žlice

Nakon skiciranja oblika baze žlice, značajkom *Surface Swept* modelira se površina baze žlice (Slika 2.). *Surface Swept* je značajka kojom se zadani profil popunjuje po putanji.



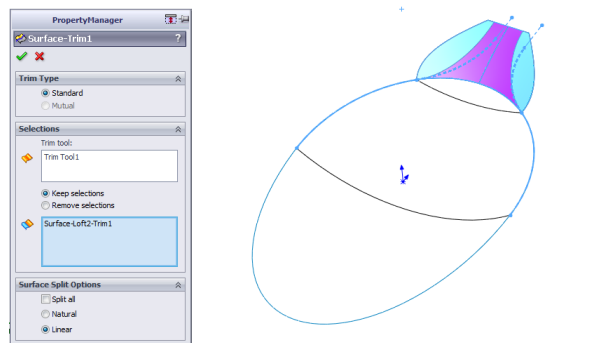
Slika 2. Zaobljenje površine (*Surface Sweep*)

Nakon toga nacrtaju se nove skice u kojima se definiraju linije pomoću kojih će se modelirati drška žlice (Slika 3.). Značajkom *Surface Loft* spajaju se dva profila po zadanoj putanji u površinu držača žlice.



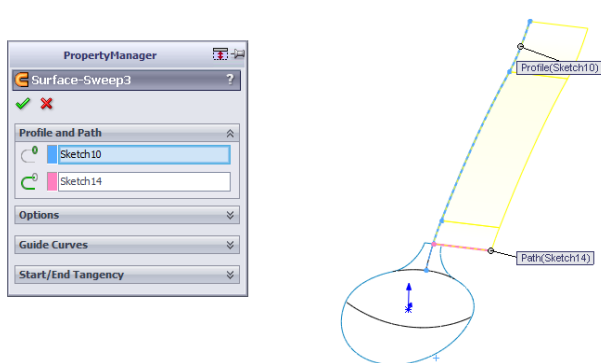
Slika 3. Opcija *Surface Loft*

Značajkom *Surface Trim* otklanjaju se nepotrebne površine (Slika 4.). Potrebno je označiti dio koji se odstranjuje i dio na kojoj površini se vrši odsijecanje. Odabirom *Keep selections* označava se da odabrana kontura ostaje netaknuta, a sve izvan konture se odsijeca.



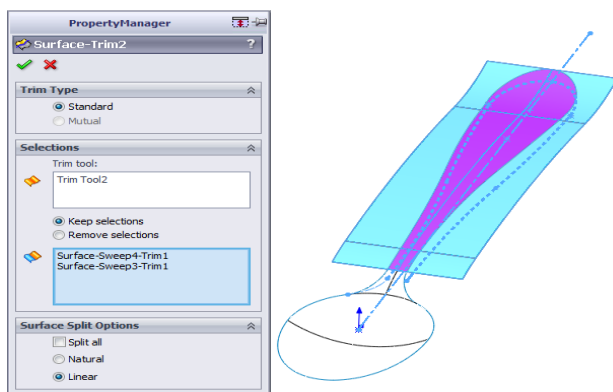
Slika 4. Opcija za odsijecanje površina (*Surface Trim*)

Nakon spajanja baze žlice i početka drške žlice modelira se ostatak drške žlice. S dvije nove skice definira se širina i dužina drške te se zatim značajkom *Surface Sweep* stvara površina drške (Slika 5.).



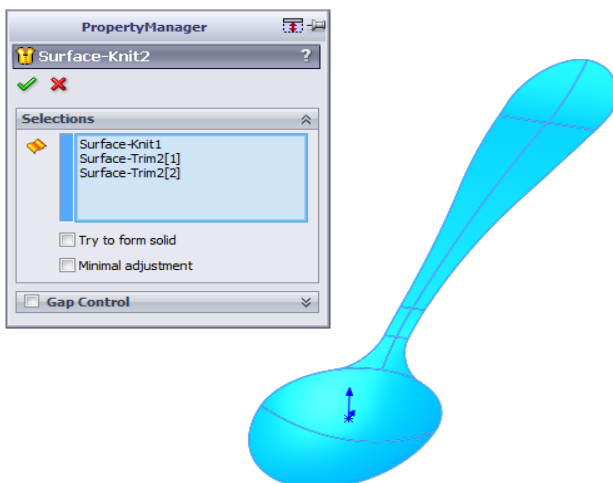
Slika 5. Izrada površine drške žlice

Kako je dobivena samo površina drške žlice potrebno je odsjeći višak materijala drške kako bi se dobila točna konstrukcija drške. U novoj skici definira se geometrija tijela drške, te se zatim značajkom *Trim Surface* otklanja višak materijala (Slika 6.).



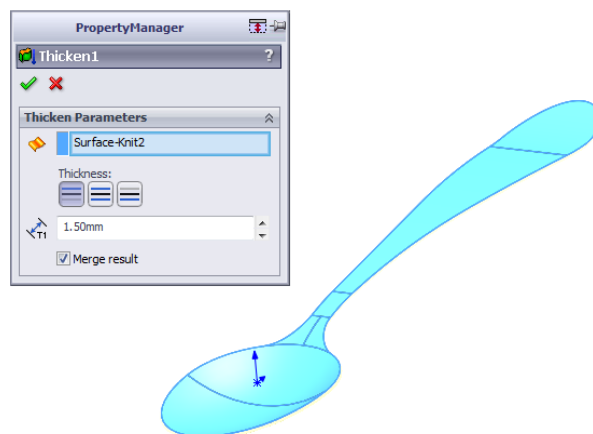
Slika 6. Opcija Surface Trim

Zatim je potrebno cijelu dršku povezati s ostatkom žlice u jednu cjelinu značajkom *Knit Surface* (Slika 7.).



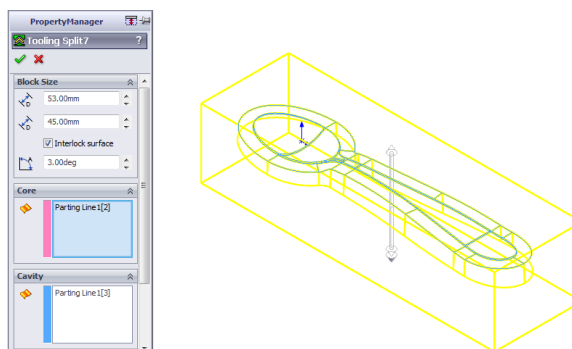
Slika 7. Spajanje baze žlice i drške (Surface Knit)

Kako je završeno modeliranje oblika žlice potrebno je zadati debljinu (Slika 8.). Značajkom *Thicken* dodaje se sloj materijala od 1,5 mm u željenom smjeru po odabiru.

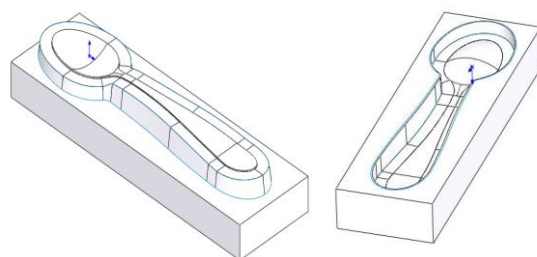


Slika 8. Opcija Thicken

Modul *Tooling Split* koristi se za izradu jezgre i šupljine blokova za kalup (Slika 9.). Za korištenje značajke *Tooling Split*, dio mora imati najmanje tri površine tijela u mapi površine tijela: jezgra površine tijela, površine šupljine tijela i površina razdvajanja tijela (Slika 10.).



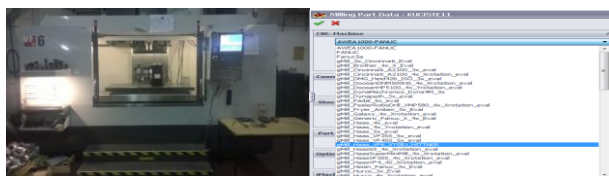
Slika 9. Opcija Tooling Split



Slika 10. Model žiga i matrice

4. DEFINIRANJE OPERACIJA GLODANJA U PROGRAMSKOM ALATU SOLIDCAM

Prije definiranja novih operacija glodanja, u programskom alatu *SolidCam*, potrebno je odrediti parametre poput nul-točke obratka, definiranja sirovca i obratka, te je potrebno odabrati postprocesor za stroj koji se koristi u obradi [3]. U ovom slučaju parametri su definirani i odabrani za 4-osnu glodalicu Haas VF6 (Slika 11.), stoga se odabire spomenuti postprocesor (*gMill_Haas_VF6_VTSBJ_HITTNER*) (Slika 11.).

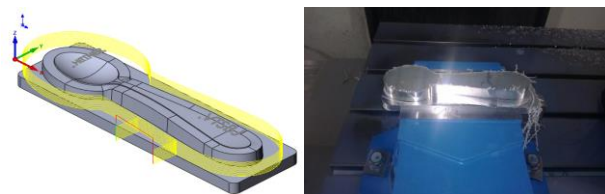


Slika 11. 4-osna glodalica Haas VF6 [4] i odabir prilagođenog postprocesora [3, 5]

4.1. Obrada žiga

4.1.1. 2.5D glodanje konture žiga - gruba obrada

Prva operacija strojne obrade je grubo glodanje konture (Slika 12.). Ono služi za dobivanje konture kalupa. U izborniku za definiranje obrade konture se određuje geometrija tijela na kojoj će se vršiti obrada, odabir alata, razina obrade, tehnologija obrade i vrsta ulaska i izlaska alata u proces obrade. U ovoj operaciji ostavlja se dodatak na konturi za fini obradu [6].



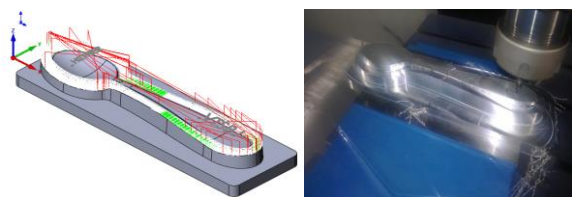
Slika 12. Prikaz simulacije i gotove 2.5D obrade glodanja konture žiga - gruba obrada

4.1.2. Glodanje konture žiga - fina obrada

Nakon grube obrade slijedi fina obrada po istoj konturi. Alat je jednim prolazom ($Z=-14,1$ mm) pušten po istoj putanji alata koja je bila definirana operaciju grubog glodanja konture.

4.1.3. 3D glodanje površine žiga

Nakon dobivene konture kalupa, obrađuje se površina kalupa. Prvo se grubom obradom 3D glodanja odabrane površine rasterećuju, da bi se nakon toga finim prolazom uklonio dodatak koji je ostavljen (Slika 13.). U djelu *Technology* odabire se gruba obrada s načinom izvršenja *Hatch*, sa 0,5 mm dodatka na svim površinama za fini obradu. Također odabire se završna obrada tipa *Pencil Milling* za fini obradu. *Hatch* strategija izvršava grubu obradu po konstantnoj Z-visini koja se automatski računa uzimajući u obzir *Lower level*, *Surface offset* i *Step down* parametre [3].



Slika 13. Prikaz simulacije i gotove operacije 3D glodanja površine žiga

4.1.4. Operacija glodanja žiga – 3D glodanje površine žlice

Koriste se opcija *Contour* grube obrade i *Circular pocket* završna obrada (Slika 14.). *Contour* gruba obrada omogućuje obradu džepova na konstantnoj visini pri različitim razinama Z osi. Ostavljen je dodatak (*Surface offset*) od 0,5 mm za završnu obradu.



Slika 14. Prikaz simulacije i gotove operacije 3D glodanja površine žiga na mjestu gdje dolazi žlica

4.1.5. 3D graviranje žiga

Modulom *Engraving* pokreće se proces obrade graviranjem. U djelu *Geometry* odabire se tekst koji se želi gravirati. U djelu *Multi-chain* pritiskom na tipku *Add* otvara se novi prozor, *Chains Selection*. Ovdje je omogućen odabir većeg broja profila. U djelu *Type* potrebno je odabrati opciju *Text*. Ova opcija omogućuje da se odabere tekst iz *sketch-a* 3D modela. 3D graviranje je operacija graviranja u kojoj gravirani tekst prati krivulju površine, stoga je graviranje jednake dubine na cijeloj površini (Slika 15.).



Slika 15. Prikaz gotove operacije 3D graviranja žiga

4.1.6. 3D glodanje konture žiga

Nakon 3D glodanja oblika ostao je dio neobrađenog materijala. Za obradu tog dijela koristila se dodatna operacija *3D Contour*. *3D Contour* operacija omogućuje i korištenje tehnologije 3D graviranja za obradu 3D konture (Slika 16.).



Slika 16. Prikaz gotove operacije 3D glodanja konture žiga

Kada su sve obrade potpuno definirane potrebno je izračunati sve putanje korištenih alata (Tabela 1.).

Desnim klikom na opciju *Operations* i odabirom *Calculate All*, programski alat *SolidCAM* proračunava sve putanje alata za definirane obrade, kao i njihovo trajanje (Tabela 2.). Nakon toga opcijom *Simulate* moguće je provjeriti simulaciju svih obrada. Odabirom *G-code All* → *Generate*, generira se .NC datoteka obrade koja se, ukoliko je ispravna, prenosi na stroj i omogućuje izvođenje stvarne strojne obrade.

Tabela 1. Alati korišteni u obradi žiga

Vrsta obrade	Vrsta alata	S [okr/min]	F [mm/min]
Gruba obrada konture	Ø25 	5000	1000
Fina obrada konture	Ø10 	5000	1000
3D glodanje površine kalupa	Ø3 	7000	2000
3D glodanje površine žlice	Ø3 	7000	2000
3D graviranje	Ø10 	3000	500
3D obrada konture	Ø3 	2500	300

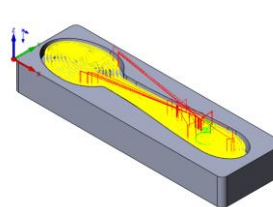
Tabela 2. Vrijeme obrade žiga na stroju

Vrsta obrade	Vrijeme obrade [min:s]
Gruba obrada konture	10:21
Fina obrada konture	1:50
3D glodanje površine kalupa	48:37
3D obrada površine žlice	67:12
3D graviranje	2:04
3D obrada konture	0:50
Σ	130:54

4.2. Obrada matrice

4.2.1. 3D glodanje – gruba obrada

Prva operacija strojne obrade je grubo glodanje koje se vrši radi rasterećenja finoj obradi. Potrebno je ukopati džep u koji će nasjedati žig kalupa (Slika 17.). U djelu *Tehnology* definiramo strategiju obrade. Koristi se gruba *Contour* obrada s dodatkom 0,5 mm na svim površinama.



Slika 17. Prikaz simulacije i gotove 3D obrade glodanja konture matrice - gruba obrada



4.2.2. 3D glodanje konture matrice

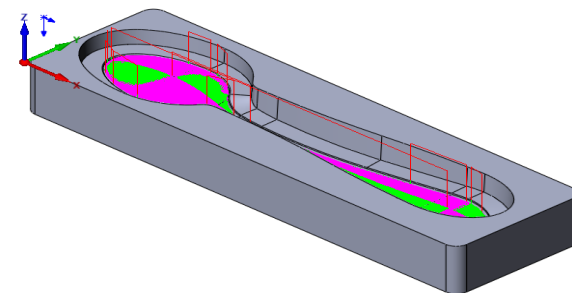


Slika 18. Prikaz gotove operacije 3D glodanja konture matrice

Sljedećim postupkom obrađuje se širina kalupa na nazivnu mjeru te se u istoj operaciji obrađuje donja površina kalupa koja nasjeda u žig (Slika 18.).

4.2.3. 3D glodanje – fina obrada

Završna obrada radi se na zakrivljenim površinama kalupa nakon rasterećenja. Pokretanjem nove operacije 3D glodanja potrebno je definirati površine za završnu obradu. Odabirom *Geometry* → *Working Area* → *Define*, otvara se novi prozor u kojemu se označava *Work on selected faces* → *Define* (Slika 19.).



Slika 19. Prikaz simulacije 3D glodanja površine matrice na mjestu gdje dolazi žlica



Slika 20. Prikaz gotovog žiga i matrice

Tabela 3. Alati korišteni u obradi matrice

Vrsta obrade	Vrsta alata	S [okr/min]	F [mm/min]
3D gruba obrada glodanja		5000	2000
3D Contour obrada		5000	500
3D završna obrada		7000	2000

Tabela 4. Vrijeme obrade matrice na stroju

Vrsta obrade	Vrijeme obrade [min:s]
3D gruba obrada glodanja	31:07
3D Contour obrada	1:56
3D završna obrada	66:13
Σ	99:06

- [3] http://www.solidcam.com/fileadmin/downloads/SolidCAM/doc/EN/2010/SolidCAM_gpptool_user_guide.pdf (Dostupno: 10. veljače, 2014)
- [4] Slika stroja Haas VF6, u tvrtci Hittner d.o.o. (Dostupno: 27. veljače, 2014)
- [5] http://www.haascnc.com/we_spec1.asp?id=VF6/40&sizeID=50_64INCH_VMC#gsc.tab=0 (Dostupno: 10. veljače, 2014)
- [6] <http://www.solidcam.com/support/documentation/solidcam-2012/> (Dostupno: 10. veljače, 2014)

Kontakt autora:

Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Trg Eugena Kvaternika 4, 43000 Bjelovar

Tomislav Pavlic, mag.ing.mech.

E-mail: tpavlic@vtsbj.hr

Božidar Hršak, mag.ing.mech.

E-mail: bhrsak@vtsbj.hr

Renato Šabić (bivši student)

E-mail: renato.sabic@gmail.com

5. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme, kada je potrebno izvršiti složene obrade (Slika 20.), u područje obrade metala odvajanjem čestica od velike je važnosti izrada virtualne simulacije obrade. Samim time izbjegava se pogreška koja dovodi do oštećenja alata, odnosno i cijelog stroja. Prikaz korištenih alata također je jasno prikazan (Tabela 3.). Programski alat *SolidWorks* se pokazao kao vrlo praktičan programski alat za modeliranje, dok programski alat *SolidCAM* pomaže u realizaciji virtualne simulacije kompliciranih obrada. Pravilnom prilagodbom postprocesora (*gMill_Haas_VF6_VTSBJ_HITTNER*), 4-osna glodalica Haas VF6 funkcionira ispravno, pri čemu se misli na pravilno izvršavanje naredbi definiranih generiranim G-kodom iz programskog CAD/CAM alata *SolidWorks/SolidCAM*. Kao nastavak započetome poslu, biti će potrebno uskladiti vremenske koeficijente prije spomenutoga postprocesora, tako da vremensko trajanje virtualnih simulacija obrada (Tabela 4.) traje identično kao i stvarna obrada na stroju. Trenutno ipak postoji razlika te je teže realno procijeniti točno sve parametre na temelju same simulacije.

6. LITERATURA

- [1] http://bib.irb.hr/datoteka/527909.Diplomski_rad_-_Mladen_elikovi.pdf (Dostupno: 27. veljače, 2014)
- [2] SolidWorks Online Help

ALATI ZA POBOLJŠAVANJE KVALITETE

QUALITY IMPROVEMENT TOOLS

Dražen Čelar, Vladimir Valečić, Dubravko Željezić, Živko Kondić

Stručni članak

Sažetak: Kvaliteta je postala svjetski pokret i način življenja. Uspjeh organizacije najviše zavisi o kvaliteti proizvoda ili usluga. Za to najveću odgovornost snosi uprava, ali pri tome svi zaposleni moraju participirati u ostvarivanju kvalitete. Kvaliteta jest i biti će ključ za poboljšanje konkurentnosti na tržištu. Kvaliteta je značajan faktor opstanka, poslovnog uspjeha i prosperiteta poduzeća. Ključni princip sistema kvaliteta je donošenje odluka na osnovu činjenica, do kojih se dolazi prikupljanjem, obradom i analizom podataka i opažanja. Ovaj članak obrađuje alate za analizu i poboljšanje kvalitete. Alati su prvenstveno namijenjeni upravi, ali u njihovoj provedbi ključno je sudjelovanje svih zaposlenika, kako bi oni dali relevantne podatke na osnovu kojih uprava može izvršiti analizu i donošenje.

Ključne riječi: alati, dijagram, kvaliteta, metode, poboljšanje, upravljanje, poduzeće, procesi, poduzeće

Professional paper

Abstract: Quality has become a worldwide movement and a way of life. The success of the organization depends mostly on the quality of products or services. The primary responsibility lies on the management, but also all employees must participate in the exercise of quality. Quality is key for improving the competitiveness on the market. Quality is an important factor for survival, business success and prosperity of companies. A key principle of the quality system is making decisions based on facts, and to the fact arise through the process of collecting, processing and analyzing data and observations. This article deals with tools for analysis and improvement of quality. The tools are primarily intended for management, but in their preparation participation of all employees is crucial, so that they can give relevant information on which management can conduct analysis and making decision.

Key words: company, diagram, improve, management, methods, processes, quality

1. UVOD

Iako povijest kontrole kvalitete seže još u vrijeme starog Egipta, znanstveni principi vezani su uz početak industrijske revolucije. Još 1924. godine Walter Stewhart uveo je statističku metodu kontrole kvalitete u Bell grupaciji. Međutim sve do kraja drugog svjetskog rata nije bilo značajnijeg prihvatanja metoda praćenja kvalitete u proizvodnji.

Noviju povijest kvalitete obilježile su tri grupe znanstvenika i praktičara kvalitete:

- američki znanstvenici, koji su svojim radom utjecali na razvoj misli o kvaliteti u Japanu (Edwards Deming, Joseph M. Juran, i Annand Feigenbaum),
- japanski znanstvenici, koji su razvili novi koncept kvalitete, a sve to na osnovama učenja "ranih" Amerikanaca (Kaoru Ishikawa, Genichi Taguchi i Shigeo Shingo),
- novi zapadni val, koji je podigao razinu svijesti o kvaliteti na Zapadu (Philip Crosby, Tom Peters i Claus Moller).[1]

Zanimljivost vezana uz povijest uvođenja statističkih metoda u kontrolu kvalitete je da su Deming i Juran temelje svojih metoda postavili u Japanu, koji je dotad bio poznat po jeftinim i nekvalitetnim proizvodima. Na

Demingovim postavkama u Japanu je razvijen Total Quality Management, koji je 70-tih godina prihvaćen u Sjedinjenim Američkim Državama kao alat za unaprjeđenje proizvodnje, ali tek kad su Amerikanci uvidjeli kako njihovi načini kontrole nisu učinkoviti i stvaraju gubitke.

Svi ovi znanstvenici razlikuju se u svojim pristupima upravljanju proizvodnjom i kvalitetom, ali dijele neke zajedničke točke:

Odgovornost menadžmenta – menadžment mora osigurati opredijeljenost, vodstvo, motiviranje i prikladnu podršku tehničkim i ljudskim procesima. Odgovornost je top-menadžmenta da odredi okruženje i okvir operacija unutar organizacije. Imperativ je da menadžment promiče uključivanje zaposlenika u poboljšavanje kvalitete, te da razvija kulturu kvalitete promjenom percepcije i odnosa prema njoj.

Planiranje - naglašene su aktivnosti strategije, politike i procjene na razini organizacije.

Edukacija i osposobljavanje - naglašena je važnost edukacije i osposobljavanja zaposlenika, u cilju promjene ponašanja zaposlenika, odnosa, unapređivanja zaposlenikovih sposobnosti pri izvršavanju zadataka.

Poboljšavanje - cilj svih zaposlenika u poslovnom sustavu trebalo bi biti stalno poboljšavanje proizvoda,

procesa i sustava kao cjeline, a pritom primjenjujući poznate temeljne i složenije koncepte i alate stalnog poboljšavanja.

Kontrola procesa - vrlo je važno kontrolirati procese i poboljšavati sustav kvalitete i oblikovanja proizvoda. Naglasak je stavljen na prevenciju pojave pogrešaka, a ne na kontrolu nakon njihove pojave.

Sustavni pristup – kvaliteta je sustavna aktivnost na razini organizacije, a ide od dobavljača do klijenata. Sve funkcionalne aktivnosti, kao: marketing, oblikovanje, proizvodnja, kontrola, otprema, montaža i uslužne djelatnosti, moraju biti uključene u napore za poboljšanje kvalitete.[2]

2. SUSTAVI UPRAVLJANJA KVALITETOM

Znanstveni pristupi izveli su nekoliko velikih sustavi upravljanja kvalitetom. Iako i na njih možemo gledati kao na alate, oni se služe mnogim osnovnim alatima, a u svojoj osnovi postavljaju koncepte i metodologiju za ostvarenje poboljšanja, pa ih prije svega smatramo sustavima. Neki od poznatih sustava kvalitete:

- TQM - Total quality management
- QFD - Quality function deployment
- ISO 9000
- Benchmarking
- Six sigma
- Lean (vitka) proizvodnja

2.1. TQM – Total quality management (sveukupno upravljanje kvalitetom)

Total Quality Management (TQM) je sustav upravljanja kvalitetom na svim područjima organizacije, on ističe zadovoljstvo kupaca, a koristi metode i alate kontinuiranog poboljšavanja. TQM se temelji na konceptima podučavanja upravljanja kvalitetom upravljačkih gurua; Deminga, Juran, Crosbyja, Ishikawe i drugih. Naziv TQM prvi puta je korišten 1985. od strane Naval Air Systems Command za svoj program, te je od tada taj termin široko usvojen.

Korisnici TQMa mogu slijediti program koji se temelji prvenstveno na Demingovih četrnaest točaka upravljanja kvalitetom, Juranovoj trilogiji (planiranje kvalitete, kontrola kvaliteta i poboljšanje kvalitete), Philip Crosbyjevih četiri apsolutna pravila upravljanja kvalitetom.

Alati koji koristi TQM mogu se podijeliti na 7 QC (kontrolnih) alata, uvedenih od japanskog profesora Kaoru Ishikawe:

dijagram uzroka i posljedica (koji se naziva Ishikawa dijagram ili dijagram riblje kosti), kontrolne liste, Shewhartovi kontroli grafikoni, histogram, Pareto dijagram, dijagram raspršenja i dijagram toka,

te 7 MP (upravljačko-planskih) alata:

analiza afiniteta, međurelacijski grafikon, analiza stabla, matrica prioriteta, matrična analiza, grafikon procesnih odluka, dijagram aktivnosti.

3. STATISTIČKI (STARI) ALATI ZA POBOLJŠAVANJE KVALITETE

Određenje sedam starih (statističkih) alata za poboljšavanje kvalitete dao je Ishikawa, a oni su:

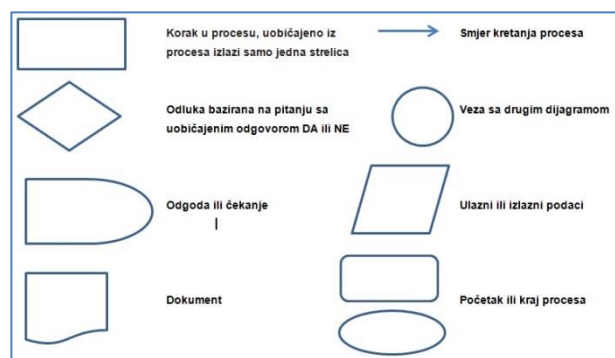
- 1) Dijagram toka procesa;
- 2) Pareto dijagram;
- 3) Korelacijski dijagram;
- 4) Dijagram uzroka i posljedice;
- 5) Lista sakupljenih grešaka ili ispitne liste;
- 6) Histogram;
- 7) Kontrolne karte kvalitete ..

3.1. Dijagram toka procesa

Dijagram toka / dijagram procesa je grafički alat koji prikazuje osnovne faze procesa s ulaznim i izlaznim parametrima, te mogućnošću poboljšanja. Dijagram toka je hijerarhijski prikaz procesa koji može biti općenit i detaljan. Općeniti se koristi kako bi se otkrile kritične točke u procesu. Detaljni dijagram toka koristi se da bi se razjasnili detalji proizvodnog procesa. To je izuzetno koristan alat kod utvrđivanja međuzavisnosti pojedinih faza. Dijagram toka koristimo:

- Kad tim počinje učiti proces, kao prvi i najvažniji korak u razumijevanje procesa
- Kada smo u potrazi za poboljšanjima u procesu
- Pri projektiranju poboljšanja procesa
- Na svakom koraku u poboljšanje procesa, kao referenca za postupak izvođenja procesa
- Kod obuke ljudi u procesu
- Kod dokumentiranja procesa [3]

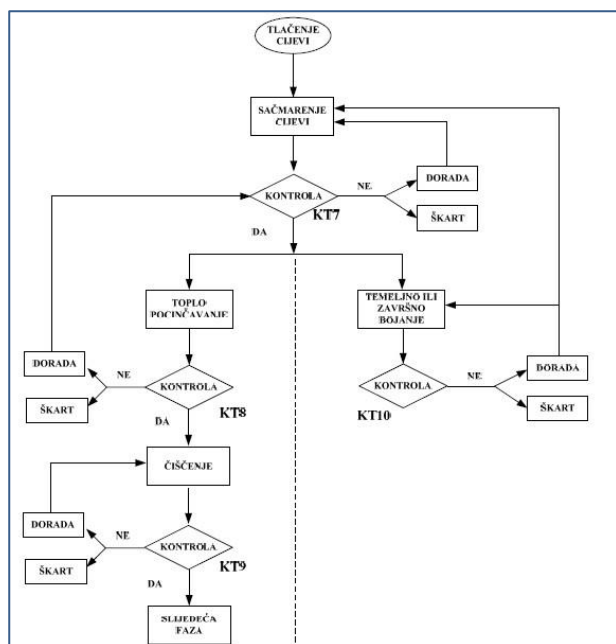
Dijagram toka sastoji se od grafičkih elemenata koji određuju neku proceduru u procesu. Uobičajeni grafički simboli su slijedeći:



Slika 1. Grafički simboli dijagrama toka

Sve procedure unutar nekog procesa, i svi procesi unutar neke organizacije trebali bi biti pokriveni dijagramima toka koji su najbolja uputa na provođenje istih. Na slici 2. Prikazan je proces zavarivanja cijevi.

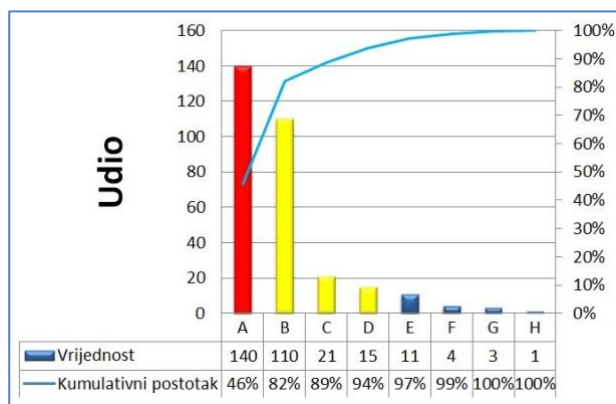
Do sredine 70-tih godina prošlog stoljeća ova tehnika je bila relativno malo korištena, ali se uvođenjem dijagrama toka u računalnu tehniku sve više proširila u ostalim granama poslovanja. Danas je gotovo nezamisliv i jedan proces u ozbiljnoj organizaciji bez dijagrama toka. On definira standardne procedure i nepoštivanje istih smatra se povredom u procesu, što može izazvati trajne posljedice.



Slici 2. Dijagram toka procesa zavarivanja cijevi.

3.2. Pareto dijagram

Pareto metoda je ime dobila po Vilfredu Paretu, talijanskom ekonomistu i sociologu, poznatog po primjeni matematičkih metoda u okviru ekonomske analize. Rođen je 1848.godine, po struci inženjer, a cijelog života je izučavao matematiku.



Slika 3. Pareto dijagram

Po njemu je nazvan Pareto princip, odnosno princip 80/20, koji kaže da postoji vitalna manjina i upotrebljiva većina. 20% uzroka uzrokuje 80% problema, 20% ljudi raspolaže sa 80% cjelokupnog bogatstva. Ili sa aspekta klijenata, 20% klijenata donosi 80% prihoda nekoj firmi. Koraci u izradi Pareto dijagrama su slijedeći:

1. definirati kategorije koje će se pratiti putem dijagrama
2. definirati koji su podaci relevantni. Uobičajeno su to: količina, cijena ili vrijeme
3. definirati koje vrijeme će se analizirati
4. prikupljanje podatka
5. izračunati međuzbrojeve za svaku kategoriju
6. odrediti mjerilo u kojem će se dijagram crtati

7. ucrtati traku sa najvećom vrijednosti krajnje lijevo u dijagramu, pa iduću po vrijednosti do nje i tako do zadnje vrijednosti.
8. izračunavanje postotka za svaku vrijednost, crtanje vertikalne osi u
9. izračunavanje kumulativne sume po kategorijama, posljednja kumulativna suma trebala bi dostići 100 %, spojiti točke kumulativnih suma

Kod izrade Pareto dijagrama najbolje bi bilo upotrijebiti vrijednost greške (financijsku) kao os udjela, kako bi na jednostavan način prikazali udio vrijednosti grešaka u nastaloj šteti. Iz Paretovog principa razvila se ABC analiza koja podatke razvrstava u tri skupina: A: 0–80% : područje najvećeg utjecaja; B : 80–95 % - područje relevantnog utjecaja; C: 95–100% - područje malog utjecaja.

Analiza PARETO ili ABC dijagrama nailaze na široko područje primjene te metode u postupcima unapređivanja kvaliteta kako proizvoda tako i procesa rada. Osim što je vrlo jednostavna, ova se metoda odlikuje visokim stupnjem fleksibilnosti zbog nezavisnosti od prirode problema i karaktera utjecajnih veličina koje se analiziraju. Pareto dijagram primjenjiv je u svim slučajevima kvantitativno izraženih parametara, ali i u slučajeva kvalitativno izraženih podataka uz određena podešavanja modela .

Iako se metoda može koristiti kao samostalna, ona je najčešće ulazna ili izlazna svih ostalih metoda (alata) za poboljšavanje kvalitete.

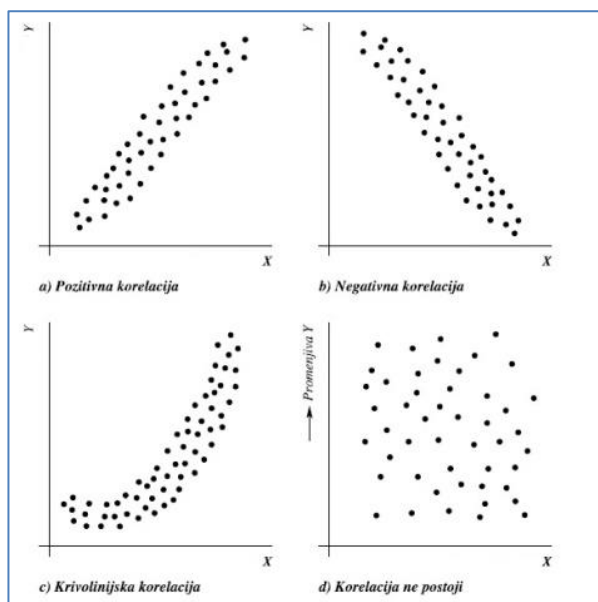
3.3. Dijagram rasipanja

Dijagram rasipanja predstavlja grafički prikaz rezultata regresijske i korelacijske analize. Crta se u pravokutnom koordinatnom sustavu s aritmetičkim mjerilima na osima. Dijagram rasipanja u pravokutnom koordinatnom sustavu točkama prikazuje parove vrijednosti dviju promatranih numeričkih varijabli. Pri tome su x_i vrijednosti nezavisne varijable X , a y_i vrijednosti zavisne varijable Y .

U primjeni dijagrama rasipanja postoje dva područja problema, što ovisi o području istraživanja:

- Ovisnost između dviju varijabli (dva skupa podataka), kada neovisna varijabla X utječe (uvjetuje) veličinu varijable Y . Tada govorimo o regresiji. Pri tome je neovisna varijabla uzrok, a zavisna posljedica. Cilj regresijske analize je proučavanje očekivane vrijednosti zavisne varijable na osnovu zadanih nezavisnih varijabli prema funkciji regresije i standardne greške regresije.
- Ovisnost između dviju varijabli (dva skupa podataka), varijable X i varijable Y . Tada govorimo o korelaciji. Cilj korelacijske analize je određivanje snage veze između varijabli na osnovu koeficijenta korelacije i koeficijenta determinacije .[4]

Kako se radi o vrlo širokoj temi u ovom članku bit će prikazana korelacijska analiza dijagrama rasipanja. Karakter korelacije utvrđuje se na osnovu izgleda dijagrama pa prepoznamo (slika4.) :



Slika 4. Vrste korelacije [4]

U drugom koraku utvrđuje se korelacijski koeficijent:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Pri čemu je:

r - Personov koeficijent linearne korelacije

x_i - x vrijednost varijable

y_i - y vrijednost varijable

$\bar{x}$ - srednja vrijednost varijable po x

$\bar{y}$ - srednja vrijednost varijable po y

Vrijednosti korelacijskog koeficijenta mogu biti u rasponu od -1 do 1, pri čemu će vrijednosti bliže negativnoj jedinici ukazivati na negativnu korelaciju, a one bliže pozitivnoj na pozitivnu korelaciju. Vrijednosti vrlo bliske 0 ukazivati će na odsutnost korelacije, a teorijske vrijednosti -1 i 1 na postojanje funkcionalne, a ne korelacijske veze.

Koeficijent determinacije jednak je kvadratu korelacijskog koeficijenta i predstavlja postotnu zavisnost varijabli. Dijagram rasipanja moguće je izvoditi i za višezavisne korelacije. Četiri osnovna koraka u izradi dijagrama rasipanja su:

1. Prikupljanje podataka
2. Crtanje dijagrama
3. Analiza dijagrama
4. Utvrđivanje međuovisnosti

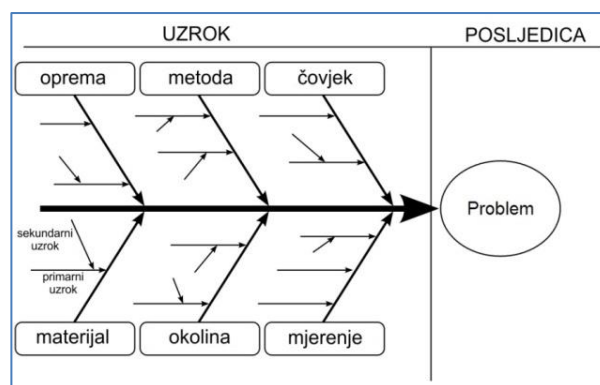
Dijagram rasipanja je statističko-matematički model pronalazjenja veza uzroka kada na postoje dokazi o funkcionalnim vezama događaja. Često se koristi u kombinaciji sa drugim alatima za poboljšavanje kvalitete.

3.4. Dijagram uzroka i posljedica

Dijagram uzrok-posljedica je alat koji pomaže u identifikiranju, sortiranju i prikazivanju mogućih uzroka specifičnih problema ili karakteristika kvaliteta. On grafički ilustrira odnos između danog izlaza i svih faktora koji utječu na izlaz. Ovaj dijagram se vrlo često

naziva i Ishikava dijagram prema njegovom utemeljitelju, japanskom znanstveniku Kaoru Ishikawi koji je ovaj način pronalazjenja uzroka grešaka prvi puta primijenio u japanskom brodogradilištu Kawasaki. Vrlo često ćemo čuti da dijagram nazivaju i dijagram riblje kosti zbog svog specifičnog izgleda.

Ishikava je u svojim razmatranjima utvrdio da u nastajanju grešaka postoji 6 velikih grupa uzroka i nazvao ih 6M: oprema (machine), metoda (method), materijal (material), čovjek (man power, mind power), mjerenja (measurement), okolina (Milieu/Mother Nature).



Slika 5. Osnovni izgled Ishikava dijagrama

Slijedeći korak je širenje uzroka koje se često kombinira sa tehnikom 5W: gdje, što, kad, tko, zašto (Where, What, When, Who, Why) kako bi se otkrio korijen uzroka nastalog problema.

Kada se na određenom nivou unošenjem u dijagram iscrpe svi pronađeni uzroci, te utvrdi logičnost svake od grana, prelazi se na analizu podataka:

- Identifikacija vjerojatnih (3–5) uzroka problema koji se analizira i njihovo označavanje u dijagramu
- Taj postupak, pored usmjeravanja na osnovne uzroke problema, omogućava, u određenim slučajevima, iznalaženje linije kritičnih uzroka, što je svakako jedan od značajnih rezultata Ishikavine metode,
- Ishikava dijagram zasebno nije dovoljan za rješavanje problema - on samo upućuje na njegove osnovne uzroke i uzročno - posljedične veze.

Iz danih razloga je potrebno prikupljanje podataka radi provjere najznačajnijih (najvjerojatnijih) uzroka i rješavanje problema nekom drugom, odgovarajućom metodom (Pareto ili ABC dijagram i sl.).

3.5. Liste sakupljenih grešaka ili ispitne liste

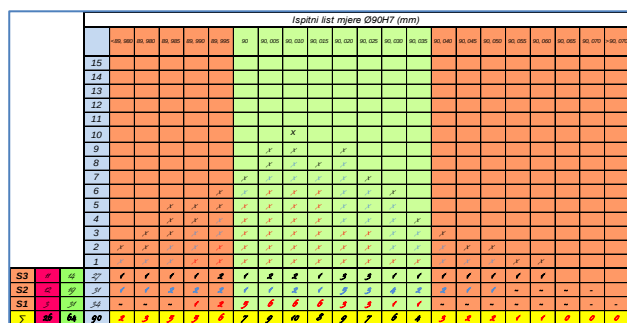
Ispitne liste su obrazac u koji se unosi učestalost neke pojave prema mjestu, vrsti, vremenu ...

Podaci se unose na kvantitativnoj ili kvalitativnoj razini. Liste u koje se podaci unose na kvantitativnoj razini često se nazivaju i „liste prebrojavanja“. Upotrebljava se na mjestima gdje se promatrana pojava može lako utvrditi od strane „prebrojača“.

Ispitne liste grade se pomoću 5W pitanja: tko, što, gdje, kad, zašto (who, what, where, when, why). Postoje različiti tipovi ispitnih lista, a u ovom članku bit će nabrojene dvije.

3.5.1. Ispitne liste za provjeru oblika vjerojatnosti procesa

Ove liste koriste se za provjeru distribucije dobivenih vrijednosti. Kod kreiranja ovog tipa listi vrlo je važno da se unaprijed može predvidjeti u kojem će rasponu vrijednosti dolaziti, kako bi se lista konstruirala na pravilan način. Na slici 6. prikazana je jedna takva lista za kontrolu mjere izraditka. Ovakav tip liste automatski gradi i histogram, ali nam pokazuje i koliko proizvoda je ispravno, a koliko je škart, što su ujedno i kvalitativni, ali i kvantitativni podaci.



Slika 6. Ispitna lista mjere Ø90H7

Iz liste se vidi kako je rad podijeljen u tri smjene. Ukupno je u tri smjene izrađeno 90 komada osovine, na kojoj je jedna od dimenzija Ø90H7. Analizom se lako može utvrditi da su u prvoj smjeni gotovo svi izrađeni komadi imali zadovoljavajuću mjeru. U drugoj smjeni broj točnih komada opada, dok je trećoj veći od onih ispravnih. Također se može vidjeti da broj komada ispod zadane tolerancije veći, nego onaj iznad. Čak i ovako kratko razmatranje dovodi do zaključka da rad u trećoj smjeni nije zadovoljavajući, te da treba pogledati dolazi li možda do preranog istrošenja oštice noža zbog smanjenja mjere. Naravno, ovakvo praćenje moralo bi se vršiti u duljem vremenskom periodu da bi donijelo bolje rezultate.

3.5.2. Ispitni list za utvrđivanje mjesta nepravilnosti

Ovim tipom ispitne liste može se lako utvrditi koji proces prouzrokuje najveći broj nepravilnosti. Na slici 7. prikazan je list koji utvrđuje greške po odjelima. Ovakav tip liste je kvantitativan, i ukazat će da neki od procesa treba poboljšanje, ali ne i njegov smjer.

Mjesto greške	Broj grešaka	Ukupno
Rezanje		4
Tokarenje		2
Glodanje	++++	5
Brušenje		1
Površinska obrada		2
Pakiranje		1

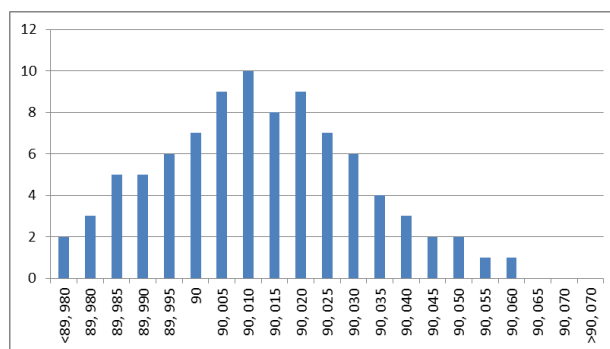
Slika 7. Ispitni list: Utvrđivanje mjesta nepravilnosti

Jedna od vrlo čestih ispitnih listova je tkz. završna ispitna lista, kojom se utvrđuje jeli neki proizvod izrađen prema uputama i jesu li zadovoljeni svi traženi parametri.

Obično se koristi u procesima sa mnogo koraka, kako bi podsjetila izvođača što sve treba odraditi.

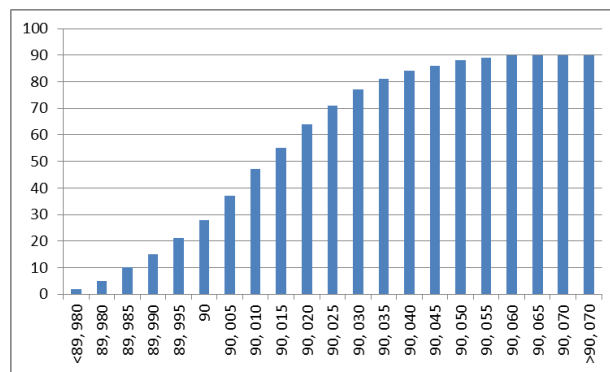
3.6. Histogram

Histogram je stupčasti grafički prikaz učestalosti pojavljivanja vrijednosti određenog parametra procesa. Iz njega se dobije oblik razdiobe procesa, a ako su zadane granične vrijednosti procesa mogu se odrediti i udjeli nesukladnih proizvoda/usluga prema propisanim zahtjevima. Podatke dobivene u ispitivanju/kontroli poredamo u razrede određene veličine, na temelju kojih ćemo dobiti i frekvencije razreda. Ako veličinu razreda pretvorimo u veličinu pravokutnika unutar koordinatnog sustava: razreda-frekvencija dobit ćemo dijagram:



Slika 8. Histogram

Ovakav dijagram nazivamo histogramom te nam on grafički predočuje učestalost pojavljivanja neke pojave u procesu. Poseban oblik histograma je kumulativni histogram u kojem se frekvencije prethodnih razreda pribrajaju te vrijednost pokazuje broj vrijednosti koje su manje ili jednake vrijednosti s osi x.



Slika 9. Kumulativni histogram

Jedna od najznačajnijih karakteristika kojima određujemo izgled histograma je svakako veličina razreda. Ona se određuje tabelarno ili nekom od formula npr.:

$$k = 1 + 3.3 \log n$$

ili

$$k = \sqrt{n}$$

Postupak određivanja širine razreda osobito je značajan kod velikog broja podataka.

3.6. Kontrolne karte

Kontrolne karte poznate su kao karte ponašanja procesa ili Shewhartove karte po njihovom izumitelju. Od početka primjene, koji seže u daleku 1920. godinu u Bellovim laboratorijima, do danas ove karte se nisu bitnije izmijenile i jedan su od najznačajnijih alata u kontroli procesa. Kontrolna karta je u prvom redu slika procesa, te nam pokazuje kako se kontrolirana značajka kreće u vremenu, tj. kreće li se proces unutar zadanih granica. Prilikom analiziranja procesa bitno je odgovoriti na pitanja:

Zašto se dogodio otklon procesa?
Kako podesiti centriranost procesa?

Osnovne mogućnosti ovog alata mogu se opisati kao:

- upravljanje kvalitetom procesa rada na bazi prostorne i vremenske slike stanja, promjena i tendencija kvalitete sadržanih na kontrolnoj karti;
- kontrola kvaliteta proizvoda u pojedinim fazama proizvodnje, fazi pripreme i fazi završetka;
- stabilizacija procesa na osnovu otkrivanja nedopuštenih faktora i njihovog isključivanja iz toka procesa;

- analiza točnosti i stabilnosti procesa rada;
- kvalitativno usavršavanje tehnoloških procesa rada;
- analiza grešaka obrade u toku odvijanja tehnoloških procesa;
- primjena u svim fazama nekog procesa i svim veličinama proizvodnje osim u pojedinačnoj

Konstrukcija kontrolne karte vrlo je jednostavna. Na os x nanose se vremenski intervali kontrole ili jedinice kontrole, dok se na y os nanose očekivane vrijednosti kontrole (mjerenja). Povuku se gornja i donja kontrolna granica (vrijednosti dopuštenih tolerancija), te središnja linija. Na ovaj način konstrukcija karte je završena.

Analizom podataka dobiti ćemo već prije spomenutu sliku procesa, ali i odgovor na pitanje je li proces pod kontrolom. Na proces pod kontrolom utječu samo „slučajni“ faktori, dok na proces koji nije pod kontrolom utječu sistemski faktori.[5]

Kontrolne karte dijelimo u tri grupe:

1. kontrolne karte koje prate mjerljive karakteristike
2. kontrolne karte koje prate atributivne karakteristike
3. specijalne kontrolne karte



Slika 10. Kontrolna karta

3.7.1. Kontrolne karte za mjerljive karakteristike

Ove kontrolne karte se upotrebljavaju kada postoji mjerljiva karakteristika procesa npr. duljina, masa, vrijeme ... Sve karakteristike kvalitete bitne za funkciju proizvoda mogu se pratiti ovim tipom karata. U praksi postoji nekoliko vrsta ovih karata.

Najčešće korištene su:

- $\bar{X}$ – kontrolna karta
- $\bar{X}$ – R kontrolna karta
- $\bar{X}$ – R kontrolna karta
- $\bar{X}$ – σ kontrolna karta

3.7.2 Kontrolne karte za atributivne karakteristike

Ovaj tip karata koristi se za karakteristike procesa kojima se mogu dodijeliti ocjene: loš-dobar, te za

proizvode sa velikim brojem konačno mjerljivih karakteristika kod kojih bi izvođenje velikih broja kontrolnih karata izazvalo velike troškove.

U praksi se upotrebljavaju slijedeće atributivne kontrolne karte:

- p kontrolne karte
- np kontrolne karte
- u kontrolne karte
- c kontrolne karte

Kada su kontrolne karte nacrtane izvođači se analize procesa koje moraju dati odgovore na dva pitanja:

1. postoje li sistemski utjecaji
2. je li proces sposoban

Sistemski utjecaj otkriva se pomoću pravila jedne točke, sedam točaka, neobičnih ponavljanja, pravila

srednje trećine, dok se sposobnost procesa ocjenjuje statističkim računskim metodama.

Važno je napomenuti da priprema upotrebe kontrolnih karata iziskuje stručno osoblje, ali i određene troškove, te se u njihovom uvođenju mora biti vrlo racionalan. Gotovo je irelevantno uvođenje kontrolnih karata u procesima bez grešaka ili sa malim utjecajem na kvalitetu. Kontrolne karte nema smisla uvoditi ni u procese gdje se njima neće otkriti uzrok nastajanja grešaka.

U svakom slučaju, one se smatraju jednim od najbitnijih starih alata kontrole kvalitete.

4. UPRAVLJAČKI (NOVI) ALATI ZA POBOLJŠAVANJA KVALITETE

Razvojem kontrole kvalitete, razvijene su i neke nove metode za njeno poboljšavanje. Iako tih metoda ima mnogo više najčešće se kao 7 novih metoda TQMa spominju:

- 1) Dijagram afiniteta (srodnosti)
- 2) Dijagram međuodnosa (uzročni)
- 3) Stablo dijagram
- 4) Matrični dijagram
- 5) Programirane kartice za proces odlučivanja
- 6) Strijela dijagram
- 7) Matrična analiza podataka

4.1. Dijagram afiniteta

Ovaj alat poznat je i pod imenom KJ metoda prema njenom tvorcu japanskom antropologu Jiru Kawakiti. Postupak se izvodi u slijedećim koracima:

1. Organiziranje tima: u tim se pozivaju osobe koje su na neki način povezane sa problemom, te o njemu imaju neka saznanja. Obično se smatra da je tim veličine 5-10 sudionika optimalan. Problem izlaže voditelj tima na način da ne navodi potencijalne uzroke ili rješenja. Svakom članu tima dodjeljuje se nekoliko „post-it“ papirića.
2. Svaki član tima na papiriće zapisuje neki od načina rješavanja problema. Ovaj postupak se vodi u tišini na način da niti jedan od sudionika procesa ne ometa onog drugog. Ovo potiče nekonvencionalne metode razmišljanja, sprječava sukobe mišljenja i neizražavanje ideja od strane niže rangiranih zaposlenika. Zapisivanje treba trajati određeno kraće vrijeme (ovisno o problemu, do 3 minute)
3. Svi papirići stavljaju se sada na jednu površinu (stol, tabla) i počinje diskusija. Diskusijom se vrši grupiranje sličnih ideja. Ovaj postupak se vrši dok svi članovi tima nisu zadovoljni izvršenim. Nakon izvršenog grupiranja važno je svakoj grupi dati ime. Ukoliko postoji mogućnost, povezati grupe u super grupe.



Slika 11. Dijagram afiniteta

Primjer: U poduzeću je zamijećen pad kvalitete proizvoda i povećanje troškova. Da bi se pokušao otkriti problem napravljeni su timovi na način da je iz svakog odjela uzet po jedan radnik. Predočen im je problem, podijeljeni su im listići i u zadane dvije minute na pitanje: „Što po Vama uzrokuje pad kvalitete proizvoda?“ dobiveni su slijedeći odgovori: *nepoznavanje procesa, spajanje naloga sa materijalom, certifikati materijala, ulazne mjere materijala, pogrešna tehnologija, tok materijala, ulazna kontrola materijala,*

nedostatak mjernih sredstava, prepoznavanje materijala, preskakanje koraka, nepridržavanje procedura, pogrešni nacrti, pogrešni materijal, kvaliteta dobavljača, definiranje mjesta materijala, nedostatak znanja, čekanje na transport, nedostatak ambalaze, loši kooperanti, kratko vrijeme izrade.

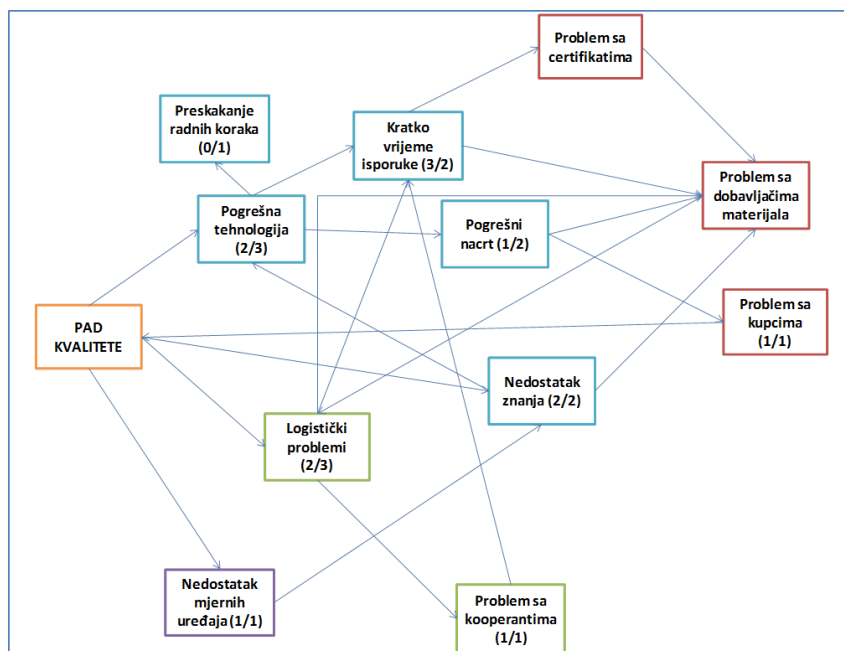
Nakon pregleda svih dobivenih odgovora, tim je počeo sa grupiranjem. Članovi tima brzo su uvidjeli da je materijal jedan od češćih uzroka problema, zatim da su

problemi kontrole proizvoda, te problemi tehnologije također učestali. Tim je izvršio grupiranje (slika 11.)

Na ovaj način grupirani problemi mogu nam pomoći u njihovom rješavanju. Iz ponuđenog primjera vidljivo je da su glavni problemi vezani uz tehnologiju i materijal. Metoda ima nekih sličnosti sa Ishikawinim dijagramom uzroka i posljedica, međutim za razliku od njega sudionicima dopušta da oslobode svoje zamisli, te da ne budu sputani okvirima.

4.2. Dijagram međuodnosa

Dijagram međuodnosa pokazuje uzročno posljedične veze. Proces stvaranja dijagrama međuodnosa pomaže grupi da detektira prirodne veze između različitih aspekata pojedinog procesa.[6] Ovaj dijagram je logičan nastavak za analizu dijagrama uzroka i posljedica, stablo dijagrama i dijagrama afiniteta. Upotrebljava se radi boljeg razumijevanja razloga uzročno-posljedičnih veza, pronalaženju područja ponajboljih rješenja problema.



Slika 12. Dijagram međuodnosa

Postupak izrade dijagrama je sljedeći:

1. Okuplja se tim za rješavanje problema
2. Pred tim se postavlja pitanje koje mora biti oblikovano u svima razumljivu frazu ili rečenicu. Pomoću „post-it“ naljepnice, ili ucrtavanjem u okvire na papiru pitanje se stavlja na vrh dijagrama.
3. Ispod centralnog pitanja postavljaju se ideje (uzroci, posljedice). Vrlo često to su ideje dobivene iz dijagrama uzroka i posljedica, stablo dijagrama i dijagrama afiniteta. Između postavljenih ideja postavljaju se veze. Svaka veza donosi jedan bod ideji, ali se može postaviti i sustav koji će vezu ocjenjivati i kvalitativno, pa će jake veze biti ucrtane punom linijom i donositi bod, a one slabije isprekidanom i donositi pola boda.
4. Kada su postavljene sve ideje i povučene sve veze ispod svake ideje ispiše se broj ulaznih i izlaznih bodova.
5. Ideje koje imaju uglavnom izlazne veze nazivamo uzrocima, a one sa uglavnom ulaznim vezama – posljedicama.

Dijagram međuodnosa moguće je kreirati i u matričnoj verziji. U prvi red postavljaju se sve ideje, dok se u kolonama upisuju njihov međuodnos.

Ovakav način prikazivanja ima svoja ograničenja. Broj ideja koje se razrađuju ne bi trebao biti manji od 15, jer za taj broj dijagram nije ni potreban, ni veći od 50, jer

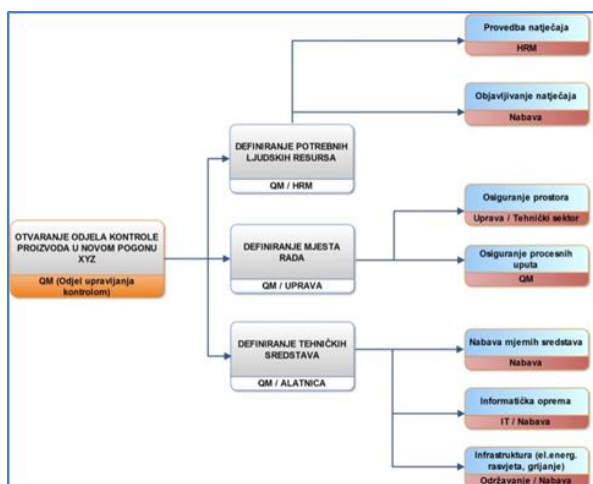
bi dijagram bio previše kompleksan. U dijagramu ne bi smjele postojati dvostruke strelice, već bi trebalo odlučiti koji je uzrok-posljedica jači.

4.3. Stablo dijagram

Ovaj alat je posebno koristan za rješavanje složenih zadataka, gdje se ne zna točno što i kako se treba učiniti, ili za bilo koji posao u kojem preskakanje i najmanjeg koraka može rezultirati visokim troškovima. Stablo dijagram se najčešće koristi za razbijanje velikih projekata u više manjih, kako bi se točno definirale odgovornosti i termini u procesu. Ovaj dijagram također može biti od velike koristi pri utvrđivanju grešaka nastalih pri realizaciji velikih projekata, čijim se razbijanjem na grane i podgrane točno može utvrditi mjesto nastanka greške.

U procesu planiranja kvalitete, dijagram počinje s općenitim ciljem (stablo), a zatim se identificiraju progresivno finije razine djelovanja (grane) potrebne za postizanje cilja. U sklopu poboljšanja procesa, dijagram se može koristiti kako bi se identificirali uzroci problema. Alat je posebno koristan u osmišljavanju novih proizvoda / usluga ili za stvaranje provedbenih planova za otklanjanje uočenih procesnih problema. Na dijagramu se točno može odražavati projekt, međutim,

najbitnije je da provedbena ekipa ima potpuno i detaljno razumijevanje zadataka.



Slika 13. Stablo dijagram

4.4. Matrični dijagram

Matrični dijagram omogućuje timu da na vizualni i sistematični način utvrdi uzročno-posljedičnih veze odabranih kriterija, zahtjeva ili ciljeva, te odredi prioritete u rješavanju problema.[7] Matrični dijagram prikazuje odnos između dvije, tri, ili četiri skupine informacija. On također može dati informacije o vezi između skupina, kao što su njezina snaga, uloga ili mjerenja. Uobičajna upotreba matričnog dijagrama je:

- Kad određujemo distribuciju odgovornosti za zadatke među skupinom ljudi (naziva se i matrica odgovornosti)
- Prilikom povezivanja zahtjeva kupaca na elementima procesa (naziva se i critical-to-quality ili CTQ matrica)
- Kada utvrđujemo koji problemi utječu na koji proizvod ili dio opreme
- Kada utvrđujemo uzročno-posljedične veze
- Kada utvrđujemo snagu ili sukob između dva plana koja će biti izvršena zajedno

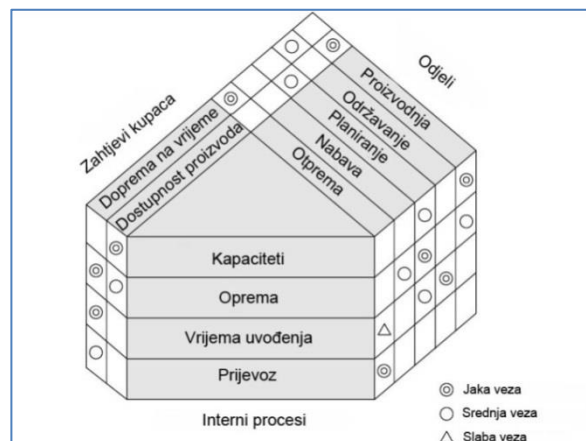
Postoje šest mogućnosti oblikovanja matrice: L-, T-, Y, X-, C- i krovnog oblika, ovisno koliko skupina želimo komparirati:

- L oblik matrice - za utvrđivanje odnosa dvije skupine međusobno (ili za jednu skupinu prema sebi samoj).
- T-obliku matrice - za utvrđivanje odnosa tri skupine: skupina B i C su međusobno povezana s A dok skupine B i C nisu međusobno povezane.
- Y-oblika matrice - odnosi tri skupine Svaka skupina se odnosi na druge dvije.
- C-oblik matrice- za odnose tri skupine istovremeno, u 3-D.
- X-oblik matrice - za odnose četiri skupine. Svaka grupa povezana s druge dvije u kružnom načinu.
- Krovni oblik matrice - za odnose unutar jedne grupu. Obično se koristi sa L-ili T-oblikom matrice.

Postupak izrade matričnog dijagrama:

1. Odluka o grupama predmeta koji su u odnosu.

2. Odabiranje odgovarajućeg oblika matrice.
3. Crtanje linija mreže matrice.
4. Upisivanje stavki u svakoj grupi kao oznake redova i naslove stupaca.
5. Odluka o informacijama koje će se pokazivati sa simbolima na matricu.
6. Uspoređivanje skupina, stavku po stavku. Za svaku usporedbu, označiti odgovarajući simbol u polju križanja uparenih stavki.
7. Analizirati matricu. Možda će se trebati ponoviti postupak u drugom formatu ili s nekom drugom skupinom simbola kako bi se saznalo više o odnosima.



Slika 14. Matrični dijagram

Primjer matričnog dijagrama dat je za tri skupine podataka kroz Y-dijagram za odnos između zahtjeva kupca s jedne strane, matrice unutrašnjih procesa i odjela sudionika procesa dat je na slici 14.

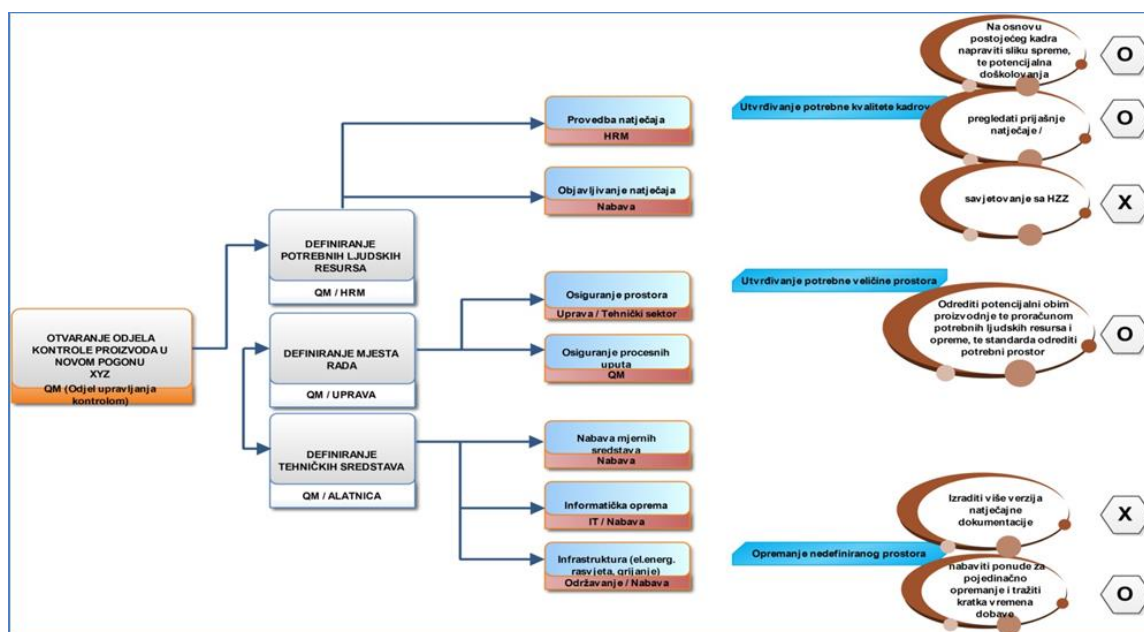
4.5. Programirane kartice za proces odlučivanja

Programirane karte u procesu odlučivanja (Process Decision Program Chart-PDPC) služe za sustavno identificiranje procesa koje bi mogli krenuti u pogrešnom smjeru. Mjere identificiranja razvijene su kako bi se spriječilo nastajanje grešaka u procesu, te će korištenjem ovih karata biti omogućeno izbjegavanje problema ili ponajbolji odgovor na probleme kad već do njih i dođe. Upotreba ovog alata osobito se preporuča u slučajevima kada je pokrećemo velik i složen projekt, kada projekt (plan) mora biti završen na vrijeme, te kada bi nepoštivanje ciljeva projekta dovela do velike štete. Postupak izvođenja postupka izrade PDPC je slijedeći:

1. Razviti stablo dijagram za predloženi proces (plan) u minimalno tri razine, u kojoj prva široko opisuje plan, druga definira široko, a treća usko zadatke za izvršenje plana.
2. Za svaki zadatak na trećoj razini potrebno je „brainstorm“ metodom utvrditi moguće poteškoće u izvršenju zadatka.
3. Pregledati sve potencijalne probleme, eliminirati ih, a one koji se pokazuju kao teško odstranljivi prikazati u četvrtoj razini dijagrama
4. Za svaki od tih potencijalnih problema utvrditi protumjere. Protumjere prikazati u petoj razini dijagrama i posebno ih istaknuti.

5. Za sve protumjere analizom utvrditi teškoće pri njihovom provođenju, izračunati potrebna vremena i troškove provođenja. Protumjere u petoj razini

označiti sa X za loše (skuplje, dulje) i sa O za one koje su dobre (jeftinije, brže).



Slika 15. Programirane kartice za proces odlučivanja

Česta pitanja koja tim mora postavljati da bi uočio probleme plana su : Koji ulazi (inputi) moraju postojati? Postoje li nepoželjni ulazi (inputi)? Što očekujemo od izlaza (outputa)? Jesu li svi dobri? Što neki od podprocesa čini postupku (planu) ? Jeli to dobro ili loše? Ako imamo loš podproces, možemo li ga zamijeniti drugim? Jesu li vanjska djelovanja kontrolirana? Što možemo mijenjati, a što ne? Koje su naše pretpostavke što bi moglo poći u krivom smjeru? Jesmo li u prošlosti imali iskustava sa sličnim procesima? Znamo li koje su rezultate imali ti procesi, te koji su se problemi pojavljivali u implementaciji tih procesa ... Pitanjima nema kraja i ovise od postupka do postupka.

Za primjer iz „Stablo dijagrama“, PDPC dijagram prikazan je na slici 15.

4.6. Strijela dijagram (mrežni dijagram)

Strijela dijagram je kod nas puno poznatiji pod imenom mrežni dijagram. Služi kao dobar alat za operativno planiranje, ali i analiziranje i vođenje različitih projekata.

Mrežnim dijagramom vrši se grafički prikaz dinamika izvođenja radova. Dijagram se sastoji od niza aktivnosti međusobno povezanih vezama koje predstavljaju zavisnosti među aktivnostima. Veze se prikazuju linijama koje su strelično orijentirane, po čemu je i dobio ime Strijela dijagram (Arrow diagram).

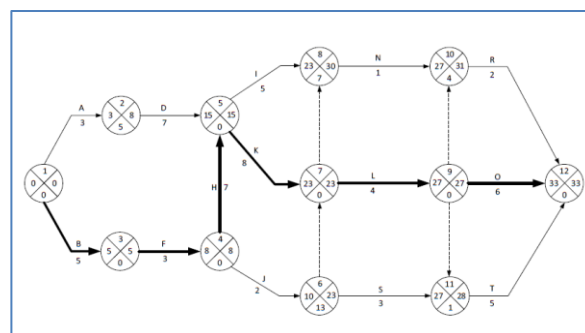
Metode mrežnog planiranja omogućuju grafički prikaz odvijanja pojedinih aktivnosti i njihovih međuzavisnosti, preko samog dijagrama. Na ovaj način dobivamo logičku strukturu procesa što nam omogućava raznolike procesne analize (vrijeme, redoslijed ...)

Pod projektom u tehnici mrežnog planiranja podrazumijevaju se aktivnosti, akcije, zadatke ili planove

koje želimo planirati ili pratiti u procesu realizacije. Ova veličina mora biti konačna što znači da joj početak i kraj moraju biti definirani.

Aktivnost je svaki parcijalni dio projekta, bilo da je to neki događaj ili pak stajanje, ali on uvijek znači određeni protok vremena i u dijagramu se označava strelicom.

Događaj je trenutak u kojem aktivnost započinje ili pak završava. Prikazuje se nekim od geometrijskih likova, uobičajeno kružicom. Svakoj aktivnosti pripada jedan početni i jedan završni događaj.



Slika 16. Strijela (mrežni) dijagram

4.7. Matrična analiza podataka (MDAC)

Dijagram matrične analize podataka se koristi pri istraživanju faktora koji utječu na veći broj stavki, kako bi se utvrdile njihove glavne međusobne veze i odredilo imaju li logički slične stavke također imaju i slične efekte. Može se koristiti i za pronalaženje grupa logički različitih stavki sa sličnim efektima.

Kada se uspoređuje veliki skup stavki, moguće je da zbog kompleksnosti situacije bude teško odrediti kako su različiti faktori međusobno povezani. Posebno može biti korisno da se pronađu grupe stavki koje se ponašaju na

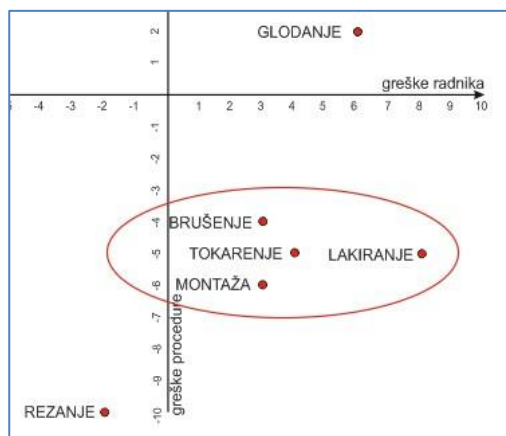
sličan način. Način na koji se izvodi analiza bit će prikazan na primjeru:

U sklopu jednog poduzeća djeluje više različitih odjela. Tim za analizu pokušava utvrditi na koji način su povezane sve učestalije greške koje se pojavljuju kao „greške radnika“ i „greške procedura“. Tim izrađuje tablicu grešaka te njihov udio ocjenjuje od -10 do 10:

Odjel	Greške radnika	Greške procedure
Odjel rezanje	-2	-10
Odjel tokarenje	4	-5
Odjel glodanje	6	2
Odjel brušenje	3	-4
Odjel lakiranje	8	-5
Odjel montaža	3	-6

Slika 17. Prikupljeni podaci za MDAC analizu

Slijedi crtanje dijagrama. Nakon što je dijagram nacrtan potrebno je utvrditi na koji se način podaci grupiraju, npr. iz ovog dijagrama je vidljivo da rezultati teže u donji desni kvadrant, što upućuje na zaključak da procedure sustava imaju svoju vrijednost, ali da ih radnici vjerojatno ne tumače na pravilan način.



Slika 18. Dijagram MDAC analize

Osim grupiranja podataka potrebno je uočiti i izolirane slučajeve, što je kod ove analize pojava grešaka na odjelu glodanja. Ovdje je u svakom slučaju potrebno izvršiti kontrolu procedura, jer je količina grešaka uzrokovana njihovom lošom kvalitetom u nesrazmjernu sa ostalim grupama. Kao što je vidljivo iz iznesenog, ova analiza se u mnogome odnosi na sustav regresije i korelacije. Međutim, definiranje odnosa u mnogome zavisi od gledišta tima, te je ponekad vrlo teško donijeti odluku kada se članovi tima ne slažu o ulozi pojedinog kriterija u važnosti rezultata.

6. ZAKLJUČAK

U suvremenoj proizvodnji vrlo je bitno otkriti gubitke unutar procesa. Ti gubici mogu biti različiti, a otac Toyotinog proizvodnog sustava Shigeo Shingo grupirao ih je kao transportne, gubitke čekanja, gubitke kretanja, proizvodne (materijalne) gubitke, gubitke pre-procesiranja, gubitke preprodukcije i gubitke zbog grešaka. Novi teoretičari kvalitete spominju još jedan

važan gubitak, a to je neiskorištavanje ljudskog potencijala. Kratkim analizom između autora ovog članka došlo se do zaključka kako se alati poboljšavanja vrlo rijetko upotrebljavaju u proizvodnim procesima industrijskih pogona sjeverozapadne Hrvatske. Kako bi ovaj vrlo važan segment kontrole procesa postao standard, a time omogućio našem gospodarstvu da se pravovremeno razvije, bit će potrebno uvesti edukaciju svih vrsta proizvodnih kadrova. Kratkim pregledom kurikuluma za zanimanje strojarski tehničar, lako se može vidjeti da učenici ne primaju obrazovanje organizacije proizvodnje, a samim time nisu ni upoznati s mogućnostima koje daju ovakvi alati, stoga se upoznavanje s osnovama kontrole kvalitete mora što hitnije uvesti u obrazovni proces.

Budućnost proizvodnje je garantirana samo organizacijama koje će svoje procese svakodnevno poboljšavati, svi ostali će neminovno nestati.

7. LITERATURA

- [1] Bukša, T.: „Diferencijacija upravljanja kvalitetom kod cikličkih projekata u brodograđevnoj industriji.“
- [2] Vuković, A.; Pavletić, D.; i Ikonić, M.: "Osnovni pristup potpunom upravljanju kvalitetom i temeljni koncepti izvrsnosti," Engineering Review, vol. 2, pp. 71-81,
- [3] Tague, N. R.: „The Quality Toolbox“ American Society for Quality, Quality Press, Milwaukee 53203, 2003, str. 260.
- [4] Vulanović, V. i dr.: „Metode i tehnike unapređenja procesa rada“, IIS Novi Sad, 2003. str. 46.
- [5] Kondić, Ž.; Čikić, A.: “Upravljanje kvalitetom u mehatronici“, VTŠ, Bjelovar 2011. str 418-426.
- [6] Tague, N. R.: „The Quality Toolbox Second Edition“, ASQ Quality Press, 2004, strana 444.
- [7] Kondić, Ž.: „Kvaliteta i metode poboljšavanja“, vlastito izdanje, 2004., str.313.

Kontakt autora:

Dražen Čelar

Kostwein proizvodnja strojeva d.o.o.
Pavleka Miškine 65, Varaždin
095 902 3224

Vladimir Valečić, student

Jesenovečka 41, Jesenovec, 10363 Belovar
098 163 9139

Dubravko Željezić

Ivančica d.d.
Ulica Petra Preradovića 12, Ivanec
098 843 888

dr.sc. Živko Kondić, izv.profesor

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, 42000 Varaždin
zkondic@unin.hr

UPRAVLJANJE ZALIHAMA MATERIJALNIH DOBARA I SKLADIŠNO POSLOVANJE U LOGISTIČKOJ INDUSTRIJI

INVENTORY MANAGEMENT OF MATERIAL GOODS AND WAREHOUSING THE LOGISTICS INDUSTRY

Ljudevit Krpan, Robert Maršanić, Valentina Jedvaj

Stručni članak

Sažetak: U ovom radu analizira se utjecaj upravljanja zalihama materijalnih dobara i skladišno poslovanje u logističkoj industriji na poslovanje poduzeća. Zalihe su kratkotrajna materijalna imovina koje su neophodne za poslovanje poduzeća, pa je sukladno tome iznimno važna i sama evidencija zaliha. To podrazumijeva praćenje zaliha od trenutka njihova ulaska u poduzeće pa sve do trenutka njihova postojanja kao imovine poduzeća. Upravljanje zalihama svakako je jedan od najvažnijih logističkih zadataka. Mnoge se tvrtke susreću s problemima koji otežavaju pronalaženje optimalne politike upravljanja zaliha - nepredvidivošću potražnje, dugim vremenima isporuke, nepouzdanim procesom dobave, velikim brojem artikala, kratkim vremenom potražnje za određenim proizvodom. Kao preduvjet proizvodnje, zalihe u poduzeću veoma su bitne, sve se više ističe važnost upravljanja njima, čime se na taj način reducira troškovi i postiže efikasnija proizvodnja.

Ključne riječi: upravljanje zalihama, skladišno poslovanje, logistička industrija, troškovi, efikasnost proizvodnje.

Professional paper

Abstract: This paper analyzes the impact of inventory management of material goods and warehouse operations in the logistics industry on company's operations. Inventories are short-term tangible material assets necessary for company's operations, and consequently, the keeping of records of inventories is very important. This means that it is necessary to track inventory from the time of its entry into the company until the moment of its existence as company's property. Inventory management is certainly one of the most important logistics tasks. Many companies are faced with problems that complicate the optimal inventory management policy: unpredictability of demand, long delivery time, unreliable delivery process, a large number of items, short time of demand for a particular product. As a precondition of production company's inventory is very important, the importance of inventory management is increasingly being emphasized, as it leads to cost reduction and provides more efficient production.

Keywords: inventory management, warehouse management, logistics industry, costs, production efficiency.

1. UVOD

Svi poduzetnici bez obzira na djelatnost tijekom svakodnevnog poslovanja susreću se s pojmom skladišta i skladišnim procesima. Iz tog razloga se u suvremeno organiziranom gospodarstvu sve više pažnje poklanja skladištenju, a posebno uskladištenju gotovih proizvoda. Navedeno je uzrokovano time što proizvođač kao kupac sirovina i poluproizvoda u velikoj mjeri može utjecati na način dolaska kupljenih proizvoda, kako po vremenu, tako i po količinama, vrstama i načinu pakiranja. Budući da je sve veći udio troškova skladištenja u cijeni koštanja proizvoda, u suvremenom gospodarstvu postoji opća tendencija da se sirovine i poluproizvodi neposredno iz transportnih sredstava upućuju na tehnološke linije obrade, odnosno prerade, bez prethodnog uskladištenja. Poznato je i kako su najisplativije zalihe – „zalihe u

prijevoznom sredstvu“, ali je to provedivo u malom broju slučajeva. Što se tiče gotovih proizvoda problem je potpuno druge prirode, odnosno u tom slučaju postoji maksimalna zainteresiranost proizvođača za što veći obujam plasmana proizvedenih roba. To je utjecalo da se načinu uskladištenja gotovih proizvoda posveti posebna pažnja od strane proizvođača, kako gotovih roba, tako i sirovina i poluproizvoda. U principu, kada je riječ o skladištima u vlasništvu proizvodnih organizacija, osnovni problem koji se postavlja je pitanje redovnog snabdijevanja tržišta svim potrebnim vrstama roba od sirovina do gotovih proizvoda, uz najmanje moguće troškove uskladištenja i rukovanja.

Skladišna logistika kao znanost i skladišna logistika kao aktivnost odnosi se na podršku, potporu i podupiranje brojnih i složenih aktivnosti u skladišnom poslovanju. To se prije svega odnosi na uskladištenje, smještaj i razdiobu,

odnosno razmještanje materijalnih dobara i druge operacije u skladišnim prostorijama te i skladištenje takvih dobara u sklopu robnih tokova i protoka od sirovinke baze do potrošača. Sukladno tome, temeljna misija skladišne logistike i skladišnologističkih sustava jest da logističkim znanjima i logističkim aktivnostima pruže uspješnu i učinkovitu podršku i potporu svim aktivnim subjektima u procesima skladišnologističke industrije.

Skladišna logistika i skladišnologistički sustavi ostvaruju misiju samo onda ako brzo, sigurno i racionalno obave sve zadaće i poslove u skladišnom poslovanju, a da se pri tome maksimalno zadovolje želje, potrebe i potražnja svih logističkih subjekata u skladišnologističkoj industriji. Primjereno ostvarivanje temeljne misije skladišnologističke industrije stvara osnovne pretpostavke za profitabilno poslovanje skladišnih poduzeća u sklopu skladišnologističkih sustava.

2. MJESTO SKLADIŠTA U LOGISTIČKOJ INDUSTRIJI

O skladišnoj logistici i skladišnologističkim sustavima moguće je napisati mnoštvo korisnog teksta jer se fenomen takve logistike i takvih sustava mogu izučavati ne samo interdisciplinarno i multidisciplinarno nego i s različitih motrišta, primjerice, tehničkog, tehnološkog, organizacijskog, ekonomskog, pravnog, ekološkog i drugih motrišta. Izučavati fenomene skladišne logistike i skladišnologističkih sustava, znači zapravo izučavati fenomene univerzalnih i specijalističkih logistika i fenomene skladišta i skladištenja u svim mogućim modalitetima i sa svih motrišta. Modelirati uspješan, učinkovit i profitabilan međudnos logističke industrije i skladišne industrije u jedinstvenu skladišnologističku industriju koja bi zadovoljila želje, potrebe i potražnju brojnih logističkih subjekata nije jednostavno.

Na osnovi spoznaja o važnijim fenomenima logističke industrije, a posebno transportne, prometne, distribucijske i skladišne industrije, moguće je odgovoriti na pitanje: Što je skladišna logistika? Skladišna logistika je specifična tercijarna logistika koja pomoću odgovarajućih elemenata proizvodi skladišnologističke proizvode. To, zapravo, znači da skladišna logistika kao znanost i skladišna logistika kao aktivnost pružanjem potpore i podrške pri uskladištenju, smještaju i razmještanju različitim skladišnim manipulacijama te iskladištenju materijalnih dobara omogućuje brzo, sigurno i racionalno upravljanje tokovima materijalnih dobara na brojnim i različitim mjestima (svim vrstama skladišta, terminalima, robnotransportnih centara, robnotrgovinskih centara, robnodistribucijskih centara, logističkih centara). [3]

Budući da su znanja i aktivnosti skladišne logistike, u pravilu, ugrađene u gotovo sve vrste logistika, treba imati na umu i činjenicu da skladišna logistika proizvodi mnogo pozitivnih učinaka - ne samo za skladišna poduzeća, no ona imaju svoju cijenu. Procjenjuje se da troškovi skladišne logistike imaju udio u cijeni koštanja u prosjeku od oko 5%, odnosno u prodajnoj cijeni materijalnih dobara koja se prodaju na inozemnom tržištu taj je udio u prosjeku oko 15%. To ovisi o brojnim čimbenicima,

primjerice prirodi robe, dužini i kvaliteti transportnih i logističkih lanaca, zamršenosti i kvaliteti transportnih i logističkih mreža, paritetu kupoprodaje materijalnih dobara i slično.

2.1. Važnost skladišta u logističkom načinu upravljanja poslovnim procesima

Skladišta se općenito definiraju kao posebna mjesta, ograđeni, neograđeni, zatvoreni, otvoreni, natkriveni i slični prostori koji služe za: uskladištenje, smještaj, pohranjivanje, manipuliranje, (pre)pakiranje, oplemenjivanje, (pre)signiranje, vaganje, prebrojavanje, brojenje, mjerenje, paketiziranje, paletiziranje, čuvanje i skladištenje materijalnih dobara. Proizvoditi proizvode u logističkoj industriji i takve proizvode primjenjivati u gotovo svim primarnim, sekundarnim, tercijarnim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima, posebice onima u vezi s robnim tokovima, tokovima informacija, financijskim tokovima i vlasničkim tokovima, nije moguće bez različitih vrsta skladišta, odnosno skladišne logistike i skladišnologističkih sustava. [2]

Pojam logistike danas je sve više prisutan u mnogim područjima naših života, i to uglavnom kao sinonim za potpunu podršku u opskrbnom smislu naših osobnih i poslovnih potreba. Međutim, za funkcioniranje društva najvažnija su dostignuća poslovne logistike ona koja se bave proučavanjem upravljanja robnim tokovima, kretanjem materijala i finalnih proizvoda, i to od nabave sirovina do prerade i isporuke krajnjem potrošaču.

Najjednostavnije rečeno, zadatak logistike je pribaviti pravu sirovinu/proizvod u pravo vrijeme, na pravom mjestu i po mogućnosti po najnižim cijenama. Logistički sustav ima više međusobno povezanih elemenata koji utječu na troškove prijevoza, skladištenja i rukovanja robom, a to su prijevoz (unutarnji i vanjski), skladištenje, zalihe, distribucija, rukovanje, zaposlenici, informacijski sustav i integracija svih elemenata poslovne logistike.

Poslovna logistika je, dakle, sustavno upravljanje i nadzor fizičkog protoka materijalnih dobara i svih informacija koje poduzeće prikuplja na tržištu i odašilje na tržište. Danas nije dovoljno upravljati poslovnim procesima s ciljem svodenja na najmanju mjeru ukupnog troška i davanja najviše usluge kupcima, nego je najnoviji trend u poslovnim strategijama smanjiti što više troškove kupcu. Odabir načina skladištenja, struktura zaliha, lokacija skladišta, način i ustroj prijevoza, mogućnost brze i fleksibilne reakcije na upite i zahtjeve kupaca zasigurno povećavaju konkurentnost društva na tržištu. Konkurentnost se postiže upravo u djelu poslovnog procesa koji se naziva logistika (premještanje od ishodišta do odredišta) jer su to sve aktivnosti koje imaju visoke troškove. Poduzetnici se ne razlikuju više samo po proizvodu ili usluzi koju pružaju nego se glavne razlike postižu posebnostima načina izvođenja poslovnog procesa. Tu se ponajprije misli na odabir načina distribucije, prijevoza, načina skladištenja i upravljanje zalihama, upravljanje bazama podataka i, naravno, upravljanje zaposlenicima. Jednostavno je „kopirati“ nečiji proizvod ili uslugu, ali je znatno teže „kopirati“ način na koji se izvode ove pozadinske operacije koje su

troškovno vrlo zahtjevne, a u taj splet svakako spada i skladišno poslovanje.

2.2. Važnije vrste skladišta

Definicija skladišta u suvremenom načinu upravljanja poslovnim procesima bila bi [2]: skladište je točka u logističkoj mreži na kojoj se predmet skladištenja prihvaća ili prosljeđuje u nekom drugom smjeru unutar mreže. Skladište je prostor u kojemu se roba preuzima i otprema te čuva od raznih fizičkih, kemijskih i atmosferskih utjecaja i, naravno, krađe. Svaki poduzetnik mora uvijek uvažavati dva osnovna obilježja skladišta: 1) skladište kao objekt i zalihe koje se čuvaju u njemu su uvijek značajan trošak te 2) zalihe materijala, poluproizvoda ili gotovih proizvoda u proizvodnim društvima omogućavaju kontinuitet proizvodnje, a u trgovačkim društvima prodajnu spremnost koja je bitni preduvjet uspješnog konkuriranja na tržištu. Iz svrhe skladištenja proizlaze njegovi ciljevi i zadaci:

- Glavna zadaća skladišta je dinamičko uravnoteženje tokova materijala količinski i prostorno u svim fazama poslovnog procesa. Uz učinkovitu primjenu unutarnjeg transporta, skladište treba osigurati neprekidnost proizvodnje. To se osigurava tako da tok materijala teče po unaprijed određenom redu, planski i sustavno, bilo da se radi o ulazu sredstava za proizvodnju u proizvodni sustav, toku materijala unutar proizvodnog sustava, njegovoj preradi i doradi u procesu proizvodnje ili o izlazu materijala radi prodaje.
- Proces skladištenja treba realizirati uz najniže troškove skladištenja i uz najmanja moguća financijska sredstva angažiranih u zalihama.
- U skladištu se mora održavati stalna kakvoća zaliha materijala čuvanjem, zaštitom i održavanjem fizičko-kemijskih sredstava materijala. Ne smije se dopustiti rasipanje, kvar, lom i ostale gubitke na vrijednosti zaliha.
- Skladište treba racionalno ubrzavati tok materijala kako bi se skratio proces poslovanja i time ubrzao koeficijent obrtaja sredstava vezanih za zalihe.
- Svojim poslovanjem skladište treba utjecati na povećanje konkurentne sposobnosti poslovnog sustava.

Skladišta se mogu podijeliti prema raznim kriterijima na velik broj različitih tipova skladišta, i to kako slijedi [4]:

- Ovisno o djelatnosti društva, razlikuju se skladišta proizvodnih društva (skladišta sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda, skladišta alata, sitnog inventara te otpada) i skladišta društva trgovine. U skladištima društva trgovine čuvaju se gotovi proizvodi namijenjeni prodaji, a kada je to potrebno čuva se i ambalaža te materijal namijenjen pakiranju robe.
- Prema načinu gradnje, skladišta se dijele na otvorena, natkrivena i zatvorena. Otvorena skladišta namijenjena su čuvanju materijala ili roba neosjetljivih na vremenske utjecaje, kao primjerice, pijesak, šljunak i slično. Natkrivena skladišta

namijenjena su skladištenju roba kojima je potrebno stalno provjetravanje, zatim robe koje zapremaju mnogo prostora i kojima ne smeta stalna promjena temperature. Pod nadstrešnice se najčešće skladište cijevi, drvna rezana građa, kabeli i slično. Zatvorena skladišta mogu biti smještena u prizemnim zgradama ili zgradama s više katova, sa ili bez podruma. Unutrašnjost može imati jednu ili više prostorija za skladištenje raznih roba osjetljivih na vremenske utjecaje, požare i često su objekt krađe. U zatvorenim skladištima čuva se, prije svega, tekstil, obuća, bijela tehnika, namještaj, prehrambeni proizvodi i slično.

- Prema stupnju mehanizacije skladišta mogu biti niskomehanizirana, visokomehanizirana, automatizirana i robotizirana. U niskomehaniziranim skladištima zaposlenici, primjerice rukuju robama uglavnom ručno i koriste ručna kolica, a radi se najjednostavnijim metodama rukovanja robom. U visokomehaniziranim skladištima zaposlenici upravljaju raznim sredstvima (viličar, skladišna dizala i slično). Glavno obilježje automatiziranih skladišta je obavljanje poslova bez skladišnih radnika, osim u dijelu nadzora nad odvijanjem poslovnih procesa kojima se upravlja pomoću računala. Najnoviji tip skladišta je robotizirano skladište koje se još uvijek malo primjenjuje. Načelo rada je da se preuzimanje i izdavanje robe obavlja pomoću računala te robota koji se nadziran videokamerom kreće po tračnicama, uzima robu s obje strane tračnica i izdaje je na izlazu.
- Specijalizirana skladišta su usko namjenska skladišta prilagođena potrebama skladištenja jedne vrste roba. Tako su, primjerice, silosi posebno građena skladišta za uskladištenje uglavnom žitarica, opremljeni su posebnim uređajima za provjetravanje i rukovanje. Hladnjače imaju rashladne uređaje i u njima se skladište lako pokvarljiva roba, primjerice, meso, riba, jaja, voće, povrće i slično. Vinski podrumi su namjenska skladišta u kojima se skladište vina i druga alkoholna pića, a zahtijevaju određenu temperaturu i opremu. Skladišta – tankovi uglavnom se koriste za čuvanje naftnih derivata, plina i druge tekuće robe i podliježu posebnim uvjetima čuvanja i nadzora. U grijanim skladištima čuva se, primjerice, cvijeće, pilići i slično.
- Skladišta prema vlasništvu dijele se na vlastita i javna. Vlastita skladišta u vlasništvu poduzetnika namijenjena su čuvanju robe privatnog poduzetnika i mogu biti centralna, dakle samo jedno skladište ili decentralizirana sa svrhom opskrbe određenog područja. Javna skladišta su skladišta opće namjene i koriste ih razna društva kojima se ne isplati imati vlastito skladište ili je organizacija i dinamika posla takva da zalihe nisu kontinuirane, pa se temeljem ugovora od vlasnika javnog skladišta prostor unajmi na određeno vrijeme i uz ugovorenu naknadu.

Tijekom odvijanja poslovnih procesa u proizvodnim društvima skladište se najprije sirovine, poluproizvodi i na kraju gotovi proizvodi koji se nakon ugovorene prodaje otpremaju kupcima. Osim navedenog treba planirati i skladištenje pogonskog goriva, strojeva, alata, i drugog. U veletrgovačkim društvima trgovačka roba se

čuva u skladištima do trenutka otpreme drugim veletrgovcima, velikim potrošačima (razne ustanove, hoteli i slično) ili trgovini na malo. U društvima trgovine ne malo dio se robe odlaže u prodajni prostor, a dio u priručno skladište, podrazumijeva se ako ga prodavaonica ima. Dakle u skladištima društva, bez obzira na djelatnost, čuvaju se zalihe velike financijske vrijednosti.

Osnovni su ciljevi skladišne službe u društvu omogućiti nesmetano, i prije svega kontinuirano poslovanje, očuvanje vrijednosti i kvalitete čuvanog materijala ili robe i skladištenje uz minimalne troškove. Postoji razlika između klasičnog i suvremenog pristupa upravljanja poslovnim procesima proizvodnje, prodaje, nabave, čuvanja i rukovanja zalihama. Jasno je da su sve djelatnosti poduzeća u funkciji prodaje i naplate prodanog. Cilj je što povoljnije prodati ono što se nudi, a sve ostale poslovne funkcije su podrška procesu prodaje. Ovakav pristup nipošto ne negira niti umanjuje značenje pripreme prodaje, nabave, čuvanja i rukovanje materijalima, odnosno proizvodima, upravljanje informacijama i ljudskim potencijalom jer bez tih strategija operative nije moguće uspješno konkuriranje na tržištu.

Klasičan način upravljanja poslovnim procesima ima za cilj maksimizirati ciljeve svake poslovne funkcije, a to znači da nabava i prodaja teže stalnoj prodajnoj spremnosti, posljedice čega su visoke razine zaliha. Služba prijevoza teži maksimalnom iskorištenju prijevoznih sredstava što može poremetiti brzinu i fleksibilnost isporuke robe. U klasičnom načinu upravljanja poslovnim procesima određuju se najviši ciljevi na razini pojedine poslovne funkcije i ukupan učinak je zbroj pojedinačnih učinaka.

U suvremenom načinu upravljanja poslovnim procesima, koji se naziva logistički način upravljanja, prisutan je sustavni pristup, a cilj je smanjiti što više ukupne troškove društva uz održavanje visoke razine usluga. Konačni učinak nije zbroj pojedini učinaka po pojedinim poslovnim funkcijama nego planirani poslovni cilj uz planirani ukupni trošak.

2.3. Izbor lokacije i izgradnja skladišta

Prema prof. dr. sc. Ratko Zelenika, za sustavno promišljanje problematike skladišnih sustava, potrebno je iznimnu pažnju posvetiti izboru lokacije skladišta, projektiranju i izgradnji skladišta [3]:

- Izbor lokacije skladišta. Pri izboru mjesta izgradnje odgovarajućeg skladišta treba voditi računa o brojnim čimbenicima, primjerice: o mikro i makro tržišnim referencijama; o vrstama i karakteristikama materijalnih dobara koja će se uskladištavati, čuvati, iskladištavati, distribuirati preko određenoga skladišta; o prometnoj infrastrukturi i suprastrukturi; o stupnju razvijenosti suvremenih transportnih tehnologija (primjerice, kontejnerizaciji); o raspoloživim ljudskim potencijalima; o svim referencijama bližega i daljnjega gravitacijskoga područja, a posebno o potrebama i kupovnoj moći potencijalnih kupaca, korisnika, potrošača; o veličini i konfiguraciji terena; o aktualnosti urbanističkih i prostornih planova; o stupnju razvijenosti i učinkovitosti javnoga prometa; o stupnju razvijenosti

komunalne infrastrukture; o cijeni zemljišta i troškovima izgradnje; o kapacitetima i učinkovitosti najbližih servisa; o mentalnom sklopu stanovništva u dotičnim gravitacijskim zonama. Pri izboru najpovoljnije lokacije odgovarajućega skladišta mogu se koristiti različite metode, primjerice: metode određivanja gravitacijskih zona, metode kvadratnoga pridruživanja, metode linearnoga programiranja, metoda tona/kilometar, metoda težine i slične metode.

- Projektiranje i izgradnja skladišta. Nakon izbora najpovoljnije lokacije odgovarajućega skladišta slijedi zahtjevna faza projektiranja i izgradnje skladišta. Idejne, glavne i izvedbene projekte na osnovi referenci investitora izgrađuju specijalizirana projektantska poduzeća. Sukladno projektom zadatku, projektnoj dokumentaciji, misiji i funkcijama nekoga skladišta, slijedi faza izgradnje skladišta. Građevinske radove na izgradnji glavne skladišne zgrade, pomoćnih zgrada i uređivanja prostora oko skladišnih zgrada izvode specijalizirana građevinska poduzeća. Pri izradi projektne dokumentacije, organizaciji izgradnje i same izgradnje skladišta, investitori trebaju voditi računa o brojnim čimbenicima: o svakom pojedinačnom troškovnom mjestu i ukupnim troškovima izgradnje skladišnoga kompleksa; o funkcionalnosti svih skladišnih prostora; o sigurnosti prilikom izgradnje, ali i sigurnosti pri eksploataciji izgrađenoga skladišta. Primjerenost projektne dokumentacije i izgradnje nekoga skladišta najizravnije ovisi o konzistentnom definiranju i formuliranju projektne zadatka u kojemu posebnu pozornost treba posvetiti: tipu i veličini skladišta i rasporedu skladišnih prostora; veličini i razmještaju vrata, prozora i zidova; nosivosti podova; veličini i nosivosti teretnih liftova; pristupnim površinama skladištu koje služe za uskladištenje i iskladištenje tereta (npr., peroni, platforme, rampe i slično).

2.4. Modeliranje unutrašnjih skladišnih prostorija

Modeliranje unutrašnjih skladišnih prostorija odnosi se na raspored prostorija s ulazima i izlazima te nabavu i razmještaj skladišne opreme u skladišnim i manipulacijskim prostorima. Pri modeliranju unutrašnjih skladišnih prostorija treba imati na umu brojne čimbenike, kao što su značajke materijalnih dobara koja se uskladištavaju, pohranjuju i iskladištavaju (npr., vrsta, količina, dimenzija, masa, oblik pakiranja, zapremnina, posebna svojstva robe, učestalost i obrtaj uskladištenja i iskladištenja robe; načini uskladištavanja, smještaja i iskladištavanja robe; načini dopreme robe (do skladišta) i otpreme robe (od skladišta); veličinu i raspored prostorija u skladištu koje služe za manipuliranje i smještaj tereta; opremu u skladištu i mehanizaciju za manipuliranje teretom; tehnike rasporeda i smještaja tereta u prostorijama skladišta.

Pri modeliranju unutrašnjih skladišnih prostorija trebaju se poštivati određena tehnološka, sigurnosna, ekonomska, organizacijska, pravna načela. Prije svega, neophodno je poštivati procesna pravila prilikom uskladištenja, smještaja, sortiranja, tramakanja,

prepakiranja, presigniranja i iskladištenja robe; zatim omogućiti pristupačnost svakoj pošiljci u svim skladišnim prostorijama; nadalje omogućiti preglednost svih pošiljaka u svim skladišnim prostorijama; održavati čistoću u skladišnim prostorijama; maksimalno i stalno koristiti skladišne kapacitete; maksimalno zaštititi od svih potencijalnih rizika ljude u skladištu, opremu, instalacije, skladišne prostorije, uskladištenu robu; informacijskim tehnologijama omogućiti uspješno i učinkovito, a to, zapravo, znači kvalitetno, sigurno, brzo i racionalno skladišno poslovanje; omogućiti brzo prilagođavanje skladišnoga poslovanja novonastalim promjenama; izgraditi primjerenu organizacijsku strukturu i organizacijsku kulturu; permanentno obrazovati i osposobljavati zaposlenike u skladištu; usavršavati tehniku i tehnologiju manipuliranja teretom; primjereno uređivati pravne odnose (tj. obveze i prava, a iz njih proizlaze i odgovornosti) između pravnih subjekata u skladišnom poslovanju.

2.5. Dizajniranje racionalnoga skladišnoga poslovanja

Prof. dr. sc. Ratko Zelenika u svojoj knjizi piše [3]: u dizajniranju uspješnog, učinkovitog i profitabilnog skladišnoga poslovanja, menadžment i zaposlenici svakoga skladišnoga poduzeća trebaju imati na umu brojna načela kojih se moraju pridržavati u obavljanju skladišnih zadaća i poslova:

- Maksimalno standardizirati manipulacijsko-transportne jedinice, po mogućnosti prema ISO-standardima, kao primjerice: roba na paletama, roba u kontejnerima, zamjenjivi sanduci (kod Huckepack transporta), tipične veličine bala, vreća, kartona, rola. Mnogostruke su prednosti manipulacija s takvim jedinicama tereta (primjerice, brzi utovar, istovar i pretovar; manji je rizik od krađe, oštećenja, loma, curenja; maksimalna iskorištenost transportnih i skladišnih kapaciteta).
- Maksimalno ubrzati robne tokove. Najčešće se prakticiraju dvije tehnologije, i to: 1) tzv. polukružno kretanje robe u skladišnom prostoru (proces ulaza robe i proces izlaza robe obavlja se na istom skladišnom prostoru u obliku "potkovice") te 2) tzv. pravolinijsko kretanje robe u skladišnom prostoru (kada se proces ulaza robe obavlja na jednoj strani skladišta, a proces izlaza robe na suprotnoj strani iste skladišne prostorije).
- Minimaliziranje kretanja mehanizacijskih sredstava, tereta i zaposlenika u skladištima. To se postiže primjerenom organizacijom rada, upravljanjem robnim tokovima, upravljanjem sredstvima rada, zatim upravljanjem obrazovanim, osposobljenim, motiviranim i iskusnim zaposlenicima, ali uz uvjet da je cjelokupno skladišno poslovanje informatizirano, odnosno mehanizirano i automatizirano.
- Stvarati primjerene uvjete rada i sigurnosti zaposlenika u skladišnim prostorijama. Takvi se uvjeti mogu stvarati primjerenom ventilacijom skladišnih prostorija, odgovarajućom temperaturom u skladišnim prostorima, primjernom rasvjetom skladišnih prostorija, primjerenim preventivnim i

investicijskim održavanjem sredstava za rad u skladištu, kao i skladišnih prostorija te permanentnim osposobljavanjem zaposlenika u skladišnim prostorijama.

- Stvaranje primjerenih uvjeta za profitabilno poslovanje skladišnih poduzeća. Takvi se uvjeti mogu stvarati uz maksimalno korištenje cjelokupnih skladišnih kapaciteta, minimaliziranje robnih zaliha, maksimaliziranje obrtaja robnoga prometa, smanjivanje količina starih zaliha. U upravljanju skladišnim kapacitetima, potencijalima, resursima i poslovanjem menadžeri i zaposlenici skladišnih poduzeća trebaju imati na umu ove činjenice: u ukupnim troškovima poslovanja skladišnih poduzeća u prosjeku sudjeluju - amortizacija i troškovi održavanja skladišnih zgrada oko 40%, plaće zaposlenika oko 45% te ostali troškovi i profit oko 15%. Ili, u ukupnim distribucijskim troškovima manipulacijskoskladišni troškovi prosječno sudjeluju s oko 30%.

2.6. Organizacija skladišnoga poslovanja

Organizacija skladišnoga poslovanja ovisi o brojnim čimbenicima, kao što je veličina skladišta, vrsta skladišta, odnosno o njegovoj misiji, lokaciji skladišta, stupnju mehanizacije i automatizacije skladišnoga poslovanja, stupnju informatizacije skladišnoga poslovanja, strukturi i stupanju obrazovanja, osposobljenosti, vještini, iskustvu zaposlenika. U dizajniranju organizacije skladišnoga poslovanja treba imati na umu posebnosti unutrašnje i vanjske organizacije skladišnoga poslovanja:

- Unutrašnja organizacija skladišnoga poslovanja. U praksi se primjenjuju različiti modeli unutrašnje organizacije skladišnoga poslovanja, primjerice model robnoga ustroja (kada se za pojedine skupine roba organizira skladišno poslovanje u posebnim organizacijskim jedinicama); model teritorijalnoga ustroja (kada se skladišno poslovanje organizira prema pojedinim teritorijalnim područjima, a svakim se područjem bavi posebna organizacijska jedinica); model funkcionalnoga ustroja (kada se skladišno poslovanje organizira prema skupinama sličnih ili srodnih skladišnih funkcija, primjerice nabava robe, prodaja robe, uskladištenje i iskladištenje robe, unutarnji transport, skladišna evidencija, kvalitativna i kvantitativna kontrola, koje operacionaliziraju posebne manje organizacijske jedinice); model kombiniranoga ustroja (kada se u organizaciji skladišnoga poslovanja kombiniraju različiti modeli ustroja - robnog, teritorijalnog, funkcionalnog).
- Vanjska organizacija skladišnoga poslovanja. U modeliranju vanjske organizacije skladišnoga poslovanja prakticiraju se različiti modeli, primjerice model centraliziranog ustroja (kada se sve aktivnosti skladišnoga poslovanja obavljaju na jednom mjestu, primjerice u skladištu - primjeren je za manja skladišna poduzeća); model decentraliziranoga ustroja (kada se skladišno poslovanje obavlja na više prostorno razdvojenih mjesta - primjeren je većim i velikim skladišnim poduzećima); model centralizirano-decentraliziranoga ustroja (kada je

skladišno poslovanje organizirano tako da se važnije skladišne funkcije obavljaju u centralnom skladištu na razini poduzeća, a neke manje važne funkcije u nekoliko prostorno razdvojenih pomoćnih skladišta po pogonima).

Skladišna poduzeća mogu imati različite pravne organizacijske oblike, primjerice javno trgovačko društvo, komanditno društvo, dioničko društvo, društvo s ograničenom odgovornošću, holding društvo. Organizacijske strukture skladišnih poduzeća mogu biti standardne kao i kod svih drugih poduzeća koja se bave drugim djelatnostima, a to su: divizijska organizacijska struktura, funkcijska organizacijska struktura, projektna organizacijska struktura, procesna organizacijska struktura, matrična organizacijska struktura, hibridna organizacijska struktura, mješovita organizacijska struktura. Skladišna poduzeća mogu organizirana i u drugim oblicima, kao primjerice: mrežna, virtualna, timska, izvrnuta organizacija, organizacija paukove mreže.

Organizacijski oblici i organizacijske strukture skladišnih poduzeća prilagođavaju se tržišnim promjenama, ali i zahtjevima gospodarskih subjekata, prije svega, onih u transportnim, prometnim, vanjskotrgovinskim, proizvodnim te logističkim sustavima. Bez obzira na organizacijske oblike i organizacijske strukture skladišna poduzeća trebaju primjereno organizirati svoje temeljne funkcije, kao što su proizvodna funkcija (tj. proizvodnja skladišnih usluga općenito), funkcija istraživanja tržišta, nabavno-prodajna funkcija, funkcija upravljanja ljudskim potencijalima, financijska funkcija, funkcija održavanja skladišta i opreme, funkcija kontrolinga te razvojna funkcija.

3. UPRAVLJANJE ZALIHAMA NA RAZINI LOGISTIČKE MREŽE

Zalihe materijala nastaju kao rezultat stupnja usklađenosti ritma nabave i ritma trošenja, i znače određeni filter između nabave i proizvodnje. Ako su ulazi praćeni odgovarajućim izlazima ne dolazi do bitnih promjena u visini zaliha. Naprotiv, kada ta usklađenost izostane mijenja se visina zaliha. Zaliha materijala, dakle, nije stalna veličina. Ovisno o nabavljanju u trošenju ona se kreće u određenom međuprostoru između maksimuma i minimuma i u pojedinim momentima čini, tzv. tekuću zalihi. Bit nadzora nad zalihama materijala, a time i nad angažiranjem novčanih sredstava u taj dio kratkotrajne imovine, sastoji se u tome da se zalihe održavaju u primjerenoj visini. Zapravo, da one budu što niže kako bi se osiguralo normalno odvijanje poslovnog procesa, a za to je prije svega potrebno poznavanje čimbenika o kojima visina zaliha ovisi.

Visina zaliha svakog materijala ovisi o svim čimbenicima o kojima ovisi ritam nabave i ritam trošenja, a oni su specifični za svako društvo, čak i za svaki materijal. Te čimbenike možemo svrstati kako slijedi: stanje na tržištu nabave (raspoloživost materijala na domaćem tržištu, potreba uvoza i slično), ustroj poslovanja materijalom (veza proizvodnje i nabave,

skladišta i nabave i slično), financijske mogućnosti (vlastita sredstva, mogućnost dobivanja kredita i slično), ostale mogućnosti društva (raspoloživost skladišnog prostora, mogućnost prikladnog transporta i slično) i poslovna aktivnost društva (izbor dobavljača i putova nabave, redovitost plaćanja dobavljačima i slično).

Sa gledišta nadzora, treba istaknuti kako navedeni čimbenici na visinu zaliha ne djeluju izravno nego posredno preko količina materijala, cijena materijala, vremena nabave i stupnja sigurnosti, odnosno stupnja pouzdanosti poslovanja materijalom. Zato je razumljivo da provoditelji nadzora nad zalihama i skladišnim poslovanjem ispituju svaki čimbenik.

3.1. Pojam i važnost zaliha materijalnih dobara

Postoji više definicija zaliha, primjerice, zalihe su vlastiti materijali koji se koristi u poslovanju, odnosno koji je namijenjen unutarnjoj potrošnji ili na prodaju, a uključuju sirovine, poluproizvode, materijal u radu i gotove proizvode. Također, vrlo se često navodi i slična definicija zaliha koja kaže da se pod zalihama podrazumijeva uskladišteni materijali koji se koriste u cilju osiguranja normalne proizvodnje i zadovoljavanja potreba kupaca. Prema tome, zalihe se mogu podijeliti prema fazi u kojoj se nalaze tijekom proizvodnog procesa: zalihe sirovina (repromaterijala), zalihe nedovršene proizvodnje (materijali unutar proizvodnog procesa) i zalihe gotovih proizvoda [2].

U principu, poduzeće mora raspolagati određenom količinom zaliha kojom se osigurava normalno poslovanje. U slučaju velikih zaliha povećavaju se troškovi, blokirana su obrtna sredstva, potrebna su velika skladišta i slično. U slučaju premalih zaliha postoji opasnost od prekida proizvodnje, a time i povećanja troškova. U smislu mogućnosti i prihvatljivosti odvijanja procesa, svrha je zaliha u sljedećem: zaštititi poslovanje i proizvodnju u uvjetima neizvjesnosti, omogućiti ekonomičnu nabavu i proizvodnju, pokriti anticipirane promjene u ponudi i potražnji i omogućiti tok materijala unutar proizvodnog odnosno poslovnog sustava.

Kada bi se neizvjesnost u poslovanju i proizvodnji mogla odstraniti, zalihe bi bile nepotrebne. Međutim, neizvjesnost je prisutna u određenoj mjeri, kako na strani ponude i potražnje, tako i u samom proizvodnom procesu. Zalihe se prema tome, u uvjetima neizvjesnosti, s obzirom da se ne može u potpunosti odstraniti, javljaju sa zadaćom da štetne utjecaje svedu na najmanju moguću mjeru. Zalihe koje se javljaju u takvoj ulozi nazivaju se sigurnosnim zalihama.

Ima nekoliko tradicionalno naglašenih prednosti povećanih zaliha. Tvrtka može utjecati na ekonomije proizvodnje i nabave te može brže ispunjavati narudžbe. Ukratko, kaže se da je tvrtka fleksibilnija. Očiti su nedostaci ukupni trošak držanja zaliha, uključujući i troškove uskladištenja i čuvanja te potrebni prinosi na kapital koji je vezan u zalihama. Dodatni nedostatak je opasnost od zastarijevanja. No, zbog njihove su prednosti menadžer prodaje i menadžer proizvodnje naklonjeni većim zalihama. Štoviše, menadžer nabave često može postići količinske popuste uz veće narudžbe, pa i ovdje može postojati prirodna sklonost prema zalihama. Uloga je financijskog menadžera da ublaži želju za velikim

zaliha. To se može učiniti nametanjem razmišljanja o trošku sredstava potrebnih za održavanje zaliha, kao i troškova čuvanja i uskladištenja.

Posljednjih godina dodatna potpora upitima financijskog menadžera o držanju velikih zaliha dolazi iz shvaćanja sustava kontrole zaliha inspiriranog Japancima koji se naziva „točno na vrijeme“ (Just in Time) ili skraćeno JIT. JIT raskida s konvencionalnom mudrošću držanja velikih zaliha kao zaštite od mogućih nesigurnosti. Osnovni cilj JIT-a jest proizvodnja (ili nabava) potrebnog artikla u točno određeno vrijeme kada je potrebna ili „točno na vrijeme“. Zalihe svih vrsta tako bi bile smanjene na goli minimum. Smanjenje troškova držanja zaliha jedan je od očitijih rezultata JIT sustava. No, dodatni rezultati uključuju poboljšanja produktivnosti, kvalitete proizvoda te fleksibilnosti.

Poput potraživanja od kupaca, zalihe bi se trebale povećavati sve dok ostvarena ušteda prelazi ukupni trošak držanja dodatnih zaliha. Konačno postignuta ravnoteža ovisi o procjeni stvarne štednje, troška držanja dodatnih zaliha te efikasnosti kontrole zaliha. Ta ravnoteža zahtjeva koordinaciju proizvodnje, marketinga i financija jedne tvrtke u odnosu na jedinstveni cilj.

3.2. Modeli upravljanja zalihama

Jedna od najvažnijih zadaća logističkoga menadžmenta je upravljanje zalihama. Temeljna je misija upravljanja zalihama da one budu što manje, ali uvijek dovoljne za podmirenje potreba kupaca, potrošača, korisnika. Prevelike količine zaliha uvjetuju neopravdano visoke troškove držanja zaliha, a premalena količina zaliha implicira brojne probleme, poteškoće i štetne posljedice u proizvodnji, trgovini i distribuciji.

O zalihama na skladištima, odnosno u distribucijskim centrima vodi se posebna politika - utvrđuje se maksimum zaliha preko kojih se roba više ne nabavlja jer je preveliko financijsko opterećenje zbog dužeg zadržavanja robe na skladištima te minimum zaliha, ispod kojih poduzeće ne bi moglo uredno poslovati jer ne bi moglo pravodobno zadovoljiti potrebe potrošnje. Osim maksimalnih i minimalnih zaliha utvrđuju se i optimalne zalihe, a to su one zalihe koje se nalaze između minimalnih i maksimalnih zaliha. To je, zapravo, količina robe koja omogućuje redovitu potpunu opskrbu proizvodnje i/ili kupaca, potrošača, korisnika, ali uz minimalne troškove skladištenja i naručivanja. Osim minimalnih, maksimalnih i optimalnih zaliha, postoje i prosječne, sigurnosne, špekulativne, sezonske i nekurentne zalihe.

Brojni čimbenici mogu utjecati na vođenje politike zaliha u skladištima, primjerice [4]: opseg i asortiman proizvodnje (u proizvodnim poduzećima); ugovorene količine robe s kupcima (u trgovačkim poduzećima); broj posrednika u logističkim lancima, u logističkoopskrbnim lancima i logističkim mrežama; lokacija skladišta i distribucijskih centara te njihova opremljenost i poslovnost; manipulacijsko-transportne mogućnosti; prometna infrastruktura i prometna suprastruktura na distribucijskim područjima; priroda robe na zalihama; zemljopisne, gospodarske, političke prilike na distribucijskim područjima; učestalost kupoprodaje robe na zalihama; uvjeti kreditiranja obrtnih sredstava i slično.

U upravljanju zalihama logističkim menadžerima mogu pomoći različiti modeli planiranja i kontrole zaliha, primjerice [4]:

- Tradicionalni model upravljanja zalihama - EOQ - Economic Order Quantity - ekonomična količina narudžbe, odnosno veličina narudžbe kod koje su troškovi koji variraju s veličinom narudžbi minimalni.
- Suvremeni model upravljanja zalihama, odnosno već istaknuti JIT (Just in Time) - točno na vrijeme, odnosno proizvodnja bez zaliha; sustav kontinuiranog opskrbljivanja proizvodnje potrebnim materijalima, bez prethodnog skladištenja i slično.
- Suvremeni model upravljanja zalihama - DRP - Distribution Requirement Planning - planiranje i kontrola zaliha na osnovi tržišnih uvjeta distribucije.
- Suvremeni model upravljanja zalihama - MRP - Materials Requirement Planning - planiranje potreba za materijalom.

U upravljanju zalihama logistički menadžeri mogu uspješno primjenjivati i različite softverske programe.

3.3. Problemi s zalihama i njihov nadzor

S obzirom da nije uvijek moguće ekonomično sinkronizirati isporuke i potrošnju predmeta rada, potrebno je držati zalihe kako bi se u kratkom roku mogle zadovoljiti potrebe za predmetima rada koji se stalno troše uz veća ili manja kolebanja. Pri tome valja nastojati da se u zalihama nepotrebno ne zamrzne mnogo kapitala, odnosno trebaju biti u skladu s dinamikom potreba korisnika i mogućnostima nabave. Pri tome se postavlja pitanje koja je optimalna količina zaliha koje bi poduzeće trebalo imati u skladištu.

Premalene zalihe ugrožavaju normalnu opskrbu korisnika, pri čemu može doći do zastoja u odvijanju procesa reprodukcije, zatim potrebnog hitnog naručivanja predmeta rada, preorijentacije proizvodnje na druge zadatke, kašnjenje ugovorenih isporuka gotovih proizvoda te smanjenja udjela na tržištu prodaje.

Previsoke zalihe smanjuju ekonomičnost poslovanja jer nepotrebno nastaju troškovi skladištenja i zaliha. Pored toga postoji opasnost od zastarijevanja, kvarenja ili gubitka materijala na zalihama. Sve to dovodi do osnovnog problema prilikom skladištenja zaliha, a to je pojava nekonkurentnih, prekonornih i nedostatnih zaliha.

Nekonkurentna zaliha je ona količina zaliha koja prelazi optimalnu zalihu. U pravilu su iznad optimuma zaliha koji se nalazi između minimalne i maksimalne zalihe i čini onu količinu zaliha koja uz najniže troškove, odnosno troškove nabave i troškova držanja zaliha, osigurava nesmetano odvijanje procesa proizvodnje i prodaje. Zbog toga postaju smetnja normalnom radnom procesu, zakršuju kapacitet proizvodnje i skladišta, povećavaju troškove zalihe ta smanjuju obrtaj i utječu na rentabilnost poslovanja.

Prekonornne zalihe nastaju kao posljedica poremećaja između nabave i prodaje, često radi povećanja dinamike proizvodnje i isporuke kad poduzeće počne naručivati robe iznad uobičajenih normativa. Često se događa da

poremećaj uzrokuje viškove roba na skladištu i smanjenje koeficijenta obrtaja, a time i nastanak nekonkurentnih zaliha.

Nedostatne zalihe ne omogućuje redovan tijek poslovanja i uzrokuju zastoje u proizvodnji i plasmanu proizvoda. Uzrok je povećavanje troškova u svim razinama lanca nabave, a imaju i izravan utjecaj na imidž poduzeća koji se mjeri izgubljenom prodajom - u nabavi se povećavaju troškovi zbog dodatnog naručivanja, u proizvodnji dolazi do zastoja, a u prodaji nastaju štete (može doći do raskida ugovora od strane kupca i slično).

Uprava nadzire poslovanje društva kako bi se polovni proces, uz poštivanje načela zakonitosti, uobičajene dobre prakse i racionalnosti poslovanja odvijao sukladno njihovom usmjeravanju, odnosno sukladno poslovnoj politici koju vodi. Cilj internog nadzora je prvenstveno osigurati normalno odvijanje poslovanja uz primjenu suvremenih poslovnih metoda i uz ispravno korištenje raspoloživih resursa i drugo, ispraviti već učinjene neispravnosti ili barem poduzimati mjere da se slične nepravilnosti u budućem poslovanju izbjegnju. Interni nadzor je, dakle, jedna od vrlo važnih upravljačkih djelatnosti koja se sistematizira kroz preduvjete nadzora, oblike nadzora i stupnjeve nadzora:

- **Preduvjeti nadzora.** Da bi se nadzor mogao odvijati potrebno je: 1) Ustrojavanje poslovanja trgovačkog društva. Osim svrsishodnog obavljanja pojedinih postupaka, uz primjereni izbor poslovnih modela i odgovarajuće popunjenosti djelatnicima, ustroj poslovanja treba biti takav da omogućuje i obavljanje uspješnog nadzora. S aspekta nadzora važno je da su utvrđene nadležnosti i odgovornosti i da je utvrđena interna dokumentacija i način njenog kretanja, uz odgovarajuće upute o odlaganju i čuvanju dokumentacije., 2) Normativi i planovi omogućuju upravljačima i poslovodstvu stalan nadzor nad poslovanjem, a izvršiteljima su uputa za rad. Određujući utroške vremena i sredstva za pojedine proizvode i njihove izratke, normativi su preduvjet donošenja planova. Planovi, koji moraju biti u skladu sa zakonima i drugim propisima te s internim propisima društva pokazuju što, kada i koliko treba raditi, koja su sredstva potrebna za to te stupanj njihovog korištenja.
- **Oblici nadzora.** Tri su tipična oblika nadzora: 1) Općeniti nadzor je izravan i vrlo neformalan - radi se o osobnom pregledu pojedinaca na poslovanje, odnosno na pojedine poslovne postupke., 2) Analitički nadzor je materijalni nadzor - to je ispitivanje kojim se prosuđuje bit poslovanja (zašto su poslovanje ili neki poslovni segmenti takvi kakvi jesu i mogu li biti bolji nego što jesu)., 3) Kontrolni nadzor je stalno, povremeno u određenim rokovima i izravno ispitivanje pojedinih elemenata poslovnih procesa. Osnovno obilježje kontrole je usporedba ostvarenog s planovima i normativima.
- **Stupnjevi nadzora:** 1) Izravni nadzor obavljaju upravljači nad poslovodstvom poduzeća. Nadzire se provođenje krupnih, strateških, generalnih odluka i važnih smjernica donesenih po upravi trgovačkog društva, kako bi se ocijenilo da li se izvršavaju te donošenje i ostvarivanje planova na temelju izvješća o redovnim terminima tijekom godine., 2) Neizravni

nadzor se odvija preko uprave koja nadzire rad menadžera, a niži menadžeri rad neposrednih izvršitelja i ustroj i rad ustrojstvenih jedinica i pojedinaca koji obavljaju analizu i kontrolu.

Dok se nadzor nad novčanim sredstvima u pravilu obavlja redovito i korektno, dotle se nadzoru nad zalihama u skladištima pridaje manja važnost. Poslovanje zalihama izravno ili neizravno utječe na financijski rezultat i na financijsko stanje društva, a to ne smije biti zanemareno. Svaki novčani dokument mora imati potpise nekog od uskog kruga ovlaštenih osoba, knjiga blagajne se redovito kontrolira, posebna se pozornost vodi kod potpisivanja čekova i drugih financijskih dokumenata.

Glede materijala kao elementa zalihe, potpuno je druga situacija. U nabavi sudjeluje veći broj osoba voditelj nabave, pojedini referenti, ali ne treba zaboraviti ni zahtjeve nabavi mnogih djelatnika kojima neki materijal treba. U trošenju materijala sudjeluje čak daleko veći broj osoba. Slična je situacija i kod drugih oblika zaliha. S obzirom na tako širok opseg raspolaganja zalihama upravo na tom segmentu imovine otvoren je put rasipanju, a moguće su i zloupotrebe, osim većih i one sitne koje u globalu mogu značiti velike štete.

Naravno, moguće su zloupotrebe i rasipanja i u poslovanju novčanim sredstvima, no tim sredstvima raspolaže samo određeni krug nalogodavaca, a s obzirom na odgovarajuće evidencije moguće je neodgovarajuće poslovanje barem naknadno otkrivati. Potreban je, dakle, sveobuhvatan nadzor nad poslovanjem zalihama. A, nadzor se mora temeljiti na primjerenom ustroju, i to ne općenito i načelno već na konkretnim postupcima poslovanja zalihama te ne adekvatnom korištenju odgovarajućih postupaka planiranja, kontrole i analize. Pritom je posebno značajna uloga računovodstva koje osigurava potrebne informacije.

3.4. Planiranje proizvodnje i zaliha s obzirom na nepredvidivost potražnje

Mnoga poduzeća planiraju proizvodnju oslanjajući se na predviđenu potražnju, iako su svjesni mogućnosti pogrešne procijene. Procjena potražnje postaje sve problematičnija te je odluku o kapacitetu proizvodnje potrebno donijeti na osnovu iscrpne analize vjerojatnosti mogućih scenarija potražnje i odnosa profita i troškova koji slijede za pojedini opseg proizvodnje.

Zalihe unutar logističkih sustava egzistiraju zbog razlika između ponude i potražnje. Tako unutar logističkih sustava istodobno na različitim razinama kod dobavljača, proizvođača, distributera i prodavatelja postoje i različite vrste zaliha: zalihe sirovina i materijala, zalihe poluproizvoda, zalihe dijelova, zalihe gotovih proizvoda. Zalihe predstavljaju jedan od glavnih izvora troškova unutar logističkih sustava i temeljni čimbenik responzivnosti logističkog sustava.

Zalihe opredjeljuju materijalni tok unutar logističkoga sustava, odnosno vrijeme koje protekne od trenutka kada sirovine i materijal uđe u logistički lanac do trenutka kada iz njega izlaze i prelaze u vlasništvo kupca u obliku gotovoga proizvoda. Zalihe izravno i bitno utječu i na brzinu prodaje i sposobnost logističkog sustava za

pravodobnu isporuku krajnjem kupcu. Ako se zalihe označe s Z , materijalni tok s T i brzina prodaje s R tada se veličina zaliha može izraziti po poznatom Littlovom zakonu [4].

$$Z = R * T \quad (1)$$

Primjerice, ako materijalni tok za proizvodnju nekog proizvoda iznosi 8 sati, a prodaja 80 jedinica na sat, tada po Littlovom zakonu zalihe trebaju iznositi $80 \times 8 = 640$ jedinica. Kada bi logistički sustav želio održati prodaju konstantnom, a da smanji zalihe na 320 jedinica tada bi trebao skratiti vrijeme materijalnog toka s 8 sati na 4 sata ($320/80$). Sukladno tome, zalihe i vrijeme materijalnog toka unutar logističkog sustava predstavljaju sinonime. Logistički operator povećavajući brzinu materijalnog toka unutar globalnih logističkih sustava omogućuje menadžmentu na svim razinama da drže niže zalihe bez smanjivanja responzivnosti logističkog sustava, odnosno da pronađe optimalnu količinu zaliha.

Tržišna logistika uključuje planiranje, primjenu i kontrolu fizičkog protoka materijala i krajnjeg proizvoda od točke izvora do točke korištenja kako bi se zadovoljili zahtjevi kupaca i ostvarila dobit.

4. ZAKLJUČAK

Svakom poduzeću osnovni je cilj uspješno poslovanje i pronalaženje mjesta na veoma zahtjevnom tržištu. Međutim, zadržati svoje mjesto na tržištu danas je iznimno teško. Da bi se ostvarila opstojnost poduzeća na duže vrijeme u poslovnom svijetu potrebno je voditi računa o svim poslovnim procesima jednog poduzeća. Prema tome, uspješnost svakog ozbiljnog poduzetnika ogleđa se u kreativnosti i sposobnosti koje će mu omogućiti da bude bolji od svog konkurenta. Svaki proizvođač bi trebao odgovarati na zahtjeve kupaca kako bi zadovoljio njihove potrebe. Da bi odgovorio kupčevim zahtjevima svaki proizvođač mora raspolagati svojim proizvodom na traženom mjestu, u traženo vrijeme i u traženoj količini. Ispunjavanje ovih zahtjeva te ostvariva nje uspješnog poslovanja zahtjeva stalno raspolaganje potrebnim količinama i vrstama proizvoda. Kako bi omogućio stalno dostupan proizvod, u potrebnoj količini i na potrebnom mjestu, proizvođač mora imati zalihe proizvoda. Imati zalihe, ne bi stvaralo toliki problem da „samo“ njihovo držanje ne utječe na troškove svakog poduzeća. Da bi ostvarili minimum troškova, a pri tome i optimum zaliha potrebno je adekvatno upravljanje zalihama.

Može se reći kako su središnja pitanja ekonomičnosti poslovanja relativno visoki troškovi držanja zaliha te uloge zaliha u optimiziranju troškova proizvodnje i poslovanja. Planiranjem zaliha moguće je ostvariti kvalitetnije i učinkovitije poslovanje. Sustav upravljanja

zaliha je sustav prikupljanja informacija kako bi se odredila pravila nabavljanja i držanja zaliha. Razrađeni sustavi planiranja zaliha u pravilu daju i veće mogućnosti ušteda, ali zahtijevaju razrađene normative, redovite sustave praćenja trošenja zaliha te koordinaciju s planovima proizvodnje i prodaje.

Svrha zaliha ~~nam~~ je jasna. Ona nam omogućava ekonomičniju proizvodnju i nabavljanje, štite od nesigurnosti nabavnih tržišta te usklađuju ponudu s neravnomjernom potražnjom. Zbog toga uprava poduzeća donosi odluke što držati na zalihama, u kojoj količini, kada nabavljati i kako pratiti, odnosno kontrolirati efikasno upravljanje zalihama kako bi smanjili troškovi proizvodnje i poslovanja na minimum.

5. LITERATURA

- [1] Ferišak, V. et al.: Poslovna logistika, Informator, Zagreb, 1983.
- [2] Jedvaj, V.: Upravljanje zalihama i skladišno poslovanje (završni rad), Veleučilište u Varaždinu, 2013. (neobjavljen)
- [3] Zelenika, R.: Logistički sustavi, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2005.
- [4] Zelenika, R., Pupovac, D.: Menadžment logističkih sustava, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, IQPLUS d.o.o. Kastav, 2008.

Kontakt autora:

Doc. dr. sc. Ljudevit Krpan

Adamićeva 10, 51 000 Rijeka
tel./fax. 051 351 900, 051 351 909,
ljudevit.krpan@pgz.hr

Dr. sc. Robert Maršanić

Fiumara 13, 51 000 Rijeka
tel./fax. 051 352 521, 051 317 233,
marsanic@rijekapromet.hr

Valentina Jedvaj

Šaša 56, 42 253 Bednja
tel. 042 796 403
valentina.jedvaj09@gmail.com

ANALITIČKI POSTUPAK ODREĐIVANJA MOMENATA I INTERVALA VREMENA IZMEĐU PREVENTIVNIH PREGLEDA STROJEVA

ANALYTICAL PROCEDURE FOR DETERMINING MOMENTS AND TIME INTERVALS BETWEEN PREVENTIVE CHECKS OF DEVICES

Veljko Kondić, Marko Horvat

Stručni članak

Sažetak: U članku je prikazan jedan analitički postupak određivanja momenata, odnosno intervala vremena između mjerenja vitalnih karakteristika uređaja u cilju utvrđivanja momenta nastupanja kvara, tako da maksimalna relativna greška, učinjena pri tom, bude konstantna pri bilo kojem mjerenju. Ovaj postupak odnosi se na slučaj kada se mjerenja na uređaju ne obavljaju kontinuirano, već se vrše povremeno.

Ključne riječi: održavanje, kvar, preventivni pregled

Professional paper

Abstract: This paper presents an analytical procedure for determining moments, i.e. time intervals between measuring vital characteristics of devices for the purpose of determining the moment at which a malfunction occurred, so that the maximum relative error remains constant during every measurement. This procedure is related to situations when measurements are not carried out continually, but occasionally.

Keywords: maintenance, malfunction, preventive check

1. INTRODUCTION

Preventive checks are planned and prepared in advance, but according to prescribed technology for their completion. They are carried out for the purpose of timely detection of temporal malfunctions. In technical systems they are in practice mostly carried out on the basis of a defined work period or according to a defined date.

Upon the completion of a preventive check data are obtained, which are significant for carrying out timely maintenance activities. According to previous experiences [2], preventive checks result in up to 50 % less malfunctions in technical systems.

During every preventive check the question arises on when it is to be carried out and how to determine the moment of carrying it out. These are relevant questions from the aspect of assuring that the check is carried out before a malfunction occurs.

In practice this is usually defined on the basis of prior experience in maintaining similar systems, but frequently it is determined randomly [1, 2].

In recent years several procedures for determining periodicity of such checks have been developed. This paper describes an analytical procedure for determining the moment, i.e. time interval between preventive checks (measuring vital parameters of a technical system) for the purpose of determining the moment at which a malfunction occurred, so that the maximum relative error remains constant during every measurement. This

procedure is related to situations when measurements are not carried out continually, but occasionally.

2. DEFINING THE MOMENT AND TIME INTERVAL BETWEEN PREVENTIVE CHECKS

The method involves defining the moment and time interval between preventive checks for the purpose of determining the moment at which a malfunction occurred, so that the maximum relative error remains constant during every check. Periodicity is defined against the most critical assembly or unit, with no significant error.

A malfunction of a critical unit assumes an event that occurs when any element leaves predefined domains of operating characteristics (Fig. 1).

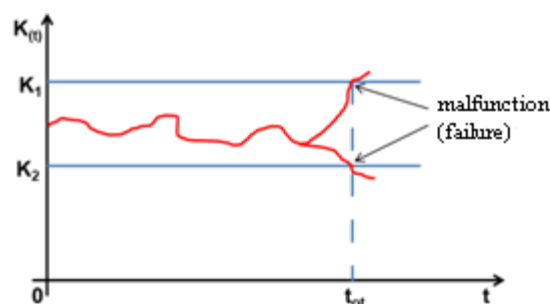


Figure 1. Key assembly characteristic leaving the specified limits

Indications in Fig. 1 refer to:

t – operating time of the system,

t_{ot} – the moment of malfunction occurrence,

K – vital characteristic of the most critical unit, as time-of-use function,

K_1 and K_2 – minimum and maximum tolerance value respectively.

Fig. 1 shows that it is necessary to constantly measure the vital characteristic of the most critical unit of the system in order for the moment at which the malfunction occurs to be determined as precisely as possible. However, in practice this is done very rarely. It is much more common that the critical unit is controlled from time to time, during which it is determined whether a malfunction exists in the critical unit.

In this case the actual moment at which the malfunction occurred is transformed into the moment of carrying out a preventive check. It is self-evident that such procedure of determining the moment of carrying out a preventive check involves an error of a greater or a lesser extent, as the malfunction in the critical unit may have occurred directly after the check, but also much earlier, i.e. right after the last check.

The essence of the method involves temporal scheduling of these checks in the way that the maximum relative error of determining the precise moment at which the malfunction occurred remains constant during every check.

Let's assume that a malfunction in the critical unit was detected during the i^{th} preventive check (Fig. 2). It means that it will be declared that the critical unit had failed at the moment t_i . However, the moment t_{ot} when the malfunction had actually occurred lies somewhere between t_{i-1} and t_i .

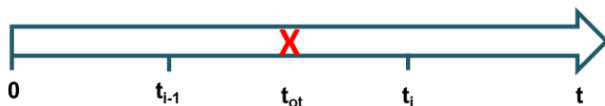


Figure 2. Determining a malfunction during the i^{th} preventive check

Therefore, the absolute error made thereat amounts to:

$$\Delta t_{ot} = t_i - t_{ot} \quad (1)$$

The maximum absolute error is:

$$\Delta t_{ot,max} = t_i - t_{i-1} = \Delta t_i \quad (2)$$

The maximum relative error may be expressed as:

$$\varepsilon = \frac{t_i - t_{i-1}}{t_i} \quad (3)$$

If values of the maximum relative error are adopted, based on the previous expression the following relation between t_i and t_{i-1} may be made:

$$t_i = \frac{1}{1-\varepsilon} \cdot t_{i-1} \quad (4)$$

Mathematical induction leads to the following expression:

$$t_i = \left(\frac{1}{1-\varepsilon}\right)^i \cdot t_o \quad (5)$$

In order to determine t_o for t_i , time of the first preventive check t_i is to be adopted:

$$t_i = \varepsilon \cdot m_o \quad (6)$$

whereat:

m_o – assumed mean time until malfunction

Based on the expression (5) we obtain:

$$t_o = \varepsilon \cdot (1 - \varepsilon) \cdot m_o \quad (7)$$

By replacing t_o from (7) into (5), we obtain:

$$t_i = \frac{\varepsilon}{(1-\varepsilon)^{i-1}} \cdot m_o \quad (8)$$

If in (8) the expression next to m_o is replaced by the coefficient:

$$K_\varepsilon(i) = \frac{\varepsilon}{(1-\varepsilon)^{i-1}} \quad (9)$$

we obtain:

$$t_i = K_\varepsilon(i) \cdot m_o \quad (10)$$

The width of the time interval between subsequent preventive checks is represented by the following expression:

$$\Delta t_i = t_i - t_{i-1} \quad (11)$$

Based on expressions (3) and (11), we obtain:

$$\Delta t_i = \varepsilon \cdot t_i \quad (12)$$

By replacing t_i from (10) into (12), we obtain:

$$\Delta t_i = \varepsilon \cdot K_\varepsilon(i) \cdot m_o \quad (13)$$

i.e.:

$$\Delta t_i = K_\varepsilon^*(i) \cdot m_o \quad (14)$$

whereat:

$$K_\varepsilon^*(i) = \frac{\varepsilon^2}{(1-\varepsilon)^{i-1}} \quad (15)$$

Mathematical calculations result in a formula for the time of carrying out the first preventive check (10), i.e. for the expression for calculating preventive checks that are to follow (14).

For determining the moment t_i , when the first preventive check is to be carried out and in which time periods Δt_i , it is necessary to adopt the value of the maximum relative error and mean time until malfunction m_0 .

Tables 1, 2 and 3 and Fig. 3 present numerical values of coefficients K_ε and K_ε^* for some values of the ordinal number of the preventive check (i) for three values of the maximum relative error.

Table 1. Numerical values for coefficients $K_\varepsilon(i)$ and $K_\varepsilon^*(i)$ for the value of the maximum relative error $\varepsilon = 0.10$

i	$K_\varepsilon(i)$	$K_\varepsilon^*(i)$	i	$K_\varepsilon(i)$	$K_\varepsilon^*(i)$
1	0.1000		9	0.2323	0.0232
2	0.1111	0.0111	10	0.2581	0.0258
3	0.1235	0.0123	11	0.2868	0.0287
4	0.1372	0.0137	12	0.3187	0.0319
5	0.1524	0.0152	13	0.3541	0.0354
6	0.1694	0.0169	14	0.3934	0.0393
7	0.1882	0.0188	15	0.4371	0.0437
8	0.2091	0.0209			

Table 2. Numerical values for coefficients $K_\varepsilon(i)$ and $K_\varepsilon^*(i)$ for the value of the maximum relative error $\varepsilon = 0.20$

i	$K_\varepsilon(i)$	$K_\varepsilon^*(i)$	i	$K_\varepsilon(i)$	$K_\varepsilon^*(i)$
1	0.2000		9	1.1921	0.2384
2	0.2500	0.0500	10	1.4901	0.2980
3	0.3125	0.0625	11	1.8626	0.3725
4	0.3906	0.0781	12	2.3283	0.4657
5	0.4883	0.0977	13	2.9104	0.5821
6	0.6104	0.1221	14	3.6380	0.7276
7	0.7629	0.1526	15	4.5475	0.9095
8	0.9537	0.1907			

Table 3. Numerical values for coefficients $K_\varepsilon(i)$ and $K_\varepsilon^*(i)$ for the value of the maximum relative error $\varepsilon = 0.30$

i	$K_\varepsilon(i)$	$K_\varepsilon^*(i)$	i	$K_\varepsilon(i)$	$K_\varepsilon^*(i)$
1	0.3000	0.1286	9	5.2040	1.5612
2	0.4286	0.1837	10	7.4343	2.2303
3	0.6122	0.2624	11	10.6204	3.1861
4	0.8746	0.3748	12	15.1720	4.5516
5	1.2495	0.5355	13	21.6743	6.5023
6	1.7850	0.7650	14	30.9633	9.2890
7	2.5500	1.0928	15	44.2332	13.2700
8	3.6428				

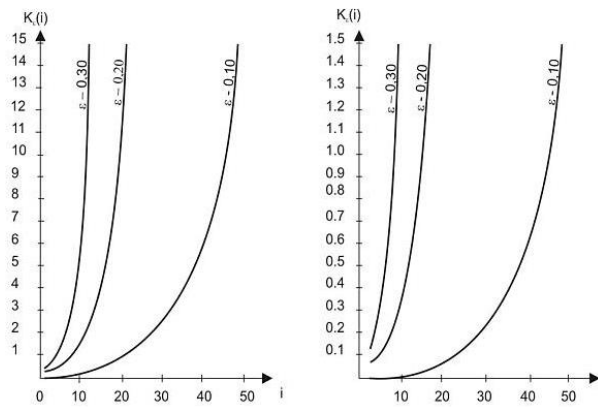


Figure 3. Graphical representation of coefficients K_ε and K_ε^* for some values of the ordinal number of the preventive check (i), where $\varepsilon = 0.10$, $\varepsilon = 0.20$ and 0.30 .

3. APPLICATION OF THE DESCRIBED PROCEDURE IN A REAL TECHNICAL SYSTEM

In a concrete case for one mechatronic system the anticipated mean time until malfunction is three years (based on data from exploitation and maintenance interventions). Time t_i is defined when measurement of the most vital characteristics is to be carried out for the purpose of defining the moment at which the malfunction occurs, so that the maximum relative error remains constant during any measuring process and $\varepsilon = 0.30$. Thereafter time intervals Δt_i are defined between measurements with the same maximum relative error.

Numerical values for t_i and Δt_i are calculated based on expressions (10) and (14), by replacing in these expressions coefficients $K_\varepsilon(i)$ and $K_\varepsilon^*(i)$ with their numerical values from Table 3. The results are shown in Table 4.

Table 4. Values for t_i and Δt_i ($\varepsilon = 0.30$) in a concrete case

i	t_i		Δt_i	
	hours	days	hours	days
1	7884	328.50	2365	98.55
2	11263	469.29	3379	140.79
3	16090	670.41	4827	201.12
4	22985	957.73	6896	287.32
5	32836	1368.18	9851	410.45
6	46909	1954.54	14073	586.36
7	67013	2792.20	20104	837.66
8	95733	3988.86	28720	1196.66
9	136761	5698.38	41028	1709.51
10	195373	8140.54	58612	2442.16

Based on the data from the table it may be concluded that the first preventive check on the critical unit, i.e. mechatronic system upon being commissioned, should be carried out after 328 days of usage, the second one after 141 days, the thirds after 201 days etc. Due to simplicity in planning preventive checks, and based on the maximally adopted value m_o , moments of preventive checks may be adopted, as shown in Table 5.

Table 5. Moments of carrying out preventive checks

THE MOMENT OF CARRYING OUT THE CHECK				
t_0	t_1	t_2	t_3	t_4
m o n t h s				
0	12	6	6	12

4. CONCLUSION

The presented methodology of determining the periods of preventive checks for technical devices refers to the case when tests and checks are performed after the first malfunction. However, the procedure may also be applied in cases when the device is repaired after the malfunction and tested and checked again until the next malfunction. In this case time schedule of testing and t_i from the moment of repeated commissioning of the device until the second malfunction is the same as the schedule from the moment of the beginning of testing until the first malfunction. The same applies to testing from the second until the third malfunction etc.

5. LITERATURE

- [1] Wireman, T.: Developing performance indicators for managing maintenance, Industrial Press, New York, 1998
- [2] Kondić, Ž.; Čikić, A.: Održavanje mehatroničkih sustava, VTŠBJ, Bjelovar, 2014
- [3] Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos D.: The Machine that changed the World (How Japan's secret weapon in the global auto wars will revolutionize western industry), Harper Perennial, New York, 1991
- [4] Kondić, Ž.: Prilog usavršavanju organizacije održavanja za opremu izvan eksploatacije, magistarski rad, FSB, Sveučilište u Zagrebu, 1991
- [5] Rejec, E.: Terotehnologija - Suvremena organizacija održavanja sredstava, Informator, Zagreb, 1974

Contact:

Veljko Kondić, mag. ing. mech.
 Sveučilište Sjever
 Sveučilišni centar Varaždin
 104. brigade 3
 42000 Varaždin
 e-mail: veljko.kondic@unin.hr

Marko Horvat, dipl. ing.
 Sveučilište Sjever
 Sveučilišni centar Varaždin
 104. brigade 3
 42000 Varaždin
 e-mail: marko.horvat@unin.hr

PROJEKTIRANJE OPTIČKOG MJERNOG PRETVORNIKA UDALJENOSTI

DESIGN OF AN OPTICAL DISTANCE MEASUREMENT TRANSDUCER

Miroslav Horvatić, David Zvonarek

Stručni članak

Sažetak: U radu se razmatraju tri osnovne vrste optičkih mjernih pretvornika blizine, te njihova dobra svojstva i ograničenja. Prikazano je projektiranje elektroničkih sklopova jednostavnog optičkog difuznog mjernog pretvornika udaljenosti. Optički predajnik mjernog pretvornika koristi infracrvenu fotodiodu, a optički prijemnik fototranzistor. Ispitivanjem realiziranog optičkog difuznog mjernog pretvornika dobivena je krivulja ovisnosti izlaznog napona pretvornika o udaljenosti predmeta koji se detektira.

Ključne riječi: projektiranje, optičko difuzno mjerenje, fotodioda, fototranzistor, elektronički sklop

Professional paper

Abstract: In this work, three types of optical proximity measurement principles are considered, including their pros and cons. An electronic circuit with simple optically diffused principle is implemented, wherein optical transmitter uses infrared photodiode, and receiver a phototransistor. Analysis of such optical transducer results with functional dependency of output voltage and proximity to a detectable object.

Key words: design, optically diffused measurement, photodiode, phototransistor, electronic circuit

1. UVOD

Suvremeni industrijski strojevi i postrojenja omogućavaju visok stupanj automatizacije proizvodnje. Automatizirana proizvodnja daje proizvode niže pojedinačne cijene i visoke kvalitete. Kako bi takvi automatizirani sustavi mogli uspješno funkcionirati nužno je da pravovremeno dobiju informacije što se događa u njihovoj okolini. Informacije o stanju strojeva, postrojenja, te njihovoj okolini, automatizirani sustavi dobivaju od raznih mjernih osjetila i mjernih pretvornika.

Mjerno osjetilo je naprava koja mjeri različite veličine značajne za stanje tvari i energije, te ih pretvara u motrive promjene [1]. Fizikalne veličine koje se najčešće mjere u procesima su dužina, masa, temperatura, tlak, protok, brzina. Radi lakšeg povezivanja sa mjerno regulacijskim sustavom, uobičajeno je da se uz mjerna osjetila ugrađuju dodatni sklopovi koji promjene sa izlaza osjetila obrađuju, te ih pretvaraju u prikladne iznose električnog signala. Takav mjerni spoj koji se sastoji od osjetila i pripadnih dodatnih sklopova naziva se mjerni pretvornik.

Mjerni pretvornici se mogu grupirati na različite načine. Ako su im osjetila u neposrednom fizičkom dodiru s procesom čija svojstva se želi izmjeriti, svrstava ih se u grupu dodirnih mjernih pretvornika. Mjerni pretvornici koji nisu u neposrednom fizičkom dodiru s procesom svrstavaju se u grupu nedodirnih. Nedodirni mjerni pretvornici nisu neposredno izloženi štetnim djelovanjima procesa, pa je njihova trajnost mnogo veća od trajnosti dodirnih osjetila.

Grupiranje mjernih pretvornika često se vrši i prema složenosti informacije koju registriraju. U slučaju da registriraju jednostavnu binarnu informaciju, npr. postizanje jednog određenog iznosa fizikalne veličine procesa, grupira ih se u skupinu detektora. Za razliku od detektora, kontinuirani mjerni pretvornici vrše kontinuirano mjerenje neke fizikalne veličine procesa, te na svojem izlazu daju analogni signal.

Prema fizikalnim principima koji se koriste za kontinuirano mjerenje i detekciju, mjerni pretvornici se često grupiraju na električne, magnetske, induktivne, kapacitivne, optičke, ultrazvučne, itd.

U mnogim automatiziranim strojevima i postrojenjima fizikalna veličina koja se kontinuirano mjeri ili detektira je udaljenost do objekta. Nedodirni mjerni pretvornici koji se koriste za detekciju određene udaljenosti do objekta grupiraju se u takozvane mjerne pretvornike blizine.

Zbog relativno niske cijene i velike trajnosti danas se često koriste nedodirni optoelektronički mjerni pretvornici. Optoelektronički mjerni pretvornici rade na optičkom fizikalnom principu širenja zračenja, a izvedeni su korištenjem elektroničkih komponenata i sklopova. Najčešće se u literaturi posebno ne ističe elektronička izvedba ovih optičkih mjernih pretvornika, pa se takva osjetila skraćeno nazivaju optičkim mjernim pretvornicima. Taj uobičajeni skraćeni naziv koristi se i u ovom radu.

Optički mjerni pretvornici blizine na svojem izlazu daju binarnu informaciju je li postignuta određena

udaljenost do nekog objekta, pa mogu zamijeniti manje trajne elektromehaničke krajnje prekidače.

U nastavku će biti opisani principi rada tri osnovne vrste optičkih mjernih pretvornika blizine, a nakon toga i postupak projektiranja optičkog difuznog mjernog pretvornika udaljenosti, koji se može upotrijebiti kao mjerni pretvornik blizine.

2. OPTIČKI MJERNI PRETVORNICI BLIZINE

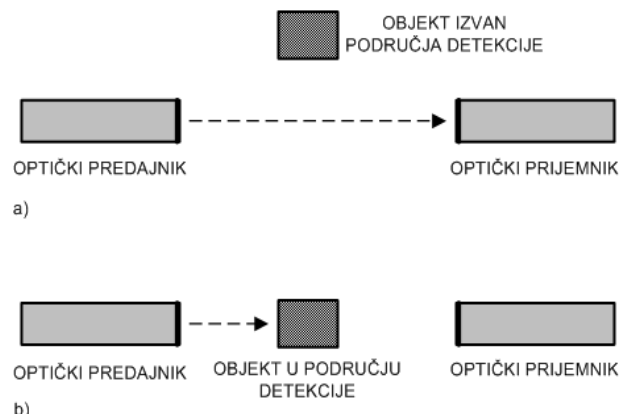
Osnovnu dio strukture optičkih mjernih pretvornika blizine čine dva elektronička sklopa. Prvi elektronički sklop je sklop optičkog predajnika koji stvara i emitira vidljivu svjetlost ili infracrveno zračenje. Infracrveno područje je manje osjetljivo na smetnje iz okoline i ima veći domet od vidljive svjetlosti, pa se zato češće koristi. Svjetlost ili infracrveno zračenje u optičkom predajniku najčešće se dobiva korištenjem poluvodičkih svjetlosnih dioda ili infracrvenih dioda. Ove diode su malih dimenzija, jeftine, pouzdane, trajne i jednostavne za montažu.

Drugi elektronički sklop koji čini osnovnu strukturu optičkog mjernog pretvornika blizine je optički prijemnik. Optički prijemnik prima svjetlost ili infracrveno zračenje emitirano od optičkog predajnika. Za prijem svjetlosti i infracrvenog zračenja koriste se fototranzistori i fotodiode. Osim fototranzistora i fotodiode u optičkom mjernom pretvorniku se nalaze komponente i sklopovi za filtriranje signala, pojačanje signala, te sklopovi za oblikovanje izlaznog signala.

Ovisno o tome na koji način optička zraka dolazi od optičkog predajnika do optičkog prijemnika, razlikuju se tri osnovne vrste optičkih mjernih pretvornika blizine. Te tri osnovne vrste optičkih mjernih pretvornika blizine su: mjerni pretvornici s prekidanjem optičke zrake, mjerni pretvornici s reflektorom i difuzni mjerni pretvornici.

2.1. Optički mjerni pretvornici blizine s prekidanjem optičke zrake

Princip rada optičkih mjernih pretvornika blizine s prekidanjem optičke zrake najjednostavnije se može objasniti korištenjem slike 1.



Slika 1. Optički mjerni pretvornici blizine s prekidanjem optičke zrake

a) objekt izvan područja detekcije, b) objekt u području detekcije

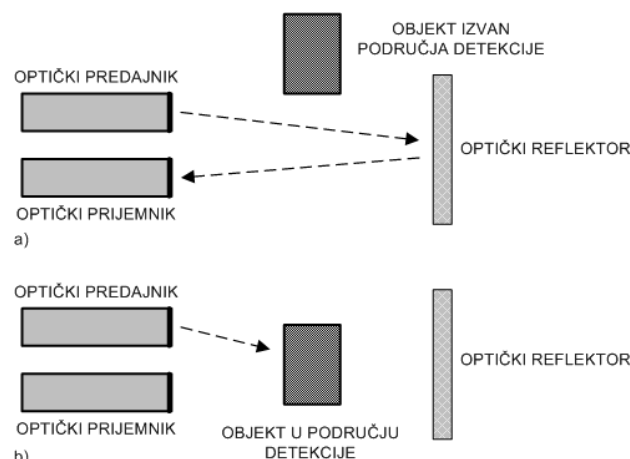
Područje detekcije objekta se nalazi između optičkog predajnika i optičkog prijemnika, a optički predajnik i optički prijemnik se nalaze jedan nasuprot drugom. Kada se objekt koji se želi detektirati nalazi izvan područja detekcije, optička zraka između optičkog predajnika i optičkog prijemnika je neprekinuta. U slučaju da se objekt koji se želi detektirati pomakne u područje detekcije, optička zraka ne može proći kroz objekt, pa ne dolazi ni do optičkog prijemnika. Prekidom optičke zrake optički prijemnik na izlazu daje promjenu signala, što je znak da se pojavio predmet u području detekcije.

Dobro svojstvo optičkih mjernih pretvornika s prekidanjem optičke zrake je relativno velika duljina područja detekcije. Tako postoje optički mjerni pretvornici s prekidanjem optičke zrake koja imaju područje detekcije do čak 100 metara [2]. Sljedeće dobro svojstvo ove vrste optičkih mjernih pretvornika je mogućnost detekcije predmeta manjih od milimetra, na većim udaljenostima [3]. Kod takve detekcije vrlo malih predmeta optički predajnik emitira lasersku zraku.

Osnovni nedostatak optičkih mjernih pretvornika s prekidanjem optičke zrake je nemogućnost detekcije transparentnih predmeta zbog prolaska optičke zrake kroz njih. Također, kada se kod ove vrste optičkih mjernih pretvornika želi dobiti veće područje detekcije, nužna je odvojena montaža optičkog predajnika i optičkog prijemnika. Kod odvojene montaže potrebni su dodatni kablovi, pa je takva instalacija složenija i skuplja u usporedbi s montažom ostalih vrsta optičkih mjernih pretvornika.

2.2. Optički mjerni pretvornici blizine s reflektorom

Optički mjerni pretvornici blizine s reflektorom rade na principu koji se može objasniti korištenjem slike 2.



Slika 2. Optički mjerni pretvornici blizine s reflektorom

a) objekt izvan područja detekcije, b) objekt u području detekcije

Optički mjerni pretvornici blizine s reflektorom imaju optički predajnik i optički prijemnik u zajedničkom kućištu, zbog čega je za njihovo spajanje dovoljan jedan priključni kabel. Nasuprot kućišta mjernog pretvornika montira se optički reflektor. Područje detekcije se nalazi između kućišta mjernog pretvornika i optičkog reflektora. U slučaju kada je objekt koji se želi detektirati

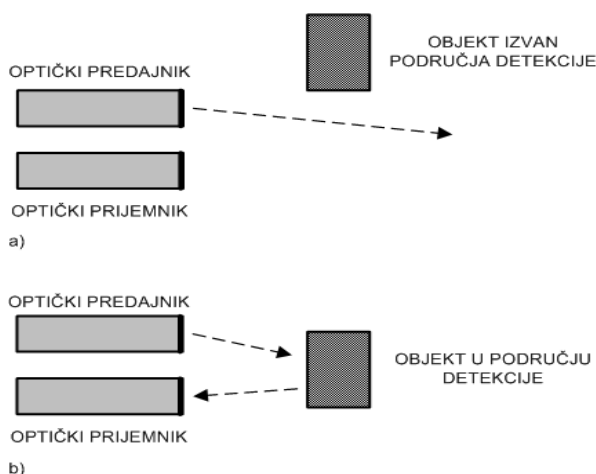
izvan područja detekcije, optička zraka putuje od optičkog predajnika do optičkog reflektora, reflektira se od reflektora i dalje putuje prema optičkom prijemniku. Kada se objekt koji se želi detektirati pomakne u područje detekcije, optička zraka prestane stizati do optičkog reflektora i optičkog prijemnika. Nakon ovog prekida optičke zrake, optički prijemnik na izlazu daje promjenu signala koja signalizira pojavljivanje predmeta u području detekcije.

Područje detekcije ove vrste optičkih mjernih pretvornika iznosi do 10 metara. Kao optički reflektor se može koristiti pasivni reflektor poput ogledala ili neki drugi dobro reflektirajući materijal.

Glavni nedostatak optičkih mjernih pretvornika s reflektorom je nemogućnost detekcije transparentnih i dobro reflektirajućih predmeta. Kroz transparentne predmete optička zraka bi prolazila do reflektora i putovala natrag prema optičkom prijemniku, pa ne bi došlo do detekcije. Predmeti čija je površina dobro reflektirajuća bi od svoje površine reflektirali optičku zraku prema optičkom prijemniku, pa također ne bi mogli biti detektirani.

2.3. Optički difuzni mjerni pretvornici blizine

Princip rada optičkih difuznih mjernih pretvornika blizine može se objasniti korištenjem slike 3.



Slika 3. Optički difuzni mjerni pretvornici blizine

a) objekt izvan područja detekcije, b) objekt u području detekcije

Slično kao kod optičkih mjernih pretvornika s reflektorom, optički predajnik i optički prijemnik nalaze se u istom kućištu. No, optički difuzni mjerni pretvornici za svoj rad ne trebaju reflektor, jer se detekcija objekta postiže refleksijom optičke zrake od objekta. Optički difuzni mjerni pretvornici se mogu primijeniti za detekciju objekata koji imaju dobro reflektirajuću površinu, poput svijetlih i metalnih predmeta. Objekte koji imaju tamne nereflektirajuće površine, poput predmeta od crne plastike ili gume, moguće je detektirati samo u iznimnim slučajevima, i to na vrlo malim udaljenostima.

Komercijalnim optičkim difuznim mjernim pretvornicima blizine moguće je detektirati predmete na udaljenostima do 2 metra.

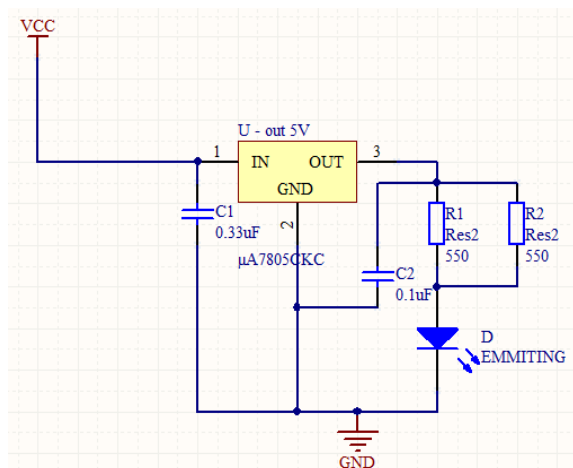
3. PROJEKTIRANJE OPTIČKOG DIFUZNOG MJERNOG PRETVORNIKA UDALJENOSTI

Osnovni zahtjevi prilikom projektiranja optičkog difuznog mjernog pretvornika udaljenosti bili su da osjetilo bude jednostavne i jeftine konstrukcije, te da omogućiti detekciju predmeta na udaljenostima do nekoliko desetak centimetara.

Kao što je već navedeno, optički mjerni pretvornik blizine sastoji se od dva osnovna sklopa. Prvi sklop je optički predajnik, a drugi, optički prijemnik. U nastavku će biti opisano projektiranje elektroničkih sklopova optičkog predajnika i optičkog prijemnika optičkog difuznog mjernog pretvornika.

3.1. Elektronički sklop optičkog predajnika

Elektronički sklop optičkog predajnika optičkog difuznog mjernog pretvornika prikazan je shemom na slici 4. Sklop se sastoji od stabilizatora napona i infracrvene diode sa pripadnim otpornicima koji određuju iznos struje kroz diodu.

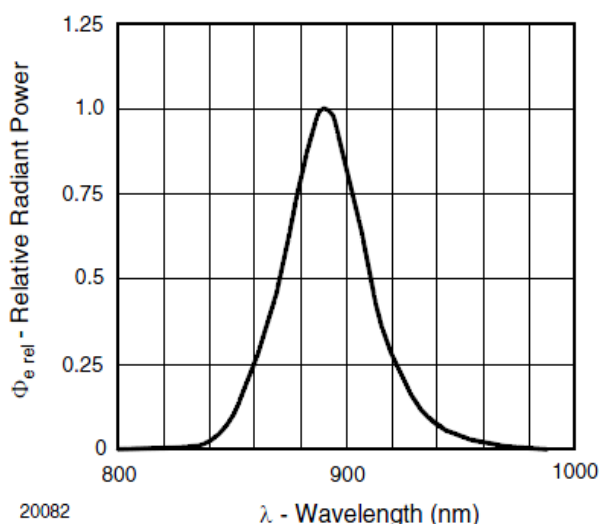


Slika 4. Elektronička shema sklopa optičkog predajnika optičkog difuznog mjernog pretvornika [4]

Infracrvene diode emitiraju veću snagu zračenja nego diode iz vidljivog dijela spektra. Zbog svoje relativno velike snage zračenja i valne duljine optičke zrake koju emitira, odabrana je infracrvena dioda TSHF5210. Ovisnost relativne snage zračenja ove diode o valnoj duljini prikazana je na slici 5. Iz slike se vidi da maksimalnu snagu zračenja infracrvena dioda TSHF5210 emitira na valnoj duljini 890nm.

Stabilizator napona koji se koristi u sklopu optičkog predajnika je standardni stabilizator oznake 7805, pa na svojem izlazu daje stabilizirani napon iznosa 5V. Na taj stabilizirani napon spojena su dva otpornika iznosa 550 Ω u paralelnom spoju. Otpor takvog paralelnog spoja otpornika iznosi 275Ω, zbog čega kroz infracrvenu diodu teče struja koja se može izračunati prema formuli (1).

$$I_D = \frac{5 - U_D}{275} = \frac{5 - 1.4}{275} = \frac{3.6}{275} \approx 13.1 \text{ mA} \quad (1)$$

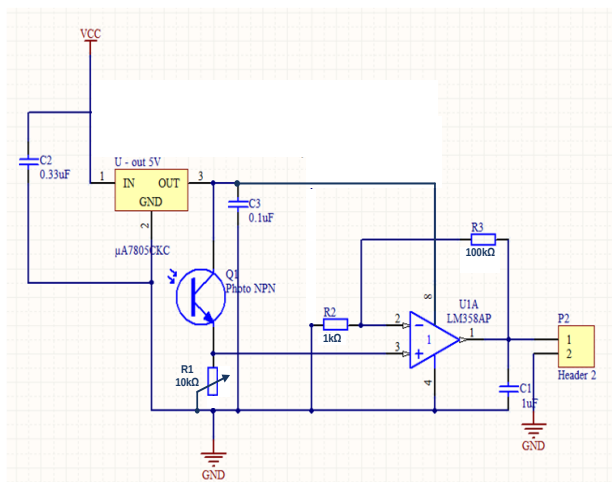


Slika 5. Relativna snaga zračenja diode TSHF5210 u ovisnosti o valnoj duljini [5]

Iznos napona na infracrvenoj diodi u stanju vođenja, $U_D=1.4V$, uzet je iz katalogskih podataka fotodiode [5] i uvršten u formulu (1). Izmjerena vrijednost struje kroz fotodiodu nakon sastavljanja sklopa iznosi 13.4 mA, dakle relativno dobro se podudara sa strujom izračunatom prema formuli (1).

3.2. Elektronički sklop optičkog prijemnika

Elektronički sklop optičkog prijemnika optičkog difuznog mjernog pretvornika prikazan je shemom na slici 6.



Slika 6. Elektronička shema sklopa optičkog prijemnika optičkog difuznog mjernog pretvornika

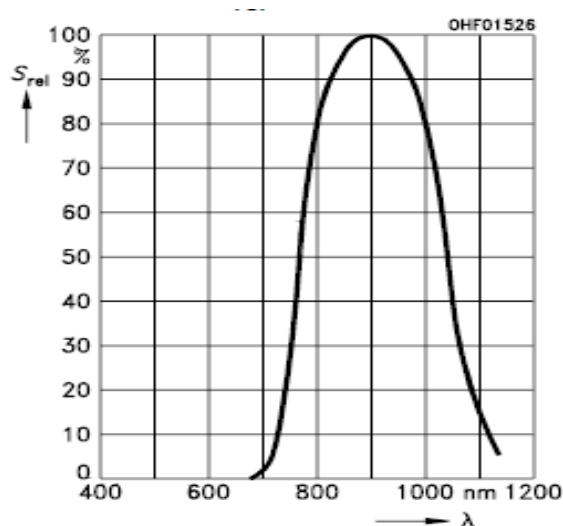
Za ispravan rad sklopa optičkog prijemnika potreban je stabilizirani napon koji napaja njegove elektroničke komponente. Za stabilizaciju napona napajanja i ovdje se koristi stabilizator napona 7805, koji na svojem izlazu daje stabilizirani napon 5V.

Kao što se vidi na slici 6, u sklopu optičkog prijemnika se nalazi fototranzistor, označen sa Q1. Ovaj fototranzistor prima infracrveno zračenje reflektirano od objekta koji se želi detektirati. Infracrveno zračenje

prema objektu detekcije je emitirala infracrvena fotodioda optičkog predajnika. Zbog toga je potrebno da relativna osjetljivost optičkog spektra fototranzistora bude najveća upravo na onim infracrvenim valnim duljinama gdje je emitirana snaga zračenja fotodiode optičkog predajnika najveća. Odabrani fototranzistor SFH309-FA vrlo dobro zadovoljava ovaj uvjet, što se vidi iz karakteristike relativne osjetljivosti njegovog spektra na slici 7.

Emiter fototranzistora spojena je na promjenjivi otpornik R1 kojim je moguće namjestiti razinu napona takvu da osvjtljenje okoline ne dovodi fototranzistor u zasićenje.

Prilikom obasjavanja fototranzistora infracrvenim zračenjem odbijenim od predmeta koji se želi detektirati, struja fototranzistora se povećava, što uzrokuje povećanje napona na promjenjivom otporniku spojenom na emiter. Napon na promjenjivom otporniku ima relativno mali iznos, pa ga se pojačava sklopom neinvertirajućeg pojačala realiziranim korištenjem operacijskog pojačala LM358 [6].



Slika 7. Karakteristika relativne osjetljivosti spektra fototranzistora SFH309-FA [7]

Naponsko pojačanje A_V sklopa neinvertirajućeg pojačala realiziranog operacijskim pojačalom LM358 može se izračunati prema formuli (2).

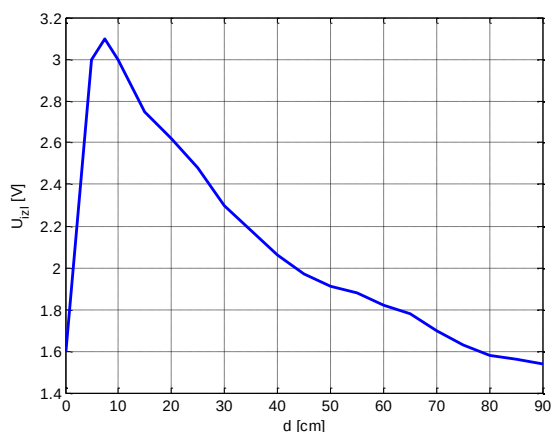
$$A_V = 1 + \frac{R_3}{R_2} \quad (2)$$

Kako bi se na izlazu pojačala dobile promjene napona reda veličine volta, odabrani su iznosi otpornika $R_2=1k\Omega$, $R_3=100k\Omega$. Uvrštavanjem tih vrijednosti otpornika u formulu (2) dobiva se naponsko pojačanje pojačala 101 puta. Uz ovako odabrano pojačanje na izlazu P2 sklopa optičkog prijemnika, u slučaju detekcije objekta, pojaviti će se promjena napona reda veličine volta.

U nastavku rada će biti prikazani rezultati ispitivanja realiziranog optičkog difuznog mjernog pretvornika.

4. ISPITIVANJE OPTIČKOG DIFUZNOG MJERNOG PRETVORNIKA

Prikazani optički difuzni mjerni pretvornik na izlazu P2 sklopa optičkog prijemnika daje promjenu napona ovisnu o udaljenosti do objekta koji se detektira. Ova ovisnost se može dobiti eksperimentalno, tako da se kao objekt detekcije uzme ravna bijela površina. Ravna bijela površina se postavi na neku udaljenost u području detekcije, na način da bude okomita na optičku zraku optičkog difuznog mjernog pretvornika, te se izmjeri napon na izlazu P2 sklopa optičkog prijemnika. Kada se za veći broj udaljenosti unutar područja detekcije izmjeri napon na izlazu sklopa optičkog prijemnika, može se nacrtati krivulja ovisnosti izlaznog napona optičkog difuznog mjernog pretvornika o udaljenosti od objekta. Na slici 8 je prikazana takva krivulja dobivena mjerenjem udaljenosti i izlaznog napona za optički difuzni mjerni pretvornik opisan u ovom članku. Prilikom snimanja navedene krivulje, fotodioda sklopa optičkog predajnika nalazi se 3.5 cm iznad fototranzistora sklopa optičkog prijemnika. Fotodioda i fototranzistor su postavljeni paralelno, te okrenuti u smjeru područja detekcije optičkog mjernog pretvornika, kao što je već prikazano na slici 3.



Slika 8. Krivulja ovisnosti izlaznog napona mjernog pretvornika o udaljenosti objekta od optičkog difuznog mjernog pretvornika

Iz oblika krivulje prikazane na slici 8 vidi se da je najveći izlazni napon elektroničkog sklopa optičkog prijemnika difuznog mjernog pretvornika 3.1 V. Ovaj napon se dobiva kada je ravna bijela površina udaljena od optičkog difuznog mjernog pretvornika 7.5 cm. Na toj udaljenosti fototranzistor optičkog prijemnika prima najviše infracrvenog zračenja emitiranog od fotodiode optičkog predajnika i reflektiranog od bijele površine. Za objekte udaljene više od 7.5 cm izlazni napon optičkog difuznog mjernog pretvornika se smanjuje. Tako se dobiva izlazni napon iznosa 3 V kod udaljenosti predmeta 10 cm, izlazni napon iznosa 2.6 V kod udaljenosti predmeta 20 cm, te izlazni napon iznosa 2.3 V kod udaljenosti predmeta 30 cm. Za udaljenosti objekta veće od 80 cm, izlazni napon optičkog difuznog mjernog pretvornika iznosi manje od 1.6 V, te se vrlo malo mijenja. Na tim udaljenostima opisani optički

difuzni mjerni pretvornik više ne može detektirati predmet. Kao što se vidi iz slike 8, ovisnost izlaznog napona optičkog difuznog mjernog pretvornika o udaljenosti od predmeta koji se želi detektirati je nelinearna. Ako se opisanim optičkim difuznim mjernim pretvornikom udaljenosti želi realizirati mjerni pretvornik blizine, moguće mu je dodati elektronički sklop komparatora koji će promijeniti stanje svojeg binarnog izlaza kada izlazni napon opisanog mjernog pretvornik postigne određenu razinu.

5. ZAKLJUČAK

Optički difuzni mjerni pretvornici su optička osjetila koja se zbog svoje niske cijene i jednostavne montaže često upotrebljavaju u automatiziranim strojevima i postrojenjima. Koriste se za detekciju predmeta za koje je dovoljno da im je moguće pristupiti samo sa jedne strane, pri čemu ti predmeti trebaju imati dobro reflektirajuću površinu.

Iz strukture u članku opisanog optičkog difuznog mjernog pretvornika udaljenosti vidi se da realizacija tih mjernih pretvornika može biti relativno jednostavna. Takvi mjerni pretvornici jednostavne strukture se mogu uspješno primijeniti u okolini sa malom razinom optičkih smetnji.

U slučaju primjene opisanog optičkog difuznog mjernog pretvornika u okolini sa većom razinom optičkih smetnji, bilo bi potrebno provesti mjere za smanjenje smetnji. Utjecaj optičkih smetnji iz okoline moguće je smanjiti projektiranjem odgovarajućeg kućišta u koje su smješteni optoelektronički elementi mjernog pretvornika, upravljanjem optičkim predajnikom i obradom izlaznog napona optičkog prijemnika. Dio kućišta koji se nalazi oko fototranzistora optičkog prijemnika treba što više prigušiti optičke smetnje koje dolaze iz okoline. Montažu cijelog optičkog difuznog mjernog pretvornika je također potrebno izvesti tako da što manje osjeća optičke smetnje koje dolaze iz okoline. Upravljanje optičkim predajnikom i obrada izlaznog napona optičkog prijemnika mogli bi se realizirati odgovarajućim programima koji bi se izvršavali u mikrokontrolerskom integriranom sklopu. Takvim dodatnim upravljanjem i obradom signala mogla bi se realizirati odgovarajuća modulacija optičkog signala i automatsko smanjenje osjetljivost opisanog difuznog mjernog pretvornika na optičke smetnje iz okoline.

6. LITERATURA

- [1] Božičević, J.: Temelji automatike 2, Školska knjiga, Zagreb, 1992.
- [2] FESTO: Sensors for handling and processing technology, Proximity sensors, Festo Didactic GmbH & Co. KG, Denckendorf/Germany, 2003.
- [3] FESTO: Fundamentals of automation technology, Technical book, Festo Didactic GmbH & Co. KG, Denckendorf/Germany, 2008.

- [4] Zvonarek, D.: Izrada makete optičkih osjetila prisutnosti, Završni rad, Veleučilište u Varaždinu, 2013.
- [5] <http://www.vishay.com/docs/81313/tshf5210.pdf>
TSHF5210; High Speed Infrared Emitting Diode
Document Number: 81313; Rev. 1.4, 24-Aug-11;
(Dostupno:15.05.2014.)
- [6] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm158-n.pdf>
LM358 Low Power Dual Operational Amplifiers,
SNOSBT3H–JANUARY 2000–REVISED MARCH
2013; (Dostupno:15.05.2014.)
- [7] [http://www.osram-os.com/Graphics/XPic2/00101811_0.pdf/SFH%20309,%20SFH%20309%20FA,%20Lead%20\(Pb\)%20Free%20Product%20-%20RoHS%20Compliant.pdf](http://www.osram-os.com/Graphics/XPic2/00101811_0.pdf/SFH%20309,%20SFH%20309%20FA,%20Lead%20(Pb)%20Free%20Product%20-%20RoHS%20Compliant.pdf)
Silicon NPN Phototransistor, Version 1.1, 2014-01-14, OSRAM Opto Semiconductors GmbH & Co.;
(Dostupno:15.05.2014.)

Kontakt autora:**Miroslav Horvatić, dipl.ing.el.**

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3
42 000 Varaždin
miroslav.horvatic@unin.hr

OPRAVDANOST PRIMJENE MAG forceArc POSTUPKA ZAVARIVANJA U IZRADI ČELIČNIH KONSTRUKCIJA

JUSTIFICATION OF THE APPLICATION OF MAG forceArc PROCESS IN THE CONSTRUCTION OF STEEL STRUCTURES

Marko Horvat, Veljko Kondić, Dražen Brezovečki

Stručni članak

Sažetak: U radu su prikazani osnovni mehanizmi prijenosa metala kod elektrolučnog postupka zavarivanja taljivom elektrodom u zaštitnoj atmosferi plinova. Dane su teorijske osnove MAG forceArc postupka zavarivanja tvrtke EWM Group. Analiza postupka provedena je makroskopskom analizom presjeka zavarenih spojeva. Opravljanost primjene ovog postupka prikazana je kroz analizu osnovnih prednosti forceArc-a postupka u odnosu na konvencionalni prijenos metala štrcajućim lukom.

Ključne riječi: forceArc, mehanizam prijenosa metala, prijenos metal štrcajućim lukom

Professional paper

Abstract: This paper presents basic modes of metal transfer in gas metal arc welding process. Also, there are present the theoretical basic of MAG forceArc welding process produced in EWM Group company. Process was analysed by macroscopic analysis of cross section of the welded joint. The justification of the application of process is present during the analysis of main benefits of force Arc process in the comparison to conventional spray arc metal transfer.

Key words: forceArc, mode of metal transfer, spray transfer

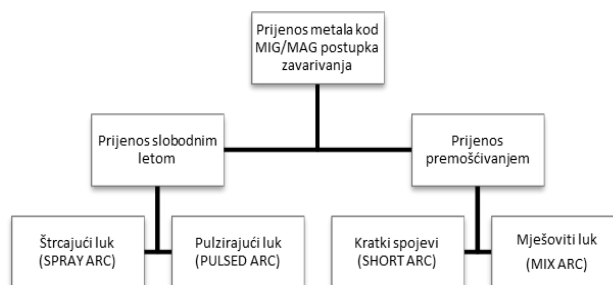
1. UVOD

Elektrolučni postupak zavarivanja taljivom elektrodom u zaštitnoj atmosferi inertnog/aktivnog plina (MIG/MAG – Metal Inert Gas/Metal Active Gas; GMAW – Gas Metal Arc Welding) jedan je od najzastupljenijih postupaka nerastavljivog spajanja u industriji. Usprkos svojoj relativno dugoj povijesti, konstantan razvoj i istraživanje ovog postupka zavarivanja (ponajprije zahvaljujući razvoju izvora struje za zavarivanje) pruža mogućnosti novih poboljšanja, a konačni cilj je kvaliteta zavarenih spojeva, visoka produktivnost i ekonomičnost postupka [1].

2. KONVENCIONALNI MIG/MAG POSTUPAK ZAVARIVANJA

Prema definiciji, konvencionalan MIG/MAG postupak je elektrolučni postupak zavarivanja, kod kojeg se električni luk uspostavlja između taljive, kontinuirane elektrode u obliku žice i radnog komada, u pravilu spojene na + (plus) pol istosmjernog izvora struje za zavarivanje. Proces zavarivanja odvija se u zaštitnoj atmosferi plinova koju osiguravaju inertni plinovi (Ar, He – MIG proces) ili aktivni plin CO₂ i plinskih mješavina, npr. 82% Ar + 18% CO₂ (MAG postupak).

Kod MIG/MAG postupka zavarivanja, prijenos metala odvija se mehanizmom prijenosa rastaljene kapljice s vrha elektrode (žice - dodatnog materijala), slobodnim letom kroz električni luk na osnovni materijal, ili na način da rastaljena metalna kapljica dođe u fizički kontakt s osnovnim materijalom (radnim komadom), prilikom čega nastane kratki spoj. Općenito, mehanizme prijenosa metala kod MIG/MAG postupka zavarivanja možemo prikazati slikom 1 [1, 2, 3, 4, 5].

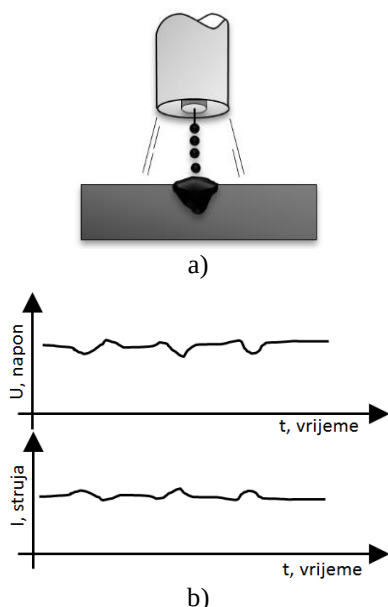


Slika 1. Mehanizam prijenosa metala kod MIG/MAG zavarivanja, prema [2]

2.1. Prijenos metala štrcajućim lukom

Osnovna karakteristika prijenosa metala štrcajućim lukom (slika 2), je prijenos metala (rastaljene kapljice) s

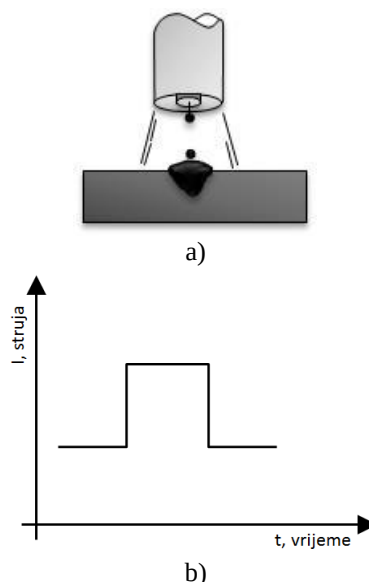
vrha elektrode slobodnim letom kroz atmosferu električnog luka. Takav prijenos metala omogućuje veća količina energije koju je potrebno unijeti u sam proces zavarivanja. Pod time se podrazumijeva povećanje jakosti struje koja će u konačnici dati veće zagrijavanje i povećanje "pinch-efekta", odnosno smanjenje sila koje nepovoljno djeluju na odvajanje rastopljenih kapljica (sile površinske napetosti, reaktivne sile itd.). Jedan od uvjeta za prijenos metala štrcajućim lukom je i primjena plinskih mješavina kod kojih je maksimalna koncentracija aktivnih plinova 18%, a često se primjenjuju i mješavine sa malim postocima drugih plinova radi utjecaja na geometriju zavarenog spoja (npr. kisik utječe na dubinu penetracije – penetracija je uža i dublja, dok upotreba CO_2 daje blažu i zaobljeniju penetraciju) [1, 2, 3, 4, 5].



Slika 2. Prijenos metala štrcajućim lukom: a) shematski prikaz prijenosa; b) shematski prikaz oscilograma, prema [2]

2.2. Prijenos metala pulsirajućim lukom

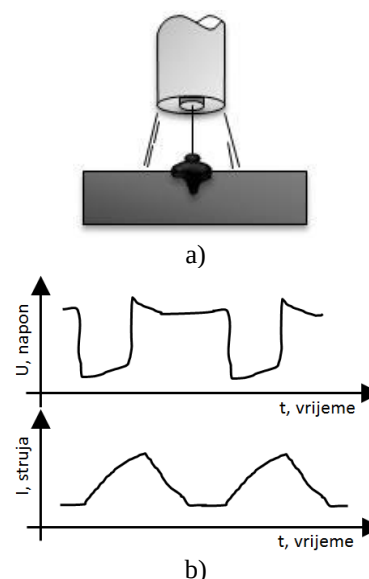
Prijenos metala pulsirajućim lukom (GMAW-P), slika 3, je oblik prijenosa metala štrcajućim lukom kod kojeg je iznos prosječne struje zavarivanja manji od minimalne vrijednosti struje koja omogućuje prijenos metala štrcajućim lukom. To je omogućeno promjenom iznosa struje zavarivanja između dvije vrijednosti – osnovne i maksimalne. Osnovna vrijednost struje zavarivanja je minimalna vrijednost koja je potrebna za održavanje električnog luka, dok je maksimalna vrijednost struje (struja impulsa) ona vrijednost koja omogućuje prijenos metala bez uspostave kratkog spoja (prijenos metala štrcajućim lukom), tj. struja zavarivanja koje je dovoljna da rastali dodatni materijal (žicu), a u idealnom slučaju, vremenski interval trajanja maksimalne struje je minimalno vrijeme potrebno za formiranje i odvajanje jedne kapljice rastaljenog materijala po impulsu [1, 2, 3, 4, 5].



Slika 3. Prijenos metala pulsirajućim lukom: a) shematski prikaz prijenosa; b) shematski prikaz oscilograma, prema [2]

2.3. Prijenos metala kratkim spojevima

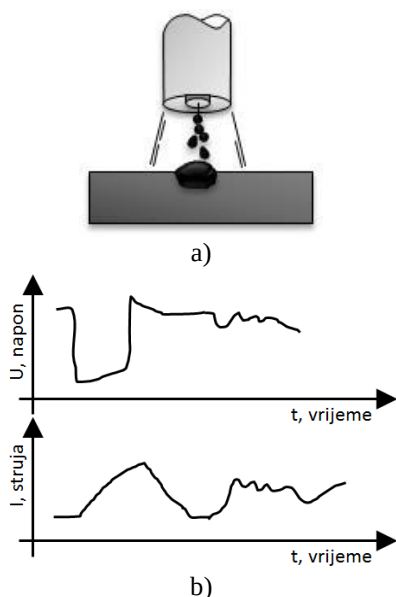
Prijenos metala kratkim spojevima (GMAW-S) jest postupak kod kojeg kontinuirano dovođena puna ili praškom punjena žica stvara metal zavara uslijed uspostave kontinuiranih kratkih spojeva (slika 4). Uzmemo li se u obzir svi spomenuti konvencionalni procesi prijenosa metala kod elektrodočnih postupaka zavarivanja, ovo je način prijenosa metala sa najmanje unosa topline na mjesto zavara. Pojedinačno gledajući, svaki prijenos metala kod ovog procesa nastaje kada žica dođe u fizički kontakt sa osnovnim materijalom ili već nastalim metalom zavara (bilo u krutom ili rastaljenom stanju), a sam proces prijenosa najviše ovisi o promjeru žice (dodatnog materijala), vrsti zaštitnog plina te osnovnim parametrima zavarivanja, a događa se između 20 i 200 puta u sekundi [1, 2, 3, 4, 5].



Slika 4. Prijenos metala kratkim spojevima: a) shematski prikaz prijenosa; b) shematski prikaz oscilograma, prema [2]

2.3. Prijenos metala mješovitim lukom

Prijenos metala mješovitim lukom, slika 5, najčešće se odvija uz upotrebu CO_2 kao zaštitnog plina ili plinskih mješavina sa velikim udjelom istog. To je prijenos metala kod kojeg dolazi do prijenosa metala štrcajućim lukom i kratkim spojevima, a izmjena i redoslijed mehanizama prijenosa je slučajna pojava. Mehanizam prijenosa metala štrcajućim lukom u ovom slučaju najčešće je posljedica gravitacijskih sila. Osnovni nedostatak ovakvog prijenos je njegova neregularnost koja se najčešće odlikuje većim razlikama u promjeru odvojenih kapljica koje u konačnici definiraju geometriju zavarenog spoja. Također, prijenos kapljica nije aksijalan, a prskanje je znatno povećano [1, 2, 3, 4, 5].



Slika 5. Prijenos metala mješovitim lukom: a) shematski prikaz prijenosa; b) shematski prikaz oscilograma, prema [2]

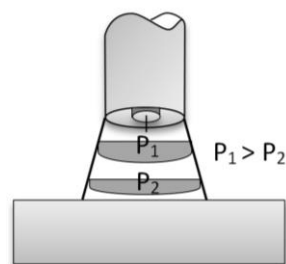
3. MAG forceArc POSTUPAK ZAVARIVANJA

Danas se u izradi čeličnih konstrukcija većih dimenzija, primjenom MIG/MAG postupka zavarivanja, najčešće koristi prijenos metala štrcajućim lukom. Kao što je spomenuto, ovaj proces zavarivanja odvija se kod većih struja zavarivanja u zaštitnoj atmosferi smjesa plinova sa velikom koncentracijom inertnog plina (min. 82% Ar). Kako navodi izvor [6], do kraja 1980, norma DIN 1910-4 sadržavala je definiciju prijenosa metala štrcajućim lukom kao prijenos metala u kojem ne postoji mogućnost nastanka kratkih spojeva. Takav prijenos metala zahtijevao je viši napon električnog luka (fizički duljim električnim lukom), što je rezultiralo nestabilnošću istog, pogodovanjem nastanka grešaka u zavarenom spoju te gubitku legiranih elemenata tijekom procesa zavarivanja. Već Hans Ulrich Promaska, u svojoj knjizi "MAG Schweißen" poziva na "kraći i zbijeni" prijenos metala štrcajućim lukom koji u konačnici nije isključivao mogućnost nastanka kratkih spojeva kod ovog načina prijenosa metala u procesu zavarivanja. Ipak, duljina održavanja kratkih spojeva je bila vrlo

mala, što je rezultiralo minimalnim rastom struje prilikom pada napona električnog luka, prskanje (gubitak dodatnog materijala) je ostalo neznatno, a sam prijenos metala karakterističan po velikoj količini svijetla i zvuku koji se razvijaju tijekom procesa zavarivanja. Ovakav prijenos metala vrlo brzo je pronašao značajnu primjenu u praksi, a u konačnici je i rezultirao promjenom gore navedene definicije prijenosa metala štrcajućim lukom iz kraja 1980-ih [6, 7].

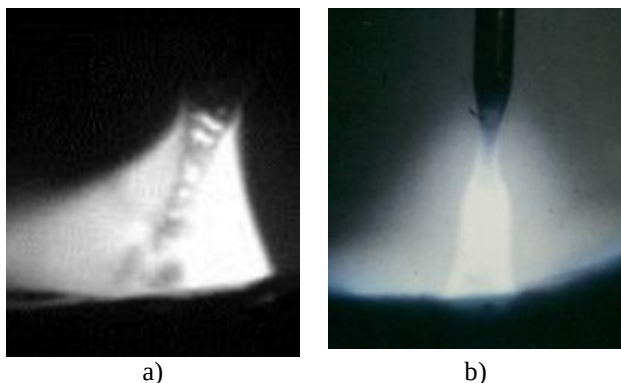
Ovakvo skraćivanje električnog luka, odnosno smanjenje napona električnog luka, bilo je poželjno u mnogim slučajevima zbog samih tehničkih razloga, ali je bilo neizvedivo jer je rezultiralo povećanjem vremena održavanja kratkog spoja, povećanjem struje električnog luka te gubitkom dodatnog materijala kroz prskanje. Ipak, razvojem inverterskih izvora struje za zavarivanje i digitalne kontrole parametara zavarivanja, omogućena je promjena parametara zavarivanja u vrlo kratkim vremenskim periodima. U navedenom primjeru to se prvenstveno odnosi na mogućnost smanjenja vrijednosti jakosti struje u trenutku pojave kratkog spoja, tj. ponovnoj uspostavi električnog luka sve do vraćanja vrijednosti napona na nominalnu vrijednost. Ovakva kontrola procesa smanjuje duljinu trajanja kratkog spoja pri prijenosu materijala, što rezultira malim gubitkom dodatnog materijala – prskanjem [6, 7].

ForceArc tehnologija temelji se na dodatnom skraćivanju električnog luka smanjenjem napona istog u odnosu na prijenos metala klasičnim štrcajućim lukom. Prijenos metala odvija se u obliku sitnih rastaljenih kapljica čija je brzina povećana zbog jačeg djelovanja plazme električnog luka. Teoretski, uz pretpostavku da je ukupna suma svih sila koje djeluju u električnom luku konstantna te da se električni luk stožasto širi prema radnom komadu, tada su vrijednosti pritiska plazme električnog luka i njegova duljina obrnuto proporcionalne, slika 6 [6, 7].



Slika 6. Shematski prikaz pritiska plazme električnog luka, prema [2]

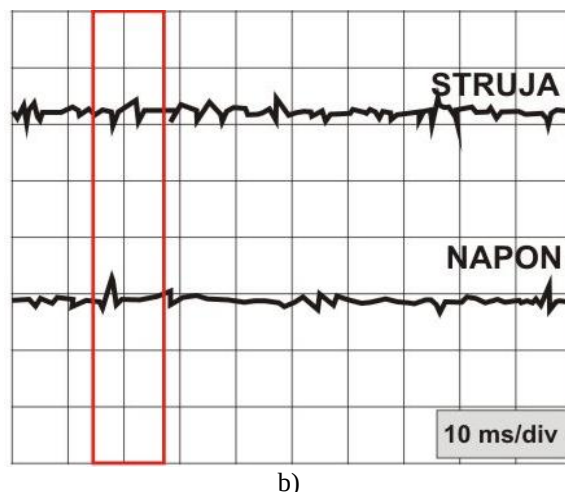
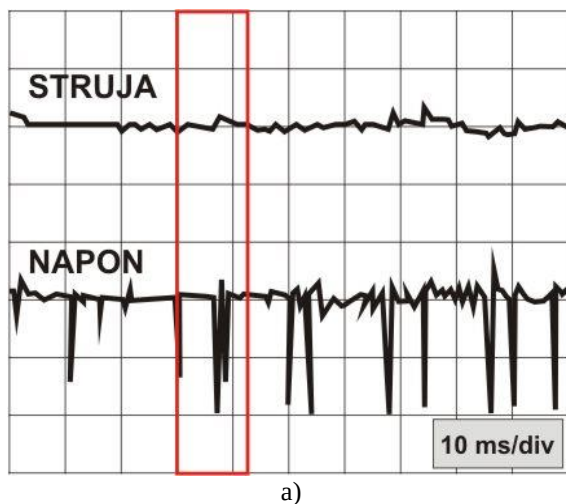
Naravno, u ovakvom procesu lako može doći do spajanja sitnih kapljica te nastajanja "lanca" rastaljenog materijala koji može uzrokovati i kratki spoj, tj. spoj osnovnog i dodatnog materijala, odnosno neželjenog prskanja, ukoliko ne postoji kontrola procesa kao što je navedeno u prethodnom ulomku, slika 7. Kod prijenosa metala kratkim spojem, u trenutku uspostave fizičkog kontakta između rastaljene kapljice i osnovnog materijala, dolazi do trenutnog pada napona zbog pada otpora te povećanja vrijednosti struje (struja kratkog spoja). [6, 7]



Slika 7. Snimka prijenosa metala: a) forceArc postupak; b) prijenos metala štrcajućim lukom [7]

S konvencionalnim izvorima struje za zavarivanje, ovo naglo povećanje vrijednosti struje nije moguće smanjiti u dovoljno kratkom vremenu zbog samog induktiviteta izvora, koji je posljedica velike mase transformatora, za razliku od inverterskih izvora gdje on može biti eliminiran, tj. rast i pad vrijednosti struje u vremenu ostvarivanja kratkog spoja i ponovne uspostave električnog luka može biti kontroliran u vrlo kratkom vremenu. Kod primjene forceArc postupka, kontrola procesa omogućena je kontinuiranim mjerenjem napona električnog luka te brzom regulacijom istog. EWM Group, proizvođač izvora struje za zavarivanje sa opcijom zavarivanja forceArc-om, ovakvu kontrolu procesa zavarivanja naziva još i visokodinamičkom regulacijom stvarnih vrijednosti parametara zavarivanja. Usporedna dinamička karakteristika izvora struje za zavarivanje konvencionalnim štrcajućim lukom i forceArc-om prikazana je slikom 8 [6, 7].

Osim toga, ovakva brza (dinamička) kontrola procesa zavarivanja dozvoljava zavarivanje s duljim slobodnim krajem žice (kod forceArc postupka i do 40 mm) što je osobito pogodno prilikom izvođenja spojeva zahtjevnije geometrije (ograničenih prostorom, izvođenje korijenskih prolaza itd.), ali i kod izvođenja klasičnih spojeva uz ekonomičniju pripremu žljebova ili potpunu eliminaciju pripreme spojeva i prednamještanja zazora (kod tanjih pozicija, uz uvjet osiguranja dovoljne količine zaštitnog plina) [6, 7, 8].



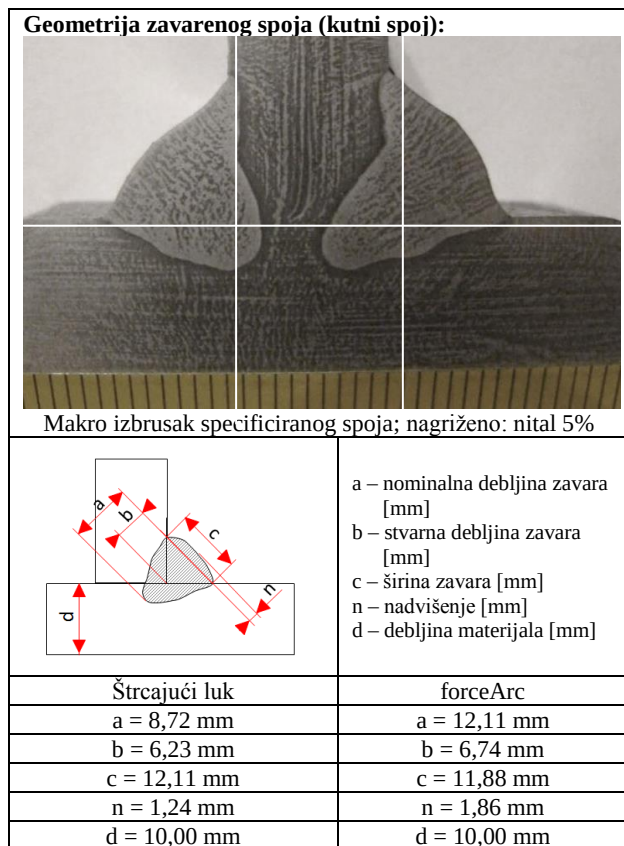
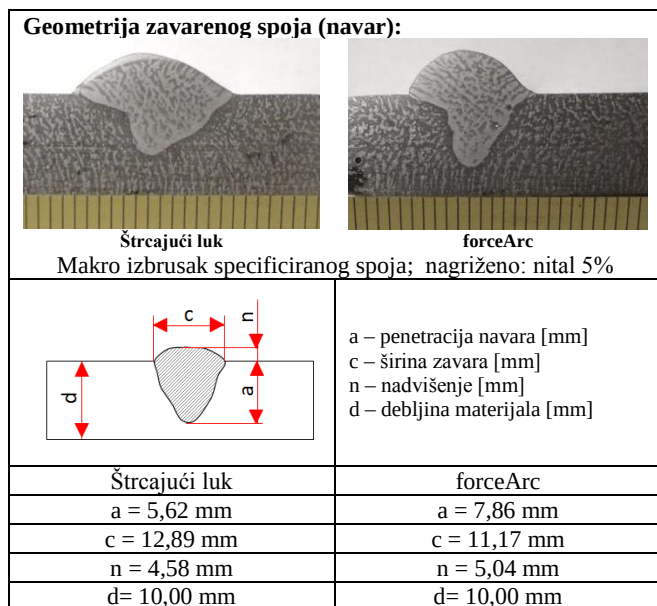
Slika 8. Shematski prikaz dinamičke karakteristike izvora: a) konvencionalni štrcajući luk; b) forceArc, skicirano prema [6, 7]

4. MAKROSKOPSKA ANALIZA SPOJA ZAVARENOG forceArc POSTUPKOM

U svrhu makroskopske analize, izvršeno je usporedno navarivanje i zavarivanje konvencionalnim štrcajućim lukom i navarivanje i zavarivanje u ForceArc modu. Ispitivanje je izvršeno na uređaju EWM Phoenix 351 Puls. Osnovni parametri ispitivanja i analiza dani su tablicom 1, 2 i 3.

Tablica 1: Specifikacija osnovnog i dodatnog materijala te osnovnih parametara zavarivanja korištenih pri izradi uzoraka

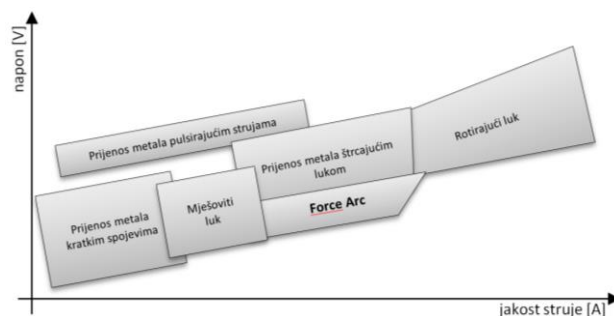
Osnovni materijal:	
EN S355J2G3 d = 10,00 mm	
Dodatni materijal:	
EN ISO 14341-A : G 4 Si 1 Esab AristoRod 12.63 d=1.0mm	
Zaštitni plin:	
EN ISO 14175 : M21 Ferroline C18 , 82%Ar + 18% CO2	
Protok zaštitnog plina:	
q = 13 l/min	
Način zavarivanja:	
ručno/nagib gorionika 45°	
Vrsta spoja/položaj:	
dvostruki kutni spoj/PB; navarivanje/PA	
Priprema spoja:	
bez pripreme/bez zazora	
Parametri zavarivanja:	
Štrcajući luk	forceArc
I = 300 A	I = 320 A
U = 35 V	U = 33 V
v _z = 16,5 m/min	v _z = 18 m/min
v _z = 360 mm/min	v _z = 360 mm/min
Efektivni toplinski input (uz stupanj korisnog djelovanja izvora struje za zavarivanje $\eta = 0,8$):	
E _f = 1400 J/mm	E _f = 1219 J/mm

Tablica 2: Analiza spojeva zavarenih konvencionalnim štrcajućim lukom i forceArc-om – kutni spoj**Tablica 3:** Analiza spojeva zavarenih konvencionalnim štrcajućim lukom i forceArc-om – navar

5. PREDNOSTI PRIMJENE MAG forceArc POSTUPKA ZAVARIVANJA

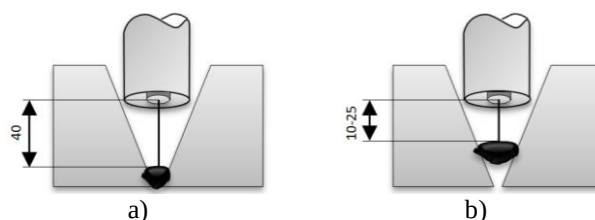
ForceArc, tj. prijenos metala "skraćenim" štrcajućim lukom, bez obzira na jednostavnost modifikacije konvencionalnog prijenosa metala, daje značajne prednosti korištenja, prvenstveno u vidu kvalitete

zavarenog spoja, ali i ekonomičnosti postupka i jednostavnosti primjene. Pri tome, postupak zavarivanja i dalje spada u prijenos metala visoke energije, slika 9.

**Slika 9.** Shematski prikaz prijenosa metala kod MIG/MAG zavarivanja obzirom na primijenjene parametre zavarivanja – energijske razine, prema [7]

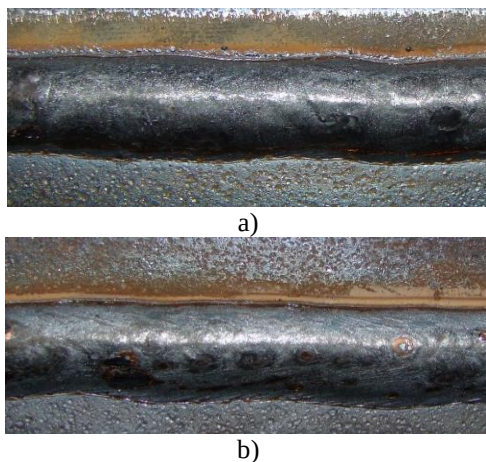
Osnovne prednosti forceArc postupka zavarivanja su:

- Odlična fuzija i značajno povećanje penetracije spoja – duljina električnog luka kod konvencionalnog štrcajućeg luka koja omogućava rad bez prekomjernog prskanja, istovremeno otvara mogućnost puhanja luka (zbog njegove veće dužine). Eliminacija puhanja luka skraćivanjem luka izaziva pojavu kratkih spojeva i neželjeno prskanje. Dinamičko upravljanje parametrima kod forceArc-a omogućava skraćivanje luka bez pojave kratkih spojeva i prskanja. Znatno povećanje penetracije dozvoljava izvođenje zavarivanja tanjih pozicija bez pripreme uz garantirani provar. Također, u ovakvim slučajevima najčešće nije potrebno definirati i prednamještati zazor između pozicija [6, 7, 8].
- Stabilnost luka i lako izvođenje neautomatiziranog zavarivanja – skraćivanje luka daje luku stabilnost i koncentriranost, što je direktna posljedica povećanog pritiska plazme električnog luka. Time se izbjegava "mekanost" konvencionalnog štrcajućeg luka, osobito u geometrijski zahtjevnim pozicijama zavarivanja. Također, dinamička regulacija parametara zavarivanja uz preciznu regulaciju slobodnog kraja žice omogućava rad sa slobodnim krajem žice duljina i do 40 mm, što je osobito važno u izvođenju korijenskih prolaza, bez pojave puhanja luka i naljepljivanja, slika 10 [6, 7, 8].

**Slika 10.** Duljina slobodnog kraja žice: a) forceArc postupak; b) prijenos metala štrcajućim lukom [7]

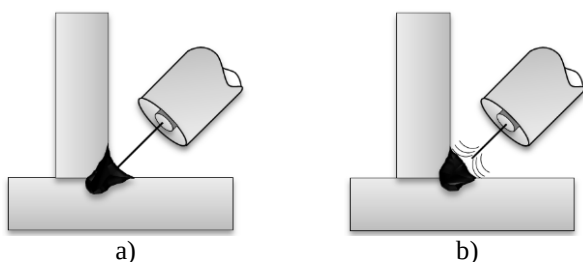
- Smanjena zona utjecaja topline i općenito manji unos topline u osnovni materijal – konstantnost parametara zavarivanja daje smanjeni i ravnomjeran unos topline što se direktno odražava na količinu deformacija i zaostalih napetosti u konstrukciji. Nadalje, smanjuje se sagorijevanje legiranih

elemenata osnovnog i dodatnog materijala, a ova se pojava povoljno odražava i na izgled zavarenog spoja koji je u usporedbi sa konvencionalnim štrcajućim lukom ravnomjerniji i glađi, slika 11 [6, 7, 8].



Slika 11. Izgled zavarenog spoja (zavarivanje prema parametrima iz Tablice 1, 2, 3 - navar: a) forceArc postupak; b) prijenos metala štrcajućim lukom

- Smanjenja mogućnost od nastanka pora i zajedu – povećani pritisak plazme električnog luka olakšava manipulaciju kod manualnog zavarivanja (dopuštena su veća odstupanja kuta nagiba gorionika), bez negativnih posljedica na geometriju zavarenog spoja što se posebno čini korisnim kod korijenskih prolaza. Skraćivanje električnog luka smanjuje mogućnost nastanka zajedu na najmanju moguću mjeru, slika 12. Povećani pritisak plazme električnog luka povoljno utječe i na geometriju zavarenog spoja, tj. približava je idealnom konkavnom obliku (npr. kod kutnih spojeva) [6, 7, 8].



Slika 12. Utjecaj duljine i plazme električnog luka na mogućnost nastanka zajedu i pora u zavarenom spoju: a) forceArc postupak; b) prijenos metala štrcajućim lukom [7]

- Ekonomska isplativost - temelji se na povećanoj brzini zavarivanja (kod automatiziranog i neautomatiziranog zavarivanja). Također, koncentriranost luka, dinamička kontrola parametara zavarivanja i slobodnog kraja žive daje mogućnost izvođenja zavarivanja u žljebovima, čiji je kut otvora manji od konvencionalnih čija je posljedica manji broj prolaza, te uštede u osnovnom i dodatnom materijalu, količini zaštitnih plinova i vremenu zavarivanja bez posljedica na kvalitetu zavarenog spoja. [6, 7, 8]

6. ZAKLJUČAK

U zadnjih petnaestak godina vidljiv je značajan napredak u svim postupcima zavarivanja, a posebno u postupcima zavarivanja taljivom elektrodom u zaštiti inertnih i aktivnih plinova i smjesa. Prvenstveno je to rezultat visokih zahtjeva industrije (kvaliteta zavarenih spojeva, optimizacija troškova proizvodnje, specifični tehnički zahtjevi, razvoj na području inženjerstva materijala, zahtjevi u smislu povećanja produktivnosti, proizvodnosti i ekonomičnosti itd.), povećane konkurencije na području razvoja i proizvodnje opreme i uređaja za zavarivanje, ali i razvoja ostalih pratećih tehničkih grana, prvenstveno vezanih uz razvoj i modifikaciju izvora struje za zavarivanje. [1, 9]. Pri tome, najčešće se radi o većim ili manjim modifikacijama osnovnih načina prijenosa metala (prijenos metala kratkim spojevima ili prijenos metala štrcajućim lukom) što je omogućeno specifičnom regulacijom parametara zavarivanja. Jedan od primjera je i forceArc postupak, tvrtke EWM Group. Kod ovog postupka vidljivo je da se i vrlo malim modifikacijama (u osnovi to je skraćivanje konvencionalnog štrcajućeg luka) mogu dobiti značajna poboljšanja u smislu kvalitete zavarenog spoja i ekonomičnosti postupka zavarivanja. Ipak, opravdanost izbora ovakvog postupka zavarivanja temelji se na pravilnoj primjeni istog, tj. ozbiljnijoj analizi tehničkih zahtjeva konstrukcija, koja bi opravdala ulaganje u ovakve izvore struje za zavarivanje. To je svakako u industriji zahtjevnijih čeličnih konstrukcija, mostogradnji, proizvodnji željezničkih vozila, offshore industriji itd. Postupak je primjenjiv kod zavarivanja ugljičnih čelika, legiranih i visokolegiranih čelika, ali i aluminija i aluminijskih legura debljina većih od 5 mm. Pri tome se kao dodatni materijal najčešće koriste pune žice promjera 1.0 do 1.2 mm, odnosno 1.2 do 1.6 mm kod zavarivanja aluminija i aluminijskih legura. Pošto se ovaj postupak zavarivanja temelji na prijenosu metala štrcajućim lukom, kao zaštitni plinovi koriste se isključivo inertni plinovi, ili smjese plinova sa minimalnom koncentracijom inertnog plina od 82% (češće 90%).

7. LITERATURA

- [1] Lincoln Electric Company: GMAW Welding, Cleveland, Ohio, 2006.
- [2] Kralj, S., Andrić, Š.: Osnove zavarivačkih i srodnih postupaka, Sveučilište u Zagrebu, fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1992.
- [3] Lukačević, Z.: Zavarivanje, Sveučilište Josip Juraj Strossmayer, Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Slavonski Brod, 1998.
- [4] Kou, S.: Welding Metallurgy, John Wiley & Sons Inc., 2003.
- [5] Priručnik za zavarivanje – Elektroda Zagreb, Zagreb, 1987.
- [6] Budig, B.: EWM ForceArc - Brochure, Mündersbach, Germany

- [7] EWM ForceArc presentation, http://www.ewm-sales.co.uk/downloads/wm045401_gb_ewm_forcearc-produktinformation_12.pdf (Dostupno: 05.05.2013.)
- [8] TWI Test House – ForceArc, (Dostupno: 22.04.2013.)
- [9] Garašić, I., Kralj, S., Kožuh, Z.: Suvremeni postupci zavarivanja, Zavarivanje, 53 (2011), 3/4, 61-67

Kontakt autora:**Marko Horvat, dipl. ing.**

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3
42000 Varaždin
e-mail: marko.horvat@unin.hr

Veljko Kondić, mag. ing. mech.

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3
42000 Varaždin
e-mail: veljko.kondic@unin.hr

Dražan Brezovečki, CIWT

Bajkmont d.o.o.
Svetomatejska 12
10360 Sesvete

IZRADA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE LAKTOFRIZA TIP RBV – 300

THE PRODUCTION OF THE PROJECT DOCUMENTATION OF A MILK COOLING TANK TYPE RBV – 300

Tomislav Pavlic, Ivan Novosel, Domagoj Trojko

Stručni članak

Sažetak: U ovom je radu obrađena tema izrade 3D modela i 2D dokumentacije laktofriza tip RBV 300. Modeliranje pojedinih dijelova opisano je kroz nekoliko koraka koji su kasnije spojeni u više zasebnih sklopova te su objedinjeni u zajedničku cjelinu. Izrađena je 2D dokumentacija te primjeri fotorealističnih prikaza dijelova i sklopova.

Ključne riječi: laktofriz, SolidWorks, 3D modeliranje, dio, sklop

Professional papers

Abstract: This final paper deals with the topic of the production of 3D models and 2D documentation of the milk cooling tank type RBV 300. Modeling of individual components is described in several steps which were later combined into more discrete components and are integrated into one common unit. There were made 2D documentation and examples of photorealistic display parts and assemblies.

Key words: milk cooling tank, SolidWorks, 3D modeling, part, assembly

1. UVOD

Tema rada je izrada projektne dokumentacije laktofriza tip RBV 300, proizvod tvrtke Elektrotehnika d.o.o. U radu su navedeni materijali od kojih se izrađuju dijelovi, te je opisan proces proizvodnje laktofriza. Izrađen je 3D model laktofriza i njegovih dijelova, također je napravljena tehnička dokumentacija sklopa i visokorezolucijske slike. Laktofriz ili kako se još naziva rashladni bazen za mlijeko je mljekarska oprema koja se koristi u industriji mlijeka. Njegov zadatak je hlađenje i čuvanje mlijeka. Laktofrizi se izrađuju u različitim oblicima. Mogu biti: okrugli, četvrtasti, cilindrični, na pokretnim kolicima ili laktofriz – cisterne. Izgled ovisi o zapremini to jest kapacitetu mlijeka koje se pohranjuje u laktofriz. Na tržištu postoje mnogi proizvođači, ali u većini slučajeva laktofrizi su u mnogo čemu slični. Kapaciteti mogu varirati od 100 pa sve do 6000 litara mlijeka, a laktofrizi – cisterne se proizvode i do 12000 litara. Izrađuju se od nehrđajućeg čelika sa vrlo dobrom izolacijom radi maksimalne učinkovitosti i štednje energije [1].



Slika 1. Različite izvedbe laktofriza [1]

2. LAKTOFRIZ TIP RBV 300

Rashladni bazen za mlijeko – laktofriz tip RBV 300 kapaciteta je 300 litara za 2 ili 4 mužnje. Otvorenog je tipa i proizveden sa direktnim principom ekspresnog hlađenja (brzina hlađenja prikazana u Tablici 1.). Laktofriz (Slika 2.) je proizveden od nehrđajućeg čelika W.Nr. 1.4301 (AISI 304) s ekološkom poliuretanskom izolacijom visoke kvalitete radi maksimalne učinkovitosti i štednje energije. Prilagođen je za rad na vrlo visokim ambijentalnim temperaturama. Visoko učinkovit agregat laktofriza je zatvorenog tipa sa hermetičkim kompresorom (sa svim potrebnim zaštitama) i koristi potpuno ekološki rashladni medij R 404A.

Hlađenje kondenzatora agregata je zračno. Električno napajanje može biti 230V/50Hz monofazno ili 400V/50Hz trofazno. Elektronsko upravljanje se sastoji od kontrolera s digitalnim pokazivačem temperature koji je programabilan. Također ima integriran elektronski termostat, te program za intervalno miješanje mlijeka (radi održavanja jednake masnoće mlijeka).

Tabela 1. Brzina hlađenja mlijeka

Tip laktofriza	Maksimalni kapacitet (litara)	Broj mužnji		Napajanje 50 Hz (faza/V)		Brzina hlađenja (litara/h)
		2	4	1/230	3/400	
RBV 300	300	x		x	-	133
RBV 300	300		x	x	-	73

2.1. Princip rada laktofriza RBV-300

Mlijeko dolazi u laktofriz temperature 30 – 35 °C. Laktofriz se pali tek kada se ispuni 20 % njegovog kapaciteta. Pri standardnim uvjetima, laktofriz ohladi pola nominalnog kapaciteta za jedan sat do sat i petnaest minuta. Kada je mlijeko ohlađeno na 4 °C hlađenje se isključuje.

Ako temperatura mlijeka u laktofrizu poraste iznad 5 °C, elektronski termostatski pali miješalicu svakih petnaest minuta i ona miješa tri minute. Elektronski termostatski ponavlja proces te samim time održava temperaturu mlijeka u laktofrizu.



Slika 2. Laktofriz TIP RBV 300 [3]

2. PRORAČUN - KARAKTERISTIKE LAKTOFRIZA PREMA KAPACITETU

Laktofriz RBV 300 ima elektromotor s reduktorom koji radi na 230 V. Broj okretaja u minuti je 30 - 36, a snaga mu je 100 W, okretni moment je 6.5 Nm. Laktofriz RBV 300, nominalnog kapaciteta 300 litara, rađen za 2 mužnje.

Napajanje laktofriza je jednofazno, 230 V, 50 Hz. Priključna snaga je 1940 W, dok je rashladna snaga 4000 W. Laktofriz RBV 300 koji je predviđen za 4 mužnje ima isto napajanje, ali priključna i rashladna snaga su drugačije, manje su. Tako je priključna snaga 1067 W dok rashladna je 2200 W. Kako se povećavaju kapaciteti laktofriza, povećavaju se priključna i rashladna snaga te laktofrizi koji su predviđeni za dvije mužnje, imaju veće snage od predviđenih za četiri mužnje.

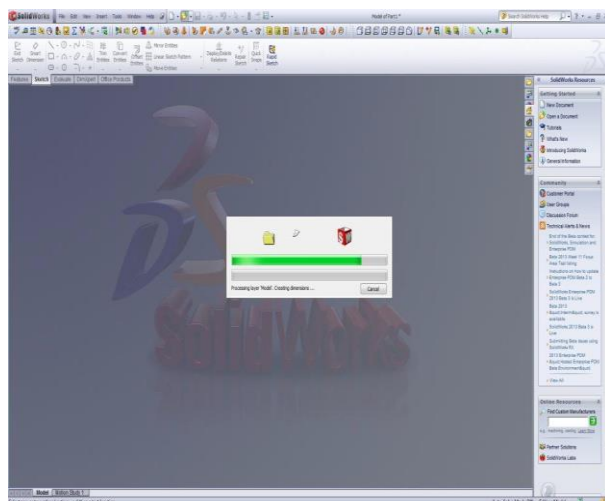
Brzina hlađenja mlijeka također se razlikuje po kapacitetu laktofriza, tako da laktofrizi predviđeni za 2 mužnje imaju veću brzinu hlađenja od laktofriza predviđenih za 4 mužnje. Tablica 2. prikazuje karakteristike laktofriza.

Tabela 2. Prikaz karakteristika laktofriza[3]

Tip	Nom. kap. (lit.)	Broj mužnji		Napajanje 50 Hz (faza/V)		Priklj. snaga (W)	Rashl. snaga (W)	Brzina hlađenja (lit./h)	Težina (kg)
		2	4	1/230	3/400				
RBV300	300	x	x	x		1940	4000	133	129
RBV300	300		x	x		1067	2200	73	123
RBH400	400	x		x		2121	4480	149	168
RBH400	400		x	x		1166	2464	82	161
RBH500	500	x		x	x	2380	5645	188	176
RBH500	500		x	x	x	1309	3105	103	169
RBH650	650	x		x	x	2870	7350	245	205
RBH650	650		x	x	x	1579	4042	135	198
RBH800	800	x			x	3430	9150	304	240
RBH800	800		x		x	1837	5033	167	233
RBH1000	1000	x			x	4440	11988	398	283
RBH1000	1000		x		x	2442	6593	219	272
RBH1200	1200	x			x	5000	13700	453	315
RBH1200	1200		x		x	2750	7535	250	302
RBH1400	1400	x			x	5800	15890	525	350
RBH1400	1400		x		x	3200	8780	291	338
RBH1600	1600	x			x	6860	18300	615	382
RBH1600	1600		x		x	3773	10065	338	370

3. KONVERZIJA POSTOJEĆIH 2D NACRTA U 3D MODEL

U današnjoj proizvodnji koriste se mnogi CAD programi za dobivanje 2D radioničkih crteža ili 3D modela. Neki dijelovi laktofriza TIP RBV 300 napravljeni su koristeći programski alat AutoCAD. Konverzija 2D radioničkih crteža tih dijelova u 3D model (Slika 3.) izvršila se otvaranjem datoteke spremljene u dxf formatu u SolidWorks-u te uzimanjem parametara koji su potrebni, dobila se skica – *Sketch* koja se oblikuje u 3D model u formi *Sheet Metal*.



Slika 3. Konverzija modela iz datoteke u SolidWorks [4]

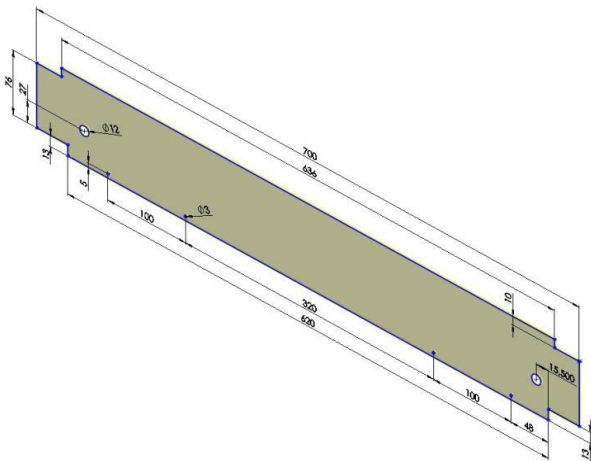
4. IZRADA 3D MODELA LAKTOFRIZA TIP RBV 300

Prikupljeni podaci postojećeg laktofriza (mjerjenja, fotografije, skice) osnova su za izradu 3D modela laktofriza TIP RBV 300. Sklop laktofriza je izrađen iz više zasebnih podsklopova poput: postolja, kutija s oprugom, sklop ventila za pražnjenje (pipe), sklop termostata i motora. Zbog toga se u sklop laktofriza ubacuju i ostali sklopovi kao odvojeni dijelovi. Ostali dijelovi ubacivani su u sklop opcijom sklop (*eng. Assembly*).

4.1. Postolje laktofriza

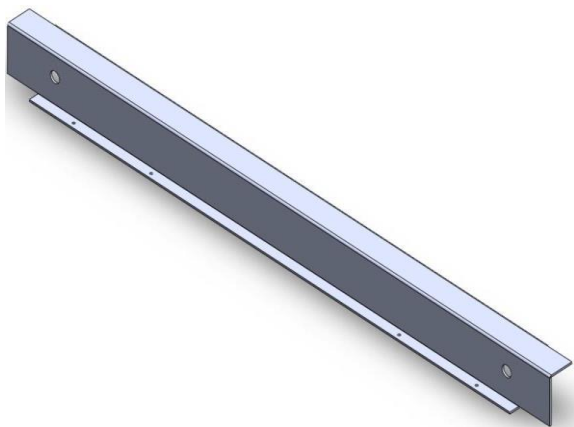
Konverzijom postojećih 2D nacrtu u 3D model dobivena je pozicija postolja laktofriza.

Nakon izrade skice – *Sketch* u formi *Sheet Metal* koristi se naredba *Sketched Bend* za modeliranje limova. Opcijom razvlačenje (*eng. Flatten*) može se dobiti razvijena širina lima i prikazane su linije savijanja (Slika 4.).



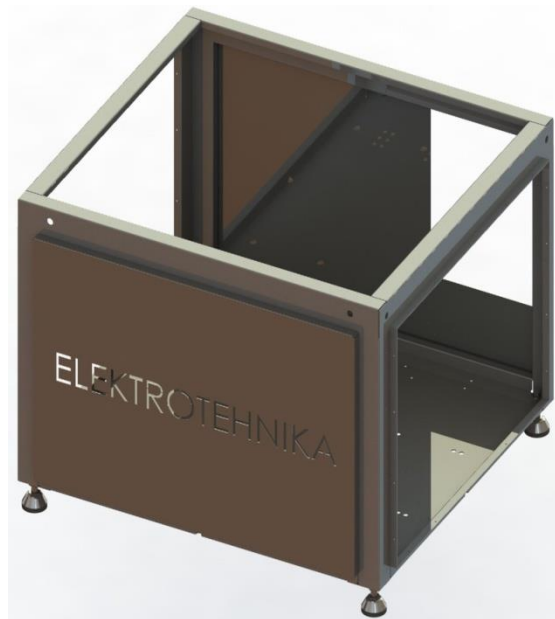
Slika 4. Skica - *Sketch* stranice postolja [4]

Pomoću raspoloživih alata za modeliranje limova u formi *Sheet Metal* oblikovan je trodimenzionalni model stranice postolja (Slika 5.).



Slika 5. 3D model stranice postolja [4]

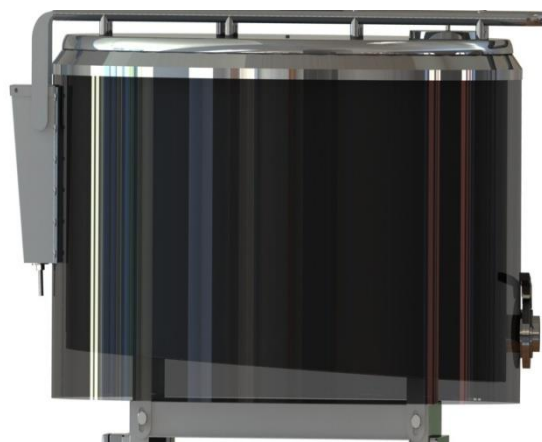
Kada su izrađeni ostali dijelovi postolja spajaju se u sklop. U sklopu postolja (Slika 6.) korištena je opcija zavarivanje (*eng. Weldments*). Pomoću te naredbe moguće je postavljati zavare na predviđena mjesta.



Slika 6. Sklop postolja laktofriza [4]

4.2. Središnji dio laktofriza

3D modeliranjem izrađeni su dijelovi koji sačinjavaju središnji dio laktofriza (Slika 7.). Zatim je izvršeno sastavljanje sklopa. Svi dijelovi zajedno povezuju se naredbom spajanje (*eng. Mate*). Poveznice moraju biti točno definirane kako ne bi došlo do raspadanja sklopa.

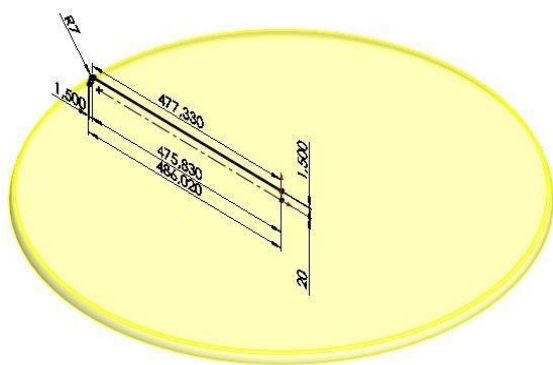


Slika 7. Središnji dio laktofriza [4]

4.3. Poklopac laktofriza

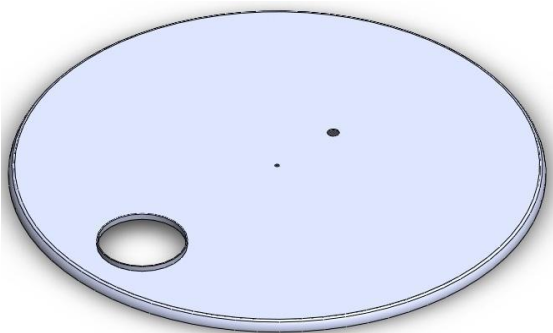
Oblikovanje poklopca laktofriza (Slika 8.) započinje naredbom (*eng. Revolve*) prema napravljenoj skici. Zatim se oblikuju provrti koji se izrezuju opcijom oduzimanje materijala (*eng. Extruded Cut*). Kada su izbušeni provrti

na poklopcu, na velikom provrtu dodan je rub izvlačenjem materijala (eng. *Boss-extrude*).



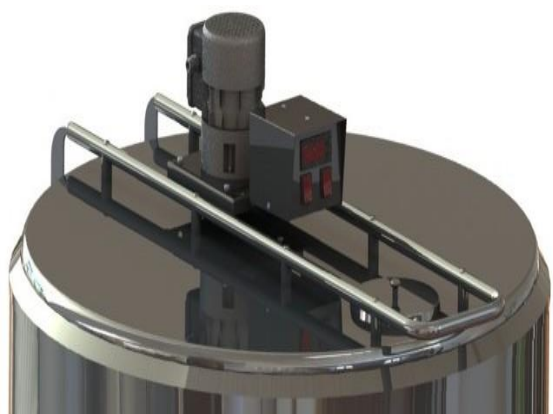
Slika 8. Sketch velikog poklopca [4]

Koristeći opcije (eng. *Chamfer*) oblikuje se skošenje i (eng. *Fillet*) da se zaobli unutarnji promjer otvora za mali poklopac dobiva se konačni izgled velikog poklopca kojeg prikazuje slika 9.



Slika 9. 3D model velikog poklopca [4]

Kada su izrađeni svi dijelovi poklopca laktofriza, spajaju se u zaseban sklop. Slika 10. prikazuje sklop poklopca laktofriza.



Slika 10. Sklop poklopca laktofriza [4]

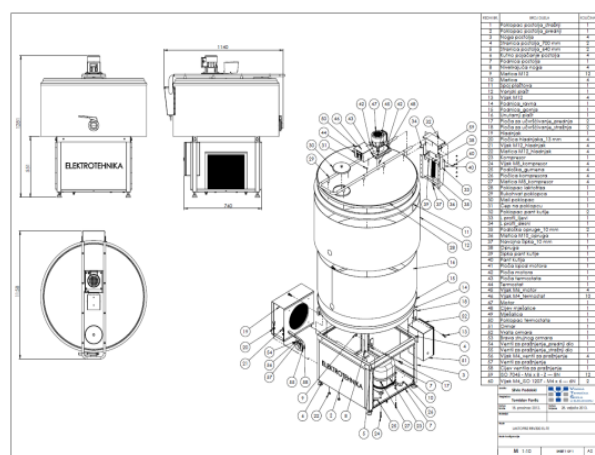
Nakon 3D modeliranja svih dijelova laktofriza obavlja se njihovo spajanje i definiranje pokretnih i nepokretnih dijelova, te renderiranje dijelova u programu *PhotoView 360*. Slika 11. prikazuje 3D modela laktofriza TIP RBV 300.



Slika 11. 3D model laktofriza TIP RBV 300 [4]

5. GENERIRANJE 2D TEHNIČKE DOKUMENTACIJE ZA POTREBE UNAPREĐENJA PROIZVODNJE

Pomoću 3D modela sklopa (laktofriza TIP RBV 300) veoma brzo se izrađuje polazna odgovarajuća 2D dokumentacija namijenjena izradi novog uređaja. Odabirom projekcija i ispravnim rasporedom na odgovarajući format crteža omogućujemo automatsko kotiranje 2D crteža. Generirani 2D crtež kompatibilan je s njegovim 3D modelom, a promjenom dimenzija u 2D crtežu automatski se mijenja i oblik 3D modela.



Slika 12. 2D dokumentacija (N/T/B) i rastavljeni prikaz (eng. *Explode-IZO*) laktofriza TIP RBV 300 [4]

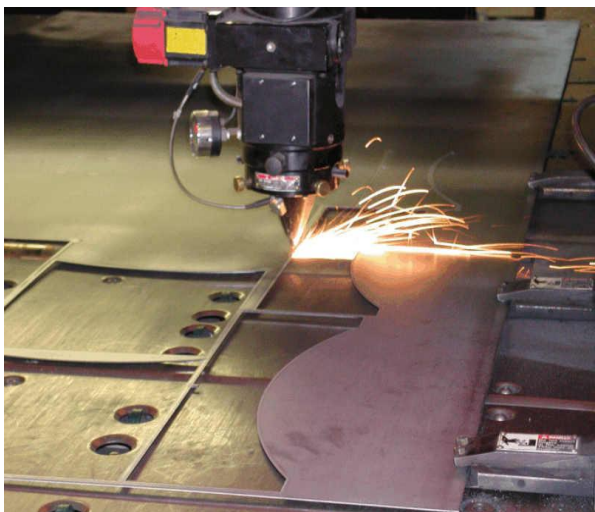
6. PROIZVODNI PROCES LAKTOFRIZA RBV 300

Laktofriz RBV 300 se proizvodi u pogonu tvrtke Elektrotehnika d.o.o. Većinu dijelova tvrtka proizvodi sama na svojim strojevima, a neki dijelovi kao što su: nivelirajuće noge, termosta, kompresor, hladnjak kupljeni su proizvodi.

Kupljeni proizvodi se u toku proizvodnje spajaju na laktofriz. Najviše dijelova laktofriza izrađuje se na CNC laseru za rezanje limova. Prvo se vakumskom sisaljkom dignu ploča lima (najveće dimenzije koje stanu na laser su 2500x1500 mm) i stavi na laser. Laser ima CNC upravljanje i povezan je sa računalom iz kojeg se šalje program te po putanjama programa laser reže lim. Na slici 13. prikazan je CNC Laser Amada LASMAC LC 2415 A3.



Slika 13. CNC Laser Amada LASMAC LC 2415 A3 [7]



Slika 14. Rezanje lima CNC laserom [8]

Vakumski nosač limova (slika 15.) kreće se po kliznim vodilicama, koje su spojene za željeznu konstrukciju na stropu proizvodne hale. Služi za lakši prijenos velikih i teških ploča lima do strojeva.



Slika 15. Vakumski nosač pločastih materijala [7]

Kada se na laseru izrežu dijelovi limova, tada se na CNC savijačici ili stroju za kružno savijanje limova oblikuju konačni dijelovi laktofriza. Dijelovi postolja (podnica postolja i stranice), pant kutija, ploče limova koje se koriste za pričvršćivanje termostata i električnog motora, savijaju se na CNC savijačici. Na slici 16. prikazana je CNC savijačica.



Slika 16. CNC savijačica [7]

CNC savijačice imaju gornje i donje prizme (slika 17.) koje se koriste za savijanje. Njihovom promjenom mijenja se i radijus koji je potreban na dijelu koji se savija[9].



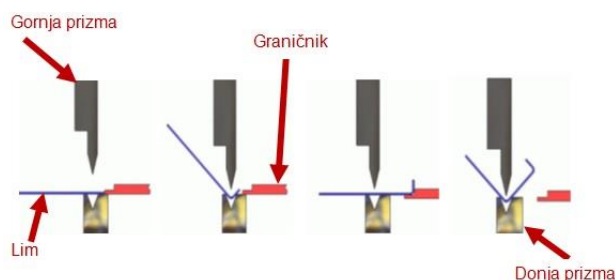
Slika 17. Gornje i donje prizme [7]

Slika 18. prikazuje savijanje lima na CNC savijačici.



Slika 18. Prikaz savijanja lima na CNC savijačici [10]

Kako bi se dobila pozicija, ploča lima treba se savijati najčešće više puta, pa se mora na više načina stavljati na CNC savijačicu. Ploča lima stavlja se do graničnika te gornja prizma pritišće lim u utor donje prizme. Na slici 19. prikazan je postupak kutnog savijanja lima na CNC savijačici.



Slika 19. Prikaz kutnog savijanja lima na CNC savijačici [10]

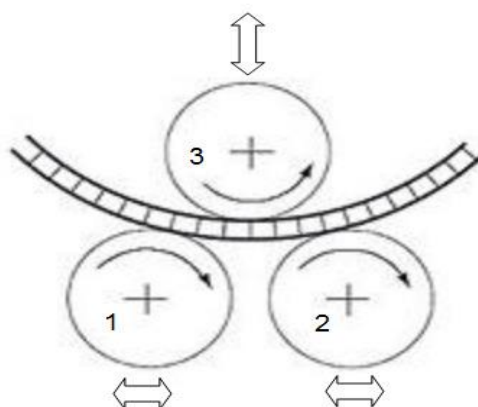
Vanjski i unutarnji plašt oblikuju se u kružni oblik na stroju za kružno savijanje limova (slika 20.).



Slika 20. Stroj za kružno savijanje limova [11]

Stroj za kružno savijanje limova ima tri paralelno postavljena valjka za valjanje cilindričnih plašteva. Dva donja valjka (1 i 2) su pogonska i služe kao oslonac, dok je treći valjak malo veći te nema svoj pogon. Osim

rotacije veliki valjak može se vertikalno pomicati i tako određuje radijus savijanja lima. Pogon je mehanički odnosno okretni moment se s elektromotornog pogona prenosi na spojku, zatim na pogon kojim se regulira brzina i smjer rotacije te na pogonske valjke. Vertikalno pomicanje većeg valjka može se ostvariti mehanički – navojnim vretenom i maticom kod konstruktivno jednostavnijih strojeva ili hidraulički kod većih strojeva koji zahtijevaju postizanje većih sila savijanja. Kod standardnih alatnih strojeva za valjanje cilindričnih plašteva duljina valjaka ne prelaze 4000 mm. Promjeri valjaka variraju prema debljini lima koji se savija, te radijusu na koji se lim savija [10]. Slika 21. prikazuje kretanje valjaka.



Slika 21. Prikaz kretanja valjaka [10]

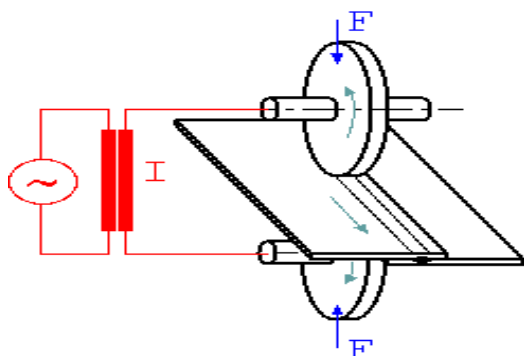
Podnice laktofriza (gornja i ravna) zavaruju se jedna za drugu. Ravna podnica je manjeg promjera i ona se elektrootporno šavno (kolutno) zavaruje za gornju podnicu. Podnice se još točkasto zavaruju s punktom 40x40 mm. Kada su podnice spojene jedna za drugu one se zavaruju na ploče za učvršćivanje koje su spojene s postoljem. Na slici 22. prikazan je NC stroj za šavno zavarivanje.



Slika 22. NC stroj za šavno zavarivanje [11]

Elektrootporno zavarivanje (slika 23.) koristi se za preklopno zavarivanje gornje i ravne podnice. Pomoću elektroda u obliku koluta (diska), koji zavarivane

podnice pritišću s objiju strana i istovremeno se rotiraju, a preko njih na mjestu dodira, neprekidno ili u prekidima, protječe električna struja zavarivanja. Nastali zavareni spoj je neprekidan niz preklopnih točkastih zava (vodonepropusni var) ili niz međusobno razmaknutih točkastih zava (isprekidano zavarivanje) [12].



Slika 23. Šavno elektrootporno zavarivanje [13]

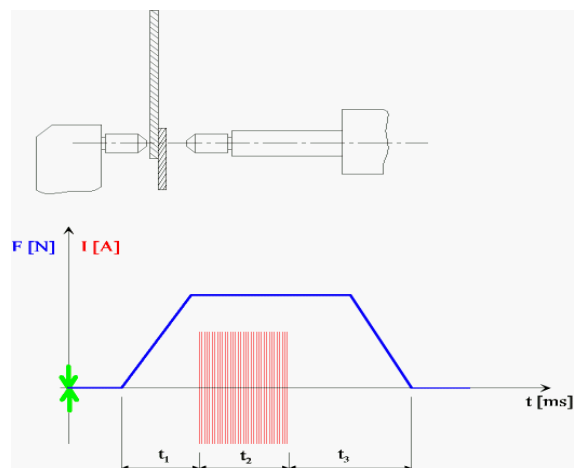
Točkasto zavarivanje ili točkasto elektrootporno zavarivanje je preklopno zavarivanje taljenjem dvaju dijelova (gornje i ravne podnice) stegnutih između dviju elektroda, kroz koje se dovodi električna struja. Na dodirnom se mjestu obaju podnica koji se zavaruju stvara Jouleova toplina koja rastali materijal i talina se izmiješa. Nastali var ima oblik točke, a presjek mu je u obliku leće [13]. Na slici 24. prikazan je NC stroj za točkasto zavarivanje.



Slika 24. NC stroj za točkasto zavarivanje [7]



Slika 25. Prikaz točkasto zavarenog spoja [14]

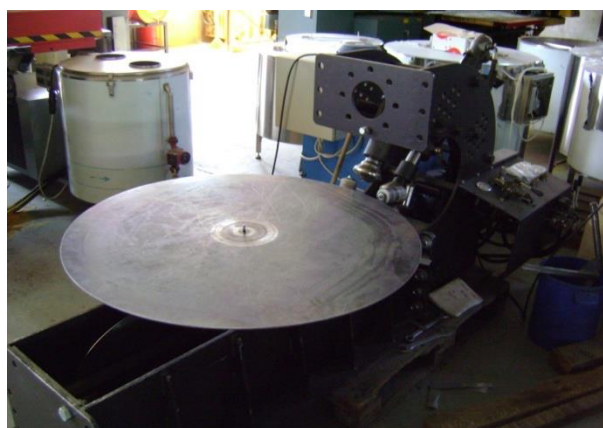


Slika 26. Skica točkastog zavarivanja [13]

Spoj plaštova reže se škarama za rezanje limova (slika 27.), a poklopac laktofriza te mali poklopac se režu na laseru. Poslije slijedi savijanje na stroju za savijanje okruglih dijelova (slika 39.).



Slika 27. Škare za rezanje limova [7]



Slika 28. Stroj za savijanje okruglih dijelova [7]

Kada se vanjski i unutarnji plašt spoje na spoj plaštova tada između njih ostane praznina. Ta praznina se puni poliuretanskom izolacijom (slika 29.) tako da se kalup laktofriza okrene naopačke te se sa CNC strojem za punjenje poliuretanskom izolacijom (slika 30.) puni kalup.



Slika 29. Punjenje kalupa poliuretanskom izolacijom [14]



Slika 30. CNC stroj za punjenje poliuretanskom izolacijom [11]

6. ZAKLJUČAK

Korištenjem CAD programa pojednostavljuje se izrada laktofriza, smanjuju troškovi razvoja, ubrzava rad, omogućuje stvaranje 3D modela, izrada dokumentacije te se može stvoriti fotorealistični prikaz proizvoda koji daje jasan prikaz izrade proizvoda u stvarnosti. Prikazani su postupci izrade pojedinačnih dijelova i montažnih sklopova. Zbog mnogo pojedinačnih dijelova nije prikazan postupak modeliranja svih elemenata. Izdvojeni su složeniji dijelovi i montažni sklopovi za 3D modeliranje.

Izrađeni 3D model doprinosi poboljšanju izrade laktofriza TIP RBV 300. Poboljšan je vanjski izgled i pregled unutrašnjosti laktofriza. 3D model laktofriza može se upotrebljavati za daljnju analizu, poboljšanja i za izradu prototipa.

7. LITERATURA

- [1] <http://www.elektrotehnika.hr/index.php?page=laktofriz-tip-rbk> (Dostupno: 28.10.2012.)
- [2] <http://www.agroklub.com/> (Dostupno: 28.10.2012.)
- [3] <http://www.elektrotehnika.hr/uploads/katalozi/rbv.pdf> (Dostupno: 28.10.2012.)
- [4] Elektrotehnika d.o.o. Križevci; 24.08.2012.
- [5] Elektrotehnika d.o.o. Križevci; 28.08.2012.
- [6] Elektrotehnika d.o.o. Križevci; 04.09.2012.
- [7] Elektrotehnika d.o.o. Križevci; 07.09.2012.
- [8] www.enravingmachinesite.com (Dostupno: 25.02.2013.)
- [9] http://pmi.vihn.net/auction/Files/3_39338_Braka%20Final.pdf (Dostupno: 16.02.2012.)
- [10] http://moodle.tesla.hr/pluginfile.php/717/mod_resource/content/1/Alatni_strojevi_1_-_1_dio.pdf (Dostupno: 25.02.2013.)
- [11] <http://www.elektrotehnika.hr/index.php?page=proizvodnja> (Dostupno: 28.10.2012.)
- [12] Hercigonja Eduard, Strojni elementi 1, Školska knjiga, Zagreb, 1996.
- [13] http://hr.wikipedia.org/wiki/Elektrootporno_zavarivanje (Dostupno: 26.09.2012.)
- [14] Elektrotehnika d.o.o. Križevci;

Kontakt autora:

Pavlic Tomislav, mag.ing.mech.

Visoka tehnička škola u Bjelovaru
Trg E. Kvaternika 4, 43000 Bjelovar
043/241-204, tpavlic@vtsbj.hr

Novosel Ivan, bacc. ing. el.

Elektrotehnika d.o.o
Ulica Nikole Tesle 16, 48260 Križevci
048/682-789, ivan.novosel@elektrotehnika.hr

Domagoj Trojko, mag. ing. graph. tech.

Sveučilište Sjever
104.brigade 3
42000 varaždin
domagoj.trojko@unin.hr

METEOROLOŠKI RADAR MER-93S-K

WEATHER RADAR MER-93S-K

Ivan Šumiga, Igor Petrić

Stručni članak

Sažetak: Ovim radom obrađen je meteorološki radar MER-93S-K za kojeg zbog starije proizvodnje na tržištu nestaju pojedini rezervni djelovi. Najveći problem za ovaj radar je odašiljačko-prijemna skretnica. Trenutno ugrađena skretnica se proizvodila u 60-tim i 70-tim godinama prošlog stoljeća, pa je više nema u nabavi. Danas postoje skretnice novije izvedbe koje bi se mogle koristiti kao zamjena za postojeću. Rad je koncipiran u nekoliko poglavlja. U uvodnom djelu su općenito opisani radarski sustavi. U drugom poglavlju su opisani meteorološki radari, njihov razvoj, vrste, primjena. U trećem poglavlju je obrađen radar MER-93S-K. U četvrtom poglavlju su obrađene moderne odašiljačko-prijemne skretnice te je predložena moguća zamjena za postojeću.

Ključne riječi: radarski sustavi, meteorološki radar, odašiljačko-prijemna skretnica

Professional paper

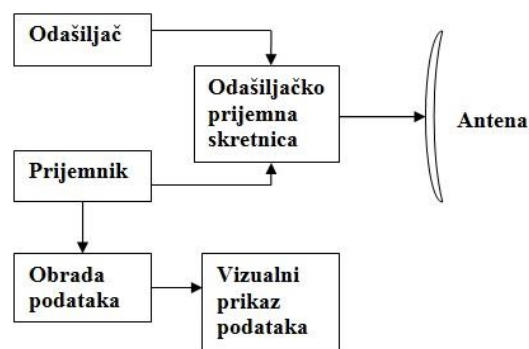
Abstract: This paper describes the weather radar MER-93S-K and its problem considering that this radar is older production and some part are no longer in production. The biggest problem for this radar is transmit-receive switch. Currently installed switch are produced in the 60's and 70's of the last century and it is no longer in the production. However there are switches of modern design that could be used as a replacement for existing. Paper is divided in several chapters. In the introductory part there are generally described radar systems. In the second chapter there are described weather radars, their development, types of applications. In the third chapter radar MER-93S-K is described. In the fourth chapter a modern transmit-receive switches are described and suggested a possible replacement for the existing transmit-receive switch.

Key words: radar system, weather radar, transmit-receive switch

1. UVOD

Radar je sustav koji upotrebljava elektromagnetske valove za identificiranje udaljenosti, visine, smjera ili brzine objekata koji se gibaju, kao što su avioni, brodovi, automobili i razne vremenske formacije, npr. oblaci. Iako je osnovni princip rada radara relativno jednostavan, u mnogim slučajevima njegova praktična primjena može biti složena. Radar radi na principu zračenja elektromagnetske energije i detekciji reflektiranog signala koji se odbija od nekog objekta. Udaljenost radara od objekta se može lako izračunati iz vremena koje je potrebno signalu da putuje od radara do objekta i natrag. Kutna pozicija objekta se određuje pomoću antene koja može detektirati pod kojim kutem dolazi reflektirani signal. Ako se objekt giba, radar može pretpostaviti njegovu sljedeću lokaciju. Pomak u frekvenciji primljenog signala posljedica je Dopplerovog efekta kojeg uzrokuju objekti u gibanju. Zbog toga radar može razdvojiti objekte koji se gibaju od objekta koji miruju, iako je često veličina reflektiranog signala od stacionarnog objekta veća od signala objekta koji se giba. Radar može upotrebljavati frekvencije od nekoliko megaherca do frekvencija koje ulaze u optičko područje.

Tehničke implementacije radara razlikuju se obzirom na korišteno frekvencijsko područje, ali je princip rada isti. Moderni radari mogu raditi na različitim frekvencijama različitog valnog oblika i polarizacije tako da mogu raditi u različitim okruženjima.



Slika 1. Blok shema radarskog sustava

Radarski signal generira se u odašiljaču i emitira preko antene u prostor. Da bi se antena mogla koristiti u istom vremenu za predaju i prijem koriste se odašiljačko-prijemne skretnice. Prijemnik prima signal pomoću antene i pojačala. Radar općenito određuje lokaciju

objekta pomoću kuta i udaljenosti. Izlaz prijemnika može biti prezentiran operateru i on onda odlučuje da li je objekt prisutan ili ne. Signal može biti dodatno procesiran u svrhu automatskog određivanja da li je objekt prisutan ili ne. Slika 1 prikazuje blok shemu jednostavnog radarskog sustava.

2. METEOROLOŠKI RADAR

Meteorološki radar je vrsta radara koja se koristiti za pronalaženje oborina, izračunavanje smjera kretanja i procjenu vrste oborine (kiša, snijeg, tuča). Danas su to uglavnom pulsni Doppler radari koji imaju mogućnost otkrivanja gibanja kapljica kiše što se može iskoristiti u dobivanju brzine strujanja unutar same meteorološke pojave. Stariji radari nisu radili na Dopplerovom efektu pa mogu samo detektirati kretanje meteorološke pojave i intenzitet oborine unutar pojave.

2.1. Povijest meteorološkog radara

Tijekom drugog svjetskog rata vojni radarski operateri su primijetili smetnje u radarskim odrazima uzrokovanim zbog vremenskih oborina (kiša, tuča, snijeg). Poslije rata mnogi vojni znanstvenici su se vratili u civilni život i nastavili raditi na odrazima oborina.

U SAD-u je 1947.g. David Atlas predstavio prvi funkcionalni meteorološki radar. U isto vrijeme u Kanadi znanstvenici istražuju refleksiju odraza koja je povezana s intenzitetom oborine, dok u Velikoj Britaniji rade eksperimente na valnim duljinama od 1 do 10 cm. 1953.g. je prvi puta zabilježeno radarsko praćenje oluje s tornadom i prvi puta je otkriven odraz u obliku kuke iz koje nastaje tornado.

Između 1950.g. i 1980.g. klasični refleksijski radari koji su mjerili poziciju i intenzitet oborina su bili implementirani u razne meteorološke servise diljem svijeta. Razvijeni su uređaji koji su mogli snimati radarske slike. Dobivene su slike iz horizontalnog i vertikalnog presjeka koje su omogućavale stvaranje trodimenzionalnog prikaza meteorološke pojave.

Krajem 60-tih godina prošlog stoljeća počelo se eksperimentirati na dvostrukoj polarizaciji signala i na upotrebi Dopplerovog efekta. U svibnju 1973.g. prvi puta je uz pomoć Doppleriziranog meteorološkog radara snimljena oluja iz koje se razvio razorni tornado koji je pogodio predgrađe Oklahoma Citya. Otkrivena je mezoskalna rotacija unutar oblaka prije nego je tornado dotaknuo tlo. Kasnijim istraživanjima došlo se do spoznaje gdje će se tornado spustiti na tlo.

Između 1980.g. i 2000.g. većina konvencionalnih radara u svijetu je zamijenjena sa Dopplerovim radarima. U međuvremenu su razvijeni mnogi algoritmi koji detektiraju znakove mogućih oluja, a implementirani su u radarske sustave.

2.2. Kako meteorološki radar radi

Osnovni princip je da meteorološki radar šalje impulsni signal, prima reflektirani signal, obrađuje ga i prikazuje rezultat obrade na zaslonu. Usmjereni impulsni

signal elektromagnetskog vala šalje se u trajanju od nekoliko mikrosekundi upotrebljavajući magnetron ili klistron koji je spojen na antenu.

Valne duljine od 1-10 cm su otprilike deset puta veće od promjera padalina ili leda. To znači da će se dio energije svakog impulsa odbiti natrag u smjeru radarske stanice.

Manje valne duljine su pogodne za manje čestice, ali takav signal brzo oslabi i premalo energije se vraća natrag do radara. Najčešće korištena valna duljina je 10 cm. Radari s valnom duljinom od 3 cm se koriste za kratke domete, dok se radar sa valnom duljinom od 1 cm koristi samo za praćenje magle.

Radarski impulsi se odmakom od radara šire. Volumen zraka kroz koji radarski impuls putuje veći je za područja dalje od stanice, a manji za bliža područja. Rezolucija je manja na većim udaljenostima.

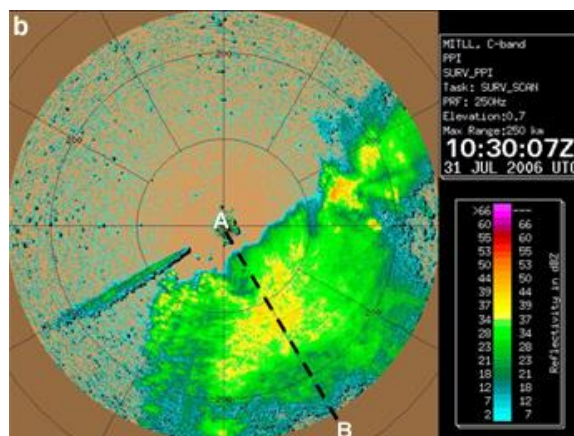
Između svakog impulsa radar se ponaša kao prijemnik koji „sluša“ signal reflektiran od čestica u zraku. Trajanje primanja reflektiranog signala je reda milisekunde, što je otprilike tisuću puta više od trajanja poslanog impulsa. Dužina primanja signala se određuje iz vremena potrebnog da se signal vrati od čestica u zraku. Horizontalna udaljenost radara od čestica se lako izračuna iz vremena koje počinje emitiranjem impulsa, a završava detekcijom vraćenog signala. Formula (1) po kojoj se udaljenost izračunava je:

$$d = c \frac{\Delta t}{2n} \quad (1)$$

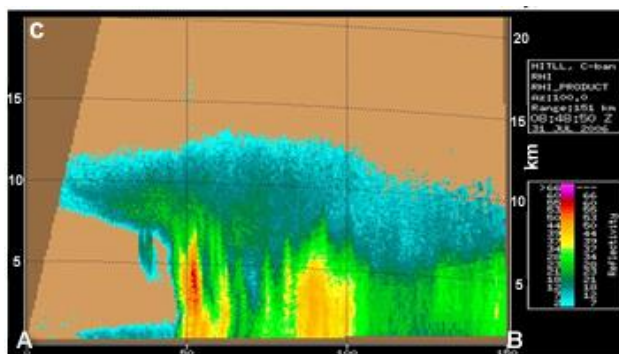
gdje je: t vrijeme, c brzina svjetlosti 299792.458 km/s, a $n=1.0003$ je refleksijski indeks zraka.

Ako su impulsi prečesto emitirani refleksija od jednog impulsa će se miješati s refleksijom prethodnih impulsa, što rezultira pogrešnim izračunom udaljenosti. Zato se primljeni reflektirani signal dodatno obrađuje. Nakon pojačanja šalje se kroz razne filtre koji eliminiraju šumove i refleksiju izazvanu nepomičnim objektima.

Postoji više vrsta slika koje se prikazuju kao rezultat obrade reflektiranog signala. Najčešći oblik prikaza je horizontalni (slika 2) i vertikalni presjek (slika 3) meteorološke pojave. Raznim softverskim rješenjima može se dobiti volumni presjek nekog područja skeniranja ili trodimenzionalni prikaz meteorološke pojave.



Slika 2. Horizontalni presjek meteorološke pojave [2]



Slika 3. Vertikalni presjek meteorološke pojave [2]

3. METEOROLOŠKI RADAR MER-93S-K

Radar MER-93S-K je meteorološki radar, a osnovna namjena mu je da služi kao senzor u obrani od tuče pomoću raketa. Druga namjena je da se koristiti za analizu i kratkoročnu vremensku prognozu na manjem području.

Ovaj radar ima veliku pokretljivost antene i brzu obradu signala što omogućuje operateru procjenu tučoopasnosti u realnom vremenu. Radijus dometa radara je 95 km. Antenom se može upravljati na više brzina, a maksimalna brzina antene je 20 okretaja u minuti.

Radar može pretraživati kružno ili u nekom zadanom sektoru što se prikazuje na panoramskom pokazivaču (horizontalna os). Radarom se može pretraživati i po elevaciji (vertikalna os). Radarske slike se mogu pohranjivati na računala te kasnije upotrebljavati za daljnu obradu. Ovim radarom se može upravljati pomoću PC računala ili ručno.

Napajanje radara je iz gradske mreže (3x380V, 50Hz, 6.5 kVA). U slučaju nestanka električne energije radar može raditi preko elektroagregata što mu osigurava potpunu energetska autonomnost. Za radar je vrlo važno da nesmetano nastavi raditi ukoliko zbog nevremena dođe do ispada gradske mreže.

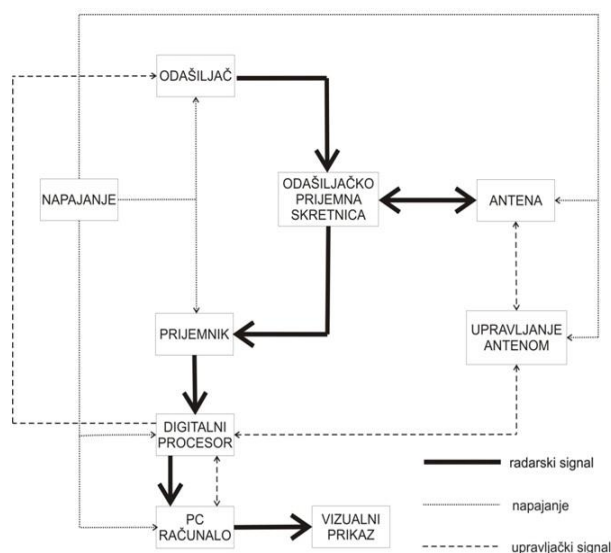
Dva takva radara mogu raditi istodobno, ali moraju biti najmanje udaljeni 90 m jedan od drugoga, a njihove frekvencije odašiljanja zamaknute za najmanje 20 MHz.

Slika 4. prikazuje blok shemu radara MER-93S-K.

3.1. Radarski odašiljač

Namjena radarskog odašiljača je da stvori energiju visoke frekvencije. Njegovi sastavni dijelovi su: modulator, magnetronski oscilator, odašiljačko-prijemna skretnica i napajanje za predionizaciju odašiljačko-prijemne skretnice.

Osnovna namjena modulatora je stvaranje pravokutnih naponskih impulsa amplitude 20.3 kV u trajanju od 0.55 μ s u ritmu od 1500 Hz. Ovi impulsi upravljaju magnetronskim oscilatorom koji proizvodi visoke frekvencije u istom ritmu i istog trajanja. Uz modulatorske impulse stvara i okidačke impulse koji služe za sinkroniziranje svih ostalih sustava unutar radara.



Slika 4. Blok shema radara MER-93S-K [3]

Magnetronski oscilator stvara visokofrekvencijske impulse velike snage koji se zatim preko antene odašilju u prostor. Ovisno o vrsti magnetrona koji se ugradi u radar, stvaraju se visoke frekvencije od 3000 - 3120 MHz čija impulsna snaga iznosi 200 kW. U radaru MER-93S-K je ugrađen magnetron oznake CV 160A.

Budući da ovaj radar koristi jednu antenu za odašiljanje i prijem signala uloga odašiljačko-prijemne skretnice je da štiti prijemnik od impulsa velike snage prilikom odašiljanja. Ako bi slučajno impuls velike snage došao do prijemnika došlo bi do pregaranja radarskog prijemnika. Ovaj radar koristi odašiljačko-prijemnu skretnicu tipa CV 239. To je zapravo hidrogensko iskrište koje za ispravan rad zahtijeva napon za predioniziranje da bi se iskra u iskrištu uspostavila točno u trenutku kada radar počinje odašiljati.

3.2. Radarski prijemnik

Prijemnik se sastoji od više sklopova koji imaju sljedeće zadaće: prijem visokofrekvencijskih signala, pretvorbu primljenih signala u signale niže frekvencije (međufrekvencije), pojačanje signala međufrekvencije, detekciju video signala, pojačanje video signala i automatsku regulaciju frekvencije. Izlazi iz radarskog prijemnika vode se na daljnju obradu u radarskom sustavu.

3.3. Digitalna obrada signala

Digitalna obrada signala iz prijemnika se vrši u PC računalu i digitalnom procesoru radarskih signala DPRS93. U digitalnom procesoru ostvaruje se digitalizacija video signala i njegova primarna obrada. Sekundarna primjena digitalnog procesora je za upravljanje antenom temeljem prijema digitalnih podataka o trenutnom položaju antene. U PC računalu se provodi prilagodba radarskog signala za prikazivanje na monitoru.

3.4. Antena i sustav za upravljanje antenom

Antena služi za isijavanje visokofrekvencijske energije u prostor usmjeravajući je u uski snop, te služi za primanje odbijenih signala od objekata. Glavni dijelovi sustava za upravljanje antenom su digitalni frekvencijski pretvarači i elektronička kartica za upravljanje antenom. Digitalni frekvencijski pretvarači služe za upravljanje brzinom vrtnje tri elektromotora kojima se pokreće antena. Elektronička kartica za upravljanje antenom sastoji se od dva djela: elektroničkog sklopa za zaštitu antene u graničnim položajima i sučelja za komunikaciju računala sa digitalnim frekvencijskim pretvaračima.

4. MODERNIZACIJA RADARA MER-93S-K

Radar MER-93S-K je napravljen na bazi vojnih radara koji su se koristili u šezdesetim i sedamdesetim godinama prošlog stoljeća. Modernizacijom starih radara uz preinake na meteorološki radar (zamijenjena je elektronika bazirana na elektronskim lampama sa tranzistorskom elektronikom) stvoren je današnji radar.

Upravljanje antenom je riješeno preko tri elektromotora koji se upravljaju preko digitalnih frekvencijskih pretvarača. Ugrađen je digitalni procesor koji omogućava upotrebu računala za upravljanje radarom te obradu primljenih signala. Pošto je stara tehnologija postala problematična kod nabave rezervnih dijelova, krenulo se u nabavu odašiljačko-prijemne skretnice. Prilikom odašiljanja predajnik šalje impuls velike snage i skretnica ga mora usmjeriti prema anteni. Budući da prijemnik radi sa signalima male snage, impuls iz predajnika bi uništio prijemnik. Za vrijeme primanja signala skretnica usmjerava signal s antene na prijemnik. Odašiljanje i prijem signala traje red veličine u mikrosekundama, stoga se kao skretnice ne mogu upotrebljavati mehaničke sklopke nego brze elektroničke sklopke. Najčešće upotrebljavane izvedbe skretnica su s PIN diodama ili odašiljačko-prijemne plinske cijevi. Jedna i druga izvedba imaju svoje prednosti i mane. Skretnice s PIN diodama imaju dugi vijek trajanja i brzo preklapanje, ali se koriste za srednje snage (do 2kW) i imaju veće izobličenje signala. Odašiljačko-prijemne plinske cijevi imaju kratak vijek trajanja, sporo preklapanje, ali se mogu koristiti za snage od nekoliko stotina kilovata i imaju mala izobličenja signala. U modernim radarskim sustavima koriste se skretnice koje koriste PIN diode i princip plinske cijevi zajedno.

4.1. Odašiljačko-prijemne plinske cijevi

Odašiljačko-prijemne cijevi su obično konvencionalna iskrišta u staklenim kućištima koja su ispunjena inernim plinom (argon) ili vodenom parom pod malim tlakom. Iskra se formira kada elektroni provedu kroz ionizirani plin ili vodenu paru. Smanjivanjem pritiska u cijevi smanjuje se i veličina napona potrebnog da se stvori iskra. Za cijevi je važno da imaju kratko vrijeme oporavka nakon što je nastupila iskra, a to se postiže dodavanjem vodene pare pod malim tlakom. To je važno

da radar može detektirati objekte koji su njemu blizu. Ako se reflektirani signal od objekta koji je blizu radara vrati u radar prije nego se je cijev oporavila taj signal neće moći doći do prijemnika. Da bi se stvorila iskra i za postizanje ionizacije potrebno je određeno vrijeme koje ne smije biti preveliko jer bi se moglo dogoditi da u početku odašiljanja impulsa velike snage dio prođe kroz iskrište i ošteti prijemnik. Kako se to ne bi dogodilo na odašiljačko-prijemne plinske cijevi dodana je predionizirajuća elektroda na koju se dovodi napon od 100-1200 volti. Taj napon služi za predioniziranje vodene pare u staklenom kućištu i osigurava brzo postizanje potpune ionizacije i preskakanje iskre u trenutku kada dođe visokofrekventni impuls iz predajnika.

Radar MER-93S-K koristi plinsku cijev oznake CV 239 prikazanu na slici 5. Cijev može raditi na frekvencijama od 3000 MHz do 3124 MHz i može primiti impulsnu snagu od 200 kW. Punjena je sa vodenom parom pod tlakom od 1333 Pa. Problem kod odašiljačko-prijemnih skretnica baziranih na plinskim cijevima je da se više ne proizvode pa će s vremenom radarski sustavi koji ih koriste morati prijeći na modernije izvedbe.

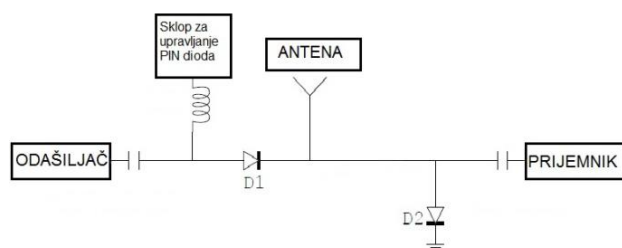


Slika 5. Plinska cijev CV 239

Kod modernih izvedbi radi se na tome da se izbjegne predionizirajuća elektroda s razlogom jer predionizirajući napon smanjuje vijek trajanja cijevi i izvor je male količine smetnje na prijemnom signalu. Zbog toga su se umjesto vodene pare ili nekog plemenitog plina počeli koristiti radioaktivni materijali. Najčešće se koristi radioaktivni plin tricij.

4.2. Skretnice izvedene s PIN diodama

Jedan od primjera odašiljačko-prijemne skretnice riješene pomoću PIN dioda je prikazan na slici 6.



Slika 6. Odašiljačko-prijemna skretnica s PIN diodama [4]

Ova odašiljačko-prijemna skretnica se sastoji od upravljačkog sklopa i dvije PIN diode. Sklop za upravljanje je spojen preko zavojnice koja mu služi kao izolacija od visokofrekventnih signala velike snage odašiljača. Kondenzatori na izlazu odašiljača i ulazu u prijemnik odvajaju upravljački istosmjerni napon kojim se upravljaju diode od odašiljača i prijemnika. Kada je na diodama pozitivni upravljački istosmjerni napon one su propusno polarizirane i predstavljaju vrlo malu impedanciju. Zbog toga odašiljač vidi direktnu vezu s antenom i šalje snažni VF impuls. Dioda D2 praktički predstavlja kratki spoj prema uzemljenju, pa je prijemnik zaštićen od impulsnih signala odašiljača.

Kad su PIN diode nepropusno polarizirane predstavljaju beskonačnu impedanciju. Gledajući od strane prijemnika dioda D2 će blokirati put uzemljenju, a dioda D1 će blokirati odašiljač. Zbog toga je prijemnik direktno povezan s antenom i može primiti slabi reflektirani signal.

4.3. Kombinacija PIN dioda i cijevi

U mnogim radarskim sustavima prisutnost odašiljačkih signala velikih impulsnih snaga mogu zahtijevati više stupnjeva zaštite s PIN diodama da bi se limitirao jaki odašiljački signal. To dovodi do povećanja troškova zaštite i veličine odašiljačko-prijemnih skretnica. Više stupnjeva povećava smetnje i izobličenja koje diode rade.

Međutim moguće je kombinirati odašiljačko-prijemne cijevi sa smanjenom serijom PIN dioda da se dobije optimalna veličina i masa odašiljačkih skretnica. Signal velike snage iz odašiljača prvo aktivira tri stupnja zaštite s PIN diodama koje osiguravaju optimalnu zaštitu. Dioda na sebe preuzimaju dio odašiljačkog impulsa. Zbog povećanja električkog polja unutar skretnice dolazi do ionizacije plina u cijevnoj zaštiti što dovodi do stvaranja iskre koju uzrokuje ostatak odašiljačkog signala i time se štiti prijemnik od odašiljačkog signala.

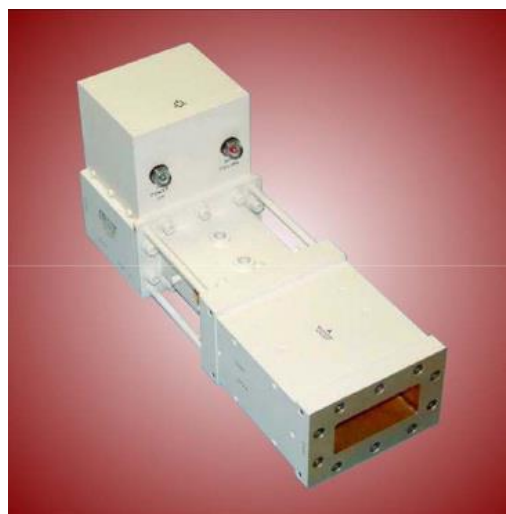
Drugi način rada ovakve skretnice je da se tri stupnja PIN dioda podese da primaju ukupni odašiljački impuls, a odašiljačko-prijemna cijev radi samo u slučaju da dođe do pregaranja jedne od dioda ili iz radarskog sustava dođe nekakav veliki signal uslijed kvara unutar uređaja.

Ovakve vrste skretnica se u današnje vrijeme koriste u svim modernim radarskim sustavima jer osiguravaju brzo preklapanje na velikim impulsnim snagama. Prednost prema običnim odašiljačko-prijemnim cijevima moderne izvedbe je da se ne koriste radioaktivni plinovi za postizanje ionizacije prostora između elektroda.

4.4. Prijedlog skretnice za radar MER-93S-K

Sve opisane skretnice moguće je ugraditi u ovaj radar. Skretnice bazirane samo na PIN diodama ne bi bile dobar izbor. Razlog tome je što izlaz magnetrona ima trenutnu izlaznu snagu od 200 kW što za PIN diode nije prihvatljivo pa bi se trebalo više dioda vezati da bi se postigla tako velika snaga. No povećanjem broja dioda dolazi do povećanog gušenja prijemnog signala što nije prihvatljivo jer sam signal koji se vraća refleksijom u radar je slab pa bi ga diode još dodatno oslabile prije daljnje obrade. Prvo rješenje koje bi bilo moguće izvesti je kombinacija PIN dioda i odašiljačko-prijemnih cijevi. Kod takve kombinacije u radar bi se trebao ugraditi upravljački sklop za PIN diode. Rad upravljačkog sklopa bi trebao biti sinkroniziran sa odašiljanjem impulsa prema anteni.

Da se ne bi trebalo previše mijenjati sklopovlje unutar radara najbolje rješenje za zamjenu stare skretnice bi bila klasična odašiljačko-prijemna plinska cijev ali u modernoj izvedbi. Novih izvedbi takvih skretnica postoji sa i bez predionizirajuće elektrode. Pošto stara skretnica koju koristi radar ima predionizirajuću elektrodu, ne bi trebao nikakav dodatni sklop za novu skretnicu. Kako predionizirajuća elektroda stvara manje smetnje na prijemnom signalu bilo bi dobro izbaciti predionizirajuću elektrodu i ugraditi skretnicu bez nje. Ta vrsta skretnice za ioniziranje koristi radioaktivni plin. Jedna od takvih skretnica ima oznaku VDS1720 proizvođača Beverly Microwave Division. Ona bi bila idealna zamjena za skretnicu u radaru MER-93S-K. Nema predionizirajuću elektrodu pa bi se postigla veća kvaliteta prijemnog signala. Maksimalna impulsna snaga koju može primiti ova skretnica je 250 kW što je više nego impulsna snaga radara. Maksimalno trajanje impulsa za ovu skretnicu ne smije biti veće od 10 μ s što je dovoljno jer trajanje impulsa koji šalje ovaj radar je 0.55 μ s. Vrijeme oporavka nakon što nestane odašiljački impuls za ovu skretnicu je 1.5 μ s što je dovoljno jer nakon odašiljačkog impulsa radar prima reflektirani signal u trajanju od 100 ms i onda opet slijedi odašiljački impuls. Slika 7. prikazuje odašiljačko-prijemnu skretnicu oznake VDS1720.



Slika 7. Odašiljačko-prijemna skretnica VDS1720 [5]

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su uz stare prikazane moderne odašiljačko-prijemne skretnice koje se ugrađuju u današnje radarske sustave, a moguće ih je ugraditi u stare radarske sustave. Pri odabiru moderne odašiljačko-prijemne skretnice koja bi zamjenila staru odašiljačko-prijemnu cijev CV239 razmatrano je nekoliko faktora kao što su cijena, dobavlјivost, te jednostavna ugradnja u postojeći radarski sustav.

Kombinacija odašiljačko-prijemne cijevi i PIN dioda je jedno od najbolјih rješenja za skretnice jer su pouzdane i ne koriste radioaktivne plinove, ali su dosta skupo rješenje. Za takvu vrstu skretnice bi trebalo u radar ugraditi upravljački sklop za PIN diode, što dodatno poskuplјuje ovo rješenje.

Najbolje rješenje za ovaj radarski sustav se pokazala odašiljačko-prijemna cijev u modernoj izvedbi bez predionizirajuće elektrode sa radioaktivnim plinom koji omogućava ionizaciju. Pouzdane su i lako dobavljive, a i cijenovno su vrlo pristupačne. Za tu vrstu cijevi ne treba nikakav dodatni sklop stoga ih je s toga lako ugraditi u postojeći radarski sustav.

6. LITERATURA

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Weather_radar, (Dostupno: rujan 2013.)
- [2] University Corporation for Atmospheric Research's (UCAR's) Community Programs (UCP): www.meted.ucar.edu, (Dostupno: rujan 2013.)
- [3] Album shema MER-93S-K, Tehnički opis radara
- [4] PIN diode drive circuits optimized for fast switching, Christoffer Brorsson, 2007.
- [5] Beverly Microwave Division <http://www.cpii.com>, (Dostupno: rujan, 2013.)

Kontakt autora:

mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.el.

Sveučilište Sjever

Sveučilišni centar Varaždin

104. brigade 3

42 000 Varaždin

ivan.sumiga@unin.hr

HUMAN SECURITY CONCEPT IN POLITICAL AND ACADEMIC CIRCLES

KONCEPT LJUDSKE SIGURNOSTI U POLITIČKIM I AKADEMSKIM KRUGOVIMA

Ana Devon

Professional paper

Abstract: Human security is a concept that evolved from the shift that occurred in the political and security reality in the post-Cold War world. The new forms of conflicts emerged and changed the concept of security as well as the conventional notions of war. Human security is a very comprehensive concept consisting of two categories- 'freedom from want' and 'freedom from fear'. The first one represents the broader definition and includes threats such as hunger, disease, repression, and protection from sudden disasters. It was upheld by the 1944 UNDP Human Development Report and has since been also supported by the Japanese government and Human Security Commission. The latter one emphasizes violent threats against an individual (such as drug trade, land mines, ethnic discord, state failure, small-arms trafficking). The 'freedom from fear' approach focuses on immediate necessity and is for those reasons supported by the Canadian government and the EU.

Key words: "freedom from fear", "freedom from want", human development, human security, security strategy

Stručni članak

Sažetak: Pojam ljudske sigurnosti se razvio iz političkog i sigurnosnog pomaka u razdoblju nakon Hladnog rata. Nastale su novi oblici konflikta koji su promijenili pojam sigurnosti kao i konvencionalne pojmove o ratu. Ljudska sigurnost je vrlo opsežan pojam koji se sastoji od dvije kategorije – „sloboda od oskudice“ i „sloboda od straha“. Prvi pojam predstavlja širu definiciju i uključuje prijetnje poput gladi, zaraze, represije, i zaštita od iznenadne nepogode. Pojam podržava UNDP-ovo Izvješće o razvoju iz 1944. godine, i podržava ga japanska Vlada i Komisija o ljudskoj sigurnosti. Drugi pojam stavlja naglasak na prijetnje prema pojedincu (npr. trgovina drogom, mine, etnički sukobi, nefunkcioniranje države, trgovina lakim oružjem). Pristup „sloboda od straha“ fokusira se na neposrednu nužnost i stoga ga podržavaju kanadska Vlada i EU.

Ključne riječi: ljudski razvoj, ljudska sigurnost, sigurnosna strategija, „sloboda od oskudice“, „sloboda od straha“

1. INTRODUCTION

Human security should be a “guiding principle of the vital need to protect civilian populations from the many insecurities generated by current threats and challenges.”ⁱ It is important to note that the emergence of human security since its accent is on human-centric approach to security. It could be broadly said that the concept includes ‘freedom from want’ and ‘freedom from fear’, under which terms are included safety from threats such as hunger, disease, environmental threats, terrorism, pollution, ethnic conflicts, crime, drug trafficking, but it also refers to daily threats people face- such as job security, education opportunities, social and cultural freedoms.ⁱⁱⁱ

2. INTRODUCTION OF HUMAN SECURITY CONCEPT IN THE POLITICAL ARENA

Ever since the UNDP’s Human Development Report in 1994 brought in the human security concept to the

security concept coincided with the change in the meaning of international security at the end of the 20th century, and especially so after the terrorist attack of 9/11. Against the threats of what Mary Kaldor calls ‘new wars’ⁱⁱ the human security approach seems to be better suited to challenge the conflict situations today wider international community, there has been an ongoing debate (both political and academic) on what human security concept should really include. The UNDP’s definition of human security outlined seven elements that determine the human security concept: economic, food, health, environmental, personal, community, and political security. Some of its essential characteristics are the universality of the concept, meaning that there are threats that are common to all the people. Secondly, the components of human security are interdependent, which implies that it transgresses all types of borders. Further on, it is easier to ensure the human security by means of prevention. Finally, it is a concept that is people centered and is thus focused on the well-being of an individual in the society. “Like other fundamental concepts, human security is more easily

identified through its absence than its presence.” The UNDP definition has to date remained one of the most widely accepted definitions despite the quite broad scope it includes.

3. POLITICAL DEBATES ON HUMAN SECURITY

From the political point of view, the countries that took the leading role in implementing human security concept into their national policies are Japan and Canada. They are also responsible for setting up a ‘human security network’ of nongovernmental organizations and states. Canadian formulation, although representing the narrower approach to human security (only ‘freedom from fear’), includes the following criteria: protection of civilians in a conflict, peace support operations, conflict prevention, governance and accountability, and public safety. On the other hand the Japanese definition belongs to the broad definition, adding the ‘freedom from want’ into its range. It is a more comprehensive approach towards human security and covers the fields such as threats to human survival, daily life, dignity, refugees, poverty, anti-personnel land-mines, infectious diseases, environmental degradation, and transnational organized crime.

Considering the evolvement of the political debates on human security there are several documents worth mentioning. Firstly, an important document is the Responsibility to Protect (the 2001 report by the International Commission on Intervention and State Sovereignty)^{iv} which provides the legal framework for humanitarian intervention. The traditional concept of territorial security moved to security through armaments, and then to security through human development (implying to access to basic resources such as food and water, and employment), and security through environmental safety. This naturally led to the emphasis on individual protection against threats and the prominence of the term of human security itself.

Secondly, there is the Commission on Human Security’s report from 2003 – Human Security Now^v, drafted at the proposal of the Japanese government. It naturally reflects the Japanese ‘broader’ approach to human security, and mainly focuses on empowering individuals so they could more aptly deal with the internationalized threats. Furthermore, A More Secured World: Our Shared Responsibility by the High-level Panel on Threats, Challenges and Change from 2004^{vi} emphasized the importance of dichotomy between ‘state security’ and ‘human security’. It also puts an accent on the fact that the world is beginning to face the problem of collective security which rests on three pillars-boundaries to threats no longer exist, threats are connected, and should therefore be dealt with on global, regional and state level. This can be linked to the aforementioned R2P, which would bring to the fore the question of justifiability of using military force. In 2005 report entitled In Longer Freedom: Towards Security, Development and Human Rights for all by the UN Secretary General Kofi Annan^{vii} the ‘new security consensus’ was adopted which would also pave the way for the multilateralism approach to security issues.

Multilateralism is at the heart of the EU approach to security, preserving stability, and encouraging sustainable development. This point is supported by the EU’s Human Security Doctrine for Europe: The Barcelona Report, and further on in the Madrid Report.^{viii} Further on the human security approach is mentioned in the European Security Strategy, pointing to the fact that the concept is an important guiding principle in the EU’s foreign policy.

Finally, World Summit Outcome Document of September 2005 more specifically outlined the ‘freedom from fear’ and ‘freedom from want’ into the definition of human security. One of the more recent approaches to the definition is given by Gerd Oberleitner- it is the so-called ‘humanitarian approach’^{ix}. In this approach human security is used to deal with humanitarian issues such as war crimes, genocide, and humanitarian interventions. However it is also possible to link this approach to the responsibility to protect (2001 report).

4. ACADEMIC DEBATES ON HUMAN SECURITY

Having mentioned the political debates, it is equally important to analyze an array of academic debates on the human security concept, which mostly take the form of debates over the broadness of human security definition. With the publishing of a special issue of the Journal Security Dialogue in 2004, various academic definitions of human security were proposed. However, there has always been a lot of controversy around the concept. Different groups of academics gave it their own broader or narrower definitions. The main questions around the concept are whether it introduces a shift in approaching security, whether it is only a new name for the already existing solutions, or whether it is a utopian or practical concept.

The most usual critique of human security approach is the fact that it does not add any value to the debate on relevant security issues. Even more, if you put the label of individual security threat to all potential harms, prioritizing political action becomes impossible. Scholars such as Roland Paris^x and Andrew Mack^{xi} argue that threats are not easier to analyze when they are included in a holistic approach. Barry Buzan^{xii} puts forward the complaint of ‘reductionism’- individuals are also defined by their societies, so it seems that focusing too much on the human security concept can prove to disregard other dimensions, such as society and state.

One of the proponents of the human security concept is Amartya Sen who sees the concept “as a means of reducing the human costs of violent conflict, as a strategy to enable governments to address basic human needs and offset the inequities of globalization.”^{xiii} Ramesh Thakur believes that states alone cannot provide human security to their citizen. Additionally he underlines the importance of complementarity between human security and human development.^{xiv} Jennifer Leaning believes that the concept “includes the social, psychological, political and economic factors that promote and protect human well - being through time.”^{xv} This obviously refers to the broader definition of the human security concept and brings it in a very close

connection to the human development concept. Fen Olser Hampson's gives three different interpretations of the human security concept. The first one is a 'rule-based' approach which seeks to strengthen the normative legal framework at the international and regional levels. The second one focuses on the humanitarian conception of human security and is mostly concerned with the safety of people. Finally, the preventive approach deals with preventive and post-conflict peace building where the term 'sustainable development' includes various means of securing peace, development, and future prevention of conflict eruptions. According to Axworthy "the state has, at times, come to be a major threat to its population's rights and welfare, rather than serving as the protector of its people. This drives us to broaden the focus of security beyond the level of the state and toward individual human beings, as well as to consider appropriate roles for the international system to compensate for state failure."^{xvi} Human security finally allows for non-state actors such as NGOs and civil society groups to play a larger role in international fora.

Taking into consideration all the advantages and disadvantages of the concept itself, according to Wolfgang Benedek^{xvii} human security "strengthens the rule of law in international relations" and supports the development of public international law and multilateral diplomacy. The same thesis is supported by Antonio Franceschet in his article *Global Legalism and Human Security*, who additionally emphasizes that human security can be a motivating factor for the direct enforcement of human rights and humanitarian legal standards.^{xviii} However, he points out that human security norms are interventionist by their nature, and that they help the self-proclaimed liberal states to impose through force their multilateral moral judgments onto the weaker states. This can be considered as one of the critiques of the human security concept.

Different academics may put more or less accent on certain aspects of the human security definition but in the end they all agree that it is a people focused approach which identifies individuals as the biggest victims of security threats today. Sadako Ogata summarized this well in her lecture on human security^{xix} by saying that "studying the people with their different specificities leads to discovering political, economical, and social factors that put their security in danger."

5. CRITICISM OF HUMAN SECURITY APPROACH

One of the most vocal critics of the human security concept is Shahrbanou Tadjbakhsh, the Director of the CERI Program for Peace and Human Security at l'Institut d'Etudes Politiques in Paris. In 2005, at a UNESCO forum entitled *Human Security: 60 minutes to Convince* prof. Tadjbakhsh outlined seven challenges that stand in front of the concept.^{xx} The first challenge is the missing consensus on the definition of human security which is obviously an obstacle in developing any coherent policy. The second challenge is the rise of national security that exists in most countries today. Since there is a lot of attention being paid to the war against terrorism, many development policies are subject

to the security agenda, and aid is being allocated according to geo-strategic priorities. The third issue concerns the responsibility of adopting the human security approach. The increased responsibility of states and international community is needed. Even though states such as Canada, Norway, and Japan include human security in their foreign policy, they still ignore it at their respective domestic levels. Additionally to that, the problem is that too little accent is put on empowerment, on the agency approach, or on the role of individuals as agents of change. Therefore the conclusion is that human security implementation should be the responsibility of both the state and the individuals themselves. At the fourth place is the question of priorities and trade-offs. Policy process requires prioritization, since it is the only way to operationalize the approach. However, the way in which priorities are made should come from a networked, flexible, and horizontal coalition of approaches. This challenge is connected to the fifth one- the challenge of inter-sectorality. Due to the lack of interdisciplinary approaches in international institutions, and among donors and governments, it is difficult to design an appropriate human security intervention. The sixth challenge concerns the need for understanding deeper causes of a conflict (such as political and economical greed, failures of communication, ethnic and religious hostility, economic and social grievances, horizontal inequalities, leadership, and so on). Finally the last challenge refers to the art of not doing harm, meaning that human security interventions should not harm, but instead provide a framework to assess impacts of developing interventions, their secondary effect, and externalities.

Another criticism of the human security approach rises in the article of Alyson J.K. Bailes^{xxi}, where she makes a critique of the EU and ESDP. She points to the fact that the EU and ESDP actually present two opposing views. On one side there is the realistic approach of the ESDP which supports national interests of its member states. On the other side the ESDP missions are motivated by the EU desire to 'do good', implying to the human security oriented approach.^{xxii} A conclusion is made that in ESDP and the EU's human security doctrine there is a contradiction between idealism and realism- the EU's wish to be a 'good' player, and the strategic priorities of its member states. These two currents are not so easily diverged into a unified EU action. In conclusion, the human security approach proclaimed in the EU documents has a very high chance of being looked upon with suspicion, ultimately leading to mistrust towards its usefulness for the practical implementation of the EU policies.

In the article by Janne Haaland Matlary^{xxiii}, a professor of International Politics at the Institute of Political Science at University in Oslo, the argument is that the EU security policy has its purpose only in crisis situations where its use of force is limited solely to crisis management situations. The article claims that ESDP is driven only by major European military powers whose interests it serves, and legitimacy for any actions is achieved through the rhetoric of multilateralism. Since human rights are at the heart of EU policy, human security is the approach of the EU to defend those proclaimed

interest. Despite the presence of the human security concept it is not visible from any concrete actions that it actually adds any additional value to the already existing EU approach. Therefore “if human security is paraded in rhetoric but has no policy effect, is not the rhetorical exercise itself the more unethical?”

The conclusion can be made that the success of human security should not be measured only in comparison to the presence of discourses on the concept, or only in comparison to the implementation of concrete policies and activities, but also by the improvement in the real and perceived safety of the populations.

6. CONCLUSION

From the presented overview of both political and academic debates on human security it is now very obvious that the lack of precision in its definition clearly stands as an obstacle to the operationalization of the concept. Nevertheless, the EU's European Security Strategy and the accompanying Barcelona and Madrid doctrines take the concept of human security as the guiding principle of the EU policy. Even though some concrete measures were suggested in the doctrines (such as the establishment of a HS Response Force, and deployment of civilian experts), it is still not clear whether and when such a strategy would be fully employed by the EU institutions. Having in mind the complexity of the EU foreign policy and its decision-making, the future of the advocated human security approach is at least uncertain.

A conclusion that can be drawn from this is that human security has the potential to bring the added value to the European Security Strategy but it lacks a serious commitment by the EU as a unified political actor.

7. REFERENCES

- [1] DraftOutcomeDoc - Center for Women's Global Leadership
www.cwgl.rutgers.edu/component/docman/doc.../114-draftoutcomedoc? (accessed September 6, 2014)
- [2] Kaldor, M.: 2007. *Human security, Reflections on Globalization and Intervention*. Polity Press.
- [3] United Nations Development Programme, *Human Development Report*. New York: Oxford University Press, 1994
- [4] Report by the International Commission on Intervention and State Sovereignty. 2001. *The Responsibility to Protect*. Ottawa: International Development Research Centre.
<http://responsibilitytoprotect.org/ICISS%20Report.pdf> (accessed September 6, 2014)
- [5] Commission on Human Security. 2003. *Human Security Now*. New York.
<http://www.unocha.org/humansecurity/chs/finalreport/English/FinalReport.pdf> (accessed September 6, 2014)
- [6] United Nations. 2004. *A More Secured World: Our Shared Responsibility*. Report on the High-level Panel on Threats, Challenges and Change.
http://www.un.org/en/peacebuilding/pdf/historical/hlp_more_secure_world.pdf (accessed September 6, 2014)
- [7] United Nations. 2005. *In Larger Freedom: Towards Security, Development and Human Rights*. Report of the Secretary-General of the United Nations for decisions by Heads of State and Government in September 2005
http://www.un.org/en/events/pastevents/pdfs/larger_freedom_exec_summary.pdf (accessed September 6, 2014)
- [8] The Barcelona Report of the Study Group on Europe's Security Capabilities. 2004. *A Human Security Doctrine for Europe*, (15 September 2004) The Madrid Report of the Human Security Study Group comprising a Proposal and Background Report. 2007. *A European Way of Security*, (8 November 2007)
- [9] Oberleitner, G.: Human Security and Human Rights. 2003. *European Training and Research Centre for Human Rights and Democracy- Occasional Paper Series*, Issue No.8, (June 2003), p.3. http://www.hs-perspectives.etc-graz.at/typo3/fileadmin/user_upload/ETC-Hauptseite/publikationen/Occasional_papers/Human_Security_occasional_paper.pdf (accessed September 6, 2014)
- [10] Paris, R.: Human Security: Paradigm Shift or Hot Air? In: *International Security*, Vol. 26, No. 2 (Autumn, 2001), pp. 87-102.
- [11] Mack, A.: 2004. “A Signifier of Shared Values”, *Security Dialogue*, Vol.35, No.3., pp. 366-377, September 2004.
- [12] Buzan, B.: 2004. “A Reductionist, Idealistic Notion that adds Little Analytical Value”, *Security Dialogue*, Vol.35, No.3, pp. 369-370, September 2004.
- [13] Acharya, A.: *Human Security: East Versus West*. IDSS Working Paper No. 17. Institute for Defence and Strategic Studies Singapore. September 2001.
- [14] Thakur, R.: 2005. A Shared Responsibility for a More Secure World. *Global Governance*, Jul-Sep 2005, Vol.11, Issue 3, pp. 281-289.
- [15] Leaning, J.: Psychological Well-Being over Time’, in P. Burgess and T. Owen (eds), ‘What is Human Security?’ Comments by 21 authors, Special Issue of *Security Dialogue*, 35:354-5.
- [16] Axworthy, L.: Global Insights: Human Security and Global Governance: Putting People First. *Global Governance* 7, (2001), pp. 19-23.
- [17] Benedek, W.: 2006. Understanding Human Rights, Manual on Human Rights Education. *Neuer Wissenschaftlicher Verlag GmbH, Graz, Vienna*.
- [18] Franceschet, A.: 2006. Global Legalism and Human Security. in *A Decade of Human Security- Global Governance and New Multilateralisms*, ed. Sandra J. MacLean, David R. Black, and Timothy M. Shaw. p. 34. Ashgate Publishing.

- [19] Ogata, S.: State Security-Human Security. Fridtjof Nansen Memorial Lecture 2001. UN House, Tokyo, 12 December 2001. p.10
- [20] Tadjbakhsh, S.: *The seven Challenges of Operationalizing the Concept*. "Human Security: 60 minutes to Convince", organized by UNESCO, Section of SHS/FPH/PHS, September 13, 2005-09-14, Paris, France.
- [21] Alyson J.K.: Bailes was from July 2002 to August 2007 Director of the Stockholm International Research Institute (SIPRI), and is currently (2009) a Visiting Professor at the University of Iceland in Reykjavik. source <http://www.natopa.int/default.asp?SHORTCUT=1296> (accessed September 6, 2014)
- [22] Bailes, J.K.: Alyson. 2008. The EU and a "Better World": What role for the ESDP?" *International Affairs* 84 (January 2008). p. 121
- [23] Matlary, J. H.: 2008. Much ado about little: the EU and human security. *International Affairs* 84 (January 2008). pp. 131-143, p.132

Kontakt autora:

Ana Devon
Stonska 5
10 020 Zagreb
e-mail: anabdevon@gmail.com

OSTVARIVANJE SUČELJA IZMEĐU MIKROUPRAVLJAČA I MATLAB-a

IMPLEMENTING INTERFACE BETWEEN MICROCONTROLLER AND MATLAB

Bruno Palašek, Petra Mesarić, Mihael Kuček

Pregledni rad

Sažetak: Temperatura i vlažnost zraka dvije su najčešće mjerene atmosferske veličine, što se može i očekivati s obzirom da je većina fizičkih, elektronskih, kemijskih, mehaničkih i bioloških sustava pod utjecajem temperature i vlažnosti. U radu je prikazan primjer mjerenja temperature, vlažnosti i intenziteta svjetlosti uz pomoć mikroupravljača. Izmjerene vrijednosti u realnom vremenu, šalju se na računalo serijskom komunikacijskom vezom te analiziraju i prikazuju uz pomoć Matlab-a. Prikazano je i razvojno okruženje Arduino koje se koristi za mjerenje fizikalnih veličina, a jedno je od najpopularnijih razvojnih platformi u današnjem akademskom i inženjerskom svijetu.

Ključne riječi: analiza podataka, Matlab, Arduino, mikroupravljač, senzori

Review article

Abstract: Temperature and humidity are two most commonly measured atmospheric values as can be expected, since most of physical, electronic, chemical, medical and biological systems are influenced by them. This paper presents an example of measuring temperature, humidity and light intensity realized by microcontroller. Real time measured values are sent to the computer by serial communication link then analyzed and displayed in MATLAB. The paper also presents Arduino development environment, used for measuring physical variables. Thus it is represented as one of the most popular development platforms in today's academic and hobby engineering world.

Key words: data analysis, Matlab, Arduino, microcontroller, sensors

1. UVOD

Praćenje rada sustava na temelju prikupljenih podataka može se postignuti dodatnim integriranjem senzora. Takav podsustav za prikupljanje podataka u realnom vremenu uključuje: mjerenje signala realnog fizičkog sustava uz pomoć različitih senzora, digitalizaciju signala za pohranu, analizu te prezentaciju na računalo. Koristeći različite senzore moguće je mjeriti fizičke fenomene kao što su temperatura, intenzitet svjetla, pritisak, vlažnost, sila ili neka druga veličina.

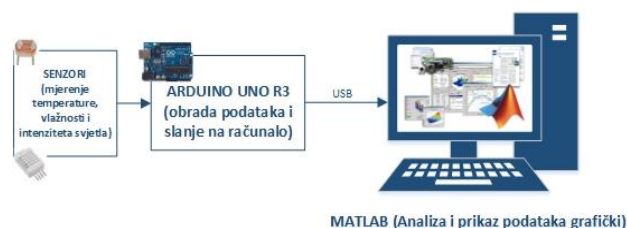
Kada neki sustav ne radi kako bih trebao, inženjerima nedostatak potrebnih podataka predstavlja zahtjevnije rješavanje problema. Kroz sustav koji se temelji na sensorima i prikupljanju podataka u realnom vremenu problem može biti riješen u kratkom vremenu. Prikupljanje podataka postaje važno, stoga je u ovom radu dan primjer temeljen na mikroupravljaču koji mjeri fizikalne veličine u realnom vremenu i prikazuje mjerene veličine uz pomoć Matlab-a (engl. *Matrix Laboratory*). Programski jezik Matlab namijenjen je za tehničke proračune te tako objedinjava računanje, vizualizaciju i programiranje u lako uporabljivoj okolini, u kojoj su problem i rješenje definirani poznatom matematičkom notacijom [1].

Mikroupravljač je u svojoj osnovnoj izvedbi cijeli računalni sustav sadržan u jednom integriranom krugu. Jedan od osnovnih izazova u razvoju nekog sustava temeljenog na mikroupravljaču jest odabir najboljeg

mikroupravljača za određeni dizajn. Cilj je odabrati optimalni mikroupravljač koji ima potrebne parametre i mogućnosti [2]. U ovom radu za mjerenje temperature, vlažnosti i intenziteta svjetlosti koristi se mikroupravljač Atmel ATmega328P koji je integriran u sklopu Arduino razvojnog okruženja.

2. SOFTVER SUSTAVA ZA MJERENJE FIZIKALNIH VELIČINA

Prikupljanje podataka sa senzora uz pomoć Matlab-a izvedeno je pomoću osnovnih alata unutar samog program. U radu nisu korišteni programski alati kao što je *Simulink* (engl. *Simulation and Model-Based Design*) ili bilo koji drugi alati iz razloga prikaza jednostavnog prikupljanja podataka u stvarnom vremenu [3]. Na slici 1. prikazana je blok shema sustava za prikupljanje podataka sa senzora i prikaza istih uz pomoć Matlab-a.



Slika 1. Blok shema sustava za prikupljanje podataka sa senzora

Programski odsječak učitani na Arduino mikroupravljač u kojem se mjeri temperatura, vlažnost zraka i intenzitet svjetla prikazan je u nastavku, na slici 2.

Program za mjerenje temperature i vlažnosti (slika 2.) koristi gotovu knjižnicu naziva *DHTLib* koja sadržava funkcije za čitanje temperature i vlažnosti s AM2302 senzora [4]. Princip rada programa temelji se na mjerenju fizikalnih veličina i slanju izmjerenih rezultata preko komunikacijskog sučelja USB (engl. *Universal Serial Bus*) na računalo. Nakon inicijalizacije potrebnih parametara za rad senzora slijedi Arduino beskonačna petlja prikazana u nastavku (*void loop()*) kojom se pomoću funkcije *readHumidity()* čita vrijednost vlažnosti zraka, pa nakon toga pomoću funkcije *readTemperature()* vrijednost temperature. Intenzitet svjetla mjeri se uz pomoć funkcije *analogRead* koja se koristi za mjerenje veličina s analognih priključnica. Funkcija za mjerenje analognih veličina na izlazu vraća cjelobrojne vrijednosti u opsegu od 0 do 1023, gdje vrijednost 0 predstavlja 0V na izlaz iz senzora, a vrijednost 1023 predstavlja 5V na izlazu iz senzora što označuje maksimalni intenzitet svjetla, te se tako izmjerena vrijednost skalira uz pomoć funkcije *map* na vrijednosti od 0 do 100, što predstavlja vrijednosti intenziteta svjetla od 0 do 100%. Nakon mjerenja vrijednosti uz pomoć funkcije *Serial.println* vrijednosti se šalju na računalo. Funkcija *println* šalje vrijednost podataka kroz serijski port i nakon prikaza podatka prelazi u novi red u kojem ispisuje sljedeću vrijednost. Prema potrebi samog uzorkovanja, veličine se mogu učitavati u točno određenim vremenskim razmacima upotrebom *delay* funkcije na kraju petlje. Primjer prikazan na slici 3. pokazuje očitavanje vremenskog perioda od 1s.

Programski kod sa slike 2. izvodi se u mikroupravljaču i namjenjen je za mjerenje vlažnosti, temperature zraka i intenziteta svjetlosti. S druge strane Matlab programski kod izvodi se na računalo i namjenjen je prikupljanju podataka s komunikacijskog sučelja.

```
void loop()
{
    float h = dht.readHumidity();
    float t = dht.readTemperature();
    int svjetla = map(analogRead(analogPin), 0, 1023, 0, 100);
    Serial.println(h);
    Serial.println(t);
    Serial.println(int_svjetla);
    delay(1000);
}
```

Slika 2. Odsječak programskog koda za mikroupravljač

Programski kod kojim Matlab komunicira s mikroupravljačem prikazan je u nastavku. Izvodi se kao skripta učitana u Matlab programski paket.

Program uspostavlja serijsku komunikaciju na određenom komunikacijskom sučelju, u ovom slučaju je to serijsko komunikacijsko sučelje (engl. *COM port*) s mikroupravljačem prema zadanoj brzini komunikacije koja treba biti ista od strane mikroupravljača i Matlab programskog paketa. Nakon otvaranja komunikacijskog sučelja slijedi *while* petlja prikazana u nastavku koja čita podatke s mikroupravljača. Podaci se čitaju uz pomoć

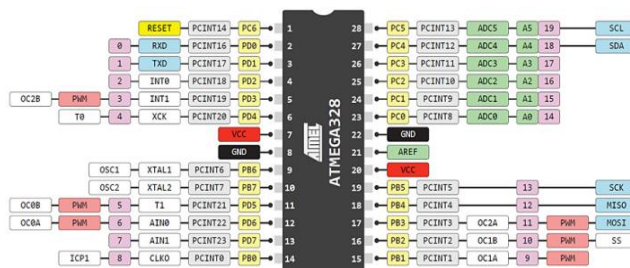
fscanf funkcije i to svaka veličina posebno. Svaka se veličina prikazuje na posebnom grafu, a svaka nova vrijednost se iscrtava odmah pri njezinom primitku. Nakon primitka unaprijed definiranih broja uzoraka (*interval = 500*) zatvara se komunikacijsko sučelje s mikroupravljačem. Ako je vrijeme čekanja do sljedećeg mjerenja na mikroupravljaču postavljeno na 1000ms *delay(1000)*, a unaprijed definirani broj uzoraka u Matlab-u postavljen na 500, dobit ćemo 500 vrijednosti mjerenja temperature, vlažnosti i intenziteta svjetlosti svake sekunde.

```
while (i<interval)
a= fscanf (arduino, '%f' );
b= fscanf (arduino, '%f' );
c= fscanf (arduino, '%d' );
x=[x,a];
y=[y,b];
z=[z,c];
subplot(2,2,1);
plot(x);
title('Mjerenje vlažnosti u %');
xlabel('Vrijeme (s)');
ylabel('Izmjerena vrijednost u %');
axis([2,interval,0,100]);
grid on;
subplot(2,2,[3,4]);
plot(y,'r');
title('Mjerenje temperature u °C');
xlabel('Vrijeme (s)');
ylabel('Izmjerena vrijednost u °C');
axis([0,interval,-40,80]);
grid on;
subplot(2,2,2);
plot(z,'g');
title('Mjerenje intenziteta
svjetlosti u %');
xlabel('Vrijeme (s)');
ylabel('Izmjerena vrijednost u %');
axis([0,interval,0,100]);
grid on;
i=i+p;
drawnow;
end
```

Slika 3. Odsječak programske skripte za Matlab

3. SKLOPOVSKI DIO SUSTAVA ZA MJERENJE FIZIKALNIH VELIČINA

Sklopovski dio ovog sustava dizajniran je uz pomoć senzora temperature i vlažnosti AM2302, LDR (engl. *Light Dependent Resistor*) senzora kojim se mjeri intenzitet svjetlosti i Arduino UNO R3 mikroupravljača. Temperaturni senzor radi u opsegu od -40 do +80°C s točnošću od +/- 0.5°C, senzor vlage radi u opsegu od 0 do 100% s odstupanjem od +/-2%.



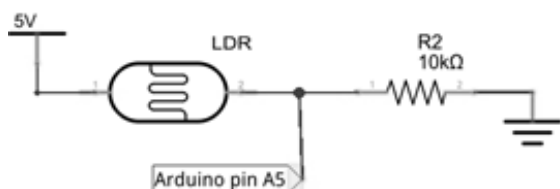
Slika 4. Popis priključnica mikroupravljača [5]

Na slici 4. prikazan je raspored priključnica ATmega328P mikroupravljača i raspored priključnica koje su povezane Arduino razvojnim okruženjem. Korišteni senzori spojeni su na priključnice prema tabeli:

Tabela 1. Raspored povezivanja senzora s mikroupravljačem

Senzor	Arduino	Atmega328P
LDR	Analog pin 5	Pin 28 – PC5
DHT22	Digital pin 2	Pin 4 – PD2

Povezivanje LDR senzora vrši se pomoću omskog djelila kao što je prikazano na slici 5. LDR je jednostavan omski senzor kojem otpor na priključnicama ovisi o intenzitetu osvjetljenja. Pri spajanju na mikroupravljač promjena otpora LDR senzora rezultira promjenom napona na njegovim priključnicama. Promjena napona na priključnicama LDR senzora mjeri se uz pomoć 10 bitovnog A/D (analogno digitalnog) pretvornika s Arduino razvojnim okruženjem. Arduino na izlazu AD pretvorbe daje vrijednosti od 0 do 1023, gdje 0 predstavlja potpuni mrak, a 1023 maksimalno osvjetljenje (sunčevo zračenje iznad 10000 lux).



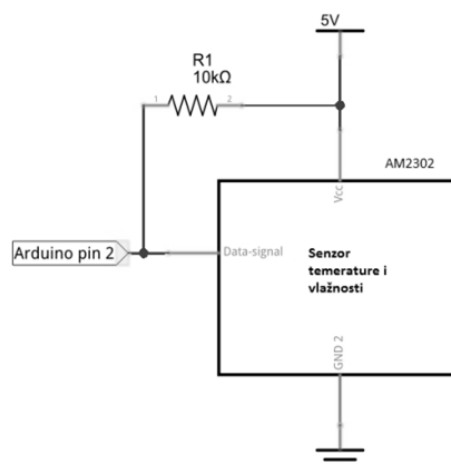
Slika 5. Shema spajanja LDR senzora na Arduino

Povezivanje senzora temperature i vlažnosti na Arduino prikazano je na slici 6. Za mjerenje je korišten senzor AM2302 koji se sastoji od kapacitivnog senzora za mjerenje vlažnosti i temperaturnog senzora visoke točnosti [4]. Senzor je tvornički kalibriran i u sebi sadrži mikroupravljač visokih performansi iz kojeg se pomoću komunikacije po jednoj žici (engl. *Single-bus communication*) čitaju informacije. Podatak o temperaturi ili vlažnosti sastoji se od 16 bita, dok ih mikroupravljač čita u blokovima od po 8 bita.

Komunikacija sa senzorom se odvija na sljedeći način: mikroupravljač šalje start signal senzoru (postavlja logičku '0' minimalno 800 μs na priključnicu s koje dohvaća podatke) te nakon toga AM2302 senzor prelazi sa stanja mirovanja (engl. *sleep*) u stanje brzog načina rada (engl. *high-speed*). Nakon što senzor pošalje signal odziva prema mikroupravljaču (prema standardu je to logička '0' 80 μs pa nakon toga logička '1' 80 μs) šalje se 40 bita u blokovima od 8 bita podataka sljedećim redoslijedom:

- 8 bitna vrijednost vlažnosti zraka prije decimalne točke,
- 8 bitna vrijednost vlažnosti zraka poslije decimalne točke,
- 8 bitna vrijednost temperature zraka prije decimalne točke
- 8 bitna vrijednost temperature zraka poslije decimalne točke,
- Paritetni bit.

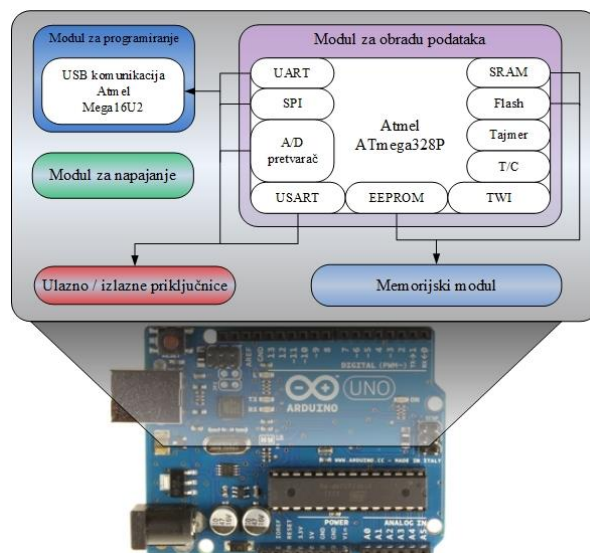
Nakon poslanih svih 40 bita senzor prelazi u stanje mirovanja do sljedećeg čitanja podataka [4].



Slika 6. Shema spajanja senzora temperature i vlage na Arduino

3. RAZVOJNO OKRUŽENJE ARDUINO

Razvojno okruženje Arduino je otvorenog koda (engl. *open source*) i otvorenog sklopovlja (engl. *open hardware*) razvojna okolina, temeljena na fleksibilnom i za uporabu jednostavnom sklopovlju te programskoj okolini sličnoj Javi ili C-u. Dizajniran je kako bi proces uporabe elektronike u multidisciplinarnim projektima bio jednostavniji. Omogućava jednostavno i povoljno sučelje za stvaranje kreativnih i korisnih projekata. S obzirom da je Arduino platforma otvorenog tipa, dozvoljeno je njezino dijeljenje i preuređivanje u svrhu kreiranja novih platforma koje su međusobno kompatibilne tako da su razvojem nastale još mnoge inačice razvojnih okruženja baziranih na Arduino platformi. U osnovi, sva Arduino kompatibilna sklopovlja sastoje se od mikroupravljača, integriranog sklopa za komunikaciju s računalom te perifernih elektroničkih dijelova za osiguravanje mogućnosti rada mikroupravljača – stabilizatori napona, kvarcni oscilator za generiranje frekvencije takta i slično [6].



Slika 7. Arhitektura arduino sklopovlja

Razvojna okolina Arduino UNO R3 sadrži 14 digitalnih ulaza/izlaza, 6 analognih ulaza/izlaza i podržava USB prijenos podataka. Ima ugrađen mikroupravljač ATmega328P koji radi s naponom od 5V. Najveća dopuštena struja na ulazno/izlaznim priključnicama je 40 mA i svaka priključnica ima ugrađeni unutarnji pritezni otpornik (engl. *Pull-up resistor*) veličine 20 do 50 kΩ. Flash memorija je veličine 32 KB od čega je 0,5 KB rezervirano za program kojim se učitavaju vlastiti programi (engl. *bootloader*). Brzina procesora je 16 MHz, a količina radne memorije je 2 KB. Napaja se preko USB sučelja računala ili preko vanjskog napajanja gdje je najpogodnije vanjsko napajanje baterija od 9V.

Kroz digitalne izlaze korisnici mogu povezati različite elektroničke uređaje kao što su LED, senzori, zvučnici, motori i slično te ih zatim kontrolirati mikroupravljačem. Kao što je prikazano na slici 7, arhitektura sklopovlja Arduina uglavnom se sastoji od modula za napajanje, modula za programiranje, memorijskog modula i modula za obradu podataka. Modul za napajanje je odgovoran za konstantan istosmjerni napon od 5V preko USB sučelja ili preko vanjskog adaptera gdje napon smije biti u granicama od 7 do 12 VDC. Modul za programiranje je odgovoran za prebacivanje programskog koda u mikroupravljač kroz komunikacijsko sučelje UART (engl. *Universal Asynchronous Receiver /Transmitter*) na računalu. Memorijski modul je odgovoran za upravljanje memorijama tipa EEPROM i SRAM. Modul za obradu podataka rabi Atmel ATmega328P mikroupravljač i odgovoran je za analizu i obradu podataka. On također kontrolira rad svake komponente i upravlja izlaznim naponom svake priključnice na Arduino razvojnoj okolini.

3.1. Digitalne priključnice Arduino Uno modela

Svaki digitalni priključak ravnog sklopa Arduino označen brojevima od 0 do 13 može se rabiti kao ulaz ili izlaz. Maksimalni napon koji se može pojaviti na izlaznim digitalnim nožicama je 5V. Svaka digitalna priključnica pored ulaznih i izlaznih funkcija ima još i druge funkcije:

- **0 RX i 1 TX:** za primanje (RX) i slanje (TX) serijskih podataka. Te dvije priključnice su povezane s istoimenim priključnicama na ATmega8U2 ili ATmega16U2 mikroupravljačima i zaslužni su za USB komunikaciju.
- **2 i 3:** omogućavaju izlazni prekid (engl. *External interrupt*).
- **3, 5, 6, 9, 10 i 11:** omogućavaju pulsno širinsku modulaciju (engl. *Pulse Width Modulation* ili *PWM*) pri frekvenciji 490Hz.
- **10(SS), 11(MOSI), 12(MISO), 13(SCK):** priključnice omogućuju komunikaciju preko serijskog sinkronog modula (engl. *Serial Peripheral Interface* ili *SPI*).
- **13:** na priključnici je povezana LED (engl. *Light-Emitting Diode*). Ako je priključena na napajanje, LED svijetli. Ne koristi se kao digitalni ulaz zbog već spojene LED.

3.2. Analogne priključnice Arduino Uno modela

Na raspolaganju imamo 6 analognih ulazno/izlaznih priključnica s oznakama A0 do A5. Svaki ATmega mikroupravljač kojega rabe Arduino moduli ima 6 kanalni analogni digitalni pretvornik (engl. *Analog-to-digital converter*). Pretvornik je rezolucije 10 bita i vraća cjelobrojne vrijednosti od 0 do 1023, što odgovara ulaznim naponima od 0 do 3.3V ili 5V, ovisno o referentnom naponu. Glavna funkcija analognih ulaza za većinu Arduino modula je pretvorba analognih vrijednosti s različitih senzora, ali ih lako možemo rabiti i kao digitalne ulaze i izlaze koje zovemo GPIO (engl. *General Purpose Input/Output*). Za korištenje analogne priključnice kao digitalne odlučujemo se u načelu samo ako nam nedostaje digitalnih nožica na projektu. Ulazi također imaju ugrađeni pritezni otpornik koji možemo lako programski uključiti. Dodatnu funkcionalnost imaju priključnice A4 (SDA) i A5 (SCL) koje omogućuju TWI (engl. *Two Wire Interface*) komunikaciju.

3.3. Napajanje

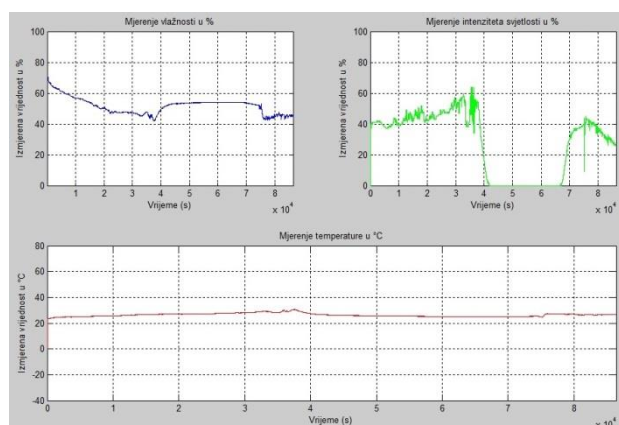
Priključnice za napajanje koriste se za dostavljanje električne energije modulima:

- **VIN** (engl. *Input Voltage*): upotrebljava se za napajanje Arduino modula dok se baterija rabi kao vanjsko napajanje. Možemo ga upotrebljavati i kao izlazni napon i napajati druge elemente sheme ako imamo modul priključen na napajanje preko adaptera.
- **GND:** dvije priključnice za referentnu točku, tj. zajedničku masu.
- **5V:** izlazni napon od 5V sa stabilizatora napona na modulu.
- **3.3V:** izlazni napon od 3.3V sa stabilizatora napona na modulu maksimalne struje 50mA.
- **RESET:** ako ovu priključnicu spojimo na masu, modul se resetira. Na priključnicu već je spojeno tipkalo koje se nalazi na samom modulu i rabimo ga za resetiranje cijelog modula.
- **IOREF** (samo UNO verzije 3): omogućuje Arduino modulu da se prilagodi naponu napajanja kojeg upotrebljava mikroupravljač na ulazno izlaznim priključnicama. Moguće je postaviti 3.3 ili 5V.

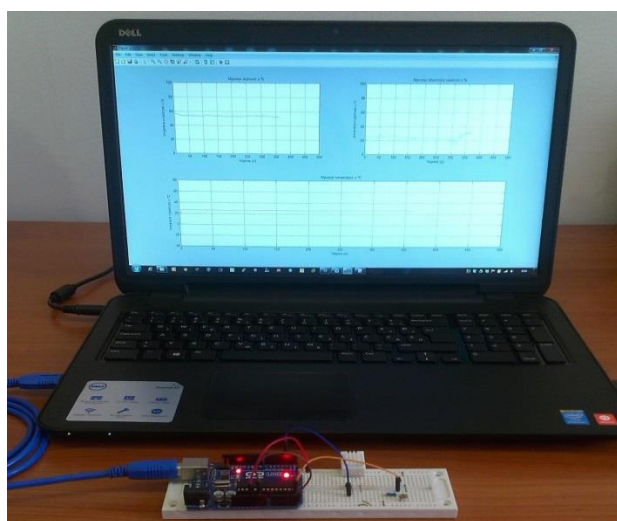
4. REZULTATI

Na slici 8. prikazani su rezultati mjerenja temperature, vlažnosti zraka i intenziteta svjetlosti. Graf temperature iscrtava se u unaprijed zadanom vremenu po osi ordinate, a po osi apscise ispisane su vrijednosti temperature. Temperaturna os postavljena je od -40 °C do 80°C što predstavlja minimum i maksimum prema karakteristikama temperaturnog senzora. Svaka izmjerena veličina prikazana je na posebnom grafu u periodu od 24 sata. Os ordinate vlažnosti i intenziteta osvijetljenja prikazuju se u rasponu od 0% do 100%. Kroz prikazane rezultate u stvarnom vremenu možemo

odrediti da li senzor radi dobro te uvidjeti postoje li poteškoće koje se javljaju unutar nekog sustava u kojem se vrši mjerenje.



Slika 8. Rezultati 24 satnog mjerenja



Slika 9. Prikaz sklopa spojenog na eksperimentalnoj pločici

5. ZAKLJUČAK

Složenost prikupljanja podataka uz pomoć korištenja Matlab-a s Arduino razvojnim sklopom, znatno se smanjuje. Mogućnost primjene ovakve analize podataka proteže se od industrijskih postrojenja do mjerenja parametara sa senzora u kućanstvu. U radu je prikazano kako se Matlab može koristiti kao sučelje za bilo koji analogni uređaj ili senzor uz pomoć Arduino razvojne okoline te ujedno tako primiti i spremati podatke različitih fizikalnih veličina za buduću uporabu.

U nastavku ovog projekta moguće je spojiti više senzora i izvršnih elemenata kojima bi mogli automatizirati rad nekog sustava na temelju izmjerenih podataka. Također, postoji mogućnost spajanja nekih od RF komunikacijskih modula (npr. *Bluetooth*) kako bi izbjegli povezivanje sklopa s računalom žičanim putem.

6. LITERATURA

- [1] <http://www.mathworks.com>. (Dostupno: 25.7.2014.).
- [2] S. F. Barrett; D. J. Pack: *Microcontrollers Fundamentals for Engineers and Scientists*, Vol. 1, No. 1 (2006) 1–124.
- [3] <http://www.mathworks.com/products/simulink/> (Dostupno: 25.7.2014).
- [4] <http://meteobox.tk/files/AM2302.pdf>. (Dostupno: 25.7.2014.).
- [5] <http://arduino-info.wikispaces.com/QuickRef>. (Dostupno: 25.7.2014).
- [6] <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>. (Dostupno: 25.7.2014).
- [7] S. Borah; M. T. Scholar: *Temperature Monitoring of Server Room Using Matlab and Arduino*, IJERT, Vol. 2, No. 9, (2013)849–851
- [8] S. Lee; Y. Li; V. Kapila: *Development of a Matlab-Based Graphical User Interface Environment for PIC Microcontroller Projects*, 2004
- [9] R. M. Potdar; P. Pathak: *Microcontroller based real time data acquisition system with parameter analyzer using Matlab*, IJERIA, Vol. 2, No. 5, (2009) 183-195

Kontakt autora:

Bruno Palašek, struč.spec.ing.el.
Međimursko veleučilište u Čakovcu
Bana Josipa Jelačića 22a, Čakovec
bruno.palasek@mev.hr

Petra Mesarić, mag.ing.el.techn.inf.
Međimursko veleučilište u Čakovcu
Bana Josipa Jelačića 22a, Čakovec
petra.mesaric@mev.hr

dr.sc. Mihael Kuček, viši predavač
Međimursko veleučilište u Čakovcu
Bana Josipa Jelačića 22a, Čakovec
mihael.kucek@mev.hr

AUTOMATIZACIJA PRIJELOMA PUBLIKACIJA U INDESIGNU PRIMJENOM BAZE PODATAKA

AUTOMATIZATION OF CREATING PAGE LAYOUTS FOR PUBLICATIONS IN INDESIGN USING DATABASE

Dean Valdec, Petar Miljković, Damir Modrić

Pregledni rad

Sažetak: U današnje vrijeme, brzina izrade grafičkog proizvoda po pojedinim fazama jedan je od značajnih čimbenika smanjenja troškova proizvodnje. Stoga je bez automatizacije procesa i primjene naprednih tehnologija grafička priprema danas nezamisliva. Naime, postoje različiti DTP alati koji se koriste u prijelomu publikacija s ciljem da omoguće što jednostavniju izradu prijeloma, ali i da ubrzaju sam proces. Primjena baze podataka zauzima značajno mjesto u automatizaciji prijeloma posebno kod grafičkih proizvoda sa varijabilnim podacima. Predložci prijeloma oblikovani prema zahtjevima kupca povezuju se sa datotekom baze podataka. Ovaj rad bavi se automatizacijom prijeloma u InDesignu korištenjem baze podataka, te prednostima i nedostacima ove metode izrade publikacija. Eksperimentalni dio se temelji na izradi dva kataloga s različitom strukturom unutrašnjih stranica i primjeni potpuno identične baze podataka. Integracija baze podataka sa alatom za prijelom i obradu teksta donosi veliku uštedu vremena rada, kao i pojednostavljeni radni tijek poslova unutar cjelokupnog procesa izrade grafičkog proizvoda.

Ključne riječi: baza podataka, InDesign, prijelom, povezivanje podataka, stolno izdavaštvo

Review article

Abstract: In present times, the speed of the graphic product fabrication in single stages, is one of the important factors in cost reduction. That is why the automatization of the process and the application of advanced technologies in prepress is key. Namely, there are different DTP tools used in the publication layout with the goal of achieving a simple page layout production and also to speed up the process. Application of a database is an important part of the page layout automatization, especially for graphic products with variable data. Page layout templates designed by the customer requirements are linked with a database file. This paper addresses the automatization of the page layout in InDesign using databases and the advantages and disadvantages of this publication manufacturing method. The experimental part is based on the manufacture of two catalogues with different inner pages layouts and the use of an identical database for each layout. The integration of the database with the tool for page layout and text processing allows a significant work hour reduction and a simplified workflow of operations in the process of graphic products manufacturing.

Key words: database, data merge, desktop publishing, InDesign, page layout

1. UVOD

Još davne 1985. godine tvrtka Aldus izdala je prvi DTP alat koji se zvao PageMaker (kasnije kupljen od tvrtke Adobe). U današnje vrijeme najzastupljeniji DTP alati za prijelom su QuarkXPress i Adobe InDesign koji omogućavaju rad u WYSIWYG (What You See Is What You Get) okruženju.

Danas tržišna zastupljenost i korištenje pojedinih alata nije poznata iz razloga jer InDesign često dolazi u Adobe Suite paketima zajedno s ostalim alatima koji se koriste za grafičku pripremu, pa je teško odrediti njegovo stvarno korištenje. [1]

U današnje vrijeme jedan od glavnih izazova proizvodnje je kako skratiti vrijeme izrade po jedinici proizvoda. Bilo da se radi o pozivnicama, posjetnicama, cirkularnim pismima, omotnicama, letcima ili

katalozima, njihova izrada iziskuje mnogo truda i vremena. Upravo je automatizacija prijeloma pomoću DTP alata jedan od načina kako skratiti vrijeme proizvodnje, a samim time smanjiti troškove proizvodnje grafičkog proizvoda.

InDesign sadrži nekoliko alata čijom se zajedničkom primjenom mogu stvoriti zadovoljavajuća rješenja po pitanju automatizacije prijeloma. Potrebno je samo strateško razmišljanje i dobro poznavanje alata. Jedan od takvih alata je *Data Merge*. To je jednostavan alat koji se koristi za povezivanje baze podataka s elementima prijeloma. Pomnim planiranjem i dobrom pripremom može se, koristeći ovaj alat, znatno ubrzati postupak izrade prijeloma.

Cilj ovog rada je objasniti proces povezivanja informacija iz baze podataka, s elementima prijeloma, koristeći alat *Data Merge*. Za početak, potrebno je

stvoriti bazu podataka pomoću alata Microsoft Excel, koja se kasnije izvozi u tekstualnu datoteku gdje su podaci odvojeni tabulatorom. U većini slučajeva dizajner ne izrađuje bazu podataka nego dobiva gotovu koja se, eventualno, prilagođava za daljnji rad. Time dizajner ima više vremena za svoj pravi posao, a to je pripremanje i oblikovanje prijeloma publikacije. U praktičnom dijelu bit će prikazane mogućnosti rada s bazom podataka te prednosti takvog načina rada. Glavni fokus stavljen je na izradu dva različita prijeloma auto kataloga koji koriste istu bazu podataka.

2. TEORETSKI DIO

InDesign je alat razvijen od tvrtke Adobe Systems. To je moćan softverski program za prijelom stranica poznat po jednostavnosti upotrebe, preciznosti i integraciji s drugim alatima iz softverskog paketa Adobe Creative Suite. InDesignove glavne značajke su mogućnost profesionalne integracije teksta i grafike, alati za crtanje, efekti prozirnosti, mogućnost upotrebe Photoshopovih efekata te pouzdan ispis i izvoz u PDF format. Koristeći moćne kreativne alate i fleksibilne značajke za povećanje učinkovitosti, grafički dizajneri stvaraju razne tiskane i elektroničke publikacije. [2]

Koristi se za stvaranje plakata, letaka, brošura, magazina, kataloga, novina i knjiga. Aplikacija također podržava izvoz u EPUB i SWF formate za stvaranje digitalnih publikacija i sadržaja za prikazivanje na tablet računalima. [3]

Kao i većina alata za izradu prijeloma, InDesign radi na principu umetanja sadržaja u formu. Bilo da se radi o uvozu teksta iz vanjske datoteke ili o direktnom pisanju u InDesignu, tekst je po definiciji sadržaj te stoga mora biti u tekstualnom okviru.

Tablica se sastoji od ćelija podijeljenih u redove i stupce. Ćelija ima funkciju tekstualnog okvira u koji se može umetnuti tekst, slika i druga tablica. Kad se stvori tablica ona zauzima širinu tekstualnog okvira.

Budući da ćelije tablice funkcioniraju kao mali tekstualni okviri, u njih se mogu umetnuti grafike tako da ih se usidri u tekst. Kada se radi s tablicama, veličinu grafike najlakše je odrediti prije no što se usidri.

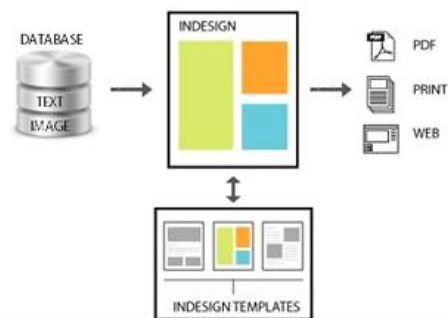
2.1. Automatizacija prijeloma

Svaka stranica otisnuta u digitalnom tisku može biti različita bez da se značajno povećavaju troškovi proizvodnje. Ta činjenica je izazvala mini-revoluciju u varijabilnom tisku podataka (eng. *Variable Data Printing*) u kojoj se različiti grafički proizvodi od reklama pa do naslovnica magazina mogu prilagoditi svakom pojedincu. To se postiže na način da se svi statični elementi postavljaju u radnom dokumentu, a na mjesta gdje dolaze varijabilni podaci stavljaju se posebne oznake. Varijabilni podaci sadržani su u bazi podataka te se prilikom izrade konačnog dokumenta postavljaju na mjesta posebnih oznaka.

Automatizacija prijeloma pomoću baze podataka može se primijeniti samo u slučaju kada je struktura sadržaja stranice istovjetna u jednom dijelu publikacije ili

u cijeloj publikaciji te tako kreirati dosljedni i predvidljiv izgled konačnog proizvoda. Isto vrijedi i za druge grafičke proizvode koji u sadržaju koriste varijabilne podatke. Tada se na predlošku definira izgled svih statičnih i varijabilnih elemenata prijeloma, a varijabilni podaci se zatim povezuju sa sadržajem baze podataka. Baza podataka treba biti dosljedno organizirana kako bi se podaci jednoznačno povezali s elementima strukture prijeloma.

Informacije koje se žele publicirati nalaze u bazi podataka. Iz baze podataka prenose se u TXT datoteku, koja se zatim povezuje s InDesignom koji automatski formatira taj sadržaj prema definiranom predlošku (proces je shematski prikazan na slici 1).



Slika 1. Shema procesa prijeloma publikacije pomoću baze podataka

Kada se baza podataka publicira, često postoji dosljedna struktura koja se treba identično prenositi sa stranice na stranicu. InDesign dopušta da se prvotno definira prijelom stranice, a zatim kloniranje tog prijeloma za sve ostale dodatne informacije iz baze. Prijelom se može postići korištenjem uzorka sadržaja ili tipičnog seta informacija i ponavljanjem prijeloma koliko god je to puta potrebno za sav sadržaj. [4]

Pomoću InDesigna moguće je jednostavno iz baze podataka izvući samo neke ili sve podatke, kako bi se mogli primijeniti u drugim prijelomima s drugačijom strukturom. To je ujedno i glavna prednost ovog procesa izrade, s time da jedna datoteka može biti izvor podataka za različite grafičke proizvode poput brošura, cjenika i kataloga.

InDesign dokument koji se koristi u automatizaciji prijeloma, može sadržavati tekstualne i slikovne okvire. Tekst se može protezati kroz jedan ili više povezanih okvira. Slično tome, povezuje se i tekst unutar ćelije tablice. TXT datoteke, osim za povezivanje teksta, koriste se i za povezivanje eksternih slika, za koje treba definirati putanju do izvorne datoteke.

2.2. Baza podataka

Jedna od definicija baze podataka glasi da je to zbirka zapisa pohranjenih u računalu na sustavni način, takav da joj se softverski program može obratiti prilikom odgovaranja na problem. Za danu bazu podataka tipično postoji strukturni opis vrste činjenica sadržanih u toj bazi podataka, a taj opis se naziva shema. Postoje brojni različiti načini organiziranja sheme, a danas je najrašireniji odnosni model, koji, laički rečeno, prikazuje sve informacije u obliku mnogostrukih odnosnih tablica

od kojih se svaka sastoji od redova i stupaca. Ovaj model prikazuje odnose upotrebom vrijednosti koje su zajedničke za više od jedne tablice. Ostali modeli poput hijerarhijskog modela i mrežnog modela, koriste prikaze i odnose koji su mnogo eksplicitniji. [5]

U datoteci baze podataka spremjeni su svi jedinstveni podaci. InDesign ne može izravno koristiti baze podataka poput FileMaker Pro, Microsoft Access ili MySQL kao datoteku baze podataka, nego koristi tekstualne datoteke odvojene zarezom ili tabulatorom. Takve datoteke se izvezu iz softverskog programa kao što su Microsoft Excel (slika 2) i FileMaker u obliku CSV zapisa (tekst je odvojen zarezom) ili u obliku TXT zapisa (tekst je odvojen tabulatorom).

	A	B	C	D	E	F
1	naziv	obujam	snaga	snaga_pri	okr_max	okr_momentmoment_pri
2	Alfa Romeo 2003 147 GTA 3.2 V6	3179	164	6200	300	4800
3	Alfa Romeo 2006 147 1.6 105	1598	77	5600	140	4200
4	Alfa Romeo 2010 Giulietta 1.4 TB	1368	88	5000	205	1750
5	Alfa Romeo MiTo 1.4 16V TB 155 Sport	1368	114	5500	230	3000
6	Audi 2008 A8 3.0 TDI quattro	2967	171	4000	460	1400
7	Audi 2008 Q7 4.2 FSI quattro tiptronic	4163	257	6800	440	3500
8	Audi 2008 TT Coupe 2.0 TFSI	1984	147	5100	280	1800
9	Audi 2007 A5 1.8 TFSI	1798	125	4800	250	1500
10	BMW 2003 serija 5 520i	2717	125	6100	210	3500
11	BMW 2006 serija 3 Cabrio 320i	1995	125	6200	205	3600
12	BMW 2007 serija 1 Coupe 135i	2979	265	5800	400	1300
13	BMW 2007 serija 3 318i	1995	95	5750	180	3250
14	Citroen 2004 C4 1.4i 16V Visio	1360	65	5250	133	3250
15	Citroen 2007 C-Crosser 2.2 HDI	2179	115	4000	380	2000
16	Citroen 2008 C5 Tourer 1.6 HDi Pack	1660	80	4000	240	1750
17	Citroen 2008 C5 1.8i Pack	1749	92	6000	170	3750
18	Ferrari 360 Modena F1	3586	294	8500	373	4750
19	Ferrari 599 GTB Fiorano	5999	456	7500	608	5600
20	Ferrari California 4.3 V8	4297	338	7750	465	5000
21	Ferrari F430	4308	360	8500	485	5250
22	Honda 2008 Accord 2.0 i-VTEC Comfort	1997	115	6300	192	4300
23	Honda 2006 Civic 4V 1.8 ES	1799	103	6300	174	4300
24	Honda 2008 Jazz 1.2 i-VTEC Urban	1199	66	6000	114	4900
25	Honda 2009 Insight 1.3 SOHC i-VTEC Coi	1339	72	..	167	..
26	Jaguar 2008 XK Convertible 5.0 V8	5000	283	6500	515	3500
27	Jaguar 2008 XK Coupe 5.0 V8	5000	283	6500	515	3500
28	Jaguar 2008 XF 3.0 V6D 500	2993	177	4000	500	2000
29	Jaguar S-Type 3.0 V8	2967	175	6800	293	4100
30	Maserati 2005 Quattroporte 4.2 V8	4244	294	7000	451	4500
31	Maserati 2008 GranTurismo 4.2 V8	4244	298	7100	460	4750
32	Maserati Coupe 4.2 V8 GT	4244	287	7000	451	4500
33	Maserati Spyder 4.2 V8 GT	4244	287	7000	451	4500
34	Mazda 2003 RX-8 Revolution	1308	170	8200	211	5000
35	Mazda 2009 Mazda3 Sport 1.6i CE	1598	77	6000	145	4000

Slika 2. Izgled baze podataka u Excelu

U datoteci baze podataka, kao i u svakoj bazi podataka, podaci su razdvojeni u polja i zapise. Zapis je svako polje u kojem se nalazi neki unos. Prvi zapis u datoteci baze podataka trebao bi biti redak zaglavlja sa definiranim varijablama. Time se omogućuje operateru koji radi bazu podataka, a i kasnije operateru koji radi prijelom u InDesignu, da znaju kako povezati podatke. Veoma je važno da svaki zapis ima jednak broj polja, čak i ako je to polje prazno, jer se time osigurava odvajanje tog polja zarezom ili tabulatorom. [6]

Pošto datoteka baze podataka može biti odvojena samo zarezom ili tabulatorom i pošto svaki zarez ili tabulator ukazuje InDesignu na početak novog reda, zarezi ili tabulatori se ne mogu koristiti kao unosi u polja. Primjer: crvena, bijela, plava se definiraju kao tri različita unosa. Ali kad bi se željelo to prikazati kao jedan unos, potrebno je koristiti navodne znakove – „crvena, bijela, plava“. [6]

Varijabilni podaci nisu uvijek tekstualni te je ponekad potrebno umetnuti i slike.

U datoteci baze podataka definira se varijabla za slike, a označava se simbolom @. Polje sa zapisom slike sadržava putanju do izvorne datoteke. Sljedeći primjer je zapis iz CSV datoteke koja povezuje putanju slike na operativnom sustavu Windows:

naziv, @slika

Mazda RX 8, C:\auto-katalog\MazdaRX-8.jpg

Isti primjer, ali je putanja za sliku definirana za Mac OSX sustav:

naziv, @slika

Mazda RX 8, HD:auto-katalog:MazdaRX-8.jpg

Pošto način zapisivanja putanja u operativnim sustavima Windows i Mac OSX nije jednak, nije moguće koristiti zajedničku bazu podataka. Ako se slike nalaze u istoj mapi kao i datoteka baze podataka nije potrebno pisati cijelu putanju, već samo naziv slike i ekstenziju. Time se omogućava korištenje iste baze podataka na operativnim sustavima Windows i Mac OSX.

U Excelu se simbol @ koristi za specijalne funkcije. Prema tome, nije moguće umetnuti simbol @ ispred naziva varijable koja označava sliku, pa se zato simbol @ umeće naknadno u txt datoteci. [6]

2.3. Povezivanje podataka

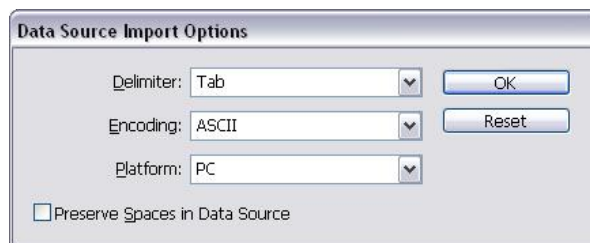
Pomoću alata *Data Merge* u prijelom se može ubaciti više različitih tipova varijabilnog teksta ili slike kao varijabilnih podatkovnih objekata. Osim što se koristi kod ubacivanja serijskih brojeva, *Data Merge* se koristi za stvaranje adresnih naljepnica, omotnica, letaka, brzu i jednostavnu izradu posjetnica, personaliziranih grafičkih proizvoda, kataloga, itd.

Data Merge je proces spajanja datoteke baze podataka s radnom stranicom dokumenta kako bi se stvorio novi, tzv. spojeni, dokument u kojem su podaci iz baze spojeni s elementima zadanog prijeloma. Taj spojeni dokument se šalje na tisak, ispis ili se izvozi u PDF format. [6]

Data Merge radi na principu kopiranja tekstualnih i slikovnih okvira i ostalih elemenata jednog ispod drugog prilikom stvaranja spojenog dokumenta.

Na radnu stranicu dokumenta postavljaju se grafički elementi kao što su tekstualni i slikovni okviri, tablice, statički tekst i zamjenski tekst (eng. *placeholders*) koji se kasnije zamjenjuju stvarnim podacima iz baze podataka. Zamjenski tekst se također može postaviti na matricu stranice (eng. *Master Page*).

Data merge panel otvara se iz izbornika *Window–Utilities–Data Merge*. Iz letećeg izbornika u panelu odabire se *Select Data Source* te se pronade datoteka baze podataka.



Slika 3. Postavke importiranja baze podataka

Ovisno u kojem formatu je spremljena datoteka baze podataka, potrebno je odabrati *Tab* ili *Comma* opciju, podesiti način kodiranja i vrstu platforme (slika 3), a nakon povezivanja u paleti *Data Merge*, prikazuju se varijable definirane u zaglavlju baze podataka (slika 4).



Slika 4. Paleta *Data Merge* s prikazom varijabli iz baze podataka

Zatim se u prijelomu označi mjesto na koje se varijabilni podaci trebaju umetnuti te se iz palete *Data Merge* odaberu odgovarajuće varijable. Drugi način je da se iz palete *Data Merge* nazivi varijabli odvuču na odgovarajuće mjesto.

Svaka promjena podataka iz baze podataka može se ažurirati u prijelomu pomoću opcije *Update Data Source* ili se može zamijeniti s nekom drugom bazom podataka pomoću opcija *Select Data Source* ili *Remove Data Source* te odabrati drugu datoteku.

Zamjenski tekst se može postaviti u tekstualni okvir, između redova drugog teksta, usred odlomka, unutar tablice, po putanji objekta te se u svim aspektima tretira kao normalan, nedinamičan tekst [6]. Također se na zamjenski tekst mogu primijeniti različite postavke oblikovanja teksta, odlomka i drugo tipografsko oblikovanje. InDesign ubacuje varijabilni tekst identično kao što je sadržan u datoteci baze podataka i neće dodavati niti maknuti razmak, tabulator ili bilo što drugo ispred ili iza varijabilnog teksta. Zato je potreban oprez prilikom korištenja razmaka ili tabulatora zajedno sa zamjenskim tekstom u prijelomu. Također se treba pobrinuti da su podaci u bazi "očišćeni" od nepotrebnih razmaka, punktacija, tabulatora i svega ostalog što se ne želi ubaciti u finalni, spojeni dokument.

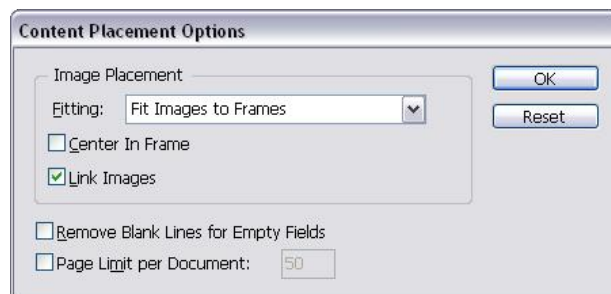
2.4. Spajanje podataka

Nakon što se poslože sva zamjenska polja na odgovarajuća mjesta u dokumentu prijeloma, moguće je krenuti sa spajanjem podataka. Prije spajanja kako bi se izbjegle eventualne pogreške dobro je napraviti predpregled spajanja podataka uključivanjem *Preview* opcije na dnu palete *DataMerge*.

Ako se pojave prazne linije prilikom spajanja podataka, potrebno je u paleti *Data Merge* odabrati *Content Placement Options* i označiti opciju *Remove*

Blank Lines for Empty Fields (slika 5). Ako zapis iz baze podataka sadrži prazno polje, u prijelomu se neće prikazati praznina.

Prilikom rada s dokumentima koji imaju velik broj stranica, moguće je ograničiti broj stranica po dokumentu. Npr. ako dokument ima 100 stranica i postavi se ograničenje na 50 stranica, InDesign će prilikom spajanja podataka stvoriti dva dokumenta od 50 stranica.



Slika 5. Opcije zamjenjivanja podataka

Pomoću opcije *Create Merged Document* iz letećeg izbornika pokreće se spajanje podataka. Za kontrolu načina generiranja podataka potrebno je definirati postavke u dijaloškom okviru *Create Merged Document* (slika 6) pomoću tri kartice kako slijedi:

- *Record* se odnosi na određivanje načina generiranja stranica zavisno o vrsti publikacije i izgledu stranice
- *Multiple Record Layout* definira način uređivanja višestrukih podataka te način popunjavanja zamjenskih formi s podacima
- *Options* kartica sadrži iste postavke kao i *Content Placement Options* dijaloški okvir.



Slika 6. Podešavanje načina generiranja podataka

Pritiskom na gumb OK početak će spajanje podataka u novi dokument. Ako je odabrano da bude jedan zapis po stranici, InDesign će stvoriti dokument s brojem stranica koji odgovara broju zapisa iz baze podataka. Taj spojeni dokument se sprema i šalje na ispis.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Ako se u InDesignu stvaraju dugački dokumenti, kao što su knjige, katalozi, časopisi i novine, upotreba matrice stranice ključna je za učinkovit rad. Matrica stranice služi kao pozadinska stranica dokumenta i sadrži elemente koji se nalaze na svim stranicama, primjerice, numeraciju stranica, zaglavlje ili podnožje stranice. Matrica stranice može sadržavati i okvire koji služe kao rezervirana mjesta za tekst i grafiku. Postavljanjem objekata na matricu stranice i zasnivanjem stranica dokumenta na matrici štedi se vrijeme i energija koja bi se potrošila na ručno postavljanje elemenata na svaku stranicu dokumenta.

Eksperimentalni dio obuhvaća primjenu baze podataka s ciljem automatizacije prijeloma dva auto kataloga formata A4 s različitim strukturom unutrašnjih stranica te različitog oblikovanja sa generiranjem završnih PDF dokumenata za tisak. Katalog sadrži informacije koje su zajedničke svim stranicama knjižnog bloka, ali ima i informacija koje variraju od stranice do stranice, odnosno sadrži varijabilne podatke. Na jednoj stranici kataloga nalaze se četiri odvojena oglasa sa slikom i podacima za pojedine marke automobile. Varijabilne podatke čine slika, naziv automobila i njegova specifikacija (obujam, snaga, broj okretaja, maksimalna brzina i ubrzanje, dužina, širina, visina, međuosovinski razmak, potrošnja goriva u gradu i na otvorenoj cesti).

Tradicionalni način prijeloma zahtjeva kreiranje jednog InDesign dokumenta za sve stranice kataloga gdje se zajedničke informacije umeću pomoću matrice stranice, a jedinstvene informacije, odnosno varijabilni podaci se kopiraju s neke tekstualne datoteke. Nedostatak ovog načina izrade je dugotrajnost i monotonost posla, i to što bilo kakva promjena u podacima zahtjeva promjene na pojedinim stranicama što često može uzrokovati pogreške u sadržaju.

Ovaj se način rada može olakšati kreiranjem predloška sa definiranim cjelokupnim izgledom stranice i pratećom tipografijom na matrici stranice te izradom prateće TXT datoteke koja sadrži jedinstvene informacije o samom proizvodu. Zapravo TXT datoteka predstavlja jednostavnu bazu podataka čiji se podaci mogu dopunjavati ili ažurirati.

Mogućnost spajanja baze podataka i predloška izrađenog u InDesignu pruža jednostavan i učinkovit način odvajanja sadržaja i oblikovanja tiskanih proizvoda koji su do nedavno bili isprepleteni u istom dokumentu. Kada su predložak i sadržaj finalizirani, potrebno ih je spojiti te izvesti u željeni format.

3.1. Proces izrade

Prvi korak je izrada dva predloška unutrašnjih stranica kataloga s različitim rasporedom i oblikovanjem elemenata prijeloma. Pošto se na jednoj stranici nalaze četiri istovjetna oglasa koja uključuju tekstualne i slikovne elemente, dovoljno je oblikovati samo jedan vizual za pojedini katalog (slike 7 i 8) koji će se kasnije umnožiti prema definiranoj strukturi kataloga.

Naziv automobila			
Snaga i obujam		Dimenzije (mm)	
Obujam (ccm)		Duljina	
Snaga (kW)		Širina	
Pri o/min		Visina	
Max. okr. mom		Međ. osovin.	
Pri o/min		Prtljažnik (l)	
Brzina		Potrošnja (l/100km)	
Max. (km/h)		Grad	
Akc. 0-100 (s)		Otvorena cesta	

Slika 7. Vizual oglasa koji se koristi za predložak prvog kataloga

Naziv automobila			
Snaga i obujam			
Obujam	Snaga(kW)	Pri o/min	Max. Okr.M.
Dimenzije			
Duljina	Širina	Visina	Prtljažnik
Brzina		Potrošnja	
Max (km/h)	Akc 0-100(s)	Grad	Cesta

Slika 8. Vizual oglasa koji se koristi za predložak drugog kataloga

Predložak se sastoji od statičkih elemenata, dakle elemenata koje dijele sve stranice (svi parametri specifikacije automobila i pozadinski elementi oblikovanja) te varijabilnih elemenata (prazna polja na oglasima na slikama 7 i 8), dakle onih podataka koji će biti jedinstveni za svaki oglas (naziv i slika automobila te podaci prema specifikacijama).

Također je potrebno oblikovati sve varijabilne elemente, a to su tekstualni i slikovni elementi. Ti elementi se u kasnijim koracima povezuju s pripadajućim varijablama iz TXT dokumenta (obujam, snaga, duljina, širina, ...).

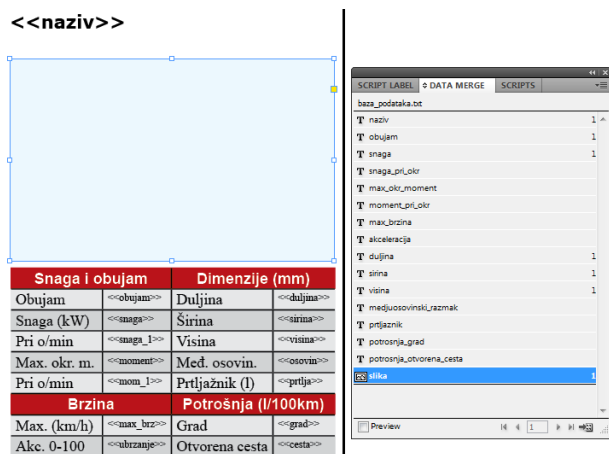
Idući korak uključuje izradu TXT datoteke na temelju baze podataka iz Excel tablice. Podaci su odvojeni tabulatorom, a varijabla koja označava slike automobila ispred ima simbol @, a vrijednosti su definirane u obliku putanji slika (slika 9).

File Edit Format View Help										
bazapodatak - Notepad										
naziv	obujam	snaga	pril_o	max_okr_moment	moment_pril_okr	max_brzina	akceleracija	daljina	oslikava	
širina	visina	međuosovinski_razmak	priljaznik	moment_pril_okr	potrosnja	potrosnja	otvorena_cesta	oklona		
Alfa Romeo 2003 147 GTA 3.2 V6	3179	164	6200	300	4800	246	6.3	4213	1764	1412
2546	280	28.1	6.6	Alfa_147GTA_baza.jpg						
Alfa Romeo 2006 147 1.6 105	1598	77	5800	340	4200	185	11.3	4223	1739	1442
2546	299	11.3	6.4	AlfaRomeo147v.jpg						
Alfa Romeo 2010 Giulietta 1.4 TB	1368	88	5000	206						
1465	2634	350	8.4	5.3						
Alfa Romeo Mito 1.4 16V TB 155 Sport	1368	114	5500	230	3000	210	8	4361	1798	
1449	2551	270	8.5	2.67						
Audi 2006 A8 3.0 TDI quattro	2967	171	4000	450	1400	243	7.8	5062	1894	1444
2944	300	12.1	8.5	AudiA8-baza-vl.jpg						
Audi 2006 Q7 4.2 FSI quattro tiptronic	4163	257	6800	440	3500	244	7.4	5086	1887	
1737	2002	775	19.5	10.2						
Audi 2006 TT Coupe 2.0 TFSI	1984	147	5100	280	1800	240	6.1	4584	1842	1332
2468	290	10.7	6.1	Audi TT-bazav.jpg						
Audi 2007 A5 1.8 TFSI	1798	125	4800	228	1500	228	8.4	4625	1854	1372
455	9.9	5.5	AudiA5_b.jpg							
Bmw 2006 serija 3 320i	2717	125	6100	210	3500	210	9	4841	1846	1468
320	13.2	6.8	1.1v.jpg							
Bmw 2007 serija 3 Cabrio 320i	2717	125	6100	210	3500	210	9	4841	1846	1468
2760	350	-	bmw3cabrio_bazav.jpg							
Bmw 2007 serija 1 Coupe 135i	1979	253	5800	400	1300	250	5.3	4360	1748	1421
2660	370	13	8.2	bmw1coupe07_bv.jpg						
Bmw 2007 serija 3 318i 1995	90	5750	350	230	280	1300	250	5.3	4360	1748
320	13.2	6.8	1.1v.jpg							
Citroen 2004 C4 1.4i 16V Visto	1360	65	5250	133	3250	182	12	4260	1771	1475
2608	320	8.7	5.2	C4-2.jpg						
Citroen 2007 C-Crosser 2.2 HDI	2179	115	4000	380	2600	200	9.9	4645	1805	1670
2615	310	8.5	5.4	Crosser-333.jpg						
Citroen 2008 C5 Tourer 1.6 HDI Pack	1560	80	4000	240	1750	188	12.5	4829	1860	
1325	2500	335	6.3	4.5						
Ferrari 360 Modena F1	3586	294	8500	373	1750	200	11	4779	1860	1458
Ferrari 1997 GTB Fiorano	456	7600	608	5600						
Ferrari California 4.3 V6	4297	333	7750	485						
Ferrari P430	4308	360	8500	465						
26.9	18.3	FerrariP430-baza-vl.jpg								
Nonda 2008 accord 2.0 i-VTEC Comfort	1997	115	6300	192	4000	215	9.3	4726	1840	
1440	1705	460	9.6	5.9	NACorad088.jpg					
Nonda 2008 civic 4v 1.8 ES	1799	103	6300	174	3000	200	9.3	4545	1750	1435
2635	389	8.7	5.5	Hondacivic4v_bazav.jpg						
2009 Civic 1.8i Urban	1199	6000	114	4900	177	172	10.6	3900	1695	
1325	2500	335	6.3	4.5						
Honda 2008 Insight 1.3 SOHC i-VTEC Comfort	1339	72	-	167	-	167	-	182	124	4395
1329	2752	313	17.1	8	Mitsubishi_hrv.jpg					
Jaguar 2006 XK Convertible 5.0 V8	5000	283	6500	515	3500	250	5.6	4794	1892	
1329	2752	313	17.1	8						
Jaguar 2006 XK Coupe 5.0 V8	5000	283	6500	515	3500	250	5.6	4794	1892	

Slika 9. Izgled baze podataka u .txt formatu

U idućem koraku predložak se povezuje s bazom podataka pomoću opcije *Select Data Source* iz palete *Data Merge* te se odabere prethodno napravljena baza podataka pod imenom „baza_podataka.txt“. Tada se pojavi dijaloški okvir *Data Source Import Options* u kojem se pod opcijom *Delimiter* odabere *Tab*, jer su podaci u bazi podataka odijeljeni tabulatorom. Tako je povezivanje završeno, a u paleti *Data Merge* vidljive su sve varijable iz baze podataka. Jasno je vidljivo koji podaci su tekstualni, a koji slikovni.

Zatim je potrebno svakom tekstualnom i slikovnom okviru pridružiti pripadajuću varijablu, što se postiže tako da se selektira okvir i klikne na odgovarajuću varijablu u paleti *Data Merge*. Napokon je kreirana struktura koja u potpunosti odgovara strukturi TXT datoteke. Radi prepoznatljivosti varijable su u prijelomu smještene unutar dvostrukih oštih zagrada. Slika 10 prikazuje sve povezane varijable unutar jednog oglasa s trenutno aktivnim slikovnim okvirom i njemu pripadajućom varijablom.



Slika 10. Struktura oglasa s povezanim varijablama

Sada je sve spremno za importiranje podataka iz TXT datoteke u InDesign predložak. Prilikom importiranja podataka potrebno je odabrati opciju *Create Merged Document* kako bi se postojeće varijable u InDesign dokumentu zamijenile novim podacima iz TXT datoteke i tako ispunili tekstualni i slikovni okviri dinamičkim sadržajem (slike 11 i 12). Pritom je u odgovarajućim karticama iz navedene palete potrebno odabrati opcije *Multiple Records*, *Fit Images Proportionally*, *Link Images* te postaviti veličine margina.

InDesign automatski smješta sadržaj importirane TXT datoteke na odgovarajuća mjesta pritom stvarajući novi dokument sa određenim brojem stranica. Stranice je još samo potrebno upariti povlačenjem predzadnje stranice na lijevu stranu, kraj zadnje stranice i time je redoslijed stranica posložen. U ovom primjeru katalogi imaju 20 stranica bez korica.

Osnovna razlika između gotovih kataloga osim u izgledu unutrašnjih stranica je i primjena različitog broja varijabilnih podataka što predstavlja prednost kod primjene baze podataka. Od ukupno šesnaest varijabli koje se nalaze u bazi podataka kod prvog kataloga je primijenjeno njih petnaest, a kod drugog kataloga trinaest.



Slika 11. Izgled stranice prvog kataloga



Slika 12. Izgled stranice drugog kataloga

Radi lakšeg snalaženja prilikom listanja kataloga na stranicu se može postaviti tekst koji označava prvi, odnosno zadnji proizvod na stranici ovisno da li je riječ o lijevoj ili desnoj stranici kataloga. Ovdje je također riječ o varijabilnom tekstu, a primijenjen je za prvi katalog.

U zaglavlju se za potrebe ovog tipa navigacije postavlja još jedan tekstualni okvir. Na početku cjelokupnog postupka potrebno je stvoriti novi stil. U paleti *Character Styles* odabere se *New Character Style* i zatim s bočne trake odabere *Basic Character Formats*. Pod *Style Name* napiše se „naziv_proizvoda“ te se definira tipografija teksta. Zatim se definira nova tekstualna varijabla odabirom opcije *Type – Text Variables – Define*. U dijaloškom okviru *New Text Variable* upiše se ime „prvi_proizvod_na_stranici“, u izborniku *Type* odabere se *Running Header (Character Style)*, pod *Style* se odabire „naziv_automobila“ te pod *Use* opcija *First on Page*. Postupak se ponovi za zadnji proizvod na stranici s jedinom razlikom da se pod *Name* upiše „zadnji_proizvod_na_stranici“, a pod *Use* se odabire opcija *Last on Page*. Time su definirane dvije tekstualne varijable koje je potrebno ubaciti na lijevu i desnu matricu stranice (engl. *Master Page*). Označi se tekstualni okvir na lijevoj matrici stranice te se pod *Type – Text Variables – Insert Variable* odabere varijabla „prvi_proizvod_na_stranici“ i na njega se primjeni *Character Style* „naziv_proizvoda“. Isti se postupak ponovi za desnu matricu stranice s time da se odabere varijabla „zadnji_proizvod_na_stranici“. Te varijable su radi prepoznatljivosti na matrici stranice postavljene unutar jednostrukih oštih zagrada. Generiranjem konačnog dokumenta u zaglavlju stranice kataloga se prikazuje naziv prvog proizvoda sa lijeve stranice odnosno naziv zadnjeg proizvoda sa desne stranice.

Na kraju jedino što preostaje je eksportirati gotove kataloge u željeni format (PDF).

4. RASPRAVA

Izrada baze podataka od izuzetne je važnosti u današnjem poslovanju. Naime, stvaranje jedinstvenog izvora informacija iz kojega je moguće te podatke primijeniti na tiskane i digitalne medije, izuzetno je bitno za svaku tvrtku i stvara određenu prednost pred konkurencijom. Također je važno zadržati postojećeg kupca ili klijenta nuđenjem više usluga što se omogućava prisnijim pristupom na tržištu odnosno primjenom personaliziranog sadržaja. Na taj način upute za različite proizvode, vodiči, i ostale informacije, koje su specifične za proizvod, imaju veću vrijednosti za kupca. U tradicionalnim sustavima za prijelom, autor troši 20–50% svog vremena postavljajući stranicu. [7]

Izrada kataloga na klasičan način, ručnim upisivanjem tekstualnih podataka u tekstualne okvire i ručnim umetanjem grafika u slikovne okvire, zna biti mukotrpan posao. Razlog tome je velika količina podataka koju je potrebno unijeti na točno predviđena mjesta u prijelomu što oduzima mnogo vremena.

Prema tome primjena baze podataka u svrhu automatizacije prijeloma veoma je korisna kada je potrebno unijeti velike količine podataka. Osim što je ovakav način unosa podataka puno brži od ručnog

upisivanja također je i pouzdaniji. Naime, prilikom unosa velike količine podataka često dolazi do pada koncentracije osobe koja to radi, što pak dovodi do pogrešaka u unosu. Ispravak takvih pogrešaka oduzima mnogo vremena, što stvara dodatne troškove poslodavcu.

Takve pogreške su u današnje vrijeme, kad je brzina izrade grafičkog proizvoda važan čimbenik, nedopustive. Te pogreške se mogu izbjeći postupkom automatizacije prijeloma koristeći bazu podataka i alat *Data Merge*. Alatom *Data Merge* se uvelike ubrzava proces izrade grafičkog proizvoda, prvenstveno kod proizvoda s jednim ili više varijabilnih elemenata poput prikazanog auto kataloga. Pogreške koje se javljaju u klasičnom načinu izrade kataloga u potpunosti nestaju.

No, i kod ove metode ipak može doći do pogrešaka uzrokovanih ljudskim faktorom prilikom izrade baze podataka. Postoji mogućnost da se vrijednost upiše u krivu ćeliju ili se određenom proizvodu dodijeli kriva slika i slično. No te pogreške puno je lakše ispraviti u bazi podataka. Čak i ako je katalog već izrađen, moguće je ažurirati bazu podataka te pomoću alata *Data Merge* generirati novi katalog s novim podacima u veoma kratkom vremenu.

Dakle, ovaj način izrade kataloga doprinosi većoj pouzdanosti i sigurnosti u ispravnost podataka nego kod klasične izrade kataloga, te je znatno brži čime se postiže smanjenje troškova izrade. Bitno je dobro planiranje prilikom izrade baze podataka i predložka prijeloma, strateško razmišljanje i poznavanje alata *Data Merge* da bi se postupak automatizacije efikasno iskoristio.

Jedini nedostatak ove metode je u tome što se baza podataka može primijeniti za automatsko generiranje prijeloma samo u slučaju kada se ti podaci postavljaju na već unaprijed definirani predložak. U slučaju da se svaka stranica oblikuje na drugačiji način tada ova metoda nema svoju primjenjivost.

5. ZAKLJUČAK

U radu su prezentirane prednosti koje donosi automatizacija prijeloma u svakodnevnom izdavaštvu na temelju primjene baze podataka, ali i prikazani konkretni primjeri njegove primjene. Integracija baze podataka sa alatom za prijelom i obradu teksta donosi veliku uštedu vremena rada, kao i pojednostavljeni radni tijek poslova unutar cjelokupnog procesa izrade grafičkog proizvoda. Osim toga odvojenost sadržaja od njegove forme sve do posljednje faze prijeloma, što je ključno kod primjene ove metode prijeloma, omogućava potpunu kontrolu nad cjelokupnim procesom. To je ono što je nedostajalo kod klasičnog procesa izrade grafičkog proizvoda. Nadalje, informacije koje se čuvaju u bazama podataka lako se mijenjaju, ažuriraju ili nadopunjavaju i primjenjuju za različite vrste grafičkih proizvoda.

Također, ovakvim se načinom rada, prilikom prijeloma određenog grafičkog proizvoda, koji s jedne strane uključuje oblikovanje elemenata dizajna, a s druge strane manipulaciju sa sadržajem, štiti sam sadržaj. Ponekad se samo dio sadržaja želi koristiti za prijelom, pa unatoč tome što su sve varijable iz baze učitanе u InDesign moguće je koristiti samo dio informacija dok se ostale informacije ne diraju. Time se organizacija

podataka pojednostavljuje, a cijeli sustav postaje učinkovitiji.

Automatizacija prijeloma uvelike ubrzava proces izrade grafičkog proizvoda čime se znatno smanjuju troškovi proizvodnje. No prije samog početka potrebno je pomno isplanirati svaki korak izrade kako bi se izbjegle eventualne pogreške u kasnijim fazama rada. Također je potrebno dobro poznavati alate s kojima se radi te način i mogućnosti njihove primjene.

Prilikom izrade baze podataka bitno je pravilno organizirati sve podatke koji će se kasnije koristiti prilikom spajanja s prijelomom. U slučaju da se koristi već gotova baza podataka, potrebno je provjeriti da li su svi podaci pravilno upisani.

Unatoč tome što ova metoda izrade prijeloma pojednostavljuje i ubrzava sam proces, nedovoljno se koristi prvenstveno zbog nedostatka znanja i kompetencija osoba koje se bave izradom prijeloma i grafičke pripreme za tisak. Ova metoda znatno je pristupačnija od nekih drugih metoda automatizacije prijeloma poput XML tehnologije koja zahtijeva znanje programiranja.

Doc.dr.sc. Petar Miljković

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Koprivnica
Trg Žarka Dolinara, Koprivnica
pero@edit.com.hr

Doc.dr.sc. Damir Modrić

Grafički fakultet
Sveučilište u Zagrebu
Getaldićeva 2, Zagreb
damir.modric@grf.hr

6. LITERATURA

- [1] David P. Bianco, Quark Inc., 2011., answers.com, <http://www.answers.com/topic/quark-inc> (Dostupno: 20.08.2014.)
- [2] Cruise, J.; Anton, K. K.: Adobe InDesign CS3 u praksi - 100 najvažnijih postupaka, MIŠ d.o.o., Poduzeće za nakladničku i grafičku djelatnost, Zagreb (2008)
- [3] Cruise, J.; Anton, K. K.; Adobe Systems: Adobe InDesign CS6: Classroom in a book : the official training workbook from Adobe Systems, San Jose, California: Adobe Press (2012)
- [4] Adobe InDesign CS3 and XML: A Technical Reference
http://www.images.adobe.com/content/dam/Adobe/en/products/indesign/pdfs/indesign_and_xml_technical_reference.pdf (Dostupno 20.08.2014.)
- [5] http://hr.wikipedia.org/wiki/Baza_podataka, (Dostupno 20.08.2014.)
- [6] Burke P. S.: Mastering InDesign CS3 for Print Design and Production, Wiley Publishing Inc, Indianapolis, Indiana (2007)
- [7] The Business Case for XML; Don Bridges
<http://www.dclab.com/businessxml.asp> (Dostupno 20.08.2014.)

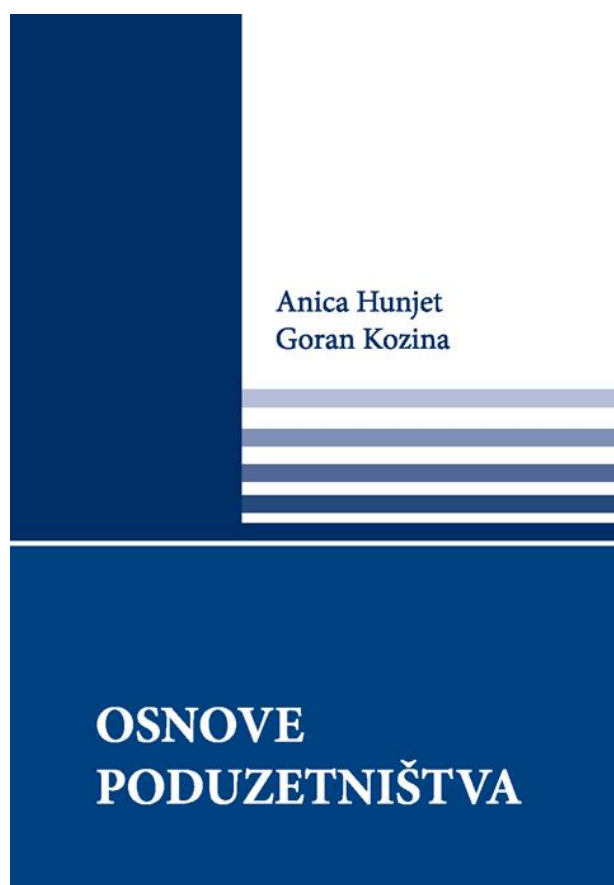
Kontakt autora:

Doc.dr.sc. Dean Valdec
Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, Varaždin
dean.valdec@unin.hr

PRIKAZ KNJIGE OSNOVE PODUZETNIŠTVA

OVERVIEW OF THE BOOK PROBABILITY AND STATISTICS

Knjiga „Osnove poduzetništva“, autora Anice Hunjet i Gorana Kozine, namijenjena je studentima sveučilišnih i stručnih studija, poslovnim ljudima i državnim službenicima, ali i svima onima koji imaju određena poduzetnička iskustva, pokazuju interes za poduzetništvo te žele poboljšati razumijevanje poduzetničkih procesa. Studenti, odnosno svi zainteresirani se upoznaju s temeljnim pojmovima poduzetništva, poduzetničkim procesom, poduzetničkom idejom i poduzetničkim pothvatom, poduzetničkim impulsima, marketingom, vizijom, misijom, strategijom i ciljevima poduzetničkog pothvata, poslovnim planom, poduzetničkim inkubatorom, životnim ciklusom, poslovnom etikom te izradom poslovnih planova za otvaranje vlastitog poduzeća.



Knjiga je podijeljena na deset dijelova. Prvi dio na vrlo pregledan način obuhvaća temeljne pojmove o poduzetništvu, prikazuje povijesne faze razvoja poduzetništva u svijetu, ističući posljednjih 30 godina kao poduzetničku revoluciju u SAD-u.

Drugi dio knjige razrađuje problematiku poduzetničkog procesa. Naglasak je na pretpostavkama i uvjetima nužnim za razvoj poduzetništva, u kojima se mogu ostvarivati pokretačke sile poduzetništva, poduzetnici i njihovi timovi.

Treći dio knjige odnosi se na razmatranje funkcija poduzetništva i to na stratešku i plansku funkciju poduzetništva, organizacijsku, upravljačku funkciju koja se sastoji od motiviranja zaposlenika, vođenja, kadrovske politike i poslovnog komuniciranja te na kontrolnu funkciju poduzetništva, odnosno završnu funkciju poduzetništva.

Četvrti dio knjige usmjeren je na poduzetničku ideju i poduzetnički pothvat. Iznoseći važnost odabira provedive poduzetničke ideje autori nude i različite alate i metode za prikupljanje i selekciju poslovnih ideja.

Na primjeren način u petom poglavlju skreće se pozornost na poduzetničke inkubatore. Autori iznose i konkretan primjer iz prakse u Hrvatskoj.

U šestom dijelu opisani su vizija, misija, ciljevi i strategija poduzetničkog pothvata. Uz iznesene definicije pojmova izlaganje je obogaćeno i primjerima iz prakse. Poseban naglasak stavljen je na važnost strateškog menadžmenta, na organiziranje i vođenje.

Sedmi dio knjige opširnije analizira poslovni plan, izgled i sadržaj. Prikazani su i najvažniji alati korisni za izradu i prezentaciju poslovnog plana. Ističe se da je prezentacija poslovnog plana važna isto tako kao i izrada poslovnog plana.

Osmi dio knjige opisuje i objašnjava pojam životnih ciklusa s naglaskom na poslovnu priliku, proizvod, tehnologiju te poduzetničku tvrtku.

Deveti dio knjige usmjeren je na poslovnu etiku i opisuje temeljne pojmove poslovne etike, kodeks etike u poslovanju, važnost etike za uspjeh i razvoj poduzetništva, značenje poslovne etike u suvremenom poslovanju, sukob interesa, etičke dvojbe i kako ih riješiti, te društveno odgovorno poslovanje.

Na kraju svakog poglavlja nalaze se pitanja, za ponavljanje i provjeru razumijevanja izložene građe što daje dodatnu vrijednost ovoj knjizi.

Deseti dio knjige nudi vrlo vrijedne primjere triju poslovnih planova koji su zaživjeli u praksi pa su „Prilozi“ vrlo kvalitetan dodatak izloženoj građi.

Knjiga je čitka, pregledna i pitka pa izaziva i otvara prostore za dublje promišljanje, kao i za razvoj poduzetničkih ideja i unaprjeđivanje uvjeta za razvoj poduzetništva. Podebljani dijelovi teksta, što su ih autori željeli posebno istaknuti, čine knjigu preglednom i pogodnom za brzo čitanje i ponavljanje građe za studentske ispite.

PRIKAZ KNJIGE VJEROJATNOST I STATISTIKA

OVERVIEW OF THE BOOK PROBABILITY AND STATISTICS

Udžbenik Vjerojatnost i statistika, autora Damire Keček, Damira Modrića i Marka Stojića nastao je na temelju predavanja i auditornih vježbi kolegija Statistika koji se predaje na studijima Sveučilišta Sjever. Svrha mu je da studentima pomogne savladati osnovne statističke pojmove i tehnike. Demonstrirana je primjena teorije vjerojatnosti za dobivanje uvida o stvarnim, svakodnevnim statističkim problemima i situacijama. Problemi na kraju svakog poglavlja pomoći će čitateljima da izvježbaju logičko razmišljanje.



Korištenje i razumijevanje statistike i statističkih procedura vještine su potrebne gotovo svakoj struci i akademskoj disciplini. Statistika je neophodan kolegij za studente svih dodiplomskih studija.

U udžbeniku je demonstrirana primjena teorije vjerojatnosti za dobivanje uvida o stvarnim, svakodnevnim statističkim problemima i situacijama. Pažljiv prikaz teorije vjerojatnosti potiče modele vjerojatnosti stvarnih pojava i statističke postupke koji slijede. Ovaj pristup rezultira intuitivnim razumijevanjem statističkih procedura i strategija koje najčešće koriste inženjeri i znanstvenici.

Provedena diskusija je stroga s pažljivo motiviranim definicijama, teoremima i dokazima, namijenjena publici čija matematička pozadina nije vrlo jaka i koji ne trebaju detalje i matematičku dubinu sličnih knjiga napisanih za matematičare ili statističare. Problemi na kraju svakog poglavlja pomoći će čitateljima da izvježbaju logičko razmišljanje. Da bi što bolje odgovarao raznolikoj skupini potencijalnih korisnika, primjeri i problemi u ovom udžbeniku izabrani su iz različitih izvora.

Stil pisanja je jasan i čitljiv te razumljiv i primjeren za studente koji dobro barataju znanjem elementarne matematike. Definicije su pravilno izložene, kao i masa riješenih primjera sa detaljnim obrazloženjima. Na kraju udžbenika su dane sve tablice potrebne studentu za rješavanje statističkih problema. Zadaci na kraju svakog poglavlja daju velik doprinos za uvježbavanje naučenog gradiva.

Udžbenik je podijeljen na osam poglavlja; Kombinatorika, Vjerojatnost, Slučajne varijable, Deskriptivna statistika, Procjena parametara, Testiranje statističkih hipoteza, Korelacija i regresija te malo povijesti ...

12pt

12pt

12pt

NASLOV NA HRVATSKOM JEZIKU (Stil: Arial Narrow, 14pt, Bold, Verzal, Center)

12pt

NASLOV NA ENGLESKOM JEZIKU (Stil: Arial Narrow, 14pt, Verzal, Center)

12pt

Ivan Horvat, Thomas Johnson (Stil: Times, 12pt, Bold, Italic, Center)

12pt

Kategorizacija članka

Sažetak: Sažetak članka na hrvatskom jeziku sa najviše 150 riječ pisan jezikom članka (obično hrvatski). Sažetak mora što vjernije odražavati sadržaj članka. U njemu se navode upotrijebljene metode i ističu ostvareni rezultati kao i doprinos članka. Časopis *TEHNIČKI GLASNIK / TECHNICAL JOURNAL* objavljuje znanstvene i stručne radove iz područja strojarstva, elektrotehnike, graditeljstva, multimedije, logistike a također i iz njihovih graničnih područja. Ovaj dokument se koristiti kao predložak za pisanje članka kako bi svi članci imali isti način prijeloma (Stil: Times New Roman, 10 pt, Italic)

10pt

Glavne riječi: Abecedni popis ključnih riječi na hrvatskom jeziku (5-6 ključnih riječi). Ključne riječi u pravilu su iz naslova članka, a samo eventualno iz sažetka članka. (Stil: Times New Roman, 10 pt, Italic)

10pt

Categorization article

Abstract: Sažetak članka na engleskom jeziku (Stil: Times New Roman, 10 pt, Italic)

10pt

Key words: ključne riječi na engleskom jeziku (Stil: Times New Roman, 10 pt, Italic)

10pt

10pt

1. OBLIKOVANJE ČLANKA (Stil: Arial Narrow, 12pt, Bold, Verzal, Align Center)

10pt

Članak se piše latiničnim pismom, a za oznake se može koristiti i grčko pismo. Opseg članka u pravilu se ograničava na osam stranica A4 formata (sukladno predlošku s uključenim svim slikovnim prilogima). Pri oblikovanju teksta članka ne smije se koristiti postavka za automatsko rastavljanje riječi.

10pt

1.1. Osnovna uputstva (Stil: Arial Narrow, 12pt, Bold, Align Left)

10pt

(Uvlaka prvog reda 5mm) Dokument je formata A4 sa marginama 20 mm sa svake strane. Koristi se prijelom u dvije kolone međusobno udaljene 7 mm. Za tekući tekst se koristi vrsta pisma Times New Roman sa jednostrukim proredom, veličina pisma 10 pt, obostrano poravnanje.

Naslov članka mora jasno odražavati problematiku članka (sadrži ne više od 15 riječi).

Tekst članka dijeli se na poglavlja, a po potrebi poglavlja se dijele na podpoglavlja. Poglavlja se označavaju rednim arapskim brojevima. Podpoglavlja, kao dijelovi poglavlja, označavaju se s dva redna arapska broja kao npr. 1.1, 1.2, 1.3, ... Podpoglavlje se može podijeliti na još manje cjeline koje se označavaju sa tri redna arapska broja, npr. 1.1.1, 1.1.2, ... Daljnja podjela nije poželjna.

Nazivi glavnih poglavlja se pišu velikim slovima (verzalom) i poravnavaju se u centar, a nazivi podpoglavlja (kao i manjih cjelina) pišu se malim

slovima (kurentom) te se poravnavaju u lijevo. Ako tekst naziva podpoglavlja i manjih cjelina prelazi u više redaka tada se definira viseća uvlaka (*Hanging intent*) 0,7 mm.

10pt

Grafičke oznake (*Bullet*) koje se koriste za označavanje stavki u nekoj listi, odnosno za nabrojanje započinju na početku retka, a nakon zadnje stavke dolazi razmak od 10pt:

- Stavka 1
- Stavka 2
- Stavka 3

10pt

Isto pravilo vrijedi prilikom numeriranja stavki u nekoj listi:

1. Stavka 1
2. Stavka 2
3. Stavka 3

10pt

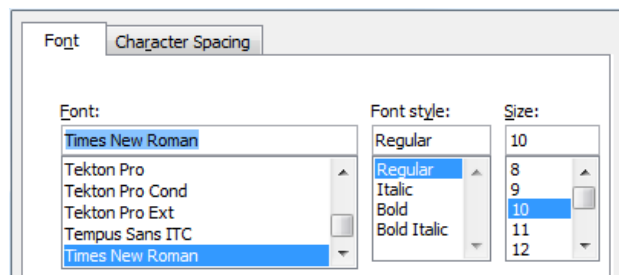
1.2. Oblikovanje slika, tabela i jednadžbi (Stil: Arial Narrow, 12pt, Bold, Align Left)

10pt

Slike (crteži, dijagrami, fotografije) koje čine sadržaj ugrađuju se u članak te poravnavaju se u centar. Kako bi slika uvijek zauzimala isto mjesto u odnosu na tekst prilikom uvoza moraju se definirati postavke *Text wrapping / Inline with text*.

Slike moraju biti pripremljene za grafičku reprodukciju sa minimalnom rezolucijom od 300dpi. Slike skinute s interneta sa 72dpi u veličini 1:1 nisu primjerene za reproduciranje u tisku zbog loše kvalitete.

10pt



Slika 1. Tekst ispod slike [1]

(Stil: Times New Roman, 10pt, Align Center)

10pt

Tisak knjižnog bloka je u crnoj boji stoga treba prilagoditi slike takvom načinu reproduciranja kako se svijetli tonovi (svijetle boje) ne bi izgubili u tisku ili tekst u slikama bio nečitljiv. Slike moraju ostati u koloru zbog objavljivanja u elektronskom obliku. Slike se kroz čitavi članak numeriraju u slijedu arapskim brojkama.

10pt

Tabela 1. Naslov tabele poravnat u centar
(Stil: Times New Roman, 10pt, Align Center)

	1	2	3	4	5	6
ABC	ab	ab	ab	ab	ab	ab
DEF	cd	cd	cd	cd	cd	cd
GHI	ef	ef	ef	ef	ef	ef

10 pt

Tekst i ostali podaci u tabelama oblikuju se kao Times New Roman, 8pt, Normal, Align Center.

Prilikom opisivanja slika i tabela fizikalne veličine i njihovi faktori ispisuju se kosim slovima latinične abecede ili grčkog alfabeta, dok se za mjerne jedinice i brojeke upotrebljavaju uspravni znakovi.

Jednadžbe u tekstu numeriraju se arapskim brojevima u okruglim zagradama uz desni rub teksta, a na njih se u tekstu poziva pomoću broja jednadžbe u okruglim zagradama, npr. ".... iz (5) slijedi"

10pt

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (1)$$

10pt

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta) \quad (2)$$

10pt

Veličine (varijable) koje se koriste u jednadžbama, ali i u tekstu članka ili u tabelama oblikuju se kao *kurziv* u istoj veličini teksta.

Slike i tabele koje su sastavni dio članka moraju se spomenuti u pratećem tekstu i na taj način povezati sa sadržajem, npr. „... prikazano na slici 1 ...“ ili „podaci iz tabele 1 ...“ i slično.

10pt

10pt

2. UVODNE NAPOMENE

10pt

Ponuđeni članak ne smije biti ranije objavljen, bilo u jednakom ili sličnom obliku, niti smije biti istodobno ponuđen drugom časopisu. Za sadržaj članka, autentičnost podataka i tvrdnji u njemu isključivo i u cijelosti odgovara autor ili autori.

Članci prihvaćeni za objavljivanje svrstavaju se u četiri kategorije: izvorni znanstveni članci (original scientific papers), prethodna priopćenja (preliminary

communications), pregledni članci (subject reviews) i stručni članci (professional papers).

U **izvorne znanstvene članke** svrstavaju se radovi, koji po ocjeni recenzenata i Uredničkog odbora, sadrže originalne teorijske ili praktične rezultate istraživanja. Ovi članci trebaju biti napisani tako da se na osnovi danih informacija može ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate, odnosno autora opažanja, teorijske izvide ili mjerenja.

Prethodno priopćenje sadrži jedan novi znanstveni podatak ili više njih, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućavale provjeru kao kod izvornih znanstvenih članaka. U prethodnom se priopćenju mogu dati rezultati eksperimentalnih istraživanja, rezultati kraćih istraživanja ili istraživanja u tijeku, kojih se objavljivanje procijeni korisnim.

Pregledni članak sadrži cjelovit prikaz stanja i tendencija određenog područja teorije, tehnologije ili primjene. Članci ove kategorije su preglednog karaktera s kritičkim osvrtom i ocjenom. Citirana literatura mora biti dovoljno cjelovita tako da omogući dobar uvid i uključivanje u prikazano područje.

Stručni članak može sadržavati prikaz originalnog rješenja nekog uređaja, sklopa ili instrumenta, prikaz važnijih praktičnih izvedbi i slično. Rad ne mora biti vezan uz originalna istraživanja, nego sadrži doprinos primjeni poznatih znanstvenih rezultata i njihovoj prilagodbi potrebama prakse, pa je doprinos širenju znanja, itd.

Izvan navedene kategorizacije Urednički odbor časopisa pozdravit će i članke zanimljivog sadržaja za rubriku "Zanimljivosti". U ovim člancima daju se opisi praktičnih izvedbi i rješenja iz proizvodnje, iskustva iz primjene uređaja i slično.

10pt

10pt

3. PISANJE ČLANKA

10pt

Članak se piše hrvatskim jezikom te se metrološki i terminološki valja uskladiti sa zakonskim propisima, normama (ISO 80000 serija) i međunarodnim sustavom jedinica (SI). Materija u članku izlaže se u trećem licu jednine.

Uvod sadrži opis problema i prikaz važnijih rezultata radova opisanih u citiranoj literaturi. Navodi se način rješavanja problema, koji se opisuje u članku, kao i prednosti predloženog postupka.

Središnji dio članka može se sastojati od nekoliko dijelova. Treba izbjegavati matematičke izvide koji opterećuju praćenje izlaganja. Neizbježni matematički izvodi mogu se po potrebi, dati kao cjeline u obliku jednog priloga ili više njih. Preporuča se navođenje primjera kad je potrebno ilustrirati proceduru eksperimenta, postupak primjene rezultata rada u konkretnom slučaju ili algoritam predložene metode. Razmatranje treba u pravilu eksperimentalno potvrditi.

Zaključak u kojem se navode ostvareni rezultati i naglašava efikasnost korištenog postupka. Istaknuti treba eventualna ograničenja postupka kao i područja moguće primjene dobivenih rezultata.

10pt

10pt

4. ZAKLJUČNE NAPOMENE

10pt

Kako bi članci bili pripremljeni istovjetno ovom predlošku preporuča se ubacivanje sadržaja u njega. Gotovi članci pripremljeni u MS Word za Windows i prelomljeni prema ovom predlošku šalju se Uredništvu časopisa Tehnički Glasnik na slijedeću e-mail adresu: zivko.kondic@unin.hr

Urednički odbor zadržava pravo manjeg redakcijskog ispravka članka u okviru pripreme za tisak. Članke, koji u bilo kojem pogledu ne zadovoljavaju naputak autorima, Urednički će odbor vratiti autoru. Radi eventualnih nejasnoća u svezi predloženog članka, Urednički se odbor obraća samo prvom autoru, ako ima nekoliko autora, i uvažava samo stavove koje iznese prvi autor.

10pt

10pt

5. LITERATURA

10pt

Literatura se navodi redoslijedom kojim se citira u članku. Pojedine literarne reference iz popisa literature u tekstu pozivaju se odgovarajućim brojem u uglatim zagradama, npr. "... u [7] je pokazano ...". Ako su literarne reference poveznice (linkovi) hiperveza se mora ukloniti kao što je vidljivo kod literarne reference 8. Također se uklanjaju hiperveze sa e-mail adresa kod kontakta autora. U popisu literature svaka se jedinica označava brojem, a navodi se prema sljedećim primjerima (podnaslovi iznad referenci se izostavljaju – navedeni su samo kao primjer izvora):

10pt

knjige:

- [1] Franklin, G. F.; Powel, J. D.; Workman, M. L.: Digital Control of Dynamic System, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1990
- [2] Kostrenčić, Z.: Teorija elastičnosti, Školska knjiga, Zagreb, 1982.

članci u časopisima:

- [3] Michel, A. N.; Farrell, J. A.: Associative Memories via Artificial Neural Networks, IEEE Control System Magazine, Vol. 10, No. 3 (1990) 6-17
- [4] Dong, P.; Pan, J.: Elastic-Plastic Analysis of Cracks in Pressure-Sensitive Materials, International Journal of Solids and Structures, Vol. 28, No. 5 (1991) 1113-1127
- [5] Kljajin, M.: Prijedlog poboljšanja proračuna parametara dodira na primjeru evolventnih bokova zubi, Tehnički vjesnik/Technical Gazette, Vol. 1, No. 1,2 (1994) 49-58

članci u zbornicima znanstveno-stručnih skupova:

- [6] Albertsen, N. C.; Balling, P.; Laursen, F.: New Low Gain S-Band Satellite Antenna with Suppressed Back Radiation, Proc. 6th European Microwave Conference, Rome, September 1976, 14-17
- [7] Kljajin, M.; Ergić, T.; Ivandić, Ž.: Izbor robota za zavarivanje uvjetovan konstrukcijom proizvoda, Zbornik radova - 3. međunarodno savjetovanje proizvodnoga strojarstva/3rd International Conference on Production Engineering CIM '95, Zagreb, November 1995, C-35 - C-41

poveznice (linkovi):

- [8] http://www.sciencedaily.com/articles/w/wind_power.htm (Dostupno:19.06.2012.)

10pt

10pt

Kontakt autora:

10pt

Ime Prezime, titula

Institucija, tvrtka

Adresa

Tel./Fax,e-mail