

Broj 2, Godina 1, 2024.

ČASOPIS

AKADEMSKI PRIVREDNIK

VISOKOŠKOLSKA USTANOVA UNIVERZITET „PRIVREDNA AKADEMIJA“
BRČKO DISTRIKT BIH

ISSN: 3029-3278



...geodezija

proizvodnja energije

održivi razvoj, saobraćaj

sport, učenje, poslovanje...

Brčko, 2024.



AKADEMSKI PRIVREDNIK

Brčko, 2024. godine

**IZDAVAČ**

VISOKOŠKOLSKA USTANOVA UNIVERZITET "PRIVREDNA AKADEMIJA" BRČKO DISTRIKT BiH
Petra Kočića br. 6, Brčko distrikt BiH,

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK ČASOPISA

Prof. dr Željko Petrić, rektor Univerziteta

UREDNIK ČASOPISA

Doc. dr Cvijetin Živanović, prorektor za NiR, nir@privrednaakademija.edu.ba

REDAKCIJSKI ODBOR ČASOPISA**Društvene nauke**

Prof. dr Milomir Čodo, Bosna i Hercegovina,
Prof. dr Vaso Arsenović, Bosna i Hercegovina,
Prof. dr Petar Tamamović, Bosna i Hercegovina,
Prof. dr Larisa Softić-Gasal, Bosna i Hercegovina,
Doc. dr Fatima Ribić, Bosna i Hercegovina,
Doc. dr Ratomir Antonović, Bosna i Hercegovina,
Doc. dr Cvijetin Živanović, Bosna i Hercegovina,
Doc. dr Admir Muslija, Bosna i Hercegovina,
Doc. dr Veselin Bunčić, Bosna i Hercegovina,
Doc. dr Esma Hasanbašić, Bosna i Hercegovina

Prirodne nauke

Prof. dr Vladimir Šimović, Republika Hrvatska,
Prof. dr Siniša Delčev, Republika Srbija,
Prof. dr Bogdan Mirković, Bosna i Hercegovina,
Doc. dr Elvedin Šabanović, Bosna i Hercegovina,

Inženjering i tehnologije

Prof. dr Željko Petrić, Bosna i Hercegovina,
Prof. dr Dragan Škobalj, Republika Srbija,
Prof. dr Živorad Milošević, Republika Srbija,
Doc. dr Velemir Zekić, Bosna i Hercegovina,

Humanističke nauke

Doc. dr Miloš Crnomarković, Republika Srbija,
Poljoprivredne nauke
Doc. dr Aleksandar Tepavac, Bosna i Hercegovina

SEKRETAR ČASOPISA

Mirko Đokić, redakcija@privrednaakademija.edu.ba

LEKTURA, KOREKTURA I TEHNIČKA PRIPREMA ČASOPISA

Miloš Đurković, Mirko Đokić, Ermin Ibrišimović

TIRAŽ

50 komada

O časopisu

Časopis AKADEMSKI PRIVREDNIK, Univerziteta "Privredna akademija" Brčko distrikt BiH, je naučni časopis posvećen razvoju interdisciplinarnih istraživanja objedinjujući prije svega oblasti kao što su: prirodne nauke, inženjering i tehnologije, medicinske i zdravstvene nauke, poljoprivredne nauke, društvene i humanističke nauke.

Ubrzana globalizacija, tehničko-tehnološki i ekonomski razvoj, pluralizam i raznolikost, ljudska prava i slobode, pravo i bezbjednost, održivi razvoj, međureligijska saradnja itd. samo su neke teme od značaja za časopis.

Pozivamo istraživače u gore navedenim naučnim oblastima da daju doprinos kroz kreativnu razmjenu ideja, metodologija i stanovišta.

REDAKCIJSKI ODBOR



SADRŽAJ

Aleksandar Nedić TESTIRANJE DEFORMACIJE OBJEKTA PRIMJENOM PELCEROVE METODE	5
Velemir Zekić OPTIMALNO KORIŠĆENJE OTPADA ZA PROIZVODNJU ENERGIJE U PERSPEKTIVI LCA	16
Velemir Zekić ENERGIJA IZ KOMUNALNOG ČVRSTOG OTPADA: POREĐENJE TEHNOLOGIJA ZA SAGOREVANJE UGLJA	36
Edin Fazlić, Eldin Aličić MOGUĆNOSTI PRIMJENE NOVOG SASTAVA ZAPUNJAVANJA PRAZNIH PROSTORA U RUDNICIMA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM	62
Dragan Škobalj TERMALNA KLIMA	69
Ivica Cvetković, Ernad Jabandžić, Velemir Zekić KOMPARATIVNA ANALIZA INSOLACIJA I KLIMATSKIH FAKTORA U SPECIFIČNIM GRADOVIMA SRBIJE	82
Željko Petrić, Stevo Stević UPRAVLJIVOST VOZILA	102
Elvedin Šabanović, Velemir Zekić, Željko Petrić CILJEVI ZA ODRŽIVI RAZVOJ (SDGs) U BOSNI I HERCEGOVINI. DOKLE SMO STIGLI?	111
Veselin Bunčić, Nenad Jerković, Mihalj Halas KARAKTERISTIKE SPORTISTA I NESPORTISTA U PROSTORU MOTORIKE	116
Vahida Đedović, Larisa Softić-Gasal STVARANJE NADNARAVNE MOĆI PRSTENA U BAJKAMA SVIJETA	128
Esma Hasanbašić, Cvijetin Živanović SAVREMENI OBLICI UČENJA I PO(D)UČAVANJA	136
Petar Tamamović, Milorad Peranović, Borislav Bojić NEKE MOGUĆNOSTI UNAPREĐENJA SISTEMA POSLOVNE INTELIGENCIJE PROCESOM GRUPNOG ODLUČIVANJA	143
Petar Tamamović, Srđan Tomić, Besim Duraković INTEGRISANI PRISTUP MENADŽMENTU	150

TESTIRANJE DEFORMACIJE OBJEKTA PRIMJENOM PELCEROVE METODE

Aleksandar Nedić¹

UDK 621.96/.98:621.7

DOI 10.7251/AKPR2402005N

Sažetak: Prilikom izgradnje inženjerskih objekata, radi nestabilnosti tla i drugih nepogoda, može doći do deformacije objekta. Iz tih razloga potrebno je ispitivati deformaciju da bi se mogli sankcionisati problemi koji se odnose na deformaciju. Za testiranje potrebno je odraditi mjerenja u više epoha sa stabilnih geodetskih tačaka (repera) ka tačkama na objektu da bi se mogla ispitati podudarnost istih. Vremenski razmak između epoha treba da je najmanje 6 mjeseci. Na osnovu tih mjerenja potrebno je izvršiti izravnjanje, te na osnovu visina dobijenih iz tih izravnjanja testirati deformaciju objekta. Kao najčešća metoda u našoj zemlji, koja se koristi za testiranje deformacije tačaka na objektu, jeste Pelcerova metoda.

Ključne riječi: izravnjanje, testiranje deformacije, metod Pelcera, standardna devijacija, homogene tačnost, apriori

1. UVOD

Za potrebe testiranja deformacije Građevinskog fakulteta Subotica, izvršena su mjerenja sa repera horizontalno pobijenih u stubove, koji predstavljaju geodetsku osnovu, na repere koji su horizontalno pobijeni u temelj fakulteta. Repera, koji predstavljaju geodetsku osnovu ima četiri, dok repera koji su pobijeni u temelj fakulteta ima sedam. Mjerenja su vršena nivelirom Leica DNA03 čija je mjerna nesigurnost $\sigma_{\Delta H} = 0.6 \text{ mm} \cdot \sqrt{D_{[\text{km}]}}$. Prethodno je napravljen plan mjerenja, na osnovu kojeg će se i vršiti mjerenja na terenu:

- 1) Mjerenja treba izvršiti tako da sa dva repera koji su pobijeni u stub izvrše mjerenja ka tački na objektu, mjerenja treba izvršiti po principu napred-nazad, sa promjenom visine instrumenta,
- 2) Na jednoj nivelmanskoj strani treba da bude paran broj stanica,
- 3) Mjerenja treba izvršiti nivelanjem iz sredine.

Prvo mjerenje izvršeno je u maju 2023. godine, te to predstavlja nultu epohu, dok je drugo mjerenje izvršeno u novembru, te to predstavlja prvu epohu. Iz toga se može zaključiti da je razmak između epoha 6 mjeseci. Izravnjanje mreže u nultoj i prvoj epohi izvršeno je metodom najmanjih kvadrata - posredno izravnjanje, sa uslovima:

$$\hat{\mathbf{v}}^T \mathbf{P} \hat{\mathbf{v}} = \min \quad \text{trag} \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{v}}} = \min \quad (1)$$

Na osnovu konačnih visina dobijenih iz izravnjanja u nultoj i prvoj epohi izvršeno je testiranje deformacije. Testiranje je vršeno Pelcerovom metodom.

2. REFERENTNI IZVORI I METODE ISTRAŽIVANJA

Izvori koji su korišćeni za potrebe pisanja ovog rada, kao i za potrebe same izrade projekta za geodetsko osmatranje objekta, jesu udžbenici i skripte od vrhunskih profesora, koji imaju iskustva u samoj realizaciji projekta, kada je u pitanju deformacija.

¹ VŠU Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH,
Email: aleksandarnedic@privrednaakademija.edu.ba



3. ISTRAŽIVAČKI NALAZ

Testiranje deformacije objekta čest je slučaj u inženjerskoj praksi. Zbog toga se i došlo do ideje da se izvrše mjerenja, obrade i na osnovu tih mjerenja izvrši testiranje deformacije objekta. Objekat, čija je deformacija testirana, je Građevinski fakultet Subotica. Oko fakulteta postoje stubovi u koje su pobijeni reperi (horizontalno), koji u ovom slučaju čine geodetsku osnovu za testiranje deformacija. Postoje četiri stuba. Na objektu su također pobijeni reperi (horizontalno), te će biti određene visine tih tačaka (repera) u nultoj i prvoj epohi i na osnovu razlika visina odrediti kolika je deformacija objekta i da li je došlo do deformacije.

Mjerenja su izvršena nivelirom Leica DNA03 prema urađenom planu. Mjerenja su izvršena napred-nazad, nivelanjem iz sredine, da bi se anulirala greška ugla i (Jelena Gučević, Ivan Aleksić, Krsta Vračarić, Geodetski premer, Beograd 2011.). Dobijeni podaci su prikazani u Tabeli 1 i 2:

Tabela 1: Podaci merenja iz nulte epohe

Od	Do	Napred [m]	Nazad [m]	Razlika [mm]	Δh [m]	D [km]
R1	R2	0,67903	-0,67897	0,06	0,67900	0,13
R2	R3	-0,17030	0,17012	-0,18	-0,17003	0,12
R3	R4	-0,89638	0,89648	0,10	-0,89643	0,16
R4	R1	0,38739	-0,38821	0,82	0,38780	0,09
R1	K7	0,57866	-0,57859	0,07	0,57862	0,07
R1	K1	0,62227	-0,62248	-0,21	0,62238	0,08
R1	K2	0,64192	-0,64162	0,30	0,64177	0,11
R1	K3	1,31044	-1,31014	0,30	1,31029	0,11
R2	K1	-0,05664	0,05669	-0,05	-0,05667	0,05
R2	K2	-0,03727	0,03732	-0,05	-0,03730	0,04
R2	K3	0,63116	-0,63148	-0,32	0,63132	0,07
R2	K4	-0,57544	0,57508	0,36	0,57526	0,07
R2	K5	0,14926	-0,14886	0,40	0,14906	0,08
R3	K4	0,74589	-0,74566	0,23	0,74578	0,07
R3	K5	0,31921	-0,31941	-0,20	0,31931	0,05
R3	K6	0,33900	-0,33839	0,61	0,33870	0,05
R4	K6	1,23526	-1,23533	-0,07	1,23530	0,15
R4	K7	0,96670	-0,96674	-0,04	0,96672	0,07

Tabela 2: Podaci merenja iz prve epohe

Od	Do	Napred [m]	Nazad [m]	Razlika [mm]	Δh [m]	D [km]
R1	R2	0,68068	-0,68082	-0,14	0,68075	0,13
R2	R3	-0,17058	0,17078	0,20	-0,17068	0,12
R3	R4	-0,89668	0,89658	0,10	-0,89663	0,16
R4	R1	0,38654	-0,38678	-0,24	0,38666	0,07
R1	K7	0,58064	-0,58067	-0,03	0,58066	0,07
R1	K1	0,62402	-0,62389	0,13	0,62396	0,07
R1	K2	0,64350	-0,64298	0,52	0,64324	0,10
R1	K3	1,31188	-1,31183	0,05	1,31186	0,11
R2	K1	-0,05650	0,05658	-0,08	-0,05654	0,09
R2	K2	-0,03790	0,03732	0,58	-0,03761	0,08
R2	K3	0,63140	-0,63149	-0,09	0,63145	0,08
R2	K4	0,57587	-0,57588	-0,01	0,57588	0,06
R2	K5	0,14937	-0,14913	0,24	0,14925	0,07
R3	K4	0,74578	-0,74595	-0,17	0,74587	0,07
R3	K5	0,31927	-0,31936	-0,09	0,31932	0,05
R3	K6	0,33961	-0,33930	0,31	0,33946	0,06
R4	K6	1,23641	-1,23636	0,05	1,23639	0,12
R4	K7	0,96724	-0,96725	-0,01	0,96725	0,08



Nakon izvršenih mjerenja, pre izravnjanja, izvršene su dvije kontrole, kontrola mjerenja napred-nazad i greška zatvaranja poligona (Siniša Delčev, Geodetska metrologija, Beograd 2016.). Kontrola mjerenja napred nazad vrši se prema izrazu:

$$\delta_{MAX} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot (\sigma_{\Delta H})_{\tau_0} \quad (2)$$

$$(\sigma_{\Delta H})_{\tau_0}^2 = \frac{n_h}{2n} \left[\frac{\sigma_{RM}^2}{2} + 2\sigma_z^2 + d_0^2 \left(\frac{2\sigma_r^2 + \sigma_o^2}{\rho''^2} \right) \right] + \Delta H^2 \left[\sigma_M^2 + \gamma_p^2 \cdot (\Delta t)^2 \right]$$

Tabela 3: Opšti podaci za pojedine izvore grešaka

Naziv greške	Oznala greške	Vredost greške ±
Greška podele optičkog mikrometra	σ_{OM}	20 μm
Greška podele letve	σ_{NL}	12 μm
Greška radne mere	σ_{RM}	23 μm
Greška uvrhunjena libele ili Greška uspostavljanja vizure kompenzatorom	σ_u	0,28" 0,30"
Greška viziranja podeoka na letvi	σ_V	0,25"
Greška viziranja podeoka na letvi zbog treperenja vazduha	σ_{VTV}	0,20"
Greška očitavanja letve	σ_O	0,38"
Greška srednjeg metra para letava - merna mašina - interferometar	σ_M	12 μm 7 μm
Greška određivanja greške podele letve interferometrom	σ_{σ_M}	1 μm
Temperaturni koeficijent širenja pantljike letve - invar - fiberglas	γ_p	1 μm/(m·°C) 2 μm/(m·°C)
Refrakcija	σ_r	0,15"
Greška zaokruživanja čitanja, za podatak 0,01mm	σ_Z	3 μm

Tabela 4: Kontrola razlika merenja napred-nazad - nulta epoha

OD	DO	ΔH nap [m]	ΔH naz [m]	δ [mm]	ΔH sr [m]	D [km]	Br. stn.	$\sigma_{\Delta H}$ [mm]	δ_{MAX} [mm]
R1	R2	0,67903	-0,67897	0,06	0,67900	0,13	4	0,05	0,16
R2	R3	-0,17030	0,17012	-0,18	-0,17021	0,12	4	0,05	0,15
R3	R4	-0,89638	0,89648	0,10	-0,89643	0,16	4	0,06	0,18
R4	R1	0,38739	-0,38821	-0,82	0,38780	0,09	2	0,03	0,09
R1	K7	0,62227	-0,62248	-0,21	0,62237	0,08	2	0,04	0,13
R1	K1	0,64192	-0,64162	0,30	0,64177	0,11	4	0,05	0,14
R1	K2	1,31044	-1,31014	0,30	1,31029	0,12	4	0,05	0,15
R1	K3	-0,05664	0,05669	0,05	-0,05667	0,05	2	0,05	0,15
R2	K1	-0,03727	0,03732	0,05	-0,03730	0,04	2	0,04	0,12
R2	K2	0,63116	-0,63148	-0,32	0,63132	0,07	2	0,04	0,12
R2	K3	0,57544	-0,57508	0,36	0,57526	0,07	2	0,05	0,13
R2	K4	0,14926	-0,14886	0,40	0,14906	0,08	2	0,04	0,12
R2	K5	0,74589	-0,74566	0,23	0,74577	0,07	2	0,04	0,11
R3	K4	0,31921	-0,31941	-0,20	0,31931	0,05	2	0,03	0,10
R3	K5	0,33900	-0,33839	0,61	0,33869	0,05	2	0,03	0,09
R3	K6	1,23526	-1,23533	-0,07	1,23529	0,15	4	0,06	0,18
R4	K6	0,96670	-0,96674	-0,04	0,96672	0,07	2	0,04	0,12
R4	K7	0,57866	-0,57859	0,07	0,57862	0,07	2	0,04	0,12

**Tabela 5:** Kontrola razlika merenja napred-nazad - prva epoha

OD	DO	ΔH nap [m]	ΔH naz [m]	δ [mm]	ΔH sr [m]	D [km]	Br. stn.	$\sigma_{\Delta H}$ [mm]	δ_{MAX} [mm]
R1	R2	0,68068	-0,68082	-0,14	0,68075	0,13	4	0,05	0,15
R2	R3	-0,17058	0,17078	0,20	-0,10680	0,12	4	0,05	0,15
R3	R4	-0,89668	0,89658	-0,10	-0,89663	0,16	4	0,06	0,18
R4	R1	0,38654	-0,38678	-0,24	0,38666	0,07	2	0,04	0,11
R1	K7	0,62402	-0,62389	0,13	0,62395	0,07	2	0,04	0,12
R1	K1	0,64350	-0,64298	0,52	0,64324	0,11	2	0,06	0,17
R1	K2	1,31188	-1,31183	0,05	1,31185	0,11	2	0,06	0,18
R1	K3	-0,05650	0,05658	0,08	-0,05654	0,09	2	0,05	0,15
R2	K1	-0,03790	0,03732	-0,58	-0,03761	0,08	2	0,04	0,12
R2	K2	0,63140	-0,63149	-0,09	0,63144	0,08	2	0,05	0,13
R2	K3	0,57587	-0,57588	-0,01	0,57587	0,06	2	0,04	0,10
R2	K4	0,14937	-0,14913	0,24	0,14925	0,07	2	0,04	0,12
R2	K5	0,74578	-0,74595	-0,17	0,74586	0,07	2	0,04	0,12
R3	K4	0,31927	-0,31936	-0,09	0,31931	0,05	2	0,03	0,09
R3	K5	0,33961	-0,33930	0,31	0,33945	0,06	2	0,03	0,10
R3	K6	1,23641	-1,23636	0,05	1,23638	0,12	4	0,05	0,15
R4	K6	0,96724	-0,96725	-0,01	0,96724	0,08	2	0,05	0,13
R4	K7	0,58064	-0,58067	-0,03	0,58066	0,07	2	0,04	0,12

U prethodnim tabelama, u nekim mjerenjima, moguće je zaključiti da razlika visina prelazi dozvoljenu granicu koja je dobijena izrazom (2). Prema tome, vrijednosti boldirane u tabeli predstavljaju razlike visinskih razlika na jednoj stanici koje prelaze dozvoljenu granicu.

Druga kontrola je greška zatvaranja poligona, koja se računa prema formuli:

$$\varphi_{\frac{\max}{\text{gran}}} = 2 \cdot \tau \cdot \sqrt{F} \quad (3)$$

gde je F - obim poligona izražen u kilometrima, a $\tau = 0.6 \text{ mm} / D [\text{km}]$.

Tabela 6: Zatvaranje poligona - nulta epoha

Poligon	Δh_{POL} [mm]	D [km]	$\varphi_{\frac{\max}{\text{gran}}}$ [mm]
$\Delta h_{R1-R2} + \Delta h_{R2-R3} + \Delta h_{R3-R4} + \Delta h_{R4-R1}$	0.34	0.50	1.70
$\Delta h_{R1-K1} + \Delta h_{K1-R2} + \Delta h_{R2-R1}$	0.05	0.26	2.35
$\Delta h_{R1-K2} + \Delta h_{K2-R2} + \Delta h_{R2-R1}$	0.07	0.28	2.27
$\Delta h_{R1-K3} + \Delta h_{K3-R2} + \Delta h_{R2-R1}$	-0.03	0.31	2.16
$\Delta h_{R2-K4} + \Delta h_{K4-R3} + \Delta h_{R3-R2}$	-0.49	0.26	2.35
$\Delta h_{R2-K5} + \Delta h_{K5-R3} + \Delta h_{R3-R2}$	-0.22	0.25	2.40
$\Delta h_{R3-K6} + \Delta h_{K6-R4} + \Delta h_{R4-R3}$	-0.17	0.36	2.00
$\Delta h_{R4-K7} + \Delta h_{K7-R1} + \Delta h_{R1-R4}$	0.30	0.23	2.50


Tabela 7: Zatvaranje poligona - prva epoha

Poligon	Δh_{POL} [mm]	D [km]	$\varphi_{\max}^{\text{gran}}$ [mm]
$\Delta h_{R1-R2} + \Delta h_{R2-R3} + \Delta h_{R3-R4} + \Delta h_{R4-R1}$	0.10	0.48	1.73
$\Delta h_{R1-K1} + \Delta h_{K1-R2} + \Delta h_{R2-R1}$	-0.25	0.29	2.23
$\Delta h_{R1-K2} + \Delta h_{K2-R2} + \Delta h_{R2-R1}$	0.10	0.31	2.16
$\Delta h_{R1-K3} + \Delta h_{K3-R2} + \Delta h_{R2-R1}$	-0.34	0.32	2.12
$\Delta h_{R2-K4} + \Delta h_{K4-R3} + \Delta h_{R3-R2}$	0.69	0.25	2.40
$\Delta h_{R2-K5} + \Delta h_{K5-R3} + \Delta h_{R3-R2}$	0.61	0.24	2.45
$\Delta h_{R3-K6} + \Delta h_{K6-R4} + \Delta h_{R4-R3}$	-0.30	0.34	2.06
$\Delta h_{R4-K7} + \Delta h_{K7-R1} + \Delta h_{R1-R4}$	-0.07	0.22	2.56

Izravnjanje mreže izvršeno je metodom najmanjih kvadrata - posredno (Gligorije Perović, Račun izravnjanja i teorija grešaka merenja, Beograd 1984., Vukan Ogrizović, Skripta iz računa izravnjanja, Beograd 2017.). Za Datum mreže usvojeno je da je tačka R1 = 100.00000 m . Težine su računate kao apriorna vrednost / dužinu jedne strane izraženu u kilometrima:

$$P = \left[\frac{\sigma_0^2}{D[\text{km}]} \right] = \left[\frac{1}{D[\text{km}]} \right] \quad (4)$$

Konačne visine i njihove greške date su u Tabeli 8 i 9:

Tabela 8: Izravnate visine repera - nulta epoha

	H [m]	σ_H [mm]
R1	100.0000	0,17
R2	100.6790	0,14
R3	100.5087	0,17
R4	99.6121	0,17
K1	100.6224	0,17
K2	100.6418	0,17
K3	101.3103	0,20
K4	101.2544	0,20
K5	100.8280	0,20
K6	100.8474	0,20
K7	100.5788	0,20

Tabela 9: Izravnate visine repera - prva epoha

	H [m]	σ_H [mm]
R1	100.0003	0,32
R2	100.6806	0,30
R3	100.5103	0,33
R4	99.6134	0,35
K1	100.6240	0,39
K2	100.6431	0,40
K3	101.3120	0,40
K4	101.2564	0,37
K5	100.8297	0,37
K6	100.8498	0,40
K7	100.5807	0,40

Testiranje adekvatnosti modela vrši se kvantilom Fišerove raspodjele:

$$\hat{\mathbf{v}}^T \mathbf{P} \hat{\mathbf{v}} = [2.606985]$$

$$S = 0.571 \quad \text{Nulta epoha}$$

$$\begin{matrix} T & F \\ 0.32 & < & 1.94 \end{matrix}$$

$$\hat{\mathbf{v}}^T \mathbf{P} \hat{\mathbf{v}} = [10.19529]$$

$$S = 1.129 \quad \text{Prva epoha}$$

$$\begin{matrix} T & F \\ 1.27 & < & 1.94 \end{matrix}$$



Iz testa se može zaključiti da je model adekvatan, tj. prihvata se nulta hipoteza.

Testiranje deformacija vršeno je metodom Pelcera. Metod Pelcera bazira se na tome da se prethodno izvrši izravnjanje obje epohe, te na osnovu konačnih visina testiraju deformacije. Kod metode Pelcera, prethodno se testiraju deformacije svih tačaka zajedno, ako test pokaže da postoji deformacija onda se vrši posebno testiranje deformacija tačaka u mreži (geodetskoj osnovi), pa tek onda deformacije tačaka na objektu (ako test pokaže da nema deformacija u mreži). Prije testiranja deformacija prethodno se testiraju jednakosti disperzija iz nulte i prve epohe, da bi se došlo do saznanja da li opažanja u obje epohe imaju homogenu tačnost (Krunislav Mihailović i Ivan Aleksić, Deformaciona analiza geodetskih mreža, Beograd 1994., Slobodan Ašanin, Inženjerska geodezija, Beograd 2003.). To se vrši na osnovu izraza:

$$T = \frac{S_1^2}{S_2^2} \leq F_{1-\alpha}(f_1, f_2) \quad (5)$$

$$S_1^2 = 0.33$$

$$S_2^2 = 1.27$$

$$\begin{array}{cc} T & F \\ 0.26 & < 3.44 \end{array}$$

Ako je test statistika manja od kritične vrednosti, prihvata se nulta hipoteza, te se sračuna jedinstvena empirijska vrijednost standardne devijacije koja reprezentuje homogemu tačnost opažanja u obje epohe:

$$S^2 = \frac{f_1 \cdot S_1^2 + f_2 \cdot S_2^2}{f_1 + f_2} \quad (6)$$

$$S^2 = \frac{8 \cdot 0.33 + 8 \cdot 1.27}{16} = 0.80$$

Testiranje deformacije metodom Pelcera vrši se na osnovu sledeće formule:

$$T = \frac{\theta^2}{S^2}$$

$$\theta^2 = \frac{\hat{\mathbf{d}}^T \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}}^{-1} \hat{\mathbf{d}}}{h} \quad (7)$$

$$T \leq F_{1-\alpha}(h, f)$$

gdje je:

$\hat{\mathbf{d}} = \hat{x}_1 - \hat{x}_0$ - razlika visina iz nulte i prve epohe,

$\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}}$ - zbir kofaktorskih matrica iz nulte i prve epohe $\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}} = \mathbf{Q}_{\hat{x}_0} + \mathbf{Q}_{\hat{x}_1}$

$h = \text{rang} \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}}$

$f = n - u + d$ - broj stepeni slobode



Tabela 10: Razlika visina tačaka iz nulte i prve epohe

	Nulta epoha [m]	Prva epoha [m]	$\hat{d}$ [mm]
R1	100.0000	100.0000	0.00
R2	100.6790	100.6806	-1.58
R3	100.5087	100.5103	-1.62
R4	99.6121	99.6134	-1.30
K1	100.6224	100.624	-1.64
K2	100.6418	100.6431	-1.36
K3	101.3103	101.312	-1.65
K4	101.2544	101.2564	-1.96
K5	100.8280	100.8297	-1.68
K6	100.8474	100.8498	-2.39
K7	100.5788	100.5807	-1.92

$$h = 11$$

$$S^2 = 0.80$$

$$\frac{T}{31.48} < \frac{F}{3.31}$$

Na osnovu testa, može se zaključiti da postoji deformacija tačaka. Prema tome, prvo se testiraju deformacije tačaka u geodetskoj osnovi, pa tek onda deformacije tačaka na objektu. Testiranje deformacije tačaka u mreži vrši se na sledeći način (W. F. Caspary, Concepts of network and deformation analysis, Sydney 2000.):

$$T = \frac{\theta^2}{S^2}$$

$$\theta^2 = \frac{\hat{\mathbf{d}}_{\mathbf{O}}^T \mathbf{Q}_{\mathbf{OO}}^{-1} \hat{\mathbf{d}}_{\mathbf{O}}}{h} \quad (8)$$

$$T \leq F_{1-\alpha}(h, f)$$

gdje je:

$\hat{\mathbf{d}} = \begin{bmatrix} d_{\mathbf{O}} \\ d_{\mathbf{B}} \end{bmatrix}$ - $d_{\mathbf{O}}$ - vrednosti razlika visina tačaka geodetske osnove iz nulte i prve epohe, $d_{\mathbf{B}}$ - vrednosti razlika visina tačaka na objektu iz nulte i prve epohe,

$\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_{\mathbf{OO}} & \mathbf{Q}_{\mathbf{OB}} \\ \mathbf{Q}_{\mathbf{BO}} & \mathbf{Q}_{\mathbf{BB}} \end{bmatrix}$ - zbir kofaktorskih matrica iz nulte i prve epohe,

$\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}}^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_{\mathbf{OO}} & \mathbf{Q}_{\mathbf{BO}} \\ \mathbf{Q}_{\mathbf{OB}} & \mathbf{Q}_{\mathbf{BB}} \end{bmatrix}$ - pseudoinverzija matrice zbira kofaktora,

$$h = \text{rang} \mathbf{Q}_{\mathbf{OO}}$$

$$h = 4$$

Iz rezultata:

$$S^2 = 0.80$$

$$\frac{T}{173.75} > \frac{F}{3.84}$$

može se zaključiti da postoji deformacija u tačkama geodetske osnove.



Radi sigurnosti zaključka o deformaciji tačaka, tj. zbog čega postoje deformacije u mreži, potrebno je testirati deformacije tačaka, ako se zamjeni početna tačka. Zato je usvojeno da početna tačka bude R2 čija je visina $R2 = 100.00000$ m. Početni podaci su dati u Tabeli 1 i 2.

Izravnjanje je izvršeno posebno za nultu i prvu seriju, testirana je adekvatnost modela, te je zaključeno da je model adekvatan i prihvata se nulta hipoteza. Konačne visine repera za nultu i prvu epohu date su u Tabeli 11 i 12:

Tabela 11 Konačne vrednosti visina i njihove greške – nulta epoha

Br. tačke	H [m]	σ [mm]
R2	100.00000	0.04
R1	99.32103	0.04
R3	99.82970	0.05
R4	98.93315	0.06
K1	99.94339	0.06
K2	99.96276	0.06
K3	100.63130	0.07
K4	100.57540	0.06
K5	100.14900	0.06
K6	100.16840	0.07
K7	99.89977	0.07

Tabela 12 Konačne vrednosti visina i njihove greške – prva epoha

Br. tačke	H [m]	σ [mm]
R2	99.99987	0.08
R1	99.31928	0.09
R3	99.82957	0.09
R4	98.93270	0.11
K1	99.94328	0.14
K2	99.96237	0.14
K3	100.63120	0.14
K4	100.57560	0.12
K5	100.14900	0.12
K6	100.16900	0.14
K7	99.89994	0.14

Tabela 13 Razlika visina nulte i prve epohe

Br. tačke	Nulta epoha [m]	Prva epoha [m]	$\hat{d}$ [mm]
R2	100.00000	99.99987	0.17
R1	99.32103	99.31928	1.75
R3	99.82970	99.82957	0.13
R4	98.93315	98.93270	0.45
K1	99.94339	99.94328	0.11
K2	99.96276	99.96237	0.39
K3	100.63130	100.63120	0.10
K4	100.57540	100.57560	-0.21
K5	100.14900	100.14900	0.07
K6	100.16840	100.16900	-0.64
K7	99.89977	99.89994	-0.17

Pošto je u testiranju dokazano da postoji deformacija, potrebno je u ovom slučaju testirati samo tačke geodetske osnove, te ako test pokaže da ne postoji deformacija, testiraju se tačke na objektu. Testiranje tačaka geodetske osnove vrši se na osnovu izraza (8):

$$h = 4$$

$$S^2 0.29$$

$$T \quad F$$

$$81.32 > 3.01$$



Na osnovu testa, usvaja se alternativna hipoteza, te se može zaključiti da postoji deformacija u geodetskoj osnovi.

Na osnovu tabele 13 može se zaključiti da reper R1 najviše odstupa od drugih razlika visina iz nulte i prve epohe. Prema tome, mjerenja koja se odnose ka reperu R1 su izbačena iz izravnjanja, i testiranje je izvršeno bez te tačke.

Podaci koji se koriste za izravnjanje i testiranje deformacija su dati u tabeli 14 i 15:

Tabela 14 Podaci dobijeni iz merenja - nulta epoha

OD	DO	Δh_i	$D[\text{km}]$	Oznaka
R2	R3	-0.17021	0.122	Δh_1
R3	R4	-0.89643	0.157	Δh_2
R2	K1	-0.05666	0.047	Δh_3
R2	K2	-0.03729	0.038	Δh_4
R2	K3	0.63132	0.072	Δh_5
R2	K4	0.57526	0.075	Δh_6
R2	K5	0.14906	0.080	Δh_7
R3	K4	0.74577	0.068	Δh_8
R3	K5	0.31931	0.054	Δh_9
R3	K6	0.33869	0.054	Δh_{10}
R4	K6	1.23529	0.149	Δh_{11}
R4	K7	0.96672	0.072	Δh_{12}

Tabela 15 Podaci dobijeni iz merenja - prva epoha

OD	DO	Δh_i	$D[\text{km}]$	Oznaka
R2	R3	-0.17068	0.122	Δh_1
R3	R4	-0.89663	0.157	Δh_2
R2	K1	-0.05654	0.092	Δh_3
R2	K2	-0.03761	0.076	Δh_4
R2	K3	0.63144	0.078	Δh_5
R2	K4	0.57587	0.058	Δh_6
R2	K5	0.14925	0.074	Δh_7
R3	K4	0.74586	0.068	Δh_8
R3	K5	0.31931	0.049	Δh_9
R3	K6	0.33945	0.056	Δh_{10}
R4	K6	1.23638	0.123	Δh_{11}
R4	K7	0.96724	0.076	Δh_{12}



Izravnanje je izvršeno metodom najmanjih kvadrata - posredno, te su dobijene konačne visine tačaka.

Tabela 16 Konačne visine repera - nulta epoha

Br. Tačke	H [m]	σ [mm]
R2	100.00005	0.06
R3	99.82973	0.05
R4	98.93323	0.10
K1	99.94338	0.10
K2	99.96275	0.09
K3	100.63137	0.11
K4	100.57541	0.08
K5	100.14907	0.07
K6	100.16845	0.09
K7	99.89995	0.14

Tabela 17 Konačne visine repera - prva epoha

Br. Tačke	H [m]	σ [mm]
R2	99.99987	0.13
R3	99.82962	0.13
R4	98.93285	0.23
K1	99.94333	0.28
K2	99.96226	0.26
K3	100.63130	0.27
K4	100.57560	0.17
K5	100.14900	0.17
K6	100.16910	0.20
K7	99.90010	0.33

Testiranje deformacije je vršeno metodom Pelcera. Kada je izbačena tačka R1, testiranje deformacije vrši se na osnovu izraza (7), te su dobijeni sledeći rezultati:

$$\hat{\mathbf{d}}^T \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}}^{-1} \hat{\mathbf{d}} = [14.94194]$$

$$h = 10$$

$$T \quad F$$

$$2.91 < 8.79$$

Iz testa se može zaključiti da ne postoje deformacije u mreži, te nije potrebno izvršiti posebno testiranje tačaka geodetske osnove.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je plan mjerenja, realizacija plana na terenu, obrada podataka, kao i testiranje deformacija tačaka na objektu. Prvo je usvojeno da je početna tačka R1, te je izvršeno testiranje i pokazano je da postoji deformacija u geodetskoj osnovi. Radi kontrole testiranja, usvojeno je da u drugom slučaju kao početna tačka bude tačka R2. Na osnovu rezultata dobijenog iz testiranja zaključeno je da također postoji deformacija u geodetskoj osnovi. Iz razlika visina, donjet je zaključak da je tačka čija razlika visina najviše odstupa tačka R1. Da bi se dalje moglo vršiti testiranje, tačka R1 je izbačena iz izravnjanja, kao i sva mjerenja koja se odnose na tu tačku. Iz rezultata testiranja, kada je tačka R1 izbačena, može se zaključiti da ne postoji deformacija u ostalim tačkama geodetske osnove, kao i na tačkama na objektu.

5. LITERATURA

1. Krunislav Mihailović i Ivan Aleksić, Deformaciona analiza geodetskih mreža, Beograd 1994.
2. W. F. Caspary, Concepts of network and deformation analysis, Sydney 2000.
3. Slobodan Ašanin, Inženjerska geodezija, Beograd 2003.
4. Gligorije Perović, Račun izravnjanja i teorija grešaka merenja, Beograd 1984.
5. Vukan Ogrizović, Skripta iz računa izravnjanja, Subotica 2017.
6. Jelena Gučević, Ivan Aleksić, Krsta Vračarić, Geodetski premer, Beograd 2011.
7. Siniša Delčev, Geodetska metrologija, Beograd 2016.



8. Aleksandar Begović, Inženjerska geodezija 1, Beograd 1988.
9. Aleksandar Begović, Inženjerska geodezija 2, Beograd 1990.
10. Krunislav Mihailović, Geodezija 2 – II deo, Beograd 1987.
11. Я.А.СУНДАКОВ,ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ И ВЫСОТЫХ ЗДАНИЙ, МОСКВА 1980.
12. Milan Trifković, Goran Marinković, Goran Pejičić, Geodezija u građevinarstvu, Brčko 2012.
13. Čedomir Cvetković, Primjena geodezije u inženjerstvu, Beograd 1970.
14. Heck B., Kuntz E., Meier-Hirmer B., Deformationsanalyse mittels relativer Fehlerellipsen, AVN, 78-87, 19767.
15. Pelzer H, Geodatische Netze in Landes und Ingenieurvermessung, Konrad Wittwer, Stuttgart 1980.
16. Chrzanovski A., A comparison of different approaches into the analysis of deformation measurements, Seminar über Def. Anal. München 1983.
17. Wolf H, Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, Bonn 1968.

TESTING OBJECT DEFORMATION APPLYING PELCERS METHOD

Aleksandar Nedić²

Abstract: During the construction of engineering structures, due to soil instability and other disasters, deformation of the structure may occur. For these reasons, it is necessary to examine deformation in order to address issues related to it. Testing requires measurements to be taken from stable geodetic points (reference points) towards points on the structure to assess their congruence. To assess congruence, measurements need to be taken in the zero and first epochs. The time interval between the zero and first epoch should be at least 6 months. Based on these measurements, adjustments need to be made, and deformation of the structure is then tested based on the heights obtained from these adjustments. The most common method used in our country for testing the deformation of points on a structure is the Pelcer method

Key words: Alignment, deformation testing, Pelcer method, Standard deviation, Homogeneous accuracy, apriori

² University of Applied Sciences „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH
Email: aleksandarnedic@privrednaakademija.edu.ba

OPTIMALNO KORIŠĆENJE OTPADA ZA PROIZVODNJU ENERGIJE U PERSPEKTIVI LCA

Velemir Zekić¹

UDK 628.474.032:620.9

DOI 10.7251/AKPR2402016Z

Abstrakt: Proizvodnja energije iz dva tipa komunalnog čvrstog otpada je ocenjivana (LCA): (1) mešani otpad visoke toplotne moći pogodan za proizvodnju čvrstog povratnog goriva (SRF) i (2) organski otpad razdvojen na izvoru. Za SRF, kosagorevanje je poređeno sa sagorevanjem gorive mase. U slučaju sagorevanja gorive mase, sagorevanje sa i bez povrata energije je modelirano. Biogas proizveden iz anaerobne digestije je ocenjen za korišćenje kao gorivo za transport i za proizvodnju toplote i električne energije. Sve relevantne konsekvence za energiju i potrošnju resursa, emisije u vazduh, vodu i zemljište u fazi proizvodnje i potrošnje su uključeni u LCA. Danas, je Danski sistem zasnovan na fosilnom gorivu i potencijalnim budućim sistemima zasnovanim na 100% obnovljivoj energiji. Utvrđeno je, da sagorevanje gorive mase SRF sa povratom energije osigurava uštedu u svim uticajnim kategorijama ali kosagorevanje je bolje vezano za globalno zagrevanje (GW). Ako bi se sva toplota sagorevanja iskoristila, dve alternative bi bile uporedive za SRF. Kada je u pitanju organski otpad, spaljivanje mase uz povrat energije je bilo poželjnije u odnosu na anaerobnu digestiju u većini kategorija uticaja. Sastav otpada i prečišćavanje nastalih gasova u postrojenjima za kosagorevanje bili su kritični kada je u pitanju uticaj na životnu sredinu u spaljivanju SRF, dok su uticaji povezani za korišćenje digestata, bili značajni za proizvod tretmana organskog otpada. Zaključci su jasni danas kao i za buduće energetske sisteme. Pokazano je da je spaljivanje sagorivih materijala sa efikasnim povratom energije veoma ekološki konkurentno rešenje.

Ključne riječi: otpad, spaljivanje, kosagorevanje, energija, procena životnog ciklusa LCA

1. UVOD

Obnovljiva energija dobija rastuću vrednost danas na način da menja zavisnost od fosilnih goriva, ka stabilnijim i lokalnim izvorima energije. Fokus u poslednjim godinama je emisija gasova staklene bašte. Komunalni čvrsti otpad (MSW) privlači veliku pažnju u zemljama Severne Evrope i igra značajnu ulogu kao izvor energije pomoću spaljivanja otpada sa veoma efikasnom konverzijom. U Danskoj spaljivanje otpada danas obezbeđuje 5% zahteva za električnom energijom i oko 20% zahteva za daljinskim grejanjem. Takođe, u Danskoj je od 1997. godine zabranjeno odlaganje na deponije gorivog otpada. Sagorivi otpad sa deponija je premešten u postrojenja za spaljivanje, što praktično znači da je spaljivanje otpada uz iskorišćenje energije u praksi referentni tretman čvrstog komunalnog otpada.

U zemljama južne Evrope, MSW se uglavnom predtretira da bi se proizvela čvrsta obnovljiva goriva (SRF) za spaljivanje, dok se organske komponente otpada, mehanički odvajaju, biološki stabilizuju i odlažu na deponije [1].

Pitanje koje se nameće je, koje su to tehnologije koje bi trebalo da budu primenjivane za proizvodnju energije iz otpada, kako danas, tako i u budućnosti? Iz energetske perspektive, MSW može biti grupisan u tri dela:

- (1) mešani otpad materijala visoke toplotne moći pogodan za proizvodnju SRF
- (2) organski materijali pogodni za biološki tretman
- (3) mešani otpad koji ne pripada nijednoj od dve pomenute frakcije

¹ **Velemir Zekić, dr**, Docent, Univerzitet "Privredna akademija" Brčko district BiH, Fakultet tehničkih nauka, Petra Kočića 6, 76000 Brčko district BiH, e-mail: velemirz@gmail.com



Dakle, iz energetske perspektive, trenutno najvažnije dostupne opcije su:

- direktno spaljivanje (frakcija 1–3)
- spaljivanje ili kosagorevanje SRF posle sortiranja i predtretmana (deo 1)
- anaerobna digestija (AD) organskog dela posle sortiranja i predtretmana

Za preostalu mešanu frakciju (deo 3), spaljivanje čvrstog dela je jedini metod koji proizvodi energiju, trenutno na raspolaganju. Termalnom tehnologijom mogu se proizvoditi električna energija i toplota (kosagorevanje u termoelektranama sa višim stepenom iskorišćenja nego spaljivanje otpada), dok anaerobna digestija proizvodi biogas koji se može koristiti ili za proizvodnju električne/toplotne energije ili kao gorivo za transport.

Izbor između ovih tehnologija na strateškom nivou za implementaciju ili dalji razvoj tehnologija od otpada do energije je solidna osnova za poređenje negativnih i pozitivnih uticaja na životnu sredinu. Procena životnog ciklusa (LCA) pokazala se kao odgovarajuća metoda. U toku poslednje dve decenije, veliki broj studija se bavio temom dobijanja energije iz otpada. Većina je bila fokusirana na spaljivanje otpada kao individualnu tehnologiju [2,3,4] ili kao deo nacionalnog sistema upravljanja otpadom, u nekim slučajevima je takođe diskutovano i o drugim opcijama, kao što su reciklaža i deponovanje [5], [6], [7] i samo jedna studija je ocenjivala anaerobnu digestiju [8], [9]. Takođe je, samo jedna studija analizirala LCA kosagorevanje SRF iz MSW [10].

U radu [11] je dat izveštaj o količini emisije CO₂ prilikom kosagorevanja i spaljivanja. U radovima [1] i [2] su izvršene procene uticaja tretmana SRF na životnu sredinu, zasnovanu na nekoliko izabranih parametara. Samo nekoliko studija je poredilo tehnologije sa odlučujućim fokusom na proizvodnju energije [12]. Nisu rađene studije koje bi osigurale sistematsko ocenjivanje uticaja tehnologije od otpada do energije na životnu sredinu kao i buduće obnovljive sisteme energije.

Osiguranje jasnih zaključaka zasnovanih na ovim pojedinačnim studijama je izuzetno teško zbog uzimanja u obzir sastava otpada, zamene energije, efikasnosti kod konverzije, granica sistema itd. (nisu upoređivane između pojedinačnih studija). Potrebno je ponuditi transparentne preporuke pogodne za strateška odlučivanja vezana za projekte od otpada do energije. Neophodno je osigurati uključivanje LCA u sve tri pomenute tehnologije.

Namera ovog rada je da proceni koje bi tehnologije bile poželjnije za proizvodnju energije iz otpadnog materijala u Danskoj, u skladu sa postojećim energetske sistemom Danske, kao i potencijal budućeg 100% sistema obnovljive energije. Rad se fokusira na poređenju anaerobne digestije organskog materijala otpada i kosagorevanja relevantnog otpadnog materijala SRF sa relevantnim spaljivanjem otpada u dva sistema energije. Specifično rad (i) ocenjuje uticaj izabranih tehnologija na životnu sredinu i naglašava najvažnije emisije, (ii) analizira uticaj vremena, sistema energije i zamenu goriva, i sastav goriva i (i,i,i) rang ocenjenih tehnologija koje će osigurati preporuke za njihov izbor.

2. MODELOVANJE PRISTUPA I PRETPOSTAVKE

2.1 Cilj i obim procene

2.1.1 Cilj

Cilj LCA je da uporedi dve različite tehnologije „od otpada do energije”, sa spaljivanjem otpada sa i bez korišćenja energije.

Analizirane su dve alternativne tehnologije:

- kosagorevanje u termoelektranama sa pogonom na ugalj
- anaerobna digestija

Dve različite frakcije otpada su uključene u procenu životnog ciklusa: (1) frakcija visoke toplotne moći (SRF) pogodna za kosagorevanje i (2) organski otpad pogodan za biološki tretman. Predviđene alternative su prikazane u tabeli 1.



Tabela 1. Iz otpada do energije–procenjivane tehnologije „x” ukazuju alternative modelovane za dve frakcije otpada

	SRF	Organski otpad
Spaljivanje bez korišćenja energije	X	X
Spaljivanje sa korišćenjem energije	X	X
Kosagorevanje u termoelektranama koje koriste ugalj	X	
Anaerobna digestija: Biogas za kombinovanu proizvodnju CHP		X
Anaerobna digestija: Biogas kao transportno gorivo		X

Spaljivanje otpada bez korišćenja energije je uključeno da bi prikazalo posledice nekorisćenja energije. Dve metode za korišćenje biogasa proizvedenog iz anaerobne digestije su procenjene: kombinovana proizvodnja toplotne i električne energije i upotreba kao transportnog goriva.

S obzirom da tehnologije tretiraju različite vrste otpada (frakcija 1 i frakcija 2), LCA ne omogućava direktno poređenje između predviđenih scenarija. Umesto toga LCA pokazuje koja tehnologija je pogodnija za životnu sredinu, za svaku pojedinačnu vrstu otpada: spaljivanje sagorive mase (u daljem tekstu: „spaljivanje otpada”) ili alternativne tehnologije tretmana.

2.1.2 LCA pristup

LCA je sproveden kao posledični LCA, sa fokusom na posledice odluka koje su donesene (npr. tretman pomenutih frakcija otpada) suprotno od atribucijskog pristupa u kom se modeluje opterećenje životne sredine produkata ili sistema. [13]

U atribucijskom pristupu koriste se prosečne vrednosti, gde se marginalni podaci, tj. podaci koji pokazuju stvarni odgovor na promenu potrebe ili su prikazani u posledičnom pristupu.

2.1.3 Funkcionalne jedinice i granice sistema

Funkcionalna jedinica procene je predstavljala korišćenje 1 tone SRF/organskog otpada, za energetske potrebe, uključujući sakupljanje i pred-tretman. Procena je uključila potrošnju energije i resursa za upravljanje otpada, emisiju u (vazduh, vodu i zemljište), gornju struju procesa (npr. prerada materijala koji su korišćeni za tretiranje otpada) kao i posledice procesa (npr. izbegavanje proizvodnje i sagorevanja primarnih goriva). Proizvodnja kapitalnih roba nije uključena kao i njihov uticaj koji je ocenjen kao minoran uticaj po toni otpada kroz životni vek postrojenja.

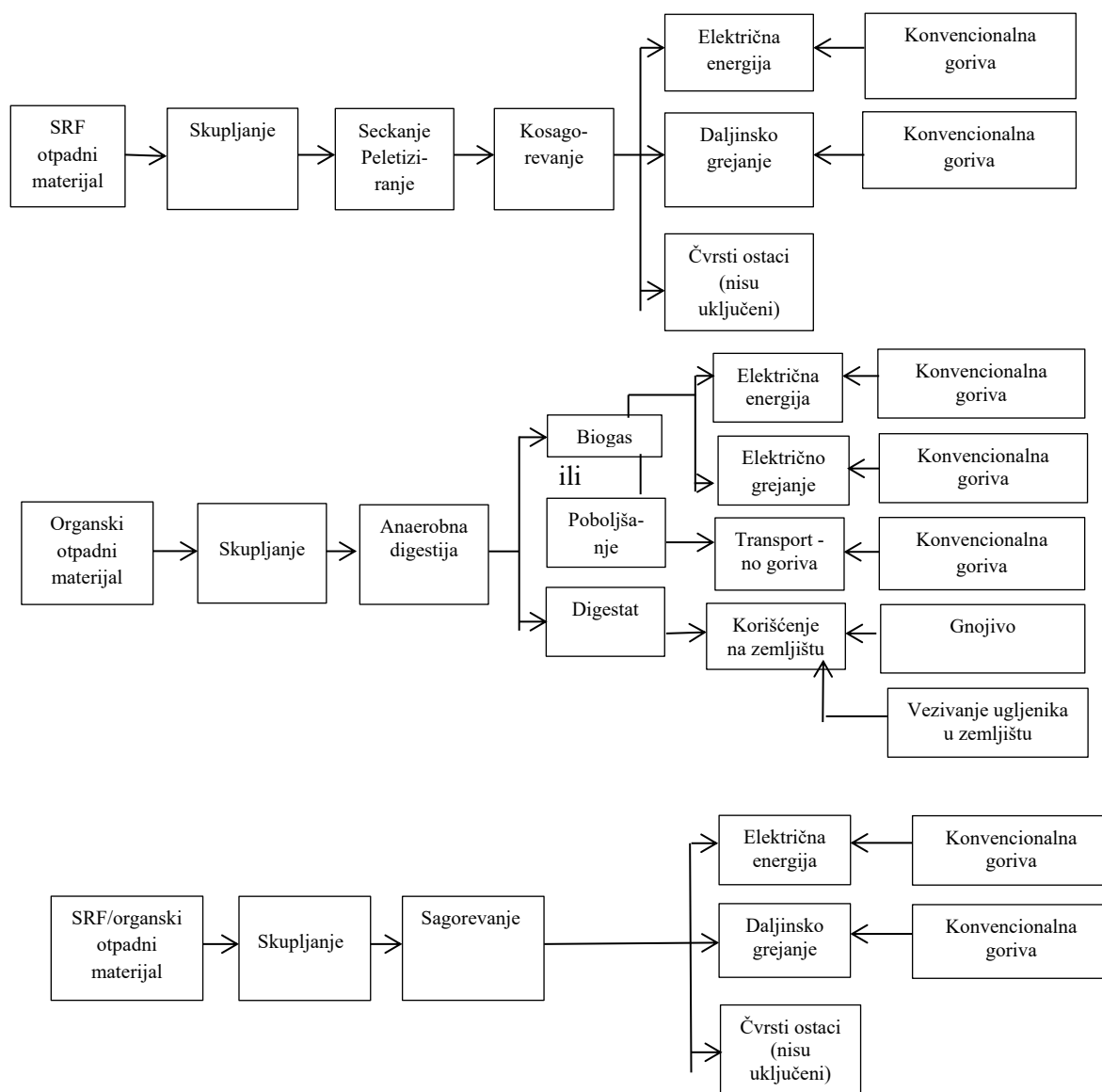
Slika 1 predstavlja prikaz korišćenih alternativa i najznačajnijih tokova. Početna tačka za korišćenje SRF za kosagorevanje, je sakupljanje prvobitno sortiranih otpadnih materijala visoke toplotne moći, praćena procesom nadgradnje, gde se otpad usitnjava i peletizira za korišćenje kao SRF u termoelektranama koje koriste ugalj.

Identična polazna tačka je korišćena za sagorevanje SRF u insinatoru za otpad, međutim preskočen je proces nadgradnje, jer je ovaj korak nepotreban prilikom spaljivanja otpada. Polazna tačka za korišćenje organskog otpada za stvaranje biogasa je bila prikupljanje organskog otpada razdvojenog na izvoru. Pre digestije, sakupljeni otpad je predtretiran (usitnjen i pomešan). Ovaj korak je preskočen, kada je organski otpad spaljivan.

Tretman, upravljanje i korišćenje ostataka od spaljivanja i kosagorevanja (pepeo, leteći prah i kontrola zagađenja vazduha (APC), ostaci), nisu uključeni u procenu. Trenutno, pepeo i ostali ostaci iz Danske, se izvoze u Nemačku i odlažu u rudnike soli ili se koriste za neutralizaciju otpadnih kiselina u Norveškoj. [14] Donji pepeo se čuva i koristi kao bazni sloj u konstrukciji puteva. Danski pepeo iz kosagorevanja će najverovatnije biti iskorišćen u proizvodnji cementa, kao što je trenutno slučaj sa pepelom od sagorevanja uglja. Sve ove opcije upravljanja će izgledno emitovati značajno manje emi-

sije, nego direktne emisije i postrojenja za spaljivanje. Ispuštanje zagađujućih materija, iz ostataka sagorevanja, predstavlja manje od 1% čvrstog sadržaja ostataka i emisije CO₂ povezane sa upravljanjem, su beznačajne u poređenju sa direktnom emisijom [15], [11] [16]. Trenutno sveobuhvatni LCA podaci nisu dostupni za sve relevantne procese. Stoga je izvođenje smislenog poređenja između pojedinačnih opcija upravljanja ostacima teško. Na osnovu ovih aspekata, realno je da se upravljanje ostacima iz procesa isključi iz ove procene.

Transparentnosti radi, svaki uticaj evropske šeme emisije CO₂ je odbačen i samo su aktuelne emisije uzete u obzir. Pretpostavljeno je da tretman otpada neće uticati na rad postojećih postrojenja za tretman, već da će uticati samo na nova postrojenja.



Slika 1. Moguće alternative i pregled tokova, kosagorevanja SRF, korišćenje organskog otpada za CHP proizvodnju, ili transportno gorivo, spaljivanje SRF ili organskog otpada

2.1.4 Vremenski okvir

Dva vremenska okvira su primenjena, kratkoročni (sadašnja perspektiva) i dugoročni (buduća perspektiva). Trenutni marginalni efekti različitih alternativa spaljivanja otpada su izračunati na osnovu



trenutne situacije u Danskoj. Npr., uzeti su u obzir efikasnost, nivoi emisija i učinak energetskeg sistema. Modelovanje budućih marginalnih efekata je izvršeno sa sličnim efikasnostima i nivoima emisije (uz osiguran konzervativni pristup), uz pretpostavku da je energetskegi sistem baziran stoprocentno na obnovljivoj energiji. Podaci iz inventara životnog ciklusa (LCI) korišćeni za LCA pokrivaju vremenski okvir od 100 godina (prateći uobičajene LCA vrednosti). Sve bitne emisije u vremenskom periodu od 100 godina su uključene u procenu.

2.1.5 LCA model i kategorije uticaja

LCA model je izveden uz urađen EASEWASTE model [17] koji omogućava izračunavanje mase specifičnih tokova otpada, korišćenje emisija u životnu sredinu, omogućavajući tako potpunu procenu uticaja na životnu sredinu i mogućnosti za upravljanje otpadom. Pored hemijskog sastava pojedinih vrsta otpada EASEWASTE sadrži standardne podatke za više tehnologija upravljanja otpadom. Uticaji na životnu sredinu su procenjivani uz pomoć EDIP 97 metode [18] koristeći poslednju verziju normalnih referenci za EDIP 97 [19].

Obuhvaćene su sledeće kategorije: Globalno zagrevanje (GW), Acidifikacija (AC), obogaćenost nutrijenata (NE), Foto-hemijsko formiranje Ozona (POF), Toksičnost za čoveka preko vazduha (HTa), preko vode (HTw) i Eko-toksičnost vode (ETw), i zemljišta (ETs). Međutim u brojkama su izražene samo najznačajnije kategorije. Posledično (ETs) je preskočen jer ova kategorija ima mali uticaj u poređenju sa drugim kategorijama, i nije vidljiva u brojkama.

Za kategoriju globalnog zagrevanja korišćena je globalna skala, dok je za sve ostale korišćena evropska.

2.2 Frakcije otpada

2.2.1 SRF

Sastav SRF, zavisi od porekla otpada, sistema sakupljanja i finalne obrade otpada. Donja toplotna moć se obično nalazi u rasponu 13–22 MJ/kg [20]. Najčešći sastojci otpada su papir, plastika, drvo i tekstil u slučaju kada je SRF uzet iz komercijalnog i industrijskog otpada, dok su biorazgradivi organski otpad i inertni otpad prisutni u otpadu iz domaćinstava. Hemijski sastav SRF-a, može značajno da varira. Razvijeni su standardi koji osiguravaju kvalitet i uticaj na životnu sredinu, čvrstih fosilnih goriva, npr. Evropski standard CEN/TS 15359:2006 (CEN, 2006.). Važni parametri su donja toplotna moć, kao i sadržaj Hg, Cl.

Hemijski sastav i donja toplotna moć SRF primenjeni u ovom radu su prikazani u tabeli 2. Vrednosti su procenjene na analizama različitih vrsta SRF, sa prosečnim sastavom materijala (masa vlage (ww)): papir, karton (30%), drvo (30%), plastika (37%) i tekstil (3%). Podaci kao takvi ne predstavljaju specifičnu grupu SRF, ali hemijski sastav predstavlja tipične vrednosti za Evropu [21].

Tabela 2. Hemijski sastav i donja toplotna moć SRF i organskog otpada kao i prenosni koeficijent (% ulaza kao emisija u vazduh) korišćeni u modeliranju kompilacijom različitih izvora, između ostalih [3], [22]

	Jedinica	SRF	Organski otpad	Koeficijent prenosa otpada kod spaljivanja (% TS)	Koeficijent prenosa kod kosagorevanja (% TS)
NCV_{TS}	MJ/kg TS	19,4	13,1	-	-
NCV_{ww}	MJ/kg ww	16,5	4,5	-	-
$NCV_{biogasa}$	MJ/Nm ³ biogas (63% CH ₄)	-	22,9	-	-



	Jedinica	SRF	Organski otpad	Koeficijent prenosa otpada kod spaljivanja (% TS)	Koeficijent prenosa kod kosagorevanja (% TS)
H ₂ O	% TS	15	66	-	-
TS	% TS	85	34	-	-
VS	% TS	88	85	-	-
Pepeo	% TS	12	15	-	-
C _{goriva}	% TS	17	1	100	100
V _{biogenik}	% TS	27	44	100	100
Cl	% TS	1	0,7	0,57	0
F	mg/kg TS	50	120	-	0,1
H	mg/kg TS	60.000	63.100	-	-
N	mg/kg TS	15000	27900	-	-
Na	mg/kg TS	4.000	4.600	-	0,1
P	mg/kg TS	300	4100	-	-
S	mg/kg TS	3.000	2.200	-	0,1
Al	mg/kg TS	4.000	3.600	-	0,1
As	mg/kg TS	5	1	0,204	0,39
Cd	mg/kg TS	1	0,1	0,006	0,99
Cr	mg/kg TS	100	10	0,068	0,17
Cu	mg/kg TS	100	30	0,009	0,17
Cd	mg/kg TS	100	30	0,009	0,17
Fe	mg/kg TS	2000	4100	-	-
Hg	mg/kg TS	0,1	0,07	35	28,5
Mg	mg/kg TS	2000	1300	-	-
Mn	mg/kg TS	75	100	0,004	0,08
Mo	mg/kg TS	1	3	-	-
Ni	mg/kg TS	20	6	0,125	0,29
Pb	mg/kg TS	75	15	0,015	0,35
Zn	mg/kg TS	300	70	-	-

2.2.2 Organski otpad

Slično kao i SRF, sastav organskog otpada za anaerobnu digestiju zavisi od izvora otpada, sistema sakupljanja i konačne obrade otpada. Stvaranje biogasa iz kućnog otpada je obično u rasponu 80–130 Nm³/t otpada primljenog u postrojenje za stvaranje metana i sastoji se od 45–65% zapremine gasa [23].

U ovom radu pod organskim otpadom se podrazumeva otpad koji potiče iz domaćinstava i čiju većinu predstavljaju ostaci hrane. Produkcija biogasa od 108 Nm³ po toni otpada je uzeta kao prosečna vrednost. Sadržaj metana od 63% je korišćen i predstavlja Danske uslove [24]. Hemijski sastav organskog otpada je prikazan u tabeli 2.



2.3 Sakupljanje i transport

Potrošnja dizela za sakupljanje otpada je zavisna od više faktora, npr. oblast sakupljanja (urbana ili ruralna), vrste kamiona, vozača [23]. Organsko đubrivo razdvojeno na izvoru za anaerobnu digestiju je obično sakupljeno kao pojedinačni tok otpada, i potrošnja goriva postaje relativno visoka ako kamion pravi više zaustavljanja i sakuplja manje količine otpada.

Nasuprot ovome je sakupljanje čvrstog komunalnog otpada za spaljivanje, gde kamion može sakupiti veće količine otpada po jednom zaustavljanju. Potrošnja dizela u ovom radu je predstavljena za sakupljanje otpada sa ivičnjaka, u urbanim oblastima iz pojedinačnih domaćinstava:

- spaljivanje otpada: 3,3 l dizela/tona otpada (organski otpad i SRF) [23]
- anaerobna digestija: 7,2 l dizela/tona organskog otpada [25]
- kosagorevanje sa ugljem: 6,6 l dizela/tona SRF, zasnovano na sagorevanju papira [23]

Potrošnja dizela za sakupljanje SRF, može biti blago preuveličana jer se ova vrsta otpada može delom prikupiti iz reciklažnih centara (mali sagorivi delovi) ili kao veće frakcije iz privrede i industrije, koje traže manje zaustavljanja po sakupljenoj toni otpada. S druge strane, donošenje otpada u reciklažne centre u privatnim automobilima zahteva dodatnu potrošnju goriva, koja takođe treba da bude uključena. Stoga pronalazimo da je 6,6 l dizela po toni prihvatljivo.

Potrošnja goriva povezana sa transportom goriva zavisi od razdaljine između mesta sakupljanja i konačne destinacije otpada. Prevoz, međutim nije uključen u procenu jer je razdaljina od mesta sakupljanja do postrojenja za tretman manje-više jednaka za sve pojedinačne tehnologije kojima iz otpada dobijamo energiju.

2.4. Od otpada do energije –Tehnologija

Tehnologija i bitne pretpostavke su opisane u sledećem delu rada.

2.4.1 Spaljivanje otpada sa korišćenjem energije

Spaljivanje otpada uz korišćenje energije je modelovano koristeći postojeći proseki energetske efikasnosti spalionica otpada u Danskoj, koji je 88%. To odgovara neto efikasnosti od 85%, pri čemu je efikasnost za električnu energiju i grejanje u omeru 19,5% i 65,4% [26].

Spalionica korišćena kao osnova za modelovanje je bila spalionica sa rešetkom sa tri linije.

Dve linije su opremljene sa polusuvim čišćenjem dimnjaka i jedna sa vlažnim čišćenjem.

NO_x se uklanja pomoću selektivne nekatalitičke redukcije (SNCR) a Hg i dioksini pomoću aktivnog ugljenika.

Uzeto je da spalionica potroši 65 kWh i 0,5 l tečnog goriva po toni otpada i energija je uglavnom korišćena za prečišćavanje izduvnih gasova. Dodatni materijali za prečišćavanje izduvnih gasova su uključeni: 5 kg NaOH, 4 kg CaCO_3 i 2 kg NH_3 . Sve količine (vrednosti) su po toni otpada.

Sve vrednosti za spalionicu otpada su bazirane na podacima [11] i operativnim podacima danskih spalionica.

Koeficijenti za transfer, emisija u vazduh specifičnih vrsta otpada su date u tabeli 2, dok su u tabeli 3 prikazane vrednosti emisija vezanih za pojedine procese.



Tabela 3. Sve emisije u vazduh povezane sa sagorevanjem i poboljšanjem procesa (sastavljene iz različitih izvora), koristeći [27]

	Spaljivanje otpada	Kosagorevanje	Sagorevanje biogasa u gasnom motoru	Poboljšanje biogasa za transport	Sagorevanje biogasa u putničkom automobilu
Jedinica	g/kg otpada	g/kg otpada	g/MJ biogas (63% CH ₄)	g/MJ biogas (96% CH ₄)	g/MJ biogas (96% CH ₄)
CO	0,066	-	0,115	-	0,145
HCl	0,03	0,16	-	-	-
HF	$6,2 \times 10^{-5}$	0,016	-	-	-
NO _x	1,3	0,8	0,148	-	$6,68 \times 10^{-3}$
SO ₂	0,017	0,16	-	0,024	$2,9 \times 10^{-4}$
Čestice (nespecifične)	0,0037	0,048	-	-	-
Čestice (<2,5)	-	-	-	-	$2,16 \times 10^{-4}$
Dioksini	$3,4 \times 10^{-10}$	$3,6 \times 10^{-10}$	-	-	-
CH ₄	-	-	0,465	0,646	0,0146
NM VOC	-	-	0,105	-	$3,41 \times 10^{-3}$
H ₂ S	-	-	-	$1,01 \times 10^{-4}$	-
N ₂ O	-	-	-	-	$2,81 \times 10^{-4}$
NH ₃	-	-	-	-	0,0112

NM VOC – nemetanski, isparljivi organski kompaund

2.4.2. Spaljivanje otpada bez iskorišćenja energije

Spaljivanje otpada bez iskorišćenja energije je modelirano da bi pokazalo posledice nekoriscenja energetskog potencijala otpada, već samog spaljivanja radi smanjenja njegove zapremine/mase. Ova metoda ne bi trebalo da se uzima kao prava alternativa, ali je uključena da bi pokazala efekte iskorišćenja energije. Kao osnova za korišćenje je uzeto identično postrojenje koje je korišćeno i za spaljivanje uz iskorišćenje energije. Takođe su korišćeni isti koeficijenti transfera i specifične emisije za proces kao i u prethodnom modelu (videti tabele 2 i 3).

2.4.3 Kosagorevanje u termoelektrani sa pogonom na ugalj

Kosagorevanje SRF je predviđeno da se sprovede u velikom centralnom CHP postrojenju koje ima pogon na ugalj, sa stepenom iskorišćenja od 60%, sa proizvodnjom električne energije i toplote 36%, simulirajući potencijalno dansko postrojenje za kosagorevanje [11]. Predviđeno je da se koristi 19 kg CaCO₃ po toni SRF-a, (za čišćenje emitovanih gasova, ta vrednost je uzeta iz podataka dobijenih od danskih postrojenja na ugalj). Nasuprot spaljivanja čvrstog otpada, gde nije potreban predtretman, kosagorevanje zahteva razvrstavanje i smanjivanje količine otpada. U radu [11] je objavljena potrošnja električne energije u rasponu od 50 do 200 kWh po toni SRF-a, i korišćenje prirodnog gasa od 0–10 Nm³/toni čije su vrednosti slične onima o kojima su izvestili u radu [1].

U ovom radu tretman SRF je modelovan uz korišćenje električne energije od kWh po toni SRF. Ova vrednost je izabrana kao test danskih postrojenja koji pokazuju ovu potrošnju električne energije. Koeficijenti transfera emisija u vazduh specifičnih vrsta otpada dati su u tabeli 2, dok su u tabeli 3 prikazane vrednosti emisija vezanih za pojedine procese.



2.4.4 Anaerobna digestija – biogas koji se koristi u CHP postrojenju

Organski otpad je tretiran anaerobnom digestijom i na taj način je stvoren biogas za proizvodnju električne energije i digestat (stabilni ostatak) za zamenu veštačkog đubriva za poljoprivredu. Prethodno pomenuti gas ima prinos od $108 \text{ Nm}^3/\text{toni}$ otpada sa sadržajem metana od 63% i donjom toplotnom moći od $22,9 \text{ MJ/Nm}^3$.

Gubici metana u procesu digestije (odlazne emisije, curenje itd.) su pretpostavljene na 2% stvorenog metana. Ovaj gubitak je teško izmeriti i on varira od postrojenja do postrojenja. U radu [28] je navedeno da je taj gubitak između 0 i 10%.

Gubitak od 2% je prema tome na donjem delu skale, uprkos tome i smatra se odgovarajućim za danska postrojenja [28]. Biogas sagoreva u obližnjem CHP postrojenju, koje pokreće prirodni gas, uz ukupni stepen iskorišćenja od 86%. Od ukupne proizvodnje energije, 41% je iskorišćeno za proizvodnju električne energije a 45% za proizvodnju toplote. Emisije prilikom sagorevanja biogasa (uključujući startovanje i zaustavljanje motora) su zasnovane na osnovu [27], i prikazane su u tabeli 3.

Digestat je korišćen na farmama kao zamena za neorgansko đubrivo i kao depo ugljenika u zemljištu. Uticaji (pozitivni i negativni) digestata su povezani sa isparavanjem amonijaka (NH_3), formiranjem azotnih oksida (N_2O), spiranjem nitrata u površinske vode (NO_3), emitovanjem teških metala u zemljište, zamena mineralnog đubriva, iz radova [29,14] su uzete reference za detalje i pretpostavke povodom upotrebe digestata.

2.4.5 Anaerobna digestija – biogas koji se koristi kao transportno gorivo

Modelovanje ove alternative uključuje iste korake i pretpostavke kao i upotreba biogasa za dobijanje električne energije i toplote (CHP), osim sagorevanja u termoelektranama. Takođe, pretpostavke vezane za upravljanje proizvodom digestije su iste.

Upotreba biogasa kao goriva za vozila ukazuje na poboljšanje goriva uklanjanjem CO_2 , vode, sumpora a sadržaj metana dostiže $\geq 95\%$. Postoji nekoliko tehnologija poboljšanja. Vrednosti u ovom radu su zasnovane na metodi adsorpcije sa promenljivim krilnim pritiskom (PSA).

Uticaji na životnu sredinu ovog poboljšanog procesa su povezani sa korišćenjem električne energije i emisijom CO_2 , CH_4 , H_2S i SO_2 . Pošto je CO_2 biogenskog porekla, nije se smatralo da doprinosi globalnom zagrevanju. Upotreba električne energije bila je $0,5 \text{ kWh/Nm}^3$, poboljšanog goriva (sa 96% CH_4), a donja toplotna moć poboljšanog goriva $34,5 \text{ MJ/Nm}^3$ [30]. Emisija iz procesa sagorevanja je u skladu sa Euro 3 standardima za putnička vozila. Emisija iz unapređenih procesa i sagorevanje biogasa su prikazani u tabeli 3.

2.5 Identifikacija zamenjenih goriva

Tip i kvalitet goriva koja su zamenjena energijom dobijenom iz otpada zavise od tehnološke efikasnosti obrade, donje toplotne moći otpada i upotrebe goriva dobijenog iz otpada, npr. za koji deo energetskog sistema je gorivo namenjeno.

2.5.1 Trenutna perspektiva

Modeli spaljivanja otpada sa povratom energije i kosagorevanja su zasnovani na istim pretpostavkama. Električna energija se šalje u mrežu gde zamenjuje električnu energiju koja se proizvodi na bazi uglja u velikim CHP postrojenjima. Toplota se koristi za daljinsko grejanje. Postrojenje za spaljivanje je locirano u mreži daljinskog grejanja gde je glavni isporučilac toplote veliko CHP postrojenje koje za sagorevanje koristi ugalj. Konsekventno, glavna proizvodnja toplote zasnovana na uglju je zamenjena. Prema informacijama iz Danskog energetskog sistema iz 2006. godine, takođe je zamenjena i mala količina prirodnog gasa, što pokazuje da je ova oblast bila opremljena sa nekoliko postrojenja koja su koristila prirodni gas. [31]



Kod ove alternative gde se biogas koristi za proizvodnju u CHP postrojenjima, CHP postrojenje je locirano u manjem decentralizovanom sistemu daljinskog grejanja, i uglavnom koristi prirodni gas sa dodatkom biogasa.

Prema informacijama iz analize energetskog sistema, takođe su zamenjene i manje količine biomase i uglja koje su se koristile u posmatranom području. [31]

U poslednjoj alternativni biogas se koristi u sektoru transporta gde zamenjuje ili dizel ili benzin. U modelovanju su primenjeni podaci zamene benzina: 1 kg poboljšanog biogasa zamenjuje 0,93 kg benzina. [30]

Tabela 4 pokazuje zamenu goriva za svaku modeliranu alternativnu sa danskim energetskim sistemom iz 2006., kao referentnom.

Distribucija zamenjenih goriva je izražena u procentima spaljenog ili iskorišćenog (energetskog) otpada, kao i po funkcionalnim jedinicama. Energija potrošena za skupljanje otpada nije prikazana. LCI za zamenjena goriva su bazirani na podacima (npr. ekološki izveštaji) iz danskih postrojenja.

Tabela 4. Zamena goriva za svaku tehnologiju od otpada do energije. distribucija zamenjenih goriva je prikazana u procentima i u MJ/funkcionalna jedinica (f.u.). Potrošnja energije za skupljanje otpada nije uključena, WI, spaljivanje otpada: AD, anaerobna digestija

	Zamenjena goriva		Ugalj		Ulje		Prirodni gas		Biomasa		Ukupno	
	MJ/MJ	MJ/f.u.	%	MJ/f.u.	%	MJ/f.u.	%	MJ/f.u.	%	MJ/f.u.	%	MJ/f.u.
WI bez korišćenja energije	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WI sa korišćenjem energije	0.7	11.6 ^a /3.2 ^b	96	11.1 ^a /3 ^b	0	0 ^a /0 ^b	4	0.5 ^a /0.1 ^b	0	0 ^a /0 ^b	100	11,6 ^a /3.2 ^b
Kosagorevanje u TE za ugalj	0.89	14.7	98	14.4	0	0	2	0.3	0	0	100	14.7
AD biogas za CHP postrojenje	0.47	2.1	4	0.1	0	0	80	1.7	16	0.3	100	2.1
AD biogas za transportno gorivo	0.47	2.1	0	0	100	2.1	0	0	0	0	100	2.1

^a Spaljivanje SRF

^b Spaljivanje organskog otpada

2.5.2 Izgledi za budućnost

Modelovanje buduće i dugoročne perspektive je izvedeno sa energetskim sistemom koji se 100% zasniva na obnovljivoj energiji (RE). Glavni cilj ovog sistema je da testira da li se zaključci bazirani na trenutnom energetskom sistemu (uključujući i veliki udeo fosilnih goriva) takođe mogu primeniti za budući energetski sistem. Pretpostavlja se da se proizvodnja toplotne i električne energije u ovom energetskom sistemu vrši isključivo iz biomase (drvo i slama), a da se za tečna goriva koja se koriste u transportu koristi biodizel. LCI za sagorevanje biodizela je bazirano na [30]. Pretpostavka je da se biomasa koja je potrebna za energetske svrhe u ovom energetskom sistemu sastoji od neograničenih resursa. Shodno tome upotreba ovih resursa nije uticala na proizvodnju hrane za ljude ili stoku.

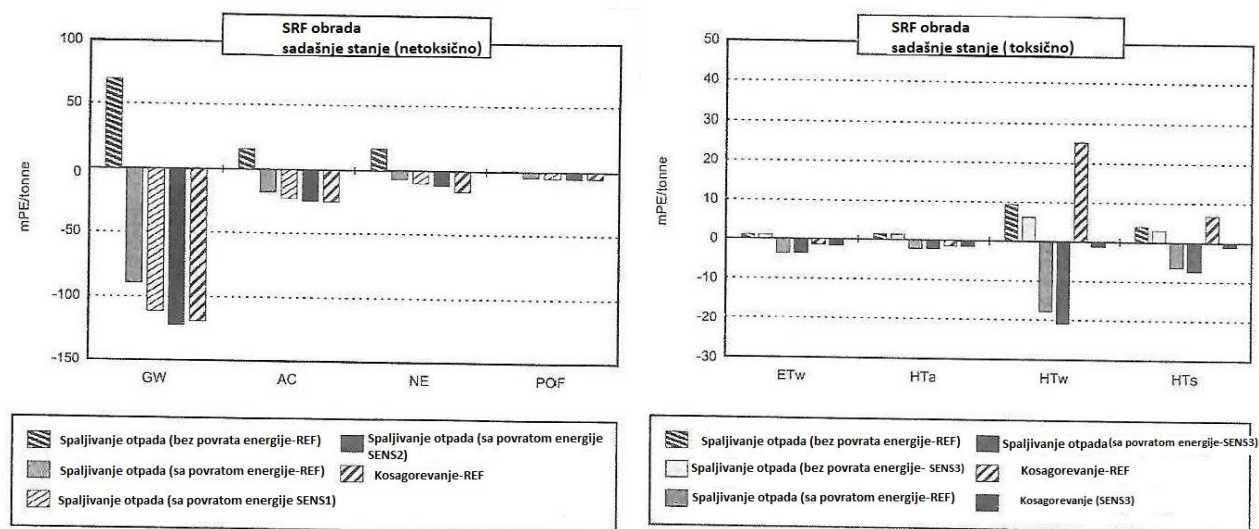
3. REZULTATI

Rezultati procena su prikazani na grafikonima, 2–5 i pokazuju ukupno opterećenje za životnu sredinu od ocenjenih tehnologija za razmatrane frakcije otpada. Pozitivne vrednosti predstavljaju opterećenje životne sredine, dok negativne vrednosti pokazuju uštede. Rezultati predstavljaju normalizovani potencijal uticaja miliekvivalentne osobe (mPE), i predstavlja godišnji uticaj od prosečne osobe na datoj površini (npr. 100 mPE odgovara 10% godišnjem uticaju prosečne osobe). Uticaj na životnu sredinu je razdeljen u dve kategorije: ne-toksične i toksične. Da bi se stvorio pregled ishoda procena sve alternative su spojene i složene u tabeli 5: (1) predstavlja najbolju alternativu i (4) predstavlja najgoru. Rezultati analiza osetljivosti su takođe prikazani na slikama 2 i 3.

3.1 Trenutna perspektiva

3.1.1 Obrada SRF

Grafikon 2 pokazuje da je kosagorevanje bolje od spaljivanja otpada sa povratom energije u svim netoksičnim kategorijama, dok je u slučaju toksičnog otpada obrnut slučaj. Spaljivanje otpada bez povrata energije je bilo bolje od kosagorevanja, uprkos korisnim stranama kosagorevanja. Ovo se dešava zbog veće efikasnosti čišćenja gasova iz dimnjaka u postrojenjima za spaljivanje u poređenju sa elektranama koje koriste ugalj. Kosagorevanje je izazvalo najveći uticaj u kategorijama HTw i HTs, najviše zbog emisije Hg specifične za otpad. Manji udeo je primećen od strane dioksina (HTw) i Cr (HTs). Slični rezultati su dobijeni za spaljivanje otpada bez povrata energije, ponovo je emisija Hg bila dominantna. Spaljivanje otpada sa povratom energije je dovelo do uštede u svim kategorijama toksičnosti.

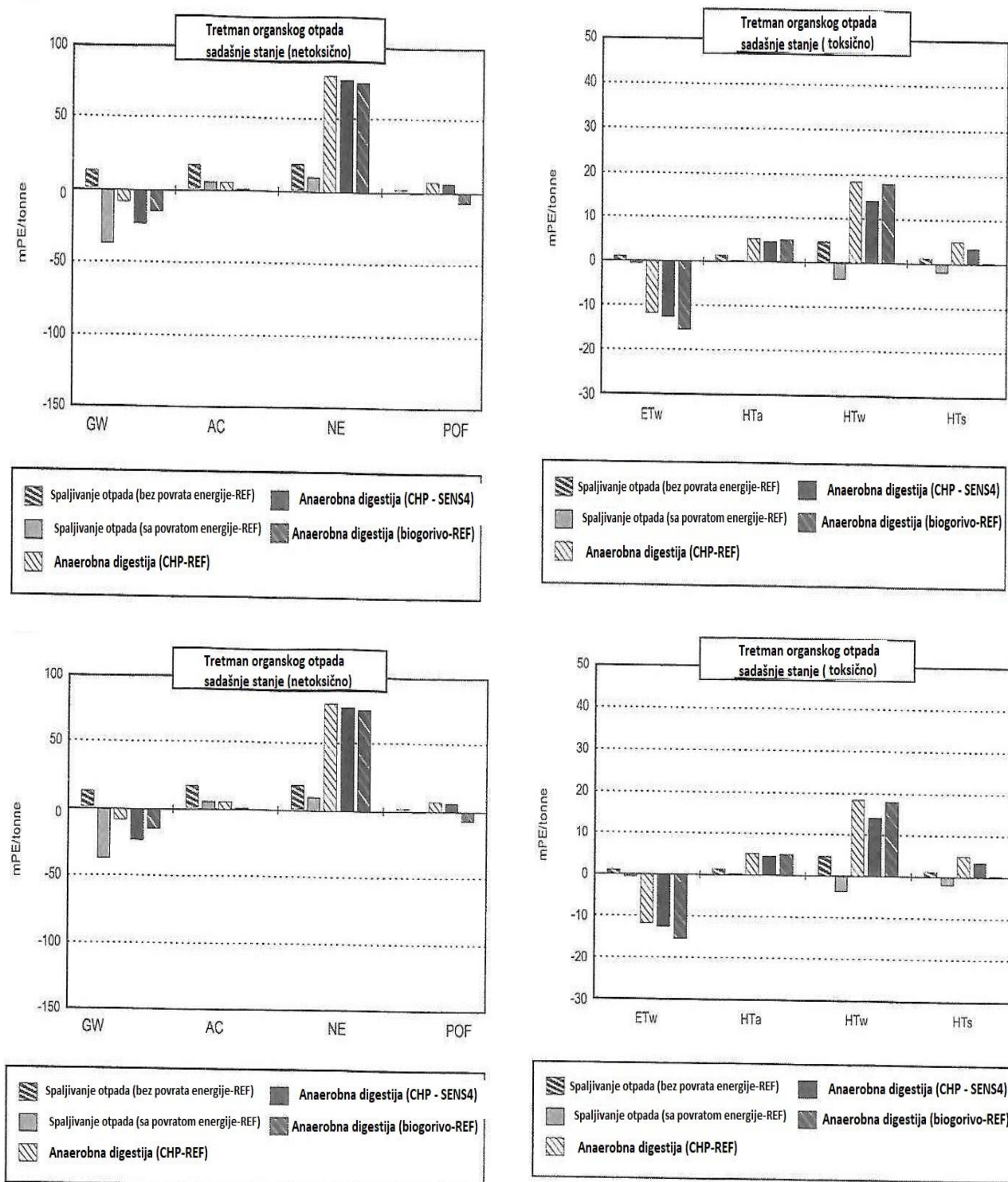


Slika 2. Normalizovani uticaj na životnu sredinu iz tretmana 1 tone SRF-a na današnji dan

Grafik uključuje rezultate zasnovane na izvornom uzimanju (u odnosu na REF) kao i rezultate iz analiza osetljivosti (u odnosu na SENS), WI, spaljivanje otpada; SENS1, veličina zamenjenog otpada 80%, SENS2 veličina zamenjenog goriva od 85%; SENS3, Hg sadržaj smanjen za pola.

3.1.2 Obrada organskog otpada

Slika 3 pokazuje da su najveći uticaji (uštede i opterećenja) u kategorijama GW, NF, ETw i HTw. Spaljivanje otpada sa povratom energije dovelo je najveće uštede GW i alternativna anaerobna digestija najveće NE opterećenje.



Slika 3. Normalizovani uticaji na životnu sredinu u mPE od tretmana 1 tone organskog otpada na današnji dan. Grafici uključuju rezultate na originalnom uzimanju (u odnosu na REF kao rezultate analize osetljivosti (koja se odnosi na SENS)

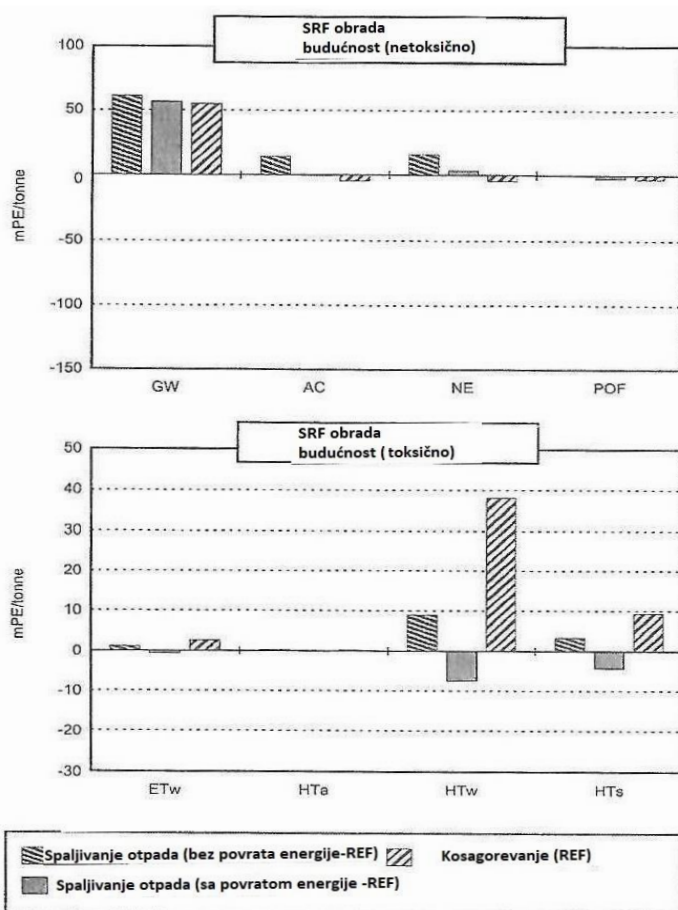
Razlog za mnogo veću uštedu u GW kod spaljivanja sa povratom energije u odnosu na anaerobnu digestiju je veća efikasnost konverzije pri spaljivanju i zamenjeni tipovi goriva. Takođe, od značaja za potencijal GW su emisije CH_4 iz postrojenja za anaerobnu digestiju, od CHP postrojenja i od procesa unapređenja kada se gas koristi kao gorivo u transportu. Za obe alternative sa biogasom opterećenja od prethodno pomenutih procesa su smanjena i ukupne uštede su približno 50%.

Velika NE opterećenja iz alternativa anaerobne digestije su prouzrokovana oticanjem nitrata iz digestata u površinske vode. Teški metali, posebno Hg u digestatu su takođe uzrokovali značajno opterećenje u HTw, dok zamena neorganskog đubriva dovodi do velike uštede u kategoriji ETw. Ovo se dešava naročito zbog izbegavanja emisije Cd i Cu. Sve u svemu, spaljivanje otpada sa povratom energije dovodi do uštede u poređenju sa anaerobnom digestijom u svim kategorijama uticaja osim u AC, POF i ETw.

3.2 Buduće perspektive

3.2.1 Tretman SRF

Nasuprot scenariju za trenutne izglede gde kosagorevanje SRF dovodi do velikih ušteda GW, ista alternativa u budućnosti dovodi do velikog GW opterećenja (slika 4). Ovo je izazvano fosilnim CO_2 u otpadu (koji se smatra trenutnim scenarijima, koji osigurava očuvanje CO_2 , gde se ušteda i dalje postiže kroz spaljivanje otpada sa povratom energije), a opterećenje je i dalje izazvano kosagorevanjem. Razlika između alternativa je sličnih veličina i ne utiče na ukupni rang alternativa.



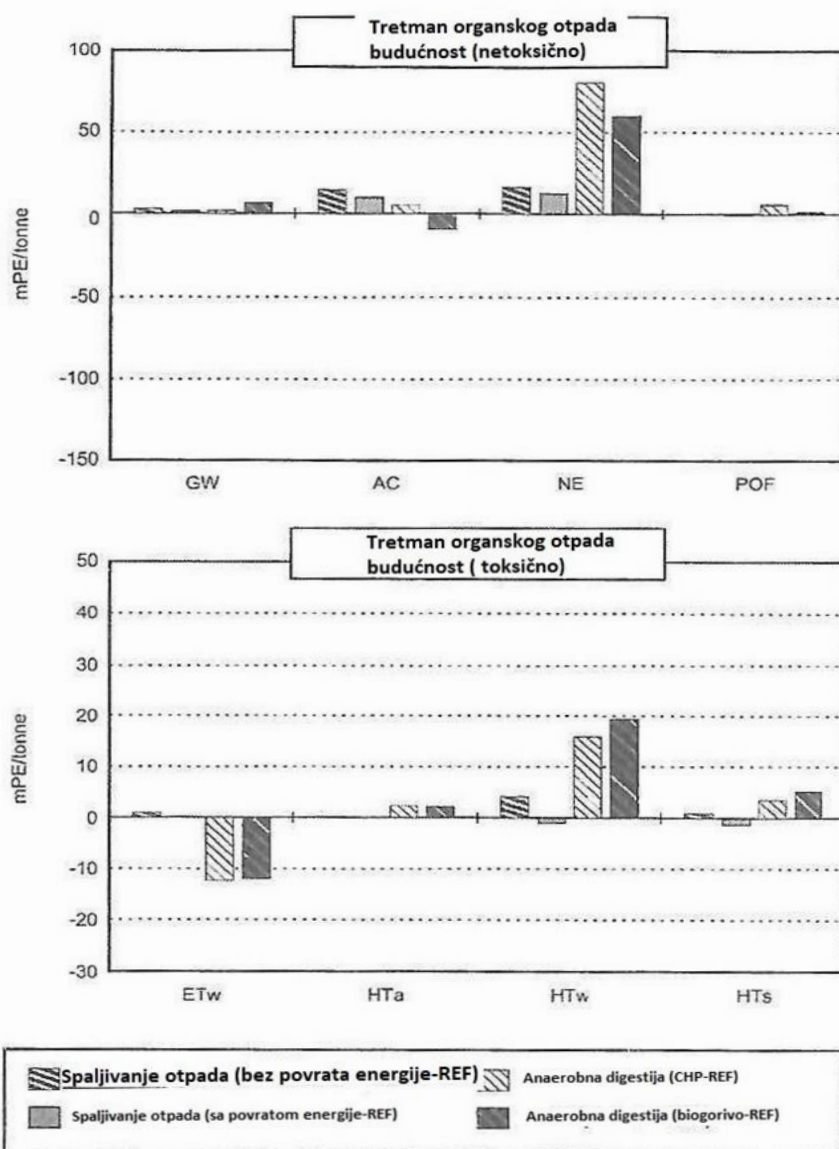
Slika 4. Normalizovani uticaji na životnu sredinu u mPE od tretiranja SRF u budućnosti, scenario 100% RE.

Grafici uključuju samo rezultate iz izvornog uzimanja (koja se odnose na REF). Spaljivanje otpada.

3.2.2 Obrada organskog otpada

Slika 5 pokazuje da je jedina značajna ušteda u netoksičnim kategorijama postignuta u kategoriji uticaja AC kada se biogas iz anaerobne digestije organskog otpada koristi kao saobraćajno gorivo. Ova ušteda je postignuta smanjenjem emisije NO_x iz zamenjenog biodizela. Nasuprot SRF obrade, GW opterećenja od organskog otpada su bila mala, zato što je fosilni sadržaj CO_2 u otpadu bio nizak. Rezultati kategorije toksičnosti su slični današnjim scenarijima. Upoređivanje spaljivanja otpada sa povratom energije pokazuje sličnu razliku između pojedinačnih tehnologija kao što je primećeno u trenutnoj perspektivi.

Rangiranje alternativa nije promenjeno: spaljivanje otpada sa povratom energije je i dalje bilo najpogodnije za životnu sredinu u većini kategorija uticaja. Ipak, mala prednost koju je biogas imao u korišćenju kao gorivo u saobraćaju u odnosu na proizvodnju CHP je nestala u scenarijima budućih perspektiva.



Slika 5. Normalizovani uticaji na životnu sredinu u mPE od tretmana 1 tone organskog otpada u budućnosti, scenario 100% RE. Grafici uključuju samo rezultate zasnovane na originalnim uzimanjima (u odnosu na REF). WI, spaljivanje otpada, AD, anaerobna digestija.



3.3 Analiza osetljivosti

Sve bitne pretpostavke i korišćeni podaci su procenjeni imajući na umu njihov značaj za rezultate i zaključke u radu. Ipak, da bi se održala jasnoća i značaj odlučeno je da se diskutuje samo o pretpostavkama koje su značajne za zaključke. Sledeće pretpostavke su bitne zbog svog značaja za krajnji zaključak:

- veličina zamene goriva za spaljivanje otpada
- sadržaj teških metala u SRF
- tip goriva zamenjen biogasom koji se koristi za CHP

Samo scenariji koji se bave trenutnom perspektivom su procenjeni pošto su scenariji budućih perspektiva nesigurni i u startu su uključeni kako bi se prikazala šira perspektiva rezultata. O potencijalnim posledicama za buduće scenarije se ipak diskutovalo.

Tabela 5. Rangiranje alternativa: 1 je najbolje – 4 je najlošije

	Netoksično				Toksično			
	GW	AC	NE	POF	ETw	HTa	HTw	HTs
2006 – SRF								
Spaljivanje bez povrata energije	3	3	3	3	3	3	2	2
Spaljivanje sa povratom energije	2	2	2	2	1	1	1	1
Kosagorevanje	1	1	1	1	2	2	3	3
2050 – SRF								
Spaljivanje bez povrata energije	3	3	3	3	2	3	2	2
Spaljivanje sa povratom energije	2	2	2	2	1	1	1	1
Kosagorevanje	1	1	1	1	3	2	3	3
2006 – ORG								
Spaljivanje bez povrata energije	4	4	2	3	4	2	2	3
Spaljivanje sa povratom energije	1	3	1	2	3	1	1	1
Anaerobna digestija – CHP	3	2	4	4	2	4	4	4
Anaerobna digestija – biogorivo	2	1	3	1	1	3	3	2
2050 – ORG								
Spaljivanje bez povrata energije	3	4	2	2	4	2	2	2
Spaljivanje sa povratom energije	2	3	1	1	3	1	1	1
Anaerobna digestija – CHP	1	2	4	4	1	4	3	3
Anaerobna digestija – biogorivo	4	1	3	3	2	3	4	4

3.3.1 Količina zamenjenog goriva kod spaljivanja otpada

Iako je stepen iskorišćenja uređaja za spaljivanje (85%) veći od stepena iskorišćenja postrojenja za kosagorevanje (60%) i tipovi zamenjenih goriva su bili slični za dve alternative. GW ušteda je veća kod kosagorevanja. Ovo je uzrokovano većim stepenom iskorišćenja postrojenja za kosagorevanje i dodatno proizvedenom toplotom u sistemu kada se otpad spaljivao u običnoj spalionici. Kada je reč o postrojenju za kosagorevanje, manje toplote se proizvodi i dodatna toplota je nula. Ako proizvodnja toplote prevazilazi zahteve, prekomernu toplotu treba hladiti i ne može zameniti goriva.

U ovom slučaju prilikom spaljivanja otpada je proizvedeno 0,22 TWh otpadne toplote po 1 TWh pro-



izvedenom spaljivanjem otpada [31]. Da bi ispitali održivost ove pretpostavke, modelirana su dva nova scenarija, gde je proizvedena toplota spaljivanjem otpada iskorišćena 100%.

Dva marginalna stepena iskorišćenja CHP postrojenja koja bi inače proizvodila toplotu su primenjena, rezultujući u veličini zamene goriva 80% i 85%, respektivno, u poređenju sa izvornom vrednošću od 70%.

Rezultati analize osetljivosti su prikazani na slici 2 (naslovljeni kao SENS1 i SENS2) ali samo za netoksične kategorije, jer vrednosti toksičnih kategorija u najvećoj meri zavise od efikasnosti sistema za prečišćavanje gasova. Slika 2 pokazuje da je potreba za toplotom sistema kritična za rezultat, pošto spaljivanje otpada i kosagorevanje postaju jednake alternative, kada se toplota spaljivanjem otpada potpuno iskoristi.

Energija potrebna za predtretman otpada kod kosagorevanja postaje bitan faktor, jer predstavlja dodatno opterećenje po životnu sredinu u poređenju sa spaljivanjem otpada.

Oko 20% opterećenja GW kod alternativnog kosagorevanja je uzrokovano potrošnjom energije za predtretman otpada.

Zamena toplote je bila manje značajna u scenariju 100% RE (obnovljiva energija), koja je zamenjena u svim scenarijima, povezana sa značajno manjim uticajem nego fosilna goriva u scenarijima koji pokrivaju današnju situaciju. Ipak za razmatranu kategoriju uticaja, porast veličine zamene toplote kod alternativnog spaljivanja ne bi napravio nikakvu razliku.

3.3.2 Teški metali u sastavu SRF

Hemijski sastav SRF je veoma nesiguran i može se očekivati da varira zavisno od izvora otpada. Vrednosti primenjene u ovom radu su bile ispod Evropskih kriterija, pokazujući da SRF sa višim sadržajem teških metala može biti moguć. Posledice ovoga mogu imati veći uticaj u kategoriji toksičnosti nego što je prikazano na slici 2. Kosagorevanje je ionako bilo najgora opcija u kategoriji toksičnosti. Umesto toga posledice smanjenja teških metala su analizirane u scenariju sa optimalnim sortiranjem i proizvodnjom SRF. Kod uticaja emisije žive, računatim za glavninu toksičnih uticaja, samo sadržaj Hg bio je smanjen u analizi osetljivosti. Uticaji smanjenja sadržaja Hg za 50% su prikazani na slici 2, kao SENS3. Smanjenje samo sadržaja Hg je imalo minorne efekte kada je SRF spaljivan zbog efikasnog uklanjanja pomoću sistema za prečišćavanje produkata sagorevanja. Kod kosagorevanja značajne promene su pronađene kod HTs i HTw. Sada kosagorevanje uzrokuje male uštede umesto opterećenja. Ovo naglašava značaj korišćenja što čišće moguće frakcije otpada i ističe značajnu razliku između čišćenja produkata sagorevanja u termoelektranama i insineratora otpada. Spaljivanje otpada sa povratom energije je ipak bolja alternativa u svim kategorijama toksičnosti. Ne očekuju se promene u scenariju 100% RE, ukoliko se ne uvede bolji sistem za prečišćavanje produkata sagorevanja u termoelektranama.

3.3.3 Gorivo zamenjeno biogasom korišćenim za CHP

Energija proizvedena korišćenjem biogasa za CHP proizvodnju je uglavnom predviđena da zameni prirodni gas i u manjoj meri biomasu i ugalj. Ukoliko bi biogas bio korišćen u oblastima u kojima se ugalj koristi za proizvodnju energije nije nerealan scenario razmatranja potreba za smanjenjem emisija CO₂, stvarni profil zamene bi mogao biti potpuno drugačiji. Zato su konsekvence analiza osetljivosti zamenom 100% uglja procenjene. Rezultati analize osetljivosti prikazani kao SENS4 na slici 3 prikazuju da 100% zamena uglja, poboljšava ekološki profil korišćenja biogasa za CHP, posebno u odnosu na gasove staklene bašte. Spaljivanje otpada sa iskorišćenjem energije, ipak ima prednost u većini kategorija uticaja (uključujući GW), jer je stepen iskorišćenja prilikom pretvaranja energije skoro duplo veći kod insineratora otpada u odnosu na postrojenja za anaerobnu digestiju.

Napravljene pretpostavke koje se odnose na tip zamenjenog goriva ne utiču na rang alternativa i posledično se ne smatraju kao kritične. U scenariju 100% RE, sve alternative su modelirane sa zamenom istog tipa energije, obnovljive energije, čime izmena goriva ne utiče na rezultate.



4. DISKUSIJA

Na osnovu rezultata LCA i analiza osetljivosti jasno je da nijedna od uključenih alternativa ne može da pruži optimalno rešenje u svim kategorijama uticaja. Za kosagorevanje SRF bazna je razlika između netoksičnosti i toksičnosti, pri čemu su rezultati bili manje nedvosmisleni kod tretmana organskog otpada.

U vezi sa tretmanom SRF, u današnjoj danskoj perspektivi, kosagorevanje je pokazalo bolje rezultate u odnosu na spaljivanje sa povratom energije kada su u pitanju netoksične kategorije, dok je suprotan slučaj bio u toksičnim kategorijama usled viših emisija u vazduh kod kosagorevanja. Ovi podaci ukazuju na važnost fokusiranja u budućnosti na sisteme za prečišćavanje izduvnih gasova u postrojenjima za kosagorevanje. S druge strane, više pažnje bi trebalo posvetiti čistoći SRF. Kako god, sadržaji kritičnih supstanci u SRF su modelirani dosta ispod evropskih graničnih vrednosti i kao takvi su značajno doprineli toksičnosti u odgovarajućim kategorijama, što ilustruje značajne koristi koje bi mogle biti dobijene iz unapređenja sistema za prečišćavanje gasova. Analize osetljivosti koje uzimaju u obzir veličinu zamenjenog goriva visoko osvetljavaju značaj iskorišćenja ukupne toplote proizvedene spaljivanjem otpada, pošto su spaljivanje otpada i kosagorevanje postali alternativa unutar kategorije netoksičnosti kada nema toplote hlađenja.

Iz ovoga proizilazi važnost povećanja kapaciteta za spaljivanje, samo u oblastima koje imaju zaista potrebu za grejanjem.

Tretman organskog otpada, procenjivan iz sadašnje perspektive u Danskoj, je pokazao da je spaljivanje uz povrat energije, korisnije od anaerobne digestije. Ovo je bilo naročito istina, kada se biogas koristio u proizvodnji u CHP postrojenjima (proizvodnja električne i toplotne energije). Za obe alternative korišćenja biogasa, emisija gasova i curenje metana, doprineli su štetnim efektima GW (staklene bašte).

Ovo pokazuje značaj optimizacije procesa koji treba da obezbedi da se sav metan iskoristi za proizvodnju energije i bez emisije u životnu sredinu.

Korišćenje digestata na farmama uzrokuje velika opterećenja NE i HTw uzrokovana nitratima i emisijom Hg. Ovo se moglo izbeći ako bi se ostaci spaljivali. Ipak to bi moglo potencijalno dovesti do drugih uticaja i uštede zbog zamene neorganskog đubriva koja bi se izgubila.

Korišćenje biogasa kao prevoznog goriva, umesto za CHP, pokazalo se nešto pogodnijim usled zamene dizel goriva, koji je veći zagađivač od prirodnog gasa. Treba imati u vidu da svaki korak u konverziji smanjuje konačni izlaz energije. S druge strane, u budućem energetsom sistemu u kom se očekuje da fleksibilnost energetske tehnologije bude ključni parametar skladištenja otpada (ili energije dobijene iz otpada) sve dok postoji potreba, može dati prednost anaerobnoj digestiji u odnosu na spaljivanje otpada. Iako danas ne deluje isplativo, biogas može biti uskladišten dok se za njim ne ukaže potreba, dok spalionice otpada imaju samo ograničene kapacitete za skladištenje pristiglog otpada.

Očekuje se da se energetske sistem u budućnosti transformiše iz sistema primarno zavisnog od fosilnih goriva, u sistem zasnovan na obnovljivoj energiji. Modelovanje iz „otpada do energije” tehnologija, koristeći dva različita energetska sistema kao reference, pokazalo je da ni konačni poredak tehnologija nije značajnije uticao izbor goriva u sistemu. Dolazimo do zaključka da su procene jasne i u budućnosti.

Ipak, u odnosu na globalno zagrevanje (GW) sve alternative su učestvovala sa opterećenjem suprotno uštedama dobijenim u današnjim energetske sistemima zasnovanim na fosilnim gorivima. Globalno opterećenje od tretmana SRF je diskutabilno jer nije sigurno da će plastika (danas glavni izvor ugljenika u SRF) i u budućnosti biti fosilnog porekla. Iako će fosilni udeo u budućnosti biti verovatno umanjen, upravljanje otpada može izazvati opterećenje po životnu sredinu i kada okolni energetske sistem postaje čistiji.

Sa gledišta resursa, otpad može postati veoma važan, jer će izvori biomase i ugljenika postati sve ređi.



5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Kosagorevanje SRF ima prednosti u odnosu na spaljivanje otpada sa povratom energije u pogledu netoksičnih uticaja (GW, AC, NE i POF), ali ukoliko bi insineratori mogli da iskoriste svu stvorenu toplotu, onda bi dve tehnologije bile uporedive. Obe alternative dovele su do ušteda po pitanju životne sredine, kada je energetska sistem baziran na fosilnim gorivima.

Suprotan je slučaj kada se govori o toksičnim kategorijama (ETw, HTa, HTw i HTs). Spaljivanje otpada dovelo bi do ušteda u svim kategorijama uticaja, dok je kosagorevanje u dve kategorije toksičnosti stvorilo značajno opterećenje primarno izazvano emisijama Hg u vazduh. Ovaj zaključak oslikava važnost efikasnih sistema za prečišćavanje nastalih gasova u postrojenjima za kosagorevanje.

Za tretman organskog otpada, spaljivanje sa povratom energije se pokazalo kao bolja alternativa u odnosu na anaerobnu digestiju u većini kategorija uticaja, nevezano za to da li je proizvedeni biogas bio korišćen za CHP ili kao transportno gorivo. Korišćenje za CHP postrojenja je bilo nešto lošije u odnosu na korišćenje za transport, ali samo u današnjoj perspektivi. Pogotovo nitrati i emisije žive od korišćenja digestata na farmama, prouzrokovali su značajno opterećenje, dok je izbegavanje emisija Cd i Cu usled zamene neorganskog đubriva dovelo do smanjenja zagađenja. Veći stepen iskorišćenja insineratora otpada u poređenju sa stepenom iskorišćenja postrojenja za anaerobnu digestiju je takođe značajan.

Spaljivanje otpada uz efikasan povrat energije se pokazalo kao veoma konkurentna metoda kada je u pitanju životna sredina u danskim uslovima.

Sagorevanje SRF-a, u modernim termoelektranama, se pokazalo kao veoma konkurentna metoda, pod uslovom da je instaliran adekvatan sistem za prečišćavanje produkata sagorevanja.

Anaerobna digestija organskog otpada pokazala se manje poželjnom.

Ovi zaključci se mogu primeniti kako na današnji postojeći sistem zasnovan na upotrebi fosilnih goriva, tako i na budući sistem stoprocentno baziran na obnovljivoj energiji.

LITERATURA

- [1] Consonni, S., Giugliano, M., Grosso M., 2005a. Alternative strategies for energy recovery from municipal solid waste. Part A: mass and energy balances. *Waste Management* 25, 123-135.
- [2] Liamsanguan, C., Gheewala, S.H., 2007. Environmental assessment of energy production from municipal solid waste incineration. *International journal of Life Cycle Assessment* 12, 529-536.
- [3] Riber, C., Bhandar, G.S., Christensen, T.H., 2008. Environmental assessment of waste incineration in a life-cycle-perspective (EASEWASTE). *Waste Management & Research* 26, 96-103.
- [4] Morselli, L., De Robertis, C., Luzi, J., Passarini, F., Vassura, I., 2008. Environmental impacts of waste incineration in a regional (Emilia Romagna, Italy) evaluated from a life cycle perspective. *Journal of Hazardous Materials* 159, 505-511.
- [5] Eriksson, O., Carlsson Reich, M., Frostell, B., Bjöklund, A., Assefa, G., Sundqvist, J.-O., Granath, J., Baky, A., Thyselius, L., 2005. Municipal solid waste management from a systems perspective. *Journal of Cleaner Production* 13, 241-252.
- [6] Finnveden, G., Johansson, J., Lind, P., Moberg, Å., 2005. Life cycle assessment of energy from solid waste – part 1: general methodology and results. *Journal of Cleaner Production* 13, 213-229.
- [7] Bjöklund, A., Finnveden, G., 2007. Life cycle assessment of a national policy proposal – the case of a Swedish waste incineration tax. *Waste Management* 27, 1046-1058.
- [8] Börjesson, P., Berglund, M., 2006. Environmental analysis of biogas systems – part I: fuel cycle emissions. *Biomass and Bioenergy* 30, 469-485.
- [9] Börjesson, P., Berglund, M., 2007. Environmental systems analysis of biogas systems – part II: environmental impact of replacing various reference systems. *Biomass and Bioenergy* 31, 326-344.



- [10] Consonni, S., Giugliano, M., Grosso, M., 2005b. Alternative strategies for energy recovery from municipal solid waste. Part B: emission and cost estimates. *Waste Management* 25, 137-148.
- [11] Astrup, T. Maller, J. Fruegaard, T., 2009. Incineration and co-combustion of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contribution. *Waste Management & Research* 27, 789-799
- [12] Azapagic, A., 2007. Energy from municipal solid waste: large-scale incineration or small-scale pyrolysis. *Journal of Environmental Engineering and Management* 6, 337-346.
- [13] Finnveden, G., Hauschild, M.Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., Suh, S., 2009. Recent developments in life cycle assessments. *Journal of Environmental Management* 91, 1-21.
- [14] Fruergaard, T., Hyks, J., Astrup, T., 2010. Life-cycle assesment of selected management options for air pollution control residues from waste incineration. *Science of the Total Environment* 408, 4672-4680.
- [15] Astrup, T., 2007. Pretreatment and utilization of waste incineration bottom ashes: Danish experiences, *Waste Management* 27, 1452-1457.
- [16] Hyks, J., Astrup, T., Christensen, T.H., 2009. Long-term leaching from MSWI air-pollution-control residues: leaching characterization and modeling. *Journal of Hazardous Materials* 162, 80-91.
- [17] Kirkeby, J.T., Bhandar, G.S., Birgisdottir, H., Hansen, T.I., Hauschild, M., Christensen, T.H., 2006. Environmental assessment of solid waste systems and technologies: EASEWASTE. *Waste Management & Research* 24, 3-15.
- [18] Wenzel, H., Hauschild, M., Alting, L., 1997. Environmental assessment of products. Methodology, tools and case studies in product development, vol. 1. Chapman & Hall, London, England.
- [19] Stranddorf, H.K., Hoffmann, L., Schmidt, A., 2005. Update on impact categories, normalisation and weighting in LCA-Selected EDIP97-data. Environmental Project no. 995. Danish Environmental Protection Agency.
- [20] Gendebien, A., Leavens, A., Blackmore, K., Godley, A., Lewin, K., Whiting, K.J., Davis, R., Giegrich, J., Fehrenbach, H., Gromke, U., del Bufalo, N., Hogg, D., 2003. Refuse derived fuel, current practice and perspectives (B4-3040/2000/306517/MAR/E3). Final report. European Commission.
- [21] Rotter, V.S., Kost, T., Winkler, J., Bilitewski, B., 2004. Material flow analysis of RDF-production processes. *Waste Management* 24, 1005-1021.
- [22] DTU Environment, 2008. EASEWASTE2008 database (Environmental Assessment of Solid Waste Systems and Technologies). <http://www.easewaste.dk/>. Developed at Department of Environment Engineering, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Denmark.
- [23] Larsen, A.W., Vrgoc, M., Christensen, T.H., Lieberknecht, P., 2009. Diesel consumption in waste collection and transport and its environmental significance. *Waste Management & Research* 27, 652-659.
- [24] Møller, J., Boldrin, A., Christensen, T.H., 2009. Anaerobic digestion and digestate use: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research*.
- [25] Møller, J., Christensen, T.H., 2007. LCA af dagrenovationssystemet i syv nordsjællandske kommuner (LCA of the household waste management system in seven municipalities in northern Zealand, in Danish). Institut for Miljø & Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet.
- [26] DEA (Danish Energy Authority), Elkraft System, Eltra, 2005. Technology data for electricity and heat generating plants. Denmark.
- [27] Nielsen, M., Illerup, J. B., Birr-Petersen, K., 2008. Revised emission factors for gas engines including start/stop emissions. Sub-report 3 (NERI). NERI technical report no. 672. National Environmental Research Institute, Denmark.
- [28] Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Waste. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Institute for Global Environmental Strategies, vol. 5. Hayama, Kanagawa, Japan.



- [29] Bruun, S., Hansen, T., Christensen, T.H., Magid, J., Jensen, L.S., 2006. Application of processed organic municipal solid waste on agricultural land – a scenario analysis. *Environmental Modeling and Assessment* 11, 251-265.
- [30] Jungbluth, N., Chudacoff, M., Dauriat, A., Dinkel, F., Doka, G., Faist Emmenegger, M., Gnansounou, E., Kljun, N., Schleiss, K., Spielmann, M., Stettler, C., Sutter, J., 2007. Life cycle inventories of bioenergy. *Ecoinvent report no. 17*. Swiss centre for life cycle inventories, Dübendorf, CH.
- [31] Münster, M., 2009. Energy system analysis of Waste-to-Energy technologies. PhD thesis at Aalborg University. Denmark.

OPTIMAL UTILIZATION OF WASTE TO ENERGY IN AN LCA PERSPECTIVE

Velemir Zekić²

Abstract: Energy production from two types of municipal solid waste was evaluated using life cycle assessment (LCA): (1) mixed high calorific waste suitable for production of solid recovered fuels (SRF) and (2) source separated organic waste. For SRF, co-combustion was compared with mass burn incineration. For organic waste, anaerobic digestion (AD) was compared with mass burn incineration. In the case of mass burn incineration, incineration with and without energy recovery was modelled. Biogas produced from anaerobic digestion was evaluated for use both as transportation fuel and for heat and power production. All relevant consequences for energy and resource consumption, emissions to air, water and soil, upstream processes and downstream processes were included in the LCA. Energy substitution were considered with respect to two different energy systems: a present-day Danish system based on fossil fuels and a potential future system based on 100% renewable energy. It was found that mass burn incineration of SRF with energy recovery provided savings in all impact categories, but co-combustion was better with respect to two different energy systems: a present-day Danish system based on fossil fuels and a potential future system based on 100% renewable energy. It was found that mass burn incineration of SRF with energy recovery provided savings in all impact categories, but co-combustion was better with respect to Global Warming (GW). If all heat from incineration could be utilized, however, the two alternatives were comparable for SRF. For organic waste, mass burn incineration with energy recovery was preferable over anaerobic digestion in most impact categories. Waste composition and flue gas cleaning at co-combustion plants were critical for the environmental performance of SRF treatment, while the impacts related to utilization of the digestate were significant for the outcome of organic waste treatment. The conclusions were robust in a present-day as well as in a future energy system. This indicated that mass burn incineration with efficient energy recovery is a very environmentally competitive solution overall.

Key words: waste, incineration, co- incineration, energy, LifeCycle Assessment (LCA)

² **Velemir Zekić, dr.**, Docent, Univerzitet "Privredna akademija" Brčko district BiH, Fakultet tehničkih nauka, Petra Kočića 6, 76000 Brčko district BiH, e-mail: velemirz@gmail.com

ENERGIJA IZ KOMUNALNOG ČVRSTOG OTPADA: POREĐENJE TEHNOLOGIJA ZA SAGOREVANJE UGLJA

Velemir Zekić¹

UDK 628.474.032:662.64/.66

DOI 10.7251/AKPR2402036Z

Abstrakt: Pretvaranje komunalnog čvrstog otpada (MSW) u energiju može očuvati veoma vredna goriva i poboljšati životnu sredinu, smanjenjem količine otpada koji se mora odlagati na deponije, očuvanjem energije i prirodnih resursa. Značaj korišćenja MSW je prepoznat u SAD 1991., nacionalna strategija energije, je tražila „podršku konverzije komunalnog čvrstog otpada u energiju”. Jedan put korišćenja energetske vrednosti MSW je sagorevanje u termoelektranama radi proizvodnje električne energije. Ugalj je dugo bio predominantan izvor energije za proizvodnju električne energije u SAD, zato su, razmatrane nauka i tehnologije kao osnov koji je vezan za sagorevanje uglja i kontrolu emisija, i mogla je biti primenjena na stvarne koristi od sagorevanja MSW. Ovaj rad poredi sagorevanje uglja i MSW u članovima karakteristika goriva, tehnologija sagorevanja, emisija i korišćenja/odlaganje pepela. Kosagorevanje uglja i MSW je takođe obrađeno. Osiguran je razvoj i istraživanje MSW.

Glavno pitanje zaštite životne sredine za projektante sistema za sagorevanje MSW je emisija tragova organskih kompaunda, naročito polihlorovanih furana i tragova elemenata kao što su živa, olovo i kadmijum. Emisija organskih tragova je generalno rezultat siromašno projektovanog i/ili radnog sistema za sagorevanje. Moderni sistemi koriste dobre prakse sagorevanja koje razaraju organske kompaunde za vreme procesa sagorevanja. Ispravna kontrola mešavine vazduh/gorivo i temperatura izbegavaju zone gašenja u peći, i pomoći će da se obezbedi da ne dođe do emisije potencijalno štetnih organskih materija. Kompjuterski programi i drugi projekti i alati za rešavanje problema su razvijeni za sisteme za sagorevanje uglja i primenjeni za poboljšanje sistema od otpada do energije. Emisija tragova elemenata kod sagorevanja uglja i MSW, rezultat je primarne zavisnosti od isparavanja elemenata za vreme procesa sagorevanja. Najviše tragova elemenata je uočeno isparavanjem kondenza na letećem pepelu koji je proizvod sagorevanja, kao i hlađenja donje struje peći, i može biti efektivno kontrolisano koristeći efikasnije uređaje za odvođenje čestica. Međutim, isparljivi elementi, naročito živa, se emituju kao para. Nekoliko mehanizama je raspoloživo za hvatanje živine pare i neki od njih se koriste. Razvoj zadovoljavajuće kontrole tehnologija za živu je u vrhu sadašnjih interesa kod sagorevanja uglja.

Potencijal izluživanja (curenja) elemenata u tragovima, kao i organskih elemenata iz ostataka MSW posle odlaganja raste, kao i pitanje oko klasifikacije i upravljanja pepelom. Rezultati laboratorijskih ispitivanja izluživanja posebno za olovo i kadmijum, nisu konzistentno podržani iskusnim rezultatima. Pažljivom interpretacijom raspoloživih protokola je utvrđeno da je potrebno napraviti sigurnost kod upravljanja ostataka.

Interesantno je naglasiti da postoji veliki broj kotlova za proizvodnju električne energije, sa kosagorevanjem MSW, na način da kotlovi troše velike količine otpada. Nekoliko kratkih demonstracija pokazuje da je kosagorevanje izvodljivo. Pitanja uključena u kosagorevanje su emisija tragova elemenata, tragova organskih elemenata, i kiselih gasova, kotlovskog mulja i zaprljanja, i dugoročni efekti, takvi kao što su korozija i erozija kotlovskih cevi.

Polja gde istraživanja i razvoj učestvuju za poboljšano sagorevanje MSW uključuju (a) formiranje mehanizama polihlorovanih dioksina/furana, posebno niske temperature, katalitičke mehanizme, (b) metode sagorevanja distribucijom vazduha kod spaljivanja koje rezultuju boljim sagorevanjem i smanjenom emisijom organskih kompaunda, (c) korišćenje ponovnog gorenja gasa radi kontrole NO_x i smanjenja emisija organskih kompaunda, (d) praktične metode za uklanjanje organskih kompaunda i žive iz MSW iz izlaznih gasova MSW, (e) karakteristika taloga u uklonjenom letećem pepelu MSW, naročito kada kosagoreva MSW i ugalj u postojećim plamenim kotlovima za ugalj i (f) gorenje MSW u fluidizovanom sloju ili prašini od odbačenog goriva, kotlovi za prašinsti (pulverizovani) ugalj.

Ključne reči: komunalni čvrsti otpad, sagorevanje uglja, spaljivanje, emisija

¹ Velemir Zekić, dr, Docent, Univerzitet “Privredna akademija“ Brčko district BiH, Fakultet tehničkih nauka, Petra Kočića 6, 76000 Brčko district BiH, e-mail: velemirz@gmail.com



1. UVOD

Od bilion tona proizvedenog uglja, svake godine u SAD, oko 85% se sagori radi proizvodnje približno jednako 300.000 MW električne energije. Tehnologija sagorevanja uglja za proizvodnju električne energije je razvijena i rafinirana u zadnjih pedeset godina. Najuobičajeniji način je spaljivanje sitnog (prašinstog uglja), koji je korišćen od 1920. godine. Nasuprot tome u 1993. izgrađeno je 125 postrojenja za proizvodnju energije iz otpada, procenjenog kapaciteta 2400 MW [1].

Nacionalna strategija energije je 1991. godine ohrabrila konverziju komunalnog čvrstog otpada (MSW) u energiju i poziva za agresivan program za skupljanje i širenje informacija o upravljanju čvrstog otpada i provođenje istraživanja o povratu energije [2].

Takođe sekcija 1303, akt politike energije kongresa SAD osigurava istraživanje, razvoj i demonstraciju korišćenja čvrstog otpada sa ugljem za čisto sagorevanje. Utvrđeni su ciljevi za porast proizvodnje električne energije iz MSW do 2030 godine. Ostvarenje ovih ciljeva zavisi u najvećem delu od javne percepcije vezane za zaštitu životne sredine, prihvatljivosti sagorevanja MSW i upoređivanja troškova postrojenja za proizvodnju energije iz otpada sa odlaganjem na deponiji. Kosagorevanje MSW u postojećim elektranama za spaljivanje uglja može osigurati ključni put za povrat energije iz velikih količina otpada. Departman za energiju SAD je usvojio program čiste tehnologije uglja. Demonstracioni program je učestvovao u programu koji je bio napravljen sa ciljem efikasnijeg i čistijeg sagorevanja uglja. Znanje stečeno iz ovog programa, na primer ponovno gorenje radi smanjenja emisije NOx je takođe primenjeno kod sagorevanja MSW (komunalnog čvrstog goriva). Diskusija vezana za tehnologiju sagorevanja i kako ovu tehnologiju povezati sa know-how je bila primenjena kod projektovanja i rada postrojenja od otpada do energije, što je primarni fokus ovog rada.

Teorija i praksa sagorevanja uglja i MSW (komunalnog čvrstog goriva) su poredene. Razlike u karakteristikama ovih goriva vode do razlike u procesu sagorevanja, opreme za korišćenje za sagorevanje i, najznačajnije, emisijama i tehnikama kontrole životne sredine. Naglašeno je mesto emisija organskih tragova i tragova elemenata. Pitanja koja se odnose na odlaganje pepela kao i njegovo korišćenje je diskutovano u narednom delu teksta, prateći kosagorevanje uglja i MSW. Program odeljenja SAD za čisto sagorevanje uglja i energije iz MSW je detaljno opisan. Na kraju su date preporuke za sagorevanje komunalnog otpada.

2. POREĐENJE SAGOREVANJA UGLJA I KOMUNALNOG ČVRSTOG OTPADA

Razlike u osobinama uglja i MSW rezultuju u različitim karakteristikama sagorevanja ovih goriva, utiču na izbor tipa opreme za sagorevanje i brigu za životnu sredinu. Veoma važne osobine goriva su: (a) dimenzije čestica goriva, (b) sastav goriva, uključujući sastav pepela i (c) promenljivost goriva vezano za dimenzije i sastav.

MSW (komunalni čvrsti otpad) je kompleksna mešavina uobičajena sa kućnim otpadom, papirom, dvorišnim otpadom koji je i najveća frakcija. Tipični sastav MSW je dat u tabeli 1.

Dimenzije čestica MSW su očigledno promenljive. Ovo utiče na tip opreme koja se koristi za MSW gorivo i to naročito u domenu projektovanja peći. MSW se uobičajeno dovodi u komoru za sagorevanje kroz strmi žleb i gori na podlozi na pokretnoj rešetci. Suspenziono gorenje, koje je veoma uobičajeno za ugalj, nije praktično za neprerađeni MSW. Odbačeno korisno gorivo koje je utvrđeno i dimenzionisano je gorivo u ciklonskim pećima projektovanim za sagorevanje uglja [4].

**Tabela 1. Tipični sastav MSW otpada**

	Procenat (maseni)	Procenat (zapreminski)
Pulpa i papirne ploče	37,5	37,0
Staklo	6,7	2,3
Železni metal	6,3	8,8
Aluminijum	1,4	3,1
Plastika	8,3	18,3
Guma i koža	2,4	5,8
Tekstil	2,8	5,4
Drvo	6,3	5,9
Otpaci hrane	6,7	2,7
Dvorišni otpad	17,9	9,2
Drugo	3,7	1,5
Ukupno	100,0	100,0

Dimenzije čestica goriva utiču na zahtevanu dužinu vremena za sagorevanje. Pre sagorevanja, uglj je generalno sortira u rangove dimenzija čestica, i vreme sagorevanja se nalazi unutar oblasti pogodne za opremu za sagorevanje. Kod MSW, dimenzije čestica su manje predvidljive i duže provedeno vreme je osigurano zbog kompletnog gorenja najvećih čestica.

Količina korišćenog vazduha za sagorevanje ima stehiometrijski zahtev koji je potreban za gorenje plus prekomerne potrebe radi prilagođavanja varijacijama u količinama goriva za napajanje i/ili sastavu. Kada gori uglj iskustvo pokazuje da zadovoljava višak vazduha između 20-25%. Pošto je MSW veoma heterogen materijal, potreban je veći višak vazduha, uobičajeno 35-50%, ponekad čak i 200%. Visoki nivo viška vazduha može prouzrokovati posledice.

Veoma visok višak vazduha može hladiti zone sagorevanja ispod zahtevanih temperatura za kompletno gorenje organskih kompaunda otpuštenih iz goriva. Takođe, ukupni stepen iskorišćenja postrojenja od otpada do energije može biti smanjen zbog visokih toplotnih gubitaka dimnjaka. To je povezano sa velikim zapreminskim protokom produkata sagorevanja kroz dimnjak. Distribucija protoka vazduha kroz sloj MSW mora biti uniforman da bi se izbegli džepovi bogati gorivom koji mogu uzrokovati nekompletno sagorevanje. Radi poboljšanja sagorevanja komunalnog otpada često se koristi zonsko uvođenje vazduha kojim se osigurava dobra distribucija ka odbačenom gorivu i dovodenju vazduha preko vatre radi kompletnog sagorevanja neizgorelog materijala koji bi mogao napustiti podlogu.

Razlike u prirodi uglja i MSW oblikuju različite brige vezane za životnu sredinu. Nema protivljenja tekućim diskusijama oko globalnih klimatskih promena i uloge ugljen dioksida. Najinteresantnije emisije vezane za gorenje uglja su sumpor dioksid i azotni oksidi (NO_x). Emisija elemenata u tragovima je takođe briga. Naznačeno je da je Hg element koji je najviše u tragovima emitovan na letećem pepelu uglja. Kod sagorevanja MSW, najveća briga je kod emisije elemenata u tragovima, naročito Hg, i trago-va organskih materija, naročito hlorovanih dioksina i furana. Kiseli gasovi kao što su HCl su relativno važni usled visokog sadržaja hlora u MSW u poređenju sa najviše ugljeva. NO_x je glavna emisija kod sagorevanja uglja, i o njoj se mora voditi računa prilikom sagorevanja MSW. U oba slučaja, sagorevanje uglja i MSW, efikasno hvatanje čestica u izduvnim gasovima i odgovarajuća kontrola emisija sa najviše elemenata u tragovima, je naročita obaveza.

Sagorevanje uglja i MSW ima određene sličnosti. Ovo uključuje zajedničke principe sagorevanja svih čvrstih goriva: (a) gorivo mora biti grejano iznad temperature zapaljivosti, (b) mora biti dobro mešanje goriva i vazduha (kiseonika), i (c) dovoljna temperatura i provedeno vreme mora biti osigurano

ako gorivo kompletno gori. Postoji više nedostataka na osnovu iskustva koji mogu biti utvrđeni prateći ova fundamentalna pravila.

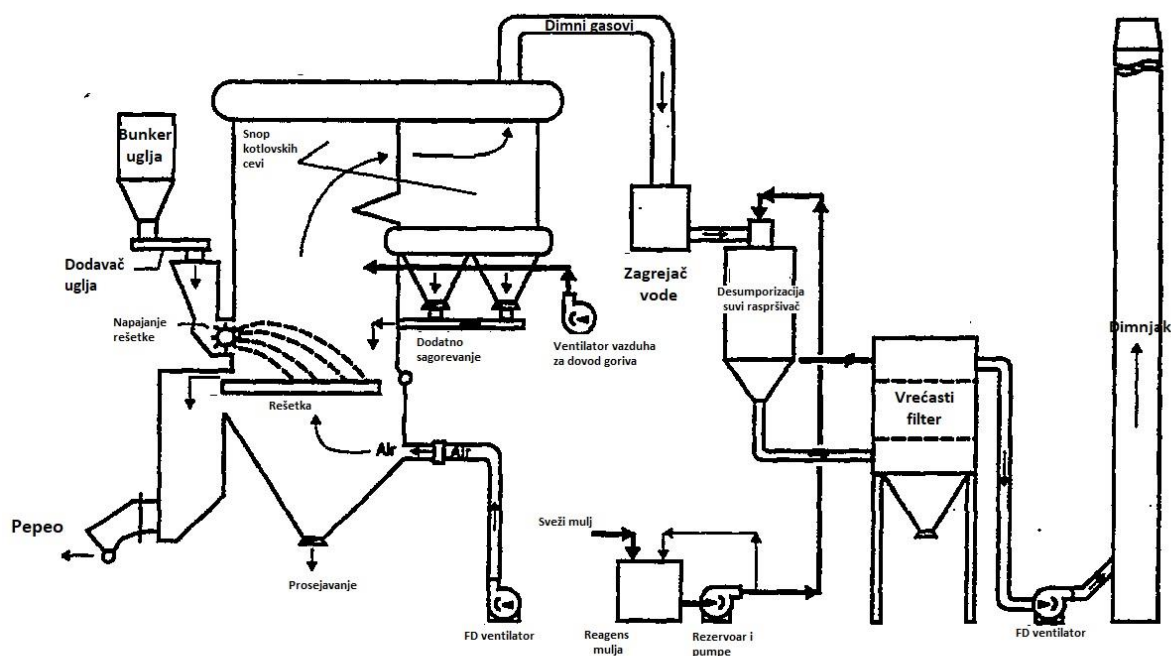
Sumarno, priroda MSW oblikuje nekoliko potencijalnih problema na polju gde industrija traži da ih izbegne kada projektuje opremu za radno sagorevanje.

Ovo podrazumeva pripremu i napajanje goriva, sagorevanje, distribuciju vazduha i kontrolu prekomernog nivoa vazduha u peći, kontrolu temperature peći i procedure za startovanje i zaustavljanje (kada temperatura vazduha i tokovi goriva nisu još stabilizovani do projektnih uslova).

3. OPREMA ZA SAGOREVANJE I PROCES SAGOREVANJA

3.1 Oprema za sagorevanje uglja i MSW

Treba naglasiti da su korišćena tri sistema za sagorevanje goriva. Sistemi za sagorevanje uglja sa fiksnim slojem su relativno mali, obično 90 MJ/sec i projektovani su za primenu proizvodnje pare. Jedinice sa fiksnim slojem gore ugalj na rešetki, ali se one mogu razlikovati u funkciji napajanja uglja na rešetki i na načinu odvođenja pepla. Tri uobičajena tipa sistema za napajanje su donje hranjenje, napajanje mase (rešetka vibrira i rešetka se kreće) i rašireno gornje hranjenje. Svaki tip treba da obezbedi specifična goriva i/ili zahtevane dimenzije goriva i takođe praktično ograničene dimenzije rešetke. Vazduh se uvodi ispod rešetke, tako da tok vazduha ide prema gore kroz sloj uglja i obično se hrani iznad sloja radi promocije kompletnog sagorevanja volatila (isparljivih materija) i finih ugljeva. Slika 1 prikazuje proširen kotao za automatsko gorenje uglja sa recipročnom rešetkom.



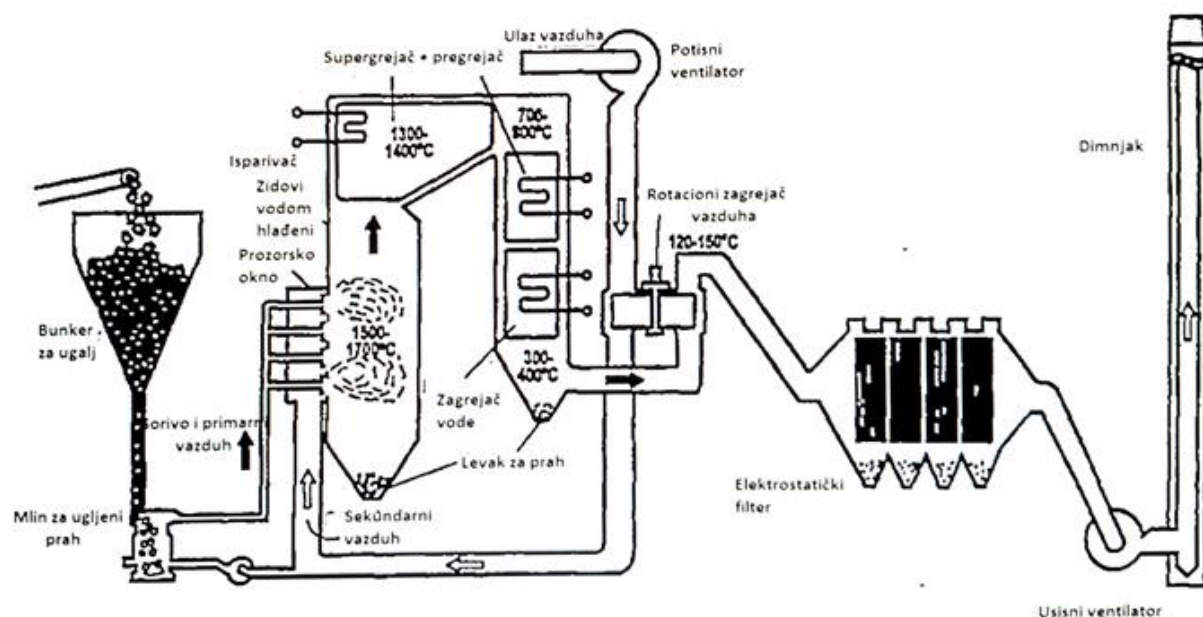
Slika 1. Kotao za gorenje uglja sa recipročnom rešetkom

Daleko najvažniji tip sistema sagorevanja za velike kapacitete gorenja su takozvani kotlovi za proizvodnju električne energije u termoelektranama, tzv. suspenziono gorenje.

Oko 85% postrojenja za proizvodnju električne energije u SAD su mlevni (prašina) ugalj, tzv. suspenzioni sistemi gorenja.

Progresivno, ovi sistemi su poboljšani i uvedeni još 1920. godine. Suspenzioni sistem gorenja dominantno je prisutan u veoma velikim sistemima.

Slika 2 daje šematski prikaz kotla sa suspenzionim gorenjem.



Slika 2. Sematski dijagram suspenzionog-gorivog kotla

Ugalj, samleven na prosečnu dimenziju od 50 μ m se injektira sa predgrejanim vazduhom u veliku komoru za sagorevanje u kojoj su montirane cevi za vodu. Različiti tipovi gorionika i konfiguracija gorenja je korišćena za kontrolu mešanja goriva i vazduha, u cilju promovisanja kompletnog sagorevanja i smanjenja emisije NO_x. Najuoobičajenija konfiguracija su „goreći“ zidovi na kojima su gorionici montirani na suprotnim zidovima peći, i tangencijalno gorenje kod koga su gorionici montirani na uglovima peći i oblikuju tubulentni vrtložni plamen.

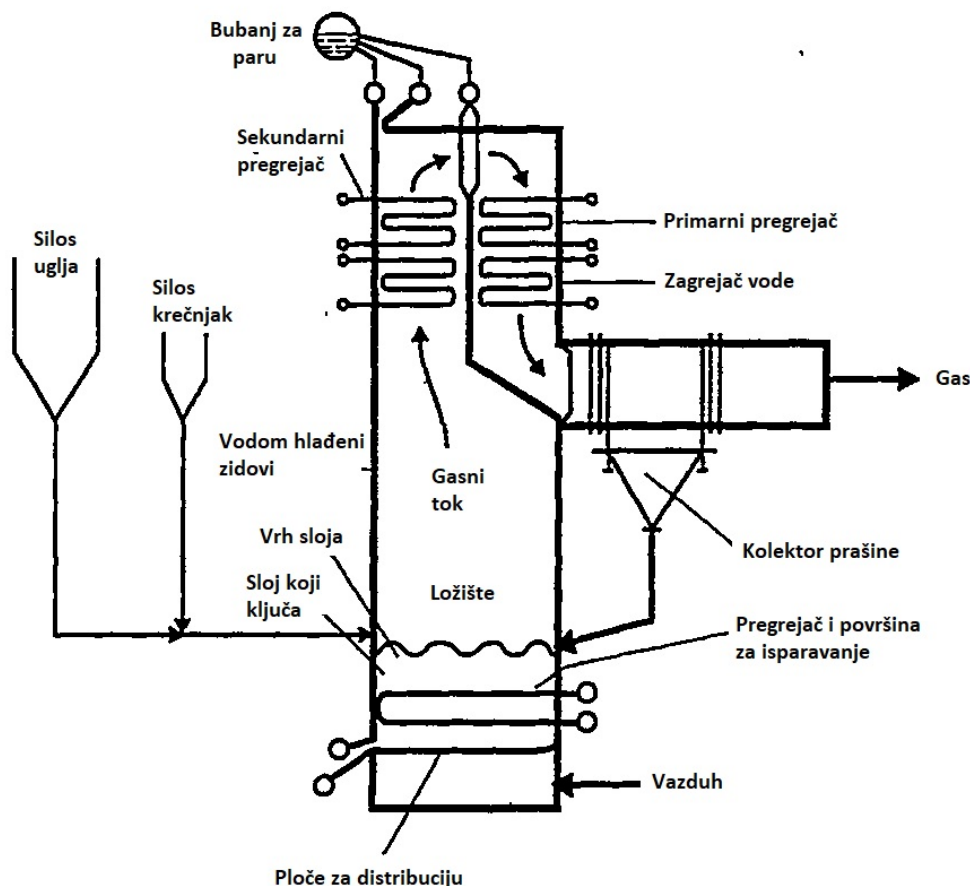
Uopšteno, gorionici uglja su projektovani za relativno niske pritiske i imaju injekcione brzine od 15-20 ms^{-1} . Vazduh za sagorevanje se često dodaje u koracima, takozvani „koraci sagorevanja“, radi smanjenja emisije NO_x. Burnolovo vreme za čestice uglja je grubo 0,25-0,5 s, manje od polovine provedenog vremena koje čestice uglja provode u zonama visoke temperature kotla. Tipično oko 80% pepela se prenosi kroz kotao kao leteći pepeo, dok preostalih 20% se uklanja kao donji pepeo.

Ciklonski kotlovi čine oko 15% ukupno korišćenih kotlova. Ugalj se dovodi (hrani) tangencijalno velikim brzinama u horizontalnu „ciklonsku peć“ i gori kao spirala ka izlazu peći. Ostvarena je visoka otpuštena zapreminska toplota od 5 $MJ m^{-3}s^{-1}$. Temperature su dovoljno visoke, oko 1925 K, tako da se topi pepeo uglja i oko 90% pepela se odstranjuje iz ciklonske peći, kao šljake. Pošto najveća količina pepela uglja nikada ne prolazi kroz kotao, brzina čišćenja može biti projektovana za veće brzine gasa i manje rastojanje između cevi, kako bi se ostvarili manji kotlovi. Nedostatak ciklonskih kotlova je viša emisija NO_x nego zidnih tangencijalnih jedinica. Zbog ciklonskog pražnjenja pepela kao istopljene šljake i minimiziranja količine pepela koji prolazi kroz kotao, oni su veoma podesni za sagorevanje uglja i MSW.

Sistemi za sagorevanje u fluidizovanom sloju rade na atmosferskom pritisku i sada su komercijalizovani za industrijske primene.

Veoma velike atmosferske jedinice ili jedinice pod pritiskom u termoelektranama još nisu komercijalizovane. U fluidizovanom sloju uglj sagoreva, slika 3, samlevani uglj gori u granularnom sloju materijala koji je „fluidizovan“ suspenzijom u struji vazduha koji duva prema gore kroz sloj. Glavna prednost sagorevanja u fluidizovanom sloju je da oni mogu da gore različite vrste goriva, jer osiguravaju dugo provedeno vreme goriva, dobar kontakt goriva i toplog sloja materijala sa vazduhom, i re-

lativno uniformnim temperaturama usled toplotne inercije sloja. Krečnjak se često dodaje ili koristi kao materijal sloja jer reaguje sa SO_2 koji se otpušta za vreme sagorevanja u formi kalcijum sulfata. Toplota se odvodi iz sloja za proizvodnju pare preko cevi koje mogu biti uronjeni u fluidizovani sloj ili postavljeni u odvojene komore u kojima čvrsti sloj može neprekidno da recirkuliše. Nekoliko sistema za sagorevanje u fluidizovanom sloju je demonstrirano u SAD. DOF's Program Tehnologija čistog uglja [5]. Fluidizovani sloj je dobar kandidat za sagorevanje MSW i on se koristi u SAD i Japanu.



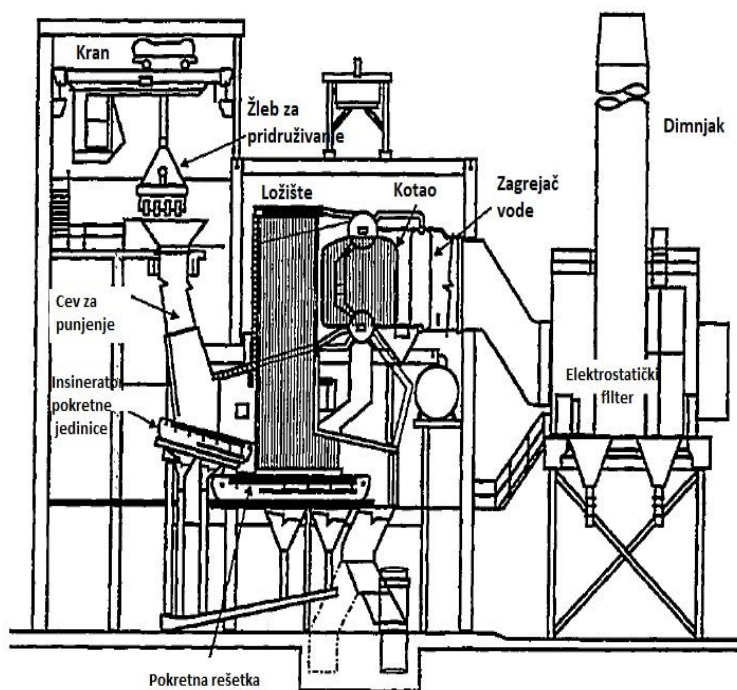
Slika 3. Ključajući kotao sa fluidiziranim slojem

3.1.1. MSW

Projektovana su tri tipa insineratora za smeštaj različitih vrsta otpada koji gori. To su sledeći tipovi: sa gorivom masom, modularni (dvostepeni) i odbačenim korisnim gorivom (RDF).

Insineratori sa gorivom masom su karakterisani nedostatkom praktično svih procesa odbačene gornje struje insineratora i njegovih relativno velikih kapaciteta ($>10^5$ kg na dan). Sistemi za sagorevanje obično sadrže određeni tip rešetke na kojoj čvrsti otpad gori u sloju koji se postepeno kreće niz rešetku od ulaza goriva do izlaza pepela. Sagorevanje, vazduh (primarni) se uvodi ispod rešetke tako da struji kroz sloj i takođe iznad sloja kao vazdušni mlaz (sekundarni vazduh). Slika 4 pokazuje insinerator gorive mase sa pokretnom rešetkom.

Modularne jedinice su relativno male ($< 10^5$ kg na dan) i obično su proizvedene za prodaju i isporučuju se u modulima na mestu korišćenja. Prve jedinice su građene za gorenje otpada iz bolnica, restorana, trgovačkih centara i industrijsku primenu, slika 5.

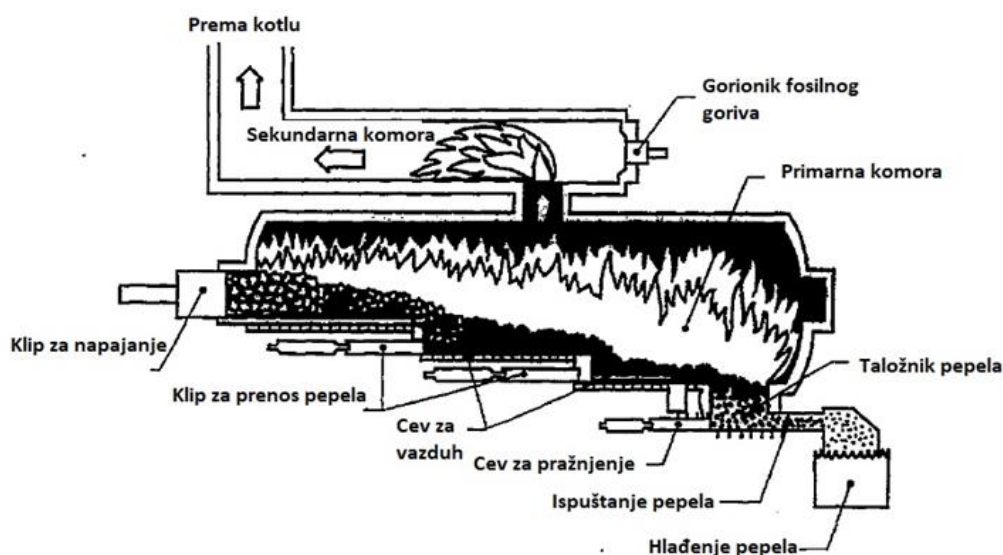


Slika 4. Insinerator za gorivu masu sa pokretnom rešetkom

Projektovane su dve komore za korišćenje. MSW puni primarnu komoru uzduž sa 40-80% teoretskih zahteva za vazduhom za kompletno sagorevanje.

Prvi korak je duvanje vazduha u gasifikator. Sagorevanje gorivog gasa proizvedenog u prvom koraku je kompletirano u drugom koraku sagorevanja.

Alternativna metoda gorenja mase je tretiranje sirovog MSW kao relativno uniformnom goriva koje može lakše goreti, čak i u kotlovima projektovanim za uglj. Veće i neke negorive komponente su uklonjene. RDF može goreti u proširenoj automatskoj i suspenzionoj gorivoj jedinici, u ciklonskim gorivim sistemima, ili u fluidizovanom sloju. RDF može goreti sam ili može biti kosagorevan sa ugljem ili sa drugim fosilnim gorivima.



Slika 5. Retki vazdušni insineratori



3.2. Priroda goriva

Priroda goriva: sastav, dimenzija i varijabilnost, utiču na izbor opreme za sagorevanje i prirodu procesa sagorevanja. Tipičan sastav i donja toplotna moć za bitumenozni ugalj i MSW su poređeni u tabeli 2. Vrednosti odgovaraju gorivima koja su primljena u postrojenju za sagorevanje. Prikazane su dimenzije čestica uglja i MSW. Ugalj je mleven na odgovarajuće dimenzije pre ulaska u peć. MSW obično napaja gorionik po prijemu.

Ugalj može biti klasifikovan u skladu sa vrstom, (treset, lignit, bitumenozni) i indikator je sadržaja ugljenika. Sastav uglja, čak i u domenu vrste, je visoko promenljiv. A „tipični“ bitumenozni ugalj na suvoj osnovi mora sadržati 80% ugljene mase, 5% vodonika, 10% mineralnih materija, 5% kiseonika. Ugalj tipično sadrži oko 1,5% azota, do 5% sumpora i 100–8000 ppm (prosečno 1100) hlora za američke ugljeve. Najviše američkih ugljeva ima nivo hlora manji od 0,2%. Ugalj ima decidno aromatičnu (kao benzen) strukturu. A „molekule“ uglja sadrže više vezanih benzena i drugih cikličkih struktura. Količina isparljivih materija u uglju definisana je masenim gubitkom. Kada se ugalj greje u odsustvu kiseonika, u specifičnom vremenu temperature, može imati značajan uticaj na karakteristike sagorevanja uglja. Sadržaj isparljivih materija se smanjuje sa porastom sadržaja ugljenika i grubo je proporcionalan sadržaju vodonika. Isparljive materije mogu varirati manje od 10% do preko 40%, „tipična“ vrednost bitumenoznog uglja je 25%. Ugalj takođe sadrži vlagu koja može biti predstavljena na nivou od oko 15-20%. Tipična donja toplotna moć za bitumenozne ugljeve je 23.000 – 28.000 kJ/kg.

U poređenju sa drugim fosilnim gorivima, ugalj je heterogeni materijal. Sastav uglja osiguran za gorionike sistema za sagorevanje može varirati od sata do sata ili čak od minute do minute, u sadržaju volatila, ukupnog ugljenika, sumpora, vlage, itd. Dimenzije čestica uglja se drže relativno uniformne u opremi za mlevenje uglja. Ovo je značajno jer vreme potrebno za gorenje čestica uglja je strogo funkcija dimenzija. Kod sistema za spaljivanje sitno samlevenog uglja (prašine), ovim načinom mlevenja se smanjuje dimenzija uglja, 70% je manje od 74 µm. Ciklonski sistemi gorenja koriste krupniji ugalj, oko 95% je manje od 4.7 mm. Sistem sagorevanja može biti projektovan da obuhvati poznate i relativno fiksne dimenzije čestica goriva.

MSW u poređenju sa ugljem je ekstremno heterogen. Sadržaj vlage i donja toplotna moć mogu varirati u širokom opsegu dimenzija čestica, najmanje u sistemima za gorenje mase i ograničeno je samo na ono što može biti pogodno za prevoz otpada. Ovi sistemi za insineraciju MSW moraju biti projektovani da obezbede ekstremnu varijabilnost osobina goriva i da još omoguće da sav gorivni materijal, posebno vrste organskih tragova, budu kompletno sagoreni.

Tipične analize komunalnog čvrstog otpada su date u tabeli 2.

Tabela 2. Poređenje osobina uglja i MSW

Poređenje (tipično) osobina uglja i MSW		
Komponenta	Ugalj (bitumenozni), po prijemu	MSW
Ugljenik	70	25
Vodonik	5	3
Kiseonik	5	20
Minerali	10	25
Azot	1,5	0,5
Sumpor	1-5	0,2
Hlor	0,005-0,6	0,2-0,5
Vlaga	5	25



Donja toplotna moć kJ/kg		
Bitumenozni ugalj		MSW (komunalni čvrsti otpad)
28.000		11.000

Dimenzije čestica, cm		
Ugalj		MSW
Pulverizovani	Ciklonsko mlevenje	
(mleveni u prahu)		
0,005	0,6	1 do ?

Donja toplotna moć može dostići 11.000 kJ/kg i može biti veoma promenljiva. „Goriva” vlaga i sadržaj volatila su takođe viši kod MSW u poređenju sa ugljem.

3.3. Opšti principi sagorevanja

Da li je materija koja gori ugalj ili čvrsti otpad, primenjuju se isti principi sagorevanja. Neposredno nakon uvođenja u peć, gorivo se rapidno greje zračenjem iz procesa sagorevanja i konvekcijom iz gasova tople peći. Deo vlage u gorivu se „pogoni” prateći proces u kojem se volatilni materijal razvija iz goriva, pali i gori. Konačno fiksni ugljenik u devolatizovanim česticama goriva se pali i gori. Vreme zahtevano za svaki korak, i za čitav proces sagorevanja, zavisi, generalno od prirode goriva i dimenzija čestica, intenziteta mešanja goriva sa vazduhom kod sagorevanja i temperaturom sagorevanja u zoni peći.

Brzina sagorevanja može biti kontrolisana brzinama pojedinih koraka u procesu sagorevanja, ili u nekim slučajevima kombinacijom brzina pojedinačnih koraka. Ovi koraci uključuju prenos toplote ka gorivu iz okruženja peći masenog transporta kiseonika ka gorivu i transportu gasova produkata sagorevanja udaljenih od goriva i unutrašnje hemijske kinetičke reakcije sagorevanja. Na primer, u suspenzionim – gorivim pećima koje koriste pulverizovani (prašina) ugalj, brzina transporta kiseonika ka površini svake čestice je verovatno brzina kontrolisanja koraka nakon ulaska u peć. Volatili „pogonjeni” (izdvojeni) iz čestica goriva se pale i brzo gore i konačno preostale čestice ugljenisane se pale i gore. Najduži od ovih koraka, daleko najveće je vreme zahtevano za gorenje ugljenisanih čestica. Ovaj zadnji korak je kontrolisan brzinom kojom se kiseonik transportuje do površine uglja i odvođenja CO. Ukupna brzina sagorevanja je relativno neosetljiva na temperaturu ali je uzrokovana mešanjem (npr. relativnom brzinom između čestica i vazduha) za sagorevanje i sadržaja kiseonika u gasovima peći, kao i dimenzijama čestica. Brzina sagorevanja može rasti sa porastom brzine mešanja, porastom raspoloživog nivoa kiseonika, ili smanjenjem dimenzija čestica.

Iz navedenog primera da usled procesa gorenja i ugljenisane čestice postaju manje, brzina prenosa mase može rasti i tačka je eventualno dostignuta pri kojoj hemijska kinetička reakcija počinje da ograničava brzinu sagorevanja. Sagorevanje manjih čestica uglja u napojnom gorivu takođe može biti ograničeno hemijskom reakcijom, fazom sagorevanja ugljenisanog goriva, zbog brzine porasta prenosa kiseonika ka čestici, pošto dimenzije čestica postaju manje. Pri visokom nivou gorenja unutrašnji viskozitet ugljenisanog goriva može da odredi količinu zaostalog ugljenika koji napušta peć.

Količina negorivog ugljenika u pepelu katrana je od praktičnog značaja. Glavna razlika između sagorevanja MSW i uglja je u dimenzijama čestica goriva. Kako je utvrđeno MSW može imati bilo koju dimenziju čestica koje se verovatno nalaze u oblasti u kojoj se sagorevanje kontroliše prenosom mase ili toplote, više nego hemijskom kinetikom. Na primer u insineratoru za gorenje mase sloj čvrstog otpada gori na pokretnoj rešetki. Donji vazduh (ispod vatre) se kreće prema gore kroz sloj goriva dok iznad vatre (gornji) vazduh ulazi u peć iznad sloja. Suprotno, male čestice uglja se greju brzo, grejanje MSW sloja do iznad temperature palenja je obično lagan proces. Prenos toplote zračenjem na površi-

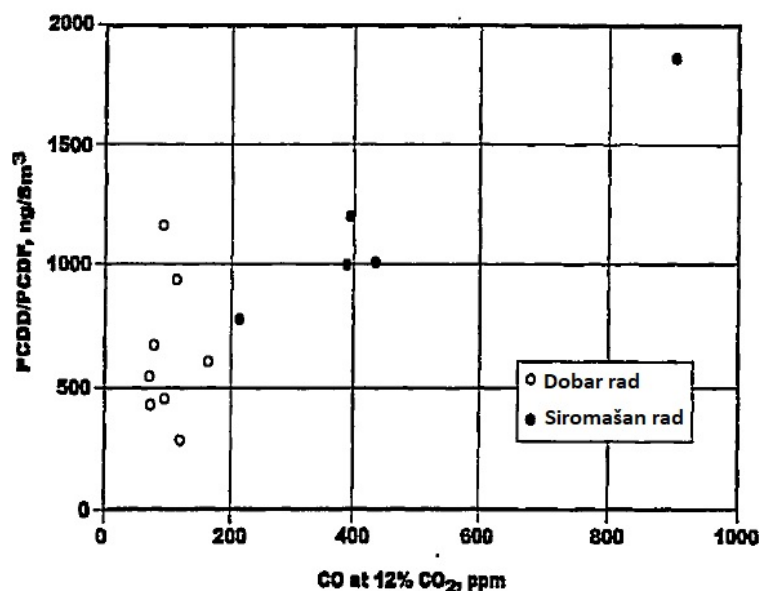
ni sloja goriva može biti kontrolisan otporom u procesu sagorevanja. Posle zapaljenja, gorenje može biti kontrolisano brzinom pri kojoj kiseonik može biti osiguran za sloj. Generalno, propagacija fronta paljenja kroz sloj ide od sloja do dna, kako se sloj kreće zajedno sa rešetkom.

Kada su brzine paljenja i gorenja približno jednake, gorivo se troši u tankim reakcionim zonama koje se kreću kroz sloj. Kada je brzina paljenja mnogo veća od brzine gorenja, najviše goriva gori posle kada front paljenja dostigne rešetke. Preostalo gorivo gori upravo iznad rešetke gde je nivo kiseonika ispod vatre (donji dovod vazduha) visok. Pod ovim uslovima, može se očekivati da je brzina gorenja grubo proporcionalna protoku vazduha ispod vatre.

Namera dovođenja vazduha iznad vatre je da se kompletira sagorevanje volatila i čestica emitovanih iz sloja goriva. Efektivno korišćenje dovođenja vazduha preko vatre je kritično za obezbeđenje kompletnog gorenja materijala koji sagoreva, uključujući hazardne (opasne) emisije kao što su polihlorovani dioksini i furani. „Dobra praksa sagorevanja“ definiše uslove koji isključuju prekomerne emisije tragova organskih kompaunda.

Oprema za sagorevanje je projektovana da prati ovu praksu, koja uključuje: (a) mešanje goriva i vazduha radi sprečavanja postojanja dugo živećih bogatih džepova goriva gasova sagorevanja, (b) dovoljno visoke temperature ($>1100-1200$ K) u prisustvu kiseonika radi gorenja organskih vrsta, (c) sprečavanje zona gašenja ili puteva niske temperature da bi se dozvolila parcijalna reakcija goriva na izlazu iz komore za sagorevanje.

Dodatna dobra praksa je povezana sa praćenjem koncentracije CO i gasovima sagorevanja iz peći. Potrebno je analizirati poređenje spaljivanja ugljovodonika i najviše organskih vrsta. Nivoi CO predstavljaju 99,99% izgorelog ugljenika i mogu biti indikator uništavanja (destrukcije) tragova organskih kompaunda [6]. Nivo efikasnosti destrukcije organskih tragova, uključujući dioksine, sagorevanjem opasnog industrijskog otpada i MSW, može biti utvrđena za korelaciju koncentracije CO pod određenim uslovima [7-9]. Slika 6, na primer, pokazuje podatke koncentracije CO u izlaznim produktima sagorevanja i polihlorisanim dibenzo-p-dioksinima i dibenzofuranima (PCDD/PCDF) kod spaljivanja komunalnog otpada. „Siromašni“ uslovi sagorevanja podrazumevaju niske temperature sagorevanja i/ili siromašnu distribuciju, koncentracija PCDD/PCDF raste ako CO raste od 200 do 900 ppm. CO i ukupni ugljovodonici su utvrđeni kao najbolji „jedan“ parametar za određivanje nivoa dioksina, furana, hlorobenzena, hlorofenola i polinuklearnih aromatičnih hidrokarbona gornje struje gasa uređaja za čišćenje [9].



Slika 6. Veza između CO i PCDD/PCDF koncentracija (prilagođena iz [9])



4. EMISIJE

Primarne brige emisija gasova kod sagorevanja uglja u velikim postrojenjima su oksidi sumpora i azota, čestice (leteći pepeo), i potencijalno toksične supstance koje mogu biti emitovane česticama ili gasnom fazom. Emisiji organskih kompaunda, takvih kao što su hlorovani dioksini i furani, poklonjena je mnogo veća pažnja kod sagorevanja MSW, a generalno manje pažnje je poklonjeno kod sagorevanja uglja iz razloga koji se mogu naći u poglavlju 4.3.

Druge supstance kojima se poklanja veća pažnja kod sagorevanja MSW u odnosu na ugalj uključuju ugljen monoksid, kisele gasove kao i hlorovodoničnu kiselinu.

Federalni standardi za emisiju sumpornih, azotnih oksida i materije čestica iz novih termoelektrana koje koriste kao gorivo ugalj su utvrđeni 1970. godine u SAD. Aktom o čistom vazduhu Agencija za zaštitu životne sredine SAD (EPA) je utvrdila maksimalno prihvatljive tehnologije kontrole (MACT). Standardi za spaljivanje MSW utvrđuju granice emisija dioksina/furana, materije čestica, kiselih gasova i određenih metala (Cd, Pb, Hg). Zahtevi se razlikuju zavisno od veličine postrojenja i da li su nova ili postojeća. Najrašireniji korišćeni uređaji za kontrolu emisija u postrojenju za spaljivanje MSW u SAD su apsorber sa suvim raspršavanjem kombinovan sa vrećastim filterom. Injektirani aktivni ugalj je uspešno korišćen za kontrolu Hg i organskih kompaunda.

4.1. Oksidi sumpora, hlorovodonična kiselina, fluorovodonična kiselina

Kiseli gasovi SO_2 , SO_3 , HCl, HF su razmatrani kao grupa koja se odvodi istom opremom za kontrolu, suvi ili vlažni skruberi.

Vezano za prenos mase i pojavu hemijske reakcije u uređajima za kontrolu emisija, postoji više sličnosti između spaljivanja uglja u termoelektranama i spaljivanja MSW. Projekat skrubera za sisteme MSW je široko baziran na sistemima za gorenje uglja. Glavne razlike postrojenja za MSW i postrojenja za gorenje uglja su: (a) niži nivoi sumpornih oksida, (b) mnogo veći nivoi HCl, i (c) niži nivoi letećeg pepela u postrojenjima za spaljivanje MSW. Priroda letećeg pepela je takođe različita, leteći pepeo uglja je tipično staklast, dok je za MSW pločast – i kao šipka.

Pošto su HCl i HF lakši za uklanjanje nego SO_2 , projektovani sistem za uklanjanje SO_2 ne bi trebao imati problem sa drugim kiselim gasovima i ni najmanje nema uticaja na efikasnost uklanjanja.

Uklanjanje kiselih gasova iz izlaznih gasova je relativno dobro utvrđena tehnologija. Vlažni krečni skruberi su najuobičajeniji korišćeni kontrolni uređaj za velika termoelektrična postrojenja. Razmatrane su prednosti koje su ostvarene u zadnjih trideset godina i pokazano je da su skruberi postali najefikasniji, najpouzdaniji i najjeftiniji. Moderni SO_2 skruberi proizvode gips koji se dobro prodaje kao pomoćni proizvod. Obnovljivi sistemi koji ponovo koriste SO_2 sorbent su takođe razvijeni. Međutim, relativno visoki investicioni troškovi prave vlažne sisteme skrubera najpodesnijim za velike instalacije. Brojne prednosti vlažnih skrubera su demonstrirani od strane Odeljenja za čiste tehnologije uglja (CCT). Razvijeno je još nekoliko tehnologija za spaljivanje uglja. Posebno je interesantan skruber [10].

Najinteresantniji do sada je razvoj sistema „suvog“ skrubera, koji se može koristiti ili kao suvi sorbent ili vodeni sorbent (mulj) ili rešenje da je raspršen u izlazni gas. Projekat suvog skrubing sistema mora osigurati odgovarajuće provedeno vreme i ispravnu temperaturu, kao i pristup ka zasićenju u skruber reaktora. Takođe, sistem za odvođenje čestica, filter ili elektrostatički hvatač, mora biti projektovan da radi sa porastom čestica, opterećenjem uzrokovanim injektiranjem sorbenta. Suvi sistemi su uopšteno jeftiniji za instalisanje nego vlažni skruberi ali obično imaju veće radne troškove zbog većih količina zahtevanog sorbenta.



Komercijalna iskustva pokazuju da i vlažni i suvi sistemi se mogu dobro primeniti kod MSW, ali suvi sistemi su favorizovani u SAD. Izbor će zavistiti od brojnih faktora, uključujući: (a) cenu, (b) prirodu i kvantitet produkata otpada, i (c) efikasnost odvođenja drugih emisija, posebno metala i organskih tragova. Vezano za zadnji faktor, odvođenje metala i organskih tragova, vlažni i suvi skruberi moraju biti sposobni da efikasno uklone najviše vrsta.

Postavlja se pitanje da li tragovi emisija na kraju, (u tečnom otpadu, mulju), imaju negativne implikacije u odnosu na odlaganje otpada.

4.2. Azotni oksidi

Emisija NO_x iz MSW insineratora je visoko promenljiva, u rangi od manje 0,02 gMJ⁻¹ do blizu 0,43 gMJ⁻¹ sa prosečnom vrednošću za sva postrojenja od oko 0,11 gMJ⁻¹. Ovo prosečno odgovara koncentraciji izduvnih gasova od 130 ppm na 12% CO₂ [11]. Nema jasnih trendova emisija NO_x iz različitih tipova MSW insineratora.

Kao i kod sagorevanja uglja, NO_x se formira u postrojenjima za sagorevanje MSW na dva različita načina: termalnom fiksacijom molekularnog azota predstavljenog u gorivom vazduhu („termalni“ NO_x) i pretvaranje azota prisutnog u gorivu („gorivi“ NO_x). Termalna fiksacija je izuzetno osetljiva na temperaturu i postaje procenljiva samo na temperaturama iznad 1800 K. S druge strane, formiranje NO_x iz goriva je relativno neosetljivo na temperature ali primarno zavisi od raspoloživog kiseonika. Uslovi za promociju dobrog mešanja goriva i vazduha teže da se poveća konverzija azota goriva u NO_x i rast nivoa emisija.

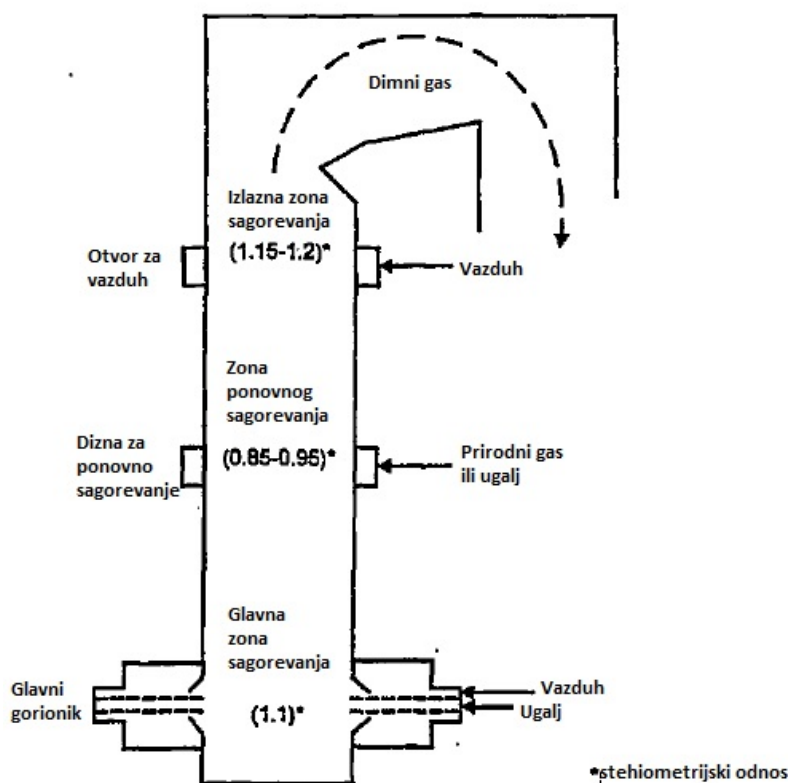
Četiri glavne vrste opcija kontrole NO_x su primenjene i planirane radi ispitivanja kontrole NO_x u uređajima za sagorevanje MSW. Ovo su zone kontrole sagorevanja, selektivna nekatalitička redukcija, selektivna katalitička redukcija, i hibridna opcija koja je kombinacija prethodno navedenih.

Dve bazne opcije su raspoložive za kontrolu zona sagorevanja i recikulaciju izlaznih gasova. Za kontrolu NO_x sagorevanjem uglja, efektivna strategija troškova nameće prvo korišćenje modifikacije zone sagorevanja radi mogućeg proširenja koje će uzrokovati redukciju NO_x.

Modifikacija sagorevanja generalno manje košta nego druge opcije. Ukoliko se zahteva više kontrole NO_x, nego što se mogu ostvariti kontrolom sagorevanja, tada se mogu dodati druge opcije. Ista strategija ukupne kontrole NO_x mora biti primenjiva za sagorevanje MSW (konunalnog čvrstog otpada). Sagorevanje u koracima se široko koristi za mere kontrole NO_x kod sagorevanja uglja. Ovim se obezbeđuje smanjenje temperature pika plamena. Temperatura se smanjuje pošto se toplota gubi od strane plamena preko zračenja pre svakog dodatnog koraka vazduha, kao i odlaganja mešanja uglja i vazduha.

Upravljanje vazduhom je efektivan i jeftin način za smanjenje kako toplotnog, tako i NO_x goriva. Upravljanje je obično ostvareno korišćenjem specijalnih gorionika („niski“ NO_x gorionici), dodajući kontrolisane količine vazduha za sagorevanje u separatne regione peći („preko vatre“ je primer ovog pristupa), ili kombinacija obe metode. Upravljanjem vazduhom može se ostvariti redukcija NO_x u iznosu od 25-60% [12].

Drugi tip upravljanja je nazvan „upravljanje gorivom“ kod sagorevanja, ili ponovno gorenje. Ponovno gorenje za kotlove na ugalj je razvijeno u odeljenju programa za ugalj i demonstrirano je u programu čiste tehnologije uglja. Kod ponovnog sagorevanja, slika 7, upravljanje gorivom je izvršeno davanjem istog iznad glavne zone sagorevanja radi oblikovanja srednje redukcije [10], zona bogata gorivom. Radikali ugljovodonika formirani u zoni ponovnog gorenja reaguju sa NO iz glavne zone sagorevanja i formiraju N₂. Više vazduha je dodato u peći za kompletno sagorevanje. I prirodni gas i ugalj mogu biti ispitivani kao upravljanje gorivom za zonu ponovnog gorenja. Kada je korišćen prirodni gas, korišćena je količina ekvivalentna 15% ukupne ulazne toplote ka peći (ugalj 85%). Pojava ponovnog gorenja je efektivna tehnika kontrole kod kotlova za gorenje uglja, koji zahtevaju relativno minornu modifikaciju uglja za postojeća postrojenja.



Slika 7. Proces ponovnog gorenja radi kontrole emisije NO_x

Efektivnost ponovnog gorenja vezana za kontrolu NO_x je pokazana kao funkcija sledećih elemenata:

- Početni nivo NO, procenat redukcije smanjenja;
- Tip goriva, slobodan azot ponovo gori i više je efektivan nego goriva koja sadrže azot (npr. prirodni gas je nešto bolji od uglja);
- Stehiometrija, ponovno gorenje je najefektivnije kada se dodaje gorivo za ponovno gorenje, radi smanjenja ukupne stehiometrije od oko 90% od teoretski zahtevanog goriva. Za sagorevanje više goriva za ponovno gorenje potreban je prekomerni nivo vazduha u primarnoj zoni rasta;
- Temperatura, efektivnost ponovnog gorenja raste ako temperatura u zoni ponovnog gorenja raste;
- Provedeno vreme, provedeno vreme u zoni ponovnog gorenja je aproksimativno 0,5s i zahteva se maksimalna efektivnost ponovnog gorenja.

Uslovi unutar uređaja za sagorevanje MSW nisu idealni za tradicionalni pristup ponovnog gorenja jer se sagorevanje javlja na relativno niskim temperaturama i visokim nivoima prekomernog vazduha. Samo umereni nivoi kontrole su neophodni kod ponovnog gorenja prirodnog gasa i mora biti primenjena tehnika kontrole troškova. Naročiti značaj je potencijal za ponovno gorenje radi smanjenja emisija vrste organskih tragova. Porast otpuštene toplote, temperature i radikalna koncentracija iznad sloja može efikasno razoriti organske tragove osiguravajući da je sistem projektovan da obezbedi efikasno mešanje ponovo gorućeg otpada i vazduha sa gasovima za sagorevanje MSW. Ponovno gorenje može imati potencijal za kontrolu NO_x i simultano odvođenje organskih tragova.

Selektivna nekatalitička redukcija (SNCR) uključuje injektiranje reagensa u uskoj oblasti temperatura. Pošto su vremenske i prostorne varijacije temperatura i stehiometrija svojstvene kod spaljivanja MSW, efikasnost nekih SNCR tehnologija zavisi od toga kako je dobro sistem projektovan radi obez-

beđenja promenljivih uslova. Kod kotlova sa gorućim ugljem efikasnost uklanjanja NO_x je tipično 50-70%. SNCR reagensi uključuju amonijak (NH₃), ureu (H₂NCONH₂) i kiselinu (HOCN)₃. Sa amonijakom, SNCR hemija uključuje oksidaciju amonijaka radi smanjenja azotnih vrsta (NH₂) prateći reakciju NH₂ sa NO radi proizvodnje molekularnog azota i vode. Redukcija NO se javlja u relativno uskoj temperaturnoj oblasti od 1140-1280 K, premda su metode raspoložive za nešto širu oblast.

Hemija za druge reagense je slična, uključujući formiranje redukovanih vrsta azota, prateći reakciju sa NO radi formiranja molekularnog azota i vode.

Novi pristup je dodavanje reagensa (npr. metanola) radi promovisanja konverzije NO u NO₂, koji je rastvorljiv u vodi.

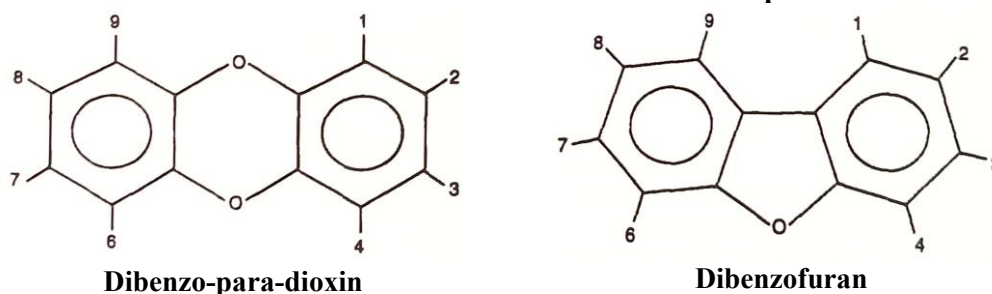
Kod praktičnog sagorevanja MSW potrebno je voditi računa da li je skruher više potreban za uklanjanje HCl nego NO₂. Za ove namene, više se koristi vlažni skruher uz manje troškove rada.

Selektivna katalitička redukcija (SCR) je korišćena u Nemačkoj i Japanu radi kontrole NO_x iz sagorevanja uglja u kotlovima. Visoki nivo redukcije Nox, oko 90% je moguće ostvariti. Primena SCR kod sagorevanja MSW može biti teška zbog promenljivosti sastava izlaznog gasa, potencijalne otrovnosti katalista i visokih ukupnih troškova sistema.

Hibridna kontrola procesa NO_x treba da uključi kombinaciju tehnike rada maksimiziranja redukcije NO_x sa minimalnim troškovima. Primer je kombinacija ponovnog gorenja sa SNCR.

4.3. Tragovi organskih kompaunda

Emisija tragova organskih kompaunda, naročito hlorisanih dioksina i furana, je veoma prisutna. Spaljivanje MSW je jedan od najkonzervativnijih i najproblematičnijih tema vezanih za sagorevanje otpada. Ovo je polje gde se mnogo više zna o sagorevanju MSW nego o uglju. Veruje se da je emisija totalnih organskih materija, uključujući polinuklearne aromatične ugljovodonike (PAH), hlorisane organske (dioksini, furani i polihlonirani bifenili – ili PCB), kod gorenja uglja u postrojenjima termoelektrane zanemarljiva zbog visoke temperature sagorevanja (> 1775 K), dugog provedenog vremena u peći i konvektivnog prenosa toplote. Međutim, verovatno je da se organski kompaundi emituju na određenom nivou, čak i ako koncentracija prevazilazi nizak nivo i može biti uočena samo naprednim uzorkovanjem i tehnikom analiza. MSW insineratori su manje efikasni sistemi sagorevanja nego kotlovi koji za gorenje koriste ugalj. Insinerator radi na nižim temperaturama, imaju veću brzinu mešanja količina goriva i vazduha, i spaljuju više heterogenih goriva.



Slika 8. Bazna struktura dioksina i furana

(2,3,7,8 tetrahloro dibenzo-dioksin je ekstremno toksičan)[12]

U teoriji, minimalna i maksimalna temperatura utvrđena kod kotlova koji koriste ugalj mogla bi rezultovati u kompletnoj destrukciji i PAH i hlorisanih kompaunda. Na primer, podaci o termalnoj dekompoziciji sugerišu da relativno niske temperature, 1075 K, mogu uništiti polihlorovane dibenzofurane (PCDD/PCDF) [13-15]. Potencijal prekursora za formiranje PCDD/PCDF, slika 8, može imati nešto



višu temperaturu dekompozicije, oko 1200 K. Međutim, pod određenim uslovima, takvim kao što su nedovoljna količina kiseonika uzrokovana siromašnim projektovanjem ili zaobilaznjem goriva, (ili i jednim i drugim), ili prisustvom „zona gašenja“, ili putevima niske temperature koji dozvoljavaju parcijalnu reakciju goriva na izlazu iz komore za kompletno sagorevanje, neće uzrokovati emitovanje kompaunda.

Postoji nekoliko mehanizama pomoću kojih se PAH može emitovati iz sagorevanja MSW, uglja ili drugih goriva [16]. U prvom mehanizmu, nereagovani kompaund prisutan u gorivu ili otpatku prolazi neoštećen kroz sistem sagorevanja, i PAH biva otpušten.

U drugom mehanizmu, prekursor vrsta predstavljen u izvornom gorivu ili iz pirolize produkata je reformisan u zoni sagorevanja, radi oblikovanja organskih vrsta.

Na primer, jednostavnom abstrakcijom, kombinacija reakcija može se pretvoriti hlorofenol i PCB u PCDD/PCDF. Više tipova aromatika PAH kompaunda je prisutan u izvornom gorivu. Veća je verovatnoća da će takvi kompaundi i njihovi derivati biti otpušteni [17].

Treći mehanizam uključuje cikluse ugljenih lanaca i kasnije dodavanje prstena u obliku PAH. Tendencija ugljovodonika za formiranje PAH varira, teoretski, kao (na način smanjenja tendencije): aromati > cikloalkena > alkena > parafina. Ovi, pod ekvivalentnim uslovima sagorevanja formiraju PAH u različitim gorivima i mogu biti rangirani kao: ugalj > lignit > drveta > zaostalih ulja > destilata ulja i slično. PCDD/PCDF mogu se formirati iz reakcija različitih organika sa davaocem hlora. Iz rezultata teoretskih i eksperimentalnih studija, može se zaključiti da reakcije gasne faze ne mogu rezultovati u količinama PCDD/PCDF koji su utvrđeni u izlaznim gasovima uređaja za sagorevanje MSW, i da formiranje ovih kompaunda predominantno dolazi od heterogenih reakcija. Četvrti, mehanizam, niske temperature, je postao najšire analiziran za formiranje PCDD/PCDF. Reakcije oksidacije na niskim temperaturama, nazvane sinteza, uključuju leteći pepeo koji može proizvesti prekursor kompaund koji okreće reakciju ka formiranju PCDD/PCDF [9, 18]. Eksperimentalni podaci pokazuju da se reakcija javlja na temperaturama iznad 870 K, hloro-organska jedinjenja se rapidno uništavaju na temperaturama ispod 520 K, brzine reakcija su spore [9].

Izveštaji laboratorijskih ispitivanja pokazuju da hlorini povezani sa strukturom prekursora na letećem pepelu mogu formirati PCDD/PCDF i objavljeni su 1982. [19]. Kasnija merenja koncentracije PCDD/PCDF pre i posle elektrostatskog taložnika (ESP) insineratora MSW pokazuju da se ovi kompaundi mogu proizvesti na temperaturama iznad 510 K [7].

Temperature u oblasti 520 do 870 K su tipične za postsagorevanje, razmenu toplote i ESP sekciji insineratora. U termoelektranama koje za gorivo koriste ugalj, izlazni gasovi se hlade relativno brzo u donjoj struji uređaja za sagorevanje i ESP, generalno rade na nižim temperaturama, oko 420 K. Kod termoelektrana gde je ESP postavljen u gornju struju predgrejača vazduha („topla strana“ ESP), sreću se temperature oko 620 K, koje su u oblasti temperatura mogućeg formiranja PCDD/PCDF. Drugi faktori koji impliciraju formiranje PCDD/PCDF na niskim temperaturama su profili vreme/temperatura u rashladnim sekcijama sistema za sagorevanja, uslovi sagorevanja i sastav izlaznog gasa (npr. PCDD/PCDF) uslovljen porast sa porastom nivoa HCl ili CL_2 , ulaznog i odgođenog letećeg pepela u oblasti sistema hlađenja, vrši se kontrola kiselih gasova i kontrola posebnih materija kao i radna temperatura uređaja za kontrolu posebnih materijala.

U odsustvu kiseonika, termalna dekompozicija PCDD/PCDF se može javiti na temperaturi od oko 570 K [20]. Sugerisano je da visoki prekomerni nivoi vazduha, koji su utvrđeni kod sagorevanja MSW, mogu promovisati formiranje PCDD/PCDF na niskim temperaturama. Visoki nivoi ugljenmonoksida i vodene pare mogu takođe promovisati formiranje ovih toksičnih organskih kompaunda [7, 21].

Očigledno je da priroda letećeg pepela igra važnu ulogu u sintezi organskih kompaunda na niskim temperaturama uključujući PCDD/PCDF. Velika površina osigurana česticama letećeg pepela plus raspoloživa široka oblast metala, metalnih oksida, hlorida, itd, predstavlja snažnu priliku za katalizacijom.



Visoki sadržaj ugljenika, hlora i bakra u letećem pepelu implicira formiranje PCDD/PCDF na niskim temperaturama. Postoji interesantna literatura koja poklanja pažnju na uticaj sumpora za formiranje PCDD/PCDF [22,23]. Emisija PCDD /PCDF iz sagorevanja uglja je niža nego iz sagorevanja MSW.

Jedna je teorija da je sumpor upleten u proizvodnju Cl_2 , koji je potreban za pravljenje hlornih prekursora. Kada je sumpor prisutan prekomerno preko hlora, Cl_2 se uklanja reakcijom



Ovaj Cl_2 ne bi trebao biti prisutan u dovoljnim količinama u obliku prekursora kompaunda. Pojava formiranja PCDD/PCDF na niskim temperaturama (570-770 K) je sprečena sumpor dioksidom, SO_2 . Izneseno je da SO_2 može reagovati sa Cu (II), s tim da blokira katalitički efekat Cu (II) na formiranje PCDD/PCDF. Ovim, sumpor u uglju može redukovati PCDD/PCDF emisije.

Ovo sugerise na mogućnost da kosagorevanje visoko sumpornog uglja sa MSW može biti tehnika za smanjenje PCDD/PCDF emisije iz spaljivanja MSW.

4.4. Elementi u tragovima

Ugalj sadrži praktično sve prirodno pojavne elemente u periodičnom sistemu. Neki elementi su povezani primarno sa organskim frakcijama uglja (npr. ugljenik), neki sa mineralnim frakcijama (npr. aluminijum), i neki sa obe frakcije (npr. sumpor). Najobilniji elementi u uglju, nazvani su „glavni“ elementi, to su: ugljenik, vodonik, azot, sumpor i kiseonik. Elementi prisutni u manjim količinama, ali generalno iznad 0,01% maseno su nazvani minorni elementi i uključuju natrijum, kalijum, magnezijum, kalcijum, fosfor, titan, silicijum, hlor, željezo i aluminijum. Elementi pronađeni u koncentracijama ispod 0,01% maseno, su naznačeni kao elementi u tragovima.

Nacionalni Istraživački Savet je objavio elemente u tragovima vezane za životnu sredinu usled sagorevanja uglja [24]. Ova klasifikacija vredi i danas.

Elementi od najveće brige su: As, B, Cd, Hg, Mo, Pb, Se.

Elementi za umerenu brigu: Cr, Cu, Ni, V, Zn.

Elementi sa minornom brigom Ba, Co, Ge, Li, Mn, Sb, Sr.

Radioaktivni elementi: Rn, Th, U.

Elementi od brige, koji su prisutni samo u veoma niskim koncentracijama Be, Sn, Te, Tl.

Emisija elemenata u tragovima kod sagorevanja goriva zavisi ne samo od koncentracije elemenata u gorivu, nego čak više od hemijskih i fizičkih fenomena, vezanih sa procesom sagorevanja. Distribucija elemenata u tragovima između različitih emisija struja (npr. izlazni gas, leteći pepeo-donji pepeo) kod sagorevanja u postrojenjima je definisano kao „parcijalno“.

Fenomeni uključeni u parcijalni tok su veoma važni jer oni određuju kako i gde su elementi u tragovima emitovani, i uticaj tipa uređaja za kontrolu emisije koji su zahtevani. Isti principi za parcijalno praćenje elemenata u tragovima u komori za sagorevanje uglja se takođe primenjuju kod sagorevanja MSW (komunalnog čvrstog otpada).

U velikim postrojenjima za proizvodnju električne energije iz uglja, sitno samlevene čestice uglja se rapidno zagrevaju, pirolizuju, i gore na temperaturama iznad 1775 K u radijacionoj komori peći. Pošto materijal gori, minerali uključeni u sadržaj svake čestice uglja se tope i mogu se spajati. Kasnije u procesu sagorevanja zaostale čestice pepela mogu se razdvojiti u manje čestice pepela. Ekspanzija zatvorenih volatila može uzrokovati topljenje materijala ka balonima i formiranje šupljih ksenosfera.

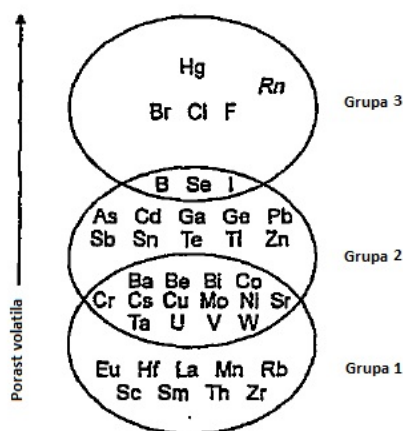
Više elemenata u tragovima koji su prisutni u napojnom uglju su parcijalno ili delimično ispareni, neki mogu ponovo kondenzovati na česticama pepela donje struje zone sagorevanja. U takvim slučajevima, koncentracija površina elemenata u tragovima može postati iznenađujuće visoka. Submikroskopska para može se takođe formirati preko homogenih nukleusa isparenog materijala.

Studije pokazuju tragove elemenata, koji mogu biti podeljeni u tri široke grupe, i zavise od njihove isparljivosti i kako oni participiraju za vreme sagorevanja, slika 9 [25]. Navodimo grupe kako slede:

Grupa 1 – Elementi koji su koncentrisani u pojedinim ostacima i jednako su distribuirani između donjeg pepela i letećeg pepela su generalno primećeni delimičnom kontrolom sistema. Ovo su najmanje isparljivi elementi, primer: Ba, Ce, Cs, Mg, Mn, Th.

Grupa 2 – Srednje isparljivi elementi koji su obogaćeni u letećem pepelu i iscrpljeni u donjem pepelu. Oni su takođe obogaćeni na finim česticama pepela i mogu izbeći delimičnu kontrolu sistema, primer: As, Cd, Cu, Pb, Sb, Se, Sn, Te, Tl, Zn.

Grupa 3 – Elementi koji ne kondenzuju i koji su iscrpljeni u svim čvrstim fazama i primarno se emituju u parnoj fazi. Ovo su najviše isparljivi elementi, primer: Br, Cl, F, Hg.



Slika 9. Klasifikacija elemenata u tragovima, njihovim ponašanjem za vreme sagorevanja i gasifikacije [25].

Nekoliko elemenata, kao što su Cr, Ni, U, V mogu pokazati parcijalno ponašanje na sredini između grupe 1 i grupe 2. Drugi, kao što su B, Se, I, mogu pokazati ponašanje između grupe 2 i 3.

Koncentracija elemenata u tragovima u MSW i „tipičnom“ uglju SAD su poređene u tabeli 4 [26, 27]. Detaljna informacija o sadržaju metalnih elemenata je data u [28]. „Obogaćeni faktori“ su objavljeni za „prašinu čistog izduvnog gasa“ (koji se može pretpostaviti, prašina koja prolazi kroz uređaj za naročitu kontrolu duž izlaznog gasa) iz uređaja za spaljivanje MSW [26].

Tabela 3. Koncentracija elemenata u tragovima u uglju, MSW [26,27]

Element	Koncentracija u MSW, ppm	Koncentracija u uglju, ppm
Zn	3000	10-400
Pb	1500	5-55
Cu	100	8-30
Ni	100	3-30
Cd	20	< 0,1-7
Hg	5	0,1-0,2



Faktor obogaćenosti je definisan kao odnos koncentracije elemenata u tragovima u izlaznom gasu prašine prema koncentraciji u MSW goriva, i dat su u tabeli 4.

Tabela 4. Faktor obogaćenost elemenata u tragovima kod sagorevanja MSW [26]

Element	Faktor obogaćenosti (izlazni gas prašine/MSW)
Ni	1
Cu	3
Pb	20
Zn	25
Sb	60
Cd	100
Hg	600

Najveći faktor obogaćenja je za Hg. Podaci u tabelama 3 i 4 pokazuju da oko 600 ppm Hg može biti utvrđeno u prašini izlaznog gasa u poređenju sa 5 ppm u izvornom MSW. Međutim, pošto je koncentracija prašine u izlaznim gasovima emitovanim iz uređaja sa naročitom kontrolom veoma niska, koncentracija Hg u izlaznom gasu je takođe mala. Namera zakonodavstva SAD za ograničenje od 80 $\mu\text{g m}^{-3}$ je ispod 0,1 ppm. Faktori obogaćenja za sagorevanje uglja su generalno slični ovim za MSW.

Tabela 5. Zadržavanje efikasnosti elemenata u tragovima za sagorevanje uglja [29]

Element	ESP efikasnost zadržavanja, %
As	99,33
Be	99,41
Cd	98,57
Cr	99,41
Cu	99,21
Li	99,43
Mn	99,31
Ni	97,68
Pb	99,13
Sb	99,26
Se	95,49
Sn	99,27
Zn	98,92

Zbog eventualno velikog broja elemenata u tragovima u pojedinim fazama prema gore, efikasnost skupljanja čestica uređaja ne zadovoljava posao kontrole emisije elemenata u tragovima. Na primer, kontrola emisije elemenata u tragovima ostvarena pomoću elektrostatičkog taložnika kada gori bitumenozni ugalj je ispitivana [29]. Ukupna efikasnost skupljenih čestica je bila 99,54%, na masenoj osnovi.

Efikasnost zadržavanja elemenata u tragovima definisana kao količina zadržanih elemenata u tragovima u odnosu na skupljene čestice kao procenat količine sadržane u gorivu, prikazana je u tabeli 5. ESP, efikasnost zadržavanja za najviše elemenata je bila ukupna efikasnost skupljanja. Bili su isključeni Ni i Se koji su značajno niži.

Živa je verovatno element u tragovima od najveće brige za životnu sredinu. Jednom otpuštena u život-



nu sredinu, živa je otporna i teži bioakumulaciji u lancu ishrane. Živa se emituje primarno kao para i nije efikasno kontrolisana konvencionalnim kontrolnim uređajima za kontrolu zagađenja. Stvar se dalje komplikuje jer se živa emituje u nekoliko hemijskih formi ili stanja oksidacije, uključujući elementarnu i oksidiranu živu, koja utiče ne samo na uklanjanje, nego i na transport i kasnije naslage koje su otpuštene u atmosferu. Sagorevanje i efekti potencijala žive iz postrojenja za spaljivanje goriva u termoelektranama su specifično obrađeni u poglavlju III. 1990. SAD. Akt amadmana o čistom vazduhu Agencije za zaštitu životne sredine (SAD, EPA) koji je bio zahtevan za izveštaj ka Kongresu SAD vezan je za emisije svih opasnih polutanata vazduha (HAPS), korišćenjem kotlova i efekata na životnu sredinu, kao i kontrolu žive iz antropoloških izvora energije.

Originalni planovi objavljeni su 1994. godine, a izveštaji su bili odloženi zbog velikih potreba za potpunije razumevanje pitanja emisije u okruženju, kontrolu, transport, ultimativno unapređenje i uticaj na zdravlje i životnu sredinu žive iz sagorevanja u kotlovima za termoelektrane. SAD EPA je dostavio izveštaj o emisiji žive u decembru 1997. Studija HAPS emisija iz kotlova je objavljena u februaru 1998. U odgovoru na zakonodavstvo 1999. godine, Federalni centar energetskih tehnologija SAD, SAD EPA, Istraživački Institut za električnu energiju je podržao rad na merenju Hg i drugih emisija elemenata u tragovima iz postrojenja za spaljivanje uglja. Podaci o emisijama žive, iz ovih radova su najobimniji set podataka koji je raspoloživ [30].

SAD EPA je koristila ove podatke sa drugim informacijama da odredi da li je kontrola emisije Hg neophodna. Potencijal zakonskog određivanja je utvrđen u izveštaju koji je objavljen u februaru 1998.

Podaci o uklanjanju žive iz izlaznog gasa kod gorenja uglja su dvosmisleni, ali izgleda pokazuju da je prosečna efikasnost uklanjanja u vlažnim skruberima oko 40-50%. Najviše uhvaćenog živinog „vetra“ je prema gore u mulju skrubera. Suvi skruberi u kojima se rastvor ili tečni mulj alkalnog kompaunda mešaju sa izlaznim gasom na relativno niskim temperaturama, oko 410 K, je objavljeno da daje dobru kontrolu elemenata u tragovima preko 99% najviše elemenata, oko 70% za živu [31]. Pošto živa više kondenzuje na sniženim temperaturama, može se očekivati da hvatanje žive može rasti ako se radne temperature kontrolnih uređaja smanjuju.

Različiti sorbenti, uključujući molekularna sita zeolita i aktivni ugalj su predloženi za hvatanje žive iz izlaznog gasa. Studije u progresu određuju oblik žive u izlaznom gasu, elementarno ili oksidisano. Oblik žive je važan jer se elementarna živa pojavljuje kao teža za hvatanje nego oksidisana forma. Objavljeno je, da preko 80% sve žive napajane sa MSW je otpušteno u gasnu fazu, i da se veruje da je oblik emisije žive – živa II hlorida [26]. Pregled tekućih istraživanja i razvojnih aktivnosti vezanih za emisiju žive iz korišćenja uglja za spaljivanje predstavljen je kao nov [32].

4.5. Čestice

Elektrostatički taložnik (ESP) i fabrički filteri su korišćeni za kontrolu emisija čestica kod gorenja uglja u termoelektranama. Ukupna efikasnost uklanjanja čestica je često dobra, preko 99%, i može dostići 99,99%. Dok je najviše elemenata u tragovima vezano sa česticama, najviše elemenata u tragovima se uklanja sa česticama.

ESP je najuobičajeniji uređaj koji se koristi kod kotlova koji koriste sitno mleveni ugalj za potrebe proizvodnje električne energije. Oni mogu biti klasifikovani u dva tipa zavisno od temperature izlaznog gasa, hladna strana ESP koja je locirana u donjoj struji predgrejača vazduha i rada na temperaturi gasa ispod 420 K, topla strana ESP locirana u gornjoj strani predgrejača vazduha i rada na temperaturi od oko 620 K. Efikasnost skupljanja je generalno najniža u rangi 0,1-2 μm .

Na performance ESP utiču brzina gasa i električna otpornost čestica, koje zavise od njihove temperature, sadržaja vlage i hemijskog sastava. Fabrički vrećasti filteri su danas dobro utvrđena alternativa za ESP za postrojenja za spaljivanje uglja za potrebe termoelektrana. Oni se često koriste u kombinaciji sa sistemom za injektiranje sorbenta i suvim skruberima. Fabrički filteri imaju ukupnu efikasnost sličnu ESP, ali su superiorniji kod kontrole finih čestica materija i manje su osetljivi na opterećenje



čestica i karakteristike letećeg pepela (kao što je električna otpornost).

Dva glavna tipa sistema čišćenja se koriste za fabričke vrećaste filtere kod reverznih vazdušnih sistema, izlazni gas koji struji je reverzan radi čišćenja filtera. Trešenje filtera može biti uspostavljeno pulzirajućim mlazom vazduha, koristi se za čišćenje kratkim udarima komprimovanog vazduha upravljanog od spoljašnjeg ka unutrašnjem delu vreće.

Nova MSW postrojenja koriste fabričke filtere gotovo ekskluzivno, uobičajeno kombinujući sa suvim skruberima. Samo 17% postrojenja MSW je koristilo fabričke filtere 1982. godine, dok je 1992. godine u svim projektima bilo prisutno 51%. Kombinacija skrubera/vrećastih filtera je razmatrana od strane EPA SAD i utvrđeno je da je to najefektivniji način uklanjanja i emisije čestica i kiselih gasova [33].

5. KORIŠĆENJE PEPELA I ODLAGANJE

Pepelom nakon sagorevanja uglja je rukovano i odlagan je kao materijal koji nije opasan. Rezultati ispitivanja određuju da li se toksični elementi talože iz pepela pod različitim uslovima skladištenja, koji su generalno bili negativni. Unutar Programa za ugalj SAD, Energija fosilnih goriva je studiozan način kako bolje rukovati i koristiti otpadni materijal, uključujući leteći pepeo i mulj skrubera, iz procesa sagorevanja uglja.

Generisanje pepela od sagorevanja MSW predstavlja oko 10% zapreminskog i oko 25% masenog gorenja MSW [34,35]. U sistemu masenog gorenja, donji pepeo je tipično 75-85% (maseni) ukupno i leteći pepeo je 15-25%. RDF sistemi generišu veće frakcije letećeg pepela, oko 40% ukupnog, jer više RDF gori u suspenziji. Leteći pepeo tipično sadrži više koncentracije isparljivih elemenata u tragovima nego MSW. Postoji percepcija da odlaganje pepela ograničava javno prihvatanje novih postrojenja za sagorevanje MSW. Glavno pitanje je da li teški metali (npr. barijum, kadmijum, olovo, živa, cink) i organske materije, cure iz pepela posle odlaganja. U testu je često korišćena procedura karakteristika curenja (TCLP).

Donji pepeo nije izložen karakteristikama toksičnosti za barijum, olovo i živu. Međutim TCLP ekstrakt dobijen iz letećeg pepela nije izložen toksičnim karakteristikama ovih metala [34].

Najviše ostataka MSW generisano u SAD se odlaže u jednu liniju sa glinom ili sintetičkim sredstvima. Međutim, neke druge zemlje koriste značajan deo ostataka, samo 5% ili manje se koristi u SAD [1].

Postoje različite opcije za tretiranje i korišćenje ostataka pepela MSW. Opcije tretmana uključuju preradu radi uklanjanja železnih metala, kompaktno starenje za vreme skladištenja, solidifikaciju/stabilizaciju, vitrifikaciju, i hemijske ekstrakcije. Opcija iskorišćenja uključuje agregate kao osnovu za puteve, asfaltne staze i za portland cement u građevinarstvu [1].

Postoji potreba za tačnom karakterizacijom ponašanja curenja i toksičnosti pepela sagorevanjem MSW radi određivanja kako je curenje uzrokovano opremom za sagorevanje i uslovima i različitim odlaganjem ili sanacijom korišćenja. Bolje razumevanje mehanizma curenja, hemijske prirode i specifikacije elemenata u tragovima u pepelu treba biti određeno. Metode tretmana pepela, kao što su vitrifikacija i hemijska stabilizacija takođe su potrebne radi istraživanja, kao i tehnologija za korišćenje pepela MSW. Nizozemska, Nemačka, Japan i Skandinavske zemlje se javljaju kao lideri u MSW upravljanju pepelom i korišćenjem [36].

6. KOSAGOREVANJE MSW I UGLJA

Nepraktično je goreti neprerađen MSW u sistemu koji je projektovan za gorenje uglja. Ovo verovatno nije tako za kosagorevanje odbačenog izvedenog goriva. RDF se koristi u kotlovima za sagorevanje, zbog namere za ovo korišćenje kotlovi su generalno veoma veliki, tipična potrošnja nekoliko stotina tona/sat uglja. Velike količine MSW mogu biti spaljivane dok se drži relativno mali udeo ukupnog ulaza goriva kotla. Demonstracije radi, sa RDF gorenja su provedena u ciklonskom automatskom lo-



ženju i pećima sa gorećim zidovima [4,37]. Glavni podsticaj za gorenje RDF u kotlovima za gorenje uglja je smanjenje troškova goriva i emisija. Na primer, emisija SO_2 može dovesti u saglasnost rang gorenja MSW sa ugljem. Potencijal problema uključuje mulj i zapaljenje, koroziju i koroziju kotlovskih cevi, porast donjeg pepela, smanjenje efikasnosti skupljanja čestica kada se koristi elektrostatičko taloženje, verovatno uzrokovano porastom opterećenja mase čestica i promene u otpornosti letećeg pepela, porastom održavanja i mogućeg oštećenja kotla. Poslednje se može javiti ako su viši zahtevi za prekomernim vazduhom za RDF uzrokovani ukupnim kapacitetom protoka vazduha kotla.

Kao deo Programa Komunalni čvrsti otpad, Nacionalna laboratorija je provela istraživanje studija o korišćenju vezivnih aditiva niske cene, za proizvodnju RDF peleta. Kalcijum hidroksid, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ je utvrđen kao najbolje vezivno sredstvo. Kosagorevanje RDF i uglja je ispitivano u 440 MWe ciklonskoj elektrani za proizvodnju električne energije. Namera ovog rada je da determiniše efekat kosagorevanja na emisiju, efikasnost kotla i rad postrojenja. Ispitivanja su provedena u zajedničkoj saradnji Laboratorije za obnovljive izvore energije i Tail Kompanija energija. [4] Kotlovska postrojenja su koristila lignit u pećima za spaljivanje ispred i iza zadnje strane kotla na dva nivoa. Ugalj se sitni normalno i smanjuje se dimenzija uglja koji napaja ciklone, do 0,6 cm ili manje.

Ugalj i RDF se mešaju i proizvode mešavinu koja sadrži 88% uglja maseno i tada su mleveni na sam vrh dimenzija pre ulaska u ciklonsku peć. Gasovi sagorevanja koji izlaze iz kotla prolaze kroz ESP radi uklanjanja čestica.

Prilikom poređenja sagorevanja uglja/RDF mešavina sa svim ugljevima, navedeni su glavni zaključci:

- (a) Emisija SO_2 je smanjena za 15% radi smanjenja sadržaja sumpora u gorivu, verovatno dodavanjem kalcijuma u vezivno sredstvo RDF;
- (b) NO_x emisije su bile nepromenjene;
- (c) Emisije CO i ugljovodonika su veoma niske u oba slučaja;
- (d) Emisija čestica (donja struja ESP) je bila 50% veća za ugalj/RDF mešavine;
- (e) PCB, PAH (osim za naftalene i penantane), benzene, toluene i kselene su ispod detektovanog limita za mešavinu i pravi ugalj;
- (f) HCl emisija je bila veća za mešavinu ugalj/RDF u poređenju sa ugljem, grubo 35 ppm u odnosu na 3 ppm;
- (g) PCDD/PCDF su blago veće za mešavinu ugalj/RDF nego za ugalj, i značajno niže u odnosu na zakonska ograničenja;
- (h) Postojao je porast koncentracije elemenata u tragovima (Ba, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn) u izlaznom gasu za vreme ispitivanja ugalj/RDF. Međutim, nivoi Pb i Zn u uglju korišćenom za pravljenje mešavine goriva su bili viši nego ovi u uglju za 100%, kod testiranja uglja, najveća je bila emisija žive, gde je u izlaznom gasu koncentracije bila $20 \mu\text{g Nm}^{-3}$ i za mešavinu i za uglja;
- (i) Svi uzorci pepela (donji, zagrejač vode, leteći pepeo) prolaze TCLP kriterije curenja radi utvrđivanja toksičnosti;
- (j) Efikasnost kotlova je bila blago niža za mešavinu goriva, 81, 61% u odnosu na 82,38% za ugalj. Ovo je primarno uzrokovano zbog većeg prekomernog nivoa vazduha i većeg sadržaja vodonika mešavine goriva (koji uzrokuje veće osetne i latentne toplotne gubitke, respektivno u dimnjaku gasova);
- (k) Samo ozbiljni operativni problemi, nekonzistentni kod napajanja goriva u postrojenju su uzrokovani „plastičnim“ filmom koji je prisutan u gorivu.

Nijedan od prethodno navedenih rezultata nije iznenađenje. Ova postrojenja nemaju skruber koji bi verovatno mogao smanjiti emisije NO_x kod gorenja ugalj/RDF mešavine. Testovi nisu bili dovoljno dugi da bi se odredilo kako RDF može uticati na koroziju i eroziju kotlovskih cevi.



7. ISTRAŽIVANJE, RAZVOJ I DEMONSTRACIONI PROGRAMI

7.1 Program uglja

Polje sistema za proizvodnju električne energije naglašava razvoj visoke efikasnosti, čiste tehnologije proizvodnje energije koje će biti neophodne da zadovolje očekivane zahteve za dodatne električne kapacitete na početku 21. veka.

Razvoj ovih naprednih sistema za proizvodnju električne energije će omogućiti budućim postrojenjima za spaljivanje uglja da proizvode električnu energiju po niskim cenama sa minimalnim uticajem na životnu sredinu, sa visokom efikasnošću i visokim nivoom pouzdanosti. Razvijene su četiri klase sistema za proizvodnju električne energije koji koriste gorenje uglja. Podrška unakrsnim naprednim istraživanjima u sagorevanju i tehnologiji zaštite životne sredine je provedena na sledeći način:

- Napredne tehnologije mlevenja uglja (pulverizacija) – Ovi sistemi su izgrađeni na tehnologiji pulverizacije uglja, najšire prihvaćenoj tehnologiji za proizvodnju električne energije kod gorenja uglja. Glavne prednosti su razvoj u sagorevanju, kontroli emisija, tehnologiji ciklusa za proizvodnju električne energije radi dobijanja stvarnih poboljšanja performansi kod efikasnosti i emisija. Naglasak je stavljen na inženjerski razvoj sistema kotlova sa niskom emisivnošću (LEBs) koji integrišu napredne tehnike sagorevanja i naprednu kontrolu emisija sa visoko efikasnim superkritičnim parnim ciklusom.
- Indirektno gorivi ciklus – Kod indirektno gorivih sistema, toplota od sagorevanja uglja se prenosi kroz površinu za prenos toplote ka radnom fluidu gasne turbine, npr. čistom vazduhu. Energija se proizvodi iz gasne turbine i iz ciklusa pare koji se izvodi od toplote izlaza toplog gasa turbine i izlaznih gasova uglja. Stepenn iskorišćenja je od 50-55%, u poređenju sa konvencionalnim postrojenjima na gorivi ugalj, koji iznosi 34%. Visoke performanse Sistema za proizvodnju električne energije su zasnovane na razvoju visokih temperatura, pećima za gorenje, pećima koje integrišu neophodno sagorevanje, prenosu toplote i procesu kontrole emisija.
- Integrisani gasifikacioni kombinovani ciklus (IGCC) – Kod IGCC, gasno gorivo se proizvodi gasifikacijom uglja. Posle čišćenja, tipično korišćenih ciklona i/ili vrećastih filtera, gorivi gas koji sagoreva u komori za sagorevanje se dovodi u gasnu turbinu. Para proizvedena toplotom iz izlaza gasne turbine, ekspandira u parnoj turbini i proizvodi dodatnu električnu energiju. Američki program cilja da smanji troškove i poboljša performanse naprednih IGCC sistema.
- Sagorevanje u fluidizovanom sloju pod pritiskom (PFBC) – PFBC program cilja da razvije sistem sa poboljšanom efikasnošću i smanjenjem emisije štetnih gasova. Fluidizovani sloj uklanja SO_2 kod procesa sagorevanja kroz uvođenje sorbenta (npr. krečnjaka) u fluidizovani sloj. Električna energija se proizvodi ekspanzijom toplog, izlaznog gasa pod pritiskom, posle čišćenja u turbini, i od porasta pare u sloju ili u spoljnim izmenjivačima toplote.

Polje sistema goriva uključuje pretvaranje uglja u tečno stanje, kao i istraživanje pripreme uglja. Program proizvodnje cilja da smanji troškove proizvodnje tečnog goriva iz uglja i uključuje istraživanje na poljima direktnog i indirektnog topljenja. U direktnom topljenju, ugalj reaguje sa vodonikom koristeći katalizatore za proizvodnju tečnosti. Kod indirektnog postupka, ugalj se prvo gasificira i pravi se sintetički gas ($\text{CO} + \text{H}_2$). Tečnost se tada proizvodi sintezom gasa Fišer-Tropsom reakcijom. Program pripreme uglja se fokusira na razvoj naprednih fizičkih procesa čišćenja uglja. Cilj je smanjenje pepela uglja, moguće uključivanje hazardnih (opasnih) elemenata u tragovima i emisije sumpora za poboljšanje performansi sistema sagorevanja i smanjenje emisija.



7.2. Program komunalnog otpada

Program komunalni otpad je implementiran od strane kancelarije za Efikasnost energije i kancelarije za Obnovljivu energiju i Kancelarije za Industrijske tehnologije. Program tehničkog upravljanja je napravljen od strane Nacionalne laboratorije za obnovljive energije (NREL). Projekti su izvođeni u nacionalnim laboratorijama i privatnoj industriji ili na univerzitetima. Program je zaključen 1995. godine. Program skupljanja, razvoja i širenja informacija životnog ciklusa na komparativne energije, životnu sredinu, ekonomske koristi i troškove od otpada do energije, reciklaža otpada, tehnologije povrata deponije, uključujući povrat gasa deponije, je sproveden. Aktivnosti unutar programa su provođene unutar četiri glavna projekta [3]:

- prikupljanje podataka i analiza
- tehnologija poboljšanja i razvoja
- institucionalne ocene
- tehnologija i prenos informacija

8. PRIORITETI ISTRAŽIVANJA I RAZVOJA KOD SPALJIVANJA MSW

Dva prethodna izveštaja su analizirala istraživanja i razvoj potreba za spaljivanje MSW [36,38]. Potrebe istraživanja su identifikovane. Najviši prioritet je kontrola emisija elemenata u tragovima, kao i organskih elemenata, i korišćenje i odlaganje preostalog ostatka pepela. Ova pitanja su povezana jer je primarna briga curenje elemenata u tragovima iz pepela, naročito olova, kadmijuma i žive. Pravilnici SAD EPA zahtevaju specijalne prakse odlaganja ako sadržaj curenja metala iz pepela prevazilazi određene specifične vrednosti. Srednje prioritetno pitanje uključuje mulj i zaprljanje, koroziju kotlovskih cevi, potrebu za neprekidnim praćenjem emisija (posebno tragova organskih kompaunda), poboljšanje i niže cene kontrolnih uređaja za kisele gasove, više temperature i pritisak pare za porast efikasnosti u proizvodnji električne energije, bolje metode za proizvodnju RDF i kosagorevanje uglja i RDF.

Na osnovu pregleda tehnologija sagorevanja uglja MSW datih u ovom radu, identifikovana su sledeća pitanja vezana za istraživanje i razvoj, koja nisu neophodna kao prioriteti.

- fiksacija pepela: metode za sprečavanje curenja, npr. vitrifikacija, hemijski tretman.
- korišćenje pepela: kako koristiti pepeo, npr. u betonu ili asfaltu, osnovu puteva, keramika, itd.
- curenje pepela: kako su tragovi elemenata i organski kompaundi vezani (identifikacija specifičnih metalnih kompaunda u pepelu koji cure i mogu dovesti do načina izbegavanja njihovog formiranja), curenje kao funkcija tipa spaljivanja i radnih uslova i scenarija odlaganja pepela.
- hemija pepela: ugalj/MSW i predviđanje eutektika za mešavinu ugalj/RDF.
- dugoročna šljaka, prljanje, korozija, erozioni efekti usled kosagorevanja RDF/MSW sa ugljem.
- gorenje RDF u opremi koja je projektovana za ugalj: možemo li izvršiti pulverizaciju RDF za korišćenje u suspenzionom gorenju, pulverizacija uglja za kotlove?
- način porasta efikasnosti proizvodnje električne energije u sistemima koji za sagorevanje koriste MSW.
- faktori uključeni u određivanje forme emisije žive kod sagorevanja MSW.
- emisija neorganskih volatila (posebno žive) i organskih supstanci u izlaznom gasu, efektivnosti različitih tehnika kontrole uključujući suve i vlažne skrubere.
- faktori uključeni u stabilnost vrste tragova metala, posebno žive, u okruženju deponije.
- mehanizam formiranja PCDD/PCDF, posebno niske temperature, katalitičke putevi.
- efekat na emisiju PCDD/PCDF kosagorevanjem RDF ili MSW sa ugljem.



9. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Poređene su tehnologije za sagorevanje uglja MSW (komunalni čvrsti otpad), razlike u fizičkim i hemijskim osobinama ovih goriva, znači da ova goriva koja sagorevaju moraju imati različita projektovana postrojenja. Iako se primenjuju isti principi sagorevanja i tehnologija za kontrolu, emisija je slična.

Više od pola proizvedene električne energije u SAD je proizvedeno u termoelektranama koje kao gorivo koriste ugalj. Korišćenje MSW kao alternativnog energetskeg resursa može biti usporeno problemom odlaganja MSW, očuvanjem više vrednih goriva, i smanjenjem emisije CO₂, gasom povezanim sa globalnim klimatskim promenama. Izazov će biti kada se koristi dobra nauka i inženjering za projektovanje i izgradnju postrojenja od otpada do energije, koji su bitni za prihvatljivost životne sredine, odgovoran rad i održavanje ovih postrojenja, kao i efektivna komunikacija po pitanju ove problematike sa javnošću.

LITERATURA

- [1] Wiles, C.C., Municipal solid waste combustion ash:stateof-the-knowledge. J. Hazardous Mat., 1996, 47, 325-344.
- [2] National Energy Strategy, First Edition 1991/1992, U.S. Goverment Printing Office, Washington, D.C., p.126 (1991).
- [3] Energy from Municipal Waste Program Plan, U.S. Department of Energy, Conservation and Renewable Energy, Office of Industrial Technologies, May 5 (1992).
- [4] Ohlsson, O. Results of Combustion and Emissions Testing When Co-Firing Blends of Binder Enhanced Densified Refuse Derived Fuel Pellets in a 440 Mwe Cyclone Fired Combustor, Volume I: Test Methodology and Results, ANL/ESD/TM-XX, Vol. 1 (1993).
- [5] Clean Coal Technology Demonstration Program, Project Fact Sheets, U.S. Department of Energy, Office of Fossil Energy (1996).
- [6] Makansi, J., Co-combustion: burning biomass, fossil fuels together simlifies waste disposal, cuts fuel cost. Power, 1987. July, 11-18.
- [7] Brna, T.G. and Kilgroe, J.D. Control of PCDD/PCDF emissions from municipal waste combustion systems. Chemosphere, 1990. 20 (10-12), 1875-1882.
- [8] Kramlich, J. C., Heap, M. P., Seeker, W.R. and Samuelson, G.S., Flame-mode destruction off hazardous waste compounds, in Proc. 20th Symposium (International) on Combustion/The Combustion Institute, pp. 1991-1999 (1984).
- [9] Kilgroe, J.D., Control of dioxin, furan, and mercury emissions from municipal waste combustors. J Hazardous Mat., 1996. 47, 163-193.
- [10] Proc. 5th Annual Clean Coal Technology Conference, U.S. Department of Energy, January 7-10 (1997).
- [11] Heap, M.P., Lanier, W.S. and Seeker, W. R., Unpublished information (1986).
- [12] Hjalmarsson, A. and Soud, H. N., Systems for Controlling Nox from Coal Combustion, IEACR/30, IEA Coal Research. London, pp. 29-99 (1990).
- [13] Duvall, D.S. and Ruby, W.A. Laboratory Evaluation of High Temperature Destruction of Polychlorinated Biphenyls and Related Compaunds, EPA 600/2-77-228 (1977).
- [14] Bumb, R. R., Trace chemistries of fire: a source of chlorinated dioxins. Science, 1980. 210, 385.
- [15] Stehl, R. H. Patenfuss, R.R., Bredeweg, R. A. and Roberts, R. W., in The Stability of Pentachlorophenol and Chlorinated Dioxins to Sunlight, Heat, and Combustion i Chlorodioxin-Origins and Fate, ed. E. H. Blar, American Chemical Society, Washington, DC, p, 119 (1973).
- [16] Aloss, L.L. and Smith, I.M., Organic compouds from coal utilization, IEA Cool Res, 1993. 63. 21.
- [17] Brooks, G., Estimating Air Toxic Emissions from Coal and Oil Combustion Sources, EPA-450/2-89-001 (1989).
- [18] Altwicker, E.R., Formation of PCCDD/F in municipal solid waste incinerators: laboratory and modeling studies, J. Hazardous, Mat., 1996. 47, 137-161.



- [19] Eiceman, G. A. and Rhgei, H.O., *Chemosphere*, 1982, 1982. 11. 833.
- [20] Acharya, P., DeCicco, S.G. and Novak, R.G. Factors that can influence and control the emissions of dioxins and furans from hazardous waste incinerators, *JAWMA*, 1991. 41 (12), 1605-1615.
- [21] Johnke, H., Dioxin emissions of municipal solid waste incinerators, *VGB Kraftwerkstechnik*, 1990. 70 (6). 417-419.
- [22] Griffin, R. D., A new theory of dioxin formation in municipal solid waste combustion, presented at the 78th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, Detroit, Michigan, June 16-21 (1985)-
- [23] Gullet, B.K., Bruce, K. R. and Beach, L.O., Effect of sulfur dioxide on the formation mechanisms polychlorinated dibenzodioxin and dibenzofuran in municipal waste combustors, *Environmen. Sci. Technol.* 1992. 26 (10), 1938-1943.
- [24] Trace Element Geochemistry of Coal Resource Development Related to Environmental Quality and Health, PECH Report, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C. (1980).
- [25] Clarke, L.B. and Sloss, L.L., Trace elements-emissions from coal combustion and gasification. IEA Coal Res. London, 1992, 49, 34-45
- [26] Vogg, H., Braun, H., Metzger, M. and Schneider, J., The specific role of cadmium and mercury in municipal solid waste incineration. *Waste Manage, Res.*, 1986, 4 (65), 65-74.
- [27] Boron, D.J. and Wan, E. I., Controlling toxic emissions, *Coal*, 1990. 96 (6), 121-129.
- [28] Hasselriis, F. and Licata, A., Analysis of heavy metal emission data from municipal waste combustion. *J. Hazardous Mat.*, 1996. 47, 77-102.
- [29] Tumati, P. R. and Devito, M. S., Retention of condensed/solid phase trace elements in an electrostatic precipitator, presented at EPRI Conference: Managing Hazardous Air Pollutants: State of the Art. Washington D.C., 4-6 November (1991).
- [30] Weber, G. F., Erickson, T. A., Hassett, D. J., Hawthorne, S.B., Katrinak, K. A., and Louie, P. K. K., A Comprehensive Assessment of Toxic Emissions from Coal-Fired Power Plants: Phase I Results from the U.S. Department of Energy Study, Final Report prepared for the Pittsburgh Energy Technology Center, U. S. Department of Energy, Contract No. DE-FC21-93MC30097, Energy and Environmental Research Center, University of North Dakota (1996).
- [31] Clarke, L. B. and Sloss, L. L., Trace elements-emissions from coal combustion and gasification, in IEACR/49, IEA Coal Research, London, eds Clarke, L. B. and Sloss, L. L., pp.46-59.
- [32] Feeley, T. F., III, An overview of the U.S. Department of Energy's electric utility mercury emissions R&D activities, paper presented at AWMA Acid Rain and Electric Utilities II Conference, Scottsdale, Arizona, January 21-22 (1997).
- [33] Berenyl, E. B., The status of municipal waste combustion in the United States, *J. Hazardous Mat.*, 1996. 47, 1-17.
- [34] Kosson, D.S, vander Slott, H. Holmes, T. T. and Wiles C. C., A comparison of solidification/stabilization processes for treatment of municipal solid waste residues, Part II-Leaching properties, in *Municipal Waste Combustion: Abstracts from the 2nd Annual International Conference*, Pittsburgh, PA. Air and Waste Management Association, pp. 248-262, April 15-19 (1991).
- [35] Goodwin, R. W., Utilization applications of resource recovery residue, First States Conference on Municipal Solid Waste Management Solutions, Washington, DC, pp. 897-916, June 13-16 (1990)
- [36] RD&D Priorities for Energy Production and Resource Conservation from Municipal Solid Waste, National Renewable Energy Laboratory, prepared by ICF, Incorporated, NREL/TP-431-4985, contract DE92-016406, August (1992).
- [37] Makansi, J., Traditional control processes handle new pollutants, *Power*, 1987. October, 11-18.
- [38] Barrett, R. E., Krause, H. H., Jr., Engdahl, R. B., Levy, A. and Oxley, J. H., Municipal waste-to-energy Technology assessment, prepared by Battelle Memorial Institute, EPRI TR-100058, Final Report, January 1992.



ENERGY FROM MUNICIPAL WASTE: A COMPARISON WITH COAL COMBUSTION TECHNOLOGY

Velemir Zekić²

Abstract: The conversion of municipal solid waste (MSW) to energy can conserve more valuable fuels and improve the environment by lessening the amount of waste that must be landfilled and by conserving energy and natural resources. The importance of utilizing MSW was recognized in the 1999. U.S. National Energy Strategy, which sought to „support the conversion of municipal solid waste to energy!“ One route to utilizing the energy value of MSW is to burn it in a steam power plant to generate electricity. Coal has long been the predominant source of energy for electricity production in the U.S.; therefore, a considerable science and technology base related to coal combustion and emissions control can be, and has been applied with substantial benefit to MSW combustion. This paper compares the combustion of coal and MSW in terms of fuel characteristics, combustion technology, emissions, and ash utilization/disposal. Co-combustion of coal and MSW is also discussed. MSW issues that can be addressed by research and development are provided. The major environmental issues that designers of MSW combustion systems have had to address are emissions of trace organic compounds, particularly polychlorinated dioxins and furans, and trace elements such as mercury, lead, and cadmium. Emission of trace organics is generally the result of a poorly designed and/or operated combustion system, modern MSW systems use good combustion practices that destroy organic compounds during the combustion process. Proper control of air/fuel mixing and temperature, and avoidance of „quench“ zones in the furnace, help to ensure that potentially harmful organics are not emitted. Computer codes and other design and troubleshooting tools that were developed for coal combustion system have been applied to improve the performance of waste to energy systems.

Trace element emissions from both coal and MSW combustion result primarily from vaporization of elements during the combustion process. Most of the trace elements that are vaporized condense on fly ash as the combustion products cool downstream of the furnace and can be effectively controlled by using an efficient particulate removal device. However, volatile elements, particularly mercury, are emitted as a vapor. Several mechanisms are available to capture mercury vapor and some in use. The development of satisfactory control technology for mercury is a topic currently of high interest in coal burning. The potential for leaching of trace elements and organics from MSW residues after disposal raises issues about the classification and management of ash. Results of laboratory leaching tests, especially for lead and cadmium, have not been consistently supported by field experience. Careful interpretation of the available test protocol is needed to make sure that residues are properly managed. Because of the large scale of coal-fired boilers for electricity production, co-firing of MSW with coal in such boilers could consume large quantities of waste. Several short-term demonstrations have shown that co-firing is feasible. The issues involved in co-firing are emissions of trace elements, trace organics, and acid gases, boiler slagging and fouling, and long-term effects, such as corrosion and erosion of boiler tubes. Areas where research and developments has contributed to improved MSW combustion include (a) the formation mechanisms of polychlorinated dioxins/furans, especially low-temperature, catalytic mechanisms, (b) methods of combustion air distribution in incinerators that result in better combustion and reduced emission of organic compounds, (c) the use gas reburning to control NO_x and reduce emission of organic compounds, (d) practical methods for removing organic compounds and mercury from MSW flue gas, (e) the performance of electrostatic precipitators in removing MSW fly ash, particularly when co-firing MSW and coal in existing coal-fired boilers, and (f) burning MSW in fluidized beds or pulverizing refuse-derived fuel and firing it in suspension-fired, pulverized coal boilers.

Key words: municipal solid waste, coal combustion, incineration, emissions.

² Velemir Zekić, dr, Docent, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko district BiH, Fakultet tehničkih nauka, Petra Kočića 6, 76000 Brčko district BiH, e-mail: velemirz@gmail.com

MOGUĆNOSTI PRIMJENE NOVOG SASTAVA ZAPUNJAVANJA PRAZNIH PROSTORA U RUDNICIMA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM

Edin Fazlić¹, Eldin Aličić²,

UDK 622.016:621.313

DOI 10.7251/AKPR2402062F

Apstrakt: U Bosni i Hercegovini se nalaze četiri Termoelektrane: Tuzla, Kakanj, Ugljevik i Gacko. U radu ovih Termoelektrana se stvaraju velike količine šljake i pepela (10 % od količine sagorjelog uglja). Ovaj otpadni materijal se odlaže najčešće u prirodnim zemljanim uvalama sa velikim štetnim uticajima po okolinu. Pored toga što zauzimaju velike zemljišne površine, deponije šljake i pepela izazivaju zagađivanje zemljišta, površinskih i podzemnih voda. Termoelektrana Tuzla odlaže šljaku i pepeo nakon sagorijevanja iz ložišta kotlova na postojeću deponiju Jezero II.

Ključne riječi: zapuna, šljaka, pepeo

UVOD

Kotlovski pepeo

Termoelektrane u kojima se sagorijeva mljeveni ugalj, daju velike količine prašine nazvane leteći pepeo. Prije tridesetak godina, ti ostatci sagorijevanja nisu korišteni i njihovo gomilanje na deponijama počelo je predstavljati ozbiljan problem. U Termoelektranama starijeg tipa, velike količine nesagorjelih materija odlazile su u zrak zajedno sa dimnim plinovima koji su štetno uticali na okolinu.

Novije Termoelektrane opremljene su uređajima za odvajanje letećeg pepela iz dimnih gasova. Odvajanje se vrši u mehaničkim ciklonima i električnim filterima, pa se tako dobijen leteći pepeo naziva i elektrofilterski pepeo. Dimenzije zrnaca letećeg pepela kreću se od 3-100 mikrona. Zbog male težine čestica pepela vjetar ih pokreće i nosi pa je po tome i dobio ime "leteći pepeo".

U Termoelektrani Tuzla pretežno se koristi tehnologija hidrauličnog uzimanja i transporta šljake i pepela koji se miješaju sa vodom u omjeru 1:7 do 1:15 i, preko bager pumpi i tlačnih cjevovoda, transportuju na posebno uređene deponije. Izuzetak čini uzimanje pepela pneumatskim sistemom sa elektrofiltera bloka 4 - do međusilosa pepela od 80 m³, odakle se dalje vanjski transport vrši hidrauličnim sistemom ili u silos pepela od 1570 m³ za potrebe Fabrike cementa Lukavac. Izuzetak je i blok 6, gdje je ugrađen kombinovani sistem uzimanja i transporta pepela sa elektrofiltera - hidrauličnim sistemom do deponija i pneumatskim sistemom do silosa pepela od 1570 m³.

Na deponijama se iz mješavine vode, šljake i pepela (pulpe), šljaka i pepeo pri slobodnom tečenju talože, a izbistrena, hemijski zagađena, otpadna voda ispušta u korito rijeke Jale.

Hemijska analiza pokazuje da pepeo Termoelektrane Tuzla spada u pepele sa visokim sadržajem alumosilikata, tj. u "kisele" pepele koji pripadaju grupi pucolanskih materijala, što ih čini pogodnim za vezivnu komponentu u zapuni. Za ovu svrhu mogu se upotrijebiti one vrste pepela koje imaju izražena vezivna svojstva, a naročito pepeo mrkih ugljeva. Obzirom da je to otpadni materijal u termoelektrani i da se odlaže na odlagališta (šljakišta) u neposrednoj blizini (Termoelektrane i grada

¹ Mr.sc Edin Fazlić, diplomirani inženjer rudarstva

Rudnik Uglja „Kreka“ d.o.o.Tuzla, Pogon „Mramor“ u Mramoru, fazlic.s_edin@hotmail.com

² Eldin Aličić, MA inženjer rudarstva,

Rudnik Uglja „Kreka“ d.o.o.Tuzla, Pogon „Mramor“ u Mramoru, eldin.alicic17@gmail.com

Tuzla) njegovo odlaganje u praznim prostorima u podzemnoj eksploataciji (zapuni) ima ekološko ali i tehničko značenje. Velike količine i niska cijena pepela omogućavaju njegov veći udio u mješavini, što znači da njegova primjena nema troškovna ograničenja kao što je slučaj sa cementom.

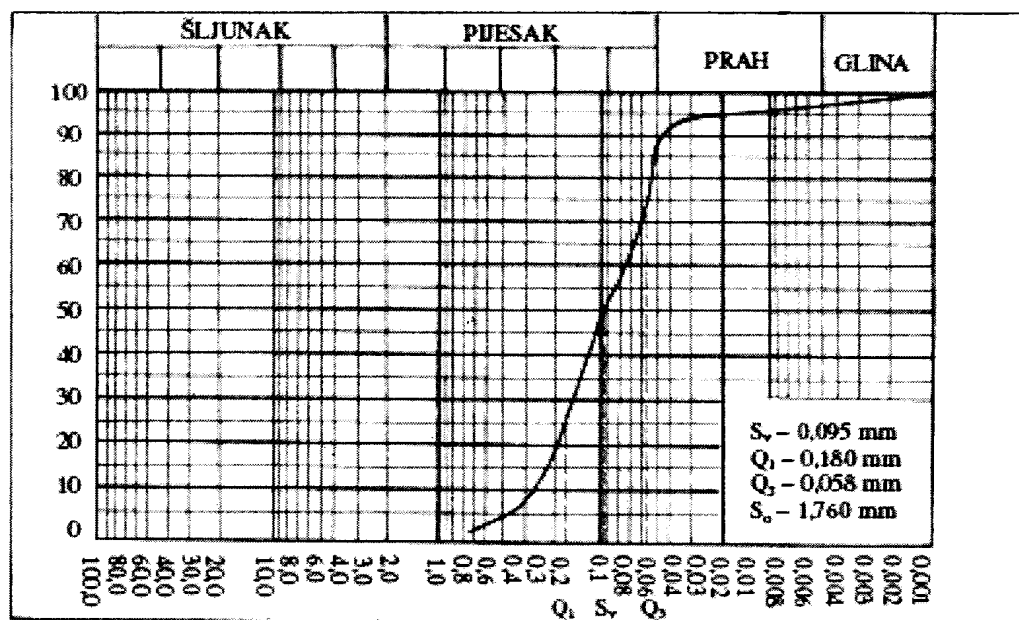
Osobine elektrofilterskog pepela iz Termoelektrane Tuzla

U Građevinskom institutu Tuzla (GIT) su obavljene istražni radovi radi utvrđivanja mogućnosti korištenja šljake i pepela iz Termoelektrane Tuzla, kao korisnih materijala.

Elektrofilterski pepeo nastaje sagorijevanjem ugljene prašine u ložištima sa vrtložnim slojem, na temperaturama do 1000 °C. Priroda uglja, temperatura sagorijevanja, kao i režim rada ložišta unekoliko predodređuju fizičke i hemijske osobine pepela. Osnovne karakteristike pepela su: hemijski sastav, granulometrijski sastav, specifična težina, specifična površina, puculanska svojstva i radioaktivnost.

Hemijski sastav, fizičko-mehaničke osobine i radioaktivnost pepela zavise od vrste upotrijebljenog uglja i načina sagorijevanja. Prema hemijskom sastavu pepeli se klasificiraju na bazne, kisele i neutralne, a prema radioaktivnosti na radioaktivne i neutralne. Količine elektrofilterskog pepela i šljake koje godišnje nastaju u TE Tuzla iznose oko $1,1 \times 10^6 \text{ m}^3$. Od početka rada TE "Tuzla" do kraja 2002. godine proizvedeno je i deponovano oko 30 miliona kubika šljake i pepela na deponije Plane, Drežnik, Divkovići I, Divkovići II i Jezero I. Deponija Plane, Divkovići I i Divkovići II zauzimaju površinu od cca. 131 ha prostora, dok površinu od cca. 250 ha zauzimaju sve deponije zajedno. Sve navedene deponije su dostigle svoje projektovane završne konture, tako da se trenutno odlaganje šljake i pepela, u 2024 godini, prema planiranoj dinamici odvija na deponiju Jezero II, koja je u završnoj fazi odlaganja. Na osnovu dostupnih informacija o odlaganju šljake i pepela proizilazi problem nedovoljnog prostora za odlaganje šljake i pepela, odnosno potreba za traženjem novih potencijalnih lokacija za odlaganje iste.

Parametri pepela iz Termoelektrane Tuzla



Slika 1. Granulometrijska kriva letećeg pepela

Iz granulometrijske krive (Slika 1) može se zaključiti da pepeo Termoelektrane Tuzla, prema koeficijentima sortiranosti spada u grupu srednje klasiranih materijala. Glavni procenat čine frakcije od 0,63 do + 0,060 mm, što ovaj elektrofilterski pepeo svrstava u grupu prašinasto-glinovitih pijeskova.



Zapreminska težina

Zapreminska težina pepela u rastresitom stanju kreće se oko $0,68 \text{ (dN/dm}^3\text{)}$, a u zbijenom stanju oko $0,91 \text{ (dN/dm}^3\text{)}$.

Specifična masa

Specifična masa pepela kreće se od $1,9$ do $2,1 \text{ (g/cm}^3\text{)}$, što se uklapa u granice propisane za pepeo, a koje iznose od $1,7$ do $2,6 \text{ (g/cm}^3\text{)}$.

Specifična površina

Specifična površina pepela određena je Blaine-ovim aparatom i iznosi $2.930 \text{ (cm}^2\text{/g)}$ i po svojoj vrijednosti odgovara veličinama propisanim za cemente, odnosno, materijale velikih finoća zrna, čije je područje od 2500 do $5500 \text{ (cm}^2\text{/g)}$.

Radioaktivnost

Pepeo Termoelektrane Tuzla ne spada u radioaktivne materijale.

Opšte hemijske osobine pepela

Prema hemijskim osobinama i ponašanju u prisustvu vode, leteće pepele možemo podijeliti u tri karakteristične grupe:

- kiseli
- neutralni
- bazični

Leteći pepeli kiselog karaktera predstavljaju tipične alumosilikatne tvorevine koje se odlikuju izrazitim pucolanskim osobinama, a dobijeni su sagorijevanjem visokokaloričnih ugljeva. Izvjesne osobine, kao što su: hemijski sastav, mineraloški sastav, finoća zrna, pucolanska svojstva čine leteći pepeo izvanrednom sirovinom, odnosno, materijalom koji se može na razne načine primjeniti u industriji građevinskih materijala. Ove osobine čine ga veoma pogodnim i za zapunu u rudarstvu.

Fizičko-mehaničke osobine šljake i pepela sa deponije

Za određivanje fizičko-mehaničkih osobina uzeti su elektrofilterski pepeo i šljaka i napravljeni kompoziti koji su označeni sa A, B, C i D. Ispitivanja su obuhvatila određivanje sljedećih parametara i osobina i to:

- | | |
|--|--|
| - zapreminska masa u rastresitom stanju | $g = 0,686 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ |
| - zapreminska masa u zbijenom stanju | $g = 0,878 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ |
| - vlažnost i poroznost; pepela | $W = 0 \quad n = 9 \text{ (}\%\text{)}$ |
| - šljake | $W = 40,09 - 40,96 \text{ (}\%\text{)} \quad n = 49 \text{ (}\%\text{)}$ |
| - optimalna zbijenost pepela | $W_{opt} = 36,5 \text{ (}\%\text{)}$ |
| - optimalna zbijenost šljake | $W_{opt} = 58 \text{ (}\%\text{)}$ |
| - parametri otpornosti na smicanje: kohezija | $c = 0$ |
| - ugao unutrašnjeg trenja | $j = 27^\circ$ |
| - koeficijent vodopropusnosti: leteći pepeo | $k = 2,037 \times 10^{-7} \text{ (cm/s)}$ |
| šljaka | $1,57 - 4,17 \times 10^{-6} \text{ (cm/s)}$ |
| - kapilarnost: pepeo | $850 \text{ mm nakon } 72 \text{ (h)}$ |
| šljaka | $400 \text{ mm nakon } 72 \text{ (h)}$ |
| - stišljivost materijala: pepeo | $M_v = 5000 - 16\,000 \text{ (N/cm}^2\text{)}$ |
| šljaka | $M_v = 250 - 600 \text{ (N/cm}^2\text{)}$ |
| - Vezivna svojstva pepela i šljake: | imaju vezivna svojstva |
| - Specifična masa (gustina) | $g_s = 1,60 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ |
| - Specifična površina (Blain) | $2075 \text{ p/cm}^2 \text{ (} 2,075 \text{ dN/cm}^2\text{)}$ |



Hemijska ispitivanja šljake i pepela sa deponije

Uzorak šljake za ispitivanje je uzet sa odlagališta na brani u Divkovićima, površinski sloj dubine do 0,50 m. Rezultati hemijske analize ovog uzorka pepela daju se u tabeli 1.

Tabela 1. Hemijski sastav šljake sa odlagališta Divkovići

PARAMETAR	REZULTAT
Gubitak žarenjem	10,33
SiO ₂	47,24
Al ₂ O ₃	18,47
Fe ₂ O ₃	7,90
CaO	9,90
MgO	2,79
SO ₃	1,37
Vlaga	33 %
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	73,61

Pucolanska svojstva šljake ispitana su prema evropskom standardu za pucolane EN 196-5, a dobijene vrijednosti iznose:

[OH⁻] = 1,6 m mol OH / l

[CaO] = 8,5 m mol / l

Hemijska ispitivanja elektrofilterskog pepela

Uzorak elektrofilterskog pepela za ispitivanje je uzet sa elektrofilterskog postrojenja u Termoelektrane Tuzla. Rezultati hemijske analize ovog uzorka pepela daju se u (Tabeli 2):

Tabela 2. Rezultatati hemijske analize elektrofilterskog pepela

PARAMETAR	REZULTAT	ASTMC618-94a
Gubitak žarenjem	0,36	Max.6
SiO ₂	45,01	-
Al ₂ O ₃	17,82	-
Fe ₂ O ₃	11,37	-
CaO	17,63	-
MgO	3,76	-
SO ₃	1,78	max.4,0
Vlaga	-	max.3,0
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	74,20	Min.70 %

Rezultati hemijske analize pokazuju da pepeo TE "Tuzla" spada u kisele pucolane, klase F, prema ASTM C 618-94 a, te se kao takav može koristiti za stabilizaciju.

- Pucolanska svojstva pepela TE "Tuzla" ispitana su prema evropskom standardu za pucolane EN 196-5, a dobijene vrijednosti iznose:

[OH⁻] = 4,4 m mol OH / l

[CaO] = 5,19 m mol / l

Nalaz pucolaniteta prema standardu EN 196-5 za ovaj pepeo je pozitivan

Cement

Potrebne količine cementa u mješavini za zasip nisu velike, a isti se može nabaviti u obližnjoj cementari u Lukavcu pakovan ili u rifuznom stanju.



Sastav i karakteristike mješavine

Osnovnu zadaću koju mora da ispuni smješa za zapunjavanje je dobro zapunjavanje otkopanih praznih prostora (podzemne praznine).

Mješavina za zapunjavanje praznih prostora u podzemnoj eksploataciji treba da ima slijedeće glavne karakteristike:

- što manju stišljivost po ugradnji u prostoriju,
- jednostavan sastav radi jednostavnosti tehnološkog procesa pripreme,
- transportabilnost,
- odgovarajuću konzistenciju da bi se zadržavala u području nasipanja i kako ne bi isticala kroz pregradu (pokazatelj nepropusnosti pregrade koristi se kao za izradu oplata za beton u građevinarstvu),
- sklonost emulgaciji, što manje izdvajanje vode u toku očvršćavanja, tj da sadrži toliko vode koliko je potrebno za reakciju vezivanja,
- sposobnost potpunog ispunjavanja prostorije i prisutnih šupljina,
- sklonost očvršćavanju poslije određenog vremena, dajući u konačnom čvrsti proizvod što je moguće manje stišljivosti,
- univerzalnost primjene u rudniku radi mogućnosti korištenja za: izradu izolacionih pregrada u jami, saniranje potencijalnih i aktivnih požara, rješavanje požarne profilaktike u jami, rješavanje nepoželjnih vazdušnih kretanja u jami i slično,
- ekonomičnost, tj. što manje troškove kako sirovina tako pripreme i ugradnje zapune,
- netoksičnost, samostalno ni u kontaktu sa okolnim medijima (voda, vazduh, ugalj, glina),
- sastav smjese mora biti tako odabran da se za vrijeme zgušnjavanja i očvršćavanja ne izdvaja voda, koja treba da bude potpuno vezana na fizičko-hemijskoj osnovi.

Hemijske osobine prvenstveno se odnose na međusobnu reakciju komponenti te na toksičnost komponenti i mješavine. Ove osobine su također povoljne jer kvarcni pijesak u mješavini sa kotlovskim pepelom, cementom i vodom ne stvara nikakva toksična jedinjenja. Reakcija je svedena na kristalizaciju (očvršćavanje).

Za postizanje potrebnih karakteristika zapunjavanja praznih prostora je utvrđivanje sastava mješavine izvršeno je na većem broju uzoraka, a ispitivanja su obavljena nakon perioda očvršćavanja od 7 dana. Dobijeni rezultati pokazuju da postavljene uslove najbliže zadovoljava slijedeći sastav (preračunato na 1 m³ zapune):

- 1200 kg pijeska, granulacije 0,2 do 2,0 mm,
- 350 kg šljake,
- 50 kg cementa,
- 330 – 360 l vode.

Karakteristike ugrađenog materijala u prazne prostore u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom

Ugrađena zapuna treba ispunjavati slijedeće glavne zahtjeve:

- otpor na rezanje blizak otporu rezanja uglja,
- čvrstoća na pritisak dovoljna za očuvanje stabilnosti uskopa.

Za usvojeni sastav mješavine ispitivanjem su dobijene slijedeće prosječne vrijednosti:

Čvrstoća na pritisak 11,27 MPa,

Otpor na rezanje 1,25 MPa.



Komentar dobivenih rezultata može se svesti na komparaciju razmatranih glavnih karakteristika uglja i zapune.

Vrijeme očvršćavanja zapune zavisi od sastava mješavine, i vremenskih uslova za transport zapune kao i prostora u koji se ugrađuje, jer sastav mješavine nakon ugradnje u prazne podzemne prostorije za 7 dana dostiže 90 % svoje čvrstoće.

ZAKLJUČAK

Termoelektrane u kojima sagorijeva ugalj, stvaraju velike količine šljake i pepela. Deponovanje šljake i pepela predstavlja ozbiljan problem sa tehničko-tehnološkog, ekološkog ali i ekonomskog aspekta. Ostaci sagorijevanja uglja odnosno šljaka i pepeo zauzimaju velike površine prostora što predstavlja veliki problem za smještaj istih. Pored zauzimanja velikih površina ove mase zagađuju podzemne vode, i proizvode opasnu prašinu koja je potencijalni izvor bolesti okolnog stvanovništva kao i normalno odvijanje života u tim mjestima. Kao potencijalno rješenje problema sa odlaganjem velike količine šljake i pepela, u neposrednoj blizini Termoelektrane su Rudnici Banovići, Đurđevik i Kreka, koji imaju otkopane prazne prostore kao potencijalna mjesta za odlaganje i deponovanje šljake i pepela.

S obzirom na pozitivne osobine pepela iz TE Tuzla koji ima dobar hemijski sastav, mineraloški sastav, finoću zrna, pucolanska svojstva i dr. čine leteći pepeo izvanrednom sirovinom, odnosno, materijalom koji se može veoma pogodno primjeniti i za zapunu otvorenih otkopanih prostora u podzemnoj eksploataciji, ova zapuna bi se mogla koristiti u primjeni u metodama dobivanja uglja u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom. Opiti koji su rađeni na uzorcima mješavine za zapunjavanje sa primjenom šljake i pepela ukazuju na zadovoljavajuće parametre kao što su otpor na rezanje, potrebne čvrstoće zasipa, odnosno osiguranja stabilnosti prostorije.

Primjena šljake i pepela za zapunu u rudarstvu ima značajnu ulogu sa tehničkog aspekta odnosno zauzimanja prostora na površinskim deponijama, kao i ekološkog i ekonomskog značaja kako za termoeenergetski objekat tako i za krajnjeg potrošača odnosno rudarsko preduzeće.

Obzirom da je ovo jedno od potencijalnih rješenja problema odlaganja velikih količina šljake i pepela, potrebno je u daljem istraživanju i praktično izvršiti odlaganje ovih masa u podzemne prazne otkopane prostore.

LITERATURA

1. Adamek, R., (1983 godina): Podszadzanie wyrobisk Gorniczych, Politechnika Śląska, Gliwice, Poljska
2. Pavlović, S. (1973 godina): Sirovinski potencijal, kvalitetne karakteristike i mogućnost primjene kvarcnog pijeska sa područja Tuzlansko-zvorničkog regiona, magistarski rad, RGGF Tuzla, Univerzitet u Tuzli, Tuzla, Bosna i Hercegovina.
3. Krysik, M., (1982 godina): Podzadzka hydrauliczna w gornictwie, Wydawnictwo "Ślask", Katowice, Poljska.
4. Zajedničko djelo više autora, (1980 godina): Ochrona powierzchni przed szkodami gorniczymi, Wydawnictwo "Ślask", Katowice, Poljska.
5. Rudnici Kreka u Tuzli, (2003 godina): Osnovni projekat detaljnih geoloških istraživanja kvarcnog pijeska u podini glavnog ugljenog sloja na lokalitetu Šićki Brod, Tuzla, Bosna i Hercegovina.
6. Osmić, M. (1997 godina): Metodologija ekonomske ocjene eksploatacije rezervi mineralnih sirovina iz zaštitnih stubova, doktorska disertacija, RGGF Tuzla, Univerzitet Tuzla, Tuzla, Bosna i Hercegovina.
7. Gluščević, B. (1974 godina): Otvaranje i metode podzemnog otkopavanja rudnih ležišta, Minerva, Subotica, Srbija.
8. Dr. Jakobs G. (2007 godina): Obrada silikatnog pijeska, elaborat, Simbah, Njemačka.



9. Duranović, N. (2008 godina): Optimalizacija tehnologije otkopavanja strmih slojeva mrkog uglja, Doktorski rad, RGGF Tuzla, Univerzitet Tuzla, Tuzla, Bosna i Hercegovina.
10. Brkić, J. (2009 godina): Upotreba pijeskova krečanskog basena za zapunjavanje u podzemnoj eksploataciji uglja, magistarski rad, RGGF Tuzla, Univerzitet Tuzla, Tuzla, Bosna i Hercegovina.
11. Enova d.o.o. Sarajevo (2018 godina): Plan rehabilitacije za zatvaranje deponije šljake i pepela Plane, Divkovići I i Divkovići II, Sarajevo, Bosna i Hercegovina.
12. JP Elektroprivreda BiH (2023 godina): Izvještaj o zaštiti okoliša za 2023 godinu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina.

THE POSSIBILITIES OF APPLYING NEW COMPOSITION FOR FILLING EMPTY SPACES IN UNDERGROUND EXPLOITATION MINES

Edin Fazlić³, Eldin Aličić⁴,

Abstract: There are four thermal power plants in Bosnia and Herzegovina: Tuzla, Kakanj, Ugljevik and Gacko. The operation of these thermal power plants generates large amounts of slag and ash (10% of the amount of coal burned). This waste material is most often disposed of in natural earthen basins with significant harmful effects on the environment. In addition to occupying large areas of land, slag and ash landfills it causes of soil, surface and groundwater. The Tuzla thermal power plant disposes slag and ash after combustion from the boiler combustion chambers at the existing Jezero II landfill.

Keywords: backfill, slag, ash

³ Mr.sc Edin Fazlic, mining engineer,

Coal mine „Kreka“ d.o.o.Tuzla, Section „Mramor“ in Mramor, fazlic.s_edin@hotmail.com

⁴ Eldin Alicic, MS mining engineer,

Coal mine „Kreka“ d.o.o.Tuzla, Section „Mramor“ in Mramor, eldin.alicic17@gmail.com

TERMALNA KLIMA

Dragan Škobalj¹

UDK 553.7:[72.012.6:620.9

DOI 10.7251/AKPR2402069S

Rezime: Temperatura unutrašnjeg vazduha u modernim zgradama se često reguliše u vrlo uskim granicama. Brojni, vodeći principi na ovom polju su zasnovani na našoj percepciji termalne klime. Termalna klima postaje sve pozitivnija, potrebno je održavati konstantnu temperaturu u zatvorenom prostoru. Potrošnja energije zgrade značajno zavisi od korišćenih kriterijuma za unutrašnje okruženje kao i projektovanja zgrade i rada sistema za klimatizaciju. Okolni faktori koji definišu unutrašnji kvalitet okruženja su: termalni komfor, unutrašnji kvalitet vazduha, zvučni komfor i vizuelni komfor. Ovaj rad približava određivanje termalnog komfora u zatvorenim prostorima na osnovu PMV-PPD modela. Glavni izazov je kako podeliti personalni termalni komfor želje u prostorijama za stanovanje, kada su svi različito odeveni i imaju različiti način kretanja.

Ključne reči: temperatura unutrašnjeg vazduha, PMV-PPD model, potrošnja energije u zgradama, termalni komfor.

1. UVOD

Dobro zaštićeno ljudsko telo može da se prilagodi varijacijama spoljne temperature od -50°C do $+100^{\circ}\text{C}$. Pri tome su fiziološki mehanizmi osposobljeni da u rasponu od 0°C do $+50^{\circ}\text{C}$ to rade sami a van tih granica samo uz odeću, klimatizaciju, zaklone i slično. Temperatura telesnog jezgra, međutim, može da varira veoma malo svega 4°C , a da se ne promene optimalne mentalne i fizičke sposobnosti. Gornja granica preživljavanja je pri tome veoma blizu stalnoj temperaturi, jer ljudsko telo može samo veoma kratko vreme da toleriše skok telesne temperature preko 41°C , te su i mehanizmi odbrane od pregrevanja mnogo bolje razvijeni nego mehanizmi od rashlađivanja.

Postoje različiti standardi koji osiguravaju direktive za prihvatanje unutrašnjeg toplotnog komfora. Nije stvar koji ćemo standard izabrati, nego nakon izbora moramo da obezbedimo da najveći broj stanara, preko 90 % bude zadovoljan termalnom klimom. Samo 10 % može biti nezadovoljno.

Da bi se utvrdila najbolja termalna klima potrebno je odgovoriti na dva pitanja:

- 1) koji tip klimata se zahteva da mi ne bi imali osećaj da nam je previše hladno ni previše toplo?
- 2) kako da izbegnemo nekomfor uzrokovan promajom i termalnom radijacijom?

Faktori koji utiču na toplotni bilans stanara i posledično percepciju toplotne klime su:

- njihovo odevanje
- njihov nivo aktivnosti
- temperatura vazduha
- temperatura okolnih površina
- brzina vazduha
- vlažnost vazduha

¹ Prof.dr Dragan Škobalj, redovni profesor, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH,



Odevanje, nivo aktivnosti, temperatura vazduha i okolnih površina su važni faktori, dok je vlažnost vazduha u najvećem broju slučajeva manje važna za toplotni bilans stanara. Faktori koji mogu uzrokovati lokalni diskomfor uključuju hladne podove, rashladne grede i hladnu promaju blizu prozora.

Ako postoje bilo koje površine koje su veoma hladne ili veoma tople tada je udeo termalne radijacije veoma značajan. U takvim slučajevima nije dovoljno meriti temperaturu samo vazduha, koji je samo mera količine toplote prenesene konvekcijom. Jedinica koja kombinuje efekte konvekcije i radijacije se naziva radna (operativna) temperatura.

2. RADNA TEMPERATURA

Ako površine u prostoriji imaju aproksimativno istu temperaturu kao i vazduh, za određivanje temperature prostorije dovoljno je merenje samo temperature vazduha.

U više slučajeva na primer u zgradama sa velikim staklenim fasadama, na toplotni bilans stanara veliki uticaj ima toplotna radijacija iz okružujućih površina. O tom slučaju za određivanje termalne klime neophodno je takođe uzeti u račun i temperaturu ovih površina. Potrebno je koristiti specijalni senzor za merenje radne (operativne) temperature, kojom se utvrđuje težinski faktor, temperatura vazduha i temperatura okolnih zidova.

3. TOPLOTNA RAVNOTEŽA

Da bi količina toplote u telu bila konstantna, odnosno temperatura tela nepromenjena, produkcija toplote i prijem toplote iz okruženja moraju biti jednaki gubitku, a prema formuli

$$M \pm R \pm K - E = 0$$

gde je M–metabolička produkcija toplote, R–radijacioni gradijent, koji može biti pozitivan u uslovima kada je temperatura okoline viša od temperature kože ili negativna u suprotnom slučaju, K–konvekcioni (kondukcioni) faktor, koji takođe može biti pozitivan ili negativan, a u zavisnosti od temperature vazduha i E–gubitak toplote evaporacijom. Konduktivni faktor je obično zanemarljiv.

4. TERMONEUTRALNA OKOLINA

Po mehanizmima za održavanje telesne temperature, čovek bi mogao da se svrsta u tropska bića, optimalna mu je temperatura okruženja između 28 °C i 30 °C. To su uslovi termičkog komfora kada on može da preživi bez odeće i zaklona i kada nema bitnog opterećenja fizioloških funkcija uključenih u procese termoregulacije čija je funkcija održavanje stalne temperature tela. Ta stalna temperatura odnosi se na telesno jezgro, koje sačinjavaju mozak, srce, pluća i abdominalni organi koji ne trpe varijacije veće od 4 °C. Nasuprot tome, gradijent između njih i površine kože može dostići i preko 20 °C, ali je idealna razlika 4 °C, kada je temperatura jezgra 37 °C, a kože 33 °C, što se ostvaruje upravo u pomenutom rasponu spoljne temperature.

Naš energetski mehanizam je neefikasan u smislu pretvaranja energije iz hrane u hemijsku energiju, jer se pri svakom od metaboličkih procesa stvara određena količina toplote kao nuspojava.

U stanju mirovanja oko 75 % tako stvorene toplote odstranjuje se procesima radijacije [9] i konvekcije, a ostatak od 25 % uglavnom pasivnom evaporacijom.

5. METOD ZA ODREĐIVANJE TERMALNE KLIME

U najvećem broju slučajeva određivanje toplotne klime je zasnovano na Fangerovoj jednačini komfora koja je razvijena 1970. [2]

Fangerova teorija je osnova za internacionalne standarde koji se primenjuju na ovom polju, kao što je ISO 7730. [3] Ovaj standard je takođe usvojen kao evropski. Veći broj zemalja ga je prihvatio kao na-



cionalni. Standard utvrđuje metod zasnovan na tkzv. PMV indeksu, koji je određen pomoću odgovora na anketu i izvođenjem proračuna koji uzimaju u obzir odevanje ljudi kao i njihove aktivnosti, kao i fizičko okruženje. PMV je skraćenica (Predicted Mean Vote) i jednostavna je mera testa velike grupe ispitanika. Na ovaj način se ocenjuje termalna klima u sedam tačaka od -3 do 3. Granične vrednosti na ovoj skali odgovaraju onome što je za ljude neprihvatljivo hladno ili neprihvatljivo toplo. Nula vrednost znači da oni ne bi voleli da im bude hladnije ili toplije. U praksi, PMV indeks nula znači da određeni, manji broj ljudi misli da je malo više hladno, dok druga manja grupa misli da je ovakva klima prihvatljiva. Temperatura ove naročite klime se naziva **optimalna radna temperatura**. Određeni izračunati PMV indeks vredi za specifične uslove vezane za oblačenje i aktivnosti. Jednačina vezana za PMV indeks je funkcija oblačenja, aktivnosti, temperature, brzine vazduha itd, i veoma je komplikovana. Jednačina nije navedena u ovom radu ali je utvrđena u standardu ISO 7730.

6. TERMOREGULACIJA U USLOVIMA FIZIČKOG RADA

Kada se čovek izloži nekom većem fizičkom opterećenju produkcija toplote raste i može se povećati od 20 do 30 puta u odnosu na uobičajenih 240–360 kJ/h, te skočiti na 4.800–11.000 kJ/h. Teoretski bez mehanizma odavanja toplote, temperatura tela bi mogla za samo 1h da poraste sa 37 °C na 60 °C. Zbog svega toga uslovi termalnog komfora, gledano u odnosu na temperaturu okoline, razlikuju se prema vrsti rada. Poželjna temperatura okoline varira od 17 °C do 31°C u zavisnosti od klime i odeće. Da bi se obezbedila optimalna radna sredina, neophodno je napraviti lokalnu mikroklimu ili grejanjem, nošenjem posebne odeće, izolacijom određenih radnih prostora. Čak i u idealnim uslovima, nastaje određeni problemi. Pojedini delovi tela različito reaguju na jednake uslove, noge su normalno hladnije nego ostali delovi, a ako čovek hoda bos po površini sa podnim grejanjem, dobiće lažnu informaciju o temperaturi okoline, te će gubiti dragocenu toplotu. Lokalnim grejanjem nogu i ruku može se istovremeno izazvati i drhtanje i znojenje. Očigledno je da se nepravilnim oblačenjem, lokalnim zagrevanjem ili hlađenjem može promeniti proces normalne termoregulacije.

7. EFEKAT NISKE TEMPERATURE

U uslovima niske temperature gubici toplote mogu biti znatni, jer je gradijent temperature tela i okoline povećan. Da bi se pad temperature tela sprečio, dolazi do različitih adaptacionih promena: povećava se produkcija toplote, a smanjuju gubici. Povećanje produkcije toplote postiže se ili drhtanjem ili povećanom fizičkom aktivnošću. Drhtanje je kao mišićna aktivnost nastala sinhronom aktivacijom gotovo svih mišića neefikasno u mehaničkom smislu, ali izuzetno efikasno u termogenetskom pogledu. Ono povećava metaboličku stopu u mirovanju od 2 do 4 puta i dovodi do povećane produkcije toplote. Fizička aktivnost je, međutim u tom pogledu mnogo efikasnija. Čak i lagana fizička aktivnost povećava metaboličku stopu desetostruko. Težak fizički rad ili sportska aktivnost omogućavaju toliku produkciju toplote da telo može da održava temperaturu jezgra i pri spoljnoj temperaturi -30 °C u sasvim laganoj odeći.

Smanjenje gubitaka nije tako efikasno, jer u krajnjem slučaju može da izazove oštećenja tkiva. Receptori za hladno stimulisanje niskom temperaturom reagovaće šokom, dovešće do momentalne vazokonstrikcije perifernih krvnih sudova, što će rezultirati smanjenjem protoka krvi, odnosno gubitkom toplote. Vazokonstrikcija je najizraženija u ekstremitetima, a posebno u prstima ruku i nogu. Ispitivanja su pokazala da protok krvi kroz prste može da varira i do 100 puta, od 120 do 0,2 ml krvi (min) do na 100 g tkiva. Tako se smanjuje gradijent temperature kože prstiju i okoline, što pri ekstremno niskim temperaturama okoline može izazvati ozbiljno oštećenje, pa i gubitak prstiju. Ovaj mehanizam omogućava i redistribuciju krvi u duboke vene ekstremiteta koje direktnim kontaktom sa arterijama dobijaju od njih toplotu i tako vraćaju topliju krv prema srcu, čime se sprečava hlađenje telesnog jezgra.



8. EFEKAT VISOKE TEMPERATURE

Kada je čovek izložen temperaturi okruženja višoj od 30 °C, ili obavlja neku mišićnu aktivnost, temperatura tela ima tendenciju naglog porasta, te su mehanizmi termoregulacije pri kojima se gubi toplota, a koji služe zaštiti organizma od pregrevanja su: radijacija, konvekcija, kondukcija i evaporacija. Njihovo učešće je veoma različito a u zavisnosti od temperature okoline. Dok u uslovima termičkog komfora nema aktivacije znojnih žlezda dotle se pri temperaturi okoline od 36 °C tim mehanizmom oslobađa 100 % viška toplote.

8.1. Odavanje viška toplote pri visokim temperaturama

Kada temperatura okruženja raste, efikasnost radijacije, kondukcije i konvekcije ubrzano opada. U jednom momentu kada temperatura okoline postane viša od temperature tela, oni postaju mehanizmi preko kojih telo prima toplotu, a posebno kada postoji neki izvor radijacije, kao kad su u pitanju radnici u livnicama ili duvači stakla i slično. U tabeli 1 je prikazano učešće pojedinih mehanizama u odavanju toplote u mirovanju pri različitim temperaturama okruženja.

Tabela 1. Učešće pojedinih mehanizama u odavanju toplote u mirovanju pri različitim temperaturama okruženja

Temperatura okoline	20 °C	30 °C	36 °C
Ukupni gubitak	63 W/m ²	37 W/m ²	44 W/m ²
Evaporacija	0,13	0,27	1,0
Kondukcija	0,26	0,27	1,0
Radijacija	0,61	0,46	0,0

U tim uslovima se aktiviraju znojne žlezde i koža se hladi isparavanjem izlučenog znoja. Čovek ima prosečno oko 2 miliona znojnih žlezda, ali je kapacitet znojenja veoma različit, neki ljudi nemaju znojne žlezde. Aktivacija žlezda na pojedinim delovima tela nije istovremena. Kada je neko duže vreme izložen djetstvu visoke temperature, količina znoja se povećava tako da može dostići i nekoliko litara na sat.

9. ODRŽAVANJE TOPLOTE U USLOVIMA VISOKE VLAŽNOSTI [14]

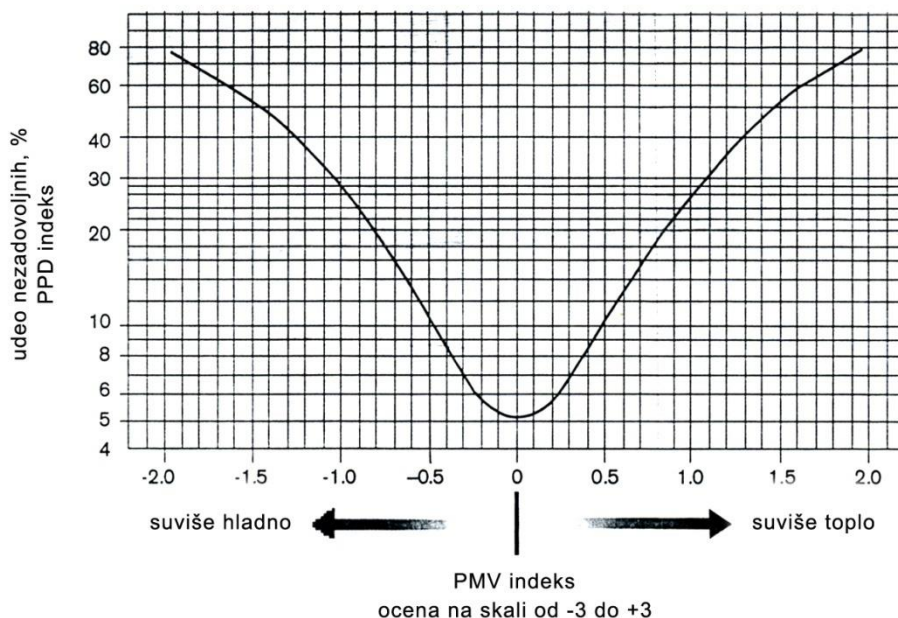
Znojenje samo po sebi ne snižava temperaturu, već je hlađenje posledica isparavanja znoja sa površine kože. Isparavanje 1 l znoja potroši 2.500 kJ. Nekoliko osnovnih faktora određuje stopu isparavanja: (1) slobodna površina kože, (2) temperatura vazduha, (3) relativna vlažnost, (4) brzina strujanja vazduha. Relativna vlažnost, odnosno deficit vlažnosti svakako su najvažniji parametri okruženja od kojih zavisi stepen evaporacije. Ako je vlažnost visoka, a deficit vlažnosti mali, to znači da se pritisak vlage u vazduhu približava pritisku znoja na koži, koji iznosi 5330 Pa, te znoj ne može da isparava, već se sliva niz telo. Brzina strujanja vazduha može u takvim uslovima biti veoma važna. Ako je ona veća, dolazi do brže izmene vazduha u intimnoj zoni vazduha, te se deficit vlažnosti neposredno uz telo povećava, što omogućava isparavanje znoja sa površine kože. Zbog svega ovoga čovek lakše toleriše visoku temperaturu u uslovima niske vlažnosti. Suva pustinjska klima lakše se podnosi od vlažne tropske klime, iako su tamo temperature mnogo niže.

10. PERCEPCIJA TERMALNE KLIME

Radna (operativna) temperatura je prihvatljiva ako je PMV indeks blizu nula. Često se koristi kriterijum da PMV indeks treba da bude u dijapazonu između -0,5 i 0,5. Saglasno analizama profesora Fanger, ove granice prihvata preko 90 % ljudi. Ovo se takođe može predstaviti i kao nezadovoljstvo 10 %

ljudi. Prema ovom standardu to može biti označeno tzv. PPD indeksom, Predicted Percent Dissatisfied (predviđeni procenat nezadovoljstva), koji u ovom primeru treba da ima vrednost 10 %. [10]

Veza između PPD indeksa i PMV indeksa je prikazana na slici 1.



Slika 1 Veza između PPD indeksa i PMV indeksa saglasno ISO7730

11. MERENJE NIVOVA AKTIVNOSTI I TOPLOTNA IZOLACIJA ODEĆE

Preklapanje ruka preko tela će ljudima pomoći da se smanji osećaj hladnoće, a dodatna poboljšanja se ostvaruju oblačenjem džempera. Koliko mnogo razne alternative mogu da pomognu je prikazana u standardima ISO 8996 [4] i ISO 9920. [5]

Nivo aktivnosti osoba može biti meren u SI jedinicama i daje se u W. Za računanje PMV indeksa se koristi Fangerova jednačina komfora. Toplota razvijena od strane ljudskog tela se daje u Met. Met je metabolizam. Primeri vrednosti za različite nivoe aktivnosti su dati u tabeli 2.

Tabela 2. Primeri razvijene toplote tela i odgovarajuće Met vrednosti za različite aktivnosti. Sadašnji standardi uzimaju za tipičnu površinu tela vrednost $1,8 \text{ m}^2$.

Aktivnost	Metabolička toplota—odavanje toplote		
	W/m^2	Met**	W
Mirovanje, ležanje	46	0,8	80
Sedenje opušteno	58	1,0	100
Sedenje laka aktivnost (kancelarija, stan, škola, laboratorija)	70	1,2	125
Lagane aktivnosti, stajanje	93	1,6	170
Kućne aktivnosti i slično	116	2,0	200
Fizički rad, niski intenzitet	220	3,7	320
Fizički rad srednjeg intenziteta	350	6,0	630

** 1 Met = 58 W/m^2



Toplotni otpor odeće može se meriti u SI jedinicama i daje se u $^{\circ}\text{C m/W}$. Za računanje toplotnog klimata koristi se PMV indeks. Za odevanje je korišćena jedinica Clo. Tabela 3 pokazuje toplotne otpore za različite tipove odeće. Tipične vrednosti za pojedine delove odeće su date u ISO 9920, i moguće je računati njihov efekat akumulacije. Na primer, razlika između košulje dugih rukava i košulje kratkih rukava je manja od 0,1 Clo. Kada analiziramo kancelarijski rad ovo znači da je razlika u željenoj temperaturi oko 0,5 $^{\circ}\text{C}$. Oblačeći džemper željena temperatura se može promeniti između 1 do 2 $^{\circ}\text{C}$. Ovo znači da za nas postoje značajne prilike percepcije temperature promenom naše odeće. Možemo primetiti da odevanje igra značajnu ulogu kada se vrši specifikacija zahteva za zgrade, ako su zahtevi zasnovani na PMV/PPD konceptu i jednačini komfora profesora Fanger.

Slična rasuđivanja mogu biti primenjena i na nivo aktivnosti. Ako odeća odgovara 0,7 Clo onda će porast nivoa aktivnosti od 0,1 Met imati isti efekat kao porast radne temperature od 0,8 $^{\circ}\text{C}$.

Ljudi imaju različite vrednosti metabolizma, u funkciji od različitog odevanja. Možemo zaključiti da je teško naći opšti temperaturni nivo koji zadovoljava svakoga. Ukoliko postoji praktična prilika za regulaciju sobne temperature, saglasno ličnim percepcijama, ona se visoko koristi. U tabeli 3 su dati primeri toplotnog otpora odeće (1 Clo = 0,155 $^{\circ}\text{Cm/W}$)

Tabela 3. Primeri toplotnog otpora odeće (1 Clo = 0,155 $^{\circ}\text{C m/W}$)

Odeća	Clo vrednost
Golo telo	0
Tropska odeća	0,3
Lagana letnja odeća	0,5
Lagana radna odeća	0,7
Odeća za oblačenje unutar kuće, zimski period	1,0
Odelo, prsluk, košulja, lagano donje rublje	1,7

12. AKLIMATIZACIJA

Ponavljana ili stalna izloženost tela visokoj temperaturi, a neki tvrde i niskoj izaziva niz fizioloških promena u smislu adaptacije koje povećavaju toleranciju na visoku i nisku temperaturu. U telu pojedinih insekata tokom jeseni nakuplja se „antifriz“ glicerol, koji im omogućava da prežive zimu. Ljudi nemaju neki sličan mehanizam. Zasad nije sa sigurnošću dokazana neka zaista efikasna fiziološka promena koja omogućava preživljavanje u surovim uslovima. Nasuprot tome, već posle nekoliko dana boravka u toploj klimi čovek je sposoban da sasvim dobro toleriše visoku temperaturu, neuporedivo bolje nego u prvom kontaktu. [11]

Promene su uočljive na kraju prve nedelje, a završene desetog dana. Neophodno vreme ekspozicije je 2 do 4 sata dnevno. U praksi, to znači da oni koji počinju da rade u takvim mikroklimatskim uslovima treba da produžavaju radno vreme, tj. dužinu izlaganja tada puno radno vreme uspostavi posle desetog dana. Aklimatizacija podrazumeva dva osnovna procesa: cirkulatorna aklimatizacija i povećana efikasnost znojenja. Posle 10 dana izloženosti toploti kapacitet za znojenje je gotovo udvostručen, znoj je „razblažen“ znojenje je ravnomernije raspoređeno po celoj površini kože tela. To, kao i cirkulatorna aklimatizacija omogućavaju nižu temperaturu kože i jezgra i manju srčanu frekvenciju pri identičnom opterećenju. Bolja preraspodela minutnog volumena, nastala zbog manje potrebe da krv odlazi u kožne krvne sudove radi hlađenja, omogućava bolju prokrvljenost mišića i njihov bolji rad. U procesu aklimatizacije veoma je bitna optimalna nadoknada tečnosti, posebno vode. Posle 2 do 3 nedelje po prestanku izloženosti toplom okruženju sve promene u smislu aklimatizacije mogu imati uticaja na neki fiziološki faktor, kao što su godine, pol, gojaznost, kao i prihosomatsko stanje organizma. Pri tome su još uvek podeljena mišljenja kada je reč o godinama. Žene imaju manji kapacitet znojenja od muškaraca, ali je cirkulatorna aklimatizacija tolika da nadoknađuje tu razliku. Ovakav fiziološki

mehanizam čini žene otpornijim prema dehidriranju pri radu na visokim temperaturama. Povećana masa tela predstavlja dodatni faktor metaboličkog opterećenja, te je produkcija toplote pri jednakom radu povećana, a potkožni sloj masnog tkiva kao dobar izolator ne omogućava prolaz toplote iz jezgra na površinu tela, te je odavanje toplote otežano. Neurolabilne osobe se veoma teško aklimatizuju.

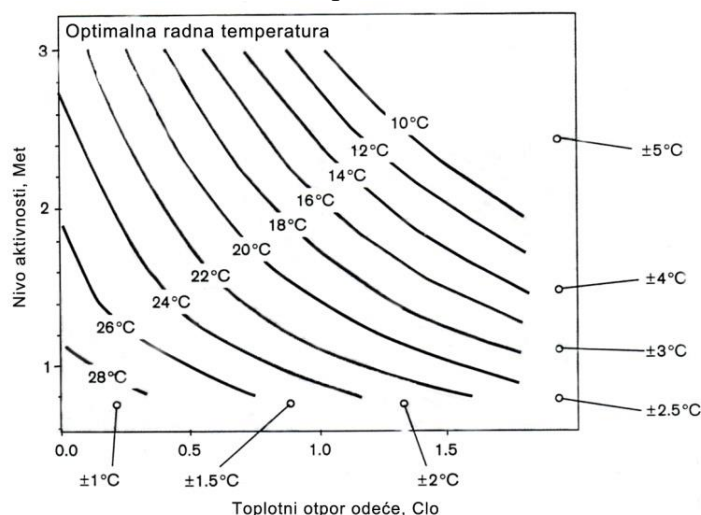
13. KOMPLIKACIJE TERMALNOG STRESA

Kao odgovor na termalni stres javljaju se žeđ, zamor, teturanje, tahikardija, poremećaj vida. Ako se nešto u tom stadijumu ne preduzme, doći će do pregrevanja organizma, koje se ispoljava u različitim stepenima kao: toplotni grčevi, toplotno iscrpljivanje i toplotni udar. Toplotni grčevi ispoljeni u obliku nevoljnih spazama mišića, i to uglavnom u mišićima, koji su bili najviše angažovani. Nastaju kao posledica poremećaja ravnoteže u telesnim tečnostima i elektrolita u telu, nastalih zbog povećanih gubitaka znojenjem i nagomilavanje negativnih kiselih metabolita.

Toplotno iscrpljenje je najčešće kod neaklimatizovanih osoba tokom prvih dana izloženosti termičkom stresu. Količina krvi u centralnoj cirkulaciji opada jer je veliki deo u bazenima površinskih krvnih sudova. Krvni pritisak pada, puls je slab i gotovo nemerljiv, javlja se glavobolja, opšta slabost, temperatura tela je povišena, ali ne preko 40 °C, uz pojavu izrazitog bledila lica i tahikardiju. Mortalitet je direktno proporcionalan visini i dužini trajanja hipertermije, te je neophodno što pre i što agresivnije snižavati telesnu temperaturu. Treba koristiti kockice leda, alkoholne obloge, a celo telo treba potopiti u ledenu vodu, i obezbediti što komfornije uslove okoline. [12]

14. IZBOR PODESNE RADNE TEMPERATURE

Kao što je prethodno navedeno, normalni kriterijum za dobru termalnu klimu je da PMV indeks leži u intervalu od -0,5 do +0,5, koji odgovara PPD indeksu od 10 %. Na slici 2 su prikazane odgovarajuće vrednosti temperature u zavisnosti od odeće i nivoa aktivnosti. Ako odeća odgovara 0,5 Clo (tipična letnja odeća) i nivo aktivnosti od 1,2 Met (tipični sedeći kancelarijski rad), optimalna radna temperatura će biti oko 24,5 °C. Dijagram takođe pokazuje da temperatura može varirati oko $\pm 1,5$ °C od ove vrednosti i da PPD indeks ne prelazi 10 %. Posledično, temperaturni interval između 23 i 25 °C je često dogovoren kao letnja radna temperatura, na primer u kancelarijama. Rad sa visokim nivoom aktivnosti znači da saglasno tome treba sniziti temperaturu.



Slika 2 Uticaj odeće i nivoa aktivnosti na optimalnu radnu temperaturu, saglasno ISO 7730. Dijagram takođe prikazuje maksimalna odstupanja koja mogu biti prihvaćena ako se PPD indeks drži ispod 10 %. Dijagram vredi za maksimalne brzine vazduha 0,1 m/s



Zimi, često se uzima da odeći odgovara 1,0 Clo. Ako je nivo aktivnosti 1,2 Met sa dijagrama se može videti da odgovarajuća temperatura u kancelariji treba da bude $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Dijagram na slici 2 se može koristiti ako je brzina vazduha manja od 0,1 m/s. Ukoliko je relativna brzina vazduha u odnosu na stanare blizu 0,2 m/s, tada će optimalna radna temperatura porasti za 1 $^{\circ}\text{C}$, kada drugi faktori ostaju nepromenjeni.

Ponekad postoje restriktivniji kriterijumi, na primer, da PPD indeks ne sme prelaziti 6 %. Odgovarajuća radna temperatura može se očitati sa dijagrama slično, ali uzimajući da je PPD indeks 6 %.

Ako odeća i nivo aktivnosti odgovara 1,0 Clo i 1,2 Met respektivno, PPD indeks i od 6 % pokazuje radnu temperaturu u intervalu od 21 do 23 $^{\circ}\text{C}$. Ovaj restriktivniji kriterijum znači da se temperatura mora održavati u intervalu $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ umesto $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Preciznije održavanje temperature vodi do realnog poboljšanja termalnog komfora. Ako ljudi menjaju svoj metabolizam više ili manje od 1,2 Met, poželjne su različite temperature. Ljudi koji koriste odeću koja odstupa od 1 Clo će takođe zahtevati različite temperature.

Drugi način osiguranja višeg stepena zadovoljstva sa PPD indeksom 10 % je individualno podešavanje klime stanara. Ovo je predloženo u vodiču za specificiranje unutrašnje klime koji je napravilo Švedsko društvo za grejanje i klimatizaciju vazduha [6]. Konačno, velika prednost je ako stanari zgrade utvrde da mogu da promene svoju percepciju unutrašnje klime nošenjem odgovarajuće odeće.

15. GORNJE GRANICE TOLERANCIJE VISOKE TEMPERATURE

Kada se govori o termičkom stresu, i drugi faktori, a ne samo temperatura okoline značajni su pri određivanju individualnog odgovora. Pored fizioloških determinanata kao što je gojaznost i veličina tela, stepen utreniranosti i aklimatizacije organizma moraju se u obzir uzeti i spoljni faktori, kao što su radijaciona toplota, relativna vlažnost, strujanje vazduha, odeća. Najefikasniji način da se kontroliše termički stres je prevencija njegovih komplikacija. To se postiže aklimatizacijom i dobrom hidratacijom. Drugi način je praćenje mikroklimatskih faktora. Neki autori za te svrhe predlažu određivanje indeksa termičkog stresa, što iziskuje merenje temperature, relativne vlažnosti i radijacione toplote. Kod nas se kao obavezni parametar pored pobrojanih, uzima i merenje brzine strujanja vazduha. Kombinacija ovih faktora treba da bude takva da obezbeđuje efektivnu temperaturu u okviru zone komfora u kojoj se 50 % ljudi oseća ugodno obučeno u laku odeću dok obavlja lak rad. Zbog toga je neophodno da se u okviru hronometraže radnog procesa odrede bliži uslovi potrebni za određenu vrstu rada. [13]

16. AKLIMATIZACIJA NA HLADNOĆU

Toplokrvne životinje povremeno izložene hladnoći razvile su neke vrlo efikasne mehaničke odbrane, kao što su zimsko krzno ili metabolička adaptacija kože koje mogu da budu ohlađene na 0 $^{\circ}\text{C}$ bez negativnih posledica. Što se tiče čoveka, promene su nešto drugačije. Tokom izloženosti hladnoći povišava se metabolička stopa bez drhtanja. Mogućnost da prežive u surovoj klimi Eskimi duguju sposobnosti da izbegnu ekspoziciju niskim temperaturama. Pored krznene odeće i zaklona jedina mogućnost je biti stalno u pokretu i jako povećati metaboličku stopu, odnosno količinu toplote koja nastaje kao nusproizvod mišićnog metabolizma.

17. OŠTEĆENJA HLADNOĆOM

Oštećenja hladnoćom mogu se videti na ljudima koji rade napolju na niskim temperaturama ili koji se bave zimskim sportovima. Lokalna oštećenja se viđaju na eksponiranim delovima tela, kao što su lice, ruke i stopala, a koja nastaju kao posledica vazokonstrikcije i sledstvene ishemije tkiva ili zbog formiranja ledenih kristala i smrzavanja tkiva.

Promene na respiratornim organima pri boravku na niskim temperaturama nisu uobičajene niti česte, kako se obično misli. Čak i na veoma niskim temperaturama udahnuti vazduh se zagreje do temperature između 26,5 i 32,2 $^{\circ}\text{C}$ kada stigne do bronhija.



18. INDEKS RASHLAĐIVANJA (WIND CHILL INDEX)

Temperatura ambijenta nije dovoljan parametar za procenu individualnog termičkog stresa. U proceni dejstva niske temperature dodatni važan faktor je vetar ili kretanje vazduha. Kada je brzina strujanja vazduha velika, dolazi do brze zamene toplog vazduha hladnim u tzv. privatnoj zoni, onoj koja je neposredno oko tela, te je gubitak toplote veći. U tabeli 4 je prikazan uticaj vetra na kožu, u okviru ekvivalentnih temperatura. Kada je brzina vetra 24 km/h, temperatura okoline 1,7 °C deluje na telo kao da je -17,2 °C. [15]

Tabela 4. Uticaj vetra na kožu u okviru ekvivalentnih temperatura

Temperatura ambijenta °C						
4,5	1,7	-1,1	-3,9	-6,7	-9,5	-12,3
V = 24 km/h						
-12,2	-17,2	-21,1	-26,1	-29,5	-33,9	-38,4

19. ODEĆA I TERMOREGULACIJA

Odeća ima ulogu izolatora tela od okoline koju telo prima, ali i da smanji odavanje toplote kondukcijom i konvekcijom. Pri niskim spoljnim temperaturama odeća je ta koja zarobljava vazduh koji onda kao slab provodnik smanjuje gubitak toplote. Potrebno je vazduh „uhvatiti kao apsolutno čvrsto telo“ kako ne bi bilo dodatne konvekcije. Vuna i polipropilen imaju dobre izolacione osobine i brzo se suše, što je veoma bitno, jer mokra odeća gubi 90 % svojih izolacionih sposobnosti, pošto vrlo brzo provodi toplotu. Vunena kapa može imati vrlo važnu ulogu jer se 30–40 % ukupnog viška toplote gubi preko kože glave.

Na visokim temperaturama svaka odeća smeta odavanju toplote. Najbolja je potpuno mokra odeća, ona od pamuka i lana, koji najbrže i najpotpunije upijaju znoj i omogućavaju evaporaciju. Bela odeća odbija a tamna upija radijaciju iz okoline. Odeća napravljena za visoke temperature treba da bude komotna i da omogućava stalno strujanje vazduha između kože i okoline. Izolaciona sposobnost većine odevnih materijala zavisi od količine vazduha zarobljenog unutar samog materijala.

20. NIVO AKTIVNOSTI I ODEĆA

Odeća i nivo aktivnosti čoveka su dva nefizička faktora sa velikim uticajem na osećaj ugodnosti. Osim odeće i nivoa aktivnosti, uz pojam osobe veže se i vreme boravka u prostoriji, na ugodnost takođe uticajan faktor.

Aktivnost osobe uzrokuje odavanje toplote, a nivo aktivnosti se kao nefizička veličina može brojno prikazati iznosom toplote koju osoba odaje pri određenoj aktivnosti.

Uz nivo aktivnosti, veliki uticaj na odavanje toplote ima i odeća, odnosno njeni toplotni otpori, tabela 5. Toplotni otpori odeće mogu se uz uobičajenu jedinicu (m²K/W) izraziti i jedinicom Clo, pri čemu 1 Clo odgovara 0,155 m²K/W (prema EN ISO 7730).

Tabela 5. Toplotni otpor odeće

Odeća	Otpor prolazu toplote	
	m ² K/W	Clo
Bez odeće	0	0
Lagana letnja odeća	0,08	0,5
Odeća za prelazne mesece (proleće, jesen)	0,16	1,0
Zimska odeća	0,24	2,0



Ukupna toplota koja sa osobe se predaje njegovoj neposrednoj okolini, tj. na vazduh u prostoriji može se podeliti na latentni i senzibilni deo. Pri tome to odavanje toplote direktno zavisi od temperature vazduha u prostoriji, tabela 6.

Tabela 6. Odavanje toplote osobe zavisno od aktivnosti, temperature vazduha u prostoru [1]

Aktivnost	Odavanje	Temperatura vazduha u prostoriji, °C					
		18	20	22	23	24	26
B e z aktivnosti I, II nivo	Senzibilna toplota, W	100	95	90	85	75	70
	Latentna toplota, W	25	25	30	35	40	45
	Ukupna toplota W(*)	125	120	120	120	115	115
	Vlaga, g/h (**)	35	35	40	50	60	65
III nivo	Senzibilna toplota, W	125	115	105	100	95	85
	Ukupna toplota, W	190	190	190	190	190	190

Legenda

(*) – gotovo ne zavisi od temperature vazduha u prostoriji

(**) – može se otprilike izračunati množenjem latentne toplote sa 10/7

Treba napomenuti da osobe u prostoriji nisu samo izvori toplote već i vlažnosti, gasova kao što je CO₂, koji nastaje izdisanjem (tabela 7), mirisa, raznih čestica i sl. Svi ti faktori, takođe imaju veliki uticaj na osećaj ugodnosti.

Tabela 7: Odavanje CO₂ osoba zavisno od aktivnosti [7]

Nivo aktivnosti	Odavanje CO ₂ l/h
I	≈ 15
II	≈ 23
III	≈ 30
IV	≈ 40

21. LOKALNI TERMALNI POREMEĆAJ

Termalna radijacija ka hladnoj površini, ili jako kretanje vazduha u kombinaciji sa niskim temperaturama može uzrokovati lokalno hlađenje delova našeg tela. Ukoliko toplotni bilans nije značajno promenjen i ako mi stvarno ne želimo da nam bude toplije, ova radijacija može dovesti do diskomforta u obliku promaje. Problem može porasti ukoliko je površina poda hladna ili ako je velika temperaturna razlika između poda i glave. U ovom slučaju se često kaže da je vertikalni temperaturni gradijent velik. Neki primeri kriterijuma za izbegavanje lokalnih termičkih poremećaja su prikazani u tabeli 8.

**Tabela 8.** Primeri kriterijuma (ciljne vrednosti) u cilju izbegavanja lokalnih termalnih poremećaja

Faktor	Ciljna vrednost, °C	Napomena
Vertikalni temperaturni gradijent, meren između 0,1m i 1,1m iznad nivoa poda	< 3	Izmene vrednosti treba da odražavaju razliku temperatura između gležnja i vrata osobe koja sedi
Asimetrična radijaciona temperatura - iz toplog plafona - ka hladnom zidu - ka hladnom plafonu - iz toplog zida	< 5 < 10 < 14 < 23	Podaci pokazuju da smo više osetljivi na radijaciju iz toplog plafona nego iz toplog zida
Temperatura poda	19 do 26	Nivo temperature zavisi od toga da li je prostorija isključivo namenjena deci
Brzina vazduha	< 0,1 m/s na 20 °C < 0,15 m/s na 25 °C	Rizik doživljaja promaje raste kad brzina vazduha raste i temperatura se snižava

22. STANDARDI

Teorija profesora Fanger, koja je formulisana sedamdesetih godina prošlog veka je osnova sadašnjeg standarda ISO 7730. Standard je zasnovan na konceptu PMV/PPD. Ovaj koncept obuhvata široki stepen prihvatanja ugodnosti i široko je rasprostranjen. Standard je usvojen kao evropski i primenjen je u velikom broju država kao nacionalni standard. Ažuriran je 2006. i u njega je uključen izbor tri nivoa kvaliteta A, B i C. Nivo A odgovara PPD indeksu 6 %, nivo B indeksu 10 % i nivo C indeksu 15 %. U ranijim izdanjima standarda, preporučeno je da se indeks PPD održava ispod 10 %. Standard takođe predstavlja vodič za smanjenje rizika termalnih poremećaja.

SAD su 2004. godine usvojile standard u ovom polju, [1], isti je ažuriran i danas je zasnovan na konceptu PMV/PPD indeksu. Osamdesetih godina prošlog veka ovaj standard je bio zasnovan na najmanje 80 % zadovoljnih stanara sa termalnom klimom, takođe prihvata 20 % nezadovoljnih. Ovo je rezultat sumiranja efekta toplotnog bilansa tela, kao i pojava termalnog poremećaja, takvih kao što je promaja. Kao i ISO 7730 tako i ASHRAE standard 55 utvrđuje da PPD indeks treba da ima maksimalnu vrednost 10 %. Za preostalih 10 % nezadovoljnih pretpostavlja se da je uzrok lokalni termalni poremećaj.

Osiguranja tehničkog rešenja radi izbegavanja neprihvatljive niske temperature zimi je veoma jednostavno i to je vezano za korektna projektovanja toplotnog sistema. Sobna temperatura ne sme pasti ispod 20 °C, osim kada su napolju izuzetno niske temperature. U letnjem periodu često je neophodno prihvatiti temperature iznad ovih vezanih za komfor, kada se primenjuje koncept PMV/PPD indeksa.

ZAKLJUČAK

Kada se specificiraju zahtevi za termalnu klimu u projektu zgrade, onda to mora biti jasno utvrđeno, sa željenim temperaturama i ciljnim vrednostima za temperaturni gradijent. Potrebno je definisati opseg viših temperatura koji se može prihvatiti za tople letnje dane.

Kada se specificiraju zahtevi za termalnu klimu, oni moraju biti jasno utvrđeni sa željenim temperaturama i ciljnim vrednostima temperaturnog gradijenta. Potrebno je definisati opseg viših temperatura koji može biti prihvaćen za tople letnje dane. Ovo je kompromis između dobre termalne klime i



troškova tehničkog rešenja zahtevanog da zadovolji zahteve stanara. Ako ovo ne bi bilo dozvoljeno, onda bi suprotno spoljnoj i unutrašnja klima imala percepciju previše neugodnosti. U zgradama sa komfornim hlađenjem, rešenja moraju zahtevati održavanje sobne temperature 3 °C niže od spoljne temperature, kada raste iznad projektne letnje temperature.

U radnim prostorima, kao što su kancelarije razumno je dozvoliti temperature iznad gornjeg limita, saglasno konceptu PMV/PPD indeksa, 80 radnih sati godišnje. Inženjeri HVAC (KGH) klimatizacija, grejanje i hlađenje imaju obavezu da predstave klijentu kako ovi različiti nivoi zahteva utiču na cenu i kompleksnost instalacije.

LITERATURA

- [1] ASHRAE (2004) Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ASHRAE Standard 55-2004
- [2] Fanger, PO (1970), Thermal Comfort, Danish Technical Press, Copenhagen
- [3] ISO 7730, Ergonomics of the thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal discomfort
- [4] ISO 8996, Ergonomics – Determination of metabolic heat production
- [5] ISO 9920, Ergonomics of the thermal environmental – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble
- [6] VVS – Tekniska Förenmgen (2006), RI – Riktlinjen för specifikation av inneklimatkov, Stockholm
- [7] M. Krajčík, (2012), Thermal comfort and ventilation effectiveness in low energy buildings with mechanical ventilation and radiant heating / cooling systems, ph. D. thesis, Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Civil Engineering, 2012
- [8] M. Krajčík, R. Tomasi, A. Simone, B.W. Olesen, (2012), Subjective evaluation of different ventilation concepts combined with radiant heating, in: Proceedings of the 10th Healthy Buildings Conference 2012, Brisbane, Australia
- [9] B.W. Olesen, (2008), Radiant floor cooling systems, ASHRAE Journal, Septembar, 16-22.
- [10] EN 15251:2007, Indoor environmental input parameters for design and assesment of energy performance of buildings – addressing indoor air quality, thermal environmenta, lighting and acoustic, CEN, Brussels
- [11] CEN TR 1752, 1998, Ventilation for Building; Design Criteria for the indoor Environment, European Committee for Standardization, Brussels
- [12] B.W. Olesen, (2008), Thermal comfort criteria for design of heating systems, REHVA Journal 45 (4), 29-22
- [13] B.W. Olesen, (2012), Revision of EN 15251: indoor environmental criteria, REHVA Journal 49 (4), 6-12
- [14] R. Dear, K. Leow, A. Ameen, (1991), Thermal comfort in the humid tropics, Part 1, ASHRAE Transactions 97 (1), 874-879
- [15] B.W. Olesen, (1983), A simplified calculation method for checking the indoor climate, Part 2, ASHRAE Transactions 98



THERMAL CLIMATE

dr Dragan Škobalj²

Abstract: Indoor temperatures in modern buildings are often regulated within very close limit. In fact, a number of the guiding principles in this field are based on the insight that air perception of thermal climate becomes more positive, the more constant the temperature is maintained. Energy consumption of buildings depends significantly on the criteria used for the indoor environment and building design and operation. The environmental factors that define the indoor environmental quality are: thermal comfort, indoor air quality, acoustic comfort and visual comfort. This paper approaches prediction of thermal comfort in closed spaces on the basis of PMV-PPD model. The main challenge now, however, is now to deal with personal thermal comfort preferences in an occupied room, when everyone is dressed differently and has their own individual pattern of movement.

Key words: indoor temperatures, PMV-PPD model, energy consumption of buildings, thermal climate.

² Prof.dr Dragan Škobalj, redovni profesor, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH,

KOMPARATIVNA ANALIZA INSOLACIJA I KLIMATSKIH FAKTORA U SPECIFIČNIM GRADOVIMA SRBIJE

Ivica Cvetković ¹, Ernad Jabandžić ², Velemir Zekić ³

UDK 551.521.2:551.583(497.11)

DOI 10.7251/AKPR2402082C

Sažetak: Kao odredišni zadatak i cilj ovog rada je, da trebamo doći od nasumično odabranih pet gradova, do najoptimalnijeg grada Republike Srbije za instalaciju PV sistema-PV elektrana u cilju uštede električne energije, nama u ovom aktuelnom vremenu su izuzetno potrebne, kao dodatnih energetske održivih resursa električne energije. Ovim radom dajemo učinak i zaštiti okoline, pri čemu sa ovim PV sistemima kojima čuvamo i životnu sredinu, koristeći besplatnu energiju Sunca, konvertovanu u električnu energiju. On grid sistema povezanim na elektroenergetski sistem, vršimo distribuciju i dopunu iste bez zagađenja. Koristićemo parametre koji su najbitniji za izbor gradova Republike Srbije - od pet nasumice izabranih, a na kraju i izbor grada koji će biti najoptimalniji za instalaciju i postavku PV elektrana. Izdvojene parametre ulaznih Globalnu horizontanu (GHI), direktnu normalnu insolaciju (DNI), energije Sunca i izlaznih -konvertovanih električnih energija PVout specific, klimu, kao i ostale varijable (parametre), koje ubacujemo u informacione softvere (baze podataka ili softverske alate: Global Solar Atlas, RETScreen, NASA, RETScreen expert, PVGIS), koji sami vrše proračune nama potrebnih podataka (sa graficima softverskih baza podataka i iz tabela informacionih baza podataka pri čime vršimo analizu, dobijamo rezultate grafičke ili tabelarne). Cilj je da dobijamo svrstane i obrađene podatke, koje obavezno tabelarno svrstavamo i upoređujemo. Vršeći uporednu analizu podataka za nasumice odabrane gradove, dobijaćemo rezultate izvode nama bitne i potrebne zaključke o pogodnosti postavke PV sistema. Zatim ćemo, interpretirati i upoređivati rezultate istraživanja, napraviti komparativnu analizu za gradove; na kraju ćemo tabelarno svrstati grad sa najoptimalnijim uslovima za instalaciju PV elektrana, sa tabelarno dobijenim rezultatom za postavku PV sistema. Izvršićemo analize izvesti samo rezultate koji podupiru empirijske podatke i dokaze vezane za ovaj grad najpogodniji za instaliranje PV elektrana i da je upravo on najpovoljniji grad po svim postavljenim parametrima (insolacija, godišnji sati osunčavanja, klima, izbor panela, nadmorska visina, ekonomski uslovi). Posebno ćemo ovde, napraviti mali osvrt na pojedine aspekte doprinosa zaštite životne sredine u kontekstu ovog rada, zatim izvući iz dobijenih rezultata izvesne sumativne zaključke vezane za sam predmet istraživanja kao i koristi, dobrobiti i doprinose koje možemo dobiti ovim radom, sa osvrtom i na najaktuelnije, najsavremenije trendove i izazove u oblasti energetike, veštačke inteligencije (AI) i njene uloge u crpljenju energije, čime dajemo još jedan doprinos ovom radu.

Ključne reči: insolacija, klimatsko-meteorološki uslovi, temperatura, nadmorska visina, informacione baze podataka

1. UVOD

Da bi se ostvario osnovni cilj ovog rada (od nasumice odabranih pet gradova Srbije, odabrati najoptimalniji za postavku PV sistema), potrebno je metodološki prisupiti ovom naučnom radu pa će predmet istraživanja biti, najpre klimatsko-električni uslovi koje treba zadovoljiti, da prirodu sunčeve svetlosti koja pada na Zemlju postavljanjem PV sistema konvertujemo u električnu, na najboljem mestu zadovoljavajući bitne parametre (fizičke, geofizičke, solarno-energetske, električne, klimatske) u kom

¹ **Ivica Cvetković, mr,** Univerzitet "Privredna akademija" Brčko district BiH, Fakultet tehničkih nauka, Petra Kočića 6, 76000 Brčko distrikt BiH, E-mail: ivicaaleksinac.ic@gmail.com

² **Ernad Jabandžić, dr,** Docent, Univerzitet "Privredna akademija" Brčko district BiH, Fakultet tehničkih nauka, Petra Kočića 6, 76000 Brčko district BiH, E-mail: ernad.jabandzic@privrednaakademija.edu.ba

³ **Velemir Zekić, dr,** Docent, Univerzitet "Privredna akademija" Brčko district BiH, Fakultet tehničkih nauka, Petra Kočića 6, 76000 Brčko district BiH, E-mail: velemirz@gmail.com



gradu od nasumice odabranih pet gradova Srbije, odredimo najoptimalniji grad za instalaciju PV sistema ili PV elektrana. Parametre i veličine korišćenjem informacionih baza podataka, povezanim sa satelitskim podacima klime, insolacijama, a sa Zemlje, meteorološkim stanicama, meteoroloških baza, čak i lokalnih meteoroloških baza, zatim nama bitnim podacima (parametarima) predhodno pomenutih. Rezultatima tih podataka dokazujemo i predstavljamo, da za ovde odabrane gradove Srbije, odredimo u kojim od njih postoje najbolji uslovi ekološki, ekonomski i drugi, osim predhodnih parametara. Ovaj članak treba da pruži mali doprinos na osnovu nasumičnog odabira gradova, za još veće ulaganje u solarne sisteme nasumice odabranih gradova Srbije, pruži osnovne podatke svrstane u tabele, za najbolji grad za instaliranje PV sistema potpomažući na taj način elektroenergetski sistem elektroprivrede Srbije, a danas izuzetno potrebne i neophodne sa porastom potražnje za dodatnom energijom, zbog izuzetno velike potrošnje novih tehnologija, IT sektora, energetski i memorijski jakim globalnim sistemima komunikacije, razvojem energetski iscrpne veštačke inteligencije (AI), a i nemarnim korišćenjem potrošača energije, kao i potrebom za smanjenje korišćenja neobnovljivih izvora energije-fosilnih goriva, uz ekonomsku, ekološku, energetsku, na kraju i edukacionu korist bolju informisanost za sve. Ovde korišćenjem baza podataka hidro- meteoroloških zavoda Srbije, klimatske podatke za insolacije, i informativnih baza podataka dostupnih na internetu u vidu platformi (koje možemo instalirati na svoj računar), koristiti karakteristike PV modula sa ovih baza podataka (RETScreen, NASA, Solar Global Atlas, Solargis, PVGIS Surface methodology, Solar database). Ovi softveri će biti i osnovni indikatori u proučavanju parametara-veličina značajnim za naše istraživanje uporednom analizom gradova sa kapacitetima gradova za korišćenje solarne energije pretvorene u električnu, uz osvrt na zaštitu okoline i doprinosima samog rada u zaključku.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA POGODNOSTI ZA POSTAVLJANJE PV SISTEMA ILI PV ELEKTRANA

Metodologija rada u svojoj najprostijoj osnovi, imaće zadatak da najpre na osnovu obrađenih eksperimentalnih podataka meteoroloških klimatsko baznih stanica i napred pomenutih informacionih platformi (softvera Global Solar Atlas, RETScreen expert NASA, PVGIS), koje najpre instaliramo na svoj računar, ili koristimo online izdvajamo - „mapiramo” nasumično odabrane gradove (pet grada Srbije) i ubacujemo solarne i električne veličine, kao i da izdvojimo meteorološko- klimatske parametre, geografske i dobijamo grafike, tabele, a sami na kraju sa ovih informativnih baza podataka izdvajamo i svrstavamo ih u svoje (najbitnije) tabele, odakle radimo komparativne analize, izvodimo rezultate i zaključke o najpodesnijim gradovima i na kraju najpovoljnijeg grada za postavljanje i instalaciju PV sistema gde dokaze predstavljamo, pri čemu možemo preporučiti taj najpovoljniji grad da u njega najpre ekonomski ulažemo i dajemo subvencije za ugradnju većeg broja solarnih elektrana, iako je veći deo Srbije i regiona izuzetno povoljan za postavljanje solarnih sistema-PV elektrana, kao i ostalih obnovljivih vidova energije, zbog već vidljive energetske krize u zemljama EU, nedostataka fosilnih i neobnovljivih vidova energenata, kao i zagađenja njihovim korišćenjem. Zatim zbog klimatskih promena, izazvanim raznim geofizičkim i drugim faktorima, delovanjem čoveka, korišćenjem fosilnih goriva kojima ugrožavamo životnu sredinu, o čemu na kraju rada dajemo poseban osvrt o zaštiti životne sredine, kao i o iscrpljivošću energetske potencijala korišćenjem i opterećenjem energetike veštačkom inteligencijom (AI). Nakon toga, što je za analizu najbitnije, interpretirati i upoređivati rezultate istraživanja, napraviti komparativnu analizu za ukupno pet gradova Srbije (tabelarno svrstali dobijene vrednosti, izvršili analize izvesti samo rezultate koje podupiru empirijski podaci i dokazi). Na kraju analizom rezultata tabelarno prikazanih sa zaključcima o klimi⁴, insolaciji, izborom PV kristalnih modula i panela, napravićemo i tabelarno prikazati i analizirati konačne rezultate ovog komparativnog istraživanja, dobiti jedan grad za najoptimalniju instalaciju PV elektrana. Deo rada će obuhvatiti ukupne rezultate istraživanja, kao sa aspekta zaštite životne sredine za dobijeni najoptimalniji grad, za instalaciju PV sistema detaljnije i sa kratkom observacijom na osnovu predhodnih

⁴ <https://worldweather.wmo.int/en/home.html> (nov.2024)



podataka za ostale „optimalne” gradove mogli da izvedemo zaključke o zaštiti okoline, a zatim ćemo neke kratke opservacije i potvrde pretpostavki i kao doprinose u rada u raznim oblastima.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA METODAMA PRIMENJENIM U ISTRAŽIVANJU

Izvršićemo uporednu analizu klime, insolacija sa vremenima sunčanih dana izraženim u časovima tokom godine, nadmorskim visinama u gradovima; na osnovu simulacione platforme RETScreen, NASA, podataka sa RHMZ Srbije uzeti podatke, a i uzeti podatke koji bi bili najmanji gubici za gradove gde su po raznim parametrima postavljeni moduli i koji bi imali i u kom gradu najmanje gubitke, i izdvojiti taj grad i taj tip PV ćelije (modula), to staviti u tabelu. Zatim ćemo, detaljno analizirati sa slikama, graficima, tabelama i doći do svojih rezultata, sa tabelama gde ćemo najdetaljnije analizirati, obraditi eksperimentalne podatke i proračune, najpre sa simulacionih softvera i platformi Global Solar Atlas, a deo za insolaciju i klimu RETScreen NASA, obraditi relevantne podatke i rezultate. Na kraju izvršiti uporednu analizu za klimu-vreme godišnjeg osunčavanja u satima tokom godine, optimalnim uglom postavljanja PV panela, insolacije DNI i GHI, sa izlaznim električnim karakteristikama PV sistema-elektrana, za pet grada Srbije, odabrati jedan grad koji ispunjava najpovoljnije uslove za instalaciju PV elektrana. Određivanje klime i gradova Srbije, sa najboljim i najvećim satima insolacije tokom godine, kao i uslovima meteoroloških i geografskih – nadmorske visine da bi dobili prve rezultate istraživanja, i dobiti grad koji bi na osnovu ovih parametara imao najbolje uslove za postavku PV elektrana u Srbiji, ulaganja u tom smeru. Bitne su i temperature, jer se solarni paneli zagrevaju tokom sunčanih dana, što može uticati na njihovu performansu. Znamo da su bitne i temperature, prevelike temperature pobuđujući atome na oscilovanje, koji ometaju slobodne elektrone pri krata-nju, pa izlazne snage i energije bivaju „ugušene”, i tada PV paneli daju manje izlazne snage. Pogodno je ipak, da temperatura bude visa u modulima zbog raznih drugih gubitaka. Nagib i orijentacija panela i dodirnih krovova takođe igraju ključnu ulogu. Gradovi sa krovovima usmerenim ka jugu imaju bolje uslove za maksimiziranje solarnog prikupljanja. Naravno izuzetno je bitna i lokacija grada. Nije isto dal je u južnim ili severnijim krajevima postavljen panel a faktori lokacije grada zbog postavljanja panela i sama brzina vetra i stvaranje senke na PV elektranu.

3.1. Istraživanja klime u Srbiji i gradovima Srbije (Subotice, Beograda, Niša, Kruševca, Novog Sada), radi određivanja najpovoljnijeg grada za postavku PV elektrana

Srbija ima povoljne uslove za solarnu energiju zbog visokog broja sunčanih sati tokom godine. Ovo je ključni faktor za efikasnost solarnih panela jer veći broj sunčanih sati znači veću proizvodnju električne energije. *Subotica* se nalazi u severnom delu Srbije, u blizini granice sa Mađarskom, i karakteriše je umereno kontinentalna klima. Leto u Subotici je toplije sa prosečnim temperaturama koje se kreću oko 20-25°C. Tokom letnjih meseci, temperature mogu dostizati i preko 30°C do 35°C, posebno tokom julskih i avgustovskih vrućih talasa sa maksimumima i do 38°C. Noći su obično prijatne i tople. Zime su hladne u Subotici, sa prosečnim temperaturama koje padaju ispod nule. Januar je najhladniji mesec, kada temperature mogu biti ispod -5°C, a povremeno i niže. Proleće i jesen su umereno topli periodi sa učestalim promenama temperature. Proleće može biti promenljivo sa naglim temperaturnim oscilacijama, dok je jesen obično stabilnija i prijatnija. Subotica ima prilično ravnomernu distribuciju padavina tokom godine. Najviše padavina pada u prolećnim mesecima, dok je leto obično suvo. Zima može doneti obilnije snežne padavine, ali sneg obično brzo nestaje. Subotica uživa u velikim insolacijama- visokom broju sunčanih sati tokom godine, što je karakteristično za Panonsku nizinu.

Ovo je povoljno za razvoj solarnih tehnologija kao što su solarni paneli, pogotovo na delovima nenaseljenih peščara i sličnih krajeva. Leto je toplo, zima hladna, a sunčani dani česti tokom cele godine. Grad ima visok procenat sunčanih dana tokom godine, sa prosečnim brojem sunčanih sati koji varira od 2000 do 2200 sati godišnje, što je dobro za postavljanje PV sistema, PV elektrana. *Beograd* se nalazi u centralnom delu Srbije, na ušću reke Save u Dunav, i karakteriše ga umereno kontinentalna



klima. Leto u Beogradu je toplo i suvo. Prosečne temperature tokom letnjih meseci (jul i avgust) kreću se između 25°C do 30°C, ali mogu dostizati i preko 35°C tokom vrućih jula i avgusta do 39°C talasa. Noći su obično tople, što doprinosi ukupnom toplom vremenu tokom leta. Zime su hladne u Beogradu, sa prosečnim temperaturama koje variraju oko 0°C. Januar je najhladniji mesec, kada temperature mogu padati ispod nule, a sneg je čest, mada nije obilniji u poređenju sa nekim drugim delovima Srbije. Proleće u Beogradu može biti promenljivo sa naglim temperaturnim oscilacijama, ali obično je prijatno sa postepenim porastom temperatura. Jesen je stabilnija, sa prijatnim temperaturama i manje kiše u poređenju sa prolećem. Beograd ima relativno ravnomernu distribuciju padavina tokom godine. Najviše padavina obično pada u prolećnim mesecima (mart i april), dok su leto i jesen sušniji periodi. Grad Beograd uživa u visokom broju sunčanih sati tokom godine, što je povoljno za razvoj i postavljanje solarnih tehnologija kao što su solarni sistemi. Beograd ima umereno kontinentalnu klimu. Zime su hladne sa povremenim snežnim padavinama, dok su leta topla sa čestim vrelim talasima. Grad Beograd takođe ima dosta sunčanih dana tokom godine, sa brojem sunčanih sati koji može biti oko 2100 sati godišnje. Niš se nalazi na jugu Srbije, u dolini reke Nišave, i karakteriše je subkontinentalna klima sa suptropskim karakteristikama. Leto u Nišu je izuzetno toplo i suvo. Prosečne temperature tokom letnjih meseci (jul i avgust) obično se kreću između 25°C do 30°C, ali mogu dostizati i preko 35°C tokom vrućih talasa, maximumi su ponekad do oko 43°C. Noći su obično tople i prijatne. Zime su blage u Nišu u poređenju sa severnijim delovima Srbije. Prosečne temperature zimi kreću se oko 0°C, a retko padaju ispod -5°C. Proleće u Nišu može biti promenljivo, sa naglim temperaturnim oscilacijama, ali obično je prijatno sa postepenim porastom temperatura. Jesen je stabilnija i prijatna. Niš ima relativno ravnomernu distribuciju padavina tokom godine, sa tendencijom većih količina padavina u proleće i jesen. Leto je obično suvo, dok zima može doneti nešto više padavina u vidu kiše i snega. Niš uživa u visokom broju insolacija- sunčanih sati tokom godine, što je tipično za južne delove Srbije. Ovo je povoljno za razvoj solarnih tehnologija. Klima u Nišu, sa svojim suptropskim karakteristikama, čini ovaj grad prijatnim za život i aktivnosti tokom cele godine. Topla leta i blage zime često privlače posetioce, turiste, omogućavaju raznovrsne aktivnosti u prirodi i spoljašnjim prostorima. Niš se nalazi na jugu, Grad Niš ima izraženu insolaciju, sa većim brojem sunčanih sati tokom godine nego u severnijim gradovima, često i preko 2500 sati godišnje. Kruševac se nalazi u centralnom delu Srbije, na južnim obroncima planine Jastrebac, i karakteriše je umereno kontinentalna klima. Leto u Kruševcu je toplije, ali ne tako ekstremno kao u nekim delovima Srbije. Prosečne temperature tokom letnjih meseci (jul i avgust) obično se kreću između 25°C do 30°C. Ponekad mogu dostizati i preko 35°C i u zadnje vreme do oko 41°C tokom vrućih talasa. Noći su obično prijatne i tople. Zime u Kruševcu su hladnije, ali opet ne tako ekstremno kao na severu zemlje. Prosečne temperature zimi kreću se oko 0°C, a retko padaju ispod -5°C. Sneg je prisutan tokom zime, ali nije obilan kao u planinskim predelima. Proleće u Kruševcu može biti promenljivo sa naglim temperaturnim oscilacijama, ali obično je prijatno sa postepenim porastom temperatura. Jesen je stabilnija i prijatna. Kruševac ima relativno ravnomernu distribuciju padavina tokom godine. Najviše padavina obično pada u proleće i jesen, dok su leta obično suva. Kruševac uživa u visokom broju sunčanih sati tokom godine, što je karakteristično za centralni deo Srbije. Ovo je povoljno za razvoj solarnih tehnologija kao što su solarni paneli. Opšti utisak o klimi u Kruševcu je da se radi o umereno kontinentalnoj klimi sa izraženim godišnjim temperaturnim oscilacijama. Ovi uslovi omogućavaju raznovrsne aktivnosti tokom godine, sa toplim letima i relativno blagim zimama, što čini Kruševac prijatnim mestom za život i aktivnosti na otvorenom prostoru. Grad Kruševac ima sličan nivo insolacije kao i Beograd, sa prosečnim brojem sunčanih sati oko 2100-2200, godišnje. Novi Sad se nalazi u severnom delu Srbije, i karakteriše ga umereno kontinentalna klima. Evo detaljnijih karakteristika klime u Novom Sadu: Leto u Novom Sadu je toplije, ali ne intenzivno. Zime u Novom Sadu su hladne, ali blage u poređenju sa drugim delovima zemlje. Prosečne temperature zimi kreću se oko 0°C, a retko padaju ispod -5°C. Sneg je prisutan tokom zime, ali obično nije obilan i ne traje dugo. Proleće u Novom Sadu je sa optimalnim temperaturama. Novi Sad ima relativno ravnomernu distribuciju padavina tokom godine.



Tabela 3.1. Prosečne temperature u gradovima Srbije u periodu 30 godina. Izvor: RHMZ Srbije i RETScreen platformi

Gradovi	Srednje, prosečna temperature u stepenima Celzijusa	Prosečne nadmorske visine
Subotica	12,1	110m
Novi Sad	12,6	80m
Beograd	12,8	117m
Kruševac	12,0	186m
NIŠ	12,2	194m

Tabela 3.2. Prosečni godišnji broj sati osunčanosti gradova u Srbiji, godišnji broj sati sunčevog zračenja (insolacija) zadnjih 30 godina, sa klimatskim podacima)

Izvor: https://www.hidmet.gov.rs/latin/meteorologija/klimatologija_srbije.php (nov.2024)

Gradovi Srbije	Dužina trajanja sijanja Sunca (h)	Količina padavina (mm)	Vlažnost vazduha (%)	Oblačnost (%)
Subotica	2112,9	550,9	69,73	5
Novi Sad	2062,4	613,3	71,28	5
Beograd	2073,2	692,5	68,50	5
Kruševac	1777,8	636,3	76,5	5
Niš	1956,3	591,4	70,15	5

Tabela 3.3. Prosečni godišnji broj sati osunčanosti gradova u Srbiji, godišnji broj sati insolacija

Gradovi	Dužina trajanja sijanja Sunca (prosečna godišnja insolacija) h	T(°C)
Subotica	2200-2300 h	10,75
Novi Sad	2000-2100 h	11,18
Beograd	1950-2100 h	12,22
Kruševac	Oko 1950-2250 h	11,03
Niš	Do oko 2500 h	11,64

**Tabela 3.4.** Gubici koji utiču na solarne ćelije module, kao ostali gubici (vezani za insolacije)

G R A D	Gubici solarne elektrane koji potiču od temperature lokalnog ambijenta na:			Gubici solarne elektrane koji potiču od refleksije sunčevog zračenja			Ostali gubici (na provodnicima, inverterima, itd.)
	c-Si solarnim fixnim modulima	CdTe solarnim modulima	CIS solarnim modulima	c-Si solarnim modulima	CdTe solarnim modulima	CIS solarnim modulima	
SU	9,0 %	- 0,3 %	7,5 %	2,8 %	2,8 %	2,8 %	14 %
NS	9,7 %	0,3 %	8,1 %	2,9 %	2,9 %	2,9 %	14 %
BG	9,9 %	0,6 %	8,2 %	2,9 %	2,9 %	2,8 %	14 %
KŠ	10,2 %	1,0 %	8,5 %	2,9 %	2,9 %	2,9 %	14%
NI	10,3 %	1,0 %	8,5 %	2,9 %	2,9 %	2,9 %	14%

Najviše padavina obično pada u proleće i jesen, dok su leta često suva. Novi Sad uživa u visokom broju sunčanih sati tokom godine oko 2200 sati godišnje, što je karakteristično za ravničarske predele Vojvodine. Ovo je povoljno za razvoj solarnih tehnologija kao što su solarni PV paneli.

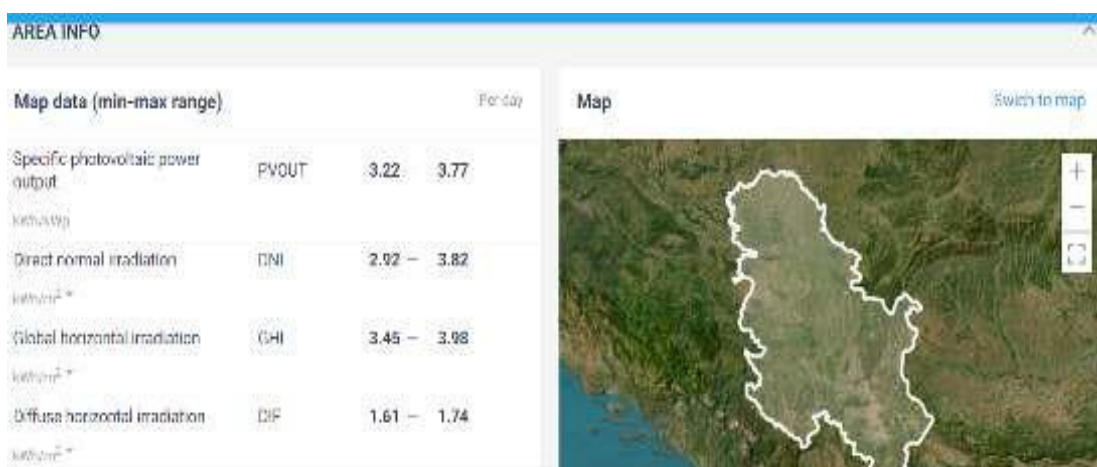
Analizom dobijenih rezultata sa tabele, dobijenih korišćenjem i lokalnih i RHMZ Srbije, platforme RETScreen. Sa tabele 3.4. vidimo da klima i insolacija, temperatura tokom godine direktno može uticati na ponašanje PV ćelija-modula, pa sa tabele 3.4. vidimo da njenom analizom možemo doći i do zaključaka za nas bitnih oko izbora PV ćelija i tipa ćelija sa karakteristikama PV ćelija koje će definitivno uticati, a to ćemo videti kasnije i na izlazne snage dobijenih izlaznih snaga ćelija u zavisnosti od grada i RETScreenom određujemo i crtamo ovu tabelu. Sa nje se definitivno vidi da gradovi Niš i Kruševac bi imali dosta male gubitke ako koriste Cd Te solarne module za instalaciju solarnih PV elektrana. Opet je Niš taj grad koji bi bio optimalan zbog južnijeg geografskog položaja, moduli sa malo gubitaka CdTe, za postavljanje solarnih PV elektrana. Znači za grad Niš je najbolje odabrati module sa ćelijama CdTe, sa skoro zanemarljivim gubicima (ali je prodajna cena tih modula malo veća, a i telur kao hem. element nije pogodan za postavljanje, pogotovo na postavljane obradivih površina zbog male toksičnosti, mada za male površine na krovovima malih stambenih prostora, zbog većih izlaznih snaga i malo gubitaka od 1% je pogodan, za grad Niš. Sa Tabele 3.3. vidimo da se izdvajaju tri grada po predhodnim godinama po godišnjem brojem časova osunčanosti gradova u Srbiji a najbolji za postavljanje panela je je ovaj sa najviše sunčanih dana- grad Niš, sa više od 2500 h osunčanosti tokom godine, zatim i po položaju i geografsko-klimatskim karakteristikama, a najbitnije za zadnjih 10 godina ima drugi po redu, najveći broj osunčanih dana Kruševac sa oko 2250h, a Subotica i Novi Sad su sa 2200h su na trećem mestu, zadnjih 10 godina interesatno je da je Niš pre 35 i više godina u jednom trenutku imao izuzetno mali broj sunčanih sati insolacija oko 2070h, a Beograd imao tada 2100h insolacija, što je tih godina Znači na osnovu svih ovih klimatsko-solarnih i geografskih karakteristika ovde u ovom klimatsko insolacijskom razmatranju i za postavljanje PV elektrana najpogodniji je grad Niš, zbog južnijeg geografskog položaja, malih gubitaka kod CdTe modula, malo više nadmorske visine, kao i broja osunčanih dana tokom godine koji nadomešćuje određene parametre, gde ćemo kasnije i videti da za DNI i GHI ima najbolje rezultate.

Prvi rezultati ovog jednog dela klimatskih istraživanja, svode se, u cilju određivanja grada da na osnovu merenja meteoroloških baznih stanica i podataka RHMZ Srbije, samo po broju časova godišnjeg osunčavanja, i nadmorskih visina (koje će već u narednoj tabeli biti evidentirane, kao elevacija), dobili smo da ukupni sumirani uslovi za postavljanje PV elektrana, samo na osnovu jednog bitnog parametra (broj časova sunčevog zračenja u toku godine), i drugog bitnog uslova-nadmorske visine izvodimo da su naj-

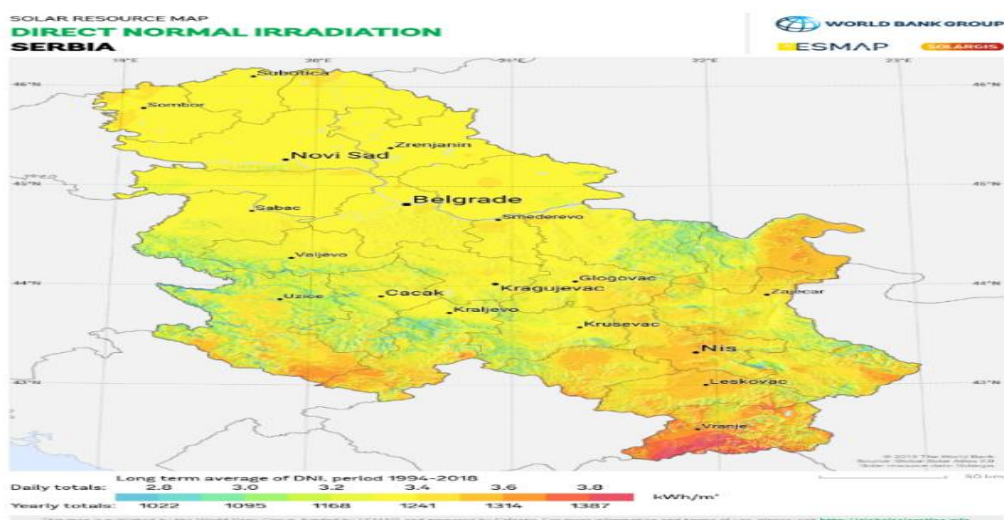
bolji uslovi su u gradu Nišu, više od 2500 časova godišnje, čija je nadmorska visina takođe najveća 194 metara, a zatim ide Kruševac zbog nadmorske visine 186 metara i broja sunčanih časova tokom godine od oko 2250 časova tokom godina, zatim Subotica i Novi Sad sa 2200h, Subotica nadmorske visine od oko 110 metara i Novi Sad sa nadmorskom visinom od samo 80 metara od nivoa mora.

Beograd ima oko 117 m nadmorsku visinu, a insolacija tokom godine postoji oko 2100 h tokom godine (sa rezultatima zadnjih 10 godina). Konačni klimatsko-termički rezultat implicitno, zatim insolacijsko-geografskih, u ovom delu kaže da je Grad Niš baš taj grad (od nasumice odabranih gradova u Srbiji), koji na osnovu samo, broja časova osunčavanja tokom godine, klime i nadmorske visine ima odlične uslove za postavljanje solarnih PV elektrana modula, velike nadmorske visine, kao i broja osunčanih dana tokom godine, a proveru i dokaz tačnosti ovih rezultata za Niš kao početne rezultate za gradove Srbije i dokaze možemo naći i preko simulacionih platformi. Na osnovu svega navedenog prema teorijsko-empirijskim podacima za postavljanje PV elektrana najpogodniji je grad Niš, zbog južnijeg geografskog položaja, malih gubitaka kod CdTe, veće nadmorske visine, subtropske klime, najvećeg broja osunčanih dana tokom godine, ovaj grad je onaj gde najpre treba (od nasumično odabranih za Srbiju) vršiti postavljanje PV elektrana, hibridnih elektrana, sa solarnim termalnim elektranama, a zbog solidnih udara vetrova na velikim nadmorskim visinama i vetroparkove, na goletima iznad Niša-što nebi uticalo na životnu sredinu.

REPUBLIKA S R B I J A (podaci sa simulacionih platformi Global Solar atlas, RETScreen, NASA) 09.06.20.

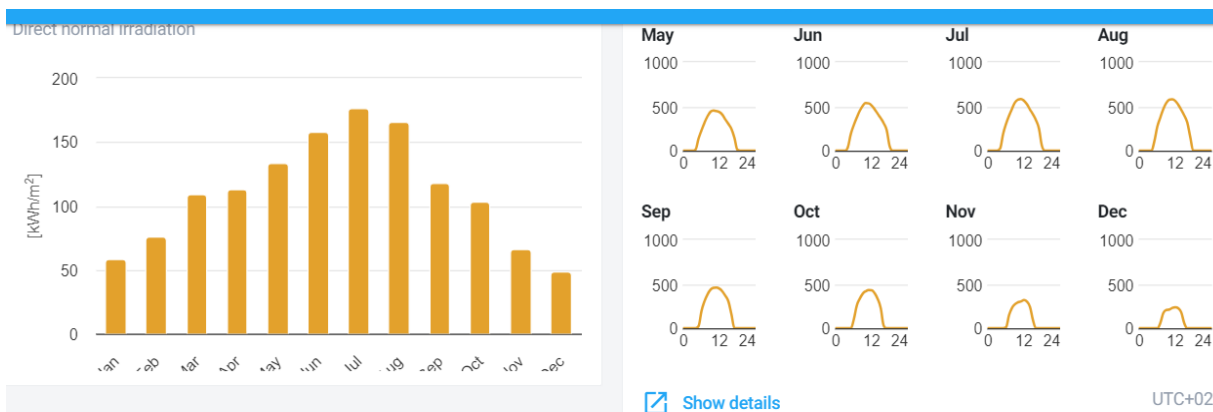


Slika 3.2. Insolacije i PVOUT snage, enerije-na dnevnom nivou

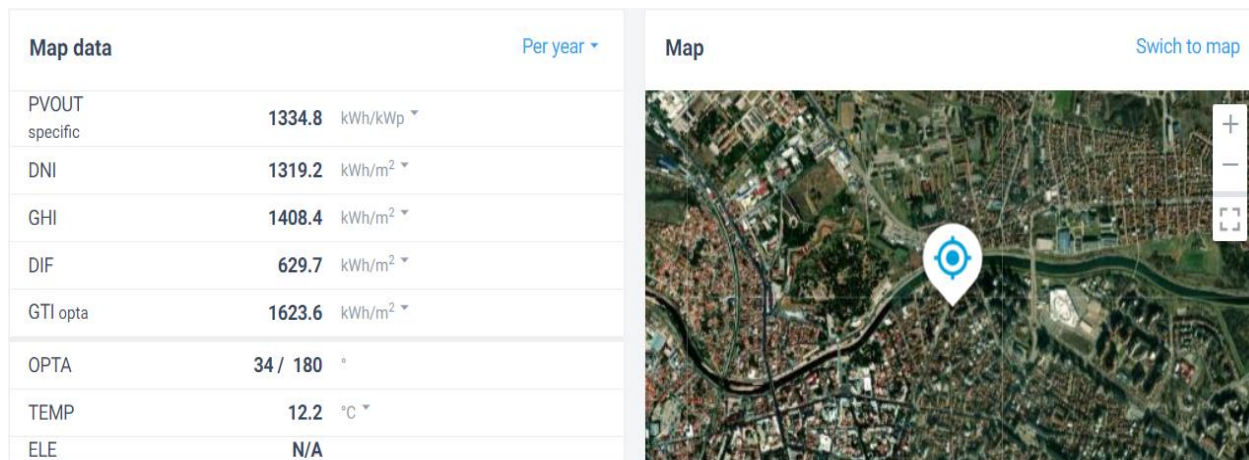


Slika 3.3. Normalno direktno zračenje sa ukupnim godišnjim i ukupnim dnevnom zračenjem

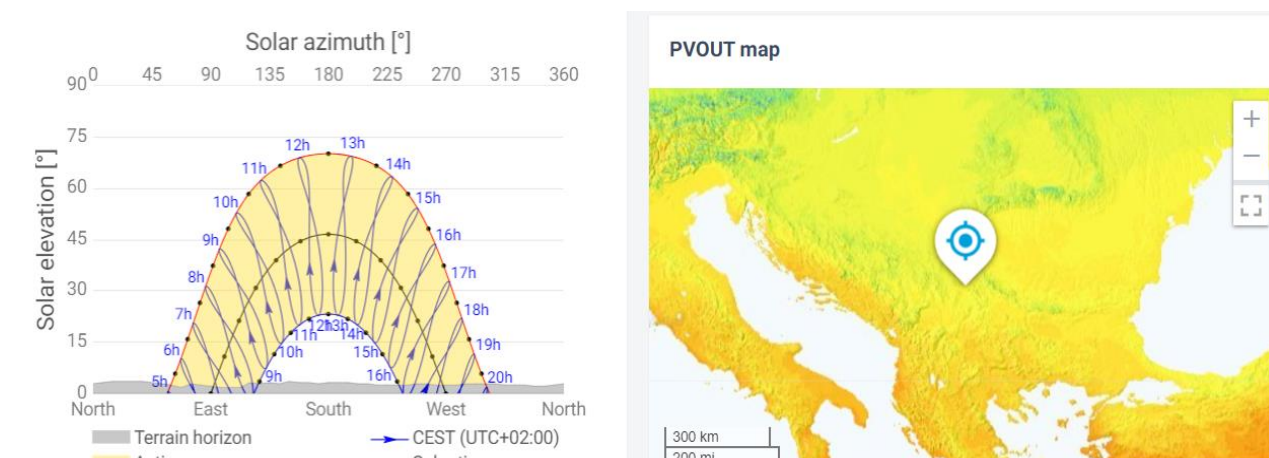
NIŠ, grad 1 (Niš- potencijali insolacije u Republici Srbiji), 43.32113° geografska širina, geografska dužina 021.895923° Trg Краља Милана, City of Niš, Central Serbia, Serbia, Time zone: UTC+02, Europe, Report generated: 9 Jun 2024 Global Solar Atlas



Grafik 3.1. sa geografskim,PV, solarnim i klimatskim podacima



Slika 3.4. Lokalitet, karakteristike iradijacije ,električne karakteristike PV panela,klimatske karakteristike za Niš,Srbija Izvor: <https://globalsolaratlas.info/map>



Slika 3.5. Geografski položaj grada Niša, vreme datum položaj,ugao Zemlje u odnosu na Sunčevo zračenje-cilindrični sistem



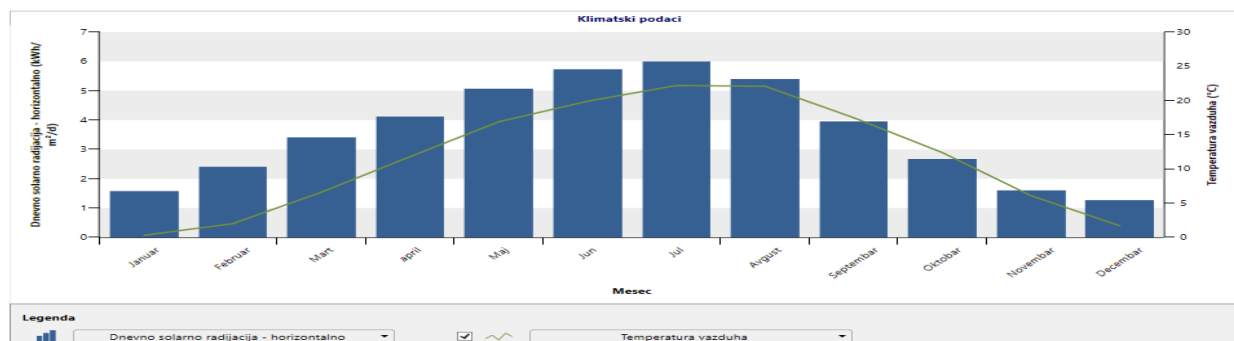
Direct normal irradiation [Wh/m²]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5					14	37	23					
5 - 6				42	134	186	186	105	22			
6 - 7		10	91	187	229	286	301	272	192	96	11	
7 - 8	53	160	243	276	312	374	394	372	304	251	146	57
8 - 9	189	261	327	351	385	450	472	470	379	329	228	166
9 - 10	233	306	380	401	437	508	541	536	432	386	269	201
10 - 11	253	326	407	410	451	536	574	573	454	417	289	209
11 - 12	265	338	420	407	446	533	579	579	459	428	302	228
12 - 13	277	347	411	397	434	509	562	564	447	427	313	234
13 - 14	267	345	390	371	404	465	524	518	414	391	297	223
14 - 15	228	303	342	320	350	417	467	458	363	328	237	178
15 - 16	108	238	289	278	303	370	413	397	298	225	89	55
16 - 17		43	173	222	246	308	344	319	157	29		
17 - 18			13	86	145	231	249	154	3			
18 - 19					10	50	53	4				

Slika 3.6. DNI energija- mesečne, u toku godine izražena u (Wh/m²). Izvor: <https://globalsolaratlas.info/detail?c=43.345766,21.940207,11&s=43.32113,21.895923&m=site>

Mesec	Temperatura vazduha °C	Relativna vlažnost %	Precipitacija mm	Dnevno solarno radijacija - horizontalno kWh/m ² /d	Atmosferski pritisak kPa	Brzina vetra m/s	Temperatura zemlje °C	Grejni stepen dani 18 °C °C-d	Hlađenje stepen-dani 10 °C °C-d
Januar	0.3	80.5%	65.30	1.59	95.5	1.9	-1.6	549	0
Februar	2.0	74.2%	65.54	2.42	95.3	2.0	0.1	448	0
Mart	6.6	66.0%	58.07	3.41	95.2	2.5	5.3	353	0
april	11.8	64.4%	64.87	4.13	94.9	2.2	10.8	186	54
Maj	16.9	66.0%	73.20	5.08	95.0	2.0	16.7	34	214
Jun	19.9	66.9%	78.63	5.75	95.1	1.8	20.6	0	297
Jul	22.2	63.1%	79.98	6.00	95.1	1.9	23.2	0	378
Avgust	22.1	62.1%	73.81	5.42	95.1	1.8	23.3	0	375
Septembar	17.5	68.7%	81.34	3.95	95.3	1.7	18.2	15	225
Oktobar	12.4	73.3%	73.20	2.67	95.5	1.8	12.0	174	74
Novembar	6.1	78.2%	74.42	1.62	95.4	1.9	4.8	357	0
Decembar	1.7	81.4%	82.41	1.28	95.5	2.0	-0.5	505	0
Godišnje	11.7	70.4%	870.78	3.62	95.2	2.0	11.1	2,621	1,618
Izvor	Uzemljenje	Uzemljenje	NASA	NASA	NASA	Uzemljenje	NASA	Uzemljenje	Uzemljenje
Mereno na					m	10	0		

Tabela 3.6. Klimatski parametri za Niš, sa insolacijama i sa parametrima i veličinama PV sistema



Grafik 3.2. Klimatski uslovi i solarna dnevna iradijacija, temperatura-Niš grad (RETScreen, NASA-klimatske platforme)



Grafik 3.3. Klimatski uslovi i solarna dnevna iradijacija, brzina vetra -NIŠ grad- RETScreen,NASA, klimatske platforme



Slika 3.7. Klimatski podaci: Izgled platforme RETScreen Expert, NASA(instalirana na PC)

Tabela 12. Ukupne prosečne vrednosti tokom godine- insolacija, sa uglom insolacijama, uglom optimalnim za postavljanje PV solarnih sistema sa karakteristikama modula: električnim i insolacijama, i za istraživanje bitne DNI i prosečne vrednosti temperatura tokom cela godine, sa izlaznim snagama (energijama) PV sistema.

Grad	PVout specific (kWh/kWp)	DNI (kWh/	GNI (kWh/	DIF (kWh/	GTIopta (kWh/	OPTA Nagnutost optimalno postavljen -ugao u stepenima	T(ukupne prosečne srednje godišnje u Celzijusima)	ELE nadm. visina (m)
1.Niš	1334,8	1319,2	1408,4	629,7	1623,6	34st.	12,8	194
2.Kru	1290,9	1243,9	1358,8	628,5	1564,2	34 st.	12,0	138
3.BG	1295,7	1250,2	1352,0	626,9	1569,6	34st.	12,8	117
4.SU	1295,6	1253,2	1330,7	622,3	1561,3	36st.	12,1	114
5.NS	1294,0	1254,3	1345,6	625,2	1565,9	35st.	12,6	80



Tabela 13. Ukupne prosečne izlazne snage-energija PV elektrana u (Wh), tokom meseci u godinu dana (za-dnje10,20,30,god.)

Gradovi i meseci tokom godine	<i>Mart</i>	<i>April</i>	<i>Maj</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Avgust</i>	<i>Septembar</i>	<i>Rezultati uzeti za oko podne u 12:00 h</i>
<i>Niš</i>	522	536	556	607	631	635	549	12:00 h
<i>Beograd</i>	304	393	426	458	499	512	414	12:00 h
<i>Subotica</i>	425	416	430	454	494	516	434	12:00 h
<i>Kruševac</i>	501	518	530	572	591	615	524	12:00 h
<i>Novi Sad</i>	523	539	552	568	592	601	533	12:00 h

Tabela 14. Dnevna solarna insolacija na dan tokom godine za tri referentna meseca, sa vrednostima GHI/dan; prosečnih mesečnih temperatura(za topla 3 meseca) tokom godine, bitnom brzinom

Gradovi	GHI na dan				Prosečne dnevne temperature vazduha u stepenima Celzijusa sa maksimumima u letnjim mesecima			Brzina vetra u (m/s)			Mereno sa visinama (m) Fiksirane zbog PV panela
	Meseci	Jun	Jul	Avgust	Jun	Jul	Avgust	Jun	Jul	Avgust	
Niš		5,80	6,00	5,40	22-26	25-29	24-29	1,8	1,9	1,8	10m
Beograd		5,80	5,90	5,8	22-23	25-26	24-25	2,7	2,8	2,6	10m
Subotica		5,80	5,94	5,28	19,2	22,1	21,6	2,20	2,1	1,9	10m
Kruševac		5,75	6,00	5,42	16,6	20,4	22,0	1,4	1,3	1,1	10m
Novi Sad		6,09	6,25	5,40	20,1	22,0	21,8	2,3	2,2	2,1	10m

Tabela 15. Bitni podaci geografskog položaja gradova, otpimalni uglovi za panele, zamućenost atmosfere

Gradovi Srbije	Geografski položaj	Optimalni Ugao postavljanja solarnih metoda	Zamućenost atmosfere
Subotica	46°4'23" N 19°38'36" E	36	3.7
Novi Sad	45°14'38" N 19°50'28" E	35	3.0
Beograd	44°47'36" N 20°27'23" E	34	2.8
Kruševac	43°18'47"N 21°19'8" E	34	2.5
Niš	43°18'47" N 21°53'5" E	34	2.5



Tabela 16. Primer ukupnog godišnjeg iznosa električne energije koja se dobija pomoću različitih tipova solar-nih elektrana sa primerom elektrane od 1 MW sa solarnim modulima **c-Si, CdTe**

Gradovi	Primer: Ukupan godišnji iznos električne energije koja se dobija pomoću fiksne PV solarne elektrane od 1MW sa različitim vrstama solarnih modula postavljenih pod optimalnim uglom u odnosu na horizontalnu ravan (MWh)		Ukupan godišnji iznos električne energije koja se dobija pomoću jednoosno rotacione PV solarne elektrane od 1MW sa različitim vrstama optimalno postavljenih solarnih modula(MWh)	
	c-Si modul	CdTe modul	c-Si modul	CdTe solarni modul
Sub	1080	1200	1380	1510
NS	1110	1230	1430	1560
BG	1130	1250	1470	1610
KŠ	1160	1280	1530	1670
NI	1130	1250	1470	1610

3.2. Rezultati i analiza rezultata sa zaključkom i proverom hipoteza

Uporedna teorijska analiza dobijenih rezultata za **pet gradova Srbije** sa zaključkom i proverom konkretne hipoteze najpogodnijeg grada za instalaciju PV elektrana u Srbiji– tabelarno sredjenih rezultata ; korišćenjem sofvera simulativnih-ekperimentalnih platformi, Global Solar Atlas (u daljem tekstu=GSA, RETScreen Expert, NASA, PVGIS, baznih stanica sa Zemlje i podataka sa simulacionih računarsko prikupljenih podataka u navedenim platformama, namenjenih eksperimentalno teorijskim analizama, i pružavanjima.Od svih pet nasumice odabranih gradova , odabraćemo samo jedan grad koji će ispunjavati hipotezu i uslove najboljeg grada za instaliranje PV elektrana. Prva od tabela nam pokazuje karakteristike, parametre, fizičke veličine, ukupnih prosečnih vrednosti tokom godine- insolacija, sa uglom insolacijama, uglom optimalnim za postavljanje PV solarnih sistema sa karakteristikama modula: električnim, i za istraživanje bitne DNI i prosečne vrednosti temperatura tokom cela godine, sa izlaznim snagama (energijama) PV sistema, koje najbolje opisuje specifična izlazna snagai energija u kWh/kWp godišnje; i a ima podataka i za mesečnu i dnevnu vrednost PV električne energije (AC) koju isporučuje fotonaponski sistem u mrežu (on grid), i te energije su normalizovane na 1 kWp (jedan kilovat pik -1000W maksimalnih izlaznih energija pri temperaturama od 25 celzijusovih stepeni, standard) instalisanog kapaciteta.U tabeli je ovaj parametar koji je izuzetno bitan za instalaciju obeležen PVOUT specific. Ovde će nas zanimati izuzetno bitan parametar insolacije DNI kao isto najbitniji (direktna normalna insolacija na površinu na koju padaju Sunčevi zraci kWh/), zatim u ovom istraživanju smo uzeli da nam manje bitna insolacija koju ćemo takođe propratiti (globalna insolacija tokom godine),već definisana- jer ovde akcenat stavljamo da se radi o fiktivnom skoro idealnom slučaju insolacije na površ na koju pada, a to je DNI. Zatim ovde obraćamo i pažnju na parametar OPTA gde je već proračunat nagib(kroz računarski program Global Solar Atlasa) montiranih panela u odnosu na Zemlju i dat ,već proračunat optimalni ugao nagiba-fiksni, za dobijanje, ovim simulacionim sofverom maksimalnih ulaznih snaga i energija ukupnog solarnog zračenja koje pada na panel,zajeno sa vrednostima DNI zračenja. Bitan faktor biće nam i temperature (ovde su uzete vrednosti sa GSA i RETScreen simulacionih računarsko-softverskih platform, podrška NASA); o čemu ćemo napomenuti da jesu bitne ali njihovi maksimumi mogu da štete radu PV panela, elektrana).



3.3. Uporedna analiza rezultata, formiranih teorijsko empirijskih tabela gradova Srbije sa vrednostima ključnih parametara iz baza podataka

Za grad Niš vidimo sa izračunatim vrednostima iz ove prve (tabele 12) da ima najveću vrednost DNI 1319,2 kWh/ , u ovom slučaju, najmanju ima KŠ 1243,9 kWh/, zatim idu Subotica, Novi Sad i Beograd. Tu vrednost direktne insolacije bez oblaka i smetnji (skoro idealni uslovi) ima grad Niš i zbog svog geografskog položaja, nadmorske visine od 194 metara, što je optimalno za postavljanje solarne PV elektrane. Iz tabela vidimo za Niš, ako se uzme vrednost tokom godine (po mesecima) ukupne izlazne snage-energije panela, ima najveće vrednosti u julu i avgustu, za jul je 631 Wh, a avgust 635 Wh, zatim manje vrednosti izlaznih snaga imaju gradovi-Kruševac oko 600 jul a avgust 615 Wh, zatim Novi Sad za jul 592 Wh i avgust 601 Wh, onda idu svi ostali gradovi. Vidi se da ipak Niš i Kruševac imaju najbolje uslove za postavljanje PV elektrana u vreme oko podneva u 12:00 h (jer su vremena izlaznih snaga uzeti i stavljani u tabelu u podne u 12:00h). Ovde Niš u julu - avgustu ima povoljnijih uslove da dobije više vrednosti izlaznih snaga i električne energije. Posmatrajuću tabelu 14 za grad Niš, uočavamo da je prosečna globalna insolacija, tokom ova tri meseca na dan sa vrednošću najvećom u julu od 6,00 kWh/ /dan sa izuzetno bitnijom vrednošću temperature (za postavljanje PV panela), prosečnom maksimalnom, za ova tri meseca, temperaturom u mesecu julu od prosečnih 25 stepeni Celzijusa, pri ne toliko velikom brzini vetra od 1,9 m/s koja ne utiče toliko na temperaturu vazduha (isto za neki referentni mesec jul). Čak Novi Sad u zadnjih 10-tak godina za nijansu ima malo veću GHI za jul, što je malo veća vrednost u odnosu na Niš, ali Pvout energija za Novi Sad je dosta manja u odnosu na Niš-za NS je samo 1294,9 kWh/ , ali prosečna vrednost temperature je dosta manja i iznosi samo 22,2 stepena Celzijusa, a brzina vetra je u Novom Sadu oko 2,2 m/s što je veća u odnosu na Niš, a i prosečni broj sunčanih dana u Nišu je mnogo veći od NS, a sve to utiče na to -da bi panele pre postavili u Nišu i još zbog veće nadmorske visine u Nišu-bliže Suncu, a Novi Sad ima malu nadmorsku visinu od samo 80 metara, što ne pogoduje u odnosu na Niš, za postavljanje panela iako bi paneli imali u Novom Sadu imali malo veće izlazne snage i 6,25 kWh/ /dan za globalne horizontalne insolacije koje nam u ovom istraživanju nisu toliko bitne (GHI na dan). Ovde analizom utvrđujemo, da za postavljanje PV elektrana ipak je bitniji ovaj deo insolacija DNI (direktnih normalnih insolacija), bez difuznog i reflektujućeg zračenja. Tako da u odnosu na dobre rezultate Novog Sada, on ima manje godišnje dnevne temperature u najtoplijim mesecima, manju nadmorsku visinu, i dosta jače brzine vetrova u junu, julu i avgustu. Beograd bi posle Niša, Kruševca bio treće bitno mesto po svim analiziranim parametrima mesto za postavljanje panela a zatim Novi Sad i Subotica sa svim ovim parametrima za postavljanje solarnih PV elektrana. Svi gradovi su pogodni, ali i ovde se izdvajaju gradovi koji su na jugu u odnosu na sever zemlje. Još je bitnije da Direktne Normalne Insolacije (DNI) za Niš u julu imaju prosek 175 kWh/ , za jul mesec što su najviše vrednosti, što potvrđuje tvđenje da je Niš od svih pet gradova najpovoljniji za postavljanje solarnih PV elektrana. Bitno za Niš je da DNI tokom godine u julu direktno na površinu (Zemlje ili panela) padne 626,9 Wh/ , takođe najviše energije u odnosu na ostale mesece (tokom godine). Zatim ukupno tokom godine DNI na Niš, ukupno pada na Zemlju ili panele, direktno i ukupno 1326,4 kWh/ , što je u odnosu na sve ove ostale gradove Srbije najveća vrednost direktnog sunčevog zračenja. Ovi zadnji podaci su uzeti i sa grafika i sa tabela platformi GlobalSolar Atlasa, RETScreen, NASA odnosno ovih teorijskih računarsko- istraživačkih softvera, koji daju približno tačne vrednosti za predhodne godine.

Navešćemo ostale gradove Srbije sa karakteristikama i parametrima koji ih izdvajaju, a koje nismo pomenuli: Kruševac kao što smo videli ima sličnu prosečnu temperaturu vazduha kao i Niš, negde oko 25 do 26 stepeni Celzijusa, DNI za godinu dana odmah posle Niša ima vrednost DNI od 1254,3 kWh/ , sa izlaznim Pvout specific snagama-energijama sa PV panela u mrežu od 1290,9 kWh/kWp što je dosta manje u odnosu na ostale gradove Srbije i što opet utiče na postavljanje panela, ali visoke prosečne temperature, veća nadmorska visina 186 metara, vrednosti temperatura i izlaznih snaga-energija tokom godine u letnjim mesecima za jul-avgust je 591-615 Wh, zatim brzina vetra za jul je mala 1,3 m/s na 10 m visine-što je povoljno za instalaciju panela zatim, prosečna ukupna DNI tokom godine je 1254,2 kWh/ , onda za jul-avgust izlazne snage-energije su 620 Wh/ , onda sa tabela čitamo i



vrednost DNI na dan (prosečno) za mesec jul-referentni mesec je 175 kWh/m² -kao za Niš , a i dnevna solarna iradijacija ista kao za Niš u julu 600 kWh/ /d. Ovde smo imali vrednost za KŠ, da dnevna solarna iradijacija,tokom meseci u godini na primer za mesec jul je isto a kao za Niš 600 kWh//d. (Ali je Niš zbog svojih ekonomsko razvojnih prednosti prioritetniji). Rezultat je da u Kruševac posle Niša, treba ulagati u solarne PV panele, elektrane i s obzirom na geografski položaj i klimu skoro sve oblike OIE i hibridnih elektrana. Za Beograd,dnevne GHI (RETScreen,NASA), ovde u istraživanju nisu previše bitan parametar ali ćemo pomenuti za Beograd je GHI po datim proračunatim podacima je 5,97 kWh/ /d , a po podacima Global Solar Atlasa DNI za jul (kao referentni mesec) je 499Wh/ , a DNI tokom godine ukupno u proseku ima vrednost od 1250,2 kWh/ (izvor GSA). Brzina vetra za zadnjih 30 godina za jul je oko 2,6 m/s. Mesečne izlazne PV snage-energije tokom godine je oko 500Wh/ vrednosti sa grafika (GSA), a većina ključnih parametara su manji od NI i KŠ. Ovde smo videli i u prednodnom delu teksta vrednosti za Novi Sad i Suboticu na kraju, čiji parametri neće uticati presudno za izdvajanje najpovoljnijeg grada za PV elektrane. Ovde se sa tabele vidi da c-Si solarni moduli kod fiksne solarne elektrane imaju relativno veće gubitke zbog temperature ambijenta,ovde bismo birali solarne module koji imaju male gubitke, i oni bi davali jače izlazne snage panela(CdTe moduli), iako u praksi najviše koristimo c-Si module.

3.4. Uopšteni zaključak za grad Niš, kao najpovoljnijeg za instalaciju PV elektrana u odnosu na izabrane gradove u Srbiji (Klima, insolacija, PV električne karakteristike i povoljnosti za instalaciju PV elektrana za izdvojeno najpovoljniji Grad Niš)

Tabela 17. Energije insolacija po kvadratnom metru solarni h modula PV elektrana

Gradovi	Energija ukupnog Sunčevog zračenja- insolacije koja u toku godine dospeva na kvadratni metar solarnih modula postavljenih pod optimalnim uglom u odnosu na horizontalnu ravan kod fiksne solarne elektrane (kWh/god)	Energija ukupnog Sunčevog zračenja koja u toku godine dospeva na kvadratni metar solarnih modula postavljenih pod optimalnim uglom u odnosu na horizontalnu ravan kod jednoosno rotacione solarne elektrane (kWh/god)	Energija ukupnog Sunčevog zračenja koja u toku godine dospeva na kvadratni metar solarnih modula kod dvoosno rotacione solarne elektrane (kWh/god)
Subotica	1430	1800	1840
Novi Sad	1470	1890	1930
Beograd	1510	1950	2000
Kruševac	1550	2040	2090
Niš	1510	1970	2020

Najbitniji parametri po kojima je Niš najidealniji grad za postavljanje PV elektrana , a na osnovu analiza, grafika,tabela koje smo na kraju istraživanjem dobili zaključili smo sledeće: Lokacija (uopštena za grad ,geografski položaj) , odnosno geografska širina za grad Niš je 43°18'47" i ima najmanju geogr. širinu , što znači u odnosu na ostale gradove, se nalazi najjužnije od ostalih što je prvi od ispunjenih parametara za instalaciju PV panela, a prosečan broj sunčanih sati tokom godine,na ovoj geografskoj širini je najveći upoređujući ostale gradove i iznosi više od 2500 h. Bitno je i za GHI i za DNI(uzetu kao referentni parameter). Niš se nalazi na jugu Srbije i ima suptropsku klimu sa umereno kontinentalnim karakteristikama. Zime su blage, a leta vrela i suva, što je dosta dobra ka ispunjenju



cilja ovog rada. Nadmorska visina od oko 194 metara je takođe dobra vrednost i odgovara vrlo dobroj vrednosti parametara. Ako na konkretnom objektu, lokaciji npr. krov kuće na nekoj visini (imamo tačnu lokaciju), dobijamo bolje vrednosti za instalaciju PV elektrana. (pomeramo sa odabrane platforme npr. Global Solar Atlas, maps; kursor kompjutera do krova objekta na platformi pri čemu možemo omeđiti, kursorom tačnu površ na koju pada sunčevo zračenje). Orijentacija panela (takva da maksimum sunčevog zračenja panela prihvata sunčevu energiju ili snagu tokom dana). Za ovu vrednost je najbolje u odnosu na tačnu lokaciju (najprecizniju), gde postavljamo solarne panele Global Solar Atlasom uzimamo optimiziranu vrednost ugla orijentacije u odnosu na Zemlju od 34 stepeni u odnosu na 180 stepeni. Panele po preporuci ovog računarsko-simulacionog softvera GSA OPTA=34 stepeni, sa fiksnim PV elektranama. (bez obzira što su najbolje dvoosne solarne elektrane kojima „sklupljamo” najviše solarne energije tokom godine).

Nagib panela za Niš je vidimo 34 stepeni, uzima se nagib od 30 stepeni do 45 stepeni, u zavisnosti od geografske širine lokacije. (za Suboticu je n.p.r. 36 stepeni optimalni ugao za fiksne elektrane);

Izvor: GSA-Global Solar Atlas. Insolacije i temperature: tokom godine je GHI je najviša, za Niš takođe ima najvišu vrednost od 1408,4 kWh/, a „reperna” vrednost za DNI sa vrednošću od 1319,2 kWh/ (RETScreen, NASA ima vrednost od 1326,4 kWh/ i koja, rekli smo, predstavlja količinu sunčeve energije koja normalno pada na površinu zemlje, bitna je kod instalacije PV elektrana i veća je upoređujući ostale gradove Srbije i najbitniji je parametar za dobijanje i veće proizvodnje električne energije. Tokom godine u julu (kao uporednom mesecu), tokom godine, mesečna prosečna DNI je 175 kWh/ (tabela sa GSA) što je dosta povoljna vrednost za instalaciju panela elektrana. PVOUT specific, kao specifična fotonaponska izlazna snaga, energija kWh/kWp kao prosek tokom godine sa vrednostima fotonaponske električne energije (AC) koju isporučuje fotonaponski sistem i normalizovane snage na 1 kWp instaliranog kapaciteta. Za grad Niš je vrednost PVout specific = 1334,8 kWh/kWp najveća, uporednom analizom sa ostalim nasumice odabranim gradovima Srbije, a opet i ova karakteristika je izuzetno bitna za instalaciju PV elektrane i ulaganja i instalaciju solarnih sistema u ovom gradu i ključni parametar za povezivanje na elektroenergetski sistem. Ukupna izlazna prosečna (referentna snaga) ili ukupna prosečna izlazna energija u mesecu julu (kao referentnom mesecu u podne oko 12:00h) tokom godine za Niš iznosi u zadnjim godinama je 631 Wh a ta energija -izlazna je povoljnija u odnosu na ostale gradove Srbije i za projektovanje i instalaciju PV panela i elektrana. Senka je u odnosu na postavljene PV panele, da nema senki od objekata, zgrada, rastinja, da bi se bolje apsorbovalo sunčevo zračenje, dobile korektnije izlazne energije koje idu u elektroenergetski sistem iz PV elektrana. Za grad Niš zamućenost vazduha, zbog faktora i nadmorske visine i brzine strujanja vazduha (vetra), može da varira ali je na osnovu podataka iz Tabele 15, data vrednost od PM_{2,5} (čestice prečnika manjeg od 2,5 mikrometara) Prosečna godišnja zamućenost vazduha za grad Niš može zavisiti od različitih faktora kao što su industrijska aktivnost, saobraćaj, geografski položaj, vremenski uslovi i druge lokalne karakteristike.

Ovde je bitno da je za Niš najmanja vrednost zamućenosti vazduha, a totalno tačni rezultati sa konstantnim merenjima iz sata u sat (direktnim-ne simulacionim), na Institutima zaštite na radu i zaštite životne sredine (2 instituta), kao i na Fakultetu zaštite na radu Univerziteta u Nišu (bivši Fakultet HTZ). Odabir tipova optimalnih PV modula za postavljanje PV elektrana datih u Tabeli neke fiktivne elektrane od 1 MW uporednom analizom gradova i modula sa optimalnim vrednostima različitih tipova modula za neku fiktivnu elektranu snage od 1 MW, za grad Niš se vidi da su optimalno odabrani moduli dva tipa: c-Si tip modula sa izlaznom energijom 1160 MWh.

Bolji odabir za PV elektrane je upravo drugi tip modula CdTe, koji po svojim karakteristikama daje izlazne el. energije od 1250 MWh, pa je za Niš taj modul odabran ovim softverima, sa već proračunatim vrednostima, gde su, rekli smo već korišćeni matematičko računski algoritmi, sa već ubačenim podacima, da bi mi mogli da vršimo teorijske analize koje se dokazano poklapaju-približno sa podacima koje bi morali neposredno da, merenjem i proračunima dobijamo vrednosti zadatih parametara. Za male stambene prostore birali bi module CdTe, ali zbog toksičnosti telura za velike sisteme PV, ne uzimaju se CdTe, već c-Si, jer su i jeftiniji i dovoljno dobri za male stambene prostore za instalaciju PV



elektrane on grid. Odabir invertorskog sistema uz optimalan monitoring (za slabije elektrane): ako su PV elektrane malih snaga oko 1kW, za male kuće, jeftiniji su c-Si moduli sa većim koeficijentima korisnog dejstva-efikasnosti, „nisu toksični, imaju malo veće gubitke zbog efekta visokih T (ali energetske efikasniji CdTe moduli, se više koriste za veće elektrane), na panelima tako malih elektrana, solidni su i c-Si moduli. Kod malih sistema, invertore koje bi trebalo birati je bitno, razmotriti efikasnost pretvaranja energije sunčeve svetlosti u električnu energiju. Invertori sa visokim stepenom efikasnosti mogu nam pomoći da maksimiziramo proizvodnju električne energije našeg PV sistema. Pouzdanost invertora je ključna zbog dugoročnosti PV elektrane.

4. ASPEKTI I DOPRIOS OVOG RADA ZAŠTITI ŽIVOTNE SREDINE NA OSNOVU IZVEDENIH UPOREDNIH ANALIZA I REZULTATA ISTRAŽIVANJA ZA SRBIJU SA OSVRTOM NA NAJOPTIMALNIJI GRAD NIŠ, ZA POSTAVLJANJE PV SISTEMA

Već je rečeno, PV sistemi koriste sunčevu svetlost za proizvodnju električne energije, što znači da ne emituju štetne gasove kao što su ugljen-dioksid (CO_2), sumpor-dioksid (SO) ili azot-oksidi (NO_x) koji su prisutni u tradicionalnim fosilnim gorivima. Ovo direktno doprinosi smanjenju efekta staklene bašte i borbi protiv globalnog zagrevanja. U urbanim sredinama, kao što je Grad Niš, gde su emisije visoke zbog saobraćaja i industrije, ugradnja PV panela može značajno poboljšati kvalitet vazduha uz korišćenje ekološko prihvatljivih prevoznih sredstava (hibridna vozila, više biciklističkih staza, bicikli na električni pogon...). Ovaj aspekt je posebno važan u gradskim sredinama gde zagađenje može imati ozbiljan uticaj na zdravlje stanovništva i prirodnu sredinu, biodiverzitet, parkove i zelene površine. PV sistemi mogu biti integrisani u različite aspekte povećanja zelene infrastrukture integrisane u urbanu infrastrukturu, uključujući krovove zgrada, fasade i parkove. Ovi sistemi mogu pomoći u smanjenju urbanog „toplotnog ostrva“, fenomena gde gradovi postaju znatno topliji od okolnih ruralnih područja zbog koncentracije zgrada i asfalta (a znamo da reflektovano zračenje na module solarnih panela utiče takođe na povećanje temperature i „gušenje“, kao i smanjenje izlaznih snaga u panelima). U urbanim sredinama, pa i za Niš dostupnost prostora za instalaciju PV panela može biti ograničena. Rešenje za ovaj problem može biti korišćenje neiskorišćenih prostora kao što su krovovi zgrada, parking prostori, sportske hale, krovovi tržnih centara, fasade.

Takođe, postoje i inovacije poput integrisanih PV sistema u građevinskim materijalima (npr. PV ploče u staklu ili zidnim pločama) koje mogu dodatno povećati dostupnost prostora za instalaciju, kao i smanjenje korišćenja obradivih površina, cvetnih parkova, kao i korišćenje prostora koji ne zauzimaju prostor zelenim površinama. Ugradnja PV panela može biti u suprotnosti sa estetskim normama i arhitektonskim smernicama određenih urbanih sredina. PV paneli koji su dizajnirani da budu manje vidljivi ili integrisani u fasade zgrada.

Njihov pozitivan uticaj na smanjenje emisije štetnih gasova, zagađenja i energetske zavisnosti čini ih ključnim komponentama u strategijama zaštite životne sredine. Na osnovu svih prethodnih saznanja izuzetno je bitan položaj PV elektrana, koji neće ni na koji način ugrožavati životnu sredinu, biodiverzitet i uticati na održivi razvoj (uopšteno) - regiona i konkretno grada koji ispunjava uslove za najoptimalniji grad regiona za instaliranje PV elektrane. Ključni aspekt predstavlja izbor panela i modula sa monokristalima ili polikristalima fotonaponskih ćelija, (pisano u obrađenom delu vezanom za solarne ćelije i odabir kristala ćelija), videli smo da je najbitniji kvalitet PV ćelija koje ne utiču na zagađenje životne sredine. Uglavnom se koriste na bazi c-Si-silicijuma (nema velike ugroženosti), iako se u obradi za pravljenje monokristala Si koristi i bor koji nije koristan za životnu sredinu, ali kao konačan proizvod ne utiče štetno i direktno na životnu sredinu ili okolinu. Problem je ukoliko dođe do oštećenja panela sa ovakvom monokristalnom ćelijom, to neće štetno uticati na životnu sredinu, s tim što se ovakav otpad mora skladištiti pravilno. Ovde ćemo navesti neke od zakonskih regulativa kojima teži ceo region a Srbija ih koristi konkretno svi gradovi koje smo napred pomenuli u istraživanju instalacija PV sistema, a ove regulative su date prvenstveno u cilju zaštite životne sredine i održivog razvoja: Direktiva o otpadu (2008/98/EZ), direktiva o električnim i elektronskim uređajima i opremi (WEEE)



(2012/19/EU), direktiva o opasnom otpadu (91/689/EZ), Regulatorna o baterijama i akumulatorima (2006/66/EZ), standardi i smernice za reciklažu PV panela EU podržava inicijative i standarde za poboljšanje reciklaže PV panela. Na primer, Evropska asocijacija za fotonaponsku industriju (EPIA) i drugi sektorski akteri razvijaju smernice za reciklažu i ponovno korišćenje materijala iz PV panela. Za skladištenje otpada od PV panela, uključujući oštećene ili polomljene panele, važno je pratiti opšte smernice za sigurno skladištenje otpada. Pošto smo dobili da je najpogodniji grad za postavku fotonaponskih PV sistema upravo Niš, postavka PV elektrana u Nišu može biti odlična ideja, s obzirom na njegovu sunčanu i subtropsku klimu i sve veću upotrebu održivih izvora energije. Kada biramo lokaciju za postavljanje PV elektrane, važno je razmotriti nekoliko ključnih faktora kako bismo osigurali da ne šteti životnoj sredini. Evo nekoliko preporuka za izbor idealne lokacije u Nišu i okolini i industrijskim-praznim zonama. Postavljanje PV panela na krovove stambenih i komercijalnih objekata može biti veoma efikasno. Ova opcija ne zahvata dodatni prostor na zemlji i minimizira uticaj na okolni pejzaž i životnu sredinu. Ako razmišljamo o postavljanju PV panela na krovove objekata u starom delu grada, moramo biti pažljivi da ne narušimo estetski izgled i istorijski značaj ovih građevina. Biće potrebno pribaviti posebne dozvole ili konsultovati se sa lokalnim nadležnima za ekologiju i zaštitu okoline, kao i vlastima u gradu, za pribavljanje dozvole. Ukoliko imamo pristup zemljištu izvan urbanih područja Niša koje je trenutno neiskorišćeno ili niskoprofitabilno, kao što su zapuštene poljoprivredne parcele, to može biti dobra opcija. Ipak, ovu opciju treba razmatrati samo ako ne postoje bolje ekološke alternative, kako ne bi ugrozili biodiverzitet ili druge bitne kategorije zaštite životne sredine. Industrijske zone (kojih još uvek ima neiskorišćenih), često nude velike površine za postavljanje PV panela. Integracija PV panela u dizajn javnih parkirališta, kao što su nadstrešnice za parkiranje, može pružiti dodatne prednosti i poboljšati efikasnost korišćenja prostora. Takođe, ovo može pružiti dodatnu zaštitu vozilima i doprineti energetskej efikasnosti. Ne treba postavljati PV panele u područjima sa specijalnim zaštitama, kao što su prirodni parkovi, zaštićeni pejzaži ili staništa ugroženih vrsta. Ova područja zahtevaju dodatnu pažnju i zaštitu zbog svoje ekološke vrednosti i značaja za očuvanje okoline.

Zaključak za izbor pravog mesta za postavljanje PV elektrane u Srbiji, Grad Niš, može značajno doprineti održivom razvoju grada i očuvanju njegovog jedinstvenog prirodnog i kulturnog nasleđa bez uticaja ili štete po životnu sredinu, uz dobro uklapanje u urbani deo grada ili van grada a na određenim većim nadmorskim visinama dosta pogodnih, kamenih i nenaseljenih površina za postavku PV elektrana a i hibridnih elektrana (solarno toplotni i PV sistemi, mini hidrocentrala, sistemi sa vetroparkovima zbog „ruže vetrova“).

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA RADA IZVEDENA IZ PREDHODIH OPSERVACIJA I REZULTATA, SA DOPRINOSIMA I KORISNOSTI OVOG RADA

U svim uporednim analizama za ukupno pet gradova Srbije, smo dobili da je od nasumično odabranih gradova, najoptimalniji grad Niš, što smo i tabelarno i činjenično zaključili na osnovu uporedne analize rezultata sa ostalim gradovima Srbije (po svim parametrima). Zaključno, energetske-ekonomski doprinos i značaj ovog rada je najpre što smo dobili, a i sami se po optimalnošću izdvojili Niš kao mesto gde treba zbog svih pogodnosti, ispunjenosti parametara vezanih za električne karakteristike, energetske efikasnost i proizvodnju izlazne električne energije dobijene PV sistemima, za ulaganje u instalaciju PV elektrana.

Dalji i sledeći doprinos ovog teksta da bi posebno bi mogli da hibridizujemo energiju i koristimo je na primer za sve gradove na rekama, vodi sa napred navedenim parametrima, elevacijama preko čak i sistema pametnih mreža (smart grid), koristeći ili kombinovati reverzibilne hidro elektrane RHE, sa vetro parkovima i PV elektranama, hidroelektranama podacima sa informacionih baza podataka da bi se i drugi vidovi raspoloživih OIE ili hibridni sistemi mogli pridružiti u elektroenergetski sistem a sve te podatke posedujemo za postavku ovakvih kombinovanih sistema u Nišu i okolini.

O ekonomskom i ličnom -sopstvenom doprinosu rada pri čemu i sa malo ulaganja štedimo svoj novac i bez „tuđe“ pomoći samostalno projektujemo i odaberemo, instaliramo PV elektranu korišće-



njem GSA i RETScreen expert bazom ,ekonomsku održivost i povratak uloženog novca koji možemo povratiti samostalnom instalacijom sopstvene elektrane. Zatim zaključujemo u ovim razmatranjima da je i doprinos ovog rada zaštita životne sredine o čemu je gore pisano.

Tabela 18. Sumirani rezultati sa parametrima pet slučajno odabranih gradova Srbije

Grad		PVout specific (kWh/ kWp)	DNI (kWh/	GNI (kWh/	DIF (kWh/	GTlopta (kWh/	OPTA Nagnutost, optimalna (stepeni)	T(ukupne prosečne, godišnje u Celzijusima)	ELE nadm. visina (m)
1	NI	1334,8	1319,2	1408,4	629,7	1623,6	34st.	12,8	194
2	KŠ	1290,9	1243,9	1358,8	628,5	1564,2	34 st.	12,0	138
2	BG	1295,7	1250,2	1352,0	626,9	1569,6	34st.	12,8	117
3	SU	1295,6	1253,2	1330,7	622,3	1561,3	36st.	12,1	114
3	NS	1294,0	1254,3	1345,6	625,2	1565,9	35st.	12,6	80

Ovde vidimo da Niš ima najbolje uslove po svim parametrima za instalaciju PV panela, ali upoređujući gradove Kruševac(sa tri dobra parametra) i Beograd(sa četiri dobra parametra) zbog dosta dobrih napred navedenih klimatskih uslova i geografskog položaja juga centralne Srbije bolji Kruševac, ali Beograd zbog DNI i ekonomskih uslova i kao i činjenice da je glavni grad Srbije.

Kruševac i Beograd bi podelili neko drugo mesto kad bi rangirali povoljne uslove za postavljanje PV sistema i ispunjenosti uslova za instalaciju PV sistema. Novi Sad i Subotica takođe imaju dosta dobre uslove za instalaciju PV sistema i na osnovu ulazno-izlaznih parametara , solarnih i električnih .Pošto Subotica, na osnovu predhodne tabeleima bolje izlazne električne parametre PVout a i izuzetno bitan DNI parametar za nagnutost panela od 36 stepeni fiksne elektrane i veću nadmorsku visinu, a Novi Sad to nema ali ima bolje ekonomske i obzirom da je glavni grad AP Vojvodine sa malo manjim uslovima – po parametrima i klimi slabije ispunjava uslove za instalaciju PV sistema, ipak su ekonomski istorijski ,turistički sadržajniji uslovi za njihovu instalaciju , pa bismo oba ova grada Vojvodine ravnopravno prekrili solarnim panelima i besplatnom PV energijom, za dopunu elektroenergetskog sistema EPS.

Zaključili smo korisnost i doprinose celokupnog ovog rada, sa PV sistemima koje možemo postaviti na nama pogodno mesto u cilju korišćenja PV energije za toplotne pumpe, pumpe za zalivanje sadnica u poljoprivredi, plastenike, agronomiji, ulične rasvete, turizam,Niša kao Grada elektronike, grada mašinstva i drugog grada u Srbiji , sada već po mnogim parametrima za ekonomski doprinos otvaranja novih radnih mesta za izradu PV sistema i slične svrhe ...Interesantno da za Niš i ove gradove postoje realne mogućnosti za postavljanje, instalaciju i drugih OIE s obzirom na klimu i sve priložene parametre,pa i ekonomski prihvatljive prioritete za Niš kao glavnoj raskrsnici elektroenergetskih sistema kontinenata.

Dosta veliki doprinos ovog rada je ekonomsko-globalna i energetska problematika i njeno rešavanje, kao još jedan od krajnjih razloga izučavanja PV elektrana uz korišćenje računarsko-informacionih baza, gde je istraživanje usmereno za rešavanje makar dela energetske krize i problematike njenog rešavanja, korišćenjem pogodnosti PV elektrana kao dela elektroenergetske mreže.



Poznato je da je Grad Niš, a kao odabrani grad i kao grad elektronike, ima mogućnosti da sa svojim potencijalom i znanjem pruži veliki doprinos ulaganja u samu potpunu proizvodnju PV sistema, njihovu instalaciju i upošljavanje velikog broja ljudi a pruži i ekonomsku korist, proizvodnjom elektronskih komponenata, invertora, transformatora, monitoring sistema, PV panela sa tehnologijom obrade mono i polikristala iako je naizgled komplikovana. Pošto nas sve navodi, da je suština i jedan od bitnih zaključaka pa i sam doprinos ovog rada I svega istraživnog, razvoj visokih tehnologija, gde upravo one dosta energije koriste, potrebne veštačkoj inteligenciji, za računarske platforme, mašinske sisteme, velike i ogromne računarske sisteme sa enormno velikim kapacitetima, automati i robotici, Wireless tehnologijama i puno novog čime se bave naučnici celog sveta. Znači nije ni iznenađenje ni kineska ekonomija, koja takođe ima dobar rast a odavno radi i troši ogromne energetske resurse koristeći „veštačku inteligenciju”(AI), robotiku za rad na poljima, u fabrikama skoro bez radnika i ljudi koji manuelno rade. Sve radi poneki robot na bazi veštačke inteligencije. Doprinos ovog malog istraživanja se na neki način baš i odnosi na manjak električne energije u delovima zemalja zapadnoevropskog kontinenta zbog ekstremno jakih računarskih sistema, satelita, satelitskih programa i računarskim bazama koje smo i mi u radu koristili i ubrzanim tehnološkim razvojem koji, gura” korišćenje veštačke inteligencije (AI-Artificial Intelligence na engleskom). Sama AI se odnosi na sposobnost računara ili softverskih sistema da obavljaju zadatke koji obično zahtevaju ljudsku inteligenciju. Povećana potražnja za veštačkom inteligencijom i korišćenje veštačke inteligencije (AI) nastaviće da raste, to će verovatno dovesti do povećane potražnje za električnom energijom, budući da AI sistemi često zahtevaju i povećanje investicija u infrastrukturu za proizvodnju i distribuciju električne energije kroz korišćenje PV elektrana, a zbog Niša kao najpovoljnijeg grada za instalaciju PV elektrana ekonomsku korist može izvući Srbija i elektroenergetski sistemi država regiona, doprinoseći održivom razvoju globalnog elektroenergetskog sistema, bez štete po životnu sredinu ulaganjem u PV sisteme gradova Srbije.

6. LITERATURA

- [1] Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine. (2004). *Studija energetskeg potencijala Srbije za korišćenje sunčevog zračenja i energije vetra*. Beograd: NPPE. Evidencioni br. EE704-1052A.
- [2] Radosavljević, J., Pavlović, T. & Lambić, M. (2010). *Solarna energetika i održivi razvoj*. Beograd: Građevinska knjiga. ISBN 978-86-395-0573-8.
- [3] Zekić V. & Žigić S. (2024.) Zaštita od požara u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije u fotonaponskim solarnim elektranama. *Akademski privrednik br.1 2024*, Visokoškolska ustanova Univerzitet „Privredna akademija” Brčko district BiH, ISSN:3029-3278
- [4] Zekić V. & Živanović C. & Vranješ B.B. & Žigić S. (2024.) Bezbednost i zdravlje na radu procjene rizika u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije. *Akademski privrednik br.1 2024*, Visokoškolska ustanova Univerzitet „Privredna akademija” Brčko distrikt BiH, ISSN:3029-3278
- [5] Jabandžić E. (2024.) Distribuirana proizvodnja električne energije. *Akademski privrednik br.1 2024*, Visokoškolska ustanova Univerzitet „Privredna akademija” Brčko distrikt BiH, ISSN:3029-3278



COMPARATIVE ANALYSIS OF INSOLATION AND CLIMATE FACTORS IN SPECIFIC CITIES OF SERBIA

Ivica Cvetković⁵, Ernad Jabandžić⁶, Velemir Zekić⁷

Abstract: As a target task and goal of this paper, we have gathered info from five randomly selected cities towards the most optimal city from the Republic of Serbia for installing PV systems - PV power plants that could save electricity, which is a much-needed resource at this current time as an additional energy-sustainable source of electricity. With this paper we also provide an effect for preserving the environment whereby with these PV systems we also protect the environment, using free energy from the sun which is then converted into electricity. On-grid systems which are connected to the power system distribute and replenish energy without pollution. We will use parameters that are most important for selecting cities in the Republic of Serbia - five of which are chosen randomly, and finally deciding on which city has the most optimal capacity for installing and setting up PV power plants. Isolated parameters of the input Global Solar Atlas (GHI), Direct Normal Insolation (DNI), solar energy and output-converted electrical energy PVout specific, climate, as well as other variables (parameters), in which we insert information software (databases or software tools: Global Solar Atlas, RETScreen, NASA, RETScreen expert, PVGIS), which perform calculations extracted from the data we need (with graphics of software databases and information database tables). The results are either graphed or tabulated. Our goal is to obtain classified and processed data, which we tabulate and compare. By performing a comparative analysis from data acquired from five randomly selected cities, we will get the results by drawing important and necessary conclusions about the convenience of setting up a PV system. We will then begin interpreting and comparing the results of the research, by making a comparative analysis of the parentheses; In the end, we will tabulate the city with the most optimal conditions for the installation of PV power plants with results obtained for the installation of the PV system. We will perform analyses only with results that support empirical data and evidence related to this city which is the most suitable for the installation of PV power plants and that it will be the most favorable city according to all set parameters (insolation, annual hours of insolation, climate, choice of panels, altitude, economic conditions...). In particular, we will make a small review of certain aspects of the contribution to environmental protection in the context of this paper; furthermore, we will then use the obtained results to draw out certain summative conclusions related to the subject of research as well as the benefits and contributions that we can get from this paper concerning the most current state-of-the-art trends and challenges in the field of energy, artificial intelligence (AI) and its potential role in energy extraction, This is also another contribution to this paper.

Keywords: insolation, climatic-meteorological conditions, temperature, altitude, information databases

⁵ **Ivica Cvetković, mr,** University "Economics Academy" Brčko District BiH, Fakulty of Tehnical Sciences, Petra Kočića 6, 76000 Brčko distrikt BiH, E-mail: ivicaaleksinac.ic@gmail.com

⁶ **Ernad Jabandžić, dr,** Assistant Professor, University "Economics Academy" Brčko District BiH, Fakulty of Tehnical Sciences, Petra Kočića 6, 76000 Brčko distrikt BiH, E-mail: ernad.jabandzic@privrednaakademija.edu.ba

⁷ **Velemir Zekić, dr,** Assistant Professor, University "Economics Academy" Brčko District BiH, Fakulty of Tehnical Sciences, Petra Kočića 6, 76000 Brčko distrikt BiH, E-mail: velemirz@gmail.com

UPRAVLJIVOST VOZILA

Željko Petrić¹, Stevo Stević²

UDK 656.13.052.8:623.438-7

DOI 10.7251/AKPR2402102P

Apstrakt: Upravljivost vozila je osnovni aspekt bezbjednog vođenja vozila po kolovozu i nepoznanica za mnoge vozače a kao rezultat nedovoljnog poznavanja predmetne materije odnosno propusta u edukaciji vozača od osnovne škole pa do polaganja ispita za vozača motornih vozila. U ovom radu će se obraditi ova problematika i prikazati dva realna primjera saobraćajnih nezgoda, koje su nastale kao direktna posljedica nepoznavanja predmetne materije

Ključne riječi: upravljivost vozila, proklizavanje vozila, blokiranje točkova

UVOD

Broj saobraćajnih nezgoda na području regiona ali i njihova žestina se povećavaju iz godine u godinu iako se usavršavaju načini praćenja saobraćaja ali i pasivni elementi bezbjednosti vozila. Jedan od razloga je što se na našim putevima (BiH) kreću relativno starija vozila koja nemaju savremene elemente bezbjednosti vozila (kao npr ABS uređaj) ili ih vozila posjeduju ali su ti uređaji neispravni. Bezbjedno upravljanje takvim vozilom isključivo zavisi od znanja, veština i/ili psihofizičkog stanja vozača. U ovom radu će se obratiti pažnja na upravljivost vozila kao izuzetno važnu dinamičku karakteristiku vožnje, odnosno na bitne činjenice koje svaki vozač treba da poznaje. Takođe, prikazaće se dva primjera saobraćajnih nezgoda gdje su vozači mogli sprečiti nastanke istih da su imali osnovna (sa)znanja vezana za upravljivost vozila.

Problemi upravljivosti vozila se ogledaju u proklizavanju i prevrtanju vozila.

Prevrtanje vozila (u normalnim okolnostima) je vrlo rijedak slučaj zbog konstrukcijskih karakteristika vozila. Vozila se konstruišu tako da se smanjuje (snižava) tačka težišta i smanjuje se krak sile koji bi stvorio moment oko vanjskog traga vozila. Problem može biti kod visokih vozila ili vozila sa nadgradnjama gdje se povećava tačka težišta pa su takva vozila sklonija opasnosti od prevrtanja.

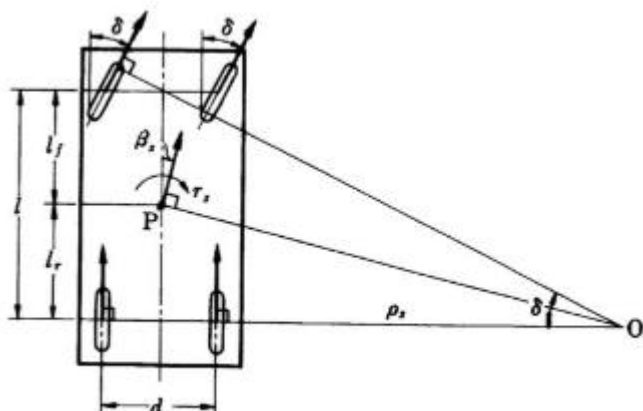
Međutim, za sva vozila opasnost od proklizavanja vozila je izvjesna. Zbog toga, u ovom radu će se posebna pažnja posvetiti upravo opasnosti od proklizavanju vozila.

1. UPRAVLJIVOST I KRETANJE VOZILA NA PRAVCU I U KRIVINI

Upravljivost vozila je jedna od najvažnijih dinamičkih karakteristika vozila. Upravljivost vozila se definiše kao reakcija vozila na ulazne komande vozača kao i na poremećaje koji djeluju na vozilo za vrijeme kretanja. Tokom vožnje, vrlo je bitno da kretanje vozila bude po željenoj putanji. Za neko vozilo možemo reći da je dobro upravljivo ukoliko može ispoštovati zadanu putanju anulirajući uticaj poremećaja. Upravljački sistem je taj koji treba da omogući precizno upravljanje točkovima prednje osovine da bi vozilo pratilo željenu putanju. Na vozilima imamo dvije ili više osovine od kojih je prva osovina upravljačka dok su ostale prateće. U skladu sa nazivom osovine postoje tako upravljački i prateći točkovi. Naravno, točkovi koji se nalaze na prednjoj osovini su upravljački točkovi.

¹ Željko Petrić, dr, redovni profesor, rektor, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikta BiH

² Stevo Stević, dipl ing saobr – MA, asistent, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikta BiH, FTN, Saobraćajno inženjerstvo, stevex@teol.net



Slika 1. Kretanje vozila kroz krivinu malom brzinom [1]

Prilikom kretanja kroz krivinu malom brzinom nema bočnog klizanja pa se svaki pojedinačni točak okreće u smjeru svoje rotacije i rotira oko tačke O_z . Pri tome, upravljački točkovi su zakrenuti za ugao δ i omogućavaju kretanje vozila željenom putanjom a pol brzina se nalazi na pravcu koji prolazi kroz zadnju osovinu (P_z).

Vozilo se, u principu, kreće pogonjen pogonskom (inercijalnom) silom vođen od strane vozača. Upravo upravljački točkovi su zaduženi za upravljivost vozila. Vozač zakretanjem upravljačkih točkova vodi vozilo željenom putanjom. Ukoliko dođe do određenih poremećaja u kretanju prednje osovine javljaju se i problemi upravljivosti vozila.

Kada se vozilo kreće po pravolinijskom putu tada na njega djeluje inercijalna sila koja je poznatija kao kinetička energija³.

$$E_k = \frac{m \cdot V^2}{2} \text{ (J)} \quad \text{izraz (1)}$$

Iz izraza (1) se uočava da ukoliko je brzina jednaka nuli onda nema ni kinetičke energije⁴ pa nema ni kretanja vozila. Iz istog izraza se vidi da je prilikom kretanja nekog tijela (vozilo, vozač, putnici) masa tog tijela uvećana za polovinu kvadrata brzine. Dakle, da bi se neko vozilo (sa vozačem i putnicima u njemu) zaustavilo (kinetička energija svela na nulu) na određenom putu (put kočenja) onda se taj put značajno produžava sa porastom brzine jer je zavisnost eksponencijalnog karaktera (V^2). Dakle, za „malo“ povećanje brzine imamo kvadratno povećanje E_k pa time i duži put da se vozilo zaustavi.

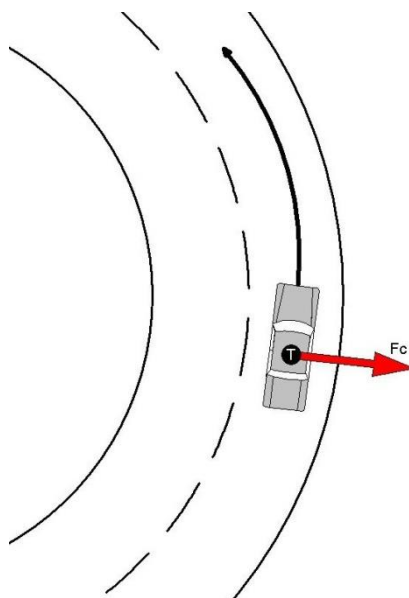
Kada se vozilo kreće u krivini tada na njega djeluje centrifugalna sila čije je ishodište u težištu vozila i koja nastoji vozilo „izbaciti“ iz kružne putanje:

$$F_c = \frac{m \cdot V^2}{R} \text{ (N)} \quad \text{izraz (2)}$$

Iz izraza (2) se uočava, kao i kod kinetičke energije, da „malo“ povećanje brzine u krivini značajno povećava centrifugalnu silu pa i prijetnju za destabilizaciju vozila. Kod centrifugalne sile u nazivniku figuriše parametar prečnik krivine (R) što znači ukoliko je krivina „oštrija“ (R je manji) tako raste centrifugalna sila ali linearno. Ukoliko je krivina blaža (R je veći) tako se smanjuje i centrifugalna sila. Kada put pređe iz krivine u pravac tada je prečnik beskonačan ($R = \infty$) pa je izraz (2) jednak nuli odnosno na pravcu centrifugalne sile nema nego prelazi u inercijalnu silu (kinetičku energiju).

³ To je rad potreban da se vozilo ubrza iz stanja mirovanja do trenutne brzine.

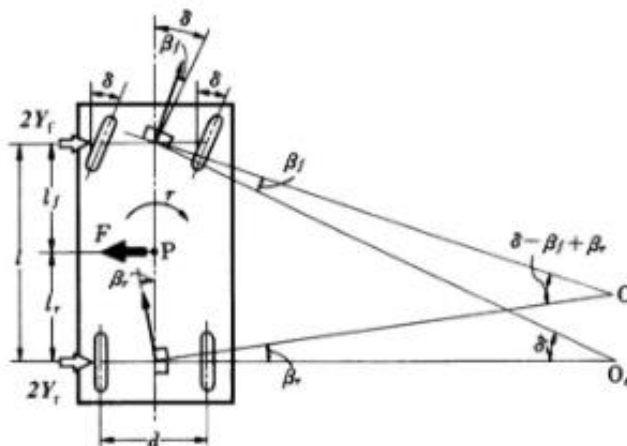
⁴ Kinetička energija je poznata i kao energija kretanja



Slika 2. Djelovanje centrifugalne sile (F_c)
prilikom kretanja vozila kroz krivinu (T – težište vozila)

2.PROBLEMI KOD UPRAVLJIVOSTI VOZILA

Kod kretanja vozila u krivini sa većom brzinom uticaj centrifugalne sile postaje značajan pa se u točkovima javljaju bočne sile. Pojava bočnih sila rezultuje pojavu određenih uglova bočnog klizanja (β). Tada se pol brzina više ne nalazi na pravcu koji prolazi kroz zadnju osovinu nego je pomjeren za ugao klizanja β i nalazi se na presjeku normala na pravce kretanja prednjih i zadnjih točkova. Kada ostvariva sila na osovini dostigne maksimalnu vrijednost, tada ugao bočnog klizanja ostvaruje značajan porast pa kako se povećava brzina kretanja vozila tada dolazi do značajnog bočnog klizanja.



Slika 3. Kretanje vozila kroz krivinu većom brzinom [1]

Ukoliko se premaši granica ostvarive bočne sile na prednjoj osovini tada vozilo proklizava prednjim krajem i povećava se prečnik kretanja ali se smanjuje bočno ubrzanje čime se smanjuje i bočno opterećenje točka pa se vozilo može stabilizovati.

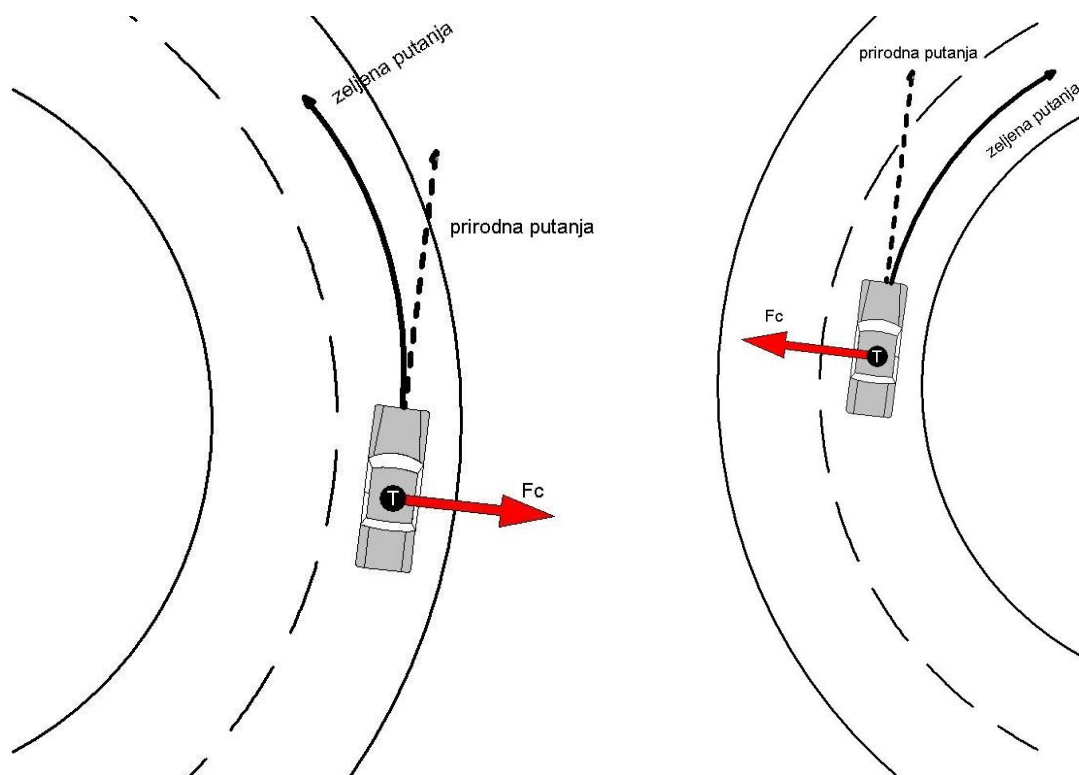
Ukoliko se premaši granica ostvarive bočne sile na zadnjoj osovini tada vozilo proklizava zadnjim krajem te se smanjuje prečnik kretanja što izaziva porast bočnog ubrzanja pa zadnja osovina ima

tendenciju da „pretekne“ prednju osovinu, odnosno tada se vozilo teško može stabilizovati jer dolazi do rotacije oko prednje osovine i apsolutni gubitak upravljivosti

Upravljački točkovi (kao i svi ostali točkovi) se okreću prilikom kretanja vozila i tim okretanjem se omogućava upravljivost vozila. Kada vozač zakreće točak upravljača upravljački točkovi se zakreću ulijevo ili udesno i time se vozilo kreće željenom putanjom (krivine, raskrsnice, skretanja, preticanja...). Ukoliko se upravljački točkovi prestanu okretati tokom vožnje ili ako dođe do proklizavanja tada se vozilo ne kreće po željenoj putanji nego po inerciji (prirodnoj putanji) što u velikoj većini slučajeva u saobraćaju predstavlja opasnu situaciju odnosno rezultat je destabilizacija vozila (prelazak na drugu kolovoznu traku, izlijetanje sa kolovoza...). Ukoliko se dogodi prestanak okretanja upravljačkih točkova (blokiranje točkova) vozač mora da otkloni uzrok blokiranja odnosno da omogući ponovno okretanje upravljačkih točkova kako bi vozilu vratio upravljivost.

Ukoliko se blokiranje prednjih točkova dogodi na pravcu, vozilo će nastaviti kretanje po inerciji (pravolinijski) dok se ne zaustavi. Tokom takvog kretanja često se vozilo i bočno zanosi pa u zaustavnom položaju bude manje ili više „popriječeno“ na kolovozu.

Ukoliko se blokiranje prednjih točkova dogodi u krivini tada vozilo kretanje nastavlja po inerciji odnosno po „prirodnoj“ putanji i posledica je ili izlijetanje van kolovoza ili prelazak na suprotnu saobraćajnu traku koji može izazvati sudar sa vozilima iz suprotnog smjera ili, opet, izlijetanje van kolovoza.



Slika 4. Kretanje vozila kroz lijevu i desnu krivinu

3. POSTUPCI VOZAČA TOKOM DESTABILIZACIJE VOZILA

Kako je već navedeno, problem upravljivosti se ogleda u proklizavanju i prevrtanju vozila ali ćemo se u ovom radu osvrnuti samo na proklizavanje vozila.

U određenim situacijama vozač je prinuđen da kočenjem zaustavi svoje vozilo. Tada, a pogotovo pri forsiranom kočenju, može doći do blokiranja upravljačkih točkova pri čemu pneumatik i kolovoz više ne ostvaruju maksimalni koeficijent trenja odnosno dolazi do klizanja pa se put kočenja može produžiti i do 20%. Međutim, ponekad veći problem može da predstavlja gubitak upravljivosti vozila.

Nerijetko, u procesu kočenja vozač utvrdi da prepreku ispred sebe ne može izbjeći kočenjem nego je mora izbjegavati i bočnim pomjeranjem vozila (ulijevo ili udesno) ali zbog blokiranih točkova u procesu kočenja mogućnosti upravljanja vozilom je isključena. U takvim situacijama vozač treba da nakratko otpusti kočnicu i, onog trenutka kada osjeti da su se upravljački točkovi ponovo počeli okretati, odnosno kada ponovo dobije upravljivost, ponovo može da aktivira kočnicu ali sad već može i da izbjegne prepreku ispred sebe. Naravno, ovaj postupak vozač može i da ponovi pa da sa uzastopnim aktiviranjem i deaktiviranjem kočnice ostvaruje kočenje ali istovremeno i može da upravlja sa vozilom. U krivini ova problematika postaje izraženija jer svako blokiranje upravljačkih točkova i proklizavanje može značiti slijetanje sa kolovoza ili prelazak na suprotnu saobraćajnu traku.

U današnjem vremenu ili današnjem stepenu razvoja automobilske industrije, posebno sa aspekta aktivnih i pasivnih elemenata bezbjednosti vozila, uređaj koji objedinjuje prethodno navedene radnje je ABS uređaj⁵

ABS uređaj ima senzore na točkovima koji prate okretaje točka. Kada prilikom kočenja broj okretaja točka padne na nivo do skorog blokiranja, ABS uređaj u djeliću vremenskog intervala (ms) na silu popušta kočionu silu i omogućava i dalje okretanje točka ali, obzirom da vozač i dalje pritišće papučicu kočnice, kočiona sila ponovo se uspostavlja i točak opet počinje da koči. Dakle, tokom ovakvog kočenja papučica kočnice vibrira (vozač gura papučicu kočnice, ABS uređaj otpušta, pa vozač i dalje gura, ABS otpušta...) i vozaču omogućava da koči ali istovremeno može i da upravlja sa vozilom.

ABS uređaj je, danas, dio obavezne opreme svakog novog vozila, odnosno unazad 25-30 godina veliki procenat vozila ima ugrađen ABS uređaj. Međutim, postavlja se pitanje i ispravnosti tog uređaja. Senzori na točku su osjetljivi pa svaka intervencija na točku podrazumijeva posebnu pažnju prilikom demontaže i montaže točka na šta mnogi automehaničari baš i ne obraćaju posebnu pažnju pa tako na određenom procentu vozila iako imamo ugrađen ABS uređaj on nije ispravan i funkcionalan. Zato vozači koji upravljaju takvim vozilima posebno treba da prouče ovaj rad.

Prema tome, osnovni problem upravljivosti vozila je blokiranje upravljačkih točkova ili gubitak prijanjanja kod tih točkova. Vozač tokom vožnje mora da omogući konstatno okretanje upravljačkih točkova čime omogućava kretanje vozila željenom putanjom.

4.PRIMJER 1.: NALET VOZILA NA PJEŠAKA [2]

Predmetna saobraćajna nezgoda je nastala kao posledica naleta putničkog motornog vozila (u daljem tekstu PMV) na pješaka. Na mjestu nezgode se nalazi obilježeni pješački prelaz širine 3,00 m koji je najavljen saobraćajnim znakom III-6 „obilježen pješački prelaz“ i oznakom na kolovozu VI-18 „pješački prelaz“. Iz smjera kretanja PMV ograničenje brzine kretanja vozila je ograničeno postavljenim saobraćajnim znakom II-34 i iznosi 60,00 km/h.



Slika 5. Izgled lica mjesta nezgode posmatrano iz smjera kretanja PMV

⁵ Antilock breaking system; sistem protiv blokiranja točkova

Pješak (ženska osoba) je započela prelazak preko pješačkog prelaza u trenutku kada joj se sa desne strane približavalo PMV krećući se brzinom od 77,97 km/h i u trenutku stupanja pješaka na kolovoz bilo udaljeno oko 49,16 m od početka pješačkog prelaza. Pješak osmatra saobraćaj sa svoje desne strane i započinje prelazak preko pješačkog prelaza. Kada je došla do sredine kolovoza (pješačkog prelaza) uočava da joj se približava PMV i zastaje a onda kada postaje svjesna da se isti neće zaustaviti počinje da „bježi“ unazad.



Slika 6. Trenutak stupanja pješaka na pješački prelaz

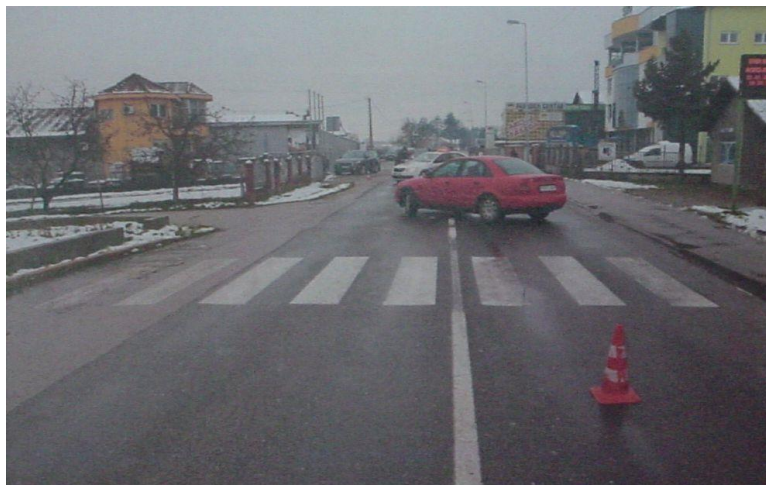


Slika 7. Trenutak kad pješak zastaje na pješačkom prelazu



Slika 8. Trenutak kontakta pješak-PMV

Vozač ne uspijeva da se zaustavi i dolazi do naleta na pješaka prednjom čeonom stranom vozila. Mjesto kontakta se nalazi na lijevoj saobraćajnoj traci iz smjera kretanja PMV.



Slika 9. Završni položaj PMV

Na slici 9 se uočava završni položaj PMV. Vidljivo je da je vozilo „zakošeno“ udesno odnosno da je prilikom procesa kočenja PMV prešlo na suprotnu saobraćajnu traku i da se blago zaniјelo u desno zadnjim krajem.

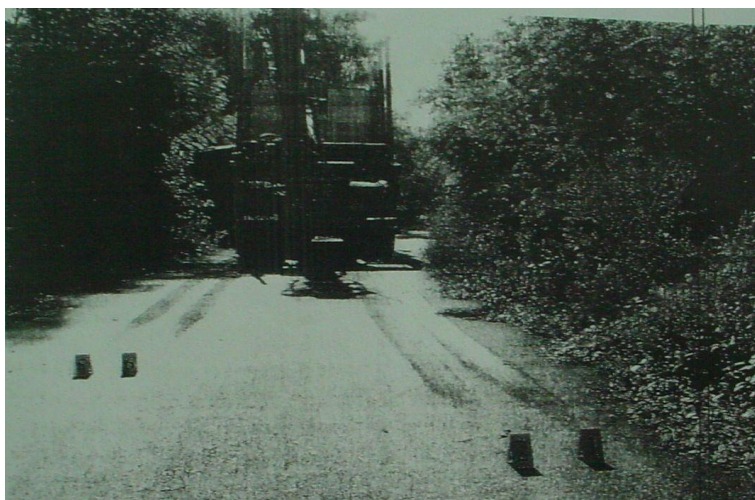
Dakle, vozač PMV se kretao svojom saobraćajnom trakom i ugledavši pješaka na pješačkom započinje sa forsiranim kočenjem, tokom kojeg, gubi upravljivost i usled blokiranja upravljačkih točkova zbog kočenja ali i klizavog kolovoza, prelazi na suprotnu saobraćajnu traku i naliјeće na pješaka na pješačkom prelazu. Tokom prelaska kolovoza pješak ni jednog trenutka nije stupila na površinu saobraćajne trake kojom se kretalo PMV. Da je vozač PMV samo u jednom trenutku nakratko otpustio kočnicu ponovo bi omogućio okretanje prednjih točkova čime bi vratio upravljivost svom vozilu i mogao ga je provesti svojom saobraćajnom trakom pri čemu bi nalet na pješaka bio izbjegnut.

5.PRIMJER 2.: MEĐUSOBNI KONTAKT KOMBIJA I KAMIONA [3]

Predmetna saobraćajna nezgoda je nastala kao posledica međusobnog kontakta dva teretna vozila KOMBIJA i KAMIONA. Na mjestu nezgode put je u blagoj krivini širine kolovoza 4,00 m na kojem nema oštećenja. Ograničenje brzine kretanja vozila je određeno opštim ograničenjem brzine kretanja vozila van naselja i iznosi 80,00 km/h.

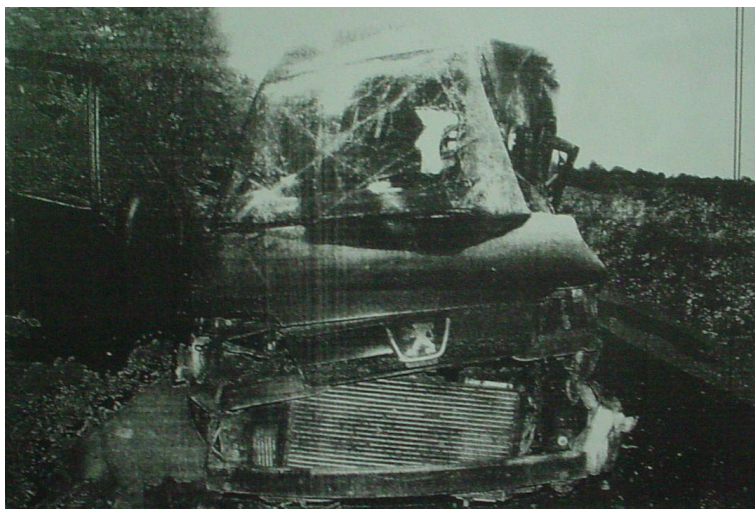


Slika 10. Izgled lica mjesta nezgode iz smjera kretanja KOMBIJA



Slika 11. Izgled lica mjesta nezgode iz smjera kretanja KAMIONA

Vozila su dolazila jedno drugome u susret, KOMBI brzinom od 43,34 km/h a KAMION brzinom od 60,00 km/h, i kada su bili međusobno udaljeni na oko 57,32 m vozači započinju sa reakcijama i kočenjem pokušavaju da izbjegnu međusobni nalet. Vozač KOMBIJA uočivši da se ne može zaustaviti prije naleta otpušta kočnicu i bočnim izmicanjem u desno pokušava omogućiti prostor za mimoilaženje.



Slika 12. Izgled oštećenja na KOMBIJU

Sa druge strane, vozač KAMIONA takođe započinje sa kočenjem ali, za razliku od drugog vozača, ne prekida kočenje i prelazi na suprotnu saobraćajnu traku i prednjom čeonom stranom kontaktira u prednju bočnu lijevu stranu KOMBIJA (jer je bilo zakrenuto udesno zbog izbjegavanja).

Dakle, da je vozač KAMIONA nakratko prekinuo kočenje i vraćanjem upravljivosti započeo bočno pomijeranje u desno uspio bi omogućiti prostor za međusobno mimoilaženje.

ZAKLJUČAK

Poznavanje teorije vođenja vozila po kolovozu je esencijalni uslov za bezbjedno učešće u saobraćaju. Prva (sa)znanja vozači bi trebali da steknu već u ranoj životnoj dobi u osnovnoj ili srednjoj školi a, ako ne steknu ta znanja tada, onda bi u autoškoli tokom osposobljavanja za upravljanje motornim vozilom na teoretskoj nastavi morali biti upoznati sa ovom materijom. Upravljivost vozila odnosno vođenje vozila po željenoj putanji je izuzetno bitna komponenta svake vožnje. Na prethodna dva primjera



realnih saobraćajnih nezgoda pokazani su klasični primjeri nepoznavanja ove materije koji su doveli do nastanka saobraćajnih nezgoda. U oba slučaja vozači su svojim postupkom pokazali da nemaju osnovna znanja iz ove materije, odnosno da su ih imali ove dvije saobraćajne nezgode se, vjerovatno, ne bi ni desile.

Na obaveznoj teoretskoj obuci vozači treba da prođu osnove vođenja vozila po kolovozu posebno sa aspekta upravljivosti vozila nakon čega ovakve saobraćajne situacije, koje su obrađene u primjerima, vozačima neće biti nepoznanica odnosno vozači će znati kako da ispravno postupe. Ovo bi trebalo da bude osnovna zadaća i obaveza svim licenciranim predavačima teoretske nastave u autoškolama.

Literatura

1. Prebeg, K. (2017): Uticaj parametara vozila na podupravljaljivost/preupravljaljivost vozila, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje
2. Spis T18 0 KT 0016783 23
3. Spis 96 0 P 148243 22 P

VEHICLE CONTROLLABILITY

Željko Petrić⁶, Stevo Stević⁷

Abstract: Vehicle controllability is a basic aspect of safe driving on the road and unknown to many drivers, as a result of insufficient knowledge of the subject matter, i.e. failure to educate drivers from elementary school to passing the motor vehicle driver's exam. This paper will deal with this issue and show two real examples of traffic accidents, which occurred as a direct consequence of ignorance of the subject matter.

Key words: vehicle controllability, vehicle skidding, wheel locking

⁶ Željko Petrić, dr, redovni profesor, rektor, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikta BiH

⁷ Stevo Stević, dipl ing saobr – MA, asistent, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikta BiH, FTN, Saobraćajno inženjerstvo, stevex@teol.net

CILJEVI ZA ODRŽIVI RAZVOJ (SDGs) U BOSNI I HERCEGOVINI. DOKLE SMO STIGLI?

Elvedin Šabanović¹, Velemir Zekić², Željko Petrić³

UDK 502.131.1:316.334.5(497.6)

DOI 10.7251/AKPR2402111S

Sažetak: Ciljevi održivog razvoja (SDGs) su univerzalni poziv na akciju za okončanje siromaštva, zaštitu planete i poboljšanje života i perspektive svih, svugdje. Države članice Ujedinjenih nacija usvojile su 2015. godine okvir od 17 ciljeva kao dio Agende 2030 za održivi razvoj. Premda globalna slika procjene napretka prema ciljevima za održivi razvoj ni u svijetu nije toliko optimistična, prihvatanje i implementacija koncepta održivog razvoja za Bosnu i Hercegovinu je i dalje imperativ. U 2024. godini od 169 ciljeva, 135 može biti procijenjeno korištenjem dostupnih podataka o globalnim trendovima za period 2015-2023. Među procjenjivim ciljevima samo 17% pokazuju napredak dovoljan za postizanje ciljeva do 2030. godine. Kroz analizu procjene učinka Bosne i Hercegovine prema odabranim ciljevima za održivi razvoj te indeksa prelivanja i koherentnosti politike, ovaj rad naglašava gdje se akcija mora ubrzati, posebno u kritičnim područjima koja podrivaju napredak u ciljevima održivog razvoja kao što su klimatske promjene.

Ključne riječi: održivi razvoj, ciljevi, Bosna i Hercegovina

UVOD - TRENUTNA SLIKA ODRŽIVOG RAZVOJA U SVIJETU

Države članice Ujedinjenih nacija usvojile su 2015. godine okvir od 17 ciljeva kao dio Agende 2030 za održivi razvoj. Premda globalna slika procjene napretka prema ciljevima za održivi razvoj ni u svijetu nije toliko optimistična, prihvatanje i implementacija koncepta održivog razvoja za Bosnu i Hercegovinu je i dalje imperativ (Živanović et al., 2024). Aspiracije Bosne i Hercegovine za članstvo u Evropskoj uniji datiraju od Samita u Solunu održanog 2003. godine na kojem je Evropsko vijeće izjavilo da je budućnost zapadnog Balkana u Evropskoj uniji. Bosna i Hercegovina je na putu pristupanja Evropskoj uniji, sa statusom potencijalne države kandidatkinje. Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju (SSP) potpisan je 2008. godine i stupio je na snagu u junu 2015. godine. Bosna i Hercegovina 2016. je podnijela zvaničan zahtjev za članstvo u Evropskoj uniji, a 2018. godine je Evropskoj uniji dostavila odgovore na Upitnik, kako bi se ocijenila spremnost države da otvori pregovore o pristupanju Evropskoj uniji.

Na osnovu najnovijih podataka i procjena iz izvještaja o ciljevima održivog razvoja za 2024. godinu detaljno su opisani značajni izazovi s kojima se svijet suočava u pravljenju značajnih koraka ka postizanju ciljeva održivog razvoja. Izvještaj sadrži područja sa zastojima, a također pokazuje gdje je postignut opipljiv napredak te naglašava gdje se akcija mora ubrzati, posebno u kritičnim područjima koja podrivaju napredak u ciljevima održivog razvoja kao što su klimatske promjene, mir i sigurnost,

¹ Elvedin Šabanović, dr, docent, Univerzitet "Privredna akademija" Brčko distrikt BiH, Fakultet tehničkih nauka, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: elvedin.sabanovic@privrednaakademija.edu.ba

² Velemir Zekić, dr, docent, Univerzitet "Privredna akademija" Brčko distrikt BiH, Fakultet tehničkih nauka, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: velemirz@gmail.com

³ Željko Petrić, dr, Rektor, Univerzitet "Privredna akademija" Brčko distrikt BiH, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: ftn@privrednaakademija.edu.ba



nejednakosti među zemljama, između ostalog. Dugotrajni utjecaji pandemije Covid-19, eskalacija sukoba, geopolitičke tenzije i rastući klimatski kaos ozbiljno su ometali napredak u prošlom vremenu. Izvještaj detaljno opisuje hitne prioritete i područja potrebna za jaču i efikasniju akciju kako bi se osiguralo obećanje 2030. godine da će se okončati siromaštvo, zaštititi planeta i nikoga ne ostaviti iza sebe. SDG indeks mjeri osnovni status zemlje za provedbu ciljeva održivog razvoja. Rezultat se tumači kao procenat ostvarenja 17 ciljeva održivog razvoja. Rezultat od 100 označava da su svi ciljevi održivog razvoja postignuti. Indeks statističkog učinka je ponderisani prosjek statističkih pokazatelja učinka, koji ocjenjuju učinak nacionalnih statističkih sistema. On agregira pet stubova statističkog efekta kao što je korištenje podataka, usluge podataka, proizvodi podataka, izvori podataka i infrastruktura podataka. U 2024. godini od 169 ciljeva, 135 može biti procijenjeno korištenjem dostupnih podataka o globalnim trendovima za period 2015-2023. Među procjenjivim ciljevima samo 17% pokazuju napredak dovoljan za postizanje ciljeva do 2030. godine. Kroz analizu procjene učinka Bosne i Hercegovine prema odabranim ciljevima za održivi razvoj te indeksa prelijevanja i koherentnosti politike, ovaj rad naglašava gdje se akcija mora ubrzati, posebno u kritičnim područjima koja podrivaju napredak u ciljevima održivog razvoja kao što su klimatske promjene.

GLAVNI DIO - OPŠTA SLIKA ODRŽIVOG RAZVOJA U BOSNI I HERCEGOVINI

Bosna i Hercegovina je prepoznala potencijal provođenja ciljeva održivog razvoja i Agende 2030 (<https://zamisli2030.ba/>) kao mogućnost značajnog unaprjeđenja socijalnih, ekonomskih i okolišnih aspekata života u zemlji i jačanja regionalne saradnje. Nakon ostvarenja relativno skromnih rezultata u provođenju milenijskih razvojnih ciljeva, naša zemlja pristupila je pripremama za provođenje Programa održivog razvoja do 2030. godine na sveobuhvatan način. Formirana je Radna grupa (Vijeće ministara Bosne i Hercegovine, Direkcija za ekonomsko planiranje i Vlada Federacije Bosne i Hercegovine, Republike Srpske i Brčko Distrikta) za izradu Okvira ciljeva održivog razvoja i Dobrovoljnog izvještaja Bosne i Hercegovine. Pored Radne grupe za ciljeve održivog razvoja, Radna grupa za privatni sektor, kao i nekoliko drugih aktera iz sektora civilnog društva i akademske zajednice su također vrlo aktivni. Opsežne konsultacije u vezi s Agendom 2030 i ciljevima održivog razvoja, koje su bile fokusirane na građane, pokrenute su u Bosni i Hercegovini 2016. godine u okviru krovne inicijative *Zamisli 2030* u Bosni i Hercegovini. Agenda 2030/ciljevi održivog razvoja zvanično su predstavljani u aprilu 2017. godine kada je održana konferencija na visokom nivou na temu Agende 2030 pod pokroviteljstvom Predsjedništva Bosne i Hercegovine, nakon čega su imenovane institucije koje će predvoditi realizaciju Agende 2030 na nivou Bosne i Hercegovine, R Srpske, F BiH i Brčko Distrikta. Od tada, do danas, održana je četvrta po redu *Sedmica održivog razvoja 2024 u Bosni i Hercegovini* ("Prevođenje Okvira za realizaciju Ciljeva održivog razvoja u Bosni i Hercegovini u održivi i inkluzivni rast - SDG2BiH") koja okuplja predstavnike iz različitih sektora kako bi zajedničkim snagama unaprijedili ciljeve održivog razvoja (SDG-s), a naglasila je potrebu za partnerstvom kao osnovom za ubrzanje napretka prema ovim ciljevima u našoj zemlji. S obzirom na snažnu predanost budućnosti naše zemlje u Evropskoj uniji, od ogromnog značaja za zemlju je objedinjavanje evropske perspektive, Agende 2030 i ciljeva održivog razvoja, s obzirom da su komplementarni i da jedni druge podupiru.

BOSNA I HERCEGOVINA PREMA SDGS S POSEBNIM OSVRTOM NA OČUVANJE KLIME

Prema Dobrovoljnom izvještaju Bosne i Hercegovine o provođenju Agende 2030. i ciljeva održivog razvoja (<https://sdg.bhas.gov.ba/publications/>) iz 2019. godine, izvještaju o indeksu ostvarenja ciljeva održivog razvoja i matricama podataka za 2018. godinu, Mreži rješenja za održivi razvoj i Fondaciji Bertelsmann Stiftung naša zemlja je ostvarila 71. mjesto od 156 analiziranih zemalja, sa ukupno 67,3 boda. U poređenju sa 2023. kada je Bosna i Hercegovina bila pozicionirana na 47. mjesto od 166 analiziranih zemalja, sa indeksom učinka 70,6. Bosna i Hercegovina je u 2024. rangirana na 50. mjesto od ukupno 167 zemalja. Ovi podaci predstavljeni su u **tabeli 1**.

**Tabela 1.** Napredak Bosne i Hercegovine ka postizanju SDGs

Godina	Pozicija	Indeks učinka	Indeks SDG
2019	71	67,3	-
2023	47	70,6	74,02
2024	50	70,6	74

Udio lokalnih vlasti koje usvajaju i implementiraju lokalne strategije smanjenja rizika od katastrofa u skladu sa nacionalnim strategijama smanjenja rizika od katastrofa opisan je u okviru cilja 13 za održivi razvoj. Realizacija opšteg cilja zavisi od 5 specifičnih ciljeva izmjereni kroz 8 specifičnih indikatora predstavljenih u **tabeli 2**: 13.1.1 Broj poginulih, nestalih osoba i direktno pogođenih osoba pripisanih katastrofama na 100.000 stanovnika; 13.1.2 Broj zemalja koje usvajaju i implementiraju nacionalne strategije smanjenja rizika od katastrofa u skladu sa *Sendai Okvirom* za smanjenje rizika od katastrofa 2015-2030; 13.1.3 Udio lokalnih vlasti koje usvajaju i implementiraju lokalne strategije smanjenja rizika od katastrofa u skladu sa nacionalnim strategijama smanjenja rizika od katastrofa; 13.2.1 Broj zemalja koje su priopćile uspostavljanje ili operacionalizaciju integrirane politike/strategije/plana koji povećava njihovu sposobnost da se prilagode negativnim utjecajima klimatskih promjena i podstiču otpornost na klimatske promjene i razvoj niske emisije stakleničkih plinova na način koji ne ugrožava proizvodnju hrane uključujući nacionalni plan prilagodbe i dvogodišnji izvještaj o ažuriranju; 13.2.2 Ukupne godišnje emisije stakleničkih plinova; 13.3.1 Broj zemalja koje su integrirale ublažavanje, prilagodbu, smanjenje utjecaja i rano upozoravanje u primarne, sekundarne i tercijarne nastavne planove i programe; 13.a.1 Mobilizirani godišnji iznos između 2020. i 2025. godine odgovoran za obavezu od 100 milijardi dolara; 13.b.1 Broj najmanje razvijenih zemalja i malih ostrvskih država u razvoju koje primaju specijaliziranu podršku, i iznos podrške, uključujući finansije, tehnologiju i izgradnju kapaciteta za mehanizme za podizanje kapaciteta za efikasno planiranje i upravljanje klimatskim promjenama, uključujući fokusiranje na žene, mlade i lokalne i marginalizirane zajednice.

Tabela 2. Indikatori za jačanje otpornosti i kapaciteta prilagođavanja klimatskim opasnostima i prirodnim katastrofama u Bosni i Hercegovini

Specifični ciljevi	Indikator	Izvor
Jačanje otpornosti i kapaciteta prilagođavanja klimatskim opasnostima i prirodnim katastrofama Period 2019-2022. karakteriše početak procesa usklađivanja strategija razvoja na lokalnom nivou sa Sendai okvirom. U tom periodu je 7 strategija jedinica lokalne samouprave u potpunosti usklađeno sa Sendai okvirom, dok su 33 strategije djelimično usklađene. Posmatrajući potpunu usklađenost sa Sendai okvirom, trenutno je 5% strategija usklađeno što je daleko manje od ciljne vrijednosti za 2023. koja iznosi 50%.	13.1.1	Podatak nedostupan
	13.1.2	Podatak nedostupan
	13.1.3	143
Integrirati mjere klimatskih promjena u nacionalne politike, strategije i planiranje	13.2.1	https://unstats.un.org/sdgs/files/metadata-compilation/Metadata-Goal-13.pdf
	13.2.2	Podatak nedostupan



Poboljšati obrazovanje, podizati svijest i ljudske i institucionalne kapacitete o ublažavanju klimatskih promjena, prilagođavanju, smanjenju utjecaja i ranom upozoravanju	13.3.1	https://bhas.gov.ba/data/Publikacije/Bilteni/2024/SDG_00_2023_TB_1_BS.pdf
Implementirati obavezu koju su preuzele razvijene zemlje potpisnice Okvirne konvencije Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama u cilju zajedničke mobilizacije 100 milijardi dolara godišnje do 2020. godine iz svih izvora kako bi se odgovorilo na potrebe zemalja u razvoju u kontekstu značajnih akcija ublažavanja i transparentnosti u implementaciji i u potpunosti operacionalizirati Zeleni klimatski fond kroz njegovu kapitalizaciju što je prije moguće	13.a.1	https://unstats.un.org/sdgs/files/metadata-compilation/Metadata-Goal-13.pdf
Promovisanje mehanizama za podizanje kapaciteta za efikasno planiranje i upravljanje klimatskim promjenama u najmanje razvijenim zemljama i malim ostrvskim državama u razvoju, uključujući fokusiranje na žene, mlade i lokalne i marginalizirane zajednice	13.b.1	https://unstats.un.org/sdgs/files/metadata-compilation/Metadata-Goal-13.pdf

ZAKLJUČAK

Trenutni napredak je daleko od onoga što je potrebno da bi se ispunili ciljevi održivog razvoja do 2030 i to je opšta slika u svijetu. Bosna i Hercegovina je posvećena da uloži maksimalne napore i doprinese implementaciji najvećeg i najvažnijeg plana današnjice. Napori Bosne i Hercegovine ka kreiranju društva koje svima pruža jednake mogućnosti i stvaranje pretpostavki za pametan rast, a koji su dio Agende 2030, te provođenje neophodnih reformi koje zahtijeva proces Evropskih integracija, usporeni su uslijed niza izazova. Globalni izazovi koji su usporili napredak u najvećem broju zemalja svijeta, uzrokujući krizu zdravstvenih sistema, prekide u lancima snabdijevanja hranom i energentima, kao i rekordnu inflaciju, nisu zaobišli ni našu zemlju. Bosna i Hercegovina se suočava sa nizom unutrašnjih izazova u pogledu uspješne implementacije Agende 2030, a koji uključuju potrebu da se ojača međusektorska koordinacija i sistemsko provođenje politika održivog razvoja. Potrebni su dodatni naponi da se koncept održivosti integriše u sve pore društva, od razvojnih mjera institucija, poslovnih modela privatnog sektora, do ponašanja na nivou zajednica i pojedinca. Digitalizacija je još jedan od prepoznatih akceleratora održivog razvoja u Bosni i Hercegovini, posebno u kombinaciji s jačanjem istraživačkih potencijala. Zemlja ima dobro obrazovanu populaciju, a ulaganje u digitalnu infrastrukturu i istraživanje i razvoj bi pomoglo stvaranju radnih mjesta u tehnološkom sektoru, kreiranju konkurentnije ekonomije. Javna sredstva su najvažniji izvor finansiranja održivog razvoja, ali postoji prostor za bolje fokusiranje na sfere koje kreiraju održive pozitivne promjene. U Bosni i Hercegovini, kao i u ostatku svijeta, javna sredstva su nedostatna za implementiranje Agende, tako da se radi na uspostavi modela za uvođenje inovativnih načina finansiranja i na jačanju razvojnih partnerstava. Pri tome, potrebno je voditi računa da sve buduće politike i mjere adresiraju potrebe najugroženijih grupa stanovništva koje su najčešće i najteže pogođene krizama. Bez masivnih ulaganja i pojačanih akcija, postizanje ciljeva održivog razvoja, nacrt za otporniji i prosperitetniji svijet i mapa puta za izlazak iz trenutnih globalnih kriza, ostat će nedostižno.



LITERATURA

1. UN. Department of Economic and Social Affairs 2024: The Sustainable Development Goals Report. <https://digitallibrary.un.org/record/4053200?v=pdf> (zadnji pristup: 08.12.2024).
2. Živanović, C., Duraković, B., Bojić, B. (2024): "Zeleni" finansijski instrumenti u funkciji održivog razvoja. *Akademski privrednik*, 1(1): 45. Visokoškolska Ustanova Univerzitet Privredna akademija Brčko distrikt BiH (dostupno na: <https://nir.privrednaakademija.edu.ba/casopis/>).

The Sustainable Development Goals (SDGs) in Bosnia and Herzegovina. How far have we come?

Elvedin Šabanović⁴, Velemir Zekić⁵, Željko Petrić⁶

Abstract: The Sustainable Development Goals (SDGs) are a universal call to action to end poverty, protect the planet and improve the lives and prospects of all people everywhere. In 2015, the member states of the United Nations adopted a framework of 17 goals as part of the 2030 Agenda for Sustainable Development. Although the global assessment of progress towards the SDGs is not very optimistic, the acceptance and implementation of the concept of sustainable development remains essential for Bosnia and Herzegovina. In 2024, out of 169 goals, 135 can be estimated based on the available global trend data for the period 2015-2023. Of the assessable targets, only 17% show sufficient progress to achieve the 2030 targets. Based on an analysis of Bosnia and Herzegovina's impact assessment for selected SDGs, as well as spillover and policy coherence indices, this paper identifies where action needs to be accelerated, particularly in critical areas that undermine progress on the SDGs, such as climate change.

Kew words: sustainable development, goals, Bosnia and Herzegovina

⁴ Elvedin Šabanović, dr, docent, Univerzitet "Privredna akademija" Brčko distrikt BiH, Fakultet tehničkih nauka, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: elvedin.sabanovic@privrednaakademija.edu.ba

⁵ Velemir Zekić, dr, docent, Univerzitet "Privredna akademija" Brčko distrikt BiH, Fakultet tehničkih nauka, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: velemirz@gmail.com

⁶ Željko Petrić, dr, Rektor, Univerzitet "Privredna akademija" Brčko distrikt BiH, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: ftn@privrednaakademija.edu.ba

KARAKTERISTIKE SPORTISTA I NESPORTISTA U PROSTORU MOTORIKE

Veselin Bunčić¹, Nenad Jerković², Mihalj Halas³

UDK 796.012.1-057.874-055.15

DOI 10.7251/AKPR2402116B

Sažetak: Ovim istraživačkim radom nastojao se dobiti uvid u kvalitativne razlike motoričkih sposobnosti između sportista koji imaju različit obim kretnih aktivnosti i mladih koji su kretno neaktivni ili su uključeni u rekreativne aktivnosti. Populacija iz koje je definisano ovo istraživanje su učenici srednje škole uzrasta od 15 do 18 godina. Kod učenika koji se ne bave sportom su strukture izolovanih komponenti mešovitog karaktera, pa se tim izolovanim komponentama može objasniti znatno manji deo zajedničke varijanse. Kod učenika sportista sa povećanim intenzitetom svakodnevnih kretnih aktivnosti uočeno je da imaju veći procenat objašnjene zajedničke varijanse. Što ukazuje na bolju razvijenost određenih motoričkih sposobnosti u korist kretno aktivnijih srednjoškolaca.

Ključne reči: motoričke sposobnosti, učenici sportisti, rekreativci.

UVOD

Istraživanje je vršeno na području šabačke opštine na uzorku od ukupno 200 učenika srednjih škola, oba pola, odnosno 7 odeljenja, primenom standardizovanih motoričkih testova:

- Skok u dalj iz mesta (eksplozivna snaga nogu),
- Trčanje na 30 m (brzina frekvančnih pokreta),
- Zgibovi (apsolutna snaga),
- Trčanje na 800 m (anaerobna izdržljivost),
- Poligon u sali (koordinacija pokreta).

Ciljevi istraživanja su bili da se dokaže da aktivno bavljenje sportom, odnosno sedanteran način života imaju određeni uticaj na razvoj motoričkih sposobnosti, međutim nepoznato je u kojoj meri i da li uopšte kretne aktivnosti utiču na pojedine kretne sposobnosti.

Obzirom da je fizičko vaspitanje neadekvatno zastupljeno brojem časova u nastavnom planu, pristup nastavi ostvaruje se niskom energetsom komponentom, što predstavlja veliki problem realizacije programskih ciljeva fizičkog vaspitanja. Iz tih razloga, sve je veći broj dece koji se uključuje u trenažni proces u sportskim klubovima ili sekcijama sporta pri školama.

Za analizu podataka smo koristili SPSS softver, a od matematičko statističkih metoda Faktorsku analizu koja je zasnovana na analizi glavnih komponenti uz metodu ekstrakcije faktora.

¹ Veselin Bunčić, ORCID br 0000000174483971, dr, vanredni profesor, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, Pedagoški fakultet, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: veselin.buncic@privrednaakademija.edu.ba

² Nenad Jerković, ORCID br 0009000202154270, ms, VSOVSU, Subotica

³ Halas Mihalj, prof. fizičkog vaspitanja,



FAKTORSKA ANALIZA

Urađena faktorska analiza u ovom slučaju ima sledeće karakteristike:

Faktorska analiza je zasnovana na analizi Glavnih komponenti kao metodu ekstrakcije faktora.

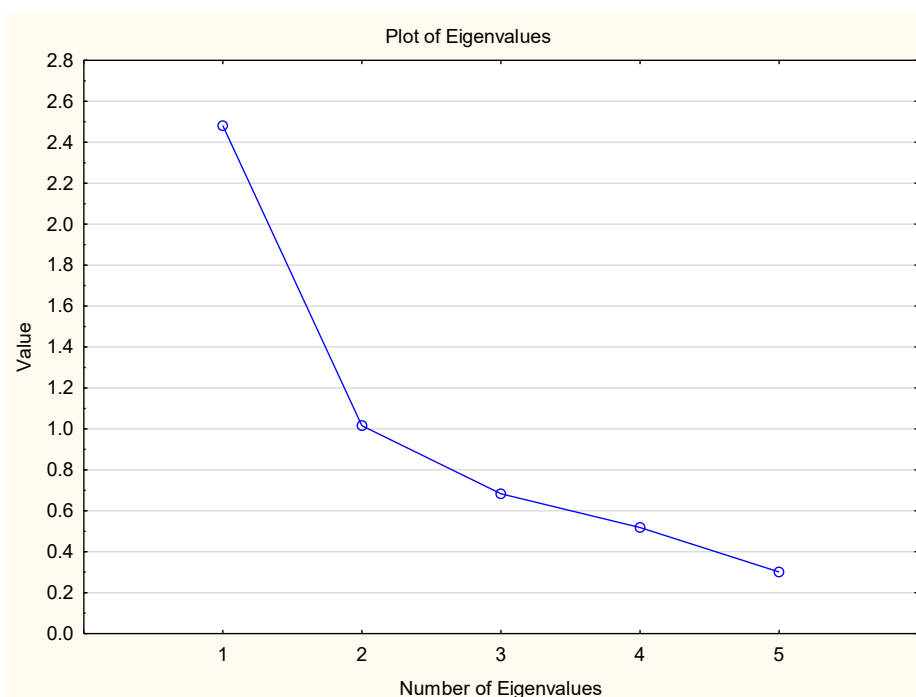
Analizom je selektovano **2 faktora**.

Minimalna **Eigen** vrednost iznosi 1, što je uobičajena visina varijanse glavnih komponenti. To znači da će u rotaciju faktora biti uključeni samo oni koji imaju **Eigen** vrednost veću od 1.

Nakon prve ekstrakcije faktora, nije vršena njihova rotacija jer je distribucija faktorskih opterećenja jasna, a broj faktora je mali. U faktorskoj analizi, ajgen vrednosti (eigenvalues) predstavljaju količinu varijanse u podacima koju objašnjava svaki faktor. Svaki faktor dobija ajgen vrednost koja ukazuje na njegovu relativnu važnost u analizi. Veća ajgen vrednost znači da faktor objašnjava više varijanse u podacima i ima veću važnost. Manja ajgen vrednost znači da faktor objašnjava manje varijanse. U praksi, faktori sa ajgen vrednostima većim od 1 se obično zadržavaju u modelu, dok se faktori sa vrednostima manjim od 1 često odbacuju, jer objašnjavaju manje varijanse nego što bi to objasnila pojedinačna varijabla. Ajgen vrednosti pomažu u određivanju koliko je faktora potrebno zadržati u faktorskoj analizi.

REZULTATI I DISKUSIJA

Uvidom u sliku 1, jasno je da 2 faktora zajedno objašnjavaju **70%** varijacije originalnih podataka, što je visok procenat s obzirom na broj varijabli u modelu (**5**). U analizi je korišćen Scree kriterijum. Na osnovu ovog kriterijuma, broj značajnih faktora se određuje na osnovu određivanja faktora posle kog se vrednosti karakterističnih korenova ustaljuju. Na slici 1, na horizontalnoj osi, nalaze se faktori i scree plot odnosno graf pokazuje **Eigen** vrednosti svakog faktora. Na osnovu slike se pronalaze prelomne tačke (breakpoints) koje pomažu da se odredi koliko faktora bi trebalo uzeti u obzir prilikom analize. Slika pokazuje da je prvi faktor značajniji od ostalih. Na osnovu toga, prvi faktor objašnjava najveći deo varijanse i pokriva oko **50%** varijacija originalnih podataka. Posle prvog faktora, drugi faktor objašnjava dodatnih **20%** varijacija.



Slika 1. Odnos faktora - Vrednosti karakterističnih korenova



Tabela 1 pokazuje ajgenvrednosti za modele sa jednim, i dva faktora. Ista tabela u poslednjoj koloni pokazuje kako je rastao procenat objašnjenog varijabiliteta sa povećavanjem broja faktora.

Tabela 1: Raspored ajgen vrednosti prema različitim modelima faktorske analize

Value	Eigenvalues (Spreadsheet15 in Workbook1) Extraction: Principal components			
	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	2.481430	49.62859	2.481430	49.62859
2	1.015941	20.31883	3.497371	69.94742

Tabela 2 pokazuje faktorska opterećenja (factor loadings) odnosno koeficijente korelacije originalnih varijabli sa dobijenim faktorima. Identifikovane faktore je potrebno interpretirati na osnovu ovih rezultata. U tabeli su jasnije naznačena (crvenom bojom) ona faktorska opterećenja koja su najznačajnija, odnosno koja su veća od **0,7**. Tako se, na primer, uočava da je faktor 1 u značajnoj vezi sa **4** originalnih varijabli itd.

Factor loadings (faktorska opterećenja) u faktorskoj analizi predstavljaju koeficijente koji pokazuju koliko svaka originalna varijabla doprinosi svakom faktoru. Oni mere snagu veze između varijable i latentnog faktora, tj. koliko taj faktor objašnjava varijaciju u toj varijabli.

Evo detaljnijeg objašnjenja:

1. Magnituda: Što je veće faktorsko opterećenje, to je veća povezanost između varijable i faktora. Na primer, opterećenje od 0.8 znači da je varijabla jako povezana sa faktorom, dok opterećenje od 0.2 ukazuje na slabiju povezanost.
2. Znak (+ ili -): Znak opterećenja pokazuje da li je veza pozitivna ili negativna. Pozitivno opterećenje znači da se varijabla i faktor kreću u istom smeru (ako faktor raste, raste i varijabla), dok negativno opterećenje znači da se kreću u suprotnim smerovima.
3. Interpretacija: Varijable sa visokim faktor opterećenjem za isti faktor mogu se grupisati, jer pokazuju da dele zajednički latentni faktor. Na osnovu toga, faktori se mogu imenovati i interpretirati. Na primer, ako nekoliko varijabli vezanih za zdravlje (kao što su nivo holesterola, krvni pritisak, i BMI) ima visoka opterećenja na jednom faktoru, taj faktor može biti interpretiran kao "zdravstveno stanje." Ukratko, faktorska opterećenja pokazuju koliko svaka varijabla doprinosi objašnjenju latentnih faktora, i ključni su za interpretaciju rezultata faktorske analize.

Tabela 2 pokazuje faktorska opterećenja (factor loadings).

Tabela 2: Faktorska opterećenja

Variable	Factor Loadings (Unrotated) (Spreadsheet15 in Workbook1) Extraction: Principal components (Marked loadings are >.700000)	
	Factor 1	Factor 2
Skok MestoIII	0.883856	0.102285
Zgibovi III	0.708642	0.041347
Trcanje30mIII	-0.813924	0.100708
Trcanje500 800mIII	0.004433	0.995144
KoordinacijaIII	0.731822	-0.057593
Expl.Var	2.481430	1.015941
Prp.Totl	0.496286	0.203188



Tabela 3 sadrži koeficijente na osnovu kojih se izračunavaju faktor skorovi odnosno koordinate u multidimenzionalnom prostoru za svakog respondenta (jedinicu posmatranja) pojedinačno.

Tabela 3. Koeficijenti faktora

Variable	Factor Score Coefficients (Spreadsheet15 in Workbook1) Rotation: Unrotated Extraction: Principal components	
	Factor 1	Factor 2
SkokMestoIII	0.356188	0.100680
Zgibovi III	0.285578	0.040698
Trcanje 30mIII	-0.328006	0.099128
Trcanje 500800mIII	0.001786	0.979529
KoordinacijaIII	0.294920	-0.056689



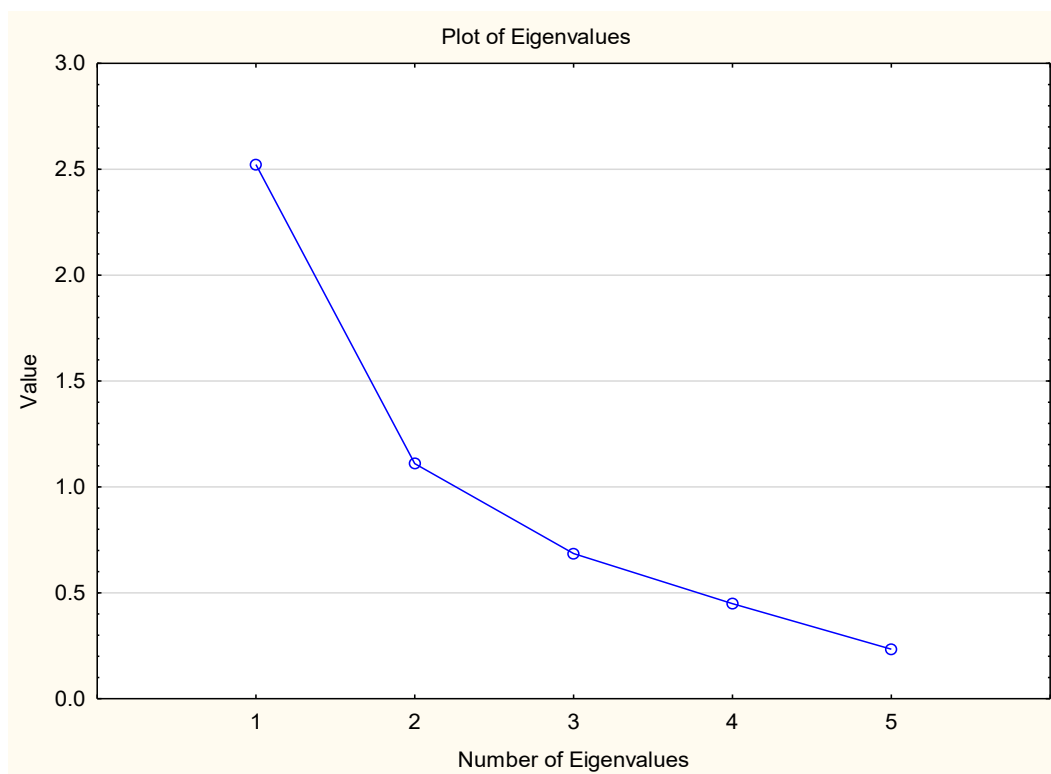
Slika 2 pokazuje faktor skorove odnosno koordinate za svaku jedinicu posmatranja pojedinačno u multidimenzionalnom prostoru. Veći faktor skor za neku jedinicu govori da ta jedinica posmatranja ima izraženije one varijable koje su povezane sa datim faktorom.

FAKTORSKA ANALIZA – SPORTISTI

Tabela 2 je očigledno da opservacijom Faktora 1, dolazimo do zaključka da je trčanje na 30 m ima negativan skor odnosno da nema bitnijih razlika između populacija nesportista i sportista, što je i očekivano, jer je brzina frekventnih pokreta u velikom procentu 97 % urođena, tako da se treningom i nije očekivalo da se može značajnije menjati, što i ukazuju i negativni rezultati koji determinišu faktor 1. Sličan je rezultat i kod kordinacije pokreta, gde zapažamo da nema determinisanosti faktora za grupu

sportista u odnosu za nesportiste u motoričkoj sposobnosti koordinacija pokreta, koja treningom ne može značajnije da se unapređuje, doduše malo bolji rezultati za grupu sportista su možda uslovljeni većim repertoarom automatizovanih - naučenih osnovnih formi pokreta i kretanja ,zbog aktivnog životnog stila. Međutim ti rezultati nisu statistički značajni.

Koeficijenti (Coefficients) za varijable eksplozivne, repetativne snage i izdržljivosti imaju visoke vrednosti (tabela 11). Što ukazuje da su naročito izdržljivost snaga (repetativna i apsolutna-ako je ispitanik kod zgibova veće težine) ,pa i eksplozivna snaga ;naročito su podložne promenama pod uticajem trenažnog procesa, te da je nedostatak kretanja faktor koji dovodi značajnije do opadanja nivoa pomenutih motoričkih sposobnosti.



Slika 3. Prikaz Ajgen vrednosti

Tabela 5: Ajgen vrednosti i Količina varijanse

Value	Eigenvalues (Spreadsheet15 in Workbook1) Extraction: Principal components			
	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	2.522355	50.44710	2.522355	50.44710
2	1.109940	22.19880	3.632295	72.64590

**Tabela 6** Ekstrakcija glavnih komponenti

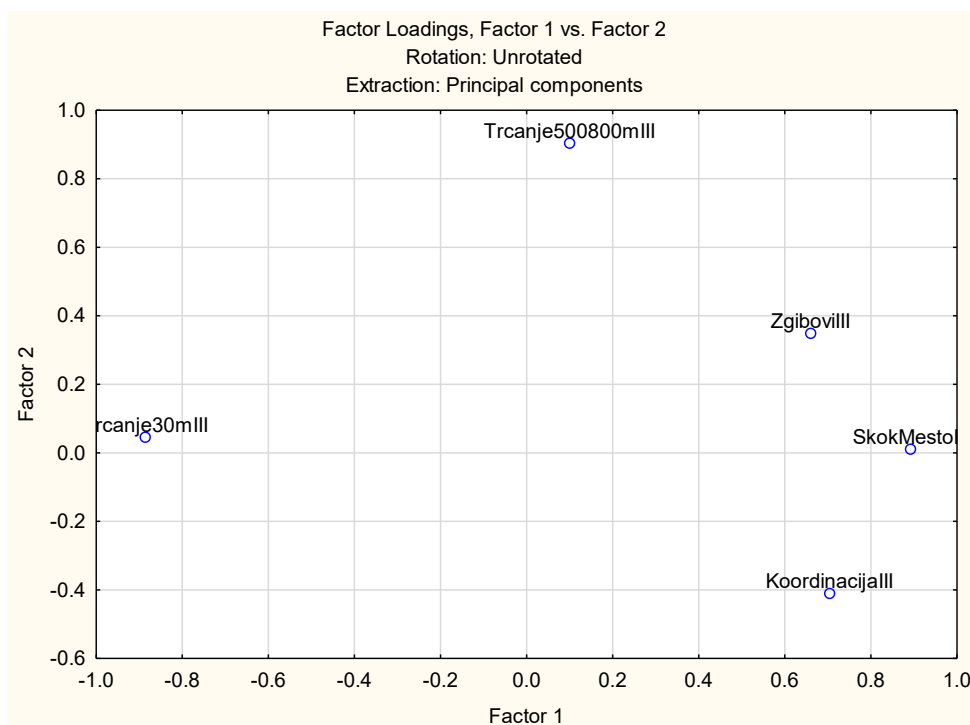
Variable	Factor Loadings (Unrotated) (Spreadsheet15 in Workbook1) Extraction: Principal components (Marked loadings are >.700000)	
	Factor 1	Factor 2
SkokMesto III	0.892562	0.010060
Zgibovi III	0.659839	0.349179
Trcanje 30mIII	-0.885779	0.045900
Trcanje 500800mIII	0.099846	0.904065
Koordinacija III	0.704079	-0.410453
Expl.Var	2.522355	1.109940
Prp.Totl	0.504471	0.221988

Extraction of Principal Components (Ekstrakcija glavnih komponenti): Ovo znači da je metoda korišćena za identifikovanje faktora metoda glavnih komponenti (PCA). Ova metoda izvlači faktore tako da maksimizuje količinu varijanse objašnjenu prvim faktor

Tabela 7 Koeficijenti faktorskih skorova

Variable	Factor Score Coefficients (Spreadsheet15 in Workbook1) Rotation: Unrotated Extraction: Principal components	
	Factor 1	Factor 2
Skok Mesto III	0.353861	0.009063
Zgibovi III	0.261596	0.314593
Trcanje 30 mIII	-0.351171	0.041353
Trcanje 500m 800mIII	0.039584	0.814517
Koordinacija III	0.279136	-0.369797

Factor Score Coefficients (Koeficijenti faktorskih skorova): Ovo su koeficijenti koji se koriste za izračunavanje faktorskih skorova, odnosno vrednosti faktora za svaki pojedinačni objekat ili ispitanika u analizi. Ti skorovi pokazuju koliko svaki ispitanik "pripada" određenom faktoru, na osnovu njihovih odgovora na originalne varijable. Koeficijenti faktorskih skorova su ponderi koji kombinuju varijable kako bi se dobio skor za svaki faktor.

**Tabela 8** Ukrštanje faktora 1 i 2

Unrotated (Nerotirana): Nerotirana rešenja se odnose na inicijalni rezultat faktorske analize pre nego što se primeni rotacija. Ova rešenja često nisu tako laka za interpretaciju, jer faktori mogu imati kompleksne opterećenja. Zato se rotacija koristi nakon ekstrakcije kako bi se rezultati učinili preglednijim.

Extraction: Principal Components (Ekstrakcija: glavne komponente): Ova fraza znači da je metoda korišćena za ekstrakciju faktora metoda glavnih komponenti (Principal Component Analysis, PCA). U ovoj metodi, faktori se biraju tako da objasne što više varijanse u podacima. Faktori se izvlače na osnovu ajgen vrednosti, a glavni faktori su oni koji objašnjavaju najveći deo ukupne varijanse.

Faktorska analiza – nesportisti

Faktori i njihova ajgen vrednost u slučaju imaju pozitivnu vrednost samo kod motoričkih testova skok u dalj iz mesta i testa za koordinaciju pokreta, što je i bilo za očekivati, obzirom na genetsku uslovljenost eksplozivne snage nogu i koordinacije pokreta. Dok je kod Vidi tabelu 10.,

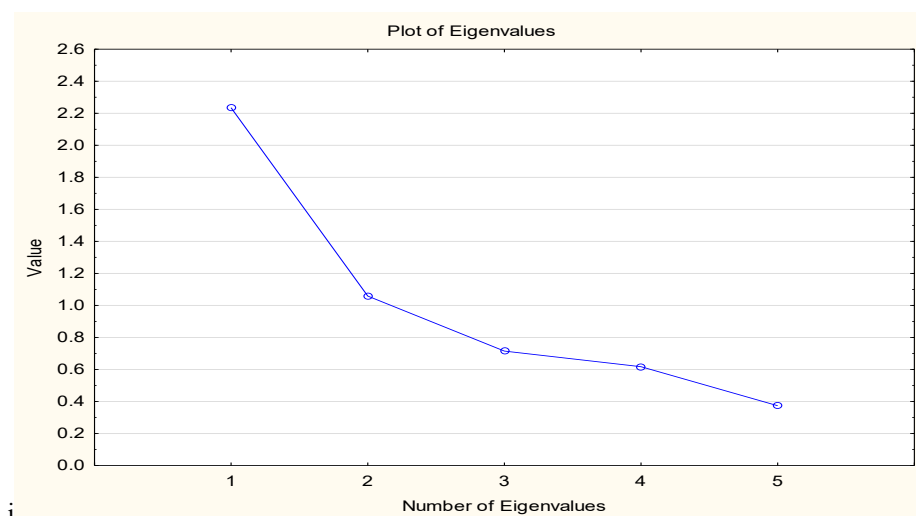
**Slika 4.** Grafik Ajgen vrednosti

**Tabela 9:** Ajgen vrednosti ,ekstracija metodom Glavnih komponenti

Value	Eigenvalues (Spreadsheet15 in Workbook1) Extraction: Principal components			
	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	2.234859	44.69719	2.234859	44.69719
2	1.058653	21.17305	3.293512	65.87024

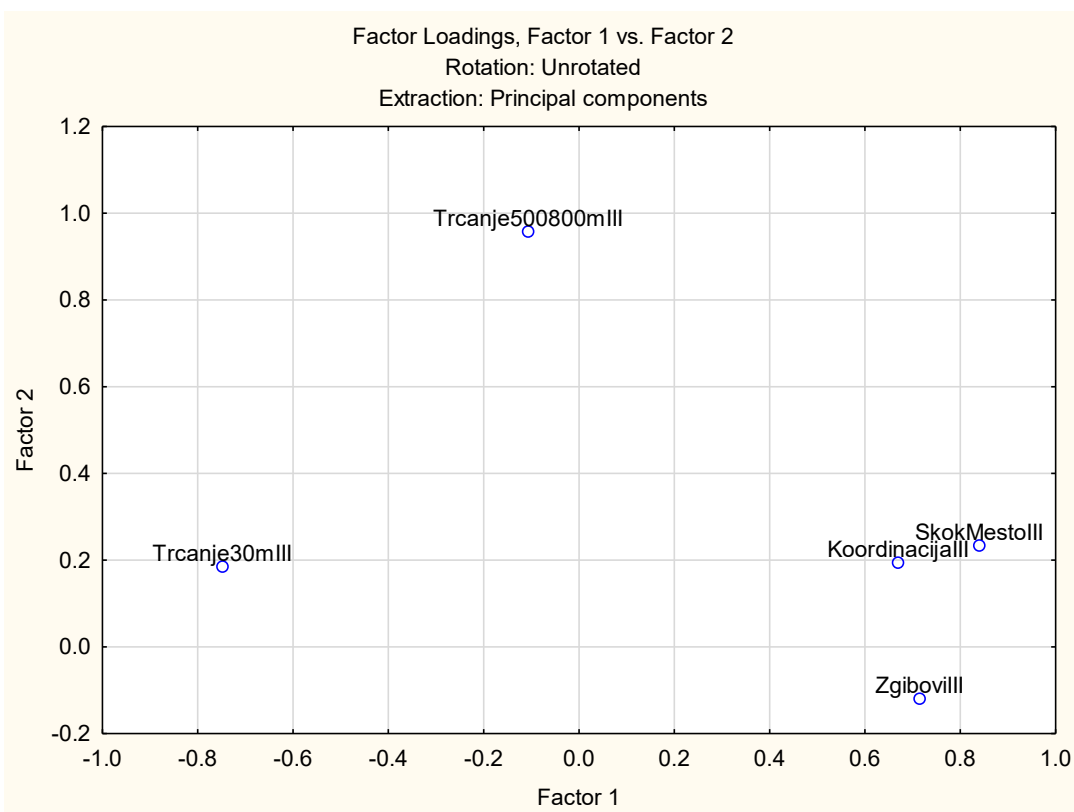
Tabela 10: Ekstrakcija glavnih komponenti

Variable	Factor Loadings (Unrotated) (Spreadsheet15 in Workbook1) Extraction: Principal components (Marked loadings are >.700000)	
	Factor 1	Factor 2
Skok Mesto III	0.839645	0.233366
Zgibovi III	0.714453	-0.119250
Trcanje 30 mIII	-0.748194	0.185175
Trcanje 500800mIII	-0.106936	0.958034
Koordinacija III	0.669465	0.194558
Expl. Var	2.234859	1.058653
Prp. Totl	0.446972	0.211731

Tabela 11: Koeficijenti faktorskih skorova

Variable	Factor Score Coefficients (Spreadsheet15 in Workbook1) Rotation: Unrotated Extraction: Principal components	
	Factor 1	Factor 2
Skok Mesto III	0.375704	0.220437
Zgibovi III	0.319686	-0.112643
Trcanje 30mIII	-0.334784	0.174916
Trcanje 500800mIII	-0.047849	0.904956
Koordinacija III	0.299556	0.183778

Skorovi pokazuju koliko svaki ispitanik “pripada” određenom faktoru, na osnovu njihovih odgovora na originalne varijable. Koeficijenti faktorskih skorova su ponderi koji kombinuju varijable kako bi se dobio skor za svaki faktor.



Slika 5. Rotacija glavnih komponenti

U faktorskoj analizi, fraza “factor loadings factor vs factor, unrotated, extraction of principal components” odnosi se na tabelu ili matricu koja prikazuje faktorska opterećenja (factor loadings) između različitih faktora u nerotiranom rešenju, koristeći metodu ekstrakcije glavnih komponenti (Principal Components). Evo šta znači:

1. Factor Loadings (Faktorska opterećenja):

Faktorska opterećenja su koeficijenti koji pokazuju koliko je svaka varijabla povezana sa određenim faktorom.

U ovom kontekstu, to bi moglo značiti da tabela prikazuje opterećenja između različitih faktora (ne varijabli), što pokazuje koliko su faktori međusobno povezani ili slični u kontekstu varijanse koju objašnjavaju.

2. Factor vs Factor: Ovo se odnosi na matricu koja pokazuje odnose između različitih faktora.

U nerotiranom rešenju, faktori mogu imati složenije međusobne veze. Dakle, svaki faktor može imati opterećenje na drugi faktor, što sugerise da objašnjavaju deo iste varijanse u podacima.

Tabela može prikazivati ove odnose između faktora, na način da faktori nisu potpuno nezavisni jedan od drugog.

3. Unrotated (Nerotirano): “Nerotirano” znači da se rezultati prikazuju bez primene rotacije. U ovom stanju, faktorska opterećenja često nisu jednostavna za interpretaciju jer faktori mogu biti kompleksni, objašnjavajući kombinacije različitih varijabli na složen način.

Rotacija (kao što je Varimax ili Oblimin) se koristi nakon inicijalne ekstrakcije kako bi se rezultati bolje prilagodili interpretaciji, smanjujući “mešavinu” varijabli među faktorima.

Extraction of Principal Components (Ekstrakcija glavnih komponenti):

Ovo znači da je metoda korišćena za identifikovanje faktora metoda glavnih komponenti (PCA). Ova metoda izvlači faktore tako da maksimizuje količinu varijanse objašnjenu prvim faktorom.



ZAKLJUČAK

Faktorska analiza

U faktorskoj analizi skupa motoričkih varijabli primenjena je analiza glavnih komponenata. Ekstrakcija glavnih komponenti u faktorskoj analizi, poznata i kao Principal Component Analysis (PCA), je tehnika koja se koristi za smanjenje dimenzionalnosti podataka, identifikovanjem latentnih faktora koji objašnjavaju što više varijanse u skupu podataka.

Evo šta to znači u kontekstu faktorske analize:

1. Identifikacija glavnih komponenti: Umesto da se radi sa svim originalnim varijablama, Principal Component Analysis, PCA identifikuje nekoliko glavnih komponenti (faktora) koje zadržavaju što više varijanse iz originalnih podataka. Svaka komponenta predstavlja linearne kombinacije originalnih varijabli.
2. Ekstrakcija važnih faktora: Na osnovu ajgen vrednosti, komponente (faktori) koje imaju najveće vrednosti se izdvajaju, jer one objašnjavaju najveći deo varijanse u podacima. Te komponente mogu se interpretirati kao latentne promenljive koje kondenzuju informacije iz originalnih varijabli.
3. Smanjenje dimenzionalnosti: Zadržavajući samo najvažnije komponente (koje imaju ajgen vrednosti iznad određene granice), broj promenljivih u analizi se smanjuje, dok se zadržava što više informacija. Ovo čini podatke lakšim za analizu i interpretaciju, jer su faktori sažeti u manji broj značajnih dimenzija. U suštini, ekstrakcija glavnih komponenti je način da se identifikuju ključne strukture u podacima i fokusira se na one faktore koji nose najviše informacija, olakšavajući analizu i interpretaciju. Skup od 5 manifestnih motoričkih varijabli objašnjen je sa oko 70% ukupne varijanse. Izolovana su dva faktora koji su odredili ukupnu varijansu sistema (tabele 1,2).

Na osnovu dobijenih vrednosti može se zaključiti da je prvi faktor (latentna dimenzija), rezultat varijabli eksplozivne, repetativne snage i koordinacije.

Zajednička varijansa prvog faktora učestvuje sa 50% ukupne varijanse sistema, što potvrđuje i visoka vrednost eigen.vektora (2,23). Izolovanju ovog faktora najviše doprinose varijable skok iz mesta (0.88), trčanje 30-m (0.81), koordinacija (0.73), zgibovi (0.70). Vrednosti kumunaliteta su u rasponu od (com.=,70) za varijablu skok iz mesta pa do (com.=70) kod varijable zgibovi.

Da je prvi faktor glavni nosilac zajedničkog varijabiliteta sistema potvrđuje analiza sekundarnih i primarnih faktora (tabela 2), kao i činjenica da prva glavna komponenta prolazi kroz najgušći snop vektora manifestnih varijabli, objašnjavajući najveći deo ukupne varijanse sistema. Vrednost Score Coefficientes, pokazuju da su varijable sa najvećom faktorskom težinom sve varijable eksplozivne snage koje su ujedno definisale prvi faktor iz prostora snage. Prema tome ovaj faktor eksplozivne snage *može se interpretirati kao dimenzija snage u motoričkom prostoru*.

Drugi faktor definiše varijabla izdržljivosti. Ovaj faktor iscrpio je oko 20% zajedničke varijanse sistema sa vrednošću eigen. (1,01) koja je veća od nule i zadržava pravo na njegove ekstrakcije.

Vrednost faktorske determinacije, odnosno vrednost kumunaliteta su visokih projekcija, gde je trčanje na 500 i 800m (com.=99).

Vrednost Score Coefficientes, za varijable brzine trčanja i izdržljivog trčanja su visoke

(tabela 3). Ovaj drugi estrahovani faktor interpretiran je kao latentna dimenzija odgovorna za brzinu i izdržljivost.

Skup od 5 manifestnih motoričkih varijabli kod sportista objašnjen je sa oko 72% ukupne varijanse. Identifikovana su dva faktora koji su odredili ukupnu varijansu sistema (tabele 5 i 6). Na osnovu dobijenih vrednosti unutar motoričkog prostora kod sportista može se zaključiti da je prvi faktor rezultat varijabli eksplozivne snage. *Zajednička varijansa prvog faktora učestvuje sa više od 50% ukupne varijanse sistema, što potvrđuje i vrednost eigen.vektora (2,52). Situaciju ovog faktora doprinose varijable (skok mesto=,89), (trčanje 30m=,88).* Prvi faktor kao glavni nosilac varijabiliteta potvrđuje analiza u



(tabeli 6). Vrednosti Score Coefficientes pokazuju da su varijable sa najvećom faktorskom težinom kod sportista, upravo varijable eksplozivne snage i koordinacije koje su definisale prvi faktor.

Drugi faktor definiše varijabla izdržljivost (trčanje 500m i 800m). Ovaj faktor ima oko 22% zajedničke varijanse sa vrednošću eigen.(1,10) koja je veća od nule i zadržava pravo njegove ekstrakcije.

Coefficients za varijable eksplozivne snage, koordinacije i izdržljivosti su veoma visoke (tabela 7). Ovaj drugi faktor interpretiran je kao latentna dimenzija kod sportista i odgovoran je za izdržljivost.

Kada su nesportisti u pitanju, vrednosti u motoričkom prostoru prvog faktora, može se zaključiti da je (latentna dimenzija) rezultat varijabli eksplozivnosti. Zajednička varijansa je (44%) ukupne varijanse sistema gde je eigen.vektor (2,23), (tabela 10.). Situaciju ovog faktora doprinose varijable (skok mesto=,83), (zglobovi=,71). Score Coefficientes ukazuje na faktorsku težinu kod nesportista varijablama eksplozivne i repetativne snage koje definišu prvi faktor.

Drugi faktor definiše varijabla izdržljivost trčanje (500m i 800m) i veoma mala vrednost eksplozivne snage. Ovaj faktor ima oko 21% zajedničke varijanse sa vrednošću eigen.(1,05). Coefficientes za varijable eksplozivne, repetativne snage i izdržljivosti imaju visoke vrednosti (tabela 11). Kod nesportista ovaj faktor predstavlja latentnu dimenziju i odgovoran je za izdržljivosti i jednim malim delom na eksplozivnu snagu.

Generalni zaključak ukazuje da je kod srednjoškolaca-sportista sa povećanim inžetom svakodnevnih kretnih aktivnosti, možemo uočiti da imaju veći nivo motoričkih sposobnosti, koji se manifestuje kroz veći deo objašnjene zajedničke varijanse. Te da se izolovane komponente mogu smišljeno interpretirati kako sa aspekta manifestnog motoričkog prostora, tako i sa aspekta funkcionisanja regulativnih mehanizama koji su odgovorni za te manifestacije.

Kod nesportista struktura glavnih komponenti mešovito je karaktera, te se tim izolovanim komponentama može objasniti manji deo zajedničke varijanse.

Nasuprot tome, rezultati faktorske analize koje govore u prilog tome da se grupa srednjoškolaca-sportista definiše kroz faktore snage, eksplozivne snage i izdržljivog trčanja, što inače i jesu motoričke sposobnosti koje se bez organizovanog i ciljanog treninga ne mogu razvijati u većoj meri i što se može ostvariti samo svakodnevnim treningom progresivnog karaktera.

Rezultati nam ukazuju da časovi fizičkog vaspitanja nisu dovoljni, jer se održavaju retko - dva do tri puta sedmično i da bi trebalo naći načina da se srednjoškolcima omogući da imaju svakodnevne fizičke aktivnosti kroz formu izabranog sporta ili sekcije sporta. Iz razloga, jer samo kod srednjoškolaca-sportista sa povećanim intezitetom svakodnevnih kretnih aktivnosti, uočavamo i povećan nivo bazičnih motoričkih sposobnosti, što bi trebao biti i glavni cilj fizičkog vaspitanja.

LITERATURA

1. Altavilla, G., D'Elia, F., D'Isanto, T., & Manna, A. (2019). Tests for the evaluation of the improvement of physical fitness and health at the secondary school. *Journal of Physical Education and Sport*, 19, 1784-1787.
2. Božanić, A., & Bešlija, T. (2010). Relations between fundamental motor skills and specific karate technique in 57 year old beginners. *Sport science*, 3(1), 79-83.
3. Bompá, T. (2006). Teorija i metodologija treninga (Theory and Methodology of Training). Nacionalna i sveučilišna knjižnica, Zagreb.
4. Bratić, M., Nurkić, M. (1996). Relacije nekih morfoloških karakteristika i efikasnosti izvođenja nekih džudo tehnika u stojećem stavu (Relation of Certain Morphological Characteristics and Efficiency in Performing Some Judo Techniques in Standing Position). Avvas Tokmakidis 4th International Congress on Physical Education & Sport, Komotini, Greece. Proceedings, 180-181.



5. Ćirković, Z., Jovanović, S. (1992). Borenje-boks, karate (Combat-boxing, karate). Fakultet fizičke kulture u Beogradu. 4. Doder, D., Babiak, J. (2007). Povezanost eksplozivne snage sa vrhunskim rezultatima u karateu (Correlation of Explosive Strength with Top Results in Karate). *SportMont*, 12, 13, 14/V: 784-791.
6. Doder, D., Malacko, J., Stanković, V., Doder, R. (2009). Impacts and Prediction Validity of Morphological and Motor Skills on Mawashi Geri. *Acta Kinesiologica*, 3 (2): 104-109.
7. Duraković, M. (2008): Kinatropologija, biološki aspekti tjelesnog vježbanja (Kinantropology, Biologic Aspects of Physical Exercise). Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
8. Grubješić, M., & Stanković, O. (2020). Differences in motor abilities between competitive and recreational karate practitioners at adolescent age. *SPORT-Science & Practice*, 10(1), 39-46.
9. Simonović, Z., Bujan, S., Projović, A., Kozomara, G., & Bujan, R. (2011). Differences in motor abilities between karate athletes and nonathletes. *Sport SPA*, 8(1), 15-19.
10. Sallis, F.J., McKenzie, L.T., Alcaraz, E.J., Kolody, B., Faucette, N., Hovell, F.M. (1997). The Effects of 2-Year Physical Education Program (SPARK) on Physical Activity and Fitness in Elementary School Students. *Sports, Play and Active Recreation for Kids. Am. J. Public Health*, 87 (8): 1328-1334.
11. Sertić, H., Segedi, I., Segedi, S. (2008). Analiza nekih dimenzija snage u judu, karateu i boksu (Analysis of Certain Dimensions of Strength in Judo, Karate and Boxing). In I. Jukić, D. Milanović i C. Gregov (Ed.), Šesta godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša, Zagreb, Hrvatska. *Proceedings*, 141-144.
12. Milanović, D. (2007): Teorija treninga, priručnik za studente sveučilišnog studija (Theory of Training, Handbook for Students of University Study). Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 8. Pallant, J. (2007). *SPSS Survival Manual*. Third Edition, Allen & Unwin.

CHARACTERISTICS OF ATHLETES AND NON-ATHLETES IN THE FIELD OF MOTORICS

Veselin Bunčić⁴, Nenad Jerković⁵, Mihalj Halas⁶

Abstract: This research sought to gain insight into the qualitative differences of motor abilities among athletes who have a different scope of motion activities and youths who are inactive or movable involved in recreational activities. This research has been defined from population of secondary school students aged 15 to 18 years. In students who are not actively involved in sports, structures of isolated components are mixed character, so with these isolated components can explain the much smaller part of the common variance. In student athletes with an increased intensity of everyday motion activities was observed to have a higher percentage of common variance.

Which indicates a better development of certain motor skills in favor of more physically active high school students.

Key words: motor abilities, students athletes etc..

⁴ Veselin Bunčić, ORCID br 0000000174483971, dr, vanredni profesor, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, Pedagoški fakultet, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: veselin.buncic@privrednaakademija.edu.ba

⁵ Nenad Jerković, ORCID br 0009000202154270, ms, VSOVSU, Subotica

⁶ Halas Mihalj, prof. fizičkog vaspitanja,

STVARANJE NADNARAVNE MOĆI PRSTENA U BAJKAMA SVIJETA

Vahida Đedović¹

Larisa Softić-Gasal²

UDK 398.21:930.85(100)

DOI 10.7251/AKPR2402128D

Apstrakt: Historijsko i religijsko³ proučavanje potrage za prstenom seže daleko u prošlost, u maglom obavijena vremena, mnogo prije egipatskih piramida i babilonskih zidina. Nadživjela je doba poganskih bogova, vidjela uzdizanje Budhe, Krista i Muhammeda a.s. Karakteristična je po tome što su njezine predaje i alegorije netaknute preživjele do današnjih dana, pa snažno evociraju slike davne prošlosti. Sama crkva bila je vrlo fanatična u svojem suprotstavljanju kulturi prstena, posebno što se tiče samog prstena. Kada je 1431. godine Ivana Orleanska osuđena na lomaču zbog navodnog čaranja, jedna od glavnih optužbi teretila ju je da koristi moć *čarobnog prstena u svrhu liječenja*. Kada se Crkva domogla moći, nakon što je u 8. st. počela provoditi Konstantinovu darovnicu, tada je 'podzemna struja' koja je podržavala istinske Albigenze iznašla strateške metode za očuvanje stare kulture kraljevske loze. Bajka, priča za djecu koja kreativno odrastaju i odrasle koji žele ostati kreativna, zdrava djeca, jedina je poveznica i simbol tolerancije zatvorenog ljudskog uma – prstena. Tolerancija je rješenje antagonizma među narodima i ljudima, ona je prsten koji nadilazi nesporazume. Od tolerancije, navišeg stupnja moći, preko Moći Riječi: ISTINE, do Apsolutne moći

Ključne riječi: bajka, potraga, krug, moć, magija, istina, pravda.

UVOD

Slijedom događaja, utemeljena na tradicionalnim načelima predaja i legendi, rodila se ideja bajki - priča koje se nisu mnogo razlikovale od priča iz novozavjetnih evanđelja. Smišljene su za one „s očima koje vide i ušima koje čuju“, dok ih neupućeni doživljavaju kao nestvarnu, jednostavnu zabavu za djecu. Ključna, žarišna poruka ugrađena u ove bajke jest razumijevanje važnosti ovjekovječenja obiteljske loze Sangreala, bez obzira na moć biskupa i njihovih marionetskih kraljeva. Radnja se uvijek plete oko strašne borbe, jer je žensko biće (vilenjačka djevica koja je nosila neprocjenjiv mitohondrijski DNK) odvojeno od gralskog princa, a njegova mučna potraga za njom istovjetna je potrazi za samim Svetim Gralom.

Bajke su alegorijski izvještaji o poteškoćama s kojima se suočila mesijanska obitelj, sangrealski Gospodari prstenova čije su se Vile i Vilenjaci mudro povukli s ovog pravovjernog smrtnog plana i statusa quo u onosvjetsko postojanje. Najstarija cjelovita skraćunica Kruga prstenova sačuvana je u nordijskom mitu Volsunga Saga. Engleski pjesnik i konstruktor William Morris (1834. - 1896.) opisao ju je kao »veličanstvenu pripovijetku Sjevera koja je za našu rasu značajna kao pripovijetka o Troji za Grke.« U toj islandskoj sagi iz 13. st. sabrano je više od četrdeset zasebnih pripovijetki o bogu Odinu, kraljevstvu Devet Svjetova i tamnoj šumi koju su nazivali Mrkodol - što je Tolkien upotrijebio u svom Gospodaru prstenova. Tu je i pripovijetka o princu Sigmundu iz dinastije Volsunga, koji je jedini

¹ dr sci. Vahida Djedović vahidadjedovic@com

² vanr prof. Larisa Softić – Gasal larisa.softic.gasal@gmail.com

³ „Znanost o religijama konstatira sljedeće: 'Znanstveno, psihološko i filozofsko istraživanje, upravo kao i kršćanska objava, prepoznaju u čovjeku jednu sferu koju karakterizira percepcija posebnih odnosa koji pasivno ili aktivno povezuju čovjeka s najvišom realnošću: njoj se obraća u svojim patnjama i svojim radostima. Od nje na neki način očekuje spas. Ta sklonost religijskom nije nešto sekundarno ili marginalno u čovjeku, već je duboko urezana u njegov život i čak njime potpuno dominira. Drugim riječima, čovjek je bitno otvoren i usmjeren prema nadnaravnom, i sve u njegovoj okolini govori mu o jednoj višoj realnosti.“ (Jacques Mercier, Povijest Vatikana; Zagreb, 2001.)



sposoban izvući veliki mač iz drveta, gdje ga je do balčaka zario bog Odin, a temu poznajemo iz ar-turijanske pripovijetke o maču u kamenu. Ali priča govori i o patuljku voda po imenu Andarvi, čiji je prsten jedan⁴, od crvenog zlata mogao istkati veliko bogatstvo i moć svojem gospodaru - tačno kako se opisuje u svim srodnim legendama o prstenu.

Heroj u Volsunga Sagi je Sigmundov sin Sigurd koji nasljeđuje magični Odinov mač i poražava zmaja (podsjeća na Tolkienovog zmaja Smauga u pripovijetki Hobit) koji čuva gomilu zlata vladara patuljaka. Nakon što je pogubio zmaja, princ Sigurd zadobiva Andarvijeve prsten i otpravlja se na put, ali prsten nosi zastrašujuće prokletstvo. Nakon dugih lutanja, u zemlji Franaka, on, u tajanstvenoj kuli, pronalazi usnulu ljepoticu. Uspijeva je probuditi i saznaje da je to Brvnhilda, borbena djevica Odinovih valkira koja je nekada vodila duše heroja u Valhalu.

U maniri pravih bajki ona se ubada na sneni trn, te biva zatočena u kuli okruženoj prstenom vatre. Njih dvoje postaju ljubavnici, pa Sigurd stavlja prsten na Brvnhildin prst, a ona ponovno zaspi vezana za njega zauvijek.

BAJKAMO LI ILI MAŠTAMO

Definiciju bajke koja navodi kako je riječ o književnoj vrsti u "kojoj se čudesno i nadnaravno prepliće sa zbiljskim na takav način da između prirodnog i natprirodnog, stvarnog i izmišljenog, mogućeg i nemogućeg, nema pravih suprotnosti" (Solar, 2001: 213), te da je jedno od njenih razlikovnih obilježja "svojstvo čudesnog da nikog ne začuđuje govoriti o fantastičnom već o bajkovitom, odnosno, da se poslužimo Todorovljevom terminologijom, čudesnom.

Kada se u realnom svijetu, objašnjava Todorov u svom *Uvodu u fantastičnu književnost*, događa nešto što nije u skladu sa zakonitostima tog istog svijeta, postoje samo dva moguća objašnjenja: "ili je reč o zabludi čula, proizvodu mašte, te zakoni sveta ostaju onakvi kakvi su, ili se to doista zbilo, događaj je sastavni deo stvarnosti, ali tada ovim svetom upravljaju zakoni koji su nama nepoznati. Ili je đavo privid, zamišljeno biće, ili on stvarno postoji (...)" (1987: 29).

Iznalaženje sličnosti u historijskim pojavama, npr. u bajkama svijeta koje govore o moći prstena i njihovo tumačenje sa historijskog stanovišta, po Žirmunskom, obavezno mora biti sastavni dio historijskog istraživanja. Polazeći od osnovne marksističke postavke da se društveni procesi razvijaju po određenim zakonima i da su umjetnost i književnost pojave ideološke nadgradnje, Žirmunski, sličnosti u književnostima koje se javljaju kao posljedica ovakvih procesa, definiše kao historijsko – tipološke analogije.⁵

Komparativno gledanje na literarne fenomene (fenomen prstena u bajkama), po mišljenju sovjetske škole treba objediniti sa konkretnom historijskom analizom, kao i obrnuto poniranje u historijski proces, sa izdvajanjem pojava u književnosti zajedničkim neolicini naroda, a prije svega, društvenim strukturama.⁶

Prilikom istraživanja tekstova iz narodne književnosti (npr. u bajkama), otkriveni su mnogobrojni simboli. Proučavanjem tradicionalnih priča mnogih starih civilizacija, njihovih mitova i legendi, pronađeni su paralelni simboli i elementi koji se pojavljuju u mnogim poznatim bajkama i pričama. Također je utvrđeno da mnoge bajke, mada pripadaju različitim narodnim predajama i različitim kulturnim krugovima, imaju niz istih ili vrlo sličnih elemenata koji se učestalo pojavljuju, čak u istim ili vrlo sličnim kombinacijama i međusobnim odnosima.

Krug je jedan od najrasprostranjenijih mitopoetskih simbola, vezan za predstave o cikličnom toku vremena („krug života“, „godišnji krug“) i osnovne forme strukturisanja prostora (podjela na „svoje“ i „tuđe“, u kojem se krug javlja kao granica zatvorenog, čuvanog prostora).

⁴ Islandska narodna bajka *Četiri prstena*, nudi četiri prstena glavnom junaku, tri mu spasavaju život, a četvrti, najmanji prsten, obezbjeđuje mu veliko bogatstvo i ženidbu sa kraljevom kćeri. (Grupa autora: *Bajke naroda sveta*, Beograd, 1960-1978)

⁵ Zoran Konstantinović, *Uvod u uporedno proučavanje književnosti*, Beograd, 1984.

⁶ Isto



Ideja kruga realizuje se u čitavom nizu obreda pomoću predmeta kružnog oblika (prsten, vijenac i sl.) ili radnji kojima se nešto okružuje.

PRSTEN KAO SIMBOL TOLERANCIJE, NAJVIŠEG STUPNJA MOĆI

U arapskoj narodnoj bajci *Aladin i čarobna svjetiljka*, uz pomoć prstena, Aladin, pomjera stijenu i ulazi u pećinu kako bi se domogao svjetiljke, a nakon što biva zarobljen, dodirnuvši prsten, pojavi se duh i kaže: „Gospodaru prstena, tebi se pokoravaju dusi. Reci što želiš?“⁷

U bajci, Aladin je predstavljen kao osoba koju svi vole: i ljudi i dusi.

Gotthold Lessing, radnju dramske pjesme *Parabola o prstenu* smješta u Jeruzalem gdje su tri konfesije u najtješnjem dodiru:

Nathan: Sultane, ja sam Židov. Saladin:

*A ja musliman. Između nas je kršćanin. Od te tri religije, tek jedna može biti istinita.*⁸

*Na pitanje koja je vjera istinita, Lessing, kao odgonetku, nudi bajku o prstenu, prstenu koji je „... imao tajnu moć da ugodnim Bogu i ljudima učini onoga koji ga s tom vjerom nosi.“*⁹

Prsten, s kojim je išlo i kneštvo u kući, otac je (Bog!) uvijek ostavljao u nasljedstvo najmilijem sinu. Tako od koljena do koljena, dok jednom otac koji je imao tri sina nije dao napraviti još dva istovjetna prstena (tri religije) i svakom sinu dao po jedan. U sporu koji od njih ima pravi prsten (istinu) dobivaju od suca pravorijek da ga posjeduje onaj ko prsten nosi s namjerom da ima svojstva koja se pripisuju pravom prstenu.

Tri vjere - kršćanska, židovska i islam, tri su prstena jednako vrijedna. Kao što se ne može raspoznati koji je prsten pravi, tako se ne može ni raspoznati koja je religija istinitija od druge. U osnovi su iste, a samo ih sljedbenici pogrešno slijede i kvare njihov smisao. Prsten, simbol kneštva kao vanjske moći, jest bezvrijedan: najveća vrijednost leži u tome da onaj ko prsten nosi ima ta plemenita svojstva da bude ugodan Bogu i ljudima. Rješenje antagonizma među ljudima i narodima jest, dakle, tolerancija.

Arapska kultura, prstenu daje moć tolerancije. Aladin je izdržao sve nevolje i prošao mnoge prepreke, a da pri tome nije izgubio strpljenje i tako je postao drag i Bogu i ljudima:

*„Svake bi nedjelje odlazio jedanput u lov, pa tako dolazio i u susjedna sela. I tu se pokazivao veoma darežljivim. Tkogod bi mu se u nuždi obratio, bio je siguran da će mu on pomoći. Tako postade za kratko vrijeme ljubimac cijelog naroda, koji ga je više volio nego i samog sultana. Uza sve to je ostao skroman i čedan kao i dosad, i bio je uvijek prijazan i prema plemiću i prema pučaninu.“*¹⁰

U kavkaskoj bajci *Ivan Zora*, najmlađi sin (kao predstavnik najmlađe religije), a kroz niz prepreka, zabrana i nepravdi vraća dva prstena svojoj braći i tako im obezbjeđuje ženidbu sa dvjema carevim kćerima, a sebi ostavlja najmlađu i ženi se njome. Kavkaz ili Zakavkazje predstavlja zasebnu geografsku cjelinu, na granici između Evrope i Azije. Ovo područje je od davnina naseljeno, tako da ima dugu, ali i burnu historiju. U srednjem vijeku cijelo područje je bilo osvojeno od strane Arapa. Potom je Kavkaz dugo vremena bilo na granici tri velika carstva: Otomanskog, Ruskog i Perzijskog. Zatim je cijelo područje Kavkaza 1918. godine ušlo u sastav Saveza Sovjetskih Socijalističkih Republika, prvo kao Transkavkaska Sovjetska Federativna Socijalistička Republika, do 1936. godine, kada su formirane

⁷ *Najljepše bajke svijeta*, Stvarnost, Zagreb, 1975.

⁸ Gotthold Ephraim Lessing, *Nathan mudri*, Zagreb, 1996.

⁹ Isto

¹⁰ *Najljepše bajke svijeta*, Stvarnost, Zagreb, 1975.



Armenska, Gruzijaska i Azerbejdžanska SSSR. S obzirom na činjenicu da je Kavkaz bio osvojen od strane Arapa, najmlađi sin, dakle Islam, uvažava druge dvije religije i pokazuje tolerantnost prema njima:

„...Odrediše i dan vjenčanja. Ali najstarija sestra nema prsten, ostao je kod Ivana Zore. Pitahu sve kovače ko takav prsten može da iskuje. Ne, svi odbijaju, niko ne može. Stigoše do gazde Ivana Zore. I on odbi, a Ivan Zora reče: - Ja ću napraviti takav prsten. – (...) I drugi prsten napravi Ivan Zora na isti način.“¹¹

U južnoslavenskim bajkama, prsten ima nešto drugačija svojstva. Zvonko Kovač u djelu *Poredbena i/ili interkulturalna povijest književnosti* pod određenjem 'južnoslavenske međuknjiževne zajednice' naglašava da se mogu pratiti integracijski procesi, procesi diferencijacije pojedinih nacionalnih kultura upravo u približavanju, odnosno, udaljavanju među slavenskim kulturama, vjerovatno zakonodavni i za čitavo slavensko područje. Islamska, židovska, protestantska ili grkokatolička komponenta, različita intenziteta i različite funkcije, čitavom tom prostoru daju, uz kulture brojnih nacionalnih manjina, potenciranu dimenziju interkulturalnosti, ali je bitno ne mijenjaju.

ISTINA – RIJEČ MOĆI

Solomonova magija se pokazuje s nekim veoma važnim aspektima ritualnog promatranja koje je svojstveno gotovo svakom magijskom sistemu. Većini ljudi poznat je Solomonov (Sulejmanov) pečat kojim je Solomon mogao privući, vezivati i zatvarati duhove. Pomoću ovog čudesnog pečata, Demon iz *1001 noći* zatvoren je u bocu na desetine hiljada godina. Postoji izvjesna zbrka vezana za magičnu zvijezdu sa pet krakova - Solomonovu zvijezdu ili Solomonov pečat - i šestokraku zvijezdu, poznatiju kao Davidov štit, koja se također smatra moćnom hamajlijom protiv zla. I ona se koristi na sličan način na koji se, kasnije, koristio križ kao zaštita.

Objekti ove forme zvijezde koriste se u jevrejskim i arapskim opsjenarskim obredima. Staroegipatska teorija o najvećem imenu Boga - Riječ Moći - koja je toliko snažna da se o njoj ne može ni misliti ni govoriti - nalazi se u solomonskoj magiji, a neki pisci tvrde da je veliki dio kraljeve moći poticao od prstena na kojem je bilo upisano Najveće Ime.

Kada su po naredbi Allahovog Poslanika s.a.v.s. napisana pisma caru Perzije, Bizantije i Abesinije, rečeno mu je da carevi ne primaju pisma bez pečata. Tada mu je napravljen prsten od srebra na kojem je pisalo: "Muhammedun resulullah." Papski prsten (*Ribarski prsten*) – zlatni prsten sa slikom Svetog Petra u čamcu, koji baca mrežu, sa imenom pape koji ga nosi. Prsten se prvi put spominje 1265. godine u pismu pape Klementa IV svom nećaku, gdje se govori da su pape običavale ovjeravati javne obrasce s oko vrata okačenom papskom Bulom, a osobna pisma sa pečatom Ribara.

Jevrejski i arapski pisci slažu se u tome da je magični prsten bio sačinjen od legure mesinga i gvožđa. Solomonov *Testament*, čije je autorstvo nemoguće dokazati, kaže da se on obratio anđelu Mikailu za pomoć da savlada demone. Anđeo mu je darovao čarobni prsten s utisnutim pečatom. Tako naoružan mogao je da prizove sve duhove i dobije od njih dragocjena obavještenja.

Solomonov pečat još je poznat kao Pečat istine, kojim je ovjeravao vrijedne spise tako da nije moglo doći do falsifikovanja. Odatle potječe i naziv Solomonova mudrost.

„(...) Evo ti moga prstena s ruke, pa ako se igda vidimo, bar ću te po prstenu poznati.“¹²

Tako kraljeva kći reče mladiću, koji je morao obaviti teške zadatke prije nego se vjenča s njom. Nakon izvršenja svih zadataka dođe do carevog sina koji ga je htio prevariti pa reče:

¹¹ *Najljepše bajke svijeta*, Stvarnost, Zagreb, 1975.

¹² *Bajke naroda Jugoslavije*, Makedonska knjiga, Skoplje, 1972.



„Daj da te opipam po leđima, pa ću sve za te platiti, a ti hajde kući pa se ženi. Onda carev sin podigne košulju, a ovaj mu zapiše da on njega ispod vješala otkupljuje, pa prstenom pritisne kod pisanja, a to se sve dobro pozna kao da je na njegovoj koži naraslo. (...) Odmah me objesite, ali samo neka on pokaže svoja leđa pa pročitajte šta piše na njima i ako ovim prstenom ne bude pečat udaren, onda me objesite. Carev sin se stane nečkati, ali svi navale na njega i on skine košulju, a onda pročitaju svi i vide prsten pa dosude da njega treba objesiti, ali im mladić reče: „Ja ga ne dam vješati, samo neka ide van, a vi svatovi ostanite pa budite moji svatovi,“¹³

U makedonskoj bajci *Zlatna lađa*, mladić je mudro iskoristio prsten, istinu istjerao na vidjelo, stekao bogatstvo, oženio se carevom kćerkom i pokazao vještinu tolerancije spasivši smrti careva sina koji ga je htio prevariti.

Nakon što siromašni mladić pomogne čovjeku u nevolji, ovaj mu reče:

„Hajde ti k mome ocu pa mu kaži kako si me sačuvao. On će ti dati što god budeš iskao, ali ti nemoj ništa drugo nego onu burmu što mu je na prstu do maloga, a kad tu burmu budeš imao, onda ćeš znati sve jezike na svijetu, i što god zamisliš to će ti i biti.“¹⁴

Nakon što je, uz pomoć prstena stekao veliko bogatstvo i naučio sve jezike, od životinja sazna da mu je žene bila nevjerna, pusti je od sebe i oženi se drugom.

Srpska narodna bajka *Zlatna tica*, jedna je od rijetkih u kojoj se, uz pomoć magične moći prstena, govori o važnosti spoznaje jezika kojom se postiže mudrost a kako bi se mogla zadovoljiti istina i pravda.

Priči o nastanku prstena ne može se naći početak. Međutim, po historijskim podacima se zna da su u jednom trenutku pećinski ljudi počeli da označavaju jedni druge 'svojima', prstenčićima od trske. Egipćani su uveli praksu po kojoj se po prstenu moglo vidjeti ko je iz kojeg staleža. Bogate žene su nosile zlatne burme, a ostale su nosile glinene, srebrne, staklene, bronzane. Rimljani su cijelu stvar sa prstenom odveli na potpuno novi nivo – robovima je bilo zabranjeno da nose bilo kakav prsten. Inače je ostatak naroda nosio gvozdeno prstenje, a zlatno je bilo rezervisano za ambasadore, konzule, senatore i ostale 'prikadne ljude'.

Kako su se smjenjivali vladari, smjenjivala su se i pravila o nošenju prstenja, ali njihova uloga klasificiranja ljudi je ostala nepromijenjena. Tako je u jednom periodu, ljudima koji su potomci robova, iako oni sami nisu bili robovi, bilo zabranjeno nošenje prstenja sve dok ne postanu bogati. Veličinu bogatstva mogao je da ocijeni samo vladar, međutim, pod novom, pod novom vlašću je odlučeno da taj soj ljudi nižeg porijekla može da nosi srebrno prstenje. Gvozdeno je bilo rezervisano za roblje, a zlatno prvo za vojnike, a zatim za sve slobodne građane.

Slovenačka narodna bajka *Gvozdeni prsten* također govori o siromašnom mladiću koji je, pomoću magičnog prstena stekao veliko bogatstvo, slavu i oženio carevu kćer. Ona ga izda, ode drugome, on se ponovo domogne prstena, objelodani istinu, carevu kćer načini siromašnom, a on ponovo postaje bogat.¹⁵

Ciganska bajka pod nazivom *Čudotvorni prsten* zabilježena na prostorima Bosne i Hercegovine, opet govori o siromašnom mladiću koji, uz pomoć prstena, postaje bogat, ženi carevu kćerku koja slučajno da prsten prerusenoj vješnici i ostaje bez muža. Poslije velikih teškoća, mladić vraća prsten na svoj

¹³ Isto

¹⁴ Bajke naroda Jugoslavije, Srpske narodne pripovetke, Beograd, 1972.

¹⁵ Bajke naroda Jugoslavije 1, *Slovenačka narodna bajka*. 1963.



prst, suprotstavi se i samom caru, ispriča cijelu istinu o prstenu i o tome kako je stekao moć, a onda dobije blagoslov i ponovo oženi svoju ženu:

„(...) Kad opazi cara i dželate, brže bolje prikresa pa prinese prsten k vatri. Arapi iskočiše, a on naredi te njegova četiri dželata spram carska dva stadoše.

Kad car vidje to čudo, zavika mu:

Ustavi ti tvoje dželate, a ja ću svoje, da se malo porazgovaramo.

On to jedva dočeka, te ustavi dželate, a car ga upita ko je i oklen je. On caru sve ispriča po redu ko je i oklen je i šta je doživio, pa mu najposlije reče:

Čestiti gospodaru, mene je Bog do sada čuvao, a tvoja kći, koliko je meni mila, toliko sam i ja njoj, nego da mi i ti dadeš dovu pa da se uzmemo.“¹⁶

Jedno od najstarijih značenja prstena je pravda. Zadovoljiti pravdu i istinu, osnovno je načelo moćnog prstena u bajkama na južnoslavenskim prostorima.

Također, istina u religijskim kulturama jedna je od osnovnih ljudskih vrijednosti:

„O vjernici, bojte se Allaha i govorite samo istinu!“¹⁷

Glavne kršćanske vjerske istine definirane su u antici na prvim ekumenskim koncilima i uglavnom ih prihvaćaju sve kršćanske vjeroispovijesti. U kršćanstvu je pet glavnih istina: monoteizam (postojanje jednoga transcendentnoga Boga, različita od svijeta, čija je objava sadržana u Svetom pismu) i Trojstvo (u Bogu su tri osobe: Otac, Sin i Duh Sveti); stvaranje i providnost (Bog je sve stvorio, sve uzdržava i svime upravlja); utjelovljenje i otkupljenje (*Sin je Božji postao čovjekom radi njegova spasenja*); besmrtnost ljudske duše i uskrsnuće tijela; posljednje stvari (raj ili pakao) uvjetovane su milošću Božjom i čovjekovim etičkim ponašanjem.

Šta je zajedničko naprijed navedenim bajkama?

APSOLUTNA MOĆ

Sve navedene bajke imaju isti početak: siromašni mladići koji žene careve/sultanove kćeri. Podudarnost obrazaca istražena je u nekoliko primjera, recimo Bajke *Čudotvorni prsten* *Gvozdeni prsten*, *Zlatna lađa* i *Zlatna tica* imaju početke u ovakvoj formi:

„Bila jedna udovica sa malijem sinčićem. Nije imala nigdje ništa osim jedne male kućice i male bašče.“

„U kolibi na kraju sela živela neka siromašna žena koja je imala sina jedinca.“

„Tako su bili čovjek i žena jako siromašni, i nijesu nigdje ništa imali osim jednog djeteta.“

„Bio tako jedan siromašan čovjek i imao jednog sina.“

Uz pomoć magičnog prstena otvara im se put prema princezama/sultanijama, ali ih očekuju teški zadaci koje moraju izvršiti prije nego ih dobiju za žene. Na sličan način, siromašni crkveni službenici preživljavali su iskušenja i mučenja kako bi postali pape, odnosno, kako bi imali svu crkvenu moć Papa sv. Kalist, rođen u Trasteveru kao rob u službi bogatog i moćnog čovjeka po imenu Karpofor, koji ga je vrlo brzo primijetio i povjerio na upravljanje svoje bogatstvo i imetak. Ali, loše uloženi novac urodio je tešim finansijskim slomom. Kalist mora bježati i u Ostiji se ukrcava na prvi brod koji polazi iz luke.

Karpofor, koji je krenuo za njim u potjeru, na bržem brodu, sustiže ga i kad ga je htio dohvatiti, bjeGUNAC se baca u more i plivajući stiže do obale. Tu su ga uhvatili mornari i predali gospodaru, koji ga je osudio na guranje mlinskog kamena. Poslije ga je pomilovao i zadužio da povрати izgubljeni novac. Kalist je pokušao izmamiti novac od Židova iz četvrti Trastevere koji su ga prevarili i optužili ga za

¹⁶ Bajke naroda Jugoslavije 2, *Ciganska narodna bajka*.

¹⁷ Kur'an; Suretu Al-Ahzab: 70



nemire nastale u njihovoj sinagogi. Kad je uhvaćen, Kalist je priznao da je kršten pa je osuđen na tamnicu. Kada je greškom pušten na slobodu, svoje želje o svećeničkom pozivu, povjerio je papi Viktoru koji ga udaljava iz Rima, gdje se vratio tek za pontifikata pape Zefirina koji je od njega učinio đakona i upravitelja kršćanskih grobara.¹⁸

Baš kao i siromašni mladići iz bajki koji su za kratko vrijeme postali poznati i moćni, tako i crkva, preko noći, prelazi iz ilegalnosti u zakonom priznatu instituciju, iz katakombe u lateransku palaču, uživajući naklonost cara koji je u čast apostola i mučenika gradio bazilike ljepše i raskošnije od najvećih poganskih svetišta. Jučer obespravljeni, danas gospodari, jučer prezreni, danas poštovani, sve je bilo tako naglo i nepredvidljivo, tako čudesno da su se kršćani dali do te mjere zavarati da neki povjesničari i danas pjevaju hvalospjeve Konstantinu.¹⁹

Zašto siromašne mladiće kraljevi, ipak, prihvataju za svoje zetove? Upravo iz istih razloga iz kojih je kraljevstvo prihvatilo crkvu: „Što je mogao lombardijski kralj protiv takvoga odlučnog protivnika, spremnog na pobjedu i snažnijeg od njega, osim pregovarati.“²⁰

U dvorištu već je krvnik stajao pripravan, te primio konjanicima iz ruku okovanog Aladina. Sveže mu oči i zapovijedi da klekne. Zatim pogleda na prozore palače, gdje je stajao sultan s velikim vezirom, da dobije znak za smaknuće.

Baš je htio sultan dati znak, kad ga opomene vezir, neka to ne čini; pobunjeni je naime narod srušio željeznu ogradu dvorišta i provalio u dvorište. To uznemiri sultana, on pomiluje Aladina, daje mu skinuti rubac s očiju i razglasi da mu poklanja život, pa i slobodu. Tako se narod umiri i razide.“ (Aladin i čarobna svjetiljka, 57)

„(...) Kad opazi cara i dželate, brže bolje prikresa pa prinese prsten k vatri. Arapi iskočiše, a on naredi te njegova četiri dželata spram carska dva stadoše. Kad car vidje to čudo, zavika mu:

Ustavi ti tvoje dželate, a ja ću svoje, da se malo porazgovaramo.“²¹

Međutim, svima su motivi bili isti, osnovno je bilo uklopiti sve potčinjene narode u društveno-ekonomski i politički sistem. Osvajačko-militaristička ideologija osmanske države nije polagala pažnju na to kakav je koji narod, kakve je ko krvi tj. rase. Uopće nisu vodili računa o imenima tih naroda, niti su ih po toj osnovi razlikovali, niti im po toj osnovi davali određeno mjesto u svom sistemu velike moćne države.

„U glavi tog genijalnog čovjeka, (cara Konstantina), sve je bila računica. Njegovu politiku prema Crkvi diktirala je briga da oko sebe okupi sve stanovnike Carstva, sve svoje dojučerašnje protivnike kao i stare vjernike; opasnost od barbara zahtijevala je jedinstvo i koheziju toga golemog i raspršenog stanovništva, toga mozaika raznih naroda koje je sve razdvajalo, i rasa, i jezik, i način života, i vjerovanja i vjerski običaji. Odnosi Osmanlija prema kršćanima i međusobni odnosi domaćih muslimana i kršćana tema su brojnih historiografskih istraživanja. Uprkos pojedinačnih malicioznih nastojanja preovlađuje saznanje da se autentične harmonične forme bosanske multikonfesionalnosti establiiraju upravo u periodu osmanske vladavine.“²²

Ponašajući se prema Crkvi kao duhovnoj snazi, obasipljući je svim mogućim dobročinstvima, obazrivo izlazeći ususret njenim poglavarima, car je priznao Crkvu kao službenu vjeru i time pridobio

¹⁸ Žar koji je Kalist pokazivao u obavljanju svojih dužnosti i pomaganju siromašnima, donijeli su mu izbor za papu nakon smrti Zefirina. Vrlo modernih shvatanja i izvanredan organizator, Kalist je ostao rimskom narodu u živom sjećanju. (Jacques Mercier, *Povijest Vatikana*; Zagreb, 2001.)

¹⁹ Isto

²⁰ Jacques Mercier, *Povijest Vatikana*; Zagreb, 2001.

²¹ Bajke naroda Jugoslavije 2; *Ciganska narodna bajka*.

²² Svako je mogao nositi svoje ime i ispovijedati svoju vjeru, qali to nikada nije smjelo ići na štetu države koja je bila osmanska, bez obzira imali ti narodi vjeru Muhamedovu, Isusovu, Mojsijevu ili bili bez vjere.“ (Vedad Spahić; *Tekst, kontekst, interpretacija*, Tuzla, 1999.)



kršćane koji su još donedavno bili pod sumnjom zbog nedomoljubnih osjećanja. Car štiti Crkvu, ali od nje očekuje, kao normalnu zahvalnost, određenu svjetovnu vjernost, koja uključuje vazalstvo, i čak odricanje svojih prava, kad car sebi uzme za pravo da uređuje pitanja čisto vjerske prirode.²³

LITERATURA

Izvori - Bajke

1. 1963: Bajke naroda Jugoslavije 2; *Ciganska narodna bajka*.
2. 1963: Bajke naroda Jugoslavije 1, *Slovenačka narodna bajka*.
3. 1995: Kur'an; Suretu Al-Ahzab: 70
4. 1972: Bajke naroda Jugoslavije, Makedonska knjiga, Skoplje.
5. 1972: Bajke naroda Jugoslavije, *Srpske narodne pripovetke*, Beograd.
6. 1975: *Najljepše bajke svijeta*, Stvarnost, Zagreb.

Izvori - Ostalo

1. Mercier 2001: Jacques Mercier, *Povijest Vatikana*, Barbat, Zagreb, 113 i 178.
2. Konstantinović 1984: Zoran Konstantinović, *Uvod u uporedno proučavanje književnosti*, Beograd,
3. Lessing 1996: Gotthold Ephraim Lessing, *Nathan mudri*, Zagreb, Umjetnička galerija Dubrovnik.
4. Kovač 2001: Zvonko Kovač, *Poredbena i/ili interkulturalna povijest književnosti*, Zagreb, Nakladnik, 125.
5. Spahić 1999: Vedad Spahić, *Tekst, kontekst, interpretacija*, Tuzla, Grafičar, 97.

THE CREATION OF THE SUPERNATURAL POWER OF THE RING IN THE FAIRYTALES OF THE WORLD

Vahida Đedović²⁴

Larisa Softić-Gasal²⁵

Summary: The historical and religious study of the search for the ring goes far back, in the misty times, long before the pyramids of Egypt and the walls of Babylon. She outlived the age of pagan gods, saw the ascension of Buddha, Christ and Muhammad a.s. It is characteristic in that its traditions and allegories have survived intact to the present day, so they strongly evoke images of the ancient past. The church itself was very fanatical in its opposition to the ring culture, especially regarding the ring itself. In 1431, when Joan of Arc was sentenced to Iomača for alleged witchcraft, one of the main accusations was that she used the power of a magic ring for healing purposes. When the Church gained power, after the 8th century began to implement Constantine's grant, then the 'undercurrent' that supported the true Albigenses came up with strategic methods to preserve the old culture of the royal line. A fairy tale, a story for children who grow up creatively and adults who want to remain creative, healthy children, is the only link and symbol of tolerance of the closed human mind - the ring. Tolerance is a solution to antagonism between nations and people, it is a ring that transcends misunderstandings. From tolerance, a higher level of power, through the Power of Words: TRUTH, to Absolute Power

Keywords: fairy tale, quest, circle, power, magic, truth, justice.

²³ Jacques Mercier, *Povijest Vatikana*; Zagreb, 2001.

²⁴ dr sci. Vahida Djedović vahidadjedovic.com

²⁵ vanr prof. Larisa Softić – Gasal larisa.softic.gasal@gmail.com

SAVREMENI OBLICI UČENJA I PO(D)UČAVANJA

Esma Hasanbašić ¹, Cvijetin Živanović ²,

UDK 37.018.43:004.738.5

DOI 10.7251/AKPR2402136H

Apstrakt: Učenje i po(d)učavanje koje se fokusira na studenta predstavlja savremeni pristup učenju i po(d)učavanju jer koristi metode i tehnike koje omogućuju aktivno i praktično učenje. Način predavanja koji se koristi u tradicionalnom učenju, gdje profesor direktno prenosi informacije, sada se često kombinuje s drugim savremenijim metodama. S tim u vezi uočeno je da profesori koriste saradničko učenje, grupne (timske) rasprave, tehnike slagalice, tehnike problemske nastave i tehnike projektne nastave.

Ključne riječi: student, profesor, učenje, predavanje, projekti

UVOD

Predavanja su najstariji i najčešći način poučavanja na fakultetima i smatraju se važnim dijelom svakog predmeta. Njihov tradicionalni oblik često se doživljava kao pasivno učenje studenata i nedostatak dubljeg razumijevanja školskog gradiva. Blaj (2002) je rekao da je ovaj način učenja dobar za prenos informacija, ali nije toliko dobar u navođenju studenata da razmišljaju i/ili mijenjaju svoja mišljenja. Ali, tradicionalni način predavanja, gdje predavači samo govore o gradivu, se promijenio.



Slika 1. Tradicionalno naspram savremenog predavanja
(izvor: autorska adaptacija prema PPP Viktoria Kržica, Slideshow)

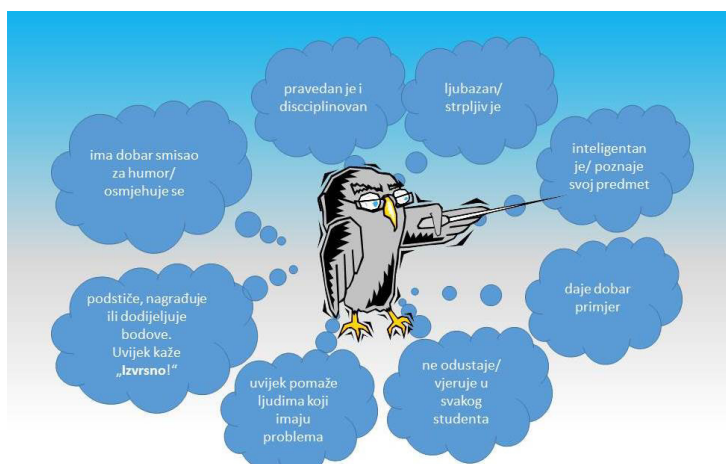
Sada se više pažnje posvećuje tome kako se gradivo izlaže, posebno kako bi to bilo korisnije studentima. Saznanja dobijena istraživanjem kako je učenje putem predavanja efikasno dovela su do novog načina, odnosno pristupa predavanjima. U ovom novom pristupu, studenti su aktivni, mogu detaljno da razumiju informacije koje dobijaju i da sami razvijaju kritički pogled na ono što uče. Istraživanja su pokazala da studenti bolje pamte ono što čuju na početku ili na kraju predavanja, a ne ono što je izrečeno u sredini.

Zbog toga se savremena predavanja planiraju tako da svakih 10-15 minuta daju novi zadatak ili predstave nove ideje, kako bi zadržali pažnju studenata. Takođe, vrlo je važno da studenti prave bilješke tokom predavanja. Dobre bilješke pomažu da se bolje zapamte informacije, pomažu da se student

fokusira, i daju dobar osnov za kasnije učenje i ponavljanje. Zato se u ovom radu obraća pažnja i na to kako studenti treba da vode bilješke.

2.SARADNIČKO UČENJE I PO(D)UČAVANJE

Savremena predavanja uključuju puno razgovora i saradnje između profesora i studenta, kao i među samim studentima i onima što uče. Ovo pokazuje konstruktivističku teoriju učenja, koja kaže da studenti uče nove stvari koristeći ono što već znaju. Misli se da bi profesor trebao prilagoditi nastavne sadržaje tako da budu razumljivi studentima. U isto vrijeme, važno je da profesor ne bude previše organizovan, jer to može ometati dobro učenje. McKeachie (1994) ističe da dobar profesor vodi svoje studente, a ne da ih kontroliše.



Slika 2. Moderan profesor

(izvor:autorska adaptacija prema PPP Viktoria Kržica, Slideshow)

Ima mnogo različitih pravila za pravljenje zanimljivih predavanja svuda po svijetu. Gibbs, 1992; Russell, Hendricson, and Herbert, 1994; Brown and Race, 2002. zajednički su kandidovali jednostavnije verzije po(d)učavanja i neki njihovi najznačajniji savjeti su: od početka semestra treba tražiti da studenti aktivno učestvuju. Na kraju svake lekcije, odnosno na kraju predavanja, dobro je ponoviti šta je naučeno. Treba pažljivo osmisлити i koristiti materijale za studente. Takođe, dobro je mijenjati načine na koje studenti uzimaju učešće tokom predavanja i to na način da im se zadaju pitanja koja traže od studenata da prvo razmisle o odgovoru, a zatim da uporede svoje odgovore s drugima, tražeći od studenata da zamisle šta bi se moglo desiti prije nego što im se pokažu stvarni rezultati i tražeći od studenata da navedu primjere za ono o čemu se trenutno ističe na predavanjima. U svojim radovima, Ramsden (1992), Lacoss i Chilack (1998) su opisali osobine dobrih profesora. Dobar profesor planira svoja predavanja, zna koliki nivo znanja imaju njegovi studenti, predaje s odgovarajućom brzinom, koristi razne metode učenja, omogućava razgovor s studentima, pokazuje primjere, daje vrijeme za dodatna objašnjenja i pitanja, ponavlja ključne ideje i dostupan je studentima i nakon nastave.

Studenti često bolje uče kada razgovaraju i rade s drugim studentima nego kada samo slušaju predavanja. Kolaborativno učenje znači da učimo radeći zajedno s drugim studentima. Ovaj način studiranja je vrlo uspješan u različitim okolnostima. Istraživanja (na primjer, Cohen i drugi, 1982; Lindren i drugi, 1991.) pokazala su da prenošenje znanja od studenata do njihovih kolega, kao i sama nastava, zahtjeva bolje razumijevanje nastavnog materijala. To znači da treba više da razmišljamo i radimo sa informacijama. Ovi koraci pomažu da se dobro uči.

Jedna od metoda u zajedničkom učenju koja se često koristi je rad u parovima. Studenti se dogovaraju da postavljaju pitanja i daju odgovore o temi koju su ranije proučavali. Profesor pomaže i daje komentare. Postoje različiti načini kako se može izvoditi ova tehnika: na primjer, studenti najprije

proučavaju razne nastavne materijale, zatim uče svog partnera o tome i na kraju ga testiraju o onome što su su zajedno učili. Ova metoda zajedničkog učenja i podučavanja pokazala se korisnom u mnogim istraživanjima. Goldschmid and Shore, 1974; Goldschmid, 1975.itd.

3.TIMSKI RAD

U timskom učenju, uobičajeno je da se grupa studenata podijeli u timove od 4 do 8 članova. Svaki tim dobija posao i spisak knjiga koje mu se preporučuju. Članovima tima obično se dijele materijali koje treba svako od njih da pročita. Zatim proučavaju svoje dijelove i razgovaraju unutar tima o onome što su pročitali. Na kraju, cijela grupa dobija pisani ili usmeni izvještaj o određenoj temi. Ovaj način zajedničkog rada pokazao se kao dobar način za podsticanje kreativnosti studenata.

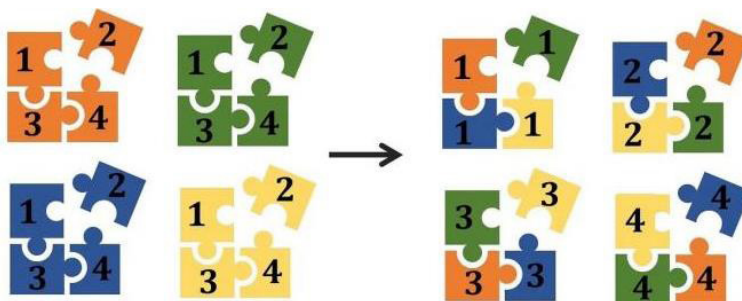


Slika 5. Ilustracija:timsko učenje

(izvor:autorska adaptacija prema <https://ahaslides.com/bs/blog/team-based-learning/,novembar 2024.>)

4.TEHNICA SLAGALICE

U ovom načinu zajedničkog učenja, studenti su podijeljeni u grupe, a svaka grupa dobija svoj zadatak. Svaki član tima radi svoj dio posla, pokazuje ga ostalim članovima tima i zajedno odlučuju kako će to predstaviti drugim studentima. Zatim se prave grupe u kojima svaki član dolazi iz različitih timova. U isto vreme, svaki student pokazuje članovima nove grupe stvari koje je pripremio kao dio svog tima.



Slika 6. Slagalica kao zajednička tehnika učenja

(izvor:autorska adaptacija prema <https://www.skolskiportal.rs/clanci/2772-tehnika-slagalice-u-deset-koraka>)

To pomaže da svaki student na kraju nauči cjelokupno gradivo, tako što podučava druge studente i tako što njega podučavaju drugi studenti. Iako rad u grupi i u parovima nije za sve studente, istraživanja pokazuju da većina studenata bolje savlada gradivo kada rade zajedno.



Utvrđeno je da ljudi rade bolje kada se brinu za svoje timske kolege. Prednost je u tome što saradnja pomaže u učenju, odnosno studiranju, jer studenti zajedno lakše razumiju i objašnjavaju gradivo. Uspjeh zajedničkog učenja zavisi od važnosti korišćenja međuljudskih i kognitivnih vještina. Takođe, studentima je lakše i bolje da komuniciraju u manjim grupama.

5. PROBLEMSKA NASTAVA

Problemska nastava je važan i savremen način učenja na fakultetima. Osnova je da su ljudi prirodno željni da rješavaju probleme, pa su spremni da rade kako bi naučili sve što im je potrebno. Tokom problemske nastave, obično se radi u malim grupama, a profesor pomaže i nadgleda. Nakon što se pronađe rješenje problema, važno je da svi postanu svjesni onoga što je naučeno dok je rađeno na tom problemu.



Slika 7. Problemska tehnika učenja

(izvor: autorska adaptacija prema <https://www.skolskiportal.rs/clanci/2772-tehnika-slagalice-u-deset-koraka>)

Jossei-Bass (1993; citirano od McKeachie i Svinicka, 2006.) predlaže devet koraka za uvođenje nastave koja se temelji na problemima. Svi su ovi koraci usmjereni prema: pronalaženju problema, prikupljanjem informacija, razmišljanjem o mogućim rješenjima, predlaganjem i ocjenjivanjem akcija. Postoje razni načini za učenje preko problema, a najčešći su metoda slučaja i simulacija.

a) Studija slučaja

Studija slučaja je metoda istraživanja koja se fokusira na detaljno proučavanje pojedinačnih slučajeva, umjesto da se oslanja na brojeve i statistiku. Ona se više bavi kvalitetom nego količinom podataka. U takvim istraživanjima se razmišlja o društvenim pojavama na različite, nestandardne, kreativne i prilagodljive načine. Iako ne postoji jasna definicija što studiju slučaja čini posebnom u odnosu na druge načine istraživanja, ona je zanimljiva i složena metoda u društvenim naukama.

Što je to „primjer iz stvarnog života“? Istraživač bira određeni „slučaj“ koji odgovara onome što trenutno želi istražiti i u skladu je s njegovim kriterijima. Zbog toga, studija slučaja zapravo i nije metoda, kako je mnogi istraživači nazivaju već izbor onoga što se proučava (istražuje). Uzorak studije slučaja je namjerno odabran kako bi se duboko razumjele posebnosti pojedinih slučajeva, ali na detaljan i stvaran način. Studija slučaja je korisna metoda u nauci (autori jednostavno to nazivaju: primjer umjesto metoda) kada ima puno informacija, ali malo teorije. Zbog toga što nema zajedničkog teorijskog modela, studije slučaja postaju osnovne jedinice koje pomažu da se shvati određeni problem u nekoj oblasti. Ali da vidimo kako se studija slučaja dovodi u vezu sa učenjem i nastavom.

Američke poslovne škole u 1950-im godinama počinju koristiti slučajeve kao novi način učenja, kako bi nastava bila bliža stvarnom poslovnom svijetu, a zatim se ta metoda širi i na druge zemlje. Korištenje strategije slučaja u nastavi se prebacuje pažnja s prikupljanja informacija na razvijanje vještina za rješavanje problema. Cilj nije samo da student zna interpretirati nastavni sadržaj, već da može prepoznati problem i objasniti ga. Za razliku od prirodnih nauka koje mogu utvrditi jasna pravila

između različitih faktora i na predavanjima objašnjavaju opšta pravila koja se kasnije pokazuju kroz primjere, u društvenim i humanističkim naukama povezanost između naučnih faktora je složena, promjenjiva i slaba. Uzimajući prethodne konstatacije u obzir, odnosno situaciju da studija slučaja gleda više na probleme umjesto na opšta teorijska načela, to onda s pravom može biti novi pristup učenju i podučavanju u nastavi. Prema M. Biličiću¹, „neovisno o tome je li problem definiran ili ga tek treba ustanoviti, bit nastavne metode slučaja je da se problem rješava kroz uzajamnu suradnju studenata i nastavnika.“



Slika 8. Studija slučaja – studentski život

(izvor: autorska adaptacija prema <https://www.afa.co.rs/post/%C4%8Demu-nas-case-study-metod-zapra-vo-u-%C4%8Di>)

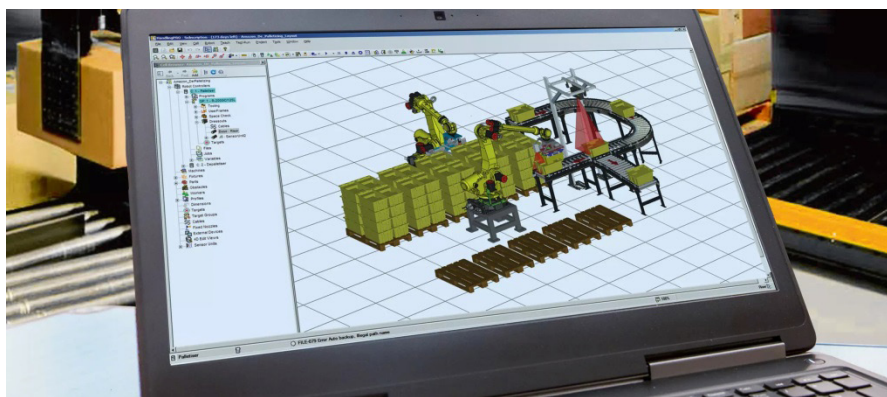
Harvardska poslovna škola je prva koja je počela da koristi primjere iz stvarnog života za studentima menadžmenta, i to od 1921. godine. Studije slučaja pomažu studentima da se susretnu sa stvarnim poslovnim problemima i odlukama. Uče ih da brzo razumiju poslovne izazove, uzimajući u obzir širu sliku organizacije, industrije i društva. Studije slučaja pomažu studentima da nauče kako da primjene teoriju u stvarnom životu i kako da iz stvarnog života dođu do teorije. Metoda rješavanja studija slučaja pomaže u razvoju vještina kritičkog mišljenja, procjene, donošenja odluka i djelovanja. Postoji riječ koja dobro objašnjava sve mogućnosti koje su bivši studenti naveli da su naučili korišćenjem metode slučaja. To su “meta vještine”. Profesori objašnjavaju meta-vještine kao vještine koje pomažu ljudima da brže uče nove stvari. Na primjer, kada roditelji pomažu djetetu da nauči da svira neki muzički instrument, ne samo da žele da dijete postane vješto u muzici, odnosno na tom instrumentu (neka djeca će to zaista uspjeti, a neka možda neće), već žele i da prepoznaju kako vježbanje može biti korisno za njihovo dijete. Ova vještina, pored muzike, pomaže da se nauče vještine mnogih drugih stvari.

b) Simulacija

Simulacija je kao učionica (nastavni poligon) gdje se prikazuje stvarna situacija, a učesnici treba da donesu odluke, gledajući kako jedno utiče na drugo. U posljednje vrijeme, ovaj način učenja sve više koristi nove tehnologije. Jedna od glavnih prednosti simulacije je to što studentima omogućava da se aktivno uključe umjesto da samo posmatraju. Učestvovanje u simulaciji znači donositi odluke, rješavati probleme i različito reagovati, a sve to zahtijeva dobro razmišljanje. Učešće u simulaciji pokreću izazovi koje ona donosi, znatiželja studenata i osjećaj da mogu uspjeti i da imaju kontrolu nad situacijom. Ispostavilo se da uspjeh simulacije zavisi od toga koliko je nešto dobro sređeno. Kada je organizacija bolja, više pomaže studentima koji imaju manje znanja. Simulacija u studiji slučaja, na primjer, pomaže da studenti shvate kako da koriste svoja saznanja u raznim situacijama.

¹ Biličić Mijo (2005.): Metoda slučaja u znanosti i nastavi, Pomorstvo, god.19. Str.2017-228

Prednost korištenja simulacije u nastavi je ta što studenti mogu mijenjati vrijednosti određenih parametara i odmah vidjeti rezultate. Tako saznaju koji su parametri važni za eksperiment i kako promjena tih vrijednosti utiče na ishod. Uče kako koristiti model za predviđanje rezultata, što im pomaže da razumiju kako se nauka zasniva na hipotezama koje mogu testirati. Razgovorima s kolegama i profesorom tokom i nakon simulacije, studenti bolje razumiju gradivo i mogu primijeniti svoje znanje na nove probleme. Dobra simulacija često ih uvodi u nove probleme ili povezuje s nekim pojmovima koje su već naučili. Iako simulacije imaju svoje prednosti, one ne mogu zamijeniti prave eksperimente. Zato ih treba pažljivo koristiti u učenju, odnosno koristiti ih kao dodatak drugim načinima poučavanja, posebno kada stvarni eksperimenti nisu mogući ili se ne mogu izvesti. U svakom slučaju, treba pokušati simulacijom zaintrigirati studente za određenu temu i pomoći im da sami dođu do zaključaka. Važno je pobuditi radoznalost i razviti kritičko razmišljanje kod studenata, jer tako stečeno znanje duže traje.



Slika 9. Simulacija

(izvor: autorska adaptacija prema <https://www.fanuc.eu/eu-en/application/palletising>)

6. PROJEKTNASTAVA

Unapređenje nastave je važno u današnjim nižim oblicima škola a pogotovo u visokoškolskim ustanovama. Projektna nastava je moderna i zanimljiva metoda učenja koja inspiriše i podstiče kreativnost (Barkley, Cross i Major, 2005)². Dobra projektna nastava motiviše studente da se aktivno uključe u rad, što povećava njihovo zadovoljstvo i pomaže im da bolje nauče gradivo. Ovaj način učenja pomaže kada radimo na teškim temama i zadacima. Važno je da zadatak bude dovoljno težak za studente i da se radi o kompleksnom zadatku koji ne može jedna osoba obaviti sama. Kvalitetna projektna nastava znači da članovi tima stvarno zajedno rade na projektu, a ne samo spajaju svoje odvojene dijelove zadatka. Za uspješnu projektno učenje, potrebno je dobro pripremiti se. Važno je da se jasno objasne ciljevi projekta i načini i pravila za ocjenjivanje kvaliteta projekta. Treba da se odluči koliko će biti članova grupe: broj ljudi zavisi od trajanja i količine posla koji treba uraditi. Sastav grupe zavisi od ciljeva projekta i od potrebnih vještina i sposobnosti za njegovu realizaciju. Uglavnom se misli da je bolje staviti studente sa različitim sposobnostima u istu grupu nego praviti grupe prema njihovim sposobnostima, jer raznolikost pomaže u učenju. Tokom projekta, treba pomoći studentima da sarađuju. Profesor može, na primjer, da odredi koje će zadatke imati različiti članovi tokom rada. Važno je naglasiti takozvanu, „pozitivnu povezanost“ između članova tima koja se očekuje u dobrom projektnom radu, ali i sama odgovornost svakog pojedinca za ukupni rad na projektu. Kada treba, studenti treba da znaju koliko su važne komunikacijske vještine i rad u timu. Jedan od važnih dijelova dobre projektna nastave je njena evaluacija. Postoje različita mišljenja o načinima i mjerilima za ocjenjivanje. Konačni rezultat projekta može se ocijeniti i svi članovi tima mogu dobiti istu ocjenu. Ovaj način rada može da motiviše svakog člana tima da se osjeća odgovorno za konačan rezultat.

² Barkley, Elizabeth, K. Patricia Cross, and Claire Howell Major. (2005): Collaborative Learning Techniques: A Handbook for College Faculty. San Francisco



Međutim, možemo ocjenjivati i način rada i rezultat projekta. Ova ocjena prati rad svakog pojedinca i cijelog tima tokom raznih dijelova posla, kao i konačni rezultat. Ovako se pokazuje kako svaki član tima radi. Uključivanje ocjenjivanja među članovima i samoocjenjivanja može biti korisno. Bez obzira na to kako se procjenjuje rad u projektnoj nastavi, važno je unaprijed znati pravila za ocjenjivanje. Učenje o određenoj temi kroz projektne aktivnosti pomaže u razvoju različitih važnih vještina, kako za razmišljanje tako i za društvene odnose, koje su korisne za budući posao.

To su: učenje kako se pokrenuti i dovoljno dobro organizovati (postavljanje ciljeva i načina kako do njih doći, praćenje napretka, ocjenjivanje rezultata), vještine da se motivišu studenti i da preuzmu odgovornost, te vještine razmišljanja (analiziranje, sastavljanje informacija, kritičko razmišljanje, kreativnost, društvene i komunikacione vještine, saradnja u timu, vođenje, rješavanje sukoba, dogovor, pregovaranje, javno nastupanje).

ZAKLJUČAK

Različiti savremeni načini učenja pomažu studentima da pređu iz uloge pasivnih slušalaca ili posmatrača u ulogu aktivnih učesnika u nastavi. To im omogućava da sami organizuju i, na specifičan način, sprovode nastavu. S druge strane, savremeni modeli pomažu profesoru da bolje pripremi i vodi proces učenja. Da bi visokoškolska ustanova napredovala, važno je da stalno istražuje, poboljšava se, menja i testira nove ideje.

LITERATURA

1. Biličić Mijo (2005.): Metoda slučaja u znanosti i nastavi, Pomorstvo, god,19.
2. Barkley, E.F, Cross, K.P. i Major, C.H. (2005) Collaborative learning techniques. A handbook for college faculty. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
3. McKeachie, W.J. i Svinicki, M. (2006) McKeachie's teaching tips. Strategies, research, and theory for college and university teachers. Boston i New York: Houghton Mifflin Company.

Internet izvori:

[https://ahaslides.com/bs/blog/team-based-learning/nov.2024.\)](https://ahaslides.com/bs/blog/team-based-learning/nov.2024.)

<https://www.skolskiportal.rs/clanci/2772-tehnika-slagalice-u-deset-koraka,nov.2024.>

<https://www.afa.co.rs/post/%C4%8Demu-nas-case-study-metod-zapravo-u%C4%8Di,nov.2024.>

<https://www.fanuc.eu/eu-en/application/palletising,nov.2024.>

CONTEMPORARY FORMS OF LEARNING AND TEACHING

Esma Hasanbašić³, Cvijetin Zivanović⁴

Abstract: Learning and teaching that focuses on the student represents a modern approach to learning and teaching because it uses methods and techniques that enable active and practical learning. The teaching method used in traditional learning, where the professor directly transmits information, is now often combined with other more modern methods. In this regard, it was observed that professors use collaborative learning, group (team) discussions, puzzle techniques, problem teaching techniques and project teaching techniques.

Key words: student, professor, learning, lecture, projects.

³ Esma Hasanbašić, Assistant professor, University "Privredna Akademija" Brčko District BiH, Petra Kočića 6, 76100 Brčko District BiH, E-mail: prorektor.nastave@privrednaakademija.edu.ba

⁴ Cvijetin Živanović, Assistant professor, "Privredna Akademija" University Brčko District BiH, Petra Kočića 6, 76100 Brčko District BiH, E-mail: nir@privrednaakademija.edu.ba



NEKE MOGUĆNOSTI UNAPREĐENJA SISTEMA POSLOVNE INTELIGENCIJE PROCESOM GRUPNOG ODLUČIVANJA

Petar Tamamović¹, Milorad Peranović², Borislav Bojić³

UDK 005.311.6:005.94

DOI 10.7251/AKPR2402143T

Apstrakt: U današnje vrijeme osnovni resurs za kvalitetno odlučivanje je posjedovanje znanja koje je osnovni element za donošenje ispravnih upravljačkih odluka. Za podršku odlučivanju najčešće se koristi izraz poslovna inteligencija, koja predstavlja koncepte i metode koji pomažu u lakšem donošenju poslovnih odluka. Svaki uticaj na bilo koji dio procesa grupnog odlučivanja – bio ovaj uticaj pozitivan ili negativan, direktno će se odraziti na sistem poslovne inteligencije, a sa efikasnim alatima sistema poslovne inteligencije kompanije mogu lako da prate sopstveno poslovanje, aktivnost svojih klijenata i trendove u industriji.

Ključne riječi: grupa, grupno odlučivanje, poslovna inteligencija

UVOD

Informacija je jedna od najvažnijih komponenti današnjeg društva. Svijet je sve manji, a količina informacija vezanih za život, posao i slobodne vrijeme pojedinca je sve veći. Peter Drucker je u časopisu Wall Street Journal (*broj od 1. decembra 1992.*) objavio članak pod nazivom Be Data Literate - Know What to Know gde je istakao da, iako su direktori u kompanijama računarski pismeni, malo njih zna koje informacije su im potrebne, kada su im potrebne i u kojoj formi su im te informacije potrebne. S druge strane, u današnje vrijeme osnovni resurs za kvalitetno odlučivanje je posjedovanje znanja koje je osnovni element za donošenje ispravnih upravljačkih odluka, a svijet oko nas je prepun i preopterećen informacijama i podacima, a kompanije u suštini pokazuju nedostatak preko potrebnog znanja. Pronalaženje pravih informacija potrebnih za lakše i tačnije donošenje poslovnih odluka omogućava jedna od tehnika poslovnog izvještavanja - poslovna inteligencija. Howard Dresdner je 1989. godine po prvi put predložio pojam *Business Intelligence* kako bi kategorizirao koncepte i metode koji pomažu u lakšem donošenju poslovnih odluka. Donošenje odluka u okruženju poslovne inteligencije može postati veliki izazov i ponekad je čak i nemoguće donijeti odluku ukoliko su podaci na kojima se odluka zasniva nedovoljni ili lošeg kvaliteta.

Jedino je moguće efikasno iskoristiti podatke kada su oni precizni, ažurni, potpuni i dostupni u odgovarajućem trenutku. Tada su donosioci odluka i korisnici u najboljem položaju da odrede kvalitet podataka koji su im dostupni.

1. GRUPA

Većinu odluka u organizacijama ne donesu pojedinci, već grupe pojedinaca. Grupa je mali broj ljudi sa komplementarnim vještinama angažovanim u zajedničke svrhe, radi specifičnog načina ostvarivanja cilja, zajedničkog radnog pristupa i međusobne podjele odgovornosti (Ware, 1995). Kada se identifikuje grupno odlučivanje, misli se na nekoliko pojedinaca koji rade zajedno kako bi završili neki zadatak. Ovi pojedinci mogu biti ljudi koji uvijek rade zajedno i stoga imaju neko zajedničko iskustvo.

¹ Petar Tamamović, dr, vanredni profesor, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, Pedagoški fakultet, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: petar.tamamovic@privrednaakademija.edu.ba

² Milorad Peranović, mr, asistent, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, Pedagoški fakultet, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: miloradperanovic@privrednaakademija.edu.ba

³ Borislav Bojić, dr, docent, Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa, E-mail: borislav.bojic@mvteo.ba



Takođe, oni mogu biti priključeni grupi samo radi jedne odluke i nisu upoznati sa iskustvom i znanjem koje ostalih članova grupe imaju. Grupa se može sastajati na jednoj lokaciji ili se sastanci mogu voditi telekonferencijom.

U teoriji, grupe su razvijene, jer one mogu obezbjediti bolje rješenje nego pojedinac. Na primjer, kroz diskusiju, grupe mogu bolje razumjeti kompleksnost problema. Grupa posjeduje više vještina od pojedinca i tako može generisati više alternativa za rješavanje problema. Slično tome, s obzirom da je u grupu uključeno više pojedinaca, veće su šanse da se brzo otkriju i isprave eventualne greške. I naravno, ukoliko grupa učestvuje u odlučivanju, vjerovatnije je da će prihvatiti odluku i da neće postojati otpor sprovođenju te odluke.

Grupa obogaćuje proces izbora tako što uključuje znanje, iskustvo, i uglavnom različite poglede nekolicine pojedinaca na problem izbora. Ovakav pristup može omogućiti grupi da bolje razumije problem, da usmjeri energiju na nalaženje kreativnih rješenja i da identifikuje probleme u samom procesu. Grupa ima i neke slabe strane koje utiču na proces donošenja odluka, kao što je, na primjer, trajanje procesa donošenja odluke koje je naravno duže nego kad odluku donosi pojedinac. Još jedna slaba strana grupe je i pojava „grupnog mišljenja“ koje postoji u svakoj grupi i može pogoršati nekompletno i neodgovarajuće korištenje informacija. Groupthink – grupno mišljenje uglavnom rezultuje neefikasnim donošenjem odluka i lošim odlukama.

Grupno mišljenje se uglavnom povezuje sa grupama koje imaju visok nivo zajedništva, koji su izolovani od spoljnih izvora informacija koje mogu da utiču na njihovu odluku i koje djeluju u izuzetno promjenljivoj okolini.

Grupno mišljenje podrazumijeva smanjivanje individualne sposobnosti rasuđivanja članova grupe usljed pritiska grupe da se prihvati jedinstveni stav grupe i da ne iznose informacije ili argumenti koji bi ga doveli u pitanje. Grupno mišljenje se po pravilu pojavljuje u vrlo kohezivnim grupama izolovanim od svoje okoline ali sa jakim, autoritativnim liderom. Posljedica grupnog mišljenja je da grupa samo „imitira“ proces odlučivanja, a zapravo je odluka već donijeta i čitava „igra“ odlučivanja ima za cilj da zadovolji formu i da se na kraju formalno sankcioniše odluka koja je donijeta na samom početku.

2. GRUPNO ODLUČIVANJE

Često se grupno odlučivanje ne odvija baš onako kako smo očekivali. Ovaj proces može biti spor (*na primjer potrebno je svaki put organizovati sastanak tako da svi članovi grupe budu prisutni – a to često i nije lako i tako jednostavno*) ukoliko se njime dobro ne upravlja. Često se troši dragocjeno vrijeme na čekanje, socijalizovanje i slično. Neki članovi grupe se u mnogome oslanjaju na ostale članove i ne doprinose onoliko koliko bi mogli ali i trebali.

Postoje još dva velika problema koja se javljaju tokom rada grupe. Prvi problem je što postoji tendencija da se prilagodi razmatranom rješenju previše rano, tj. prije nego što je rješenje u potpunosti analizirano. Pritisak grupe na neke članove dovodi do toga da ti članovi prihvate dato rješenje čak i ako nisu u potpunosti za to rješenje.

Drugi problem koji se javlja je grupna dinamika. Član grupe sa najvećim autoritetom, ili član koji je u grupi najviše vremena, ili član sa najboljim referencama ili čak i član grupe koji je najglasniji i najuporniji, najdominantniji dominira na neki način diskusijom i na taj način ostali ostaju u sjenci njegovih odluka.

Ukoliko pravimo sistem za podršku odlučivanju koji će poboljšati grupno odlučivanje, tada moramo uzeti u obzir ne samo sve prethodno navedeno već i sve karakteristike koje će iznijeti u prvi plan pozitivne atribute grupe, a minimizovati negativne. Proces grupnog odlučivanja je složeni kvantitativno - kvalitativni proces rješavanja problema. Ovakav proces će naravno biti potpomognut informacionom tehnologijom. Postoji mnogo načina definisanja faza procesa grupnog odlučivanja u literaturi.

Prvi koncept faza procesa grupnog odlučivanja sastoji se iz sljedećih aktivnosti:

- **Preciziranje lokacije (mjesta) za grupno odlučivanje** - Tehnologija komuniciranja može da se realizuje bilo u lokalnom okruženju ili da bude prostorno udaljena, a ovo je naravno moguće zahvaljujući informatičkoj podršci. Bez obzira na način komunikacije, neophodno je obezbjediti sinhronizovanu razmjenu informacija, raspravu i pregovaranje o problemu koji se rješava;
- **Definisanje programa rada** - Sagledava se evidentirani problem, ističu se svi ciljevi sistema i



jasno se evidentiraju relevantni kriterijumi za odlučivanje;

- **Specifikacija i analiza problema** - Učesnici sesije inicijalizuju strategije rješavanja problema, a tokom analize samog problema, članovi grupe mogu identifikovati nova ograničenja, kao i eventualne dopunske zahtjeve;
- **Integracija individualnih rješenja** - Intenzivna razmjena informacija među članovima tima rezultuje svim mogućim alternativnim pravcima koji vode rješenju problema;
- **Vođenje ka usaglašavanju i kompromisu** - Uspješna primjena prethodne faze vodi članove grupe ka ograničenom broju mogućih rješenja koja su rezultat kompromisa;
- **Prevođenje odluke u poslovnu strategiju** - Ukoliko je proces grupnog usaglašavanja bio uspješan, slijedi prevođenje donijete odluke (*prihvaćene alternative*) u poslovnu strategiju preduzeća;
- **Proces rješavanja evidentiranog problema najčešće se sastoji u korištenju adekvatne metode** - Opšte je prihvaćeno mišljenje da se pod metodom podrazumijeva skup precizno definisanih pravila koje vode ka ostvarenju definisanog cilja. Najbolji način da se dođe do dobre ideje je generisanje što je moguće više ideja

Proces rješavanja evidentiranog problema najčešće se sastoji u korištenju adekvatne metode. Opšte je prihvaćeno mišljenje da se pod metodom podrazumijeva skup precizno definisanih pravila koje vode ka ostvarenju definisanog cilja. Najbolji način da se dođe do dobre ideje je generisanje što je moguće više ideja.

3.POSLOVNA INTELIGENCIJA

Sistemi za podršku odlučivanju - SPO je tehnologija koja je dostigla svoj zenit 90-tih, a nastavila je da se razvija pod drugim nazivima. Nasljednik SPO je poslovna inteligencija, ali postoje i drugi sistemi čiji je zadatak da pruže podršku odlučivanju. Dvije veoma popularne tehnologije su se izdvojile sa ciljem da pružaju podršku odlučivanju na različitim nivoima upravljanja:

- **Poslovna inteligencija** – služi za podršku odlučivanju za polustrukturirane i nestrukturirane probleme odlučivanja (*taktički i strateški nivo menadžmenta*); i
- **Upravljanje resursima preduzeća** – ERP – služi za podršku odlučivanju na operativnom i taktičkom nivou menadžmenta i za strukturirane i polustrukturirane situacije odlučivanja.

Danas je sve manja razlika između informacionog sistema jedne organizacije i SPO, tj. došlo je do djelimičnog ujedinjavanja ova dva koncepta i otuda se i koristi naziv poslovna inteligencija (**PI**) koji ujedinjuje ova dva koncepta sa ciljem da podrže taktičko i strateško odlučivanje. U današnje vrijeme osnovni resurs za kvalitetno odlučivanje je posjedovanje znanja koje je osnovni element za donošenje ispravnih upravljačkih odluka.

Svijet oko nas je prepun i preopterećen informacijama i podacima, a kompanije pokazuju nedostatak preko potrebnog znanja. Isto kao i u samim kompanijama, tako i u svakodnevnom životu i radu svakog čovjeka, za donošenje odluke uvijek je bila neophodna određena podrška tom procesu. U većini situacija javlja se velika količina informacija koje je potrebno obraditi, a naravno da rad sa takvom količinom informacija zahtijeva i vrijeme. A vrijeme je kao resurs uvijek ograničeno i nemamo na raspolaganju onoliko vremena koliko nam je potrebno da obradimo sve informacije. Ovdje se već uočava potreba za dobrom podrškom odlučivanju kako bi bila donesa odgovarajuća i kvalitetna odluka.

Za podršku odlučivanju u današnje vrijeme se najčešće koristi izraz poslovna inteligencija (*prevodi se i kao poslovno izvještavanje*). Poslovna inteligencija može da se definiše kao: - *Skup informacionih tehnologija, organizacionih pravila, kao i znanja i vještina zaposlenih u organizaciji udruženih u generisanju, zapisivanju, integraciji i analizi podataka sve sa ciljem da se dođe do potrebnog znanja za donošenje odluke.*

Pod poslovnim inteligencijom se najčešće podrazumijevaju dvije oblasti: *skladište podataka i otkrivanje zakonitosti u podacima*. Podršku odlučivanju, kao i samu poslovnu inteligenciju, karakteriše *sinergija - zajedništvo* informacionih tehnologija, organizacionih pravila i ljudskog znanja i vještina. Danas je podrška odlučivanju najčešće neophodan uslov za učestvovanje u tržišnoj trci.

Da bi mogle da analiziraju velike količine podataka i donose prave i pravovremene odluke neophodno je integrisati podatke u poslovni proces na takav način da donosioci odluka dobijaju prave informacije i znanje za donošenje ispravnih odluka.



Sistem poslovne inteligencije bi trebalo da zadovolji sljedeće:

- punjenje podataka u bazu podataka u realnom vremenu,
- punjenje modela iz baze modela u realnom vremenu,
- analiza rezultata modela u realnom vremenu, i
- donošenje odluke u realnom vremenu.

Strukturu sistema poslovne inteligencije čine sljedeći slojevi:

- transakcioni (*operativni*),
- integrativni, i
- analitički sloj.

Operativni sloj (*transakcioni sloj*) generiše podatke poslovanja. Sve što se događa u poslovanju treba da se očitava u skladištu podataka, a odluke donijete na osnovu izvještaja iz analitičkog sloja treba da se odraze u operativnom sloju.

Analitički sloj je odgovoran za pravljenje izvještaja za DO i u njega su uključeni alati za izvještavanje kao i različiti modeli iz baze modela (*najviše se ističu algoritmi za otkrivanje zakonitosti u podacima*). Da bi sistem PI mogao da funkcioniše u realnom vremenu, potrebno je znanja analitičara formalizovati i automatizovati.

Drugi važan sloj sistema PI je **integrativni sloj** koji predstavlja sponu između modela i podataka poslovanja. Da bi ovaj sloj funkcionisao u realnom vremenu potrebno je da se omogući jednostavan pristup podacima poslovanja kroz definisano skladište podataka, definisan tok učitavanja podataka iz poslovanja u skladište podataka i sistem za upravljanje kvalitetom podataka.

4.UNAPREĐENJE GRUPNOG ODLUČIVANJA – UNAPREĐENJE POSLOVNE INTELIGENCIJE

Grupno odlučivanje može da donese veće i bogatije znanje i iskustvo i stoga i bolje odluke. Istraživanja pokazuju da grupe koje radije dijele jedinstvene informacije koje su poznate samo nekolicini članova, nego što diskutuju o informacijama koje su poznate svim članovima, donose i bolje odluke. Grupe koje više razgovaraju međusobno donose bolje odluke. Grupe su poboljšale i dijeljenje jedinstvenih informacija i opseg diskusija među članovima grupe u momentu kada je grupa bila više fokusirana i visoko struktuirana. Kada se govori o poboljšanju grupnog odlučivanja, mora se fokusirati i na fenomen grupnog mišljenja. **Postoji niz mjera koji se mogu preduzeti u grupi prilikom njenog odlučivanja da ne bi došlo do pojave grupnog mišljenja:**

- Vođa grupe treba da se uzdržava od toga da unaprijed saopštava kakve odluke želi ili očekuje. Po pravilu, lider grupe treba da posljednji iznosi svoje mišljenje;
- Vođa treba da ohrabri svakog člana da slobodno kritikuje sve iznijete ideje;
- Neko u grupi treba da dobije ulogu *đavolovog advokata* - da uvijek iznosi argumente suprotne onima koji su u većini u grupi čak i ako sam ne misli tako. Ukoliko niko drugi to ne čini, tu ulogu treba da preuzme lider grupe;
- Grupa treba da se podijeli na podgrupe i da odvojeno razmatra problem, a da zatim raspravi razlike između njih;
- Na sastanke grupe treba pozivati i stručnjake za oblasti o kojoj se odlučuje koji nisu članovi grupe;
- Svaki član grupe treba povremeno da o odluci grupe porazgovara sa svojim kolegama koji nisu članovi grupe;
- U organizaciji treba formirati više grupa koje nezavisno razmatraju isto pitanje.

Grupa često kolektivno racionalizuje proces izbora, čak se javlja i autocenzura nekih članova kako se ne bi razlikovali od usvojenih vrijednosti grupe. Problem koji se vezuje za grupno razmišljanje je što ono može dovesti do loših procesa odlučivanja. Najčešći problemi koji se javljaju su nekompletna lista alternativa, nedovoljno razumijevanje ciljeva, nedovoljna analiza rizika kod preferiranih alternativa, loša pretraga informacija, loša evaluacija alternativa. Svaka od nabrojanih stavki može dovesti do lošeg donošenja odluka. Osnovni cilj donosioca odluke je da određen problem koji se javlja u poslovnom procesu organizacije riješi na što bolji način. To može da uradi ako posjeduje znanje za donošenje odluke.

Prema modelu poslovne inteligencije koji se razvija u okviru Centra za poslovno odlučivanje na Fa-



kultetu organizacionih nauka u Beogradu model PI pruža donosiocu odluke podršku u procesu dolaska do znanja koristeći ekspertsku i računarsku pomoć. Sa ekspertске strane, donosiocu odluke stoji na raspolaganju ili podrška grupe ili ekspertска podrška. Svaki put kada grupa ili ekspert riješe određeni problem oni time znanje koje sami poseduju unapređuju.

Svako poboljšanje procesa grupnog odlučivanja vodi i poboljšanju procesa poslovne inteligencije. A na taj način su bolja rješenja kao izlaz iz procesa poslovne inteligencije istovremeno i ulaz u proces grupnog odlučivanja.

Poslovna inteligencija je skup procesa i tehnologije koji obezbjeđuju konzistentne, tačne podatke i analitičke alate za ispunjavanje strateških i operativnih ciljeva. Vrijednost PI leži u njenoj sposobnosti da upravlja podacima u svrhu obezbjeđivanja preciznih odgovora na poslovna pitanja. PI se konstantno razvija i kako preduzeća rastu i dostižu zrelost, isto tako se razvija i potreba za integracijom kritičnih poslovnih procesa i za sakupljanjem dosljednih informacija.

Organizacije koje su implementirale PI navode sljedeće ključne koristi od nje:

- Lakoća pristupa informacijama;
- Dublji uvid u podatke;
- Povećana produktivnost zaposlenih;
- Poboljšan korisnički servis;
- Poboljšana preciznost predviđanja;
- Poboljšano donošenje odluka;

Poslovna inteligencija je skup procesa i tehnologija. PI kao proces predstavlja integraciju, analizu i primjenu poslovnih podataka kako bi pomogli poslovnom odlučivanju i donijeli stvarnu poslovnu vrijednost. PI kao softverska aplikacija se sastoji od velikog broja alata koji olakšavaju proces PI tako što obezbjeđuju bolje podatke i veću efikasnost donosiocima poslovnih odluka. Možemo reći i da svako poboljšanje samog procesa grupnog donošenja odluka, a samim tim i na proces PI – poslovne inteligencije možemo dati i jedan primjer poboljšanja jedne od faza u procesu GO – grupnog odlučivanja, kako sam proces grupnog odlučivanja i počinje odabirom mjesta sastanka, možemo reći i da najboljim odabirom mjesta sastanka možemo uticati i na izbor boljeg rješenja problema koji se razmatra u grupi.

Postoji i podjela razvijenih aplikacija grupnih sistema za podršku odlučivanju (GSPO) na osnovu kriterijuma udaljenost članova tima i trajanje sastanka:

- **Soba za odlučivanje** – slična sali za sastanke, oprema se uređajima koji podržavaju grupno donošenje odluka;
- **Lokalna mreža za odlučivanje** – koriste donosioci odluka u svojim kancelarijama i svaki DO ima radnu stanicu na svom stolu gdje se na serveru nalazi instaliran softver za GSPO, zajedno sa bazom podataka i bazom modela;
- **Telekonferencija** – za udaljene članove grupe, jedna ili više sala za odlučivanje povezuju se virtuelnim i/ili komunikacionim uređajima;
- **Daljinsko odlučivanje** – danas je praktično potpuno nov izazov razvijanja aplikacija GSPO. Iniciran je razvojem Interneta. On predstavlja *fuziju - spajanje* informacionih tehnologija i algoritama procesa grupnog odlučivanja, a njegova osobina je neprekidna komunikacija između udaljenim članova tima.

5. NAREDNA GENERACIJA SISTEMA POSLOVNE INTELIGENCIJE

Neki autori pominju nekoliko vrsta inteligencije koji utiču i povezani su sa poslovnom inteligencijom. Razvoj poslovne inteligencije u mnogome zavisi i od tipova inteligencije kao što su inteligencija okruženja, ljudska inteligencija i web inteligencija koje su blisko vezane sa poslovnom inteligencijom. Pod inteligencijom okruženja podrazumijevaju se samo okruženje, kao i organizaciona inteligencija.

Web inteligencija obuhvata sve vezano za pretraživanje interneta sa podacima, ali ovdje se uključuje i inteligencija vezana za društvene grupe na netu. Bliže objašnjenje ovih pojmova, kao i pojam inteligencije podataka koji obuhvata informacione sisteme preduzeća i eksterne izvore podataka.

Ljudska inteligencija igra osnovnu i nezamjenjivu ulogu u razvoju poslovne inteligencije. Neki od aspekata ljudske inteligencije koji utiču na unapređenje poslovne inteligencije su direktno uključivanje



informacija prikupljenih od eksperata, vjerovanja i očekivanja ljudi, emocionalna inteligencija, inspiracija, brainstorming- „*tehnika grupnog rješavanja problema koja podrazumijeva iznošenje spontano nastalih ideja svih članova grupe kako bi se došlo do rješavanja problema*“, ali isto tako i kao „*osmišljavanje ideja od strane jednog ili više pojedinaca sa ciljem rješavanja određenog problema*“. učenje iz inteligencije grupe, socijalna inteligencija.

Svaki uticaj na bilo koji dio procesa grupnog odlučivanja – bio ovaj uticaj pozitivan ili negativan, direktno će se odraziti na sistem poslovne inteligencije. Poslovna inteligencija odavno je prevazišla poimanje ovog pojma samo kao poslovno izvještavanje, već se ona odnosi na opširne analize podataka kompanije radi boljeg odlučivanja u kompaniji. Tehnologija i procesi koji omogućuju sprovođenje ovih analiza od glomaznog skupa informacija stvaraju organizovane, lake za preuzimanje kompilacije podataka. Sa efikasnim alatima PI kompanije mogu lako da prate sopstveno poslovanje, aktivnost svojih klijenata i trendove u industriji. Intelligentni sistemi za podršku poboljšavaju poslovno odlučivanje iz dana u dan.

ZAKLJUČAK

Poslovna inteligencija se odnosi na razne obrade podataka preduzeća kojim preduzeće može postići „**intelligentno**“ ponašanje u različitim poslovnim situacijama. Poslovna inteligencija se ne može kupiti u trgovini, preduzeće je mora samo izgrađivati oslanjajući se prvenstveno na vlastito znanje poslovanja.

Poslovna inteligencija ili poznatije, business intelligence (BI) je skup metoda, tehnologija i strategija koje razna preduzeća koriste za analiziranje, prikupljanje i distribuciju poslovnih podataka ili informacija. Kao skup softverskih alata i rješenja, BI uključuje skladištenje podataka (*Data Warehouse*), korištenje indikatora ključnih performansi (*Key performance indicators, KPIs*), benchmarking (*tehnika ocjene konkurentnosti preduzeća - uspoređivanje s konkurentskom kompanijom*), rudarenje podataka (*Data Mining, DM*), poslovnu analitiku i drugo.

S obzirom da se u današnje vrijeme uspjeh ne temelji samo na materijalnim resursima organizacija i menadžmentu, nego i na informacijama te strateškom planiranju, cilj poslovne inteligencije je povećati uspješnost i rast poslovanju.

LITERATURA

1. Azvine, B., Cui, Z., Nauck, D. D., & Majeed, B. (2006, June). Real time business intelligence for the adaptive enterprise. In E-Commerce Technology, 2006. The 8th IEEE International Conference on and Enterprise Computing, E-Commerce, and E-Services, The 3rd IEEE International Conference on (pp. 29-29). IEEE.
2. Čupić M., Rao Tummala V. M., Suknović M. (2001), Odlučivanje: formalni pristup, Beograd: Fakultet organizacionih nauka.
3. Desanctis, G., & Gallupe, R. B. (1987). A foundation for the study of group decision support systems. *Management science*, 33(5), 589-609.
4. HTTP1. http://www.ekof.bg.ac.rs/studije/2007/predmeti/org_i_upr_ljud_res/5%20GRUPE%20I%20TIMOVI.pdf
5. HTTP2. <http://www.infotech.com/research/enabling-decision-making-through-business-intelligence?c=unlockl>.
6. Kersten, G. E. (1997). Support for Group Decisions and Negotiations An Overview*. In *Multicriteria analysis* (pp. 332-346). Springer Berlin Heidelberg.
7. Longbing, C., Chengqi, Z., Dan, L., & Ruwei, D. (2007). Intelligence Metasynthesis in Building Business Intelligence Systems.
8. Marshall, L., & De la Harpe, R. (2009). Decision making in the context of business intelligence and data quality. *SA Journal of Information Management*, 11(2).
9. Sauter, V. L. (1997). *Decision Support Systems for Business Intelligence*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
10. Suknović M., & Delibašić B. (2010), Poslovna inteligencija i sistemi za podršku odlučivanju, Beograd: Fakultet organizacionih nauka
11. Ware, J. (1995). Some aspects of problem solving and conflict resolution in management groups, In Schlesinger, Harvard Business School Press. Boston.



SOME POSSIBILITIES FOR IMPROVEMENT OF BUSINESS INTELLIGENCE SYSTEM WITH GROUP DECISION MAKING PROCESS

Petar Tamamović⁴, Milorad Peranović⁵, Borislav Bojić⁶

Abstract: Nowadays, the main resource for quality decision-making is possessing the knowledge that is the key element to make the right management decisions. The term business intelligence is commonly used for decision support, and it presents concepts and methods that help improving decision making process. Every influence on any part of group decision making process - positive or negative, will directly affect the business intelligence system. But with efficient business intelligence tools, companies will easily monitor their own business, activity of its clients and industry trends.

Keywords: Group, Group decision making, business intelligence.

⁴ Petar Tamamović, dr, vanredni profesor, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, Pedagoški fakultet, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: petar.tamamovic@privrednaakademija.edu.ba

⁵ Milorad Peranović, mr, asistent, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, Pedagoški fakultet, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: @privrednaakademija.edu.ba

⁶ Borislav Bojić, dr, docent, Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa, E-mail: borislav.bojic@mvteo.ba

INTEGRISANI PRISTUP MENADŽMENTU

Petar Tamamović¹, Srđan Tomić², Besim Duraković³

UDK 006.83:005.96

DOI 10.7251/AKPR2402150T

Apstrakt: Cilj ovog rada je da istraži stratešku osnovu za inkluzivni menadžment pristup. Ovakav integrisan model bi uključivao alate poput: upravljanja znanjem, reinženjeringa poslovnih procesa i totalnog upravljanja kvalitetom.

Ključne riječi: reinženjering, upravljanje znanjem, TQM.

UVOD

Svi savremeni trendovi u menadžmentu imaju za cilj da na što bolji i efikasniji način odgovore izazovima novog tržišta. U suštini oni imaju zajedničku težnju da svoje aktivnosti usmjere na zadovoljenje potreba kupaca i da na što bolji način inkorporiraju u svoje aktivnosti novu informacionu tehnologiju. Ovaj rad ima za cilj da uporednu analizu KM, BPR i TQM i odredi njihove međusobne odnose. Ovo će predstavljati osnovu za kasnije određivanje inkluzivnog modela menadžemta koji će kombinovati dostignuća sva tri menadžerska alata.

2.ASPEKTI OBRAĐENI U RADU

Prvi aspekt analize će se odnositi na stratešku orijentaciju ova tri modela. Drugi aspekt posmatranja u ovom istraživanju će biti perspektiva operacionih procesa odnosno osnovna transformacija ulaza u izlaz. I treći nivo će obrađivati problem kontrole koji će dati dodatni argument za simultano i integrisano implementiranje ovih modela. Ovakav pristup će nam dati potvrdu pretpostavke o komplementarnosti procesa upravljanja znanjem i totalnog upravljanja kvalitetom i dati nam okvir za inkluzivni pristup.

2.1. Analiza sa aspekta strateškog pristupa

Da bi izvršili analizu sa ovog aspekta moramo prvo definisati pojmove upravljanja znanjem, reinženjeringa poslovnih procesa i totalnog upravljanja kvalitetom:

- **Upravljanje znanjem** je eksplicitno i sistematično upravljanje vitalnim znanjem i odgovarajućim procesima - kreiranjem, prikupljanjem, organizovanjem, raspodjelom, korištenjem i eksploatacijom. Ono zahtijeva prevođenje personalnog znanja u korporativno kada može biti pristupačno kroz organizaciju i na prikladan način primijenjeno.
- **Reinženjering** poslovnih procesa je novi poslovni koncept ili sasvim novo poslovna filozofija. Tako centralno mjesto u reinženjeringu sasvim sigurno pripada procesima. Reinženjering je novi početak tj. pokušaj da se kompletan posao radi bolje, a to se najčešće događa na sasvim drugačiji način. Reinženjering poslovnih procesa je fundamentalno preosmišljavanje i radikalno preprojektovanje poslovnih procesa da bi se postiglo dramatično poboljšanje kritičnih mjera poslovne efikasnosti u koje spadaju - *troškovi, kvalitet, usluga i brzina*.

¹ Petar Tamamović, dr, vanredni profesor, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, Pedagoški fakultet, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: petar.tamamovic@privrednaakademija.edu.ba.

² Srđan Tomić mr, asistent, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, Pedagoški fakultet, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: srdjan.tomic@privrednaakademija.edu.ba

³ Besim Duraković, dr, docent, Victoria International University, E-mail: besim@viu.ba



- **Totalno upravljanje kvalitetom** je menadžment pristup za postizanje izvrsnosti organizacije i njenih rezultata.

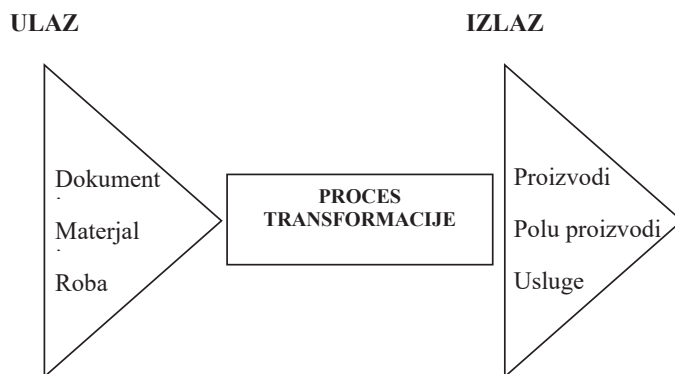
U tabeli 1. je prikazana komparativna analiza ovih menadžerskih pristupa sa aspekta osnovnih principa i strateškog pristupa.

Tabela 1. Komparacija strateških okvira tri menadžment pristupa

Upravlja je znanjem	Reinženjering	TQM
• Stalno učenje i poboljšanje od drugih, poboljšanje kvaliteta i efikasnosti u donošenju odluka.	• Fundamentalna (<i>suštinska</i>) promjena načina razmišljanja, osnovna promjena pristupa rješavanju problema.	• Kontinuirano poboljšanje i mjerenje performansi, bolje iskorištenje resursa da bi se postigla veća efikasnost i efektivnost.
• Ocjenjivanje zaposlenih i mjerenje intelektualnog kapitala.	• Reinventivan, dinamičan i kreativan pristup poslu.	• Istraživanja tržišta, selekcija i upotreba podataka i informacija.
• Razvoj ljudi i znanje je izvor kompetencije.	• Reorganizacija i redizajn poslovnih procesa.	• Razvoj ljudi je izvor kompetencije.
• Autonomija u odlučivanju i učešće zaposlenih u donošenju odluka.	• Sprovođenje po naredbi.	• Autonomija u odlučivanju i učešće zaposlenih u donošenju odluka.
• Sticanje znanja od kompetitora, kupaca, snabjevača i partnera, prilagođavanje znanja potrebama tržišta.	• Orijentacija na korisnike - kupci, akcionari, zaposleni, partneri, društvo i dr.	• Usmerenost na kupce i rezultate, obostrano poštovanje, povjerenje i korist za sve akcionare.
• Slobodan pristup svih zaposlenim znanju.	• Izgradnja kros – funkcionalnih timova.	• Efektivno vodjstvo i izgradnja tima i visok stepen saradnje među zaposlenima.
• Dostizanje veće produktivnosti kroz upotrebu znanja, stvaranje/širenje novog znanja.	• Pokušaj da se posao radi na drukčiji način, bolje, zahtjevanje promjene su velike i do deset puta od postojećeg stanja.	• Konzistentne i visoke performanse za dostizanje visokih standarda (<i>promjene su postepene 10%</i>).
• Stalna potražnja za novim izvorima informacija.	• Periodični projekat reinženjeringa (<i>redizajn procesa</i>).	• Open - ended proces.
• Procesni i sistemski pristup.	• Orijentacija na procese, a ne na strukture ili funkcije.	• Procesno usmjerenje.
• Uključivanje svih procesa.	• Uključeni su određeni kritični procesi.	• Uključivanje svih procesa.
• Interno i eksterno partnerstvo i kooperacija se grade radi boljeg ostvarivanja ciljeva.	• Outsourcing i core kompetencije	• Nastojanje da se dođe do poboljšanja kroz benčmarking.
• Informacione tehnologije pomažu bolju raspodjelu i prikupljanje znanja.	• Informacione tehnologije su osnovni alat.	• Mjerenje kvaliteta i upotreba podataka i povratna sprega su osnovni alat.
Konačni cilj je modifikacija rada i kontrolnih sistema rada		

2.2. Analiza modela sa sapekta operacionih procesa

Da bi izvršili ovu analizu potrebno je prvo definisati poslovni proces u smislu modela ulaz /izlaz. Upotrebicemo definiciju Majkla Hamera, koji kaže: *"Poslovni proces je skup aktivnosti koji ima jedan ili više različitih tipova ulaza i kreira izlaz koji ima određenu vrijednost za kupca."*



Slika 1. Poslovni proces u smislu modela transformacije ulaza u izlaz
Izvor: Autori

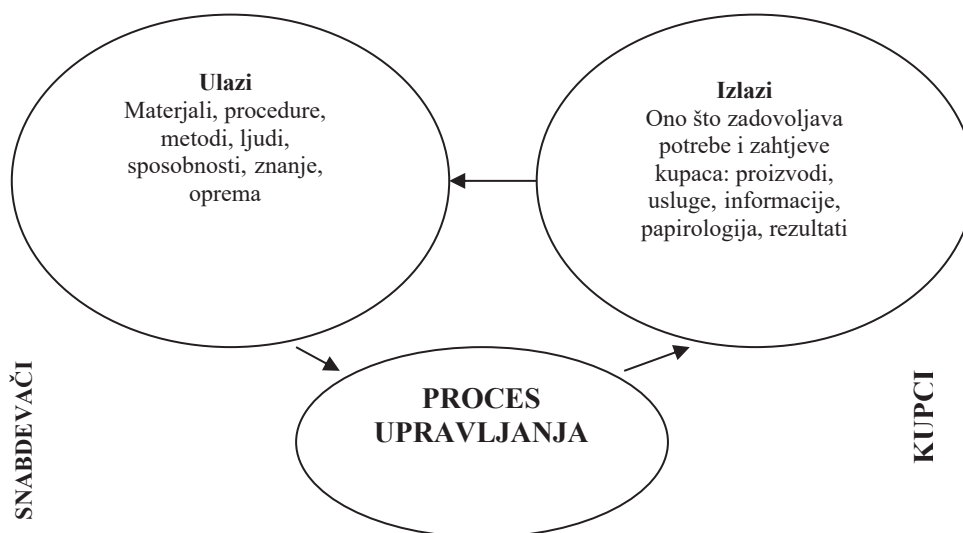
Neki autori takođe, proces upravljanja znanjem u preduzeću posmatraju iz perspektive operacionih procesa čiju osnovu čini proces transformacije ulaza u odgovarajući izlaz. Na ulazu imamo kombinaciju znanja potreba i očekivanja kupaca, znanja koje je pohranjeno u sirovinama i resursima, znanja koja se nalaze u proizvodima i uslugama namijenjenim za isporuku kao i podaci, informacije i znanja. Konverzija znanja kroz ovaj proces je u stvari proces usavršavanja i promjena. Proces konverzije znanja zavisi od načina čuvanja pohranjivanja poboljšanja znanja koji se nalaze u procesima proizvodima i uslugama. Proces konverzije znanja može se takođe vidjeti i kao proces stvaranja, prenosa, dijeljenja i poboljšanja znanja organizacije. Čuvanje ambijenta unutar organizacije koji doprinosi razvoju i korištenju znanja je vitalan za proces konverzije znanja. Pošto smo već odavno ušli u eru tehnologije i informacija, znanje pohranjeno u proizvodima i uslugama, intelektualni kapital i primijenjeno znanje i razumijevanje potreba kupaca su među najvažnijim izlazima procesa konverzije znanja. Taj proces jasno ukazuje da upravljanje znanjem smatra da su informacije, znanje i ljudi ulaz u sistem, a primijenjeno znanje i intelektualni kapital su izlazi iz sistema. To može da uključuje obogaćivanje znanje kupaca, izgradnju intelektualnog kapitala ili razvoj porcesa povećanja znanja.



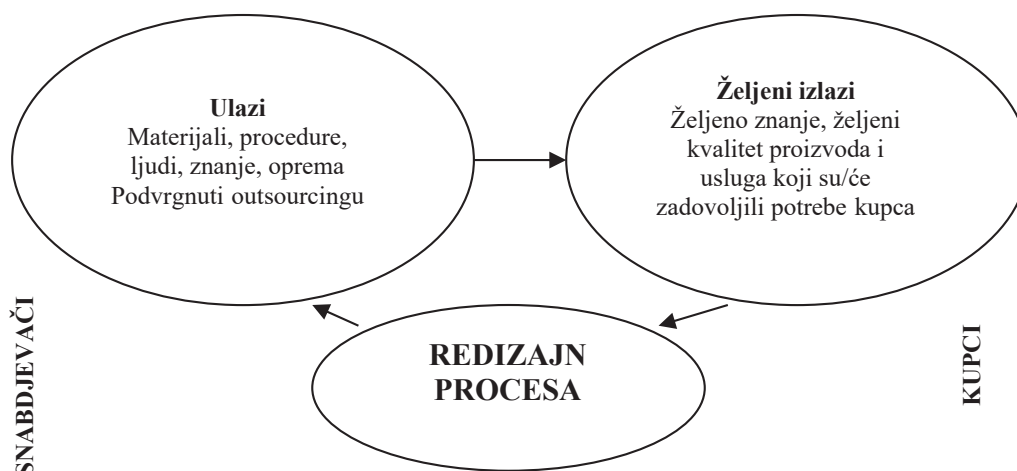
Slika 2. Proces upravljanja znanjem
Izvor: Autori

Na modelu ulaz – izlaz kako upravljanje znanjem tako i totalno upravljanje kvalitetom transformiše set ulaza što uključuje opremu iz postrojenja, sirov materijal, procedure, metode, informacije i znanje kao i ljude i njihove vještine. Izlazi transformacije su proizvodi, usluge, informacije i svaki rezultat koji zadovoljava potrebe kupaca.

Proces ukazuje da TQM i upravljanje znanjem uzimaju informacije, znanje i ljude sa njihovim vještinama kao ulaze, a primjenjeno znanje i intelektualni kapital predstavljaju željene izlaze (*što predstavlja inforacije i papirologiju u slučaju TQM –a*). Međutim, strateška usmjerenja oba su veoma različita. Upravljanje znanjem smatra da je znanje izvor kompetitivne prednosti, dok se TQM oslanja na proces kvaliteta da bi zadovoljio želje kupca.



Slika 3. Okvir reinženjering procesa



Slika 4. Okvir TQM procesa
Izvor: Autori

Podsjetimo se prethodne dvije slike na kojoj su prikazani **Upravljanje znanjem** i **TQM** iz perspektive transformacije ulaza u odgovarajući izlaz. Na prvi pogled možemo zapaziti da je reinženjering suprotan proces od oba prethodna procesa.



To znači da je polazna osnova reinženjeringa željeni izlaz gdje se nalaze:

- željeno znanje kao upotrebljiv intelektualni kapital,
- željeni rezultati odnosno željeni kvalitet proizvoda i usluga koji zadovoljavaju potrebe kupaca.

Sve ove informacije se crpe iz okoline koja nameće nove standarde. Na osnovu informacija o željenom izlazu vrši se redizajn procesa, a neki autori smatraju i zamjena procesa.

Redizajniran proces zahtjeva pogramirani ulaz gdje se nalaze:

- materijali,
- procedure,
- znanje,
- oprema,
- ljudi, a svi podvrgnuti outsoucingu kroz prethodni redizajn poslovnog procesa.

Transformacija ulaza u izlaz predstavlja osnovu inženjeringa. Možda upravo zbog ovog obrnutog pristupa je reinženjering i dobio svoj naziv.

2.3. Problem kontrole rada

Industrijski razvijen svijet se dugo godina bavio problemom kontrole rada. Ovaj problem je nastao prije svega kao rezultat onoga što Draker naziva „*promjena u rad podržan znanjem*“.

Mada, je ova promjena počela u zadnjim decenijama dvadesetog vijeka, već tokom perioda od osamdesetih do devedesetih godina prošlog vijeka zahtjevalo se od ljudi da rade više sa informacijama i znanjem nego sa samim materijalom. Pošto je sve više i više ljudi bilo angažovano na ovom tipu posla, lokacija kontrole se sa menadžera pomjerio na radnike.

U svijetu manualnog rada, koja se bavila obradom materijala problem kontrole je imao jasno rješenje - *menadžment je kontrolisao izlaz i procese*.

Tipično u prvim danima industrijske revolucije pa sve do zadnjih dekada prošlog vijeka izlaz je bio proizvod, a proces kontrole je bio vezan za ljudsko ponašanje.

Čak, i danas u visoko mehanizovanim fabrikama, gdje su radnici više rukovaoci mašina, u glavama mnogih je još uvijek supervizija onaj element koji povezuje misli menadžera i mišiće radnika. Promjena ka radu podržanom znanjem, izvršenje radnih zadataka je pomjerila sa vidljivih mjesta, u glave zaposlenih gdje se on ne može vidjeti. Na taj način preoblikovao lanac komandovanja u preduzeću. Tu je nastao problem kontrole. Sada dolazimo do krajnjeg pitanja koji se odnosi na reinženjering, totalno upravljanje kvalitetom ili proces upravljanja znanjem. Zašto raditi bilo koji od njih? Zašto raditi sva tri? Zašto ih raditi na koordinisan i integrisan način?

Najkraći odgovor na ova pitanja nam daje Devenport: „*ako se oni rade na integrisan način nudi nam se bolje rješenje za problem efikasne kontrole.*“

Sa onim sa čim se bori menadžment od trenutka kada je Draker objavio svojevrsnu revoluciju znanja prije trideset godina je kako upravljati poslom kako ga načiniti produktivnim kada on ne može biti kontrolisan direktnim nadgledanjem. Prelomne tačke čine novi sistemi organizovanja u preduzećima T-organizacija, uprošćavanje posla, analitički metodi, dizajn i redizajn posla, timovi koji se samostalno upravljaju, pokret kvaliteta, TQM i reinženjering i na kraju upravljanje znanjem.

Postoji razlika između starog i novog menadžment pristupa - to je informaciona tehnologija. Moderni digitalni kompjuteri su ušli u upotrebu pedesetih godina prošlog vijeka. Ta dekada je označila početak revolucije u pravcu rada podržanog znanjem.

U međuvremenu kompjuter i drugi elementi informacionih tehnologija su napredovali i postali snažniji, jeftiniji ali korisniji. Naše znanje o inovacijama procesa i kako da upravljamo inovacijama i širokim organizacionim promjenama je takođe napredovalo. Sada znamo da njima upravljamo, ne savršeno ali ipak više puta sa uspješnim ishodom nego neuspješnim.



Veoma važno je da su informacione tehnologije omogućile da mašine preuzmu ulogu obrade informacija koje su ranije bile posao ljudi. Ovo se ne odnosi samo da se knjigovodstveni poslovi, čuvanje informacija ili drugi poslovi delegiraju mašinama, nego da kapacitete informacionih tehnologija iskoristimo u službi kontrole procesa. To znači da menadžment opet dolazi u poziciju da kontroliše procese.

3. INTEGRISAN MENADŽMENT PRISTUP

Na osnovu gore izvedene analize dolazi se do zaključka i potvrde pretpostavke o kompatibilnosti menadžerskih alata – „*totalnog upravljanja kvalitetom, reinženjeringa poslovnih procesa kao i upravljanja znanjem*“.

Osnovni principi na kojima se može izvršiti integracija ovih alata su:

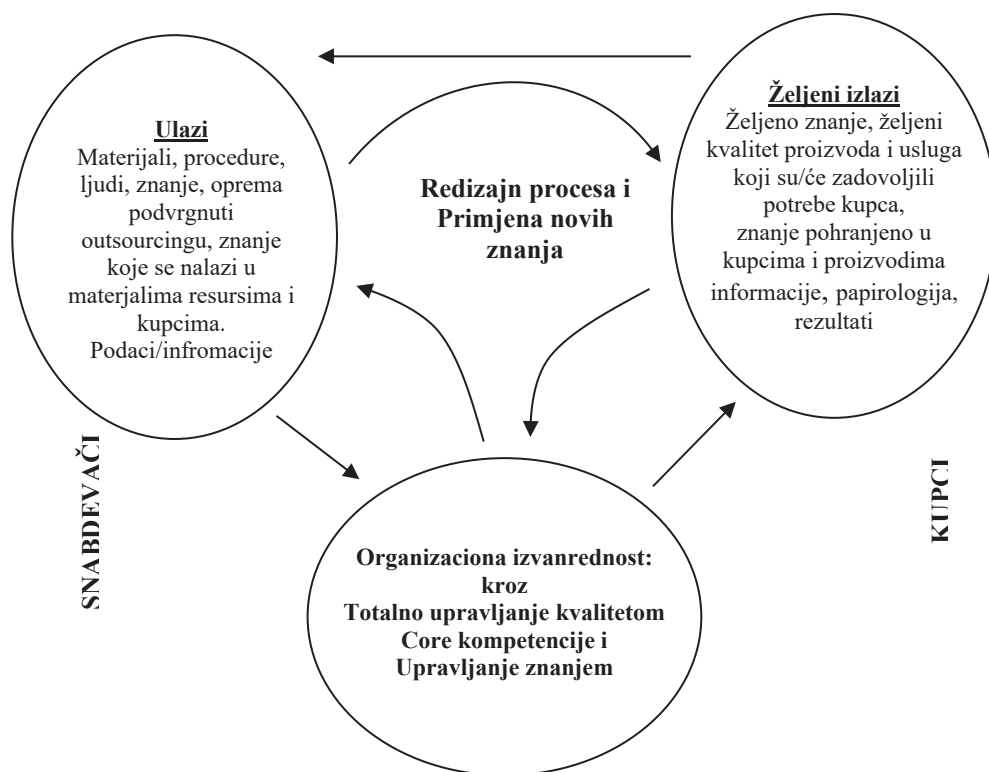
- ciljevi i strategija,
- primjena informacionih tehnologija.

Strateški principi kojih mora da se pridržava novi inkluzivni model treba da obuhvati sljedeće tačke:

- Mjerenja usmjerena na zahtjeve tržišta i ocjenjivanje kompetencije zaposlenih treba da služe kao osnova za donošenje ispravnih odluka;
- Razvoj ljudskih resursa treba da omogući da radnici pronađu svoje mjesto unutar postojećih proizvodno - poslovnih procesa, kao i u redizajniranim novim procesima;
- Viši menadžment pored interesa akcionara mora brinuti i o interesima zaposlenih i odluke treba da donosi uz učešće zaposlenih (*demokratija pri odlučivanju diktatura pri sprovođenju*);
- Prilagođavanje znanja potrebama kupca, a u cilju postizanja optimalnog zadovoljstva svih učesnika procesa;
- Stalna potraga za novim informacijama u cilju podizanja opšteg nivoa kompetencije organizacije, a po potrebi izvršiti zamjenu procesa;
- Procesni i sistemski pristup;
- Outsourcing i orijentacija na core kompetencije treba da bude praćen izgrađivanjem partnerstva i kooperacije;
- Izgradnja kros - funkcionalnih timova, ohrabrivanja individualnog i kolektivnog učenja kao i podsticanje saradničkog, a ne takmičarskog duha;
- Informaciona tehnologija je osnovni alat, a ona treba da omogući sofisticiranije metode mjerenja i ubrzani protok informacija, i informacije treba da budu prožete znanjem;
- Odgovornost se bazira na etici i moralu organizacije, odgovornosti za bezbjednost proizvoda, zdravlju i bezbjednosti zaposlenih, štednji neobnovljivih prirodnih resursa i čuvanju životne sredine

Ovi goronji koncepti opisuju ispravan način vođenja organizacije, međutim dobro je poznato da korist koja se očekuje od sjedinjavanja koncepata totalnog upravljanja kvalitetom, reinženjeringa poslovnih procesa i upravljanja znanjem, neće biti zadovoljavajuća ako se na bilo koji od ovih principa ne obrati dovoljna pažnja. Naravno izgledi za uspjeh ovog modela su znatno veći ako postoji solidna osnova u TQM –u.

Nadalje, integrisan model bi trebao da ima sljedeći izgled sa aspekta operacionih procesa (*slika 5*).



Slika 5. Okvir Integrisanog pristupa,
Izvor: Autori

ZAKLJUČAK

Tek smo na početku razumjevanja šta upravljanje znanjem znači kada on dođe do praktične primjene. TQM i BPR zasnovani na znanju će informisti, voditi i pomoći stalnom poboljšanju, učenju i na taj način pomoći da organizacije bolje idu u susret promjenama i očekivanjima kupaca. Upravljanje znanjem bi trebalo na postepen način predstaviti tako da on bude prihvaćen kao komplementaran menadžemt proces.

Na kraju bi ove procese uporedio sa košarkom. Niko vama ne spori da možete pobjediti u jednoj ili nekoliko utakmica ako imate jednog dobrog igrača (*reinženjering*) ili dobar tim (TQM) ili dobrog trenera – stratega (*upravljanje znanjem*). Ali cilj u savremenom svijetu je da budete prvi a to možete samo ako imate sva tri.

LITERATURA

1. Adamović, dr. Živoslav, Stojićević Dragan; (2000), „Reinženjering“ Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički Fakultet „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu.
2. Besić Carisa, Djordjević Dejan, Tamamović Petar, (2013) »Reinženjering proizvodnih poslovnih i procesnih sistema“ - Društvo za energetska efikasnost BiH.
3. Fred Nickols CLS; (1993) The „Fit“ Between Reengineering and Quality Management; Distance Consulting.
4. Herleta Milenko (...), Koncept TQM osnov za IMS
5. Imandra Galandere – Zile, Viktorija Vinogradova; Where is the Border Between an Information System and a Knowledge Management System; Research Pap.
6. Sajfert Zvonko; (2000) »Proizvodno poslovna organizacija«, Univerzitet u Novom Sadu; Tehnički Fakultet „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu.
7. Skyrme David (1997), Knowledge Management Solution – The IT Contribution; Research Paper.
8. Tamamović Petar, Tamamović Aleksandar, (2015), „Upravljanje kvalitetom“ Visoka škola „Ceps –



Centar za poslovne studije“, Kiseljak.

9. Veljović Alempje, Radojičić Miroslav; “Reinženjering poslovnih procesa” Tehnički fakultet Čačak, Univerzitet u Kragujevcu.
10. Zhao Fang, Bryar Peter; (2005) »Integrating Knowledge Management and Total Quality« A Complementary Process; Research Paper.

INTEGRATED APPROACH TO MANAGEMENT

Petar Tamamović⁴, Srđan Tomić⁵, Borislav Bojić⁶

Abstract: The object of this paper is to find out a strategic base for inclusive management approach. This integrated management model include tools such as: Knowledge Management, Business Process Reengineering and Total Quality Management.

Keywords: Reengineering, Knowledge Management, TQM.

⁴ Petar Tamamović, dr, vanredni profesor, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, Pedagoški fakultet, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: petar.tamamovic@privrednaakademija.edu.ba,

⁵ Srđan Tomić mr, asistent, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, Pedagoški fakultet, Petra Kočića 6, 76100 Brčko distrikt BiH, E-mail: @privrednaakademija.edu.ba

⁶ Duraković Besim, dr, docent, Victoria International University, E-mail: besim@viu.ba

