



GLASNIK

RUDARSKO-GEOLOŠKO-GRAĐEVINSKOG FAKULTETA

JOURNAL OF FACULTY OF
MINING, GEOLOGY AND CIVIL
ENGINEERING

2019. GODINA/YEAR
Broj 7/Vol. 7

2019/7

Naučno-stručni časopis za istraživanje u naučnim poljima 1.5, 2.1 i 2.7 (Frascati)
Scientific-Professional Journal for Research in Fields of Science 1.5, 2.1 and 2.7 (Frascati)



GLASNIK RUDARSKO-GEOLOŠKO-GRAĐEVINSKOG FAKULTETA

ISSN 2303-5145 (Print)
ISSN 2303-5145 (Online)

Izdavač

Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Univerzitet u Tuzli

Za izdavača

Prof.dr.sc. Kemal Gutić

Glavni i odgovorni urednik

Prof.dr.sc. Rejhana Dervisević
Rudarsko-geološko-građevinski fakultet
Univerzitetska 2, 75000 Tuzla, BiH
Tel. +387 35 320 582
e-mail: rejhana.dervisevic@untz.ba, rdervisevic@gmail.com

Tehnički urednik online izdanja

Prof.dr.sc. Tihomir Knežiček
Tel. +387 35 320 571
e-mail: tihomir.knezicek@untz.ba

UREĐIVAČKI ODBOR

Rejhana Dervisević
Tihomir Knežiček
Kemal Gutić
Nedim Suljić
Sejfudin Vrabac
Jelena Marković
Sunčica Mašić
Senaid Salihović
Izet Žigić
Dinka Pašić-Škripić

Izudin Bajrektarević
Omer Musić
Nedžad Alić
Kenan Mandžić
Zvezdan Karadžin
Adnan Hodžić
Ismet Gušić
Damir Zenunović
Adila Nurić
Eldar Husejnagić

MEĐUNARODNI SAVJETODAVNI ODBOR

Stjepan Ćorić, Austrija
Radomir Folić, Srbija
Hazim Hrvatović, Bosna i Hercegovina
Ivan Vrkljan, Hrvatska
Dubravka Bjegović, Hrvatska
Biljana Kovačević-Zelić, Hrvatska
Dunja Aljinović, Hrvatska
Tarik Kupusović, Bosna i Hercegovina
Azra Kurtović, Bosna i Hercegovina
Stjepan Lakušić, Hrvatska
Oleg Mandić, Austrija
Vladimir Simić, Srbija
Rade Jelenković, Srbija

Enver Mandžić, Bosna i Hercegovina
Damir Markulak, Hrvatska
Esad Mešić, Bosna i Hercegovina
Violeta Mirčevska, Makedonija
Krzysztof Kotwic, Poljska
Esad Prohić, Hrvatska
Ahmed El Sayed, Bosna i Hercegovina
Predrag Mišćević, Hrvatska
Mirza Ponjavić, Bosna i Hercegovina
Vlastimir Radonjanin, Srbija
Danilo Ristić, Makedonija
Ljupko Rundić, Srbija
Phalguni Sen, Indija
Rade Tokalić, Srbija

DTP

Rešad Grbović

Lektor

Selma Brčaninović

Print

COPYGRAF d.o.o.Tuzla

Tiraž

50 kom.

GLASNIK
RUDARSKO-GEOLOŠKO-GRAĐEVINSKOG
FAKULTETA

TUZLA, 2019. GOD.

SADRŽAJ

Rejhana Dervišević

RIJEČ GLAVNOG I ODGOVORNOG UREDNIKA	7
--	----------

Adnan Hodžić, Sanel Nuhanović, Zvonimir Bošković, Jovana Munjiza

VAŽNOST TESTIRANJA NEZACIJEVLJENE BUŠOTINE U NAFTNOM LEŽIŠTU	9
---	----------

Mufid Tokić, Anadel Galamić, Jasmin Hrnjadović

OPTIMALIZACIJA RJEŠENJA VERTIKALNIH OBALOUTVRDA KOD REGULACIJE VODOTOKA	17
--	-----------

Anadel Galamić, Mufid Tokić, Jasmin Hrnjadović

REGULACIJA VODOTOKA U URBANIM ZONAMA	22
---	-----------

Gordana Jovanović, Jovica Jovanović, Nadežda Krstić

RANA ONTOGENIJA SREDNJOMIOCENSKIH ŠKOLJAKA (DREISSENIDAE)35 IZ PLASKOVAČKE FORMACIJE KOD JELOVIKA (CENTRALNA SRBIJA)	27
---	-----------

Damir Baraković

KLASIFIKACIJA LEŽIŠTA I POJAVA NEMETALNIH SIROVINA GRAČANICE PO KLASIFIKACIJI PAN-EVROPSKOG ODBORA ZA IZVJEŠTAVANJE REZERV I RESURSA –PERC	35
---	-----------

Jasmin Hrnjadović, Anadel Galamić, Mufid Tokić

OPTIMIZACIJA REZERVOARSKOG PROSTORA SA ASPEKTA RACIONALIZACIJE VODOVODNIH SISTEMA	43
--	-----------

Jelena Marković, Rijad Šišić, Zvezdan Karadžin

UTVRĐIVANJE OKOLNOSTI I UZROKA UPALE METANA U KOMORNOM OTKOPU PRIMJENOM CFD SIMULACIJE GASNO-VENTILACIONIH PARAMETARA	49
--	-----------

Mevludin Avdić, Izudin Bajrektarević, Frljak Zijad, Božana Barušić

MODELIRANJE EFEKTA KONSOLIDACIJE ODLOŽENIH MASA	56
--	-----------

Zahid Bašić, Nedim Suljić, Anadel Galamić

ŠIRINA PLAVLJENJA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE U ODNOSU NA POPREČNI NAGIB	63
--	-----------

Alen Lepirica

GEOMORFOLOŠKA OBILJEŽJA TUZLANSKE KOTLINE I NJIHOV LOKALNI UTJECAJ NA PRIZEMNO ZAGAĐENJE ZRAKA	67
---	-----------



Prof.dr.sc. Rejhana Dervišević
Glavni i odgovorni urednik

Poštovani čitatelji, veliko nam je zadovoljstvo naučnoj i stručnoj javnosti ponuditi na uvid novi broj naučno-stručnog časopisa Glasnik Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta.

U skoro šest decenija rada našeg Fakulteta, pored obrazovnog procesa odvijao se i naučnoistraživački rad, realiziran kroz brojne i značajne domaće, evropske i međunarodne projekte koji su doprinijeli razvoju privrede Bosne i Hercegovine, kao i rudarske, geološke i građevinske struke i nauke. Iz svih općih opredjeljenja za naučnoistraživački i naučnonastavni današnja organizacija našeg Fakulteta odvija se kroz pet studijskih odsjeka: Rudarstvo, Geologija, Građevinarstvo, Bušotinska eksploatacija mineralnih sirovina i Sigurnost i pomoć, te naučna polja 1.5, 2.1 i 2.7 (Frascati).

Rad na promociji i podizanju kvaliteta, kao i afirmaciji časopisa, predstavlja veliki izazov za svakog glavnog i odgovornog urednika. Za ostvarenje tog cilja neophodni su aktuelni naučni i stručni radovi, ali i sistemski rad te uspješna saradnja članova Uređivačkog i Savjetodavnog odbora, recenzenata i autora.

Zahvaljujemo autorima koji su naš časopis odabrali za objavu svojih radova. Očekujemo da ćemo i ubuduće nastaviti i proširiti saradnju doprinoseći kako prepoznatljivosti časopisa, tako i promociji naučne misli i naučnoistraživačkih rezultata.

VAŽNOST TESTIRANJA NEZACIJEVLJENJE BUŠOTINE U NAFTNOM LEŽIŠTU

Adnan Hodžić¹, Sanel Nuhanović², Zvonimir Bošković³, Jovana Munjiza⁴

SAŽETAK

Pri istraživanju ležišta, primjenjuju se različite metode za otkrivanje i definisanje ugljovodonika i sve imaju zajednički cilj, prikupiti adekvatnu količinu i kvalitet podataka, kako bi se donijela odluka o ispitivanom objektu odnosno ležištu. Podaci dobiveni ispitivanjem štede vrijeme i novac u daljem postupanju sa objektom ispitivanja. Zato se testiranje bušotine smatra jednim od ekonomski najznačajnijih testova, jer je uloženi iznos novca prema važnosti dobivenih podataka zanemariv. Test se izvodi kada se u nabušenom materijalu primijete tragovi nafte, što se može dogoditi više puta u procesu bušenja istražne bušotine.

U većini slučajeva, testiranje se izvodi u zonama neodređene potencijalne produktivnosti tokom izrade bušotine, ali se, takođe, ponekad izvodi i u proizvodnim zonama razradne bušotine.

U radu je predstavljen značaj provedbe takvih testiranja na primjeru nezacijevljenih naftnih bušotina u okviru naftno-gasnog polja Kikinda, u sjevernobanatskom okrugu, u Republici Srbiji.

Ključne riječi: bušotina, nafta, drill stem test, testiranje, proizvodnja

1. UVOD

Ispitivanje bušotine vrši se specijalnim alatom, tzv. „testerom“, postavljenim na dno bušotine (Drill Stem Test - DST). Ono, u osnovi, predstavlja kratkotrajno osvajanje bušotine, pri čemu se interval koji se ispituje odvaja pakerom od ostalog dijela kanala bušotine, tako da se eliminiše uticaj pritiska stuba isplake, dok se kolektor stijena dovodi u vezu sa pritiskom u bušačim šipkama, koji je uvijek znatno manji od pritiska u bušotini ili sloju.

Drill Stem Test je konvencionalna metoda ispitivanja formiranja i procjene rezervoara, koja daje podatke o rezervoaru u dinamičkim (a ne statičkim) uslovima.

Na osnovu podataka dobijenih tokom testiranja, mogu se dobiti važni podaci o kolektoru, kao što su: propusnost kolektora, oštećenje pribušotinske zone („skin“ efekt), visina slojnog pritiska, koeficijent produktivnosti, radijus dreniranja, postojanje rasjeda ili isklinjavanje sloja (barijere) itd.

¹ Prof. Adnan Hodžić, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2, Tuzla, Bosnia and Herzegovina, adnan.hodzic@untz.ba

² Prof. Sanel Nuhanović, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2, Tuzla, Bosnia and Herzegovina, sanel.nuhanovic@untz.ba

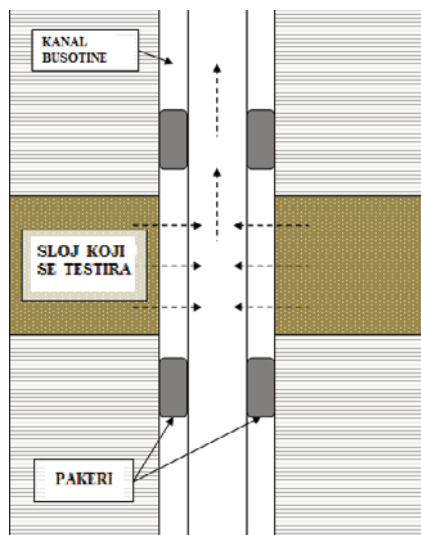
³ Prof. Zvonimir Bošković, University of Banja Luka, Faculty of Mining, Save Kovačevića bb, Prijedor, Bosnia and Herzegovina, zvonimir.boskovic@yahoo.com

⁴ Jovana Munjiza, University of Banja Luka, Faculty of Mining, Save Kovačevića bb, Prijedor, Bosnia and Herzegovina, jovana.crnogorac@rf.unibl.org

2. TESTIRANJE NEZACIJEVLJENE NAFTNE BUŠOTINE

Ova vrsta testiranja (slika 1) se, u slučaju da se za vrijeme bušenja, u probušenim stijenama, naiđe na tragove ugljovodonika, obavlja sa sledećim ciljem:

- da pruži dokaz o produktivnosti sloja koji je tokom bušenja ili jezgrovanja pokazao pozitivne znake u pogledu sadržaja slojnih fluida;
- ispitivanje produktivnosti sloja u kome su K-mjerenja dala interesentne rezultate.

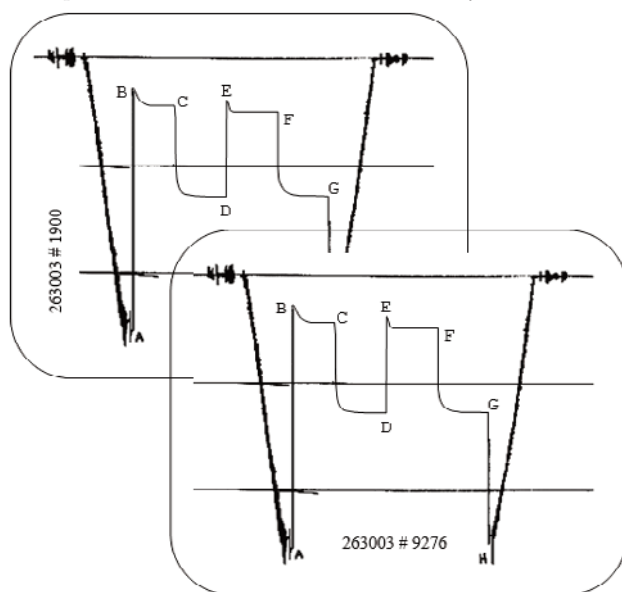


Slika 1. Shema izoliranja sloja i putanje fluida tokom provedbe DST-a

Drill Stem Test je jednostavan. Tokom testiranja zabilježi se pritisak i vrijeme, a tokom vađenja testera, uzima se uzorak formacijskog fluida za analizu.

Pisači su sastavni dio DST. Većina operatora, u okviru testerskog uređaja, u bušotinu spušta dva instrumenta, za slučaj da jedan otkáže. Pisači pokazuju koliki su pritisci prisutni na dnu bušotine, kao i povećanje pritiska za vrijeme toka i u periodu zatvaranja.

Na slici 2., predstavljeni su dijagrami dobijeni testiranjem nezacijevljene bušotine u naftnom ležištu. Testiranje je izvedeno sa dva perioda protoka i dva zatvaranja bušotine na dnu. Prepoznatljive su sve komponente dijagrama i mogu se upotrebiti za interpretaciju. Analiza dijagrama ukazuje na nizak formacijski pritisak. Dobivena je nafta u šipkama u količini od 485 litara. Uzet je uzorak nafte za laboratorijsku analizu.



Slika 2. Dijagrami testiranja naftnog ležišta

TAČKA	ZAPISNIK BROJ: 288290 DATUM: xx/xx/00	REGISTRATOR PRITISKA BR . 228 Na dubini: 1399 m Časovnik br. 2414 kapaciteta 12 čas.			REGISTRATOR PRITISKA BR . 690 Na dubini: 1381 m Časovnik br. 3227 kapaciteta 12 čas.		
	NAZIV TAČKE	Vrijeme (cm)	Pritisak (cm)	Pritisak (bar)	Vreme (cm)	Pritisak (cm)	Pritisak (bar)
A	PHP	-	6,431	161,69	-	6,56	165,08
B	PDP	0	0,053	1,39	0	0,051	1,21
C	KDP	0,54102	0,142	3,60	0,49784	0,145	3,66
D	KSP	1,30937	1,341	33,68	1,24206	1,365	33,61
E	PDP		0,161	4,62		0,167	4,36
F	KDP	2,37236	0,281	7,06	2,28092	0,288	7,11
G	KSP	3,17627	1,308	32,86	3,05562	1,336	32,82
H	KHP	-		157,87	-	6,286	158,00

Tabela 1. Očitane vrijednosti karakterističnih tačaka sa dijagrama

ZAPISNIK BROJ: 288290		REGISTRATOR PRITISKA BR. 228 Na dubini: 1399 m Časovnik br. 2414 kapaciteta 12 čas.		REGISTRATOR PRITISKA BR. 690 Na dubini: 1381 m Časovnik br. 3227 kapaciteta 12 čas.	
DATUM: xx/xx/00					
NAZIV PERIODA	VRIJEME (Zapisnik)	DUŽINA (cm)	FAKTOR BRZINE (cm/min)	DUŽINA (cm)	FAKTOR BRZINE (cm/min)
B do C	30	0,54102	0,0180340	0,49784	0,016595
C do D	45	0,76835	0,0170744	0,74422	0,016538
E do F	60	1,06299	0,0177165	1,03886	0,017314
F do G	45	0,80391	0,0178646	0,77470	0,017215
Σ B do G	180	3,17627	0,0176459	3,05562	0,0169756
PRORAČUN STVARNOG VREMENA					
PROTOK=30,66 (minuta)		ZATVARANJE=43,54 (minuta)		PROTOK=60,24 (minuta)	
				2. ZATVARANJE = 45,55 (minuta)	
Stvarna vremena pojedinih faza testiranja izračunata su na osnovu faktora brzine: 0,0176459 cm/minut, sa registratora pritiska broj: 228					
PROTOK=29,33 (minuta)		ZATVARANJE =43,84 (minuta)		PROTOK =61,19 (minuta)	
				2. ZATVARANJE =45,63 (minuta)	
Stvarna vremena pojedinih faza testiranja izračunata su na osnovu faktora brzine: 0,0169756 cm/minut, sa registratora pritiska broj: 690					

Tabela 2. Određivanje brzine satnog mehanizma

Zapisnik broj: X1											
Registrator pritiska broj: 690, Ugradjen na 1381 m Časovnik broj: 3227 kapaciteta 12 časova						Registrator pritiska broj: 228, Ugradjen na 1399 m Časovnik broj: 2414 kapaciteta 12 časova					
Tačka	Vrijeme min.	Pritisak bar	ΔP bar	$(T \times \Delta t)$ $(T + \Delta t)$	$(T + \Delta t)$ Δt	Tačka	Vrijeme min.	Pritisak bar	ΔP bar	$(T \times \Delta t)$ $(T + \Delta t)$	$(T + \Delta t)$ Δt
PRVI PROTOK						PRVI PROTOK					
B 1	0	1,21	-			B 1	0	1,39	-		
2	2	1,47	0,26			2	2	1,50	0,11		
3	4	1,70	0,49			3	4	1,72	0,33		
4	6	1,89	0,68			4	6	1,97	0,58		
5	8	2,05	0,84			5	8	2,12	0,73		
6	10	2,22	1,02			6	10	2,29	0,91		
7	12	2,37	1,16			7	12	2,39	1,00		
8	14	2,53	1,33			8	14	2,54	1,15		
9	16	2,66	1,46			9	16	2,66	1,28		
10	18	2,82	1,61			10	18	2,79	1,40		
11	20	2,97	1,76			11	20	2,93	1,54		
12	22	3,10	1,89			12	22	3,08	1,70		
13	24	3,23	2,03			13	24	3,22	1,83		
14	26	3,36	2,16			14	26	3,36	1,98		
15	28	3,50	2,29			15	28	3,46	2,07		
C 16	29,33	3,66	2,45			C 16	30,66	3,60	2,21		
PRVO ZATVARANJE						PRVO ZATVARANJE					
C 1	0	3,66	-	-	-	C 1	0	3,60	-	-	-
2	1	5,31	1,65	0,97	30,30	2	1	4,44	0,84	0,97	31,66
3	2	6,89	3,23	1,87	15,65	3	2	5,66	2,06	1,88	16,33
4	3	8,87	5,21	2,72	10,77	4	3	7,36	3,76	2,73	11,22
5	4	11,90	8,24	3,52	8,33	5	4	9,65	6,05	3,54	8,67
6	5	15,83	12,17	4,27	6,86	6	5	12,76	9,16	4,30	7,13
7	6	20,08	16,42	4,98	5,88	7	6	17,30	13,70	5,02	6,11
8	7	24,04	20,38	5,65	5,19	8	7	21,75	18,15	5,70	5,38
9	8	26,68	23,02	6,28	4,66	9	8	25,26	21,70	6,34	4,83
10	9	28,60	24,94	6,89	4,26	10	9	27,65	24,05	6,96	4,41
11	10	29,66	26,00	7,46	3,93	11	10	29,16	25,56	7,54	4,07
12	12	30,94	27,28	8,51	3,44	12	12	30,77	27,17	8,62	3,56
13	14	31,59	27,93	9,47	3,09	13	14	31,56	27,96	9,61	3,19
14	16	32,03	28,37	10,35	2,83	14	16	32,01	28,41	10,51	2,92
15	18	32,35	28,69	11,15	2,63	15	18	32,38	28,78	11,34	2,70
16	20	32,57	28,91	11,89	2,47	16	20	32,63	29,03	12,10	2,53
17	22	32,76	29,09	12,57	2,33	17	22	32,83	29,23	12,81	2,39
18	24	32,87	29,21	13,19	2,22	18	24	33,00	29,40	13,46	2,28
19	26	33,03	29,37	13,78	2,13	19	26	33,15	29,55	14,07	2,18
20	28	33,14	29,48	14,32	2,05	20	28	33,22	29,62	14,63	2,10
21	30	33,24	29,58	14,82	1,98	21	30	33,33	29,73	15,16	2,02
22	35	33,40	29,75	15,95	1,84	22	35	33,50	29,89	16,34	1,88
23	40	33,54	29,88	16,91	1,73	23	40	33,63	30,03	17,35	1,77
D 24	43,84	33,61	29,95	17,56	1,67	D 24	43,54	33,68	30,07	17,99	1,70

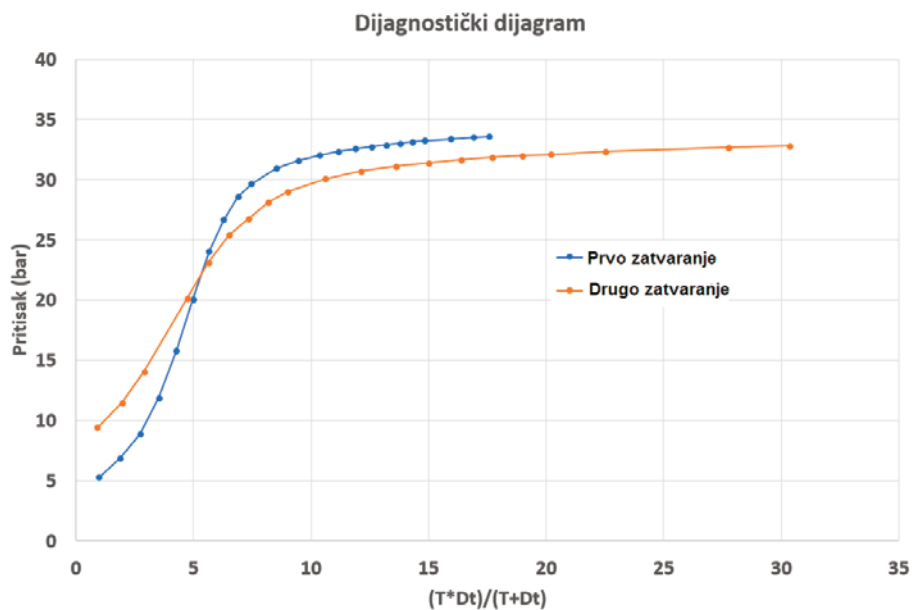
Tabela 3. Očitane vrijednosti faza testiranja - 1. mjerenje

Zapisnik broj: X2											
Registrator pritiska broj: 690, Ugradjen na 1381 m Časovnik broj: 3227 kapaciteta 12 časova						Registrator pritiska broj: 228, Ugradjen na 1399 m Časovnik broj: 2414 kapaciteta 12 časova					
Tačka	Vrijeme	Pritisak	ΔP	(TxΔt)	(T+Δt)	Tačka	Vrijeme	Pritisak	ΔP	(TxΔt)	(T+Δt)
	min.	bar	bar	(T+Δt)	Δt		min.	bar	bar	(T+Δt)	Δt
DRUGI PROTOK						DRUGI PROTOK					
E 1	0	4,36				E 1	0	4,62			
2	3	4,19				2	3	4,15			
3	6	4,40				3	6	4,42			
4	9	4,58				4	9	4,54			
5	12	4,70				5	12	4,71			
6	15	4,85				6	15	4,85			
7	18	5,03				7	18	5,03			
8	21	5,16				8	21	5,21			
9	24	5,28				9	24	5,34			
10	27	5,40				10	27	5,47			
11	30	5,54				11	30	5,61			
12	35	5,84				12	35	5,93			
13	40	6,09				13	40	6,13			
14	45	6,34				14	45	6,37			
15	50	6,58				15	50	6,59			
16	55	6,80				16	55	6,81			
F 17	61,19	7,11				F 17	60,24	7,06			
DRUGO ZATVARANJE						DRUGO ZATVARANJE					
F 1	0	7,11	-	-	-	F 1	0	7,06	-	-	-
2	1	9,42	2,31	0,9	91,52	2	1	8,66	1,59	0,99	91,90
3	2	11,50	4,39	1,96	46,26	3	2	10,66	3,60	1,96	46,45
4	3	14,07	6,96	2,90	31,17	4	3	13,02	5,95	2,90	31,30
5	5	20,17	13,06	4,74	19,10	5	5	19,11	12,04	4,74	19,18
6	6	23,13	16,02	5,63	16,09	6	6	22,05	14,98	5,63	16,15
7	7	25,40	18,30	6,50	13,93	7	7	24,80	17,74	6,50	13,99
8	8	26,79	19,68	7,35	12,32	8	8	26,73	19,67	7,35	12,36
9	9	28,13	21,02	8,19	11,06	9	9	28,04	20,97	8,19	11,10
10	10	29,02	21,91	9,01	10,05	10	10	28,96	21,89	9,01	10,09
11	12	30,08	22,97	10,60	8,54	11	12	30,13	23,07	10,60	8,58
12	14	30,72	23,61	12,12	7,47	12	14	30,776	23,69	12,13	7,49
13	16	31,12	24,01	13,60	6,66	13	16	31,20	24,14	13,61	6,68
14	18	31,39	24,28	15,01	6,03	14	18	31,51	24,44	15,02	6,05
15	20	31,68	24,57	16,38	5,53	15	20	31,72	24,65	16,39	5,55
16	22	31,87	24,76	17,70	5,11	16	22	31,94	24,88	17,71	5,13
17	24	32,02	24,91	18,97	4,77	17	24	32,07	25,00	18,99	4,79
18	26	32,12	25,01	20,20	4,48	18	26	32,19	25,12	20,22	4,50
19	30	32,34	25,23	22,53	4,02	19	30	32,40	25,33	22,56	4,03
20	40	32,69	25,58	27,74	3,26	20	40	32,74	25,68	27,78	3,27
G 21	45,63	32,82	25,71	30,34	2,98	G 21	45,55	32,86	25,80	30,34	3,00

Tabela 4. Očitane vrijednosti faza testiranja – 2. Mjerenje

Za određivanje minimalno potrebnog vremena za početak neustaljenog protoka koristi se tzv. "dijagnostički dijagram" (slika 3), u kojem se na ordinati nanosi pritisak, a na apscisu vrijeme crpljenja.

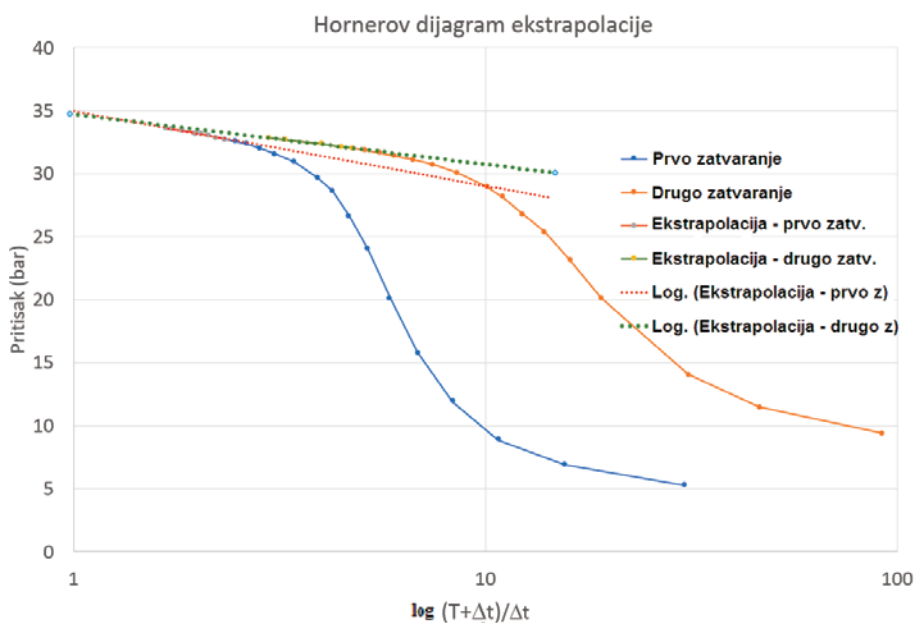
Bušotinski efekti traju sve dok tačke u tom diagramu padaju na pravac sa nagibom od približno 45°. Odstupanje od tog pravca predstavlja završetak razdoblja djelovanja bušotinskih efekata.



Slika 3. Dijagnostički dijagram (Excell)

Analizom podataka o porastu pritiska dobiju se podaci o propusnosti kolektora i oštećenju heterogenosti u granicama ležišta. Najčešće se upotrebljava Hornerova metoda analize promjene pritiska.

Prema Hornerovoj metodi (slika 4), rezultati mjerenja se prikazuju tako da se na ordinatu nanose pritisci a na apscisu odnos $(T + \Delta t) / \Delta t$ tj. "Hornerovo vrijeme", u logaritamskoj razmjeri, a podaci koji ne leže na pravcu odnose se na period skladištenja fluida.



Slika 4. Ekstrapolacija statičkog dijagrama

Maksimalni pritisak formacije, Hornerov dijagram ekstrapolacije - drugo zatvaranje:

$$P_s = 34,8 \text{ [bar]}$$

Nagib pravolinijskog dijela krive porasta:

$$M = P_1 - P_{10} = 34,80 - 31,60 = 3,20 \left[\frac{\text{bar}}{\log . \text{cikl.}} \right]$$

Gradijent pritiska:

$$GP = \frac{P_s}{H_r} = \frac{34,80}{1381} = 0,0252 \left[\frac{\text{bar}}{\text{m}} \right]$$

Pomoću nagiba pravca može se izračunati propusnost ležišta (transmisibilitet):

$$T_r = \frac{k \cdot h}{\mu \cdot B} = \frac{21,207 \cdot Q}{M} = \frac{21,207 \cdot 2,13}{3,20} = 13,43 \left[10^{-3} \mu\text{m} \right]$$

Osobina fluida	Utvrđena vrijednost
Gustina nafte	0,83 kg/dm ³
Gustina gasa	-
Temperatura sloja	72 °C
Debljina sloja	6 m
Kapacitet teških šipki	3,167 dm ³ /m

Tabela 5. Rezultati laboratorijske analize slojnog fluida

Postupak ispitivanja bušotine pomaže ekipi za bušenje da analizira mogućnosti produktivnosti sloja. Kroz ovaj test, identifikovani su podaci kao što su: proizvodnja bušotine, maksimalni pritisak, propusnost sloja itd. Podaci prikupljeni za proizvodnju bušotine određuju bruto zapreminu proizvedenog fluida u određenom vremenskom periodu. Podatak nije u potpunosti tačan, ali se može koristiti kao relevantan u predviđanju ukupne količine nafte koju će proizvesti jedna bušotina.

Proizvodnja za vrijeme testiranja iznosi:

$$Q_a = \frac{1440 \cdot V}{T_{1+2}} = \frac{1440 \cdot 0,146}{90,9} = 2,13 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{dan}} \right]$$

Procijenjeni koeficijent zagađenja:

$$EDR = \frac{P_0 - P_F}{M(\log T + 2,65)} = \frac{34,80 - 31,60}{3,2 \cdot (\log 90,52 + 2,65)} = 1,88$$

Teoretska proizvodnja za ispitivani interval iznosi:

$$Q_t = Q_a \cdot EDR = 2,13 \cdot 1,88 = 4 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{dan}} \right]$$

NAZIV	JEDNAČINA	Registrator br. 690 na 1381 m		Registrator br. 228 na 1399 m		JEDINICE
		Početni	Krajnji	Početni	Krajnji	
Periodi testiranja, protok-zatvaranje		1	2	1	2	
Ukupno vrijeme protoka		29,33	61,19	30,66	60,24	minuta
Pritisak u jednom ciklusu		29,87	31,60	29,87	31,60	bar/log cik.
Kranji dinamički P_{KDP}		3,66	7,11	3,60	7,06	bar
Proizvodnja (Q)	$Q = \frac{1440 \cdot V}{T_{1+2}}$	4,14	2,90	3,74	2,13	m ³ /dan
Formacijski pritisak (Ps)	Horner-grafik	35	34,80	35	34,80	bar
Nagib krive (M)	$P_1 - P_{10} = M$	5,13	3,2	5,13	3,2	bar/logcik.
Zagađenje (EDR)						
$EDR = \frac{P_e - P_{KDP}}{M \cdot (\log_{10} T + 2,65)}$		1,48	1,88	1,48	1,88	-
Transmisibilitet (T)						
$T = \frac{k \cdot h}{\mu} = \frac{21,207 \cdot Q \cdot B}{M}$		17,11	19,22	15,46	14,12	10 ⁻³ μm ² m/mPas

Tabela 6. Proračunate vrijednosti naftnog ležišta

3. DISKUSIJA

Ono što je bitno naglasiti, nakon izračunavanja i interpretacije rezultata testiranja, može se pouzdano reći koja je propusnost sloja, njegovo oštećenje isplakom, da li unutar radijusa dreniranja postoji barijera koja mu ograničava prostiranje, kojom brzinom opada slojni pritisak i, generalno, da li je ispitivani sloj uopšte perspektivan za proizvodnju ili nije. Na osnovu prikazanih rezultata može se konstatovati da je ovo sloj koji ima relativno dobre karakteristike i da je perspektivan za proizvodnju.

Predviđena teoretska proizvodnja od 4 m³/dan po bušotini nije velika, ali ni stepen zagađenosti sloja nije suviše veliki (1,88), pa bi proizvodnja mogla biti i veća ukoliko bi se izvršila odgovarajuća kiselinjska obrada sloja.

4. ZAKLJUČAK

Izvođenje testiranja na istražnoj bušotini bitno je kako bi utvrdili zasićenje ležišta ugljovodonicima i potvrdili ili barem ukazali na moguće komercijalno otkriće koje se naknadno može dokazati hidrodinamičkim mjerenjima. Utrošena sredstva za izvođenje testa opravdana su dobivenim saznanjima, koja će poslužiti za dalje optimalno postupanje sa bušotinom.

Testiranje daje dovoljno precizne odgovore na pitanja o propusnim svojstvima ležišta i oštećenjima pribušotinske zone. Step en oštećenja daje bolji pogled na teoretski mogući nivo proizvodnje, odnosno predstavlja osnov za dalje postupanje sa bušotinom, stimulativne radove radi otklanjanja oštećenja, eventualnu konzervaciju ili napuštanje bušotine.

Najčešća greška pri testiranju je standardizacija testa, svako ležište i bušotina su specifični sami za sebe, tako da je moguće standardizovati neku osnovnu opremu, ali ne i cjelokupni alat i postupak. Uspješno izveden i interpretiran test daje vrijedne podatke u daljem postupanju sa ležištem i bušotinom.

5. LITERATURA

1. Amanat, U. Chaudhry: Oil Well Testing Handbook, Houston, Texas, USA, 2004.
2. Bizjak, Renato: Tehnologija bušenja sa projektovanjem, NIS Novi Sad, 2004.
3. DST Equipment, Rubicon katalog, 2018.
4. Drill Stem Testing, EXPRO katalog, expgroup.com, 2018.
5. Omerzu, Zoran: Testiranje naftnih i gasnih formacija, DIT, 2000.
6. Introduction to Well Testing, Schlumberger Wireline & Testing, Bath, 1998.
7. www.spectro-scan.com, 2018.
8. www.swagelok.com, 2018.

OPTIMALIZACIJA RJEŠENJA VERTIKALNIH OBALOUTVRDA KOD REGULACIJE VODOTOKA

Mufid Tokić¹, Anadel Galamić², Jasmin Hrnjadović³

SAŽETAK

Ovim radom je obuhvaćena problematika regulacije vodotoka sa aspekta projektovanja (izradi idejnih rješenja, idejnih projekata, glavnih i izvedbenih projekata), izvođenja radova, te održavanje regulisanog vodotoka kao hidrotehničkog objekta unutar neke sredine ili izvan nje.

Pri izradi projektnih rješenja i izvođenja radova uključuju se stručnjaci iz raznih struka (inženjeri hidrotehnike, konstrukterstva, geomehanike, hidrogeologije, pravnici i ekonomisti).

U ovom radu obrađene su vertikalne obaloutvrde, njihove prednosti i nedostaci, tehničke karakteristike sa aspekta hidrotehnike, konstrukterstva, geomehanike. U cilju jasnijeg sagledavanja problematike urađen je i glavni projekat regulacije potoka Lukavčić uzvodno od regulisanog dijela, gdje je kroz tri varijante (rješenja) analiziralo optimalno rješenje kako sa hidrograđevinskog tako i sa ekonomskog aspekta.

Ključne riječi: regulacija, projekti, varijante, hidrotehnika, analiza

1. UVOD

Obaloutvrde su regulacijske građevine u koritu vodotoka kojima se obale štite od erozije i erozionih procesa, te se njima usmjerava vodni tok uz obalu. Jedne su od njačešćih regulacijskih građevina koje se danas primjenjuju kao zaštita od vode i erozije. Koriste se na mjestima gdje su postojeća i projektovana obala vrlo blizu, kako bi se izbjegli veliki zemljani radovi na iskopu i/ili nasipanju. Spadaju u paralelne primarne regulacijske građevine. [1]

U praksi se može susresti veliki broj tipova konstrukcija obaloutvrda koje se koriste u vodoogradnjama. Najveća primjena obaloutvrda u praksi je na obalama mora gdje se istim štiti obala od talasa koje uništavaju prirodno stanje obale, u lukama – pristaništima brodova, te se izgrađuju obaloutvrde u vidu kejskih zidova. Kada se govori o riječnoj hidrotehnici, obaloutvrde su našle veliku primjenu pri zaštiti obale u konkavnim krivinama, gdje rijeka svojim tokom obrušava obalu, pogotovo pri velikim vodama, velikim brzinama toka. Skinuti materijal obale deponuje se na konveksnom dijelu krivine. [2] [5] [6]

Osnovna podjela je na vertikalne i kose konstrukcije. Osnovna razlika, u konstruktivnom smislu je u prijenosu horizontalnih opterećenja. Vertikalne konstrukcije horizontalna opterećenja trebaju prenijeti u tlo, dok kod kosih konstrukcija samo tlo preuzima ta opterećenja (pitanje stabilnosti kosina). Vertikalne konstrukcije dijele se na dvije osnovne grupe, također vezano uz prijenos horizontalnih sila. U prvu grupu spadaju gravitacijske konstrukcije kod kojih se horizontalna opterećenja prenose na tlo posredstvom vlastite težine građevine. Kod tog tipa, u samoj se konstrukciji ne pojavljuju naponi zatezanja. Druga grupa predstavlja tipove kod kojih se horizontalna opterećenja prenose u tlo posredstvom unutarnjih sila u konstrukciji. Kod njih se javljaju i naponi zatezanja.

¹ Mufid Tokić, JP „Spreča“ d.d. Tuzla, Aleja A.Izetbegovića 29/7, Bosnia and Herzegovina, mufid.tokic@gmail.com

² Anadel Galamić, „GPP Banovići“ d.o.o. Banovići, Armije BIH 36, Bosnia and Herzegovina

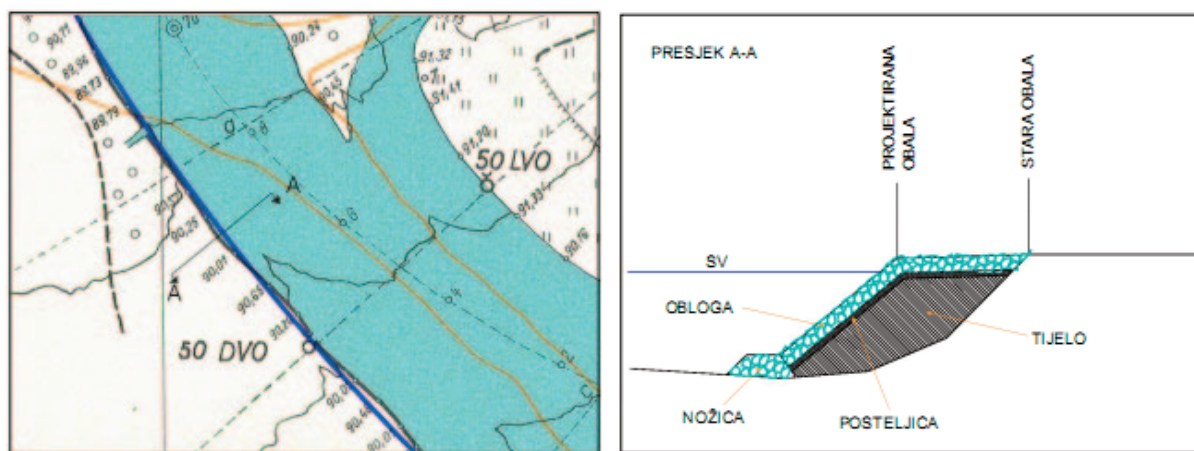
³ Jasmin Hrnjadović, „Inter“ d.o.o. Ljetinić, Ljetinjic, Bosnia and Herzegovina

2. ANALIZA I OPTIMALIZACIJA RJEŠENJA

Predmet istraživanja rada su vertikalne obaloutvrde te optimalizacija rješenja pri izboru materijala odnosno konstrukcije pri regulaciji vodotoka.

TIPOVI OBALOUTVRDA	
VERTIKALNE KONSTRUKCIJE	KOSE KONSTRUKCIJE
- gravitacijske konstrukcije (beton i armirani beton, gabioni, armirana zemlja) - AB L-zidovi, zatege i dijafragme (čelična zatega, armiranobetonska zatega, armiranobetonske dijafragme)	- zaštita obala prirodnim materijalima (biološke vodogradnje) - konstrukcije od kamena, gabiona i Reno madraca - betonske konstrukcije - geotekstil i geomembrane - asfaltne konstrukcije

Tabela 1: Tipovi obaloutvrda



Slika 1: Šematski prikaz obaloutvrde

Na izbor optimalnog rješenja gdje se mora zadovoljiti tehnička (statička) stabilnost konstrukcije, te ekonomsko prihvatljivo rješenje. Na odabir rješenja koje će zadovoljavati gore navedene faktore utiče čitav niz parametara kao što su:

- geometrijske karakteristike (nagib, kosina, dužina kosina, bankine itd.);
- namjeravani način eksploatacije obala;
- geotehničke osobine materijala od koga je izgrađena obala (granulacija, ugao unutrašnjeg trenja, kohezija i drugo);
- hidrološki režim vodotoka (ekstremni proticaji, amplituda i brzina oscilacija vodostaja, trajanje proticaja i drugo);
- hidrauličke karakteristike toka (vučni napon, srednje brzine, lokalne brzine, smjer strujanja, valovi i drugo);
- nivo podzemne vode (nivo, položaj depresione krivulje, infiltracija);
- temperatura (uslovi za formiranje leda, uticaj smrzavanja na tlo i drugo);
- materijal za građenje (pozajmišta, odlagališta);
- građevinske mašine (raspoloživost, radna iskoristivost);
- faktori sigurnosti objekta (prevrtanje, klizanje, lom konstrukcije).

Za provjeru usvojenog rješenja treba da se obave sljedeći proračuni:

- Analiza opšte stabilnosti kosine,
- Analiza stabilnosti u odnosu na uticaj dinamičkog dejstva vode,
- Analiza stabilnosti u odnosu na dejstvo valova,
- Analiza stabilnosti u odnosu na uticaj podzemne vode,
- Ostale analize.

3. IZBOR OPTIMALNOG RJEŠENJA, TEHNIČKO – EKONOMSKA ANALIZA

Prilikom izbora optimalnog rješenja, odnosno izbora materijala za zaštitu kosina pri regulaciji vodotoka, izbora najpovoljnije konstrukcije koja će zadovoljiti tehničku stabilnost i ekonomski biti opravdana, ne postoji univerzalni pristup. U raznim literaturnim podacima, iskustvima u praksi, ne mogu se pronaći konkretne smjernice zbog velikih specifičnosti za svaki slučaj posebno. Izbor optimalnog rješenja zavisi od mnogih ulaznih parametara i rezultata proračuna koji se provedu prilikom projektovanja takvih objekata. Od najčešćih faktora koji u konačnici daju optimalno rješenje su: normalni profil dovoljne propusne moći za računati povratni period, brzina tečenja, proticaj u kanalu, režim tečenja, konfiguracije terena, izgrađenosti objekata, infrastrukture, te od cijene koštanja izvođenja radova kao i mehanizacije koja je dostupna za izvođenje radova hidrotehničkih objekata.

Da bi se gore navedena problematika dokazala, u nastavku će se dati primjer, a koji se odnosi na regulaciju potoka Lukavčić uzvodno od izvedene regulacije u naselju Lukavac Mjesto. Potok Lukavčić je duži niz godina pravio probleme u naseljenom dijelu grada Lukavca (Lukavac Mjesto) izljevajući se iz korita i plaveći okolne objekte, infrastrukturu i površine uz njega.

Stoga je 1987. godine urađeno idejno rješenje regulacije potoka Lukavčića, a oktobra 1988. godine i glavni projekat regulacije potoka Lukavčić u Lukavcu u dužini od 4 900 m. Pomenuta projektna dokumentacija je urađena od strane MVP "Spreča" Tuzla.

Tokom 1999. godine urađen je novi projekat dijela Lukavčić potoka obrađeno od strane Vodobiro-a, biroa za projektovanje i nadzor vodovodnih i kanalizacionih objekata i saobraćajnica Gračanica i tokom 1999. godine je došlo i do realizacije istog. Tim novim projektom nije pošovano rješenje prema revidovanom Glavnom projektu. Profil je izveden kao otvoreni armirano-betonski "U" profil prosječnih dimenzija $b=3,5$ m i visine $h=2,30$ m. Tako izveden profil propušta vode nešto manjeg ranga pojave Q 1/10.

Kako je niveleta izvedene dionice po novom projektu iz 1999. godine izdignuta za cca 1,8 m u odnosu na niveletu koja je data u Glavnom projektu obrađenom od strane MVP "Spreča" Tuzla (1988.god), tako se pojavio problem nastavka regulacionih radova uzvodnog dijela (više se nije moglo primjeniti rješenje regulacionih radova prema Glavnom projektu iz 1988. godine).

U ovom radu je analiziran navedeni potok u tri varijante, i to:

- I varijanta: profil "U" čija je širina $b=6,0$ m i visine $h=2,0$ m (izvedena regulacija).
- II varijanta: profil sa armirano – betonskim dnom i kosine obale zaštićene gabionskim zidovima kao obaloutvrdom širine korita 6,0 m i visine $h=2,0$ m.
- III varijanta: profil sa armirano – betonskom donjom pločom – dnom i kosine obale zaštićene armirano – betonskim tankim zidovima debljine $d=25$ cm stopom na koju se naslanja AB donja ploča, širina korita je 6,0 m i visine $h=2,0$ m.

U prvoj varijanti je analizirano postojeće stanje izvedene regulacije, s tim da je tzv. "U" profil projektovan cijelom razmatranom dionicom u dužini od $L=202,75$ m.

Nakon urađenog hidrauličkog proračuna došlo se do zaključka da postojeća varijanta (varijanta I) može primiti veliku vodu ranga javljanja 1/100 godina ($Q_{1/100}=45$ m³/sek) kao i preostale dvije varijante (varijanta II i varijanta III) bez rezervne visine $h=0,80$ m. Ali na profilu mostova koji se nalaze na razmatranoj dionici nemogu primiti navedene velike vode, te je iste potrebno izdići.

Na osnovu urađenog hidrauličkog proračuna i modeliranja korita potoka Lukavčić u programskom paketu HEC-RAS, takođe se došlo do zaključka da rezultati hidrauličkog proračuna za sve tri varijante su približni, za neke rezultate identični, te sa hidrauličkog aspekta sve tri varijante se mogu iskoristiti kao optimalno rješenje vertikalnih obaloutvrda. [3]

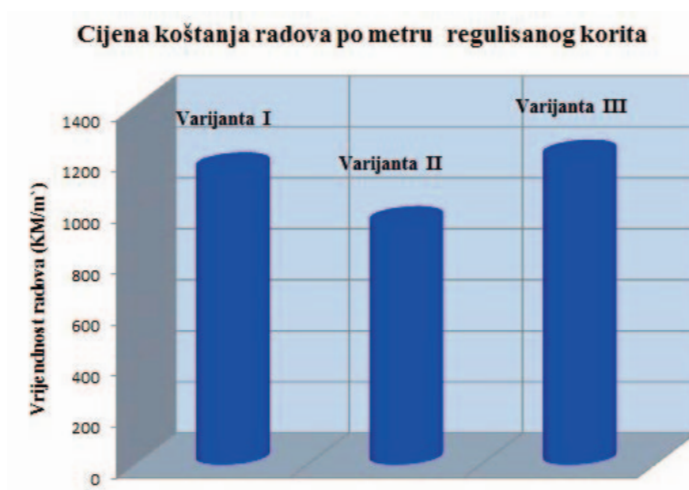
	Ukupna cijena koštanja radova	Cijena koštanja izvođenja radova po metru
	KM	KM/m`
Varijanta I	233.558,71	1151,95
Varijanta II	190.120,56	941,00
Varijanta III	243.631,51	1201,64

Tabela 2.: Ekonomska analiza pri izboru optimalnog rješenja vertikalnih obaloutvrda pri regulaciji vodotoka – potoka Lukavčić u dužini od $L=202,75$ m

Kako se nije došlo do optimalnog rješenja sa hidrauličkog aspekta, urađen je predmjer sa predračunom radova, odnosno ekonomskoj analizi sve tri varijante. Ekonomska analiza je pokazala da ipak ove tri varijante nisu približno jednake ili pak identične i da postoji razlika između istih. U nastavku će se dati rezultati ekonomske analize, odnosno ukupnu cijenu koštanja za sve tri varijante posebno. [4]



Slika 2. Cijena koštanja po varijantama



Slika 3. Cijena koštanja radova po metru dužnom

4. ZAKLJUČCI

Cilj ovog istraživanja je optimalizacija rješenja vertikalnih obaloutvrda pri regulaciji vodotoka. U skladu sa navedenim predmetom istraživanja, osnovna svrha i ciljevi u okviru ovog rada su, dati pregled dosadašnjih istraživanja u odabiru vrste i tipa konstrukcije obaloutvrde pri regulaciji vodotoka, analizirati metodologije odabira vrste obaloutvrde pri regulaciji vodotoka, definisati kriterije na osnovu kojih je odabrana vrsta obaloutvrde pri regulaciji vodotoka, potvrditi valjanost postavljene hipoteze.

U ovom radu, primjena vertikalnih obaloutvrda je prikazana kroz konkretan primjer i to regulacija potoka Lukavčić uzvodno od izvedene regulacije. Urađene su tri varijante, i to: varijanta I kao „U“ profil koja je ujedno i izvedena regulacija, varijanta II sa zaštitom kosine od gabionskih zidova i varijanta III sa zaštitom kosine od tankog armirano betonskog zida. U sve tri varijante je dno uzeto kao armirano – betonsko dno promjenljivog poprečnog presjeka. Kroz izradu ove regulacije potoka Lukavčić, analizirane su varijante sa aspekta hidrotehnike (proračun propusne moći profila, brzine vode u koritu, režima tečenja i dr.), te ekonomskog aspekta (cijene izvođenja radova odnosno regulacije kao hidrotehničkog objekta), a u cilju izbora optimalnog rješenja vertikalnih obaloutvrda. Prva analiza, hidrotehnička, je pokazala da za sve tri varijante rezultati imaju približne rezultate, u pojedinim profilima čak identične, dok kroz drugu analizu, ekonomsku, varijanta II je najpovoljnija, odnosno najeftinija, što je prikazano u tački 7. ovog rada

(Izbor optimalnog rješenja, tehničko – ekonomska analiza). Takođe se može reći da varijanta II je i najpovoljnija sa aspekta estetskog izgleda same konstrukcije, odnosno regulacije vodotoka.

Pri izboru materijala za zaštitu kosina vodotoka, može se dati nekoliko univerzalnih smjernica kojih bi se trebalo pridržavati prilikom projektovanja i/ili izvođenja radova na regulaciji vodotoka:

- da odbrani materijal ima dobre fizičko – mehaničke osobine,
- da se lako ugrađuje,
- da se po ugradnji zadovolje ambijentalni, estetski, urbanistički i drugi kriteriji,
- da je jeftin,
- da povoljan za održavanje u toku eksploatacije.

Zaštita od voda (poplava) je imperativ savremenog doba i u tom pogledu mora postojati opšti društveni dogovor, te izrada strategija razvoja nekog područja koja uključuje i uređenja vodotoka. Razvoj industrije, poljoprivrede, urbanih područja i dr. moraju voditi računa o ekologiji. U tom okviru, vodoprivreda ima posebno značajnu ulogu, zbog ogromnog značaja vode za životnu sredinu. Pristup uređenju i korišćenju vodotoka mora biti zasnovan na harmonizaciji vodoprivrednih i ekoloških ciljeva. Bez obzira na velika investicijska ulaganja, takav pristup mora biti opredjeljenje svakog čovjeka u budućnosti. Zadatak vodoprivrede, odnosno stručnjaka u vodoprivredi bi se sastojao u stalnom praćenju svjetskih trendova i dostignuća u oblasti uređenja, korišćenja i zaštite voda, kao i u analizi pozitivnih i negativnih iskustava drugih zemalja.

5. REFERENCE

- [1] N. Ožanić: Hidrotehničke regulacije, izdavač Građevinski fakultet sveučilišta u Rijeci. Zavod za hidrotehniku i geotehniku, 2002.godina;
- [2] H. Raus; Tehnička hidraulika, izdavač Građevinska knjiga Beograd, 1969.godine;
- [3] Tokić, M.,(2014). Završni magistarski rad, Optimalizacija rješenja vertikalnih obaloutvrda kod regulacije vodotoka, Univerzitet u Tuzli, Tuzla;
- [4] Zahid B., Anadel G., Adis H.: Cijena izgradnje i faktori rizika u promjeni cijene izgradnje objekata, Rudarstvo, naučno-stručni časopis, godina XVI br.53-56, Tuzla 2011.ISSN 0353-9172 UDC 622, str 141.;
- [5] M. Jovanović: Rečna hidraulika i morfologija, Građ. fakultet Beograd, 2002.god.;
- [6] D. Muškatirović, M. Jovanović; Regulacija reka-Privremena zbirka, izdavač Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1975.godina;

REGULACIJA VODOTOKA U URBANIM ZONAMA

Anadel Galamić¹, Mufid Tokić², Jasmin Hrnjadović³

SAŽETAK

Ovim radom obuhvaćena je problematika regulacije vodotoka, kao hidrotehničkog objekta u urbanoj zoni Banovića.

U radu su obrađena varijantna rješenja regulacije vodotoka Litve u Banovićima te su date analize i usporedbe ovih rješenja s aspekta troška, tehnologije izvođenja radova na regulaciji, kao i sa aspekta dobivanja konačnih rezultata i regulacijskih funkcija. Kako bismo dobili jasniji uvid u problematiku, napravljena su dva varijanta rješenja. Prvo varijantno rješenje je regulacija zatvorenog tipa sa zasvedenim poprečnim presjekom. Drugo varijantno rješenje je regulacija vodotoka sa ojačanim armirano betonskim pločama. Kroz ove dvije varijante (rješenja), analizirano je optimalno rješenje regulacije vode u urbanoj zoni, kako sa hidrograđevinskog tako i sa ekonomskog aspekta. Analizirana su rješenja, a u skladu sa organizacionim i tehnološkim aspektima izvedbe regulacije uzimajući u obzir vrijednost građevinskog zemljišta u urbanoj zoni.

Ključne riječi: regulacija, varijante, analize, rješenja, urbana zona,

1. UVOD

Vodotoci predstavljaju prirodne ili vještačke vodne puteve u kojima, u okviru sistema kruženja vode u prirodi, stalno, ili povremeno teku manje, ili veće količine vode. Regulacija vodotoka vrši se radi postizanja raznovrsnih ciljeva. Regulacionim radovima postižu se efekti čiji je ekonomski značaj lako uočljiv. Neki od ciljeva regulacije vodotoka u urbanim sredinama su zaštita od plavljenja naselja, plavljenja putne infrastrukture, poboljšanje estetskog izgleda rijeke u naseljima kao i dobivanje površina u funkciji razvoja urbanog područja. Urbano područje grada Banovići nalazi se u slivu rijeke Litve koja je ujedno i najveći vodotok koji protiče kroz sam grad.

Sama rijeka Litva spada u bujične vodotoke treće kategorije bujičnosti. Degradaciju vodotoka uzrokuje veliko prisustvo suspednovanog nanosa i organskih materijala, koje se nemogu dovoljno razrijediti, jer se radi o vodotocima sa malim proticajima. [1]

Prosječni proticaji u rijeci Litvi iznose:

prosječna godina	0,73 m ³ /s
sušna godina	0,48 m ³ /s
vlažna godina	0,91 m ³ /s

Skoro u svim slučajevima, uređenju vodotoka na području naselja pristupa se da bi se postigao potrebni stepen sigurnosti od poplava, stabilizovalo riječno korito i obezbjedio pojas urbanog prostora. Kod izbora elemenata regulisanog korita na području urbane zone neophodno je da se vodi računa i o zahtjevima koji proizilaze sa stanovišta: zadržavanja ambijentalnih karakteristika područja, uklapanja u urbanističko rješenje naselja, obezbjeđenja eventualnih mogućnosti za rekreaciju na vodi, lakog i efikasnog održavanja korita (da se često ne preduzimaju radovi većeg obima), obezbjeđenje posebnih estetskih efekata, bezbjeđenja ulijevanja vode iz kišne kanalizacije, usklađivanja odnosa sa drugim urbanim infrastrukturnim elementima. [2]

¹ Anadel Galamić, "GPP Banovići" d.o.o. Banovići, Armije BIH 36, Bosnia and Herzegovina, galamicanadel@gmail.com

² Mufid Tokić, JP „Spreča“ d.d. Tuzla, Aleja A.Izetbegovića 29/7, Bosnia and Herzegovina

³ Jasmin Hrnjadović, "Inter" d.o.o. Ljetinić, Ljetinjic, Bosnia and Herzegovina

2. IZBOR I ANALIZA VARIJANTNIH RJEŠENJA

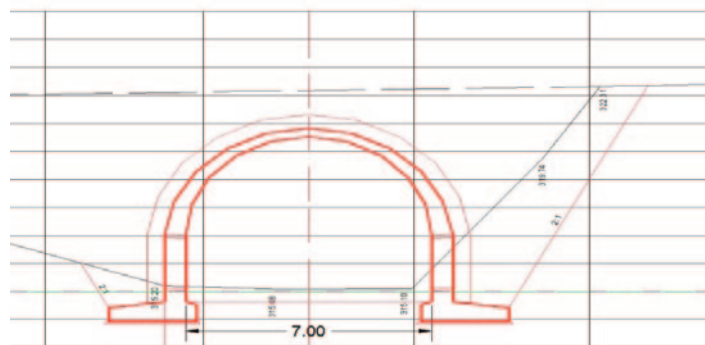
Istraživanja u ovom radu ogledaju se u tome da se uporednim analizama varijantnih rješenja regulacije vodotoka pronađe optimalan izbor regulacije, odabirajući proticajni profil iz uslova hidrauličkog proračuna, korištenjem različitih vrsta građevinskog materijala, a uzimajući u obzir organizacioni i tehnološki aspekt. [3]

U gradskoj građevinskoj zoni grada Banovića mjestimično su urađene regulacije vodotoka rijeke Litve i rijeke Radine. Regulacija rijeke Radina zatvorenog tipa je urađena u užoj gradskoj zoni koja je obezbijedila funkcionalan prostor a za potrebe infrastrukture i gradskog parka. Isto tako na pojedinim dionicama su izvedene zatvorene regulacije rijeke Litva na dijelu dijelu gradske pijace i sportskog centra. I ove regulacije su takođe obezbijedile funkcionalan prostor za potrebe daljnjeg razvoja grada.

Predmet istraživanja su dvije varijante regulacije rijeke Litve u gradskoj građevinskoj zoni grada Banovića, sa posebnim osvrtom na regulaciju u neposrednoj blizini upravne zgrade glavne Direkcije Rudnika mrkog uglja "Banovići" d.d. , s ciljem iznalaženja optimalnog rješenja i ekonomske isplativosti varijanti u cilju obezbjeđivanja građevinskog zemljišta potrebnog za dalju urbanizaciju grada. [4] [5] [6]

2.1. VARIJANTA I

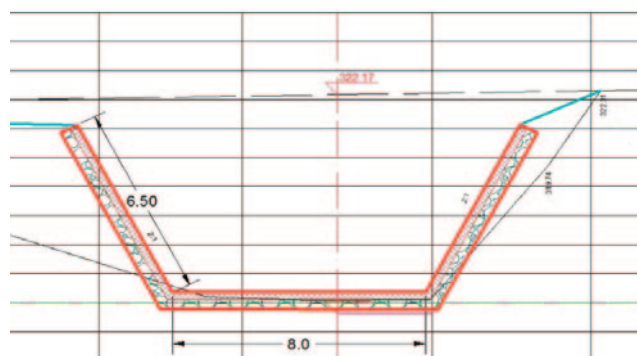
Varijantnim rješenjem I predviđa se izrada zatvorene regulacije rijeke Litve, koja je prirodna barijera između postojeće glavne gradske saobraćajnice i predviđenog kompleksa muzeja rudarstva sa pratećim sadržajima. Stoga je predviđeno regulisanje rijeke Litve na potezu između dva mosta sa zatvorenim proticajnim profilom oblika zasvedenog profila, preko kojeg bi se formirao prilazni plato prema "muzeju rudarstva" sa parking prostorom za posjetioce upravne zgrade rudnika i parking prostorom za posjetioce "muzeja".



Slika 1. Poprečni profil regulacije rijeke Litva- Varijanta I

2.2. VARIJANTA II

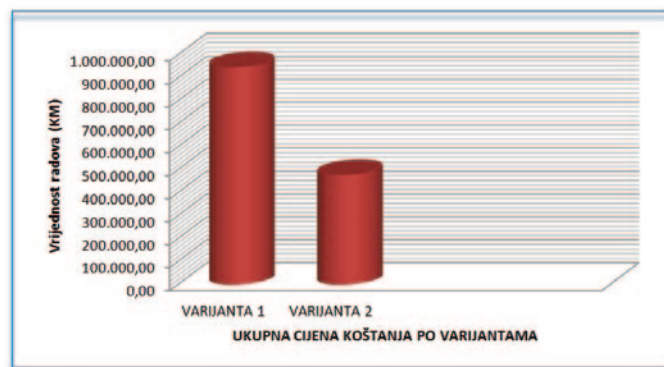
Varijantnim rješenjem II predviđena je regulacija rijeke Litve u trapeznom profilu sa armirano – betonskom donjom pločom – dnom i kosine obale zaštićene armirano – betonskim zidovima debljine $d=25$ cm, širina korita je 8,0 m i visine $h=6,5$ m.



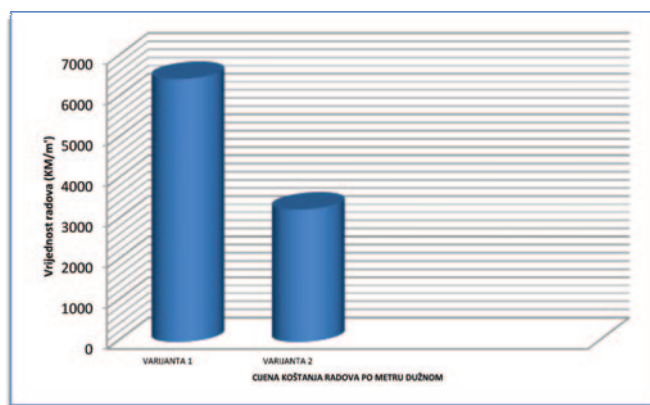
Slika 2. Poprečni profil regulacije rijeke Litva- Varijanta II

3. EKONOMSKA ANALIZA PO VARIJANTAMA

Na bazi predmjera i predračuna radova urađenog za sve potrebne pozicije radova došlo se do ukupne cijene koštanja radova po varijantama. [6]



Slika 3. Ukupna cijena koštanja regulacije vodotoka Litva po varijantama



Slika 4. Cijena koštanja regulacije vodotoka Litva po metru dužinom

4. ANALIZA VARIJANTNIH RJEŠENJA

Obzirom da se radi o urbanoj zoni grada Banovića, zona I, prema važećim Odlukama općinskog vijeća Banovića cijena m^2 u zoni I iznosi 12,00 KM/ m^2 .

Varijantom I- zatvorenog vodotoka, dobiva se znatna površina u urbanoj sredini, a koja je prema planovima predviđena za urbanizaciju grada. [7]

Isto tako, zatvorenom regulacijom vodotoka dobiva se i prilazni plato parceli na kojoj se predviđa i dalja urbanizacija grada. Na toj površini predviđen je muzej rudarstva na površini 15.000,00 m^2 , opremljen sa parking prostorom za potrebe rudnika Banovići i muzeja rudarstva.

Predviđena površina pratećih sadržaja (parking prostor, zelena površina) iznosi 3.800,00 m^2 . Plato površine 146,51 m x 9,00 m = 1318,59 m^2 , osigurava i obezbjeđuje pristup parceli na kojoj je predviđena izgradnja muzeja rudarstva i pratećih sadržaja. [8]

Ukupna površina dobivena zatvorenom regulacijom iznosi $P = 17.481,41 m^2$.

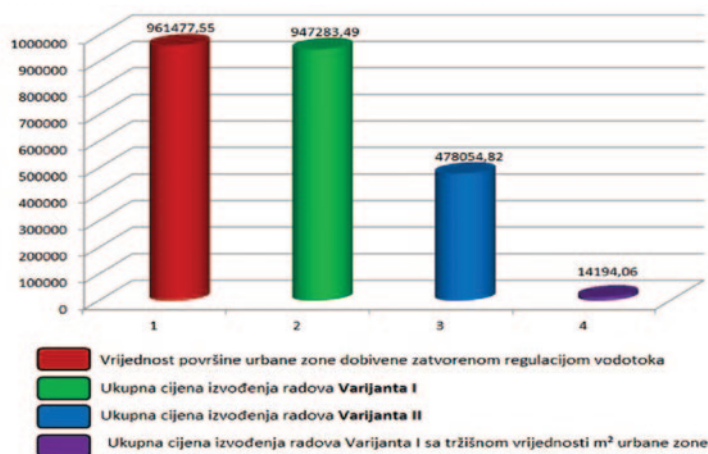
Na osnovu saznanja tržišta, tržišna vrijednost m^2 površine u ZONI I, gdje se nalazi regulacija vodotoka iznosi 55,00 KM / m^2 .

Varijante	Cijena izvođenja radova [KM]	Cijena izvođenja radova po metru [KM/m]	Tržišna vrijednosti zemljišta u urbanoj zoni [KM]	Ukupna cijena izvođenja radova (uključujući tržišnu vrijednost m^2 urbane zone) [KM]
Varijanta I	947.283,49	6465,65	961.477,55	14.194,06
Varijanta II	478.054,82	3262,95	-	-

Tabela 1. Prikaz cijene koštanja varijantnih rješenja regulacije vodotoka uključujući tržišnu vrijednost m^2 urbane zone dobivene regulacijom.

5. EKONOMSKA ANALIZA PRI IZBORU VARIJANTNOG RJEŠENJA REGULACIJE VODOTOKA LITVA U BANOVIĆIMA U DUŽINI OD L=146,51 M UKLJUČUJUĆI TRŽIŠNU VRIJEDNOST M² URBANE ZONE

Obzirom da se radi o relativno skupim radovima, velikim investicijama i za jedan i za drugi tip regulacije koji je obrađivan, samim tim su analizirani i sagledani svi elementi koji utiču u konačnici na odluku oko izbora vrste i tipa regulacije.



Slika 5. Cijena koštanja regulacije uključujući tržišnu vrijednost m² urbane zone

Na osnovu provedenih prethodnih analiza i predmeta istraživanja proizilazi i to da izborom jeftinije varijante II - otvorena regulacija vodotoka, kao krajnji izbor imamo samo regulisano korito. Varijantom br. 1- zatvorena regulacija vodotoka, dolazimo do rješenja regulacije vodotoka te isto tako dobivamo neophodan i funkcionalan prostor, a što u urbanim uslovima predstavlja racionalnije i jeftinije rješenje.

Naime, uključujući za izradu varijante I regulacije vodotoka, tržišnu vrijednost zemljišta nesporno je da je ovaj tip izvedbe regulacije isplativ u prvoj varijaciji tj. neposredno prilikom izrade radova.

Isto tako dugoročno gledano, a u pogledu upotrebljivosti zemljišta u urbanoj zoni a naspram vijeka trajanja objekata koji su predviđeni takav pristup donosi i neophodnu dobit.

6. ZAKLJUČCI

Radom je obuhvaćeno istraživanje dvije varijante regulacije rijeke Litve u gradskoj građevinskoj zoni grada Banovića, sa posebnim osvrtom na regulaciju u neposrednoj blizini upravne zgrade glavne direkcije rudnika mrkog uglja "Banovići" d.d.

Cilj istraživanja je da se uporednim analizama varijantnih rješenja regulacije vodotoka pronađe optimalan izbor, odabirajući proticajni profil iz uslova hidrauličkog proračuna, korištenjem različitih vrsta građevinskog materijala, a uzimajući u obzir organizacioni i tehnološki aspekt.

Prvom varijantom je predviđeno prekrivanje rijeke Litve u zasvedenom profilu radi formiranja prilaznog platoa, a u svrhu izgradnje muzeja rudarstva sa pratećim sadržajima (parking prostor, zelene površine). Ova varijanta sa AB betonskim zasvedenim profilom podrazumijeva betoniranje temelja i tijela polukružnog svoda betonom MB 30.

Druga varijanta je regulacija vodotoka rijeke Litve armiranim betonom MB 30, ugrađivanog na licu mjesta, na prethodno pripremljenu podlogu.

Izborom jeftinijih varijantnih rješenja regulacije otvorenog vodotoka- VARIJANTA II kao krajnji izbor imamo samo regulisano korito.

Zatvorenom regulacijom vodotoka – VARIJANTA I može se doći i do rješenja regulacije vodotoka i dobiti potreban i funkcionalan prostor, a što u urbanim uslovima može predstavljati racionalnije i još jeftinije rješenje

Na osnovu obrađenih podataka došlo se do saznanja da je ukupna cijena radova i cijena radova po metru dužnom VARIJANTE I skuplje rješenje za cca 50% u ukupnoj vrijednosti od VARIJANTE II.

Varijantom I - zatvorenog vodotoka, dobiva se znatna površina u urbanoj sredini, a koja je prema planovima predviđena za urbanizaciju grada. Na toj površini je predviđen muzej rudarstva na površini sa parking prostorom za potrebe rudnika Banovića i muzeja.

Zatvorenom regulacijom vodotoka dobiva se prilazni plato parceli na kojoj je predviđena izgradnja.

Naime, uključujući za izradu VARIJANTE I regulacije vodotoka, tržišnu vrijednost zemljišta nesporno je da je ovaj tip izvedbe regulacije isplativ u prvoj varijaciji tj. neposredno prilikom izrade radova.

Isto tako dugoročno gledano, a u pogledu upotrebljivosti zemljišta u urbanoj zoni, a naspram vijeka trajanja objekata koji su predviđeni takav pristup donosi i neophodnu dobit.

REFERENCE

- [1] Urbanistički plan Banovići 2003-2020/ separat vodoprivreda, Institut za arhitekturu, urbanizam i prostorno planiranje, Sarajevo, maj 2003. godine;
- [2] N. Ožanić: Hidrotehničke regulacije, izdavač Građevinski fakultet sveučilišta u Rijeci.- Zavod za hidrotehniku i geotehniku, 2002.godina;
- [3] H. Raus; Tehnička hidraulika, izdavač Građevinska knjiga Beograd, 1969.godine;
- [4] Galamić, A.,(2015). Završni magistarski rad, Regulacija vodotoka Litva u Banovićima, Univerzitet u Tuzli, Tuzla;
- [5] T. Kupusović, A. Čomor, D. Jabučar, D. Selmanagić: Okolišno prihvatljivi koncepti obnove i upravljanja vodotocima, izdavač Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta d.d. sa p.o. Sarajevo, 2005. godina;
- [6] Zahid B., Anadel G., Adis H.: Cijena izgradnje i faktori rizika u promjeni cijene izgradnje objekata, Rudarstvo, naučno-stručni časopis, godina XVI br.53-56, Tuzla 2011.ISSN 0353-9172 UDC 622, str 141.;
- [7] M. Jovanović: Rečna hidraulika i morfologija, Građ. fakultet Beograd, 2002.god.;
- [8] Arhiv "GPP Banovići" d.o.o. Banovići- Revizije projektne dokumentacije. Revident Dr.sc.Zahid Bašić, dipl. ing. građ. - Revizija glavnog projekta vodotoka LITVA u Banovićima, 2011. godine.

RANA ONTOGENIJA SREDNJOMIOCENSKIH ŠKOLJAKA (DREISSENIDAE) IZ PLASKOVAČKE FORMACIJE KOD JELOVIKA (CENTRALNA SRBIJA)

Gordana Jovanović¹, Jovica Jovanović², Nadežda Krstić³

SAŽETAK

U ovom radu su po prvi put opisani rani postlarvalni i juvenilni stadijumi rasta srednjomiocenskih školjki. Lokalitet jednog od ovih retkih nalaza je na području sela Jelovika, južno od planine Bukulje (centralna Srbija). Školjke potiču iz jezerskih sedimenata lokaliteta Plaskovac (Plaskovačka formacija). Prikazani su podaci o morfologiji ljuštura, dobijeni elektronskim mikroskopom, koji omogućavaju razlikovanje dve faze razvoja ovih školjki (rane postlarvalne i juvenilne faze). Takson je ostavljen u otvorenoj nomenklaturi, a zapažene morfološke odlike su slične strukturama koje se vide u današnjim školjkama iz porodice Dreissenidae.

Ključne reči: Dreissenidae, ontogenija, srednji miocen (Plaskovačka formacija, centralna Srbija).

UVOD

Način razvoja puževa i školjaka je veoma sličan bez obzira da li su nastanjeni u morskim ili slatkovodnim sredinama [5], ali prepoznavanje različitih faza razvoja fosilnih i savremenih školjaka je mnogo teže nego kod gastropoda. Kad su fosilne školjke u pitanju, nalazi fosilizovanih ljušturica iz njihovog ranog razvoja su dosta retki i odnose se pretežno na morske. Zabeležen je značajan doprinos u poznavanju razvoja ljuštura larvi tercijarnih Ostreidae [16]. O ontogeniji fosilnih vrsta iz familije Dreissenidae dostupni su podaci za neke vrste roda *Mytilopsis* iz Zapadnog Paratetisa (donji miocen, otanang) [13], dok je razvoj savremenih invazivnih vrsta detaljnije proučen. Najčešće su opisane vrste koje pripadaju rodu *Dreissena* [1], [19], zatim *Mytilopsis leucophaeata* i *Mytilopsis sallei* [23], [25], [12], [11], dok su detaljniji opisi razvoja drugih predstavnika ove familije retki [23], [9], [12]. Za lakše razlikovanje nekih današnjih predstavnika Dreissenidae napisano je nekoliko vodiča [5], [25] i dr.), ali su za opisivanje faza njihovog razvoja u publikacijama korišćeni različiti termini [18]. Analize naseljavanja, distribucije ili njihovog ekološkog uticaja zahtevaju ispravnu identifikaciju vrsta, naročito larvalne i rane postlarvalne faze [2]. Pored toga, larve školjaka mogu imati veliki značaj za praćenje formiranja ljuštura i specijaciju [18], mogu biti pogodne i za stratigrafiju [8].

Predstavnici neogenih dreissenida kao i mnoge druge školjke tokom ontogenetskog razvoja prolaze kroz više faza. Pošto imaju bogat fosilni zapis, često se koriste za proučavanje evolucionih procesa, međutim o njihovoj ranoj ontogeniji nema dovoljno informacija u literaturi. Jedan od retkih nalaza fosilnih ljušturica školjaka je zabeležen južno od planine Bukulje, na širem području sela Jelovika (mesto Plaskovac, centralna Srbija). (Sl. 1).

Ljušturice su sačuvane u glinovitom alevritu čija je starost pretpostavljena kao kasni srednji miocen (ekvivalent donjeg sarmata), [14], [15]. Prema podacima kustosa Prirodnjačkog muzeja Velimira Miloševića koji je sakupio materijal 1971. godine, ova formacija je nazvana Plaskovačka formacija. Materijal se nalazi u Prirodnjačkom muzeju u Beogradu. Inv. Br. K 6471. Ovo je prvi paleontološki opis larvenih i juvenilnih primeraka srednjomiocenskih školjki iz familije Dreissenidae.

¹ Gordana Jovanović, Njegoševa 51, Beograd, gordana.j@nhmbeo.rs

² Jovica Jovanović, Geološki zavod Srbije, Beograd, jovica.jovanovic@gzs.gov.rs

³ Nadežda Krstić, Đoke Vojvodića 6, Beograd.



Slika 1. Geografski položaj nalazišta sa proučavanim materijalom

GEOLOŠKI POLOŽAJ

Nalazište sa opisanom faunom pripada Kačersko-jaseničkom jezerskom neogenom basenu pravca pružanja zapad–istok. Na severu je sa planinom Bukuljom ograničen rasedom, a na jugu sa planinom Rudnikom [23]. Sedimenti su predstavljeni sa dve formacije, starija leži ispod, a mlađa iznad andezita i može se pratiti na prirodnim izdancima kao i u bušotinama izvedenim pri istraživanju urana na Srednjem brdo u Jeloviku. Plaskovačka formacija je izgrađena od brečo konlomerata sa proslojcima peska i alevrita [14]. Za plaskovačke sedimente se može reći da su mlađi od sedimenata sa puževima “kosovijama” [24]. Rod *Kosovia* predstavlja mlađi subjektivni sinonim roda *Bulinus* koji je pronađen u srednjomiocenskim jezerskim sedimentima Srbije [21]. Za razliku od rano srednjomiocenskih (badenskih) i gornjomiocenskih, u sarmatskim sedimentima Srbije, predstavnici Dreissenidae su retki. Sedimenti Kačersko- Jaseničkog basena sadrže nagomilanja ljušturica ostrakoda i drugih mekušaca naročito odraslih jedinki iz familije Dreissenidae [6], [14]. Na osnovu faune ovog i drugih lokaliteta u produžetku ovog basena pretpostavljena starost Plaskovačke formacije je kasni srednji miocen (ekvivalent donjeg sarmata). Od starijih, donjobadenskih sedimenata su odvojeni “šarenom serijom” kopnene faze koja je trajala između ranog badena i ranog sarmata [14], [15].

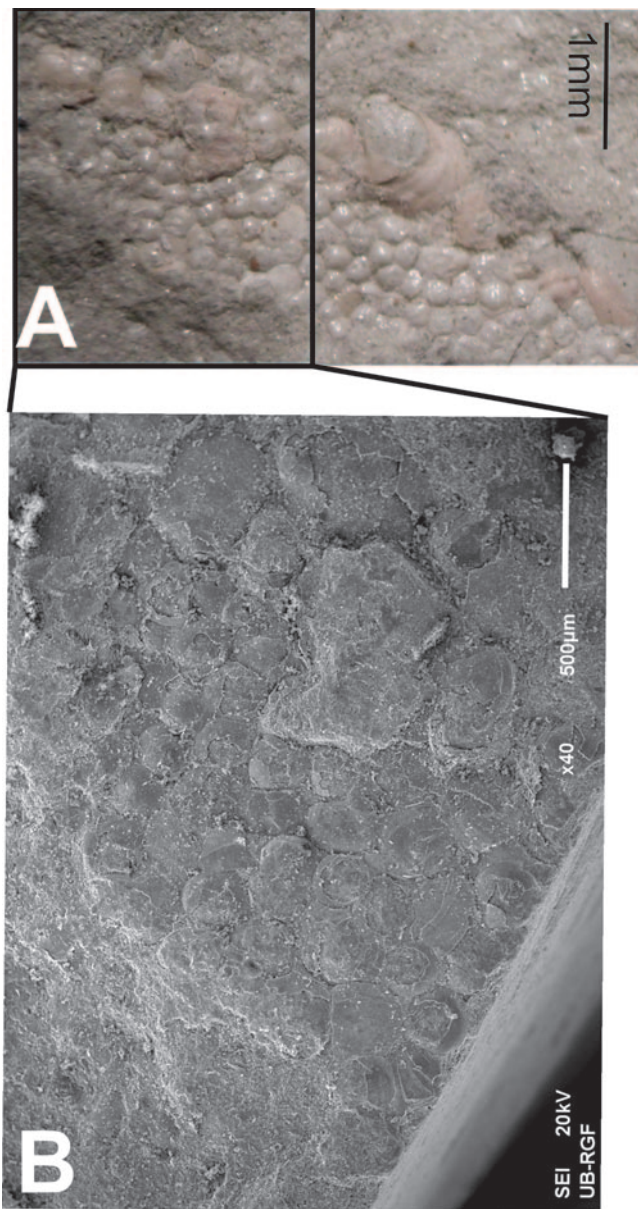
MATERIJAL I METODE

Ukupno je sačuvano više od 50 relativno dobro očuvanih, gusto zbijenih, čvrstih i veoma sitnih aragonitskih ljušturica na površini sedimenta manjoj od 1 cm², zatim više rasutih pojedinačnih ljušturica u sedimentu i nekoliko oštećenih, nesto krupnijih primeraka (slika 2).

Za identifikaciju i opis ljušturica školjaka iz Plaskovačke formacije smo koristili kombinaciju digitalne kamere Olympus Z4001 priključenu na binokularnu lupu Biooptica 1000 i elektronski (SEM) mikroskop. Od velike pomoći su publikacije koje se odnose na razlikovanje ljušturica kod larvalnih, postlarvalnih i juvenilnih oblika savremenih Dreissenidae [5], [1], [2], [25], [18]. U radu je korišćena sistematika prema [4], SEM fotografije su napravljene u Laboratoriji za skenirajuću elektronsku mikroskopiju Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

PALEONTOLOŠKI DEO

Srednjomiocenski sedimenti Plaskovačke formacije sadrže veliki broj ljušturica različitih oblika i dimenzija. Ljušturice većine sitnijih primeraka iz ranih faza su nagomilane i gusto zbijene u sedimentu što onemogućava preciznije sagledavanje njihovih odlika, naročito njihovih obodnih delova (slika 2).



Slika 2 (A, B). Mikrofotografije grupnih ljušturica Dreissenidae iz Plaskovačke formacije (centralna Srbija).

A. Grupna fotografija (kombinacija digitalne kamere Olympus Z4001 priključene na binokularnu lupu Biooptica 1000); B Detalj sa slike A (Detaljna SEM fotografije ljušturica školjaka iz Plaskovačke formacije). Broj na slikama prikazuje dimenzije u mm (A), i u μm (B).

SISTEMATSKI DEO

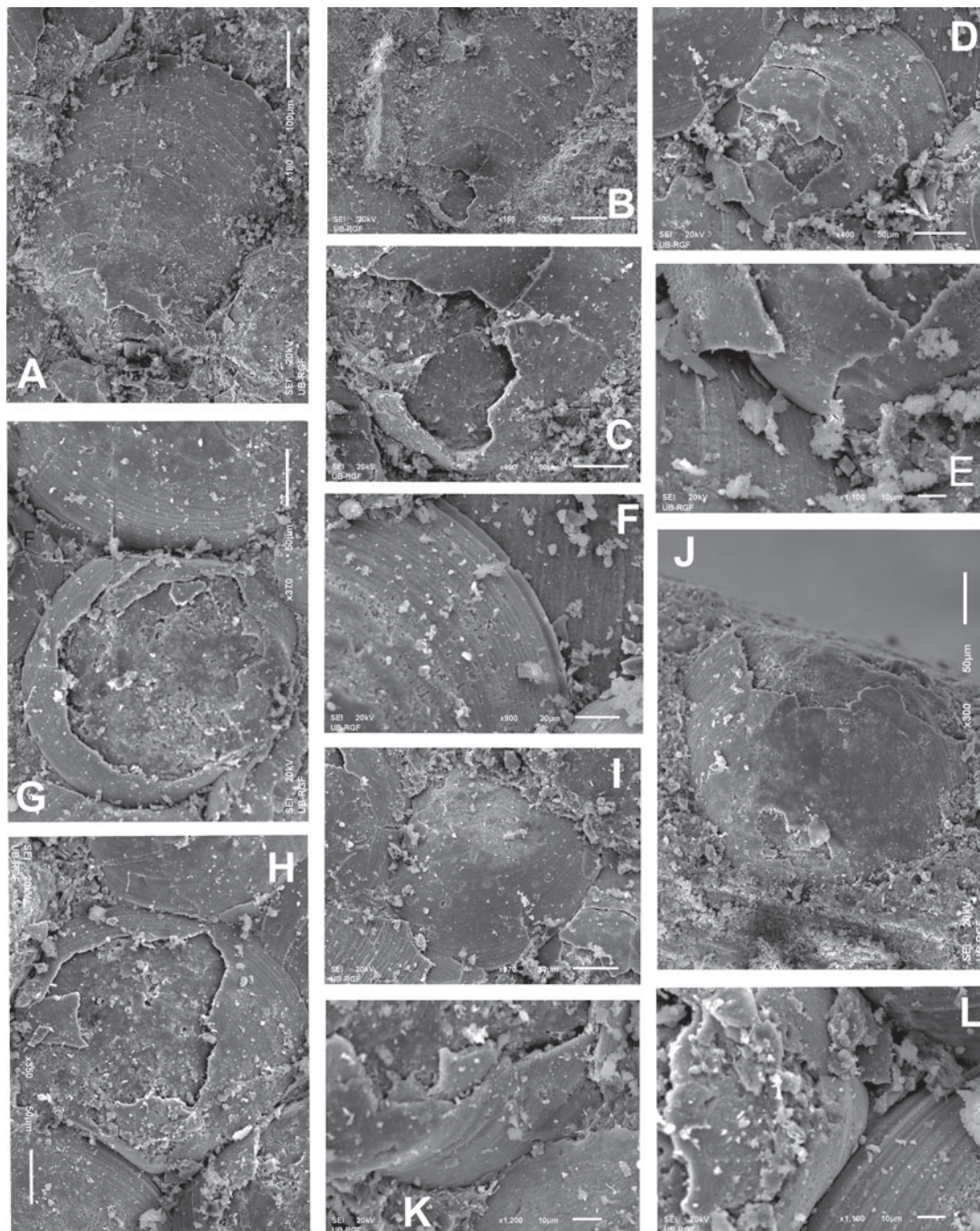
Klasa Bivalvia Linnaeus 1758

Potklasa Autobranchia GROBBEN, 1894

Natfamilija Dreissenoidae J GRAY, 1840

Familija Dreissenidae J GRAY, 1840

Dreissenidae indet.



Slika 3 (A-L). Detaljne SEM fotografije ljušturica školjaka iz Plaskovačke formacije pokazuju razlike u obliku, veličini i morfometriji ljuštura (broj kod svakog primerka prikazuje maksimalnu dužinu ljuštura u µm). Detaljne SEM fotografije juvenilne faze rasta za primerke: A, B (C je detalj od slike B i pokazuje prodizoknh). Slika 3 (D-L)-detaljne SEM fotografije rane postlarvalne faze za primerke: D, E (E-detalj od sl. D, pokazuje prodizoknh), F (F-detalj od slike D, pokazuje ivicu kapka); G, K (K-detalj od slike G); H, L (L-detalj od H), slika pokazuje fragmente od dva primerka, na levom primerku se vidi gladak prodizoknh, a na drugom obod kapka sa komarginalnim linijama rasta (desni ugao slike).

Ljušturice rane faze razvoja školjaka su tanke i relativno čvrste, blago ispupčene, slabo nejednakostrane, skoro kružnih kontura, sl. 3 (D, E, G, H, I, J, K, L). Proporcije ovih primeraka, kao što je odnos dužine prema visini ljušturica su slične. Prodizokonh (vrh) mali, slabo ispupčen, kod većine primeraka je više ili manje oštećen. Na bolje očuvanim primercima se jasno izdvajaju i slabo povijaju ka ventralnom delu ljušture (prozogrya). Skulpture na prodizokonhu I i prodizokonhu II se na nekim primercima jasno razlikuju, prodizokonh I je mali i ima glatku površinu za razliku od prodizokonha II koji je veći i na kojem se postepeno pojavljuju fine komarginalne linije rasta, sl. 3 (D, E, H). Prelaz u prodizokonh II je postepen i slabo izražen, između njih se može zapaziti slaba granična linija. Predeo prodizokonha I je na pojedinim primercima erodovan, sl. 3 (E, H, I, J, K). Na primerku, sl. 3 (G), prodizokonh prelazi prednju ivicu ljušture. Ivice ljušturica i njeni obodni delovi su glatki, prednja ivica levog kapka je nešto strmija od zadnje. Ventralne ivice zaobljene. Idući ka obodu ljušture zapažaju se linije rasta koje su kod manjih primeraka jače razvijene pri obodu ljušturica, sl. 3 (D, E, F, L). Rani dizokonh (nepiokonh) sadrži guste pravilno koncentrične komarginalne linije rasta, sl. 3 (H, L). Brava nije vidljiva.

Dva primerka su slabo izduženog do mitiliformnog oblika, sl. 3 (A, B, C), blago ispupčena iznad relativno malih, ali jasno izdvojenih zaobljenih prodizokonha. Prodizokonh PI i PII su oštećeni, komarginalne linije rasta se slabo zapažaju na prodizokonhu PII, na površini ostalog dela ljušture su tanke i pravilno raspoređene i označavaju početak dizokonha.

Na manjem primerku, sl. 3 (A), idući ka obodu ljuštura pojedine linije rasta su malo zadebljale. Ivice glatke, ventralna zaobljena. Na većem primerku, sl. 3 (B), linije rasta su veoma tanke, pri obodu su gusto skoncentrisane.

DISKUSIJA

Do sada poznate vrste fosilnih Dreissenidae su opisivane i identifikovane isključivo na osnovu morfologije odraslih ljuštura, izuzev nekoliko vrsta iz donjeg miocena [13]. Identifikacija ljušturica iz rane ontogenije je jako otežana čak i kod savremenih vrsta jer su morfološki vrlo slične i pokazuju visoku morfološku plastičnost kao odgovor na uslove u životnoj sredini. Zbog toga su proučavanja sve češće zasnovana na odlikama larvenih oblika i filogenetskim odnosima. Teško je ih razlikovati i od drugih školjaka koje nastanjuju slatkovodne i oligohalinske sredine, naročito u larvalnoj fazi D, kada imaju pravolinijski oblik brave. Ipak postoje male razlike u larvenom delu ljuštura mekušaca koje se mogu zapaziti i iskoristiti za donošenje zaključaka o načinu života larvi, njihovoj identifikaciji i klasifikaciji larvenih i postlarvenih faza [10], [5], [2], [18], [25].

Sa taksonomskog aspekta predstavnici fosilnih Dreissenidae su bili raznovrsniji od današnjih, nedavno je izdvojena potfamilija Congeriinae [21]. Iako su Dreissenidae veoma česte u miocenskim sedimentima, njihova evolucija i poreklo nisu još uvek dovoljno proučeni, pa u literaturi nailazimo na različite podatke [22], [9], [3], [7]. Neki rodovi su sasvim izumrli, rod *Congeria* je skoro potpuno izumro do kraja miocena, samo tri vrste su opstale jer su se adaptirale na život u vlažnim staništima ispod zemlje [3]. Nekoliko rodova je evoluiralo u jezerskim sredinama Evrope, zabeleženi su njihovi brojni nalazi u miocenskim jezerima Srbije, Hrvatske, Bosne i Hercegovine, dok je *Dreissena* izuzetno retka. *Congeria* i *Mytilopsis* su odvojeni od oligocena do ranog miocena [17]. *Congeria* se razlikuje od *Mytilopsis*-a po svojoj posebnoj formi ljušture, mikrostrukтури i različitoj reproduktivnoj strategiji [20]. Zato smatramo da nalazak ljušturica iz Plaskovačke formacije, može dati značajan doprinos u poznavanju rane ontogenije fosilnih predstavnika ove familije.

Glavne razvojne faze su embrionalna, larvalna, faza metamorfoze i postlarvalna (juvenilna do odrasla), i najlakše se razlikuju na osnovu razvoja mekih delova tela [17]. Za *Dreissena polymorpha* na pr. pediveliger je poslednji larveni oblik [1], dok faza u kojoj se razvija stopalo predstavlja fazu između larve i juvenilne faze. Za identifikaciju i razlikovanje faza razvoja Dreissenidae iz Plaskovačke formacije su korišćeni morfološki parametri neophodni pri identifikaciji i određivanju faza razvoja savremenih draiszenida: dimenzije i oblik ljušture, odlike prodizokonha, konture kapaka, i dr.

Kao i kod identifikacije savremenih ljuštura, teško je identifikovati larvalne i juvenilne fosilne primerke. Rana ontogenija fosilnih Dreissenidae se verovatno odvijala slično kao kod savremenih, pa su odlike ljušturica opisanih u ovom radu iskorišćene i da se donese zaključak u kojim su fazama razvoja bile pre nego što su pokrivene sedimentom. Poznato je da razlike u obliku ljuštura savremenih Dreissenidae postaju sve jasnije nakon metamorfoze (prelaza larve u odraslu jedinku) pa do prelaska na bentosku životnu fazu, međutim teško ih je opisati standardnim metodama koje se koriste za opis odraslih [17]. Početni deo ljušture formiran pre metamorfoze je označen kao prodizokonh kod školjaka i odgovara poznatijem

terminu "larvalna ljuštura" ili "veliger" [10]. Prodizokonh se sastoji od embrionalne ljuštore (prodizokonh PI) i larvalne ljuštore (prodizokonh PII) koji predstavljaju različite faze rasta larvi školjaka [5], [1], [25].

Dreissenidae pripadaju Autobranchia-ma [4], mnogi predstavnici Autobranchia u predelu prodizokonha imaju veoma fine komarginalne linije rasta. Prodizokonh kod primeraka iz Plaskovačke formacije je veoma mali što se može zapaziti na SEM fotografiji sl. 3 (D) i iznosi oko 25 μm . Prodizokonh PI mali i gladak, dok se na PII zapažaju fine komarginalne linije rasta kod svih Dreissenidae. Prisustvo PII ukazuje na planktotrofni razvoj larvi [1]. Kod *Dreissena polymorpha* ovaj prelaz je jako izražen [19]. *Mytilopsis sallei* takođe ima glatku spoljašnju površinu na prodizokonhu PI, i komarginalne linije rasta na prodizokonhu PII [10]. Planktotrofni razvoj larvi je konstatovan za savremene rodove *Mytilopsis* i *Dreissena*, koji se lako razlikuju po bravnom aparatu [22]. Posle faze metamorfoze pa do bentoske životne faze, razlike u obliku kapaka postaju sve izraženije [2]. I kod *Dreissena* spp. i kod *Mytilopsis leucophaeata*, ljuštura raste uglavnom duž postero-ventralne ivice, što dovodi do povećanja njene visine (maksimalna dimenzija od vrha do ventralne margine). Oblik *Dreissena* spp. razlikuje se od *M. leucophaeata* po prednjoj ivici koja je dosta prava, a zadnja je više ugaona nego kod *Mytilopsis leucophaeata* [2].

U larvenim fazama, razlika u obliku koja postaje sve jasnija sa razvojem jedinke pouzdanija je od veličine ljuštore [5], [1], [25]. Dimenzije i oblik ljušturica iz Plaskovačke formacije pokazuju da lako možemo razlikovati najmanje dve faze razvoja: a) dimenzije većine ljušturica iznose oko 250 μm , sl. 3 (E, F, G, H, I, J, K, L); b) kod nekoliko primeraka dimenzije iznose preko 500 μm , sl. 3 (A, B, C). Sitnije ljušturice zbog karakterističnog oblika i čvrstine, analogno savremenim [5], [18] odgovaraju kraju larvene faze, t.j. ranoj postlarvenoj fazi, kada se formira stopalo. Veći primerci odgovaraju ranoj juvenilnoj fazi rasta.

Oštećenja koja su zapažena na proučavanom materijalu su najizraženija u predelu prodizokonha i centralnih (najispupčenijih) delova ljušturica, nastala su posle fosilizacije, najverovatnije pod pritiskom sedimenata. Ovako očuvan materijal je omogućio identifikaciju samo do nivoa familije. Kako srednjomiocenski sedimenti Plaskovačke formacije sadrže veliki broj različitih oblika ljušturica odraslih primeraka iz familije Dreissenidae, koji su pripisani rodovima *Congeria* i *Mytilopsis* [6], [14], [15], među kojima preovlađuje *Mytilopsis*, neke ljušturice opisane u ovom radu se najverovatnije mogu pripisati rodu *Mytilopsis* Conrad 1858. Oblik ljušturica bi prema dijagnostičkim karakteristikama prikazanim u literaturi [1], [2], [5], [10], [19], više odgovarao predstavnicima roda *Mytilopsis* nego *Congeria* i *Dreissena* koja nije nađena u srednjomiocenskim sedimentima okoline Jelovika i drugih lokaliteta. *Congeria* se od *Mytilopsis* razlikuje po kvadratnom do romboidalnom obliku ljuštore. Preciznija taksonomska pripadnost nije utvrđena zbog nedostatka informacija o odlikama bravnog aparata, kao i visokog stepena oštećenja kod većine ljušturica, naročito u predelu prodizokonha. Za precizniju identifikaciju neophodno je proučiti i druge primerke i izvršiti detaljno upoređivanje njihovih morfoloških karakteristika sa drugim mitilifomnim školjkama, što je prilično problematično s obzirom na slabo objavljene radove sa opisima rane ontogenije fosilnih ljušturica. Ne treba isključiti ni postojanje nekih drugih rodova jer su zapažene izvesne razlike u morfologiji kapaka.

ZAKLJUČCI

Veoma malo nalaza larvi fosilnih školjki je objavljeno i uglavnom se odnose na morske vrste. Jedan od retkih je zabeležen je na terenima Srbije, nedaleko od sela Jelovika (južno od planine Bukulja, centralna Srbija). Materijal potiče iz srednjomiocenskih naslaga Plaskovačke formacije. Ispitivani materijal je identifikovan na osnovu odlika prodizokonha i oblika ljušturica. Takson je ostavljen u otvorenoj nomenklaturi, ali opažene morfološke odlike ljušturica su slične strukturama koje se vide kod današnjih školjaka iz porodice Dreissenidae.

Podaci o dimenzijama i morfologiji kapaka, posebno njihovih prodizokonha, dobijeni na osnovu SEM fotografija, omogućili su identifikaciju materijala do nivoa porodice (Dreissenidae), kao i razlikovanje najmanje dve faze razvoja školjaka. Sačuvane ljušturice iz srednjomiocenskih alevrolitsko-glinovitih sedimenata Plaskovačke formacije otkrivaju da je prodizokonh (prodizokonh PI i PII) u ovom taksonu mali i karakteriše ga slabo ispupčeno područje sa tankim komarginalnim linijama rasta. Ove dijagnostičke karakteristike omogućavaju razlikovanje rane postlarvalne i juvenilne faze razvoja školjaka sakupljenih u Plaskovačkoj formaciji.

Morfologija ranih delova ovih školjki može biti od velike važnosti za evoluciju ove grupe mekušaca, uključujući bolje razumevanje procesa koji su uključeni u formiranje ljuštura. Stoga ovaj rad predstavlja važan doprinos našem poznavanju rane ontogeneze miocenskih Dreissenidae. Proučavanje ranih ontogenetskih ljušturica je posebno važno za fosilne školjke i može biti od posebnog interesa za

proučavanje vrsta koje su prilagođene životu u slatkovodnim i bočatnim staništima miocenskih jezera. Za definitivnu identifikaciju je potrebno detaljnije poređenje morfoloških osobina među mitiloidnim školjkama, što je dosta problematično s obzirom da malo postoji objavljenih radova sa opisom larvalnih i postlarvalnih oblika.

REFERENCE:

- [1] Ackerman, J.D., Sim, B., Nichols, S.J., Allen, D.G., Spelt, J. K. A review of the early life history of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): comparisons with marine bivalves. Canadian Journal of Zoology, 72: 1994, 1169–1179.
- [2] Baldwin, B.S. Pooley, A.S., Hu, Y.-P, Lutz, R.A. Species identification of larval and postlarval zebra mussels and co-occurring bivalves in freshwater and estuarine habitats using shell morphology. *Dreissena*, 1994, 5, 3 pp.
- [3] Bilandžija, H., Morton, B., Podnar, M. & Četković, H. Evolutionary history of relict *Congeria* (Bivalvia: Dreissenidae): unearthing the subterranean biodiversity of the Dinaric Karst. *Frontiers in Zoology*, 10: 5, 2013, <http://dx.doi.org/10.1186/1742-9994-10-5>.
- [4] Carter, J. G., Altaba, C. R., Anderson, L. C., Araujo, R., Biakov, A. S., Bogan, A. E., Campbell, D. C., Campbell, M., Jin-hua, C., Cope, J. C. W., Delvene, G., Dijkstra, H. H., Zong-jie, F., Gardner, R. N., Gavrilova, V. A., Goncharova, I. A., Harries, P. J., Hartman, J. H., Hautmann, M., Hoeh, W. R., Hylleberg, J., Baoyu, J., Johnston, P., Kirkendale, L., Kleeman, K., Hoppka, J., Kriz, J., Machado, D., Malchus, N., Márquez-Aliaga, A., Masse, J.-P., McRoberts, C. A., Middelfart, P. U., Mitchell, S., Nevesskaja, L. A., Özer, S., Pojeta, J., Polubotko, I. V., Pons, J. M., Popov, S., Sánchez, T., Sartori, A. F., Scott, R. W., Sey, I. I., Signorelli, J. H., Silantiev, V. V., Skelton, P. W., Thomas, S., Waterhouse, J. B., Wingard, G. L., and Yancey, T. A synoptical classification of the Bivalvia (Mollusca). *Paleontological Contributions* 4, 2011, 1–47.
- [5] Conn, D. B., Lutz, R. A., Hu, Y-P, Kennedy, V. S. 1993. Guide to the identification of larval and postlarval stages of zebra mussels *Dreissena* spp. and the dark false mussel *Mytilopsis leucophaeata*. New York Sea Grant Institute. 1993, 22 pp.
- [6] Dolić, D. 1983. Prikaz fosilnih mekušaca iz slatkovodnog miocena Kačersko-Gornjejaseničkog basena (Srbija). *Zapisnici S.G.D. za 1982, 1983*, 123–127, Beograd.
- [7] Geda, R. S., Lujan, K., N., Perkins, M., Abernethy, E., Sabaj, H., M. Gangloff, M. 2018. Multilocus phylogeny of the zebra mussel family Dreissenidae (Mollusca: Bivalvia) reveals a fourth Neotropical genus sister to all other genera. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 127, 1020–1033.
- [8] Hansen, T.A. Fossil molluscan larvae: a new biostratigraphic tool. *Science (New York, N.Y.)* 214 (4523): 1981, 915–916.
- [9] Harzhauser, M., Mandic, O. Neogene dreissenids in Central Europe: evolutionary shifts and diversity changes. In: *The Zebra Mussel in Europe* (G. van der Velde, S. Rajagopal & A. bij de Vaate, eds), 2010, 11–29. Backhuys Publishers, Leiden.
- [10] He, J., Qi, J.F, Feng, DQ, Ke CH. Embryonic and larval development of the invasive biofouler *Mytilopsis sallei* (Récluz, 1849) (Bivalvia: Dreissenidae). *Journal of Molluscan Studies* 82: 2016, 23–30.
- [11] Jablonski, D. Lutz, A.R. Larval ecology of marine benthic: Paleobiological implications. *Biol. Rev.* 58, 1983, 21–89.
- [12] Kennedy, V.S. Biology of the uncommon dreissenid bivalve *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831) in central Chesapeake Bay. *Journal of Molluscan Studies*, 77: 2011, 154–164.
- [13] Kowalke, Th, Reichenbacher, B. Early Miocene (Ottangian) Mollusca of the Western Paratethys—ontogenetic strategies and palaeo-environments Mollusques du Miocène inférieur (Ottangien) de la partie ouest de la Paratéthys—Stratégies ontogénétiques et paléoenvironnements. *Geobios* 38, 2005, 609–635.
- [14] Krstić, N., Jovanović, G., Ilić, B., Kovalenko, V. Miocenski fosili brda Jelovika u podnožju planine Bukulje. Miocene fossils from Jelovik at the foothills of Bukulja mountain. *Comptes Rendus des séances de la société Serbe de géologie pour l'année 2008*, 2011, 23–53.
- [15] Krstić, N., Savić, Lj., Jovanović, G. 2012. The Neogene Lakes on the Balkan Land. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 73: 37–60.
- [16] Malchus, N. Larval shells of Tertiary Cubitostrea Sacco, 1897, with a review of larval shell characters in the subfamilies Ostreinae and Crassosterinae (Ostreoidae, Bivalvia). *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 65, 1995, 187–239.

- [17] Malchus, N. Easy to see, difficult to describe: towards a standardised description of bivalve larval shell shape. In Abstracts and posters of International Congress on Bivalvia, July 22–27, 2006, Universitat Autònoma de Barcelona, Spain. Organisms Development and Evolution, electronic supplement, 5, 16, 2006, 53 pp.
- [18] Malchus, N., Sartori, A. Part N, Revised, Volume 1, Chapter 4: The early shell: ontogeny, features and evolution. Treatise Online, 61, 2013, 1–114.
- [19] Martel, A., Hynes T. M, Buckland-Nicks, J. Prodissoconch morphology, planktonic shell growth, and size of metamorphosis in *Dreissena polymorpha*. Canadian Journal of Zoology, 73: 1995, 1835–1844.
- [20] Morton, B., Velkovrh, F., Sket, B. Biology and anatomy of the 'living fossil' *Congerina kuscieri* (Bivalvia: Dreissenidae) from subterranean rivers and caves in the Dinaric karst of the former Yugoslavia. Journal of Zoology, London, 245, 1998, 147–174.
- [21] Neubauer, A. T., Mandić, O., Harzhauser, M. The freshwater mollusk fauna of the Middle Miocene Lake Drniš (Dinaride Lake System, Croatia): a taxonomic and systematic revision. Austrian Journal of Earth Sciences Vienna, 108/2, 2015, 15–67.
- [22] Nuttall, C., P. Review of the Caenozoic heterodont bivalve superfamily Dreissenacea. Palaeontology, 33:1990, 707–737.
- [23] Siddall, S., E. Early development of *Mytilopsis leucophaeata*. Veliger, 22, 1980, 378–379.
- [24] Stevanović, P., Pavlović, M., Eremija, M. Kačersko-Jasenički basen. In: Petković (ed.) Geologija Srbije, Kenozoik 2(3), 1977, 189–192. Zavod za regionalnu geologiju i paleontologiju Rudarsko geološkog fakulteta, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- [25] Verween, A., Vincx, M., Degraer, S. *Mytilopsis leucophaeata*: the brackish water equivalent of *Dreissena polymorpha*? A review. In: Van der Velde G, Rajagopal S, Bij de Vaate A (eds) The Zebra Mussel in Europe. Backhuys Publishers, Leiden, 2010, 29–43.

KLASIFIKACIJA LEŽIŠTA I POJAVA NEMETALNIH SIROVINA GRAČANICE PO KLASIFIKACIJI PAN-EVROPSKOG ODBORA ZA IZVJEŠTAVANJE REZERV I RESURSA - PERC

Damir Baraković¹

SAŽETAK

U radu je razmotrena primjena rezultata geoloških istraživanja ležišta i pojava nemetalnih mineralnih sirovina, a u prvom redu geoloških podataka o osnovnim svojstvima ležišta i njihovoj primjenjivosti kao i o količini i kvalitetu (resursima i rezervama) pripadajuće mineralne sirovine, koji su od velikog značaja za mineralne projekte. Ovi geološki podaci se, naime, zajedno sa drugim relevantnim podacima (prvenstveno tehničkim i ekonomskim), koriste kao osnovni parametri u dokumentaciji mineralnih projekata. Budući da uspješnost projekata o eksploataciji i istraživanju zavisi od pouzdanosti primjenjenih podataka, posebna pažnja se posvećuje postupcima odnosno procjenjenim i utvrđenim rezervama pojedinih mineralnih sirovina koji doprinose postizanju adekvatnog nivoa pouzdanosti tih podataka.

Ključne reči: geološka istraživanja, ležišta, nemetalne mineralne sirovine, projekti, mineralni resursi i rezerve.

UVOD

Važnu primjenu u rudarstvu imaju rezultati geoloških istraživanja ležišta čvrstih mineralnih sirovina (nemetallnih mineralnih sirovina), a u prvom redu geološki podaci (uključujući i njihove interpretacije) o osnovnim svojstvima istraživanih ležišta i promjenljivosti tih svojstava kao i o količini i kvalitetu (resursima i rezervama) pripadajuće mineralne sirovine, koji su od velikog značaja za mineralne projekte. Ovi geološki podaci se, zajedno sa drugim relevantnim podacima (prvenstveno tehničkim i ekonomskim), koriste kao osnovni parametri u dokumentaciji mineralnih projekata (u širem smislu): rudarskih poduhvata koji imaju za cilj eksploataciju mineralnih ležišta. Budući da uspješnost mineralnih projekata zavisi od pouzdanosti primjenjenih podataka, posebna pažnja se posvećuje postupcima koji doprinose postizanju adekvatnog nivoa pouzdanosti tih podataka, kao što su:

- Postupno izvođenje projekata: u dvije faze (prvo geološke, pa rudarske odnosno eksploatacione faze)
- Iznalaženje optimalnih rješenja u projektovanju i izvođenju geoloških istražnih radova, usklađenih sa osnovnim svojstvima istraživanih ležišta i promjenljivošću.
- Realna procjena mineralnih resursa i rezervi u istraživanom ležištu kao geološki zadatak.

Pri razmatranju gore navedene problematike korišteni su savremeni svjetski standardi [1, 2, 3,] i praksa, domaći zakoni [4], propisi [5], tradicija i praksa, kao i podaci iz doktorske disertacije [6].

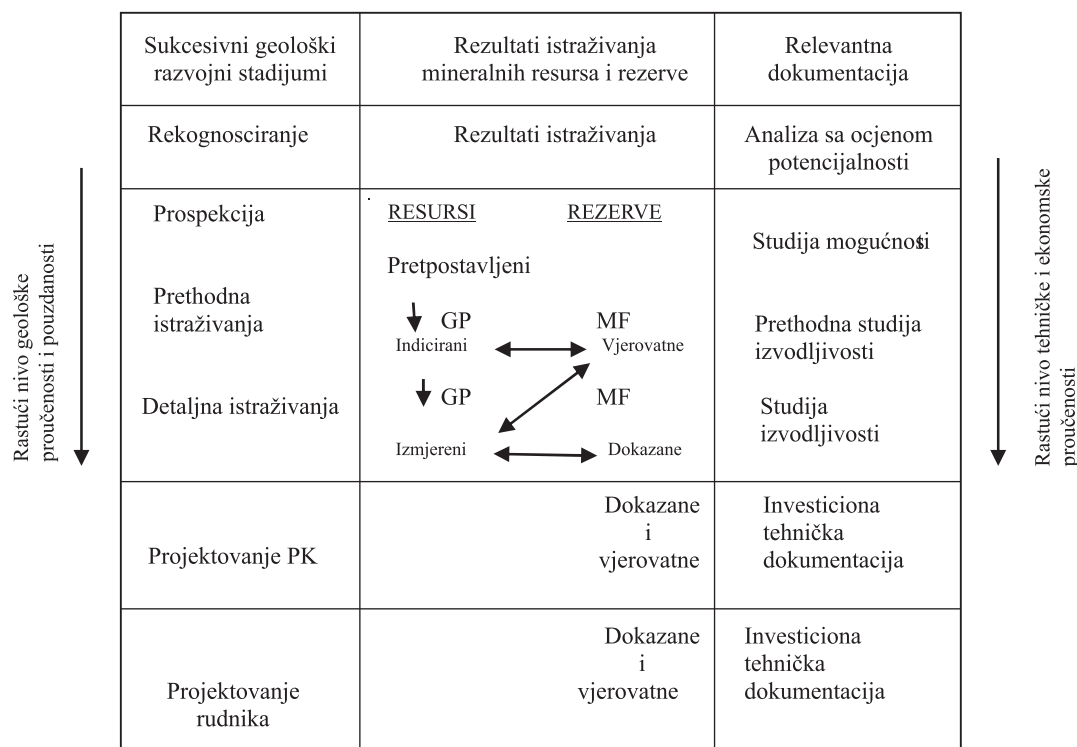
1. RAZVOJNI STADIJUMI GEOLOŠKE FAZE

Dugogodišnja praksa (i kod nas i u svijetu) je pokazala da se najveća uspješnost (uz adekvatan nivo pouzdanosti) projekata istraživanja mineralnih sirovina postiže njihovim postupnim izvođenjem: u dvije faze i razvojne stadijume. Prva (geološka ili istražna) faza ima četiri razvojna stadijuma (stadijumi

¹ Dr.sc. Damir Baraković, JP "Vodovod" Gračanica, skver bb, Bosnia and Herzegovina, damir.barakovic@gmail.com

rekognosciranja, prospekcije, prethodnih istraživanja i detaljnih istraživanja), a druga (rudarska ili investiciona eksploataciona) faza ima tri razvojna stadijuma (stadijumi projektovanja i eksploataciona geološka istraživanja).

Podjela geološke faze (isto kao i rudarske faze) na razvojne stadijume ne samo da je naučno najpravičnija, nego i tehnički i ekonomski najsvrsishodnija jer omogućava dobijanje potrebnih podataka o istraživanim ležištima za najkraće vrijeme, sa najmanjim utroškom materijalnih sredstava i rada i uz najmanji rizik. Izvođenjem novih istražnih radova, u svakom geološkom stadijumu dobijaju se novi podaci (geološki i drugi - prvenstveno tehnički i ekonomski) koji doprinose potpunijem sagledavanju geoloških



i tehničko-ekonomskih karakteristika istraživanih ležišta.

Slika 1. Opšti odnos između rezultata istraživanja, mineralnih resursa i mineralnih rezervi

Oznake: GP – geološki podaci; MF – modifikujući faktori.

Na kraju svakog geološkog stadijuma izdvajaju se i razmatraju, od strane kompetentnog (ili kompetentnih) lica, najznačajniji geološki podaci koji se, u dokumentaciji mineralnih projekata, primjenjuju kao osnovni - geološki parametri. Pomenute geološke parametre čine podaci o osnovnim svojstvima ležišta (formi, zalijeganju, građi, sastavu - mineralnom i hemijskom, zapreminskoj masi) i promijenljivosti tih svojstava kao i o količini i kvalitetu (resursima i rezervama) mineralne sirovine u istraživanom ležištu.

Na osnovu razmatranja geoloških podataka, kompetentno lice utvrđuje, procijenjuje i klasifikuje mineralne resurse (u pretpostavljene, indicirane ili izmjerene), a na osnovu razmatranja modifikujućih faktora, kompetentno lice konvertuje neeksploataбилne mineralne resurse (indicirane i izmjerene) u eksploataбилne mineralne rezerve (vjerovatne i dokazane) slika 1.

Treba, međutim, imati u vidu da utvrđene mineralne rezerve (dokazane i vjerovatne) mogu da, zbog promijene nastale u nekom modifikujućem faktoru, izgube dotadašnji status i da se moraju retrogradno prevesti u resurse (izmjerene ili indicirane) - slika 1.

Podaci, dobijeni kao rezultati geoloških istraživanja u sukcesivnim geološkim stadijumima mineralnih projekata, razmatraju se i ocjenjuju u odgovarajućim analizama i studijama: u geološkoj analizi potencijalnosti (na kraju stadijuma rekognosciranja) i u tehničko-ekonomskim studijama: studiji mogućnosti (na kraju stadijuma prospekcije), prethodnoj studiji izvodljivosti (na kraju stadijuma prethodnih istraživanja) i studiji izvodljivosti (na kraju stadijuma detaljnih istraživanja). Ovi rezultati se prikazuju u odgovarajućim izvještajima: u oficijelnim (godišnjim, finalnim) izvještajima (ili elaboratima), namijenjenim nadležnom državnom organu i u javnim izvještajima, namijenjenim investitorima.

PROCJENA MINERALNIH RESURSA I REZERVU

U dokumentaciji mineralnih projekata, kao osnovni parametri, primijenjuju se podaci o mineralnim resursima i rezervama, dobijeni kao rezultat odgovarajućih geoloških istraživanja mineralnih ležišta.

Mineralni resursi se utvrđuju, procijenjuju i klasifikuju (u pretpostavljene, indicirane i izmjerene) na osnovu razmatranja geoloških podataka od strane kompetentnog lica (ili kompetentnih lica), na kraju stadijuma prospekcije, prethodnih i detaljnih istraživanja.

Mineralne rezerve (vjerovatne i dokazane) se dobijaju prevođenjem (konverzijom) mineralnih resursa (indiciranih i izmjerenih) na osnovu razmatranja modifikujućih faktora od strane kompetentnog lica (ili kompetentnih lica), na kraju stadijuma prethodnih i detaljnih istraživanja.

Kvalifikacije i nadležnosti kompetentnih lica definisani su međunarodnim standardima [1, 2, 3] i našim Zakonom [4]. Prema našem važećem Pravilniku [5], „rezerve“ čvrstih mineralnih sirovina A, B i C₁ kategorije se „proračunavaju“, dok se „rezerve“ C₂ kategorije „procijenjuju“, a „rezerve“ D₁ i D₂ kategorije „pretpostavljaju“. Treba, međutim, imati u vidu da su ova kategorizacija i pripadajuća terminologija zastarjeli i u neskladu sa savremenim svjetskim standardima. Tako, mineralnim rezervama baziranog na PERC Standardu [2], odgovaraju samo eksploatacione rezerve iz važećeg Pravilnika [5], mineralnim resursima odgovaraju „rezerve“ A, B, C₁ i C₂ kategorije, a rezultatima istraživanja (geoloških) pak odgovaraju „rezerve“ D₁ i D₂ kategorije.

Klasifikacija prema PERC-u	Rezultati istraživanja	Mineralni resursi			Mineralne rezerve	
		Pretpostavljeni	Indicirani	Izmjereni	Vjerovatne	Dokazane
Važeći Pravilnik	Rezerve čvrstih mineralnih sirovina					
	Potencijalne D ₂ i D ₁ kategorije	Potencijalne C ₂ kategorije	Utvrđene (vanbilansne i bilansne, geološke -in situ)		Eksploatacione (bilansne, umanjene za gubitke i razblaženje pri eksploataciji)	
			C ₁ kategorije	A i B kategorije	C ₁ kategorije	A i B kategorije

Slika 2 - Korelacija i karta konverzije „rezervi“ čvrstih mineralnih sirovina iz važećeg Pravilnika i mineralnih rezervi, mineralnih resursa i rezultata istraživanja baziranog na PERC Standardu

Bilansnost (ekonomska eksploatabilnost) „rezervi“ mineralnih sirovina kod nas se, saglasno Pravilniku [5], ustanovljava tehničko-ekonomskom ocjenom, a u svijetu - razmatranjem modifikujućih faktora.

Dugogodišnja iskustva stečena istraživanjem velikog broja ležišta čvrstih mineralnih sirovina, kako u svijetu tako i kod nas, nepobitno su pokazala da su za utvrđivanje resursa i rezervi u mineralnim ležištima mnogo značajniji geološki nego matematički činioci, te je to prvenstveno geološki, a ne matematički zadatak.

Tako, na procijenu resursa/rezervi daleko veći uticaj imaju geološka koncepcija i odgovarajuća metodika istraživanja ležišta (koje treba da budu usklađene sa osnovnim svojstvima ležišta i promijenljivošću tih svojstava), projektovanje istražnih radova, njihovo izvođenje (uključujući oprobavanje), ispitivanje uzetih proba i, konačno, geološka interpretacija dobijenih podataka, nego matematičke metode i odgovarajuće tehnike „proračuna“ rezervi.

Zbog toga se u praksi teži za tim da se istraživanjem ležišta dobiju što pouzdaniji podaci i da se izvrši što vjerodostojnija njihova geološka interpretacija, a da se potom primijene što jednostavnije matematičke metode i tehnike „proračuna“.

Imajući sve ovo u vidu, može se zaključiti da je ispravan termin procijena (a ne „proračun“) mineralnih resursa.

Gore pomenuta istraživačka iskustva takođe su pokazala da se najveće greške kod procijene mineralnih resursa javljaju zbog pogrešnih mjerenja (na terenu ili na odgovarajućim grafičkim priložima) - dužina (prije svega debljina ležišta odnosno rudnih tijela) i površina (na planovima i profilima), zbog pogrešnog oprobavanja (izbora vrste i rasporeda proba, njihovog uzimanja i obrade) i ispitivanja uzetih proba (sadržaja korisne i/ili štetne komponente, zapremine mase) i, naročito, zbog pogrešne interpolacije i ekstrapolacije podataka dobijenih istraživanjem. Zbir ovih parcijalnih grešaka čini jedinstvenu (ukupnu) grešku procijene rezervi.

Prema našem Pravilniku [5], dozvoljene greške kod proračuna „rezervi“ iznose: za A kategoriju $\pm 15\%$, za B kategoriju $\pm 30\%$ i za C₁ kategoriju $\pm 50\%$.

U savremenoj svjetskoj praksi dozvoljene greške kod procijene mineralnih resursa iznose: za izmjerene resurse i dokazane rezerve $\pm 10-15\%$ (isto kao za studiju izvodljivosti), za indicirane resurse i vjerovatne rezerve $\pm 20-30\%$ (isto kao za prethodnu studiju izvodljivosti), a za pretpostavljene resurse $\pm 30-50\%$ (isto kao za studiju mogućnosti).

2. POTENCIJALNOSTI NEMETALNIH MINERALNIH RESURSA ŠIREG PODRUČJA GRAČANICE PREMA PERC-U

Na širem području Gračanice na relativno malom prostoru, nalaze se ležišta i pojave nemetalnih mineralnih sirovina kao što su: tehničkog građevinskog kamena, keramičkih, vatrostalnih i bentonitskih glina, kvarcnih pijeskova, termomineralnih voda, azbesta i talka.

Navedene mineralne sirovine bile su predmet određenih geoloških i rudarskih istraživanja tokom većeg dijela 20-og stoljeća.

Na pojedinim ležištima bila je organizovana eksploatacija na nekim od ležišta mineralnih sirovina.

Ovom činjenicom i današnjim tržišnim i ekonomskim uslovima koji vladaju u regionu, trebat će mnogo organizovanih napora od zainteresovanih domaćih i stranih investitora, u svrhu korištenja postojećih prirodnih resursa šireg područja Gračanice.

Treba napomenuti da se kod ocjene potencijalnosti misli prevashodno na geološku potencijalnost a ne na direktnu mogućnost otvaranja novih ležišta. Nisu razmatrani ni društveno-socijalni aspekti potencijalnosti – da li je na potencijalnom prostoru prostornim planom dozvoljena eksploatacija ili ne.

KRITERIJUMI PROGNOZNE OCJENE POTENCIJALNOSTI

Prognozna ocjena bilo kog prirodnog čvrstog mineralnog resursa određenog područja, pa tako i nemetalnih sirovina na širem području Gračanice, zasniva se na specifičnim obilježijima pojedinih tipova ležišta koji se nalaze u tom području ili njegovoj blizini i u sličnim geološkim i geotektonskim uslovima.

Opšte kriterijume rudosnosti, na osnovu kojih se vrši mineragenetsko - prognozna ocjena definisao je Janković (1994) i uglavnom su razvijeni za potrebe prognoziranja metalnih mineralnih resursa. Međutim, pojedini ovi kriterijumi predstavljaju osnovu za prognoznu ocjenu i nemetalnih mineralnih sirovina (Simić, 2004; Božović i Simić, 2015; Božović, 2016), pa samim tim i karbonatnih sirovina. Kriterijumi mineragenetsko - prognozne ocjene resursa nemetalnih mineralnih sirovina, do sada su generalno slabo razmatrani.

Sa aspekta resursa nemetalnih mineralnih sirovina izdvojeni su slijedeći značajni prognozni kriterijumi:

- Stratigrafski
- Litološki
- Paleogeografski
- Strukturni
- Tehnološki
- Geološko - ekonomski

Stratigrafski kriterijum

Pojavljivanje ležišta nemetalnih mineralnih sirovina na nekom području vezano je za određene stratigrafske jedinice, odnosno određene vremenske periode u geološkoj istoriji, kada su postojali naročito povoljni uslovi za stvaranje takvih ležišta. Prema starosti određenih geoloških tvorevina, moguće je često prognozirati mineralnu potencijalnost tih sredina. Na primjeru ležišta tehničko - građevinskog kamena na području Gračanice po svojoj perspektivnosti i produktivnosti izdvajaju se masivni i debelo uslojeni krečnjaci paleocen-eocena, gdje je otkriveno nekoliko ležišta i pojava tehničko - građevinskog kamena. Slična je situacija i sa drugim istraživanim mineralnim sirovinama, koje su vezane bilo za ofiolitski pojas (dijabazi), bilo za neogene sedimente (glina, kvarcni pijesci). Pojave boksita vezuju se za paleocen-eocenske krečnjake.

Litološki kriterijumi

Ovaj kriterijum se zasniva na prostornoj i genetskoj povezanosti pojedinih ležišta sa određenim litološkim jedinicama. Prognozne ocjene mineralne potencijalnosti određenih sredina na osnovu litoloških kriterijuma zasnivaju se u osnovi na definisanju odnosa između sastava i uslova stvaranja litoloških formacija i ležišta čije je obrazovanje vezano sa tim sredinama. Njihov nastanak i način pojavljivanja prvenstveno je zavisao od litofacijalne kontrole razmještaja pojedinih geoloških formacija u prostoru i vremenu.

Paleogeografski kriterijum

Paleogeografski kriterijum je u tijesnoj vezi sa stratigrafskim kriterijumima, i ukazuje na rasprostranjenje pojedinih litostratigrafskih jedinica u određenim vremenskim periodima. Stvaranje različitih sedimenata, pa tako i karbonatnih sedimenata, uslovljavaju različite fizičko - geografske prilike na pojedinim područjima.

Strukturni kriterijum

Stvaranje i prostorni razmještaj ležišta mineralnih sirovina je u tijesnoj vezi sa procesom strukturnog uobličavanja sredine. Strukturni (tektonski) kriterijumi mogu biti regionalnog i lokalnog karaktera (Simić, 2004). Regionalni strukturni kriterijum se odnosi na utvrđivanje povezanosti ležišta i krupnih metalogenetskih jedinica sa strukturnim elementima određenog prostora. Za pojedine ispitivane sirovine ovaj faktor ima veliki značaj, naročito za azbest i talk, gdje rasjedne zone uglavnom markiraju hidrotermalne promjene koje su dovele do stvaranja azbesta i talka.

Tehnološki kriterijumi

Mnoge nematalične mineralne sirovine, a naročito one čija se primjena zasniva na fizičkim i tehničkim osobinama, odlikuju se specifičnom tehnologijom pripreme i prerade, odnosno obrade. Pod tehnološkim kriterijumima podrazumijevaju se sve mineraloške, hemijske, fizičko - mehaničke i tehnološke karakteristike karbonatnih sirovina koje definišu mogućnost njihove primjene u industriji. Stoga na primjer keramičke gline Sočkovca možemo tretirati kao veoma perspektivnu sirovinu bez obzira na relativno male preostale rezerve, jer su njihove tehnološke karakteristike detaljno upoznate.

Geološko - ekonomski kriterijumi

Geološko - ekonomski kriterijum bazira se na odgovarajućim faktorima i pokazateljima geološko - ekonomske ocjene, a na osnovu rezultata geoloških istraživanja. Geološko - ekonomski kriterijum značajan je prilikom prognoziranja zbog korišćenja metoda analogije, i kvantitativnog je karaktera, odnosno veći broj poznatih i istraženih ležišta ili pojava odgovarajućih ležišta karbonatnih sirovina povlači za sobom i veću potencijalnost teritorije u kome se ta ležišta ili pojave nalaze.

Kategorije potencijalnosti ispitivanih nemetalčnih mineralnih sirovina

Kod određivanja kategorije potencijalnosti istraživanog područja šire okoline Gračanice imalo se na umu da to područje nije sistematski istraživano sa aspekta nemetalnih sirovina, već se prilikom istražnih radova polazilo od već poznatih pojava na terenu a nakon toga pristupalo detaljnim istraživanjima. Stoga ni stepen istraženosti nemetalnih sirovina nije isti, niti je ista ni njihova potencijalnost.

Na osnovu razmatranja kriterijuma prognozne ocjene izdvojene su sledeće kategorije potencijalnosti šireg područja Gračanice:

1. Područja velike potencijalnosti,
2. Područja srednje potencijalnosti i
3. Područja nejasne potencijalnosti.

Na terenu koji se odlikuje velikom potencijalnošću određena mineralna sirovina detaljno je upoznata, kako genetski uslovi postanka, tako i tehnološke karakteristike, a postoje i otvorena ležišta i pojave tih nemetalnih sirovina.

Teren koji se odlikuje srednjom potencijalnošću nemetalnih mineralnih sirovina izdvojen je na osnovu poznavanja prije svega litoloških i stratigrafskih kriterijuma ocjene potencijalnosti, na bazi analogije sa već poznatim ležištima i pojavama određene sirovine.

Područja sa nejasnom potencijalnošću izdvojena su kao takva jer nema podataka o preliminarnim ili detaljnim istraživanjima, niti o kvalitetu sirovine (na primjer boksiti Stjepan polja ili izdanci talka oko Petrova).

U narednoj tabeli daje se pregled potencijalnosti nemetalnih mineralnih sirovina šireg područja Gračanice, razvrstanih u dva dijela i to onih koji su locirani sjeverno od sprečanske rasjedne zone koji pripada kredno-tercijarnom stijenskom kompleksu tzv „unutrašnji ofiolitski tektonizirani melanž“, i drugi, locirani južno od sprečanske rasjedne zone koji pripada vulkanogeno-sedimentnom i ultramafitskom stijenskom kompleksu tzv „centralni ofiolitski melanž“.

Sva ležišta i pojave, razmještene su u okviru oleata iskazanih mineralno sirovinskim potencijalima šireg područja Gračanice, i prikazane su u tabeli 1. sirovinskog potencijala nemetalnih mineralnih sirovina šireg područja Gračanice klasifikovanih prema PERC standardu.

MINERALNI RESURS	KARAKTER RESURSA		LOKALITET	GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE	GENETSKE KARAKTERISTIKE	RUDNE REZERVE
	POJAVA	LEŽIŠTE				
Hrizotil – azbest 		+	Delić Brdo – Brđani Petrovo	J (lerzolit, harcburgiti, dunit, pirokseniti, gabro, rodigniti, amfiboliti, serpentiniti) J _{2,3} DRF (dijabazi, pješčari, rožnjaci, konglomerati, škriljavi glinci, laporci, tabličasti krečnjaci) Tc (graniti, albitski rioliti, lamprofiri, kvarc-karbonatne stijene, talkne stijene) Pl ₁ i Pl _Q (konglomerati pijeskovi, oolitične i dr. gline)	Produkt alometamorfne serpentinizacije tektoniziranih periodotita hidoteramalnim putem, na srednjim temperaturama i umjerenim dubinama	Izmjerene 56.300.000 t rude sa 1.130.030 t azbestnog vlakna
		+	Bjeljevine Jovanovići-Njivice Kakmuž			Vjerovatne 2.000.000 t rude
Talk 		+	Mušići Porječina	J (lerzolit, harcburgiti, dunit, pirokseniti, gabro, rodigniti, amfiboliti, serpentiniti) J _{2,3} DRF (dijabazi, pješčari, rožnjaci, konglomerati, škriljavi glinci, laporci, tabličasti krečnjaci) Tc (graniti, albitski rioliti, lamprofiri, kvarc-karbonatne stijene, talk-karbonatne stijene, talkne stijene) Pl ₁ (konglomerati pijeskovi, oolitične i dr. gline)	Hidrotermalno-metasomatska ležišta dunit-lerzolitsko harcburgitske formacije; tip rude željezoviti talkiti – talk brojneritskih stijena podtip ležišta „medvjedovski“	Vjerovatne 2.200.000 t rude sa 550.000 t talka
		+	Žarkovac Porječina			Vjerovatne 2.400.000 t rude Vjerovatne 1.850.000 t rude
			Rustina Petrovo			Rezultati istraživanja Izdanak talka 50 x 10 m perspektivne
			Tešanovići Boljanić			Rezultati istraživanja Talkna zona 500 x 100 m perspektivne
Gline 		+	Kečkovac Sočkovac	J _{2,3} (ofiolitski melanž), Tc (kvarc-karbonatne stijene), Pl ₁ i Pl _Q (keramičke poliminerale gline, pijeskovi, šljunkovi, ugalj)	Autohtona ležišta glina koja su nastala raspadaњem sericitno filitičnih i hlorit-filitičnih škriljaca, agensi razlaganja matičnih stijena površinske i podzemne vode i hidrotermalni rastvori bogati sa CO ₂	Dokazane 2.467.157 m ³ ili 6.340.593 t
		+	Lipovac-Brezici Karanovac		Sedimentaciono autohtono ležište nastalo razlaganjem tektoniziranih ultrabazita tj.složenim hemijskim procesima	Dokazane 760.270 m ³ ili 1.870.264 t
	+		"Džebe" – Stjepan polje	Bentoniti, tvorevine jurskog ofiolitskog melanža, paleocen - donji eocen, i miocenski sedimenti.	Monomineralne pelitske tvorevine, izgrađene od montmorionita	Rezultati istraživanja 340.000 m ³
	+		Stjepan polje	Gline Pl ₁ Q (keramičke poliminerale gline, pijeskovi, šljunkovi, ugalj)	Sedimentaciono autohtono ležište	Dokazane 2.300.000 t
		+	Pribava			Dokazane 2.260.000 t
		+	Žarkovac Porječina			Dokazane 3.220.000 t

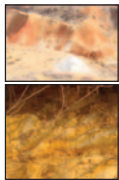
MINERALNI RESURS	KARAKTER RESURSA		LOKALITET	GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE	GENETSKE KARAKTERISTIKE	RUDNE REZERVE
	POJAVA	LEŽIŠTE				
Kvarcni pijesak 		+	Kečkovac Sočkovac	J (lerzoliti, harcburgiti, duniti, pirokseniti, gabro, rodigniti, amfiboliti, serpentiniti) J₂₃ DRF (dijabazi, pješčari, rožnjaci, konglomerati, škriljavi glinci) Ts (graniti, albitski rioliti, kvarc-karbonatne stijene, talk-karbonatne stijene, talkne stijene) Pl, i Pl,Q (keramičke gline, oolitične gline, pijeskovi, šljunkovi, ugalj)	Nastali su prenošenjem, prepiranjem, mehaničkim i hemijskim razlaganjem okolnih stijena koje sadrže kvarc, te deponovanjem materijala u reljefne forme. Nepravilan oblik kvarcnih zrna i mali stepen zaobljenosti zrna ukazuju na relativno malu dužinu transporta. Vrlo česta je ciklična smjena keramičkih glina i lignitskih ugljeva sa kvarcnim pijeskovima. Izražena heterogenost i anizotropija ležišnih uslova u prostoru.	Dokazane 540.121 m ³ ili 1.134.254 t
		+	Lipovac – Brezici Karanovac			Pretpostavljene 5.500.000 m ³ ili >11.000.000 t
	+		Mušića rijeka, Lužani, Kojići, Gušte Porječina			Rezultati istraživanja Izdanci i zone dekameterskih i hektometarskih dimenzija perspektivne
	+		Bisići – Šešlaci Petrovo			
		+	Pribava			Pretpostavljene 3-5 miliona t kvarcnog pijeska
		+	D. Lohinja			
Krečnjak  Tehnički građevinski kamen		+	Karabegovac Lipac	Pc, E, (masivni i slojeviti, do bankoviti krečnjaci) Pl, i PlQ, (al - šljunak, pijesak i glina), (e - "in situ" tvorevine humusa, gline i zaglinjeni komadi karstifikovanog krečnjaka), (nm - nasuti i predeponovani materijal antropogenog karaktera)	Sedimentne marinske tvorevine. Organogeni krečnjaci klastičnog karaktera, visoka energija sredine stvaranja	Dokazane 4.597.369 m ³ C ₂ +D ₁ 11.570.146 m ³
			Orlovača Lipac			Dokazane 1.219.332 m ³
		+	Drijenča			Dokazane 3.777.813 m ³
		+	Sklop			Dokazane 3.252.182 m ³
		+	Greblje			Dokazane 1.246.345 m ³
Boksiti 	+		Stjepan polje "Džebe"	U sastav gornjokrednih sedimenata na lokalitetima ulaze pješčari i laporci i razuđene pojave boksita, brečasti i laporoviti, mrkocrvene boje	Taloženje na karstifikovanim krečnjacima gornje jure.	Rezultati istraživanja 340.000 m ³
Dijabazi 	+		Donja Lohinja "Durać"	U dijabazrožnoj formaciji od magmatskih stijena javljaju se dijabazi, melanža i ofiolita kredne: konglomerati, brečasti krečnjaci, laporci, laporoviti krečnjaci i rjeđe krečnjaci sa konglomeratima, terciarne razne vrste sedimenata	Hipoabisalna (potpovršinska ili žična) vulkanska stijena	Rezultati istraživanja 400.000 m ³

Tabela 1. Pregled mineralno sirovinskog potencijala nemetaličnih mineralnih sirovina šireg područja Gračanice po PERC u

3. ZAKLJUČAK

Rad je koncipiran u cilju prikaza kompleksnih parametara potencijalnosti i kvalitativnih odlika ležišta i pojava nemetalnih mineralnih sirovina šireg područja Gračanice prema klasifikaciji PERC-a.

Sistematskim pristupom na obradi ove teme, korištenjem najnovijih istraživanja i relevantnih podataka dobijenih terenskim, laboratorijskim i industrijskim geološko-istražnim radovima u zadnjih nekoliko godina te korištenjem novog konceptijskog pristupa, definisan je jedan viši stepen istraženosti kvalitativno-kvantitativnih karakteristika ležišta i pojava nemetalnih mineralnih sirovina i određivanje potencijalnosti i rudnih rezervi prema klasifikaciji PERC-a te mineralno sirovinskog potencijala šireg područja Gračanice, što je izuzetno važno za buduće prostorno planiranje, urbanizaciju, valorizaciju prirodnih resursa te mjere zaštite prirode i životne sredine.

REFERENCE

1. Baraković D. : „Ležišta i pojave nemetalnih mineralnih sirovina šireg područja Gračanice“Doktorska disertacija.:Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Univerziteta u Tuzli, 2018 str. 1-154.[6]
2. International Template for the Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves (The CRIRSCO Template), 2013. Dostupno na: http://www.criirco.com/templates/international_reporting_template_november_2013.pdf
3. Pan-European Standard for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Reserves (PERC Standard), 2013. Dostupno na: http://www.criirco.com/perc_reporting_standard_2013.pdf [2]
4. Pravilnik o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima, Službene novine br. 36/12. [5]
5. United Nations International Classification for Reserves/Resources: Solid Fuels and Mineral Commodities, 2009. Dostupno na: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/unfc2009/UNFC2009_ES39_e.pdf [3]
6. Zakon o geološkim istraživanjima, Službene novine FBiH broj 9/10 i 14/10. i zakon o rudarstvu FBiH broj: 26/10. [4]

OPTIMIZACIJA REZERVOARSKOG PROSTORA SA ASPEKTA RACIONALIZACIJE VODOVODNIH SISTEMA

Jasmin Hrnjadović¹, Anadel Galamić², Mufid Tokić³

SAŽETAK

Sistem vodosnabdijevanja naselja predstavlja skup objekata i mjera povezanih u funkcionalnu cjelinu s osnovnim ciljem osiguranja dovoljne količine kvalitetne vode na što ekonomičniji način. Cilj istraživanja ovog rada je da se analizom više varijantnih rješenja uspostavi funkcionalna zavisnost pojedinih parametara sistema, te da se dođe do optimalne varijante koja sa tehničkog i ekonomskog aspekta daje najprihvatljivije rješenje. S tim u vezi analizirane su dvije varijante potisnog cjevovoda sistema vodosnabdijevanja, sa akcentom na iznalaženje optimalnog varijantnog rješenja sa aspekta racionalizacije rezervoarskog prostora. Prva varijanta predstavlja posojeći vodovodni sistem naseljenog mjesta Sjenina kod Doboja sa trostepenim pumpanjem vode iz vodozahvata (postojećeg rezervoara susjednog naselja) prema rezervoarima R1, R2 i R3, odakle se vrši gravitaciono snabdijevanje vodom naselja. Drugo varijantno rješenje tretira sličan sistem razmatranog vodovoda ali sa dvostepenim pumpanjem vode na više zone prema rezervoarima R1 i R2, tj. izostavljen je jedan rezervoar čime se teži umanjenoj inicijalnih troškova izgradnje sistema.

Ključne riječi: sistem vodosnabdijevanja, potisni cjevovod, rezervoar, pumpna stanica

UVOD

Među mnogim granama savremene tehnike usmjerenih na povećanje životnog standarda, urbanizaciju naselja i razvoj industrije, snabdijevanje vodom zauzima značajno mjesto. Snabdijevanje stanovništva čistom i kvalitetnom vodom ima prvenstveno veliku higijensku važnost jer štiti ljude od raznih oboljenja koja se prenose vodom. Osiguranjem i dovođenjem dovoljne količine vode u naseljeno mjesto omogućava se podizanje općeg životnog standarda čovjeka i uređenje njegovog okoliša. Potrošnja vode utoliko je veća ukoliko je voda dostupnija. Da bi se zadovoljile potrebe savremenih višemilionskih gradova, potrebne su značajne količine vode, koje se dnevno mjere milionima kubnih metara.

Ako se uzme u obzir da izgradnja jednog vodovodnog sistema zahtijeva značajna ulaganja, a vrlo često i sami pogonski troškovi mogu biti dosta veliki (npr. kod potisnog sistema), odabir optimalnog sistema vodosnabdijevanja predstavlja značajan korak u realizaciji ovakvih projekata. Stoga je neophodno izvršiti detaljna prethodna istraživanja i opsežne analize kako bi se došlo varijantnog rješenja koje uz minimalna početna ulaganja i pogonske troškove daje tehnički zadovoljavajuće rješenje.

U ovom radu provest će se analiza dijela vodovodnog sistema, koji tretira potisni vod, kojim se voda od vodozahvata transportuje do rezervoara. Cilj je da se dođe do optimalnog rješenja sa aspekta iskorištenosti i racionalizacije rezervoarskog prostora.

1. GRAVITACIONI SISTEM VODOSNABDIJEVANJA

Kod gravitacionih sistema tečenje vode se primarno odvija pod pritiskom, (slika 1), ili kombinovano (pod pritiskom i sa slobodnim vodnim licem). Dakle, tlačni režim je kod gravitacionih sistema vodosnabdijevanja

¹ Jasmin Hrnjadović, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2, Tuzla, Bosnia and Herzegovina

² Anadel Galamić, "GPP Banovići" d.o.o. Banovići, Armije BIH 36, Bosnia and Herzegovina

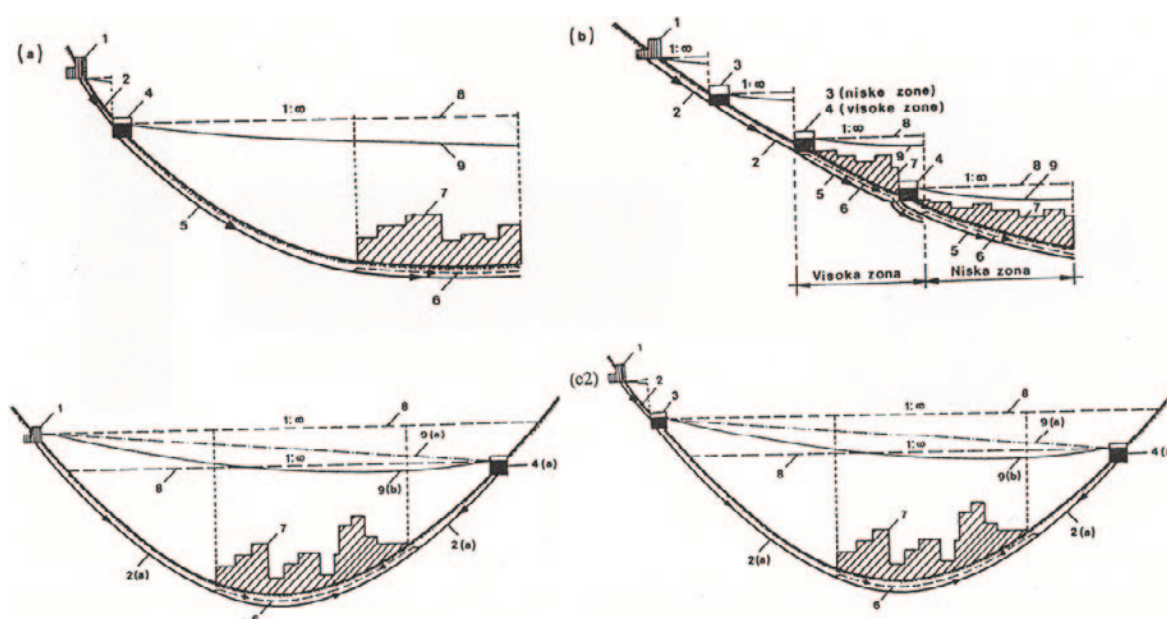
³ Mufid Tokić, JP „Spreča“ d.d. Tuzla, Aleja A.Izetbegovića 29/7, Bosnia and Herzegovina

najčešći i mora se iz funkcionalnih razloga osigurati kod glavnih distributivnih i razdjelnih cjevovoda, dok kod glavnih dovodnih cjevovoda, ako topografske karakteristike dozvoljavaju, tečenje može biti i sa slobodnim vodnim licem (mada iz zdravstvenih razloga, pogotovo ako se radi o otvorenim kanalima, nije poželjno). Prednosti gravitacionog sistema su pouzdanost u radu i minimalni pogonski troškovi (bez utroška električne energije).

Kod prikaza šeme ovakvog sistema (što će važiti i za naredne), nije ucrtan uređaj za kondicioniranje vode, jer bi se zbog višestrukih mogućnosti njegovog smještaja broj prikaza sistema vodosnabdijevanja samo multiplicirao, ali bez bitnih pogonskih razlika. Lokacija uređaja za kondicioniranje je diktirana topografskim prilikama i veličinom (kapacitetom) uređaja, a obavezna je prije rezervoara čiste vode.

Ovisno o visinskim odnosima u sistemu, mogu se, radi regulisanja pritiska (ako bi pritisak prelazio dopušteni) interpolirati prekidne komore (slika 1.(b)), između vodozahvata i rezervoara, ili između rezervoara i potrošača. Tada se dobije sistem s više visinskih zona, tj. zonirani sistem vodosnabdijevanja.

U gravitacionom sistemu se može pojaviti i slučaj da su potrošači (naselje) između vodozahvata i rezervoara, (slika 1.(c)). Tada se dobije sistem s kontrarezervoarom, gdje voda u rezervoar dotiče i iz rezervoara otiče istim cjevovodom. Kao što sa spomenute slike vidimo, i u ovome je slučaju moguć sistem bez prekidne komore, (slika 1.(c1)), ili sa prekidnom komorom, (slika 1.(c2)).

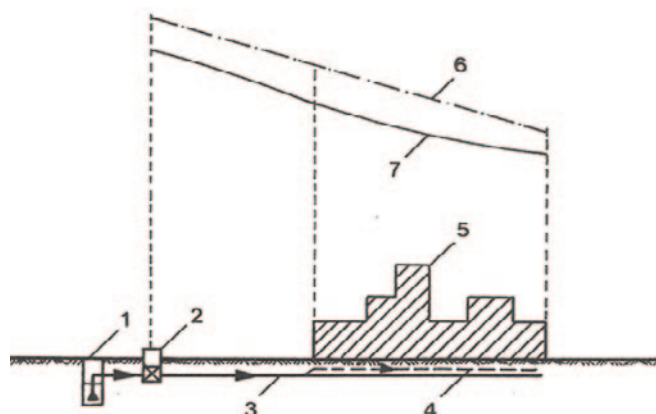


Slika 1. Šeme gravitacionih sistema vodosnabdijevanja

- (a) tipični gravitacioni sistem; (b) zonirani gravitacioni sistem; (c) gravitacioni sistem s kontrarezervoarom
- 1 - vodozahvat; 2 - glavni dovodni cjevovod; 2(a) - glavni dovodno – opskrbeni cjevovod; 3 - prekidna komora; 4 - rezervoar;
- 4(a) - kontrarezervoar; 5 - glavni opskrbeni cjevovod; 6 - razdjelna mreža; 7 - potrošači; 8 - linija hidrostatičkog pritiska;
- 9 - linija hidrodinamičkog pritiska; 9(a) - linija hidrodinamičkog pritiska u satu najmanje potrošnje;
- 9(b) - linija hidrodinamičkog pritiska u satu najveće potrošnje

2. POTISNI SISTEMI VODOSNABDIJEVANJA

Kod potisnog sistema (slika 2.), voda se pumpama direktno iz izvorišta potiskuje potrošačima. Prednosti ovakvih sistema su prvenstveno umanjeni početni troškovi (troškovi izgradnje sistema) zbog izbjegnuto rezervoara i manje dužine cjevovoda. Ovi se sistemi uglavnom primjenjuju za manja naselja, izuzetno rijetko za veća, prvenstveno zbog znatnih pogonskih troškova uslovljenih gotovo neprekidnim radom pumpi.

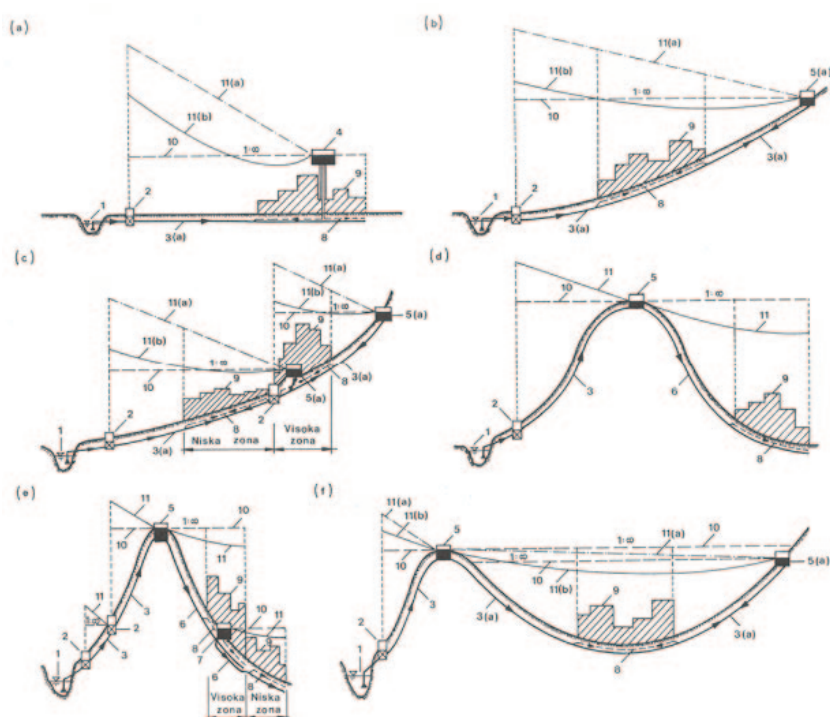


Slika 2. Šema potisnog vodovodnog sistema

- 1 - vodozahvat; 2 - pumpna stanica; 3 - glavni opskrbeni cjevovod; 4 - razdjelna mreža; 5 - potrošači;
6 - linija hidrodinamičkog pritiska u satu najmanje potrošnje;
7 - linija hidrodinamičkog pritiska u satu najveće potrošnje

3. KOMBINOVANI SISTEMI VODOSNABDIJEVANJA

Kod kombinovanih sistema, (slika 3.) , mogući su različiti podsistemi, ali tečenje vode je uvijek pod pritiskom.



Slika 3. Šeme kombinovanih sistema vodosnabdijevanja

(a) kombinovani sistem s vodotoranjem; (b) kombinovani sistem s kontrarezervoarom; (c) zonirani kombinovani sistem;

(d) kombinovani indirektni sistem; (e) zonirani kombinovani indirektni sistem; (f) kombinovani indirektni sistem s kontrarezervoarom

- 1 - vodozahvat; 2 - pumpna stanica; 3 - glavni dovodni cjevovod; 3(a) glavni dovodno - opskrbeni cjevovod;
4 - vodotoranj; 5 - rezervoar; 5(a) kontrarezervoar; 6 - glavni opskrbeni cjevovod; 7 - prekidna komora; 8 - razdjelna mreža; 9 - potrošači; 10 - linija hidrostatskog pritiska; 11 - linija hidrodinamičkog pritiska; 11(a) - linija hidrodinamičkog pritiska u satu najmanje potrošnje; 11(b) linija hidrodinamičkog pritiska u satu najveće potrošnje

U praksi je česta kombinacija potisnog i graviracionog sistema s vodotornjem (slika 3.(a)), gdje sve količine vode treba pumpati pošto je vodozahvat na nižim kotama od naselja. Primarna funkcija vodotornja je izravnjanje potrošnje u odnosu na odabrani režim rada pumpne stanice. Ovo je pouzdanija šema u odnosu na potisni sistem, jer se iz vodotornja može osigurati (kratkotrajno) snabdijevanje vodom u slučaju kvara pumpi. Osim toga, ovakav je sistem i jeftiniji od potisnog, jer se zbog djelimičnog izravnjanja potrošnje vode iz vodotornja smanjuje potrebni kapacitet pumpne stanice i omogućava njen ekonomičniji pogon u razdobljima jeftinije električne energije.

4. ANALIZA REZERVOARSKOG PROSTORA - VARIJANTA I

Rezervoarski prostor dimenzionira se na osnovu maksimalne dnevne potrošnje vode uzevši u obzir režim potrošnje, kao i režim dotoka vode u rezervoarski prostor. Režim dotoka vode u rezervoarski prostor zavisi od režima rada pumpne stanice. Za razmatrani vodovodni sistem projektnim zadatkom je definisan koeficijent izravnjanja rezervoarskog prostora $k_r=0,35$ koji će biti korišten u daljnjoj analizi varijantnih rješenja vodovoda.

U prvoj varijanti (izvedeno stanje vodovoda), shodno topografiji terena i uslovima naseljenosti, formirane su tri zone vodosnabdijevanja. Donjoj zoni (zoni I) pripada 35 % $Q_{max,dn}$, srednjoj zoni (zoni II) 30% $Q_{max,dn}$ i gornjoj zoni (zoni III) 35% $Q_{max,dn}$.

Pored radne zapremine rezervoara, u sklopu rezervoarskog prostora potrebno je osigurati i količinu vode za gašenje požara, za trajanje požara od najmanje 2 sata.

Tome je potrebno dodati i rezervnu zapreminu koja iznosi 25% od zbira fluktuirajuće i protivpožarne zapremine. Ukupna zapremina rezervoara računa se prema obrascu:

$$V_{uk} = V_f + V_p + V_r$$

- V_f – fluktuirajuća zapremina
- V_p – požarna zapremina
- V_r – rezervna zapremina

U tabeli 1 prikazane su vrijednosti dobijene analizom vodovodnog sistema sa trostepenim pumpanjem vode.

visinske zone	$Q_{max,dn}$ (l/s)	(%)	Potr. po zonama $Q_{max,dn}$ (l/s)	V_f (m ³)	V_p (m ³)	V_r (m ³)	V_{sk} (m ³)	V_{uv} (m ³)
(zona I)	12,65	35	4,43	133,96	72,00	51,48	257,44	2x125=250
(zona II)	12,65	30	3,80	114,91	36,00	37,73	188,64	2x100=200
(zona III)	12,65	35	4,43	133,96	36,00	42,49	212,45	2x125=250

Tabela 1. Prikaz potrebnih i usvojenih zapremina rezervoarskog prostora

5. ANALIZA REZERVOARSKOG PROSTORA - VARIJANTA II

U drugoj varijanti razmatra se vodovodni sistem formiran u dvije visinske zone vodosnabdijevanja. Shodno uslovima naseljenosti procijenjeno je da na obje zone otpada po 50% $Q_{max,dn}$ i 50% $Q_{max,h}$.

Svi ostali ulazni parametri za proračun su isti kao i u prvom varijantnom rješenju.

Prema tome, ukupna zapremina rezervoara računa se prema obrascu:

$$V_{uk} = V_f + V_p + V_r$$

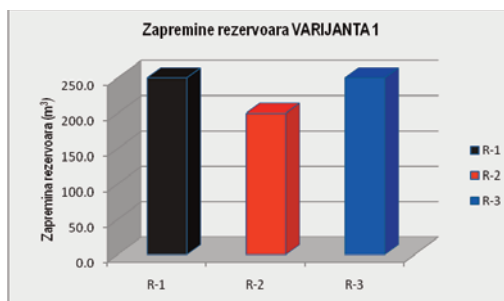
- V_f – fluktuirajuća zapremina
- V_p – požarna zapremina
- V_r – rezervna zapremina

visinske zone	$Q_{max,dn}$ (l/s)	(%)	Potr. po zonama $Q_{max,dn}$ (l/s)	V_f (m ³)	V_p (m ³)	V_r (m ³)	V_{sk} (m ³)	V_{uv} (m ³)
(zona I)	12,66	50	6,33	191,42	72,00	65,86	329,28	2x165=330
(zona II)	12,66	50	6,33	191,42	72,00	56,86	284,28	2x150=300

Tabela 2. Prikaz potrebnih i usvojenih zapremina rezervoarskog prostora

6. OPTIMIZACIJA REZERVOARSKOG PROSTORA

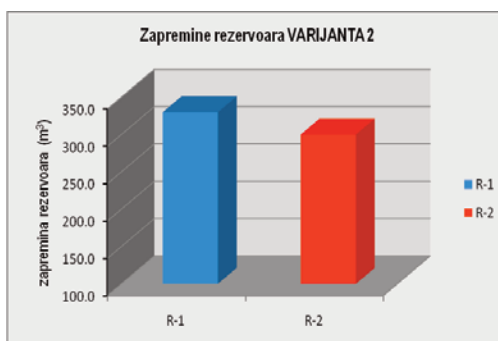
Prvo varijantno rješenje tretira trostepeno pumpanje vode iz izvorišta (postojećeg rezervoara) do potrošača. Dakle ovaj sistem sadrži tri rezervoara. Rezervoar R1 ima zapreminu od $2 \times 125 = 250 \text{ m}^3$, rezervoar R2 zapreminu od $2 \times 100 = 200 \text{ m}^3$ i R3 ukupnu zapreminu od $2 \times 125 = 250 \text{ m}^3$ (slika 4.).



Slika 4. Prikaz rezervoarskog prostora za varijantu 1

Ukupna korisna zapremina rezervoarskog prostora za prvu varijantu sistema vodosnabdijevaja iznosi:
 $V_{uk} = 250 + 200 + 250 = 700,00 \text{ m}^3$

U drugom varijantnom rješenju je izostavljen jedan rezervoar tako da se dobije sistem sa dvostepenim pumpanjem vode. Prvi rezervoar R1 ima zapreminu od $2 \times 165 = 330 \text{ m}^3$, a rezervoar R2 zapreminu od $2 \times 150 = 300 \text{ m}^3$ (slika 5.).



Slika 5. Prikaz rezervoarskog prostora za varijantu 2

Ukupna korisna zapremina rezervoarskog prostora za drugu varijantu sistema vodosnabdijevaja iznosi:

$$V_{uk} = 330 + 300 = 630,00 \text{ m}^3$$



Slika 6. Potreban rezervoarski prostor za razmatrane varijante

Na osnovu prethodno izloženog vidljivo je da je za drugo varijantno rješenje sistema vodosnabdijevanja potreban manji rezervoarski prostor za 70 m^3 u odnosu na prvu varijantu, tj. moguće je postići uštedu od oko 10% od ukupne cijene izgradnje rezervoara. Naravno, pored inicijalnih troškova izgradnje, znatna je ušteda je i u troškovima održavanja sistema. U varijanti 2 imamo jedan rezervoar manje, odnosno jednu pumpnu stanicu manje, što bi značilo i smanjene pogonskih troškova sistema, odnosno troškova održavanja pumpne stanice.

7. ZAKLJUČCI

U prethodnim poglavljima provedena je analiza dvije varijante sistema vodosnabdijevanja naselja. Kao podloga za analizu odabran je postojeći vodovodni sistem ruralnog naselja Sjenina i Sjenina Rijeka na području grada Doboja, pri čemu je postojeće stanje vodovoda analizirano kao prvo varijantno rješenje sistema vodosnabdijevanja. Ovo varijantno rješenje tretira trostepeno pumpanje vode potisnim cjevovodom do rezervoara R_1 , R_2 i R_3 na različitim visinskim kotama, odakle se vrši snabdijevanje vodom naselja gravitacionim putem.

U drugom varijantnom rješenju izostavljen je jedan rezervoar i pumpna stanica tako da se dobije dvostepeno pumpanje vode do rezervoara R_1 i R_2 , odakle se voda gravitaciono transportuje do potrošača kao u prvoj varijanti.

Cilj istraživanja u ovom radu bio je da se detaljnom analizom svih uticajnih parametara dođe do optimalnog rješenja potisnog cjevovoda i pratećih objekata (rezervoari, pumpne stanice, oprema cjevovoda i sl.) kako bi se razmotrila mogućnost pronalaska eventualno povoljnijeg rješenja sistema vodosnabdijevanja za razmatrano naselje.

S tim u vezi, provedena je analiza nekoliko parametara koji bitno utiču na tehničko-ekonomske karakteristike jednog vodovodnog sistema. Analizom potrebnog rezervoarskog prostora došlo se do zaključka da je drugo varijantno rješenje povoljnije jer zahtijeva manju korisnu zapreminu svih rezervoara, što što sa ekonomskog aspekta donosi uštedu od približno 10% investicije izgradnje rezervoara u sistemu. Takođe je bitno napomenuti da su i troškovi održavanja sistema manji u drugoj varijanti jer ista sadrži jedan rezervoar manje.

8. REFERENCE

- [1] Hrnjadović J.: „Optimizacija cjevovoda pod visokim hidrostatičkim pritiscima u potisnom i gravitacionom vodu kod izgradnje vodovoda – magistarski rad“, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Univerziteta u Tuzli
- [2] Ivetić M.: „Računska hidraulika – tečenje u cevima“, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 1996.
- [3] Janežič Z., Kupusović T.: „Zbirka riješenih problema iz hidraulike sa zadacima za vježbu“, Građevinski fakultet Sarajevo, Sarajevo 1987.
- [4] Kupusović T.: „Hidraulika – interna skripta“, Građevinski fakultet Sarajevo, Sarajevo 2012.
- [5] Kupusović T.: „Mehanika fluida“, IP Svjetlost d.d. Sarajevo, 1998.
- [6] Milojević M.: „Snabdevanje vodom i kanalisanje naselja - šesto izdanje“, Građevinski fakultet Beograd, Beograd 2003.
- [7] Vuković Ž.: „Osnove hidrotehnike (prvi dio)“, Akvamarine Zagreb, Zagreb 1995.
- [8] Vuković Ž.: „Opskrba vodom i odvodnja I“, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2013.

UTVRĐIVANJE OKOLNOSTI I UZROKA UPALE METANA U KOMORNOM OTKOPU PRIMJENOM CFD SIMULACIJE GASNO-VENTILACIONIH PARAMETARA

Jelena Marković¹, Rijad Šišić², Zvezdan Karadžin³

SAŽETAK

Cilj rada je rasvjetljavanje akcidenta koji se desio 2009. godine u jami „Stranjani“ RMU Zenica kada je došlo do lokalne upale metana tokom izolacije komornog otkopa u kome se odvijao oksidacioni proces. Prilikom analize scenarija akcidenta u komornom otkopu, od momenta pojave oksidacionog procesa do upale metana, uz pomoć CFD simulacije gasno-ventilacionih parametara utvrđene su okolnosti i uzrok upale metana. Upalu metana uzrokovalo je zarušavanjem krovine u području vrha komornog otkopa čime je pokrenuto potiskivanje uslojenog metana u zonu intenzivnog oksidacionog procesa u sigurnosnom mostu komornog otkopa. Od posljedica upale metana povrijeđeno je sedam radnika koji su se nalazili u prostoriji izlaza iz otkopa, odnosno u pravcu širenja plamenog talasa. Jedan radnik je smrtno stradao na licu mjesta, a šest radnika je usljed termičkog uticaja zadobilo teže povrede.

Cljučne riječi: oksidacioni proces, upala metana, CFD simulacija, komorni otkop, zarušavanje krovine.

1. UVOD

Uzroci samoupale uglja, a time i pojave endogenih požara u jami Stranjani direktno su povezani sa složenim prirodnim uslovima eksploatacije koje se ogledaju u kompleksnim geološkim uslovima, velikoj metanonosnosti ugljenog sloja i izraženoj sklonosti uglja ka samoupali. Obzirom na izraženu prirodnu sklonost uglja ka samoupali i uticaj tehnoloških faktora, u ovoj jami česte su pojave oksidacionih procesa u starim radovima komornih otkopa usljed nepravovremene izolacije nakon njihove eksploatacije.

Karakteristično za ovu jamu je da se otkopavanje uglja primjenom komorno stubne metode vrši u složenim geološkim uslovima, što se ogleda u vrlo čestim pojavama rasjeda sa skokovima od 0,5-12 m, i pravcem pružanja koji je najčešće dijagonalan na pružanje ugljenog sloja. Pored dijagonalnih rasjeda, manji broj rasjeda ima pravac približan padu ili pružanju ugljenog sloja. Navedeni rasjedi formiraju nepravilnu parketnu strukturu glavnog ugljenog sloja, koja uslovljava povećanje obima radova uže pripreme, smanjuje iskorištenje sloja, te prouzrokuje niz drugih problema koji utiču na efikasno provođenje projektovane komorne metode otkopavanja. Smjer otkopavanja komornih otkopa je od ventilacionog ka transportnom hodniku, približno padu sloja, čime je uslovljeno da fronta radova otkopavanja u polju ima smjer približno pružanju sloja.

Provjetravanje komornog otkopa vrši se protočnom vazdušnom strujom koja je u seriji sa otkopnim pripremama. Na komorni otkop vazduh se uvodi podnim (transportnim) i krovim uskopom, a izvodi se kroz komorni otkop ili stari rad u ventilacioni hodnik.

¹ Prof. Jelena Marković, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2, Tuzla, Bosnia and Herzegovina, jelena.markovic@untz.ba

² Prof. Rijad Šišić, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2, Tuzla, Bosnia and Herzegovina, rijad.sisic@untz.ba

³ Prof. Zvezdan Karadžin, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2, Tuzla, Bosnia and Herzegovina, zvezdan.karadzina@untz.ba

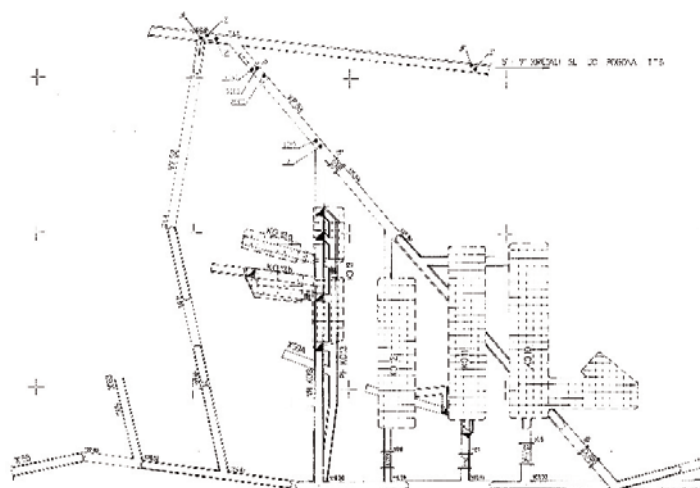
Pri normalnoj eksploataciji uglja metan se izdvaja u jamske prostorije u vidu eshalacije i pojave brojnih puhača, čineći na taj način prostu gasnu smjesu sa jamskim zrakom. Pojava jamskog požara uzrokom je nastajanja znatno složenijeg gasnog sastava jamskog vazduha, u kojem se javlja i izvjesna količina ugljenmonoksida i ostalih gasova kao rezultat nepotpunog sagorijevanja uglja zahvaćenog požarom. Na ovaj način dolazi do formiranja složenih gasnih smjesa, čija upala najvećim dijelom zavisi od sadržaja gorivih komponenti u jamskom zraku, sadržaja kisika i postojanja izvora upale [4].

Gasonosnost dubinskog dijela ugljenog sloja, u kojem se desio akcident nije rađena, ali je za ovaj dio jame evidentna učestala pojava izvorišta metana (puhača) kod izrade otkopnih prostorija i otkopavanja otkopa, te visoka apsolutna ($2630,8 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{smjeni}$) i relativna metanobilnost ($35,15 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{t}$) [5].

2. HRONOLOGIJA AKCIDENTA

Dana 14.03.2009. godine u 10h došlo je do lokalne upale metana u komornom otkopu (KO-13) u kome se odvijao oksidacioni proces, pri čemu je ozlijeđeno sedam radnika, od kojih šest teže i jedan sa smrtnim posljedicama. U vrijeme upale metana povrijeđeni radnici su radili na izolaciji starog rada komornog otkopa, odnosno na izradi muljnog čepa 109 na izlaznoj strani komornog otkopa na lokaciji ventilacionog hodnika br. 53 [2]. Lokacija otkopa KO-13 u aktivnom dijelu jame prikazana je na slici 1.

Lokacija oksidacionog procesa u ostavljenom sigurnosnom mostu KO-13 utvrđena je u podnom dijelu jamske prostorije koja je eksploatisala krovni dio ugljenog sloja. Prostorija u krovnom dijelu sloja je ranije izrađena i imala je namjenu ventilacione veze za otkopno polje. Budući da je ta prostorija bila duže vrijeme u kontaktu sa vazduhom stekli su se uslovi za razvoj oksidacionog procesa. Kao mjera sanacije oksidacionog procesa vršeno je polijevanje vodom mjesta oksidacije u svakoj smjeni od strane nadzorno tehničkog-osoblja.



Slika 1. Lokacija KO-13 u aktivnom dijelu jame "Stranjani" [5]

Odmah nakon uočavanja pojave oksidacije dana 03.03.2009. godine, u cilju praćenja njegovog razvoja uvedena je svakodnevna kontrola gasnog stanja cijelog ugroženog područja. Rezultat ovog oksidacionog procesa je povećanje koncentracije ugljenmonoksida i metana u izlaznoj vazdušnoj struji komornog otkopa. Koncentracije metana u izlaznoj vazdušnoj struji iz KO-13, su varirale i kretale se od 0,7 do 2,2 %. Složene tektonske promjene u ležištu izazivale su stalno obrušavanje krovine u starom radu KO što je uzrokovalo povećanje koncentracije metana iznad maksimalno dozvoljenih vrijednosti (u periodu od 03.03-08.03.).

Neposredno iznad mjesta oksidacionog procesa nalazi se stari rad čija zapremina iznosi oko 2500 m^3 . Izdvajanja metana u zarušeni dio KO su bila konstantna i prostor se ispunjavao visokim koncentracijama metana, a kao rezultat odsustva turbulentnog režima provjetravanja pri stropu je došlo do uslojavanja.

Porast temperature i sadržaja ugljenmonoksida u izlaznoj vazdušnoj struji iz KO-13 uočen je 13.03. godine u III smjeni sa tendencijom rasta sve do upale metana koja se desila 14.03.2009. u 10 sati, kada je konstatovana maksimalno izmjerena koncentracija CO od 0,0105 %.

Sudeći prema efektima koji su nastali nakon ove upale, može se zaključiti da je pritisak koji se razvio pri ovoj upali metana bio ispod 0,15 bara, obzirom da nije došlo do velikih mehaničkih razaranja u jamskim prostorijama.

Tabela 1. Karakteristike raznih vrsta spaljivanja metana [6]

Forma spaljivanja	Pritisak talasa eksplozije* bar	Brzina rasprostiranja plamena m/s
Mirno spaljivanje	Neznačajan	0,5 – 0,6
Upala	< 0,15	2 – 10
Eksplוזija	> 0,15	< 330
Detonacija	do 40 – 50	> 330 i do 2000 – 8000

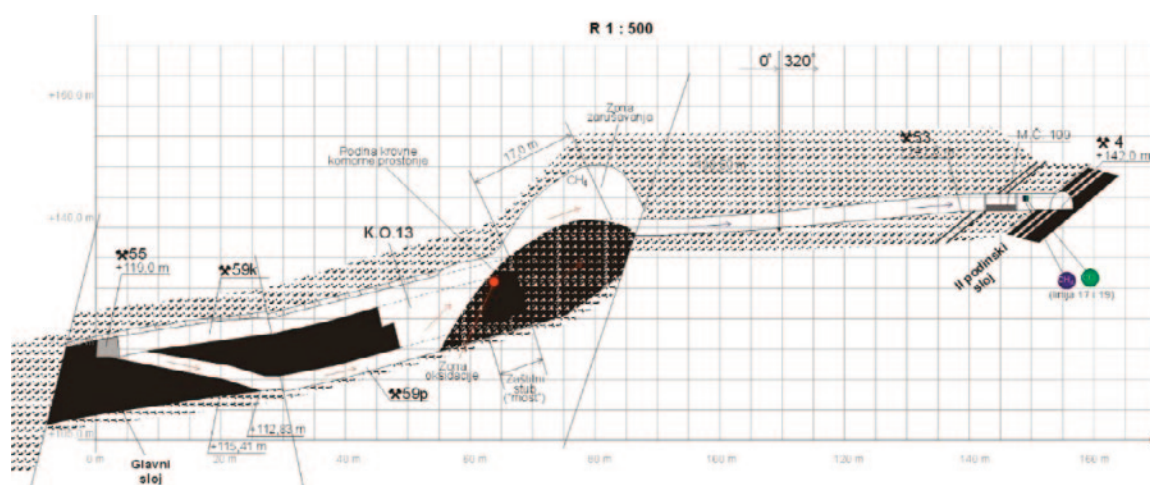
*Pritisak talasa eksplozije od 0,15 bara je najmanji pritisak kod kojeg može doći do uništenja objekata i ljudskih žrtava

Sedam radnika koji su se našli na putu udarnog talasa pretrpjeli su teže ozljede a jedan od radnika, koji je bio u stojećem položaju, prema nalazu obdukcije, pretrpio je najveću silinu udara i dodir plamenog talasa koji je izazavao smrtonosne ozljede. Na bazi činjenica do kojih se došlo obdukcijom preminulog radnika izračunata je brzina plamena upale metana, i ona iznosi ~15 – 20 m/s [3] [8]. Rezultati analize krvi radnika na sadržaj karboksi hemoglobina ukazuju da nije došlo do trovanja ugljenmonoksidom i da je reakcija metana sa kiseonikom iz vazduha tekla u smjeru nastajanja ugljendioksida, odnosno sagorijevanje je bilo potpuno.

3. CFD SIMULACIJA GASNO-VENTILACIONIH USLOVA

Sa ciljem rasvjetljavanja uzroka upale metana izvršena je konstrukcija simulacionog modela za proračun primjenom metode konačnih zapremina (Fynite Volume Method), odnosno simulacione analize primjenom softvera za računarsku numeričku simulaciju mehanike fluida (CFD-Computational Fluid Dynamics).

Prostorne i geometrijske osnove su preuzete iz situacionog plana jame i druge operativno-tehničke dokumentacije (slika 2), na osnovu čega je konstruisan simulacioni model.



Slika 2. Profil komornog otkopa br. 13

Granice modela postavljene su tako da se proračunom obuhvati neposredno prostor u kome se odvijao proces zarušavanja krovine (stari rad KO-13), miješanje uslojenog metana sa vazduhom i upala. Zadržan je realan nivo detalja zbog mogućeg uticaja na dinamiku događaja.

Ulazni podaci za numeričku simulaciju upale metana definisani su na osnovu mjerenja gasno-ventilacionih parametara prije i poslije akcidenta [2] [5].

Za modeliranje reaktivnog kretanja fluida (strujanje fluida sa hemijskom reakcijom) korišćena je opcija Multiple Species kojom se modelira transport višekomponentne mješavine gasova, hemijske reakcije u zapremini, kao i interakcija turbulencije i hemijskih reakcija. U okviru odabranog modela definisane su vrste i uslovi odvijanja hemijskih reakcija kako bi se dokazala mogućnost stvaranja uslova za upalu metana.

Ostali najbitniji parametri fizičkog modela korištenog za proračun prikazani su u tabeli 2.

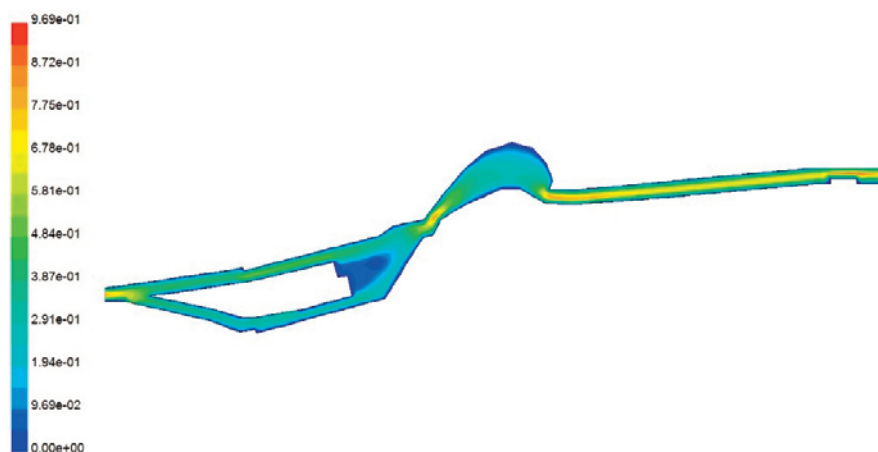
Tabela 2. Osnovni parametri korištenog fizičkog modela

Parametar	
Solver	<i>Segregacioni</i>
Model turbulencije	<i>k - ε</i>
Model reakcije	<i>eddy-dissipation</i>
Gustina fluida	<i>prema jednačini stanja za idealan gas</i>

Granični uslovi određuju vrstu granice domene proračuna i uslove koji vladaju na istim. Ulaznu granicu čini ulaz iz prostorije glavnog sloja (prostorija br. 55. K +119,0 m) definisana je brzinom kretanja vazduha ($v = 0,78 \text{ m/s}$). Izlaznu granicu iz domene proračuna predstavlja izlaz prostorija KO-13 u prostoriju II podinskog sloja (prostorija br. 4, K +142,0 m). Vazduh se, u normalnim uslovima ventilacije KO-13, kretao od prostorija glavnog sloja, kroz pripremne prostorije KO-13 ka prostoriji II podinskog sloja. Protočna ventilacija u vrijeme kada se dogodila upala metana svedena je na minimum, što je dodatno pridonijelo intenziviranju uslojavanja metana u stropu zone obrušavanja uslijed smanjenog intenziteta turbulentnog miješanja.

4. REZULTATI SIMULACIJE UPALE METANA

Na slici 3. prikazane su brzine kretanja vazduha kroz komorni otkop neposredno prije upale metana. Očigledno je da brzine vazduha u centralnom dijelu komore i u stropu zone obrušavanja teže nuli, što predstavlja povoljne uslove za lokalnu recirkulaciju vazduha ili izdvajanje i uslojavanje metana. Također, uski prolaz između centralnog aktivnog dijela komore i sigurnosnog mosta, odnosno zone zarušavanja (stari rad) iznad mosta, uzrokovao je ubrzavanje vazduha a time i intenzivniju izmjenu vazduha.



Slika 3. Konture brzine kretanja vazduha (m/s) kroz komorni otkop neposredno prije upale

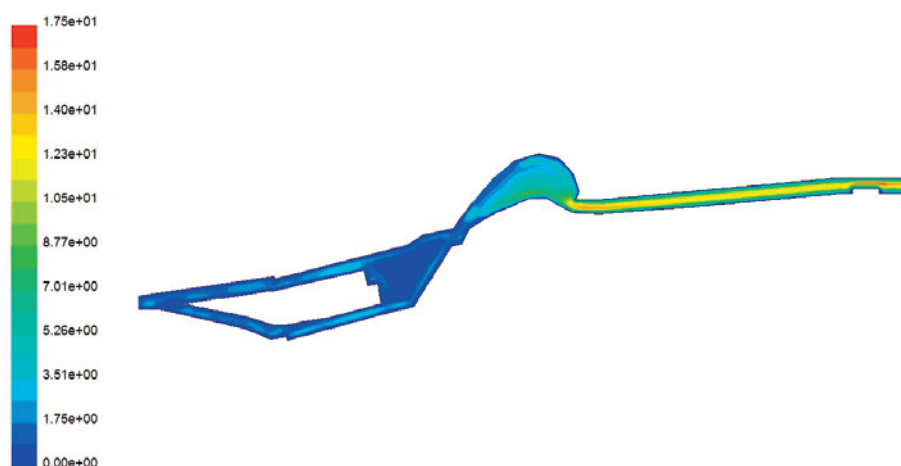
Nakon simulacije ventilacionih uslova koji su vladali u vrijeme izrade muljnog čepa br. 109, odnosno validacije modela za početne uslove neposredno prije akcidenta, simulirani su uslovi za upalu metana.

Uslojenom metanu u stropu zone zarušavanja saopćen je impuls, odnosno isti je potisnut ka zoni oksidacije ugljenog sloja u sigurnosnom mostu. Brzina kretanja metana prema zoni oksidacije iznosi $0,5 \text{ m/s}$, što simulira obrušavanje krovine. Istovremeno sa kretanjem od stropa ka zoni oksidacije, metan se miješa sa vazduhom. Kako je pretpostavljeno da su koncentracije smješe koja je upaljena oksidacionim

procesom u ugljenom sloju bile iznad gornje granice eksplozivnosti smješe metan-vazduh ($>15\%$), izveden je niz simulacija sa koncentracijama u intervalu od približno 15% do približno 50% metana. Ova koncentracija se odnosi na koncentraciju u potisnutom metanu, prije miješanja sa vazduhom. Izvor upale bila je zona oksidacije, u kojoj je fiksirana temperatura od 850 K (577 °C).

Nakon analize niza simulacija u kojima je varirana koncentracija metana, uočeno je da su osnovni fizički parametri upale metana (statički i dinamički pritisak, brzina kretanja plamena, temperatura plamena) relativno neovisni od početne koncentracije metana, odnosno da su varijacije u krajnjem ishodu upale metana manje od 10% za sve simulirane slučajeve. Ovo potvrđuje činjenicu da je ograničavajući faktor za razvoj upale u KO-13 bio sadržaj kiseonika u prisutnom vazduhu [6] [7].

Kao reprezentativni primjer izvedenih simulacija, na narednim slikama prikazani su rezultati sa masenim udjelom metana od $0,2\text{ kg/kg}$ (približno $0,161\text{ kg/m}^3$) u zoni zarušavanja. Na slici 4. prikazane su brzine plamenog talasa nakon upale metana u komornom otkopu.



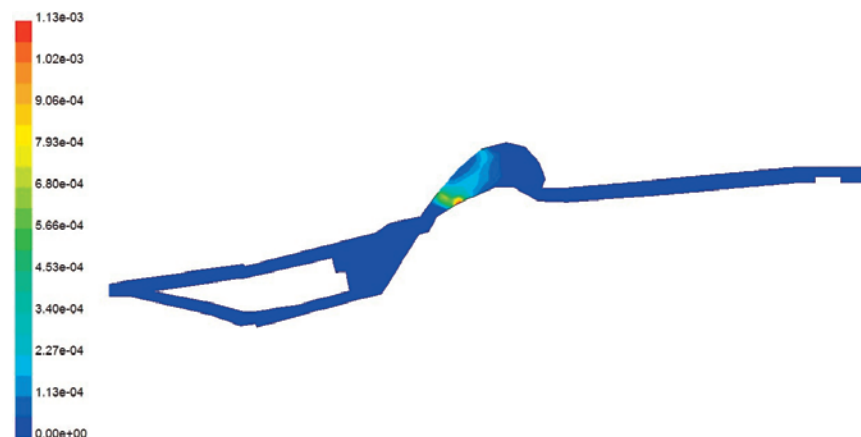
Slika 4. Konture brzina plamenog talasa nakon upale metana (m/s)

Prema simulaciji maksimalnu brzinu ($v_{pl} = 17,5\text{ m/s}$) plamen je dostigao na mjestu izrade muljnog čepa br. 109, lokaciji gdje su se nalazili nastradali radnici.

Pregledom mjesta nesreće nisu utvrđena značajnija oštećenja na opremi koja bi ukazala na visoke pritiske koje bi izazvalo intenzivnije deflagraciono sagorijevanje (eksplozija) metana.

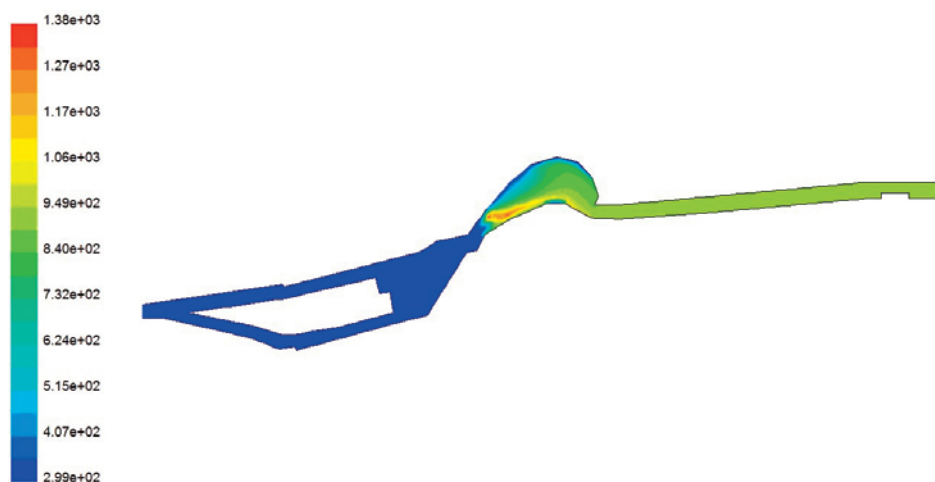
Numeričke simulacije su pokazale relativno mali prirast statičkog ($\Delta p_{st} = 212\text{ Pa}$) i dinamičkog pritiska ($\Delta p_{st} = 55,7\text{ Pa}$).

Na slici 5 prikazane su konture zone u kojoj se odvijala reakcija sagorijevanja metana. Zona reakcije obuhvata prednji dio zone obrušavanja, iznad sigurnosnog mosta. Ekspandirajući produkti sagorijevanja kreću se ka slobodnom prostoru zadnjeg dijela zone zarušavanja, odnosno prema muljnom čepu br. 109 i prostoriji br. 4. Uski prolaz između komornog otkopa i zone zarušavanja, kao i dinamički efekat ventilacije dodatno su usloveli kretanje produkata upale u pravcu mjesta izrade muljnog čepa br. 109.



Slika 5. Konture zone reakcije sagorijevanja smješe metan-vazduh

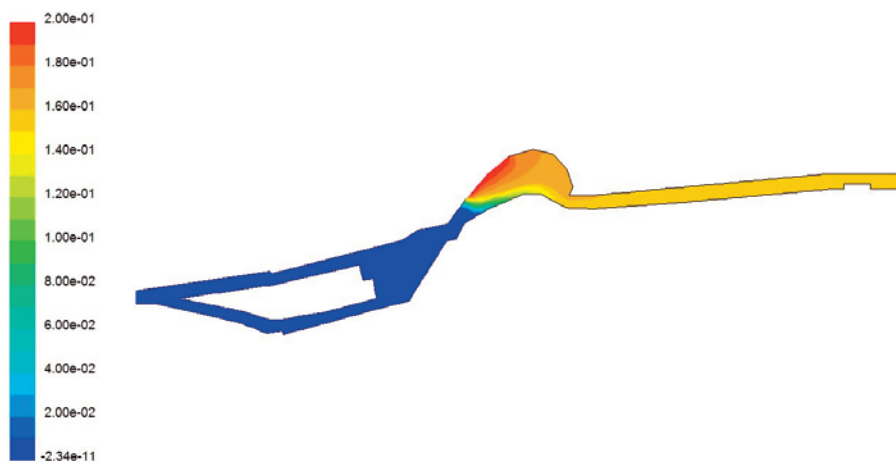
Rezultati simulacije sa dostignutim temperaturama u zoni reakcije i u prostorijama kretanja produkata sagorijevanja prikazani su na slici 6.



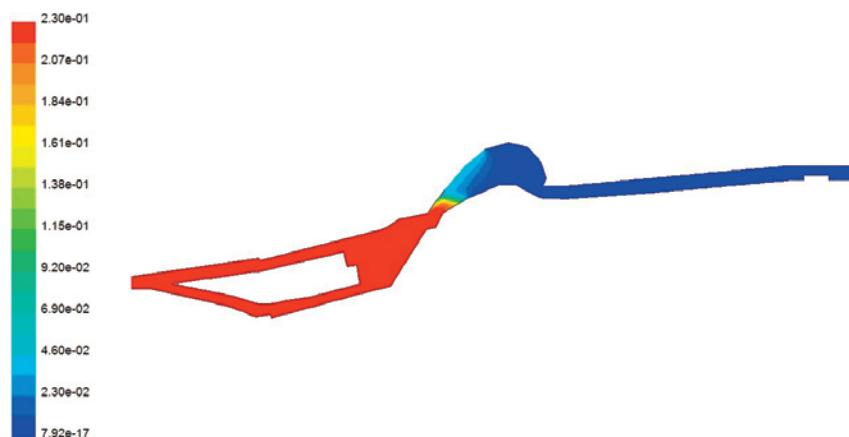
Slika 6. Konture temperature tokom upale smješe metan-vazduh

Primjećuje se da je maksimalna temperatura u zoni reakcije (1380 K), dok se temperatura produkata sagorijevanja u ostatku zone zarušavanja, hodniku i lokaciji muljnog čepa br. 109 kreće od 840 do 950 K. Ove temperature plamenog talas dovoljne su da izazovu opekotine, spaljivanje dlaka (obrve, trepavice), kao i opekotine disajnog trakta [1] kod radnika koji su radili na izradi muljnog čepa br. 109.

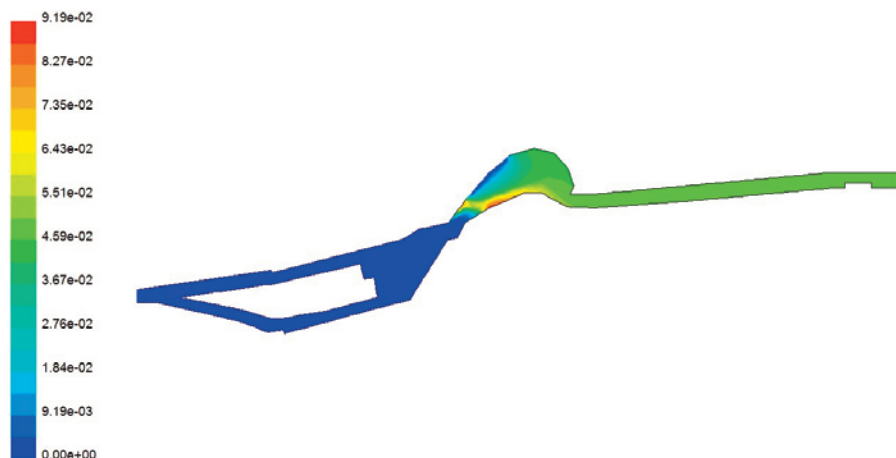
Na slikama 7, 8 i 9 prikazani su maseni udjeli (kg/kg) metana, kiseonika i ugljendioksida u kornom otkopu i izlaznom hodniku.



Slika 7. Konture masenog udjela metana u KO-13 i izlaznom hodniku



Slika 8. Konture masenog udjela kiseonika u KO-13 i izlaznom hodniku



Slika 9. Konture masenog udjela CO₂ u KO-13 i izlaznom hodniku

Maseni udio kiseonika u produktima sagorijevanja, pokazuju vrijednosti bliske nuli ($7,9 \times 10^{-17}$ kg/kg, u odnosu na 0,23 kg/kg kiseonika u atmosferskom vazduhu) što potvrđuje pretpostavku da je prisutna količina vazduha u zoni obrušavanja komornog otkopa tokom upale metana bila ograničavajući faktor razvoja akcidenta. Maseni udio metana u produktima iznosi približno 0,14 kg/kg, što znači da je tokom sagorijevanja reagovalo tek približno 25-30% inicijalno pomiješanog metana. Također, u produktima sagorijevanja prisutna je relativno visoka koncentracija ugljendioksida (približno 0,05 kg/kg).

5. ZAKLJUČAK

Numerička simulacija gasno-ventilacionih parametara pomoću CFD softvera, uz analizu svih događaja koji su se dešavali u komornom otkopu, pokazala se kao vrlo korisna metoda za utvrđivanje okolnosti i uzroka upale metana. Prezentirani rezultati simulacije nesporno ukazuju da je usljed zarušavanja krovine došlo do potiskivanja uslojenog metan iz zone obrušavanja (vrha komornog otkopa) u zonu sigurnosnog mosta komornog otkopa gdje se nalazio izvor upale (intenzivan oksidacioni proces). Obzirom da je zarušavanje krovine izazvalo miješanje uslojenog metana sa vazduhom u komori, koji je već sadržavao metan u koncentraciji iznad gornje granice eksplozivnosti, dolazi do upale metana. Kinetika ove reakcije je zavisila od količine kiseonika koji se nalazio u vazduhu komore.

Razmatrani slučaj ukazuje da niz međusobno povezanih događaja (intenzivan oksidacioni proces, formiranje metanskih traka, zarušavanje krovine) može dovesti do rudarskih nesreća sa katastrofalnim posljedicama. Da bi se ubuduće spriječile ovakve nesreće neophodno je poboljšati stanje ventilacije komornih otkopa za eliminisanje stvaranja eksplozivnih smješa ili uslojavanja metana, posebnu pažnju posvetiti praćenju i sanaciji endogenih oksidacionih procesa, te pravovremenom donošenju odluke o izolaciji nakon njihove eksploatacije.

6. LITERATURA

- [1] DiMaio D., DiMaio V.j.M: Forensic Patology, CRC Press 2001, ISBN 9780849300721 - CAT# 0072
- [2] Elaborat simulacije gasno-ventilacionih uslova koji su doveli do akcidentnog slučaja dana 14.03.2009. godine u jami „Stranjani“ RMU „Zenica“ d.o.o. Zenica., RGGF Tuzla, 2009.
- [3] GEXCON Explosion Handbook, Christian Michelsen Research Institute, Bergen, Norway
- [4] Marković J., Mičević .S: Požari u rudnicima uglja, RGGF Tuzla, 2005.
- [5] Tehnička dokumentacija RMU Stranjani
- [6] Šišić R., Marković J., Bašić A.: Požari i eksplozije u rudarstvu i industriji, Tuzla 2012.
- [7] Šišić R.: Izentropski aerodinamički potencijali rudnika u uslovima eksplozije gasa ili prašine, doktorska disertacija, RGGF Tuzla, januar 2008.
- [8] Vidaković M.: Požari i osiguranje u industriji, Priručnik, Fahrenheit, Beograd, 2007.

MODELIRANJE EFEKTA KONSOLIDACIJE ODLOŽENIH MASA

Mevludin Avdić¹, Izudin Bajrektarević², Frljak Zijad³, Božana Barušić⁴

SAŽETAK

Odložene mase s površinskog kopa i nasute građevine podložni su konsolidaciji. U ovom radu dat je prikaz proračuna konsolidacije na odlagalištu, koje je izgrađeno na terenu pod nagibom. Pri izradi rada su korišteni ranije dobijeni fizičko-mehanički podaci, geodetski podaci i inženjersko-geološki profili, izrađeni od strane rudnika Kakanj. U radu nisu dati prikazi proračuna stabilnosti, koji su inače rađeni metodom Janbu-a i Bishopa.

Ključne riječi: konsolidacija, odložene mase, modeliranje

UVOD

Odlagalište "Čobin Do" je izgrađeno 80-tih godina prošlog vijeka i koristilo se za odlaganje jalovine s PK "VRTLIŠTE". U periodu prestanka deponovanja masa, pojavile su se pukotine i klizanje masa, što je projektnom dokumentacijom djelimično sanirano. Potrebe za odlaganjem novih masa su se ukazale, tako da je pored analize stabilnosti bilo neophodno izvršiti i proračun konsolidacije već odloženih masa, uz proračun stabilnosti. Ranije odlaganje masa vršeno je na nepripremljenom terenu, koji je pod nagibom.

OPIS PROBLEMA

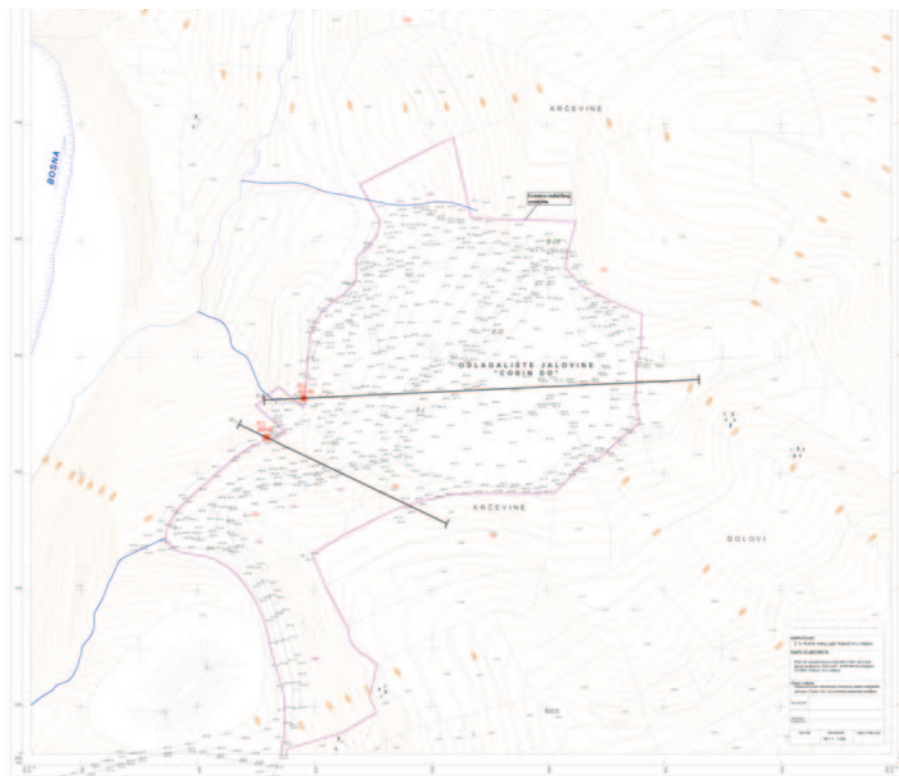
Odlaganjem masa s kopa, stvara se novi litološki član, koji niti u jednom dijelu nije homogen. Naime, odložene mase su sastavljene od nekoliko prethodnih litoloških članova, koji mogu biti povezani, no u cjelini to su pojedinačni blokovi-komadi, koji nisu povezani. Prilikom odlaganja se također pojavljuju utjecajni faktori: nepovezanost, heterogenost, te pojave pukotina-razmaka između pojedinih komada. Sve ovo utječe na tačno definisanje geomehaničkih parametara na odlagalištu. Na samom početku odlaganja (80-tih godina prošlog vijeka), izvršena su geomehanička ispitivanja, a nova ispitivanja izvršena su na odloženom materijalu, 2018. godine. U zadnjih dvadesetak godina nije bilo odlaganja na predmetnoj lokaciji, tako da se u analizi razmatrao slučaj stacionarnog stanja konsolidacije s proračunom stabilnosti kosina. Također, postavljene su geodetske tačke za osmatranje slijeganja terena kao nulto stanje. U zadnjem periodu nije vršeno nikakvo geodetsko osmatranje, stoga je proračun konsolidacije izvršen na osnovu vizualnog opažanja i novodobijenih parametara odloženog materijala metodom raskopa. Položaj razmatranih profila i situaciona karta prikazani su u daljnjem tekstu. Geomehanički parametri dati su u tabeli 1.

¹ Prof. dr sc. Mevludin Avdić, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2 Tuzla, Bosnia and Herzegovina, mevludin.avdic@gmail.com

² Prof. dr sc Izudin Bajrektarević, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2 Tuzla, Bosnia and Herzegovina, izudin.bajrektarevic@untz.ba

³ Frljak Zijad, dipl.ing.rud., RUDEX doo

⁴ Božana Barušić, student, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2 Tuzla, Bosnia and Herzegovina, bozanabarusic@gmail.com



Slika 1. Situacioni plan snimljenog trenutnog stanja odlagališta jalovine "Čobin Do", s položajem raskopa i profila

Tabela 1. Geomehanički parametri

Materijal	Zapreminska težina, γ (kN/m ³)	Kohezija, c (kN/m ²)	Ugao unutr. trenja, φ (°)	Modul Slišljivosti, M_v (N/cm ²)	Vlažnost, w , (%)
Pjeskovita glina	19.85	2.5-25.5	15.5-21.5	390-980	21.36
Pjeskovit glinac	21.36	5.0-45.5	19.5-23.5	590-990	15.37

OPIS TEORIJE KONSOLIDACIJE

Vremenski zavisni efekti naponskog stanja i utjecaja fluida u porama predstavljaju konsolidaciju. Problem se može opisati parcijalnom diferencijalnom jednačinom, tzv. paraboličnom jednačinom. Ukoliko su problemi vezani za nehomogene slojeve, diferencijalna jednačina mijenja oblik [1]. U vremenski zavisnim problemima, potrebno je dati početne uslove, koji definišu početne ili startne uslove za tijelo. U vremenskom intervalu postoji podjela domena u koordinatnom sistemu u kojem radimo. Ovo može biti riješeno primjenom konačnih razlika ili primjenom metode konačnih elemenata. U metodi konačnih elemenata, koeficijenti su dati izrazima:

$$\begin{aligned}
 [\mathbf{k}_a] &= A \int_{x_1}^{x_2} [\mathbf{B}]^T \alpha [\mathbf{B}] dx \\
 [\mathbf{k}_t] &= A \int_{x_1}^{x_2} [\mathbf{N}]^T [\mathbf{N}] dx \\
 \{\mathbf{Q}(t)\} &= \bar{q} \int_{x_1}^{x_2} [\mathbf{N}]^T dx
 \end{aligned}$$

$[\mathbf{k}_a]$ = element matrice hidro difuziteta

$[\mathbf{k}_t]$ = element matrice za vremensku zavisnost

$\{\mathbf{Q}(t)\}$ = element čvornih vektora, sila ili fluks parametara, koji su zavisni od vremena

PRORAČUN KONSOLIDACIJE ODLOŽENIH MASA I TERENA

Poračun je izveden na osnovu parametara, koji su dati u listingu proračuna za dva profila. Prethodno je izvršen proračun stabilnosti kosina, na osnovu ispitanih uzoraka i geodetskih podloga:

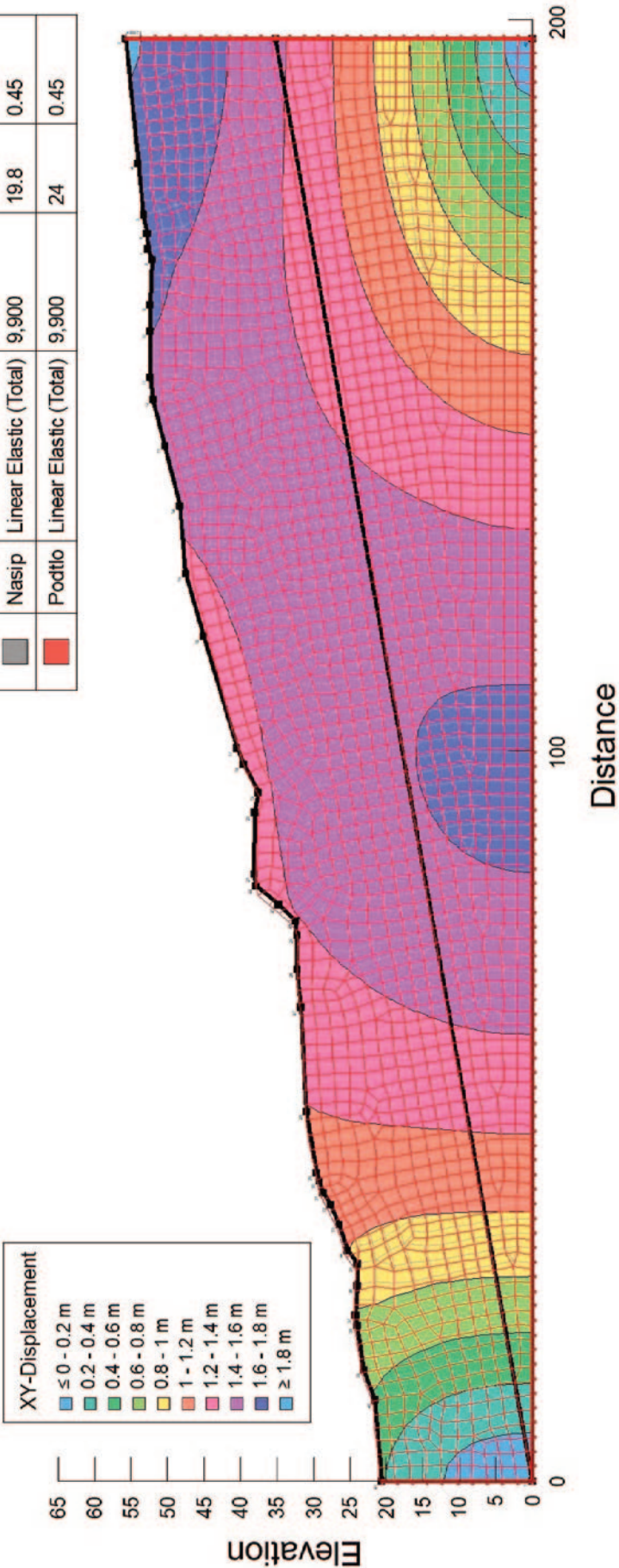
	X	Y		Start Point	End Point	Length	Angle	Stress /Strain Boundary
Point 1	0 m	0 m	Line 1	1	2	200.6 m	10.1 °	
Point 2	197.48994 m	35.16238 m	Line 2	2	3	20.593 m	90 °	Fixed X
Point 3	197.48994 m	55.75516 m	Line 3	3	4	17.117 m	5.96 °	
Point 4	180.46494 m	53.97805 m	Line 4	4	5	7.0597 m	5.51 °	
Point 5	173.43789 m	53.29976 m	Line 5	5	6	2.5914 m	11.8 °	
Point 6	170.9011 m	52.7707 m	Line 6	6	7	2.172 m	2.15 °	
Point 7	168.73058 m	52.68931 m	Line 7	7	8	1.5675 m	23.5 °	
Point 8	167.29262 m	52.06528 m	Line 8	8	9	6.2049 m	-2.38 °	
Point 9	161.09308 m	52.32303 m	Line 9	9	10	3.6223 m	-0.644 °	
Point 10	157.47103 m	52.36373 m	Line 10	10	11	6.3353 m	0.245 °	
Point 11	151.13583 m	52.3366 m	Line 11	11	12	3.0457 m	6.65 °	
Point 12	148.11067 m	51.98389 m	Line 12	12	13	6.5541 m	14.4 °	
Point 13	141.76191 m	50.356 m	Line 13	13	14	8.4889 m	14.4 °	
Point 14	133.54107 m	48.23975 m	Line 14	14	15	9.2683 m	4.62 °	
Point 15	124.30281 m	47.49363 m	Line 15	15	16	8.9834 m	15.9 °	
Point 16	115.66144 m	45.03823 m	Line 16	16	17	15.872 m	16.6 °	
Point 17	100.45425 m	40.49371 m	Line 17	17	18	2.4867 m	22.8 °	
Point 18	98.16164 m	39.53055 m	Line 18	18	19	4.2844 m	27.9 °	
Point 19	94.3768 m	37.52282 m	Line 19	19	20	2.8235 m	-9.96 °	
Point 20	91.59583 m	38.01118 m	Line 20	20	21	8.4656 m	0.643 °	
Point 21	83.13081 m	38.10614 m	Line 21	21	22	1.6461 m	8.53 °	
Point 22	81.50292 m	37.86196 m	Line 22	22	23	3.9898 m	50.5 °	
Point 23	78.96613 m	34.78254 m	Line 23	23	24	3.235 m	47.2 °	
Point 24	76.76848 m	32.40854 m	Line 24	24	25	2.0032 m	5.44 °	
Point 25	74.77432 m	32.21862 m	Line 25	25	26	4.6125 m	-0.505 °	
Point 26	70.16197 m	32.25931 m	Line 26	26	27	5.2334 m	5.5 °	
Point 27	64.95273 m	31.75738 m	Line 27	27	28	14.376 m	3.3 °	
Point 28	50.60018 m	30.92987 m	Line 28	28	29	8.4391 m	9.25 °	
Point 29	42.27082 m	29.5733 m	Line 29	29	30	1.1512 m	21.4 °	
Point 30	41.19913 m	29.15276 m	Line 30	30	31	1.7145 m	15.1 °	
Point 31	39.54411 m	28.70509 m	Line 31	31	32	1.8967 m	32.4 °	
Point 32	37.94335 m	27.68766 m	Line 32	32	33	3.0282 m	25.2 °	
Point 33	35.20308 m	26.39892 m	Line 33	33	34	3.7671 m	17.4 °	
Point 34	31.60816 m	25.27296 m	Line 34	34	35	2.2162 m	34.3 °	
Point 35	29.77678 m	24.02491 m	Line 35	35	36	2.9449 m	1.58 °	
Point 36	26.83302 m	23.94352 m	Line 36	36	37	4.0517 m	-3.84 °	
Point 37	22.79043 m	24.21483 m	Line 37	37	38	1.437 m	7.59 °	
Point 38	21.36603 m	24.02491 m	Line 38	38	39	6.145 m	8.51 °	
Point 39	15.28858 m	23.11601 m	Line 39	39	40	4.414 m	20.9 °	
Point 40	11.1646 m	21.54238 m	Line 40	40	41	11.204 m	4.79 °	
Point 41	0 m	20.60635 m	Line 41	41	1	20.606 m	90 °	Fixed X
Point 42	197.48994 m	0 m	Line 42	1	42	197.49 m	0 °	Fixed Y
			Line 43	42	2	35.162 m	90 °	Fixed X

REGIONS

	Material	Points	Area
Region 1	Nasip	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41	4,372.1 m ²
Region 2	Podtlo	1,42,2	3,472.1 m ²

Color	Name	Category	Kind	Parameters
	Fixed X	Stress/Strain	Force/Displacement	X-Displacement: 0 m
	Fixed Y	Stress/Strain	Force/Displacement	Y-Displacement: 0 m

Color	Name	Model	Young's Modulus (E) (kPa)	Unit Weight (kN/m³)	Poisson's Ratio
	Nasip	Linear Elastic (Total)	9,900	19.8	0.45
	Podtlo	Linear Elastic (Total)	9,900	24	0.45



Slika 2. Model proračuna konsolidacije terena s prikazom vertikalnih i horizontalnih pomaka za Profil P-1

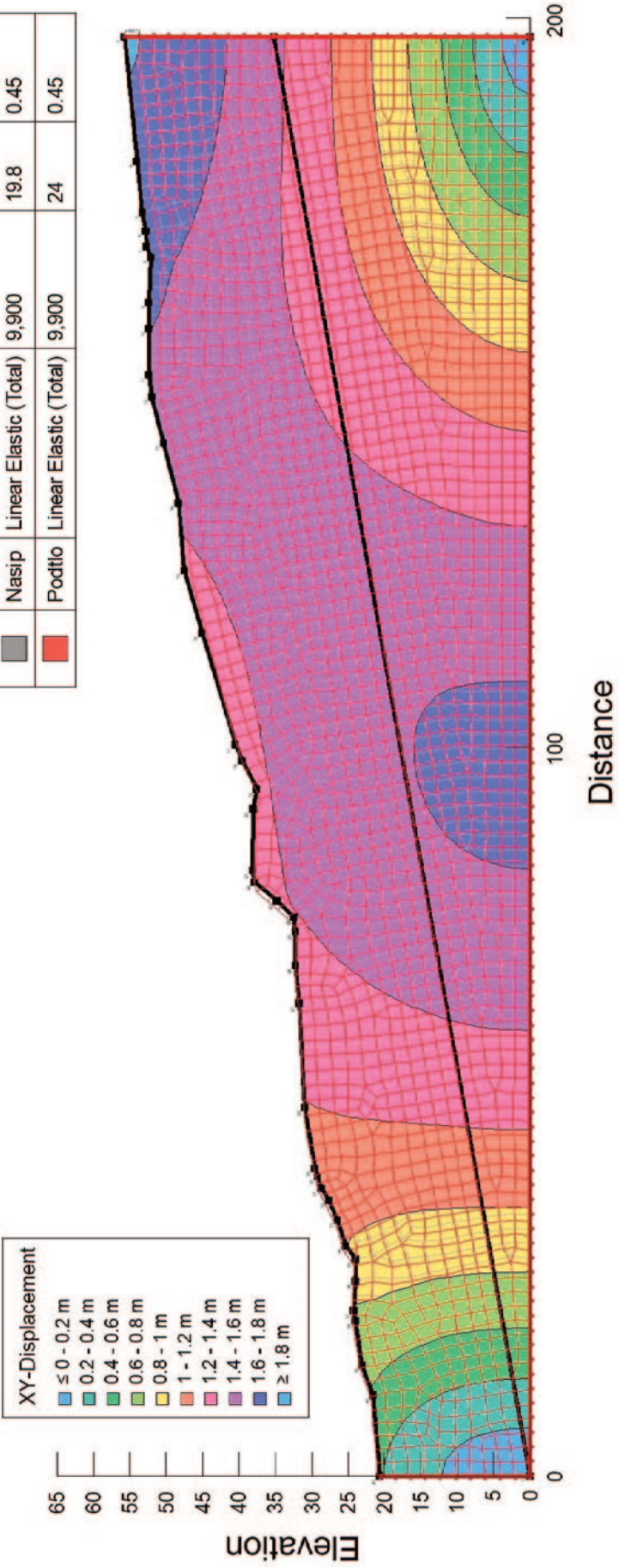
	X	Y		Start Point	End Point	Length	Angle	Stress /Strain Boundary
Point 1	319.26725 m	33.034217 m	Line 1	1	2	316.57 m	3.64 °	
Point 2	3.33438 m	12.932646 m	Line 2	2	3	6.9899 m	14.6 °	
Point 3	10.09842 m	14.695106 m	Line 3	3	4	12.573 m	17.3 °	
Point 4	22.1022 m	18.434379 m	Line 4	4	5	5.1303 m	21.8 °	
Point 5	26.86561 m	20.339741 m	Line 5	5	6	5.1286 m	3.19 °	
Point 6	31.98627 m	20.625546 m	Line 6	6	7	1.5063 m	34.7 °	
Point 7	33.22475 m	21.482959 m	Line 7	7	8	6.2758 m	17 °	
Point 8	39.22664 m	23.31687 m	Line 8	8	9	4.7589 m	5.17 °	
Point 9	43.96623 m	23.745576 m	Line 9	9	10	3.5754 m	2.29 °	
Point 10	47.53879 m	23.888478 m	Line 10	10	11	3.6014 m	25 °	
Point 11	50.80172 m	25.412768 m	Line 11	11	12	2.457 m	16.3 °	
Point 12	53.1596 m	26.103462 m	Line 12	12	13	3.2231 m	10.6 °	
Point 13	56.32727 m	26.698888 m	Line 13	13	14	9.8499 m	6.39 °	
Point 14	66.11607 m	27.794471 m	Line 14	14	15	3.7928 m	-11.6 °	
Point 15	69.83152 m	27.032326 m	Line 15	15	16	11.271 m	7.65 °	
Point 16	81.00171 m	28.532799 m	Line 16	16	17	8.9831 m	13.3 °	
Point 17	89.74256 m	30.60488 m	Line 17	17	18	2.7867 m	0.49 °	
Point 18	92.52915 m	30.628697 m	Line 18	18	19	4.207 m	7.81 °	
Point 19	96.69713 m	31.200306 m	Line 19	19	20	4.7104 m	22.3 °	
Point 20	101.05565 m	32.986583 m	Line 20	20	21	18.751 m	24.2 °	
Point 21	118.15627 m	40.679483 m	Line 21	21	22	1.9768 m	0 °	
Point 22	120.13309 m	40.679483 m	Line 22	22	23	11.045 m	4.95 °	
Point 23	131.13655 m	41.632164 m	Line 23	23	24	12.761 m	3.1 °	
Point 24	143.87866 m	42.322858 m	Line 24	24	25	21.206 m	4.19 °	
Point 25	165.02818 m	43.870964 m	Line 25	25	26	6.7426 m	27.1 °	
Point 26	171.03007 m	46.943361 m	Line 26	26	27	6.4657 m	-3.38 °	
Point 27	177.48449 m	46.562288 m	Line 27	27	28	7.1566 m	-3.24 °	
Point 28	184.6296 m	46.157399 m	Line 28	28	29	1.9928 m	-24.7 °	
Point 29	186.43969 m	45.323803 m	Line 29	29	30	0.50636 m	-48.8 °	
Point 30	186.77313 m	44.942731 m	Line 30	30	31	20.697 m	0.198 °	
Point 31	207.47013 m	45.014182 m	Line 31	31	32	15.125 m	0.722 °	
Point 32	222.59394 m	45.204718 m	Line 32	32	33	12.147 m	0 °	
Point 33	234.74062 m	45.204718 m	Line 33	33	34	4.986 m	-3.29 °	
Point 34	239.71838 m	44.918914 m	Line 34	34	35	6.6148 m	6.41 °	
Point 35	246.29188 m	45.657241 m	Line 35	35	36	12.982 m	-0.841 °	
Point 36	259.27216 m	45.466705 m	Line 36	36	37	20.825 m	1.7 °	
Point 37	280.08824 m	46.085948 m	Line 37	37	38	4.7396 m	-0.288 °	
Point 38	284.82783 m	46.062131 m	Line 38	38	39	11.348 m	-2.53 °	
Point 39	296.16473 m	45.561973 m	Line 39	39	40	4.9889 m	-3.83 °	
Point 40	301.14249 m	45.228535 m	Line 40	40	41	4.5218 m	-31.4 °	
Point 41	305.00085 m	42.870649 m	Line 41	41	1	17.329 m	-34.6 °	
Point 42	0 m	13.051731 m	Line 42	42	2	3.3365 m	-2.05 °	
Point 43	323.76867 m	33.177119 m	Line 43	1	43	4.5037 m	1.82 °	
Point 44	356.70762 m	34.725226 m	Line 44	43	44	32.975 m	2.69 °	
Point 45	368.09216 m	35.01103 m	Line 45	44	45	11.388 m	1.44 °	
Point 46	368.09216 m	21.942598 m	Line 46	45	46	13.068 m	90 °	Fixed X
Point 47	0 m	0 m	Line 47	46	47	368.75 m	3.41 °	
Point 48	368.09216 m	0 m	Line 48	47	42	13.052 m	90 °	Fixed X
			Line 49	46	48	21.943 m	90 °	Fixed X
			Line 50	48	47	368.09 m	0 °	Fixed Y

REGIONS

	Material	Points	Area
Region 1	Nasip	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41	4,618.1 m ²
Region 2	Podtlo	42,2,1,43,44,45,46,47	4,930.4 m ²
Region 3	Tvrda gina	47,46,48	4,038.4 m ²

Color	Name	Category	Kind	Parameters
	Fixed X	Stress/Strain	Force/Displacement	X-Displacement: 0 m
	Fixed Y	Stress/Strain	Force/Displacement	Y-Displacement: 0 m

Color	Name	Model	Young's Modulus (E) (kPa)	Unit Weight (kN/m³)	Poisson's Ratio
	Nasip	Linear Elastic (Total)	9,900	19.8	0.45
	Podtlo	Linear Elastic (Total)	9,900	24	0.45



Slika 3. Model proračuna konsolidacije terena s prikazom vertikalnih i horizontalnih pomaka za Profil P-2

ZAKLJUČAK

Na osnovu izvršenih proračuna konsolidacije odloženih masa, koje su, uslijed narušavanja, prešle iz koherentnog u nekoherentno stanje, sa izmijenjenim geomehaničkim karakteristikama, dobijeni su podaci o konsolidaciji materijala nakon dužeg vremenskog perioda. Parametri konsolidacije prikazani su na slikama 2 i 3. Na osnovu podataka, dobijene su vrijednosti konsolidacije masiva u rasponu od 1.4 do 1.6 m (slika 2), odnosno od 1.8 do 2.0 m (slika 3). Bolji rezultati mogu se postići, ukoliko su poznati i nivoi podzemnih voda, kao i geodetsko praćenje repernih tačaka, koje su ugrađene u odlagalište i oko njega.

LITERATURA

- [1] Chandrakant S. Desai: Elementary Finite Element Method, Prentice-Hall, 1979.
- [2] D. J. Naylor and G. N. Pande: Finite Elements in Geotechnical Engineering, Pineridge Press, 1981.

ŠIRINA PAVLJENJA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE U ODNOSU NA POPREČNI NAGIB

Zahid Bašić¹, Nedim Suljić², Anadel Galamić³

SAŽETAK

Odvodnja površinske vode sa kolovozne konstrukcije predstavlja bitan parametar za očuvanje projektovanog perioda i sigurnosti prilikom eksploatacije kolovozne konstrukcije. U radu su prikazana istraživanja odnosa širine plavljenja kolovozne konstrukcije u zavisnosti od poprečnog nagiba. Prilikom pravilnog odabira poprečnih nagiba i prikupljanja kišnog oticaja sa slivne površine saobraćajnice povećava se i sama sigurnost eksploatacionih uslova. Promjenom poprečnog nagiba mijenjaju se i parametri u smislu brzine oticanja vode, efikasnosti slivnika i mjerodavnih količina površinske vode. Prilikom analize, u ovom radu u obzir su uzeti i hidrološki parametri za lokalitet na kojem se nalazi predmetna dionica.

Analizom u ovom radu, želi se pokazati kako pravilan odabir poprečnih nagiba kolovoznih konstrukcija može biti od ključnog značaja za efikasnu odvodnju površinske vode sa kolovozne konstrukcije u cilju obezbjeđenja visoke sigurnosti pri eksploatacionim uslovima.

Ključne riječi: poprečni nagib, širina plavljenja, kolovozna konstrukcija, eksploatacioni uslovi, kišni oticaj

UVOD

Efikasna odvodnja ceste vrlo je važna za osiguranje stabilnosti donjeg i gornjeg stroja cesta, kao i za udobnost i sigurnost pri eksploatacionim uslovima. (Bašić, 2014) Osnovni zadatak za ispunjenje ovih uslova je da se svi oblici vode drže pod stalnom kontrolom i odvede najkraćim putem u stalne ili povremene prirodne vodotoke. Pravilnim izborom geometrijskih odnosa gornjeg stroja i sistema odvodnje postiže se brže odvodnjavanje, a s tim u vezi povećava se stepen saobraćajne sigurnosti. U cilju sagledavanja rezultata istraživanja odvodnje površinske vode sa saobraćajnice, u radu je tretirana dionica saobraćajnice u dužini od $L=100,0$ m. Dionica kolovozne konstrukcije je sa konstantnim podužnim padom od 3%, dok je poprečni nagib mijenjan kroz varijante. Početni poprečni nagib je 1,5 %, a krajnji 2,5 %. Poprečni nagibi su povećavani od početnog ka najvećem sa korakom $h=0,25$. Za potrebe istraživanja u ovom radu određena je površina sliva kolovozne konstrukcije, te je izračunato vrijeme koncentracije sliva za svaki poprečni nagib posebno. [2] [6]

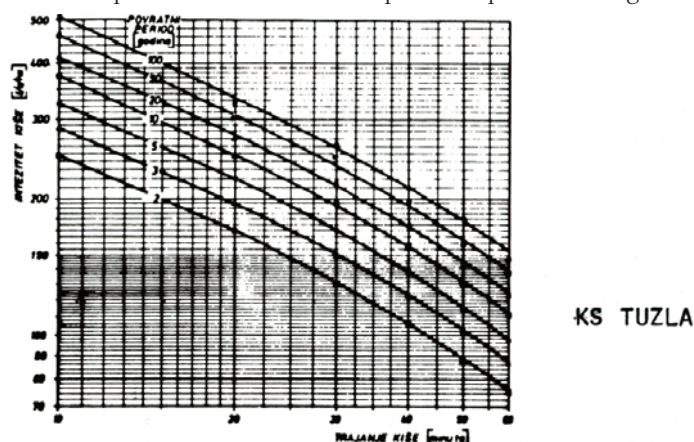
¹ Prof. Zahid Bašić, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2, Tuzla, Bosnia and Herzegovina, zahid.basic@untz.ba

² Prof. Nedim Suljić, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2, Tuzla, Bosnia and Herzegovina, nedim.suljic@untz.ba

³ Anadel Galamić, "GPP Banovići" d.o.o. Banovići, Armije BIH 36, Bosnia and Herzegovina, galamicanadel@gmail.com

HIDROLOŠKI PRORAČUN

Za potrebe istraživanja u ovom radu uzet je proračun količina baziran na usvojenim vrijednostima padavina iz ITP krive za KS Tuzla, za intenzitet padavina od 5 minuta i povratni period od 5 godina. [3] [7]

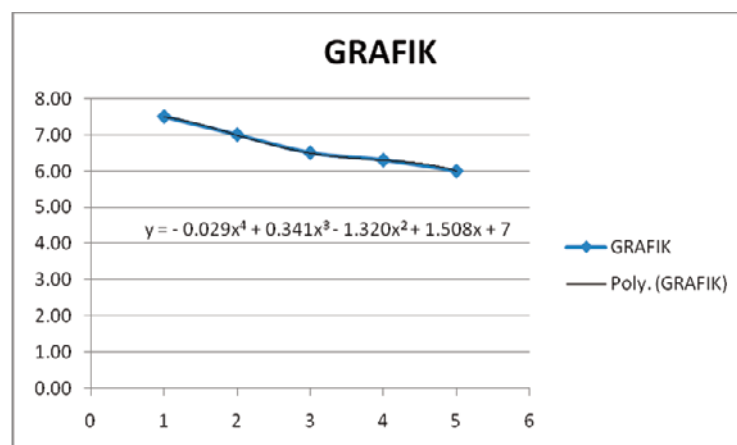


Slika 1. Grafički prikaz zavisnosti „intenzitet-trajanje-povratni period“, prema metodi pikova

U narednoj tabeli prikazan je proračun vremena koncentracije slivova (saobraćajnih površina) i proračun mjerodavnih količina ukupne otekle oborinske vode sa istih površina (tabela 1).

Tabela 1. Proračun vremena koncentracije sliva dionice $l=100,00$ m

POPREČNI NAGIB	C	L (m)	S sr. (m/m)	tc. rač. (min)	tc. usvojeno (min)
Poprečni nagib 1.5 %	0.85	100	0.015	7.09	7.50
Poprečni nagib 1.75 %	0.85	100	0.018	6.73	7.00
Poprečni nagib 2.0 %	0.85	100	0.020	6.44	6.50
Poprečni nagib 2.25 %	0.85	100	0.023	6.19	6.30
Poprečni nagib 2.50 %	0.85	100	0.025	5.98	6.00



Slika 2. Funkcija brzine oticanja u odnosu na poprečni nagib kolovozne konstrukcije

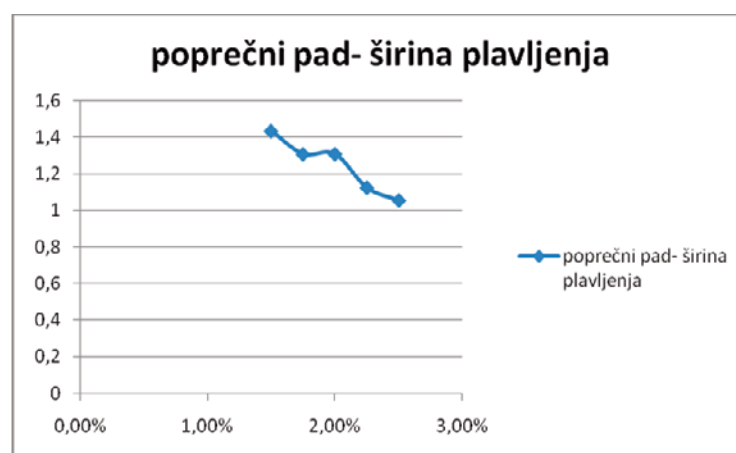
Na slici 2. prikazan je grafik funkcije koncentracije sliva u zavisnosti od poprečnog nagiba kolovozne konstrukcije, sa datim matematičkim izrazom za izračun koncentracije sliva za bilo koji poprečni nagib kolovozne konstrukcije.

ŠIRINA PAVLJENJA KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE U ODNOSU NA POPREČNI NAGIB

Na osnovu proračuna parametara kišnog oticaja sa slivne površine i dobivanja mjerodavnih količina oticaja, brzina toka određena je širina plavljenja kolovozne konstrukcije u odnosu na vrijednosti poprečnog nagiba. [4] [5]

Tabela 2. Vrijednosti hidrauličkog proračuna za tretirane poprečne nagibe

Poprečni pad	Qi (l/s)	Q (l/s)	Qb (l/s)	b1 (m)	b2 (m)	b _s (m)	V _a (m/s)
1,50%	11,57059	17,26953	5,698945	1,126503	1,70722	1,434	0,703
1,75%	11,68553	17,44109	5,75556	1,026834	1,556172	1,307	0,732
2,00%	14,61713	21,81661	7,199482	1,027331	1,556925	1,308	0,801
2,25%	11,85236	17,69009	5,83773	0,882254	1,33706	1,123	0,783
2,50%	11,91519	17,78387	5,868677	0,827668	1,254335	1,053	0,805



Slika 3. Funkcija širine plavljenja kolovozne konstrukcije u odnosu na poprečni nagib

Na slici 3. prikazana je funkcija širine plavljenja kolovozne konstrukcije u odnosu na poprečni nagib. Jasno je vidljivo da se za tretiranu dionicu kolovozne konstrukcije, a pri određenim mjerodavnim parametarima kišnog oticaja i količine padavina, širina plavljenja kolovozne konstrukcije smanjuje sa povećanjem poprečnog nagiba.

ZAKLJUČCI

U ovom radu su prezentovana istraživanja odnosa poprečnih nagiba kolovoznih konstrukcija na širinu plavljenja kolovozne konstrukcije prilikom prikupljanja kišnog oticaja.

Na konkretnoj lokaciji, za koju su urađeni uticajni parametri, izvršen je proračun parametara oticaja sa slivnog područja saobraćajnice u dužini od $l=100,0$ m i širine $b=11,5$ m.

Obzirom da su rezultati istraživanja prikazani grafički, na slici 3. je prikazana zavisnost širine plavljenja kolovozne konstrukcije od poprečnog nagiba. Sa slike 3. se jasno vidi da se povećanjem nagiba poprečnog presjeka kolovozne konstrukcije smanjuje širina plavljenja prilikom prikupljanja kišnog oticaja za promatrani kišni period.

U tabeli 2. prikazane su vrijednosti hidrauličkog proračuna za tretirane poprečne nagibe.

Iz tabele se jasno vidi da se sa povećanjem poprečnog nagiba kolovozne konstrukcije povećava i brzina oticanja sa slivne površine kolovozne konstrukcije.

Kao konačan rezultat ovog istraživanja, odnosno analize odnosa poprečnih nagiba na širinu plavljenja kolovoznih konstrukcija imamo zavisnosti poprečnih nagiba na brzinu oticanja sa sliva saobraćajnice i širinu plavljenja.

Rad predstavlja dobru osnovu za daljnja istraživanja u smislu pravilanog odabira poprečnih nagiba kolovoznih konstrukcija u cilju efikasne odvodnje površinske vode sa kolovozne konstrukcije, određivanja razdaljine odvodnih slivnika na kolovoznoj konstrukciji, očuvanja projektovanog perioda i sigurnosti pri eksploatacionim uslovima same kolovozne konstrukcije.

REFERENCE

- [1] Bašić Z: Putevi, izdavačka kuća OFF-SET Tuzla, Tuzla, 2014.
- [2] Despotović J: Površinski oticaj kišnih voda i slivnici kišne kanalizacije, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, 2009.
- [3] Hrelja H: Inženjerska hidrologija, Univerzitet u Sarajevu, 2007.
- [4] Priručnik za projektovanje puteva u republici Srbiji, sistem za odvodnjavanje, Beograd 2011.
- [5] Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, Sarajevo/Banja Luka, 2005.
- [6] Stanić M: Prikupljanje kišnog oticaja, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, 2016/2017
- [7] Suljić N: Hidrotehnika- riješeni zadaci i teorijske osnove, izdavačka kuća OFF-SET Tuzla, Tuzla, 2018.

GEOMORFOLOŠKA OBILJEŽJA TUZLANSKE KOTLINE I NJIHOV LOKALNI UTJECAJ NA PRIZEMNO ZAGAĐENJE ZRAKA

Alen Lepirica¹

SAŽETAK

U radu je analizirana reljefna struktura Tuzlanske kotline te utjecaj reljefa na lokalnu klimu urbane zone Tuzle. Istraživano područje obilježeno raznovrsnom litološkom podlogom nalazi se u sjeveroistočnom dijelu Bosne i Hercegovine, u zoni Unutrašnjih Dinarida. Na temelju terenskih istraživanja ustanovili smo da lokalni reljef i prostorno veći gradski objekti imaju jak uticaj na klimatske elemente - temperaturu zraka i smjer i pravac duvanja vjetra. Rezultati monitoringa zagađenja zraka u hladnijem razdoblju godine pokazuju različite koncentracije štetnih aeropolutanata na vrlo kratkim rastojanjima u urbanoj zoni grada Tuzle.

Ključne riječi: Tuzlanska kotlina, geomorfološki utjecaj, lokalna klima, aerozagađenje.

1. UVOD

Kotlina je udubljenje zaravnjenog dna sa svih strana okruženo brdsko-planinskim uzvišenjima. Bosanske kotline su rasjedno-tektonski predisponirana reljefna ulegnuća, koja su geomorfološki poligenetski oblikovana, najčešće u erodibilnijim, kenozojskim naslagama. Najniže položaje ovih kotlina u Unutrašnjim i Središnjim Dinaridima reljefno predstavljaju plitko usječena meandrirajuća riječna korita (lokalni erozijski bazisi). Uz riječna korita pružaju se izduženi, zaravnjeni fluvijalni oblici naplavnih ravni. Zatim, nešto iznad, zapažaju se obično tri visinska nivoa planacijskih formi niskih riječnih terasa kao fluvijalni geomorfološki izraz klimatskih fluktuacija i neotektonskog izdizanja (A. Lepirica, 2013.).

Osnovna geološka specifičnost tuzlanskog područja su ležišta uglja i soli, kao i pojave nafte na geografski malom prostoru, što je rijetkost u Svijetu. Urbani i industrijski razvoj Tuzle i njene okoline, kroz stoljeća, upravo se temeljio na spomenutim prirodnim datostima Tuzlanskog neogenog bazena obilježenog sa debelim naslagama uglja i soli. Jedan od najznačajnijih dijelova energetskog sektora vezan za eksploataciju ugljenih resursa je termoelektrana Tuzla, najveće termoenergetsko postrojenje u Bosni i Hercegovini.

Analizirano područje Tuzlanske kotline (sl. 1), nastalo je u okviru Tuzlanskog neogenog bazena koji je tektonska jedinica Unutrašnjih Dinarida Bosne i Hercegovine. „Tuzlanski basen u užem smislu je kroz čitavo neotektonsko vrijeme tonuo pa je izgrađen od naslaga neogena, čija debljina prema geofizičkim podacima iznosi oko 4.000 m.“ (S. Čičić et al., 1988).

¹ Prof. Alen Lepirica, Univerzitet u Tuzli, Prirodno-matematički fakultet Tuzla, Bosna i Hercegovina, lepiricalen@gmail.com

u kontakt sa miocenim naslagama na desnoj obali Jale (sl. 2). Za ove strukturne oblike, vjerovatno su vezane i prirodne pojave nafte u Požarnici i Siminom Hanu (Čičić et al., 1988). Za jalsko-slavinovički rasjed vjerovatno je vezan termomineralni izvor u Slavinovićima. Uglavnom, na osnovu ovoga možemo zaključiti da su noviji rasjedni pokreti poremetili nekadašnje tercijarne borane strukture što je rezultiralo nekonformnim, inverznim, kotlinskim reljefom razvijenim na starijim pozitivnim geološkim antiformama.

2. METODE I MATERIJALI

Prilikom izrade ovoga rada korištene su topografske karte : 1:25000, 1:50000 i 1:100000 ,kao i geološke karte : 1:25000, 1:100000 i 1:300000, te digital map Adria topo 2.10, i Google satellite map. Za vrijeme terenskih analiza korišten je GPS (Garmin, Montana 600) što je rezultiralo dobivenim morfometrijskim podacima reljefa . Kabinetske metode uključile su GIS pri čemu je korištena Map Info Professional 9.5 application. Za izradu tematske karte reljefa korišten je digital elevation model (DEM) i Satelit imagery google 2017. (sl 3). Dakle, sve navedeno, omogućilo je daljnju provedbu morfoloških analiza _ orografske strukture, hipsometrije, nagiba padina i energije reljefa. Na kraju rada, analiziran je utjecaj reljefa i gradskih objekata na klimatske elemente - temperaturu zraka i smjer i brzinu vjetrova u hladnijem razdoblju godine.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. OPĆA GEOMORFOLOŠKA OBILJEŽJA PODRUČJA TUZLANSKE KOTLINE

Tuzlanska kotlina s površinom od 5,9 km² reljefno je udubljenje Dinarskog planinskog morfosistema. Analizirano područje nalazi se u sjeveroistočnom dijelu Bosne i Hercegovine. Dakle, u geomorfološko-regionalnom smislu pripada makroregiji „Gore i pobrđa, zavale i kotline sjeverne Bosne„ (A. Lepirica, 2013).

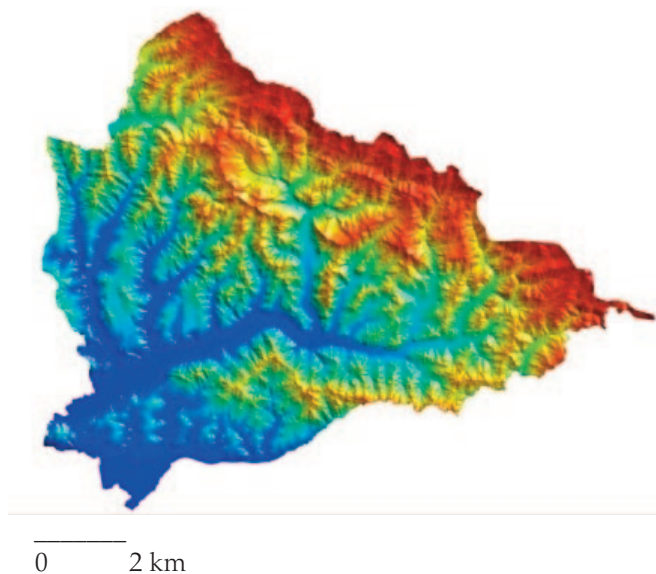
Kotline, treba naglasiti, predstavljaju poligenetska ulegnuća zaravnjenog dna sa svih strana okružena padinama okolnih brdsko-planinskih uzvišenja. Prema tome Tuzlanska kotlina koja se pruža od Požarnice do naselja Šići na dužini od 14 950 m skoro sa svih strana je okružena padinama Južnomajevičkog pobrđa. Kotlinsko dno pretežno zaravnjeno bočnom fluvijalnom erozijom Jale i Požarnice (u istočnom dijelu) neznatnih je nagiba, u prosjeku oko 6 ‰ na ukupnoj dužini od 14,95 km. U Požarnici i Siminom Hanu, u svom gornjem dijelu, kotlinsko dno prosječno široko oko 250-300 m pruža se na 275- 300 m nadmorske visine. Dno kotline, na području tuzlanske užje gradske jezgre, na potezu Mejdan – Slatina, široko je oko 600 metara. Na ušću Mramorskog potoka u Jalu, na apsolutnoj visini od 203 m, nalazi se najniža tačka posmatranog kotlinskog ulegnuća. Upravo tu, dno kotline, široko oko 1 km, je najšire. Spomenuta mikrolokacija nalazi se nedaleko od naselja Šići, gdje se Tuzlanska kotlina morfološki spaja sa Donjosprečkom zavalom. Strane kotline, relativnih visina oko 70 - 80 metara, izražavaju niže padine okolnog Južnomajevičkog pobrđa. Uglavnom kotlinske strane su stepeničastih uzdužnih profila. Morfološki najviše granice kotline generalno se poklapaju sa gornjom granicom radijacionog maglenog sloja koji u vrijeme zimskih anticiklona dostiže visine oko 70 metara iznad kotlinskog dna. Dakle prema rezultatima terenskih opservacija S. Gutića (2015) visina inverzionog sloja iznad dna Tuzlanske kotline nalazi se na oko 290 m n/v.

U geomorfološko-morfofenetskom smislu najniži dio kotline reljefno predstavljaju fluvijalni oblici meandrirajućih riječnih korita Jale, Požarnice i njihovih pritoka plitko usječeni u aluvijalno-proluvijalni nanos. U strogom centru tuzlanske urbane zone to su betonska korita regulisanih tokova Jale i Soline. Sa geomorfološkog aspekta dno kotline prostorno je najvećim dijelom predstavljeno ravnicama treće najmlađe riječne terase na kojoj su najvećim dijelom izgrađeni stambeni i industrijski objekti sa pratećom gradskom infrastrukturom. Rubni dio kotlinskog dna zasut je poluvezanim fluviodenuudacijskim plavinama koje su dospjele spiranjem i bujičenjem sa okolnih padina. Nešto morfofenetski starija, druga riječna terasa, zapaža se u lijevim stranama kotline, na visinama 20-30 m iznad riječnog korita Jale. To su, de facto, terasni fragmenti na kojima se nalaze omanje zaravni sa Mejdanskom školom, mezarjem u Donjem Brdu, zatim dio naselja Kule, bolnica za plućne bolesnike i centar za srce u Slavinovićima, te riječne terase iznad naselja Požarnica.

Iznad kotlinskog dna izdižu se padine okolnog Južnomajevičkog pobra koje ustvari orografski predstavljaju više strane Tuzlanske kotline. Prevladavaju nešto ustrmljenije padinske lepeze prosječnih nagiba (6° - 31°), gusto ispresjecane vododerinama, jarugama i visećim dolinama. Padine ove kotline poligenetski su oblikovane u kvartaru, padinskim procesima: spiranja, bujičenja, jaružanja kao i procesima klizanja i puženja. Valoviti padinski profili, u opisanom području, ukazuju na aktivnost kliznog procesa. Ovdje su česte reljefne pojave aktivnih, privremeno umirenih i fosilnih klizišta. Na području grada Tuzla, prema podacima službe Civilne zaštite iz 2013., evidentirano je ukupno 1313 klizišta. U posljednje vrijeme, posebno oko naseljenih mjesta, umnogome se povećao broj aktivnih klizišta.

Položenije padinske kose predstavljaju akumulacijski oblici glacisa i erozijski oblici fluviodenudacijskih podova prosječnih nagiba 5° - 11° . "Za razliku od pedimenata, glacisi su predgorske stepenice koje nastaju akumulacijskim procesima, tj. spajanjem niza bujičnih plavina i stožastih nakupina ili deluvijalnih konusa, vezanih za spiranje." (A. Bognar, 1997.). Donje plohe glacisa su položnije (nagiba 5° - 6°) dok su vršni rubovi nešto ustrmljeniji (nagiba 9° - 11°). Često se pojavljuju u serijama kao na primjer u pobra Ilinčice (452 m n/v) iznad grada Tuzle. Na tom padinskom području ove vezane fosilne i poluvezane plavine sa izgrađenom infrastrukturom niskih privatnih stambenih objekata geomorfološki obilježavaju Ši-selo, Dragodol, Donje i Gornje Brdo, Zlokovac itd.

Prvi, najstariji i najviši nivo uravnavanja, u padinama kotline, morfološki predstavlja stjenovita terasa ili fluviodenudacijski pod. Ovaj najstariji nivo zaravnavanja vidljiv je uglavnom u desnim stranama kotline, na oko 50 - 60 m iznad kotlinskog dna. To je zapravo paleoplanacijski fragment pleistocenog nivoa uravnavanja u padinama koji reljefno obilježava mikrolokalitete: Kicelja, Gradine sa kantonalnim bolničkim kompleksom. Zatim to su erozijski destruirani fluviodenudacijski podovi iznad Paša bunara, Starih Moluha, zatim zapadno od Hudeča i kod Šićkog broda te mikrolokalitet deponije termoelektrane kod Talijanove šume.



Slika 3. DEM, Tuzlanska kotlina (S. Gutić, 2018).

Morfotektogenezu ove kotlinske morfostrukture vezujemo za neotektonsko izdizanje Južnomajevičkog pobra i izrazito sužavanje nekadašnjeg, prostranog, Tuzlanskog neogenog bazena, koji se pružao od Srebrenika do Zvornika. Treba istaći da je Južnomajevičko pobra, prema karti vertikalnih gibanja litosfere (P. Jovanović, 1971), zahvaćeno neotektonskim izdizanjem od 0 - 2 mm godišnje.

Udubljenje Tuzlanske kotline, izduženog, nepravilnog oblika, geomorfološki je preoblikovano uz jalsko-slavinovički rasjed u pliokvartarnom razdoblju.

Gornji dio analizirane kotlinske morfostrukture, na potezu od Požarnice do uže gradske zone grada Tuzle, rasjedno je usmjereno pravcem I-Z na dužini od nekih 6,5 km. Analizirano udubljenje, nešto nizvodnije, na području od Zlokovca do Tušnja, na dužini od oko 2 km, tektonski mijenja pružanje u SZ-JI. Donji niži dio kotline, od Tušnja do ušća Mramorskog potoka kod Šićkoga Broda, generalno se pruža pravcem SI-JZ (sl 1 i 3.). Dakle, kotlina je neotektonski, rasjedno predisponirana.

Tuzlanska kotlina reljefno je morfološki zatvorena, sa svih strana, brdskim okvirom koji je visinski nadvisuje za oko 200-250 metara. Orografski je otvorena jedino prema jugozapadu gdje se tektonsko-morfološki spaja sa morfostrukturom Donjosprečke zavale kamo otiče tok Jale (sl. 1 i 3.).

3.2. UTJECAJ RELJEFA NA LOKALNU CIRKULACIJU I ZAGAĐENOST ZRAKA TUZLANSKE KOTLINE

Dakle, upravo navedena geomorfološka karakteristika orografske zatvorenosti kotline rezultirala je izraženim godišnjim tišinama - kalmama (periodima bez vjetrova) sa značajnijim odsustvom intenzivnije prizemne vjetrovne cirkulacije što utječe na povećanu zagađenost prizemnih slojeva troposfere (Šegota T., A. Filipčić, 1996). Spomenuta negativna meteopojava prizemnog, radijacionog sloja magle sa izrazito povećanom koncentracijom aeropolutanata posebno je naglašena u hladnijem dijelu godine u vrijeme anticiklonalne aktivnosti kada su aktivirana mnoga ložišta u urbanoj zoni Tuzle.

Vjetrovna strujanja usko su povezana sa lokalnom reljefnom plastikom terena odnosno orografskim preprekama – uzvišenjima i prijevojima što umnogome potvrđuje i ruža vjetrova za noviji period 2009-2016. godine konstruisana prema podacima Tuzlanske meteorološke stanice. To je meteorološka stanica Bukovčić (305 m n/v) koja se nalazi na južnim padinama pobrđa, na visinama od oko 60 metara iznad kotlinskog dna, odnosno strogog centra grada Tuzle. Pored kalmi, odnosno tišina na Bukovčiću, dominantni vjetrovi tokom godine su oni koji pušu iz sjeveroistočnog kvadranta sa ukupno 37 % (SSI sa 21,3%, I sa 8,3%, SI sa 7,9%). U lokalnoj vjetrovnoj cirkulaciji značajan je udio i onih iz jugozapadnog kvadranta sa učešćem od ukupno 24 % (Z-JZ sa 12,8%, Z sa 11,2%) koji dopiru donjim dijelom Tuzlanske kotline koja je također usmjerena pravcem ZJZ-ISI (sl 1 i 3).

Ovdje dominira kutni tip drenažne mreže sa dolinama subperpendikularno usmjerenim ka lokalnom erozijskom bazu – Tuzlanskoj kotlini na što je utjecala neotektonska aktivnost primarne strukture Slavinovičko-Jalskog rasjeda (sl 2). To su potočne doline: Kovačice, Grabovice, Soline, Moluške rijeke, Joševici i Mramorskog potoka koje predstavljaju desne pritoke Požarnice i Jale. Vjetrovna cirkulacija iz navedenih dolina, posebno noću, ima donekle, mikrolokacijsku ulogu prečištača zagađenog zraka urbane zone. To je zapravo dnevna lokalna vjetrovna cirkulacija kada vjetar noćnik, usljed većeg atmosferskog pritiska duva sa višeg južnomajevičkog pobrđa i pročišćava prizemnu troposferu nižeg područja kotlinskog dna gdje je tada niži atmosferski pritisak. „Prema podacima dobivenih sa pet mjernih stanica postavljenim u Tuzli i okolini uočeno je da su koncentracije polutanata povećane u toku zimskog perioda, posebno u onim dijelovima grada sa najprometnijim ulicama (Skver) i stambenim objektima (BKC). Koncentracije sumpordioksida i prašine često prelaze visoke vrijednosti“ (S. Gutić, 2015.).

Dakle, potrebno je izvršiti detaljniji monitoring aerozagađenja u Tuzlanskoj kotlini sa savremenim pokretnim meteostanicama u urbanoj zoni kojim bi se mogli odrediti kvantitativni parametri zagađenosti zraka i njihove razlike u koncentraciji aeropolutanata po mikrolokalitetima kao kao što je urađeno u Hamburgu u Njemačkoj krajem prošlog stoljeća (Šegota T, 1985).

4. ZAKLJUČAK

Možemo zaključiti da Tuzlanska meteorološka stanica „Bukovčić“, zbog svog geografskog i hipsometrijskog položaja, iznad gradske jezgre te vegetacije i zelene travne podloge, ne može biti reprezentativna u slučaju analize zagađenosti zraka Tuzlanske kotline.

Reljef je značajan faktor ali i modifikator klime. U slučaju Tuzlanske kotline vrlo bitan utjecaj ima antropogeno-tehnogeni reljef urbane zone. To se prvenstveno odnosi na geometriju grada, te visoke i velike gradske objekte kao što su zgrada Mellain, neboderi, duge zgrade koje prvenstveno utiču na formiranje i kanisanje lokalnih pravaca cirkulacije specifičnog gradskog vjetrova. Intenzivno recentno slijeganje, tonjenje terena u centralnom dijelu urbane zone Tuzle uzrokovano eksploatacijom soli utjecalo je na promjenu morfologije reljefa kotlinskog dna. Takođe i površinski kopovi Krekanskog rudnika i rudnika Bukinje ulaze u ovu kategoriju tehnogenog reljefa Tuzlanske kotline.

Antropogeno-tehnogeni reljef (zgrade, dimnjaci, fabrike, njihove visine, prostorne veličine) ali i konstrukcioni materijali gradskih objekata te gradski saobraćaj bitno utječu kao klimatski modifikatori. Veći stambeni i industrijski objekti utjecali su na pojavu lokalnog gradskog vjetrova te na njegovo kanisanje, pravac i intenzitet.

Mikroklima naselja generalno se karakteriše slabim vazдушnim strujanjem u podinverzionom sloju i pojavom lokalnog gradskog vjetra.

Prema tome, ovdje uz uspostavljenu prizemnu lokalnu cirkulaciju zraka u gradu Tuzli imamo i navedenu iz susjednih potočnih visećih dolina – Soline, Grabovice, Joševce, Mramorskog potoka sa lokalnim vjetrovima sa južnomajevičkog pobrđa koji djelomično pročišćavaju prizemnu troposferu pojedinih mikrolokaliteta grada. Spomenuta meteopojava očigledna je na tuzlanskom mikrolokalitetu Banja gdje je često strujanje čišćeg, hladnijeg zraka. Sličan slučaj je i sa Skojevskom ulicom s akarakterističnom kanalisanom vjetrovnom cirkulacijom.

Bitno je spomenuti izmjene mikroklimе grada na potezu kotline gdje je natkriveno betonsko_ korito Jale. Uglavnom, generalno manje brzine vjetra karakterišu urbanu zonu u odnosu na susjedna područja većih reljefnih udubljenja kao što su Gornjosprečka (Kalesija, Živinice) ili Donjosprečka zavalа (Gračanica, Puračić).

Udaljenost gradske jezgre Tuzle od termoelektrane Tuzla (7 km) Ugljevik (25 km) i od koksare u Lukavcu (11 km) također je bitna sa aspekta zagađenja zraka Tuzlanske kotline što bi se naknadno, primjerenim metodama trebalo istražiti-

LITERATURA:

1. Bognar A. (1987): Reljef i geomorfološke osobine Jugoslavije. - Veliki geografski atlas Jugoslavije, SNL, Zagreb
2. Čičić S. , Jovanović Č., Mojičević M., Tokić, S. (1988): Tumač za list TUZLA L 34 -132, Savezni geološki zavod, Beograd.
3. Gutic S. (2015) Geoekološki aspekti upravljanja procesom proizvodnje u TE "Tuzla" u funkciji poboljšanja zraka, magistarski rad, Odsjek za geografiju Prirodno-matematičkog fakulteta, Univerzitet u Tuzli.
4. Jovanović P. (1971): Karta vertikalnih gibanja zemljine kore, Kongres geodeta, Sarajevo.
5. Lepirica A. (2013): Geomorfologija Bosne i Hercegovine, Sarajevo Publishing, Sarajevo.
6. Stjepić Srkalović Ž., E. Babajić Elvir, Srkalović D., Lepirica A. (2017): Torij (Th) u tlu urbanog dijela Tuzle, Acta geographica Bosniae et Herzegovinae 8; 2017; (37-46)
7. Šegota T. (1985): Neke grafičke i numeričke klimatološke metode istraživanja za studente postdiplomskog studija geografije, Geografski odjel, Sveučilište u Zagrebu
8. Šegota T., A. Filipčić (1996): Klimatologija za geografe, Školska knjiga, Zagreb.

Adresa Uređivačkog odbora

Rudarsko-geološko-građevinski fakultet
 Univerzitetska br.2
 75000 Tuzla, Bosna i Hercegovina
 Tel: +387 35 320 550, Fax: +387 35 320 570

Ciljevi i djelokrug

Glasnik Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta registrovan je 2013.godine sa ciljem objavljivanja naučnih i stručnih radova iz naučnih polja 1.5, 2.1 i 2.7 (Klasifikacija Frascati).

Djelokrugom časopisa su obuhvaćene:

- Geonauke - multidisciplinarno, Mineralogija, Paleontologija, Geofizika, Geologija, Hidrologija, Vodni resursi
- Građevinarstvo, Arhitektura, Konstrukterstvo, Saobraćajnice, Hidrotehnika
- Okolišno i geološko inženjerstvo, Geotehnika, Naftno inženjerstvo (nafta, plin), Rudarstvo i priprema mineralnih sirovina

Uputstva za autore

Uputstvo za pripremu radova može se preuzeti na <http://rggf.untz.ba/Glasnik.html>.

Jezici rukopisa

Radovi koji se publikuju u Glasniku Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta trebaju biti napisani na bosanskom, srpskom, hrvatskom ili engleskom jeziku.

Naslov rada, sažetak, ključne riječi i zaključak trebaju biti napisani dvojezično na bosanskom/srpskom/hrvatskom i engleskom jeziku.

Pretplata

Bosna i Hercegovina – 10 KM jedan primjerak (8 KM primjerak za narudžbe 10 primjeraka i više) + troškovi dostave

Inostranstvo – 8 EUR jedan primjerak (6 EUR primjerak za narudžbe 10 primjeraka i više) + troškovi dostave

Plaćanje u Bosni i Hercegovini

Svrha doznake: Štampano izdanje Glasnik RGGF (komada br.)

UNIVERZITET U TUZLI, RUDARSKO-GEOLOŠKO-GRAĐEVINSKI FAKULTET

Univerzitetska 2, Tuzla

Transakcijski račun: 1321000256000080 NLB Tuzlanska banka dd Tuzla

Budžetska organizacija broj: 2404007

Vrsta prihoda: 722631

Poziv na broj: 7013000000 Općina 094

Plaćanje u inostranstvu

Subscription to the Journal of Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering

DEUTSCHE BANK AG Frankfurt/M

BIC: DEUTDEFF

Account with Institution: ACC 936272410 EUR – 936272405 USD

NLB TUZLANSKA BANKA DD TUZLA

BIC: TBTUBA22

Beneficiary Customer: IBAM: BA 3913210100 867 24943

TUZLANSKI KANTON – DEP.RN.

Turalibegova 40, Tuzla (Za Univerzitet u Tuzli – RGGF fakultet)

