

Stručni rad

Professional paper

UDC: 627.711.816+625.7/.8

DOI: 10.5825/afts.2011.0305.032D

NEKOLIKO PRIMJERA PLITKOG TEMELJENJA OBJEKATA NA TRASI AUTO PUTA KORIDOR Vc, DIONICA SVILAJ –VUKOSAVLJE

Đurić N.¹, Đujić A.¹, Mitrović P.¹

¹Tehnički institut Bijeljina, E.mail: tehnicki@tehnicki-institut.com

REZIME

Auto put koridor Vc je dio koridora V, koji prolazi kroz Bosnu i Hercegovinu u dužini oko 336,0 km. Dionica Svilaj – Vukosavlje nalazi se na ulaznom dijelu iz Hrvatske u Bosnu i Hercegovinu, dužine oko 17,0 km. Detaljnije počinje od rijeke Save do Vukosavlja, odnosno Modriče.

Na trasi autoputa nalazi se veći broj objekata od propusta, natputnjaka, potputnjaka ili mostova, koji su različito temeljeni. Provedena su određena inženjerskogeološka istraživanja terena i laboratorijska ispitivanja. Step en istraženosti je na zadovoljavajućem nivou. Geološka građa terena i značaj objekata opredijelili su način temeljenja. Za svaki objekat urađen je geotehnički model i analiza geotehničkih uslova. U radu je prikazano nekoliko objekata koji su plitko temeljeni.

Ključne riječi: *trasa puta, objekti na trasi, istraživanje terena, analiza stabilnosti, geotehnički mode terena*

A FEW EXAMPLES OF THE SHALLOW FOUNDATION OF STRUCTURES THE ROUTE THE HIGHWAY KORIDOR Vc, SECTION SVILAJ-VUKOSAVLJE

ABSTRACT

Corridor Vc highway is part of Corridor V, which passes through Bosnia and Herzegovina in a length of about 336.0 km. Section Svilaj - Vukosavlje is located on the entrance area from Croatia to Bosnia and Herzegovina, its length of 17.0 km. Details of the Sava river began to Vukosavlje or Modrica.

On the route of the highway there are a large number of objects of failure, overpass, underpass or bridge, which are differently based. Studies have been some engineering-research field and laboratory tests. The degree of exploration is at a satisfactory level. Geological field and the importance of facilities they have chosen the way of foundations. For each object was made geotechnical model and analysis of geotechnical conditions. The paper shows several objects that are shallow based.

Key words: *route times, facilities along the route, exploring the terrain, stability analysis, geotechnical terrain models*

UVOD

Auto put koridor Vc je najznačajniji projekat u oblasti putne infrastrukture koji se planira izgraditi u narednom periodu. Istraživanja su započeta 2005. godine, a projekti su najvećim dijelom završeni 2010. Dionica Svilaj – Vukosavlje završena je u cjelosti i nalazi se u fazi pripreme za početak građenja.

Trasa navedene dionice je ravničarskog karaktera, na kojoj se nalazi veći objekata u vidu propusta, podvožnjaka, nadvožnjaka i mostova. Iako se ne može reći da je geološka građa složena, ipak su bila potrebna detaljnija istraživanja za definisanja litološkog stuba, posebno u dijelu planiranih objekata. Česta izmjenjivanja pojedinih slojeva na malom prostoru u vidu proslojaka, koji su uglavnom lošijih karakteristika zahtijevala su detaljnija istraživanja, a u dijelovima terena gdje to nije urađeno, date su preporuke da se to provjeri u fazi realizacije projekta. Vrste objekata i složenosti terena definisali su načini njihovog temeljenja.

U radu će se prikazati nekoliko objekata koji su predviđeni za plitko temeljenje, a za koje su provedena određena istraživanja na terenu i laboratorijska ispitivanja, te date analize geotehničkih uslova temeljenja i prikaz geotehničkih modela.

GEOLOŠKE I GEOTEHNIČKE KARAKTERISTIKE TERENA

U sklopu provedenih istraživanja i ispitivanja definisane su geološke karakteristike koje su obuhvatile stanje i sastav tla do dubine uticaja objekta na tlo, debljinu i sastav površinskog pokrivača, debljinu i litološki sastav i stanje podpovršinskih sedimenata koji će biti radna sredina u kojima će se ostvariti uticaj objekta kako u toku građenja tako i u toku eksploatacije objekta, dubinu i litološki sastav i stanje geološkog substrata.

Od hidrogeoloških karakteristika definisane su pojava i nivo podzemne vode, ocjena uticaja na objekat, a sa aspekta zaštite životne sredine, prikazana je mogućnosti zagađenja podzemne vode u fazi izgradnje i eksploatacije objekata.

Od ostalih karaktersitika date su fizičke i mehaničke osobine pojedinih litoloških jedinica tla i stijena do dubina interakcije objekat – tlo, geotehnički uslovi na lokaciji objekata, uslovi iskopa temeljne jame sa aspekta uređenja podtla temelja i stabilnosti kosine temeljne jame za slučaju plitkog temeljenja.

Terenski istražni radovi obuhvatili su detaljna geološka kartiranja, istražna bušenja i geofizička istraživanja, tabela 1.

Laboratorijska ispitivanja uzoraka tla obuhvatila su određivanje fizičko-mehaničkih svojstava tla. Urađena su u laboratoriji za mehaniku tla Tehničkog instituta iz Bijeljine, u skladu sa važećim propisima i standardima za laboratorijsko određivanje fizičko-mehaničkih svojstava uzoraka tla, JUS U.B1., odnosno ASTM standardima. ASTM standard je ekvivalentan BS standardu – BS 1377 – 2 iz 1990. godine.

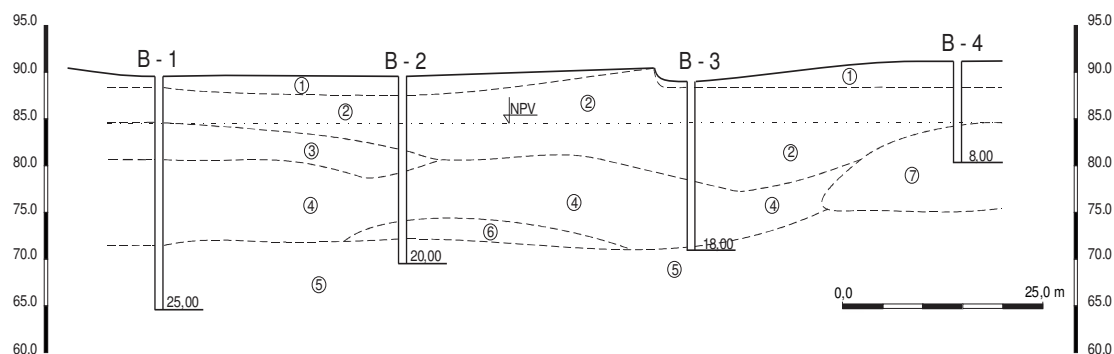
U geološkoj građi terena, do dubine istraživanja, dužinom čitave trase autoputa na dionici Svilaj – Vukosavlje, zastupljeni su kvartarni sedimenti pleistocenske (Q_1) starosti gdje su prisutni neraščlanjeni sedimenti riječnih terasa (t_1 i t_2) i holocenske (Q_2) starosti. Samo na krajnjem dijelu dionice, dubinom istraživanja zahvaćen je supstrat terena, slika 1.

Supstrat terena čine sedimentne stijena tercijara odnosno sedimenti fliša gornjeg eocena (E_3). U središnjem dijelu terena supstrat izgrađuju sedimenti gornjeg miocena (M_3^2) predstavljeni glinama laporovitim. U početnom dijelu trase, supstrat terena nije dostignut bušenjem, ali na osnovu rezultata prethodnih regionalnih istraživanja, može se pretpostaviti da pripada pliokvartarnim glinovito-pjeskovito– šljunkovitim sedimentima.

Tabela 1. Pregled izvedenih istražnih radova za objekte koji se plitko temelje
Table 1 Overview of research activities carried out for buildings that are shallow foundations

Objekat	Bušotine		Uzorc		SPT	Pijez.	VDP Lefranc	Geofizika	
	N ^o	dubina (m)	nepor.	porem.	broj opita			geoel. sonde	refrak. profili
Propust K - 1	BR - 1	8,0	1	2	3	-	-	-	-
Propust K - 2	BB - 3	15,0	1	4	7	+	-	-	-
Potputnjak PP - 1	BB - 8	18,0	2	1	5	-	-	GS - 1 do GS - 9	RS-1
	BB - 9	19,0	2	1	3	-	-		
	BB - 10	18,5	2	1	5	+	1		
Potputnjak PP - 2	BB - 17	12,0	1	1	2	+	1	-	-
Potputnjak PP - 3	BB - 18	12,0	1	1	2	-	-		
Ukupno	7	110,5	10	11	27	3	2	9	1

U litološkom pogledu, od površine terena prema dubini prostiru se naplavni (ap) sedimenti, koji su na površini terena. To su glinovito – pjeskoviti sedimenti (CL – SC) grupe, predstavljeni niskoplastičnom prašinstom i pjeskovitom glinom i manjim dijelom prašinstim pijeskom.



Slika 1. Geološki profil terena

1. glinovito prašinsto pjeskoviti sedimenti, 2. glina, 3. pijesak, 4. šljunak,
5. šljunak zaglinjen, 6. glina laporovita, 7. laporovite stijene eocenskog fliša

Figure 1 Geological profile of the terrain

- 1 clay, silty sand sediments, 2 clay, 3 sand, 4 gravel, 5 clayey gravel,
- 6 clay shale, 7 marl rocks of Eocene flysch

Glina je slabo konsolidovana, stišljiva a pijesak je uglavnom rastresit. Kao paket sedimentata slabo je vodopropustan, slabo nosiv i nije dobar medij za temeljenje objekta, debljine oko 2,0 m. Dalje se prostiru sedimenti mlađe (t_1) terase predstavljeni su glinom niskoplastičnom, vlažnosti bliže granici zasićenja, koja na većoj dubini može biti prezasićena, u stanju tvrde plastičnosti, vrlo slabe vodopropusnosti, debljine sloja oko 2,0 m. Osnovni geotehnički prametri za geostatičke proračune su:

- zapreminska težina $\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
- ugao unutarnjeg trenja $\varphi = 19^\circ$
- kohezija $c = 12 \text{ kPa}$
- modul stišljivosti $Mv_{(0-100)} = 2900 - 3700 \text{ kPa}$

Podinu gline prašinate izgrađuje sloj niskoplastične gline muljevite CL grupe, veoma mekog konzistentnog stanja, vanredno stišljiva, slabe do vrlo slabe vodopropusnosti, debljina 0,5 – 1,4 m. Usvojeni geotehnički parametri za geostatičke analize su:

- zapreminska težina $\gamma = 18,3 \text{ kN/m}^3$
- ugao unutarnjeg trenja $\varphi = 15^\circ$
- kohezija $c = 11 \text{ kPa}$
- modul stišljivosti $Mv_{(0-100)} = 1300 \text{ kPa}$

Neposredno ispod sloja gline muljevite istaložen je pijesak zaglinjen SC grupe. Pijesak je sitno do srednjezrn, sa sadržajem glinovito – prašinate frakcije, rastresit do umjereno rastresit, rjeđe zbijen, srednje deformabilan, zavodnjen, uglavnom umjerene vodopropusnosti debljina 0,4 – 1,2 m. Osnovni geotehnički parametri za geostatičke proračune su:

- zapreminska težina $\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$
- ugao unutarnjeg trenja $\varphi = 33^\circ$
- kohezija $c = 0 \text{ kPa}$
- modul stišljivosti $Mv_{(spt)} = 12600 \text{ kPa}$

Najniži član sedimenata mlađe (t_1) terase izgrađen je od šljunka pjeskovitog, srednjezrnog do krupnozrnog sa poluzaobljenim do zaobljenim valuticama GP – GC grupe. Šljunak je rastresit do vrlo zbijen, malo stišljiv, zavodnjen, visoke vodopropusnosti, čija debljina sloja nije utvrđena istražnim radovima. Osnovni geotehnički parametri za geostatičke proračune su:

- zapreminska težina $\gamma = 19,3 \text{ kN/m}^3$
- ugao unutarnjeg trenja $\varphi = 41^\circ$
- kohezija $c = 0 \text{ kPa}$
- modul stišljivosti $Mv_{(spt)} = 49000 - 51000 \text{ kPa}$

Prema hidrogeloškim karakteristikama sredina koje izgrađuju teren, izdvojene su slabo vodopropusne stijene srednje vodopropusne stijene. Slabo vodopropusne stijene izgrađujuju naplavne (ap) i terasne (t_1) gline međuzrnske i sitno pukotinske poroznosti sa malim vrijednostima koeficijenta vodopropusnosti oko $T = 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$. U hidrogeološkom pogledu ovi sedimenti imaju funkciju izolatora Srednje vodopropusne stijene međuzrnske poroznosti su šljunak i pijesak sa koeficijentom filtracije po USBR-u $k = \text{od } 10^{-3} - 10^{-5} \text{ m/s}$, a koeficijent vodopropusnosti je oko $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. U hidrogeološkom pogledu imaju funkciju kolektora.

Obzirom da je teren ravničarski, kao savremeni procesi, registrovana su zamočvarenja, koja su karakteristični za takve terene. Zamočvarenja su posljedica zadržavanja atmosferskih, poplavnih i podzemnih voda na površini terena u dužem periodu. Više lokacija je podložno poplavama podzemne vode koja za vrijeme visokih nivoa lako dospije na površinu, jer se u pripovršinskoj zoni prostiru pjeskoviti sedimenti kroz koje se voda lako infiltrira do površine terena. Nivo podzemne vode zavisao je i od vodostaja rijeke Save jer postoji direktna hidraulička veza.

ANALIZA GEOTEHNIČKIH USLOVA TEMELJENJA OBJEKATA

Analiza geotehničkih uslova provedena je u cilju određivanja nosivosti tla ispod temelja objekata, kao i sleganja. U tabeli 2, dat je prikaz objekata za plitko temeljenje na dionici Svilaj – Vukosavlje sa naprezanjima fundamenata.

Prema rešenju iz Idejnog projekta objekti se temelje kao temeljna ploča u celosti na određenim kotama, tako da je i za Glavni projekat zadržan isti način temeljenja. Radovi na iskopu tla radi izrade propusta obavljaju se u tlu III i IV kategorije prema GN – 200.

Tabela 2. Prikaz objekata za plitko temeljenje
Table 2 Display facilities for shallow foundations

N ^o	Objekat	Stacionaža	Prepreka	Dužina (m)	Širina (m)	Neprezanje ploče u stanju eksploatacije/ dozv. minim. nosivost (kN/m ²)
1	Propust K – 1	0+750,62	Potok Srnotača/ potok Strnovača	36,1	6,55	160/155
2	Propust K – 2	Mag. cesta M 14.1	Regulisana rijeka / potok Srnotača	18,6	6,55	120/85
3	Potputnjak PP – 1	3 + 488,3	Poljska cesta Točak – Trnjani	29,44	1+3,5+1 = 5,5	120/120
4	Potputnjak PP – 2	8 + 331	Lokalna cesta Jošava	35,75	1+3,5+1 = 5,5	160/160
5	Potputnjak PP – 3	8 + 884,6	Lokalna cesta Kacević	32,50	1+3,5+1 = 5,5	140/140

Geotehnički model terena za određene objekte urađen je do dubine istraživanja, a koga čine sledeći litološki kompleksi prikazani u tabeli 3, sa svojim otporno – deformabilnim svojstvima. Za objekte K – 1 i K – 2, ispod ploče temeljenja propusta, predviđena je zamjenu autohtonog tla sa drobljenim kamenim agregatom.

Tabela 3. Geotehnički model terena za objekte K – 1 i K – 2
Table 3 Geotechnical terrain model for the K - 1 and K - 2

Geotehnički model terena	Deb. sloja (m)	NPV/PPV (m)	γ (kN/m ³)	φ^0	C (kPa)	M _v (kPa)
Glinovito – pjeskoviti sedim.	2,2	4,9	19,4	19	12	2900
Glina prašinasta	0,6		19,6	19	14	4100
Drobljeni kameni agregat	1,8		19	32	0	40000
Pijesak zaglinjen	0,35		11	33	0	12600
Šljunak pjeskovit	3,0		11	36	0	51400

Geostatičke analize temeljenja izvršene su za plitko fundiranje za dozvoljenu nosivost prema podacima datim u tabeli 4, proračunate metodom po Pravilniku o tehničkim normativima, Sl. list SFRJ br. 15/90. Za objekte K – 1 i K -2, ispod ploče temeljenja propusta, predviđena je zamjena autohtonog tla sa drobljenim kamenim agregatom, koji ima ima sljedeća svojstva:

$$\phi = 32^0; c = 0 \text{ kPa}; \gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3; M_v = 40000 \text{ kPa}$$

Dubina zamjene tla za K – 1, drobljenom kamenom sitneži od 100 cm, nije dala zahtijevanu nosivost od 155 kPa. Potrebno je nedovoljno nosivo tlo zamijeniti još za 80 cm, što je ukupno 180 cm. U tom slučaju dobijena je, zadovoljavajuća dozvoljena nosivost od $Q_f = 340,08 \text{ kPa}$.

Dubina zamene tla za K – 2, drobljenom kamenom sitneži od 100 cm, takođe nije dala zahtevanu nosivost od 85 kPa. Sa zamjenom tla drobljenim kamenim agregatom od 100 cm, dobijena je zadovoljavajuća dozvoljena nosivost od $Q_f = 120,65 \text{ kPa}$.

Tabela 4. Analiza plitkog temeljenja za K – 1 i K – 2
Table 4 Analysis of shallow foundations for K - 1 and K - 2

Objekat	Stacionaža	Dužina (m)	Tip temeljenja	Dimenzije temelja (m)	Dubina temelj. (m)	Dozv.nosivost tla (kPa)
K – 1	0 + 750,62	50,62	Plitko fundiranje (po Pravilniku)	7,4	2,8	340.08
K – 2	1 + 087,11	18,00		7,4	2,7	120.65

Proračun slijeganja obavljen je klasičnom metodom konsolidacije, a naponi po metodi Steinbrenner-a. Analiza slijeganja za uslove plitkog temeljenja izvršena je za centralnu tačku, gdje dobivena vrijednost $s=1,197$ cm. Temelj se fundira na sloju drobljene kamene sitneži na dubini 1,8 m, tabela 5.

Tabela 5. Pregled rezultata proračuna slijeganja plitkih temelja
Table 5 Summary results of the budget settlement of shallow foundations

N ^o	Oblik temelja	Dimenz. (m)	Dubina temeljenja (m)	Projektovano opterećenje (kPa)	Modul stišljivosti (kPa)	Slijeganje (cm)
K – 1	Traka	7,4	2,8	155,00	CL-SC 2900 CL 4100 Agreg. 40000 SC 12600 GP 51400	1,197
K – 2		7,4	2,8	85,00	CL-SC 2900 Agreg. 40000 CL-SC 2900 SC 12600 CL 1300 CL 4706 GP 49000	5,23

Proračunato sleganje nalazi se u okviru prihvatljivog. Očekuje se postupno slijeganje sa izradom propusta. Do karaja izrade propusta slijeganje treba biti ostvareno oko 70%.

Za objekte PP – 1, PP – 2 i PP – 3 temeljenje će se vršiti površinski sa klasičnim temeljima u glinovitom tlu (CH) i glinovito pjeskovitom tlu (CL - SC). Podzemna voda se nalazi ispod nivoa temeljenja.

Geotehnički model terena za navedene objekte urađen je do dubine istraživanja, a koga čine sledeći litološki kompleksi prikazani u tabeli 6, sa svojim otporno – deformabilnim svojstvima.

Tabela 6. Geotehnički model terena za objekte PP – 1, PP – 2 i PP – 3
Table 6 Geotechnical model for terrain objects PP - 1, PP - PP and 2 - 3

N ^o	Geotehnički model terena	Debljina sloja (m)	NPV/PPV (m)	γ (kN/m ³)	φ^0	C (kPa)	M _v (kPa)
PP – 1	Glina praštinasta	3,5	5,0	19,56	23	33	4081
		10,5		10	23	33	4081
	Šljunak pjeskovit	2,0		10	42	0	51400

PP – 2	Glinovito pjeskoviti sedimenti	1,55	5,2	19,4	21	12	3710
	Glina prašinsata	2,95		19,0	19	29	4000
		8,0		11,0	19	29	4000
PP – 3	Glinovito pjeskoviti sedimenti	1,3	4,0	18,60	14	21	2361
	Glina prašinsata	3,0		20,30	20	51	5089
		0,5		10,30	20	51	5089
	Pijesak prašinast	6,5		10	30	0	8300

Dozvoljena nosivost tla ispod temelja za PP – 1, je minimalno 120 kN/m², za PP – 2 minimalno 160 kN/m², a PP – 3 minimalno 140 kN/m². Nosivost tla proračunata je metodom po Pravilniku o tehničkim normativima, Sl. list SFRJ br. 15/90. Rezultati analize plitkog temeljenja prikazani su u tabeli 7.

Tabela 7. Analiza plitkog temeljenja PP – 1, PP – 2 i PP – 3
Table 7 Analysis of shallow foundations PP - 1, PP - PP and 2 - 3

Objekat	Stacionaža	Dužina (m)	Tip temeljenja	Dimenzije temelja (m)	Dubina temelj. (m)	Dozv.nosivost tla (kPa)
PP – 1	1 + 087,11	18,36	Plitko fundiranje (po Pravilniku)	6,9 x 34,7	1,5	416.01
PP – 2	8 + 331,00	32,50		6,9	1,4	209.01
PP – 3	8 + 884,60	32,50		6,9 x 32,5	1,0	136.0

Proračun slijeganja obavljen je klasičnom metodom konsolidacije, a naponi po metodi Steinbrenner-a, za uslove plitkog temeljenja za centralnu tačku, tabela 8.

Tabela 8. Pregled rezultata proračuna slijeganja plitkih temelja
Table 8 Summary results of the budget settlement of shallow foundations

N ^o	Oblik temelja	Dimenz. (m)	Dubina temelj. (m)	Projektovano opterećenje (kPa)	Modul stišljivosti (kPa)	Slijeganje (cm)
PP – 1	Traka	6,9 x 34,7	1,5	120,00	CH 4081	17,68
					CH 4081 GC 51400	15,40
PP – 2		6,9	1,4	160,00	CL-SC 3710	24,83
					CL 4000 CL 4000	22,65
PP – 3		6,9 x 32,5	1,0	140,00	CL-SC 2361	14,56
					CH 5089 CH 5089 SC 8300	13,36

Proračunato slijeganje za PP – 1, nalazi se u okviru prihvatljivog, gdje se očekuje postupno slijeganje sa napredovanjem izrade potputnjaka, a do kraja izrade potputnjaka slijeganje će biti ostvareno oko 80%. Za PP – 2, proračunato slijeganje nalazi se u okviru prihvatljivog, gdje se očekuje postupno slijeganje sa izradom potputnjaka, odnosno oko 70% do kraja njegove izrade. PP – 3, takođe karakteriše proračunato slijeganje u okviru prihvatljivog, sa istom postupnošću slijeganja kao i PP – 2. Problem

sleganja za sva tri objekta može se rešiti proširenjem površine temeljne ploče u širini 0,50 – 1,00 m¹ i dužine za 1,00 m¹.

ZAKLJUČAK

Na dionici Svilaj – Vukosavlje, auto puta koridor Vc provedena su određena istraživanja terena i laboratorijska ispitivanja, te date analize geotehničkih uslova plitkog temeljenja za nekoliko objekata.

Teren duž čitave trase autoputa na dionici Svilaj – Vukosavlje, izgrađuju kvartarni sedimenti pleistocenske (Q₁) starosti, odnosno neraščlanjeni sedimenti riječnih terasa (t₁ i t₂) i holocenske (Q₂) starosti. Na krajnjem dijelu dionice registrovan je supstrat terena koga čine sedimentne stijena tercijara odnosno sedimenti fliša gornjeg eocena (E₃).

Analiza geotehničkih uslova provedena je na osnovu definisanih geotehničkih modela za svaki objekat posebno. Razdvojeni su objekti propusta K – 1 i K – 2, od potputnjaka PP – 1, PP – 2 i PP – 3. Za objekte K – 1 i K – 2 ispod ploče temeljenja propusta, predviđena je zamjena autohtonog tla sa drobljenim kamenim agregatom u cilju poboljšanja karakteristika tla, da bi se dobila zadovoljavajuća nosivost tla, a slijeganja bila u granicama prihvatljivog. Za objekte PP – 1, PP – 2 i PP – 3 dozvoljena nosivost tla je zadovoljavajuća u prirodnim uslovima, a slijeganja u granicama prihvatljivog. Sa napredovanjem izgradnje objekata slijeganje će se odvijati postupno do 70%, koje će iznositi na kraju njihove izrade.

LITERATURA

1. Bašagić, M. i Langof, Z. (2005). Elaborat o inženjerskogeološkim, hidrogeološkim geotehničkim uslovima izgradnje autopta na koridoru Vc - Tehnička studija. Sarajevo: IPSA, Sarajevo Geoznanost
2. Đujić, A. i Đurić, N. (2005). Elaborat o geotehničkim istraživanjima trase autoputa Gradiška – Banja Luka. Bijeljina: Geoteh – plus.
3. Đurić, N., Đujić, A. (2008). Inženjerskogeološka i geotehnička istraživanja autoputa koridor Vc, dionica I i II, Svilaj – Vukosavlje za fazu Idejnog projekta. Bijeljina: Tehnički institut.
4. Đurić, N., Đujić, A., Tadić, S. i Mitrović, P. (2010). Inženjerskogeološki i hidrogeološki istražni radovi i geotehnički projekti za glavni projekt cestovnog koridora Vc lot 1: Svilaj – Vukosavlje. Bijeljina: Tehnički institut.
5. Đurić, N. (2009). Osnove geologije i inženjerske geologije. Subotica, Bijeljina: Građevinski fakultet, Tehnički institut.
6. Komatina, M. (1980). Hidrogeološka karta SFR Jugoslavije, 1:500.000. Beograd: Savezni Geološki zavod.
7. Maksimović, M. M. (2001). Mehanika tla, drugo izdanje. Beograd: Čigoja štampa.
8. Najdanović, N. i Obradović, R. (1981). Mehanika tla u inženjerskoj praksi. Beograd: Rudarski institut.