

## 1.0 SPLOŠNI DEL

Po naročilu Občine Laško je izdelan načrt sanacije zemeljskega plazu na LC 200130 Mala Breza- Trobni dol.

Za ugotovitev vzrokov labilnosti in izdelavo načrta bila izvedena naslednja dela:

- tehnični geodetski posnetek labilnega območja
- izvedba sondažnih izkopov za ugotovitev strukturnega sestava tal
- meritve gladine podtalne vode v izkopih
- terenske meritve
- vrednotenje rezultatov preiskav in stabilnostna presoja

### 1.1 Geografsko- geomorfološki opis območja

Območje predmetnega odseka ceste predstavlja zgornji del dokaj položnega zahodni in severozahodno orientiranega pobočja v naselju Trobni dol. Cesta je v asfaltni izvedbi, trasa pa poteka v mešanem profilu na nadmorski višini med 536.0 in 540.0 mnv. Območje je redko poseljeni, površine pa travnate z redkim sadnim drevjem. Odvodnjavanje ceste je urejeno v odprtem zemeljskem jarku do cevne prepuste na severnem območju ceste.

### 1.2 Opis obstoječega stanja

V robu cestnega telesa in brežini pod cesto so se aktivirale zemeljske mase v obliki manjšega zemeljskega plazu v širini ca 22 m in dolžine ca 15 m. Brežina – pobočje pod cesto ima naklon ca 25-28°, v niže ležečem delu pa ca 12-15°.

Izrazit čelni lom višine do 1.5 m je viden v robu asfaltnega vozišča in zajem celotno bankino, v bočnih smereh se ta nadaljuje po padnici pobočja kateri je izrazit v zgornjem delu, v niže ležečem pobočju pa je ta manj izrazit in preidejo v rob manjšega nariva zemljin. Poškodovano cestišče v obliki vzdolžnih in prečnih razpok ter posedkov pa zajema do ¾ širine vozišča.

Zaradi aktivnosti plazu je v območju porušitve in poškodb v vozišču prevoznost ceste sicer zagotovljena, prometna varnost je pa bistveno zmanjšana.

Glede na zatečeno stanje plazu ocenjujemo, da so se deformacije v cestnem telesu nastale zaradi trenutnega zdrsa. Hitrost in velikost deformacij pa je pogojena z večjo količino padavin pri neugodnih vremenskih razmerah ter posledičnim pojavom talnih precejnih vod. Prisotnost teh pa nakazuje na možnosti nadaljnjih pomikov v prostoru cestnega telesa in pobočja pod cesto. Prosto izcednih vod v labilnem območju ni bilo vidnih.

## 2.0 TERENSKA DELA

### 2.1 Tehnični geodetski posnetek

Vplivni prostor obravnavanega labilnega območja je geodetsko posnet in vključuje konture poškodb na cesti ter okoliški porušen ter neprizadet del območja. Posnetek je vpet v državni koordinatni sistem.

### 2.2 Opis sondažnih del

Na karakterističnih mestih in profilih so bile za ugotovitev strukturnega sestava temeljnega polprostora in mehanskih lastnosti zemljin ter hribine s strojno vrtno garnituro izvrtane štiri sondažne vrtine, globine 5.0- 6.0 m, skupaj 21.50 m . Sondažna dela so se izvajala v mesecu juniju 2015. Jedra so dobljena na suho z widia kronami premera 128-101 mm.

Situativna lega izvedenih vrtin je razvidna iz priložene situacije obstoječega stanja in sondažnih vrtin, poglavje 3.6, števil. priloge 3.6.3.

Na osnovi enostavnih identifikacijskih preizkusov ja na terenu določen strukturni sestav tal z razvrstitvijo zemljin po AC klasifikaciji, rezultati so podani v preglednicah:

vrtina V1

globina (m)	GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN	AC klasifikacija
0.0-0.06	asfalt	
0.06-1.1	umetni nasip (lomljenec)	UN
1.1-1.9	enakomerno granuliran drobn pesek (rjave barve)	SU
1.9-3.1	meljevec ( sivo rjave barve)	
3.1-4.9	delno preperel lapor ( temno sive barve)	
4.9-6.0	lapor ( sive barve)	

vrtina V2

globina (m)	GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN	AC klasifikacija
0.0-1.2	enakomerno granuliran drobn pesek s plastmi slabo vezanega peščenjaka (sivo rjave barve)	SU
1.2-2.3	meljevec ( sivo rjave barve)	
2.3-4.1	delno preperel lapor ( temno sive barve)	
4.1-5.0	lapor ( sive barve)	

vrtina V3

globina (m)	GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN	AC klasifikacija
0.0-1.0	enakomerno granuliran drobn pesek s plastmi slabo vezanega peščenjaka (sivo rjave barve)	SU
1.2-2.5	meljevec ( sivo rjave barve)	
2.5-4.4	delno preperel lapor ( temno sive barve)	
4.4-5.5	lapor ( sive barve)	

vrtina V4

globina (m)	GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN	AC klasifikacija
0.0-1.3	enakomerno granuliran drobni pesek (sivo rjave barve)	SU
1.3-2.7	meljevec (sivo rjave barve)	
2.7-4.1	delno preperel lapor (temno sive barve)	
4.1-5.0	lapor (sive barve)	

### 2.3 Terenske preiskave in meritve

Gostotni sestav je v sondažnih vrtinah določen na osnovi penetracijskih testov s standardnim dinamičnim penetrometrom (SPT). Skupaj je bilo v sondažnih vrtinah izvedenih 8 preiskav.

Za vrednotenje rezultatov Standardnega Penetracijskega Testa je merodajno število udarcev prosto-padajoče uteži (masa uteži: 63,5 kg, višina pada: 76,5 cm) za ugrez standardne konice 30,5 cm. Za vrednotenje penetrabilnosti pa je merodajen ugrez konice v cm za 60 udarcev penetracijskega bata.

Korekcija rezultatov po SIST EN ISO 22476-3:2005.

$(N_1)_{60} = N \cdot K_{60} \cdot \lambda \cdot C_N$  ... normalna vrednost korekcije

$(N_1)_{60} / I_D^2 = 60 \Rightarrow I_D = ((N_1)_{60} / 60)^{1/2}$  ..... indeks relativne gostote

- korekcijski faktorji:

$K=0,75$  ... korekcijski faktor pri uporabi konice

$K_{60}=1,32$  ... korekcijski faktor zaradi izgube energije

$\lambda$  .... faktor dolžine drogova;  $\lambda = 0,75$  (3-4 m);  $\lambda = 0,85$  (4-6 m);  $\lambda = 0,95$  (6-10 m)

$C_N$  ... faktor gostote zemljin

Tabela 1: Vrednotenje rezultatov SPT preiskav z upoštevanimi parametri za izračun:

vrtina	globina m	izmerjeni N ud./30 cm	izmerjeni P cm/60ud.	$(N_1)_{60}$	$I_D$ (%)	AC klasifikacija stanje gostote/ penetrabilnost
V1	3,0	40	/	34.3	75	meljevec, gosto
	5,6	/	15			lapor, visoko penetrabilen
V2	2,5	44	/	39.2	81	preperel lapor, zelo gost
	4,8	/	18			lapor, visoko penetrabilen
V3	2,5	39	/	34.7	76	meljevec, gosto
	5,2	/	14			lapor, visoko penetrabilen
V4	3,0	42	/	35.9	77	preperel lapor, gost
	4,8	/	16			Lapor, visoko penetrabilen

### 2.4 Opazovanje nivoja talne vode

V času izvajanja sondažnih del pojav talne precejne vode ni registriran. Na celotnem območju pa je opazna povečana vlažnost oziroma omočenost vrhnjega peščenega sloja.

### 3.0 OPIS GEOLOŠKO GEOTEHNIČNIH RAZMER

Pri določitvi geološka opis in zgradbe so upoštevanji in uporabljeni podatki iz osnovne geološke katre, list Celje L 33-55 v merilu 1:100 000 z tolmačem.

Predmetno raziskano območje predstavlja nizko gričevnato področje Savskega pogorja katero je v osnovi zgrajeno iz miocenskega laškega laporja z geološko oznako  $M^2_2$ .

Podlaga je pretežno kompaktna slabo do močno pretrta in na površini preperela ali slabše vezana. Preko hribinske podlage laporja je odložena delno preperela podlaga osnovne hribine laporja, meljevca ter sloj peščene preperine. Barva je rjava, sivo rjava, siva in temno siva.

Peščena preperina se pojavlja kot enakomerno granuliran drobni pesek (SU) pretežno z vložki slabo vezanega peščenjaka. Peščeni pokrov pa je v območju ceste prekrit z do 1.0 m debelim slojem cestnega nasipa kamnitega lomljenca. Debelina peščenega pokrova je v območju sondažnih vrtin 0.8-1.3 m, debelina meljevca in delno preperela hribine pa 2.8-3.2 m. Hribina laporja se je v območju raziskovalnih vrtin pojavi v relativni globini 4.1 - 4.9 m pod površjem terena.

Terenske preiskave so pokazale, da je pretežni del peščenega pokrova v naravno odloženih oblikah zelo rahlega do rahlega gostotnega sestava z indeksom relativne gostote  $I_D \approx 20\%$  s strižnimi lastnosti zemljin v mejah kot notranjega trenja  $\varphi = 25-28^\circ$  pri koheziji  $c=0$  kN/m<sup>2</sup>. Sloj meljevca in preperela hribine je gostega in zelo gostega sestava z indeksom relativne gostote  $I_D = 76-81\%$  s strižnimi lastnosti zemljin v mejah kot notranjega trenja  $\varphi = 32-36^\circ$  pri koheziji  $c=5-10$  kN/m<sup>2</sup>. Osnovna hribina laporja je zelo gostega sestava oziroma visoko penetrabilna  $P = 14-18$  cm/ 60 ud. SPT, s strižnimi lastnostmi  $\varphi > 36^\circ$  pri koheziji  $c > 25$  kN/m<sup>2</sup>.

V hidro geološkem smislu se v obravnavanem prostoru ločita praktično nepropustna podlaga in različno propustne zemljine pobočnega pokrova. Površina je pokrita s dokaj dobro vodoprepustnim pokrovom zemljin debeline do 1.3 m. Inženirsko geološke lastnosti ki pogojujejo stabilnostne karakteristike tal so v preperinskem pokrovu v glavnem dobre. Pri normalnem dreniranju oziroma precejanju podzemnih vod so zemljine pokrova stabilne tudi pri relativno strmih naklonih. Občasni pojav večje količine precejnih in površinskih vod pa obremenjujejo povrhnjico kar povzroča nastanek strižnih con, usled česa se pojavljajo plitva plazenja oziroma zdrsi z vodo prepojenega preperinskega pokrova.

V območju plazu se na osnovi popisa vrtin ločijo naslednje geotehnične enote:

- cestni nasip: nasip v podlagi cestišča, debeline do 1.0 m
- paket nevezanih zemljin: peski, debeline 1.3 m
- meljevec in preperela hribina, debeline 2.8-3.2 m
- podlaga: lapor

#### 4.0 STABILNOSTNA PRESOJA

Za ugotovitev nivoja porušitve je izbran srednji kritični pobočni profil P2, izvedena povratna stabilnostna presoja po Janbujevi analitični metodi, s supozicijo kombiniranih krožnih in poligonalnih porušnih ploskev za mejno stanje stabilnosti, program Cobus- Larix 5.

Stabilnostna presoja je izvedena v skladu z SIST EN 1997-1, prevzet je projektni pristop 2, kjer so predpisani delni faktorji za vplive, parametre zemljin in odpore:

- faktorji za vplive:  $\gamma_{G;dst} = 1,35$
- faktorji za parametre zemljin:  $\gamma_{\phi'} = 1,25$   
 $\gamma_c = 1,25$   
 $\gamma_\gamma = 1,0$
- faktorji za odpore stabilnosti pobočij:  $\gamma_{R,e} = 1,10$

Izdelan je karakteristični model za analiziranja z upoštevanjem pojava talne precejne vode, vidnih lomom in narivom zemljin. Za porušitve je faktor varnosti proti zdrsu  $F < 1.0$ .

Za stanje porušitve pri faktorju varnosti  $F = 0.98$ , ustrezajo naslednje mehanske lastnosti zemljin pokrova podane v tabeli 2:

opis sloja	prost. teža $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	strižni kot $\phi$ (°)	kohezija $c$ (kN/m <sup>2</sup> )
hribina laporja	22.0	38	25
preperina	20.5	33	10
meljevec	20.5	32	5
peščena zemljine	20.0	23.5	0
cestni nasip	20.0	32	0

Tabela 2:

Iz rezultata analize lahko zaključim, da se je drsna ploskev formirala v vrhnjem sloju nasipa in zasičenih peščenih zemljin, katera poteka v območju od notranjega roba ceste v niže ležeči del pobočja, kar ustreza terenskemu stanju porušitve.

Konfiguracija obdelanih pobočnih profilov, lega vodostaja ter kritična drsna ploskve z rezultatom minimalnega faktorja varnosti so podani v poglavju 3.4.

## 5.0 ZASNOVA IZVEDBE SANACIJE

Za sanacijo plazu oziroma zavarovanje ceste je glede na ugotovljene geotehnične ter stabilnostne razmere predvidena izvedba podporne konstrukcije po celotni dolžini porušitve. odel podporne konstrukcija predstavlja vkopana kamnita zložba- kamen v betonu, dolžine 28.25 m. Temeljenje se izvede v polhribini meljevac z vkopov minimalno 60 cm na srednji relativni globini  $D=2.2-2.5$  m pod površjem terena. Kamnita zložba je predvidena v spodnjem robu cestne brežine z osnim odklikom 3.80 m od desnega - zahodnega roba asfalta. Tlorisno je zložba ravna.

Nad zložbo je v terasastem zaseku predvidena izvedba delna zamenjava zemljin oziroma izvedba novega cestnega nasipa iz prodno peščenega materiala ali drobljenega kamnitega lomljenca do kote planuma zgornjega ustroja ceste, delovni naklon izkopne brežine  $n=1:1$ .

Na celotnem odseku se obnovi cestišče ter uredi odvodnjavanje precejnih zalednih vod.

### 5.1 Stabilnostna presoja sanacije

Za predvideno zasnovano sanacije plazu je izvedena stabilnostna analiza sanacije po metodi mejnih ravnovesnih stanj za mejno stanje nosilnosti MSN, računalniški program Cobus-Larix 5 z upoštevanimi mehanskimi lastnostmi zemeljskega polprostora prevzetih iz tabele 2.

Analiza je izvedena za karakteristični prečni prerez P2 v skladu z SIST EN 1997-1 za prevzet projektni pristop 2 (DA2). Slednji predpisuje naslednje parcialne faktorje za vplive, parametre zemljin in odpore.

- faktorji za vplive:  $\gamma_{G;dst}=1.35$  ( za aktivni zem. pritisk )  
 $\gamma_{G;stb}=1.0$  ( teža zemljine pred steno )
- faktor za odpor:  $\gamma_{R;e}=1.4$  ( za pasivni zem. pritisk )
- faktorji za parametre zemljin:  $\gamma=1.10$
- nadomestna prometna obremenitev voznega pasu  $P_v= 10,0 \text{ kN/m}^2$
- za mehanske lastnosti kamnite zložbe je upoštevano: specifična teža  $\gamma=23 \text{ kN/m}^3$ ,  
 strižne lastnosti  $\phi=38^\circ$ ,  $c=25 \text{ kN/m}^2$ .

Iz rezultati stabilnostne presoje podane v poglavju 3.4 je za predvideno zasnovano sanacije oziroma zavarovanja, dobljen minimalni faktor varnosti proti zdrsu  $F_{min}=1.48$ , kar zagotavlja stabilnost cestnega telesa in ustrezno varnost.

### 6.0 IZVEDBA SANACIJE

Kamnita zložba poteka v peti brežine z osnim odmikom 3.80 m od desnega - zahodnega roba asfalta. Kamnita podporna zložba je peti širine 1.20 m in skupne višine na kroni 2.3-2.55 m, pri naklonu čelnega in zalednega dela 3:1. Zložba je grajena iz kosov grobega lomljenca volumna 0.1- 0.5 m<sup>3</sup> z betonskim vezivom 30%, kvalitete C16/20. Na zalednem delu zložbe 40-50 cm se zložbe izvede brez betonskega veziva. Na temeljna tla se vgradi izravnalni sloj pustega betona C10/15 v debelini 20 cm. Dela pri izvedbi zložbe se izvedejo tako, da se pri zlaganju kamnitih blokov doseže čim boljša zaklinjenost.

Izkope za temeljenje zložbe mora prevzeti geomehanik, kateri bo potrdil ustreznost temeljnih tal ter določil končno globino izkopa.

Vzdolžna drenažna veja se izvede v notranjem robu na betonsko podlago zložbe. Za odvodno cev je izbrana trdostenska (stidren) drenažna cev DN150 mm, dolžine 27.0 m, zaščiten z enoznatim drenažnim zasipom, debeline 30-40 cm nad temenom cevi. Drenažna odvodna cev je vgrajena iz smeri juga proti severu z vzdolžnim padcem 9.0 %. Na severnem robnem delu je predviden zbirni revizijski jašek BC  $\phi$  80 cm, višine 3.0 m.

Kamnita zložba se izvede iz nivoja delovnega platoja v kampadah maksimalne dolžine 5.0-6.0 m oziroma se ta prilagodi dejanskim razmeram pri izvedbi del. Izkopi za izvedbo zložbe se izvedejo v širokem izkopu in v delovnem naklonu  $n=3:1$ . Dinamiko del je prilagoditi tako, da se v dnevno izkopanih kampadah izvede vsaj  $2/3$  višine zložbe. Glede na razmere bo potrebno delno zavarovanje oziroma razpiranje izkopov.

Površina brežine cestnega nasipa se zasipa s plodno zemeljino- humuzira in poseje s travnim semenom.

Nad kamnito zložbo se v terasastem zaseku izvede delna zamenjava zemljin oziroma izgradnja novega cestnega nasipa iz prodno peščenega materiala ali drobljenega kamnitega lomljenca do kote planuma zgornjega ustroja ceste, delovni naklon izkopne brežine  $n=1:1$ . Končna ureditve brežine je v naklonu  $n=1:2$ . Vgrajevanje nasipa se izvaja v plasteh debeline do 50 cm kjer je potrebno doseči optimalno gostoto v vrednosti MPP 95-97% ali  $E_{v2} > 60$  MPa na vsakem vgrajenem sloju.

### 6.1 Faznost izvajanja del

Sanacijska dela se izvedejo v naslednjih fazah:

- prva faza izvedba kamnite zložbe in odvodnjavanja
- druga faza je izdelava novega cestnega nasipa, ureditve brežine in planiranje površin
- tretja faza je obnova vozišča

### 6.2 Izvedba delovnih platojev in gradbiščnih poti

Delovni plato za izvedbo podpornega kamnite zložbe se izvede z rahlim ukopom v rob ceste in brežino v naklonu  $n= 1:1$ . Dovoz na delovni plato se uredi po dovozni gradbiščni poti in rampi iz smeri severne smeri. Delovni plato je minimalne širine 3.0 m.

Gradbiščna dovozna cesta je obstoječa lokalna cesta.

### 6.3 Organizacija prometa med gradnjo

Sanacijo plazu se izvaja ob polovični zapori lokalne ceste. Polovična zapora se uredi s postavitvijo predpisane signalizacije in obvestilnih tabel.

### 6.4 Odvodnjavanja

Odvod precejnih vod iz zložbe se uredi iz zbirnega revizijskega jaška BC  $\phi$  80 preko odvodne cevi stigmafleks cev DN 200 mm, dolžine 8.0 m. Iztok se uredi v pobočje z iztočno glavo iz kamna v betonu.

### 6.5 Deponije

Izkopni material se deponira na trajni deponiji. Za deponiranje mora izvajalec del pridobiti potrebna soglasja upravljalca.

## 6.6 Obnova in oprema cestišča

V območju sanacije plazu se v celoti obnovi voziščna konstrukcija v dolžini 36,5 m. V cestnem robu širine 2,0-2,4 se vgradi kamnita greda debeline 20 cm in tamponskega lomljenca debeline 30 cm zgoščenega do  $E_{v2} > 110$  MPa. V celotni širini se obnovi vozišče z asfaltom AC 16 base B50/70 A4, debeline 8 cm. Za vklop v obstoječo ureditev se izvede stik z rezanjem asfalta.

Kontrola vgrajenih materialov se vrši skladno s tehničnimi specifikacijami za javne ceste TSC 06.720 in TSC 06.713.

## 6.7 Količbeni podatki

Geodetski posnetek, ki je služil za projektiranje je vezan na državno koordinatno, višine so absolutne. Zakoličbo elementov sanacije in obnove ceste je izvesti v predvidenih odmikih in obstoječem stanju.

## 7.0 ZAKLJUČKI

Dela je izvajati skladno s tehnično dokumentacijo, kvaliteta vgrajenega materiala mora v vseh kvalitetnih parametrih ustrezati veljavnim predpisom in standardom.

Pri izvajanju sanacijskih del je obvezna prisotnost projektantskega in geomehanskega nadzora, kateri bo ugotavljal dejansko stanje ter podajal eventualna potrebna nadaljna navodila glede na razmere v času izvede ter projektne rešitve sanacije.

Maribor, marec 2016

Sestavil:

Danilo Muhič, dipl.inž.grad.