

## 1.0 SPLOŠNI DEL

Po naročilu Občine Laško je izdelan načrt sanacije zemeljskega plazu na LC Lahomno- Reka- Doblatina, lokacija Požnica 30.

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

- tehnični geodetski posnetek labilnega območja
- izvedba sondažnih vrtin za ugotovitev strukturnega sestava tal
- meritve gladine podtalne vode v vrtinah
- terenske meritve
- vrednotenje rezultatov preiskav

### 1.1 Geografsko- geomorfološki opis območja

Območje predmetnega odseka ceste predstavlja srednji del dokaj strmega jugozahodno orientiranega pobočja v naselju Požnica. Cesta je v asfaltni izvedbi, trasa pa poteka v mešanem profilu na nadmorski višini med 619.0 in 621.2 mnv. Območje je travnato z redkim sadnim drevjem. Odvodnjavanje ceste je urejeno v odprtem zemeljskem jarku do cevnega prepusta na jugozahodnem območju ceste.

### 1.2 Opis obstoječega stanje

V robu cestnega telesa in brežini pod cesto so se aktivirale zemeljske mase v obliki manjšega zemeljskega plazu v širini ca 20 m in dolžine ca 3-6 m. Brežina – pobočje pod cesto ima naklon 28-30°.

Izrazit čelni lom 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 nižje ležečem delu pobočju pa je manj izraziti in preide v rob manjšega nariva zemljin na nižje ležečo dovozno pot. Povrhnjica pobočja je rahlo nagubana, cestišče pa močno poškodovano v obliki vzdolžnih in prečnih razpok ter vertikalnih posedkov velikosti do 5 cm in zajema do 1/2 širine vozišča.

Zaradi aktivnosti plazu je v območju porušitve in neravnin v vozišču je 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 vrtnine, globine 4.0- 5.0 m, skupaj 18.0 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 vrtnin je razvidna iz priložene situacije obstoječega stanja in sondažnih vrtnin, poglavje 3.6, štev. 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:

vrtnina V1

| globina<br>(m) | GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN   | AC<br>klasifikacija |
|----------------|--|---------------------|
| 0.0-0.5        | peščena glina, težko gnetne konsistence z drobcu preperelega skrilavca (rjave barve)         | CL                  |
| 0.5-1.2        | peščeni melj, težko gnetne konsistence z vložki peska in preperelega skrilavca (rjave barve) | ML                  |
| 1.2-3.4        | preperel skrilavec ( sive barve)   |                     |
| 3.4-4.5        | glinast skrilavec ( temno sive barve)  |                     |

vrtnina V2

| globina<br>(m) | GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN   | AC<br>klasifikacija |
|----------------|--|---------------------|
| 0.0-0.2        | umetni nasip (ML, lomljenec)   | UN                  |
| 0.2-1.7        | peščeni melj, težko gnetne do poltrdne konsistence z vložki peska in preperelega skrilavca (rjave barve) | ML                  |
| 1.2-3.4        | preperel skrilavec ( sive barve)   |                     |
| 3.5-4.5        | glinast skrilavec ( temno sive barve)  |                     |

vrtnina V3

| globina<br>(m) | GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN  | AC<br>klasifikacija |
|----------------|---|---------------------|
| 0.0-0.6        | umetni nasip (CL,ML, lomljenec)   | UN                  |
| 0.6-1.5        | peščeni melj, težko gnetne do poltrdne konsistence z vložki peska in koščki skrilavca (rjave barve) | ML                  |
| 1.5-3.9        | preperel skrilavec ( sive barve)  |                     |
| 3.9-5.0        | glinast skrilavec ( temno sive barve)   |                     |

vrtina V4

| globina (m) | GEOTEHNIČNI OPIS ZEMLJIN   | AC klasifikacija |
|-------------|--|------------------|
| 0.0-1.1     | umetni nasip ( kamnit lomljenec)   | UN               |
| 1.1-1.5     | peščena glina, težko gnetne konsistence z kosi preperelega skrilavca (rjave barve) | CL               |
| 1.5-3.3     | preperel skrilavec ( sive barve)   |                  |
| 3.3-4.0     | glinast skrilavec ( temno sive barve)  |                  |

## 2.3 Terenske preiskave in meritve

Enoosna tlačna trdnost vezanih zemljin ( $q_u$ ) je na terenu določena še na osnovi preiskav enoosne tlačne trdnosti z ročnim penetrometrom pri približno konstantni hitrosti deformacij. Rezultati so podani v tabeli 1.

Tabela 1: Rezultati meritev enoosne tlačne trdnosti  $q_u$ 

| vrtina | globina (m) | $q_u$ (kN/m <sup>2</sup> ) | stanje konsistence       |
|--------|-------------|----------------------------|--------------------------|
| V1     | 1.0         | 150                        | težko gnetne             |
| V2     | 1.5         | 210                        | težko gnetne do poltrdne |
| V3     | 1.0         | 165                        | težko gnetno             |
| V4     | 1.0         | 140                        | težko gnetno             |

Gostotni sestav je v sondažnih vrtinah določen na osnovi penetracijskih testov s standardnim dinamičnim penetrometrom (SPT). Skupaj je bilo v sondažnih vrtinah izvedenih 7 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

Tabela2: 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     | 2,5       | 26                    | /                    | 23.2         | 62        | preperel skrilavec, gosto                       |
|        | 4,0       | /                     | 27                   |              |           | skrilavec, zelo visoko penetrabilen             |
| V2     | 2,5       | 22                    | /                    | 19,6         | 57        | preperel skrilavec, srednje gost                |
|        | 4,0       | /                     | 25                   |              |           | skrilavec, zelo visoko penetrabilen             |
| V3     | 3,0       | 25                    | /                    | 21.3         | 60        | preperel skrilavec, srednje gost do gost        |
|        | 4,5       | /                     | 28                   |              |           | skrilavec, zelo visoko penetrabilen             |
| V4     | 3,0       | 23                    | /                    | 19,6         | 57        | preperel skrilavec, srednje gost                |

## 2.4 Opazovanje nivoja talne vode

V času izvajanja sondažnih del je registriran pojav talne precejne vode na celotnem raziskanem območju, kjer se ta pojavila v globini 1.4 do 2.6 m pod površjem terena. Nivoji so podani v tabeli 3:

| oznaka vrtnice | pojav talne precejne vode |
|----------------|---------------------------|
| V1             | -2.3 m                    |
| V2             | -1.9 m                    |
| V3             | -2.6 m                    |
| V4             | -1.4 m                    |

Tabela 3:

## 3.0 OPIS GEOLOŠKO GEOTEHNIČNIH RAZMER

Pri določitvi geološka opis in zgradbe so upoštevani 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 karbonskega glinastega skrilavca, kremenovega peščenjaka in konglomerata z geološko oznako C,P.

Podlaga je pretežno kompaktna slabo do močno pretirna in na površini preperela, slabše vezana in gruščnata, prekrita z kvartarnim pokrovom preperine. Preperinski pokrov sestavljajo pretežno v glinaste in meljne zemljine ter preperela hribinska podlage. Barva je rjava, siva in temno siva.

Preko podlage je odložena preperela osnovna hribina skrilavca ter sloj glinaste in meljne preperine. Glinasto meljna preperina se pojavlja kot peščena glina CL in peščeni melj ML z vložki preperile hribine. Povprečna debelina glinastega in meljnega pokrova je 0.7-1.5 m, debelina preperile hribine pa 1.8-2.4 m.

Terenske preiskave so pokazale, da je pretežni del glinenega in meljnega pokrova v naravno odloženih oblikah težko gnetne in težko gnetne do poltrden z enosno tlačno trdnostjo  $q_u = 140-210 \text{ kN/m}^2$ , s strižnimi lastnosti zemljin v mejah kot notranjega trenja  $\varphi = 20-22^\circ$  pri koheziji  $c=0-6 \text{ kN/m}^2$ . Preperela hribina je srednje gostega, srednje gostega do gostega in gostega sestava z indeksom relativne gostote  $I_D = 57-62\%$ . Osnovna hribina skrilavca je zelo gostega sestava oziroma zelo visoko penetrabilna  $P = 23-26 \text{ cm/60 ud. SPT}$ , s strižnimi lastnostmi  $\varphi > 35^\circ$  pri koheziji  $c > 25 \text{ kN/m}^2$ .

V hidro geološkem smislu se v obravnavanem prostoru ločita praktično nepropustna podlaga in slabše vodopropustne zemljine in preperela hribina pokrova, debeline do 3.9 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 so te 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 1.1 m
- paket vezanih zemljin: glinaste in meljne zemljine, debeline do 1.5 m
- preperela hribina, debeline do 2.4 m
- podlaga: glinast skrilavec

#### 4.0 ZASNOVA SANACIJE

Za sanacijo plazu oziroma zavarovanje ceste je glede na ugotovljene geotehnične ter stabilnostne razmere predvidena izvedba podporne konstrukcije po celotni dolžini porušitve. Model podporne konstrukcije predstavlja kamnit zid - kamen v betonu, dolžine 21.10 m. Temeljenje se izvede v prepereli hribini skrilavca z vkopov minimalno 50 cm na srednji relativni globini  $D=1.5-1.7$  m pod površjem terena. Kamniti zid je predviden v brežini pod lokalno cesto in nad desnim robom dovozne poti z odmikom 1.60-7.3 m od levega - jugozahodnega roba asfalta. Tlorisno je zid rahlo ukrivljen prilagojen robu dovozne poti.

Nad zidom 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 delno obnovi cestišče ter uredi odvodnjavanje precejnih zalednih vod.

#### 4.1 Stabilnostna presoja sanacije

Za predvideno zasnovano sanacijo 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  $P_y= 10,0 \text{ kN/m}^2$
- za mehanske lastnosti kamnitega zidu je upoštevano: specifična teža  $\gamma=22 \text{ kN/m}^3$ ,  
 strižne lastnosti  $\phi=35^\circ$ ,  $c=30 \text{ kN/m}^2$ .

Iz rezultati stabilnostne presoje podane v poglavju 3.4 je za predvideno zasnovu sanacije oziroma zavarovanja, dobljen minimalni faktor varnosti proti zdrsu  $F_{min}=1.69$ , kar zagotavlja stabilnost cestnega telesa in ustrezno varnost.

## 5.0 IZVEDBA SANACIJE

Kamniti zid je lociran v peti cestne brežine in nad robom dovozne poti. V peti temelju je zid širine 1.2 m, na kroni 0.6 m, skupne višine od 2.35 -2.7 m. Svetla višina zidu nad niveleto dovozne poti je ceste 0.7-0.95 m. Naklon čelnega dela zidu je  $n= 2,5:1$  na zalednem delu je vertikalni. Temeljenje se izvede v prepereli hribini skrivalca na relativni globini 1.5-1.6 m pod obstoječo niveleto poti. Skupna dolžine zidu je 21.10 m. Tlorisno je zid rahlo ukrivljen prilagojen roba dovozne poti.

Zid je grajen iz kosov drobnega lomljenca volumna do  $0.12 \text{ m}^3$  z betonskim vezivom 30%, kvalitete C15/20. Na temeljna tla se vgradi izravnalni sloj pustega betona C15/20, debeline 20 cm. Zid se na kroni zaključuje z betonsko izravnavo višine 15-20 cm. Zaključka zidu se izvedeta s kamnitim ploskovnim stožcem širine 1.0-1.5 m iz kamna v betonu.

Izkope za temelj zidu 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 zidu. Za odvodno cev je izbrana trdostenska (stidren) drenažna cev DN150 mm, dolžine 21.10 m, zaščiten z enoznatim drenažnim zasipom, debeline 30-40 cm nad temenom cevi. Drenažna odvodna cev je vgrajena iz smeri jugozahoda proti severovzhodu z vzdolžnim padcem 7.4 %. Na severovzhodnem robnem delu zidu je predviden zbirni slepi jašek BC  $\phi$  60 cm, višine 1.0 m.

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

Nad in v zalednem delu zidu se v terasastih zasekih 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 nasipne brežine je v naklonu  $n=1:1.5$ . Vgrajevanje nasipa se izvaja v plasteh debeline do 50 cm kjer je potrebno doseči optimalno gostoto v vrednosti MPP 95-97% ali  $E_v > 60 \text{ MPa}$  na vsakem vgrajenem sloju.

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

### 5.1 Faznost izvajanja del

Sanacijska dela se izvedejo v naslednjih fazah:

- prva faza izvedba kamnite zložbe in odvodnjavanja
- druga faza je izdelava novega cestnega nasipa in ureditev brežin
- tretja faza je delna obnova vozišča

### 5.2 Izvedba delovnih platojev in gradbiščnih poti

Delovni plato za izvedbo podpornega kamnitega zidu se izvede z ukopom v brežino pod cesto v nivoju dovozne poti in naklonu  $n = 1:1$ . Dovoz na delovni plato se uredi po obstoječi dovozni poti. Delovni plato je minimalne širine 2.0 m. Gradbiščna dovozna cesta je obstoječa lokalna cesta.

### 5.3 Organizacija prometa med gradnjo

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

### 5.4 Odvodnjavanje

Odvod precejnih vod iz zalednega dela zidu se uredi iz zbirnega slepega jaška BC  $\phi$  60 preko odvodne cevi stigmafleks cev DN 200 mm, dolžine 8.0 m s prekopom dovozne poti. Iztok se uredi v pobočje z iztočno glavo iz kamna v betonu.

### 5.5 Deponije

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

### 5.6 Obnova in oprema cestišča

V območju sanacije plazu se delno obnovi voziščna konstrukcija v dolžini 31.4 m in širini 1.0 do 1.75 m, z vgradnjo kamnite grede debeline 20 cm in tamponskega lomljenca debeline 30 cm zgoščenega do  $E_{v2} > 110$  MPa ter asfalta 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.

V območju sanacije plazu se obstoječa jeklena varnostna ograja JVO začasno demontira ter ponovno vgradi. V smeri jugovzhoda se v navezavi na obstoječo izvede nova JVO N2W6, dolžine 20 m s polkrožno zaključnico.

## **5.7 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.

## **6.0 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.