

PRILOGA 1B
NASLOVNA STRAN NAČRTA

1/2 NAČRT ZAVAROVANJA VKOPNIH BREŽIN

OSNOVNI PODATKI O GRADNJI

naziv gradnje:

Zavarovanje vkopnih brežin
Pesek – Oplotnica, Faza I
Pododsek od km 13,488 do km 14,045

kratek opis gradnje:

Zavarovanje vkopnih brežin in izvedba
zaščitnih ukrepov pred padajočim
kamenjem na cesti RT-930/7065 Pesek –
Oplotnica od km 13,100 do km 14,025, Faza I
- pododsek od km 13,488 do km 14,045

vrsta gradnje:

Vzdrževala dela v javno korist

DOKUMENTACIJA

vrsta dokumentacije:
številka projekta:

IZN (Izvedbeni načrt)
282

PODATKI O NAČRTU

strokovno področje dela:
številka načrta:
datum izdelave:

2 – Načrti s področja gradbeništva
282 ZB
Julij 2022
November 2023

PODATKI O IZDELOVALCU NAČRTA

ime in priimek pooblaščenega inženirke:
identifikacijska številka:

Ksenija ŠTERN, univ. dipl. inž. grad.
G-1494

KSENIJA ŠTERN
univ. dipl. inž. grad.
IZS G-1494

(podpis pooblaščenega inženirja)

PODATKI O PROJEKTANTU

projektant (naziv družbe):
sedež družbe:
vodja projekta:
identifikacijska številka:

LAMELA d.o.o.
Ul. Roberta Kukovca 8a, 2000 Maribor
Ksenija ŠTERN, univ. dipl. inž. grad.
G-1494

KSENIJA ŠTERN
univ. dipl. inž. grad.
IZS G-1494

(podpis vodje projekta)

odgovorna oseba projektanta:

Vinko Štern, inž. gradb.

lamela d.o.o.
SI-2000 MARIBOR, UL. ROBERTA KUKOVCA 8A

(podpis odgovorne osebe projektanta)

Št. odseka:	Arhivska št.:	Vrsta dokumentacije:	Šifra priloge:	Prostor za črtno kodo:
7065	0014.00	007.2162	S.1	

S.2 SEZNAM SODELUJOČIH

Obdelava podatkov in izdelava načrta

Ksenija ŠTERN, univ. dipl. inž. grad.

Tehnična obdelava

Ksenija ŠTERN, univ. dipl. inž. grad.
Vinko ŠTERN, inž. gradb.

Št. odseka:	Arhivska št.:	Vrsta dokumentacije:	Šifra priloge:	Prostor za črtno kodo:
7065	0014.00	007.2162	S.2	

S.3.2 VSEBINA NAČRTA

S.2 SEZNAM SODELUJOČIH

S.3.2 VSEBINA NAČRTA

T. TEHNIČNI DEL

T.1 TEHNIČNI OPISI IN IZRAČUNI

T.1.1 TEHNIČNO POROČILO

T.1.2 ANALIZE IN IZRAČUNI

T.2 PROJEKTANTSKI POPIS IN STROŠKOVNA OCENA

T.2.1 PROJEKTANTSKI POPIS

T.2.2 STROŠKOVNA OCENA

G. RISBE

G.101 PREGLEDNA KARTA

M 1: 15000

G.119 GRADBENA SITUACIJA - UKREPI

M 1 : 250

G.131 KARAKTERISTIČNI PREREZI

M 1 : 100, 50

G.155 DISPOZICIJE OPORNIH ZIDOV

(TLORIS, PREREZI, ZAKOLIČBENE TOČKE)

M 1 : 100, 10

G.156 DISPOZICIJE ZAŠČITNIH MREŽ

(TLORIS, PREREZI, ZAKOLIČBENE TOČKE)

M 1 : 100, 10

G.171 ARMATURNI NAČRTI

Št. odseka:	Arhivska št.:	Vrsta dokumentacije:	Šifra priloge:	Prostor za črtno kodo:
7065	0014.00	007.2162	S.3.2	

ZAVAROVANJE VKOPNIH BREŽIN PESEK - OPLOTNICA, I FAZA

T. TEHNIČNI DEL

Št. odseka:	Arhivska št.:	Vrsta dokumentacije:	Šifra priloge:	Prostor za črtno kodo:
7065	0014.00	007.2162	T	

ZAVAROVANJE VKOPNIH BREŽIN PESEK - OPLOTNICA, I FAZA

T.1 TEHNIČNI OPISI IN IZRAČUNI

Št. odseka:	Arhivska št.:	Vrsta dokumentacije:	Šifra priloge:	Prostor za črtno kodo:
7065	0014.00	007.2162	T.1	

ZAVAROVANJE VKOPNIH BREŽIN PESEK - OPLOTNICA, I FAZA

T.1.1 TEHNIČNO POROČILO

Št. odseka:	Arhivska št.:	Vrsta dokumentacije:	Šifra priloge:	Prostor za črtno kodo:
7065	0014.00	007.2162	T.1.1	

VSEBINA

UVOD	2
1. SPLOŠNI PODATKI	2
2. PROJEKTNE OSNOVE	2
3. POVZETEK OBSTOJEČEGA STANJA	3
3.1. PORUŠITEV V ČASU GRADNJE	3
3.2. ZAVAROVANJE VKOPNIH BREŽIN IN IZVEDBA ZAŠČITNIH UKREPOV PRED PADAJOČIM KAMENJEM – ZAKLJUČNI DEL TRASE	4
4. POVZETEK GEOLOŠKIH IN GEOTEHNIČNIH RAZMER	4
5. ZAKONI, PRAVILNIKI, NORMATIVI, STANDARDI, PRIPOROČILA	5
TEHNIČNO POROČILO	6
6. ZAŠČITA BREŽIN S SIDRANIM SISTEMOM NOSILNIH MREŽ	6
6.1. PREČNI PREREZ SIDRANEGA SISTEMA ŽIČNE MREŽE	7
6.2. MATERIALI	7
6.3. IZVEDBA OZIROMA POSTAVITEV SISTEMA NOSILNIH MREŽ	7
6.4. TESTNA SIDRA	8
6.5. SIDRANE ZAŠČITNE MREŽE	8
6.5.1. Sidrana zaščitna mreža ZM 1 (območje profilov 1347, 1353)	8
6.5.2. Sidrana zaščitna mreža ZM 2 (območje profilov 1363, 1369)	9
6.5.3. Sidrana zaščitna mreža ZM 3 (območje profilov 1381, 1383)	9
6.5.4. Sidrana zaščitna mreža ZM 4 (območje profila 1397)	9
7. OPORNI ZIDOVI	9
7.1. PREČNI PREREZ OPORNEGA ZIDU:	10
7.4. KAMNITI ZIDOVI	11
7.4.1. Oporni zid OZ 6B (območje profila 1355, 1357)	11
7.4.2. Oporni zid OZ 6C (območje profila 1361, 1363)	12
7.4.3. Oporni zid OZ 7A, podaljšanje obstoječega zidu (območje profila 1393)	12
7.4.4. Oporni zid OZ 8A (območje profila 1395)	12
8. ROLIRANA BREŽINA	12
8.1. ROLIRANA BREŽINA RB 1 (OBMOČJE PROFILA 1379)	12
9. SKALNI BLOKI	13
9.1. STABILIZACIJA KAMNITIH BLOKOV S PRIVEZOVANJEM	13
9.1.1. Privezovanje skalnega bloka ŽP 1 in ŽP 2 (območje profilov 1357 in 1359)	13
9.2. ODSTRANITEV ŽARIŠČ	13
9.2.1. Miniranje skalnih blokov ŽM-1 do ŽM-4 (območje profilov 1355, 1361, 1364 in 1399)	13
10. LOVILNE PREGRADE	13
10.1.1. Betonske varnostne ograje BVO 1, BVO 2 in BVO 3 (območje profilov 1367, 1373, 1397)	14
11. ODVODNJAVANJE	14
12. KOMUNALNI VODI	14
13. PRIPRAVLJALNA IN ZAKLJUČNA DELA	14
14. POGOJI IZVEDBE IN FAZE GRADNJE	15
15. ZAKLJUČEK	15

UVOD

1. SPLOŠNI PODATKI

Investitor:	Republika Slovenija, Ministrstvo za infrastrukturo, Direkcija RS za infrastrukturo, Tržaška 19, 1000 Ljubljana
Objekt:	Regionalna turistična cesta RT-930 Pesek – Oplotnica od km 13,100 do km 14,025
Pododsek:	km 13+488 do km 14+045 (novo)
Projekt:	Zavarovanje vkopnih brežin Pesek – Oplotnica 1. Faza
Izvajalec:	Lamela d.o.o., Podjetje za gradbeni inženiring, svetovanje in izvedenstvo, Ulica Roberta Kukovca 8a, 2000 Maribor
Številka projekta:	282
Naročilo:	Pogodba DRSI št. 2431-21-000323/0 z dne 5. 3. 2021, Aneks 1 in Aneks 2.

2. PROJEKTNE OSNOVE

1. Projektna naloga RS MZI DRSI, št. 37165-323/2020, št. proj. 13-0004, december 2020.
2. Geodetski posnetek M 1 : 500, Geomass, Matjaž Munir El-Masri s.p. Železnikova ulica 2, 2000 Maribor, št. 282 GP, avgust 2021.
3. Geološko geotehnični elaborat, Lamela d.o.o., št. 0447-MK/2011 z dne 3. 5. 2021.
4. Projekt rekonstrukcije regionalne turistične ceste RT-930 Pesek – Oplotnica, Odsek 7065 Pesek – Oplotnica od km 11.830 do km 14.542, PZI, Lineal d.o.o., št. 669/07, november 2010 (digitalni načrt iz arhiva DRSI).
5. Spremembe projekta št. 669/07: Načrt 669-M, Mreže na sklopu B, št. 669-M, sprememba marec 2020 (digitalne podloge pridobljene pri projektantu, družbi Lineal d.o.o.).
6. Spremembe projekta št. 669/07: Načrt ceste 669-C, sprememba september 2020, (digitalne podloge pridobljene pri projektantu, družbi Lineal d.o.o.).
7. Poročilo o Geološko – geotehničnem nadzoru nad izvedbo opornih in podpornih konstrukcij zidov v sklopu projekta modernizacije ceste RT 930/7065 Pesek – Oplotnica od km 11+830 do km 14+542, ZRMK 17. 9. 2019.

3. POVZETEK OBSTOJEČEGA STANJA

V letu 2011 je bil v podjetju Lineal d.o.o. izdelan projekt PGD in PZI št. 669/07 za rekonstrukcijo RT – 930/7065 od km 11,830 do km 14,542 v dolžini 2,712 km. V sklopu projekta so bile obdelane tudi podporne in oporne konstrukcije ter prepusti in most. V obdobju med predajo projekta do pričetka izvedbe je prišlo do znatnih sprememb stanja na terenu v tolikšnem obsegu, da vse projektne rešitve neposredno niso bile več izvedljive. Največ sprememb je pogojenih s posledicami vodne ujme novembra 2012, katera je spremenila potek struge reke Oplotnice, vključno z brežinami do te mere, da na določenih odsekih cesta ni bila več prevozna. V naslednjih letih je vzdrževalec za potrebe dostopov do naselij zagotovil prevoznost ceste z izvedbo interventnih ukrepov prilagojenih stanju na terenu. V nadaljevanju je v letu 2016 projektant, družba Lineal d.o.o., izdelal spremembe projektne dokumentacije s prilagoditvami na zatečeno stanje. Ker je bila v obdobju od spremembe projekta do izvedbe močno prisotna tudi erozija rečne brežine je v letu 2020 izdelana nova sprememba dokumentacije s spremembo trase od km 13+065 do km 13+682 in od km 13+900 do km 14+088 s premikom v zaledje. Cilj spremembe je bila racionalizacija projektnih rešitev saj so dodatne geološke raziskave (spremljava in strokovni nadzor med gradnjo) pokazale ugodnejše razmere na zaledni strani. Na osnovi dobljenih podatkov je nastala sprememba trase v cilju po opustitvi določenih podpornih konstrukcij. Odpadlo je tudi nekaj opornih zidov, nekaj pa jih je narejenih na mestih kjer le ti niso bili predvideni ali pa so višji, krajši... V dokumentaciji iz leta 2020 je varovanje vkopnih brežin predpisano s tremi tipi mrež (TIP-1 viseče heksagonalne mreže, TIP 2 sidrane heksagonalne mreže in TIP 3 sistem globoko sidranih mrež visoke trdnosti). Izbor mrež je informativen in ni podkrepjen s podatki sestave in karakteristik hribinskega masiva po odkopu in oblikovanju brežine v projektiranem naklonu.

Predmetni načrt zavarovanja vkopnih brežin zajema določitev varovalnih ukrepov na zaključnem odseku projektirane ceste med km 13+100 in km 14+045. Odsek je uradno še v gradnji. Izkopi in oblikovanje brežin na levi (vkopni) strani ceste je izvedeno od ca. km 3+105 do km 13+183 in od km 13+447 do konca odseka v km 14+045. Dela oziroma izkopi na vmesnem delu od km 13+183 do km 13+447 (ca. 30 % trasne dolžine) so se začela izvajati avgusta tega leta (2021). Gre za del trase kjer bodo vkopi najvišji, med 8,0 in 12,0 m, v naklonu ca. 80 stopinj. Stanje brežine po odkopu ni bilo poznano.

3.1. Porušitev v času gradnje

Izvajalec je na manjkajočem delu trase odkop izvajal z miniranjem, pri čemer je prišlo do obsežne porušitve dela brežine in plazu na območju gradnje, kar smo ugotovili pri ogledu 20. 11. 2021. Po neuradnih informacijah so gradbena dela na tem delu začasno ustavljena. Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo je pripravila projektno nalogo oziroma opis naročila za izvedbo dodatnih zaščitnih ukrepov na vkopnih brežinah: »Območje rekonstrukcije RT-930/7065 Pesek – Oplotnica od km 11,830 do km 14,542 na dolžini približno 350 m (ca. km 13+150 do ca 13+500), marec 2022«. Razpisana so raziskovalna dela in projektiranje podpornih ukrepov, pri čemer se za ugotavljanje sestava tal koristi oziroma uporabi podatke vrtin (4 horizontalne in 4 vertikalne), katere bodo izvedene v t.i. primarni fazi zavarovalnih del na zgornjem območju brežine. Dela so oddana subjektu Terras, Zdenka Popović, s.p.

3.2. Zavarovanje vkopnih brežin in izvedba zaščitnih ukrepov pred padajočim kamenjem – zaključni del trase

Projektne rešitve iz prvotne naloge so naročniku, konzultantu in skrbniku projekta bile predstavljene 24. 9. 2021, kjer je bil sprejet dogovor, da se projekt zaključi v zmanjšanem obsegu za del kjer je geometrija izkopov definirana. V naravi razmejitev predstavlja prepust v km 13+488 načrt podpornih ukrepov pa se izdeluje za zaključni del odseka na pododseku od km 13+488 do konca odseka v km 14+045, v skupni dolžini 0,557 km.

4. POVZETEK GEOLOŠKIH IN GEOTEHNIČNIH RAZMER

Podatki se nanašajo in so pridobljeni za celotni del trase, faze 1.

Obravnavana lokacija je strmo, južno orientirano pobočje, ki tangira proti strugi reke Oplotnice skupaj s številnimi hudourniški grapami. Pobočje gradijo magmatske in metamorfne kamnine tonalita in čizlakita. Debelina preperinskega pokrova je na zalednem pobočju zelo majhna. Grušcnati material se pojavlja samo v erozijskih grapah. Naravna pobočja so mestoma zelo strma, kar dokazuje splošno trdnost kamninske mase.

Teren in razgaljene brežine so bile inženirsko geološko skartirane. Inženirsko geološko kartiranje je obsegalo meritve vpadov diskontinuitet (krojitvene razpoke, klivaž), pregled in registracijo gostote in dolžine diskontinuitet ter splošno stanje diskontinuitet. Trdnost kamnin je določena s Schmidtovim klavivom. Podatki so statistično obdelani in prikazani tabelarično in v diagramih v Geološko geotehničnem elaboratu 1/7.

Po opravljenih analizah se pri danih kombinacijah diskontinuitet oblikujejo skalni bloki dimenzij med $0,1 \text{ m}^3$ do $13,9 \text{ m}^3$. Najpogostejši so bloki s prostornino $0,1 \text{ m}^3$ do $0,5 \text{ m}^3$. Večji bloki so redkejši. Glede na volumen uvrščamo bloke v razrede od zelo majhnih ($< 0,1 \text{ m}^3$) do zelo velikih ($> 10 \text{ m}^3$). Glede na pogostost pojavljanja so najbolj pogosti (zelo pogosti) skalni bloki volumna do $0,70 \text{ m}^3$.

Na osnovi meritev Schmidtove trdnosti hribine je določena minimalna, maksimalna in karakteristična trdnost in izpeljane vrednosti enoosne tlačne trdnosti in modula elastičnosti tonalita. Iz histograma porazdelitev enoosne tlačne trdnosti izhajajo, da so najpogostejše vrednosti enoosne tlačne trdnosti q_u : 21 MPa, 49 MPa in 113 MPa. Višje vrednosti so redkejšje. Glede na stanje hribine (preperela, pretrta in kompaktna) je določena reprezentativna vrednost enoosne tlačne trdnosti:

- preperela kamnina $q_{up} = 21 \text{ MPa}$,
- kompaktna kamnina $q_{uk} = 49 \text{ MPa}$.
- tektonsko pretrta in preperela kamnina v okolici prelomov znaša $q_{upt} = 10 \text{ MPa}$.

Strižne in deformacijske karakteristike kamninske mase kot celote so določene na osnovi Hoek & Brown-ovega kriterija porušitve:

- pretrta in preperela kamnina $c = 20 \text{ kPa}$, $\varphi = 34,4^\circ$ $E_{rm} = 303 \text{ MPa}$,
- kompaktna kamnina $c = 56 \text{ kPa}$, $\varphi = 53^\circ$ $E_{rm} = 656 \text{ MPa}$,
- tektonsko pretrta in preperela kamnina $c = 40 \text{ kPa}$, $\varphi = 47,2^\circ$ $E_{rm} = 492 \text{ MPa}$.
- pobočni grušč (kosi hribine v pešč.-melj. matriksu) $c = 5 \text{ kPa}$, $\varphi = 36^\circ$ $E_{rm} = 40 \text{ MPa}$.

Glede na litološke značilnosti kamnin (magmatska kamnina), njihove geomehanske lastnosti in predvsem pričakovani način obnašanja le te, so določeni štirje geološki tipi kamnine (IG).

- IG 1A kompakten in masiven tonalit in čizlakit,
- IG 1B močno razpokan tonalit in čizlakit,
- IG 2 pobočni grušč; kosi in bloki tonalita in čizlakita v meljno peščenem matriksu,
- IG 3 prosto ležeči balvani na pobočju nad cestnimi vkopi.

Navedene inženirsko geološke enote, grupirane v 18 odsekov, katerim je podan predlog varovalnih ukrepov, so prikazane v geološko geotehničnem elaboratu na situaciji (Priloga G.119).

Stabilnost vkopnih brežin je bila preverjena z Marklandovim testom, pri katerem se je ugotavljalo kinematično proste poti oz. možnost zdrsa po določeni ploskvi ali kombinacijo različnih sistemov diskontinuitet, ki skupaj z vkopno brežino tvorijo labilne kline. Preverjena tudi možnost prevrnitve blokov.

Podatki in rezultati analiz so sestavni del Geološko geotehničnega elaborata 1/7.

5. ZAKONI, PRAVILNIKI, NORMATIVI, STANDARDI, PRIPOROČILA

- Gradbeni zakon (GZ-1) (Ur.l. RS št. 199/2021).
- Zakon o arhitekturni in inženirski dejavnosti (ZAID) (Ur.l. RS št. 61/2017).
- Zakon o vodah ZV-1, (Uradni list št. 67/02, 2/04-ZZdl-A, 41/04-ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15 in 65/20).
- Zakon o gozdovih (Uradni list RS, št. 30/93, 56/99 – ZON, 67/02, 110/02 – ZGO-1, 115/06 – ORZG40, 110/07, 106/10, 63/13, 101/13 – ZDavNepr, 17/14, 22/14 – odl. US, 24/15, 9/16 – ZGGLRS in 77/16).
- Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov (Ur.l. RS št. 101/2005).
- SIST EN 1990:2004, SIST EN 1991-1-1:2004, SIST EN 1991-2:2004 SIST EN 1997-1:2005, SIST EN 1997-2:2007, SIST EN 1998-1:2005, SIST EN 1998-5:2005, z nacionalnimi dodatki.
- SIST EN 1537: 2002 Izvedba posebnih geotehničnih del – Geotehnična sidra.

TEHNIČNO POROČILO

Zavarovanje vkopnih brežin in izvedba zaščitnih ukrepov pred padajočim kamenjem se nanaša na zaključni del trase na pododseku od prepusta v km 13+488 do konca odseka km 14,045, z zaščitnimi ukrepi s sistemom sidranih mrež, kamnitimi opornimi zidovi, rolirano brežino, lovilnimi pregradami iz BVO elementov, v zaledju umetnih brežin pa s privezovanjem ali odstranitvijo samostojnih kamnitih blokov.

Predvideni ukrepi:

1. Zaščita brežine s sidranim sistemom zaščitne mreže; ZM 1, ZM 2, ZM 3, ZM 4.
2. Zaščita brežine z opornim zidom; OZ 6B, OZ 6C, OZ 7A, OZ 8A.
3. Rolirana brežina RB 1.
4. Lovilna pregrada iz BVO elementov; BVO 1, BVO 2, BVO 3.
5. Varovanje kamnitih blokov s pletenicami; ŽP 1, ŽP 2.
6. Odstranitev kamnitih blokov z miniranjem; ŽM 1, ŽM 2, ŽM 3, ŽM 4.

6. ZAŠČITA BREŽIN S SIDRANIM SISTEMOM NOSILNIH MREŽ

Za stabilizacijo in zadržanje večjih skalnih blokov in odkruškov je na izpostavljenih mestih predpisano varovanje brežin in skalnega roba s sistemom sidranih nosilnih mrež, s nosilnostjo sistema kot celote, ki se zagotavlja s predvideno nosilnostjo mreže, sidrnih plošč, vzdolžnih in stranskih jeklenih vrvi ter spojnega materiala.

Sidran sistem nosilnih mrež za aktivno stabilizacijo brežin sestavlja:

1. Visoko natezna nosilna mreža.
2. Podložna sidrna plošča.
3. Nosilne (zgornje, spodnje) in povezovalne (stranske) jeklene vrvi premera skladno z izbranim sistemom mrež.
4. Spojni material.

Za sidranje sistema nosilnih mrež se uporabi:

5. Pasivna, jeklena, palična sidra vpeta v podlago.
6. Sistemsko sidranje in po potrebi dodatno sidranje v konkavah.

6.1. Prečni prerez sidranega sistema žične mreže

1. Izhodiščna točka zgornji rob brežine + 2 do 3 m.
2. Naklon mreže $\approx$ naklon vkopne brežine in zaledja, ca. 62° - 76° , z lokalnimi previsi.
3. Višina varovanja 6,0 – 13,50 m.
4. Debelina žice 3 mm.
5. Velikost odprtine max. 65 mm, šesterokotne ali romboidne oblike.
6. Nosilne povezovalne in jeklene vrvi skladno s sistemom.
7. Pritrdilna plošča
 - odpor na izvlek $D_r \geq 180$ kN.
8. Palična sidra
 - premer 32 mm in 40 mm
 - dolžina 3,0, 5,0 in 7,0 m.
 - naklon sidra 15° s prilagoditvijo razmeram na terenu.
 - vrtina za sidra 65 - 90 mm, glede na strukturo hribine.
 - zatezna sila 30 kN oz. po navodilu proizvajalca.
9. Sidrne plošče skladno s sistemom.
10. Testna sidra / objekt 1-2 žrtveno, 3-4 sidra na objekt.

6.2. Materiali

1. Visoko natezna nosilna žica jeklene vrvi natezne trdnost min 1770 N/mm².
2. Žična mreža, natezna trdnost ≥ 150 kN/m.
3. Palično sidro
 - odpornost na nateg $T_R \geq 300$ kN.
 - odpornost na strig $S_R \geq 170$ kN.
 - protikorozijska zaščita 95% Zn / 5% Al, min 255 g/m².
 - injekcijska masa v_c 0,40.

6.3. Izvedba oziroma postavitve sistema nosilnih mrež

Zaščita brežin pred padanjem kamenja se zagotavlja izključno s sistemom visoko nosilnih sidranih mrež za katerega je izvajalec pred montažo dolžan izkazati ustreznost za vse bistvene elemente in sistema kot celote.

Za izbran varovalni sistem mora izvajalec del upoštevati vsa navodila izbranega proizvajalca glede dimenzij, vgrajevanja elementov, mreže, ojačitvenih in sidrskih vrvi, sidrišč,...

Pred montažo je potrebno teren nad cesto pregledati in ga kontrolirano očistiti labilnega kamenja in manjših skal. Pripraviti je potrebno dostopne poti za montažo in transport materiala in izravnati ter delno očistiti teren s posekom grmovja in nekaj dreves. Nekaj večjih skalnih blokov (Poglavje 9) se pred pričetkom montaže odstrani z miniranjem, nekaj posameznih blokov pa se priveže z dodatnimi jeklenimi pletenicami. Izvedba večine del je predvidena z bagrom z dolgo žlico in avtodvigalom in ustrezno mehanizacijo. Lokacije zaščitnih mrež so podane v grafičnih prilogah. Zakoličbene točke so informativne. Točne lokacije se določi pred pričetkom montaže na mestu samem. Najprej se izvede sidra za nosilno mrežo in sidrišča za natezne jeklenice, nakar se pristopi v montaži sistema mreže.

Za izvedbo sider se uporabi garnituro za delo na strmem terenu. Globina vrtin za sisteme nosilnih mrež je 3,0 m, 5,0 in 8,0 m, premer vrtine pa 65 do 90 mm. Generalni naklon je 15°. Vsi parametri se lahko spreminjajo glede na stanje hribine. Predvideno je sistemsko sidranje v rastrih 2,25/2,25 m in 2,50/2,50 m, sicer pa se vsi elementi (dolžina, raster, naklon, premer,...) lahko deloma spreminjajo, glede na terenske in geološke pogoje in izvedene testne preiskave na mestu samem, skupaj s projektantom, geomehanskim nadzorom in izvajalcem del. Sidro se v sidrno odprtino vstavi takoj, ko je ta izvrtana. Pri izvedbi vseh sider je potrebno uporabiti tipske distančnike skladno z vgrajenim tipom in premerom sidra. Sidro se zalije z injekcijsko maso z vodo cementnim faktorjem v_c 0,40.

Izvedbo vsakega sidra je potrebno spremljati in voditi zapisnik o globini in strukturi materiala, času vstavljanja sidra, zalivanja z injekcijsko maso in količini porabljene injekcijske mase.

6.4. Testna sidra

Posebej izbrana sidra je potrebno testirati na izvlek in preveriti zahtevane nosilnosti. Sidra se testira skladno s standardom SIST EN 14490 in sicer se izvede preizkuse na t.i. žrtvenih sidrih in na rednih sidrih objekta.

Rezultati na sidrih so ustrezni in sprejemljivi pod pogojem, da je meja lezenja pri maksimalni sili manjša od 2 mm.

Predvideno je:

1. Žrtveno sidro (40 mm) 8 kom (2 / objekt oziroma sestav tal), $P_{Test} \geq 400$ kN.
2. Testna sidra (32 mm) 21 kom (1 x 3, 1 x 4, 1 x 6, 1 x 8); P_{Test} 155 – 205 kN.

6.5. Sidrane zaščitne mreže

Na štirih odsekih je predvideno zavarovanje brežin s sistemom sidrane zaščitne mreže; ZM 1, ZM 2, ZM 3 in ZM 4, v skupni površini 1980 m² z višino vkopnega dela 8,0 do 12,0 m.

6.5.1. Sidrana zaščitna mreža ZM 1 (območje profilov 1347, 1353)

1. Dolžina brežine 65 m.
2. Višina varovanja 8,00 – 10,00 m.
3. Naklon brežine 66° – 76°.
4. Površina mreže 600 m².
5. Palično sidro 5 m 46 kom.
6. Palično sidro 7 m 80 kom.
7. Testno sidra
 - žrtveno sidro 2 kom.
 - testno sidro 6 kom.
8. Ostalo Nad brežino je evidentiran skalni blok (žarišče) v katerega se ne posega se ga pa zajame z varovalno mrežo.

6.5.2. Sidrana zaščitna mreža ZM 2 (območje profilov 1363, 1369)

- | | |
|----------------------|--|
| 1. Dolžina brežine | 57 m. |
| 2. Višina varovanja | 6,0 – 10,50 m. |
| 3. Naklon brežine | 62° – 72°. |
| 4. Površina mreže | 810 m ² . |
| 5. Palično sidro 3 m | 47 kom. |
| 6. Palično sidro 5 m | 123 kom. |
| 7. Testno sidra | |
| - žrtveno sidro | 2 kom. |
| - testno sidro | 8 kom. |
| 8. Ostalo | Nad brežino je evidentiran skalni blok (žarišče) katerega se predhodno odstrani z miniranjem.
Večja previsna območja se po potrebi podzida. |

6.5.3. Sidrana zaščitna mreža ZM 3 (območje profilov 1381, 1383)

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| 1. Dolžina brežine | 39 m. |
| 2. Višina varovanja | 9,0 – 13,50 m. |
| 3. Naklon brežine | 62° – 87°. |
| 4. Površina mreže | 440 m ² . |
| 5. Palično sidro 3 m | 41 kom. |
| 6. Palično sidro 5 m | 47 kom. |
| 7. Testno sidra | |
| - žrtveno sidro | 2 kom. |
| - testno sidro | 4 kom. |
| 8. Ostalo | Del brežine je v previsu. |

6.5.4. Sidrana zaščitna mreža ZM 4 (območje profila 1397)

- | | |
|----------------------|---|
| 1. Dolžina brežine | 25 m. |
| 2. Višina varovanja | 9,0 m. |
| 3. Naklon brežine | 70°. |
| 4. Površina mreže | 350 m ² . |
| 5. Palično sidro 3 m | 20 kom. |
| 6. Palično sidro 5 m | 52 kom. |
| 7. Testno sidra | |
| - žrtveno sidro | 2 kom. |
| - testno sidro | 3 kom. |
| 8. Ostalo | Nad brežino je evidentiran večji skalni blok (žarišče) katerega se predhodno odstrani z miniranjem. |

7. OPORNI ZIDOVI

Oporni zidovi so namenjeni zagotavljanju trajne stabilnosti vkopnih brežin, na mestih kjer je zaledna brežina ali nestabilna ali izpostavljena preperevanju in eroziji do te mere, da se postopoma spreminjajo tako obliko kot mehanske lastnosti. Del zidov je predvidenih v podaljšku že izvedenih opornih zidov, nekaj pa je novih. Zaradi skladne izvedbe in izgleda je ohranjena osnovna zasnova in geometrija zidov.

Vsi zidovi so kamniti iz kamna povezanega z betonom (60% kamna in 40% betona), na betonskem temelju in zaključnim armirano betonskim vencem.

Odvodnja zaledja je predvidena z vzdolžno drenažo na zaledni strani zidu, na dnu ploskovnega enozrnatega drenažnega betona. V prečni smeri so predvidene barbakane. Površinske zaledne vode se stekajo v muldo za zidom, vzporedno s krono zidu in so speljane ob zidu, razpršeno po brežini.

7.1. Prečni prerez opornega zidu:

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 4. Izhodiščna točka | levi rob ceste, 1,0 m pod bankino. |
| 5. Naklon zidu, zračna stran | $n = 3 : 1$. |
| 6. Naklon zidu, zaledna stran | $n \approx 6 - 7 : 1$. |
| 7. Višina zidu, spremenljiva | $H = 3,30 - 8,02$ m. |
| 8. Višina robnega venca | $H_V = 0,20 - 0,25$ m. |
| 9. Višina kamnitega dela | $H_k = 2,36 - 6,90$ m. |
| 10. Višina temelja | $H_T = 0,50$ m |
| 11. Širina dna zidu, spremenljiva | $B = 1,40 - 2,24$ m. |
| 12. Širina zidu na vrhu | $B' = 0,70$ m. |
| 13. Naklon temeljne ploskve | $i = 20$ %. |
| 14. Naklonski beton | $d = 0,10 - 0,20$ m (pov. 0,15 m). |
| 15. Odvodnjavanje zaledja | |
| - vzdolžna drenaža | DN 150. |
| - drenažni beton | $\bar{s} = 0,30$ m. |
| - barbakane | $\Phi 100 / 3,0$ m. |
| 16. Odvodnjavanje površja, mulda | $\bar{s} = 0,30$ m. |

7.2. Materiali:

- | | |
|-----------------------|---|
| 1. Kamen (60%) | 100-500 mm
Trden ($q_{tlak} > 80$ MPa, $q_{upogib} > 8$ MPa), nerazpokan, vremensko obstojen (FT_A do 0,5%, $WA \leq 0,50$) lomljen, oglat, ostrorobi, neobdelan kamen, prostorninska masa min. $2,5 \text{ t/m}^3$ (uporabi se lokalni kamen iz vkopov).
Kamen mora ustrezati zahtevam skladno s standardi:
SIST EN 13383-1:2002; Kamen za obloge pri vodnih zgradbah in drugih gradbenih delih – 1 del
SIST EN 13383-2:2013; Kamen za obloge pri vodnih zgradbah in drugih gradbenih delih – 2 del Preizkusne metode |
| 2. Beton (venec) | C 25/30, XF 2, PV-I. |
| 3. Vezni beton (40 %) | C 25/30, XF 2, PV-I. |
| 4. Temelj | C 25/30. |
| 5. Naklonski beton | C 12/15. |
| 6. Drenažni beton | C 8/10, granulacija 16/31. |
| 7. Armatura venca | Bst 500 S. |

7.3. Izvedba kamnitega opornega zidu

Obravnavani zidovi so ali samostojni ali gre za podaljšanje že izvedenih zidov. Glede na to, da je izkop že izveden se za potrebe gradnje zidov le ta poglobi na zaledni strani, za širino zidu in drenaže v delu nad cesto in izkop za zid in temelj na delu pod cesto. Izkop se izvede s pikiranjem. Dolžina kampade znaša 4,0 m je pogojena s spremembo kote dna temelja, ki sledi vzdolžnemu nagibu ceste, manj pa s stabilnostjo zalednega terena. Izkop zaledja se izvede na klonu $n = 6 : 1$ do $7 : 1$, povprečno $n = 6,7 : 1$. Izkop za temelj je kontakten v zalednem delu, na sprednji strani pa se izvede v naklonu $n = 1 : 1$, kar posledično predstavlja poseg v območje ceste. Temeljna ploskev je nagnjena za 20 % (ca. $11,5^\circ$) v zaledje in izravnana s podbetonom debeline 0,10 do 0,20 m. Temelj se betonira kontaktno v teren, na sprednji strani pa enostransko opaži. V betobko mešanico se položi prva vrsta kamnov. Po izvedbi temelja se nadaljuje z izvedbo kamnitega zidu strojnimi zidanjem s polaganjem kamna v svežo betonsko maso (ca 60% kamen, 40 % beton). Pri polaganju je potrebno paziti, da je zunanja površina čim bolj poravnana, vsak kamen pa ovit z betonom. Kamen za zid mora biti ustrezne kvalitete. V kolikor je zamazan z zemljinjo ga je potrebno predhodno očistiti. Pri vgradnji se na dno zložbe najprej položi večje kamne in jih obda z betonom. Betonska mešanica mora biti naravno vlažna, zato se prevoz izvede s kamionom (prevoz z avto mešalcem zaradi počasne vgradnje vedno ni možen). Glede na lokacijo in načrtovane gradbene posege se naj predvidi lokalni kamen pridobljen iz izkopov na zgornjem delu trase ali sosednjem odseku.

Za zidom je predviden sloj drenažnega betona z vzdolžno drenažo na dnu in prečnimi iztoki (barbakanami) na ca. 3,0 m.

Na vrhu zidu se izvede robni venec iz armiranega betona in betonsko muldo v zaledju. Glede na obliko zidu je padec enostranski ali obojestranski, sama mulda pa se na koncu zidu oblikuje tako, da se voda razlije po preostali raščeni brežini.

Zasip za zidom ni predviden, pred zidom pa se izvede z izkopanim materialom in uredi skladno s projektom ceste oziroma vzpostavitev zatečenega stanja. Neravnine, ki nastanejo ob izkopu v teren, se zapolni z drenažnim betonom v sklopu vertikalnega drenažnega sloja.

7.4. Kamniti zidovi

Za zavarovanje brežin so predvideni štirje oporni zidovi; OZ 6B, OZ 6C, OZ 7A in OZ 8A, v skupni dolžini 69,0 m z višino kamnitega dela višine med 2,36 in 6,90 m.

7.4.1. Oporni zid OZ 6B (območje profila 1355, 1357)

- | | |
|--------------------------|---|
| 1. Začetek zidu | km 13+584,35. |
| 2. Konec zidu | km 13+606,00. |
| 3. Dolžina zidu v loku | $L = 23,21$ m. |
| 4. Vzdolžni naklon dna | $i = 1,3^\circ$. |
| 5. Višina kamnitega dela | $H_{zk} = 2,74$ m – $5,95$ m. |
| 6. Ostalo | Nad zidom je evidentiran skalni blok, za katerega je predvideno, da se ga odstrani z miniranjem (ŽM 1). |

7.4.2. Oporni zid OZ 6C (območje profila 1361, 1363)

- | | |
|--------------------------|---|
| 1. Začetek zidu | km 13+604,44. |
| 2. Konec zidu | km 13+665,46. |
| 3. Dolžina zidu v loku | $L = 21,70$ m. |
| 4. Vzdolžni naklon dna | $i = 4,5^\circ$. |
| 5. Višina kamnitega dela | $H_{zk} = 2,66$ m – 6,32 m. |
| 6. Ostalo | Nad zidom je evidentiran skalni blok, za katerega je predvideno, da se ga odstrani z miniranjem (ŽM 2). |

7.4.3. Oporni zid OZ 7A, podaljšanje obstoječega zidu (območje profila 1393)

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| 1. Začetek zidu | km 13+968,09. |
| 2. Konec zidu | km 13+975,94. |
| 3. Dolžina zidu | $L = 8,10$ m. |
| 4. Vzdolžni naklon dna | $i = 4^\circ$. |
| 5. Višina kamnitega dela | $H_{zk} = 3,31$ m – 6,54 m. |

7.4.4. Oporni zid OZ 8A (območje profila 1395)

- | | |
|------------------------|--|
| 1. Začetek zidu | km 13+980,27. |
| 2. Konec zidu | km 13+996,05. |
| 3. Dolžina zidu v loku | $L = 16,00$ m . |
| 4. Vzdolžni naklon dna | $i = 1,6^\circ$. |
| 5. Višina zidu | $H_z = 2,36$ m – 6,90 m. |
| 6. Ostalo: | Nad zidom je evidentiran skalni blok, za katerega je predvideno, da se vanj ne posega. |

8. ROLIRANA BREŽINA

Za zaščito pred erozijo se na položnejših brežinah izvede zaščita brežine s kamnito oblogo, kamna v betonu t.i. rolirana brežina. Pred oblaganjem se brežina očisti zarastja in preperelih delcev ter obloži s kamnom v betonu, direktno na očiščen teren od spodaj navzgor. Uporablja se večje kamne premera 500 – 800 mm, položene na beton, enakih karakteristik kot je drenažni beton pri kamnitih zidovih. Zadnja vrsta se zaključi s kamni trikotnega prereza tako, da je stik med raščeno brežino in oblogo čim bolj gladek.

Za dreniranje zaledne vode se namesti barbakane v dveh do treh vrstah na medsebojnem vzdolžnem razmaku ca. 3,00 m.

8.1. Rolirana brežina RB 1 (območje profila 1379)

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. Začetek brežine | km 13+810,63. |
| 2. Konec brežine | km 13+839,01. |
| 3. Dolžina brežine | $L = 24,87$ m. |
| 4. Višina obloge (po terenu) | $H_{RB} = 2,80$ m – 7,60 m. |
| 5. Površina | $A = 210$ m ² . |
| 6. Barbakane | 40 kom, 40 × 1,0 m. |

9. SKALNI BLOKI

Na brežini nad izvedenimi posegi so evidentirani posamezni skalni bloki ki so erozijsko žarišče razvrščeni v tri kategorije: evidentirano - se ne posega, zaščita s privezovanjem in odstranitev.

9.1. Stabilizacija kamnitih blokov s privezovanjem

V sklopu varovanja brežin je dodatna stabilizacija posameznih blokov predvidena z zaznanimi jeklenimi pletenicami, sidranimi v stabilen, kompakten teren. Privezovalna pletenica je narejena iz jeklenih vrvi trdnostnega razreda 1770 N/mm². Za zavarovanje s privezovanjem sta predvidena dva kamnita bloka ŽP 1 in ŽP 2.

9.1.1. Privezovanje skalnega bloka ŽP 1 in ŽP 2 (območje profilov 1357 in 1359)

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1. Privezovanje posameznega bloka | 3 pletenice. |
| 2. Dolžina posamezne pletenice | 4,0 – 6,0 m. |
| 3. Razporeditev | rozeta / 60°. |
| 4. Minimalni premer pletenice | 12 mm. |
| 5. Minimalna nosilnost pletenice | 1500 kg. |
| 6. Vrvno sidro z zanko | L ≈ 3,0 m, Φ _{min} 18 mm. |

9.2. Odstranitev žarišč

Na območju pododseka so štiri žarišča; ŽM 1, ŽM 2, ŽM 3 in ŽM 4 za katera je ugotovljeno, da jih je potrebno odstraniti. Predvidena je odstranitev s miniranjem. Miniranje je potrebno izvesti od zgoraj navzdol, na način, da se hribino razbije na manjše skale, največ do velikosti 0,50 m³. Preostala brežina ne sme biti poškodovana, zato se naj uporabi gladko miniranje.

9.2.1. Miniranje skalnih blokov ŽM-1 do ŽM-4 (območje profilov 1355, 1361, 1364 in 1399)

Kubature posameznih blokov so ocenjene, zato je pred miniranjem potreben detajlni pregled žarišča.

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| 1. Miniranje skalnega bloka | 26 m ³ . |
| – ŽM 1 | ≈ 5 m ³ . |
| – ŽM 2 | ≈ 3 m ³ . |
| – ŽM 3 | ≈ 4 m ³ . |
| – ŽM 3 | ≈ 14 m ³ . |

10. LOVILNE PREGRADE

Na mestih kjer je brežina odmaknjena od ceste so za zadrževanje kamenja in drobirja predvidene lovilne pregrade s postavitvijo niza elementov betonskih varovalnih ograj (BVO). Ograje se postavi na utrjen nasip, ki v naravi predstavlja podaljšek nevezane nosilne plasti ceste (NNP). Glede na obstoječe stanje bo lokalno potrebno teren dosuti, mestoma pa obstoječo brežino poravnati v naklonu tako, da bo možna postavitvev elementov. Na območju pregrade BVO 3 se teren oblikuje v naklonu ca. n = 1 : 1,75.

10.1.1. Betonske varnostne ograje BVO 1, BVO 2 in BVO 3 (območje profilov 1367, 1373, 1397)

- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1. Lovilna pregrada | H = 1,00 m. |
| 2. Dolžina postavitve | 24 m |
| – BVO 1 | L = 20,0 m. |
| – BVO 2 | L = 20,0 m. |
| – BVO 3 | L = 24,0 m. |
| 3. Kamnita blazina 0/32 | D = 0,40 m, $E_{v2} = 60$ MPa. |

11. ODVODNJAVANJE

Primarno je odvodnjavanje površinskih vod predvideno prosto po vkopnih brežinah, preko bankine in asfaltne mulde v cestno kanalizacijo. Zaledne vode na območjih opornih zidov se preko drenažnega betona, zaledne drenaže in prečnih izpustov prav tako odvajajo na cestišče. Pričakovano je količina vode minimalna, zgolj precejna voda po pretrtih conah in razpokah.

12. KOMUNALNI VODI

Na območju načrtovanih ukrepov je v obstoječi cesti ali na njenem robu tlačni cevovod premera 700 mm za MHE Oplotnica.

Drugih komunalnih vodov, neposredno na območju posegov ni.

13. PRIPRAVLJALNA IN ZAKLJUČNA DELA

Dela bodo potekala ob popolni zapori ceste v skladu z ureditvijo in organizacija gradbišča za potrebe gradnje ceste.

Pred pričetkom del je potrebno teren očistiti. Na »svežih« brežinah predvsem kamenja in odkruškov, na vkopnem robu in zaledju pa podrast, grmovje in posamezna drevesa. Drevje za odstranitev označi in posek evidentira krajevno pristojni delavec zavoda za gozdove. Predvideno je čiščenje zalednega roba brežine v širini ca. 3,00 m.

Dostop do vseh lokacij, kjer so predvideni zaščitni ukrepi, je po obstoječi cesti, ki je še v gradnji. Uredi se zgolj delovne platoje za transport materiala in montažo nosilnih mrež.

Pred pričetkom gradbenih del je potrebno opraviti vsa geodetska dela in zakoličbo zidov z zavarovanjem profilov. Območja postavitve sidrane zaščitne mreže se določi vizualno na mestu samem. Sistem sidrane mreže je analiziran za sistem proizvajalca Geobrugg. V primeru uporabe drugih – primerljivih sistemov je izvajalec dolžan poskrbeti tudi za ponovno računsko analizo sistema in posameznih elementov.

14. POGOJI IZVEDBE IN FAZE GRADNJE

Vsa dela se bodo izvajala z uporabo težje gradbene mehanizacije in specialne opreme. Glede na dolžino odseka dela lahko potekajo deloma vzporedno, v naslednjih korakih:

1. KORAK: Odstranitev labilnih žarišč z miniranjem.
2. KORAK: Zavarovanje labilnih žarišč s pletenicami.
3. KORAK: Zaščita brežine s sidranim sistemom nosilne mreže.
4. KORAK: Izvedba opornih zidov in rolirane brežine.
5. KORAK: Postavitev lovilnih pregrad iz BVO elementov.

Glavnino izkopnih del predstavljajo izkopi v hribini 4. in 5. izkopne kategorije in kasnejša vgradnja večjih kamnov in skal. Del odstranjene kamnine masivnega tonalita in čizlakita se lahko ponovni uporabi za izvedbo kamnitih zidov. Preostale kamnine (preperela kamnina, pobočni grušč) se odpelje pooblaščenem predelovalcu oz. odlagalcu odpadkov ali zbirnem centru za odpadke.

Glavnina montažnih del predstavlja namestitev sistema zaščitnih mrež s sidranjem.

V manjšini so minerska dela, ki pa jih je potrebno izvajati previdno, naravi dela primerno.

Za vse materiale morajo, z ustreznim dokazilom (atest, certifikat, potrdilo, izjava), ki ga izda pooblaščen inštitucija, biti izkazane predpisane lastnosti materialov in prefabriciranih elementov. Pri vgradnji je potrebno upoštevati tehnične specifikacije za javne ceste in veljavne predpise in standarde.

15. ZAKLJUČEK

Gradbena dela pri zavarovanju brežin morajo biti izvedena v skladu s izvedbeno dokumentacijo, tehnično pravilno ter v skladu s predpisi in standardi.

Pred pričetkom del je izvajalec dolžan izdelati tehnološki elaborat za izvedbo varovalnih ukrepov na podlagi IZN načrta. Elaborat se posreduje v pregled in potrditev inženirju.

Dela je potrebno v maksimalni možni meri izvajati mehanizirano, izbor mehanizacije pa podrediti tehnološkim in kvalitativnim zahtevam ter terenskim pogojem.

Morebitna odstopanja od projekta je potrebno reševati in uskladiti s projektantom in nadzornim inženirjem investitorja.

Maribor, 30. 7. 2022

Maribor, 15. 11. 2023 (po pregledu)

Obdelala:

Ksenija Štern, univ. dipl. inž. grad.