7/1 GEOTEHNIČNO POROČILO SANACIJE OPORNEGA ZIDU

Sanacija opornega zidu ob glavni železniški progi št. 10 d.m.
Dobova - Ljubljana v km 554+890 do km 554+940

Investitor	Slovenske železnice Infrastruktura d.o.o. Kolodvorska ulica 11, 1000 Ljubljana
Številka projekta	3024682
Vrsta dokumentacije Za gradnjo	IZN Vzdrževalna dela v javno korist
Številka načrta	3023181
Številka zvezka	1/1
Vsebina izdelave	S Splošni del T Tehnični del G Risbe
Datum izdelave	avgust 2024

S.1 Osnovni podatki o načrtu

Naziv projekta:	**Sanacija opornega zidu ob glavni železniški progi št. 10 d.m. Dobova - Ljubljana v km 554+890 do km 554+940**
Investitor:	**Slovenske železnice Infrastruktura d.o.o. Kolodvorska ulica 11 1000 Ljubljana**
Objekt:	**Oporni zid**
Vrsta projektne dokumentacije: Za gradnjo:	**IZN** **Vzdrževalna dela v javno korist**
Številka projekta:	**3024682**
Številka načrta:	**3023181**
Projektant:	**IRGO Consulting d.o.o. Slovenčeva 93, 1000 Ljubljana**
Odgovorna oseba projektanta:	**dr. Vladimir Vukadin, univ.dipl.inž.geol. IZS RG-0099**
Vodja projektiranja:	**Saša Galuf, univ.dipl.inž.grad. IZS G-2878**
Namestnik vodje projekta:	**Elvir Muhić, mag.inž.geotehol.&dipl.inž.grad. IZS G-3568**
Datum izdelave:	**AVGUST 2024**

SAŠA GALUF
univ.dipl.inž.grad.
IZS G-2878

ELVIR MUHIĆ
dipl.inž.grad.
IZS G-3568

Številka odseka	Arhivska št.	Faza / objekt	Šifra priloge	Prostor za črtno kodo
ZG1000		007.2121	S.1	

S.1 Naslovna stran načrta (obrazec 1C)

OSNOVNI PODATKI O GRADNJI

Naziv gradnje	Sanacija opornega zidu ob glavni železniški progi št. 10 d.m. Dobova - Ljubljana v km 554+890 do km 554+940
Kratek opis gradnje	Sanacijska dela- geodetski načrt

Seznam objektov, ureditev površin in komunalnih naprav z navedbo vrste gradnje.

Vrste gradnje (*Označiti vse ustrezne vrste gradnje*)

- ☐ novogradnja - novozgrajen objekt
- ☐ novogradnja - prizidava
- ☐ rekonstrukcija
- ☐ sprememba namembnosti
- ☐ odstranitev

DOKUMENTACIJA

Vrsta dokumentacije	sanacija

(IZP, DGD, PZI, PID)

Številka projekta	13024682

- ☐ sprememba dokumentacije

PODATKI O NAČRTU

Strokovno področje načrta	7/1 Načrt s področja geotehnike in geotehnologije
Številka načrta	3023181
Datum izdelave	april 2024

PODATKI O IZDELOVALCU NAČRTA

Ime in priimek pooblaščenega arhitekta, pooblaščenega inženirja	mag. Brane Merhar, dipl.inž.geol.
Identifikacijska številka	IZS RG0104
Podpis pooblaščenega arhitekta, pooblaščenega inženirja	mag. BRANKO MERHAR univ.dipl.inž.geol. IZS RG0104 2
Projektant načrta (naziv družbe)	IRGO Consulting d.o.o.
Naslov	Slovenčeva 93, 1000 Ljubljana
Odgovorna oseba projektanta	dr. Vladimir Vukadin, dipl. inž. geol.
Podpis odgovorne osebe projektanta	IRGO CONSULTING d.o.o.

PODATKI O PROJEKTANTU

Projektant (naziv družbe)	IRGO Consulting d.o.o.	
Naslov	Slovenčeva 93, 1000 Ljubljana	
Vodja projektiranja / Namestnik vodje projektiranja	Saša Galuf, univ.dipl.inž.grad.	Elvir Muhić, mag.inž.geotehnol.&dipl.inž.grad.
Identifikacijska številka	PI G-2878	PI G-3568
Podpis vodje projekta	SAŠA GALUF univ.dipl.inž.grad. IZS G-2878	ELVIR MUHIĆ dipl.inž.grad. IZS G-3568
Odgovorna oseba projektanta	dr. Vladimir Vukadin, univ.dipl.inž.geol.	
Podpis odgovorne osebe projektanta	IRGO CONSULTING d.o.o.	

Številka odseka	Arhivska št.	Faza / objekt	Šifra priloge	Prostor za črtno kodo
ZG1000		007.2121	S.1	

S.2	Seznam sodelavcev pri izdelavi načrta
	Franc Čadež, univ. dipl. inž. geol.; IRGO Consulting d.o.o.
	Meta Križaj, dipl. okol. teh. IRGO Consulting d.o.o.

S.3.2 Kazalo vsebine načrta

S	**SPLOŠNI DEL**
S.1	Naslovna stran načrta – OBRAZEC 1C
S.2	Seznam sodelavcev pri izdelavi načrta
S.3.2	Kazalo vsebine načrta
T	**TEHNIČNI DEL**
T.1	Tehnični opisi in izračuni
T.1.1	Tehnično poročilo
G	**RISBE**
P	**PRILOGE**

T.1.1	TEHNIČNO POROČILO

GEOTEHNIČNO POROČILO ZA SANACIJO OPORNEGA ZIDU OB GLAVNI ŽELEZNIŠKI PROGI DOBOVA-LJUBLJANA V KM 554+890 DO KM 554+940

Projekt	**Sanacija zidu ob glavni železniški progi Dobova-Ljubljana v km 554+890 do km 554+940**
Številka projekta	-
Vrsta projektne dokumentacije	**IZN**
Naročnik	SLOVENSKE ŽELEZNICE-INFRASTRUKTURA D.O.O. Kolodvorska ulica 11 1000 Ljubljana
Izdelovalec poročila	IRGO Consulting d.o.o. Slovenčeva cesta 93, SI-1000 Ljubljana
Odgovorna oseba	dr. Vlado Vukadin, univ. dipl. inž. geol.
Pooblaščeni inženir	mag. Brane Merhar, univ. dipl. inž. geol., PI RG0104
Avtorji in sodelavci	Franc Čadež, u.d.i.geol. Meta Križaj, d. okol. teh.
Številka poročila	3023181
Datum izdelave poročila	Marec 2024

Kazalo vsebine

1 UVOD 3
1.1 Opis konstrukcije predvidene za sanacijo 3
2 TERENSKE RAZISKAVE 3
2.1 Predhodne raziskave 3
2.2 Inženirsko - geološko kartiranje 3
2.3 Terenske geotehnične meritve - DPSH sondaže 3
3 INŽENIRSKO GEOLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE RAZMERE 4
3.1 Geografsko-geomorfološki opis prostora 4
3.2 Geološke razmere na širšem prostoru 5
3.3 Inženirsko-geološke in hidrogeološke razmere na območju sanacije zidu 5
3.3.1 Vzroki za poškodovan zid 5
3.4 Značilni inženirsko-geološki sloji na območju sanacije zidu 6
3.5 Seizmičnost terena 6
4 ANALIZA TERENSKIH GEOTEHNIČNIH MERITEV 7
4.1 DPSH sondaže 7
5 KAKARKTERISTIČNE VREDNOSTI GEOMEHANSKIH PARAMETROV TIPIČNIH GEOLOŠKIH SLOJEV 7
6 GEOTEHNIČNI POGOJI SANACIJE-OPOZORILA PROJEKTANTU 8
6.1 Izkopne kategorije 8
7 ZAKLJUČEK 8

Kazalo preglednic

Preglednica 1: Koordinate DPSH sondaž in globina izvedenih meritev. 4
Preglednica 2: Značilni geološki sloji na območju sanacije zidu. 6

Kazalo slik

Slika 1: DOF, relief in lidar območja z označeno lokacijo načrtovane sanacije zidu. 4
Slika 2: OGK z označeno lokacijo načrtovane sanacije zidu. 5
Slika 3: Stanje zidu. 6
Slika 4: Karta potresnega pospeška tal (vir: http://www.arso.gov.si/podrocja/potresi/podatki). 6

Kazalo grafičnih prilog

G.1	Inženirsko geološka karta območja
G.2	Prečni inženirsko-geološki prerez P2
G.3	Prečni inženirsko-geološki prerez P5

Kazalo prilog

P.1	Poročilo o terenskih geotehničnih preiskavah – DPSH (št. p. 3024597, feb. 2024)

1 UVOD

V sklopu izdelave projektne dokumentacije IZN za sanacijo opornega zidu ob glavni železniški progi Dobova Ljubljana pri kraju Podgrad smo izvedli geološko-geomehanske raziskave, ki so obsegale inženirsko-geološko in hidrogeološko kartiranje terena ter geotehnična sondažna dela (DPSH). Raziskave so bile izvedene v mesecu januarju 2024.

V tem *Geotehničnem poročilu* podajamo inženirsko-geološke, hidrogeološke in geotehnične razmere, ki bodo nastopile pri načrtovanih posegih. V začetnem delu poročila so navedene raziskave, ki smo jih izvedli, nato pa je opisana geološka sestava terena, podani so značilni geološki sloji, ki se pojavljajo na območju gradbenih del. (geološka sestava terena je prikazana na inženirsko-geološki kareti in dveh prečnih prerezih). Sledi analiza rezultatov terenskih geomehanski preiskav. V zadnjem delu poročila so podane geomehanske karakteristike značilnih geoloških slojev in geotehnični pogoji, ki bodo nastopili pri sanaciji zidu.

1.1 Opis konstrukcije predvidene za sanacijo

Obstoječi oporni zidu se nahaja ob glavni železniški progi 10 d.m. – Dobova – Ljubljana v km 554+890 do km 554+940 na levi strani proge. Območje sanacije zidu se nahaja ob železniški progi pod strmo brežin, ki je varovana s podpornim zidom. Dotrajan in deformiran zid (v dolžini cca 40 – 45 m) z možnostjo porušitve na območje železniške proge lahko povzroči zasutje proge in s tem prekinitev železniškega prometa. Obstoječi zid je težnostni zid, povprečne višine cca 2,0 – 2,5 m z debelino ocenjeno na 0,8 m. Z zidom se je zavarovala železniška proga, ki je zelo prometna. Zid je na območju ob stebru vozne mreže 169 močno deformiran, kamenje iz katerega je zgrajen je močno preperelo. Odvodnega kanala ob zidu ni. Brežina za zidom je v strmem naklonu, je poraščena in težko prehodna.

2 TERENSKE RAZISKAVE

Terenske preiskave so bile razdeljene v dve fazi. V prvi fazi je bilo opravljeno inženirsko-geološko kartiranje izdankov kamnin, ki se pojavljajo na širšem območju. V drugem delu smo na desni strani proge izvedli dve sondaži s težkim dinamičnim penetrometrom (DPSH).

2.1 Predhodne raziskave

Na območju načrtovane sanacije v preteklosti ni bilo izvedenih inženirsko-geoloških raziskav. Osnovne podatke o geološki sestavi širšega prostora smo povzeli iz Osnovne geološke karte (OGK).

2.2 Inženirsko - geološko kartiranje

Inženirsko-geološko kartiranje je poleg pregleda brežine nad obstoječim zidom obsegalo še pregled širšega območja. Evidentirani so bili izdanki kamnin na katerih smo merili orientacijo/vpade diskontinuitet (plastovitost in razpoke). Rezultati kartiranja so prikazani na inženirsko-geološki karti v prilogi G.1 in opisani v nadaljevanju v točki 3.3.

2.3 Terenske geotehnične meritve - DPSH sondaže

Za določitev slojevitosti tal in geomehanski parametrov nastopajočih slojev zemljin smo desno od proge oziroma med progo in cesto izvedli dve sondaži s težkim dinamičnim penetrometrom (DPSH). Osnovni podatki o sondažah so prikazani v preglednici 1. Lokacije sondaž so prikazane na inženirsko-geološki karti v prilogi G.1. Poročilo o izvedenih sondažah skupaj z grafičnimi izrisi meritev se nahaja v prilogi P.1.

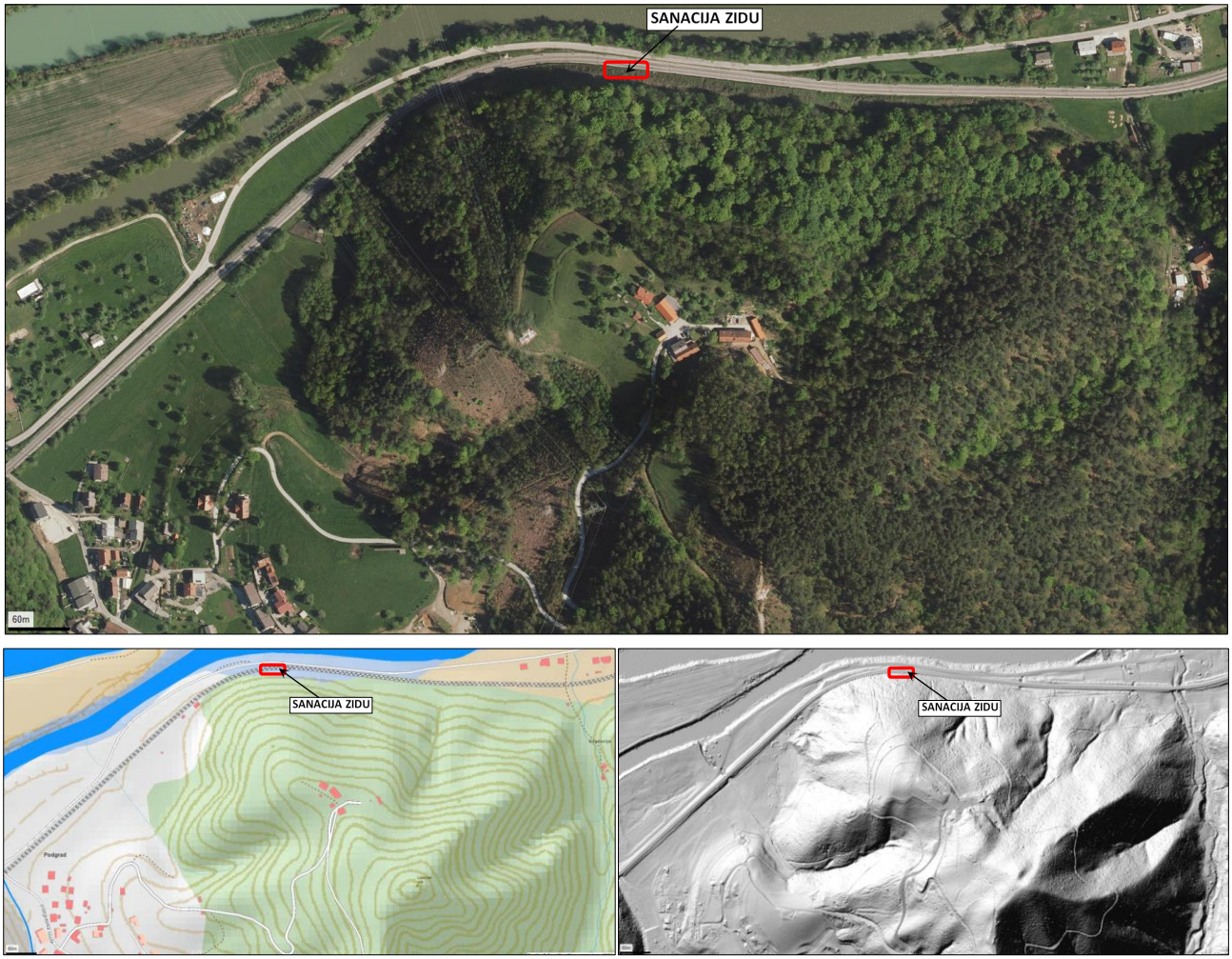
Preglednica 1: Koordinate DPSH sondaž in globina izvedenih meritev.

Oznaka sondaže	Globina [m]	D96Y	D96X	Z [m.n.v.]
DPSH-1	2,0m	472427,72	104005,32	270,0
DPSH-2	3,2m	472411,82	104005,09	269,9

3 INŽENIRSKO GEOLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

3.1 Geografsko-geomorfološki opis prostora

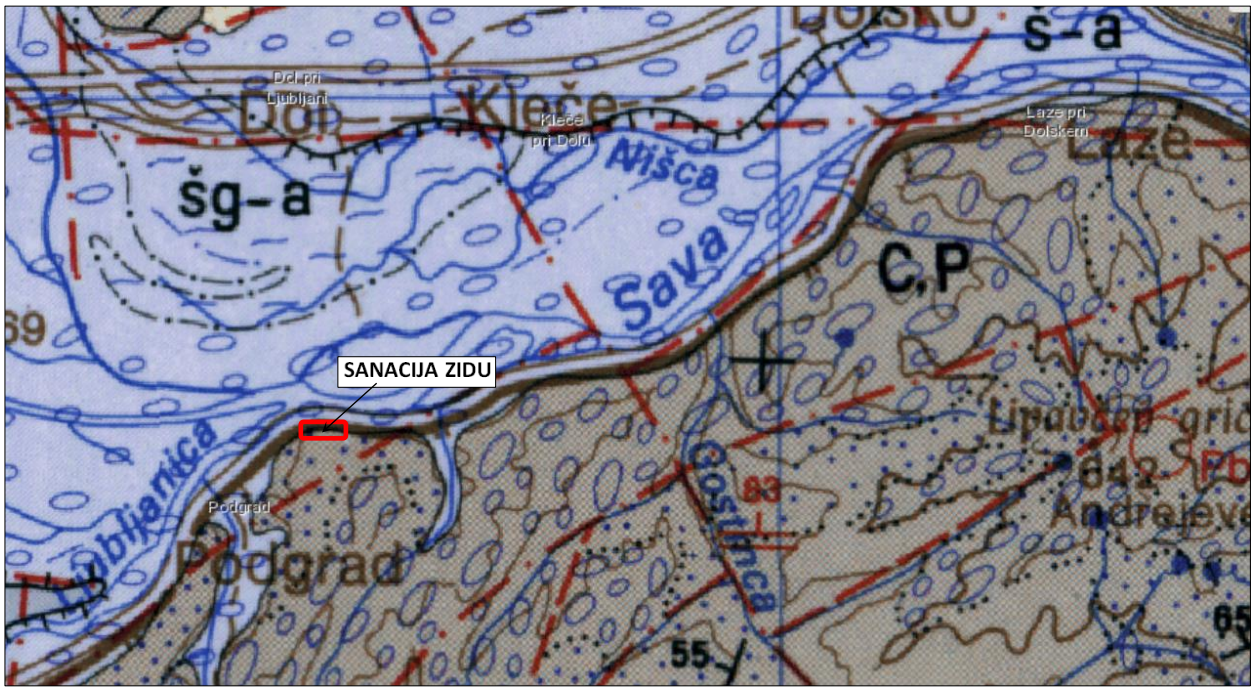
Železniška proga Dobova-Ljubljana poteka vzhodno od naselja Podgrad ob severnem vznožju hriba Lazarjev vrh. Na obravnavanem območju sanacije teče tik ob progi lokalna cesta v Kresnice. Pod cesto začenja brežina reke Save (slika 1). Na mestu sanacije zidu je proga delno vrezana v pobočje hriba zato je brežina varovana z že omenjenim zidom.



Slika 1: DOF, relief in lidar območja z označeno lokacijo načrtovane sanacije zidu.

3.2 Geološke razmere na širšem prostoru

Geološke razmere širšega prostora povzemamo iz Osnovne geološke karte (OGK). Že omenjen hrib Lazarjev vrh gradijo permo-karbonske **(C,P)** plasti, ki sestoje iz debelejših plasti peščenjaka, podrejeno konglomerata. Pod preperinskim slojem je zgornjih nekaj metrov kamnina največkrat še preperele. Ob vznožju pobočij so odloženi prodnati nanosi **(š-a)** reke Save.



Slika 2: OGK z označeno lokacijo načrtovane sanacije zidu.

3.3 Inženirsko-geološke in hidrogeološke razmere na območju sanacije zidu

Železniška proga je na obravnavanem območju "vrezana" v vznožje strmega pobočja hriba Lazarjev vrh zaradi česar se je med gradnjo proge brežino v spodnjem delu zavarovalo z opornim zidom. Zid je kamnit, grajen iz kosov peščenjaka, ki so povezani s cementnim vezivom.

Pobočje nad zidom je strmo z nakloni 40-45° in poraščeno z grmičevjem. Prekrito je s tanko plastjo zemljine (lahko vsebuje večje kose peščenjaka) pod katerim leži kamnina, ki sestoji iz debelejših plasti peščenjaka, podrejeno konglomerata. Izdankov kamnin nad samim zidom ni, so pa bili evidentirani višje v pobočju, kjer ima bližnja hiša izkopan vodnjak in na širšem območju hriba. Na izdankih je bil izmerjen vpad plasti, evidentiranih in izmerjenih je bilo več sistemov razpok. Plasti generalno vpadajo prečno na pobočje, tako da je sama lega plasti za stabilnost pobočja ugodna. Ocenjujemo, da je kamnina v zgornjih cca 3m preperela, po že omenjenih sistemih razpok se pretaka padavinska voda. Preperevanje razpok in zmrzovanje povzroča, da je lahko zgornji sloj kamnine delno dezintegriran, labilen. Na JZ vznožju hriba je evidentiran izvir kar kaže, da se v hribu nahaja podtalna voda.

3.3.1 Vzroki za poškodovan zid

V zgornjih cca 3m so razpoke v kamnini preperele, brez kohezije zaradi česar je kamnin v tem delu deloma dezintegrirana in labilna kar povzroča pritisk na zid. Drugi vzrok je, da se v času povečanih padavin nivo podzemne vode lahko dvigne s čimer povzroča še dodaten pritisk. Zid nima vgrajenih izcednic, voda se preceja skozi zid med kontakti kosov kamnin iz katerega je grajen zid in tako izpira cementno vezivo. Ocenjujemo, da kombinacija navedenih dejavnikov povzroča poškodbe na zidu.



Slika 3: Stanje zidu.

3.4 Značilni inženirsko-geološki sloji na območju sanacije zidu

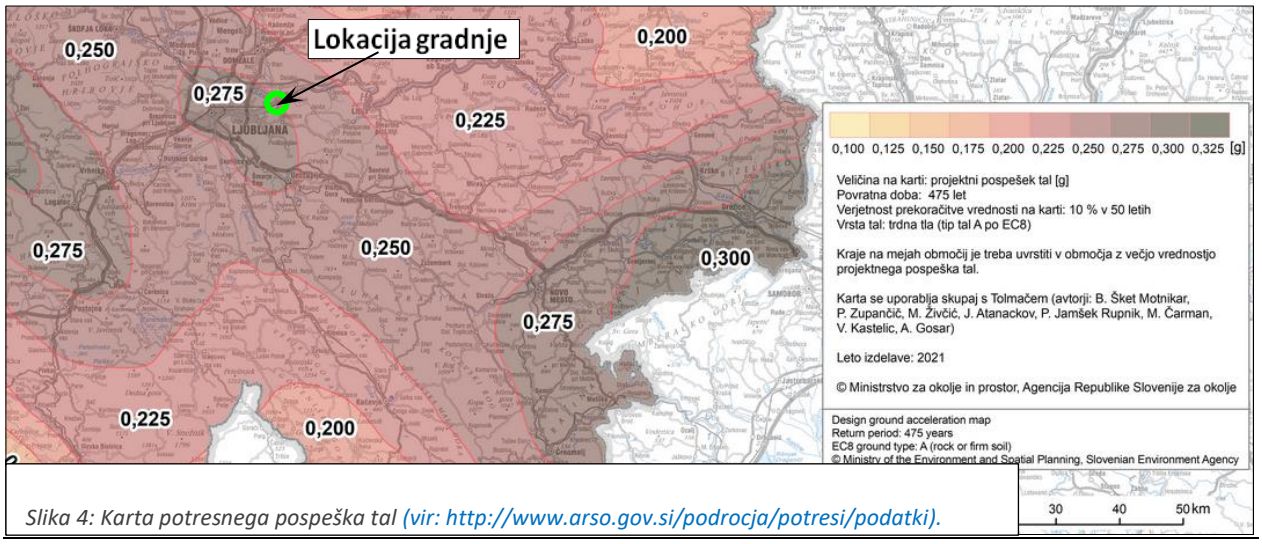
Inženirsko-geološko kartiranje terena in sondažna dela so pokazala, da na območju sanacije zidu nastopajo tipične zemljine in kamnine, kot je navedeno v preglednici 2.

Preglednica 2: Značilni geološki sloji na območju sanacije zidu.

Oznaka sloja	Material	Opis
NA	Nasip	Nasip železniške proge (kamniti drobir)
Hu	Humus	Pobočje je prekrito z do 0,5m debelim sloj zemljine s kosi peščenjaka.
Q_{al}	Prod	Aluvialni nanosi reke Save; peščen prod (GP) z lečami peska in melja.
$(P,C)_{prep}$	Preperela kamnina	V zgornjih 3 metrih po razpokah preperel peščenjak Razpoke so brez kohezije. Kamnina je deloma dezintegrirana in labilna.
(P,C)	Kamnina	Peščenjak, podrejeno konglomerat.

3.5 Seizmičnost terena

Po podatkih nove karte »Potresna nevarnost Slovenije – projektni pospešek tal«, ki velja od 1. maja 2022 predvideva za to območje pospešek a=0,275g. Skladno s določili Evrokod 8 uvrščamo tla na območju sanacije zidu v tip tal A. Vrednost projektnega pospeška tal velja za tla tipa A (skala ali druga skali podobna geološka formacija, na kateri je največ 5 m slabšega površinskega materiala).



Slika 4: Karta potresnega pospeška tal (vir: http://www.arso.gov.si/podrocja/potresi/podatki).

4 ANALIZA TERENSKIH GEOTEHNIČNIH MERITEV

4.1 DPSH sondaže

Terenske geotehnične meritve so obsegale dve sondaži s super težkim dinamičnim penetrometrom (DPSH), ki sta bili izvedeni na desni strani proge in sicer med progo in železnico. S sondama smo želeli preveriti globino prodnatega nanosa do kamninske podlage in določiti strižno-trdnostne karakteristike prodnatega materiala. Preiskave, so bile opravljene skladno s standardom SIST EN ISO 22476-2:2005. Lokacije sondaž so prikazane na inženirsko - geološki karti v prilogi G.1, poročilo o izvedenih sondažah skupaj z grafičnimi izrisi meritev se nahaja v prilogi P.1.

- **Rezultati preiskav:**

  Slojevitost, sestava tal

  Sondaži sta bili izvedeni do globine 1,9 oziroma 3,0m. Ocenjujemo, da z obema sondama nismo dosegli kamninsko podlago pač pa sta sondi končali na globinah kjer prodnat nanos vsebuje večje samice, skale ali pa tudi kose peščenjaka, ki pripadajo gruščnatemu materialu pobočja.

  Strižno - trdnostne karakteristike

  Na osnovi grafičnih izpisov rezultatov ocenjujemo, da ima sloj proda v zgornjih 3 metrih naslednji razpon strižno - trdnostne vrednosti:

  - Strižni kot φ = 31-37°
  - Modul stisljivosti E_{oed} = 15-30MPa

5 KAKARKTERISTIČNE VREDNOSTI GEOMEHANSKIH PARAMETROV TIPIČNIH GEOLOŠKIH SLOJEV

Na osnovi rezultatov meritev prikazanih v predhodnih točkah in inženirske presoje smo za dva značilna geološka sloja, ki sta pomembna pri izvedbi sanacije zidu določili karakteristične vrednosti geomehanskih parametrov, kot je prikazano v nadaljevanju pri čemer smo strižno – trdnostne vrednosti za preperel peščenjak določili s pomočjo programa RocLab.

- **Q_{al} Prod;**
  - prostorninska teža γ = 21kN/m^3
  - kohezija c = 0KPa
  - strižni kot φ = 33°
  - modul stisljivosti Eoed = 20MPa
- **$(P,C)_{prep}$ Preperel peščenjak**
  - prostorninska teža γ = 26kN/m^3
  - kohezija c = 40kPa
  - strižni kot φ =50°
  - defor. modul Erm=250MPa

Izračunano z RocLab z vhodnimi podatki: sigci=25MPa, GSI=15, mi=13, MR=275, γ =26kn/m^3, za izkop višine 5m.

6 GEOTEHNIČNI POGOJI SANACIJE-OPOZORILA PROJEKTANTU

Predvideva se porušitev obstoječega zidu in izgradnja novega AB zidu. Nov zid bo temeljen v plasteh preperelega peščenjaka, deloma lahko tudi v produ. Z geotehničnega vidika so temeljna tla neproblematična. Ker se lahko podzemna voda v času povečanih padavin v zaledju zidu dvigne je potrebno v novem zidu predvideti izcednice (barbakane), ki bodo omogočale zmanjšanje hidrostatičnega pritiska v zaledju.

Opozarjamo še, da je kamnina v zgornjem delu preperela, deloma dezintegrirana, razrahljana. V primeru, da se v brežini pri "odpiranju" starega zidu pojavi v kamnini neugodna kombinacija razpok lahko pride do klinastega zdrsa preperelih blokov peščenjaka zato je potrebno predvideti ukrepe za varovanje odprte brežine, kot so npr. brizgan beton, armaturne mreže, sidra in podobno. Zid naj se gradi po kampadah ustreznih dolžin.

6.1 Izkopne kategorije

Po kategorizacija izkopov v zemljinah in kamninah (TSPI-PGV.05.100:2023) uvrščamo material za izkop temeljev zidu v naslednje kategorije

- Preperela kamnina (peščenjak): 4. kategorija
- Prodnato-gruščnata zemljina: 3. Kategorija.

Izkop za temelj novega zidu bo potekal pretežno v prepereli kamnini-peščenjaku.

7 ZAKLJUČEK

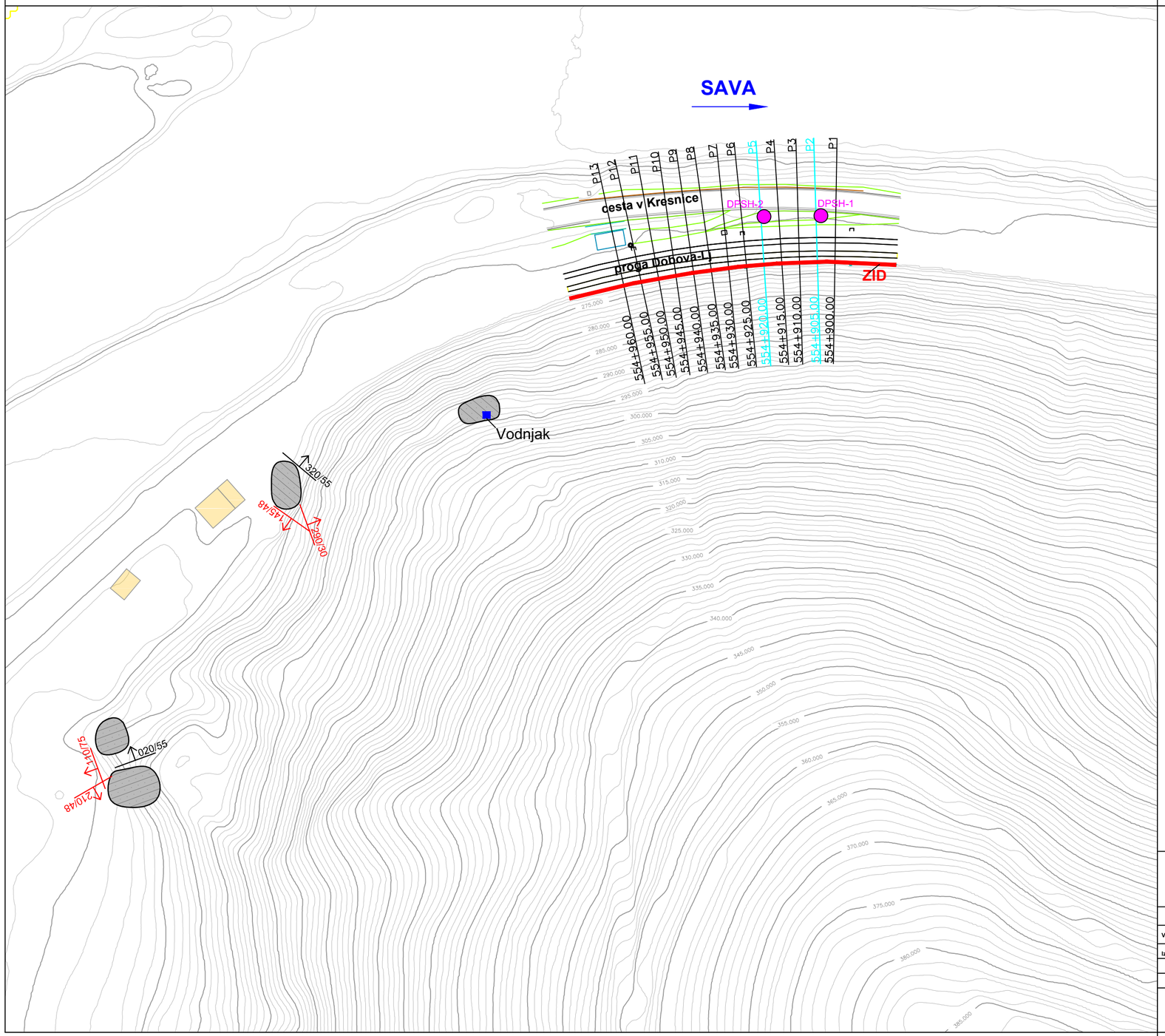
Na območju sanacije kamnitega zidu ob progi Dobova-Ljubljana smo za potrebe IZN projekta izvedeli geološko-geomehanske preiskave, ki so obsegale inženirsko-geološko kartiranje terena in terenske geotehnične sondaže (DPSH).

Strmo pobočje za zidom gradijo plasti peščenjaka, ki so v zgornjih cca 3 metrih preperele. Generalni vpad plasti je za stabilnost brežine ugoden, vendar je bilo v kamnini izmerjenih več sistemov razpok, ki zaradi preperelosti povzročajo, da je kamnina v že omenjenih zgornjih 3 metrih lokalno razrahljana, dezintegrirana kar povzroča zaledne pritiske na obstoječ zid. Drugi vzrok za slabo stanje zidu je , da se v času povečanih padavin nivo podzemne vode lahko dvigne s čimer povzroča še dodaten pritisk. Zid nima vgrajenih izcednic, voda se preceja skozi zid med kontakti kosov kamnin iz katerega je grajen zid in tako izpira cementno vezivo. Ocenjujemo, da kombinacija navedenih dejavnikov povzroča poškodbe na zidu.

Temeljenje novega AB zidu bo z geotehničnega vidika neproblematično , saj bodo temelji izvedeni v plasti preperelega peščenjaka, v manjši meri lahko tudi v plasti proda. Opozarjamo, da se lahko pri odpiranju starega zidu pojavi v kamnini neugodna kombinacija razpok zaradi katere lahko pride klinastega zdrsa preperelih blokov peščenjaka zato je potrebno predvideti ukrepe za varovanje odprte brežine, kot so npr. brizgan beton, armaturne mreže, sidra in podobno.

Kazalo grafičnih prilog

G.1	Inženirsko geološka karta območja
G.2	Prečni inženirsko-geološki prerez P2
G.3	Prečni inženirsko-geološki prerez P5



LEGENDA

- Pobočje prekrito z do 0,5m debelim slojem zemljine z večjimi kosi peščenjaka
- Izdanek peščenjaka
- 020/55 — Vpad plasti
- 290/30 — Vpad razpok
- DPSH-1 — Sondaža - težki dinamični penetrometer (DPSH)
- Izrisan inženirsko - geološki prerez

IRGO CONSULTING d.o.o.

Tel.:N.C. (01) 560-36-00
Fax.: (01) 534-16-80
Trans. račun: 02923-0051024274
Davčna številka: 57488924

	IME IN PRIIMEK	ID. ŠT.	PODPIS	DATUM
Vodja projekta	mag. Brane Merhar, u.d.i.geol	RG-0104		Mar. 2024
Izdelava	Meta Križaj, d. okol. teh.			

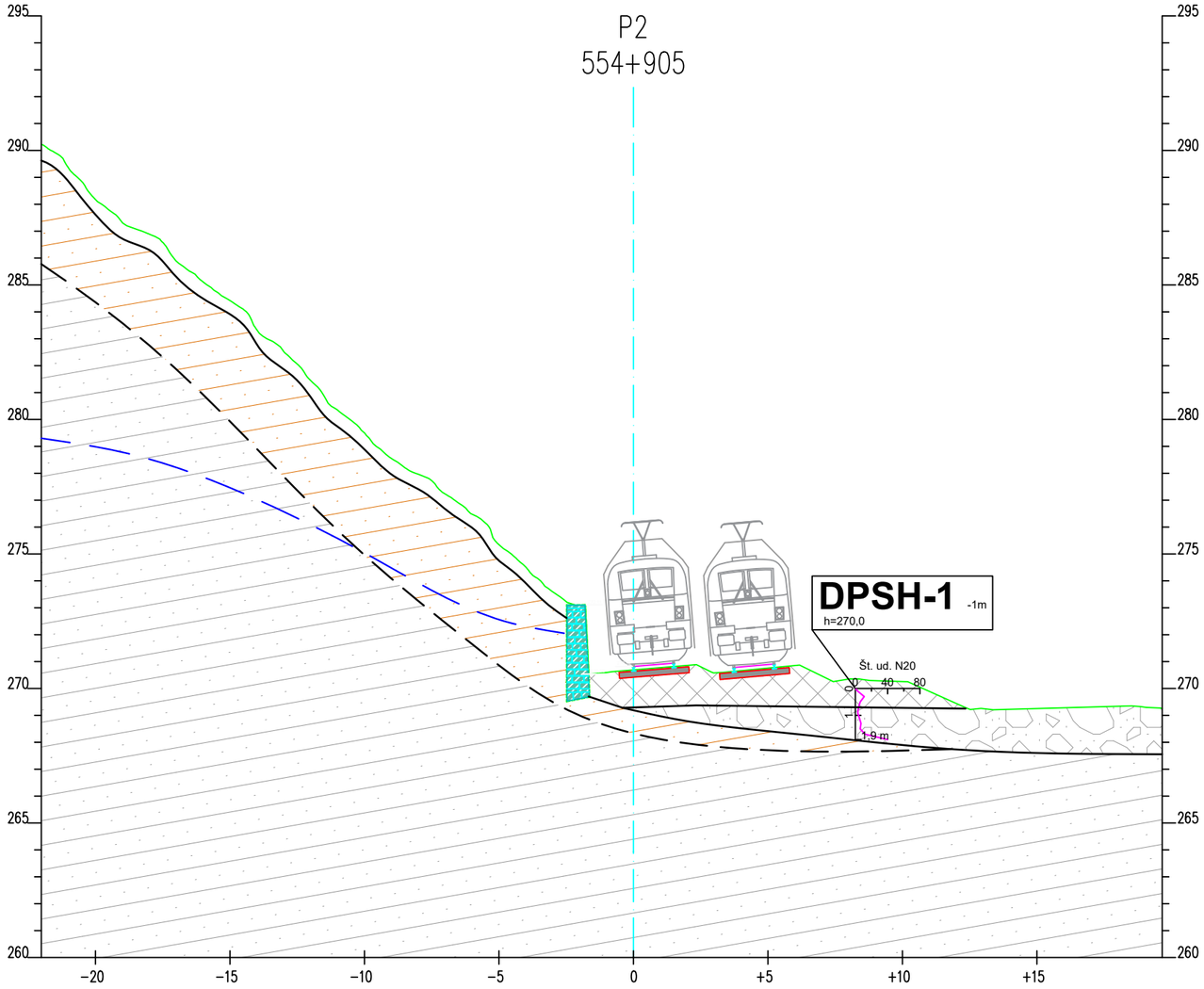
Naročnik
SLOVENSKE ŽELEZNICE-INFRASTRUKTURA D.O.O.
Kolodvorska ulica 11
1000 Ljubljana

PROJEKT:
Sanacija zidu ob glavni železniški progi Dobova-Ljubljana v km 554+890 do km 554+940

Faza projekta: IZN
Št. projekta: -
Št. elaborata: 3023181

Načrt:
inženirsko geološka karta območja

Merilo: 1:1000
Št. priloge: G.1



LEGENDA

Geološka oznaka sloja	Material	Opis
NA	Nasip	Nasip železniške proge (kamniti drobir)
Hu	Humus	Pobočje je prekrito z do 0,5m debelim sloj zemljine s kosi peščenjaka.
Q_{al}	Prod	Aluvialni nanosi reke Save; peščen prod (GP) z lečami peska in melja.
$(P,C)_{prep}$	Preperela kamnina	V zgornjih 3 metrih po razpokah preperel peščenjak Razpoke so brez kohezije. Kamnina je deloma dezintegrirana in labilna.
(P,C)	Kamnina	Peščenjak, podrejeno konglomerat.

Ocenjen najvišji nivo podzemne vode

IRGO CONSULTING d.o.o.

Tel.:N.C. (01) 560-36-00
Fax.: (01) 534-16-80
Trans. račun: 02923-0051024274
Davčna številka: 57488924

	IME IN PRIIMEK	ID. ŠT.	PODPIS DATUM
Vodja projekta	mag. Brane Merhar, u.d.i.geol	RG-0104	Mar. 2024
Izdelava	Meta Križaj, d. okol. teh.		

Naročnik: *SLOVENSKE ŽELEZNICE-INFRASTRUKTURA D.O.O.*
Kolodvorska ulica 11
1000 Ljubljana

PROJEKT: **Sanacija zidu ob glavni železniški progi Dobova-Ljubljana v km 554+890 do km 554+940**

Faza projekta: IZN

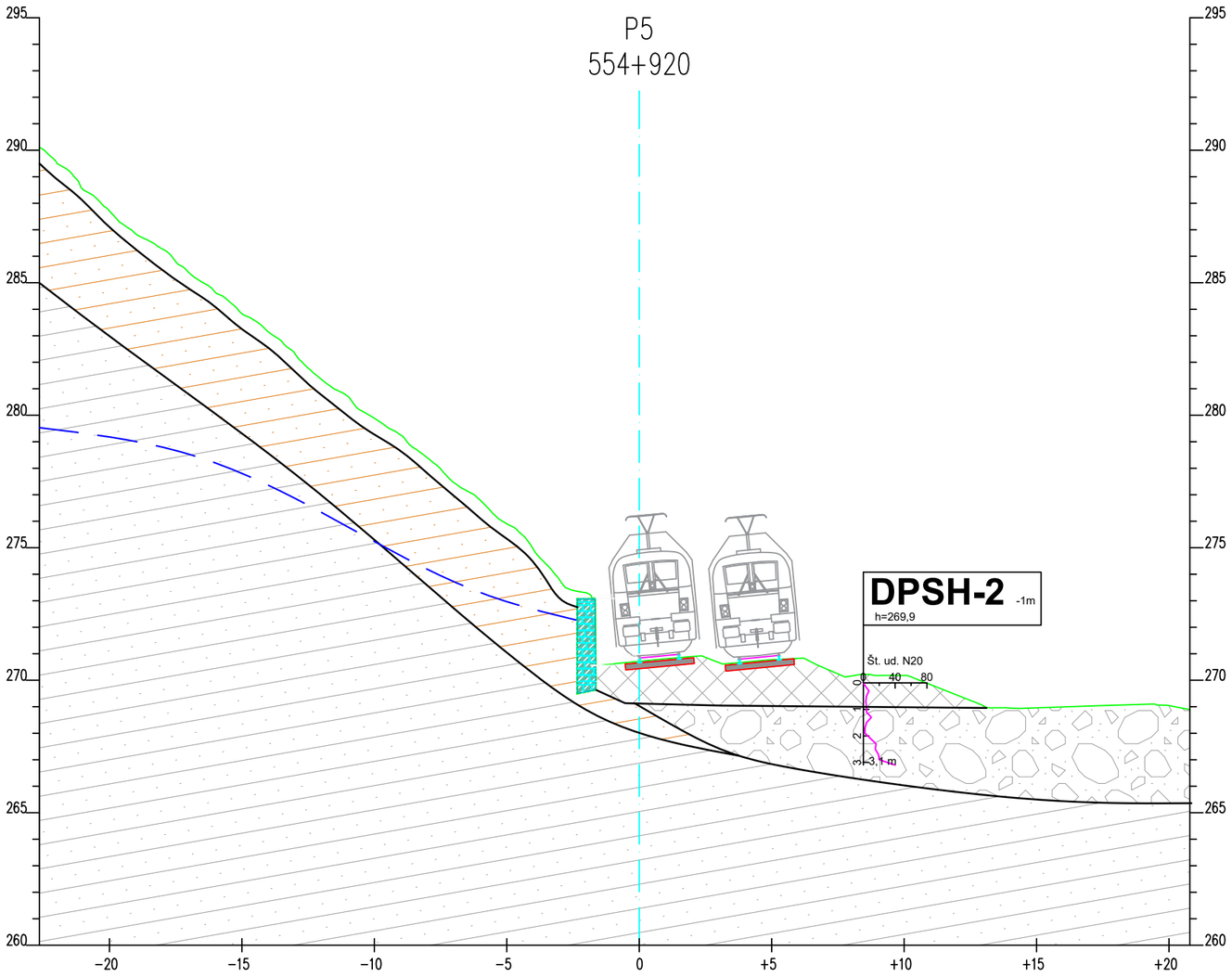
Št. projekta: -

Št. elaborata: 3023181

Načrt: Prečni inženirsko-geološki prerez P2

Merilo: 1:200

Št. priloge: G.2



LEGENDA

Geološka oznaka sloja	Material	Opis
NA	Nasip	Nasip železniške proge (kamniti drobir)
Hu	Humus	Pobočje je prekrito z do 0,5m debelim sloj zemljine s kosi peščenjaka.
Q_{al}	Prod	Aluvialni nanosi reke Save; peščen prod (GP) z lečami peska in melja.
$(P,C)_{prep}$	Preperela kamnina	V zgornjih 3 metrih po razpokah preperel peščenjak Razpoke so brez kohezije Kamnina je deloma dezintegrirana in labilna.
(P,C)	Kamnina	Peščenjak, podrejeno konglomerat.

Ocenjen najvišji nivo podzemne vode

IRGO CONSULTING d.o.o.

Tel.:N.C. (01) 560-36-00
Fax.: (01) 534-16-80
Trans. račun: 02923-0051024274
Davčna številka: 57488924

Naročnik
SLOVENSKE ŽELEZNICE-INFRASTRUKTURA D.O.O.
Kolodvorska ulica 11
1000 Ljubljana

	IME IN PRIIMEK	ID. ŠT.	PODPIS DATUM
Vodja projekta	mag. Brane Merhar, u.d.i.geol	RG-0104	Mar. 2024
Izdelava	Meta Križaj, d. okol. teh.		

PROJEKT:
Sanacija zidu ob glavni železniški progi Dobova-Ljubljana v km 554+890 do km 554+940

Faza projekta: IZN
Št. projekta: - **Št. elaborata:** 3023181

Načrt:
Prečni inženirsko-geološki prerez P5

Merilo: 1:200
Št. priloge: G.3

Kazalo prilog

P.1	Poročilo o terenskih geotehničnih preiskavah –DPSH (št. p. 3024597, feb. 2024)

IRGO Consulting
d.o.o.

Slovenčeva 93
SI—1000 Ljubljana

T: +386 1 560 36 00
info@irgo.si
www.irgo.si



Poročilo št. 3024597

O TERENSKIH GEOTEHNIČNIH PREISKAVAH Z DINAMIČNIM PENETROMETROM ZA PROJEKT

»SANACIJA OPORNEGA ZIDU«

NAROČNIK

SŽ - Infrastruktura d.o.o.
Kolodvorska ulica 11
1000 Ljubljana

ŠT. POROČILA
3024597

KRAJ IN DATUM
Ljubljana, februar 2024

IZVAJALEC

IRGO Consulting d.o.o.,
Slovenčeva 93, SI–1000 Ljubljana

Direktor: dr. Vladimir Vukadin, univ.dipl.inž.geol.

VODJA ODDELKA ZA GEOTEHNIKO:

PI Nedžad Mešić,
univ.dipl.inž.grad., G-2563

NEDŽAD MEŠIĆ
univ.dipl.inž.grad.
IZS G-2563

VODJA PROJEKTA:

Elvir Muhić,
univ.dipl.inž.grad.

SODELAVCI:

Jaka Hrast,
mag. inž. geotehnol.

Matjaž Kužner
tehnični sodelavec

Amadej Hauptman
tehnični sodelavec

Kazalo

1. UVOD 4
2. SONDIRANJE S SUPER TEŽKIM DINAMIČNIM PENTROMETROM – DPSH 5

Preglednice

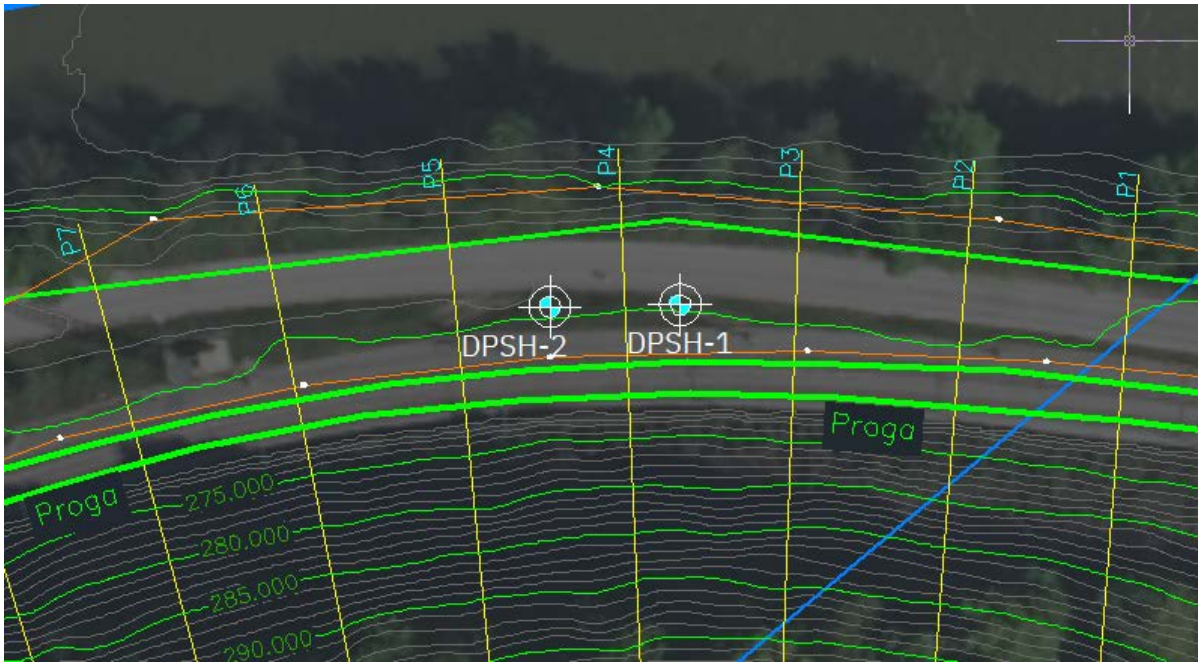
Preglednica 1: Osnovni podatki o izvedenih sondiranjih s super težkim dinamičnim penetrometrom DPSH 4
Preglednica 2: Ocena indeksa gostote in strižnega kota iz (N1)60 6

Priloge

Priloga 1: Grafični prikaz meritev s super težkim dinamičnim penetrometrom

1. UVOD

V sklopu programa geotehničnih raziskav za projekt **"Sanacija opornega zidu ob glavni železniški progi 10 d.m. – Dobova – Ljubljana v km 554+890 do km 554+940"** je strokovno osebje IRGO consulting d.o.o. v mesecu februarju 2024 izvedlo dve (2) sondiranji s super težkim dinamičnim penetrometrom (DPSH). S sondiranji smo preverili sestavo tal na obravnavanem območju. Lokacije izvedenih sondiranj so prikazane na spodnji sliki 1 ter v preglednici 1.



Slika 1: Lokacije izvedenih DPSH sondiranj

Osnovni podatki o izvedenih preiskavah tal so prikazani na spodnji preglednici 1. Rezultati izvedenih preiskav so prikazani v prilogi 1.

Oznaka	Globina [m]	Koordinate		Z (m.n.v.)	Objekt
		D96Y	D96X		
DPSH-1	2,0	472427,72	104005,32	270,0	Oporni zid
DPSH-2	3,2	472411,82	104005,09	269,9	Oporni zid

Preglednica 1: Osnovni podatki o izvedenih sondiranjih s super težkim dinamičnim penetrometrom DPSH

2. SONDIRANJE S SUPER TEŽKIM DINAMIČNIM PENTROMETROM – DPSH

Preiskave, so bile opravljene skladno s standardom SIST EN ISO 22476-2:2005.
Sondiranje je potekalo s pomočjo dinamičnega penetrometra oz. zabijalne naprave TG 63-100, proizvajalca Pagani. Koeficient efektivnosti zabijalne naprave Er je 73%, oz. energijski faktor za SPT izvrednotenje Ce = Er /60=1.22 (povzeto po karakteristikah zabijalne naprave podanih s strani proizvajalca opreme).
Pri dinamičnem sondiranju DPSH (tip DPSH-b), smo bat z maso 63,5 kg spuščali z višine 75 cm, pri tem pa beležili število udarcev potrebnih za 20 cm penetracije (število N_{20}). Uporabili smo 90° konico premera 51 mm.
V rezultatih, skladno s standardom, prikazujemo izmerjeno število udarcev potrebnih za 20 cm prodiranja konice (N_{20}) v odvisnosti od globine. Na tak način smo prvenstveno ugotavljali slojevitost tal.
Iz izmerjenih podatkov in ostalih karakteristik smo izvrednotili točkovni dinamični odpor pod konico qd:

$$q_d = \frac{m}{m+m'} \cdot \frac{m \cdot g \cdot h \cdot Er}{A \cdot e} = \frac{m}{m+m'} \cdot r_d$$

kjer je:

qd ..... dinamični točkovni odpor

rd ..... točkovni odpor na enoto

Er ..... koeficient efektivnosti zabijalne naprave

m ..... masa bata

g ..... gravitacijski pospešek

h ..... višina pada

A ..... površina prereza konice

e ..... povprečna penetracija na udarec

m'..... skupna masa drogovja in nakovala

Iz razmerja specifičnega dela, ki je potrebno za korak penetracije (30 cm pri SPT in 20 cm pri DPSH), smo določili ekvivalentno število SPT udarcev N_{SPT} (N_{SPT} = 1.5 · N_{20}).

V strokovni literaturi sicer najdemo empirične korelacije med udarci DPSH in SPT, ki naj bi po ugotovitvah bile odvisne tudi od tipa preiskovane zemljine. Cestari (2005), ki je za svoje raziskave uporabljal enako opremo kot mi (Pagani DPSH), podaja razmerje med SPT in DPSH udarci v območju od N_{SPT} = 1.5 do 2.0 · N_{20} za gruščnate, N_{SPT} = 2.0 do 2.8 · N_{20} za peščene in do N_{SPT} = 2.8 do 4.0 · N_{20} za glinaste zemljine.

V našem primeru smo upoštevali N_{SPT}= 2.8•N_{20} za koherentna tla ter N_{SPT}= 1.5•N_{20} za preostale zemljine.

Ekvivalentno vrednost SPT udarcev smo korigirali še glede na koeficient prenosa energije (Ce = Er/60 = 1.22), glede na dolžino drogovja (l) ter efektivni vertikalni tlak (CN). Določitev enačbe za CN smo izvedli s pomočjo predpostavljenega gostotnega stanja zemljine ID, predpostavljene vrste tal (določene na osnovi bližnjih podatkov) in posledično predpostavljene efektivne vertikalne napetosti s v'. Korigirane in normalizirane vrednosti števila udarcev SPT, pridobljene na podlagi preiskave DPSH, so v našem primeru torej:

$$(N_1)_{60} = N_{20} \bullet Cz \bullet Ce \bullet \lambda \bullet CN,$$

kjer je:

$(N_1)_{60}$..... korigirana vrednost udarcev/30 cm pri SPT testu

N_{20} ..... izmerjena vrednost udarcev/20 cm pri DPSH testu

Cz ..... koeficient odvisen od vrste zemljine (v našem primeru 1.5 in 2.8)

Ce ..... koeficient prenosa energije (1.22)

λ ..... koeficient dolžine drogovja

CN ..... korekcija zaradi efektivne napetosti

Iz empiričnih relacij, ki jih podajajo nekateri avtorji, pa podajamo tudi oceno materialnih karakteristik posameznih slojev. Iz normaliziranih SPT vrednosti $(N_1)_{60}$ smo nekoherentnim zemljinam določili indeks gostote in strižni kot v skladu s spodnjo preglednico (Skempton, 1986):

Gostota	Zelo rahlo	Rahlo		Srednje gosto	Gosto	Zelo gosto
(N1)60	0	3	8	15	25	42	58
Id (%)	0	15	35	50	65	85	100
Φ(°)		28	30	33	36	41	44

Preglednica 2: Ocena indeksa gostote in strižnega kota iz (N1)60

Podajamo tudi oceno edometerskega modula, kjer smo za nekoherentne materiale uporabili metodo, ki jo je podal Begemann, (1974):

$E_{oed} = 4 + c \cdot ((N_1)_{60} - 6)$ (za $(N_1)_{60} > 15$) [MPa]

$E_{oed} = c \cdot ((N_1)_{60} + 6)$ (za $(N_1)_{60} < 15$) [MPa]

(c = 0.3 za drobne peske in peske z meljem, c = 1.2 za grušč s peskom)

Za koherentne zemljine pa smo edometerski modul ocenili po relaciji, ki sta jo podala Stroud in Butler, 1975:

$m_v = 1/ (450 \cdot N_{60})$ [m2/kN] iz česar sledi $E_{oed} = 1/m_v$ [kPa]

Priloga 1:

Grafični prikaz meritev s super težkim dinamičnim penetrometrom

IRGO Consulting d.o.o.

DINAMIČNI PENETRACIJSKI PRESKUS DPSH-B (SIST EN ISO 22476-2:2005)

naročnik: **SŽ - Infrastruktura d.o.o.**
objekt: **Sanacija opornega zidu**
preiskave: **M. Kužner, A. Hauptman** datum: 16.02.2024
obdelava: **Jaka Hrast, mag.inž.geotehnol.** datum: 20.02.2024

zabijalna naprava: **Pagani TG 63-100**
bat: **63.5 kg, h = 75 cm**
drogovje: **ϕ32mm, 6.20 kg/'m**

energijski faktor E_r : **73% (C_N=E_r/60=1.22)**
specif. delo/udarec E_n : **2336 J/cm²**
konica: **20 cm² / 90°**

x: 104005,32
y: 472427,72
z: 270,0

opombe: **uporaba fiksne konice, meritve trenja po drogovju niso bile izvedene**

oznaka sonde: **DPSH-1**

DPSH - b

korelacije z SPT

empirično določene lastnosti tal

					energijski faktor C_N:	uporaba korekcije:		globina vode [m]:	uporaba korekcije:	uporaba korekcije:	uporaba korekcije:								
					1,22	DA			DA	NE	NE								
srednja globina intervala	izmerjeno število udarcev	točkovni odpor na enoto (upoštevano E_r =73%)	dinamični točkovni odpor (upoštevano E_r =73%)	ekvivalentno število udarcev SPT	korekcija zaradi energijskih izgub (C_N*N_{SPT})	korekcijski faktor drogovja (upošt. 1 m zunan.drog.)	predpost. vrsta zemljine	predpost. prost. teža zemljine	efektivna vertikalna napetost	korekcijski faktor efektivne napetosti	korekcijski faktor za fine/grobe peske	korekcijski faktor za zasičene peske	korigirano število udarcev SPT	korigirana vrednost penetrabilnosti SPT	indeks gostote [Skempton]	gostotno stanje [Skempton]	strižni kot [Skempton]	nedrenirana strižna trdnost [Terzaghi&Peck]	edometerski modul [Begemann-nekoh., Stroud&Butler-koh.]
d	**N_{20}**	**r_d**	**q_d**	**N_{SPT}**	**N_{60}**	λ		γ	σ_v'	**C_N**	**C_{pes}**	**C_{sat}**	**$(N_1)_{60}$**	**$(p_1)_{60}$**	**I_D**		ϕ	**s_u**	**E_{oed}**
[m]	**[ud./20cm]**	**[MPa]**	**[MPa]**	**[ud./30cm]**	**[ud./30cm]**			**[kN/m³]**	**[kPa]**				**[ud./30cm]**	**[cm/60ud.]**	**[%]**		**[o]**	**[kPa]**	**[MPa]**
0,1	3	2,6	2,3	4,5	5,5	0,75	sip železniške pro	22,0	2,2	1,50	1,00	1,00	**6,2**	/	**28,4**	**rahlo**	**29,6**	/	**14,6**
0,3	11	9,4	8,5	16,5	20,1	0,75	sip železniške pro	22,0	6,6	1,50	1,00	1,00	**22,6**	/	**61,9**	**sred. gos.**	**35,4**	/	**24,0**
0,5	6	5,1	4,7	9,0	11,0	0,75	Prod	21,0	10,8	1,50	1,00	1,00	**12,4**	/	**45,2**	**sred. gos.**	**31,9**	/	**22,0**
0,7	4	3,4	2,8	6,0	7,3	0,75	Prod	21,0	15,0	1,50	1,00	1,00	**8,2**	/	**35,0**	**sred. gos.**	**30,4**	/	**17,1**
0,9	3	2,6	2,1	4,5	5,5	0,75	Prod	21,0	19,2	1,50	1,00	1,00	**6,2**	/	**28,4**	**rahlo**	**29,6**	/	**14,6**
1,1	5	4,3	3,6	7,5	9,2	0,75	Prod	21,0	23,4	1,50	1,00	1,00	**10,3**	/	**40,5**	**sred. gos.**	**31,1**	/	**19,6**
1,3	7	6,0	5,0	10,5	12,8	0,75	Prod	21,0	27,6	1,50	1,00	1,00	**14,4**	/	**49,3**	**sred. gos.**	**32,6**	/	**24,5**
1,5	6	5,1	4,3	9,0	11,0	0,75	Prod	21,0	31,8	1,50	1,00	1,00	**12,4**	/	**45,2**	**sred. gos.**	**31,9**	/	**22,0**
1,7	12	10,2	7,9	18,0	22,0	0,75	Peščenjak	22,0	36,2	1,50	1,00	1,00	**24,7**	/	**64,5**	**sred. gos.**	**36,0**	/	**26,4**
1,9	40	34,1	26,3	60,0	73,2	0,75	Peščenjak	22,0	40,6	1,50	1,00	1,00	**82,4**	**21,9**	**prekons.**	**prekons.**	**46,6**	/	**95,6**

IRGO Consulting d.o.o.

DINAMIČNI PENETRACIJSKI PRESKUS DPSH-B (SIST EN ISO 22476-2:2005)

list 2/2

naročnik: **SŽ - Infrastruktura d.o.o.**
objekt: **Sanacija opornega zidu**
preiskave: **M. Kužner, A. Hauptman** datum: 16.02.2024
obdelava: **Jaka Hrast, mag.inž.geotehnol.** datum: 20.02.2024

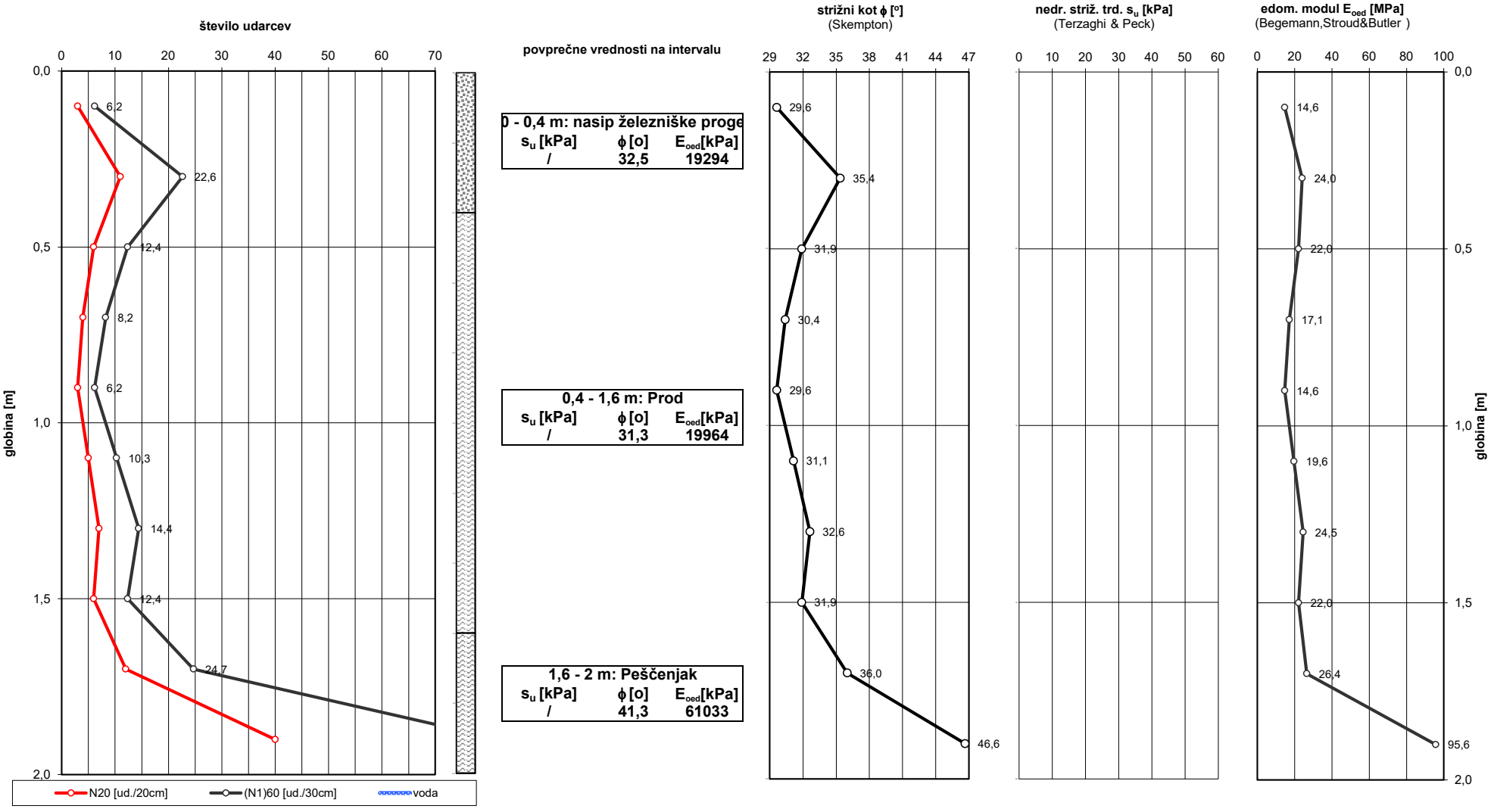
zabijalna naprava: **Pagani TG 63-100**
bat: **63.5 kg, h = 75 cm**
drogovje: **ϕ32mm, 6.20 kg/'m**

energijski faktor E_r: **73% (C_N=E_r/60=1.22)**
specif. delo/udarec E_n: **2336 J/cm²**
konica: **20 cm² / 90°**

x: **104005,32**
y: **472427,72**
z: **270,0**

opombe: **uporaba fiksne konice, meritve trenja po drogovju niso bile izvedene**

oznaka sonde: **DPSH-1**



IRGO Consulting d.o.o.

DINAMIČNI PENETRACIJSKI PRESKUS DPSH-B (SIST EN ISO 22476-2:2005)

naročnik: **SŽ - Infrastruktura d.o.o.**
objekt: **Sanacija opornega zidu**
preiskave: **M. Kužner, A. Hauptman** datum: 16.02.2024
obdelava: **Jaka Hrast, mag.inž.geotehnol.** datum: 20.02.2024

zabijalna naprava: **Pagani TG 63-100**
bat: **63.5 kg, h = 75 cm**
drogovje: **ϕ32mm, 6.20 kg/'m**

energijski faktor E_r : **73% (C_N=E_r/60=1.22)**
specif. delo/udarec E_n : **2336 J/cm²**
konica: **20 cm² / 90°**

x: 104005,09
y: 472411,82
z: 269,9

opombe: **uporaba fiksne konice, meritve trenja po drogovju niso bile izvedene**

oznaka sonde: **DPSH-2**

DPSH - b				korelacije z SPT										empirično določene lastnosti tal				
					energijski faktor C_N:	uporaba korekcije:		globina vode [m]:	uporaba korekcije:	uporaba korekcije:	uporaba korekcije:							
					1,22	DA			DA	NE	NE							
srednja globina intervala	izmerjeno število udarcev	točkovni odpor na enoto (upoštevano E_r =73%)	dinamični točkovni odpor (upoštevano E_r =73%)	ekvivalentno število udarcev SPT	korekcija zaradi energijskih izgub (C_N*N_{SPT})	korekcijski faktor drogovja (upošt. 1 m zunan.drog.)	predpost. vrsta zemljine	predpost. prost. teža zemljine	efektivna vertikalna napetost	korekcijski faktor efektivne napetosti	korekcijski faktor za fine/grobe peske	korekcijski faktor za zasičene peske	korigirano število udarcev SPT	korigirana vrednost penetrabilnosti SPT	indeks gostote [Skempton]	gostotno stanje [Skempton]	strižni kot [Skempton]	nedrenirana strižna trdnost [Terzaghi&Peck]	edometerski modul [Begemann-nekoh., Stroud&Butler-koh.]
d	**N_{20}**	**r_d**	**q_d**	**N_{SPT}**	**N_{60}**	λ		γ	σ_v'	**C_N**	**C_{pes}**	**C_{sat}**	**$(N_1)_{60}$**	**$(p_1)_{60}$**	**I_D**		ϕ	**s_u**	**E_{oed}**
[m]	**[ud./20cm]**	**[MPa]**	**[MPa]**	**[ud./30cm]**	**[ud./30cm]**			**[kN/m³]**	**[kPa]**				**[ud./30cm]**	**[cm/60ud.]**	**[%]**		**[o]**	**[kPa]**	**[MPa]**
0,1	2	1,7	1,6	3,0	3,7	0,75	sip železniške pro	22,0	2,2	1,50	1,00	1,00	**4,1**	/	**20,6**	**rahlo**	**28,9**	/	**12,1**
0,3	7	6,0	5,4	10,5	12,8	0,75	sip železniške pro	22,0	6,6	1,50	1,00	1,00	**14,4**	/	**49,3**	**sred. gos.**	**32,6**	/	**24,5**
0,5	4	3,4	3,1	6,0	7,3	0,75	Prod	21,0	10,8	1,50	1,00	1,00	**8,2**	/	**35,0**	**sred. gos.**	**30,4**	/	**17,1**
0,7	3	2,6	2,1	4,5	5,5	0,75	Prod	21,0	15,0	1,50	1,00	1,00	**6,2**	/	**28,4**	**rahlo**	**29,6**	/	**14,6**
0,9	4	3,4	2,8	6,0	7,3	0,75	Prod	21,0	19,2	1,50	1,00	1,00	**8,2**	/	**35,0**	**sred. gos.**	**30,4**	/	**17,1**
1,1	4	3,4	2,8	6,0	7,3	0,75	Prod	21,0	23,4	1,50	1,00	1,00	**8,2**	/	**35,0**	**sred. gos.**	**30,4**	/	**17,1**
1,3	10	8,5	7,1	15,0	18,3	0,75	Prod	21,0	27,6	1,50	1,00	1,00	**20,6**	/	**59,1**	**sred. gos.**	**34,7**	/	**21,5**
1,5	4	3,4	2,8	6,0	7,3	0,75	Prod	21,0	31,8	1,50	1,00	1,00	**8,2**	/	**35,0**	**sred. gos.**	**30,4**	/	**17,1**
1,7	2	1,7	1,3	3,0	3,7	0,75	Prod	21,0	36,0	1,50	1,00	1,00	**4,1**	/	**20,6**	**rahlo**	**28,9**	/	**12,1**
1,9	2	1,7	1,3	3,0	3,7	0,75	Prod	21,0	40,2	1,50	1,00	1,00	**4,1**	/	**20,6**	**rahlo**	**28,9**	/	**12,1**
2,1	9	7,7	5,9	13,5	16,5	0,75	Preperel peščenjak	24,0	45,0	1,48	1,00	1,00	**18,2**	/	**55,7**	**sred. gos.**	**33,9**	/	**18,7**
2,3	16	13,6	10,5	24,0	29,3	0,75	Preperel peščenjak	24,0	49,8	1,40	1,00	1,00	**30,8**	/	**72,1**	**gosto**	**37,8**	/	**33,8**
2,5	15	12,8	9,9	22,5	27,5	0,75	Preperel peščenjak	24,0	54,6	1,34	1,00	1,00	**27,6**	/	**68,1**	**gosto**	**36,9**	/	**29,9**
2,7	19	16,2	11,6	28,5	34,8	0,75	Preperel peščenjak	24,0	59,4	1,28	1,00	1,00	**33,5**	/	**75,3**	**gosto**	**38,5**	/	**37,0**
2,9	20	17,1	12,2	30,0	36,6	0,75	Preperel peščenjak	24,0	64,2	1,24	1,00	1,00	**33,9**	/	**75,8**	**gosto**	**38,6**	/	**37,5**
3,1	40	34,1	24,5	60,0	73,2	0,85	Peščenjak	22,0	68,6	1,20	1,00	1,00	**74,4**	**24,2**	**prekons.**	**prekons.**	**45,9**	/	**86,0**

IRGO Consulting d.o.o.

DINAMIČNI PENETRACIJSKI PRESKUS DPSH-B (SIST EN ISO 22476-2:2005)

naročnik: **SŽ - Infrastruktura d.o.o.**
objekt: **Sanacija opornega zidu**
preiskave: **M. Kužner, A. Hauptman** datum: 16.02.2024
obdelava: **Jaka Hrast, mag.inž.geotehnol.** datum: 20.02.2024

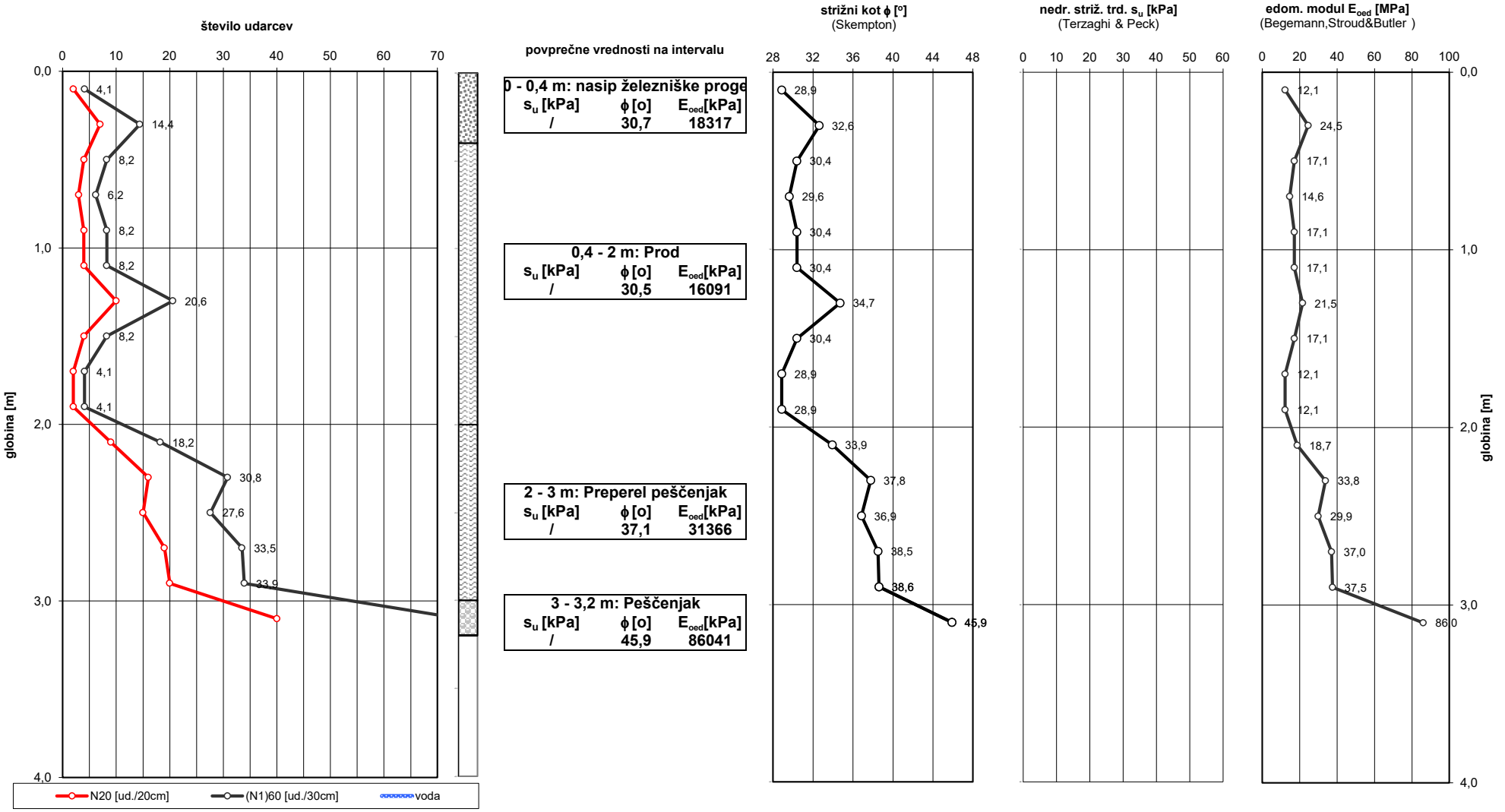
zabijalna naprava: **Pagani TG 63-100**
bat: **63.5 kg, h = 75 cm**
drogovje: **ϕ32mm, 6.20 kg/'m**

energijski faktor E_r: **73% (C_N=E_r/60=1.22)**
specif. delo/udarec E_n: **2336 J/cm²**
konica: **20 cm² / 90°**

x: **104005,09**
y: **472411,82**
z: **269,9**

opombe: **uporaba fiksne konice, meritve trenja po drogovju niso bile izvedene**

oznaka sonde: **DPSH-2**



0 - 0,4 m: nasip železniške proge

s_u [kPa]	ϕ [o]	E_{oed} [kPa]
/	30,7	18317

0,4 - 2 m: Prod

s_u [kPa]	ϕ [o]	E_{oed} [kPa]
/	30,5	16091

2 - 3 m: Preperel peščenjak

s_u [kPa]	ϕ [o]	E_{oed} [kPa]
/	37,1	31366

3 - 3,2 m: Peščenjak

s_u [kPa]	ϕ [o]	E_{oed} [kPa]
/	45,9	86041