

Preliminarno hidrogeološko poročilo in poročilo o plazljivosti za OPPN občine Ljubljana št 184: Pod Šmarno goro

Delovno poročilo



Ljubljana, januar 2022

Naročnik:	Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o. Dimičeva ulica 12 1000 Ljubljana
Kontaktna oseba naročnika:	Andrej Šabec <andrej.sabec@gi-zrmk.si>
Investitor:	DEMA PLUS, inženiring d.o.o. Tbilisijska ulica 59, 1000 Ljubljana
Izvajalec:	GEOLOŠKI ZAVOD SLOVENIJE Dimičeva ulica 14, 1001 Ljubljana
Soizvajalec:	Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o. Dimičeva ulica 12, 1000 Ljubljana
Ponudba:	16. 8. 2021 (120-1160/2021)
Naročilnica:	202100186 (19. 8. 2021)
Evidenčna številka:	
Število izvodov:	4
Naslov poročila:	Preliminarno hidrogeološko poročilo in poročilo o plazljivosti za OPPN občine Ljubljana št 184: Pod Šmarno goro
Datum izdelave:	21. 1. 2022
Avtorji:	Matjaž Klasinc, univ. dipl. inž. geol. dr. Ana Novak, univ. dipl. inž. geol. Nec Bizjak, univ. dipl. inž. geol. Miroslav Medić inž. hidroteh. Blaž Pucihar, inženir geologije (UN)
Vodja organizacijske enote Podzemne vode - hidrogeologija:	dr. Nina Rman, univ. dipl. inž. geol.
Direktor:	dr. Miloš Bavec, univ. dipl. inž. geol.

Ključne besede:	Prostorski načrt, hidrogeologija, podzemna voda, vrtine, črpalni preizkus, nalivalni preizkus
------------------------	---

Slika na naslovnici: Območje OPPN s piezometrično vrtino P-2/21

VSEBINA

1. Uvod	5
1.1. Lega OPPN	5
2. Terenske preiskave	7
2.1. Vrtina P-1/21	7
2.1.1. Tehnološki popis vrtanja vrtine P-1/21	7
2.1.2. Geološki popis vrtine P-1/21	7
2.1.3. Cevitev in izdelava vrtine P-1/21	7
2.1.4. Aktiviranje vrtine (čiščenje, dokončanje vrtine)	8
2.1.5. Ureditev ustja vrtine	9
2.1.6. Črpalni preizkus v vrtini P-1/21	9
2.2. Vrtina P-2/21	10
2.2.1. Tehnološki popis vrtanja vrtine P-2/21	10
2.2.2. Geološki popis vrtanja vrtine P-2/21	10
2.2.3. Cevitev in izdelava vrtine P-2/21	11
2.2.4. Aktiviranje vrtine (čiščenje, dokončanje vrtine)	11
2.2.5. Ureditev ustja vrtine	12
2.2.6. Črpalni preizkus v vrtini P-2/21	12
2.1. Sondažni jaški	13
2.1.1. Jašek J-1	14
2.1.2. Jašek J-2	15
2.2. Pregled vodnih objektov, jaškov ter vodotokov	19
3. Monitoring podzemne vode v vrtinah	22
4. Hidrogeološka analiza	26
4.1. Določitev koeficientov prepustnosti na podlagi rezultatov črpalnih preizkusov	26
4.2. Določitev koeficientov prepustnosti na podlagi rezultatov ponikalnih preizkusov v jaških J-1 in J-2	27
4.3. Določitev koeficientov prepustnosti na podlagi rezultatov analiz zrnivosti	29
4.4. Interpretirana določitev nizke, srednje in visoke gladine podzemne vode vodonosnika Ljubljanskega polja	29
4.5. Hidrogeološki konceptualni model	29
5. Mnenje o plazljivosti in eroziji	30
5.1. Terenski pregled plazljivosti in erozije	30

5.1.1. Znaki pobočnih masnih premikanj na predvidenem območju gradnje	36
5.1.2. Znaki pobočnih masnih premikanj in erozije severno od predvidenega območja gradnje .	39
5.2. 3. Stabilnost pregledanega območja	47
6. LITERATURA/VIRI.....	49

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz OPPN, vir: Urbiinfo	5
Slika 2 (leva slika): Izток vode po udarcu vpihovanja zraka.	9
Slika 3 (desna slika): Izток čiste vode ob koncu aktivacije.	9
Slika 4: Rezultati meritev med črpalnim preizkusom na vrtini P-1/21.....	10
Slika 5 (leva slika): Izток bolj umazane vode ob začetku aktivacije.....	12
Slika 6 (desna slika): Izток čiste vode ob koncu aktivacije.	12
Slika 7: Meritve med črpalnim preizkusom v vrtini P-2/21.....	13
Slika 8: (leva slika): Jašek J-1 z vgrajeno merilno sondo tik nad dnom.	15
Slika 9: (desna slika) Napolnjen jašek J-1.....	15
Slika 10: Meritve merilne sonde med nalivalnim preizkusom v jašku J-1	15
Slika 11. Izkop jaška J-2.	16
Slika 12: Meritve merilne sonde med nalivalnim preizkusom v jašku J-2 med prvim nalivanjem.	18
Slika 13: Meritve merilne sonde med nalivalnim preizkusom v jašku J-2 med drugim nalivanjem.	18
Slika 14:.....	19
Slika 15: Hidrograf začetnih meritev gladine spodnje podzemne vode za OPPN občine Ljubljana št 184: Pod Šmarno goro	23
Slika 16: Grafikon začetnih meritev GPV in temperature spodnje podzemne vode v pezoimetru P-1/21	24
Slika 17: Grafikon začetnih meritev elektroprevodnosti spodnje podzemne vode v pezoimetru P-2/21	25
Slika 18: Interpretacija rezultatov ponikalnega preizkusa v izkopu J-2 na grafikonu v logaritmičnem merilu, za jašek J-1 interpretacija v logaritmičnem merilu ni bila potrebna, zato je izbor vhodnih podatkov za J-1 ponazorjen pri opisu preizkusa	28
Slika 19: Območje predvidene gradnje ter območje terenskega oglada z označenimi območji, ki so stabilna, podvržena plazenju ali kažejo znake nekdanjega ali trenutnega plazenja (vir SVF podlage: Direktorat za kulturno dediščino, Ministrstvo za kulturo). Z modro prekinjeno črto so označeni manj izraziti erozijski kanali ali planinske poti podvržene eroziji. Z modro polno črto so označeni izraziti erozijski kanali. Rdeči poligoni označujejo območja obsežnejše ploskovne erozije.	31
Slika 20: Območje predvidene gradnje ter območje terenskega oglada z označenimi območji, ki so stabilna, podvržena plazenju ali kažejo znake nekdanjega ali trenutnega plazenja (vir DOF podlage: Geodetska uprava RS). Z modro prekinjeno črto so označeni manj izraziti erozijski kanali ali planinske poti podvržene eroziji. Z modro polno črto so označeni izraziti erozijski kanali. Rdeči poligoni označujejo območja obsežnejše ploskovne erozije.	32
Slika 21: Lokacije zajetih fotografij (SLIKE, KI SE NANAŠAJO NA TO KARTO SO OZNAČENE KOT FOTOGRAFIJA) ter oštevilčeni erozijski kanali (vir SVF podlage: Direktorat za kulturno dediščino, Ministrstvo za kulturo).....	33

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Koordinate pomembnejših objektov in pojavov v sistemu D96	5
Preglednica 2: Koordinate pomembnejših objektov pretvorjene v star koordinatni sistem D48	6
Preglednica 3: Cevitev vrtine P-1/21	8
Preglednica 4: Cevitev vrtine P-2/21	11
Preglednica 5: Meritve položaja gladine podzemne vode v piezometričnih vrtinah	22
Preglednica 6: Vhodni parametri in rezultati izračuna koeficienta prepustnosti s črpalnimi preizkusi, ti rezultati veljajo za nasičeno cono	27
Preglednica 7 : Vhodni parametri izračunov koeficienta prepustnosti nalivanja v jaške	28
Preglednica 8 : Koeficienti prepustnosti s podatki o testiranih odsekih za jaške	28
Preglednica 9: Vhodni parametri in rezultati določitev prepustnosti na podlagi analiz zrnivosti	29

PRILOGE

Priloga 1.1.: Hidrogeološki profil vrtine P-1/21

Priloga 1.2.: Hidrogeološki profil vrtine P-2/21

1. Uvod

Investitor načrtuje gradnjo bivalnih objektov na območju OPPN Občine Ljubljana št 184: Pod Šmarno goro. Cilj hidrogeoloških raziskav je opredeliti hidrogeološke razmere in pogoje za načrtovanje gradnje.

Raziskave bodo služile za posnetek ničelnega stanja, temeljenje objekta, okvirno načrtovanje ponikanja, določitve položaja gladine podzemne vode

1.1. Lega OPPN



Slika 1: Prikaz OPPN, vir: Urbiinfo

Preglednica 1: Koordinate pomembnejših objektov in pojavov v sistemu D96

Ime objekta	Tip objekta/ pojava	E	N	Z ustja (m n. m.) Koper	Z površja (m n. m.) Koper	Vir Koordinat:	
P-1/21	Piezometer	457988,9	109151,2	306,992	306,432	ZRMK, GPS**	geodetski
P-2/21	Piezometer	458002,9	109027,7	304,93	304,5	ZRMK, GPS**	geodetski
Jašek J-1	Sondažni izkop	457996	109147	-	306,59	Atlas voda in GERK Z po Žele, 2020	
Jašek J-2	Sondažni izkop	457998	109033	-	304,89	Atlas voda in GERK Z po Žele, 2020	
Izvir Tenis	Izvir	457986	109219	-	309,5	Atlas voda in GERK	
Jašek meteorni Tenis	Jašek odvodnje vode	457982	109216			Atlas voda in GERK	

Ime objekta	Tip objekta/ pojava	E	N	Z ustja (m n. m.) Koper	Z površja (m n. m.) Koper	Vir Koordinat:
Vodohran Polijska akademija	Vodohran ali tudi zajetje ne vemo	457960	109332			Atlas voda in GERK
Ponikalni vodnjak	ponikalnica/ vodnjak					Atlas voda in GERK
Izvir v gozdu						Atlas voda in GERK
Ponor v gozdu						Atlas voda in GERK
2x jašek						Atlas voda in GERK
Jašek zasut	Vodohran ali zajetje ne vemo					Atlas voda in GERK

** Šabec Andrej s sodelavci, 2022

Preglednica 2: Koordinate pomembnejših objektov pretvorjene v star koordinatni sistem D48

Ime objekta	GKY	GKX
P-1/21	458359,65	108664,76
P-2/21	458373,65	108541,27
Jašek J-1	458367	108661
Jašek J-2	458369	108547
Izvir tenis	458357	108733
Jašek meteorni tenis izvir	458353	108729
Vodohran Policijska akademija	458331	108845
Ponikalni vodnjak	458398	108658
Izvir v gozdu	458446	108805
Ponor v gozdu	458430	108752
2x jašek	458413	108661
Jašek zasut	458410	108680

2. Terenske preiskave

2.1. Vrtina P-1/21

2.1.1. Tehnološki popis vrtanja vrtine P-1/21

Z vrtanjem se je pričelo 10. 12. 2021 in končalo 13. 12. 2021. Vrtanje je izvajalo podjetje GEOTRANS d.o.o. Vrtina je bila izvrtana do končne globine 8 m pod površjem.

Način vrtanja:

od 0 do 8 m 133/152 mm (tehnična zaščitna kolona)

od 0 do 8 m jedrnik premera 131 mm

2.1.2. Geološki popis vrtine P-1/21

Podroben terenski geološki popis

Globina od (m)	Globina do (m)	Iso klasifikacija	Opis (vizualno in lupa)
0	0,3	clsaSi	Travniška prst glineno peščen melj. 60 % melja, 20 % peska, 15 % gline, 5 % proda.
0,3	0,8	saSi	Peščen melj. 75 % melja, 10 % peska, 10 % gline, 5 % proda. Melj temno rjav z posameznimi prodniki-prevladujejo beli karbonatni in rdečkasti prodniki peščenjaka.
0,8	2,1	saSi	Glinast melj, približno 50 % melja, 45 % gline, 5 % prodnikov (kaotični-redki, tudi do 7 cm)
2,1	2,5	siSa	Meljast pesek, drobnnozrnat. 80 % peska, 20 % melja.
2,5	3	sisGr	Meljasto peščen prod. 50 % proda 30 % peska, 20 % melja.
3	3,9	saGr	Meljasto peščen prod. 55 % proda 35 % peska, 10 % melja. Večinoma rahlo zbit, s prsti gre narazen. Prodniki do 10 cm, slabo sortiran,.
3,9	6,95	saGr	Meljasto peščen prod. 65 % proda 30 % peska, 5 % melja. Prodniki do 10 cm, prevladujejo karbonatni,
6,95	8	Ro	Skrilavi ginavec do meljevec, črn.

2.1.3. Cevitev in izdelava vrtine P-1/21

Cevitev vrtine je potekala 13.12.2021. Vgrajene so bile PVC cevi s premerom 114/101 mm s filtrskimi režami širine 0,7 mm.



Slika 6: Cevitev vrtine P-1/21 s PVC cevmi.

Preglednica 3: Cevitev vrtine **P-1/21**

Od globine [m]	Do globine [m]	Premer cevi notranji/zunanji [mm]	Tip cevitve	Material [cevi]	Opombe
+0,56	0,24	143/137	Zaščitna	Železo	
+0,11	2,89	114/101	Polna	PVC	
2,89	6,89	114/101	Filtrska	PVC	Širina vodoravnih rež 0,7 mm.
6,89	7,99	114/101	Polna	PVC	

2.1.4. Aktiviranje vrtine (čiščenje, dokončanje vrtine)

Aktivacija vrtine je potekala 13.12.2021. Vrtina je bila aktivirana z vpihovanjem zraka iz kompresorja s tako imenovanim enojnim in dvojnim »air-liftom«, skupaj približno 2,5 ure.

Pred aktivacijo smo izmerili gladino podzemne vode 3,94 m (od površja).

Med aktivacijo smo sapnico počasi dvigovali po območju filtrov, zraven smo ustvarjali ciklične in močnejše hidravlične udare vsakih 10 do 15 minut. Med hidravličnimi udarci je voda postala rjavo sive barve, kalna s peščeno meljnimi usedlinami. V približno enakih časovnih intervalih smo preverjali kalnost vode in količino ter sestavo usedlin v vedru. Med postopkom čiščenja je voda postajala manj kalna in z manj peščeno meljnih usedlin. Ob daljšem in zmernem dodajanju zraka proti koncu čiščenja je bila voda čista, usedlin pa je bilo za vzorec.



Slika 2 (leva slika): Iztok vode po udarcu vpihovanja zraka.

Slika 3 (desna slika): Iztok čiste vode ob koncu aktivacije.

2.1.5. Ureditev ustja vrtine

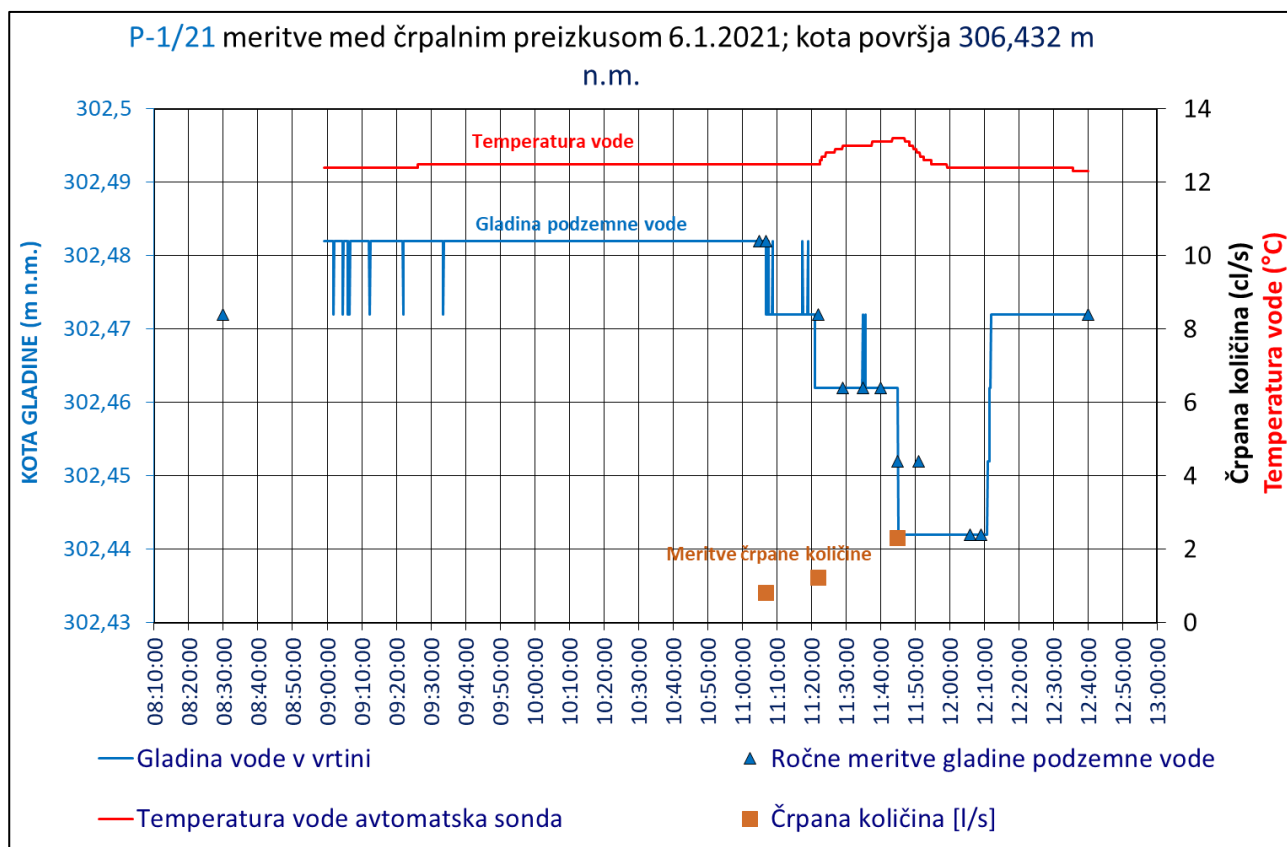
Ustje vrtine tvori jeklena zaščitna cev premera 143/137 mm s kapo, obešanko in zaklenjeno s ključavnico GeoZS. Ustje sega 0,56 m nad površje. Okrog zaščitne jeklene cevi je bil izkopen izkop, velikosti približno 60 x 60 cm za zaščitno cementacijo z betoniranjem.

2.1.6. Črpalni preizkus v vrtini P-1/21

Črpalni preizkus smo izvedli dne 6. 1. 2021. S črpanjem smo pričeli ob 11:07 in končali ob 12:02. Črpanje je potekalo s 3" (3 palično) potopno črpalko.

Zvezne meritve gladine podzemne vode, temperature in elektro prevodnosti smo merili z merilno sondo. Kontrolne meritve položaja gladine smo izvajali z ročnim merilcem.

Preizkus smo hitro zaključili, ker je bila zaradi zelo dobre prepustnosti gladina vode v vrtini hitro stabilizirana in stacionarna, izvedli smo tako imenovani stopenjski preizkus. Zaradi zelo dobre prepustnosti plasti so bila znižanja majhna.



Slika 4: Rezultati meritev med črpalnim preizkusom na vrtini P-1/21

2.2. Vrtina P-2/21

2.2.1. Tehnološki popis vrtanja vrtine P-2/21

Z vrtanjem se je pričelo 10. 12. 2021 in končalo 10. 12. 2021. Vrtanje je izvajalo podjetje GEOTRANS d.o.o. Vrtina je bila izvrtana do končne globine 7,3 m pod površjem. Način vrtanja:

od 0 do 7 m 133/152 mm (tehnična zaščitna kolona)

od 0 do 7,3 m jedrniki premera 131 mm

2.2.2. Geološki popis vrtanja vrtine P-2/21

Podroben terenski geološki popis

Globina od (m)	Globina do (m)	Iso klasifikacija	Opis
0	0,3	clsSaSi	Travniška prst glineno peščen melj. 60 % melja, 20 % gline, 15 % peska, 5 % proda.
0,3	0,9	saSi	Peščen melj. 75 % melja, 20 % drobnega peska, 5 % proda velikosti do 7 cm. Prodniki-prevladujejo beli karbonatni in rdečkasti prodniki peščenjaka.
0,9	1,4	siSa	Meljsat pesek. 75 % drobnega peska, 25 % melja.
1,4	3,05	sasiGr	Peščeno meljast prod. 55 % proda, 25 % melja, 20 % peska.

3,05	4	sisaGr	Meljasto peščen prod. 50 % proda, 30 % peska, 20 % melja. Blizu meje s konglomeratom, z večjo močjo se ga da drobiti z rokami.
4	4,9	sasiGr	Peščeno meljast prod. 55 % proda, 25 % melja, 20 % peska. Prodniki so različne sestave, karbonatni (apnenec in dolomit) in nekarbonatni (temen glinavec, peščenjak, meljevec)
4,9	7,3	Ro	Skrilavi glinavec do meljevec, črn.

2.2.3. Cevitev in izdelava vrtine P-2/21

Cevitev je potekala 10.12.2021.



Slika 13: Cevitev vrtine P-2/21 s PVC cevmi, na dnu je čep s konico, nato je 1 m dolga polna cev-usedalnik

Preglednica 4: Cevitev vrtine **P-2/21**

Od globine [m]	Do globine [m]	Premjer cevi notranji/zunanji [mm]	Tip cevitve	Material [cevi]	Opombe
+0,59	0,21	143/137	Zaščitna	Železo	
+0,38	2,02	114/101	Polna	PVC	
2,02	5,02	114/101	Filtrska	PVC	Širina vodoravnih rež 0,7 mm.
5,02	6,12	114/101	Polna	PVC	

2.2.4. Aktiviranje vrtine (čiščenje, dokončanje vrtine)

Aktivacija vrtine je potekala 13.12.2021. Vrtina je bila aktivirana z vpihovanjem zraka iz kompresorja s tako imenovanim enojnim in dvojnim »air-liftom«, skupaj približno 2,5 ure.

Pred aktivacijo smo izmerili gladino podzemne vode 3,34 m (od površja).

Med aktivacijo smo sapnico počasi dvigovali po območju filtrov, zraven smo ustvarjali ciklične in močnejše hidravlične udare vsakih 10 do 15 minut. Med hidravličnimi udarci je voda postala rjavo sive barve, kalna s peščeno meljnimi usedlinami. V približno enakih časovnih intervalih smo preverjali kalnost vode in količino ter sestavo usedlin v vedru. Med postopkom čiščenja je voda postajala manj kalna in z manj peščeno meljnih usedlin. Ob daljšem in zmernem dodajanju zraka proti koncu čiščenja je bila voda čista, usedlin pa je bilo za vzorec.



Slika 5 (leva slika): Izток bolj umazane vode ob začetku aktivacije.



Slika 6 (desna slika): Izток čiste vode ob koncu aktivacije.

2.2.5. Ureditev ustja vrtine

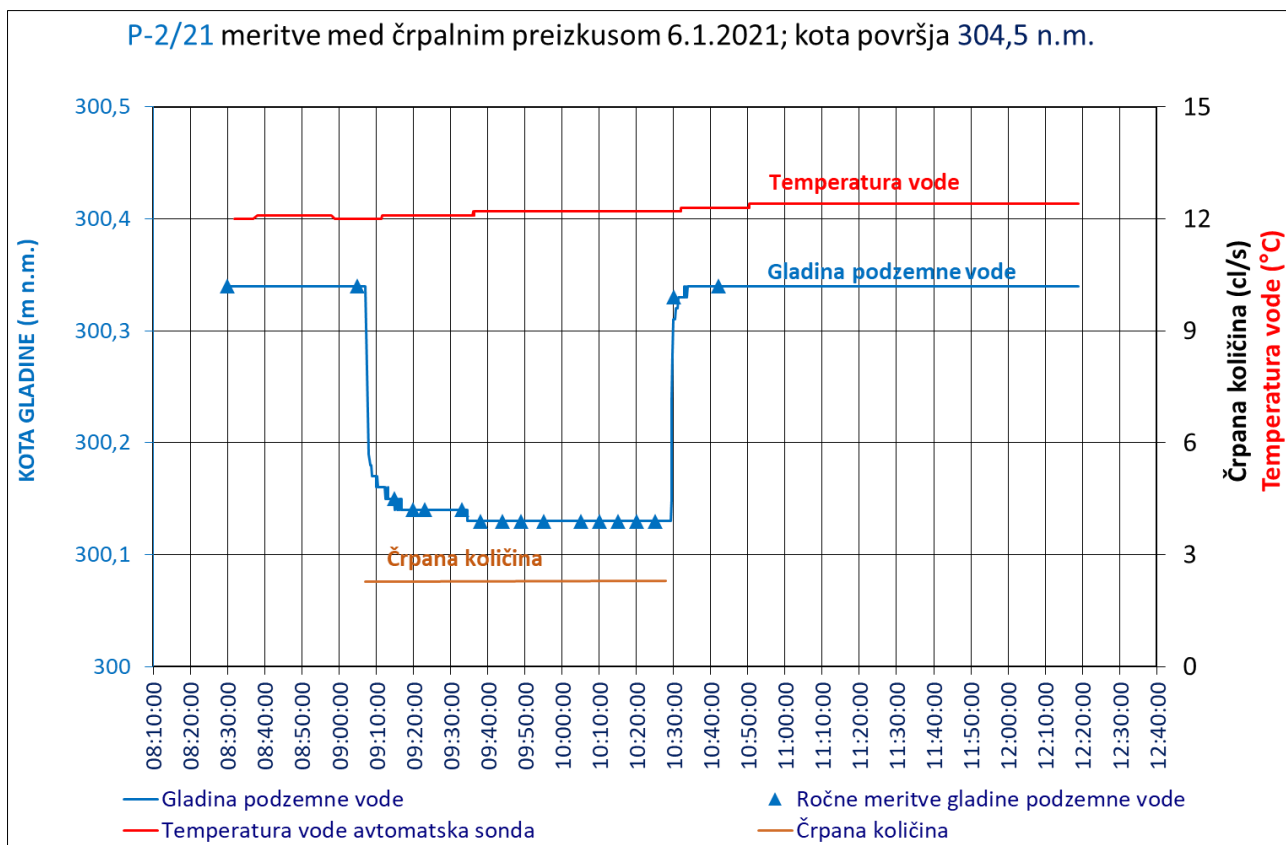
Ustje vrtine tvori jeklena zaščitna cev premera 143/137 mm s kapo, obešanko in zaklenjeno s ključavnico GeoZS. Ustje sega 0,59 m nad površje. Okrog zaščitne jeklene cevi je bil izkopan izkop, velikosti približno 60 x 60 cm za zaščitno cementacijo z betoniranjem.

2.2.6. Črpalni preizkus v vrtini P-2/21

Črpalni preizkus smo izvedli dne 6. 1. 2021. S črpanjem smo pričeli ob 10:07 in končali ob 10:33. Črpanje je potekalo s 3" (3 palično) potopno črpalko.

Zvezne meritve gladine podzemne vode, temperature in elektro prevodnosti smo merili z merilno sondo. Kontrolne meritve položaja gladine smo izvajali z ročnim merilcem.

Preizkus smo hitro zaključili, ker je bila zaradi zelo dobre prepustnosti gladina vode v vrtini hitro stabilizirana in stacionarna. Zaradi dobre prepustnosti plasti je bilo znižanje gladine vode v vrtini majhno, vendar večje kot v vrtini P-1/21.



Slika 7: Meritve med črpalnim preizkusom v vrtini P-2/21

2.1. Sondažni jaški

Jaška sta bila izvedena za izvedbo nalivalnih preizkusov ter za ugotovitev sestave tal. Jaška sta bila strojno izkopana 17.11.2021. Ta dan smo v njih iz gasilske cisterne tudi nalivali vodo.

Nalivalne poskuse smo izvedli v 2 jaških na dveh lokacijah. Jašek J-1 je bil plitkejši in smo z njim preverjali ponikanje vode plasti peščenega melja, Jašek J-2 je bil globlji in smo z njim preverjali ponikanje vode v plasteh peščenega melja in peščeno meljastega proda.

Pri izvedbi smo na tik nad dno namestili merilno sondo (0,5 barsko) in jo priklopili na registrator Eltratec MRE-300. Registrator je vsako sekundo beležil višino vodnega stolpca nad sondo.

Vodo smo nalivali iz gasilskega rezervoarja prostornine 5 m³ skozi vgrajen ventil in 2" gasilske cevi. Med nalivanjem smo pretok merili z nalivanjem v 25 l vedro.

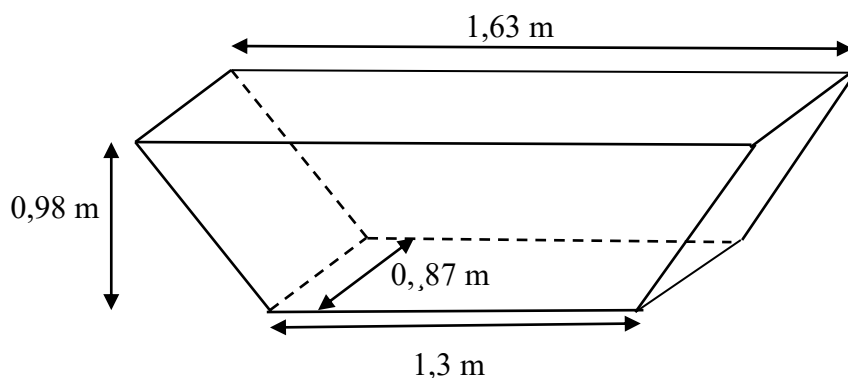
Globine, ki so podane v opisih jaškov so podane od površja.

Po opravljenih geomehanskih in hidrogeoloških raziskavah smo vse izkope zasuli in povrnili v prvotno stanje.

2.1.1. Jašek J-1

Litološki opis plasti:

GLOBINA (od površja)	ISO KLASIFIKACIJA	OPIS
0 - 0,3 m	clsSaSi Hu	Travna ruša s humusem.
0,3 – 0,98 m	saSi	Peščen melj. 75 % melja, 10 % peska, 10 % glin, 5 % proda. Melj temno rjav z posameznimi prodniki-prevladujejo beli karbonatni in rdečkasti prodniki peščenjaka.



Skica 1 : Oblika jaška J-1

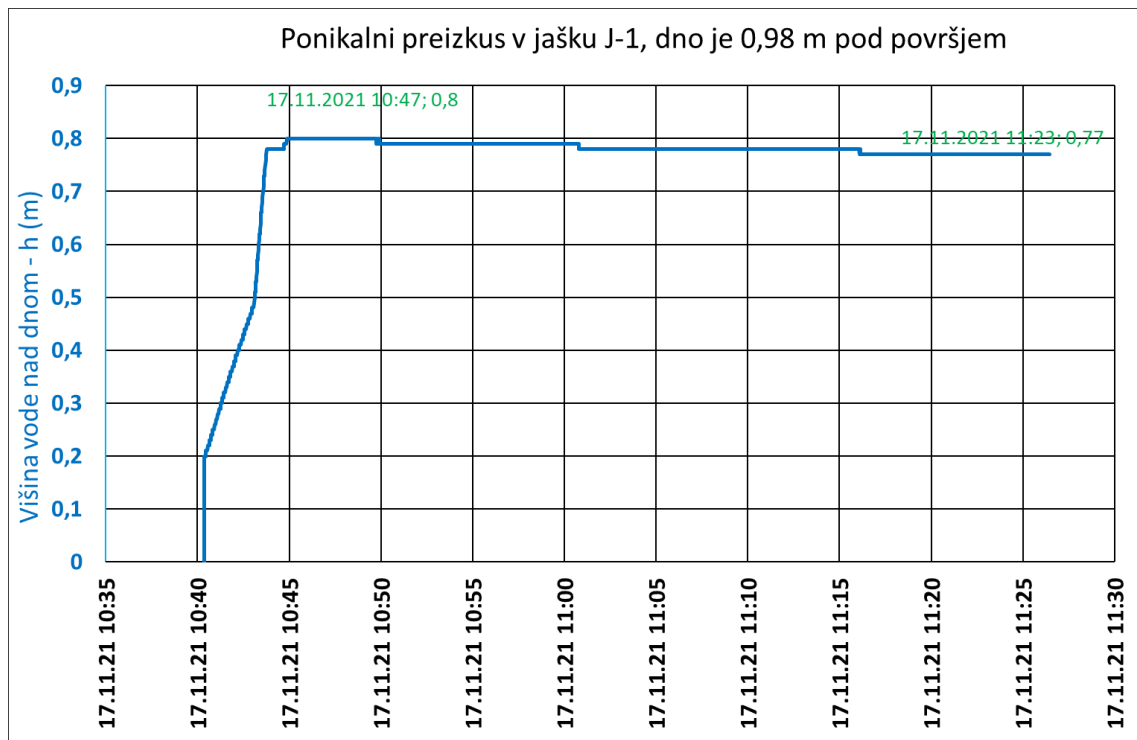
Nalivanje:

V jašek smo nalili ~1057 l vode. Testirani del jaška je bil na odseku globine od 0,18 - 0,98 m pod površjem. Nalivali smo s pretokom 2,5- 2,6 l/s (25l/10,1s, 25l/9,7s). Testiranje ponikanje je trajalo od 10:45 do 11:26 (Slika 10), v tem času (41 minut) je gladina vode upadla za 0,03 m. Delovanje sonde smo preverjali z ročnimi kontrolnimi meritvami.



Slika 8: (leva slika): Jašek J-1 z vgrajeno merilno sondo tik nad dnom.

Slika 9: (desna slika) Napolnjen jašek J-1.



Slika 10: Meritve merilne sonde med nalivalnim preizkusom v jašku J-1

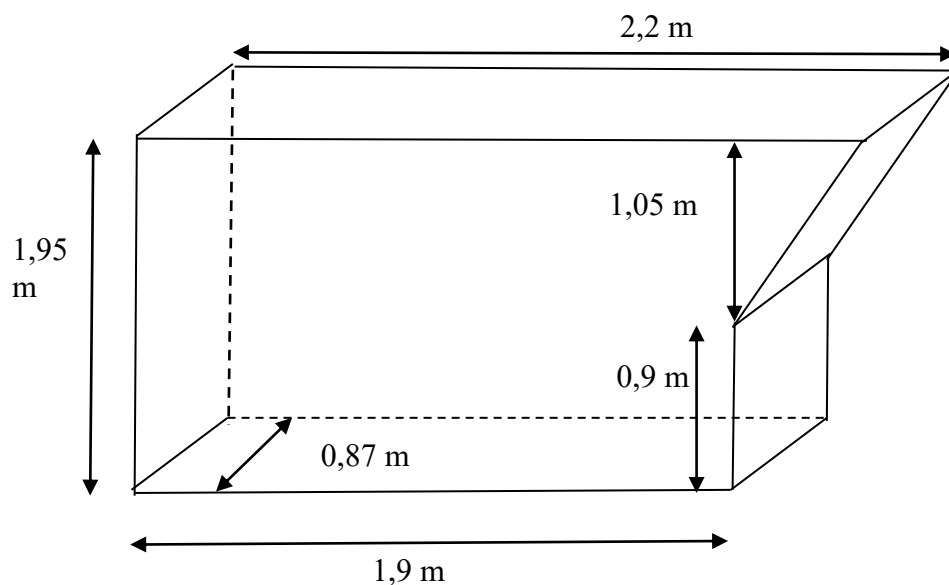
2.1.2. Jašek J-2

Litološki opis plasti:

GLOBINA (od površja)	ISO KLASIFIKACIJA	OPIS
0 - 0,3 m	clsaSi Hu	Travna ruša s humusem.
0,3 – 1,15 m	saSi	Peščen melj; 65% melja, 30% drobnega peska, 5% drobnih prodnikov.
1,15 – 1,95 m	sasiGr	Peščeno meljast prod. 55 % proda, 25 % melja, 20 % peska.



Slika 11. Izkop jaška J-2.



Skica 2 : Oblika jaška J-2

Nalivanje :

V jašek smo nalili ~ 3000 l vode. Nalivali smo s pretokom 2,5- 2,6 l/s (25l/10s, 25l/9,8s). Merjenje smo začeli ob 10:00 in ga končali ob 10:24, ko se je porušil večji del stene jaška. Med nalivanjem se je zaradi sestave zemljine večkrat porušila stena izkopa. Znatna porušitev je bila med prvim in drugim nalivanjem in pokoncu obeh nalivanj. Porušitev zemljine je nastala, ker je voda v izkopu poniknila iz sipke zemljine pa se voda zaradi vsebnosti drobnozrnatih zrn še ni zdrenirala in tako je zemljna sten izkopa ob »hitrem« upadu gladine v izkopu postala nestabilna.

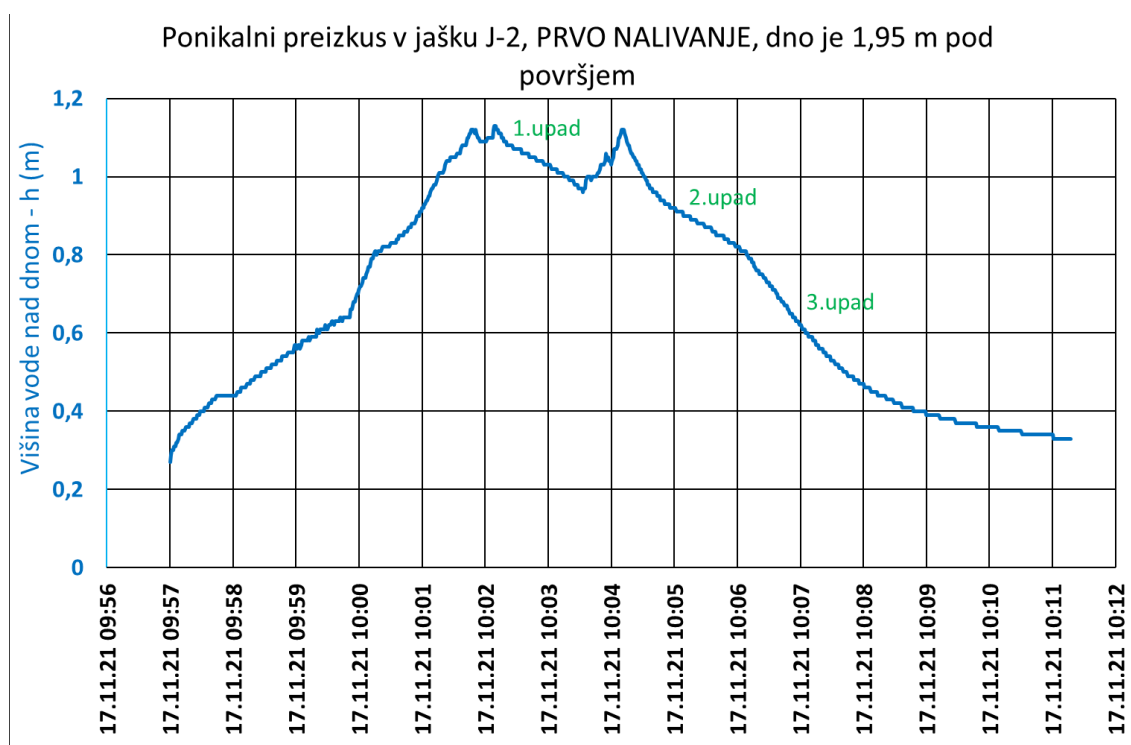


Skica 3 : Jašek J-2 izkopen do globine 1,95 m.

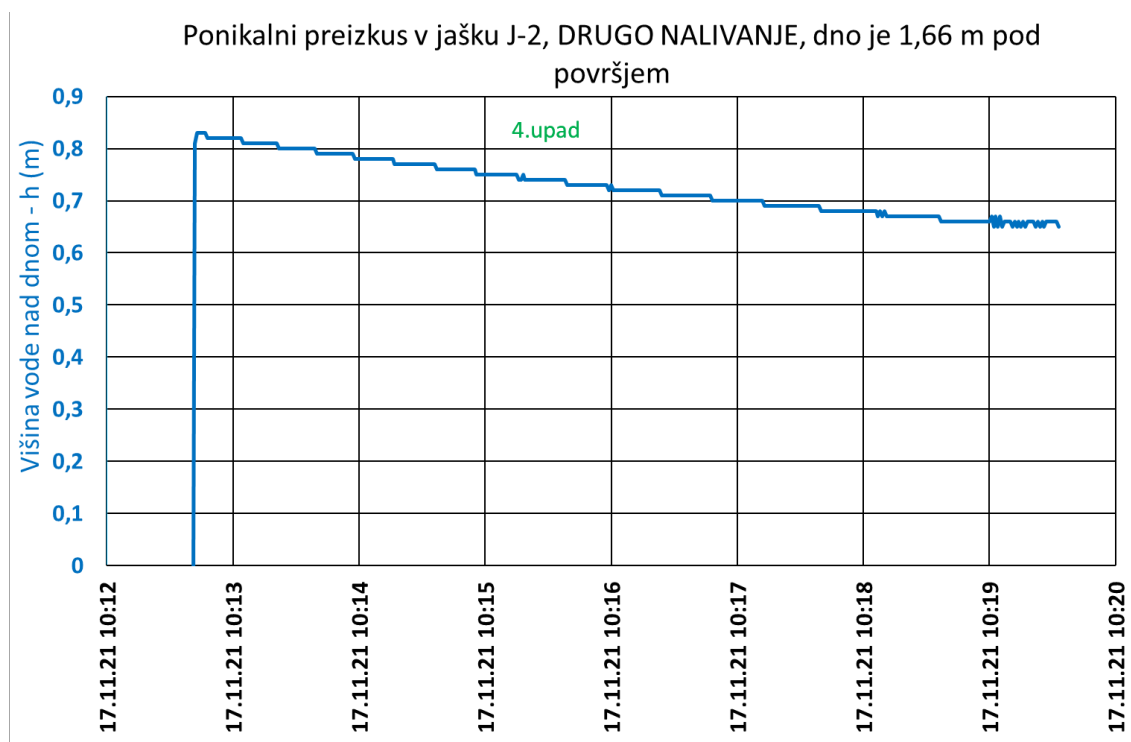
Skica 4 : Jašek J-2 po drugem drugo nalivanju.



Skica 5 : Jašek J-2 porušitev izkopa ob koncu nalivanja



Slika 12: Meritve merilne sonde med nalivalnim preizkusom v jašku J-2 med prvim nalivanjem.

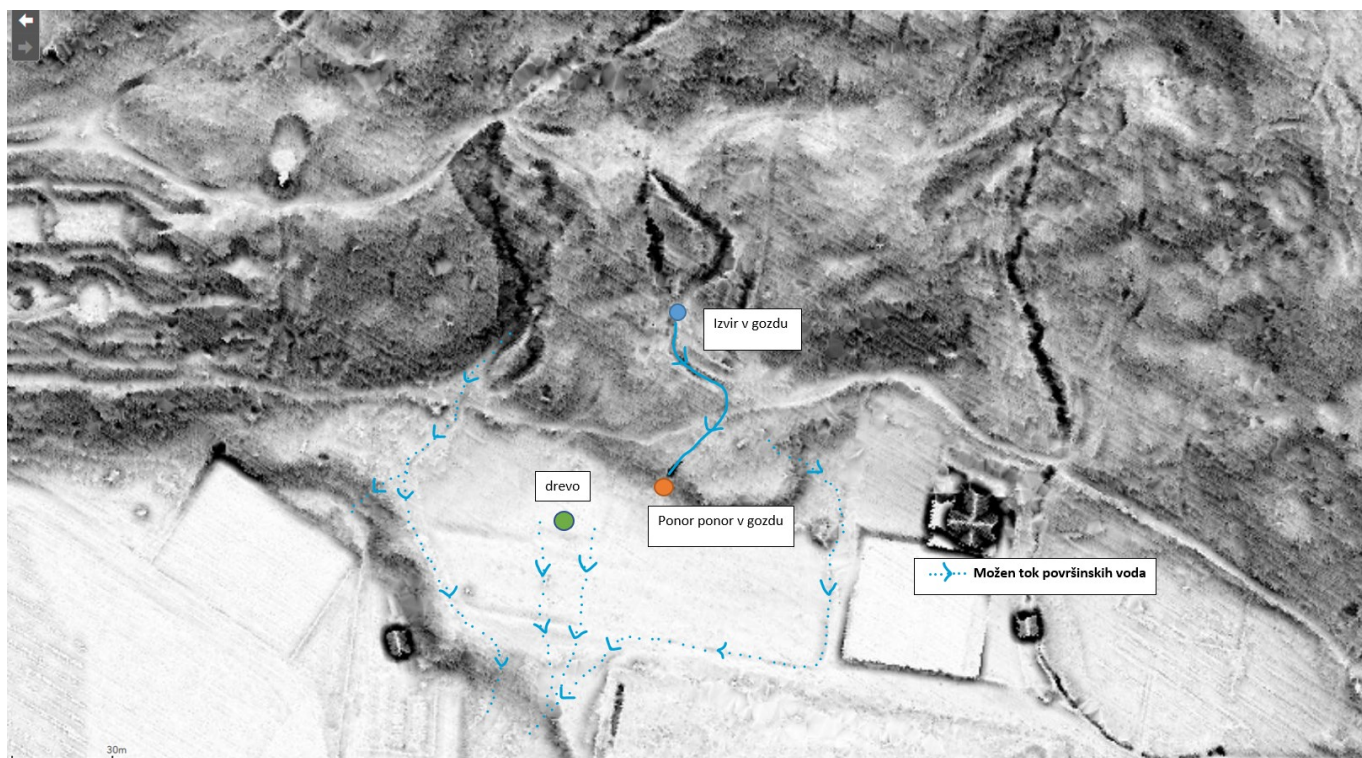


Slika 13: Meritve merilne sonde med nalivalnim preizkusom v jašku J-2 med drugim nalivanjem.

2.2. Pregled vodnih objektov, jaškov ter vodotokov



Slika 14:





Jašek ponikalni



Jašek dvojni



Jašek zasut



Vodohran Policijska akademija



Jašek Tenis



Izvir v gozdu

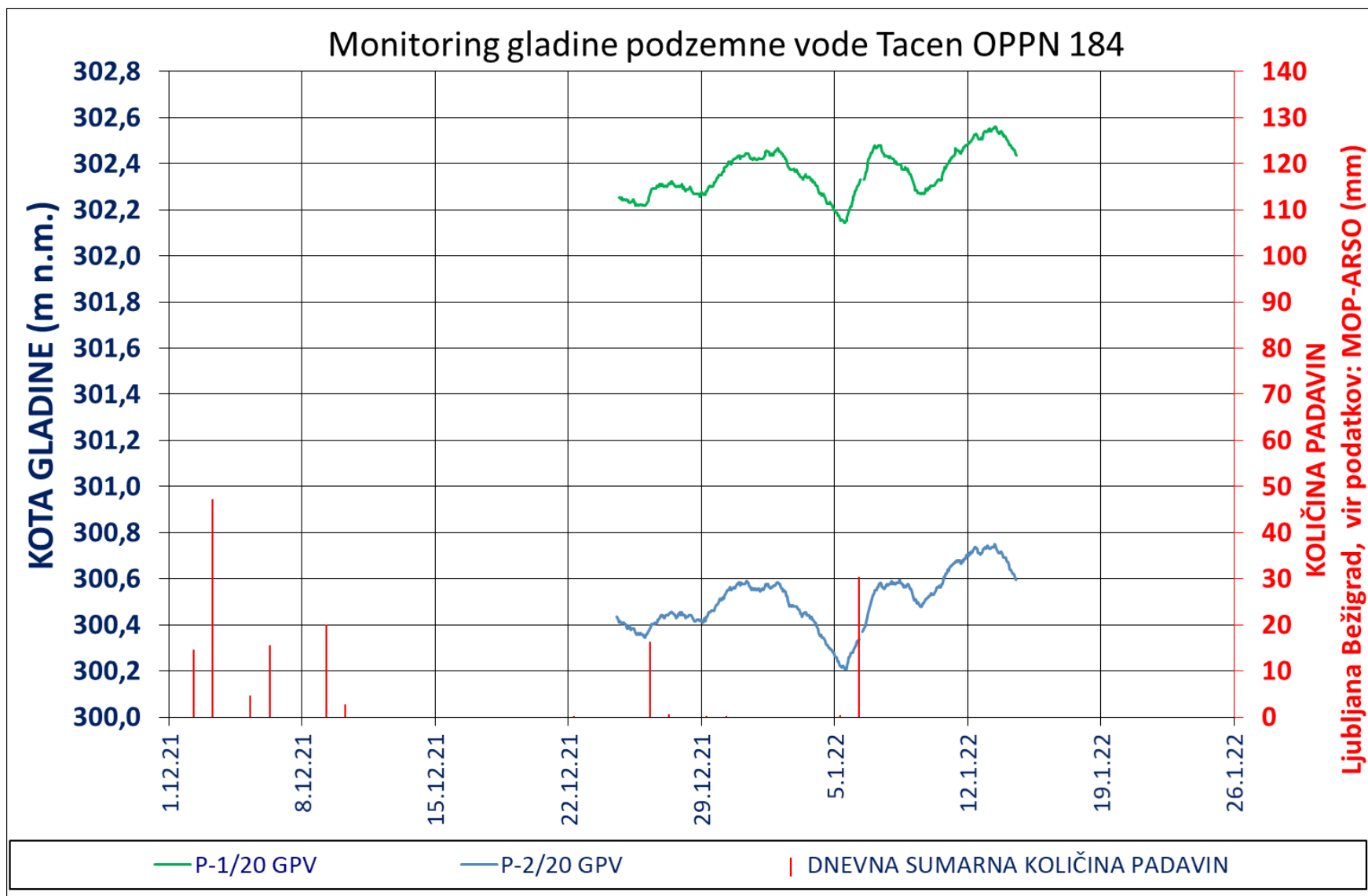


3. Monitoring podzemne vode v vrtinah

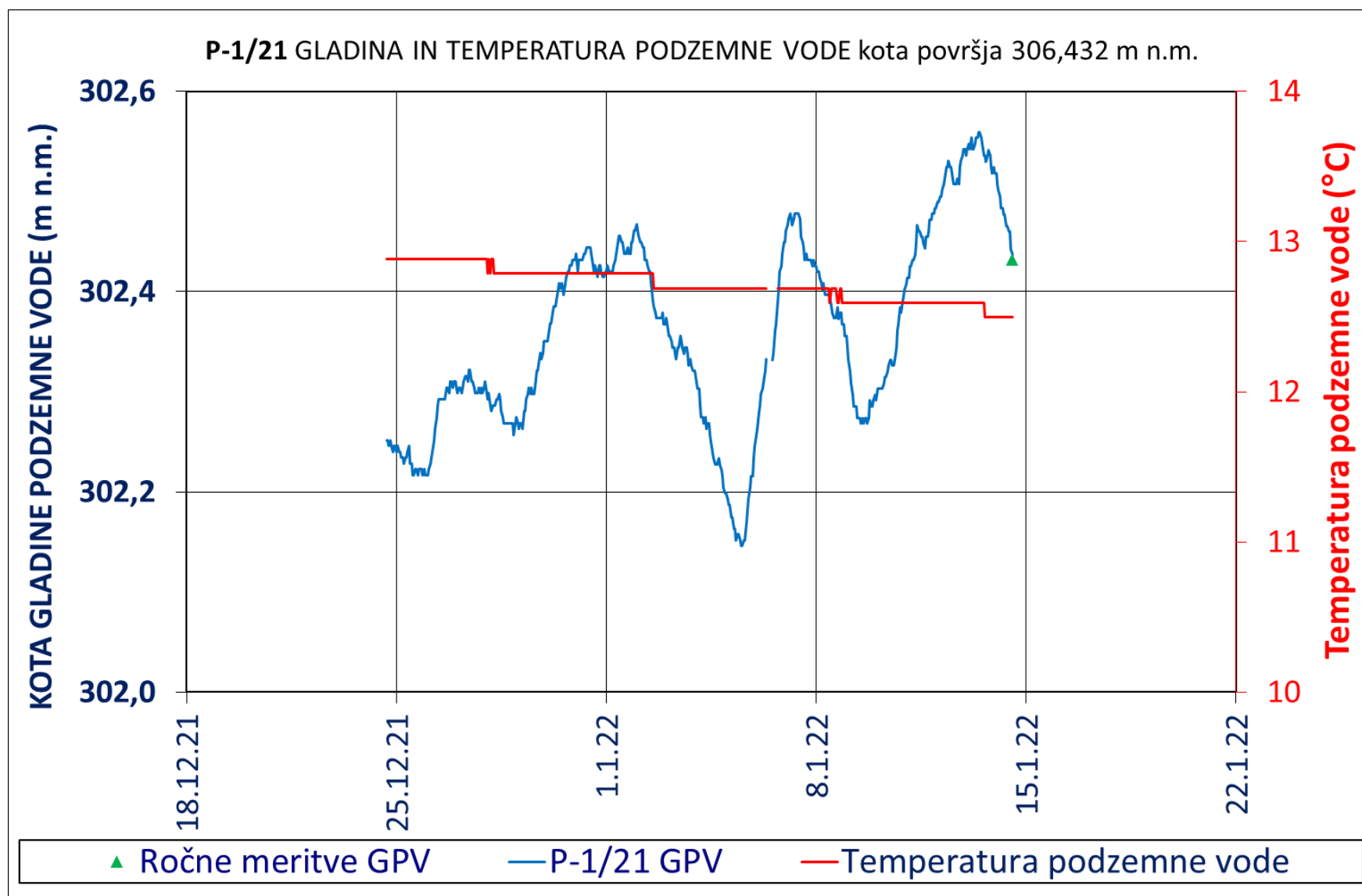
Avtomatske meritve položaja gladine in temperature podzemne vode smo vzpostavili po čiščenju piezometričnih vrtin. Od takrat smo preverili delovanje avtomatskih merilnih sond z ročnimi kontrolnimi meritvami. Pred vzpostavitvijo avtomatskih meritev smo izvajali ročne meritve med in po vrtanju vrtin. Meritve gladine podzemne vode v geomehanskih vrtinah in meritve med vrtanjem piezometričnih vrtin so poleg hidrogeološke analize služile tudi za opredelitev filtrskega odseka vrtin.

Preglednica 5: Meritve položaja gladine podzemne vode v piezometričnih vrtinah

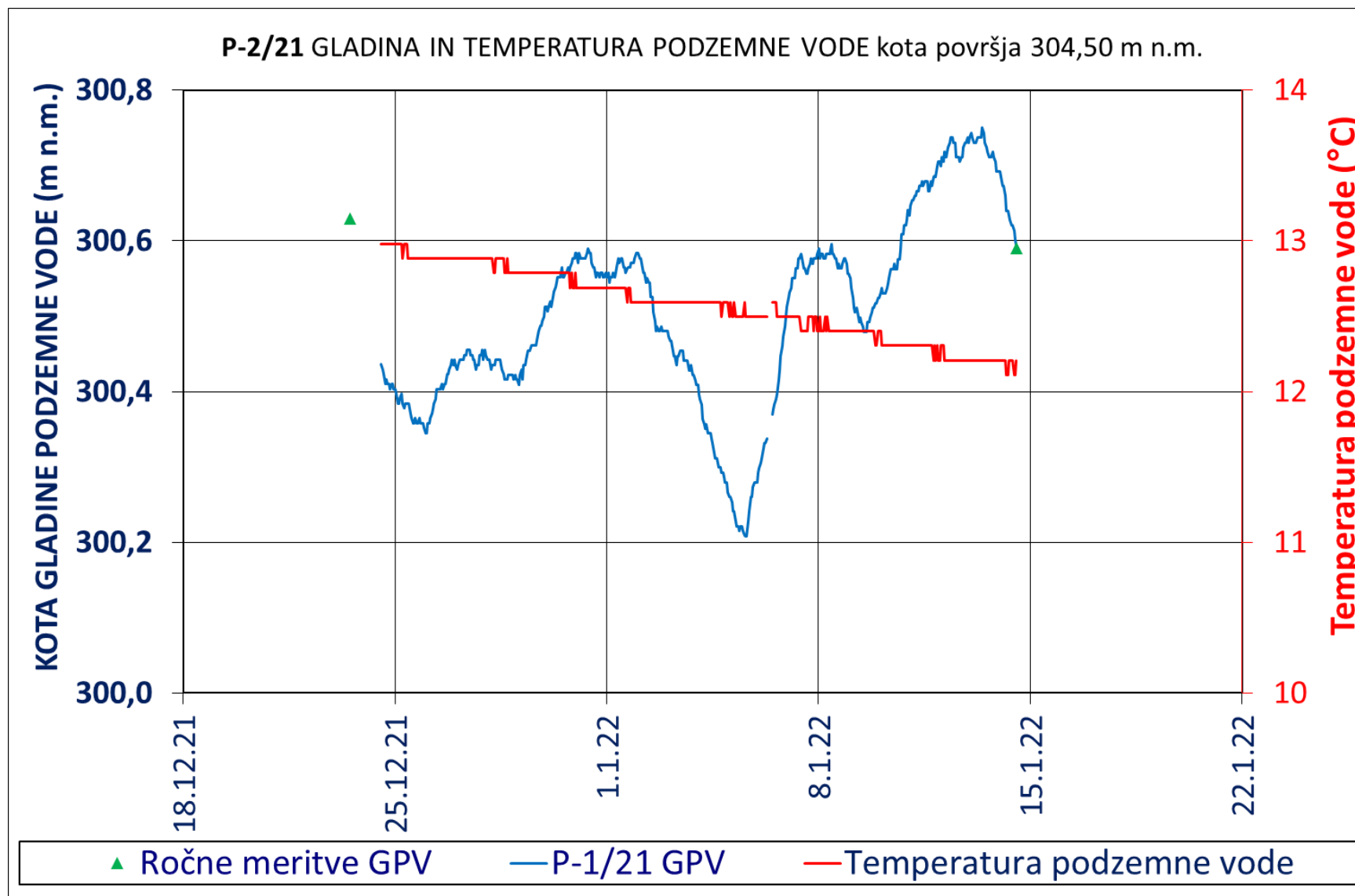
Merilno mesto	Čas	Gladina podzemne vode od merilnega mesta [m]	Gladina vode od površja [m]	Kota gladine podzemne vode [m n.v.]
P-1/21	13.12.2021 13:05	4,03 (začasno PVC ustje, po vrtanju, se še dviguje)	3,92	302,512
P-1/21	14.01.22 13:08	4,56	4,00	302,432
P-2/21	13.12.2021 12:30	3,723 (začasno PVC ustje)	3,34	301,16
P-2/21	23.12.2021 12:00	4,46	3,87	300,63
P-2/21	14.01.2022 13:05	4,5	3,91	300,59



Slika 15: Hidrograf začetnih meritev gladine spodnje podzemne vode za OPPN občine Ljubljana št 184: Pod Šmarno goro



Slika 16: Grafikon začetnih meritev GPV in temperature spodnje podzemne vode v pezetromu P-1/21



Slika 17: Grafikon začetnih meritev elektroprevodnosti spodnje podzemne vode v pezetromu P-2/21

4. Hidrogeološka analiza

4.1. Določitev koeficientov prepustnosti na podlagi rezultatov črpalnih preizkusov

Teoretične osnove

Izračun koeficienta prepustnosti po Girinski in Babuškin (Filipović, Metodika hidrogeoloških istraživanja, 1980, str. 216) ter Girinski (Filipović, Metodika hidrogeoloških istraživanja, 1980, str. 212)

Girinski in Babuškin (odprt vodonosnik):

$$k = \frac{0,366 Q}{l \cdot s} \log \frac{0,66l}{r}$$

k	...	koeficient prepustnosti (m/s)
Q	...	črpna količina (m ³ /s) = 0,002 m ³ /s 2 l/s
r	...	polmer vrtine vključno z zasipom (m) = 114 mm = 0,114 m
s	...	doseženo znižanje (m) = 2,68 m
l	...	dolžina filtrov

Sichardt-ova metoda za oceno razsežnosti depresijskih lijakov

$$R = 3000 \cdot s \cdot \sqrt{k}$$

R	...	vplivni polmer lijaka (m) = radij vpliva
s	...	doseženo znižanje (m)
K	...	prepustnost (m/s)

Sichardt-o kriterij za preprečitev spiranja drobnozrnatih zrn

$$v_{dop} = \frac{\sqrt{k}}{15} \qquad Q_{max} = 2 \cdot \pi \cdot V_{dop} \cdot r_{vrt} \cdot l$$

v_{dop} - dopustna hitrost vode v vrtino (m/s)

r_{vrt} - polmer vrtine (m)

l - dolžina filtrov (m)

Rezultati črpalnih preizkusov

Preglednica 6: Vhodni parametri in rezultati izračuna koeficienta prepustnosti s črpalnimi preizkusi, ti rezultati veljajo za nasičeno cono.

VRTINA	Testiran odsek globine (m)	Q (m ³ /s)	r (m)	s (m)	l (m)	k (m/s)
P-1/21 <i>po Girinski in Babuškin</i> <i>(odprt vodonosnik)</i>	3,96 – 6,89 Prod (Gr), peščen prod (saGr)	0,00230	0,057	0,03	2,93	1,46x10⁻²
P-2/21 <i>po Girinski in Babuškin</i> <i>(odprt vodonosnik)</i>	4,16 – 4,9 Peščeno meljast prod (sasiGr) do peščen prod	0,00229	0,057	0,21	0,74	5,03x10⁻³

Rezultati črpalnih preizkusov dokazujejo, da se na delu območja nove gradnje nahaja zelo dobro prepusten, obširen in izdaten medzrnski vodonosnik.

4.2. Določitev koeficientov prepustnosti na podlagi rezultatov ponikalnih preizkusov v jaških J-1 in J-2

a) Teoretične osnove

Izračun koeficienta prepustnosti po Schneebeli-ju (Schneebeli 1987, nestacionarno stanje)

$$k = m \cdot S \cdot 2,3 \cdot \frac{\log\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}{t_1 - t_2} \quad m = \frac{\alpha}{D} \quad \alpha = \frac{\ln\left(\frac{l}{D} + \sqrt{\left(\frac{l}{D}\right)^2 + 1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{l}{D}\right)}$$

k = koeficient prepustnosti [m/s]

h₁, h₂ – višina vode nad dnom izkopa [m]

t₁, t₂ – čas od začetka upadanja vode v izkopu za h₁, h₂; [s]

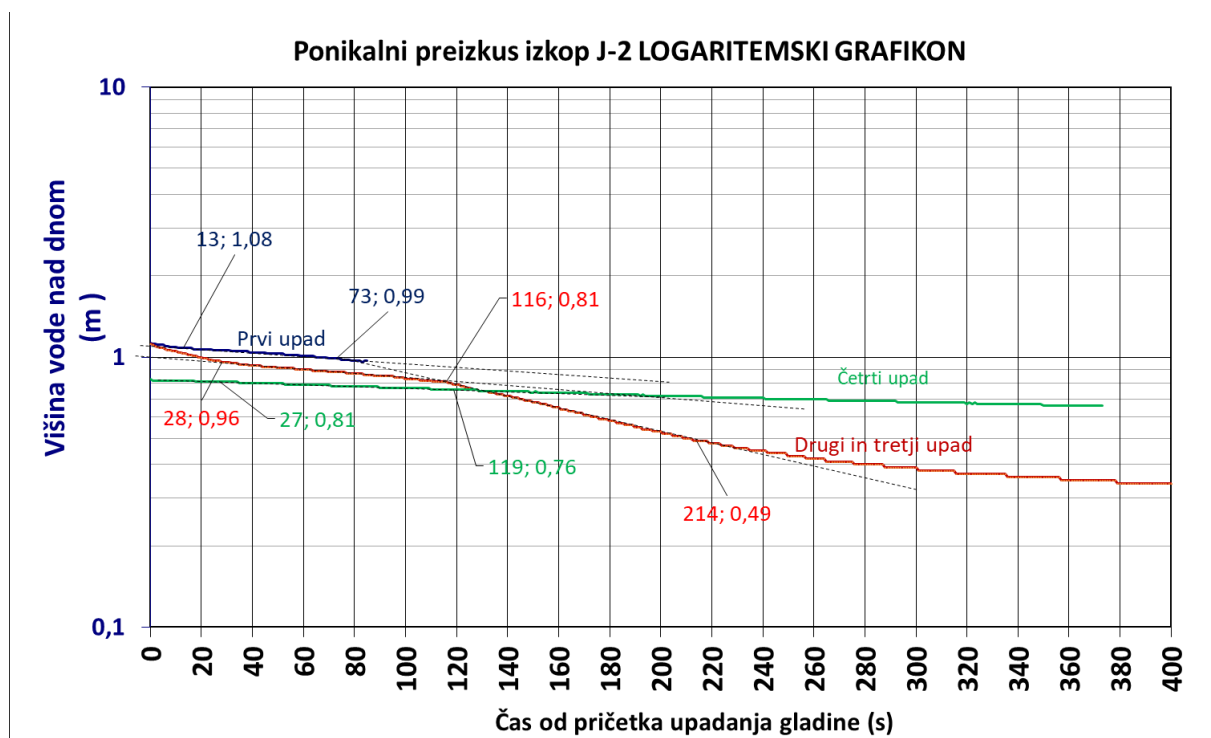
m – geometrijski faktor izkopa

l – globina dna izkope od vertikale dna izkopa [m]

D – premer izkopa – ekvivalentni [m]

S – površina gladine vode v izkopu [m²]

Vhodni Parametri za izračune



Slika 18: Interpretacija rezultatov ponikalnega preizkusa v izkopu J-2 na grafikonu v logaritmičnem merilu, za jašek J-1 interpretacija v logaritmičnem merilu ni bila potrebna, zato je izbor vhodnih podatkov za J-1 ponazorjen pri opisu preizkusa

Preglednica 7 : Vhodni parametri izračunov koeficienta prepustnosti nalivanja v jaške

JAŠEK	s [m ²]	D [m]	l [m]	h ₁	h ₂	Δt
J-1	1,37	1,32	0,05	0,8	0,77	2177
J-2 prvi upad	1,70	1,47	0,05	1,08	0,99	60
J-2 drugi upad	1,67	1,45	0,05	0,96	0,81	88
J-2 tretji upad	1,65	1,45	0,05	0,81	0,49	98
J-2 četrti upad	1,7	1,47	0,05	0,81	0,76	92

b) Rezultati nalivalnih poskusov v jaških

Preglednica 8 : Koeficienti prepustnosti s podatki o testiranih odsekih za jaške

IZKOP	KOEFICIENT PREPUSTNOSTI [m/s]	TESTIRAN ODSEK GLOBINE [m]	PREVLADUJOČA LITOLOGIJA
J-1	2,89x10⁻⁶	0,18 – 0,98	peščen melj s prodniki in glino, saSi
J-2 prvi upad	2,66x10 ⁻⁴	0,87 – 1,95	Peščeno meljast prod (sasiGr) in peščen melj (saSi)
J-2 drugi upad	3,51x10 ⁻⁴	0,99 – 1,95	Peščeno meljast prod (sasiGr) in peščen melj (saSi)
J-2 tretji upad	9,28x10⁻⁴	1,14 – 1,95	Peščeno meljast prod (sasiGr)
J-2 četrti upad	(1,27x10 ⁻⁴)	(0,85 – 1,66)	Zarušen izkop porušenega pešenega melja na/in pešeno meljastega peska

Za reprezentativen koeficient za peščen melj s prodniki in glino (**saSi**) priporočamo $2,89 \times 10^{-6}$ m/s. Za reprezentativen koeficient za peščeno meljast prod (**sasiGr**) za območje jaška J-2 priporočamo $9,28 \times 10^{-4}$ m/s.

Ti rezultati veljajo za nenasičeno cono.

4.3. Določitev koeficientov prepustnosti na podlagi rezultatov analiz zrnivosti

USBR:

HAZEN:

$$k = 1,16 \cdot d_{10}^2 \quad k = 0,36 \cdot (d_{20})^{2,3}$$

Preglednica 9: Vhodni parametri in rezultati določitev prepustnosti na podlagi analiz zrnivosti

Vrtina (globina vzorca)	d10 (mm)	d20 (mm)	Litologija	K – HASEN (m/s)	K – USBR (m/s)	Komentar

Ocenjujemo, da sejalne analize dajo realnejše rezultate za bolj sortirane sedimente. Nekateri sedimenti so na tem območju res slabo sortirani.

4.4. Interpretirana določitev nizke, srednje in visoke gladine podzemne vode vodonosnika Ljubljanskega polja

Na podlagi arhivskih meritev smo primerjali rezultate naših meritev, predvsem rezultate meritev 14. 1. 2021 in z arhivskimi podatki.

4.5. Hidrogeološki konceptualni model

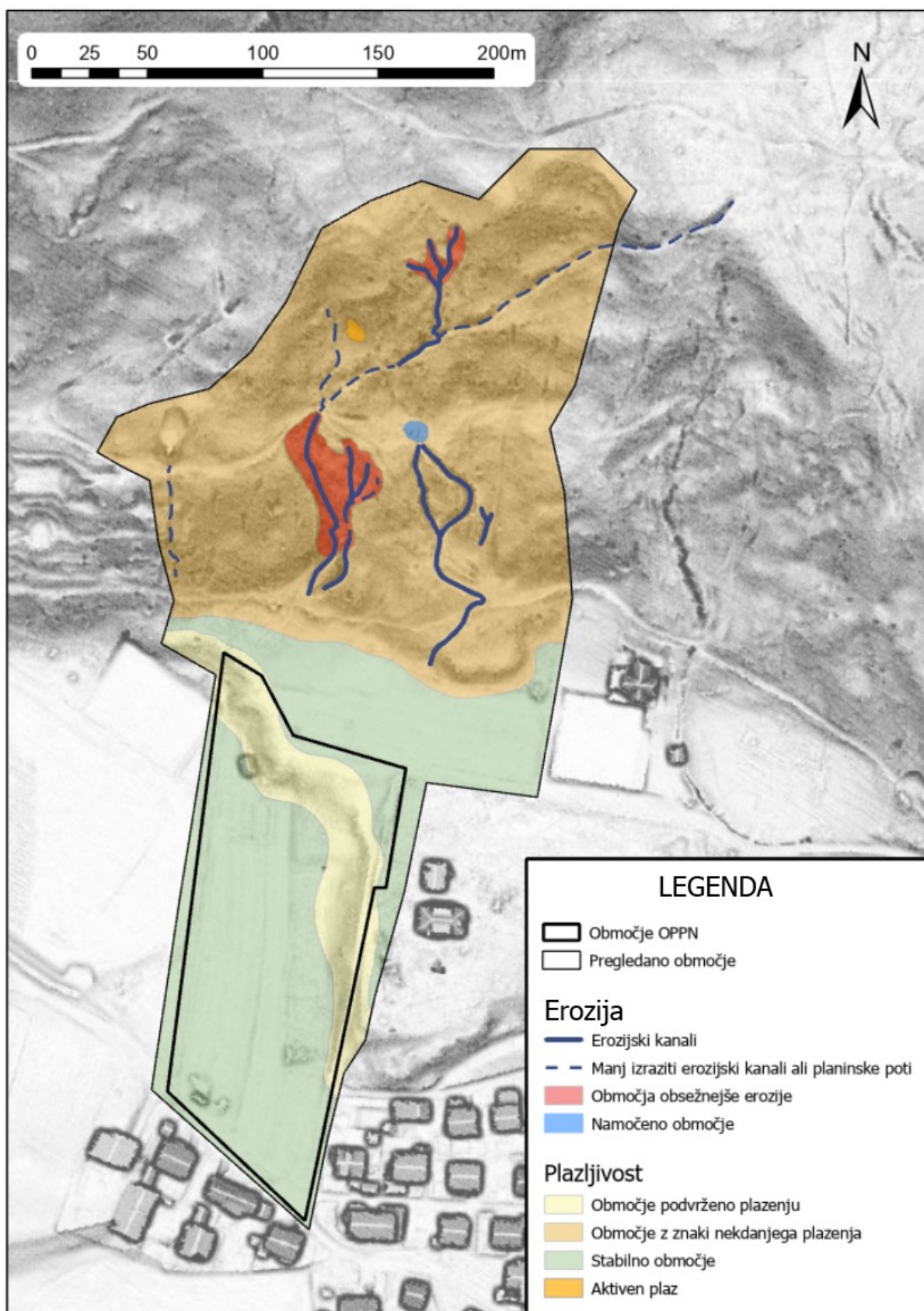
5. Mnenje o plazljivosti in eroziji

5.1. Terenski pregled plazljivosti in erozije

Inženirsko-geološki ogled območja z vidika plazljivosti in erozije je bil opravljen v v januarju 2022.

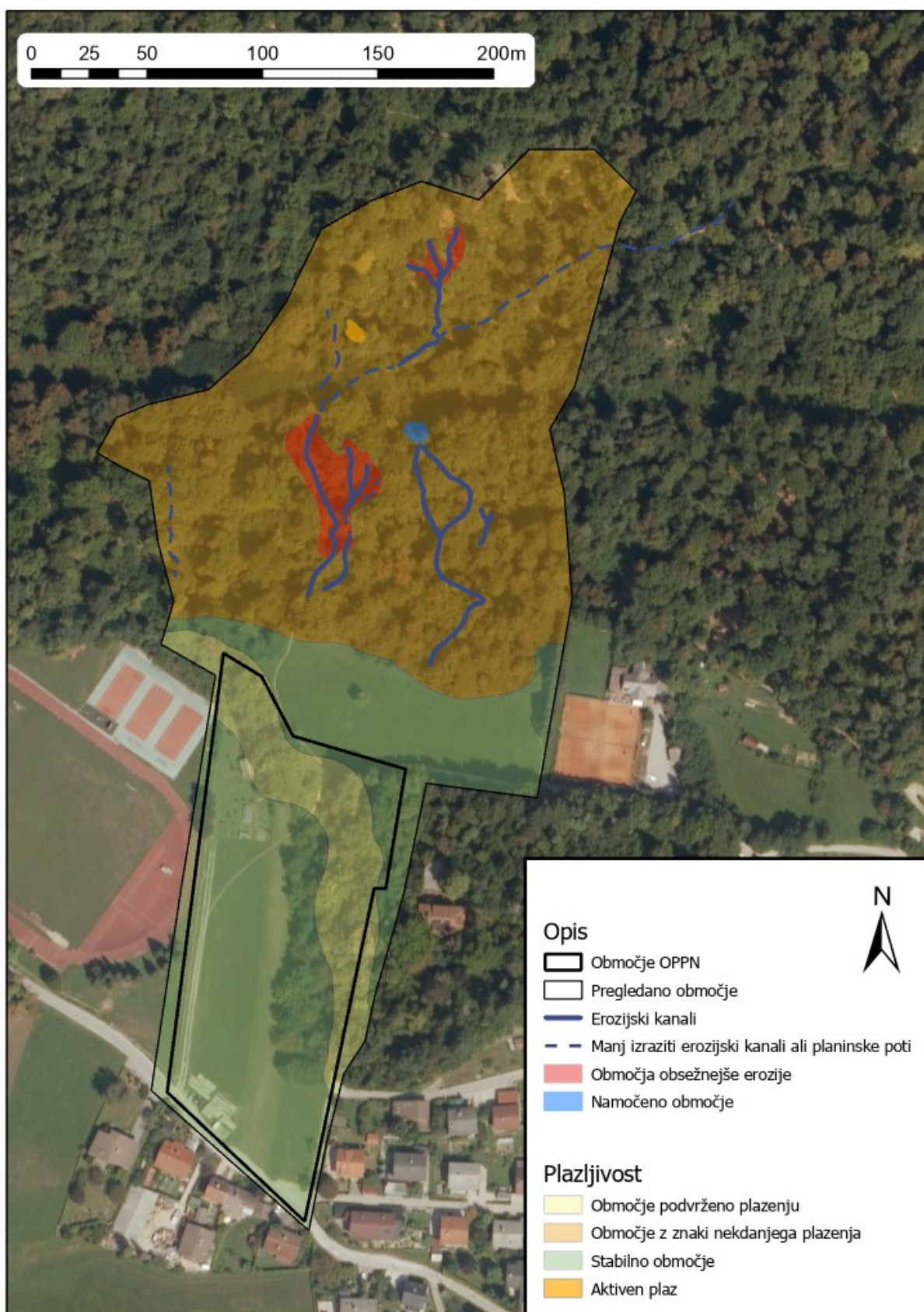
Terensko delo je obsegalo podroben terenski ogled širše okolice območja predvidene gradnje (Slika 19 in Slika 20).

Terenski ogled je bil izveden na območju predvidene gradnje ter na pobočju severno od njega (Slika 19 in Slika 20). Poudarek je bil na prepoznavanju morfoloških znakov aktivnega ali preteklega plazenja oz. nestabilnosti pobočja ter morebitnih znakov erozije materiala. Lokacije fotografij so prikazane na sliki - Slika 21.



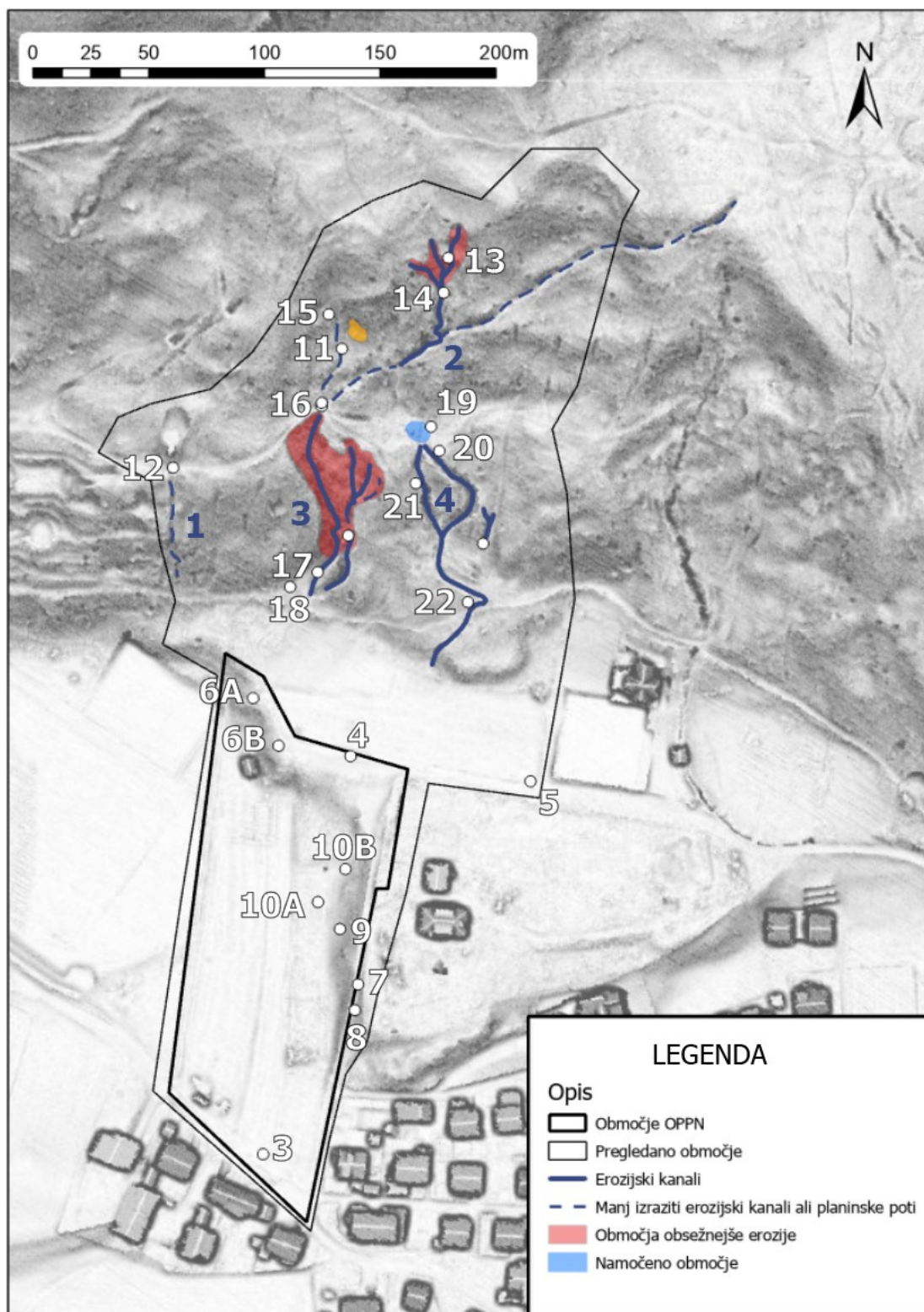
Slika 19: Območje predvidene gradnje ter območje terenskega ogleda z označenimi območji, ki so stabilna, podvržena plazenju ali kažejo znake nekdanjega ali trenutnega plazenja (vir SVF podlage: Direktorat za kulturno dediščino, Ministrstvo za kulturo). Z modro prekinjeno črto so označeni manj

izraziti erozijski kanali ali planinske poti podvržene eroziji. Z modro polno črto so označeni izraziti erozijski kanali. Rdeči poligoni označujejo območja obsežnejše ploskovne erozije.



Slika 20: Območje predvidene gradnje ter območje terenskega ogleda z označenimi območji, ki so

stabilna, podvržena plazenju ali kažejo znake nekdanjega ali trenutnega plazenja (vir DOF podlage: Geodetska uprava RS). Z modro prekinjeno črto so označeni manj izraziti erozijski kanali ali planinske poti podvržene eroziji. Z modro polno črto so označeni izraziti erozijski kanali. Rdeči poligoni označujejo območja obsežnejše ploskovne erozije.



Slika 21: Lokacije zajetih fotografij (**SLIKE, KI SE NANAŠAJO NA TO KARTO SO OZNAČENE KOT FOTOGRAFIJA**) ter oštevilčeni erozijski kanali (vir SVF podlage: Direktorat za kulturno dediščino,

Ministrstvo za kulturo).

Večji del območja predvidene gradnje pokriva travnik - izravnavajo eno izmed teras reke Save (Slika 21). Zanj so značilni nizki nakloni okoli 1° . Skrajni severovzhodni del območja predvidene gradnje sega na rob višje (starejše) terase reke Save (Slika 19, fotografija 4 in fotografija 5), ki je prav tako pokrita s travnikom in ne presega naklona površja 1° . Na prehodu med obema terasama se nahaja brežina s povprečnimi nakloni med $15-20^\circ$, pri čemer se njen naklon viša proti jugovzhodu in najvišje vrednosti (med $25-30^\circ$) dosega pod Seunigovo ulico.



Fotografija 3: Območje predvidene gradnje. Na desnem delu slike je vidna Seunigova ulica in brežina pod njo (X: 458370, Y: 108536.556, pogled proti severu).



Fotografija 4: Pogled z višje terase na del območja, ki ga zajema OPPN (X: 458408, Y: 108708, pogled proti jugozahodu).

Območje severno od predvidene gradnje je precej bolj razgibano in strmo z povprečnimi nakloni okoli 20°. Večje območje izravnane terena se nahaja le na območju že omenjene višje terase (Slika 19, Fotografija 4, Fotografija 5). Severno od terase prevladujejo strma pobočja poraščena z gozdom (npr. Fotografija 11, Fotografija 13 in Fotografija 17) z redkimi izravnnavami (Fotografija 20). Pobočja so preprejena s številnimi pohodnimi potmi, ki vodijo na Šmarno goro.



Fotografija 5: Izravnavna na višji terasi (X: 458485, Y: 108697, pogled proti zahodu)

Geološko podlago pregledanega področja predstavljajo permokarbonski skrilavi glinavci, peščenjaki in konglomerati, ki so v južnem delu prekriti s kvartarnimi sedimenti zasipa reke Save, preko katerih so mestoma odloženi jezerski ali barjanski sedimenti (Grad in Ferjančič, 1974; Prestor et al., 2011). Pobočja severno od predvidene gradnje gradijo permokarbonske kamnine, ki so nagnjene k intenzivnemu preperevanju, zato je zanje značilen debel sloj preperine, ki je nagnjen k plazenju. Podatki z vrtin z območja predvidene gradnje (podrobneje opisani v poglavju 2) kažejo, da se permokarbonske kamnine nahajajo v podlagi. Preko njih je odložena več metrov debela plast slabo vezanih sedimentov reke Save, ki vsebuje peščen-meljast prod s posameznimi peščenimi horizonti, znotraj te enote pa se pojavlja tudi podzemna voda. Terasa reke Save na območju predvidene gradnje prekriva do 2 metra debela plast pretežno drobnozrnatih sedimentov, ki jo sestavljajo meljna glina, melj, droben pesek ter droben prod. Kvartarni sedimenti so slabo sprijeti in so zato povrženi plazenju, še posebno pri večjih naklonih.

5.1.1. Znaki pobočnih masnih premikanj na predvidenem območju gradnje

Večji del območja predvidene gradnje se nahaja na izravnanim stabilnem območju, kjer med terenskim ogledom niso bili opaženi znaki nestabilnosti (Slika 19 in Fotografija 3).

Preko severovzhodnega dela območja predvidene gradnje se v smeri severozahod-jugovzhod razteza brežina (prehodi iz spodnje v zgornjo teraso reke Save), ki jo gradijo slabo sprijeti sedimenti (Prestor et al., 2011). Zaradi svoje geološke zgradbe je, skupaj z območji v njeni neposredni bližini, podvržena plazenju (Slika 19), še posebej pri večjih naklonih. Za severni del

brežine so značilni razmeroma majhni nakloni ($15-20^\circ$). Na terenskem ogledu tam niso bili opaženi jasni ali posredni znaki aktivnih pobočnih masnih procesov (npr. Fotografija 6).

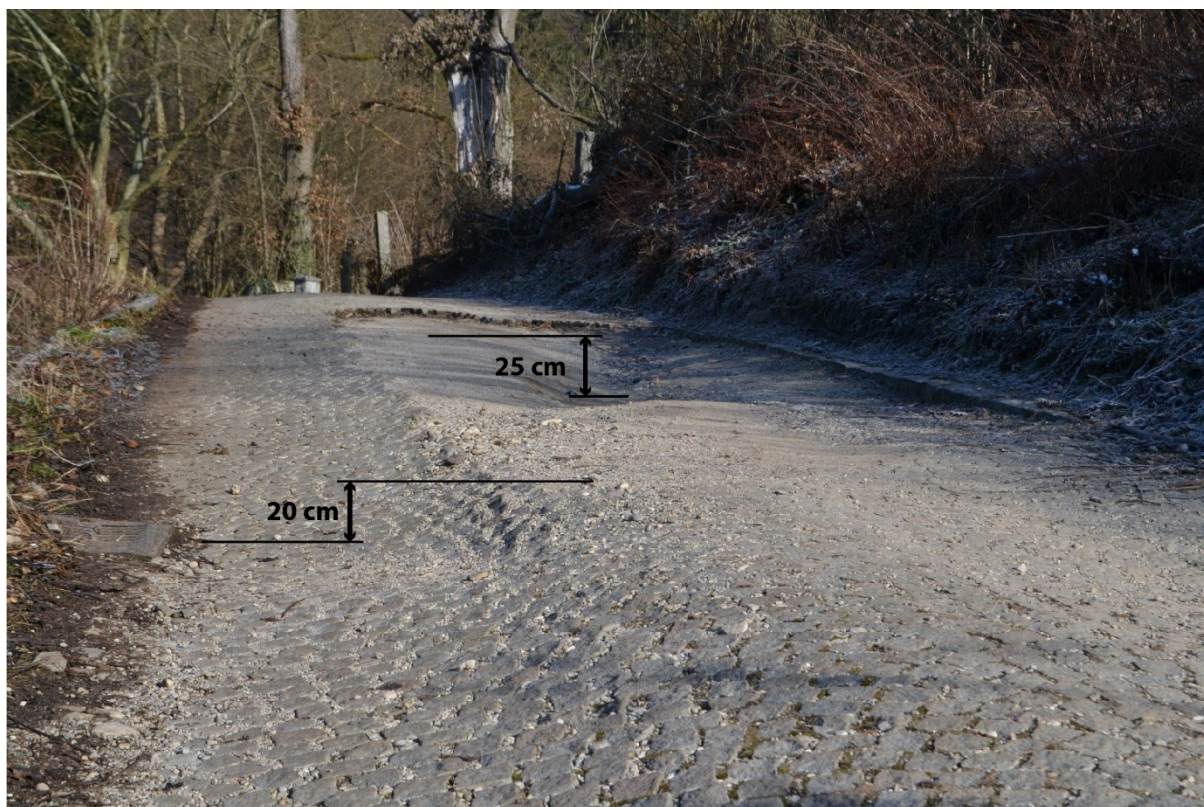


Fotografija 6:: Ravna drevesna debela na severnem delu brežine, ki ne kažejo znakov deformacij: A) pogled proti jugovzhodu (X: 458365, Y: 108733), B) pogled proti severozahodu (X: 458377, Y: 108713).

Precej bolj strmi nakloni ($25-30^\circ$) so značilni za brežino na vzhodnem delu območja, ki je vzporedna Seunigovi ulici (Fotografija 7). Med terenskim ogledom tega dela območja niso bili opaženi jasni znaki plazenja, mestoma pa se pojavljajo posredni indikatorji pobočnih masnih premikanj, ki so opisani v nadaljevanju. Nad najbolj strmim delom brežine je cesta močno poškodovana - mestoma se poseda za več kot 20 cm (Fotografija 7, Fotografija 8).



Fotografija 7:: Poškodovana cesta ter strma brežina pod Seunigovo ulico (X: 458411, Y: 108609, pogled proti jugu)



Fotografija 8:: Poškodovana cesta nad strmo brežino (X:458410, Y: 108598, pogled proti severu).



Fotografija 9:: Skupina povitih dreves pod brežino pod Seunigovo ulico (X: 458403, Y: 108633, pogled proti zahodu).



Fotografija 10: Primeri skupin dreves z izrazito nagnjenimi debli: A) na izravnavi (X: 458394, Y: 108645, pogled proti severu), B) na izravnavi v neposredni bližini izravnave (X:458405, Y: 108659, pogled proti severu).

5.1.2. Znaki pobočnih masnih premikanj in erozije severno od predvidenega območja gradnje

Strma pobočja severno od predvidenega območja gradnje v podlagi gradijo skrilavi glinavci, laporovci, peščenjaki, konglomerati in (mestoma karbonaten) grušč (Grad in Ferjančič, 1974; Prestor et al., 2011). Navedene kamnine so podvržene intenzivnemu preperevanju in posledično plazenju. Nagubana morfologija površja (Slika 19, Slika 21) kaže znake nekdanjega (fossilnega) plazenja, poleg tega so visoko v pobočju pogoste polkrožne morfološke stopnje, ki bi lahko predstavljale odlomne robove fosilnih plazov. Na ogledu na terenu je bil opažen

manjši aktiven plitev plaz velikosti približno 10 x 5 m, ki je označen na sliki-Slika 19 in prikazan na sliki- Fotografija 11.



Fotografija 11: Manjši plaz (X: 458404, Y: 108884, pogled proti severovzhodu).

Poleg plazenja je bilo na terenskem ogledu prepoznanih več območij linijske in ploskovne erozije. V nadaljevanju je opisan en manj izrazit erozijski kanal, ter trije močno izraženi erozijski kanali, na katere so vezana obsežnejša erozijska območja. Zgornji deli erozijskih kanalov so vezani na izvire oz. namočena območja (npr. kanala 1 in 4 na Sliki 3), mestoma pa na pohodne poti. V teh primerih so zgornji deli erozijskih kanalov nastali tik pod pohodno potjo (če je ta na izravnavi) ali pa tik pod ostrim zavojem pohodne poti. V nekaterih primerih pohodne poti služijo kot odvodnja meterone vode med močnimi deževji (npr. zgornji del kanala 3).

Na skrajnem zahodnem delu ogledanega območja se tik pod vodohranom Policijska akademija nahaja manjši erozijski kanal (kanal 1 na Slika 21), ki v zgornjem delu prečka gozdno cesto (Fotografija 12) ter se nadaljuje navzdol po pobočju v dolžini približno 50 m. Erozija je omejena na ozko območje v neposredni bližini kanala.



Fotografija 12: Manjši erozijski kanal (kanal 1), ki je označen z zelenimi puščicami. Vodarna se nahaja nekaj metrov za lokacijo fotografiranja (X: 458331, Y: 108832, pogled proti jugu).

Erozijski kanal 2 se nahaja na najvišjem delu pregledanega območja (Slika 19 in Slika 21). Začetni del kanala sestavljajo trije kraki, med katerimi se nahaja obsežnejše območje ploskovne erozije (Fotografija 13), ki v najširšem delu obsega približno 20 m široko območje. Nižje se trije kraki združijo v en kanal, ki se še približno 20 m nadaljuje po pobočju navzdol proti jugu (Fotografija 14) ter nato ostro zavije proti jugozahodu, kjer prevzame korito manj izrazitega kanala, ki prihaja z severovzhoda. Erozijski kanal 2 se proti jugozahodu razteza v dolžini približno 20 m, potem pa postane precej manj morfološko izrazit (Slika 1). Zaključek bolj izrazitega dela kanala se nahaja ravno nad namočenim območjem pod katerim se začne erozijski kanal 4. Glede na morfologijo površja sklepamo, da se ob močnih deževjih večji del vode iz kanala 2 najverjetneje prelije po pobočju navzdol, kjer se zadrži v manjši izravnavi (namočeno območje na Slika 19 in Fotografija 19). Kanal 2 torej (vsaj deloma) napaja erozijski kanal 4, pri čemer ni izključeno, da je območje dodatno namočeno zaradi prisotnosti izvira.

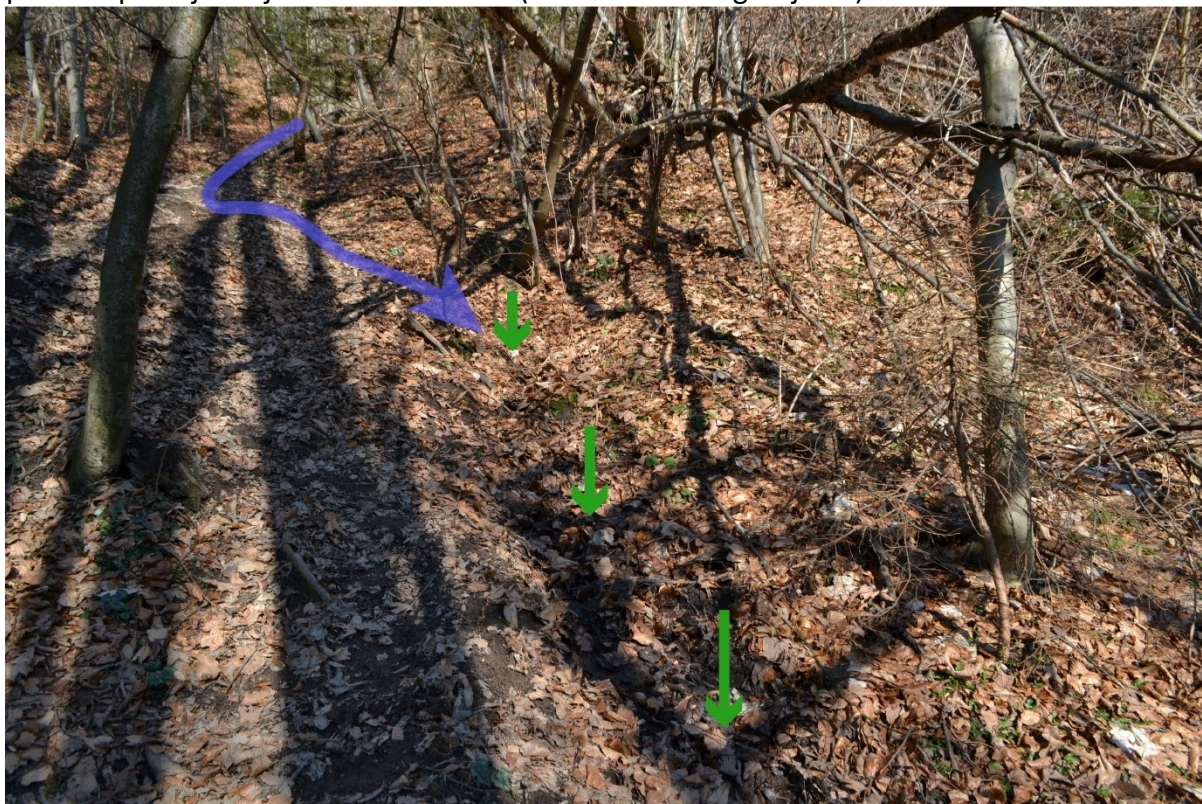


Fotografija 13: Zgornji del erozijskega kanala 2, najvzhodnejši krak (X: 458450, Y: 108924, pogled proti jugovzhodu).



Fotografija 14: Osrednji del erozijskega kanala 2, robova kanala sta označena z belima črtama (X: 458448, Y: 108908, pogled po pobočju navzdol proti jugu).

Erozijski kanal 3 se nahaja vzhodno od kanala 1 in jugozahodno od kanala 2 (Slika 19 in Slika 21). Začetek kanala je vezan na pohodno pot, s katere priteče voda, ki vreže kanal (Fotografija 15). Šibko izražen kanal, ki mestoma teče tudi po pohodni poti, se v dolžini približno 40 m nadaljuje po pobočju do gozdne ceste, preko katere vreže manjši kanal (Fotografija 16). Pod cesto se kanal razširi, postane precej bolj morfološko izražen in se po pobočju navzdol nadaljuje v dolžini 80 m. Pod cesto se začne tudi območje obsežnejše ploskovne erozije, ki je na največjem delu veliko približno 40 x 40 m. Pod cesto se slabih 20 m vzhodneje pojavi ožji vzporeden stranski kanal (Slika 19). V spodnjem delu kanal 3 doseže širino približno 4 m (Fotografija 17). Kanal se zaključi v spodnjem delu pobočja, ko doseže izravnavo višje terase in postane precej manj morfološko izrazit (Slika 19 in Fotografija 18).



Fotografija 15:: Zgornji del erozijskega kanala, ki je označen z zelenimi puščicami. Levo od kanala je vidna pohodna pot. Ob padavinah voda priteče po planinski poti in se nato prelije po pobočju navzdol. Tok vode je označen z modro puščico (X: 458398, Y: 108899, pogled proti severu).



Fotografija 16:: Tik nad območjem obsežnejše erozije kanala 3 (rob območja označen z belo črto), voda priteče po pohodni poti, rahlo vreže v gozdno cesto ter se prelije v strmo pobočje pod cesto (X: 458396, Y: 108858, pogled proti severozahodu).



Fotografija 17: Pogled iz spodnjega dela kanala 3 navzgor. Na desni je vidna pohodna pot (X: 458382, Y: 108781, pogled proti severozahodu)



Fotografija 18:: Iztok kanala 3 (X: 458393, Y: 108788, pogled proti jugozahodu)

Erozijski kanal 4 se nahaja južno od kanala 2 in vzhodno od kanala 3 (Slika 19 in Slika 21). Začetek kanala se nahaja v pobočju tik pod namočenim območjem (Slika 19 Fotografija 19). V zgornjem delu je kanal izražen v obliki dveh sprva vzporednih krakov (Fotografija 20), ki se razširjata navzdol po pobočju, dokler se po približno 40 m ne združita. Osrednji del zahodnega kraka kaže očitne znake aktivne erozije, kjer se cca 20 cm širok kanal naenkrat razširi na približno pol metra širine (Fotografija 21A), dolvodno pa postopno na največjo širino, ki znaša približno 4 m (Fotografija 21B). Združena kraka nato kot en kanal potekata po pobočju navzdol v dolžini približno 75 m: najprej proti jugu, nato ostro zavije na jugovzhod ter nazadnje še proti jugozahodu (Slika 19). V zaključnem delu kanal vreže v stopnjo, ki ločuje pobočje od izravnave na višji terasi ter v nekaj metrih izzveni na izravnavi (Slika 19).



Fotografija 19:: Namočena izravnava nad kanalom 4. Z belo so označeni robovi obeh krakov kanala (X: 458442, Y: 108851, pogled proti zahodu).



Fotografija 20:: Panorama vzporednih krakov kanala 4, ki sta v zgornjem delu vzporedna (X: 458446, Y: 108840, pogled proti zahodu).



Fotografija 21: Aktivna erozija kanala 4 (X: 458436, Y: 108826), A), pogled proti severu, B) pogled proti jugovzhodu.



Fotografija 22: Oster zavoj in zaključni del kanala 4 (X: 458459, Y: 108774, pogled proti vzhodu).

5.2. 3. Stabilnost pregledanega območja

Pregledano območje se po stabilnosti lahko razdeli v tri razrede, ki so podrobneje opisani v nadaljevanju poglavja.

Izravnani deli teras v južnem in osrednjem delu pregledanega območja predstavljajo stabilna območja, ki so na Slika 19 in Slika 20 označena z zeleno. Zanje je značilna izravnana morfologija z zelo nizkimi nakloni pobočja (Fotografija 3). Verjetnost za pojav plazov in erozije na teh območjih je majhna.

Z rumeno barvo so na Slika 19 in Slika 20 označena območja v neposredni bližini brežine med obema terasama. Ker ta območja gradijo slabo vezani sedimenti, hkrati pa se na njih pojavljajo srednji do visoki nakloni (15-30°), se ta območja lahko obnašajo kot nestabilna v primeru gradbenih posegov v prostor ali v primeru izjemnih vremenskih okoliščin. Poleg tega so na teh območjih bili opaženi posredni indikatorji pobočnih masnih premikov, zato pred posegi v

prostor na tem območju za vsak objekt svetujemo podrobne geomehanske raziskave, s katerimi se bodo lahko projektirali tehnični parametri izkopov, nakloni brežin in pogoji temeljenja ter vsi potrebni tehnični ukrepi za stabilizacijo terena.

Območja, ki se nahajajo severno od predvidenega območja gradnje, so na slikah (Slika 19, Slika 20) označena z oranžno barvo. Zanje so značilni geomorfološki znaki nekdanjega plazenja ter nakloni okoli 20°. Območja označena z oranžno predstavljajo območja nekdanjega plazenja, kjer je verjetnost za ponovne premike pobočnih mas znatna, še posebej v primerih poseganja v prostor. Za večji del območja označenega z oranžno barvo so značilni erozijski pojavi, ki so pogosto vezani na obstoječe planinske poti ali izvire ter občasne vodotoke. Čeprav gradbeni posegi na teh območjih niso predvideni, se (še posebno ob padavinskih dogodkih z dolgo povratno dobo) vplivno območje erozijskih kanalov lahko razširi tudi na predvideno območje gradnje na zgornji terasi. V tem primeru lahko pride do razlivanja drobirja in vode, ki se prenašata vzdolž erozijskih kanalov ob večjih padavinskih dogodkih. Investitorjem svetujemo, da pri načrtovanju gradnje upoštevajo ustrezno odvodnjo meteornih voda iz zaledja, bodisi z ureditvijo odvodnih kanalov in dolvodno povezavo z obstoječimi grapami, bodisi z ustreznim ponikanjem.

6. LITERATURA/VIRI

BRENČIČ, M. 2011: Praktični napotki za ugotavljanje ponikalnih sposobnosti tal. Geologija, let. 54, št. 1. Dostopno na: <http://www.geologija-revija.si/dokument.aspx?id=1118>

CEDERGREN Harry R. 1997: Seepage, Drainage, and Flow Nets, 3rd Edition. John Wiley & Sons, Inc.

Grad, K., Ferjančič, L., 1974: Osnovna geološka karta SFRJ, list Kranj, 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.

FILIPOVIĆ, Budimir, STEPANOVIĆ Branko, and VALJAREVIĆ Rodoljub. 1980. Metodika hidrogeoloških istraživanja. I. Beograd: Naučna knjiga.

Ministrstvo za kulturo, 2020. SVF podlaga. URL: https://gisportal.gov.si/arcgis/rest/services/TEMELJNE_KARTE/LidarTlaZgradbeSVF8_D48/MaPServer (pridobljeno januar 2022).

PRESTOR, J., URBANC, J., JANŽA, M., in MEGLIČ, P.. 2006: Nacionalna baza hidrogeoloških podatkov za opredelitev teles podzemne vode Republike Slovenije (VTPodV 2005). Metodologija za opredelitev vodnih teles podzemne vode Republike Slovenije. [Poročilo v arhivu Geološkega zavoda Slovenije]. Ljubljana : Geološki zavod Slovenije. Dostopno na: <http://www.istra-hidro.eu/web/images/3-metodologija.pdf>

Šilhán, K. Dendrogeomorphology of Different Landslide Types: A Review. Forests 2021, 12, 261. <https://doi.org/10.3390/f12030261>

Priloga 1:

Profil piezometričnih vrtin