

# Inženjerskogeološko istraživanje u svrhu projektiranja sanacije županijske ceste ŽC4043 na lokaciji Levinovac

---

**Nekić, Dora**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:298369>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-04**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Diplomski studij Geološkog inženjerstva

**INŽENJERSKOGEOLOŠKO ISTRAŽIVANJE U SVRHU PROJEKTIRANJA  
SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043 NA LOKACIJI LEVINOVAC**

Diplomski rad

Dora Nekić

GI479

Zagreb, 2023.



KLASA: 602-01/23-01/208  
URBROJ: 251-70-13-232  
U Zagrebu, 14.12.2023.

**Dora Nekić, studentica**

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/23-01/208, URBROJ: 251-70-13-231 od 14.12.2023. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

### INŽENJERSKOGEOLOŠKO ISTRAŽIVANJE U SVRHU PROJEKTIRANJA SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043 NA LOKACIJI LEVINOVAC

Za mentora ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada izv.prof.dr.sc. Martin Krkač nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mentor:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Martin Krkač

(titula, ime i prezime)

Predsjednica povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Ana Maričić

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje  
Pašić

(titula, ime i prezime)

## ***Zahvala***

*Hvala mentoru, izv. prof. dr. sc. Martinu Krkaču  
na mentorstvu, vodstvu, savjetima i pomoći  
tijekom pisanja mog diplomskog rada.*

*Hvala mojoj obitelji i najbližim prijateljima na neizmjernejoj  
ljubavi, potpori i podršci koju su mi  
pružili tijekom mog studiranja.*

*Hvala svim profesorima Rudarsko – geološko – naftnog fakulteta i  
kolegama koji su uljepšali moje studiranje.*

**INŽENJERSKOGEOLOŠKO ISTRAŽIVANJE U SVRHU PROJEKTIRANJA SANACIJE  
ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043 NA LOKACIJI LEVINOVAC**

Dora Nekić

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

U okviru ovog diplomskog rada provedena su inženjerskogeološka istraživanja na lokaciji županijske ceste ŽC4043 Levinovac. Cilj terenskih i laboratorijskih istraživanja bio je interpretacija inženjerskogeološkog modela tla, koji će poslužiti za projektiranje mjera sanacija na pet lokacija na kojima su uočena oštećenja prometnice. U okviru terenskih istražnih radova izvedeno je 15 istraživačkih bušotina s kontinuiranim jezgrovanjem, determinacija jezgre, *in situ* pokusi – standardni penetracijski pokus, laboratorijsko ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstva tla na poremećenim i neporemećenim uzorcima te mjerenje razine podzemne vode u bušotinama. Istraživačkim radovima i dobivenim podacima utvrđeno je da lokaciju izgrađuju četiri inženjerskogeološke jedinice, površinske naslage nasipa te u podlozi inženjersko tlo izgrađeno od gline visoke i niske plastičnosti te prahovite gline i glinoviti prahovi. U pripovršinskom sloju tla nalazi se mjestimično zaglinjen nasip s proslojcima šljunka, dublji dijelovi istraživačkih bušotina sastoje se od gline visoke ili niske plastičnosti s 100% sadržajem sitnozrnatog tla, a pri samom dnu tlo se sastoji od gline koja je prahovita.

Ključne riječi: inženjerskogeološka istraživanja, inženjerskogeološki model, inženjerskogeološke jedinice

Završni rad sadrži: 45 stranice, 10 tablica, 14 slika, 30 priloga, i 29 referenca.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: izv. prof. dr. sc. Martin Krkač, RGNF

Ocjenjivači: izv. prof. dr. sc. Martin Krkač, RGNF  
prof. dr. sc. Snježana Mihalić Arbanas, RGNF  
doc. dr. sc. Sanja Bernat Gazibara, RGNF

ENGINEERING GEOLOGICAL INVESTIGATION FOR THE REMEDIOATION OF THE COUNTY  
ROAD „ŽC4043“ NEAR LEVINOVAC

Dora Nekić

Thesis completed at: University of Zagreb  
Faculty of mining, Geology and Petroleum Engineering  
Department of Geology and geological engineering  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

As a part of this thesis, engineering geological research was carried out at the location of the county road ŽC4043 Levinovac. The goal of the field and laboratory research was the interpretation of the engineering geological model of the soil, which will be used to design rehabilitation measures at five locations where road damage was observed. 15 research wells with continuous coring, core determination, in situ tests - standard penetration test, laboratory testing of the physical and mechanical properties of the soil on disturbed and undisturbed samples, and measurement of the groundwater level in the wells were carried out as part of the field investigations. The research works and the obtained data has established that the location is built by four engineering geological units, the surface deposits of the embankment and the underlying engineering soil made of clay of high and low plasticity, dusty clay and clay powders. In the near-surface layer of the soil, there is a loamy embankment with interlayers of gravel, the deeper parts of the research wells consist of clay of high or low plasticity with 100% content of fine-grained soil, and at the very bottom the soil consists of clay that is dusty.

Keywords: engineering geological research, engineering geological model, engineering geological units

Thesis contains: 45 pages, 10 tables, 14 figures, 30 appendixes, i 29 references.

Original in: Croatian

Archived in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Associate Professor Martin Krkač, RGNF

Reviewers: Associate Professor Martin Krkač, RGNF  
Professor Snježana Mihalić Arbanas, RGNF  
Assistant Professor Sanja Bernat Gazibara, RGNF

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA.....	2
2.1. Inženjerskogeološka istraživanja .....	3
2.1.1. Formuliranje istraživanja.....	3
2.1.2. Prikupljanje podataka.....	4
2.1.3. Interpretacija .....	5
2.2. Provedena terenska inženjerskogeološka/geotehnička ispitivanja.....	6
2.2.1. Inženjerskogeološko kartiranje.....	6
2.2.2. Istraživačko bušenje, identifikacija i klasifikacija bušaće jezgre.....	7
2.2.3. Standardni penetracijski pokus – SPP.....	8
2.2.4. Penetrometar.....	10
2.2.5. Mjerenje razine podzemne vode.....	10
2.3. Provedena laboratorijska ispitivanja .....	11
2.3.1. Određivanje granica konzistencije – Atterbergove granice .....	11
2.3.2. Određivanje prirodne vlažnosti.....	12
2.3.3. Izravni posmik .....	12
2.3.4. Laboratorijska krilna sonda.....	13
3. PRIRODNE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....	14
3.1. Geomorfološki uvjeti i aktivni geomorfološki procesi.....	14
3.2. Geološka građa područja.....	16
3.3. Hidrološki i hidrogeološki uvjeti .....	18
3.4. Seizmičke značajke istraživanog područja .....	19
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA.....	21
4.1. Inženjerskogeološko kartiranje .....	22
4.2. Istraživačko bušenje i terenska ispitivanja .....	28
4.2.1. Istraživačko bušenje i uzorkovanje.....	28
4.2.2. Identifikacija i klasifikacija bušaće jezgre.....	29
4.2.3. Standardni penetracijski pokus – SPP.....	30
4.2.4. Mjerenje razine podzemne vode.....	31
4.3. Laboratorijska ispitivanja .....	32
5. INŽENJERSKOGEOLOŠKI MODEL .....	35
5.1. Inženjerskogeološke jedinice .....	35
5.1.1. Inženjerskogeološka jedinica 1 – Nasip .....	37
5.1.2. Inženjerskogeološka jedinica 2 – Glina niske plastičnosti.....	37

5.1.3.	Inženjerskogeološka jedinica 3 – Glina visoke plastičnosti.....	38
5.1.4.	Inženjerskogeološka jedinica 4 - Prahovita glina .....	38
6.	DISKUSIJA.....	40
7.	ZAKLJUČAK.....	42
8.	LITERATURA.....	44



## POPIS SLIKA

Slika 2-1. Rotacijsko bušenje s jezgrovanjem (Domitrović, 2022).....	8
Slika 2-2. Cilindar za SPP (Kvasnička, Domitrović, 2007).....	9
Slika 2-3. Princip ispitivanja laboratorijskom krilnom sondom (Mulabdić, 2018).....	13
Slika 3-1. Topografska karta s prikazom lokacije.....	15
Slika 3-2. Digitalna ortofoto karta.....	15
Slika 3-3. Isječak Osnovne geološke karte (OGK), list Virovitica i list Podravska Slatina.....	17
Slika 3-4. Hidrogeološka karta SFRJ, list Zagreb, s prikazom predmetne lokacije.....	18
Slika 3-5. Karte lokacije poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla: s vjerojatnosti promašaja 10% u 10 godina za poredbeno povratno razdoblje $T=95$ godina (lijeva slika) i $T=475$ godina (desna slika), (Karte potresnih područja Republike Hrvatske, PMF).....	20
Slika 4-1. Prikaz istraživanih lokacija po stacionažama.....	22
Slika 4-2. Lokacija 1 oko 0+500 na županijskoj cesti ŽC 4043.....	23
Slika 4-3. Usijedanje prometnice na lokaciji 2 ŽC4043, oko stacionaže 0+727.....	24
Slika 4-4. Usijedanje prometnice na lokaciji 3, oko stacionaže 1+050.....	25
Slika 4-5. Lokacija 4 oko stacionaže 1+270 na županijskoj cesti ŽC 4043.....	26
Slika 4-6. Lokacija 5 oko stacionaže 1+500 na županijskoj cesti ŽC4043.....	27

## POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Povezanost broja udaraca sa zbijenošću i konzistencijom.....	9
Tablica 3-1. Tablica hidrogeoloških značajka inženjerskogeoloških jedinica.....	19
Tablica 3-2. Faktor važnosti (Bisch i dr., 2011) .....	20
Tablica 4-1. Stacionaže dionica po lokacijama .....	22
Tablica 4-2. Osnovni podaci o izvedenim bušotinama .....	28
Tablica 4-3. Rezultati SPP ispitivanja .....	30
Tablica 4-4. Podaci o izmjerenim PPV i NPV .....	31
Tablica 4-5. Norme provedenih geomehaničkih ispitivanja.....	32
Tablica 4-6. Sumarni prikaz rezultata ispitivanja 1. dio.....	33
Tablica 4-7. Sumarni prikaz rezultata ispitivanja 2. dio .....	34

## POPIS PRILOGA

Prilog 1/1. Inženjerskogeološka karta – Lokacija 1  
Prilog 1/2. Inženjerskogeološka karta – Lokacija 2  
Prilog 1/3. Inženjerskogeološka karta – Lokacija 3  
Prilog 1/4. Inženjerskogeološka karta – Lokacija 4  
Prilog 1/5. Inženjerskogeološka karta – Lokacija 5

Prilog 2/1. Inženjerskogeološki profil 1-1´  
Prilog 2/2. Inženjerskogeološki profil 2-2´  
Prilog 2/3. Inženjerskogeološki profil 3-3´  
Prilog 2/4. Inženjerskogeološki profil 4-4´  
Prilog 2/5. Inženjerskogeološki profil 5-5´  
Prilog 2/6. Inženjerskogeološki profil 6-6´  
Prilog 2/7. Inženjerskogeološki profil 7-7´  
Prilog 2/8. Inženjerskogeološki profil 8-8´  
Prilog 2/9. Inženjerskogeološki profil 9-9´  
Prilog 2/10. Inženjerskogeološki profil 10-10´

Prilog 3/1. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-1  
Prilog 3/2. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-2  
Prilog 3/3. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-3  
Prilog 3/4. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-4  
Prilog 3/5. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-5  
Prilog 3/6. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-6  
Prilog 3/7. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-7  
Prilog 3/8. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-8  
Prilog 3/9. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-9  
Prilog 3/10. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-10  
Prilog 3/11. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-11  
Prilog 3/12. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-12  
Prilog 3/13. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-13  
Prilog 3/14. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-14  
Prilog 3/15. Inženjerskogeološki presjek bušotine B-15

## POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

Oznaka	Opis
<b>DOF</b>	Digitalna ortofoto karta
<b>EC 7</b>	Eurocode 7
<b>GI</b>	Geotehnička istraživanja
<b>IG</b>	Inženjerskogeološko
<b>NPV</b>	Nivo podzemne vode
<b>NU</b>	Neporemećeni uzorak
<b>OGK</b>	Osnovna geološka karta
<b>PPV</b>	Pojava podzemne vode
<b>PU</b>	Poremećeni uzorak
<b>RPV</b>	Razina podzemne vode
<b>SFRJ</b>	Socijalistička Federativna Republika Jugoslavija
<b>SPP</b>	Standardni penetracijski pokus
<b>ŽC</b>	Županijska cesta

## 1. UVOD

Inženjerskogeološka istraživanja predstavljaju istraživačke radove kojima se dobivaju geološki podaci o ispitivanoj lokaciji nužni za projektiranje. Svrha inženjerskogeoloških istraživanja je istražiti, proučiti i u konačnici riješiti inženjerski problem i problem vezan za zaštitu okoliša, koji nastaju kao rezultati interakcije između geološkog okoliša i inženjerskih radova odnosno ljudskih aktivnosti. Inženjerskogeološka istraživanja provode se najčešće u okviru geotehničkih i rudarskih projekata. Glavni ciljevi inženjerskogeoloških istraživanja u okviru geotehničkih istraživanja jesu definiranje značajki geoloških formacija: litoloških, strukturnih, stratigrafskih, geomorfoloških i hidrogeoloških, određivanje mineraloških, petroloških, fizičko – mehaničkih, kemijskih i hidrauličkih značajki svih prirodnih materijala koji su prisutni u građenju, procjenu mehaničkog ponašanja mase stijene i tala i predviđanje promjena navedenih svojstava s vremenom.

Neposredni povodi koji dovode do oštećenja prometnica mogu biti prirodne naravi ili potaknuti djelovanjem čovjeka. Prirodni uzroci mogu biti geološki i morfološki. Geološki uzroci odnose se na pružanja i nagib slojeva tla, njihova geomehanička svojstva i odnos njihovog nagiba u odnosu prema nagibu površinske kosine. Morfološki uzroci odnose se na promjenu reljefa uslijed djelovanja različitih endogenih i egzogenih sila. Također, u prirodne uzroke spadaju oborine, naglo topljenje snijega, a pod djelovanjem čovjeka smatra se procjeđivanje vode iz kanalizacije, vodovoda, kanala, kultiviranje zemljišta, rudarenje, umjetne vibracije, i miniranja (Roje-Bonacci, 2015).

U okviru diplomskog rada prikazana su detaljna inženjerskogeološka istraživanja na temelju kojih je interpretiran inženjerskogeološki model terena s ciljem sanacije oštećene županijske ceste ŽC4043 Levinovac. Dionica županijske ceste Levinovac nalazi se u Virovitičko – podravskoj županiji. Nakon modernizacije ceste 2002. godine i konstrukcije vodovoda 2007. godine, neposredno uz cestu kreće pojava deformacija. Na trasi ŽC4043 Levinovac uočena su oštećenja kolnika te je duž ceste izdvojeno 5 lokacija na kojima su oštećenja najkritičnija. Na svih 5 lokacija provedeno je nekoliko puta djelomično ili potpuno saniranje kolnika, no u kratkom vremenskom razdoblju od sanacije, ponovo se pojavljuju deformacije. Predmet istraživanja je dionica duljine 1,899 km, dok duljina oštećenog kolnika iznosi 1,000 km. Terenska istraživanja su provedena prosincu 2022. godine.

## 2. GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA

U sklopu geotehničkih istraživanja (GI) provode se metode istraživanja, prikupljanja i obrade podataka iz područja mehanike tla, mehanike stijena i inženjerske geologije. Geotehnička istraživanja provode se u svrhu prikupljanja podataka o tlu/stijeni koji su od velikog značaja za lokaciju buduće građevine i njene bliže okolice kao i ispunjenje bitnih zahtjeva za građevinu, nužnih za njezino ispravno projektiranje, izvođenje i kasniju uporabu. Istražnim radovima se utvrđuje stanje površinskih dijelova tla ili stijenske mase. Projektiranje geotehničkog zahvata, konstrukcije ili građevine započinje geotehničkim istraživanjima (Domitrović, 2022).

Potrebno je utvrditi prostornu raspodjelu onih svojstava, prvenstveno mehaničkih, koji bitno utječu na stabilnost, uporabivost i ekonomičnost razmatrane građevine i njezine okoline tijekom izvođenja građevinskih radova i tijekom životnog vijeka građevine (Strelec, 2012). Ostali ciljevi GI-a koje treba spomenuti jesu:

- Procjena priklanosti pogodne lokacije i okoliša za planiranu konstrukciju (zahvat), potrebno je omogućiti izbor najprikladnije lokacije ukoliko postoje alternative;
- Prikupiti podatke o tlu/stijeni, geologiji, geomorfologiji, hidrološkim prilikama, seizmičnosti, relevantnim pojavama na lokaciji, okolnim građevinama, zahvatima i dr. koji su potrebni za projektiranje stabilne, otporne i uporabive konstrukcije;
- Procijeniti ekonomski najprikladniju metodu gradnje te predvidjeti sve moguće rizike koji se eventualno mogu pojaviti zbog uvjeta u tlu i kontramjere koje će se u tim slučajevima poduzeti;
- Odrediti promjene koje se mogu pojaviti u terenu i okolišnim uvjetima bilo da su prirodne ili posljedica planiranog zahvata, te će one utjecati na planirani zahvat i na susjedne objekte odnosno okoliš.

Program geotehničkih istraživanja treba sadržavati plan lokacije s ucrtanim mikrolokacijama istraživanja i njihovim projektnim oznakama, specifikaciju istraživanja za svaku mikrolokaciju, dinamički plan provedbe istraživanja i plan osiguravanja kvalitete radova. Vrsta i opseg istražnih radova primarno ovise o veličini i karakteru planiranog zahvata, količini i kvaliteti ranije dostupnih podataka te o kompleksnosti geoloških i hidrogeoloških uvjeta terena odnosno lokacije (Ivanković, 2010). Unutar programa

geotehničkih istraživanja provode se inženjerskogeološka istraživanja u svrhu prikupljanja inženjerskogeoloških informacija, interpretacije prostorne rasprostranjenosti različitih vrsta stijene i tala, identificiranju njihovih fizičko – mehaničkih značajki i predviđanju geoloških procesa.

## **2.1. Inženjerskogeološka istraživanja**

Inženjerska geologija je zasebna disciplina unutar geoloških znanosti koja se bavi geološkim istraživanjima, isključivo za potrebe inženjerskih radova posebice građevinskih – geotehničkih. Kao što je spomenuto ranije, inženjerskogeološka istraživanja uvijek se provode unutar ostalih inženjerskih projekata. Inženjerskogeološka istraživanja obuhvaćaju nekoliko elemenata: formuliranje istraživanja, prikupljanje potrebnih podataka i interpretacija podataka.

### **2.1.1. Formuliranje istraživanja**

Prvi korak, kako bi se uopće pristupilo istraživanjima lokacije, je formuliranje istraživanja. Ono je bitno kako bi se postiglo kvalitetno i točno prikupljanje podataka u određenom vremenskom okviru. Cilj istraživanja postavlja se na temelju svrhe projekta. Također, potrebno je definirati veličinu istraživanog područja koja ovisi o vrsti istraživanja, detaljnost istraživanja i količinu potrebnih podataka. Osnovne vrste inženjerskogeoloških istraživanja jesu regionalna istraživanja i istraživanja pojedinačnih lokacija.

Regionalnim istraživanjima obuhvaća se veličina istraživanog područja od nekoliko kvadratnih kilometara. Namjene ove vrste istraživanja su: istraživanja geoloških resursa, istraživanje geoloških ograničenja – geodinamički procesi, odabir najpovoljnije lokacije za određenu namjenu. Količina i preciznost dobivenih podataka po jedinici površine je mala. Za razliku od regionalnih istraživanja, obuhvat istraživanja pojedinačnih lokacija je od nekoliko stotina metara kvadratnih do nekoliko kilometara kvadratnih. Namjena je istraživanje utjecaja građevina na geološki okoliš, dobivanje podloga za projektiranje i građenje projekata. Količina i preciznost podataka ovim istraživanjima rastu. Postoje 3 glavne faze inženjerskogeoloških istraživanja pojedinačnih lokacija:

- *Preliminarna istraživanja* – najčešće se provode za potrebe projektiranja na razini idejnog projekta. Svrha preliminarne faze je istraživanje pogodnosti alternativnih

lokacija za određeni projekt, određivanje opsega detaljnih istraživanja, procjena optimalnih troškova izvedbe projekta. Primjenjuju se samo one metode kojima se dobiva sveobuhvatni i općeniti uvid u područje projekta. U ovoj fazi dobiva se mala količina podataka, male preciznosti.

- *Detaljna istraživanja* – provode se za potrebe projektiranja na razini glavnog projekta. Nastoje se prikupiti sve potrebne informacije kako bi se mogla razraditi projektna dokumentacija. Detaljnim istraživanjima potrebno je determinirati i interpretirati geološke uvjete koji imaju utjecaj na izvedbu projekta, također određivanje fizičko-mehaničkih značajki i procjena njihovog ponašanja. Za razliku od prethodne faze, ovom fazom istraživanja preciznost podataka je veća.
- *Implementacijska istraživanja* – provode se za vrijeme građenja. Svrha ovog istraživanja je provjera rezultata istraživanja iz prethodnih faza, promjena i korekcije projekta u slučaju nepredviđenih okolnosti, eventualna sanacija posljedica vezanih za geološke procese tijekom građenja. Dobiva se mala količina podataka velike preciznosti (Mihalić Arbanas, 2022a).

### **2.1.2. Prikupljanje podataka**

Zadatak inženjerskog geologa je prikupljanje podataka koje se obavlja u kabinetu (uredu) i na terenu. Prije odlaska na teren, potrebno je u kabinetu prikupiti što je više moguće postojeće dokumentacije. Postojeću dokumentaciju najčešće sačinjavaju karte (topografska karta, geološka karta), napisani izvještaji vezani za lokaciju istraživanja ili u neposrednoj blizini istraživane lokacije. Kabinetski dio istraživanja bitan je kako bi se stvorila predodžba o istraživanoj lokaciji, kako bi se isplanirali i u konačnici proveli što kvalitetniji terenski istražni radovi. Osnovne metode istraživanja na terenu jesu inženjerskogeološko kartiranje lokacije i determinacije jezgre bušotine koje provodi inženjerski geolog. Osim navedenog, terensko prikupljanje podataka obuhvaća i sljedeće metode: „*in situ*“ pokuse (penetracijski pokusi, posmik krilnom sondom, mjerenje razine, hidrogeološki istražni radovi - mjerenje razine, temperature i kemijskog sastava podzemnih voda) i prikupljanje uzoraka tla/stijene za daljnja laboratorijska ispitivanja (Mihalić Arbanas, 2022a).

Spomenutim postupcima dobiva se uvid u inženjerskogeološku građu i uvjete koji vladaju na istraživanom terenu. U poglavlju 2.2. i 2.3. navedeni su terenski istražni i laboratorijski radovi koji su se koristili u svrhu dobivanja podataka o geološkoj građi i značajkama



materijala u svrhu sanacije oštećene županijske ceste u okviru inženjerskogeoloških istraživanja.

### **2.1.3. Interpretacija**

Rezultati kabinetskih, terenskih i laboratorijskih istraživanja objedinjuju se u inženjerskogeološki izvještaj ili elaborat. Izvještaj o istražnim radovima treba biti u skladu s regulativom *Eurocode 7/1*, poglavlje 3.4 (*Ground Investigation Report*) te je on sastavni dio građevinske dokumentacije (Kvasnička, Domitrović, 2007). Inženjerskogeološki izvještaj sastoji se od dva dijela, prvi dio je deskriptivni izvještaj, dok drugi dio sadržava inženjersku interpretaciju, izvedene vrijednosti parametara i njihovu ocjenu.

Prvi, deskriptivni dio sadrži uvod u kojem se daju podaci o istraživaču, vrsti i uvjetima istraživanja, vrsti istraživačke opreme, vremenu u kojem je istraživanje provedeno i osnovni podaci o investitoru, konzultantima i podizvoditeljima. Zatim slijedi detaljniji opis lokacije istraživanja, opisa geoloških značajki područja, opis provedenih terenskih istraživačkih radova. Grafički dio sastoji se od priloga položaja svih istraživačkih radova, prikaza presjeka svake pojedine bušotine na osnovi rezultata sondažnih i drugih istražnih radova, grafički prikazi istraživačkih iskopa i grafički prikazi rezultata laboratorijskih pokusa. Drugi dio, inženjerska interpretacija, sastoji se od sumarnog prikaza inženjerskogeoloških uvjeta, geotehničkog modela s reprezentativnim geotehničkim parametrima, preporukama i zaključcima (Mihalić Arbanas, 2022b).

Svi se navedeni podaci u geotehničkom izvještaju razvrstavaju i interpretiraju kako bi se utvrdio vjerodostojan inženjerskogeološki model tla. Inženjerskogeološki model je trodimenzionalna predodžba o inženjerskogeološkim uvjetima geološkog okoliša. Inženjerskogeološke modele moguće je prikazati dvodimenzionalno i trodimenzionalno. U dvodimenzionalne modele spadaju inženjerskogeološke karte i presjeci, dok su trodimenzionalni modeli kulisni i blok dijagrami. Zbog složenosti i raznolikosti tla inženjerskogeološki model je idealizacija stvarnih uvjeta u tlu. Idealizacija stvarnih uvjeta u tlu treba biti na zadovoljavajućoj razini kako bi se utvrdila sva svojstva tla čiji je utjecaj bitan za pouzdano, sigurno i upotrebljivo planiranje građevinskog zahvata i dokazivanja bitnih zahtjeva za građevinu.

## **2.2. Provedena terenska inženjerskogeološka/geotehnička ispitivanja**

Terenskim istraživačkim radovima potrebno je prikupiti dovoljno informacija za odabir najprikladnijeg rješenja za izvedbu budućeg zahvata, istaknuti probleme koji bi se mogli pojaviti tijekom gradnje i, općenito, istaknuti potencijalne geološke opasnosti na istraživanom području (kao primjer, nestabilnosti padine ili gubitak čvrstoće tla nakon potresa) (Lancellotta, 2008). Nakon kabinetskih prikupljanja podataka, inženjerskogeološki istražni radovi nastavljaju se na terenu („*in situ*“), a na kraju terenskih istraživanja, uzorci tla i stijena prikupljeni na terenu podvrgavaju se vizualnom promatranju i laboratorijskim ispitivanjima (Sobhan, 2014).

Na istraživanoj lokaciji županijske ceste ŽC4043 Levinovac provedeni su istraživački radovi u prosincu 2022. godine s ciljem utvrđivanja potrebnih podataka o tlu/stijeni, uvjetima koji vladaju u tlu, karakteristika bitnih konstruktivnih dijelova građevine uz davanje preporuka tijekom izvođenja zahvata. Na istraživanoj lokaciji provedeni su sljedeći terenski istraživački radovi:

- inženjerskogeološko kartiranje,
- istraživačko bušenje, identifikacija, klasifikacija i opis tla iz bušaće jezgre,
- uzimanje poremećenih (PU) i neporemećenih (NU) uzoraka,
- standardni penetracijski pokus (SPP),
- određivanje čvrstoće džepnim penetrometrom,
- mjerenje razine podzemne vode u svakoj od izvedenih bušotina.

### **2.2.1. Inženjerskogeološko kartiranje**

Inženjerskogeološko kartiranje je terenska metoda istraživanja, slična geološkom kartiranju, te ju obavlja inženjerski geolog. Prije početka inženjerskogeološkog kartiranja potrebno je definirati obuhvat granica IG (inženjerskogeološkog) kartiranja te prikupiti preliminarne geološke informacije o lokaciji iz Osnovne geološke karte (OGK) mjerila 1:100 000 i prikupiti preliminarne informacije o reljefu na temelju dostupnih topografskih podloga. Veličina područja na kojem se provodi IG kartiranje ovisit će o tipu građevine i njezinoj veličini, o složenosti geološke građe i njezinom utjecaju na objekt. Također, potrebno je proučiti i prikupiti sve postojeće geodetske, hidrološke, seizmičke i geološke podloge. Aerofotogravimetrijske snimke terena mogu poslužiti za dobivanje podataka o morfologiji terena, vrsti i rasporedu vegetacije, sastava tla i sl.

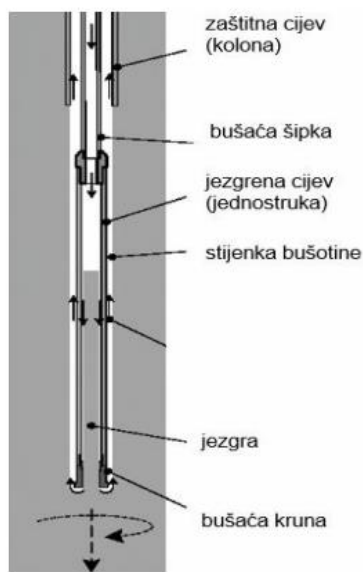
Podloga koja će se koristiti prilikom inženjerskogeološkog kartiranja i na koju će se bilježiti prikupljeni terenski podaci su topografske karte raznih mjerila i posebna geodetska podloga, ovisno o mjerilu i namjeni istraživanja. Tijekom inženjerskogeološkog kartiranja prikupljaju se podaci o: značajkama stijena/tala – litološki podaci (vrsta stijene/tla, petrografska svojstva tla, genetski tip tla, teksturu materijala stijene/tla), podaci o strukturi tla, podaci o trošnosti tla, podaci o fizičko-mehaničkim svojstvima tla (boja tla, porozitet, vlažnost, relativna gustoća, konzistencija, čvrstoća tla). Podaci o hidrogeološkim uvjetima, geomorfološkim uvjetima i geodinamičkim pojavama/procesima obuhvaćaju prostorni položaj pojave i njezine značajke.

Postupak kartiranja sastoji se od prikupljanja podataka i ucrtavanja istih na tzv. radnu kartu pomoću odgovarajućih simbola. Osim ucrtavanja simbola na kartu, bilješke i dodatne skice se zapisuju u terenski dnevnik. Kasnije radna karta i terenski dnevnik služe inženjerskom geologu za interpretaciju podataka. Podaci prikupljeni inženjerskogeološkim kartiranjem su vrijedan prostorni podatak prilikom interpretacije IG modela.

### **2.2.2. Istraživačko bušenje, identifikacija i klasifikacija bušaće jezgre**

Istraživačka bušotina je zajednički naziv za istraživačke objekte načinjene raznim metodama bušenja, s ciljem dobivanja uvida u stijenu/tlo u podzemlju i uzimanje uzoraka materijala. Uzorci tla su potrebni kako bi se ispitivanja mogla provesti i nastaviti u geomehaničkom laboratoriju. Broj i razmak bušotina treba omogućiti praćenje bočnih i vertikalnih promjena inženjerskogeoloških uvjeta, dok raspored bušotina i njihova dubina moraju osigurati podatke na osnovi kojih će biti moguće interpretirati inženjerskogeološki model (Živković, 2015). Rotacijsko bušenje s jezgrovanjem koristi se u tlu, a podrazumijeva nanošenje okretnog momenta na bušaći pribor kao što je prikazano na slici 2-1. Bušaći alat, koji je pričvršćen na niz šupljih bušaćih šipki, može biti puno svrdlo ili šuplje svrdlo za jezgrovanje. Alat se strojno rotira i hidraulički utiskuje s površine terena pomoću šupljih bušaćih šipki. Na dnu šipki pričvršćena je posebna cijev na čijem je dnu šuplja bušaća glava s krunom. Kruna je nazubljeni alat, čiji su zubi izrađeni od posebno obrađenog čelika (vidija) ili industrijskih dijamanata koji su otporni na habanje. Kroz bušaće šipke i cijev utiskuje se voda, koja hladi pribor ugrijan od rada, a iznosi strugotine ispod krune kroz bušotinu do površine terena, s vanjske strane bušaćih šipki. Bušotina se može zaštititi zaštitnom cijevi (kolonom) od urušavanja kada prolazi kroz pijesak ili šljunak, ili od bubrenja kada prolazi

kroz slojeve meke gline. U cijevi ostaje jezgra tla. Jezgra nabušena u tijeku bušenja pohranjuje se u sanduke za jezgru duljine 1 metar tako da dubinski ekvivalent jezgre od 1 metra bude u 1 odjeljku sanduka. Inženjerski geolog nakon vađenja bušaće jezgre iz istraživačke bušotine determinira jezgru i opisuje profil bušotine, također tijekom izvođenja bušotina prati i zapisuje značajne promjene – mjerenje pojave i razine podzemne vode. Profil bušotine temelji se na prikupljenim podacima tijekom istraživačkog bušenja. Profil bušotine sadržava oznake dubina, vrste tla, promjene slojeva, opis vrste i obilježja pojedinih slojeva i standardne oznake prema jedinstvenoj razredbi. Inženjerski geolog iz sanduka za jezgru uzima poremećene (PU) i neporemećene (NU) uzorke. Poremećeni uzorci se koriste za klasifikaciju i određivanje fizičkih svojstva tla, određivanje vlažnosti, graduiranosti i indeksa konzistencije materijala. Neporemećene uzorke treba uzeti i transportirati na način da sačuvaju početna svojstva, a koriste se za određivanje čvrstoće, krutosti, jedinične težine i propusnosti.

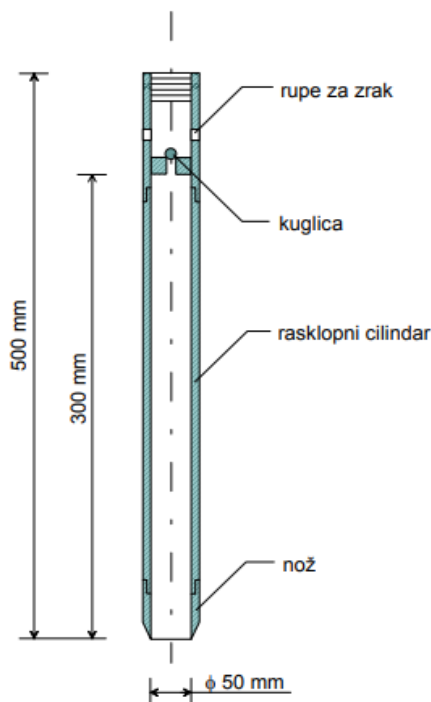


**Slika 2-1.** Rotacijsko bušenje s jezgrovanjem (Domitrović, 2022)

### 2.2.3. Standardni penetracijski pokus – SPP

Tijekom istraživačkog bušenja potrebno je provoditi ekonomski isplative penetracijske pokuse u bušotini koji daju uvid u neka mehanička svojstva ispitivanog materijala i dobivanje poremećenih uzoraka za raspoznavanje tla. Najbolji se rezultati ovom metodom postižu u pijesku. Ispitivanja u koherentnom tlu daju samo informativne podatke o stanju konzistencije tla. Standardni penetracijski test je najraširenije terensko ispitivanje. Upotrebljava se za nekoherentna pjeskovita tla te se izvodi u bušotini i mjeri se broj udaraca

$N$  da cilindar standardnih dimenzija uđe u tlo 30 cm. Cilindar se postavlja na dno bušotine, a preko bušaćih šipki je spojen s površinom. Na najvišoj šipki je „nakovanj“ na koji pada malj od 63,5 kg s visine od 76,3 cm. Pokus treba provoditi optimalnom brzinom koja se smatra 15 – 18 udaraca u minuti. Na slici 2-2. prikaz je cilindra (Kvasnička, Domitrović, 2007). SPP ispitivanje se provodi prema normi HRN EN ISO 22476-3.



**Slika 2-2.** Cilindar za SPP (Kvasnička, Domitrović, 2007)

Rezultati pokusa služe za procjenu parametara čvrstoće i zbijenosti materijala, i deformacijskih svojstava koherentnih i nekoherentnih tala. Određuje se relativna gustoća tla, a preko empirijskih korelacija mogu se odrediti posmična čvrstoća, modul elastičnosti, slijeganja, nosivosti temelja i druge veličine. Očekivani ishod je da broj udaraca raste s porastom čvrstoće tla (Ivanković, 2010). Povezanost broja udaraca ( $N$ ) sa zbijenošću i konzistencijom koherentnog tla prikazan je u tablici 2-1.

**Tablica 2-1.** Povezanost broja udaraca sa zbijenošću i konzistencijom

BROJ UDARACA	KOHERENTNO TLO
$N$	Stanje konzistencije
0 – 2	Vrlo meko
2 – 4	Meko
4 – 8	Srednje tvrdo
8 – 15	Kruto
15 – 30	Polučvrsto
Više od 30	čvrsto

#### **2.2.4. Penetrometar**

Ispitivanjem jednoosne tlačne čvrstoće džepnim penetrometrom –  $q_u$  (kPa) utvrđuje se čvrstoća neporemećenog tla odmah pri slaganju izvađenih uzoraka tla. Džepni penetrometar je ručni uređaj za ispitivanje približne vrijednosti jednoosne tlačne čvrstoće koherentnog tla na terenu ili u laboratoriju. Instrument se sastoji od kućišta sa mjernom skalom i pokazivačem unutar kojeg se nalazi kalibrirana opruga. Mjerenje se izvodi utiskivanjem mjerne sonde penetrometra od 6,4 mm u tlo i zatim očitavanja sa mjerne skale (Kovačić, 2020).

#### **2.2.5. Mjerenje razine podzemne vode**

Nivo/razina podzemne vode (NPV/RPV) – njene dnevne, sezonske, godišnje i višegodišnje oscilacije – sastavni je dio geotehničkih ispitivanja na terenu. Objekt u kojem se izvodi mjerenje RPV najčešće su bušotine. Podzemna voda registrirana je u dvije faze:

- PPV – pojava podzemne vode tijekom bušenja tj. dubina na kojoj se voda pojavila;
- NPV/RPV – to je ravnina na kojoj je tlak vode jednak atmosferskom tlaku. Nakon bušenja voda se podigne do razine gdje je tlak vode jednak atmosferskom tlaku.

Rezultati terenskog mjerenja RPV-a ovisi o trenutnim hidrološkim uvjetima i trenutnoj razini podzemnih voda. Za fiksnu visinsku točku geodetski se treba odrediti nadmorska visina. Za dobivanje preciznijih podataka o razinama RPV-a u bušotinu je moguće ugraditi piezometarsku instalaciju kako bi se opažanje moglo vršiti u dužem vremenskom periodu. Razina podzemne vode može se trajno bilježiti uporabom analognih ili digitalnih instrumenata za mjerenje razine podzemnih voda (DHMZ, 2023).

## 2.3. Provedena laboratorijska ispitivanja

Laboratorijska ispitivanja obuhvaćaju pokuse za određivanje fizičkih i mehaničkih svojstava na poremećenim i neporemećenim uzorcima tla. Tlo je heterogeni sustav sastavljen od tri glavne faze: čvrste, tekuće i plinovite. Fizička svojstva tla vezana su za mineralni sastav, svojstva i odnose čvrste i tekuće faze. Laboratorijski testovi određuju se na određenim standardiziranim testovima ovisno o potrebama istraživanja i projekta iz prethodno uzetih uzoraka (Šandor, 2017). U laboratoriju na poremećenim i neporemećenim uzorcima tla ispitana su sljedeća svojstva:

- Određivanje granica konzistencije – Atterbergove granice,
- Određivanje prirodne vlažnosti,
- Izravni posmik,
- Ispitivanje laboratorijskom krilinom sondom.

### 2.3.1. Određivanje granica konzistencije – Atterbergove granice

Atterbergove granice koriste se za klasifikaciju sitnozrnatih tala. Koherentna tla klasificiraju se prema plastičnosti pomoću granice tečenja ( $W_L$ ) i indeksa plastičnosti. Atterbergove granice prikazuju prijelazne odnose između konzistentnih stanja. Atterbergove granice su sljedeće: granica tečenja  $W_L$ , granica plastičnosti  $W_P$  i granica stezanja  $W_S$ .

Na temelju Atterbergovih granica konzistencije određuje se:

- indeks plastičnosti  $I_P$ , kao razlika između granice tečenja  $W_L$  i granice plastičnosti  $W_P$ ,
- indeks tečenja  $I_L$ , kao odnos viška vode  $W_0$  u tlu iznad granice plastičnosti  $W_P$  i indeksa plastičnosti  $I_P$ ,
- indeks konzistencije  $I_C$ , kao odnos razlike granice tečenja  $W_L$  i prirodne vlažnosti  $W_0$  u odnosu na indeks plastičnosti  $I_P$ .

Granice tečenja uzoraka tla određene su pomoću konusnog penetrometra metodom jedne točke. Ova metoda koristi se za ispitivanje granice tečenja koherentnih tla, a sastoji se od mjerenja prodiranja konusa u homogenizirani uzorak tla koji se nalazi u posudi standardizirane visine 55 mm, kroz vrijeme od 5 sekundi. Indeks plastičnosti dobiven je nakon određenih granica plastičnosti ( $W_P$ ) i tečenja ( $W_L$ ) (Ivanković, 2010).

### 2.3.2. Određivanje prirodne vlažnosti

Laboratorijska metoda određivanja sadržaja vode u tlu obuhvaća ispitivanje uzoraka tla i sličnih materijala gdje je smanjenje mase sušenjem posljedica gubitka vode. Sadržaj vode u materijalu je omjer mase vode sadržane u porama tla, prema čvrstoj masi čestica izražen u postotku. Sadržaj vode u materijalu koristi se za izražavanje faznih odnosa zraka, vode i krutih tvari u danom volumenu materijala. Ovaj standard za ispitivanje zahtijeva nekoliko sati za ispravno sušenje uzoraka sa sadržajem vode i zahtijeva sušenje materijala u pećnici dok se ne postigne stalna masa uzorka (ASTM, D2216-19, 2019).

### 2.3.3. Izravni posmik

Posmična čvrstoća tla povezuje sa slomom tla, koji se očituje kao stanje nestabilnosti koje je popraćeno velikim posmičnim deformacijama i s njima povezanim velikim pomacima (Szavits-Nossan, 2023). Čvrstoću materijala moguće je ispitati na nekoliko načina: direktnim smicanjem u laboratoriju na neporemećenim uzorcima ili pomoću korelacije s „*in situ*“ ispitivanjima. Čvrstoća uzoraka materijala tla s predmetne lokacije ispitana je u uređaju za izravni posmik. Uređaj za izravni posmik sastavljen je od dvije ćelije koje se mogu međusobno pomaknuti do sloma uzorka i uzorak se ugrađuje između dvije porozne pločice. Ispitivanje se provodi u dvije faze, prva faza je faza konsolidacije, a druga faza posmika. Na uzorak se djeluje normalnom silom, a smiče se posmičnom silom. Prilikom izvođenja pokusa mjere se: normalna sila, horizontalne deformacije, vertikalni pomak i sila posmika (Ivanković, 2010). Kako bi se definirala posmična čvrstoća koristi se Mohr - Coulombov zakon sloma koji je dan formulom (2-1).

$$\tau = c + \sigma * \tan\varphi \quad (2-1)$$

gdje je:

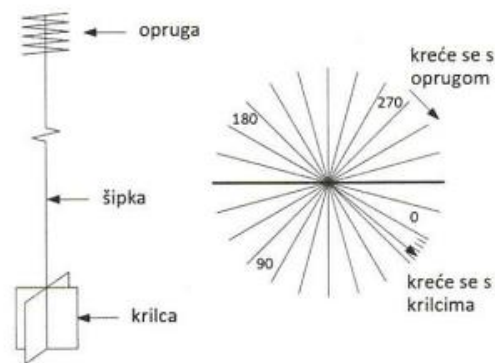
- $\tau$  – posmično naprezanje (kPa)
- $c$  – kohezija (kPa)
- $\varphi$  – kut unutarnjeg trenja (°)

Jednadžba definira pravac koji se naziva pravcem čvrstoće, kojem je  $c$  odsječak na ordinati, a  $\varphi$  mu je nagib u odnosu na horizontalu. Pravac čvrstoće je određen s dva parametra: kohezijom – posljedica veze između čestica i kutom unutarnjeg trenja – posljedica trenja među česticama (Szavits-Nossan, 2023).



### 2.3.4. Laboratorijska krilna sonda

Postupak ispitivanja svodi se na mjerenje torzijskog momenta koji izaziva slom tla oko metalnih krilaca pričvršćenih za osovinu koja zakreće motor. Postupak ispitivanja krilnom sondom prikazan je na slici 2-3. Krilca lome tlo pri brzim okretajima, te se kao rezultat dobije čvrstoća tla određena pri prvom okretanju – vršna nedrenirana čvrstoća. Nakon što se prijeđe vršna nedrenirana čvrstoća, krilca se zarotiraju za desetak punih okretaja. Zatim ponovo slijedi smicanje i tako određena čvrstoća zove se rezidualna nedrenirana čvrstoća (Mulabdić, 2018).



Slika 2-3. Princip ispitivanja laboratorijskom krilnom sondom (Mulabdić, 2018)

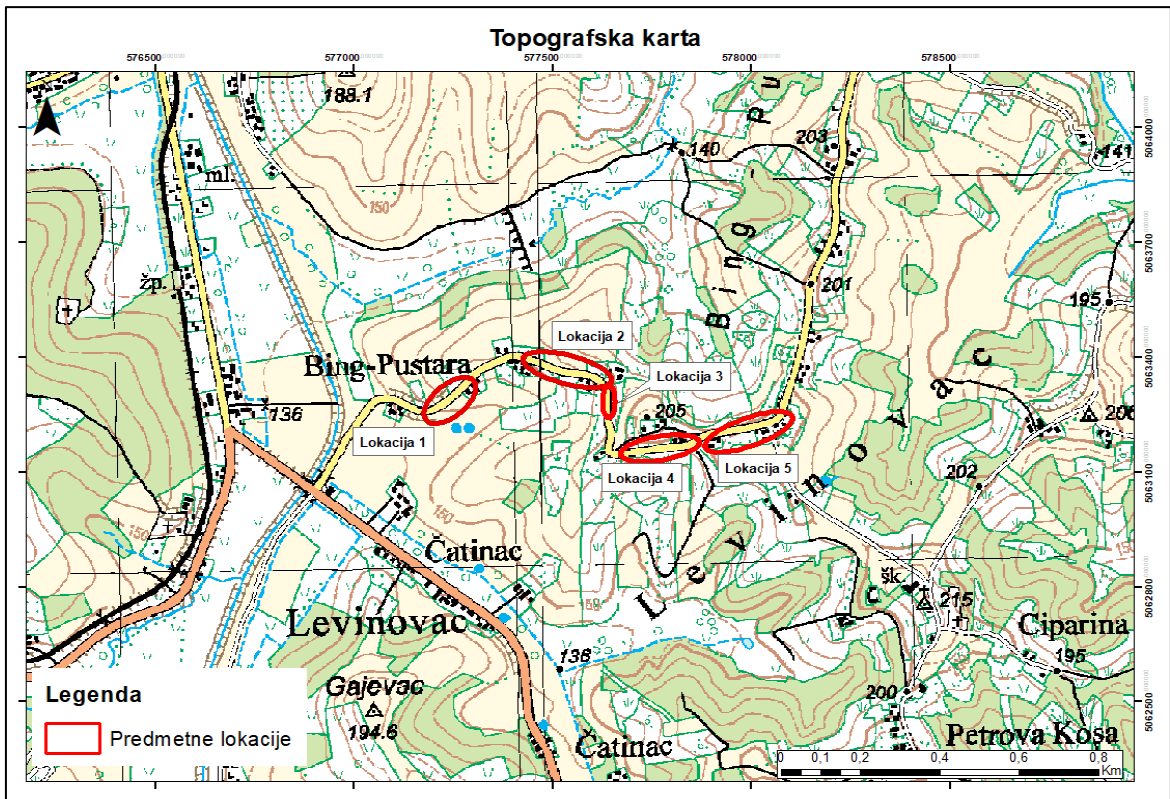
### **3. PRIRODNE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA**

Prirodne značajke istraživanog područja odnose se na značajke stijena i tla, na aktivne geomorfološke procese i hidrogeološke/hidrološke uvjete. Uz navedene, važne su za projektiranje i seizmičke značajke šire lokacije. Prirodne značajke lokacije određene su na temelju podataka prikupljenih inženjerskogeološkim kartiranjem, pomoću dostupnih geodetskih podloga, Topografske karte mjerila 1:25 000, Digitalne ortofoto snimke (DOF), Osnovne geološke karte (OGK) mjerila 1:100 000, Hidrogeološke karte SFRJ mjerila 1:500 000 i Karata potresnih područja Republike Hrvatske za povratna razdoblja 95 i 475 godina.

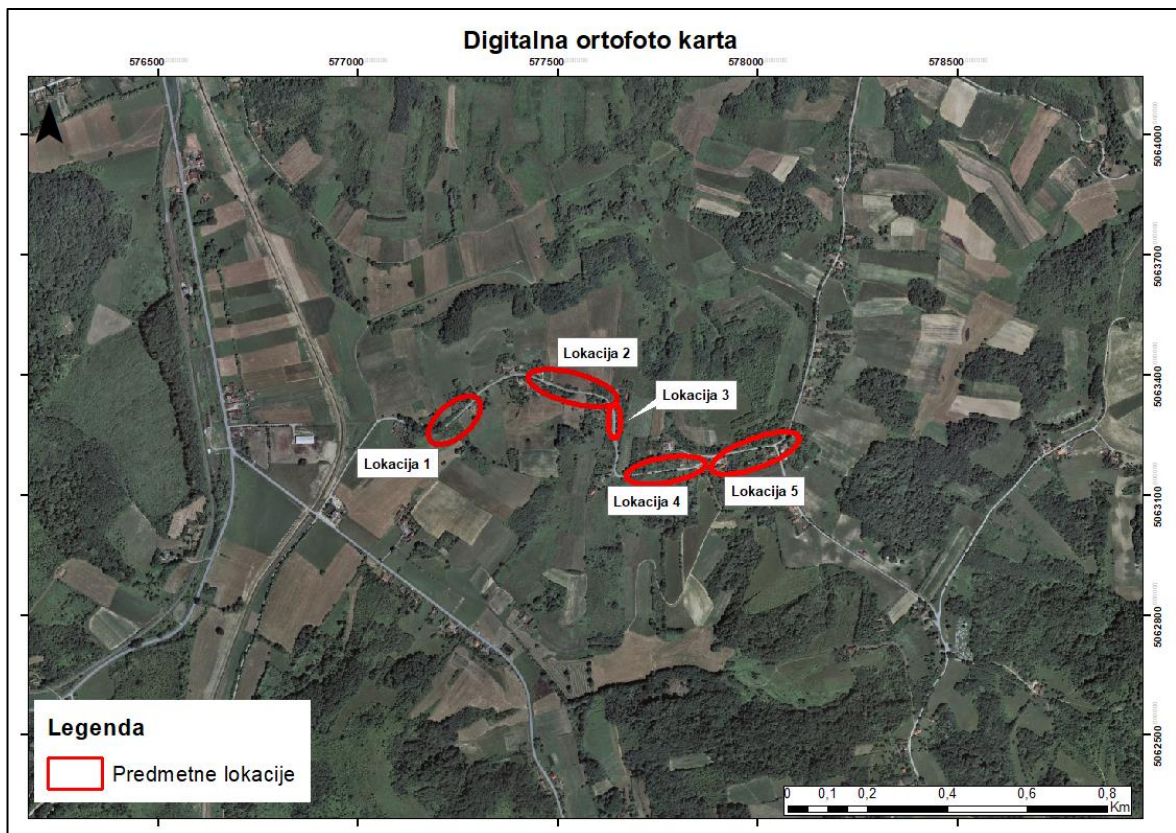
#### **3.1. Geomorfološki uvjeti i aktivni geomorfološki procesi**

Lokacija Levinovac smještena je u Virovitičkoj-podravskoj županiji u sastavu općine Suhopolje, te je predstavljena djelomično izgrađenim terenom na kojem se nalazi postojeća županijska cesta ŽC4043 s pružanjem zapad – istok. Predmetna lokacija proteže se u duljini oko 1,899 km, širina ceste iznosi 3,0 m, a duljina oštećenog kolnika je 1,000 km. Izdvojeno je 5 lokacija duž ceste po stacionažama na kojima su oštećenja najkritičnija.

Lokacija Levinovac prema megageomorfološkim regijama pripada Panonskom bazenu. Lokaciju karakterizira omeđenost doline rijeke Drave gledano prema sjeveru, sa zapadne strane nastavlja se Bilogora, dok se s jugoistočne strane proteže Papuk. Nedaleko od predmetne lokacije nalazi se rijeka Čemernica i nekoliko povremenih izvora što je vidljivo na slici 3-1. koja prikazuje topografsku kartu u originalnom mjerilu 1:25 000. Šira okolica predmetne lokacije je većim dijelom neizgrađena i predstavljena je pošumljenim dijelovima terena i poljoprivrednim površinama što je vidljivo na slici 3-2. s prikazom Digitalne ortofoto karte, dok su u sklopu izgrađenog dijela stambeni objekti. Morfologija terena je nepravilna s brojnim ulegnućima i izdizanjima terena. Prosječni nagib terena iznosi 5-12°. Nadmorske visina terena kreću se od 149,03 m n.m. do 204,51 m n.m.



Slika 3-1. Topografska karta originalnog mjerila 1:25 000, s prikazom lokacije



Slika 3-2. Digitalna ortofoto karta s prikazanim predmetnim lokacijama

### 3.2. Geološka građa područja

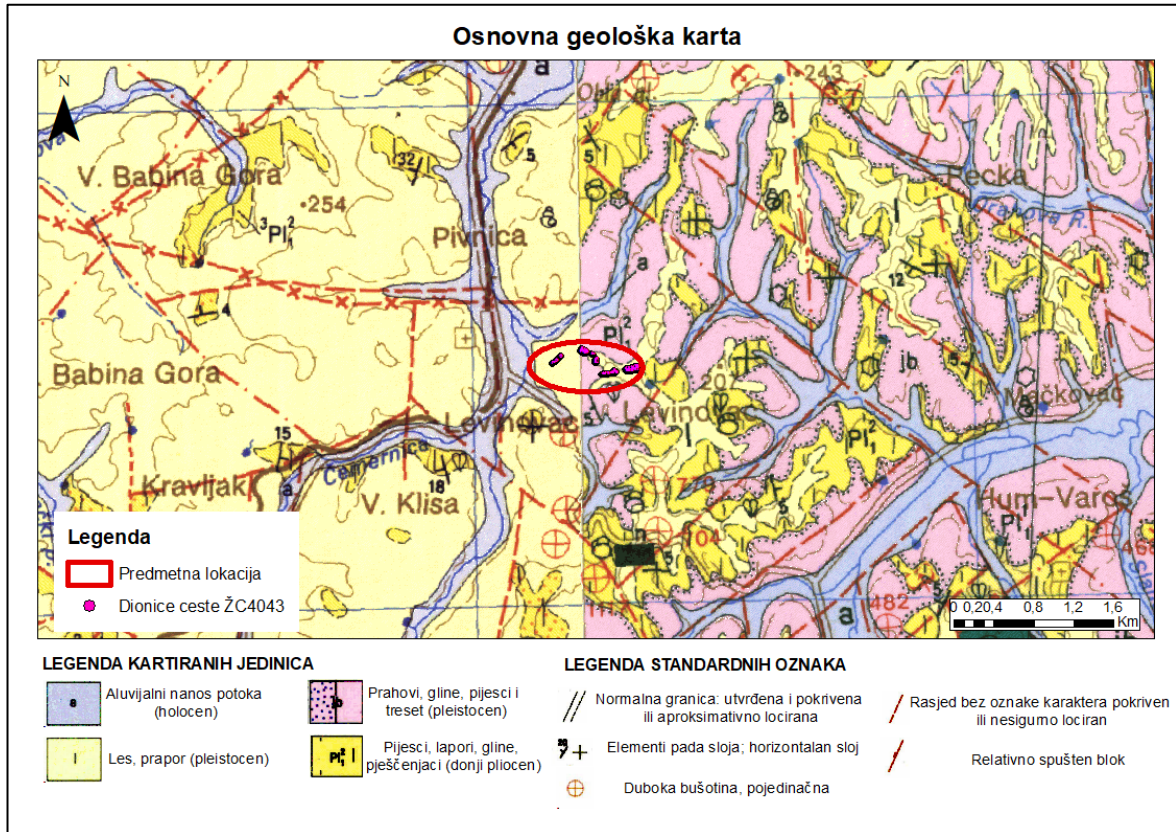
Lokacija istraživanja nalazi se na preklapanju dvije Osnovne geološke karte, list Virovitica L 33-83 (Galović i dr., 1981) i list Podravska Slatina L 33-84 (Marković, 1986). Prema podacima iz Osnovne geološke karte (OGK), list Virovitica L 33-83 područje istraživanja pripada strukturnom sklopu Panonske mase, a rezultat je geoloških događaja koji su se odvijali na širem području. U toku tektonskih pokreta Alpske orogeneze dolazi do formiranja blokova, aktiviranjem starih i stvaranjem novih lomova. Čitavo područje diferencijalno se spušta i talože se neogenske i kvartarne naslage. Uvidom u list Virovitica i list Podravska Slatina lokacija pripada u strukturno područje Bilogorskog masiva. Neka od obilježja strukturnog područja su: na sjeveru je oštro odvojen od Dravske potoline, dok južna strana masiva postepeno prelazi u Bjelovarsku depresiju. Bilogorski masiv predstavlja uzdignuti blok: antiklinalu, izlomljen poprečnim i uzdužnim rasjedima uz čitav niz manjih blokova. Na slici 3-3. prikazan je isječak iz OGK na kojem su vidljive sve navedene značajke. Istraživana lokacija Levinovac označena je crvenom bojom.

Uvidom u OGK utvrđeno je da područje predstavlja stratigrafski član kvartarne starosti (Q), točnije pleistocenske naslage barsko – jezereskog lesa (I) no prisutnost tih naslaga nije utvrđena istraživačkim bušenjem na lokaciji. Na lokaciji utvrđene su naslage pijesaka, prahova i glinovitih prahova što odgovara pliocenskim naslagama gornjeg pont (Pl<sub>1</sub><sup>2</sup>).

#### ***Pliocenske naslage – gornji pont (Pl<sub>1</sub><sup>2</sup>)***

Pliocenske naslage gornjeg pont – rhomboidea najstariji su sedimenti na listu Virovitica. U najvećoj mjeri pliocenske naslage predstavljene su pijescima, prahovitim glinama, glinovitim prahovima i sivim pjeskovitim laporima. Na laporima kontinuirano se nastavljaju pijesci s rhomboidejskom faunom. Pliocenske naslage gornjeg pont kontinuirano leže donjopontskim „abichi“ naslagama. Debljina izmjene varira od nekoliko metara do nekoliko desetaka metara, mjestimično su prekrivene kvartarnim sedimentima što otežava i na pojedinim lokacija onemogućava praćenje njihove točne rasprostranjenosti i prijelaze iz pojedinog facijesa u drugi. Leće pješčenjaka debljine 15-20 cm zabilježene su unutar naslaga pijesaka. Ustanovljeno je da su pijesci sastavljeni od zrna kvarca, feldspata, vapnenaca i dolomita. Svi lapori i pjeskoviti lapori najčešće dolaze u izmjeni s pijescima, a deblji horizonti lapora otvoreni su samo kod Levinovca i Kusionja. Kada se izmjenjuju s pijescima lapori najčešće dolaze u obliku proslojaka debljine 2-10 cm, a samo iznimno su to slojevi

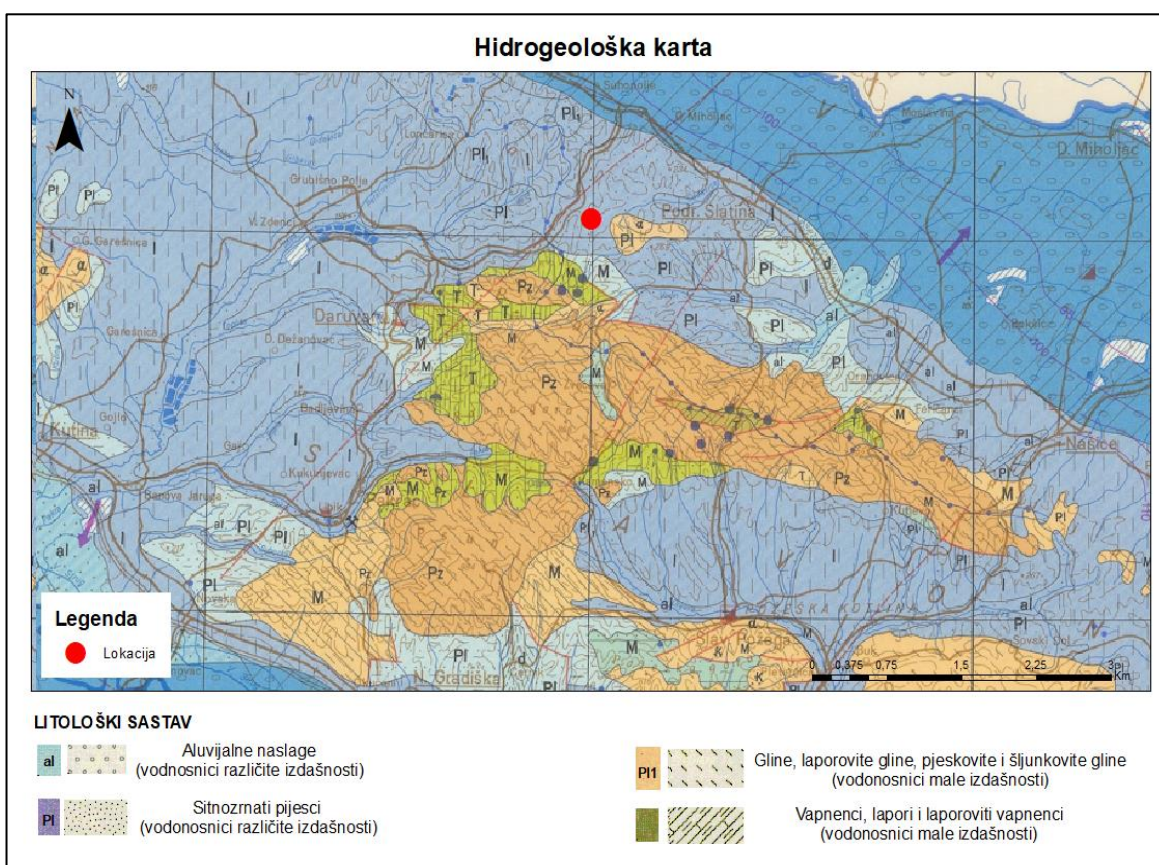
debljine do 50 cm. Naslage gornjeg ponta su gotovo subhorizontalne, maksimalnog nagiba do 5°. Istočno od Levinovca postotak CaCO<sub>3</sub> opada i radi se o glinovitim siltovima koji se izmjenjuju s glinama različitog sastava. Debljina naslaga gornjeg ponta može se procijeniti na 100 m (Galović i dr., 1976).



Slika 3-3. Isječak Osnovne geološke karte (OGK), list Virovitica (Galović i dr., 1981) i list Podravska Slatina (Marković, 1986)

### 3.3. Hidrološki i hidrogeološki uvjeti

Hidrološki uvjeti na području istraživane lokacije Levinovac uvjetovani su litološkom građom, strukturnim odnosima, stupnju trošnosti naslaga i antropoloških uvjeta. Hidrološki, šire istraživano područje pripada slivu rijeke Drave. Jugoistočno, jugozapadno i sjeveroistočno od lokacije Levinovac nalazi se nekoliko povremenih vodotoka kojima se voda drenira prema sjeveru i jugu. Prema podacima iz isječka Hidrogeološke karte koja je prikazana na slici 3-4., list Zagreb (Komatina i dr., 1983) u hidrogeološkom smislu šire promatrano područje karakteriziraju vodonosnici intergranularne poroznosti izgrađeni od prapora i pjeskovitog prapora i sitnozrnatih pijesaka. Što se tiče osobina vodonosnika hidrogeološki članovi pripadaju u grupu vodonosnika pretežito male transmitivnosti i izdašnosti.



Slika 3-4. Hidrogeološka karta SFRJ, list Zagreb, s prikazom predmetne lokacije (Komatina i dr., 1983)

Predmetnu lokaciju izgrađuju naslage donjeg pliocena. Naslage nasipa imaju primarnu, međuzrnsku poroznost i srednju do dobru vodopropusnost, ovisno o udjelu sitnozrnatnog materijala. Dok naslage pjeskovitih prapora, sitnozrnatih pijesaka i gline imaju također međuzrnsku poroznost i slabu vodopropusnost. Hidrogeološke značajke geotehničkih jedinica lokacije Levinovac prikazane su u tablici 3-1.

**Tablica 3-1.** Tablica hidrogeoloških značajka inženjerskogeoloških jedinica

GENEZA/STRATIGRAFSKI SIMBOL			TIP POROZNOSTI	VODOPROPUSNOST
Površinske naslage	<b>Nasip:</b> umjetne naslage	$Q_{ut}$	Primarna (međuzrnska) poroznost	Polupropusno ( $k=10^{-5}-10^{-9}$ m/s)
Podloga	<b>Pokrivač:</b> pliocenske naslage	$Pl_1^2$	Primarna (međuzrnska) poroznost	Polupropusno ( $k=10^{-5}-10^{-9}$ m/s)

Terenskim pregledom terena nije registriran nijedan stalan površinski vodotok. Padaline i površinske vode direktno se infiltriraju u podzemlje ili se mogu kratkotrajno zadržati na manje propusnim dijelovima pokrivača. Provedenim istraživanjima utvrđena je pojava podzemne vode u istražnim bušotinama.

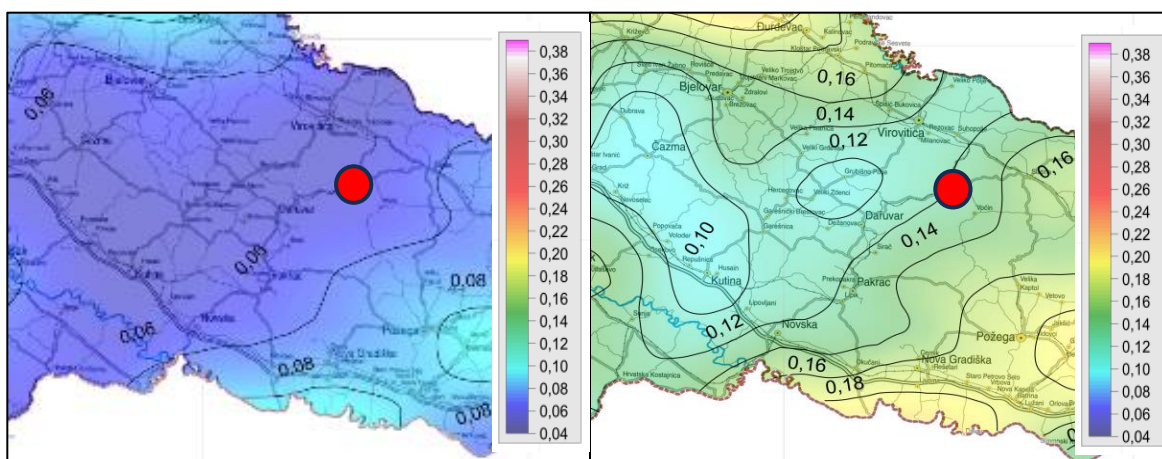
### 3.4. Seizmičke značajke istraživanog područja

Na području Virovitičko – podravske županije i na uskom području istraživanja nema pojačane seizmičke aktivnosti. Seizmičke značajke istraživanog područja opisane su na temelju karata potresnih područja Republike Hrvatske koje prikazuju potresnu opasnost određene lokacije na području RH (Herak, 2011). Na kartama su prikazana potresom uzrokovana poredbena horizontalna vršna ubrzanja ( $a_{gR}$ ) površine temeljnog tipa tla A, čiji se premašaji tijekom bilo kojih  $T=10$  i  $T=50$  godina očekuju s vjerojatnošću od  $p=10\%$  za povratna razdoblja od 95 i 475 godina. Poredbeno horizontalno vršno ubrzanje tla izraženo je u jedinicama gravitacijskog ubrzanja,  $g$  ( $g=9,81$  m/s<sup>2</sup>), a vrijednosti prikazane na kartama odgovaraju ubrzanjima koja se u prosjeku premašuju svakih 95, odnosno 475 godina. Za potrebe definiranja elastičnih i projektnih spektara pri proračunu konstrukcije na potres, koristi se vrijednost  $a_g$ , projektnog ubrzanja u tlu razreda A. Kako bi se definirala vrijednost  $a_g$  potrebno je odrediti vrijednost  $Y_1$  što označava faktor važnosti građevine i kreće se od 1,40 za građevine čije bi funkcioniranje neposredno nakon potresa bilo od vitalne važnosti (bolnice, vatrogasne postaje, energetska postrojenja itd.) do vrijednosti 0,80 za građevine maloga utjecaja na javnu sigurnost. Tablica 3-2. prikazuje faktore važnosti s obzirom na značaj i važnost građevine (Bisch i dr., 2011).

**Tablica 3-2.** Faktor važnosti (Bisch i dr., 2011)

KATEGORIJA GRAĐEVINE	VRSTA I OPIS GRAĐEVINE	FAKTOR VAŽNOSTI $Y_1$
I	Manje važne građevine (poljoprivredne građevine, skladišta, itd.)	0,8
II	Obične građevine	1,0
III	Građevine čija seizmička otpornost je važna u pogledu posljedica uslijed kolapsa (škole, dvorane, kulturne institucije, itd.)	1,2
IV	Građevine čiji je integritet tijekom potresa važan za civilnu zaštitu (bolnice, vatrogasne stanice, elektrane, itd.)	1,4

Prema Karti potresnih područja Republike Hrvatske za povratno razdoblje od 95 godina lokacija istraživanja nalazi se u području s vrijednostima horizontalnog vršnog ubrzanja temeljnog tla tipa A od  $a_{gR} = 0,059$ , a za poredbeno razdoblje od 475 godina, prikazano na slici 3-5. usvaja se vrijednost poredbenog ubrzanja u tlu razreda A od  $a_{gR}=0,131$ . Faktor sigurnosti građevine ( $Y_1$ ) uzima se vrijednost od 1,4 za IV kategoriju građevine.



**Slika 3-5.** Karte lokacije poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla: s vjerojatnosti promašaja 10% u 10 godina za poredbeno povratno razdoblje  $T=95$  godina (lijeva slika) i  $T=475$  godina (desna slika) (Herak, 2011)



#### 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA

Na istraživanoj lokaciji županijske ceste ŽC4043 Levinovac provedeni su istraživački radovi u prosincu 2022. godine s ciljem utvrđivanja potrebnih podataka o tlu/stijeni, uvjetima koji vladaju u tlu, karakteristikama bitnih konstruktivnih dijelova građevine uz davanje preporuka tijekom izvođenja zahvata. Na istraživanoj lokaciji provedeni su sljedeći terenski istraživački radovi:

- inženjerskogeološko kartiranje,
- istraživačko bušenje, identifikacija i klasifikacija bušaće jezgre, uzorkovanje poremećenih (PU) i neporemećenih (NU) uzoraka,
- standardni penetracijski pokus SPP,
- ispitivanje tlačne čvrstoće džepnim penetrometrom,
- mjerenje razine podzemne vode u svakoj od bušotina.

U geomehaničkom laboratoriju napravljena su sljedeća ispitivanja tla:

- određivanje granica konzistencije – Atterbergove granice,
- određivanje prirodne vlažnosti,
- izravni posmik,
- ispitivanje laboratorijskom krilnom sondom.

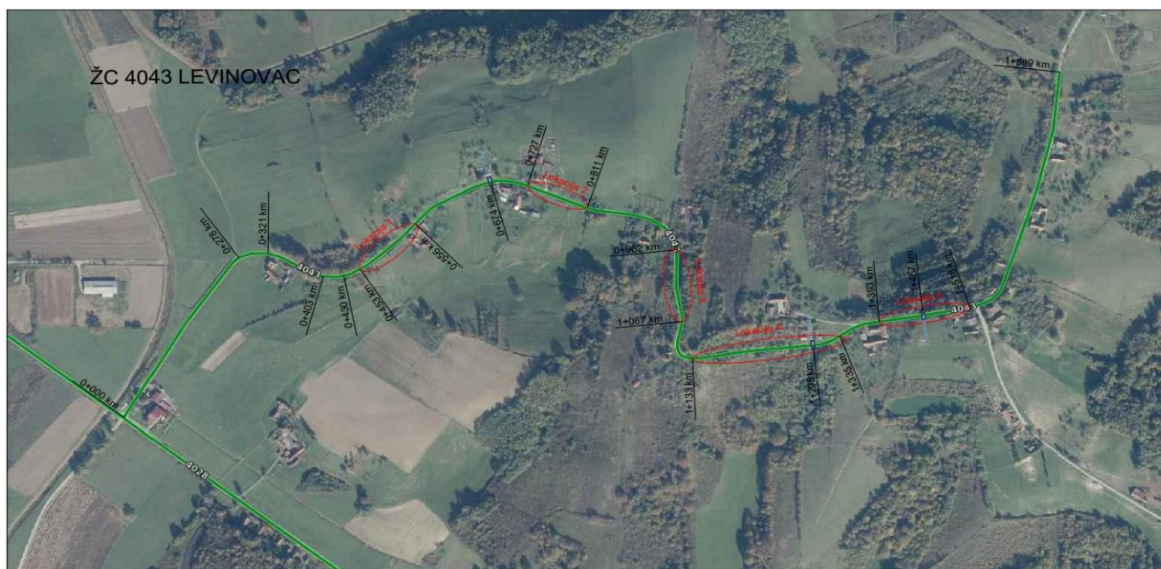
Rezultati provedenih terenskih i laboratorijskih ispitivanja tla dani su u nastavku.

#### 4.1. Inženjerskogeološko kartiranje

Inženjerskogeološko kartiranje i pregled terena na lokaciji ŽC4043 provedeno je u prosincu 2022. godine i tijekom siječnja 2023. godine, na kraju relativno vlažnog razdoblja, u svrhu prikupljanja podataka o morfologiji terena, aktivnim geomorfološkim procesima, pojavama površinske i podzemne vode. Podloge koje su korištene prilikom IG kartiranja su: geodetska podloga, Topografska karta mjerila 1:25 000 i Digitalna ortofoto snimka (DOF). Obilaskom terena na postojeće podloge sustavno su se bilježili i ucrtavali svi relevantni podaci poput vidljivih pukotina i oštećenja na cesti, pojava površinskih voda i morfološke promjene terena. Provedenim inženjerskogeološkim kartiranjem lokacije, određene su zastupljene inženjerskogeološke jedinice te njihove IG značajke. Inženjerskogeološko kartiranje terena provedeno je na 5 kritičnih lokacija zahvaćenim oštećenjima duž predmetne dionice po stacionažama, koje su prikazane u tablici 4-1 i na slici 4-1.

Tablica 4-1. Stacionaže dionica po lokacijama

LOKACIJA	STACIONAŽE DIONICE ŽC4043
Lokacija 1	0+453 km – 0+556 km
Lokacija 2	0+727 km – 0+811 km
Lokacija 3	0+962 km – 1+067 km
Lokacija 4	1+133 km – 1+335 km
Lokacija 5	1+393 km – 1+518 km



Slika 4-1. Prikaz istraživanih lokacija po stacionažama

## Lokacija 1

Lokacija 1, koja je prikazana na slici 4-2., nalazi se između stacionaža 0+453 i 0+556 km županijske ceste ŽC4043, u duljini oko 100 m. Dionica ceste nalazi se pod kutom nagiba od  $10^\circ$ , na padini smjera nagiba prema jugu i jugoistoku. Pružanje prometnice je u smjeru JZ-SI, te se nalazi u usjeku na padini. Visine kosina usjeka iznose do 1,5 m na JI rubu prometnice te do gotovo 3 m na SZ rubu prometnice. U smjeru JZ nagib prometnice iznosi do  $7^\circ$ , a nagibi kosina uz prometnicu su relativno veliki, od  $45^\circ$  do  $90^\circ$ . Aktivni geomorfološki procesi, odnosno procesi klizanja tijekom terenskog istraživanja na istraživanoj lokaciji nisu uočeni. S obzirom na morfologiju padine, postoji mogućnost da na kosinama uz prometnicu dođe do manjih lokalnih odrona tla volumena manjeg od  $1 \text{ m}^3$ . Uz rubove prometnice, odnosno u neuređenim kanalima uz kosine usjeka, uslijed intenzivnih oborina dolazi do erozije i transporta materijala. Proces intenzivne erozije mogu dodatno utjecati na pojavu lokalnih odrona na kosinama uz rub prometnice.



Slika 4-2. Lokacija 1 oko 0+500 na županijskoj cesti ŽC 4043

## Lokacija 2

Istraživana lokacija 2, proteže se u duljini oko 80 m, između stacionaža 0+727 i 0+811 županijske ceste ŽC4043. Dionica se nalazi na padini nagiba u smjeru jugozapada, čiji nagib iznosi od 5 do 10°. Pružanje prometnice je u smjeru SSZ-JJI, a njezin nagib u smjeru SSZ iznosi oko 5°. Na desnoj strani prometnice, nalaze se dva manja usjedanja s pukotinama u duljini od 9 i 10 metara. Usijedanje prometnice na lokaciji 2 prikazano je na slici 4-3. Usijedanja vjerojatno predstavljaju usijedanje nasipa prometnice. Pojava površinske vode na samoj lokaciji, i u njenoj okolini, nije zabilježena.



**Slika 4-3.** Usijedanje prometnice na lokaciji 2 ŽC4043, oko stacionaže 0+727

### Lokacija 3

Lokacija 3, koja je prikazana na slici 4-4., proteže se u duljini oko 100 m, između stacionaža 0+962 i 1+067 županijske ceste ŽC4043. Dionica ceste nalazi se na padini nagiba u smjeru zapada i jugozapada. Nagib padine ispod prometnice iznosi 8 do 11°, a iznad prometnice 10 do 15°. Pružanje prometnice na početnom dijelu lokacije je u smjeru SZ-JI, nakon čega zakreće u smjeru S-J. Nagib prometnice u smjeru sjevera i sjeverozapada iznos oko 3°. Terenskim istraživanjem, na padini iznad prometnice, nije bilo moguće uočiti eventualne geomorfološke procese, odnosno procese klizanja i erozije zbog obrasle guste vegetacije. Na zavoju u gornjem dijelu istraživane lokacije, uočeno je slijeganje na površini oko 10 m<sup>2</sup> (slika 4-4.). Padina koja se nalazi ispod prometnice prekrivena je uglavnom niskim raslinjem, te mjestimično visokom vegetacijom. Iz navedenih razloga, nisu uočeni aktivni geomorfološki procesi. Pojava površinske vode na samoj lokaciji, i u njenoj okolici, nije zabilježena.



Slika 4-4. Usijedanje prometnice na lokaciji 3, oko stacionaže 1+050

## Lokacija 4

Istraživana lokacija 4, prikazana je na slici 4-5., nalazi se između stacionaža 1+133 i 1+335 županijske ceste ŽC4043, a proteže se u duljini oko 200 m. Dionica se nalazi na padini generalnog pada u smjeru juga. Nagib padine iznosi od 14 do 18°. Pružanje prometnice je u smjeru Z-I, a nagib same prometnice je vrlo mali i iznosi od 0 do 2°. Procesi klizanja i erozije na padini ispod i iznad prometnice nisu uočeni zbog vrlo guste vegetacije. Međutim, na prometnici su uočene mnogobrojne pukotine, čije je pružanje paralelno prometnici, u smjeru Z-I, u duljini od 0,5 do 3 metra. Uz utvrđene pukotine pojavljuje se i usijedanje do nekoliko centimetara. Na lokaciji 4 nije uočena nikakva pojava na temelju koje se može zaključiti da je riječ o klizanju. Na zadnjem dijelu istraživane lokacije, s lijeve strane prometnice, nalazi se stambeni objekt na kojem su uočena znatna oštećenja. Na prometnici uz stambeni objekt, također su uočene pukotine. Niti jedna vidljiva pukotina ne ukazuje da je došlo do horizontalnih pomaka uzrokovanih klizanjem te se pretpostavlja da su oštećenja također posljedica slijeganja i puzanja, uz dodatno prometno opterećenje. Pojava površinske vode na samoj lokaciji, i u njejoj okolini, nije zabilježena.



**Slika 4-5.** Lokacija 4 oko stacionaže 1+270 na županijskoj cesti ŽC 4043

## Lokacija 5

Istraživana lokacija 5 proteže se u duljini oko 200 m, između stacionaža 1+393 i 1+518 županijske ceste ŽC 4043. Prikaz istraživane lokacije 5 nalazi se na slici 4-6. Dionica se nalazi na padini nagiba u smjeru sjevera. Iznad prometnice, teren je gotovo subhorizontalan, dok nagib terena neposredno ispod prometnice iznosi do 50°. Udaljavajući se od prometnice u smjeru sjevera, nagib se smanjuje na 15 do 20°. Padina ispod prometnice je obrasla vegetacijom, njena morfologija je relativno nepravilna, karakterizirana mjestimičnim uzdizanjima i slijeganjima terena. Ovakva morfologija je vezana uz lokalna slijeganja i puzanja materijala, nastalog kao posljedica sezonskih promjena u vlažnosti materijala. Tijekom inženjerskogeološkog kartiranja nisu uočene karakteristične pojave vezane za procese klizanja, kao što su čelo klizišta, glavne i sekundarne pukotine, bočne pukotine i stopa. Na prometnici iznad padine vidljive su dvije pukotine, duljine 11 i 12 metara. Prilikom istraživanja terena nisu uočene pojave površinske vode.



Slika 4-6. Lokacija 5 oko stacionaže 1+500 na županijskoj cesti ŽC4043

## 4.2. Istraživačko bušenje i terenska ispitivanja

Geotehnički istražni radovi provedeni su u prosincu 2022. godine, a sastojali su se od istraživačkog bušenja koje je provela tvrtka Geindex d.o.o. iz Zagreba, standardnog penetracijskog pokusa, mjerenja razine podzemne vode, inženjerske identifikacije i opisa jezgre bušotina. U tablici 4-2. prikazani su osnovni podaci o provedenim geotehničkim istražnim radovima, a u tablici 4-3. prikazani su podaci o istraživačkim bušotinama izbušenim u razdoblju od 6.12.2022. – 13.12.2022.

### 4.2.1. Istraživačko bušenje i uzorkovanje

U svrhu inženjerskogeološkog istraživanja za sanaciju županijske ceste ŽC4043 izvedeno je ukupno 15 istraživačkih bušotina s kontinuiranim jezgrovanjem na 5 lokacija duž dionice. Istraživačke bušotine izvedene su do 7 metara dubine te su iz bušotina uzeti poremećeni (PU) i neporemećeni (NU) uzorci. Uzeto je ukupno 59 poremećenih uzoraka (PU) i 96 neporemećenih uzoraka (NU). Jezgra je slagana u drvene sanduke i fotografirana, a fotografije jezgre i intervali jezgre iz kojih su uzeti uzorci prikazani su na inženjerskogeološkim presjecima bušotina Prilozi br. 3/1 – 3/15. Koordinate istraživačkih bušotina geodetski su snimljene po izvedenom bušenju, a položaji svih bušotina prikazani su na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:500, Prilozi br. 1/1 – 1/5. U tablici broj 4-2. prikazani su osnovni podaci o istraživačkim bušotinama na lokaciji ŽC4043.

Tablica 4-2. Osnovni podaci o izvedenim bušotinama

OZNAKA BUŠOTINE	KOORDINATE BUŠOTINA			BROJ UZETIH UZORAKA	SPP (kom)
	X	Y	Z ( m n.m.)		
L1 B-1	577198.40	5063258.95	149.03	2NU, 1PU	2
L1 B-2	577234.63	5063281.84	153.54	1NU, 7PU	3
L1 B-3	577273.72	5063324.29	160.20	1NU, 3PU	3
L2 B-4	577481.10	5063374.29	173.16	1NU, 3PU	3
L2 B-5	577498.26	5063368.08	173.80	3NU, 10PU	3
L2 B-6	577532.82	5063360.23	176.00	2NU, 2PU	2
L3 B-7	577596.96	5063346.55	180.86	1NU, 4PU	3
L3 B-8	577637.53	5063290.19	185.71	2NU, 9PU	2
L3 B-9	577637.48	5063268.12	186.79	4PU	3
L4 B-10	577689.30	5063146.24	193.92	2NU, 3PU	2
L4 B-11	577732.77	5063152.65	195.27	2NU, 8PU	3
L4 B-12	577815.87	5063162.05	193.53	2NU, 2PU	2
L5 B-13	577944.25	5063208.12	202.13	1NU, 5PU	3
L5 B-14	577976.44	5063213.71	203.44	2NU, 9PU	2
L5 B-15	578012.71	5063221.40	204.51	3NU, 2PU	2



#### 4.2.2. Identifikacija i klasifikacija bušaće jezgre

Paralelno s izvođenjem istražnih radova vršena je inženjerskogeološka identifikacija, klasifikacija i opis tla iz jezgre bušotina. Inženjerskogeološka determinacija odnosi se na ukupno 15 istraživačkih bušotina dubine do 7 m duž predmetne lokacije županijske ceste ŽC4043 Levinovac, te je time utvrđena detaljna geološka građa na svakoj od 5 ispitanih lokacija. Inženjerskogeološkom determinacijom na jezgri izdvojeni su intervali sličnih ili istovrsnih tala. Iz određenih intervala odabrani su reprezentativni uzorci za identifikaciju i opis. Opis tla sadržavao je vizualno – manualnu identifikaciju pokusa, na temelju kojih se zaključilo radi li se o glini ili prahu. Vizualno – manualna identifikacija sadržavala je određivanje boje tala, određivanja sadrži li tlo oblutke i blokove, određivanje plastičnosti pomoću izrade valjčića do promjera 3 mm i određivanje i ispitivanje jednoosne tlačne čvrstoće džepnim penetrometrom.

Lokacija Levinovec nalazi se na prostoru na kojem prevlada glinovito tlo. Terenskom vizualnom klasifikacijom određeno je da se u pripovršinskom sloju tla do maksimalno 1,2 m dubine nalazi nasip koji je malo zaglinjen te mjestimično s proslojcima šljunka. Dublji dijelovi istraživačkih bušotina sastoje se od gline visoke ili niske plastičnosti, sa 100% sadržajem sitnozrnatog tla, žućkasto – smeđe boje, od srednje do krutog konzistentnog stanja tla i materijal ponegdje sadrži vapnenačke konkrecije. Pri samom dnu tlo se sastoji od gline koja je prahovita. Materijal gline sadrži 100% sitne frakcije odnosno prahovite komponente, odlikuje se smeđom bojom, niske plastičnosti i rezultatima džepnog penetrometra dobiveno je srednje kruto do polučvrsto konzistentno stanje. Rezultati ispitivanja džepnim penetrometrom na terenu prikazuju da se čvrstoća povećava s dubinom.

#### 4.2.3. Standardni penetracijski pokus – SPP

U bušotinama je izvedeno ispitivanje zbijenosti tla standardnim penetracijskim pokusom (SPP), te je ispitivanje provedenom nožem koji se pričvrsti na cilindar. Standardni penetracijski pokus je vršen prema HRN EN 1997-2:2012, točka 4.6., tj. prema HRN EN ISO 22476-3:2008. Standardnim penetracijskim pokusom dobiven je manji broj udaraca u pripovršinskom horizontu nego u dubljim dijelovima bušotine gdje broj udaraca raste preko 50 ili pribor odskače. Rezultati ukazuju da s većim brojem udaraca N čvrstoća tla raste s dubinom. Rezultati ispitivanja tla SPP-om i povezanost broja udaraca sa zbijenošću tla prikazani su u tablici 4-3.

Tablica 4-3. Rezultati SPP ispitivanja

BUŠOTINA	DUBINA (m)	SPP (š)	SPP (N)	Zbijenost (D) / Konzistencija (C) ISO/CD14688-2
L1 B-1	5,0 – 5,3	-	13,19,22	Čvrsto
	7,0 – 7,3	-	37, ∞,∞	Čvrsto
L1 B-2	3,0 – 3,3	-	4,5,7	Kruto
	5,0 – 5,3	-	10,16,19	Polučvrsto
	7,0 – 7,3	-	32, ∞,∞	Čvrsto
L1 B-3	1,5 – 1,8	-	4,6,8	Kruto
	5,0 – 5,3	-	7,8,10	Polučvrsto
	7,0 – 7,3	-	13,17,21	Čvrsto
L2 B-4	1,5 – 1,8	-	1,1,2	Meko
	5,0 – 5,3	-	9,12,15	Polučvrsto
	7,0 – 7,3	-	18,37, ∞	Čvrsto
L2 B-5	2,0 – 2,3	-	2,3,4	Srednje tvrdo
	5,0 – 5,3	-	7,9,12	Polučvrsto
	7,0 – 7,3	-	16,20,23	Čvrsto
L2 B-6	3,0 – 3,3	-	4,7,9	Polučvrsto
	7,0 – 7,3	-	21,36, ∞	Čvrsto
L3 B-7	3,0 – 3,3	-	1,2,2	Meko
	5,5 – 5,8	-	5,7,8	Kruto
	7,0 – 7,3	-	21,36, ∞	Čvrsto
L3 B-8	5,0 – 5,3	-	38, ∞,∞	Čvrsto
	7,0 – 7,3	-	Pribor odskače	-
L3 B-9	2,0 – 2,3	-	9,14,17	Čvrsto
	4,0 – 4,3	-	21,37, ∞	Čvrsto
	6,0 – 6,3	-	39, ∞,∞	Čvrsto
L4 B-10	1,5 – 1,8	-	4,5,6	Kruto
	7,0 – 7,3	-	19,36, ∞	Čvrsto
L4 B-11	3,0 – 3,3	-	5,7,7	Kruto
	5,0 – 5,3	-	27, ∞,∞	Čvrsto
	7,0 – 7,3	-	Pribor odskače	-
L4 B-12	3,0 – 3,3	-	3,4,6	Kruto
	7,0 – 7,3	-	12,19,24	Čvrsto
L5 B-13	1,5 – 1,8	-	3,5,5	Kruto
	5,0 – 5,3	-	7,12,13	Polučvrsto
	7,0 – 7,3	-	8,13,11	Polučvrsto

<b>L5 B-14</b>	3,0 – 3,3	-	4,4,6	Kruto
	7,0 – 7,3	-	7,13,12	Polučvrsto
<b>L5 B-15</b>	5,0 – 5,3	-	5,6,7	Kruto
	7,0 – 7,3	-	7,10,13	Polučvrsto

#### 4.2.4. Mjerenje razine podzemne vode

Za vrijeme terenskih istraživačkih radova u bušotinama registrirana je pojava podzemne vode (PPV) i nivo/razina podzemne vode (NPV/RPV). Mjerenja su izvršena mjeračem podzemne vode, a vrijednosti izmjerenih dubina upisane su u terenske klasifikacije materijala, prikaz je u tablici 4-4. Pojave podzemnih voda kreću se u rasponu od 2,9 m – 5,5 m, dok se nivo/razina podzemne vode kreće u rasponu od 1,8 – 3,5 m. Za istraživačke bušotine B-9, B-10, B-13, B-14 i B-15 nema izmjerenih podataka za PPV i RPV. Na lokaciji 2, izmjerena je vrlo visoka razina podzemne u bunaru iznad prometnice, gdje je dubina podzemne vode iznosila svega 0,5 m. U bunarima u bližoj okolici prometnice na lokaciji 3, izmjerena je dubina podzemne vode od 0,3 do 0,5 m. Pojave podzemne vode su nepredvidljive te bi za određivanje podzemnih tokova za pojedinu lokaciju bilo potrebno izvršiti detaljna hidrogeološka ispitivanja.

**Tablica 4-4.** Podaci o izmjerenim PPV i NPV

OZNAKA BUŠOTINE	DUBINA BUŠOTINE (m)	PPV -pojava podzemne vode (m)	NPV/RPV -nivo podzemne vode (m)
<b>L1 B-1</b>	7,0	2,9 – cijedi se	-
<b>L1 B-2</b>	7,0	3,0 – cijedi se	-
<b>L1 B-3</b>	7,0	5,0 – cijedi se	3,5
<b>L2 B-4</b>	7,0	3,7 – cijedi se	2,0
<b>L2 B-5</b>	7,0	3,5 – cijedi se	2,0
<b>L2 B-6</b>	7,0	-	-
<b>L3 B-7</b>	7,0	3,4 – cijedi se	2,1
<b>L3 B-8</b>	7,0	2,6 – cijedi se	1,8
<b>L4 B-11</b>	7,0	2,6 – cijedi se	2,0
<b>L4 B-12</b>	7,0	5,5 – cijedi se	2,3

### 4.3. Laboratorijska ispitivanja

Laboratorijska ispitivanja tla uzeta iz 15 bušotina na istraživanoj lokaciji provedena su u Geotehničkom laboratoriju Geotehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Laboratorijska ispitivanja provedena su u vremenskom periodu od 14.12.2022. do 27.2.2023. U geotehnički laboratorij dostavljeno je ukupno 98 uzoraka, od toga 23 neporemećenih uzoraka (NU) i 75 poremećenih uzoraka (PU). Poremećeni uzorci korišteni su za klasifikaciju i određivanje fizičkih svojstva tla, određivanje vlažnosti, graduiranosti i indeksa konzistencije materijala. Neporemećeni uzorci uzeti su i transportirani na način da sačuvaju početna svojstva, a koristili su se za određivanje čvrstoće i jedinične težine.

Laboratorijska geomehanička ispitivanja su provedena prema aktualnim normama i uputama te specificiranim zahtjevima naručitelja za pojedine vrste ispitivanja. Norme provedenih geotehničkih ispitivanja dana su u tablici 4-5.

**Tablica 4-5.** Norme provedenih geomehaničkih ispitivanja

OZNAKA NORME	NAZIV NORME
ASTM D2216-19	Određivanje sadržaja vode (vlažnosti) tla u odnosu na masu
BS 1377-2:1990	Određivanje granice plastičnosti i indeksa plastičnosti
BS 1377-7:1990	Određivanje posmične čvrstoće tla izravnim posmikom u maloj ćeliji
BS 1377-7:1990	Metode ispitivanja tla za građevinarstvo – Dio 7: ispitivanje posmične čvrstoće (ukupno naprezanje)

Na reprezentativnim uzorcima izvršena su ispitivanja koja su navedena u tablicama 4-6. i 4-7. Na osnovi rezultata laboratorijske obrade uzoraka zaključuje se da je istraživana lokacija izgrađena prema fizičko-mehaničkim karakteristikama od različitih slojeva tla. Laboratorijska klasifikacija i detaljni opis uzoraka relativno dobro se poklapaju s terenskom klasifikacijom i služi kao potvrda istoj.

Tablica 4-6. Sumarni prikaz rezultata ispitivanja 1. dio

UZORAK				VRSTA ISPITIVANJA											USCS KLASIFIKACIJA
Br.	Oznaka uzorka	Dubina uzorka [m]	Vrsta uzorka	VLAŽNOST W <sub>0</sub>	*GRANICE KONZISTENCIJE				*GUSTOĆA		*IZRAVNI POSMIK		KRILNA SONDA	TLAČNA ČVRSTOĆA	
					granica tečenja W <sub>L</sub> [%]	granica plastičnosti W <sub>P</sub> [%]	indeks plastičnosti I <sub>P</sub> [%]	indeks konzistencije I <sub>C</sub>	vlažna ρ [g/cm <sup>3</sup> ]	*suha ρ <sub>d</sub> g/cm <sup>3</sup>	kohezija c [kN/m <sup>2</sup> ]	kut unutar. trenja φ [°]	nedrenirana kohezija C <sub>u</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	penetrometar q <sub>u</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	
1	L1 - B1	1,5 - 1,8		25,8	54,5	22,5	32	0,9	2,03	1,61	24,6	23,2		380	CH
2	L1 - B1	3,0 - 3,3		26	47,7	21,4	26,3	0,83					93,2	270	CL
3	L1 - B2	1,5 - 1,8		22,9	37,3	18,6	18,7	0,77	2,08	1,69	10,7	31,2	44,4	180	CL (s pijeskom)
4	L1 - B2	3,0 - 3,3		29,8	57	22,9	34,1	0,8						250	CH
5	L1 - B2	3,5 - 3,6		29,1	55,8	23,6	32,2	0,83						200	CH
6	L1 - B2	4,5 - 4,6		30,1	48	23,6	24,4	0,73						160	CL
7	L1 - B3	3,0 - 3,3		26,7	50,2	22,4	27,8	0,85	2	1,58	3,6	27,7		280	CH/CL
8	L1 - B3	6,0 - 6,2		24,6	47,3	23,1	24,2	0,94						500	CL
9	L2 - B4	3,0 - 3,3		28,2	51,7	23,4	28,3	0,83	2	1,56	18,6	22,4	79,3	220	CH
10	L2 - B4	5,0 - 5,3		23,8	50,4	20,8	29,6	0,9							CH/CL
11	L2 - B5	2,0 - 2,3		32,3	62,1	25,4	36,7	0,81						120	CH
12	L2 - B5	3,0 - 3,3		27,4	53,2	23,3	29,9	0,86	1,97	1,55	15,1	20,2	118,7	220	CH
13	L2 - B5	4,0 - 4,1		29,1	55,7	21,7	34	0,78						180	CH
14	L2 - B5	5,0 - 5,3		27,1	54,6	22,4	32,2	0,85						220	CH
15	L2 - B6	1,5 - 1,8		24,9	55,8	22,4	33,4	0,93	2,01	1,61	26	16,6	158,9	300	CH
16	L2 - B6	5,0 - 5,3		27,7	49,4	22,3	27,1	0,8	2	1,57	15,7	24,3	108	200	CL/CH
17	L3 - B7	1,5 - 1,7		24	43,4	19,8	23,6	0,82	2,01	1,62	7,4	29,7	69,9	120	CL
18	L3 - B7	3,0 - 3,3		25,5	42,4	21	21,4	0,79							CL
19	L3 - B7	4,0 - 4,2		28	39,7	19,7	20	0,59						100	CL
20	L3 - B8	1,5 - 1,8		24,5	60,9	25,9	35	1,04	1,86	1,49	24	24		>500	CH

**Tumač oznaka vrste uzorka**

Neporemećeni uzorak (NU)

Poremećeni uzorak (PU)

Poremećeni uzorak iz jezgre (PU<sub>JEZ</sub>)

Poremećeni uzorak iz cilindra za SPT (PU<sub>SPT</sub>)

\*akreditirane metode

\* vrijednost suhe obujamske gustoće dobivena je iz probnih tijela za izravni posmik

Tablica 4-7. Sumarni prikaz rezultata ispitivanja 2.dio

UZORAK				VRSTA ISPITIVANJA											USCS KLASIFIKACIJA
Br.	Oznaka uzorka	Dubina uzorka [m]	Vrsta uzorka	VLAŽNOST $W_0$	GRANULOMETRIJSKI SASTAV				GUSTOĆA		IZRAVNI POSMIK		KRILNA SONDA	TLAČNA ČVRSTOĆA	
					granica tečenja $W_L$ [%]	granica plastičnosti $W_P$ [%]	indeks plastičnosti $I_P$ [%]	indeks konzistencije $I_C$	vlažna $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	suha $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>	kohezija $c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	kut unutar. trenja $\phi$ [°]	nedrenirana kohezija $C_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	penetrometar $q_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	
21	L3 - B8	3,0 - 3,3		25,3	55,8	24,7	31,1	0,98						>500	CH
22	L3 - B9	1,0 - 1,2		28,1	64,2	25,8	38,4	0,94						380	CH
23	L3 - B9	2,0 - 2,3		25	65,1	26,1	39	1,03						>500	CH
24	L4 - B10	1,5 - 1,8		25,2	56,5	24,4	32,1	0,98						380	CH
25	L4 - B10	3,0 - 3,3		25,5	60,1	25,1	35	0,99	2	1,59	15,1	25		>500	CH
26	L4 - B11	1,5 - 1,8		22,4	53,1	23	30,1	1,02	2,03	1,66	20,2	25,7	129,3	240	CH
27	L4 - B11	2,5 - 2,7		30,7	48,4	24,9	23,5	0,75	1,91	1,46	24,2	21	78,7	180	CL
28	L4 - B11	4,5 - 4,6		25,9	57,2	26,7	30,5	1,03						>500	CH
29	L4 - B12	1,0 - 1,1		30,9	71,5	27	44,5	0,91	1,9	1,45	24,2	19	68,3	120	CH
30	L4 - B12	3,0 - 3,2		29,6	60,4	24,2	36,2	0,85						280	CH
31	L4 - B12	5,0 - 5,2		31,1	64,5	28,9	35,6	0,94	1,93	1,47	27,4	17,8	170,5	320	CH
32	L5 - B13	1,0 - 1,1		24,9	53	26,2	26,8	1,05						500	CH
33	L5 - B13	3,0 - 3,2		26,4	63,7	27,8	25,9	1,04	1,97	1,56	19,5	26,2		>500	CH
34	L5 - B13	5,0 - 5,3		28,4	63,2	27,3	25,9	0,97						>500	CH
35	L5 - B14	1,5 - 1,7		22,6	47,1	21,5	25,6	0,96	2,08	1,7	19,3	26,6		280	CL
36	L5 - B14	5,0 - 5,3		26,8	59,8	25,5	34,3	0,96	1,99	1,57	2,6	27,9		>500	CH
37	L5 - B14	5,5 - 5,6		28,9	60,3	24,4	35,9	0,87						400	CH
38	L5 - B14	6,5 - 6,6		26	58,5	25,4	33,1	0,98						>500	CH
39	L5 - B15	1,0 - 1,2		29,7	60,6	24,3	36,3	0,85	2,05	1,58	23,5	19,9	64,5	200	CL (s pijeskom)
40	L5 - B15	3,0 - 3,3		28,6	56,9	23,7	33,2	0,85						300	CL/CH

**Tumač oznaka vrste uzorka**

Neporemećeni uzorak (NU)

Poremećeni uzorak (PU)

Poremećeni uzorak iz jezgre (PU<sub>JEZ</sub>)

Poremećeni uzorak iz cilindra za SPT (PU<sub>SPT</sub>)

\*akreditirane metode

\* vrijednost suhe objamske gutoće dobivena je iz probnih tijela za izravni posmik

## **5. INŽENJERSKOGEOLOŠKI MODEL**

Na temelju terenskih istražnih radova i laboratorijskog ispitivanja uzoraka interpretirane inženjerskogeološke jedinice i njihova prostorna distribucija koja je prikazana na inženjerskogeološkim kartama mjerila 1:500 (Prilozi br. 1/1 – 1/5) i pomoću inženjerskogeoloških profila u mjerilu 1:250 (Prilozi br. 2/1 – 2/10). Značajke istraživane lokacije prikazane su pomoću opisa i karakteristika materijala koji se nalazi na prikazanoj karti i profilima.

### **5.1. Inženjerskogeološke jedinice**

S obzirom na razinu inženjerskogeoloških istraživanja izdvojene su inženjerskogeološke jedinice koje odgovaraju rangu inženjerskogeoloških tipova. U skladu s preporukama Međunarodnog društva za inženjersku geologiju za opis i klasifikaciju stijena i tala (IAEG, 1981). Kriterij homogenosti za izdvajanje ovih jedinica bilo je fizičko stanje litološkog tipa tla (litološki sastav, struktura i stupanj trošnosti). Primarni izvor podataka na osnovi kojih su izdvojene jedinice na inženjerskogeološkom profilu bila je inženjerskogeološka determinacija i interpretacija materijala iz jezgra bušotina.

Inženjerskogeološkom determinacijom i interpretacijom obuhvaćeno je 15 bušotina pojedinačne dubine 7 metara, na temelju čega je utvrđena detaljna geološka građa na lokaciji istraživanog područja (kronostratigrafska pripadnost, strukturno – geološke značajke, fizička i mehanička svojstva). Položaji bušotina prikazani su na inženjerskogeološkim kartama mjerila 1:500. Rezultati inženjerskogeološke determinacije prikazani su za svaku bušotinu zasebno u obliku inženjerskogeoloških presjeka i fotografija jezgre bušotine (Prilozi br. 3/1 – 3/15). Uz opis značajki tala iz jezgara bušotina, na presjecima bušotina označena je i interpretacija geneze izbušenih naslaga, odnosno pripadnost inženjerskogeološkim tipovima.

Materijali dobiveni istražnim bušenjem podijeljeni su u četiri inženjerskogeološke jedinice koje se koriste za izradu inženjerskogeološkog modela. Inženjerskogeološke jedinice podijeljene su prema karakterističnim podacima o broju udaraca SPP ispitivanja i prema rezultatima ispitivanja džepnim penetrometrom i geotehnički sličnim parametrima. Prikaz inženjerskogeoloških jedinica nalazi se u tablici 5-1.

**Tablica 5-1.** Prikaz inženjerskogeoloških jedinica

GENEZA/STRATIGRAFSKI SIMBOL				INŽENJERSKOGEOLOŠKA JEDINICA
POVRŠINSKE NASLAGE - POKRIVAČ	umjetne naslage: nasip	01	Q <sub>ut</sub>	U plićem horizontu sadržan je tucanik, malo zaglinjen, u dubljim dijelovima sastavljen od smeđe gline.
MATIČNA STIJENA - PODLOGA	pliocenske naslage: glina niske plastičnosti	11	Pl <sub>1</sub> <sup>2</sup>	SPP 3-11 udaraca nožem, čvrstoća od 31-294 kPa; meko do srednje plastično konzistentno stanje.
	pliocenske naslage: glina visoke plastičnosti	12	Pl <sub>1</sub> <sup>2</sup>	SPP 10-21 udaraca nožem, čvrstoća 263-413 kPa; kruto do polučvrsto plastično konzistentno stanje.
	pliocenske naslage: prahovita glina	13	Pl <sub>1</sub> <sup>2</sup>	SPP od 35 udaraca i preko 50 udaraca nožem, pribor odskače; čvrstoća veća od 450 kPa; polučvrsto konzistentno stanje.

Izdvojene inženjerskogeološke jedinice prikazane su na priložima pomoću boja iz inženjerskogeološke klasifikacije stijena/tla iz Uputa za izradu osnovne inženjerskogeološke karte SFRJ mjerila 1:100 000 (ANON, 1988). Prema toj klasifikaciji sve stijene/tla svrstavaju se u četiri glavne skupine stijena/tla, koje se na inženjerskogeološkim kartama i profilima označavaju odgovarajućim bojama:

- (I) Nevezane stijene (pijesak, šljunak) sivom bojom;
- (II) Vezane neokamenjene stijene (prah, glina) žutom bojom;
- (III) Vezane slabo okamenjene stijene smeđom bojom;
- (IV) Vezane dobro okamenjene stijene nijansama zelene boje.

Inženjerskogeološki tipovi površinskih naslaga koje nalazimo na istraživanome području ŽC4043 Levinovac pripadaju nevezanim stijenama (pijesak, šljunak – nasip) koje su prikazane sivom bojom. Inženjerskogeološki tipovi podloge pripadaju vezanim neokamenjenim stijenama (prah, glina) koje su označene nijansama žute boje.

Opis svake pojedinačne inženjerskogeološke jedinice dan je u nastavku, grupirani prema svojstvima:



### 5.1.1. Inženjerskogeološka jedinica 1 – Nasip

Prvu inženjerskogeološku jedinicu čine naslage nasipa i nađen je u svih 15 istraživačkih bušotina. Nasip u bušotinama se kreće od 0,0 m i ne prelazi veću dubinu od 1,2 m, stoga ujedno njegova debljina ne prelazi 1,2 m. Nasip je u gornjem plićem horizontu (maks. do 0,6 m) predstavljen tucanikom koji je malo zaglinjen i kao takav prisutan je u bušotinama B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-8, B-9, B-11, B-12, B-13, B-14. U donjem horizontu sastoji se od smeđe gline sa sitnozrnatom ili rijetkim šljunkom i kršjem cigle i nalazi se u bušotinama B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-11, B-12, B-14.

### 5.1.2. Inženjerskogeološka jedinica 2 – Glina niske plastičnosti

Inženjerskogeološka jedinica 2 nalazi se u sljedećim bušotinama B-4, B-5, B-6, B-7, B-10, B-11, B-12, B-13 i B-14. Inženjerskogeološku jedinicu 2 čine naslage gline niske plastičnosti i pripada u podlogu odnosno inženjersko tlo koje se nalazi ispod površinskog sloja nasipa. Ovaj materijal pripada naslagama pliocenske starosti. Fizičko – mehanička svojstva druge inženjerskogeološke jedinice ispitana su na terenu („*in situ*“) ispitivanjem standardnim penetracijskim pokusom i ispitivanjem džepnim penetrometrom. Ukupno je izvedeno 4 SPP-a i rezultati ispitivanja kreću se u rasponu od najmanje 3 do najviše 11 udaraca nožem. Rezultati ispitivanja džepnim penetrometrom, kao pokazateljem jednoosne tlačne čvrstoće koherentnog tla, iznose od 31 do najviše 294 kPa. Na temelju dobivenih rezultata SPP ispitivanja i džepnog penetrometra dobiveno je meko do srednje plastično konzistentno stanje, no postoji iznimka u bušotinama B-6, B-10, B-11 i B-12 gdje se konzistencija tla kreće od srednje prema kruto plastičnom stanju. Za laboratorijska istraživanja iz inženjerskogeološke jedinice 2 uzeto je ukupno 7 neporemećenih uzoraka (NU) i 11 poremećenih uzoraka (PU). Provedeno je ispitivanje mehaničkih svojstava izravnim posmikom pri čemu su dobivene vrijednosti parametara: kut unutarnjeg trenja ( $\varphi$ ) iznosi između  $16,6^\circ$  -  $29,7^\circ$  i kohezija ( $c$ ) iznosi između 7,4 kPa – 26,6 kPa. Na temelju provedenih laboratorijskih ispitivanja na 11 uzoraka iz inženjerskogeološke jedinice 2 dobivene su sljedeće vrijednosti fizičkih veličina: vlažnost ( $w_0$ ) iznosi između 22,4 – 32,3 %, dok je prosječna vrijednost 26,64%, granica tečenja ( $w_L$ ) između 47,1 – 71,5 % s prosječnom vrijednošću 54,07%, granica plastičnosti ( $w_P$ ) između 19,8 – 27% s prosječnom vrijednošću od 23,36%. Druga inženjerskogeološka jedinica karakterizirana je smeđo – sivom bojom tla. Najmanja debljina naslaga utvrđena terenskim istraživačkim radovima iznosi 0,9 m, a maksimalna zabilježena debljina iznosi 4,3 m.

### 5.1.3. Inženjerskogeološka jedinica 3 – Glina visoke plastičnosti

Inženjerskogeološku jedinicu 3 čine naslage gline niske i visoke plastičnosti i pripada u podlogu točnije inženjersko tlo koje se nalazi ispod inženjerskogeološke jedinice 2. Ovaj materijal pripada naslagama pliocenske starosti. Fizičko – mehanička svojstva treće inženjerskogeološke jedinice ispitna su na terenu („*in situ*“) ispitivanjem standardnim penetracijskim pokusom i ispitivanjem džepnim penetrometrom. Provedeno je 7 SPP ispitivanja i rezultati ispitivanja kreću se u rasponu od 10 do 21 udaraca *N*. Rezultati ispitivanja džepnim penetrometrom iznose od najmanje 263 kPa do najviše 413 kPa. Na temelju dobivenih rezultata SPP ispitivanja i džepnog penetrometra dobiveno je kruto do polučvrsto konzistentno stanje. Za laboratorijska istraživanja iz inženjerskogeološke jedinice 3 uzeto je ukupno 11 neporemećenih uzoraka (NU) i 28 poremećenih uzoraka (PU). Provedeno je ispitivanje mehaničkih svojstava izravnim posmikom pri čemu su dobivene vrijednosti parametara: kut unutarnjeg trenja ( $\varphi$ ) iznosi između  $14,0^\circ$  -  $31,2^\circ$  i kohezija ( $c$ ) iznosi između 3,6 kPa – 27,4 kPa. Kohezija je najmanja u bušotini B-3 te iznosi 3,6 kPa. Na temelju provedenih laboratorijskih ispitivanja na 18 uzoraka iz inženjerskogeološke jedinice 3 dobivene su sljedeće vrijednosti fizičkih veličina: vlažnost ( $w_0$ ) iznosi između 22,9 -29,7 %, a prosječna vrijednost iznosi 27,26%, granica tečenja ( $w_L$ ) između 39,7 – 64,2 % s prosječnom vrijednošću 54,06%, granica plastičnosti ( $w_P$ ) između 18,6 – 38,4% s prosječnom vrijednošću 23,16%. Treća IG jedinica karakterizirana je smeđo – sivom bojom tla. U pojedinim bušotinama boja prelazi prema crvenkasto-smeđoj zbog prisutnosti zrna željezo oksid-hidroksida. Najmanja debljina naslaga utvrđena terenskim istraživačkim radovima iznosi 0,8 m i ne prelazi debljinu od 4,9 m. Inženjerskogeološka jedinica 3 nalazi se u svim istraživačkim bušotinama.

### 5.1.4. Inženjerskogeološka jedinica 4 - Prahovita glina

Inženjerskogeološku jedinicu 4 čine naslage prahovite gline i mjestimično u pokojnoj bušotini utvrđene su naslage glinovitog praha i pripada u podlogu/inženjersko tlo koje se nalazi ispod inženjerskogeološke jedinice 3. Ovaj materijal pripada naslagama pliocenske starosti. Fizičko – mehanička svojstva četvrte inženjerskogeološke jedinice ispitna su na terenu („*in situ*“) ispitivanjem standardnim penetracijskim pokusom i ispitivanjem džepnim penetrometrom. Provedeno je 10 SPP ispitivanja i rezultati ispitivanja kreću se od najmanje 18 udaraca do maksimalnog broja udaraca koji prelazi preko 50 udaraca, u dvije bušotine (B-8 i B-11) u intervalu od 7,0 – 7,3 m pribor odskače. Rezultati ispitivanja jednoosne tlačne

čvrstoće džepnim penetrometrom iznose najmanje 419 kPa i u većini bušotini vrijednosti premašaju 450 kPa. Na temelju dobivenih rezultata SPP ispitivanja i džepnog penetrometra dobiveno je polučvrsto konzistentno stanje. Za laboratorijska istraživanja iz inženjerskogeološke jedinice 4 uzeto je ukupno 3 neporemećenih uzoraka (NU) i 35 poremećenih uzoraka (PU). U IG jedinici provedeno je ispitivanje mehaničkih svojstava izravnim posmikom u jednom uzorku u bušotini B-14 pri čemu su dobivene vrijednosti parametara: kut unutarnjeg trenja ( $\varphi$ ) iznosi  $27,9^\circ$  i kohezija ( $c$ ) iznosi 2,6 kPa. Na temelju provedenih laboratorijskih ispitivanja na 11 uzoraka iz IG jedinice 4 dobivene su sljedeće vrijednosti fizičkih veličina: vlažnost ( $w_0$ ) iznosi između 23,8 – 31,1% s prosječnom vrijednošću od 26,90%, granica tečenja ( $w_L$ ) između 47,3 – 65,1% dok je prosječna vrijednost 57,28%, granica plastičnosti ( $w_P$ ) između 20,8 – 28,9%, a prosječna vrijednost 25,14%. Četvrta inženjerskogeološka jedinica karakterizirana je smeđo – sivom bojom tla. Najmanja debljina naslaga utvrđena terenskim istraživačkim radovima iznosi 0,3 m i ne prelazi debljinu od 5,6 m. Inženjerskogeološka jedinica 4 prisutna je u svim istraživačkim bušotinama.

## 6. DISKUSIJA

Zadatak inženjerskog geologa je provođenje inženjerskogeoloških i geotehničkih laboratorijskih i terenskih istraživanja čiji se rezultati koriste za utvrđivanje činjeničnog stanja u tlu/stijeni. Točnije, potrebno je definirati geološke formacije (strukturne, stratigrafske, hidrogeološke, geomorfološke i dr.), odrediti fizičko – mehanička svojstva stijene i tla, odrediti mineraloške, kemijske, hidrauličke značajke svih prirodnih materijala, predvidjeti promjene gore navedenih svojstava s vremenom. Analizom prikupljenih podataka o terenskim i laboratorijskim ispitivanjima, pristupa se izradi reprezentativnog inženjerskogeološkog modela za istraživano područje. Kod pojave hazarda bitna je uloga inženjerskog geologa koji pomoću istraživanja predmetne lokacije i dobivanja informacija o podzemlju može rekonstruirani uvjete, ukazati na potencijalne pojave nestabilnosti u tlu.

Inženjerskogeološki profili i karte rezultat su inženjerskogeološkog modeliranja koji se u ovom slučaju koriste pri projektu sanacije županijske ceste. Cilj inženjerskogeološkog modela je stvoriti što bolju predodžbu - ukazati na sliku podzemlja i površine terena kako bi se što jasnije pokazali geološki uvjeti koji vladaju u tlu, a u konačnici kako bi se projektiranje sanacije moglo provesti što kvalitetnije.

Inženjerskogeološki model županijske ceste ŽC4043 s prikazanom nestabilnosti u tlu nastao je kao rezultat programa terenskih i laboratorijskih programa ispitivanja. Program ispitivanja uključivao je: geodetsku snimku postojećeg stanja; izvedbu 15 istraživačkih bušotina s jezgrovanjem na pet različitih lokacija duž županijske ceste ŽC4043 ukupne duljine 105 m; provedba standardnog penetracijskog pokusa (SPP); mjerenje razine podzemne vode; uzorkovanje neporemećenih i poremećenih uzoraka; determinaciju jezgre te ispitivanje na ukupno 98 uzetih uzoraka u geomehaničkom laboratoriju. Laboratorijska klasifikacija i detaljni opis uzoraka relativno dobro se poklapaju s terenskom klasifikacijom i služi kao potvrda istoj. Odstupanja u terenskoj i laboratorijskoj klasifikaciji događaju se u intervalima manjih debljina gdje je veća prisutnost gline visoke plastičnosti i praha čije je omjere ili plastičnost teže uočiti vizualnom terenskom klasifikacijom.

Na dionici županijske ceste ŽC4043, nestabilnosti u tlu se pojavljuju nakon konstrukcije vodovoda 2007. godine te uz samu cestu nastaju deformacije. Dionica je nekoliko puta sanirana no unatoč sanaciji u kratkom vremenskom periodu ponovo se pojavljuju deformacije, oštećenja i pukotine. Vjerojatni uzrok pojave oštećenja je kontakt dvaju materijala površinskog horizonta – nasipa i podloge koja se nalazi ispod – gline niske

plastičnosti. Uslijed povećanih propuštanja vode temeljno tlo se saturira vodom, postaje srednje do lako gnječive konzistencije, te dolazi do puzanja i bubrenja gline. Ovakve promjene u materijalu vjerojatno su posljedica sezonskih promjena odnosno stezanja materijala tijekom ljetnih mjeseci, te bubrenja tijekom vlažnih zimskih mjeseci. Također, nastanak nestabilnosti na svih pet lokacija vjerojatno je posljedica visokih razina podzemne vode nakon razdoblja visokih oborina u kombinaciji s opterećenjem kolničke konstrukcije uzrokovanim prometom.

Inženjerskogeološko kartiranje terena otežavala je gusta vegetacija koja se nalazi na padini iznad i ispod prometnice. Stoga, nije bilo moguće uočiti eventualne aktivne geomorfološke procese. Dobili bi se pouzdaniji podaci za izradu inženjerskogeoloških poprečnih profila, pozicioniranjem istraživačkih bušotina van trase promatrane dionice prometnice i eventualnim laserskim skeniranjem padine. Također, količina i točnost podataka prikupljenih terenskim istraživačkim radovima bila bi veća da se proveda jedna od geofizičkih metoda istraživanja. Sustavnim mjerenjem razine podzemne vode kroz duži vremenski period dobili bi se precizniji podaci o kolebanju podzemnih tokova na pojedinoj lokaciji.

S obzirom na navedene karakteristike tla, prilikom građevinskih radova sanacije potrebno je posvetiti pozornost na drenažu površinske i podzemne vode kako bi se spriječila eventualna nova oštećenja na cesti. Treba provesti sustav odvodnje vode koji prikuplja i odvodi (drenovi, kanali, kanalice) površinsku, podzemnu i oborinsku vodu u podnožje na sigurno mjesto izvan zone kolničke konstrukcije gdje njeno istjecanje neće imati utjecaja na saniranu dionicu ceste, kao ni na okolne stambene objekte.

## 7. ZAKLJUČAK

Geotehničkim terenskim istraživanjima provedenim u prosincu 2022. godine i laboratorijskim ispitivanjima provedenim u veljači 2023. godine prikupljeni su podaci za interpretaciju inženjerskogeološkog modela županijske ceste ŽC4043 Levinovac. Provedenim istražnim radovima na predmetnoj lokaciji određena su osnovna svojstva, sastav i parametri tla. Cilj istražnih radova bio je prikazati prostornu raspodjelu onih svojstava tla, koji bitno utječu na stabilnost i uporabivost županijske ceste.

Inženjerskogeološki model predmetne lokacije izrađen je na temelju interpretacije 15 istraživačkih bušotina na 5 lokacija duž spomenute dionice i podataka o detaljnim laboratorijskim ispitivanjima tla. Na interpretiranim prognoznim inženjerskogeološkim profilima lokacije Levinovac izdvojeni su materijali koji su po svojim fizikalno – mehaničkim i geotehničkim karakteristikama slični te su razdvojene površinske naslage od podloge – inženjerskog tla. Na temelju istraživačkih radova razdvojene su četiri inženjerskogeološke jedinice. Prva inženjerskogeološka jedinica sastavljena je od površinskog pokrivača nasipa  $Q_{ut}$ , a preostale inženjerskogeološke jedinice predstavljaju podlogu odnosno inženjersko tlo ( $Pl_1^2$ ) koje je predstavljeno naslagama gline visoke i niske plastičnosti, te prahovite gline i glinovitog praha u dubljim dijelovima bušotina. Za drugu inženjerskogeološku jedinicu karakterističan je broj SPP udaraca od 3 do 11, te je određeno meko do srednje plastično konzistentno stanje, prosječan postotak granice tečenja ( $W_L$ ) iznosi 54,07%, granica plastičnosti ( $W_P$ ) iznosi 23,36%, a prosječna vlažnost ( $W_0$ ) je 26,64%. Treća inženjerskogeološka jedinica karakterizirana je većim brojem udaraca od 10 do 21, te je kruto do polučvrsto konzistentno stanje, prosječan postotak granice tečenja ( $W_L$ ) iznosi 54,06%, granica plastičnosti ( $W_P$ ) iznosi 23,16%, a prosječna vlažnost ( $W_0$ ) je 27,26%. U zadnjoj inženjerskogeološkoj jedinici, broj SPP udaraca je najveći i u pojedinim bušotinama pribor odskače i određeno je polučvrsto konzistentno stanje, prosječan postotak granice tečenja ( $W_L$ ) iznosi 57,28%, granica plastičnosti ( $W_P$ ) iznosi 25,14%, a prosječna vlažnost ( $W_0$ ) je 26,9%.

Deformacije, pukotine i oštećenja na cesti najvjerojatnije se nalaze na kontaktu površinskog horizonta – nasipa i podloge koja je karakterizirana naslagama gline. Na terenu nisu uočene pojave na temelju kojih bi se moglo zaključiti da se radi o klizanju, pretpostavlja se da su oštećenja posljedica slabe kvalitete nasipa prometnice te prometnog opterećenja. Još jedan uzrok oštećenju može biti vlaženje terena tijekom različitih oborinskih događaja te ono utječe na promjene u materijalu, koje nastaju kao posljedica sezonskih promjena

odnosno stezanja materijala tijekom ljetnih mjeseci i bubrenja tijekom vlažnih zimskih mjeseci. Sumiranjem svih karakteristika tla predlaže se program sanacije. Usljed građevinskih radova sanacije potrebno je posvetiti pozornost na drenažu površinske i podzemne vode na sigurno mjesto izvan zone klizišta.

Općenito možemo zaključiti kako kvalitetno provedena inženjerskogeološka i geotehnička istraživanja i laboratorijska ispitivanja omogućuju prikupljanje reprezentativnih podataka. Interpretacijom prikupljenih podataka izrađuje se reprezentativan i pouzdan inženjerskogeološki model koji će omogućiti sigurnu izgradnju, nadogradnju, sanaciju i u konačnici uporabu građevine.

## 8. LITERATURA

- ANON. 1988. *Upute za izradu osnovne inženjerskogeološke karte SFRJ*. Savezni geološki zavod, Beograd.
- ASTM INTERNATIONAL. 2019. Designation: D2216-19. *Standard test methods for laboratory determination of water content of soil and rock by mass*.
- BISCH, P., CARVALHO, E., DEGEE, H., FAJFAR, P., FARDIS, M., FRANCHIN, P., KRESLIN, M., PECKER, A., PINTO, P., PLUMIER A., SOMJA, H., TSIONIS, G. 2011. *Eurocode 8: Seismic Design of Buildings Worked examples, Workshop „EC 8: Seismic Design of Buildings“*.
- BRITISH STANDARD. 1990. BS 1377-7:1990. *Methods of test for soils for civil engineering purposes – Shear strenght tests (total stress)*.
- DOMITROVIĆ, D. 2022. *Geotehnička ispitivanja i opažanja; Geotehničko projektiranje i regulativa (Eurokod 7) – interna skripta*. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko – geološko – naftni fakultet.
- DRŽAVNI HIDROMETEROLOŠKI ZAVOD. (anon., n.d.). URL: <https://hidro.dhz.hr/hidroweb/pocetna/pojmovi.html> (17.10.2023.)
- EUROPEAN STANDARD. 2004. EN1997-1: *Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules* [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]
- HRVATSKI NORMATIVNI DOKUMENT. 2008. HRN EN ISO 22476-3:2008. *Geotehničko istraživanje i ispitivanje-Terensko ispitivanje-3.dio, Standardno penetracijsko ispitivanje*.
- GALOVIĆ, I., MARKOVIĆ, S. 1976. *Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Virovitica L 33-83*. Savezni geološki savez, Beograd.
- HERAK, M. 2011. *Karta potresnih područja Republike Hrvatske*. Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
- HRVATSKI ZAVOD ZA NORME. *Karte potresnih područja Republike Hrvatske*. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno – matematički fakultet, Geofizički odsjek. URL: <http://seizkarta.gfz.hr/hazmap/> (2.10.2023.)
- INTERNATIONAL AEROSPACE ENVIRONMENTAL GROUP. 1981. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Springer Professional.
- IVANKOVIĆ, T. 2010. *Geotehnički istražni radovi*. Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet Varaždin.
- KOSMATINA, M., IVKOVIĆ, A., ŠARIN, A. 1983. *Tumač za Hidrogeološku kartu SFR Jugoslavije 1:500 000*. Zavod za kartografiju „Geokarta“, Beograd.
- KOVAČIĆ, I. 2020. *Nasip za obranu od poplava armiranim geosinteticima*. Diplomski rad. Sveučilište Sjever, Varaždin.



- KVASNIČKA, P., MATEŠIĆ L., IVANDIĆ K. 2011. *Geotechnical site classification and Croatian national annex for eurocode 8*. Studija. Sveučilište u Zagrebu.
- KVASNIČKA, P., DOMITROVIĆ, D. 2007. *Mehanika tla – interna skripta*. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko – geološko – naftni fakultet.
- LANCELLTTA, R. 2008. *Geotechnical Engineering*. Tehničko Sveučilište Torino, Italija.
- MARKOVIĆ, S. 1986. *Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Podravska Slatina L 33-84*. Savezni geološki savez, Beograd.
- MENSUR, M. 2018. *Ispitivanje tla u geotehničkom laboratoriju*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
- MIHALIĆ ARBANAS, S. 2022.a *Geotehničko istraživanje – interna skripta (poglavlje 19.)*. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko – geološko – naftni fakultet.
- MIHALIĆ ARBANAS S. 2022.b *Rezultati inženjerskogeološkog istraživanja – interna skripta*. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko – geološko – naftni fakultet.
- NACRT HRVATSKE NORME. nHRN EN 1998-1:2011/NA. *Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 1 .dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade – Nacionalni dodatak*.
- ROJE – BONACCI, T. 2015. *Zaštita kosina i sanacija klizišta*. Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije.
- SOBHAN, K. 2014. *Principles of Geotechnical Engineering*. California State University, Florida Atlantic University.
- STRELEC, S. 2012. *Podpovršinski istražni radovi*. Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet.
- SZAVITS NOSSAN, V. n.d. *Mehanika tla i stijena – posmična čvrstoća tla*.
- ŠANDOR, T. 2017. *Geotehnički istražni radovi u tlu*. Završni rad. Sveučilište Josipa Juraja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek.
- ŽIVKOVIĆ, H. 2015. *Inženjerskogeološki model klizišta u naselju Cerna*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko – geološko – naftni fakultet.





# INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA

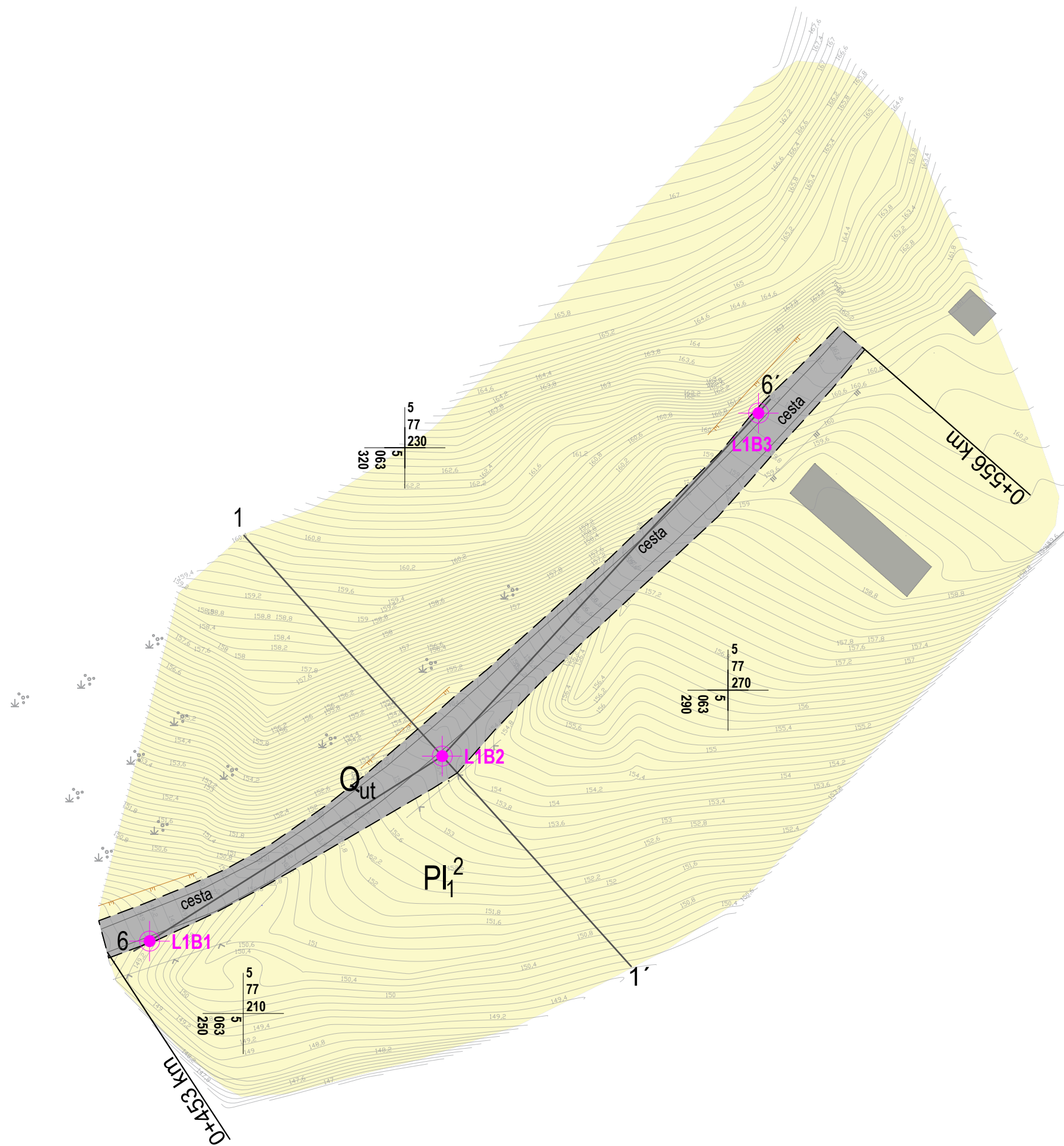
Lokacija 1

## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA	OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE
Pokrivač/ površinske naslage	Q <sub>ut</sub>	IGJ-1	-	Tucanik, malo zaglinjen; Sa sitnozrnim šljunkom
Podloga	Pl <sub>1</sub> <sup>2</sup>	IGJ-3	CL	Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH; Srednje do kruto plastično konzistentno stanje

## TUMAČ OZNAKA

	Istraživačka bušotina		Prirodan pokos
	Inženjerskogeološki profil		
	Stacionaže ceste		



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

PROJEKT PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE  
ŽC4043

LOKACIJA ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ  
VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA

VRSTA ISTRAŽIVANJA INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

SADRŽAJ PRILOGA INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA - Lokacija 1

IZRADILA  
Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.

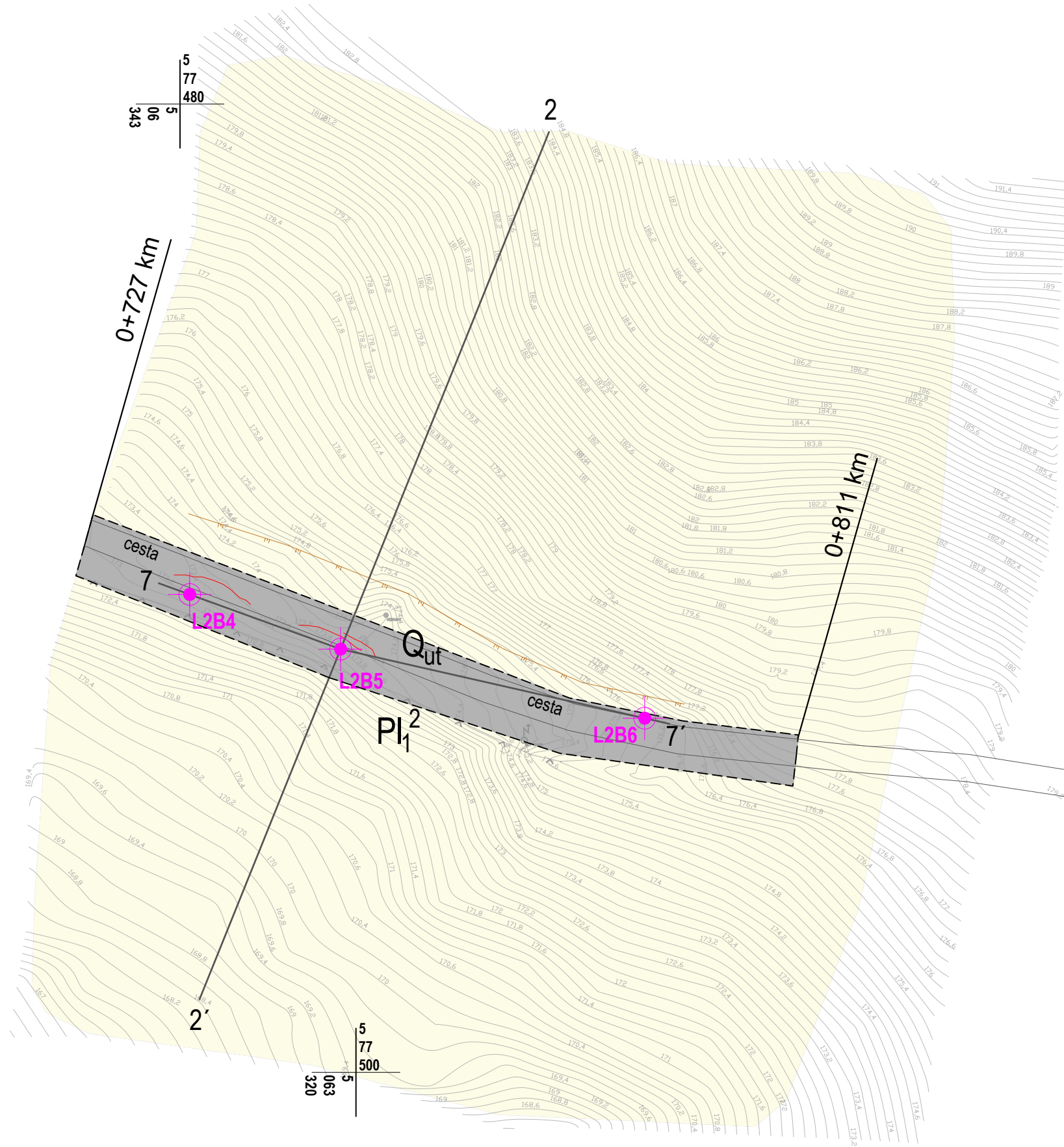
DATUM  
Prosinac, 2023.

MJERILO  
1:500

PRILOG BR.  
1/1

# INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA

Lokacija 2



## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA	OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE		
Pokrivač/ površinske naslage	$Q_{ut}$	IGJ-1	NASIP	-	Tucanik, malo zaglinjen; Sa sitnozrnim šljunkom	
Podloga	Naslage pliocenske starosti	$PI_1^2$	IGJ-2	INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti	CL	Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH; Srednje do kruto plastično konzistentno stanje

## TUMAČ OZNAKA

	Istraživačka bušotina		Prirodan pokos
	Inženjerskogeološki profil		Pukotina
	Stacionaže ceste		

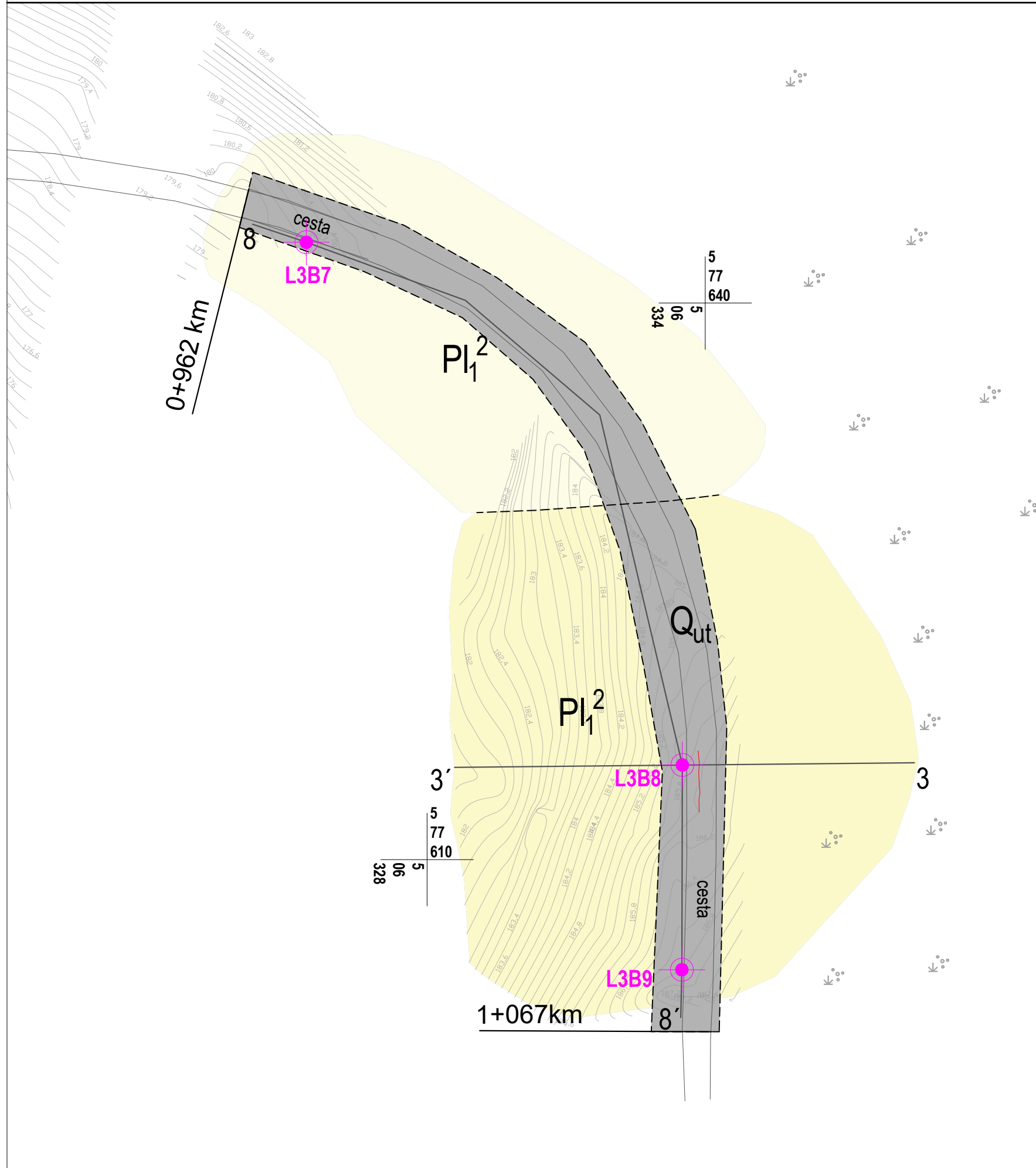


Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

PROJEKT	PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043	
LOKACIJA	ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA	
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA	
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA - Lokacija 2	
IZRADILA	Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.	
DATUM	MJERILO	PRILOG BR.
Prosinac, 2023.	1:500	1/2

# INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA

Lokacija 3



## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE
Pokrivač/ površinske naslage	Q <sub>ut</sub>	IGJ-1	NASIP	-	Tucanik, malo zaglinjen; Sa sitnozrnim šljunkom
Podloga	Naslage kvartarne starosti	PI <sub>1</sub> <sup>2</sup>	INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti	CL	Terenska klasifikacija: CL; Srednje plastično konzistentno stanje
		PI <sub>1</sub> <sup>2</sup>	INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti	CL	Terenska klasifikacija: CL; Kruvo plastično konzistentno stanje

## TUMAČ OZNAKA

	Istraživačka bušotina		Prirodan pokos
	Inženjerskogeološki profil		Pukotina
	Stacionaže ceste		



Sveučilište u Zagrebu  
**RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET**

PROJEKT PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE  
ŽC4043

LOKACIJA ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ  
VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA

VRSTA ISTRAŽIVANJA INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

SADRŽAJ PRILOGA INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA - Lokacija 3

IZRADILA  
Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.

DATUM  
Prosinac, 2023.

MJERILO  
1:500

PRILOG BR.  
1/3




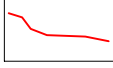

# INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA

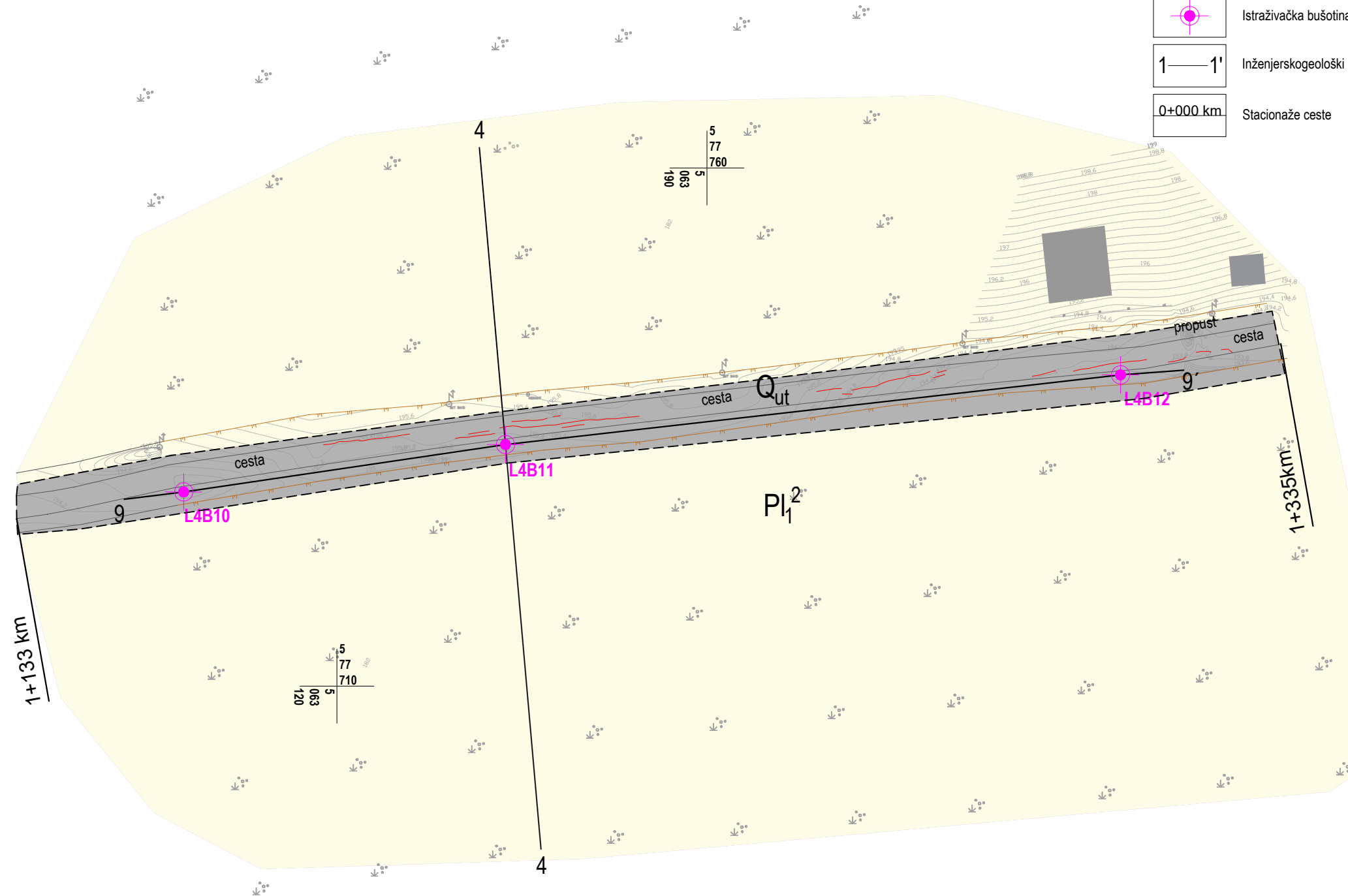
Lokacija 4

## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA	OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE
Pokrivač/ površinske naslage	$Q_{ut}$	IGJ-1	-	Tucanik, malo zaglinjen; Sa sitnozmmim šljunkom
Podloga	Naslage pliocenske starosti $Pl_1^2$	IGJ-2	CL	Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH; Srednje do kruto plastično konzistentno stanje

## TUMAČ OZNAKA

	Istraživačka bušotina		Prirodan pokos
	Inženjerskogeološki profil		Pukotina
	Stacionaže ceste		



	Sveučilište u Zagrebu <b>RUDARSKO GEOLOŠKO NAFTNI FAKULTET</b>	
PROJEKT	PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043	
LOKACIJA	ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA	
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA	
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA - Lokacija 4	
IZRADILA	Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.	
DATUM	MJERILO	PRILOG BR.
Prosinac, 2023.	1:500	1/4

# INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA

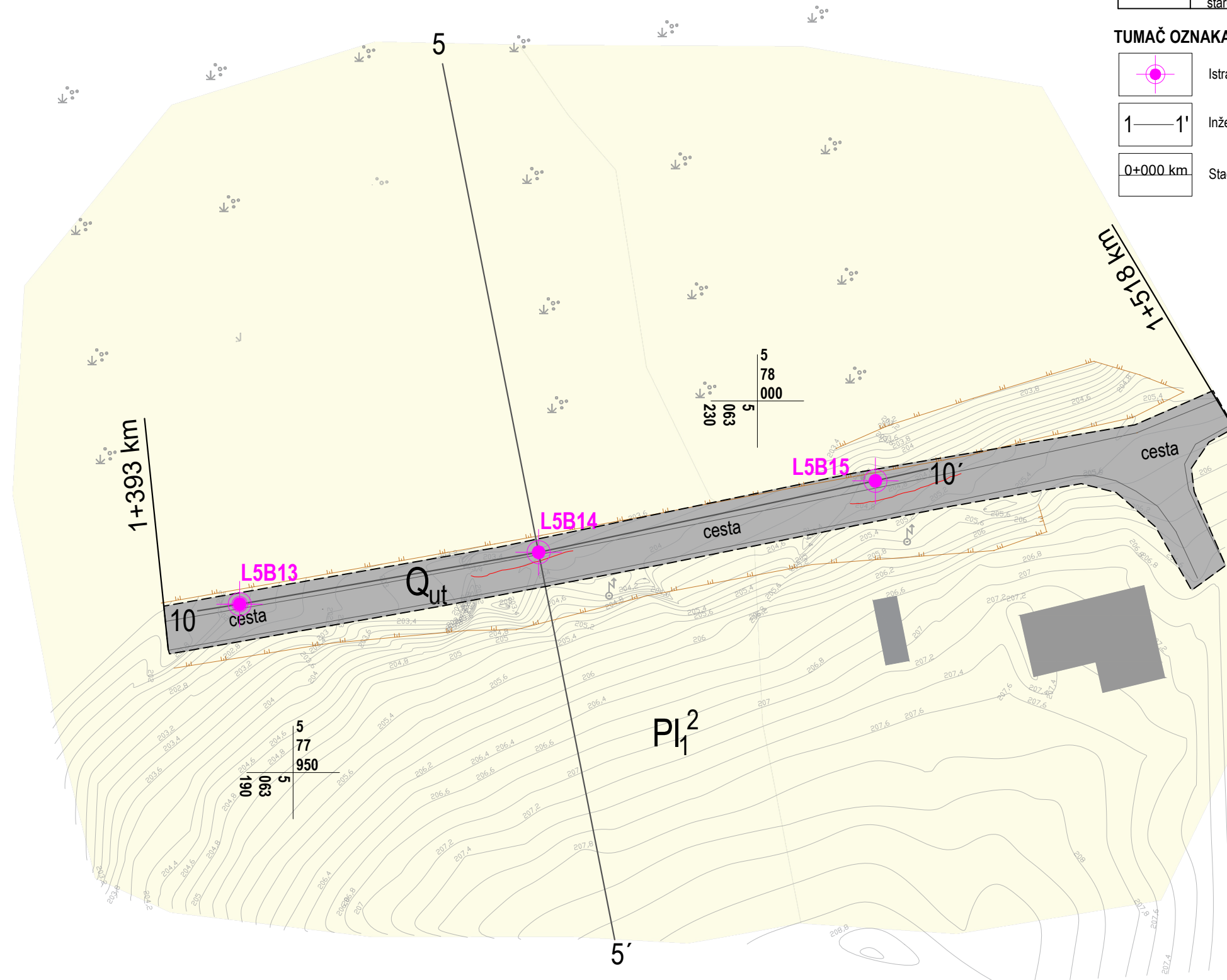
Lokacija 5

## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA	OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE
Pokrivač/ površinske naslage	$Q_{ut}$	IGJ-1	-	Tucanik, malo zaglinjen; Sa sitnozrnim šljunkom
Podloga	Naslage kvartarne starosti $Pl_1^2$	IGJ-2	CL	Terenska klasifikacija: CL; Srednje plastično konzistentno stanje

## TUMAČ OZNAKA

	Istraživačka bušotina		Prirodan pokos
	Inženjerskogeološki profil		Pukotina
	Stacionaže ceste		



Sveučilište u Zagrebu  
**RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET**

PROJEKT PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE  
ŽC4043

LOKACIJA ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ  
VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA

VRSTA ISTRAŽIVANJA INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

SADRŽAJ PRILOGA INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA - Lokacija 5

IZRADILA  
Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.

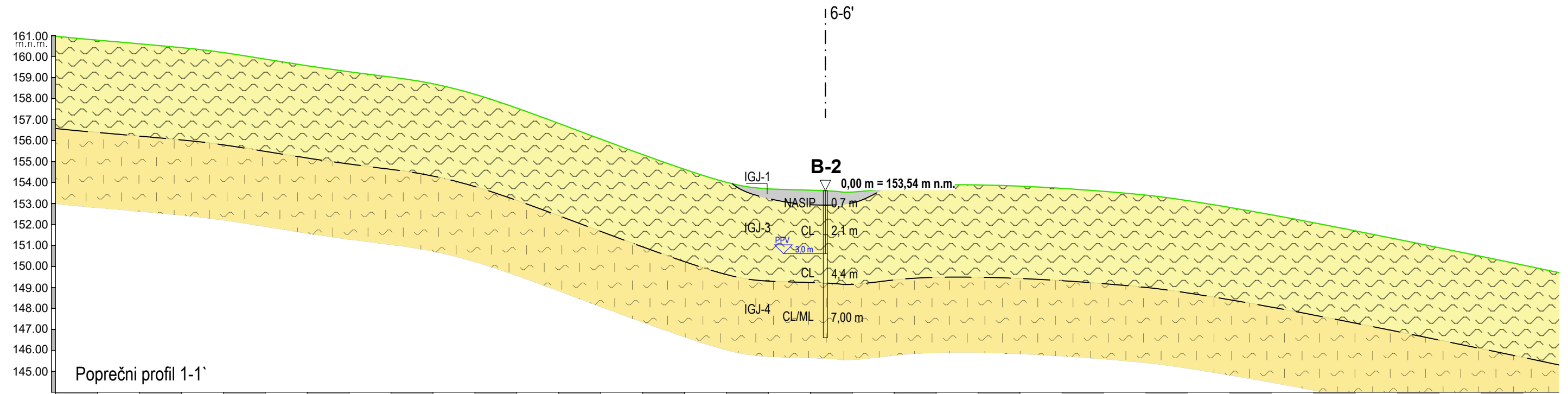
DATUM  
Prosinac, 2023.

MJERILO  
1:500

PRILOG BR.  
1/5

# INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 1-1'

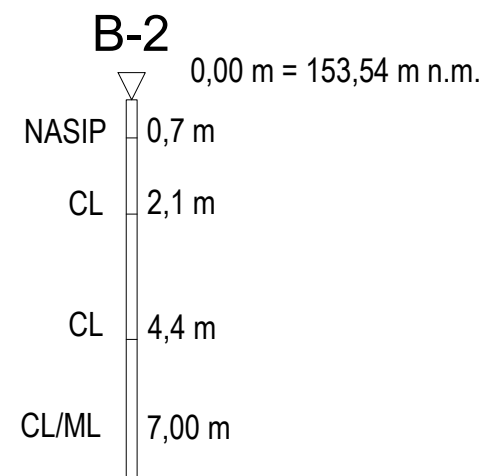
Poprečni profil - Lokacija 1



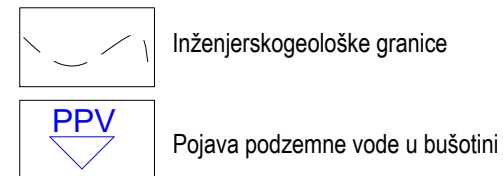
## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE	
Pokrivač/ površinske naslage	$Q_{ut}$	IGJ-1	NASIP	-	Tucanik, malo zaglinjen; Sa sitnozrnim šljunkom	
Podloga	Naslage pliocenske starosti	$Pl_1^2$	IGJ-3	INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti	CL	Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH; Srednje do kruto plastično konzistentno stanje
			IGJ-4	INŽENJERSKO TLO: prahovita glina	CL/ML	Terenska klasifikacija: CL/ML; Laboratorijska klasifikacija: CL Polučvrsto konzistentno stanje

## ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA



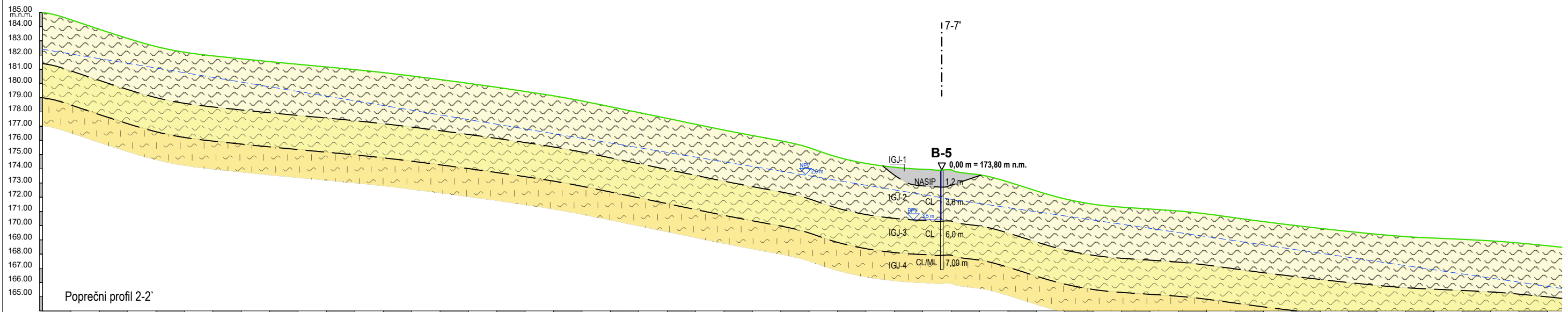
## TUMAČ OZNAKA



 Sveučilište u Zagrebu <b>RUDARSKO          GEOLOŠKO          NAFTNI FAKULTET</b>		
PROJEKT	PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043	
LOKACIJA	ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA	
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA	
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 1-1'	
IZRADILA	Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.	
DATUM	MJERILO	PRILOG BR.
Prosinac, 2023.	1:250	2/1

# INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 2-2'

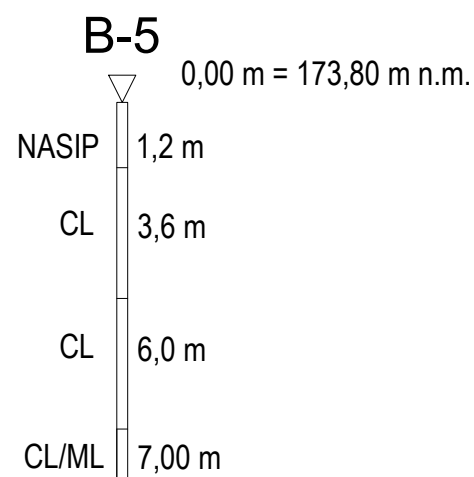
Poprečni profil - Lokacija 2



## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE	
Pokrivač/ površinske naslage		$Q_{ut}$	IGJ-1	NASIP	-	Tucanik, malo zaglinjen; Sa sitnozrnim šljunkom
Podloga	Naslage kvartarne starosti	$Pl_1^2$	IGJ-2	INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti	CL	Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH/CL Srednje plastično konzistentno stanje
			IGJ-3	INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti	CL	Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH Kruvo plastično konzistentno stanje
			IGJ-4	INŽENJERSKO TLO: prahovita glina	CL/ML	Terenska klasifikacija: CL/ML Polučvrsto konzistentno stanje

## ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA



## TUMAČ OZNAKA

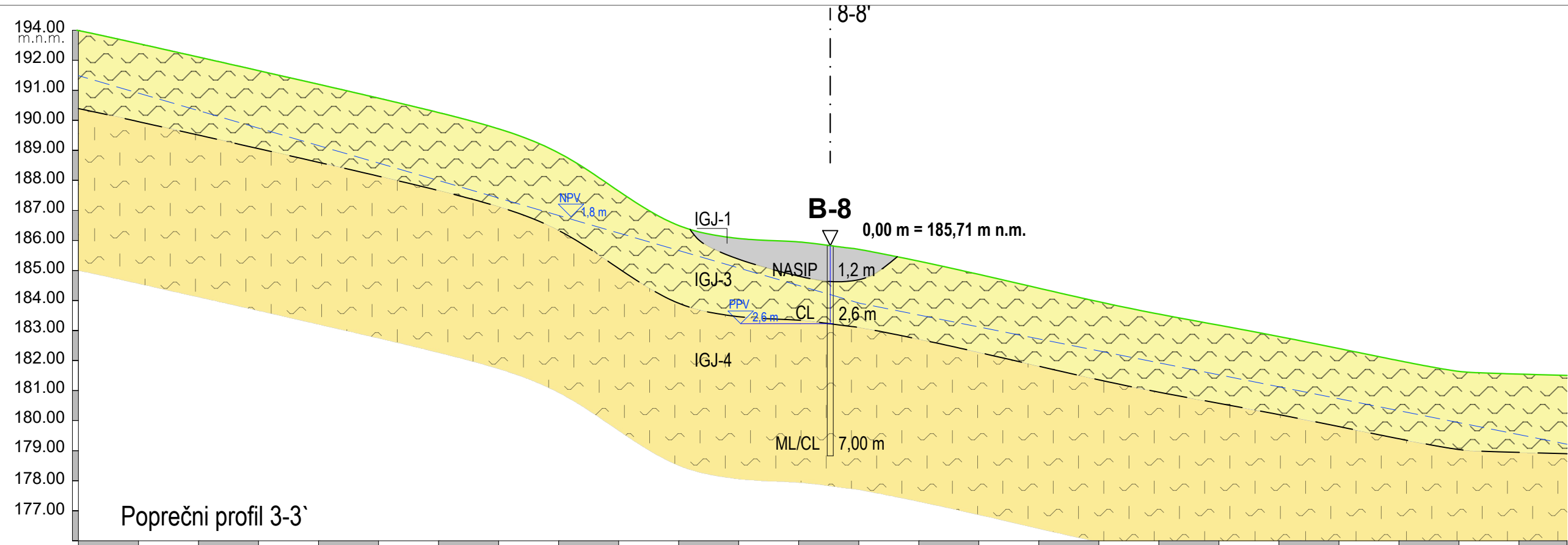
	Inženjerskogeološke granice
	Pojava podzemne vode u bušotini
	Nivo/razina podzemne vode

		Sveučilište u Zagrebu RUDARSKO GEOLOŠKO NAFTNI FAKULTET
PROJEKT	PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043	
LOKACIJA	ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA	
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA	
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 2-2'	
IZRADILA	Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.	
DATUM	MJERILO	PRILOG BR.
Prosinac, 2023.	1:250	2/2



# INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 3-3'

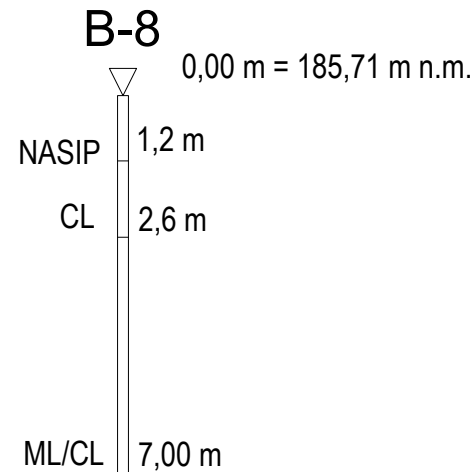
Poprečni profil - Lokacija 3



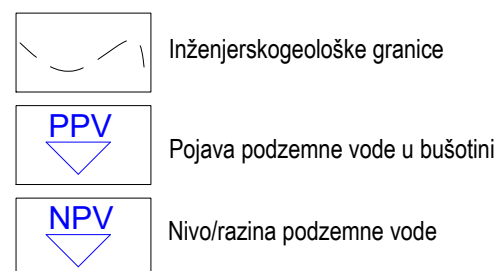
## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE	
Pokrivač/ površinske naslage		$Q_{ut}$	IGJ-1	NASIP	-	Tucanik, malo zaglinjen;
Podloga	Naslage kvartarne starosti	$PI_1^2$	IGJ-3	INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti	CL	Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH; Kruvo plastično konzistentno stanje
			IGJ-4	INŽENJERSKO TLO: prahovita glina	ML/CL	Terenska klasifikacija: ML/CL Polučvrsto konzistentno stanje

## ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA



## TUMAČ OZNAKA

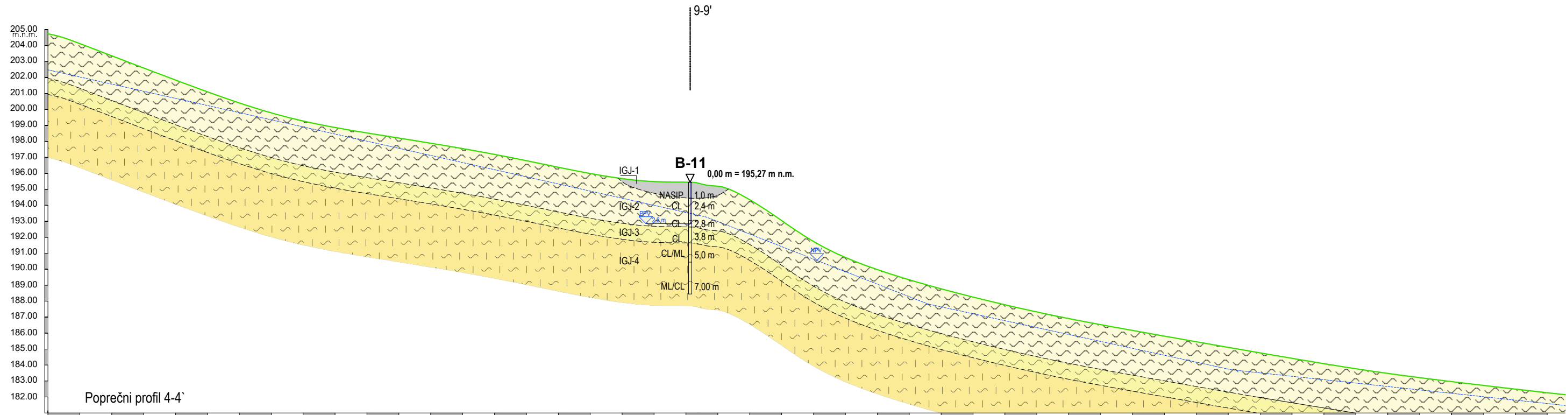


Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

PROJEKT	PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043	
LOKACIJA	ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA	
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA	
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 3-3'	
IZRADILA	Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.	
DATUM	MJERILO	PRILOG BR.
Prosinac, 2023.	1:250	2/3

# INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 4-4'

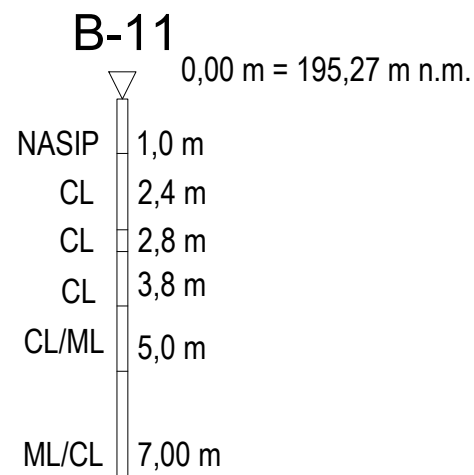
Poprečni profil - Lokacija 4



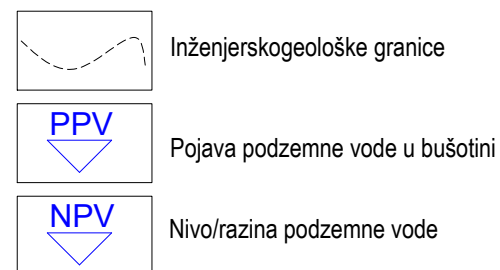
## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE
Pokrivač/ površinske naslage	Q <sub>ut</sub>	IGJ-1	NASIP	-	Tucanik, malo zaglinjen;
Podloga	Naslage kvartarne starosti	PI <sub>1</sub> <sup>2</sup>	INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti	CL	Terenska klasifikacija: CL; Srednje plastično konzistentno stanje
		IGJ-3	INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti	CL	Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH; Kruće plastično konzistentno stanje
		IGJ-4	INŽENJERSKO TLO: prahovita glina	CL/ML; ML/CL	Terenska klasifikacija: CL/ML Polučvrsto konzistentno stanje

## ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA



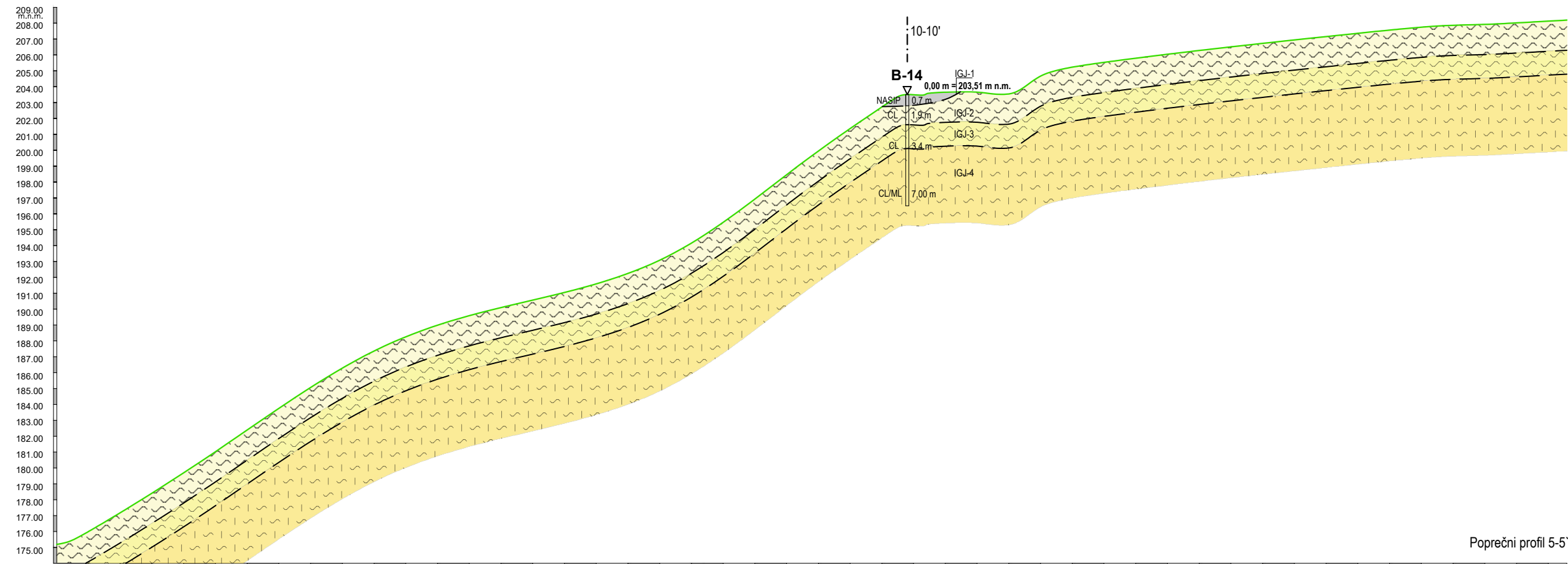
## TUMAČ OZNAKA



 <p>Sveučilište u Zagrebu RUDARSKO GEOLOŠKO NAFTNI FAKULTET</p>		
PROJEKT	PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043	
LOKACIJA	ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA	
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA	
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 4-4'	
IZRADILA	Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.	
DATUM	MJERILO	PRILOG BR.
Prosinac, 2023.	1:250	2/4

# INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 5-5'

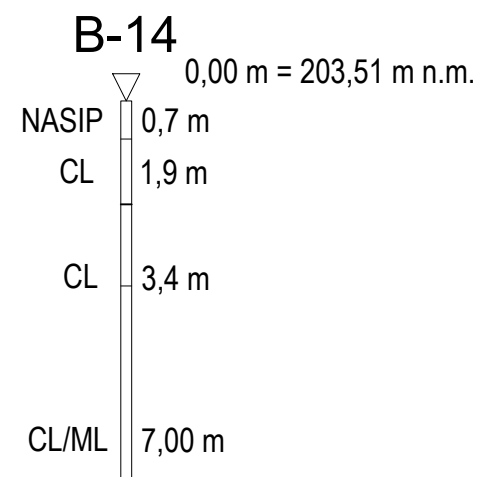
Poprečni profil - Lokacija 5



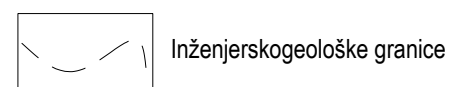
## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE
Pokrivač/ površinske naslage	$Q_{ut}$	IGJ-1	NASIP	-	Tucanik, malo zaglinjen; Sa sitnozrnim šljunkom
Podloga	Naslage kvartarne starosti	$Pl_1^2$	IGJ-2	CL	Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH; Srednje plastično konzistentno stanje
			IGJ-3	CL	Terenska klasifikacija: CL; Kruće plastično konzistentno stanje
			IGJ-4	CL/ML; ML/CL	Terenska klasifikacija: CL/ML Polučvrsto konzistentno stanje

## ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA



## TUMAČ OZNAKA

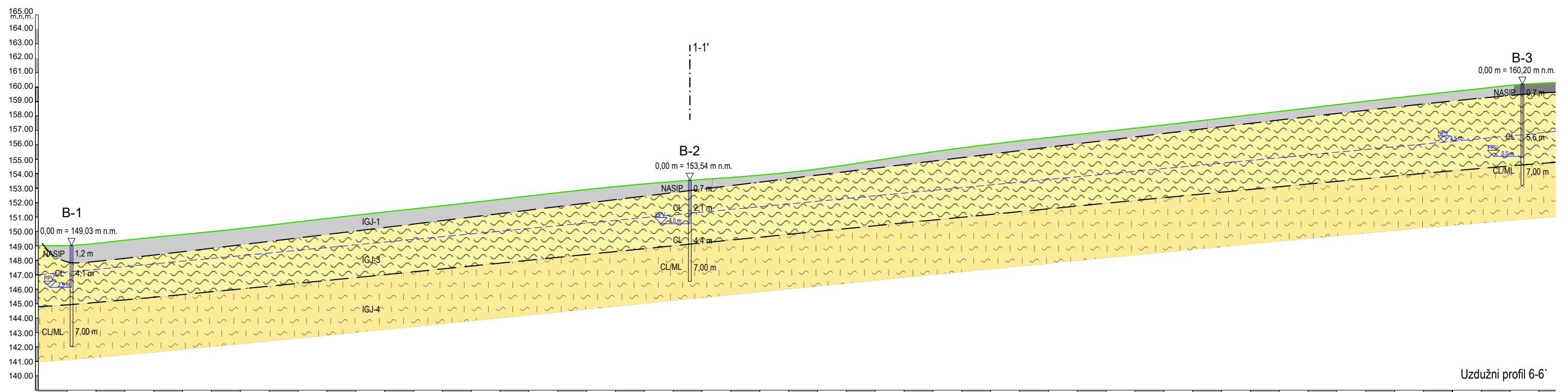


Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

PROJEKT	PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043	
LOKACIJA	ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA	
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA	
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 5-5'	
IZRADILA	Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.	
DATUM	MJERILO	PRILOG BR.
Prosinac, 2023.	1:250	2/5

# INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 6-6'

Uzdužni profil - Lokacija 1



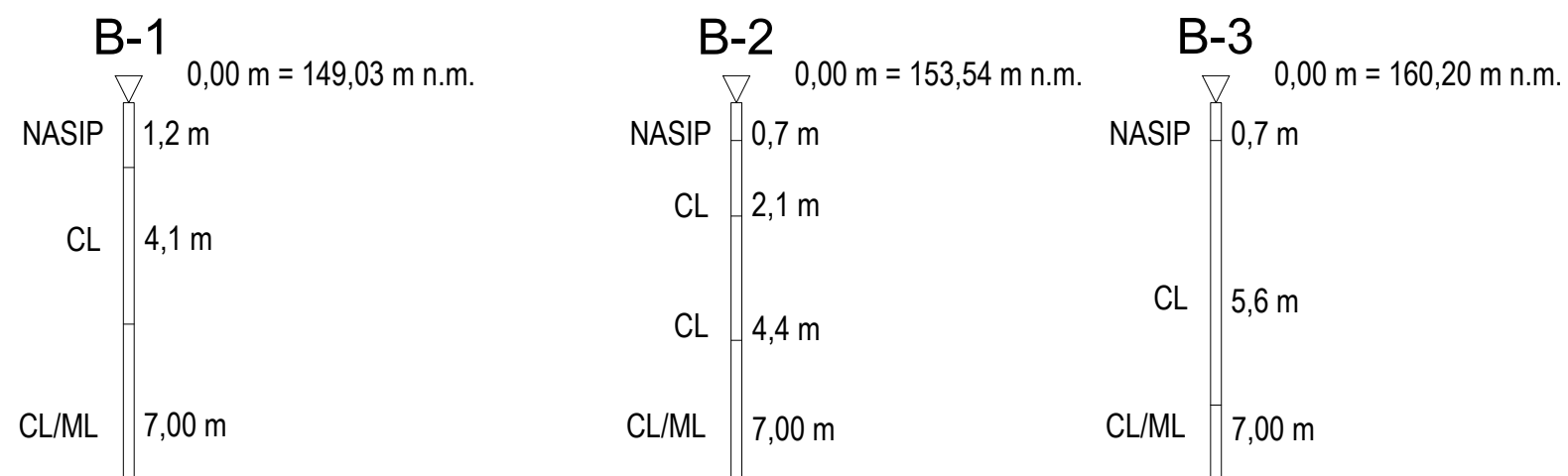
## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE	
Pokrivač/ površinske naslage		$Q_{ut}$	IGJ-1	NASIP	-	Tucanik, malo zaglinjen; Sa sitnozrnim šljunkom
Podloga	Naslage pliocenske starosti	$PI_1^2$	IGJ-3	INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti	CL	Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH; Srednje do kruto plastično konzistentno stanje
			IGJ-4	INŽENJERSKO TLO: prahovita glina	CL/ML	Terenska klasifikacija: CL/ML; Laboratorijska klasifikacija: CL Polučvrsto konzistentno stanje

## TUMAČ OZNAKA

	Inženjerskogeološke granice
	Pojava podzemne vode u bušotini
	Nivo/razina podzemne vode

## ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA

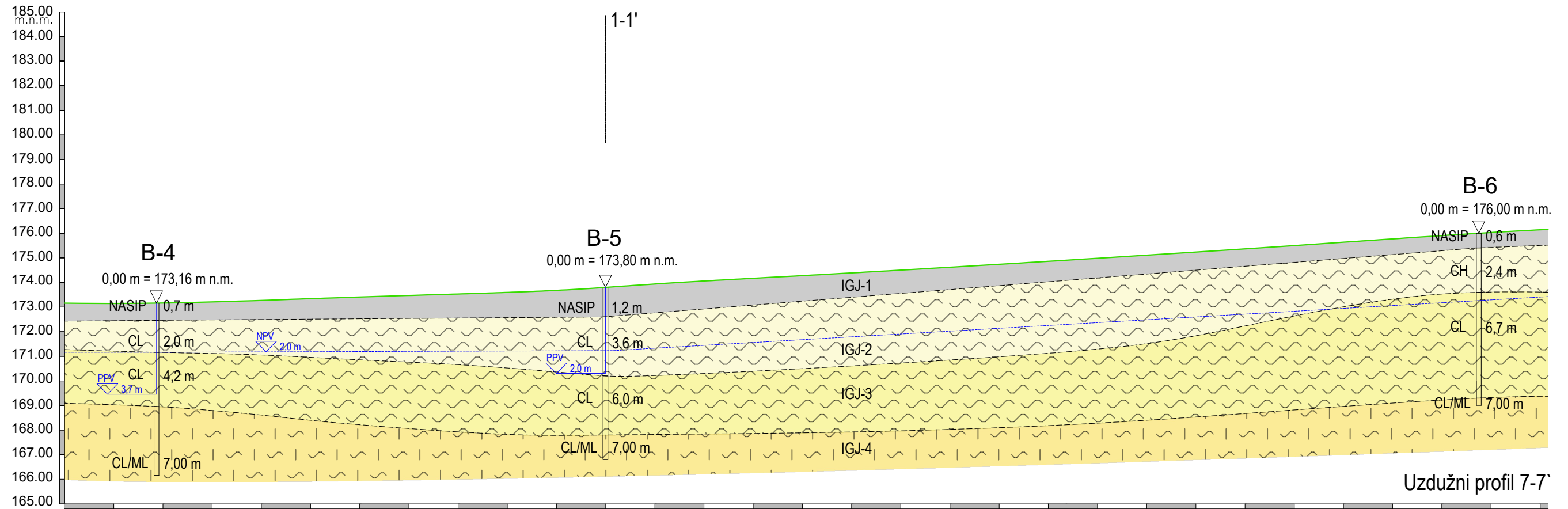


Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

PROJEKT	PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043	
LOKACIJA	ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA	
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA	
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 6-6'	
IZRADILA	Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.	
DATUM	MJERILO	PRILOG BR.
Prosinac, 2023.	1:250	2/6

# INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 7-7'

Uzdužni profil - Lokacija 2



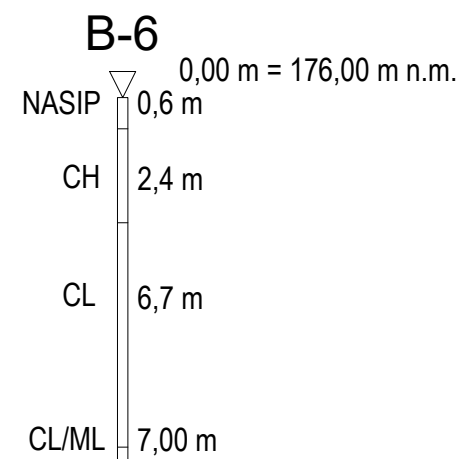
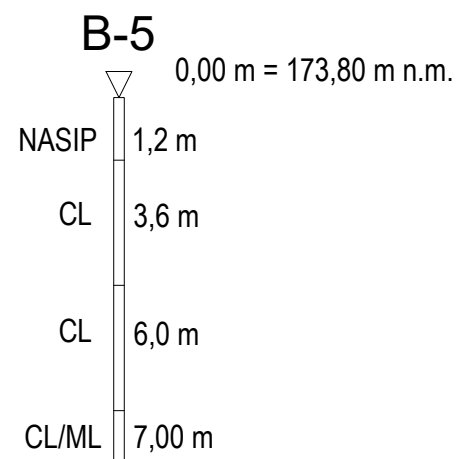
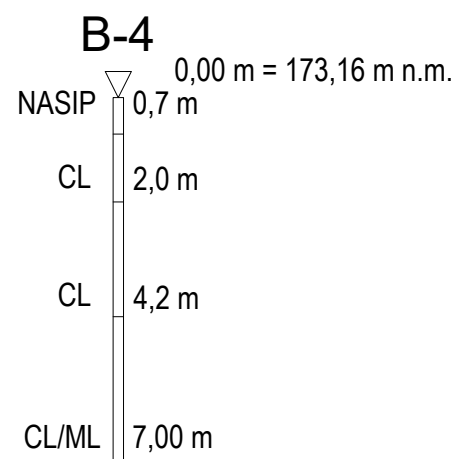
## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA	OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE
Pokrivač/ površinske naslage	Q <sub>ut</sub>	IGJ-1	-	Tucanik, malo zaglinjen; Sa sitnozrnim šljunkom
Podloga	Naslage kvartarne starosti	IGJ-2	CL	Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH/CL Srednje plastično konzistentno stanje
		IGJ-3	CL	Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH Kruvo plastično konzistentno stanje
		IGJ-4	CL/ML	Terenska klasifikacija: CL/ML Polučvrsto konzistentno stanje

## TUMAČ OZNAKA

	Inženjerskogeološke granice
	Pojava podzemne vode u bušotini
	Nivo/razina podzemne vode

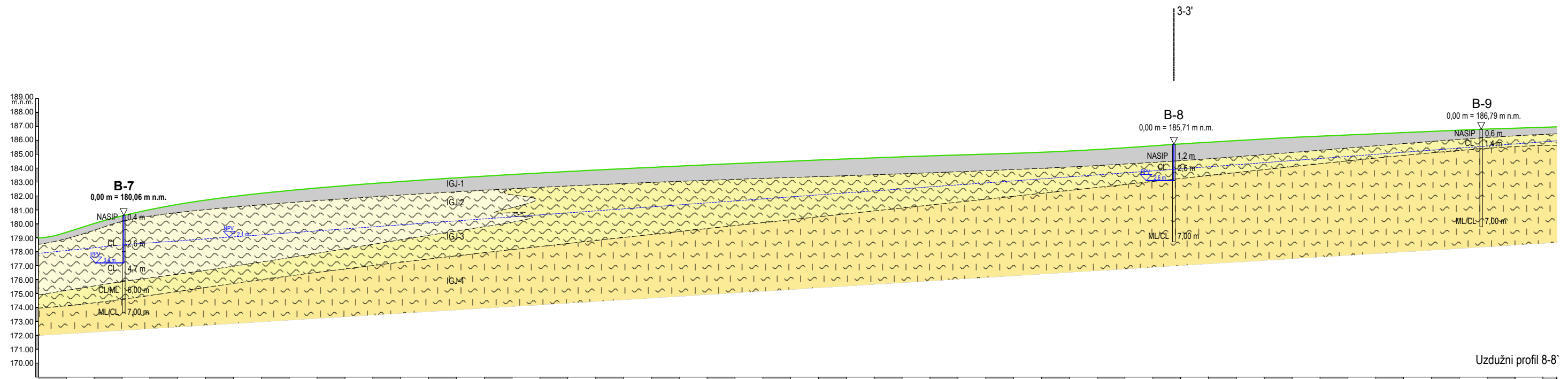
## ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA



PROJEKT	PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043	
LOKACIJA	ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA	
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA	
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 7-7'	
IZRADILA	Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.	
DATUM	MJERILO	PRILOG BR.
Prosinac, 2023.	1:250	2/7

# INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 8-8'

Uzdužni profil - Lokacija 3



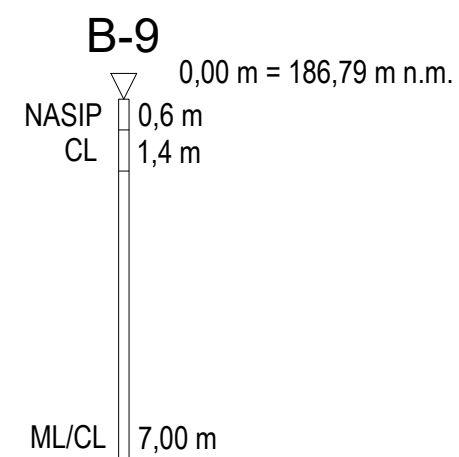
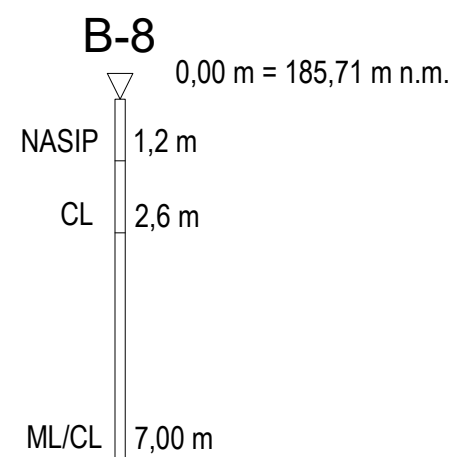
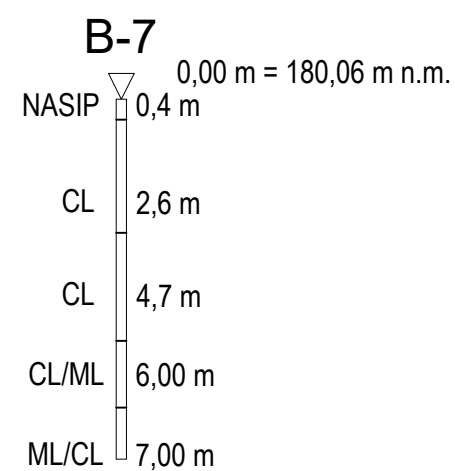
## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE
Pokrivač/ površinske naslage	$Q_{ut}$	IGJ-1	NASIP	-	Tucanik, malo zaglinjen; Sa sitnozrnim šljunkom
Podloga	Naslage kvartarne starosti	$Pl_1^2$	IGJ-2	CL	Terenska klasifikacija: CL; Srednje plastično konzistentno stanje
			IGJ-3	CL	Terenska klasifikacija: CL; Kruvo plastično konzistentno stanje
			IGJ-4	CL/ML	Terenska klasifikacija: CL/ML Polučvrsto konzistentno stanje

## TUMAČ OZNAKA

	Inženjerskogeološke granice
	Pojava podzemne vode u bušotini
	Nivo/razina podzemne vode

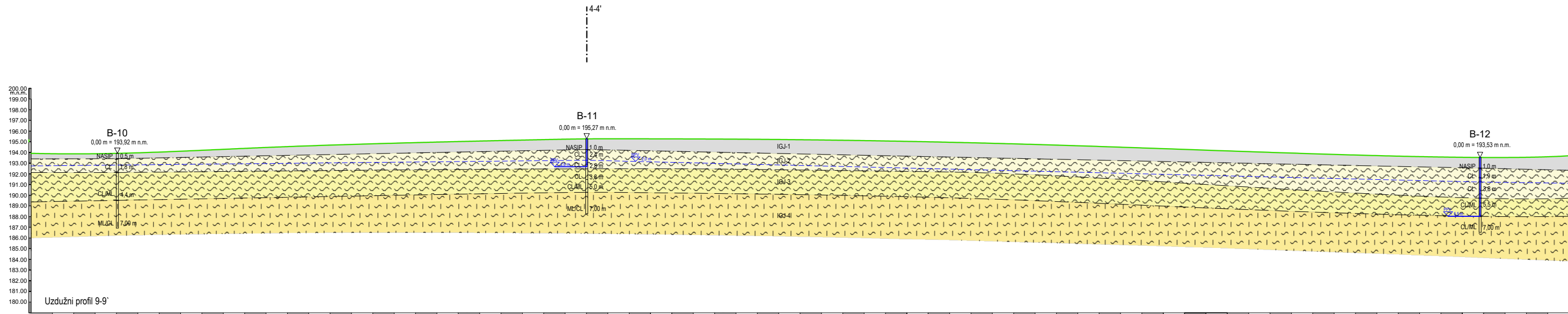
## ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA



PROJEKT	PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043	
LOKACIJA	ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA	
VRSTA ISTRAŽIVANJA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA	
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 8-8'	
IZRADILA	Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.	
DATUM	MJERILO	PRILOG BR.
Prosinac, 2023.	1:250	2/8

# INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 9-9'

Uzdužni profil - Lokacija 4



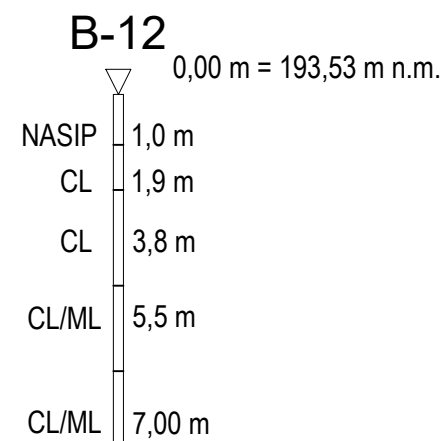
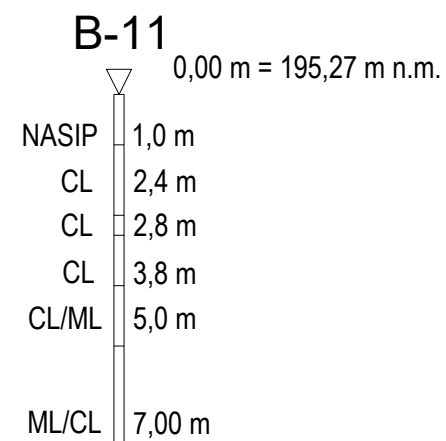
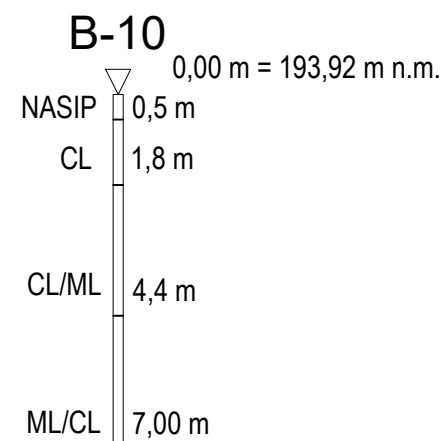
## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE
Pokrivač/ površinske naslage	$Q_{ut}$	IGJ-1	NASIP	-	Tucanik, malo zaglinjen;
Podloga	Naslage kvartarne starosti	$PI_1^2$	IGJ-2	INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti	CL Terenska klasifikacija: CL; Srednje plastično konzistentno stanje
			IGJ-3	INŽENJERSKO TLO: glina niske plastičnosti	CL Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH; Kruće plastično konzistentno stanje
			IGJ-4	INŽENJERSKO TLO: prahovita glina	CL/ML; ML/CL Terenska klasifikacija: CL/ML Polučvrsto konzistentno stanje

## TUMAČ OZNAKA

	Inženjerskogeološke granice
	Pojava podzemne vode u bušotini
	Nivo/razina podzemne vode

## ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA



Sveučilište u Zagrebu  
**RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET**

PROJEKT PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE  
ŽC4043

LOKACIJA ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ  
VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA

VRSTA ISTRAŽIVANJA INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

SADRŽAJ PRILOGA INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 9-9'

IZRADILA  
Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.

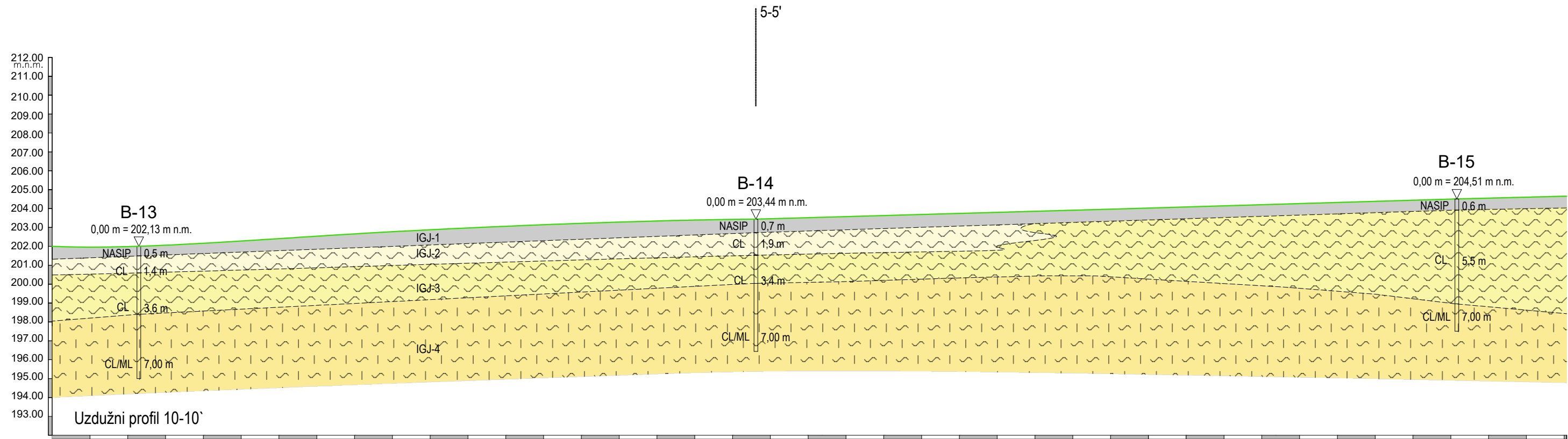
DATUM  
Prosinac, 2023.

MJERILO  
1:250

PRILOG BR.  
2/9

# INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 10-10'

Uzdužni profil - Lokacija 5



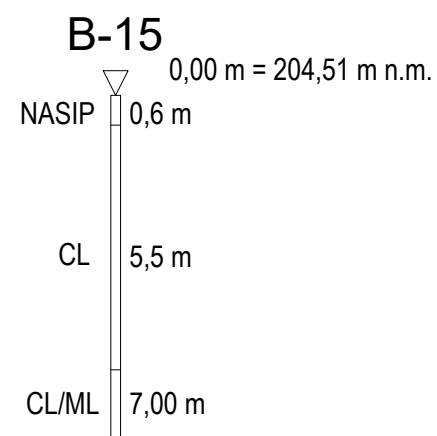
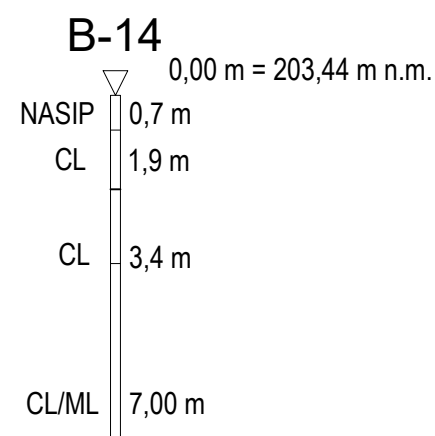
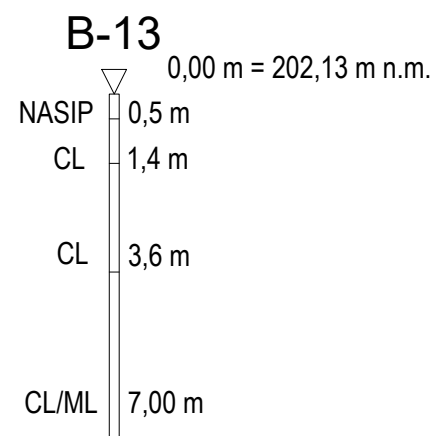
## LEGENDA

GENEZA/STRATIGRAFSKA OZNAKA		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	SVOJSTVA INŽENJERSKOGEOLOŠKE JEDINICE
Pokrivač/ površinske naslage		$Q_{ut}$	IGJ-1	-	Tucanik, malo zaglinjen; Sa sitnozrnim šljunkom
Podloga	Naslage kvartarne starosti	$PI_1^2$	IGJ-2	CL	Terenska klasifikacija: CL; Laboratorijska klasifikacija: CH; Srednje plastično konzistentno stanje
			IGJ-3	CL	Terenska klasifikacija: CL; Kruće plastično konzistentno stanje
			IGJ-4	CL/ML; ML/CL	Terenska klasifikacija: CL/ML Polučvrsto konzistentno stanje

## TUMAČ OZNAKA

	Inženjerskogeološke granice
	Pojava podzemne vode u bušotini
	Nivo/razina podzemne vode

## ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO  
GEOLOŠKO  
NAFTNI FAKULTET

PROJEKT PROJEKTIRANJE SANACIJE ŽUPANIJSKE CESTE ŽC4043

LOKACIJA ŽUPANIJSKA CESTA ŽC4043 LEVINOVAČ  
VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA

VRSTA ISTRAŽIVANJA INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

SADRŽAJ PRILOGA INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL 10-10'

IZRADILA  
Dora Nekić, univ.bacc.ing.amb.

DATUM  
Prosinac, 2023.

MJERILO  
1:250

PRILOG BR.  
2/10





KOORDINATA X: 577198,4

KOORDINATA Y: 5063258,95

NADMORSKA VISINA: 149,03 m

POČETAK BUŠENJA: 13.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4043

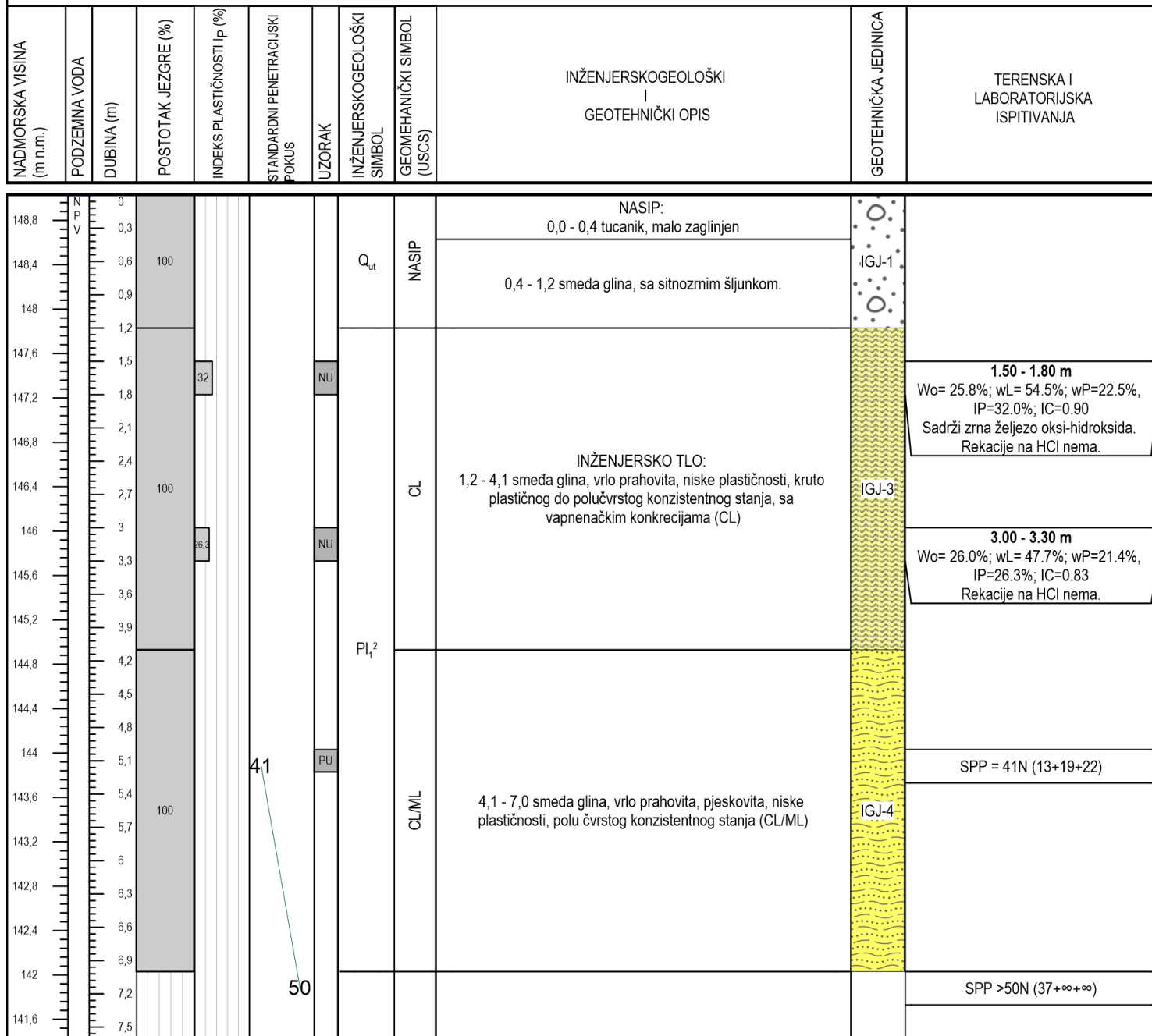
VOĐITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoinž. d.o.o.

LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 1

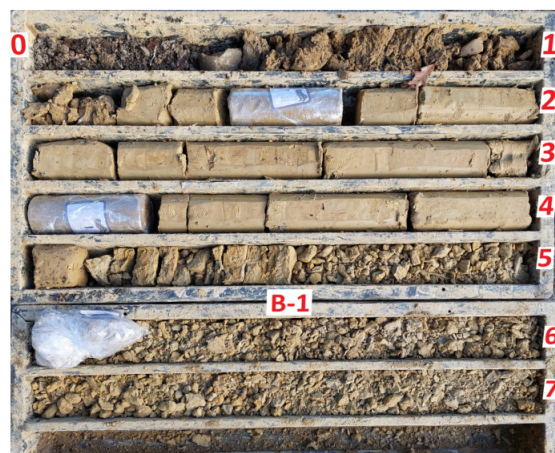
## INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-1

DUBINA: 7 m

BROJ PRILOGA: 3/1



### FOTODOKUMENTACIJA



NAPOMENA: PPV: 2,9 m - cijedi se  
NPV: -

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.



KOORDINATA X: 577234,63

KOORDINATA Y: 5063281,84

NADMORSKA VISINA: 153,54 m

POČETAK BUŠENJA: 13.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4044

VIDITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoinž. d.o.o.

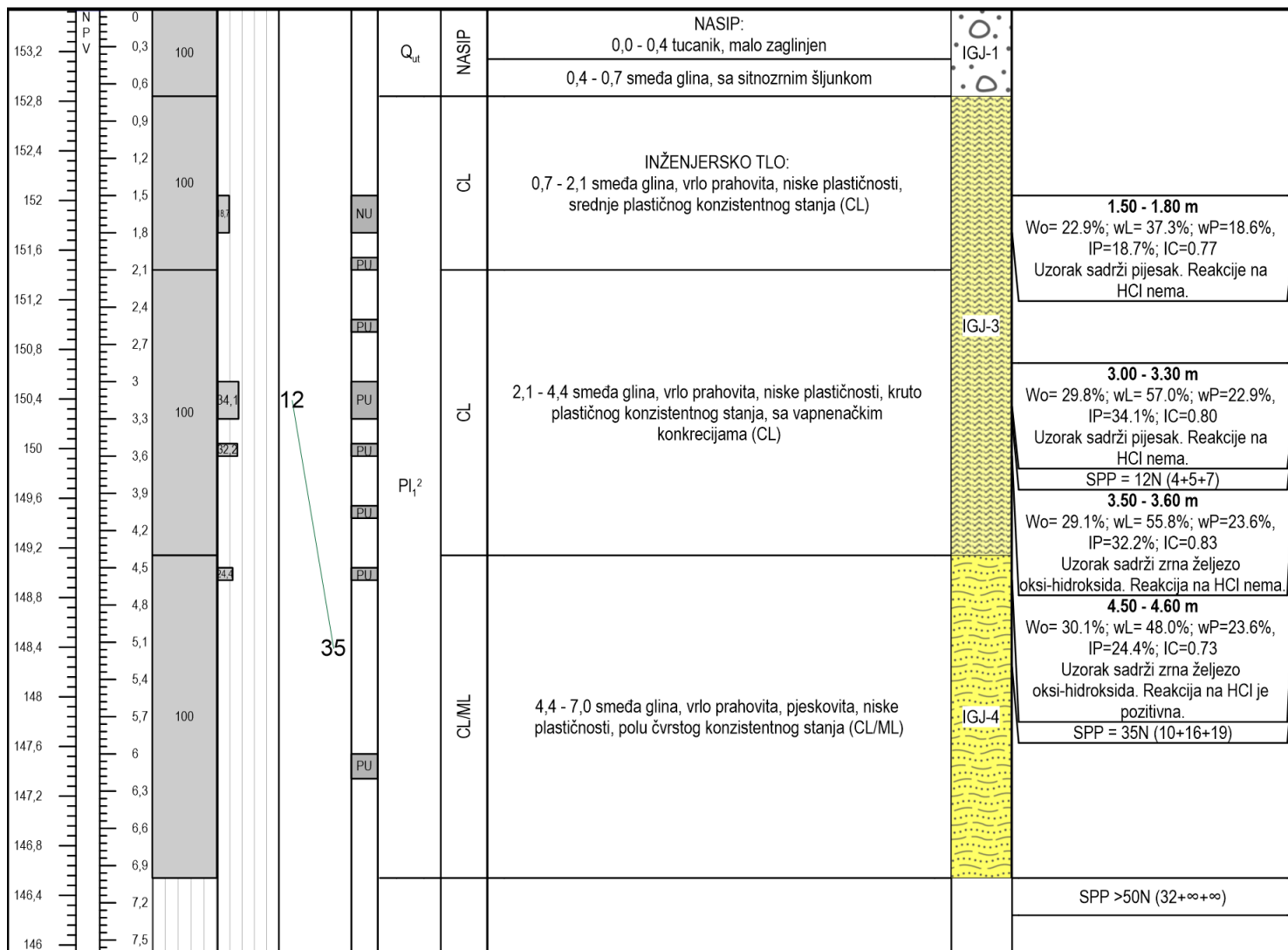
LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 1

## INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-2

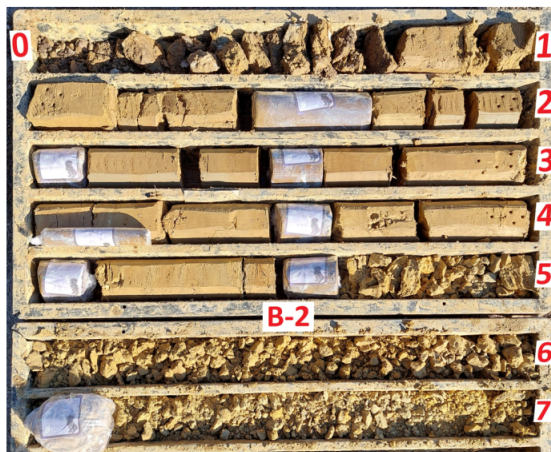
DUBINA: 7 m

BROJ PRILOGA: 3/2

NADMORSKA VISINA (m n.n.m.)	PODZEMNA VODA	DUBINA (m)	POSTOTAK JEZGRE (%)	INDEKS PLASTIČNOSTI Ip (%)	STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS	UZORAK	INŽENJERSKOGEOLOŠKI SIMBOL	GEOMEHANIČKI SIMBOL (USCS)	INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOTEHNIČKI OPIS	GEOTEHNIČKA JEDINICA	TERENSKA I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA
--------------------------------	---------------	------------	---------------------	----------------------------	-----------------------------------	--------	-------------------------------	-------------------------------	--	----------------------	---



### FOTODOKUMENTACIJA



NAPOMENA: PPV: 3,0 m - cijedi se  
NPV: -

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.

# Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



KOORDINATA X: 577273,72

KOORDINATA Y: 5063324,29

NADMORSKA VISINA: 160,2 m

POČETAK BUŠENJA: 13.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4045

VODITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoining d.o.o.

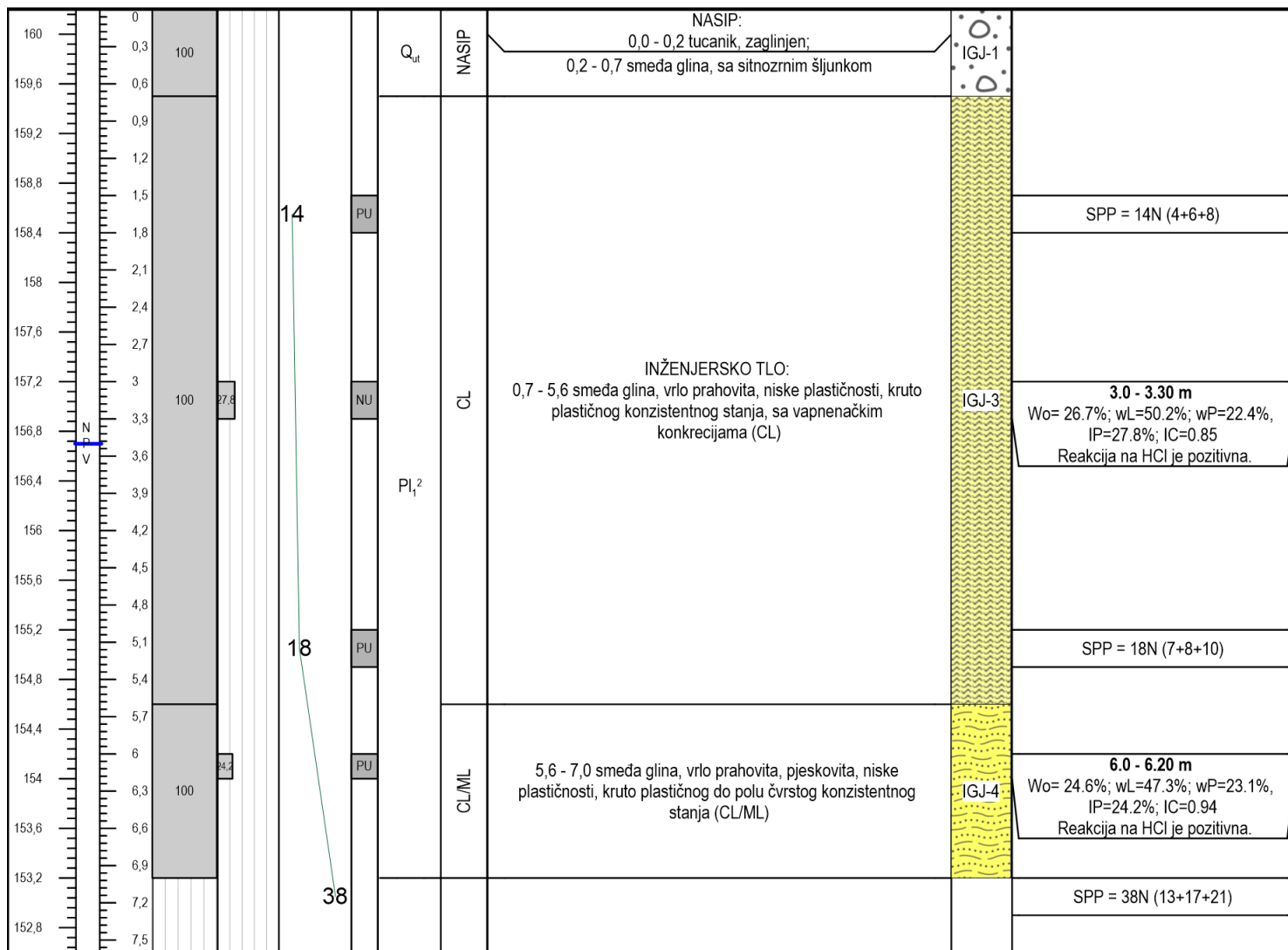
LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 1

## INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-3

DUBINA: 7 m

BROJ PRILOGA: 3/3

NADMORSKA VISINA (m n.n.m.)	PODZEMNA VODA	DUBINA (m)	POSTOTAK JEZGRE (%)	INDEKS PLASTIČNOSTI Ip (%)	STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS	UZORAK	INŽENJERSKOGEOLOŠKI SIMBOL	GEOMEHANIČKI SIMBOL (USCS)	INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOTEHNIČKI OPIS	GEOTEHNIČKA JEDINICA	TERENSKA I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA
--------------------------------	---------------	------------	---------------------	----------------------------	-----------------------------------	--------	-------------------------------	-------------------------------	--	----------------------	---



### FOTODOKUMENTACIJA



NAPOMENA: PPV: 5,0 m - cijedi se  
NPV: 3,5 m

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.

# Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



KOORDINATA X: 577481,1

KOORDINATA Y: 5063374,29

NADMORSKA VISINA: 173,16 m

POČETAK BUŠENJA: 12.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4046

VODITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoinž. d.o.o.

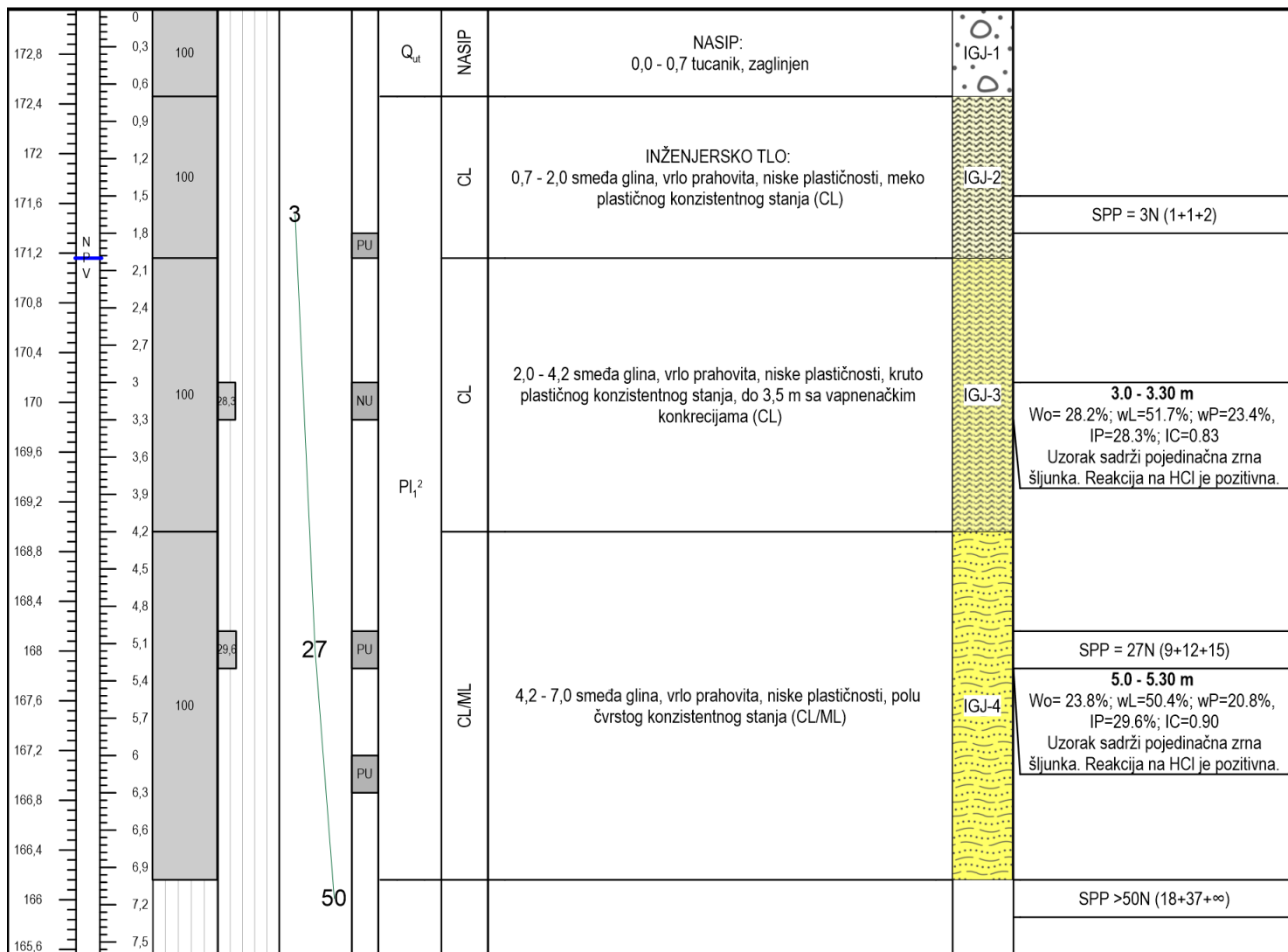
LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 2

**INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-4**

**DUBINA: 7 m**

**BROJ PRILOGA: 3/4**

NADMORSKA VISINA (m n.n.m.)	PODZEMNA VODA	DUBINA (m)	POSTOTAK JEZGRE (%)	INDEKS PLASTIČNOSTI Ip (%)	STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS	UZORAK	INŽENJERSKOGEOLOŠKI SIMBOL	GEOMEHANIČKI SIMBOL (USCS)	INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOTEHNIČKI OPIS	GEOTEHNIČKA JEDINICA	TERENSKA I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA
--------------------------------	---------------	------------	---------------------	----------------------------	-----------------------------------	--------	-------------------------------	-------------------------------	--	----------------------	---



**FOTODOKUMENTACIJA**



NAPOMENA: PPV: 3,7 m - cijedi se  
NPV: 2,0 m

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.



# Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



KOORDINATA X: 577532,82

KOORDINATA Y: 5063360,23

NADMORSKA VISINA: 176 m

POČETAK BUŠENJA: 09.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4048

VIDITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoining d.o.o.

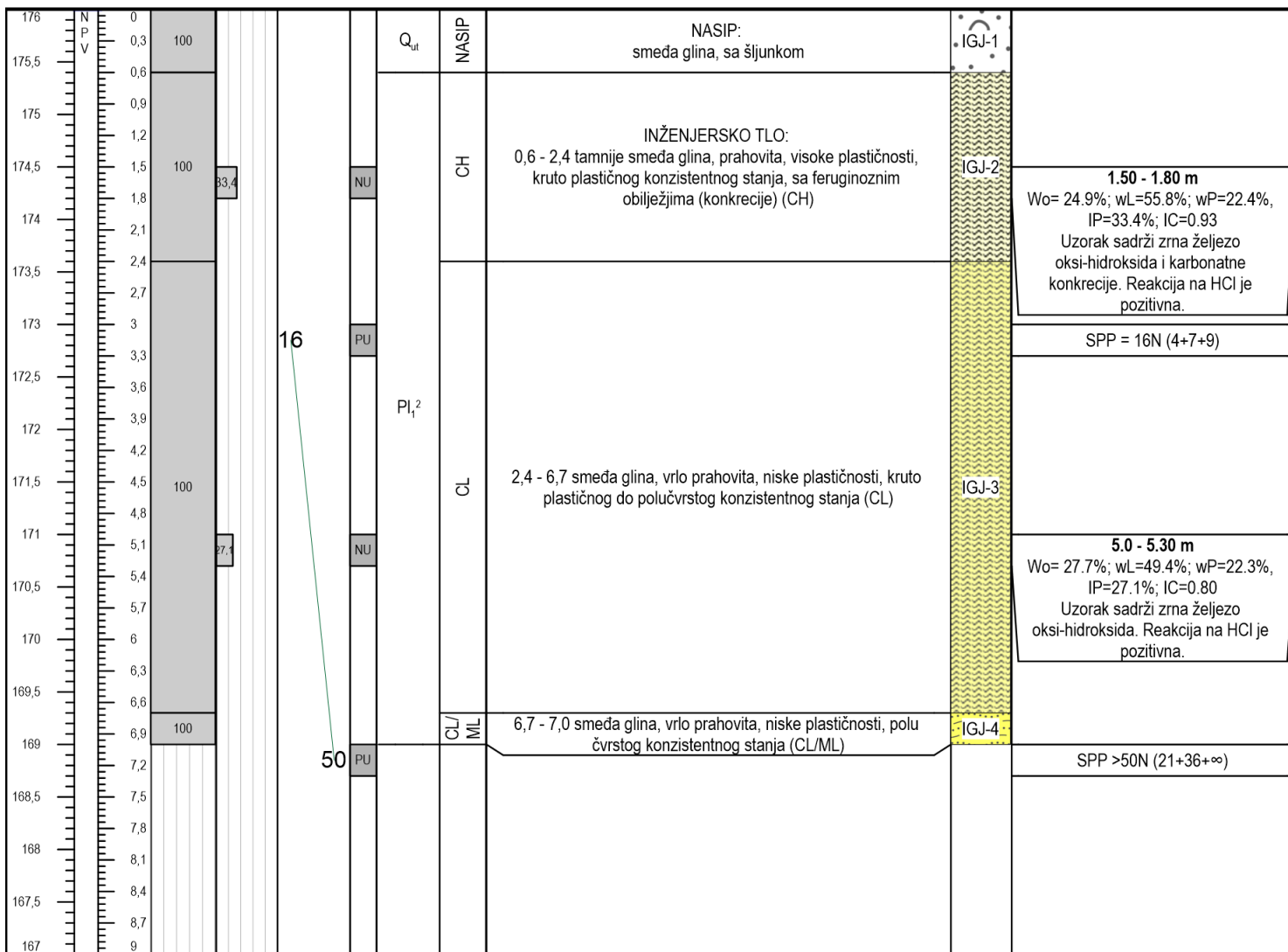
LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 2

## INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-6

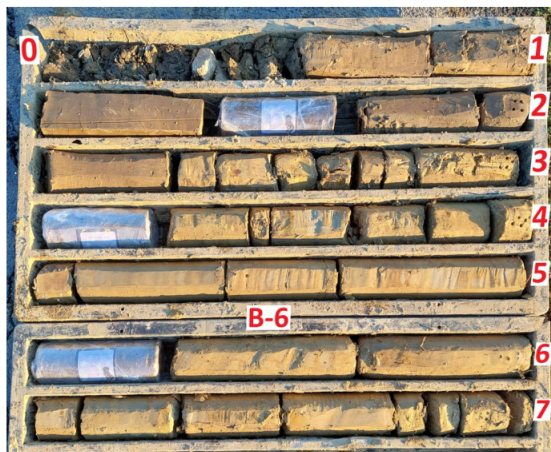
DUBINA: 7 m

BROJ PRILOGA: 3/6

NADMORSKA VISINA (m n.m.)	PODZEMNA VODA	DUBINA (m)	POSTOTAK JEZGRE (%)	INDEKS PLASTIČNOSTI Ip (%)	STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS	UZORAK	INŽENJERSKOGEOLOŠKI SIMBOL	GEOMEHANIČKI SIMBOL (USCS)	INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOTEHNIČKI OPIS	GEOTEHNIČKA JEDINICA	TERENSKA I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA
------------------------------	---------------	------------	---------------------	----------------------------	-----------------------------------	--------	-------------------------------	-------------------------------	--	----------------------	---



### FOTODOKUMENTACIJA



NAPOMENA: PPV: -  
NPV: -

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.

# Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



KOORDINATA X: 577596,96

KOORDINATA Y: 5063346,55

NADMORSKA VISINA: 180,86 m

POČETAK BUŠENJA: 09.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4049

VODITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoinj. d.o.o.

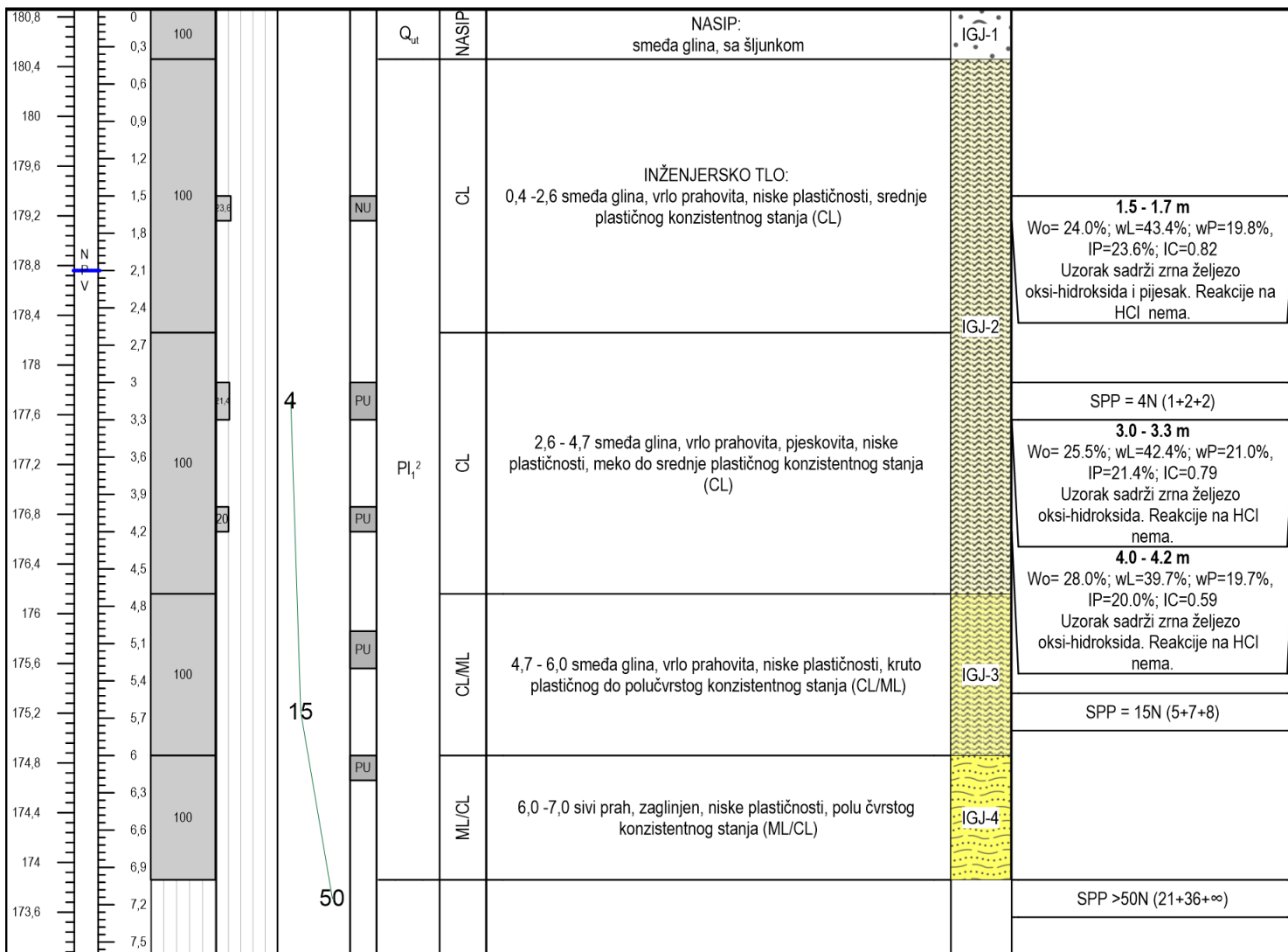
LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 3

## INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-7

DUBINA: 7 m

BROJ PRILOGA: 3/7

NADMORSKA VISINA (m n.m.)	PODZEMNA VODA	DUBINA (m)	POSTOTAK JEZGRE (%)	INDEKS PLASTIČNOSTI Ip (%)	STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS	UZORAK	INŽENJERSKOGEOLOŠKI SIMBOL	GEOMEHANIČKI SIMBOL (USCS)	INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOTEHNIČKI OPIS	GEOTEHNIČKA JEDINICA	TERENSKA I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA
------------------------------	---------------	------------	---------------------	----------------------------	-----------------------------------	--------	-------------------------------	-------------------------------	--	----------------------	---



### FOTODOKUMENTACIJA



NAPOMENA: PPV: 3,4 m - cijedi se  
NPV: 2,1 m

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.

# Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



KOORDINATA X: 577637,53

KOORDINATA Y: 5063290,19

NADMORSKA VISINA: 185,71 m

POČETAK BUŠENJA: 09.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4050

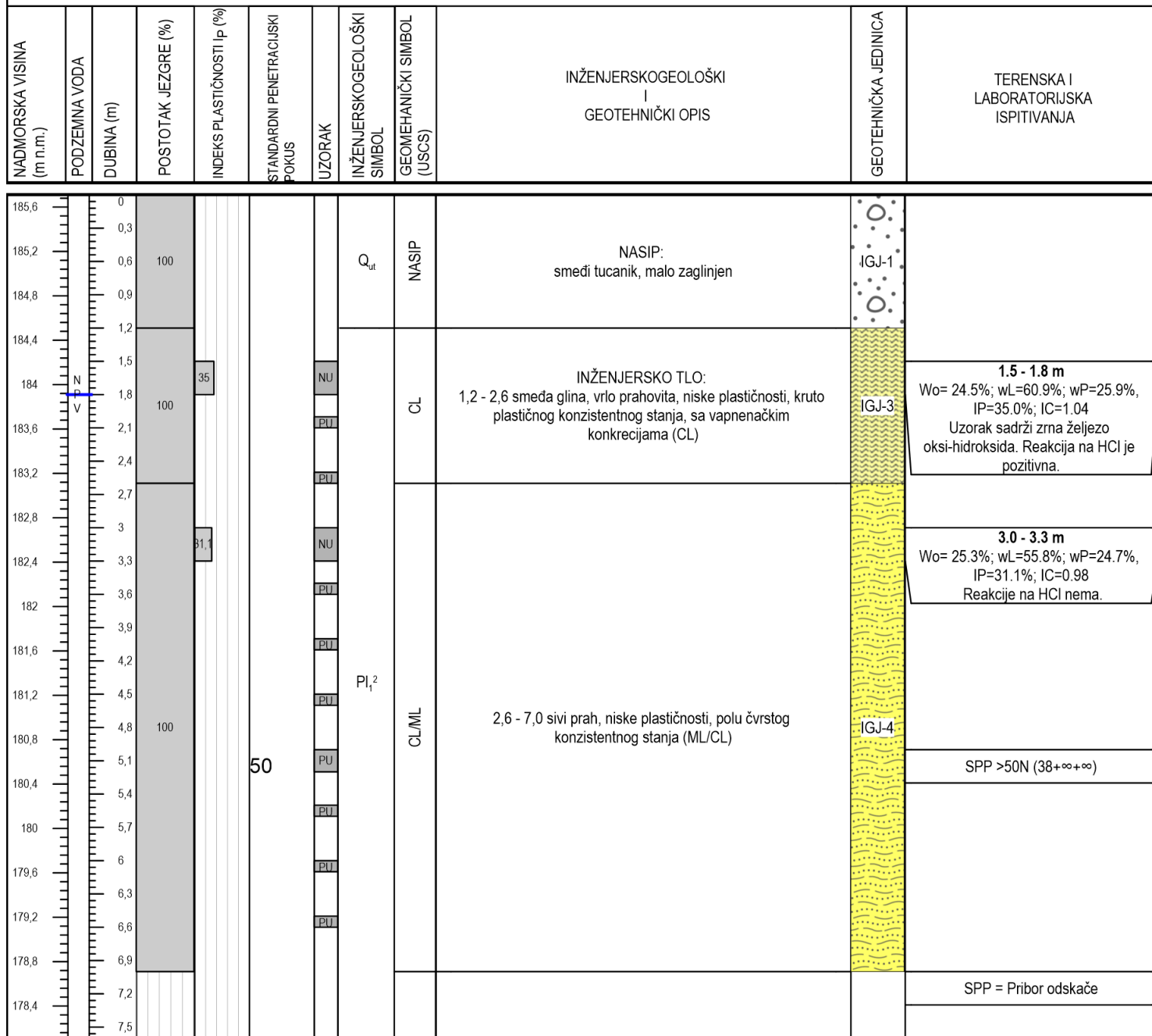
VODITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoinž. d.o.o.

LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 3

## INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-8

DUBINA: 7 m

BROJ PRILOGA: 3/8



### FOTODOKUMENTACIJA



NAPOMENA: PPV: 2,6 m - cijedi se  
NPV: 1,8 m

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.



# Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



KOORDINATA X: 577637,48

KOORDINATA Y: 5063268,12

NADMORSKA VISINA: 186,79 m

POČETAK BUŠENJA: 08.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4051

VOĐITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoinž. d.o.o.

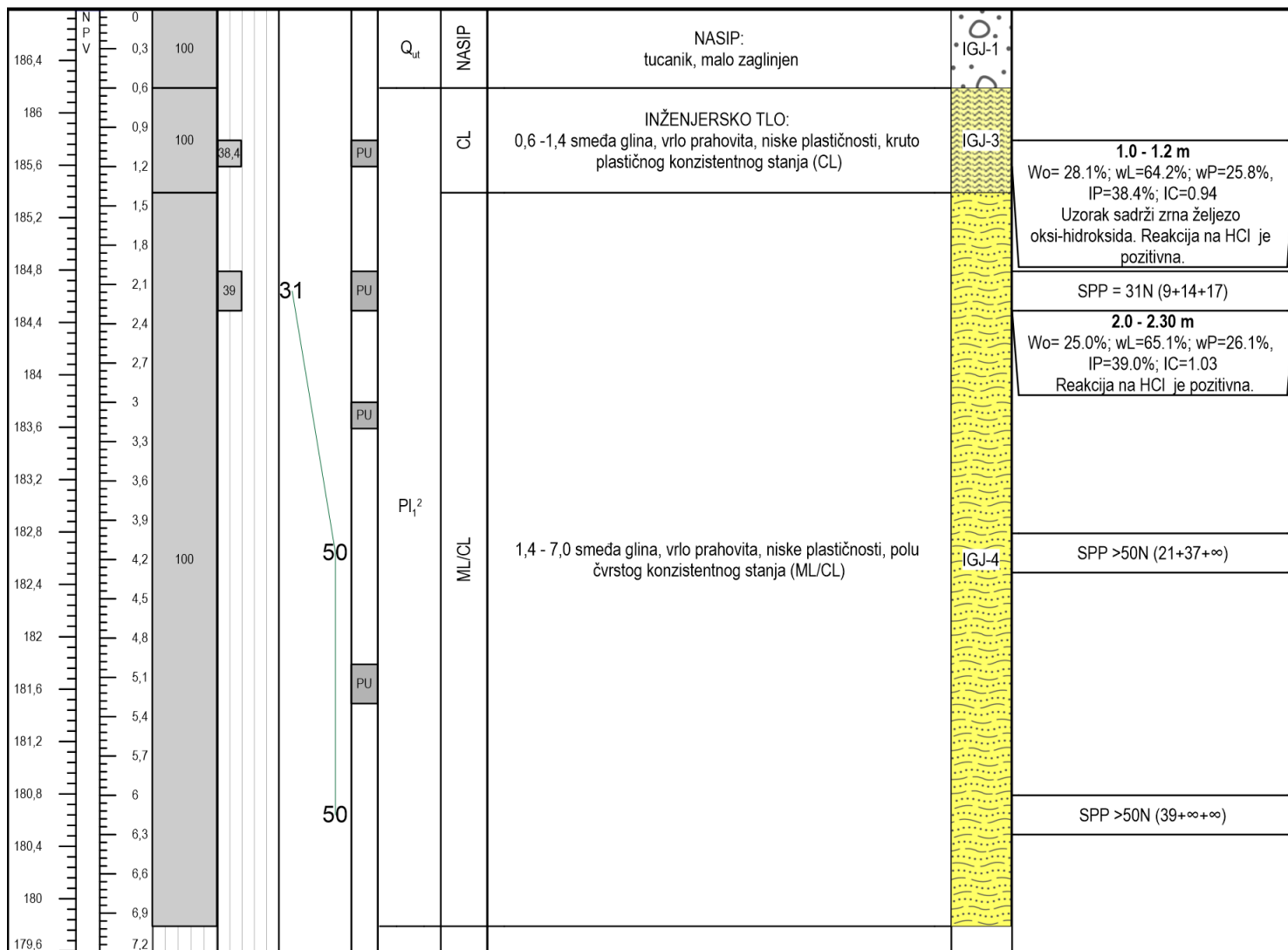
LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 3

## INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-9

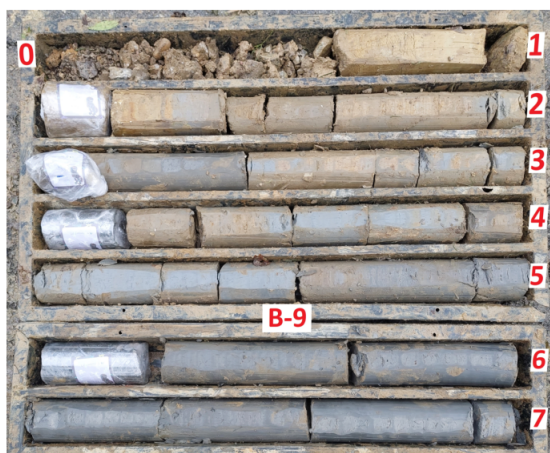
DUBINA: 7 m

BROJ PRILOGA: 3/9

NADMORSKA VISINA (m n.n.m.)	PODZEMNA VODA	DUBINA (m)	POSTOTAK JEZGRE (%)	INDEKS PLASTIČNOSTI Ip (%)	STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS	UZORAK	INŽENJERSKOGEOLOŠKI SIMBOL	GEOMEHANIČKI SIMBOL (USCS)	INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOTEHNIČKI OPIS	GEOTEHNIČKA JEDINICA	TERENSKA I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA
--------------------------------	---------------	------------	---------------------	----------------------------	-----------------------------------	--------	-------------------------------	-------------------------------	--	----------------------	---



### FOTODOKUMENTACIJA



NAPOMENA: PPV: -  
NPV: -

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.

# Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



KOORDINATA X: 577689,3

KOORDINATA Y: 5063146,24

NADMORSKA VISINA: 193,92 m

POČETAK BUŠENJA: 08.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4052

VOĐITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoinž. d.o.o.

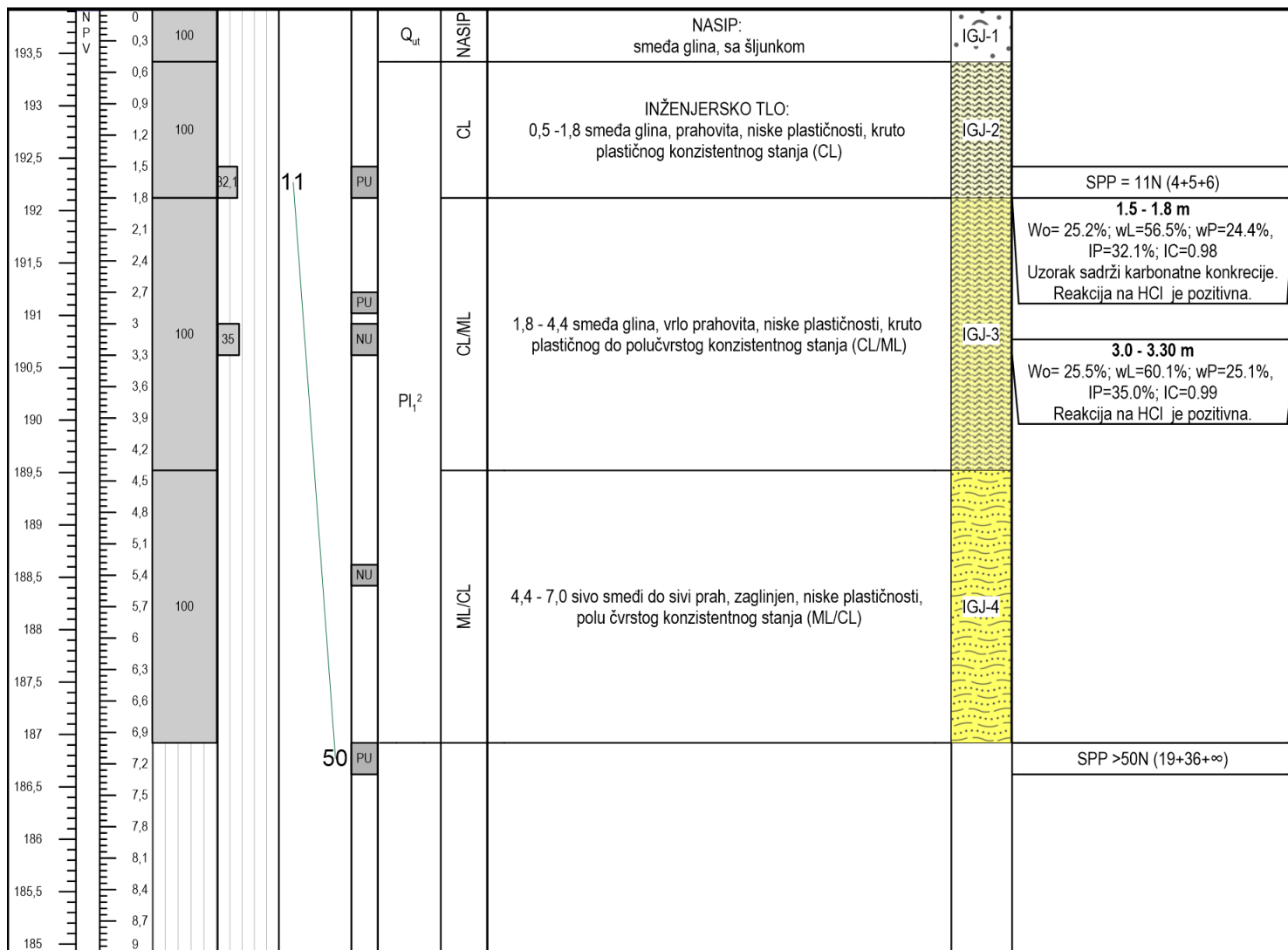
LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 4

## INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-10

DUBINA: 7 m

BROJ PRILOGA: 3/10

NADMORSKA VISINA (m n.m.)	PODZEMNA VODA	DUBINA (m)	POSTOTAK JEZGRE (%)	INDEKS PLASTIČNOSTI Ip (%)	STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS	UZORAK	INŽENJERSKOGEOLOŠKI SIMBOL	GEOMEHANIČKI SIMBOL (USCS)	INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOTEHNIČKI OPIS	GEOTEHNIČKA JEDINICA	TERENSKA I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA
------------------------------	---------------	------------	---------------------	----------------------------	-----------------------------------	--------	-------------------------------	-------------------------------	--	----------------------	---



### FOTODOKUMENTACIJA



NAPOMENA: PPV: -  
NPV: -

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.

# Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



KOORDINATA X: 577732,77

KOORDINATA Y: 5063152,65

NADMORSKA VISINA: 195,27 m

POČETAK BUŠENJA: 08.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4053

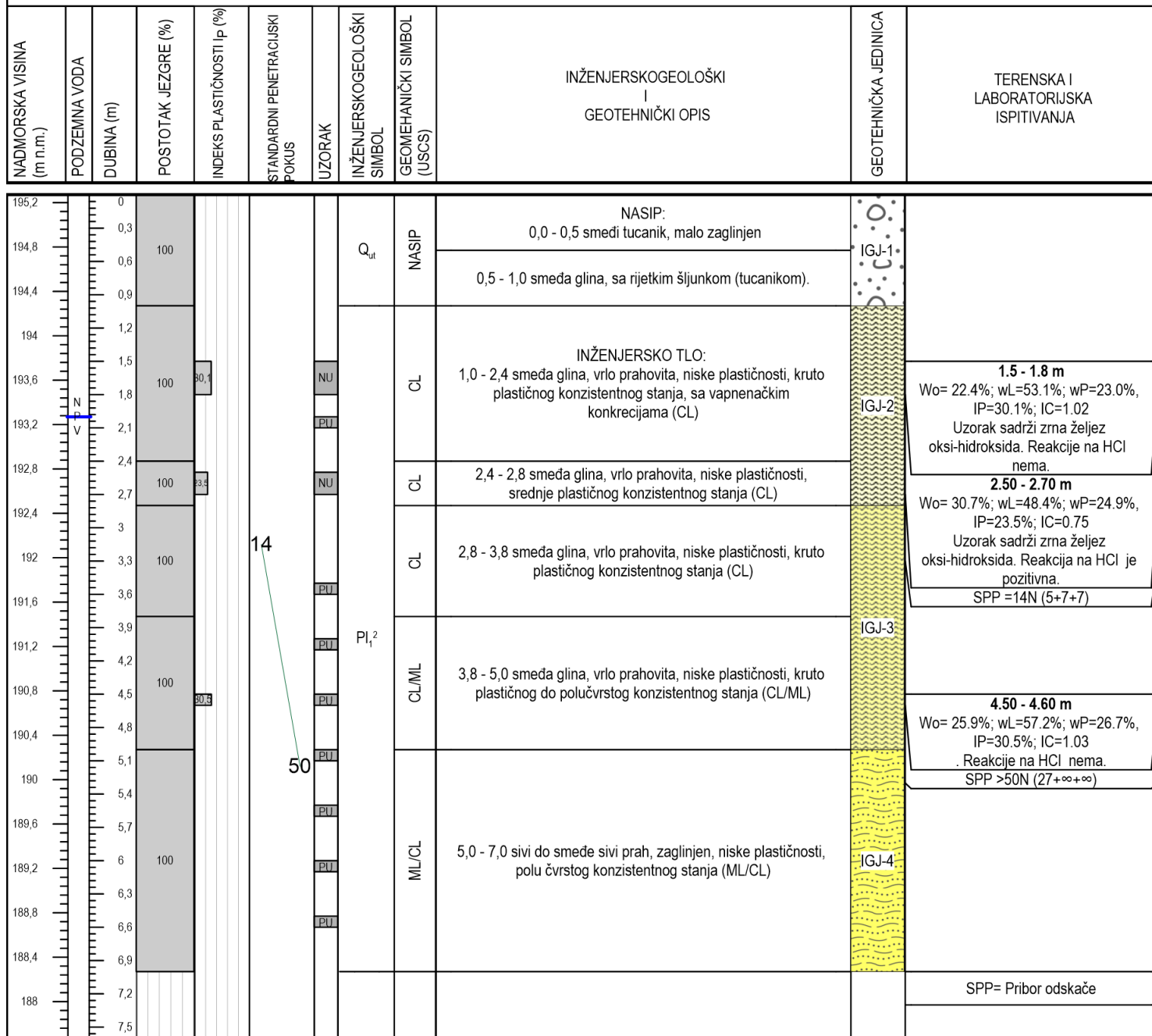
VODITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoining d.o.o.

LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 4

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-11

DUBINA: 7 m

BROJ PRILOGA: 3/11



## FOTODOKUMENTACIJA



NAPOMENA: PPV: 2,6 m - cijedi se  
NPV: 2,0 m

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.

# Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



KOORDINATA X: 577815,87

KOORDINATA Y: 5063162,05

NADMORSKA VISINA: 193,53 m

POČETAK BUŠENJA: 07.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4054

VODITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoinž. d.o.o.

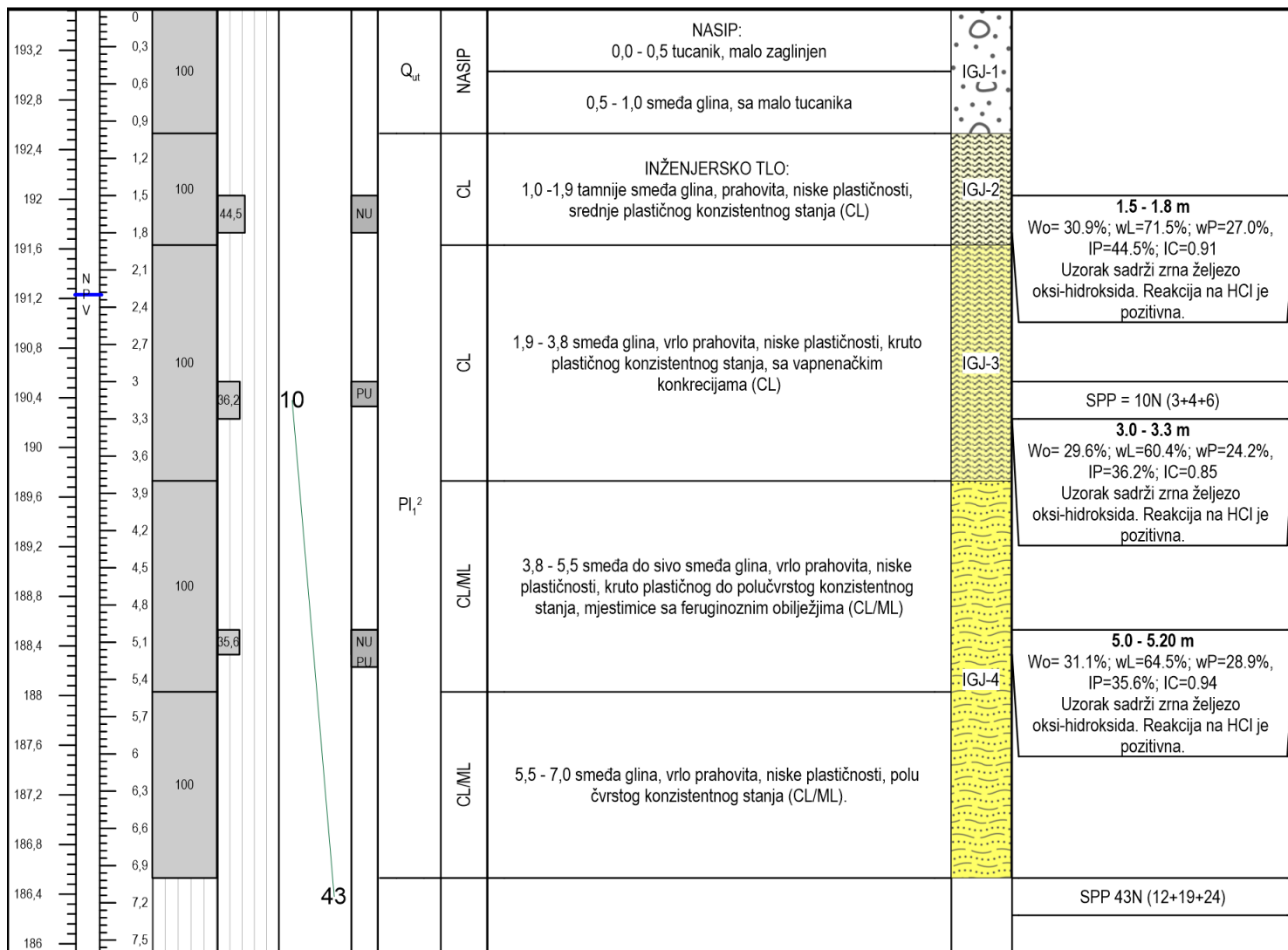
LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 4

## INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-12

DUBINA: 7 m

BROJ PRILOGA: 3/12

NADMORSKA VISINA (m n.m.)	PODZEMNA VODA	DUBINA (m)	POSTOTAK JEZGRE (%)	INDEKS PLASTIČNOSTI Ip (%)	STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS	UZORAK	INŽENJERSKOGEOLOŠKI SIMBOL	GEOMEHANIČKI SIMBOL (USCS)	INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOTEHNIČKI OPIS	GEOTEHNIČKA JEDINICA	TERENSKA I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA
------------------------------	---------------	------------	---------------------	----------------------------	-----------------------------------	--------	-------------------------------	-------------------------------	--	----------------------	---



### FOTODOKUMENTACIJA



NAPOMENA: PPV: 5,5 m - cijedi se  
NPV: 2,3 m

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.



KOORDINATA X: 577944,25

KOORDINATA Y: 5063208,12

NADMORSKA VISINA: 202,13 m

POČETAK BUŠENJA: 07.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4055

VIDITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoinž. d.o.o.

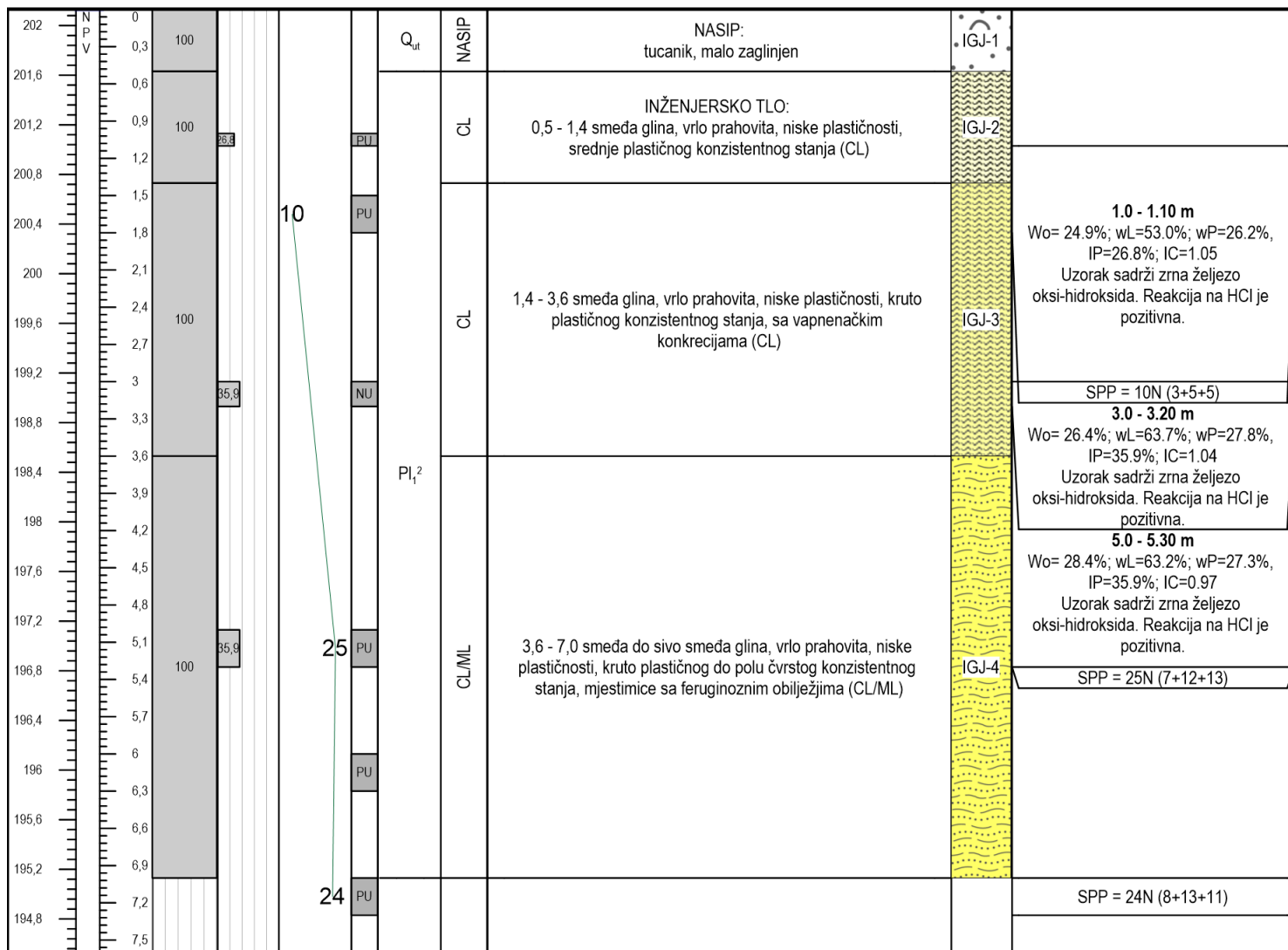
LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 5

## INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-13

DUBINA: 7 m

BROJ PRILOGA: 3/13

NADMORSKA VISINA (m n.m.)	PODZEMNA VODA	DUBINA (m)	POSTOTAK JEZGRE (%)	INDEKS PLASTIČNOSTI Ip (%)	STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS	UZORAK	INŽENJERSKOGEOLOŠKI SIMBOL	GEOMEHANIČKI SIMBOL (USCS)	INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOTEHNIČKI OPIS	GEOTEHNIČKA JEDINICA	TERENSKA I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA
------------------------------	---------------	------------	---------------------	----------------------------	-----------------------------------	--------	-------------------------------	-------------------------------	--	----------------------	---



### FOTODOKUMENTACIJA



NAPOMENA: PPV: -  
NPV: -

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.

# Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



KOORDINATA X: 577976.44

KOORDINATA Y: 5063213.71

NADMORSKA VISINA: 203,44 m

POČETAK BUŠENJA: 07.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4056

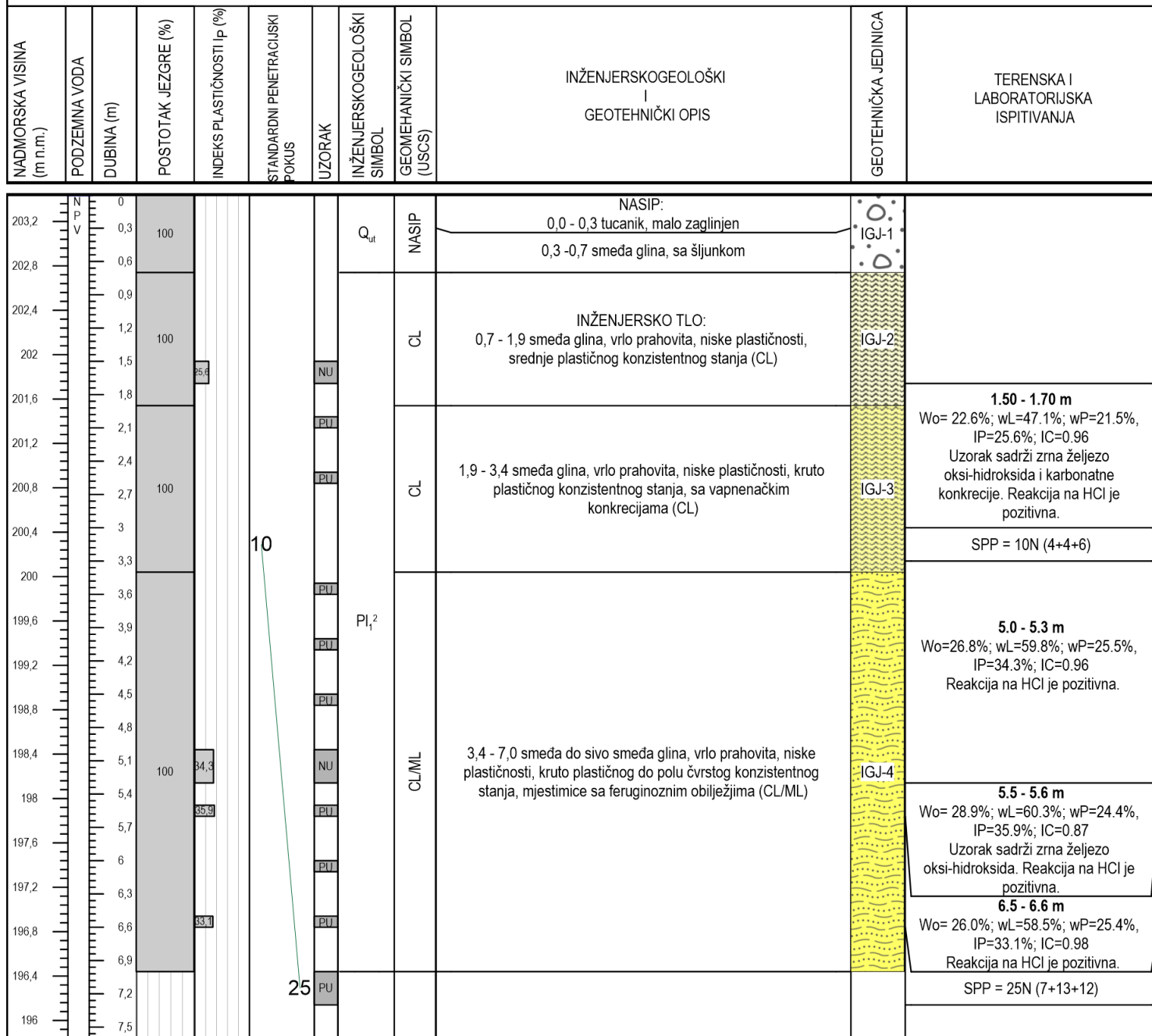
VODITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoinž. d.o.o.

LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 5

## INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-14

DUBINA: 7 m

BROJ PRILOGA: 3/14



### FOTODOKUMENTACIJA



NAPOMENA: PPV: -  
NPV: -

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.

# Rudarsko - geološko - naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu



KOORDINATA X: 578012,71

KOORDINATA Y: 5063221,4

NADMORSKA VISINA: 204,51 m

POČETAK BUŠENJA: 06.12.2022.

PROJEKT: Sanacija nestabilnosti na županijskoj cesti ŽC 4057

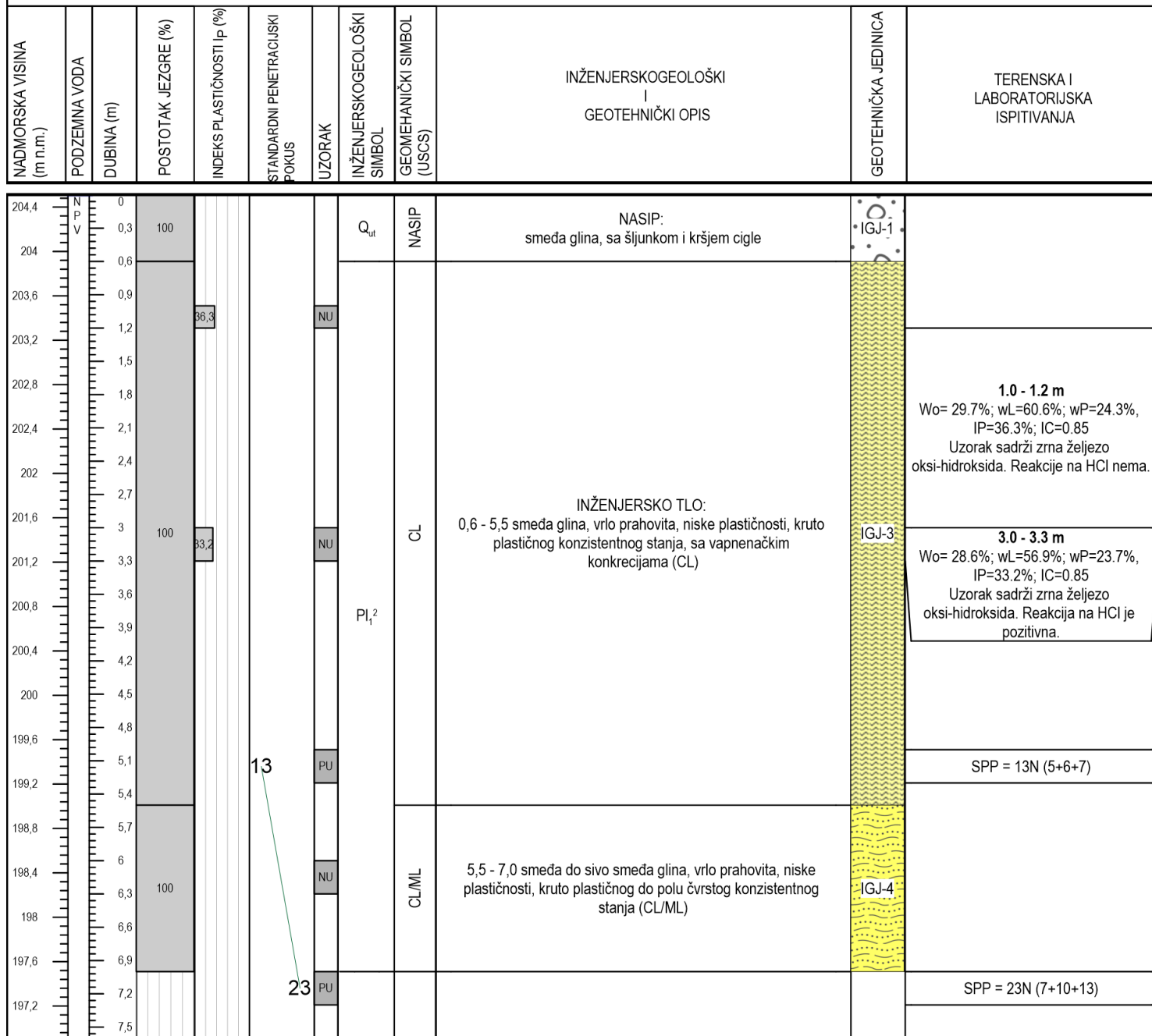
VIDITELJ BUŠENJA: Tomislav Juriša, Hidrogeoinj. d.o.o.

LOKACIJA: ŽC 4043, LEVINOVAČ - Lokacija 5

## INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-15

DUBINA: 7 m

BROJ PRILOGA: 3/15



### FOTODOKUMENTACIJA



NAPOMENA: PPV: -  
NPV: -

VRSTA ISTRAŽIVANJA: Inženjerskogeološko istraživanje

IZRADILA:  
Dora Nekić univ.bacc.ing.amb.

MJESTO I DATUM:  
Zagreb, 2023.