

SPP d.o.o.
Koprivnička ul. 47
Varaždin
t. 042 / 203 302
spp@spp.hr ; www.spp.hr

faza: **ELABORAT**
građevina: **Odlagalište Prudinec-Jakuševac**
naručitelj: **Općinski sud u Novom Zagrebu**
lokacija: **Zagreb, k.č.br. 394/1, k.o. Jakuševac**
voditelj: **Prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.**

vrsta : **ELABORAT**
t.d. broj : **SPP/2025/0013**
datum : **ožujak 2025.**

NARUČITELJ:

Općinski sud u Novom Zagrebu
Turinina 3
Zagreb

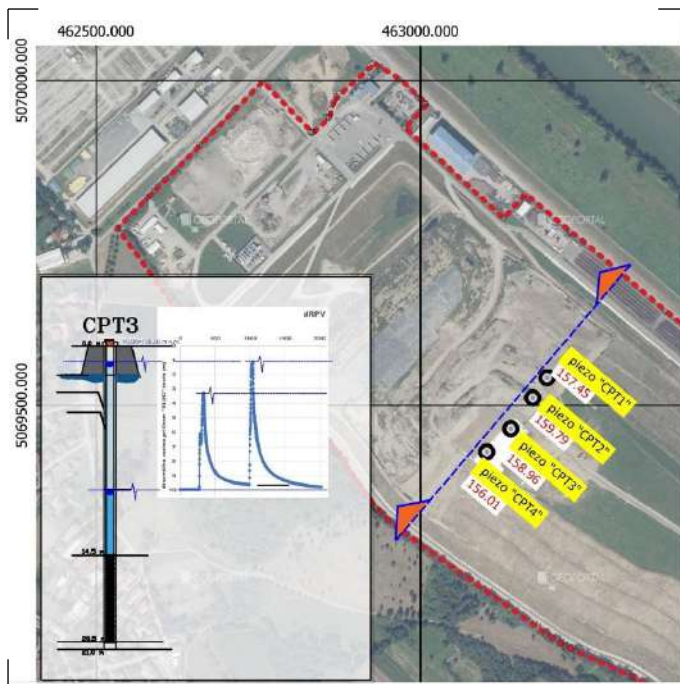
Poslovni broj: R1-221/2023

GRAĐEVINA:

Odlagalište Prudinec-Jakuševac

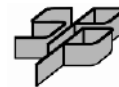
LOKACIJA:

Zagreb, k.o. Jakuševac
k.č. br. 394/1



Koprivnička ul. 47
42000 Varaždin, Hrvatska,
OIB:17497489416
www.spp.hr

SPP d.o.o.



spp@spp.hr

KNJIGA: **VDP-2025**
BR. T.D.: **SPP/2025/0013**

RAZINA: **IZVJEŠĆE O PROVEDENOM ISPITIVANJU**
NASLOV: **ELABORAT O ISPITIVANJU VODOPROPUSNOTI**

VODITELJ RADOVA: **Prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.**

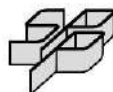
SURADNICI:
Branko Hlevnjak, dipl.ing.geolog.

Kristijan Grabar, dipl.ing.geoteh.

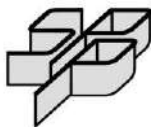
Ivan Pažur, dipl.ing.građ.

DATUM: **Ožujak 2025.**

DIREKTOR: **Prof. dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.**



SPP d.o.o.
Koprivnička ul. 47
Varaždin
t. 042 / 203 302
spp@spp.hr ; www.spp.hr



SPP d.o.o.
Koprivnička ul. 47
Varaždin
t. 042 / 203 302
spp@spp.hr ; www.spp.hr

faza: **ELABORAT**
građevina: **Odlagalište Prudinec-Jakuševac**
naručitelj: **Općinski sud u Novom Zagrebu**
lokacija: **Zagreb, k.č.br. 394/1, k.o. Jakuševac**
voditelj: **Prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.Ing.**

vrsta : **ELABORAT**
t.d. broj : **SPP/2025/0013**
datum : **veljača 2025.**

SADRŽAJ ELABORATA

SADRŽAJ ELABORATA	2
1. Uvod	6
2. Senzori korišteni kod mjerenja na piezometrima.....	7
3. Slug test.....	10
3.1. Slug-test metodom Hvorsleva	10
3.2. Proračun hidrauličkih vodljivosti prema KGS modelu	13
4. Mjerenje na piezometru CPT-1	14
5. Mjerenje na piezometru CPT-2	19
6. Mjerenje na piezometru CPT-3	24
6.1. Proračun hidrauličkih vodljivosti za piezometar CPT-3	25
7. Mjerenje na piezometru CPT- 4.....	29
8. Mjerenje razine podzemne vode u piezometrima CPT-1, CPT-2, CPT-3 i CPT-4.....	33
9. Zaključak.....	34

Registracija društva SPP d.o.o.

REPUBLIKA HRVATSKA TRGOVAČKI SUD U VARAŽDINI Elektronički zapis Datum: 02.12.2024 IZVAJAK IZ SUDSKOG REGISTRA SUJERET UPISA IBR: 070037303 OIB: 17497489416 EUID: HRBR.070037303 TURIST: 8 SPP društvo s ograničenom odgovornošću za geotehničku, radništvu, građevnu, saobraćajnu, hidrogeološku radove i usluge 1 SPP d.o.o. REPUBLIKA HRVATSKA 11 Varaždin (bivši Varaždin) Kapitanička ulica 43 ADRESA FAKTOLOŠKOG SUDCA 12 sgg@spp.hr PRAVNI OBILIK 1 Društvo s ograničenom odgovornošću PREMET POSLOVANJA: 1 Izrada i razvoj u tehn. i tehnol. znanj. Ostale poslovne djelatnosti, d. z. 1 Prizn. i građevinski inženjering i konsalting Inženjering, radovi, izrade investicijske i tehničke dokumentacije i tehnički nadzor, geodetske posmatranje terena, izrada stručnih ekspozicija i projekata, geomehničkih studija, 1 Laboratorijska i tehnika ispitivanja i vještačenja, revizija i drugi stručni poslovi 1 Izrada projekata i studija na okoliš Inženjering i izvođenje i konzalting 1 Izvođenje investicijskih radova i izvođenja Inženjering, projektiranje i izvođenje radova u inženjeringu i građevinarstvu 5 Izrada projekata i studija na okoliš Inženjering i izvođenje i konzalting 5 Izvođenje investicijskih radova i izvođenja Inženjering, projektiranje i izvođenje radova u inženjeringu i građevinarstvu 5 Izrada projekata i studija na okoliš Inženjering i izvođenje i konzalting Izrađeno: 2024-12-02 10:47:58 Podatci od: 2024-12-02 Stranica: 1 od 1	REPUBLIKA HRVATSKA TRGOVAČKI SUD U VARAŽDINI Elektronički zapis Datum: 02.12.2024 IZVAJAK IZ SUDSKOG REGISTRA SUJERET UPISA PREMET POSLOVANJA: 8 Ostale poslovne djelatnosti, d. z. OSNOVAČI/ČLANOVI DRUŠTVA: 10 STJEPAN STRELEC, OIB: 85915115334 Varaždin, Ulica Stjepana Vukovića 24 - član društva 15 JAKOV PRANIĆ, OIB: 9020964587 Varaždin, Ulica Petra Petrovića Križanac 4 - član društva OSOBNI TVLAŠTERI ZA RASPOJANJE: 10 STJEPAN STRELEC, OIB: 85915115334 Varaždin, Ulica Stjepana Vukovića 24 - direktor - zastupnik društva pojedinačno i skupno 15 JAKOV PRANIĆ, OIB: 9020964587 Varaždin, Ulica Petra Petrovića Križanac 4 - direktor - zastupnik društva pojedinačno i skupno TEKUĆI KAPITAL: 4 20.800,00 kuna / 2.804,48 eura (iznos: 20.800,00 kuna) Napomena: Iznos tekućeg kapitala informativno je prikazan u eura i ne daje se prava i obveze društva niti članova društva. Društvo su u svojoj temeljnoj kapitali uskladili Zakonom o izmjena i izmjenama Zakona o trgovačkim društvima ("Narodne novine" broj 114/22-1). NAČIN OPISUJA: Opisna skema: 1 Opisno o zaključenju općih akata društva sa Zakonom o trgovačkim društvima od 04. 12. 1995. godine 2 Odlukom članova društva od 31.12.99. izmijenjen je članak 7 Društvenog Ugovora o zaključenju od 04.12.95. koji se odnosi na temeljni kapital društva te je prilikom zaključenja Ugovora od 31.12.99. donesena odluka i priloga u obliku isprava, 3 Odlukom članova društva od dana 20.10.1999. g. stavljen je izvan snage Društveni ugovor u zaključenju općih akata društva sa Zakonom od 04.12.1995. g. i prilikom zaključenja Društvenog ugovora od dana 31.12.1999. g. i donesena nova Društveni ugovor dat 20.10.1999. g. 5 Odlukom članova društva od dana 04.04.2001. g. izmijenjen je Društveni ugovor od dana 20.10.1999. g. u dijelu koji se odnosi na sjedništvo društva i predmet poslovanja i donijet je izmijenjen Izrađeno: 2024-12-02 10:47:58 Podatci od: 2024-12-02 Stranica: 2 od 4
REPUBLIKA HRVATSKA TRGOVAČKI SUD U VARAŽDINI Elektronički zapis Datum: 02.12.2024 IZVAJAK IZ SUDSKOG REGISTRA SUJERET UPISA PRAVNI OBILIK Društvo s ograničenom odgovornošću OSNOVAČI/ČLANOVI DRUŠTVA: 8 Društvo s ograničenom odgovornošću dat 04.12.2024. g. Društveni ugovor od 04.12.1999. g. u skladu s izmjenama od 04.04.2001. g. i izmijenjen je članak o temeljnoj kapitalu društva od 20.05.2002. g. u skladu s izmjenama Zakona o trgovačkim društvima od 04.12.1995. g. i priloga u obliku isprava, 8 Društveni ugovor od 04.12.1999. g. u skladu s izmjenama Zakona o trgovačkim društvima od 04.12.1995. g. i priloga u obliku isprava, TEKUĆI KAPITAL: 2 Odlukom članova društva od 20.12.1997. povećan je temeljni kapital i revalorizirano iznos od 5,00 kn, što iznosi 27,27 kn za iznos od 17.810,73 kn u skladu s odlukom od 17.810,73 kn 4 Odlukom članova društva od dana 20.10.1999. g. temeljni kapital društva povećan je s iznosa od 17.810,73 kn na iznos od 20.800,00 kn OSOBNI TVLAŠTERI: 1 Ugovorom o prijenosu poslovanja dat 20.10.1999. g. društvo s ograničenom odgovornošću prijenosi poslovanje od društva s ograničenom odgovornošću na društvo s ograničenom odgovornošću, što je doneseno odlukom društva od 20.10.1999. g. FINANCIJSKA IZVJEŠTAJ: Izrađeno: 02.12.2024 Podatci od: 02.12.2024 Stranica: 1 od 1 Opisno o zaključenju općih akata društva: IBR: 070037303 OIB: 17497489416 EUID: HRBR.070037303 TURIST: 8 SPP društvo s ograničenom odgovornošću za geotehničku, radništvu, građevnu, saobraćajnu, hidrogeološku radove i usluge 1 SPP d.o.o.	REPUBLIKA HRVATSKA TRGOVAČKI SUD U VARAŽDINI Elektronički zapis Datum: 02.12.2024 IZVAJAK IZ SUDSKOG REGISTRA SUJERET UPISA Opisno o zaključenju općih akata društva: IBR: 070037303 OIB: 17497489416 EUID: HRBR.070037303 TURIST: 8 SPP društvo s ograničenom odgovornošću za geotehničku, radništvu, građevnu, saobraćajnu, hidrogeološku radove i usluge 1 SPP d.o.o.

Rješenje Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja društvu SPP d.o.o. Varaždin o ispunjavanju posebnih uvjeta za obavljanje djelatnosti hidrogeoloških istraživanja.



REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO GOSPODARSTVA
I ODRŽIVOG RAZVOJA

10000 Zagreb, Radnička cesta 80
Tel: 01/ 3717 111 fax: 01/ 3717 149

KLASA: UP/I-325-07/22-04/03

URBROJ: 517-09-1-2-2-22-7

Zagreb, 23. svibnja 2022.

Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, OIB: 19370100881, na temelju članka 210. stavka 3. Zakona o vodama (Narodne novine, br. 66/19, 84/21), u vezi sa člankom 3. stavkom 1. te člankom 4. Pravilnika o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških usluga, poslova preventivne obrane od poplava te poslova i mjera redovite i izvanredne obrane od poplava te održavanja detaljnih građevina za melioracijsku odvodnju i građevina za navodnjavanje (Narodne novine, br. 26/20), po neposrednom zahtjevu društva SPP d.o.o., Varaždin, Koprivnička ulica 47, OIB: 17497489416, za izdavanjem rješenja o ispunjenju posebnih uvjeta za obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških usluga – hidrogeoloških istraživanja, donosi

RJEŠENJE

1. Utvrđuje se da društvo SPP d.o.o., sa sjedištem u Varaždinu, Koprivnička ulica 47, matični broj subjekta (MBS) 070037303, osobni identifikacijski broj (OIB) 17497489416, ispunjava posebne uvjete za obavljanje djelatnosti hidrogeoloških istraživanja.
2. Ovo Rješenje važi do 23. svibnja 2032. godine.
3. Ovo Rješenje je u upravnom postupku izvršno danom dostave stranci.

O b r a z l o ž e n j e

Društvo SPP d.o.o., sa sjedištem u Varaždinu, Koprivnička ulica 47 (u daljnjem tekstu: SPP d.o.o.), zastupano po direktoru, Stjepan Strelec, OIB: 85915115334, podnijelo je dana 18. ožujka 2022. godine neposredan zahtjev za izdavanje rješenja o ispunjenju posebnih uvjeta za obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških usluga – hidrogeoloških istraživanja, uz koji je priložilo dokumentaciju sukladno člancima 13. i 15. Pravilnika o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških usluga, poslova preventivne obrane od poplava te poslova i mjera redovite i izvanredne obrane od poplava te održavanja detaljnih građevina za melioracijsku odvodnju i građevina za navodnjavanje (Narodne novine, br. 26/20 – u daljnjem tekstu: Pravilnik).

Zahtjev je osnovan.

Odlukom, KLASA: 325-01/21-01/385, URBROJ: 517-09-1-2-2-21-1, od 6. listopada 2021. godine, osnovano je stalno Povjerenstvo za provedbu postupka utvrđivanja ispunjenja posebnih uvjeta za obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških usluga (certifikacijski postupak), u daljnjem tekstu: Povjerenstvo, kako bi se utvrdile sve činjenice odlučne za ishod postupka sukladno članku 16. stavcima 1. i 3. Pravilnika.

U dokaznom dijelu certifikacijskog postupka očevidom na licu mjesta u sjedištu društva SPP d.o.o., o čemu je sastavljen Zapisnik dana 20. svibnja 2022. godine, Povjerenstvo je utvrdilo da je podnositelj zahtjeva, SPP d.o.o., dokazao ispunjavanje posebnih uvjeta za obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških usluga – hidrogeoloških istraživanja, propisanih člankom 3. stavkom 1. te člankom 4. Pravilnika, pa je valjalo riješiti kao u izreci Rješenja.

Točka 2. izreke ovoga Rješenja donesena je u skladu s člankom 19. Pravilnika.

Uputa o pravnom lijeku

Protiv ovog Rješenja ne može se izjaviti žalba, ali se može pokrenuti upravni spor. Upravi spor pokreće se tužbom u roku od 30 dana od dana dostave rješenja stranci. Tužba se podnosi Upravnom sudu u Zagrebu, neposredno u pisanom obliku, usmeno na zapisnik ili se šalje poštom odnosno dostavlja elektronički.


**PO OVLAŠTENJU MINISTRA
RAVNATELJICA**
Elizabeta Kos, dipl. ing.

DOSTAVITI:

1. SPP d.o.o., Koprivnička ulica 47, 42 000 Varaždin
2. Hrvatske vode - Direkcija, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb,
3. Državni inspektorat, Sektor za nadzor zaštite okoliša, zaštite prirode i vodopravni nadzor, Služba koordinacije nadzora korištenja voda i vodnog dobra, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb

1. Uvod

Na lokaciji Odlagališta Prudinec-Jakuševac, u veljači 2025. god., provedena su hidraulička ispitivanja na četiri izvedena kontrolna piezometra u sklopu Programa istraživanja s ciljem osiguranja dokaza radi iznalaženja uzroka odrona iz 2023. god. Svrha provedenih istraživanja je određivanje koeficijenta vodopropusnosti otpada. Ispitivanja se izvode s namjerom da se omogući potpunije razumijevanje vodopropusnosti materijala otpada u tijelu odlagališta.

POSEBNOSTI ISPITIVANJA

Odlagalište otpada je složen sustav u kojem osim fizikalno-mehaničkih karakteristika otpada izuzetan upliv čine i kemijski aktivni procesi i stvaranje otpadnog plina, te protok vremena (starenje). Provedena mjerenja izvode se iz hidrogeoloških ustaljenih postupaka ispitivanja geomaterijala (tla). Kako ovdje nije u pitanju „klasično“ tlo (geomaterijal), tako i ustaljeni postupci ispitivanja i izmjerene vrijednosti parametara mogu biti manje ili više primjereni otpadnom materijalu odlagališta.

HIDROGEOLOŠKI ODNOSI U TIJELU ODLAGALIŠTA

Procjedne vode zadržavaju se u tijelu odlagališta otpada formirajući piezometarske linije potencijala. Na ispitnim piezometrima statičke razine podzemne vode zabilježene su u dva datuma (03.02.2025. i 20.02.2025.) iz čega su izvedeni zaključci o piezometarskim tlakovima unutar odlagališta. Tijelo odlagališta ne može se smatrati klasičnim vodonosnikom u kojem slobodna voda pokazuje tranzientnu karakteristiku gibanja pod utjecajem hidrauličkih gradijenata formiranih piezometarskih potencijala. Na snazi su učinci viskoznih tekućina različiti od „čiste“ vode i bitno drugačijih reoloških svojstava i to sve pri izmjerenim temperaturama od 50-ak °C. Izneseno također treba dopuniti i značajnim utjecajem plinova koji su očito dispergirani unutar saturiranih slojeva, ali pri tlakovima koji omogućuju samootplinjavanje.

TEHNIČKI UVJETI IZVEDENIH KONTROLNIH PIEZOMETARA

Sukladno osnovnom Programu geotehničkih istražnih radova predviđeno je da se hidraulička ispitivanja provode na 4 kontrolna zdenca pojedinačne dubine 40 m. Međutim, naručitelj je sukladno uputama sudskog vještaka (Lebo) stavka 4 modificirao stavku na način su se mjerenja vodopropusnosti izvodila na 4 izvedena piezometra (jer se zdenci nisu izvodili). Takav način mjerenja (na piezometrima umjesto na zdencima) nema nikakav utjecaj na rezultate mjerenja vodopropusnosti odlagališnog otpada. Na lokaciji su zatečena četiri piezometra pojedinačne dubine 20 m. Ugrađeni profili PVC cijevi piezometara malog su promjera, ϕ 60/55,4 mm. Sukladno tome upotrijebljene su primjenjive metode ispitivanja za utvrđivanje koeficijenta vodopropusnosti. Primarno je to „Slug test“ u materijalima male hidrauličke vodopropusnosti. Iz razloga kontrole rezultata mjerenja, ona su ponovljena tijekom mjeseca veljače 2025. godine.

2. Senzori korišteni kod mjerenja na piezometrima

Na svim metrima izvedena su mjerenja tijekom veljače 2025. godine. Mjerenja su obavljena sa svrhom određivanja hidrauličke vodljivosti podzemne vode na odlagalištu komunalnog otpada u Jakuševcu. Prilikom mjerenja upotrebljavani su senzori proizvođača tvrtke ELTRATEC iz Slovenije i tvrtke IN-SITU iz USA. Prilikom mjerenja mjerili smo promjenu tlaka vode prilikom izvođenja Slug testa, temperaturu i vodljivost podzemne vode na tijelu odlagališta u Jakuševcu. Kratak opis korištenih senzora tvrtke Eltratec d.o.o. prikazan je na slici 2.1. Karakteristike senzora, njihova uporaba i tehničke specifikacije dane su u nastavku.



Slika 2.1. Senzori korišteni prilikom mjerenja – GSR 120 NT i 120NTG tvrtke Eltratec d.o.o.

ZNAČAJKE SENZORA:

- mjerenje i registracija razine, temperature i vodljivosti
- kompaktno kućište od nehrđajućeg čelika
- baterija ili vanjsko napajanje
- RS 485 komunikacijski port
- prijenos podataka i postavljanje parametara žičnom vezom na osobno računalo ili daljinski pomoću GSM/GPRS modema
- jednostavna instalacija.

Senzori se koriste za monitoring voda (kontrolu razine vode u zdencima, bušotinama i piezometrima), temperature i vodljivosti površinskih, podzemnih, termalnih i industrijskih voda. Senzor GSR 120 sastoji se od dva snimača: tipa GSR 120NT, koji mjeri i registrira razinu (tlak) i temperaturu, i senzora tipa GSR 120NTG, koji osim tlaka i temperature mjeri i registrira vodljivost medija (podzemne vode). Sastoji se od nehrđajućeg čelika u čiju unutrašnjost je smještena elektronika, senzor tlaka i temperature, posebnog kabela sa zračnom cijevi te kućišta s baterijama i konektorom za komunikaciju s računalom. U sondi je mikrokontroler koji mjerene podatke sa senzora pohranjuje u određenim vremenskim intervalima u memoriju i po potrebi komunicira s prijenosnim računalom ili GSM/GPRS modemom. Sonda može raditi lokalno, kao samostalni snimač mjerenih podataka. Zatim, ako je potrebno, na mjestu mjerenja može se povezati s prijenosnim računalom i podaci se mogu prenijeti iz memorije senzora na računalo. Istovremeno možemo mijenjati i same postavke mjerenja i vrijeme uzorkovanja. Aplikacija (softver) na osobnom računalu omogućuje komunikaciju sa sondom.

Osim komunikacije omogućen je i pregled pročitanih podataka u tabličnom i grafičkom obliku te izvoz podataka u MS Excel. Do 16 registratora može se povezati na RS485 komunikacijsku žičanu mrežu i komunicirati sa svima s jednog mjesta ili bežično. Za bežično povezivanje potreban je modul s GSM/GPRS modemom, antenom i baterijom. To omogućuje svakodnevni prijenos arhiviranih podataka u određeno vrijeme na bilo koje mjesto koje ima GSM/GPRS signal. Osim prijenosa arhiviranih podataka, moguće je i daljinsko mijenjanje postavki senzora.

TEHNIČKE SPECIFIKACIJE SENZORA:

- napajanje: baterija 5 ... 15VDC ili linija 5 ... 24 VDC (zaštita od pogrešnog polariteta)
- ugrađeni sat u stvarnom vremenu s vlastitom baterijom
- RS 485 komunikacijski port
- vrijeme uzorkovanja: 1 sek ... 24 sata
- kapacitet memorije: 3 x 16 000 podataka
- kućište snimača: 1,4435 nehrđajući čelik
- zaštita: IP 68
- priključni kabel: 7 žilni + oplet + zračna cijev, izolacija od polietilenskog omotača, zračna cijev, sintetička vlakna
- temperatura okoline: -30 °C ... 70 °C (medij se ne smije smrzavati).

Mjerenje razine (tlaka):

- 0 – 5 m do maks. 0 – 300 m
- pogreška mjerenja: < 0,1 % mjernog područja
- razlučivost: 1 cm ili 1 mm (programabilno) – ovisno o mjernom području
- automatska kompenzacija temperature
- automatsko izjednačavanje atmosferskog tlaka.

Mjerenje temperature:

- 0 – 70 °C
- senzor temperature Pt100 / PT1000
- pogreška mjerenja < 0,3 °C
- razlučivost 0,1 °C (samo za model GSR 120NTG).

Mjerenje vodljivosti: (samo za model GSR 120NTG)

- 10 – 2000 uS / cm
- pogreška mjerenja: < 2 % (obično 1 %)
- razlučivost 1uS / cm
- automatska kompenzacija temperature
- kućište: polivinil klorid (PVC).

Komunikacijsko sučelje KV 200:

- ABS kućište
- 2 Li baterije, 3,6 V / 2,7 Ah
- mogućnost vanjskog napajanja (solarno napajanje ili linijsko napajanje) – neprekinuti prelazak na napajanje iz akumulatora u slučaju vanjskog nestanka struje
- računalni komunikacijski konektor
- GSM/GPRS modem, antenski konektor (nije obavezno)
- LCD zaslon za trenutna mjerenja (razina, temperatura, napon i vodljivost baterije).

Senzori tvrtke In-Situ Inc. i njihove tehničke specifikacije prikazani su na Slici 2.2. i tablici 2.1.



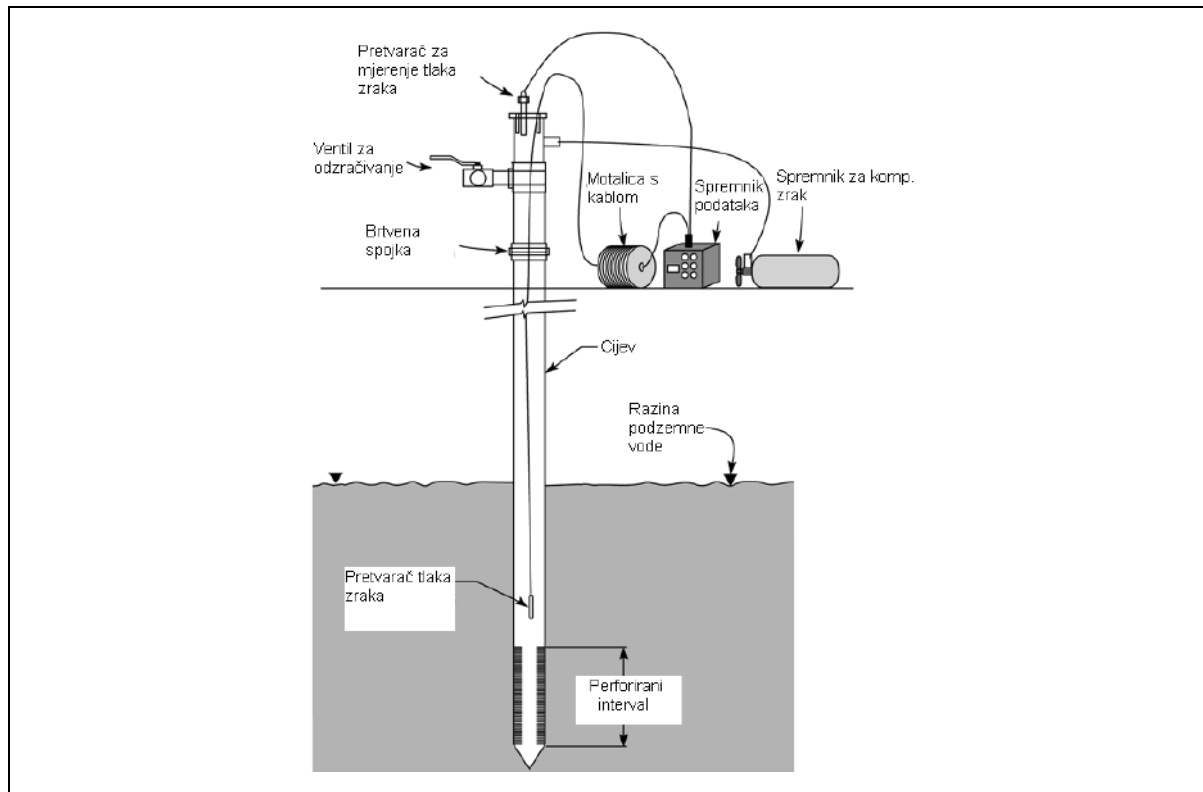
Slika 2.2. Senzor Level Troll 700 tvrtke In-Situ Inc., također je korišten prilikom mjerenja.

Tablica 2.1. senzori tvrtke In-Situ Inc. I njihove tehničke specifikacije

Level TROLL 700 instrument	
General	Level TROLL 700
Temperature ranges	Operational: -20-80° C (-4-176° F) Storage: -40-80° C (-40-176° F) Calibrated: -5-50° C (23-122° F)
Diameter	1.83 cm (0.72 in.)
Length	21.6 cm (8.5 in.)
Weight	124 g (0.27 lb)
Materials	Titanium, Acetal, EPDM
Output options	Modbus/RS485, SDI-12, 4-20 mA
Battery type & life	3.6 V lithium; 10 years or 2M readings
External power	8-36 VDC
Memory Data records Data logs	4.0 MB 260,000 50
Log types	Linear, Fast Linear, Linear Average, Event, Step Linear, True Logarithmic
Fastest logging rate & Modbus rate	4 per second
Fastest SDI-12 & 4-20 mA output rate	1 per second
Real-time clock	Accurate to 1 second/24-hr period
Sensor type/material	Piezoresistive; titanium

3. Slug test

Osnovni zadatak *Slug*-testa je izračunati hidrauličku vodljivost prilikom hidrogeoloških istraživanja. U svakom piezometru, bušotini ili zdencu može se provesti *Slug*-test s više razina unesenih promjena i na taj način isključiti eventualne heterogene uvjete u okruženju testiranog zdenca (piezometra). U osnovi, *Slug*-test se sastoji u tome da se u testni zdenac, odnosno piezometar, naglo (u proračunima trenutno) unese određena količina vode (*Slug*-test) ili se iz njega iznese (*bail*-test). To se može ostvariti na razne načine. Primjerice, ulijevanjem vode u piezometar ili koristeći komprimirani zrak (vidi Slika 3.1.).



Slika 3.1. Provođenje *slug* - testa na piezometru

U predmetnoj lokaciji za određivanje hidrauličke vodljivosti korištena je metoda Hvorsleva za piezometar CPT-2 i KGS model za ostale piezometre. Metoda Hvorsleva je korištena kod piezometra CPT-2 budući kod tog piezometra nema perforacije na PVC cijevima pa je metoda Hvorsleva najprikladnija.

3.1. Slug-test metodom Hvorsleva

Na unesenu promjenu piezometar reagira promjenom razine vode. Takva promjena slijedi određene zakonitosti gibanja stupca vode i veličine prihrane ostvarene u perforiranom dijelu piezometra. To kolebanje razine vode prati se u odnosu na vrijeme. Mnogi autori bavili su se proučavanjem takve zavisnosti, s obzirom na to da ideja o takvom načinu testiranja nije nova. Do sada su ponuđena određena rješenja raznih autora, ali su se uglavnom ograničavala na vodonosne slojeve niske hidrauličke vodljivosti. Najpoznatije takvo rješenje ponudio je autor Hvorslev (tzv. slug-metoda prema Hvorslevu, 1951) koji nudi određivanje veličine hidrauličke vodljivosti (K) za vodonosne slojeve male hidrauličke vodljivosti i uvjet kada je perforirani dio barem osam puta duži od polumjera testiranog zdenca. Vrijednost ulaznog protoka (q) u piezometru u svakom je trenutku proporcionalna s vrijednošću hidrauličke vodljivosti (K) tla i visinskom razlikom ($H_0 - h$):

$$q(t) = \pi \cdot r^2 \cdot \frac{dh}{dt} = F \cdot K \cdot (H_0 - h)$$

gdje su:

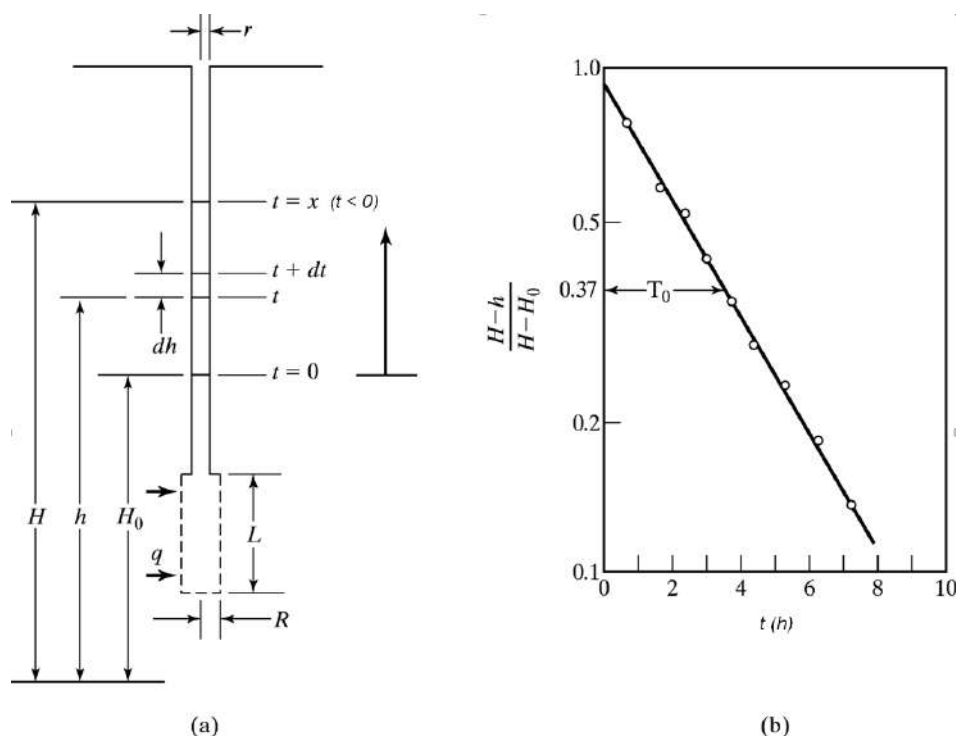
F – faktor koji ovisi o obliku i dimenzijama piezometra

r – polumjer piezometra [m].

Hvorslev je definirao vrijeme kašnjenja kao T_0 s početnim uvjetima ($H - H_0, t=0$):

$$T_0 = \frac{\pi \cdot r^2}{F \cdot K}, \quad \frac{(H - h)}{(H - H_0)} = e^{-t/T_0}$$

Na polulogaritamskom dijagramu (Slika 3.2. b) koji prikazuje odnos $(H - h)/(H - H_0)$ i vremena (t), može se vidjeti da je $t = T_0$ kada je oporavak jednak 0,37 (vrijeme potrebno da se razina vode u zdencu povрати za 37 % prema statičkoj razini).



Slika 3.2. Slug-test metodom Hvorsleva: a) geometrija; b) dijagram za analizu ispitivanja (prema Hvorslev, 1951)

Ako se vrijeme kašnjenja (T_0) uvrsti u početnu jednadžbu, dobiva se:

$$K = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \left(\ln \frac{h}{H_0} \right)}{F \cdot T_0}$$

Hvorslev procjenjuje vrijednost faktora F za najčešće vrste piezometra (to su oni kod kojih je perforirani dio barem osam puta duži od polumjera piezometra) i daje generalnu jednadžbu za izračun hidrauličke vodljivosti (K):

$$K = \frac{r^2 \cdot \ln \left(\frac{L}{R} \right)}{2 \cdot L \cdot T_0}$$

gdje je:

- T_0 – vrijeme potrebno da se razina vode u zdencu povрати za 37 % (0,37) prema statičkoj razini ($h / H_0 = 0,37$)
- L – dužina perforiranog dijela
- r – unutrašnji polumjer zdenca
- R – unutrašnji polumjer perforiranog dijela.

Rješenje po Hvorslevu pretpostavlja sljedeće:

- otvoreni ili ne potpuno zatvoreni vodonosnik koji naizgled zahtijeva beskonačno mjerenje
- homogeni, izotropni vodonosnik jednolike debljine
- razina podzemne vode je horizontalna prije ispitivanja
- trenutno ulijevanje/izvlačenje određenog volumena vode rezultira trenutnom promjenom razine vode u piezometru
- gubici zbog inercije vodenog stupca i nelinearnosti piezometra su zanemarivi
- potpuna penetracija piezometra
- smatra se da je širina piezometra beskonačna
- tok je horizontalan prema piezometru ili od njega.

U tablici 3.1. dani su primjeri izračunavanja hidrauličke vodljivosti po metodi Hvorsleva za različite izvedbe piezometra i različite uvjete u tlu (Hvorslev, 1951).

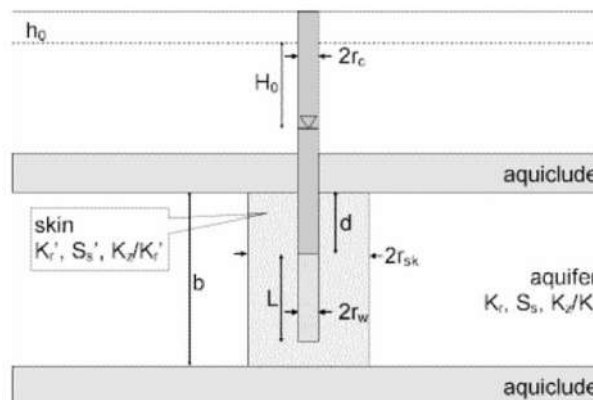
Tablica 3.1. Izračunavanje hidrauličke vodljivosti po metodi Hvorsleva za različite izvedbe piezometra i različite uvjete u tlu (Hvorslev, 1951).

UVJETI	GRAFIČKI PRIKAZ	FAKTOR, F	HIDRAULIČKA VODLJIVOST, K	PRIMJENA
Opažački zdenac ili piezometar u saturiranom izotropnom sloju beskonačne dubine	nezacijevljena bušotina	$F = 16\pi DSR$	za opažačke zdence konstantnog poprečnog presjeka. $K = \frac{R}{16DS} \cdot \frac{(H_2 - H_1)}{(t_2 - t_1)}$ za $\frac{D}{R} < 50$	najjednostavnija metoda za ispitivanje hidrauličke vodljivosti, nije primjenjiva u slojevitim tlima
	zacijevljena bušotina, sve do dna	$F = \frac{11R}{2}$	$K = \frac{2\pi R}{11(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$ za $6 \leq D \leq 60$	za ispitivanje hidrauličke vodljivosti u malim dubinama ispod razine vode
	zacijevljena bušotina, pri dnu perforirani dio duljine L	$F = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{L}{R}\right)}$	$K = \frac{2\pi R}{2L(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right) \ln\left(\frac{L}{R}\right)$ za $\frac{L}{R} > 8$	za ispitivanje hidrauličke vodljivosti u većim dubinama ispod razine vode
	zacijevljena bušotina, stupac tla visine L ulazi u zacijevljeni dio	$F = \frac{11\pi R^2}{2\pi R + 11L}$	$K = \frac{2\pi R + 11L}{11(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$	za ispitivanje hidrauličke vodljivosti u vertikalnom smjeru u anizotropnim tlima
Opažački zdenac ili piezometar u vodonosniku s nepropusnim gornjim slojem	zacijevljena bušotina, na gornjoj granici spojena s vodonosnikom beskonačne dubine	$F = 4R$	za opažačke zdence konstantnog poprečnog presjeka $K = \frac{\pi R}{4(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$	kada je debljina gornjeg sloja relativno mala
	zacijevljena bušotina, perforirani dio koji ulazi u vodonosnik 1) $\frac{L_1}{T} \leq 0,2$ 2) $0,2 < \frac{L_2}{T} < 0,85$ 3) $\frac{L_3}{T} = 1,00$ R_0 je efektivni radijus do izvora na konstantnoj visini.	1) $F = C_5 R$	$K = \frac{\pi R}{C_3(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$	za ispitivanje hidrauličke vodljivosti na dubini većoj od 2 m
		2) $F = \frac{2\pi L_2}{\ln\left(\frac{L_2}{R}\right)}$	$K = \frac{R^2 \ln\left(\frac{L_2}{R}\right)}{2L_2(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$ za $\frac{L}{R} \geq R$	za ispitivanje hidrauličke vodljivosti na većim dubinama i za dobro građirana tla
		2) $F = \frac{2\pi L_3}{\ln\left(\frac{R_0}{R}\right)}$	$K = \frac{R^2 \ln\left(\frac{R_0}{R}\right)}{2L_3(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$	pretpostavljena vrijednost $R_0/R = 200$ procijenjena na temelju opažanja u zdencima, stvorena je kako bi se dobila aktualna vrijednost R_0

3.2. Proračun koeficijenta vodopropusnosti-hidrauličkih vodljivosti prema KGS modelu

Proračun hidrauličke vodljivosti za piezometre CPT-1, CPT-3 i CPT-4 rađen je prema KGS modelu kojeg su razradili Hyder i suradnici (1994.) za SLUG TEST, poznat kao KGS Model. Hyder i suradnici su 1994. godine razvili potpuni prijelazni model, poznat pod imenom KGS Model, za pretjerano prigušen slug test za zdence koji potpuno ili djelomično prodiru u zatvoreni vodonosnik. Rješenje je simulacija promjene razine podzemne vode pri ispitivanju i uključuje zonu konačne debljine oko promatračkog zdenca.

Za zdence koji potpuno prodiru u zatvoreni vodonosnik, KGS Model je ekvivalentan modelu rješenja Cooper-a i sur. (1967.). Za potpuno perforirane zdence u zatvorenom vodonosniku bez zona smanjenih/povećanih propusnosti (wellbore skin), KGS Model i Dougherty-Babu (1984.) modeli rješenja su identični. Nakon odabira modela rješenja, AQTESOLV nudi dvije konfiguracije za simulaciju slug testa uz pomoć KGS Modela. Jedna konfiguracija izostavlja zonu smanjenih/povećanih propusnosti (wellbore skin), a druga ju uključuje.



Slika 3.3. Ulazni parametri za proračun hidrauličke vodljivosti prema KGS modelu

Hyder i sur. (1994.) izveli su analitičko rješenje, također poznato pod imenom KGS Model, koje opisuje promjene razine podzemne vode kao posljedicu ubrizgavanja vode u zdenac ili ispuštanja vode iz zdenca koji potpuno ili djelomično prodiru u homogeni, anizotropni, zatvoreni vodonosni sloj.

Pretpostavke za KGS model su slijedeće:

- vodonosnik je beskonačnog rasprostiranja
- vodonosnik je homogen i jednolike je debljine
- potencimetrijska površina vodonosnika je inicijalno horizontalna
- ispitni i promatrački zdenaci potpuno ili djelomično prodiru u vodonosnik
- vodonosnik je zatvoren
- protok je promjenjiv
- voda se trenutačno oslobađa s padom hidrauličke vodljivosti
- volumen vode, V , je utisnut u zdenac ili ispumpavan iz njega trenutačno

Potrebni podaci:

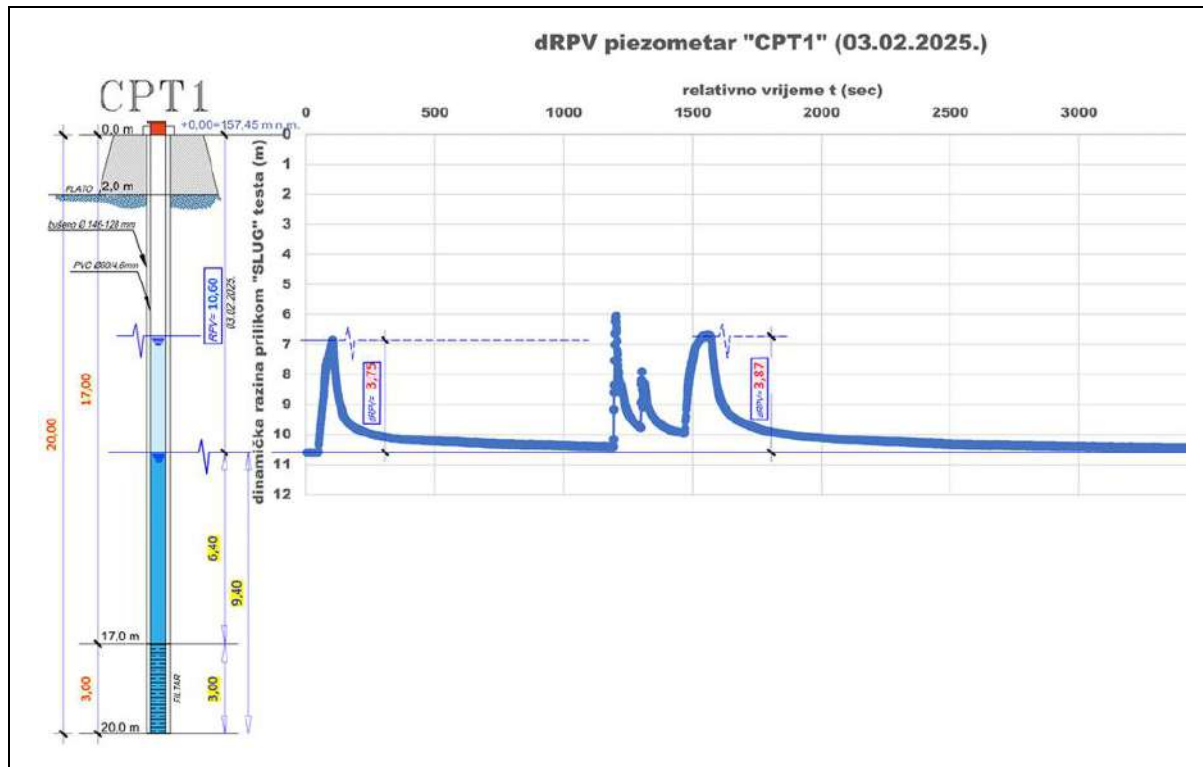
- mjerenja ispitnog i promatračkog zdenca (vrijeme i sniženje)
- inicijalno sniženje
- radijus zacijevljenja, radijus zdenca i vanjski radijus ispitnog zdenca
- debljina saturiranog dijela
- dubina zdenca i duljina filtra

Procijenjene varijable:

- K_r (radikalna hidraulička vodljivost u vodonosniku)
- S_s (specifično uskladištenje u vodonosniku)
- K_z/K_r (omjer anizotropije u vodonosniku)
- K_r' (radikalna hidraulička vodljivost u zoni smanjene/povećane propusnosti)
- S_s' (specifično uskladištenje u zoni smanjene/povećane propusnosti)
- K_z/K_r' (omjer anizotropije u zoni smanjene/povećane propusnosti)

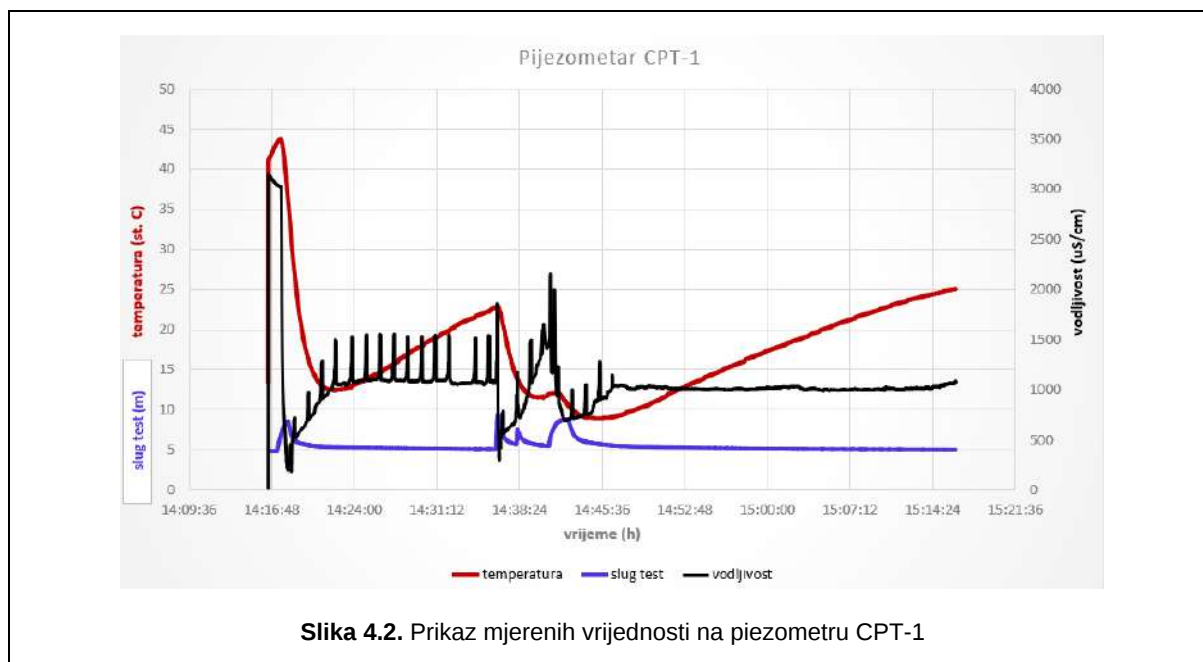
4. Mjerenje na piezometru CPT-1

Dinamička razina podzemne vode prilikom ulijevanja vode u piezometar CPT-1, odnosno njegova geometrija, prilikom izvođenja Slug testa prikazana je na slici 4.1. Na slici su dane sve relevantne vrijednosti, od dubine bušenja piezometra, promjera bušenja, dimenzija i promjera ugrađene pune i perforirane PVC cijevi. Također iz slike je vidljivo kako je na dan ispitivanja razina podzemne vode na dubini od $RPV = 10,60$ m, mjereno od ušća bušotine. Prilikom nalijevanja vode u piezometar, izvedeno je nadvišenje od $\Delta H = 3,75$ do $3,87$ m. Filterski dio ugrađene PVC cijevi dužine je $L = 3,0$ m, a slot je $1,0$ mm.



Slika 4.1. Profil piezometra CPT-1 s dinamičkim razinama kod izvođenja Slug testa

Senzor 120NTG tvrtke Eltratec d.o.o. je uronjen na dubini od $5,00$ m od postojeće razine vode u piezometru (vidi sliku 4.2.). Na slici su prikazana mjerenja sniženja ulijevane (pumpane vode, cca 1 l/s), vrijednosti temperature i vodljivosti podzemne vode u funkciji vremena. Visina stupca ulijevane vode u piezometar CPT-1 prikazana je plavom linijom na slici ispod. Senzor je mjerio brzinu spuštanja upumpane vode dok se ona nije ustalila na početnoj izmjerenoj razini podzemne vode u piezometru od $RPV = 10,60$ m.



Slika 4.2. Prikaz mjerenih vrijednosti na piezometru CPT-1

Izmjerena temperatura u piezometru je iznosila 45 °C. Za vrijeme mjerenja uslijed ulijevanja vode (iz vodovoda), temepratura vode u piezometru je pala na 10 °C. Kod ispitivanja Slug testom, razina vode u piezometru se vratila na početnu vrijednost.

Ulazni podaci za piezometar CPT-1 i aplikaciju AQT SOLV Pro vidljivi su na slici 4.1. Iz slike je vidljivo kako perforirana dionica PVC cijevi iznosi 3,0 m. Od razine podzemne vode do perforiranog dijela je 6,4 m, promjer ugrađenih PVC cijevi $\varnothing 60/55,4$ mm, visina dolijevane vode iznad RPV iznosi 3,46 m te drugi ulazni parametri, kao što je vremensko sniženje ulijevane vode.

Proračun hidrauličkih vodljivosti za piezometar CPT-1

Piezometar CPT-1, ulazni podaci za aplikaciju AQT SOLV Pro

Units

Units

Length and Time Units

L: m

(e.g., drawdown/displacement measurements)

T: sec

(e.g., observation and rate measurements)

Pumping Rate Units

Q:

(for pumping or constant-head tests only)

Hydraulic Conductivity Units

K: m/sec

To report units of m²/day for T (transmissivity), select units of m/day for K.

OK

Cancel

Help

CPT-1 INT-01

Symbols

Curves

Options

General

Aquifer

Screen

Radius

Correction

Observations

static water level or aquifer top

d: 6.4 m

L: 3 m

aquifer base

Transducer Depth

T: 0 m

d = depth to top of well screen (open or perforated interval)

L = length of well screen (open or perforated interval)

Measure all depths from water table (unconfined aquifers) or upper confining layer (confined aquifers)

OK

Cancel

Apply

Help

Annotations

Title

Project Info

End Notes

Project Information for Annotating Plots and Reports

Company Name: SPP d.o.o.

Test Well Name: CPT-1

Client Name: Zagreb

Obs. Well Name: -

Project Number: 100

Date of Test: 03.02.2025.

Location: Jakuševac

Clear All

OK

Cancel

Apply

Help

CPT-1 INT-01

Symbols

Curves

Options

General

Aquifer

Screen

Radius

Correction

Observations

r(c): 0.0254 m

r(eq): 0.004 m

aqifer top or static water level

rp): 0 m

filter pack

r(w): 0.073 m

r(sk): 0.073 m

aquifer base

r(c) = inside radius of well casing

r(eq) = radius of downhole equipment

rp) = inside radius of packer

r(w) = radius of well (open or perforated interval)

r(sk) = outer radius of well skin (disturbed zone enveloping filter pack)

OK

Cancel

Apply

Help

CPT-1 INT-01

Symbols

Curves

Options

General

Aquifer

Screen

Radius

Correction

Observations

H(0): 3.46 m

H: 9.4 m

static water level

aquifer base

H(0) = observed initial displacement (change in water level from static)

H = static water column height

Well Name

Name: CPT-1 INT-01

Well Coordinates

X: 0 m

Y: 0 m

OK

Cancel

Apply

Help

CPT-1 INT-01

Symbols

Curves

Options

General

Aquifer

Screen

Radius

Correction

Observations

Effective Casing Radius Data (Slug Tests)

Apply correction for effective casing radius

Method: Bouwer-Rice (1976)

n(e): 0

H(0)*: 1

Frictional Well-Loss Data

Apply correction for frictional (viscous) well loss

Kinematic viscosity: 1.2e-006 m²/sec

Gravitational acceleration: 9.80665 m/sec²

OK

Cancel

Apply

Help

CPT-1 INT-01

Symbols | Curves | Options

General | Aquifer | Screen | Radius | Correction | Observations

b = saturated thickness of aquifer

static water level or aquifer top

b: 10 m

Kv/Kh: 1

Kv/Kh = vertical-to-horizontal hydraulic conductivity anisotropy ratio (Kz/Kr)

OK Cancel Apply Help

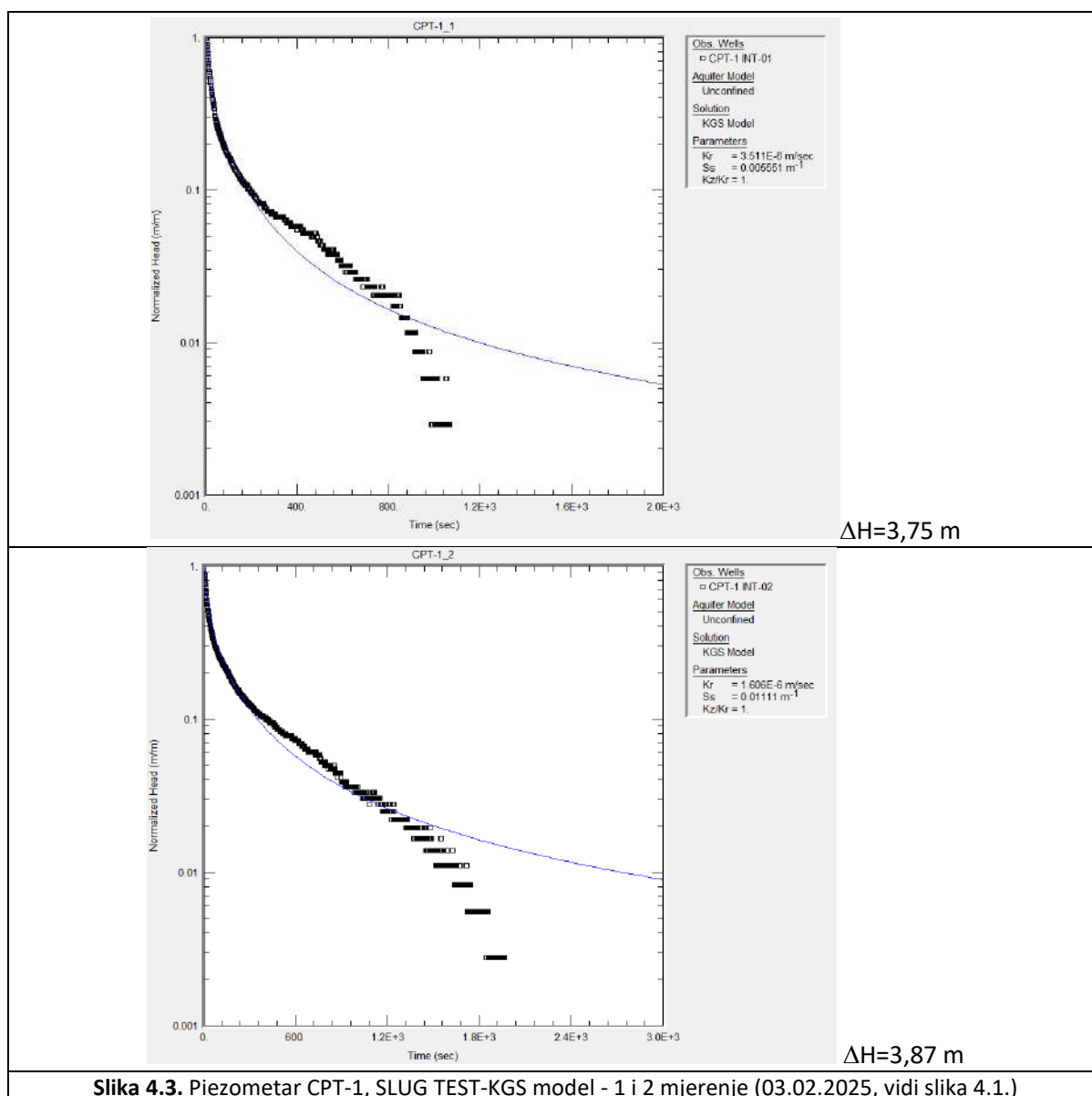
CPT-1 INT-01

Symbols | Curves | Options

General | Aquifer | Screen | Radius | Correction | Observations

Obs. No.	Time (sec)	placement (l)	Weig
1	1	3.46	
2	2	3.51	
3	3	3.49	
4	4	3.34	
5	5	3.18	
6	6	3.09	
7	7	2.96	
8	8	2.84	
9	9	2.72	
10	10	2.61	

OK Cancel Apply Help

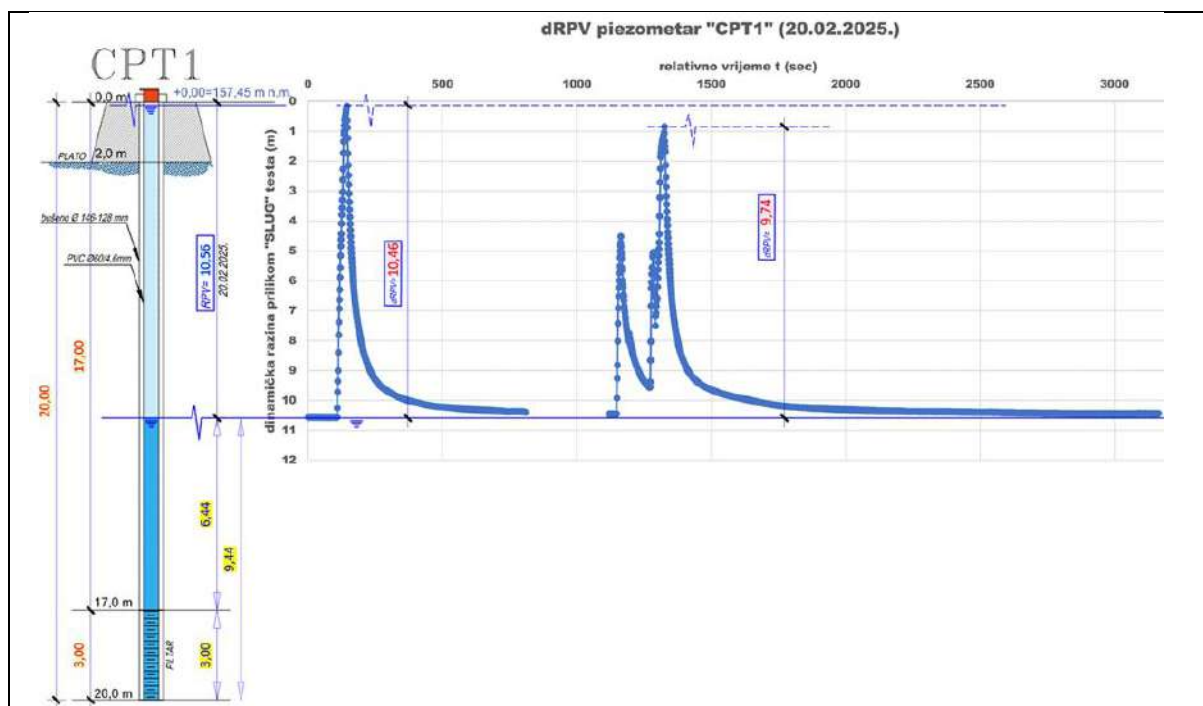


Slika 4.3. Piezometar CPT-1, SLUG TEST-KGS model - 1 i 2 mjerenje (03.02.2025, vidi slika 4.1.)

Dobivene vrijednosti koeficijenta vodopropusnosti za dva ispitivanja dana 03.02.2025. kreću se u granicama od **1,60 - 3,50 $\times 10^{-6}$ m/s**. Na zahtjev sudskog vještaka, a prema Programu ispitivanja, obavljeno je mjerenje u drugom ciklusu 20.02.2025. Kod drugog ciklusa uronjena je posebna PVC cijev u piezometar te dolijevana (upumpavana) voda, cca 2 l/s. Pri tome se posebna PVC cijev penetrirala dinamičkim pokretima „gore-dolje“ kako bi se „razbila“ mješavina plina i vode. Na taj način su se piezometarske cijevi ispunile vodom do ušća bušotina, te obavilo mjerenje vodopropusnosti kod svih piezometara. Konkretno za promatrani piezometar CPT-1, od prethodnog nadvišenja od $\Delta H = 3,75$ do 3,87 (slika 4.1.) voda je podignuta na $\Delta H = 9,74 - 10,46$ m (vidi slika

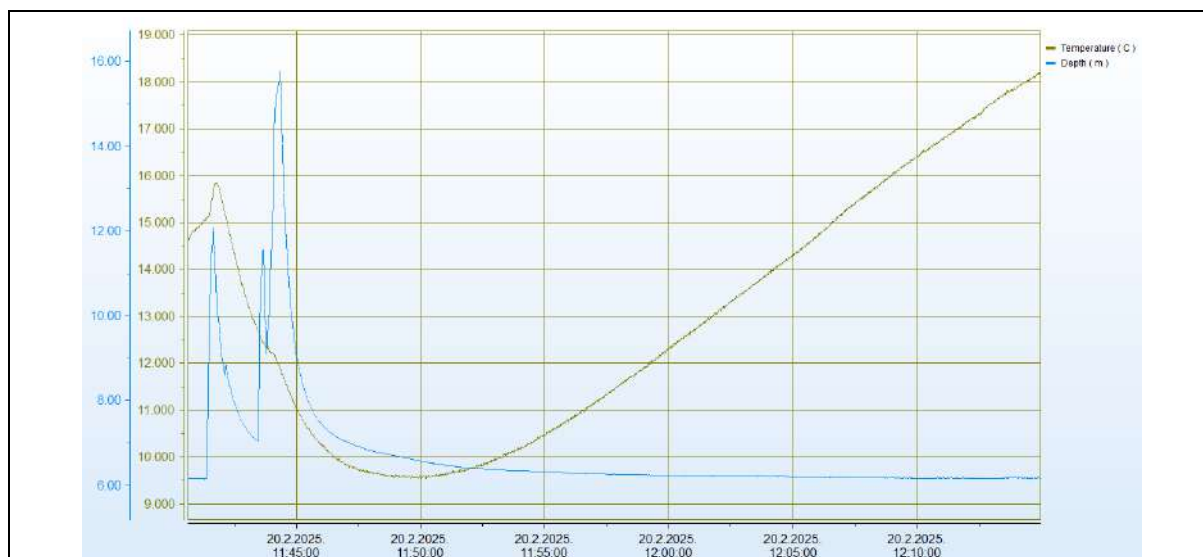
4.4.) i na osnovu povrata za oba mjerenja izračunata je hidraulička vodljivost, odnosno koeficijent vodopropusnosti (k).

Na slici 4.4. ispod prikazano je ispitivanje vodopropusnosti metodom Slug testa na dan 20.02.2025.



Slika 4.4. Mjerenje vodopropusnosti na dan 20.02.2025.

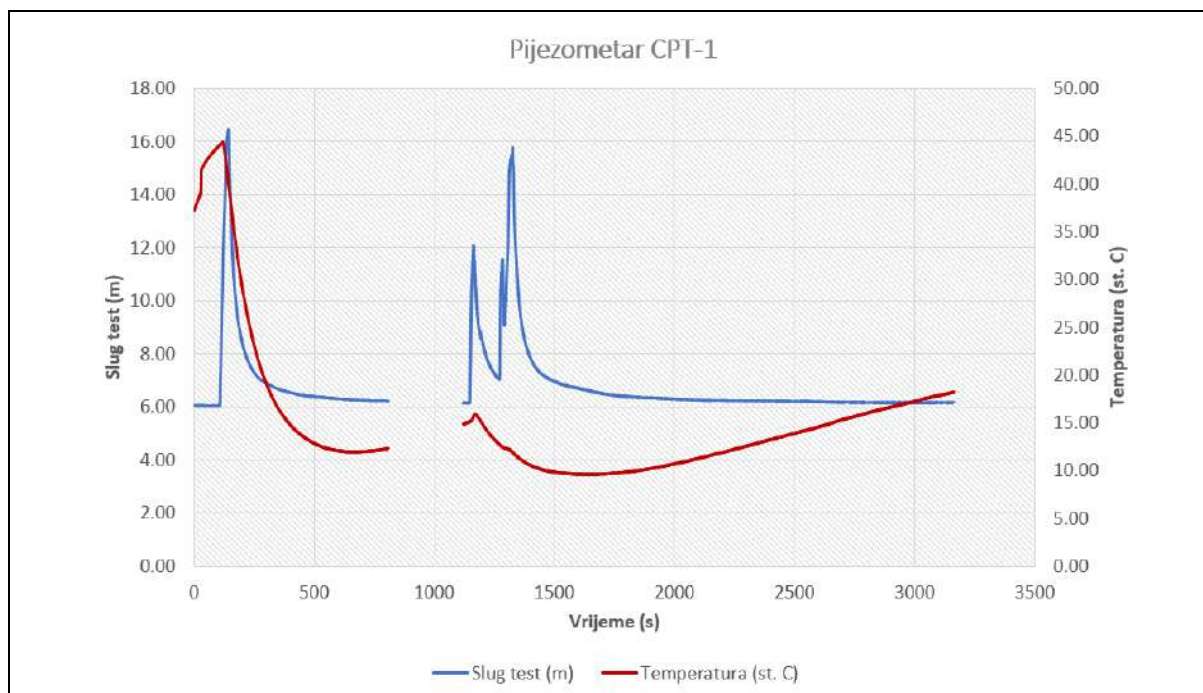
Slika 4.5. prikazuje nam dobivene podatke senzorom Troll 700 prilikom mjerenja na dan 20.02.2025. Iz slike je vidljivo kako se senzor nalazi na dubini od približno 6,0 m ispod RPV (slika 4.5., plava linija).



Slika 4.5. Podaci mjerenja hidrostatskog tlaka i temperature dobiveni senzorom Level Troll 700

Dobivena mjerenja su senzorom prebačena u aplikaciju na obradu rezultata.

Na slici 4.5. prikazano je sniženje hidrostatskog tlaka (Slug test) i promjena temperature vode. Slika 4.6. prikazuje podatke dobivene izvođenjem dva neovisna Slug testa. Za prvi izvedeni Slug test dobiven je koeficijent vodopropusnosti $k = 7.40 \times 10^{-6} \text{ m/s}$, a za drugi Slug test dobiven je koeficijent vodopropusnosti od $k = 5.29 \times 10^{-6} \text{ m/s}$.



Slika 4.6. Podaci mjerenja na piezometru CPT-1 (20.02.2025)



Slika 4.9. Mjerenje na piezometru CPT-1



Slika 4.10. Punjenje spremnika od 1000 l za potrebe mjerenja

5. Mjerenje na piezometru CPT-2

Dinamička razina podzemne vode prilikom dolijevanja vode u piezometar CPT-2 za izvođenja „Slug“ testa, kao i geometrija ugrađene cijevi prikazane su na slikama 5.1 i 5.4. Ispitivanja na piezometarskoj cijevi CPT-2 izvedena su u dva termina, 03.02.2025. (slika 5.1.) i 20.02.2025. (slika 5.4). Na slici su dane sve relevantne vrijednosti, od dubine bušenja piezometra, promjera bušenja, dimenzija i promjera ugrađene pune i perforirane PVC cijevi.

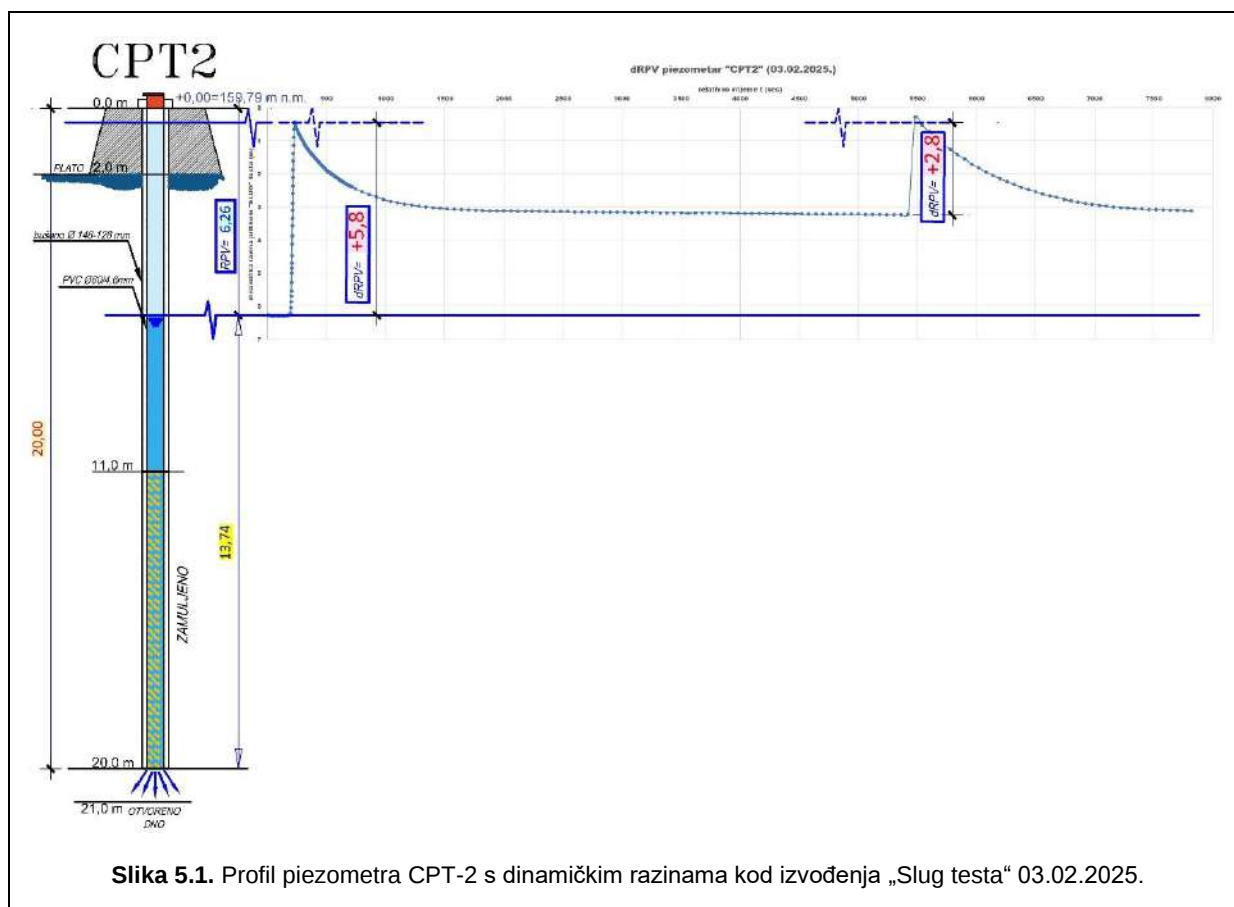
Statičke razine podzemne vode mjerene su prije testiranja u oba datuma:

1. RPV = 6,26 m (aps. +153,53 m n.m.) zatečena razina podzemne vode 03.02.2025
2. RPV = 5,39 m (aps. +154,40 m n.m.) zatečena razina podzemne vode 20.02.2025

Prilikom dolijevanja vode u piezometar postignuto je nadvišenje do ušća PVC cijevi.

Piezometar CPT-2 odstupa izvedbom od ostalih piezometara ugrađenih i testiranih na lokaciji odlagališta Prudinec-Jakuševac jer je piezometarska cijev izvedena u punom profilu i zacičevljena do konačne dubine od 20 m, pri čemu je ostavljeno otvoreno dno bez filtra (nema perforacija-rupica po obodu cijevi). Kako je na toj cijevi izvedeno prvo CPTU mjerenje na odlagalištu i tijekom ispitivanja se detektirala razina podzemne vode u cijevi, vještak je odlučio isti iskoristiti kao piezometar.

Mjerenjem prohodnosti cijevi utvrđeno je da se na dubini 11 m nalazi nepoznat materijal koji sprječava da metalna sonda (uteg) tone dublje. Veličinu utjecaja opstrukcije unutar cijevi nije moguće procijeniti. Sukladno navedenom zaključuje se da je rezultate mjerenja na ovom piezometru potrebno uzeti u razmatranje sukladno navedenom uvjetu. Međutim, isti nema bitnog inženjerskog utjecaja na konačan rezultat koeficijenta vodopropusnosti.



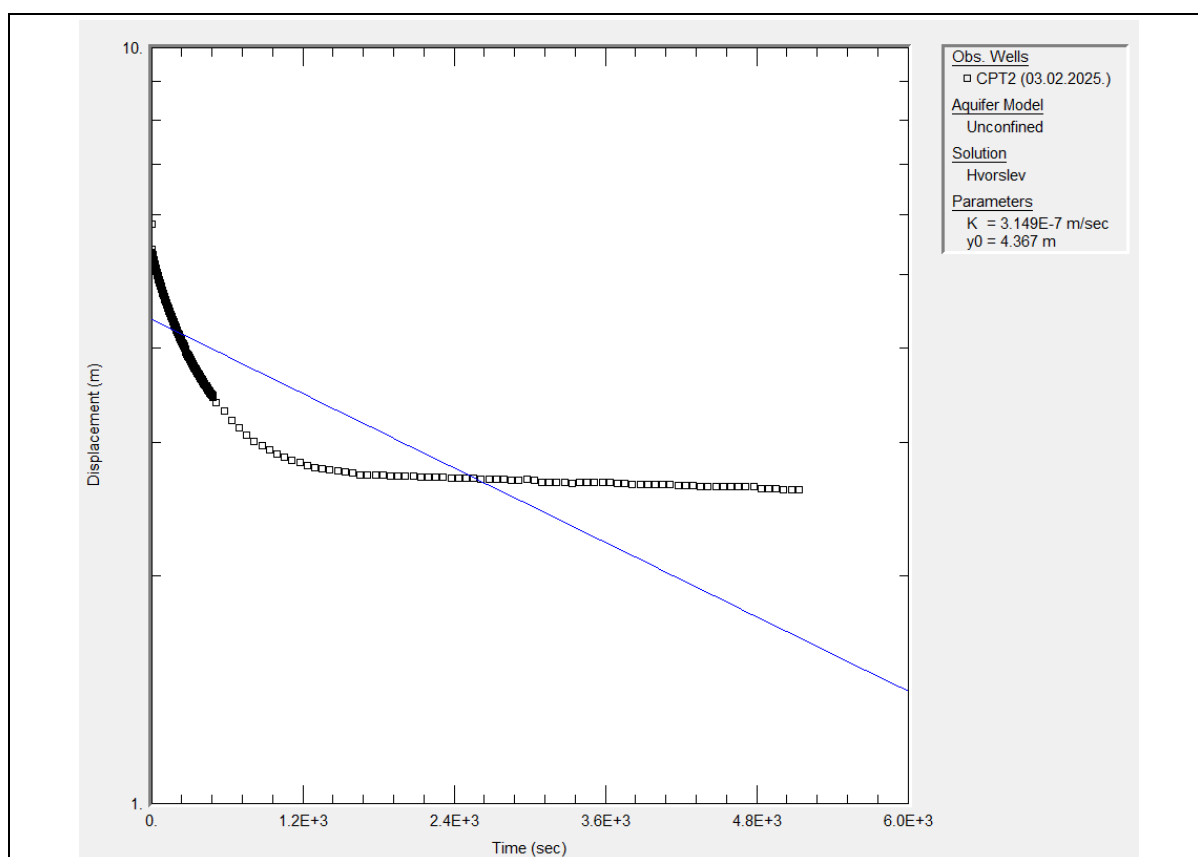
MJERENJE OPADAJUĆE RAZINE U CIJEVI CPT-2 (03.02.2025.)

Iz dinamičkih krivulja opadanja dodanog stupca vode u piezometru snimljenih elektroničkim sondama rađen je proračun koeficijenta vodopropusnosti. Razmatrane su dvije metode:

1. rješenje Hvorslev-a korištenjem aplikacije AqtSOLV Pro, te
2. postupak Lefranc za ispitivani dio otvorenog dna bušotine.

Piezometar CPT-2, ulazni podaci za aplikaciju AQT SOLV Pro.

Piezometar:	CPT-2	datum ispitivanja: 03.02.2025.
Statička razina vode	RPV = 6,26 m	zatečena
Tip vodonosnika	Otvoreni	
Visina saturiranog dijela vodonosnika	15 m (računska)	dubina penetracije 13,74 m
Postignuto nadvišenje stupca (ulijevanje)	5,83 m	test 1 / korak 1
Statička visina stupca vode u cijevi	13,74 m	
Promjer piezometarske cijevi	PVC r(c)=60/55,4 mm	bušotina r(sk)=0,073 m
Visina filtarske dionice	0,24 m	



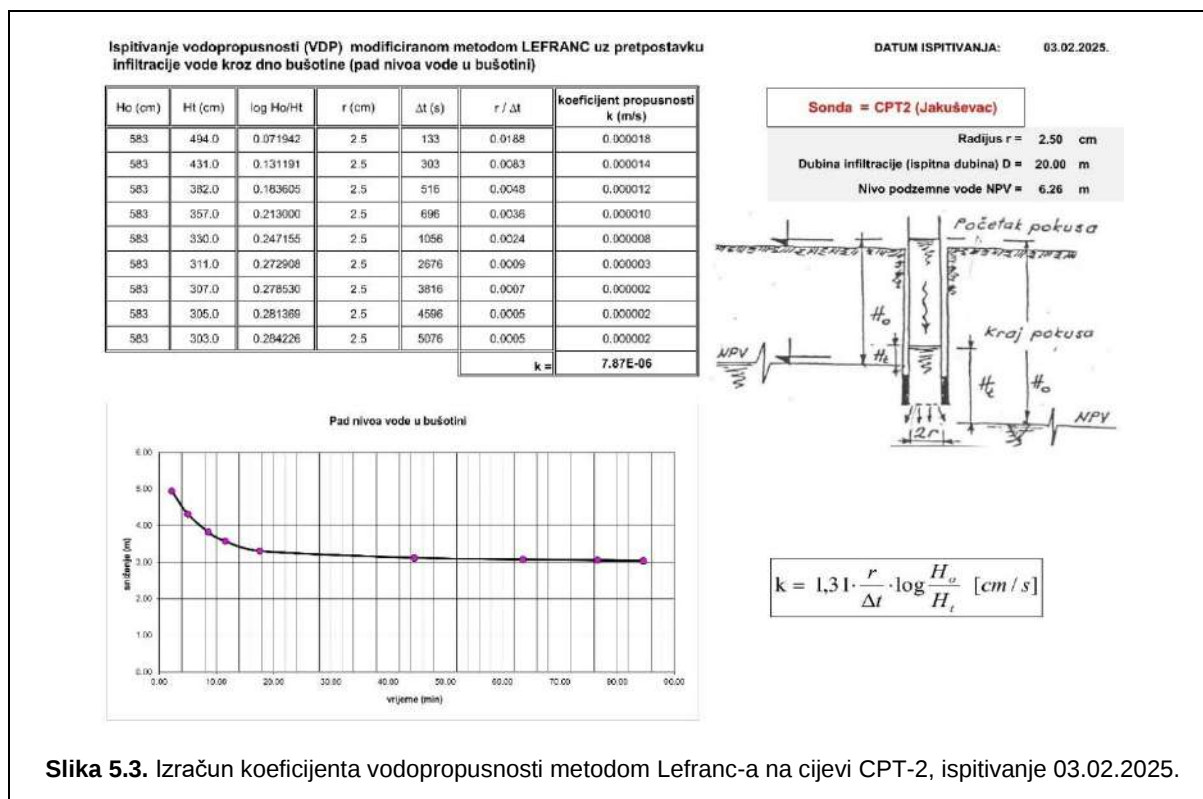
Slika 5.2. Piezometar CPT-2, SLUG TEST - rješenje Hvorslev-a, (test 1 na dan 03.02.2025.)

Koeficijent vodopropusnosti vodljivosti $k = 3,15 \times 10^{-7}$ m/sec

NAPOMENA:

Postignuto nadvišenje stupca iznad statičke razine vode u piezometru u ovom testu iznosi od =5,83 m. Mjerna krivulja padajuće razine u piezometru pokazuje promjenu od =2,80 m i završava na razini nadvišenja od =3,03 m iznad početne statičke razine. Nadvišenje od =3,03 m predstavlja nepovratni dio stupca vode s minimalnim trendom pada.

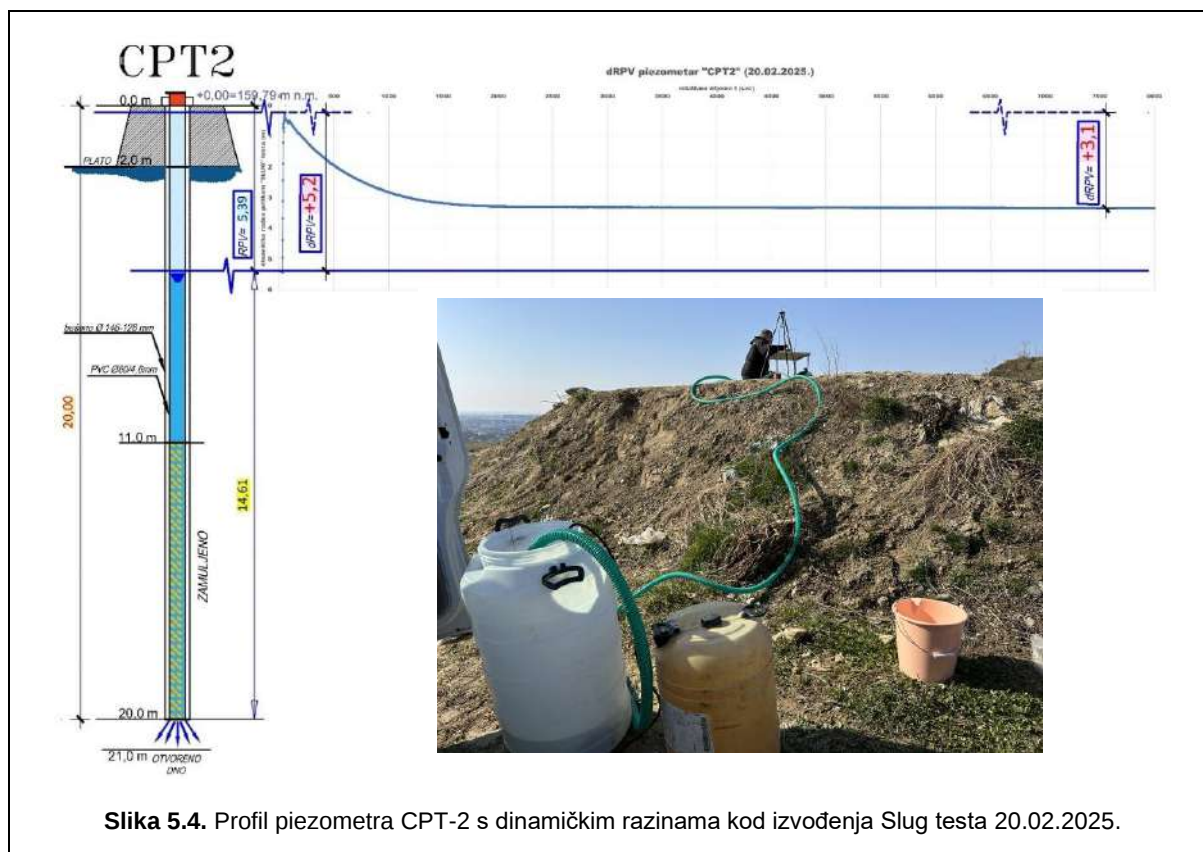
Piezometar CPT-2, ulazni podaci za metodu Lefranc-a.



Slika 5.3. Izračun koeficijenta vodopropusnosti metodom Lefranc-a na cijevi CPT-2, ispitivanje 03.02.2025.

MJERENJE OPADAJUĆE RAZINE U CIEVI CPT-2 (20.02.2025.)

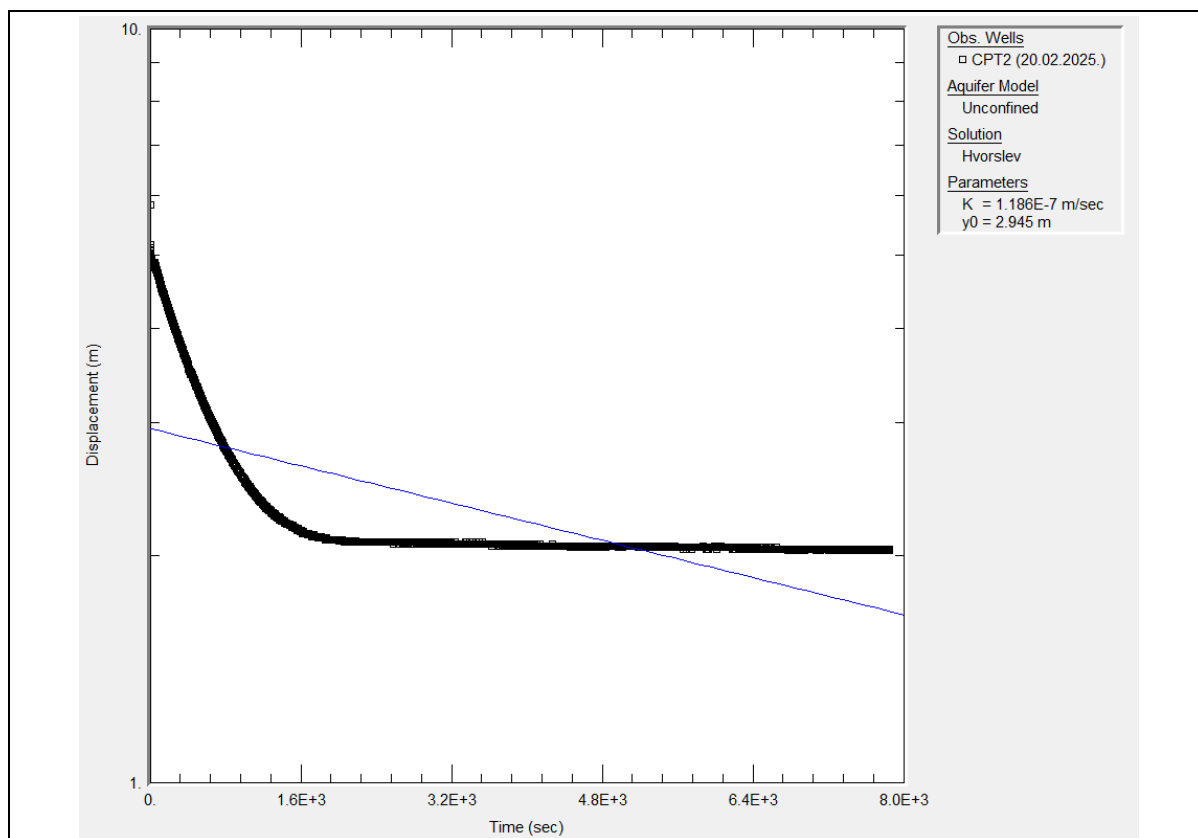
Dinamička razina podzemne vode prilikom ulijevanja vode u piezometar CPT2 kod izvođenja „Slug testa“ kod ispitivanja na datum 20.02.2025. prikazana je na slici 5.4. Na slici su dane sve relevantne vrijednosti, od dubine bušenja piezometra, promjera bušenja, dimenzija i promjera ugrađene pune i perforirane PVC cijevi i pumpanje vode u piezometar.



Slika 5.4. Profil piezometra CPT-2 s dinamičkim razinama kod izvođenja Slug testa 20.02.2025.

Piezometar CPT-2, ulazni podaci za aplikaciju AQTSOLV Pro.

Piezometar:	CPT-2	datum ispitivanja: 20.02.2025.
Statička razina vode	RPV = 5,39 m	zatečena
Tip vodonosnika	Otvoreni	
Visina saturiranog dijela vodonosnika	15 m (računska)	dubina penetracije 14,61 m
Postignuto nadvišenje stupca (ulijevanje)	5,17 m	test 1 / korak 1
Statička visina stupca vode u cijevi	14,61 m	
Promjer piezometarske cijevi	PVC r(c)=60/554 mm	bušotina r(sk)=0,073 m
Visina filtarske dionice	0,24 m	



Slika 5.5. Piezometar CPT-2, SLUG TEST - rješenje Hvorslev-a, (test 1 na dan 20.02.2025.)

Koefficient vodopropusnosti $k = 1,19 \times 10^{-7}$ m/sec

NAPOMENA:

Postignuto nadvišenje stupca iznad statičke razine vode u piezometru u ovom testu iznosi od =5,17 m. Mjerna krivulja padajuće razine u piezometru pokazuje promjenu od =3,14 m i završava na razini nadvišenja od =2,03 m iznad početne statičke razine. Nadvišenje od =2,03 m predstavlja nepovratni dio stupca vode s minimalnim trendom pada.

Piezometar CPT-2, ulazni podaci za metodu Lefranc-a.

Ispitivanje vodopropusnosti (VDP) modificiranom metodom LEFRANC uz pretpostavku infiltracije vode kroz dno bušotine (pad nivoa vode u bušotini)

DATUM ISPITIVANJA: 20.02.2025.

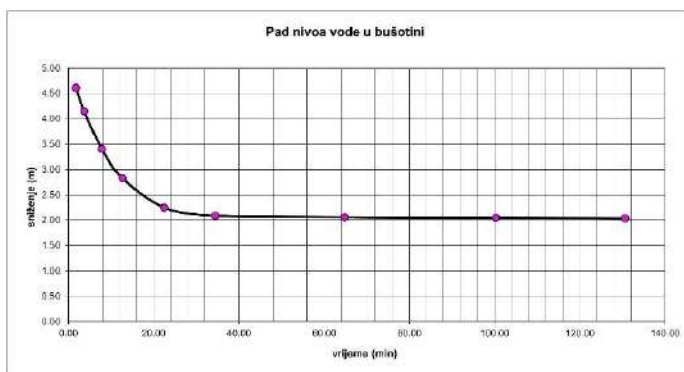
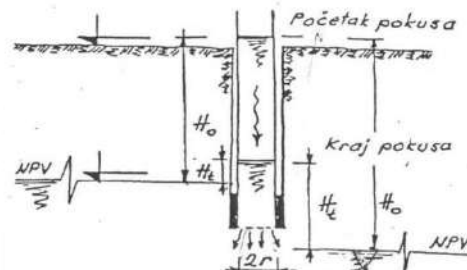
Ho (cm)	Ht (cm)	log Ho/Ht	r (cm)	Δt (s)	r / Δt	koeficijent propusnosti k (m/s)
517	461.0	0.049780	2.5	105	0.0238	0.000016
517	415.0	0.095442	2.5	220	0.0114	0.000014
517	341.0	0.180736	2.5	470	0.0053	0.000013
517	283.0	0.261704	2.5	760	0.0033	0.000011
517	225.0	0.361308	2.5	1350	0.0019	0.000009
517	209.0	0.393344	2.5	2070	0.0012	0.000006
517	206.0	0.399623	2.5	3890	0.0006	0.000003
517	205.0	0.401737	2.5	6020	0.0004	0.000002
517	204.0	0.403860	2.5	7840	0.0003	0.000002
k =						8.43E-06

Sonda = CPT2 (Jakuševac)

Radius r = 2.50 cm

Dubina infiltracije (ispitna dubina) D = 20.00 m

Nivo podzemne vode NPV = 5.39 m

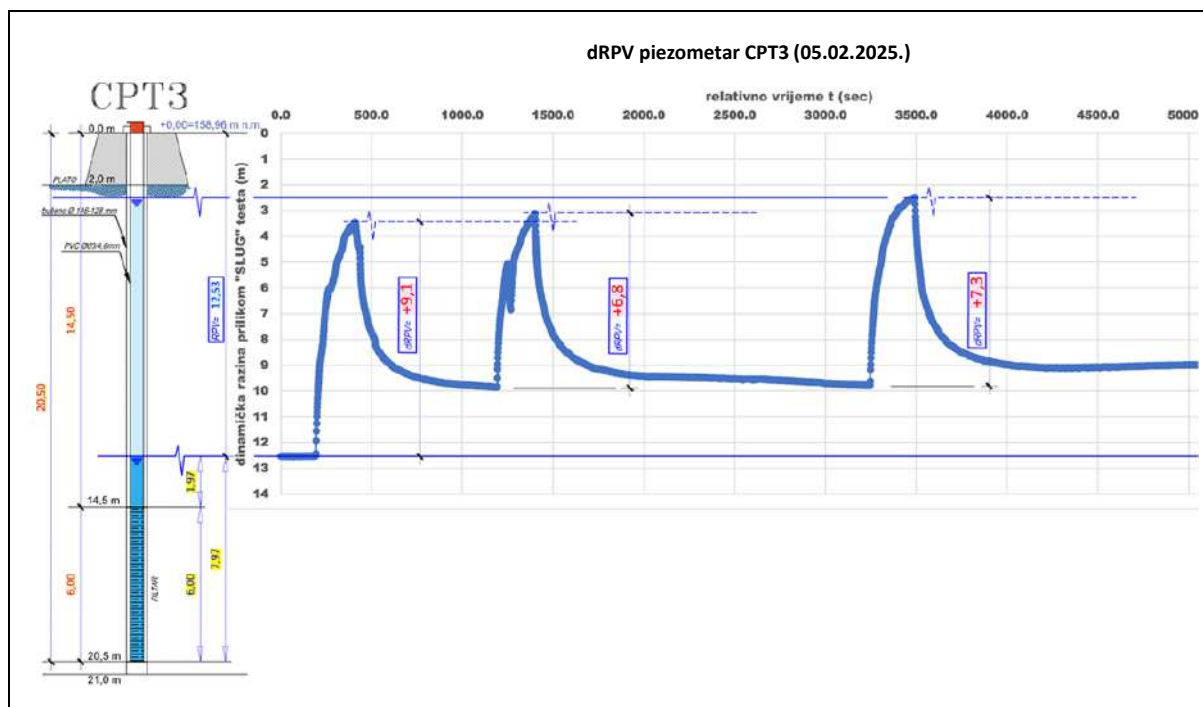


$$k = 1,31 \cdot \frac{r}{\Delta t} \cdot \log \frac{H_0}{H_t} \quad [cm/s]$$

Slika 5.6. Izračun koeficijenta vodopropusnosti metodom Lefranc-a na cijevi CPT-2, ispitivanje 20.02.2025.

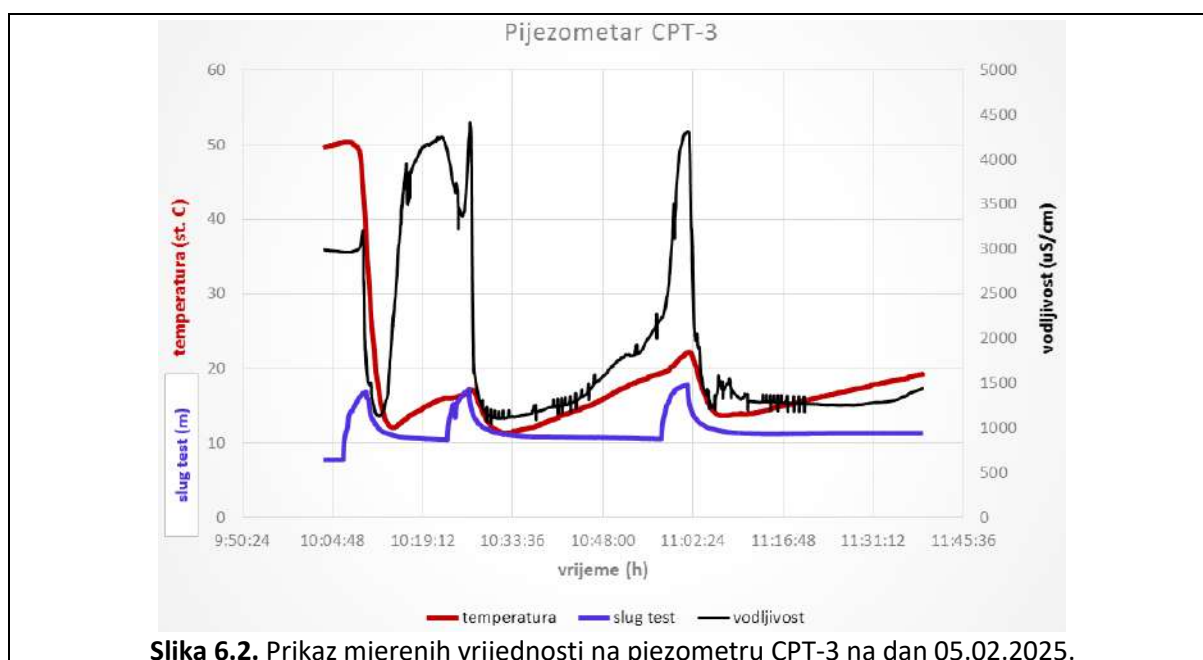
6. Mjerenje na piezometru CPT-3

Profil piezometra CPT- 3 s dinamičkim razinama kod izvođenja Slug testa, odnosno njegova geometrija, prilikom testa prikazana je na slici 6.1. Na slici su dane sve relevantne vrijednosti, od dubine bušenja piezometra, promjera bušenja, dimenzija i promjera ugrađene pune i perforirane PVC cijevi. Iz slike je vidljivo kako je razina podzemne vode na dubini RPV = 12,35 m od vrha bušotine na dan 05.02.2025. Prilikom ispitivanja vodopropusnosti (VDP) izvedeno je nadvišenje od $\Delta H = 9,10$ m. Filterski dio ugrađene PVC cijevi dužine je $L = 6,0$ m, a slot je 1mm.



Slika 6.1. Profil piezometra CPT-3 s dinamičkim razinama kod izvođenja Slug testa

Senzor je na dubini od 7,80 m od postojeće RPV, odnosno na dnu piezometra, vidi sliku 6.2 (početak plave linije). Na slici su prikazana sniženja, vrijednosti temperature i električne vodljivosti u funkciji vremena.



Slika 6.2. Prikaz mjerenih vrijednosti na piezometru CPT-3 na dan 05.02.2025.

6.1. Proračun hidrauličkih vodljivosti za piezometar CPT-3

Ulazni podaci za piezometar CPT-3 i aplikaciju AQTSOLV Pro vidljivi su na slici 6.1. Pa tako možemo vidjeti kako kod piezometra perforirana dionica PVC cijevi iznosi 6,0 m. Od razine podzemne vode do perforiranog dijela je 1,97 m, promjer ugrađenih PVC cijevi $\varnothing 60/55,4$ mm, visina ulijevane vode iznad RPV iznosi 6,48 m i drugi ulazni parametri, kao što je vremensko sniženje pumpane vode u piezometar i sl.

Piezometar CPT-3, ulazni podaci za aplikaciju AQTSOLV Pro

Units

Units

Length and Time Units

L: (e.g., drawdown/displacement measurements)
T: (e.g., observation and rate measurements)

Pumping Rate Units

Q: (for pumping or constant-head tests only)

Hydraulic Conductivity Units

K: To report units of m^2/day for T (transmissivity), select units of m/day for K.

OK

Cancel

Help

CPT-3 INT-02

Symbols

Curves

Options

General

Aquifer

Screen

Radius

Correction

Observations

static water level or aquifer top

d: m

L: m

aquifer base

Transducer Depth

T: m

d = depth to top of well screen (open or perforated interval)

L = length of well screen (open or perforated interval)

Measure all depths from water table (unconfined aquifers) or upper confining layer (confined aquifers)

OK

Cancel

Apply

Help

Annotations

Title

Project Info

End Notes

Project Information for Annotating Plots and Reports

Company Name:

Test Well Name:

Client Name:

Obs. Well Name:

Project Number:

Date of Test:

Location:

Clear All

OK

Cancel

Apply

Help

CPT-1 INT-01

Symbols

Curves

Options

General

Aquifer

Screen

Radius

Correction

Observations

r(c): m

r(eq): m

aquifer top or static water level

r(p): m

filter pack

r(w): m

r(sk): m

aquifer base

r(c) = inside radius of well casing

r(eq) = radius of downhole equipment

r(p) = inside radius of packer

r(w) = radius of well (open or perforated interval)

r(sk) = outer radius of well skin (disturbed zone enveloping filter pack)

OK

Cancel

Apply

Help

CPT-3_2

Symbols

Curves

Options

General

Aquifer

Screen

Radius

Correction

Observations

H(0): m

H: m

static water level

aquifer base

H(0) = observed initial displacement (change in water level from static)

H = static water column height

Well Name

Name:

Well Coordinates

X: m

Y: m

OK

Cancel

Apply

Help

CPT-3 INT-02

Symbols

Curves

Options

General

Aquifer

Screen

Radius

Correction

Observations

Effective Casing Radius Data (Slug Tests)

☐ Apply correction for effective casing radius

Method:

n(e):

H(0)*:

Frictional Well-Loss Data

☒ Apply correction for frictional (viscous) well loss

Kinematic viscosity: m^2/sec

Gravitational acceleration: m/sec^2

OK

Cancel

Apply

Help

CPT-3_2

General Aquifer Screen Radius Correction Observations

static water level or aquifer top

b: m

Kv

Kv/Kh:

Kh

aquifer base

b = saturated thickness of aquifer

Measure b from the aquifer base to the static water level (unconfined aquifers) or the upper confining unit (confined aquifers)

Kv/Kh = vertical-to-horizontal hydraulic conductivity anisotropy ratio (Kz/Kr)

OK Cancel Apply Help

CPT-3 INT-02

General Aquifer Screen Radius Correction Observations

Obs. No.	Time (sec)	placement (l)	Weig
244	244	0.49	
245	245	0.49	
246	246	0.49	
247	247	0.48	
248	248	0.48	
249	249	0.48	
250	250	0.47	
251	251	0.47	
252	252	0.47	
253	253	0.47	

Insert Row Delete

Add Rows... Copy

Select All Paste

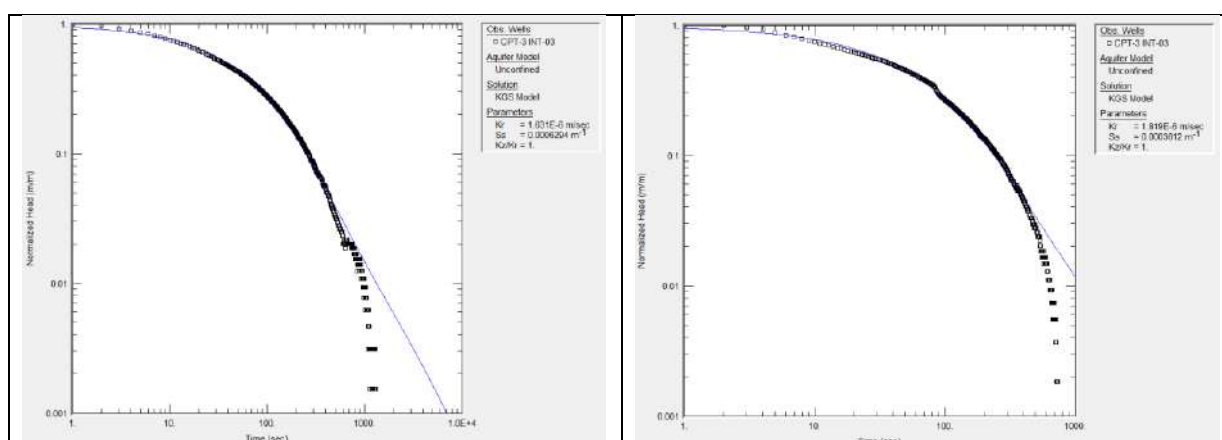
Import... Search...

Filters... Math...

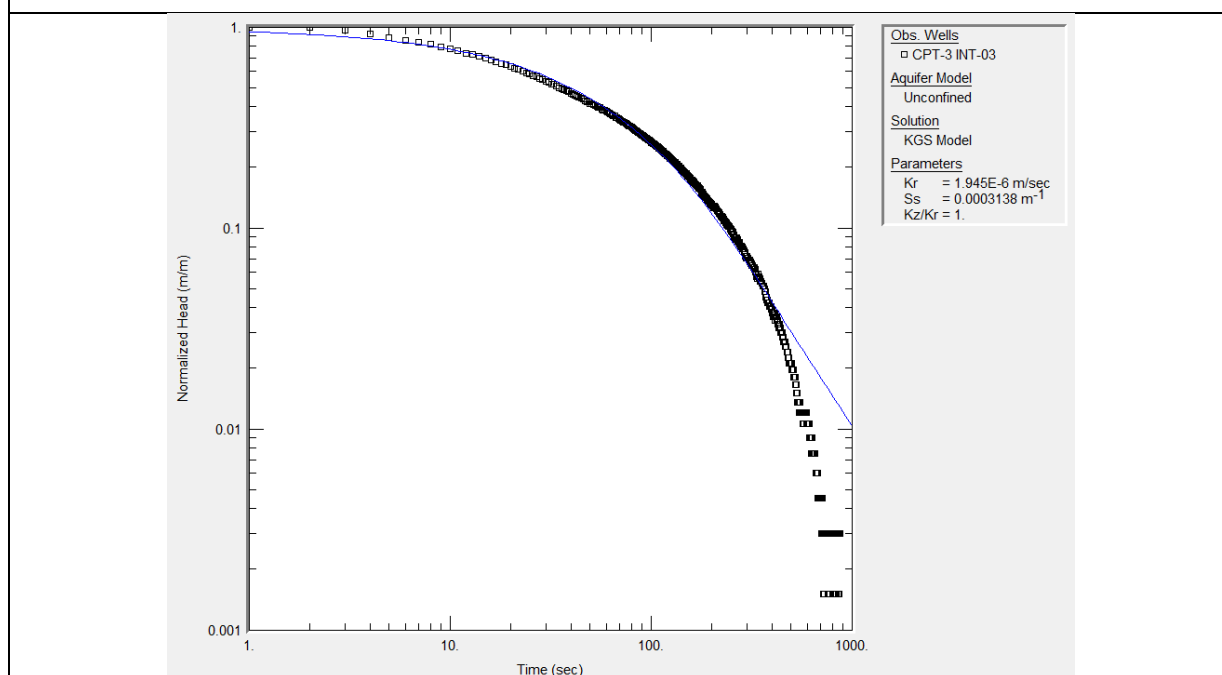
OK Cancel Apply Help

Dobivene vrijednosti hidrauličke vodljivosti za tri ispitivanja na piezometru CPT-3 dana 05.02.2025. kreću se u granicama od **1,63 - 1,94x10⁻⁶ m/s**, vidi slike 6.3. i 6.4.

Na slikama 6.3 i 6.4. prikazano je ispitivanje vodopropusnosti metodom Slug testa na dan 05.02.2025.

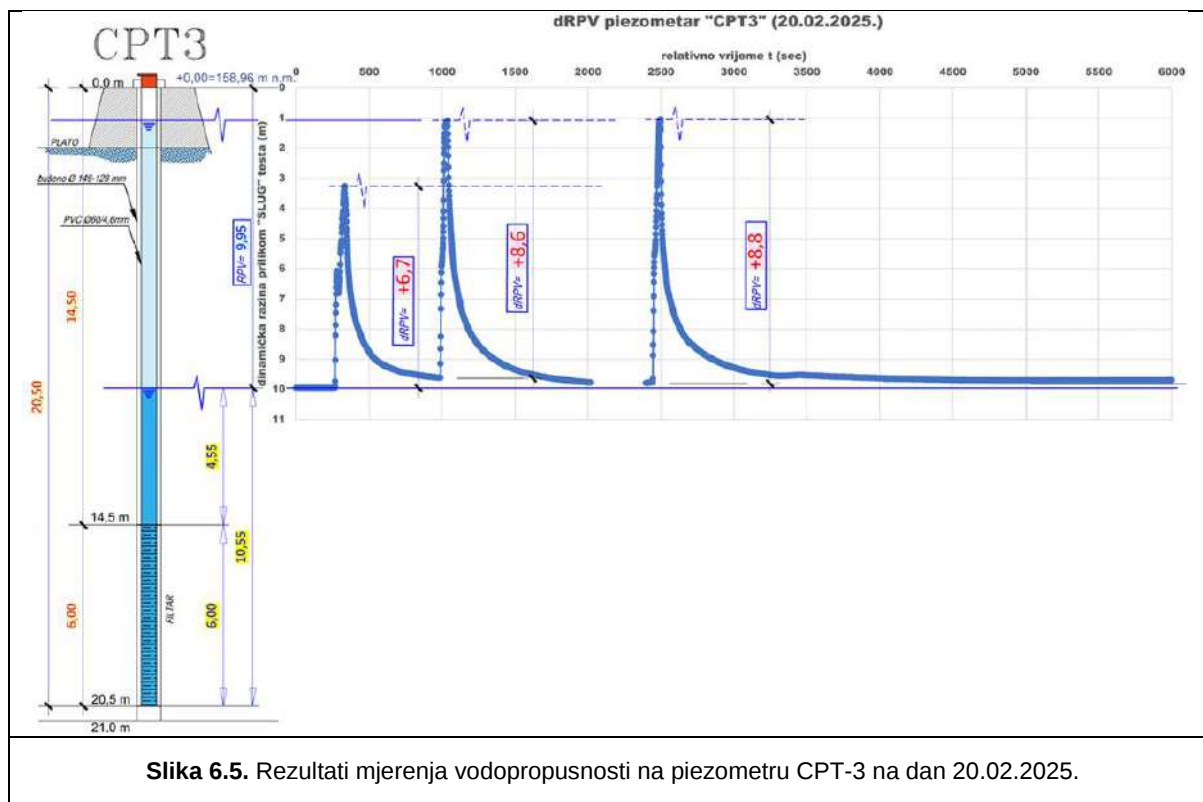


Slika 6.3. Piezometar CPT-3, SLUG TEST – KGS model, prvo i drugo mjerenje

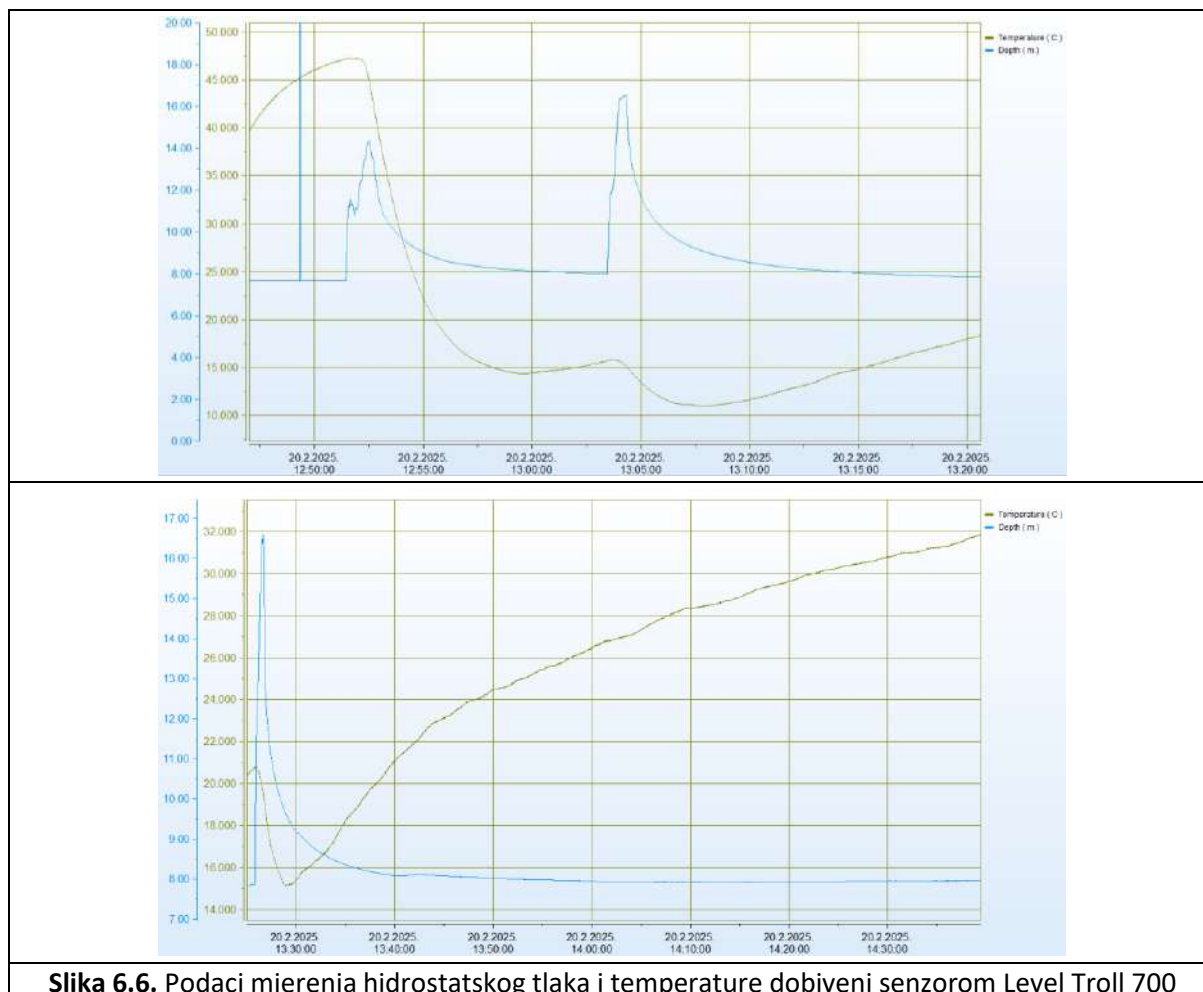


Slika 6.4. Piezometar CPT-3, SLUG TEST – treće mjerenje

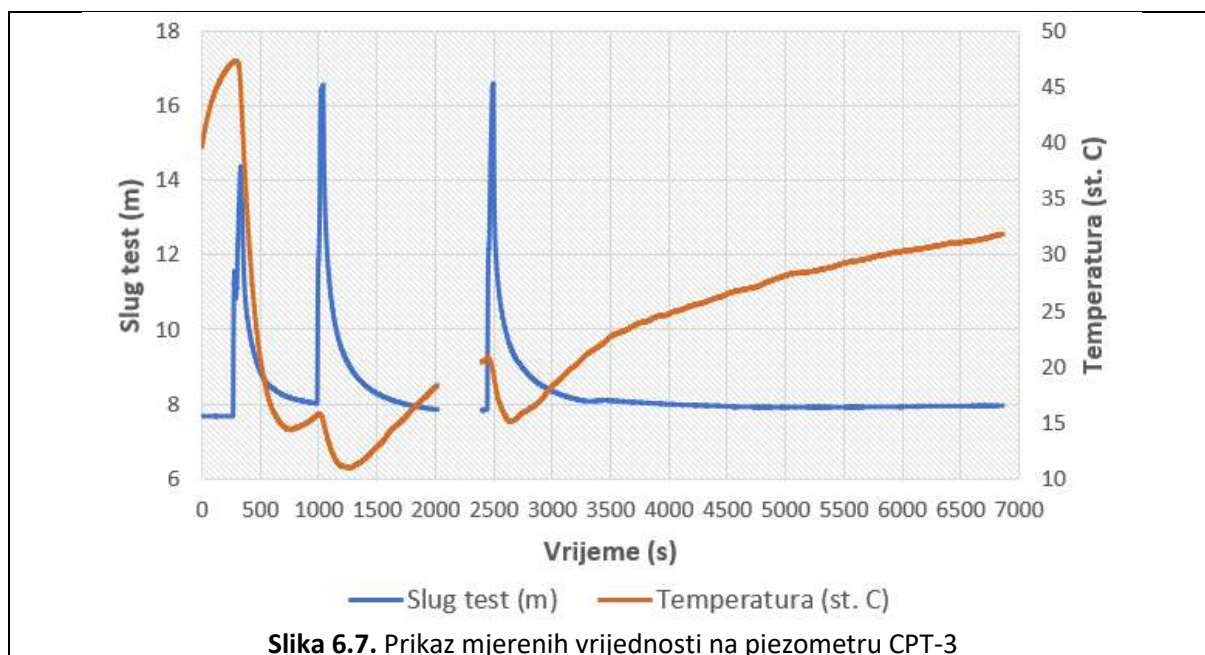
Na slici 6.5. prikazano je ponovljeno ispitivanje vodopropusnosti metodom Slug testa na dan 20.02.2025.



Slika 6.6. prikazuje nam dobivene podatke senzorom Troll 700 prilikom mjerenja na dan 20.02.2025. Iz slike je vidljivo kako se senzor nalazi na dubini od 7,80 m ispod RPV (početak plave linije).



Dobivena mjerenja iz slike 6.6. prebačena su u aplikaciju, vidi slika 6.7.
Slika 6.7. prikazuje podatke dobivene izvođenjem dva neovisna Slug testa (lijeva i desna strana grafa). Za prvi Slug test dobivena je vrijednost koeficijenta propusnosti od $k = 2,59 \times 10^{-6} \text{ m/s}$, a za drugi izvedeni Slug test dobivena je vrijednost od $k = 1,45 \times 10^{-6} \text{ m/s}$. Proračun za piezometre CPT-1, CPT-3 i CPT-4 rađen je prema KGS modelu, koji daje suvremeniji matematički pristup kod određivanja parametara vodonosnika.



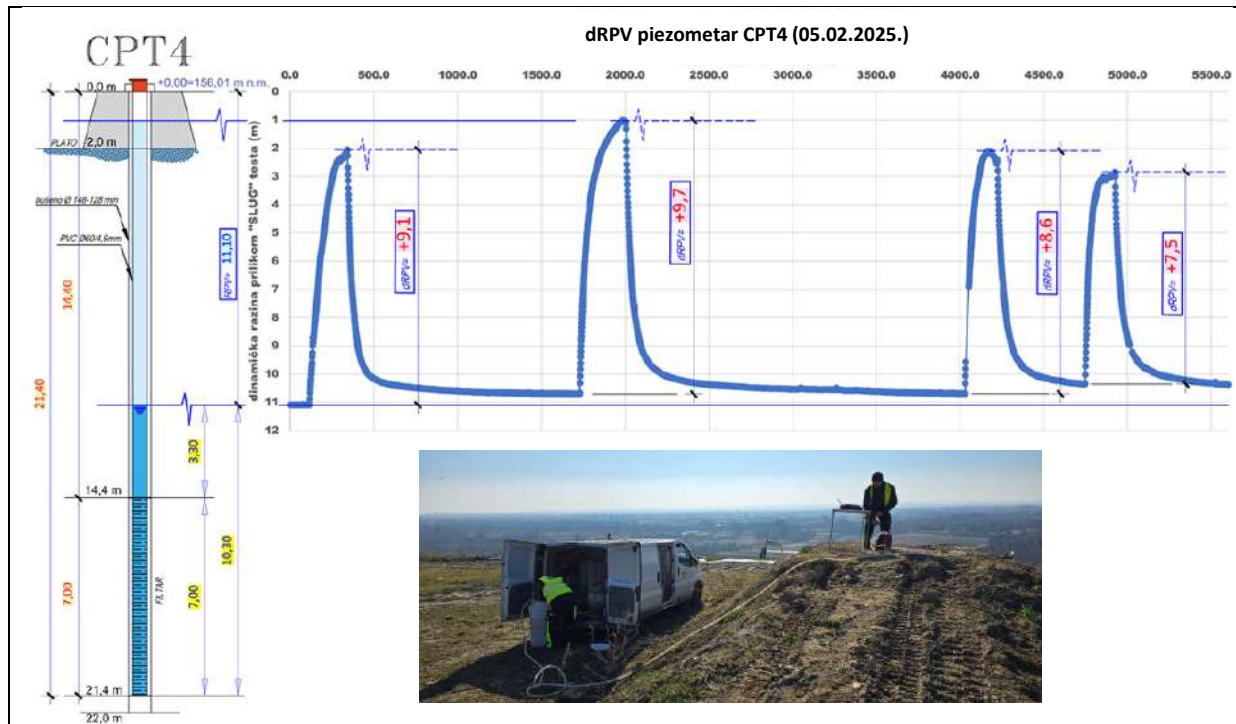
Slika 6.10. Pumpanje vode u piezometar za potrebe mjerenja



Slika 6.11. Mjerenje na piezometru CPT-3

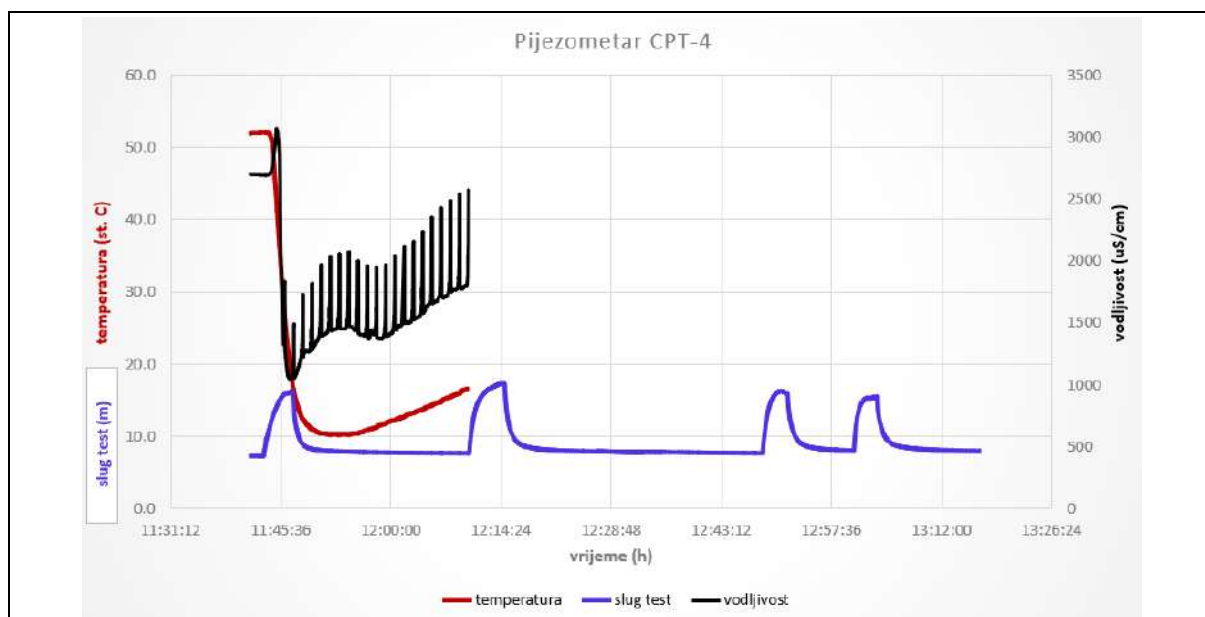
7. Mjerenje na piezometru CPT- 4

Profil piezometra CPT- 4 s dinamičkim razinama kod izvođenja Slug testa, odnosno njegova geometrija, prilikom testa prikazana je na slici 7.1. Na slici su dane sve relevantne vrijednosti, od dubine bušenja piezometra, promjera bušenja, dimenzija i promjera ugrađene pune i perforirane PVC cijevi. Iz slike je vidljivo kako je razina podzemne vode na dubini od $RPV = 11,10$ m od vrha bušotine na dan 05.02.2025. Prilikom ispitivanja vodopropusnosti izvedeno je nadvišenje vodom $\Delta H = 9,7$ m. Filterski dio ugrađene PVC cijevi dužine je $L = 7,0$ m, a slot je 1mm.



Slika 7.1. Profil piezometra CPT- 4 s dinamičkim razinama i slika upumpavanja vode u piezometer, na slici vidljiva izvedena četiri Slug testa (od dRPV = 7,50 - 9,70 m)

Senzor 120NTG bio je uronjen na dubini od 7,50 m od postojeće razine vode u piezometru (vidi sliku 7.2., početak plave linije). Na slici su prikazana mjerenja sniženja vode, vrijednosti temperature i vodljivosti podzemne vode u funkciji vremena. Visina stupca vode u CPT- 4 prikazana je plavom linijom na slici ispod. Senzor je mjerio brzinu spuštavanja vode dok se ona nije ustalila na približno početnoj izmjerenoj razini podzemne vode od $RPV \approx 11,00$ m (slika 7.1.), odnosno 7,50 m od dubine senzora (vidi sliku 7.2.)



Slika 7.2. Prikaz mjerenih vrijednosti na piezometru CPT- 4 na dan 05.02.2025.

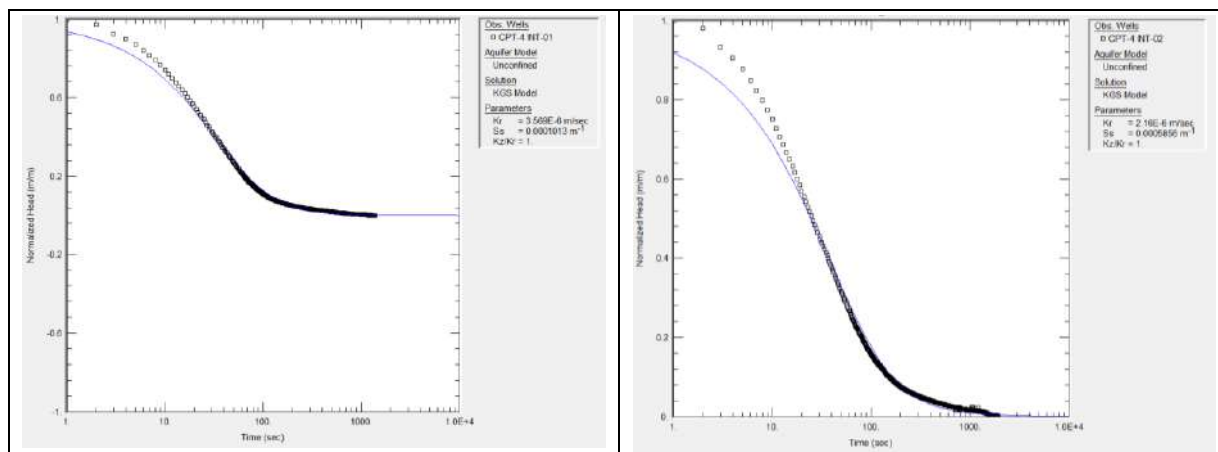
Izmjerena temperatura podzemne vode u tijelu odlagališta je iznosila 52 °C. Njezina temperatura je postupno padala uslijed ulijevanja hladne vode u cijev piezometra na vrijednost oko 10 °C (crvena linija na slici 7.2.). Ulazni podaci za piezometar CPT- 4 i aplikaciju AQTSOLV Pro dani su u tablici ispod. Tako možemo vidjeti kako kod piezometra perforirana dionica PVC cijevi iznosi 7,0 m. Udaljenost od razine podzemne vode do perforiranog dijela piezometra je 3,30 m, promjer ugrađenih PVC cijevi $\varnothing 60/55,4$ mm, visina dolijevane vode iznad RPV iznosi od $\Delta H = 9,70$ m do 7,50 m.

Piezometar CPT-4, ulazni podaci za aplikaciju AQTSOLV Pro.

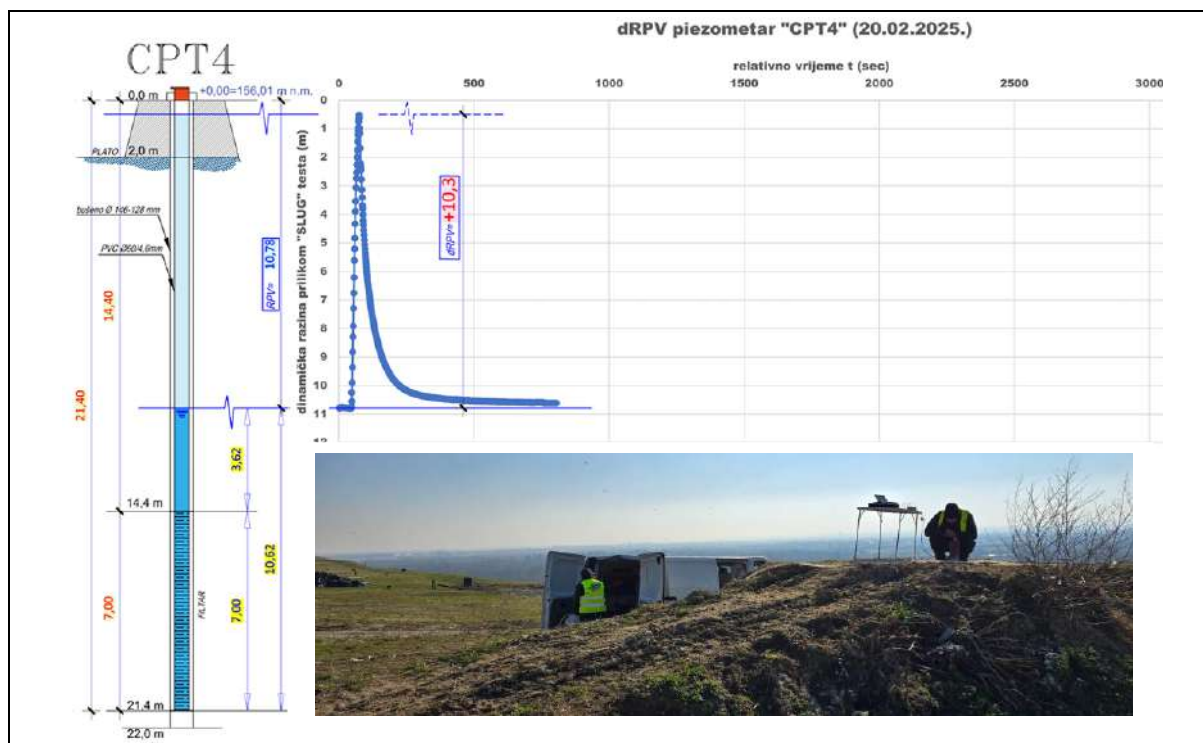
Piezometar:	CPT-4	datum ispitivanja: 05.02.2025.
Statička razina vode	RPV = 11,10 m	zatečena
Tip vodonosnika	Otvoreni	
Visina saturiranog dijela vodonosnika	11 m (računska)	dubina penetracije 10,30 m
Nadvišenje stupca (ulijevanje)	9,10 m	Slug 1
Nadvišenje stupca (ulijevanje)	9,70 m	Slug 2
Nadvišenje stupca (ulijevanje)	8,60 m	Slug 3
Nadvišenje stupca (ulijevanje)	7,50 m	Slug 4
Statička visina stupca vode u cijevi	10,30 m	
Dimenzije piezometarske cijevi	PVC r(c) = 0,060 m	bušotina r(sk) = 0,073 m
Visina filtarske dionice	7,0 m	

Dobivene vrijednosti hidrauličke vodljivosti za ispitivanja na piezometru CPT- 4 dana 05.02.2025. kreću se u granicama od $2,16 - 3,56 \times 10^{-6}$ m/s, vidi sliku 7.3.

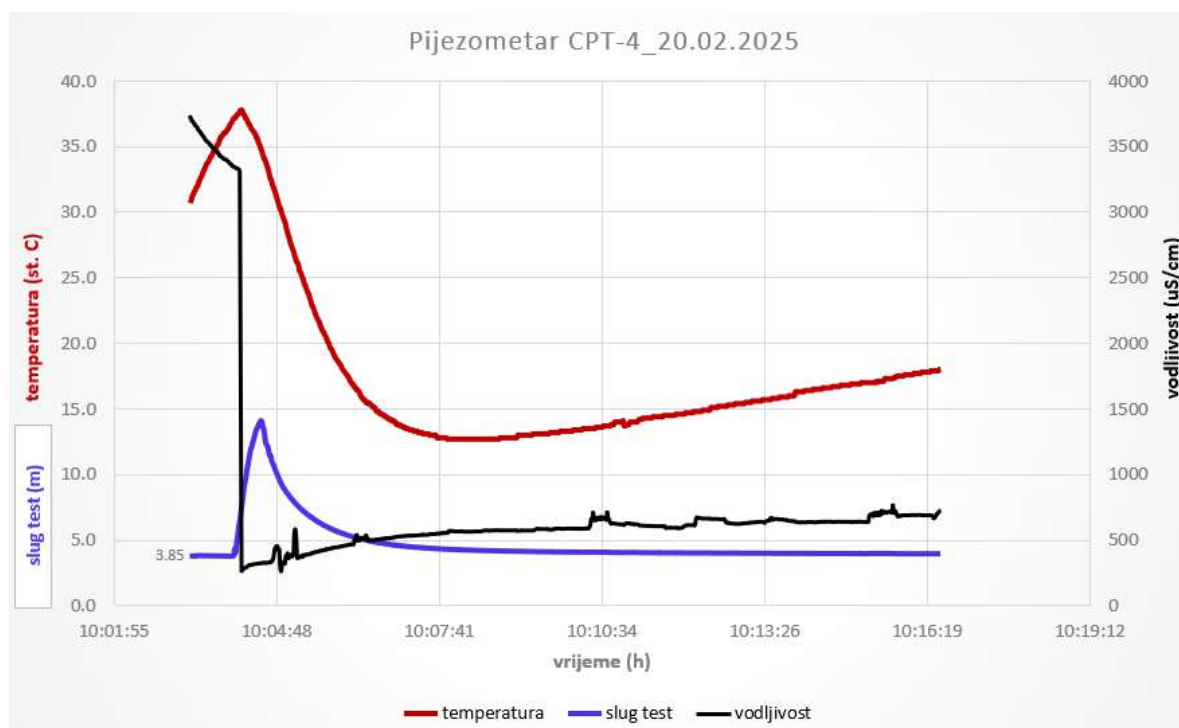
Na slici 7.3. prikazani su rezultati koeficijenta propusnosti **$k = 3,56 \times 10^{-6}$ m/s** za prvi Slug test i koeficijent propusnosti **$k = 2,16 \times 10^{-6}$ m/s** za drugi Slug test.



Slika 7.3. Proračun hidrauličke vodljivosti za prvi Slug test ($\Delta H = 9,10$ m) i drugi ($\Delta H = 9,70$ m), piezometar CPT- 4 na dan 05.02.2025. (vidi slika 7.1.)



Slika 7.5. Profil piezometra s razinama vode i mjerenje u piezometru CPT – 4, 20.02.2025.

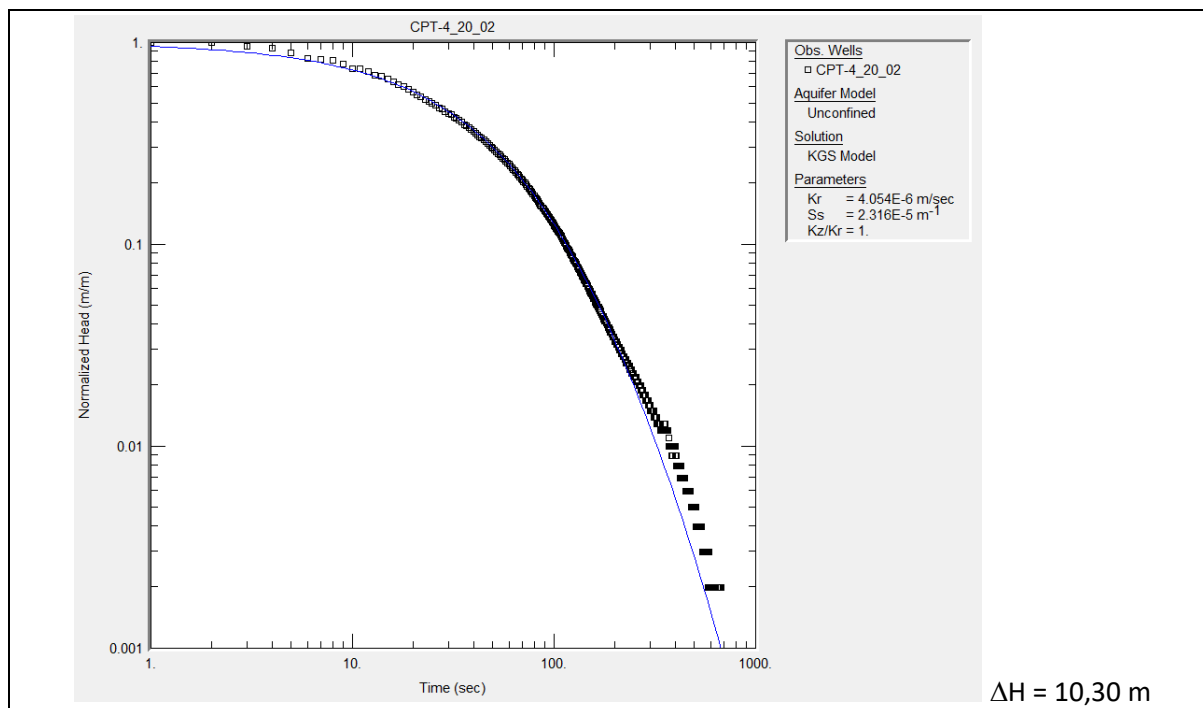


Slika 7.5. Prikaz mjerenih vrijednosti na piezometru CPT- 4 na dan 20.02.2025.

Na slici 7.5 prikazani su rezultati mjerenja parametara za izračun koeficijenta propusnosti na CPT-4. Izmjerena temperatura vode u piezometru je iznosila 38 °C, a tijekom postupka mjerenja i uslijed dolijevanja vode u piezometar CPT-4 temperatura vode se spustila na 13 °C.

Na slici 7.6. prikazano je ispitivanje vodopropusnosti metodom Slug testa na dan 20.02.2025

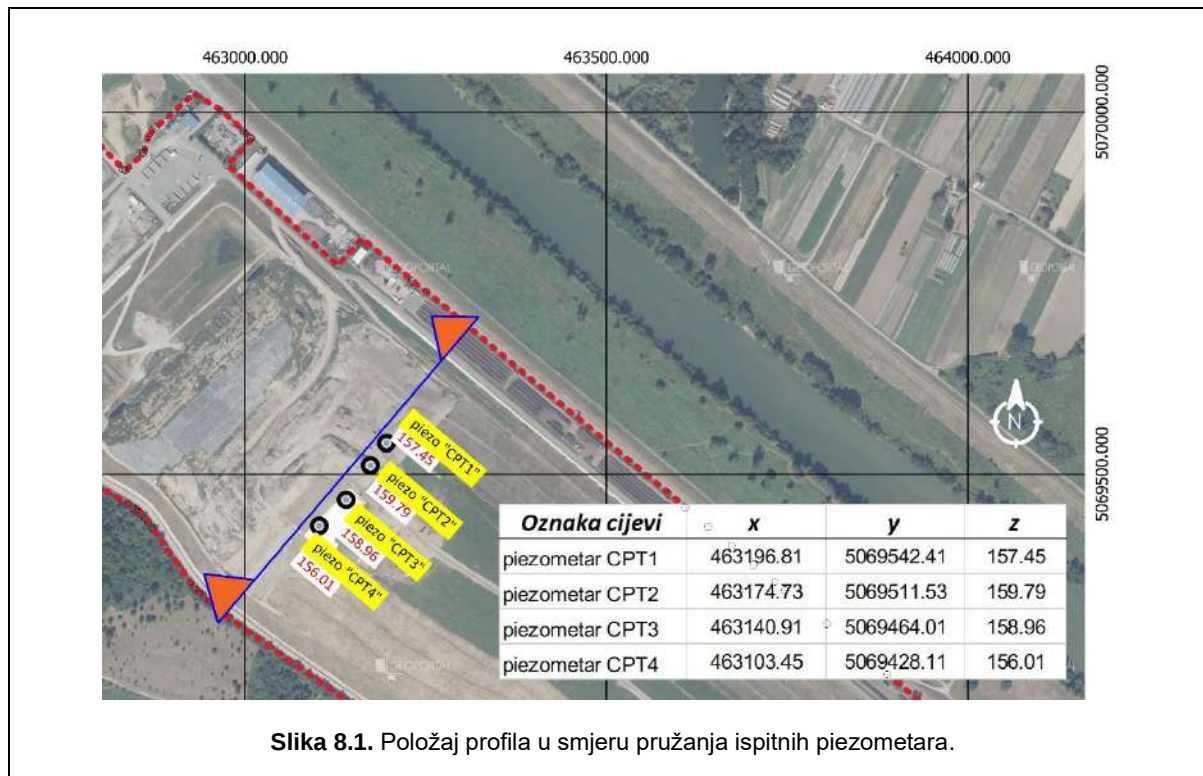
Dobivena vrijednost koeficijenta propusnosti za ispitivanja na piezometru CPT- 4 dana 20.02.2025. iznosi $k = 4,05 \times 10^{-6} \text{ m/s}$, vidi slika 7.7.



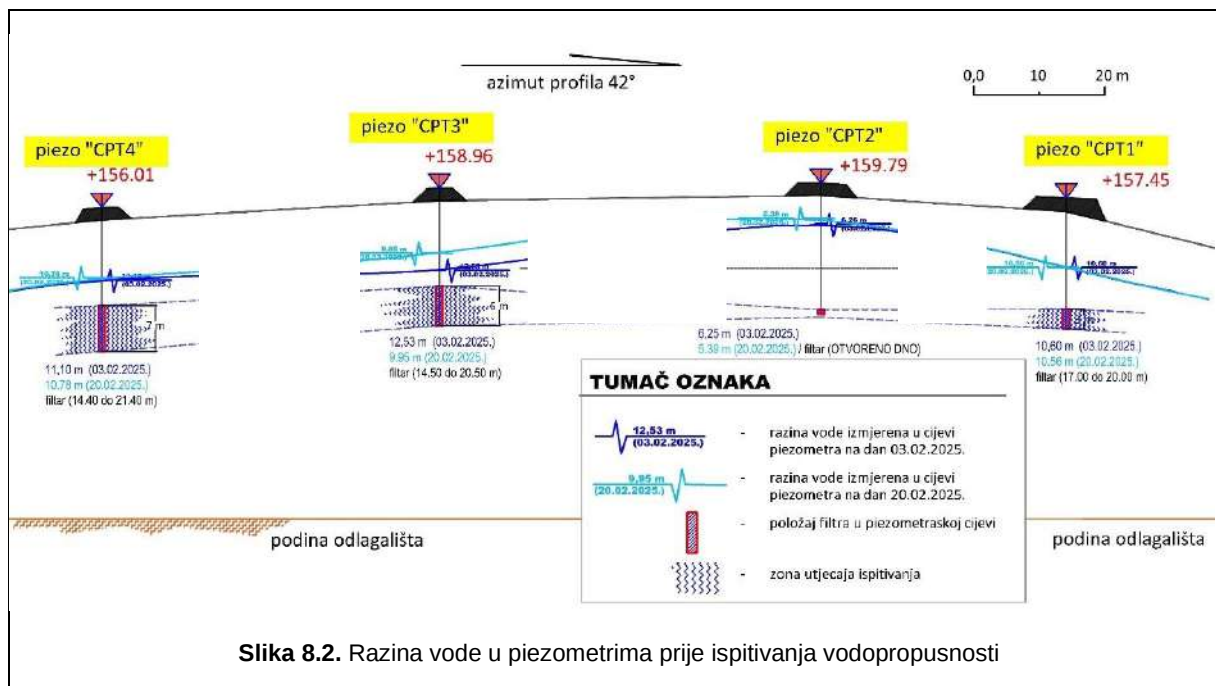
Slika 7.6. Proračun hidrauličke vodljivosti za piezometar CPT- 4 na dan 20.02.2025, slika 7.5.

8. Mjerenje razine podzemne vode u piezometrima CPT-1, CPT-2, CPT-3 i CPT-4

Prije početka postupka mjerenja vodopropusnosti izmjerene su vrijednosti zatečene statičke razine vode u piezometarskim cijevima, pojedinačno. Za mjerene vrijednosti izrađen je profil s prikazom piezometarske razine vode za dva datuma: 03.02. i 20.02.2025, slika 8.2.



Slika 8.1. Položaj profila u smjeru pružanja ispitnih piezometara.



Slika 8.2. Razina vode u piezometrima prije ispitivanja vodopropusnosti

9. Zaključak

Na lokaciji odlagališta Prudinec-Jakuševac provedena su ispitivanja vodopropusnosti za potrebe analize hidrogeoloških uvjeta u trupu odlagališta otpada u sklopu Programa istraživanja uzroka odrona iz 2023. godine. Svrha provedenih istraživanja je analiza ponašanja procjernih (podzemnih) voda u tijelu odlagališta uz prvenstveno određivanje koeficijenta vodopropusnosti otpada za potrebe tumačenja ponašanja vode u tijelu odlagališta. Tijelo odlagališta otpada Prudinec-Jakuševac ne može se promatrati kao geološki formirana sredina. Radi se o sredini koja nema hidrogeološku zakonitost i ponaša se kao izrazito heterogeno vodonosno tijelo. U njemu vladaju uvjeti izrazito povišene temperature vode od oko 50°C. Voda sadrži niz otopljenih sastojaka pa se u trupu odlagališta ponaša kao viskozna otopina. Uz visoku temperaturu vode prisutni su i plinovi nastali procesima starenja otpada koji dodatno kompliciraju određivanje ponašanja vode u tijelu odlagališta otpada.

Mjerenje koeficijenta propusnosti je izvedeno na 4 piezometra. Tehničke karakteristike svakog piezometra su navedene u prethodnim poglavljima. Obzirom na tehničke karakteristike piezometra, provedeno je testiranje metodom dolijevanja „Slug test“, gdje se parametri određuju iz povrata razine vode u bušotini. Ovom metodom se pouzdano definiraju potrebni parametri za analize određivanja koeficijenta vodopropusnosti (k). Testiranje je provedeno u „dva“ ciklusa, prvi ciklus 03. i 05. 02.2025. i drugi ciklus 20.02.2025. U prvom ciklusu tijekom procesa dolijevanja vode u piezometarsku cijev primijećena je znatna količina plinova koja je izlazila iz piezometarske cijevi, što je otežavalo nalijevanje vode u cijev piezometara. Međutim, uz postupak dinamičke penetracije umetnutom užom cijevi uz cikličko kretanje (gore-dolje) „razbijala“ se mješavina plina i vode. Na taj način su se piezometarske cijevi dopunile vodom do ušća bušotina i nastavilo se ispitivanje vodopropusnosti.

U slučaju odlagališta otpada Prudinec-Jakuševac može se zaključiti kako su naslage vertikalno relativno slabo propusne. U isto vrijeme, kako se radi o vrlo heterogenom materijalu, može se pretpostaviti značajnija horizontalna komunikacija podzemne vode duž manje propusnih proslojaka otpada koji su uvjetovani vrstom i načinom odlaganja otpada.

U svakom slučaju se može zaključiti kako je razina podzemne vode u odlagalištu relativno visoka što ukazuje na zadržavanje određene količine vode unutar odlagališta, što bi kod znatne količine padalina moglo značajno raskvasiti naslage otpada.

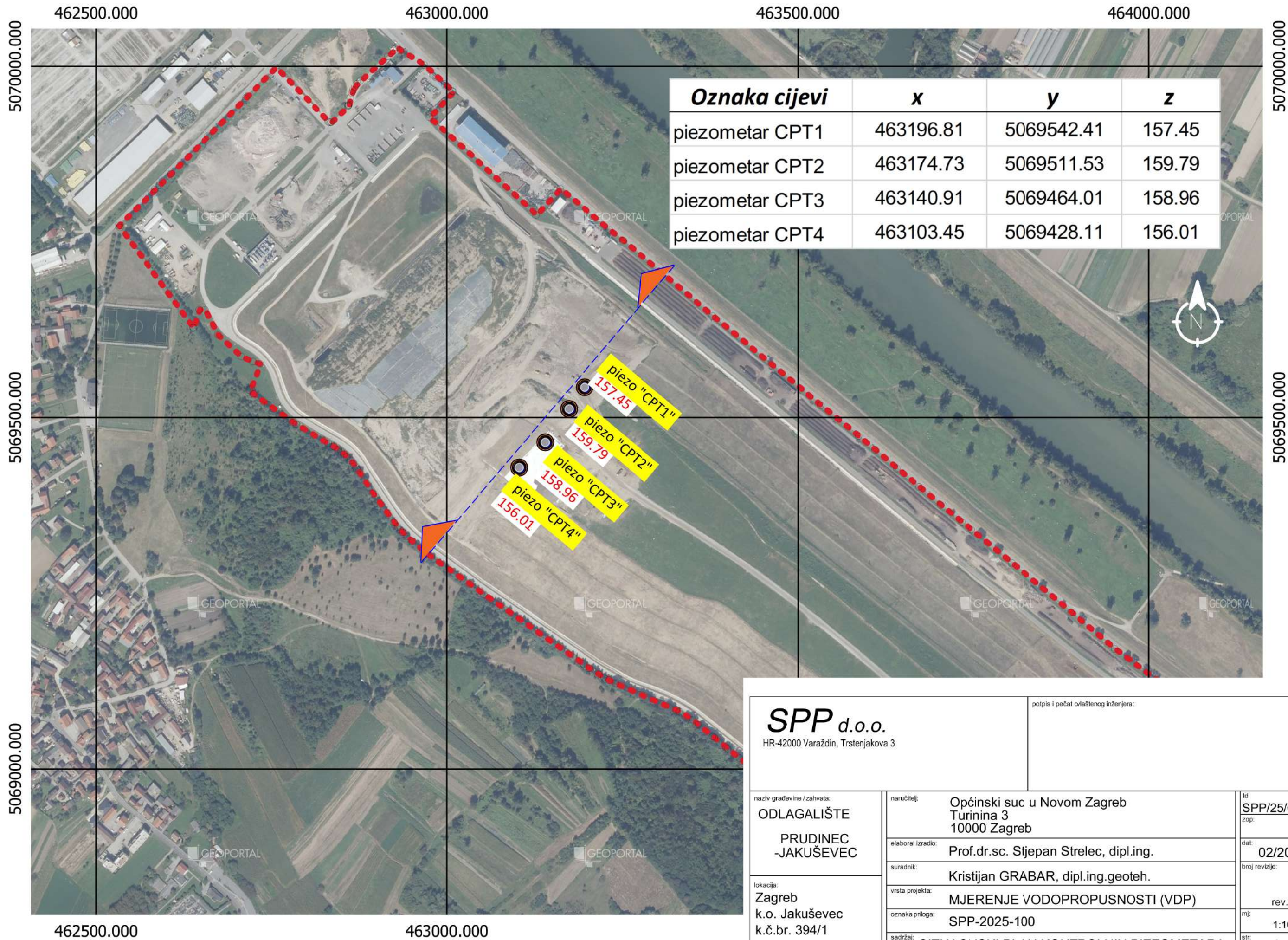
Tablica 1. Rezultati mjerenja koeficijenta vodopropusnosti (k) na odlagalištu Jakuševac:

	Dan mjerenja 03.02.2025.	Dan mjerenja 05.02.2025.	Dan mjerenja 20.02.2025.	Prosječna vrijednost
	1. CIKLUS		2.CIKLUS	
Piezometar CPT-1 k-koeficijent vodopropusnosti (m/s)	1,60 – 3,50 x10 ⁻⁶		5,29 – 7,40 x10 ⁻⁶	4,44 x10⁻⁶
Piezometar CPT-2 k-koeficijent vodopropusnosti (m/s)	3,15 x10 ⁻⁷		1,19 x10 ⁻⁷	2,17 x10⁻⁷
Piezometar CPT-3 k-koeficijent vodopropusnosti (m/s)		1,63 – 1,94 x10 ⁻⁶	2,59 – 1,45 x10 ⁻⁶	1,90 x10⁻⁶
Piezometar CPT-4 k-koeficijent vodopropusnosti (m/s)		3,56 – 2,16 x10 ⁻⁶	4,05 x10 ⁻⁶	3,25 x10⁻⁶

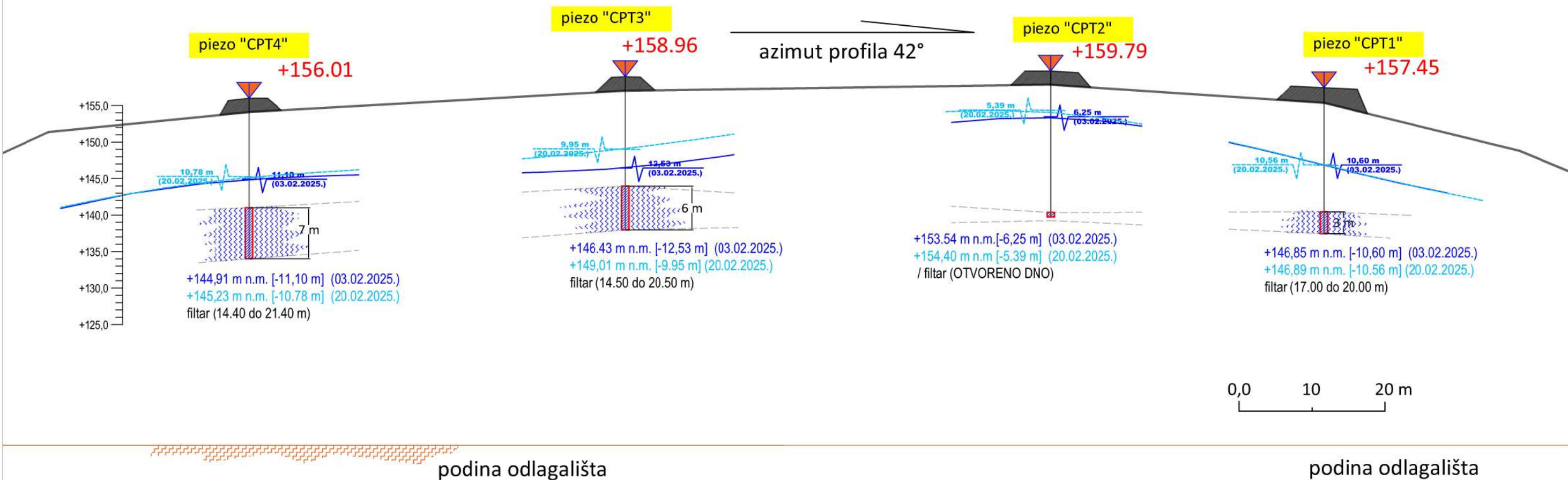
PRILOZI

Grafički prilozi

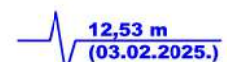
1. Situacijski plan s položajem kontrolnih piezometara
2. Profil piezometarskog potencijala na datum 03.02.2025. i 20.02.2025



A) PROFIL PIEZOMETARSKIH TLAKOVA



TUMAČ OZNAKA

-  - razina vode izmjerena u cijevi piezometra na dan 03.02.2025.
-  - razina vode izmjerena u cijevi piezometra na dan 20.02.2025.
-  - položaj filtra u piezometraskoj cijevi
-  - zona utjecaja ispitivanja

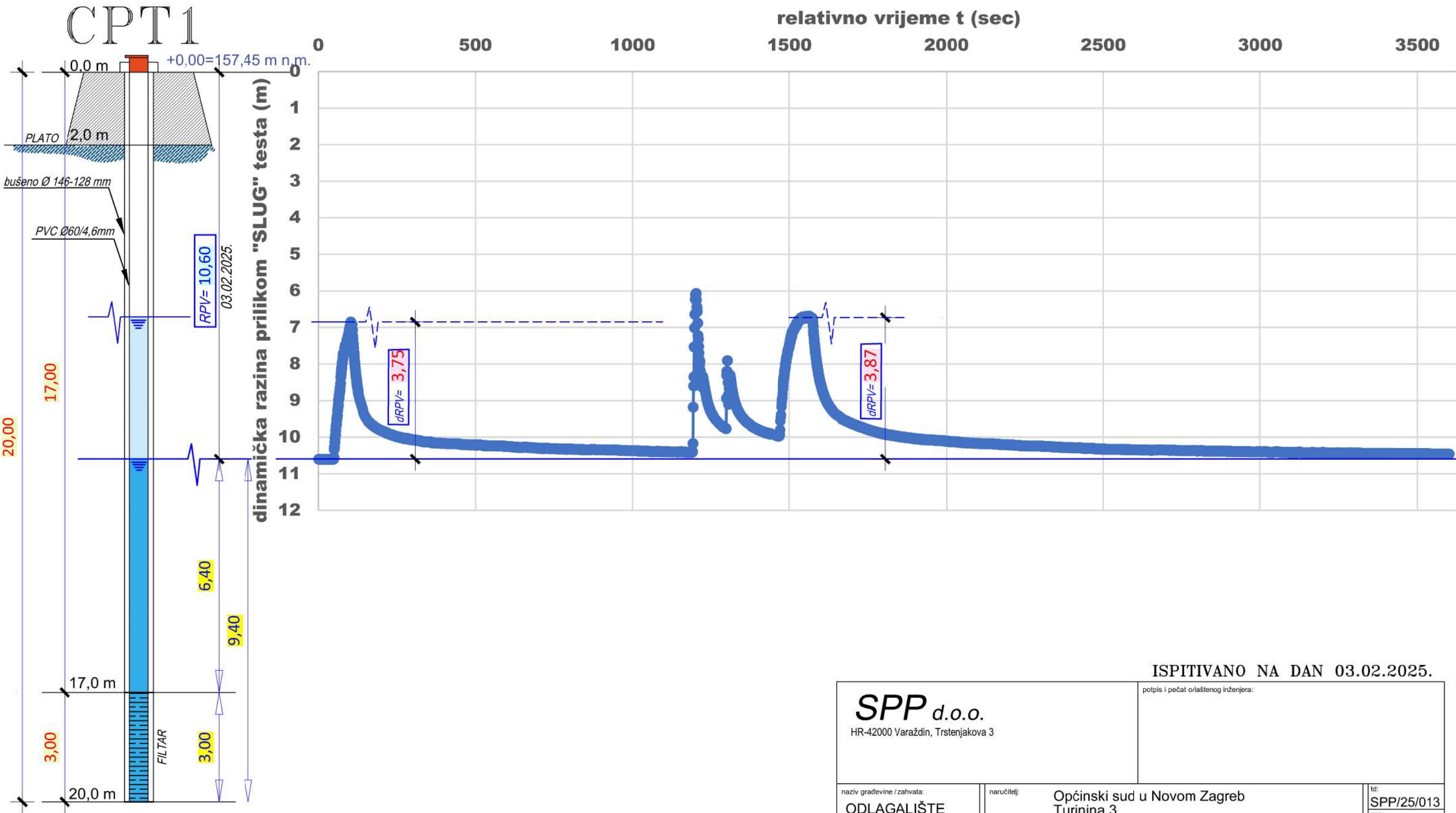
SPP d.o.o. HR-42000 Varaždin, Trstenjakova 3		potpis i pečat ovlaštenog inženjera:	
naziv građevine / zahvata: ODLAGALIŠTE PRUDINEC -JAKUŠEVEC	naručitelj: Općinski sud u Novom Zagreb Turinina 3 10000 Zagreb		td: SPP/25/013
	elaborat izradio: Prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.		zop:
lokacija: Zagreb k.o. Jakuševac k.č.br. 394/1	suradnik: Kristijan GRABAR, dipl.ing.geoteh.		dat: 02/2025
	vrsta projekta: MJERENJE VODOPROPUSNOSTI (VDP)		broj revizije:
	oznaka priloga: SPP-2025-150		rev.000
	sadržaj: PROFIL PIEZOMETARSKJE LINIJE PODZEMNE VODE		mj: 1:500
			str: 2

PRILOZI

Grafički prilozi

3. CPT-1 / profil piezometar sa dinamičkim razinama vode prilikom mjerenja 03.02.2025.
4. CPT-1 / profil piezometar sa dinamičkim razinama vode prilikom mjerenja 20.02.2025.
5. CPT-2 / profil piezometar sa dinamičkim razinama vode prilikom mjerenja 03.02.2025.
6. CPT-2 / profil piezometar sa dinamičkim razinama vode prilikom mjerenja 20.02.2025.
7. CPT-3 / profil piezometar sa dinamičkim razinama vode prilikom mjerenja 05.02.2025.
8. CPT-3 / profil piezometar sa dinamičkim razinama vode prilikom mjerenja 20.02.2025.
9. CPT-4 / profil piezometar sa dinamičkim razinama vode prilikom mjerenja 05.02.2025.
10. CPT-4 / profil piezometar sa dinamičkim razinama vode prilikom mjerenja 20.02.2025.

dRPV piezometar "CPT1" (03.02.2025.)



ISPITIVANO NA DAN 03.02.2025.

SPP d.o.o. HR-42000 Varaždin, Trstenjakova 3		potpis i pečat ovlaštenog inženjera:	
naziv građevine / zahvata: ODLAGALIŠTE PRUDINEC -JAKUŠEVEC	naručitelj:	Općinski sud u Novom Zagreb Turinina 3 10000 Zagreb	Id: SPP/25/013
	elaborat izradio:	Prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.	zop:
	suradnik:	Kristijan GRABAR, dipl.ing.geoteh.	dat: 02/2025
	vrsta projekta:	MJERENJE VODOPROPUSNOSTI (VDP)	broj revizije:
	oznaka priloga:	SPP-2025-200-CPT1 (03.02.'25)	rev.000
lokacija: Zagreb k.o. Jakuševac k.č.br. 394/1	sadržaj:	PROFIL PIEZOMETRA SA DINAMIČKIM RAZINAMA	mj: 1:1000
			str: 3

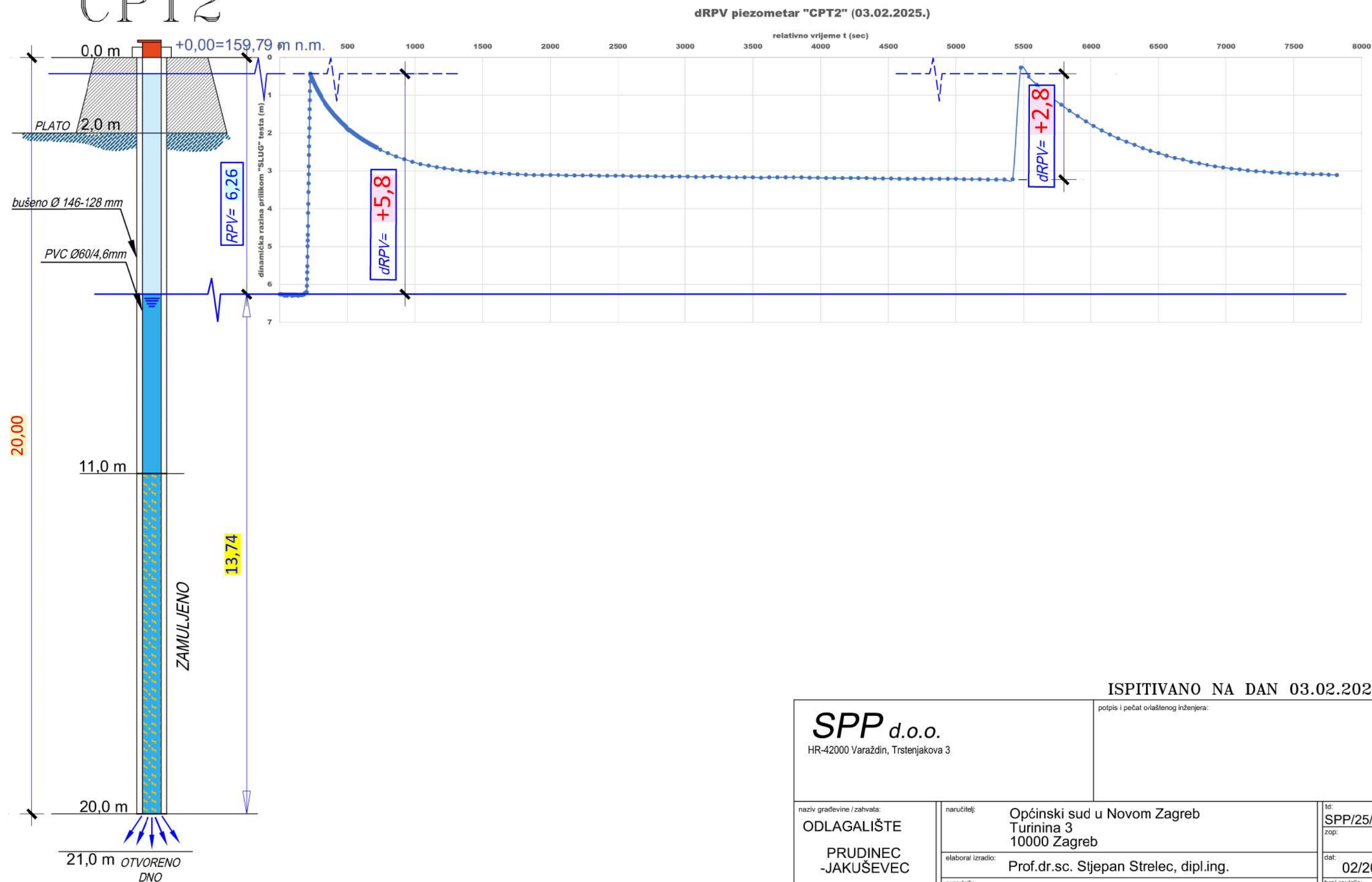
CPT1


$$dRPV = 9.74$$

potpis i pečat ovlaštenog inženjera:

4

CPT2



ISPITIVANO NA DAN 03.02.2025.

SPP d.o.o.
HR-42000 Varaždin, Trstenjakova 3

potpis i pečat ovlaštenog inženjera:

naziv građevine / zahvata:
**ODLAGALIŠTE
PRUDINEC
-JAKUŠEVEC**

naručitelj:
**Općinski sud u Novom Zagreb
Turinina 3
10000 Zagreb**

elaborat izradio:
Prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.

suradnik:
Kristijan GRABAR, dipl.ing.geoteh.

Id:
SPP/25/013
zop:

dat:
02/2025

broj revizije:
rev.000

lokacija:
**Zagreb
k.o. Jakuševac
k.č.br. 394/1**

vrsta projekta:
MJERENJE VODOPROPUSNOSTI (VDP)

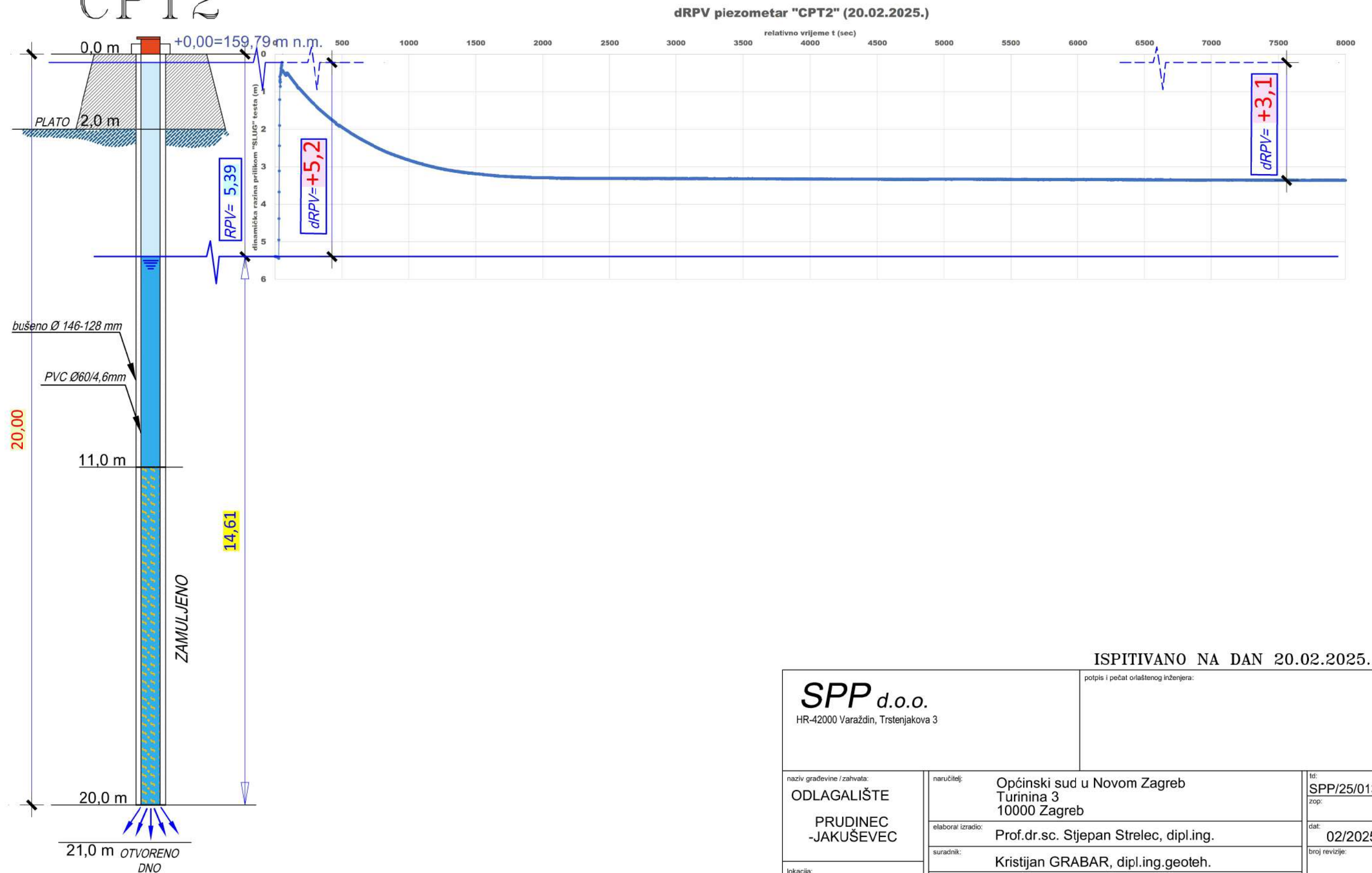
oznaka priloga:
SPP-2025-200-CPT2 (03.02.'25)

mj:
1:1000

sadržaj:
PROFIL PIEZOMETRA SA DINAMIČKIM RAZINAMA

str:
5

CPT2



ISPITIVANO NA DAN 20.02.2025.

SPP d.o.o.
HR-42000 Varaždin, Trstenjakova 3

potpis i pečat ovlaštenog inženjera:

naziv građevine / zahvata:
**ODLAGALIŠTE
PRUDINEC
-JAKUŠEVEC**

naručitelj:
**Općinski sud u Novom Zagreb
Turinina 3
10000 Zagreb**

td:
SPP/25/013
zop:

elaborat izradio:
Prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.

dat:
02/2025

suradnik:
Kristijan GRABAR, dipl.ing.geoteh.

broj revizije:

vrsta projekta:
MJERENJE VODOPROPUSNOSTI (VDP)

rev.000

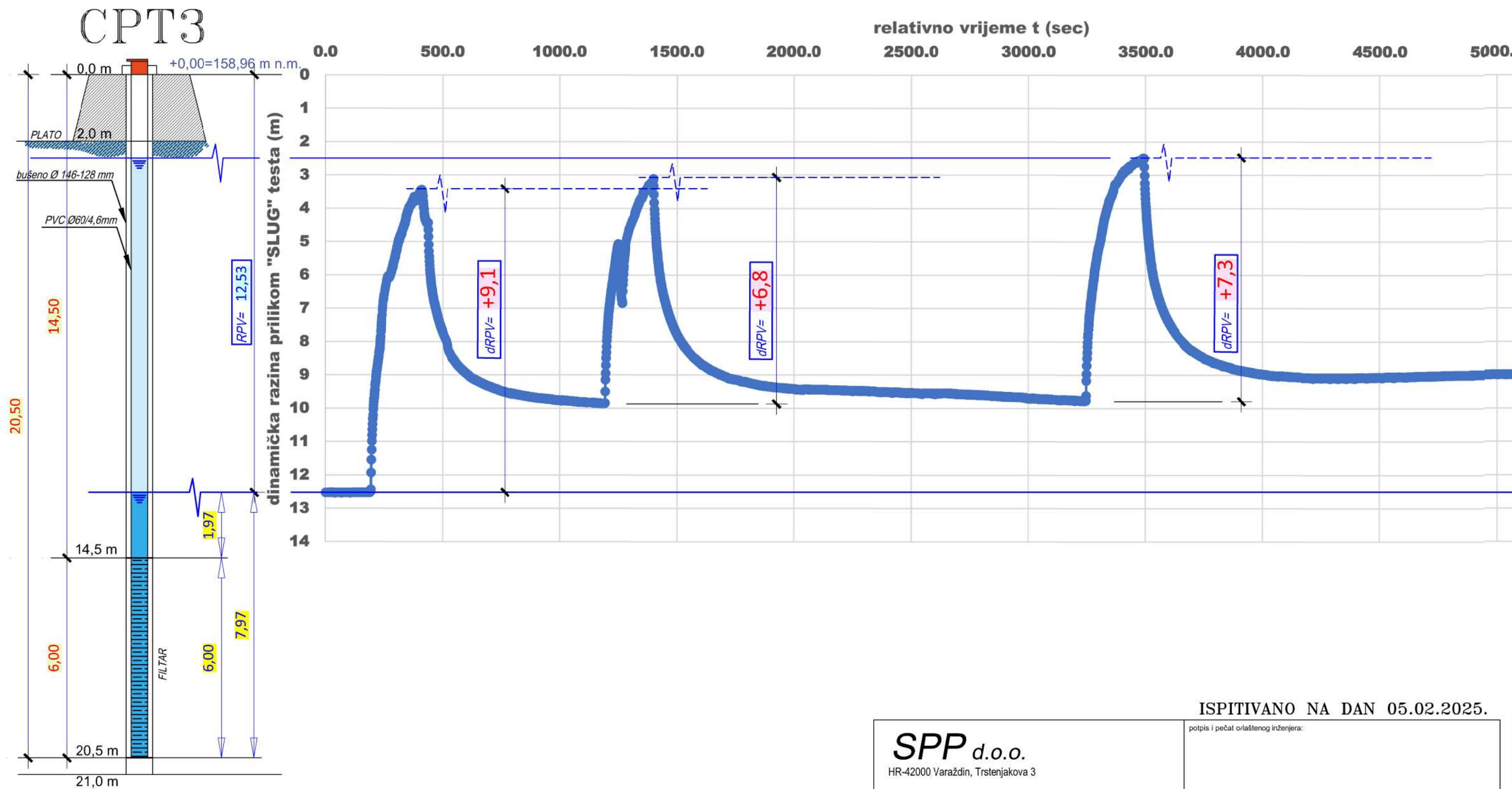
oznaka priloga:
SPP-2025-200-CPT2 (20.02.'25)

mj:
1:1000

sadržaj:
PROFIL PIEZOMETRA SA DINAMIČKIM RAZINAMA

str:
6

dRPV piezometar "CPT3" (05.02.2025.)

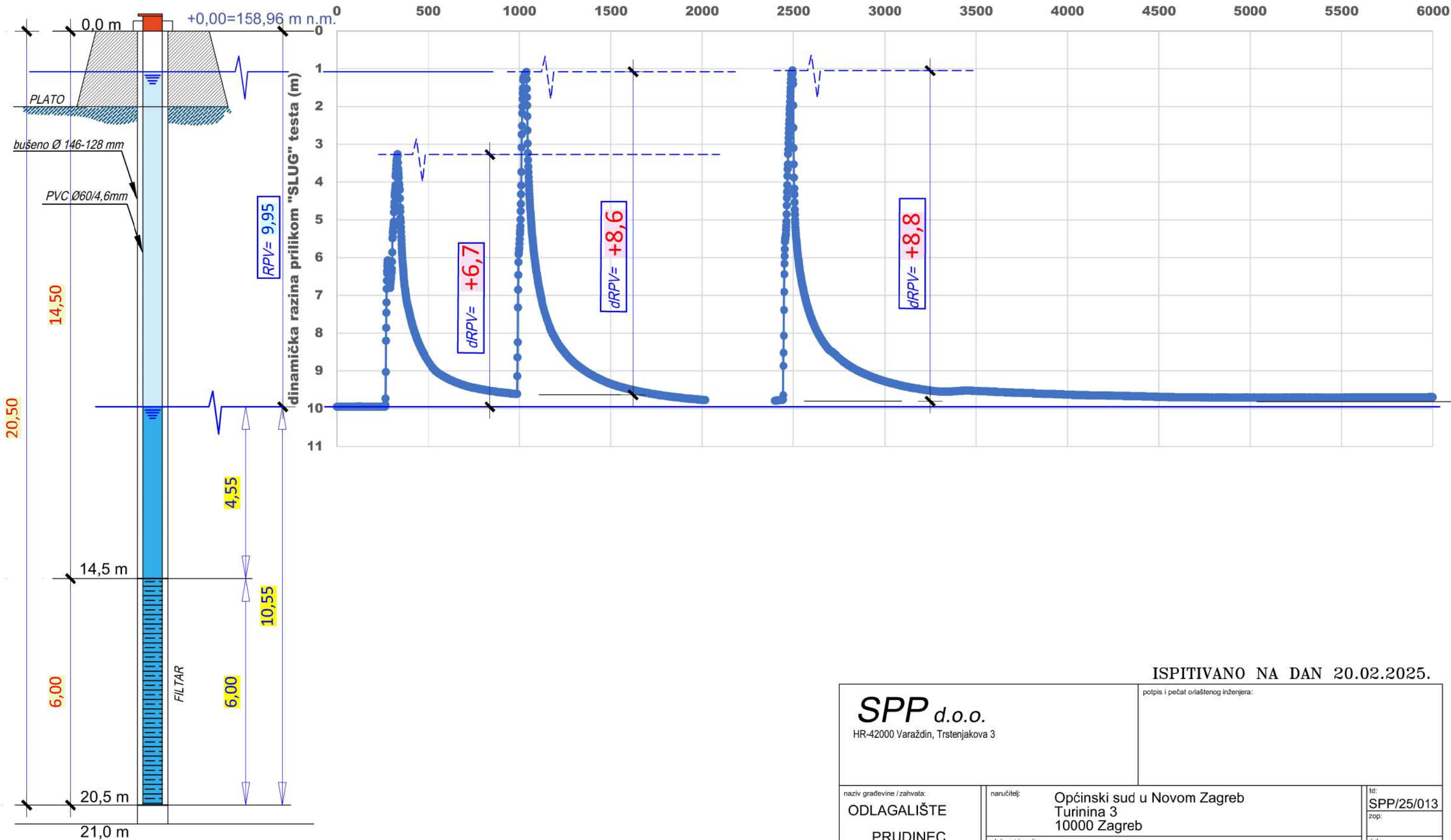


ISPITIVANO NA DAN 05.02.2025.

SPP d.o.o. HR-42000 Varaždin, Trstenjakova 3		potpis i pečat ovlaštenog inženjera:	
naziv građevine / zahvata: ODLAGALIŠTE PRUDINEC -JAKUŠEVEC	naručitelj:	Općinski sud u Novom Zagreb Turinina 3 10000 Zagreb	Id: SPP/25/013
	elaborat izradio:	Prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.	zop:
	suradnik:	Kristijan GRABAR, dipl.ing.geoteh.	dat: 02/2025
	vrsta projekta:	MJERENJE VODOPROPUSNOSTI (VDP)	broj revizije:
	oznaka priloga:	SPP-2025-200-CPT3 (05.02.'25)	rev.000
lokacija: Zagreb k.o. Jakuševac k.č.br. 394/1	sadržaj:	PROFIL PIEZOMETRA SA DINAMIČKIM RAZINAMA	mj: 1:1000
			str: 7

CPT3

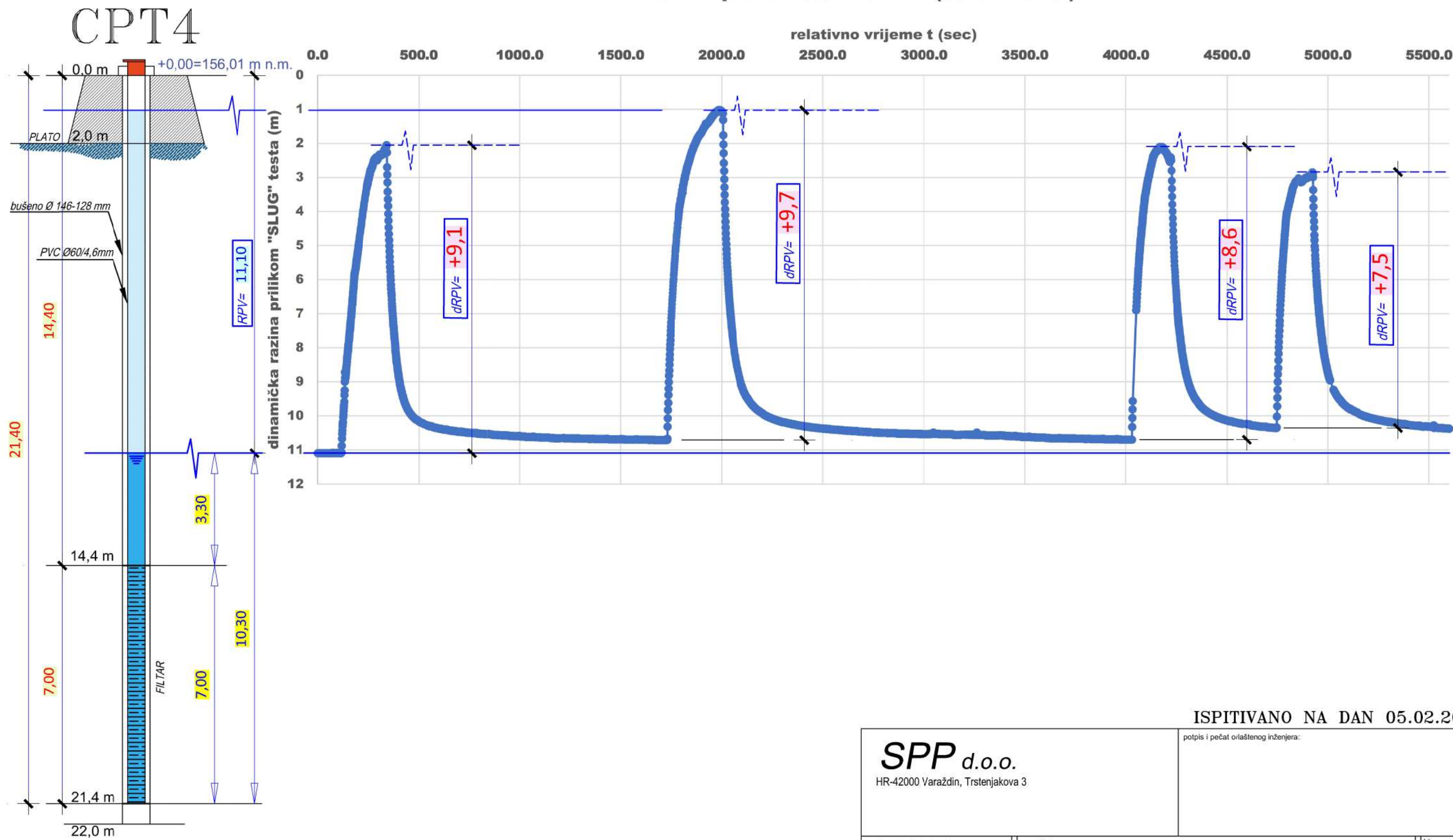
dRPV piezometar "CPT3" (20.02.2025.)



ISPITIVANO NA DAN 20.02.2025.

SPP d.o.o. HR-42000 Varaždin, Trstenjakova 3		potpis i pečat ovlaštenog inženjera:	
naziv građevine / zahvata: ODLAGALIŠTE PRUDINEC -JAKUŠEVEC	naručitelj:	Općinski sud u Novom Zagreb Turinina 3 10000 Zagreb	Id: SPP/25/013
	elaborat izradio:	Prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.	zop:
	suradnik:	Kristijan GRABAR, dipl.ing.geoteh.	dat: 02/2025
	vrsta projekta:	MJERENJE VODOPROPUSNOSTI (VDP)	broj revizije:
	oznaka priloga:	SPP-2025-200-CPT3 (20.02.'25)	rev.000
lokacija: Zagreb k.o. Jakuševac k.č.br. 394/1	sadržaj:	PROFIL PIEZOMETRA SA DINAMIČKIM RAZINAMA	mj: 1:1000
			str: 8

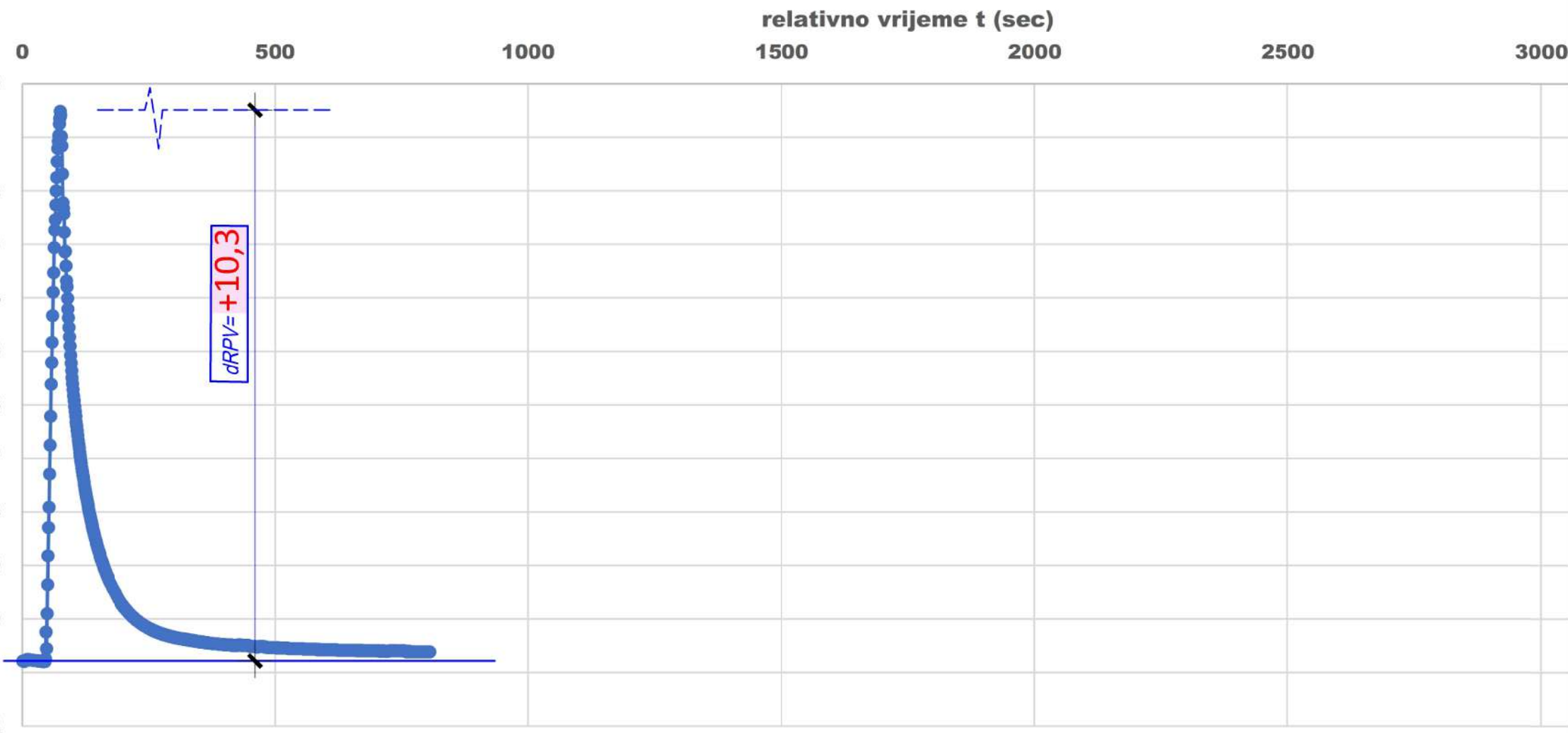
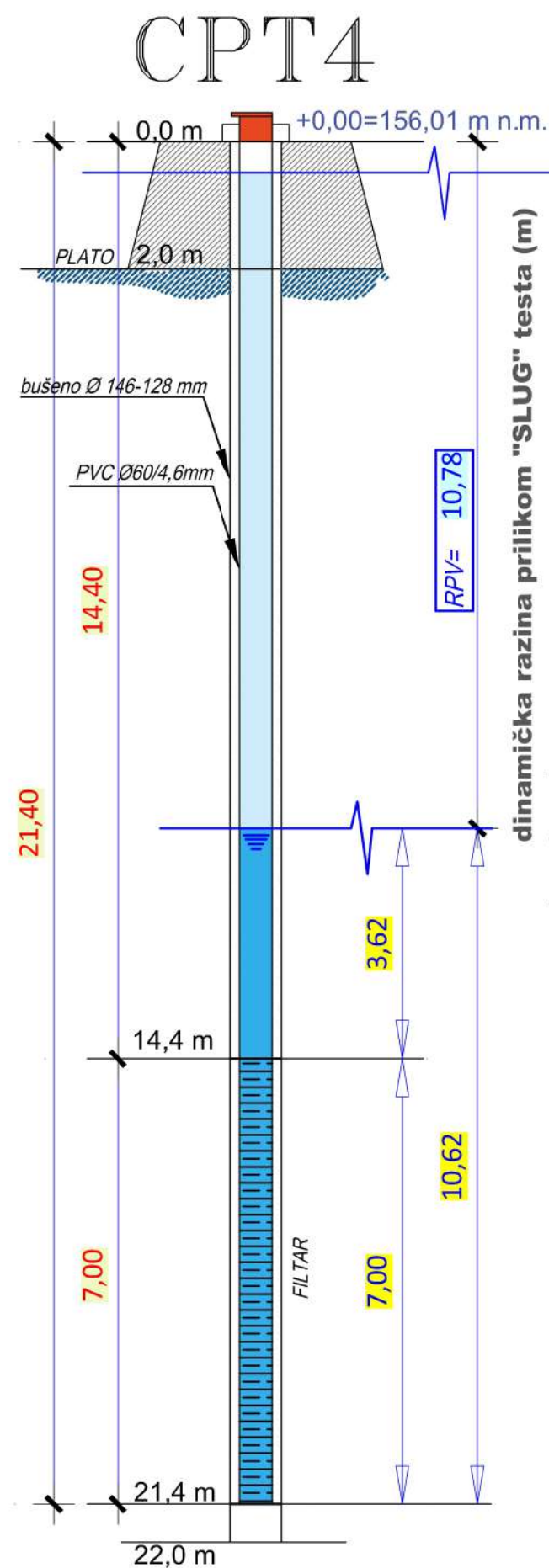
dRPV piezometar "CPT4" (05.02.2025.)



ISPITIVANO NA DAN 05.02.2025.

SPP d.o.o. HR-42000 Varaždin, Trstenjakova 3		potpis i pečat ovlaštenog inženjera:	
naziv građevine / zahvata: ODLAGALIŠTE PRUDINEC -JAKUŠEVEC	naručitelj:	Općinski sud u Novom Zagreb Turinina 3 10000 Zagreb	Id: SPP/25/013
	elaborat izradio:	Prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.	zop:
	suradnik:	Kristijan GRABAR, dipl.ing.geoteh.	dat: 02/2025
	vrsta projekta:	MJERENJE VODOPROPUSNOSTI (VDP)	broj revizije:
	oznaka priloga:	SPP-2025-200-CPT4 (05.02.'25)	rev.000
lokacija: Zagreb k.o. Jakuševac k.č.br. 394/1	sadržaj:	PROFIL PIEZOMETRA SA DINAMIČKIM RAZINAMA	mj: 1:1000
			str: 9

dRPV piezometar "CPT4" (20.02.2025.)



ISPITIVANO NA DAN 20.02.2025.

SPP d.o.o. HR-42000 Varaždin, Trstenjakova 3		potpis i pečat ovlaštenog inženjera:	
naziv građevine / zahvata: ODLAGALIŠTE PRUDINEC -JAKUŠEVEC	naručitelj:	Općinski sud u Novom Zagreb Turinina 3 10000 Zagreb	Id: SPP/25/013
	elaborat izradio:	Prof.dr.sc. Stjepan Strelec, dipl.ing.	zop:
	suradnik:	Kristijan GRABAR, dipl.ing.geoteh.	dat: 02/2025
	vrsta projekta:	MJERENJE VODOPROPUSNOSTI (VDP)	broj revizije:
	oznaka priloga:	SPP-2025-200-CPT4 (20.02.'25)	rev.000
lokacija: Zagreb k.o. Jakuševac k.č.br. 394/1	sadržaj:	PROFIL PIEZOMETRA SA DINAMIČKIM RAZINAMA	mj: 1:1000
			str: 10