



GEOTEHNIKA

GEOTEHNIKA d.o.o. za istraživanje, projektiranje i nadzor

Pavlenki put 5c, 10 000 Zagreb, Hrvatska - Croatia

tel: +385 (1) 3883 076, fax: +385 (1) 3883 076

web: www.geotehnika.hr, e-mail: info@geotehnika.hr

OIB: 54793730035, IBAN: HR2324020061100663852

Naručitelj: **RUDAN d.o.o.**
9. rujan 1/H
52341 Žminj
OIB: 84430586938

Naziv zahvata: **ENERGETSKA OBNOVA ZGRADA
FAKULTETA STROJARSTVA I
BRODOGRADNJE U ZAGREBU,
CJELINA SJEVER (ZGRADE A, B, C, D)**

Dio zahvata: **IZGRADNJA LIFTA**

Lokacija: **k.č. br. 966/3, 966/4, 966/8, k.o. Trnje**

Oznaka dokumenta: **IZ-052-08/2018**

Strukovna odrednica dokumenta:

IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU TLA

Odgovorni geotehničar:

IVAN ARAPOV, dipl.ing.građ.

ZAGREB, KOLOVOZ 2018

m.p.

DIREKTOR:

Filka Arapov, OIB: 40373727595



ENERGETSKA OBNOVA ZGRADA FAKULTETA STROJARSTVA I
BRODOGRADNJE U ZAGREBU, CJELINA SJEVER (ZGRADE A, B, C, D)

IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU TLA

KOLOVOZ 2018

1. OPĆI DIO

Odgovorni geotekničar:
IVAN ARAPOV,
dipl.ing.građ.

SADRŽAJ

2
1. OPĆI DIO

4
2. TEHNIČKI DIO

22
3. PRILOZI

**1.1. SADRŽAJ ELABORATA**

1. OPĆI DIO	2
1.1. SADRŽAJ ELABORATA	3
2. TEHNIČKI DIO	4
2.1. TEHNIČKI OPIS	5
2.2. PRIMJENJENI PROPISI I STANDARDI ZA ISTRAŽNE RADOVE	6
2.2.1. PRIMJENJENI PROPISI I STANDARDI ZA ISTRAŽNO BUŠENJE	6
2.2.2. PRIMJENJENI PROPISI I STANDARDI ZA LABORATORIJSKA ISPITIVANJA	6
2.3. OPIS LOKACIJE GRADNJE I PREDVIĐENOG ZAHVATA	7
2.3.1. OPIS LOKACIJE GRADNJE	7
2.3.2. KRATKI OPIS PREDVIĐENOG ZAHVATA	8
2.4. GEOTEHNIČKA KATEGORIZACIJA ZAHVATA I UVJETI ZA PROJEKTIRANJE	9
2.5. ISTRAŽNI RADOVI	11
2.5.1. UVOD	11
2.5.2. ISTRAŽNO BUŠENJE	11
2.5.3. STANDARDNO PENETRACIJSKO ISPITIVANJE	12
2.5.4. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA	12
2.6. GEOTEHNIČKA KATEGORIZACIJA LOKACIJE PREMA KRITERIJU STABILNOSTI	13
2.6.1. UVOD	13
2.6.2. GEOTEHNIČKA KATEGORIZACIJA LOKACIJE	14
2.7. INŽENJERSKO-GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LOKACIJE	15
2.7.1. UVOD	15
2.7.2. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ŠIRE LOKACIJE	15
2.7.3. INŽENJERSKO-GEOLOŠKE ZNAČAJKE LOKACIJE	18
2.8. SEIZMIČKE ZNAČAJKE LOKACIJE	19
2.9. GEOMEHANIČKE ZNAČAJKE LOKACIJE	20
2.9.1. UVOD	20
2.9.2. GEOMEHANIČKI MODEL LOKACIJE	20
2.9.3. KARAKTERISTIČNI GEOMEHANIČKI PARAMETRI	20
2.9.4. ZAKLJUČNE NAPOMENE	20
2.10. ZAKLJUČAK O REZULTATIMA PROVEDENIH ISTRAŽIVANJA	21
3. PRILOZI	22
3.1. POZICIJA ISTRAŽNE BUŠOTINE	23
3.2. FOTOGRAFIJA NABUŠENE JEZGRE	24
3.3. PROFIL ISTRAŽNE BUŠOTINE	25
3.4. REZULTATI LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA	26



ENERGETSKA OBNOVA ZGRADA FAKULTETA STROJARSTVA I
BRODOGRADNJE U ZAGREBU, CJELINA SJEVER (ZGRADE A, B, C, D)

IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU TLA

KOLOVOZ 2018

2. TEHNIČKI DIO

Odgovorni geotekničar:
IVAN ARAPOV,
dipl.ing.građ.

SADRŽAJ

2
1. OPĆI DIO

4
2. TEHNIČKI DIO

22
3. PRILOZI

2.1. TEHNIČKI OPIS

Na zahtjev Naručitelja, na poziciji budućeg lifta koji se planira izgraditi u sklopu energetske obnove zgrada Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, provedena su geomehanička istraživanja. Lokacija istraživanja nalazi se u ulici Ivana Lučića u Zagrebu, te je prikazana na slici 1.



Slika 1. Prikaz lokacije istraživanja na ortofoto snimku

Program istražnih radova određen je na osnovu projektnog zadatka, karakteristika predviđenog zahvata i njegovog prostornog smještaja na lokaciji, iskustvenim spoznajama o geološkim i geotehničkim karakteristikama užeg lokaliteta, rezultata prijašnjih istraživanja, te smjernicama iz norme HRN EN 1997-2:2008/Ispr.1:2011 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnoga tla (EN 1997-2:2007/AC:2010). U sklopu istraživanja izvršen je pregled studijske dokumentacije o inženjersko-geološkim svojstvima predmetnog područja, izvedena je jedna istražna bušotina (B-1) do 10m dubine, standardno penetracijsko ispitivanje, vađenje neporemećenih uzoraka tla, terenska identifikacija nabušene jezgre, te su obavljena različita laboratorijska ispitivanja. S obzirom da se lokacija nalazi na južnim obroncima Medvednice gdje su česte pojave klizanja, za predmetnu lokaciju je izvršena i kategorizacija terena prema kriteriju stabilnosti u skladu s PPGZ (prema Sl. gl. Grada Zagreba, br 08/01, 16/02, 11/03, 02/06 i 01/09, čl. 12., točka 7.2.2.2.).

Tijekom izrade ovog dokumenta korištene su sljedeće podloge i izvori:

- Osnovna geološka karta (OGK) u mjerilu 1:100.000, list Zagreb (K. Šikić, O. Basch, A. Šimunić i suradnici, 1972), te pripadajući tumač za list Zagreb (K. Šikić, O. Basch, A. Šimunić i suradnici, 1972)
- Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone u mjerilu 1:5.000: DIGK-Faza I (Hrvatski geološki institut: Ž. Miklin i dr., 2007)
- web portal: ZG Geo Portal (Zagrebačka infrastruktura prostornih podataka): www.geoportal.zagreb.hr/karta

Podaci o građi podzemlja prikazani u ovom dokumentu predstavljaju opći okvir za definiranje geoloških, inženjersko-geoloških i geotehničkih uvjeta.

U dokumentu je dan pregled postojećih podataka o inženjersko-geološkim karakteristikama lokacije, prikazani su rezultati geomehaničkih istraživanja, te su dane generalne smjernice za izradu projektne dokumentacije i izvedbu radova.

Opis i rezultati provedenih istraživanja prikazani su u točkama 2.3. 2.4. 2.5. 2.6. 2.7. i 2.8., dok je završni zaključak dan u točki 2.9. ovog elaborata.



2.2. PRIMJENJENI PROPISI I STANDARDI ZA ISTRAŽNE RADOVE

2.2.1. PRIMJENJENI PROPISI I STANDARDI ZA ISTRAŽNO BUŠENJE

Istražno bušenje obavljalo se u svemu prema smjernicama iz sljedećih normi:

HRN EN 1997-2:2008/Ispr.1:2011

Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnoga tla (EN 1997-2:2007/AC:2010)

HRN EN ISO 22475-1:2008

Geotehničko istraživanje i ispitivanje - Metode uzorkovanja i mjerenja podzemne vode - 1. dio: Tehnička načela izvedbe (ISO 22475-1:2006; EN ISO 22475-1:2006)

2.2.2. PRIMJENJENI PROPISI I STANDARDI ZA LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Laboratorijska ispitivanja obavljala se u svemu prema smjernicama iz sljedećih normi:

- **određivanje prirodne vlažnosti tla**

Ispitivanje obavljeno prema normi: **ASTM D 2216-10**

- **određivanje gustoće sitnozrnog tla**

Ispitivanje obavljeno prema normi: **ASTM D 7263 Metoda B**

- **određivanje gustoće čvrstih čestica**

Ispitivanje obavljeno prema normi: **ASTM D 854**

- **određivanje granulometrijskog sastava**

Ispitivanje obavljeno prema normi: **ASTM D 422**

- **određivanje krutosti tla u edometru**

Ispitivanje obavljeno prema normi: **ASTM D 2435-11**

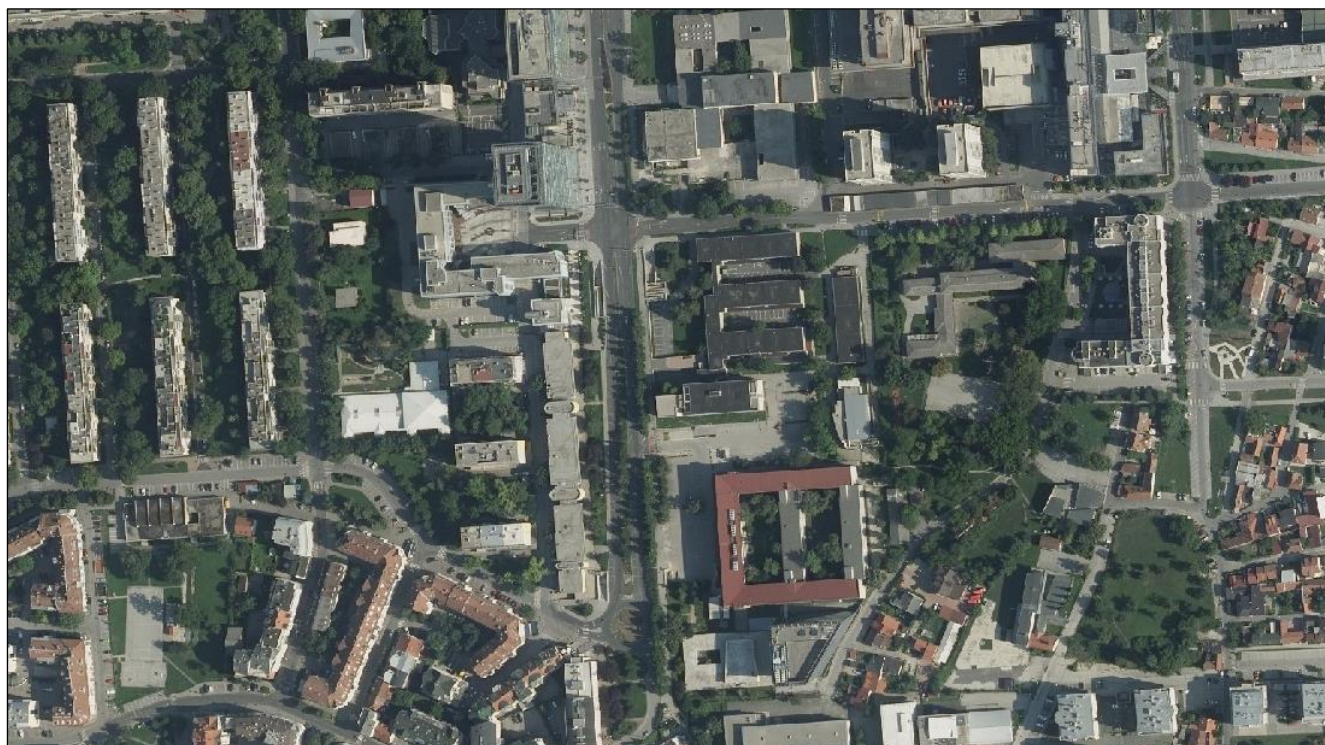
- **određivanje Atteberg-ovih granica**

Ispitivanje obavljeno prema normi: **ASTM D 4318-10**

2.3. OPIS LOKACIJE GRADNJE I PREDVIĐENOG ZAHVATA

2.3.1. OPIS LOKACIJE GRADNJE

Predmetna lokacija gradnje nalazi se u ulici Ivana Lučića u Zagrebu (slika 2.).



Slika 2. Prikaz predmetne lokacije na ortofoto snimku

Osnovne značajke lokacije поближе su opisane u tablici 1.

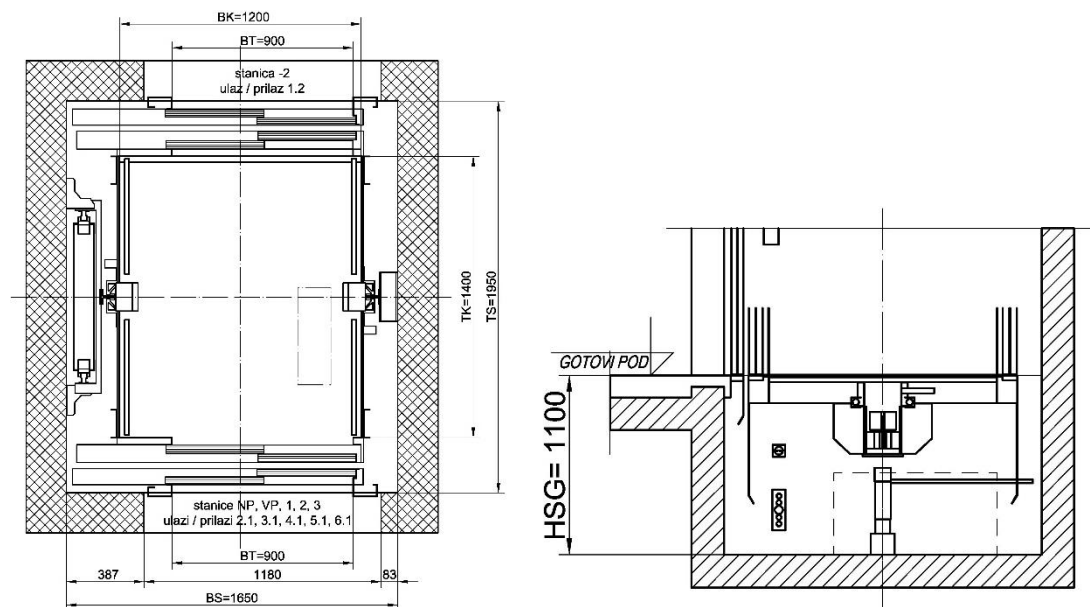
Tablica 1. Opis osnovnih značajki lokacije

OPIS OSNOVNIH ZNAČAJKI LOKACIJE		
ZNAČAJKE KOJE SE OPISUJU	NA LOKACIJI ZAHVATA	U ŠIROJ OKOLICI ZAHVATA
Postojeći objekti	Fakultetske zgrade	Stambeno-poslovni objekti
Obavljeni zahvati na lokaciji	Zahvati obavljeni prilikom gradnje obližnjih objekata	Zahvati obavljeni prilikom gradnje obližnjih objekata
Vegetacija	Trava, drveće	Grmlje, šuma
Izvori, vodotoci i sl.	Nije zabilježeno	Rijeka Sava južno od lokacije
Izdanci osnovne stijene	Nije zabilježeno	Nije zabilježeno
Nagib terena	Teren je ravan	Teren je ravan
Klizanja terena	Nije zabilježeno	Nije zabilježeno
Nagnuto drveće	Nije zabilježeno	Nije zabilježeno
Pukotine u terenu	Nije zabilježeno	Nije zabilježeno
Pukotine na objektima ili vidljiva slijeganja	Nije zabilježeno	Nije zabilježeno
Drugi oblici nestabilnosti	Nije zabilježeno	Nije zabilježeno

2.3.2. KRATKI OPIS PREDVIĐENOG ZAHVATA

Dizalo je monolitni armirano-betonski objekt sa tlocrtnim dimenzijama 2.05×2.35m, te je ukopano cca. 1.3m. Izgradnja dizala je predviđena tik uz ulaz glavne zgrade fakulteta.

Karakteristični presjeci dizala prikazani su na slici 3.



Slika 3. Karakteristični presjeci dizala

2.4. GEOTEHNIČKA KATEGORIZACIJA ZAHVATA I UVJETI ZA PROJEKTIRANJE

1. UVOD

Kad se utvrđuju minimalni zahtjevi glede opsega i kvalitete geotehničkih istražnih radova, proračuna i provjera tijekom izvođenja, treba utvrditi težinu i kompleksnost pojedinog geotehničkog projekta. U tu svrhu definiraju se tri geotehničke kategorije 1. 2. i 3. U većini slučajeva konačna geotehnička kategorizacija moći će se utvrditi tek u kasnijim fazama projektiranja pa i izvođenja. Stoga u početku treba predvidjeti preliminarnu kategorizaciju na osnovu raspoloživih podataka prije istražnih radova. Pri tome treba uzeti u obzir vrstu tla, razinu podzemne vode, regionalanu seizmičnost, utjecaj okoline, karakter i veličinu konstrukcije sa svim svojim tehničkim specifičnostima prema okolini, položaj u odnosu na susjedne građevine, promet, opasnost od kemikalija i sl. Pojedini elementi projektiranja mogu zahtijevati različitu geotehničku kategorizaciju. Postupci viših kategorija mogu se primjenjivati da bi se opravdalo ekonomičnije i racionalnije projektiranje.

PRVA GEOTEHNIČKA KATEGORIJA

Ova kategorija odnosi se na male i relativno jednostavne konstrukcije kao što su, lagani objekti sa centričnom silom po stupu manjom od 250 kN ili ispod zida manjom od 100 kN/m', potporni ili razuporni zidovi niži od 2m, nasipi niži od 3m ispod prometnih površina, odnosno 1m ispod temelja, jednokatne ili dvokatne stambene zgrade na plitkim temeljima ili pilotima, mali iskopi za drenaže i sl. U tu kategoriju mogu se svrstati objekti za koje je moguće zadovoljiti osnovne zahtjeve na osnovi iskustava i kvalitativnih geotehničkih ispitivanja. U tu kategoriju ne mogu se svrstati slučajevi gdje je temeljno tlo značajnije nagnuto (pokosi), temeljenje na otpadnim materijalima (odlagališta), nekontrolirano izvedenom nasipu, raspucaloj ili bujajućoj glini, mekom, rahlom ili vrlo stišljivom tlu, te u većini slučajeva kada iskop zahvata prodire ispod razine podzemne vode.

DRUGA GEOTEHNIČKA KATEGORIJA

Ova kategorija odnosi se na konstrukcije gdje su potrebni kvantitativni geotehnički podaci i analize niže razine radi zadovoljenja osnovnih zahtjeva, a moguće je primijeniti uobičajene postupke projektiranja i izvođenja npr. pojedinačni plitki temelji, temeljni roštilji, piloti, potporni zidovi, iskopi, upornjaci i stupovi mostova, nasipi i zemljani radovi, razna geotehnička sidra i sl. Ova kategorija se odnosi samo na konstrukcije koje uključuju neuobičajene rizike, te na slučajeve kada se uvjeti u tlu mogu utvrditi pomoću rutinskih terenskih i laboratorijskih istražnih radova.

TREĆA GEOTEHNIČKA KATEGORIJA

Ova kategorija odnosi se na sve slučajeve koji ne ulaze u prve dvije. Ova kategorija zahtjeva uključivanje kvalificiranog inženjera s odgovarajućim iskustvom glede određenih geotehničkih problema. Propis ne daje detaljne zahtjeve na projektantske postupke za tu kategoriju, osim što se podrazumjeva da zahtjevi za drugu kategoriju čine donju granicu. Primjeri za tu kategoriju su objekti s ekstremno velikim kontaktnim naprezanjima, višetažni podrumi, brane, mostovi većih raspona, tuneli, temelji strojeva s značajnim dinamičkim opterećenjem, priobalne konstrukcije, nuklearne elektrane, tvornice koje rabe opasne kemikalije, objekti vrlo osjetljivi na seizmička djelovanja, iskopi u složenim uvjetima (npr. urbane sredine), objekti na likvefabilnom ili ekspanzivnom tlu.

Geotehnička kategorija ujedno predstavlja i ugovornu klauzulu između investitora i projektanta ili izvođača, omogućuje lakšu komunikaciju po pitanju minimalnih zahtjeva, te ocjene troškova planiranih i naknadnih radova. Kategoriziranjem geotehničkih problema prema smjernicama iz Eurocode-a 7 olakšava se uvođenje i provođenje programa osiguranja kvalitete.



2. GEOTEHNIČKA KATEGORIZACIJA ZAHVATA I UVJETI ZA PROJEKTIRANJE

S obzirom na uočene značajke lokacije i predviđenog zahvata u tablici 2. dani su zaključci o geotehničkoj kategorizaciji zahvata, te su dani uvjeti za projektiranje.

Tablica 2. Geotehnička kategorizacija zahvata i uvjeti za projektiranje

Geotehnička kategorizacija zahvata	2. kategorija
Mogućnost određivanja uvjeta u tlu/stijeni	Mogu se odrediti iz istražnih radova
Stanje podzemne vode	Tijekom istražnog bušenja pojava podzemne vode je zabilježena na 5m dubine
Vrsta i obim istražnih radovi	Potrebno je obaviti „klasična“ istraživanja, kao što su istražna Bušenja i laboratorijska ispitivanja
Fizikalno-mehanički parametri tla/stijene	Potrebni su kvantitativni geomehnički podaci o fizikalno-mehaničkim parametrima tla, kao što su čvrstoća i krutost
Zahtijevani proračunski postupci	Klasični geomehnički proračuni u cilju dokaza graničnih stanja
Razina geotehničkog rizika	Srednji

Na temelju uvida u tehničko rješenje zahvata, te geomehničkih i geoloških značajki lokacije, može se zaključiti da zahvat spada u 2. geotehničku kategoriju sa srednjom razinom geotehničkog rizika.

2.5. ISTRAŽNI RADOVI

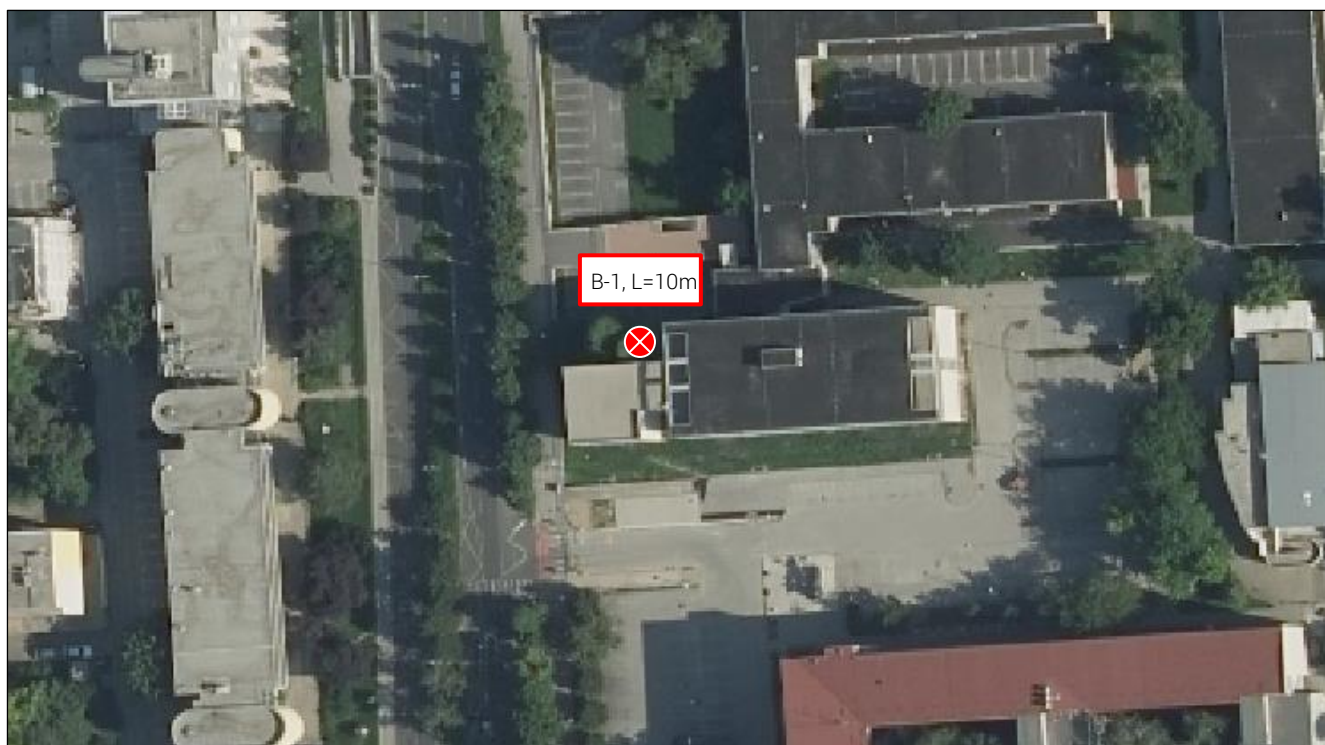
2.5.1. UVOD

U sklopu istraživanja na predmetnoj lokaciji izvedeni su sljedeći radovi:

1. ISTRAŽNO BUŠENJE
2. STANDARDNO PENETRACIJSKO ISPITIVANJE
3. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

2.5.2. ISTRAŽNO BUŠENJE

Istražno bušenje provedeno je 17. kolovoza 2018. godine do 10m dubine. Pozicija izvedene istražne bušotine na predmetnoj lokaciji prikazana je na slici 6.



Slika 4. Pozicija istražne bušotine na ortofoto snimku

Nabušena jezgra se pohranjivala u sanduke širine 1 metar, tako da dubinski ekvivalent jezgre od 1 metra bude u jednom odjeljku sanduka. Jezgra se u sanduke odlagala od lijeve strane sanduka na desnu stranu, odnosno od viših prema dubljim slojevima. Nakon pohranjivanja nabušene jezgre u sanduke provedena je terenska identifikacija iste.

Prostorne koordinate ušća bušotine i fotografija nabušene jezgre prikazani su u prilogima ovog izvješaja.

2.5.3. STANDARDNO PENETRACIJSKO ISPITIVANJE

Tijekom istražnog bušenja izvedeno je standardno (dinamičko) penetracijsko ispitivanje. Rezultati ispitivanja prikazani su u tablici 3.

Tablica 3. Rezultati standardnog penetracijskog ispitivanja na poziciji istražne bušotine B-1

Bušotina B-1		STANDARDNO PENETRACIJSKO ISPITIVANJE				Terenska identifikacija tla	
dubina [m]	Tip sonde	serija 1 [udaraca]	serija 2 [udaraca]	serija 3 [udaraca]	N _{SPT} [udaraca]	dubina [m]	opis tla
3.0	nož	3	2	2	5	0.4	tucanik sa glinom
4.5	šiljak	10	12	15	27	2.6	glina, teško gnječiva
5.7	šiljak	14	14	18	32	3.2	glina, meka do srednje gnječiva
7.7	šiljak	12	15	16	31	3.5	pijesak, rahli
9.7	šiljak	14	15	20	35	10.0	šljunak, srednje zbijen
Ukupna dubina bušotine:						10.0m	RPV na 5.0m

2.5.4. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Laboratorijska ispitivanja su provedena u geomehaničkom laboratoriju tvrtke Geotest d.o.o. iz Zagreba akreditiranom sukladno zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17025. U skladu sa dostavljenim uzorcima izvedena su sljedeća laboratorijska ispitivanja:

- određivanje prirodne vlažnosti tla
- određivanje gustoće sitnozrnog tla
- određivanje gustoće čvrstih čestica
- određivanje granulometrijskog sastava
- određivanje krutosti tla u edometru
- određivanje Atterberg-ovih granica

Rezultati laboratorijskih ispitivanja prikazani su u tablici 4.

Tablica 4. Tablični prikaz rezultata laboratorijskih ispitivanja

BUŠOTINA	DUBINA [m]	GRANULOMETRIJSKI SASTAV				PRIRODNA VLAŽNA	GRANICE PLASTIČNOSTI		INDEKS PLASTIČNOSTI	INDEKS KONZISTENCIJE	JEDNOSNA TLAČNA ČVRSTOĆA	DRENIRANA ČVRSTOĆA		EDOMETARSKI MODUL	USCS
oznaka	z [m]	G [%]	S [%]	M [%]	C [%]	w ₀ [%]	w _L [%]	w _p [%]	I _p [%]	I _c [%]	σ _{cl} [%]	c' [kPa]	φ' [°]	10-50-100-200-400 [kPa]	oznaka
B-1	1.5-1.8	-	-	-	-	31.5	73.2	30.2	43.0	0.96	-	-	-	3.8 - 4.6 - 5.4 - 7.4	CH
B-1	3.5-5.0	73.3	26.1	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	GW
B-1	5.0-10.0	75.4	24.1	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	GW

2.6. GEOTEHNIČKA KATEGORIZACIJA LOKACIJE PREMA KRITERIJU STABILNOSTI

2.6.1. UVOD

Geotehnička kategorizacija područja "Podsljemenske urbanizirane zone" po kriteriju stabilnosti, i preporuke vezane uz njezino korištenje, propisane su odredbama **"Odluke o donošenju Prostornog plana Grada Zagreba"** (Službeni glasnik Grada Zagreba, godina XLVI, broj 8, od 17. svibnja 2001. godine). Prema toj odluci, programima geotehničkih istražnih radova i njihovom realizacijom potrebno je omogućiti izdvajanje jednakovrijednih dijelova područja, uz uvažavanje predviđene namjene prostora po GUP-u. Osnovni kriterij, za definiranje jednakih uvjeta za izgradnju u "Podsljemenskoj urbaniziranoj zoni", je stabilnost padina. Da bi se ocijenio stupanj stabilnosti bilo koje padine u prirodnim uvjetima, potrebno je utvrditi sljedeće elemente:

- a) detaljni litološki sastav sedimenata u podlozi s pripadajućim geomehaničkim parametrima,
- b) debljinu pokrova i trošne zone osnovne stijene s njihovim geomehaničkim parametrima,
- c) dubinu maksimalno očekivanog (najplićeg) nivoa podzemne vode,
- d) veličinu nagiba padine, te
- e) veličinu prividnog kuta nagiba slojeva u osnovnoj stijeni i smisao njihova nagiba (u ili niz padinu).

Detaljne preporuke za utvrđivanje i/ili korektnu procjenu svakoga od navedenih elemenata date su u dokumentu «Projekt kompleksnih geotehničkih i seizmičkih istraživanja za potrebe planiranja i građenja na području Grada Zagreba», koji je sastavni dio Prostornog plana Grada Zagreba. Pribavljanjem potrebnih podataka za ocjenu stanja stabilnosti padina omogućava se izrada finalnog produkta: karte geotehničke kategorizacije terena (KGKT) s aspekta stabilnosti. Prema stečenom iskustvu na KGKT izdvajaju se četiri kategorije stabilnosti terena, koje su propisane **"Odlukom o donošenju Prostornog plana Grada Zagreba"** (Službeni glasnik Grada Zagreba, godina XLVI, broj 8, od 17. svibnja 2001. godine):

- I **STABILNI TERENI** su područja stabilna u prirodnim uvjetima i uvjetima građenja građevina. Posebni geotehnički uvjeti nisu potrebni. U fazi projektiranja utvrđuju se uvjeti temeljenja građevina na temelju geotehničkih istražnih radova.
- II. **UVJETNO STABILNE PADINE** su područja stabilna u prirodnim uvjetima. Prilikom građenja građevina te padine mogu postati nestabilne uslijed nepažljivog rada. Temeljem geotehničkih istražnih radova odredit će se posebni geotehnički uvjeti. Posebni geotehnički uvjeti su, u pravilu, uvjeti građenja na padini i uvjeti temeljenja građevine.
- III. **UVJETNO NESTABILNE PADINE** su područja na kojima postoje prirodni uvjeti koji narušavaju stabilnost ili na neki drugi način otežavaju i privremeno onemogućuju privođenje zemljišta izgradnji, te su bez vidljivih znakova nestabilnosti. Na tim područjima može se graditi kada se uklone uzroci koji otežavaju i privremeno onemogućuju gradnju što se postiže preventivnim mjerama za sanaciju terena. Opseg i vrsta preventivnih mjera za sanaciju terena odredit će se nakon obavljenih detaljnih geotehničkih istraživanja. Na temelju provedenih detaljnih geotehničkih istraživanja utvrdit će se posebni geotehnički uvjeti.
- IV. **NESTABILNE PADINE** su područja zahvaćena klizanjem terena u kojima postoje zone ili plohe sloma duž kojih su parametri posmične čvrstoće pali na rezidualne vrijednosti (aktivna i stara klizanja, ili evidentirane zone sloma u padini, tektonskog podrijetla). Detaljnim geotehničkim istraživanjima propisat će se uvjeti za prethodnu sanaciju terena koja može podrazumijevati i složene sanacijske mjere (dreniranje, nasipavanje, potporne konstrukcije i slično). Sanacija terena može se provoditi i na način da planirane građevine čine dio sanacijskih mjera tako da uvjeti za sanaciju terena sadržavaju posebne geotehničke uvjete za gradnju građevina.

Definirane četiri kategorije sadrže, s jedne strane, kriterije po kojima se određene ograničene površine terena svrstavaju u jednu od njih. S druge strane definiraju se mjere koje je potrebno poduzeti s geotehničkog aspekta za realizaciju izgradnje na područjima svrstanim u pojedinu kategoriju. Za objekte, koji će se naći na granicama dviju kategorija, potrebno je usvojiti stroži kriterij, odnosno svrstati ih u višu (lošiju) kategoriju.

2.6.2. GEOTEHNIČKA KATEGORIZACIJA LOKACIJE

Prema detaljnoj inženjersko-geološkoj karti „Podsljemenske urbanizirane zone“, HGI, Zagreb, srpanj 2007, na širem području nema zabilježenih nestabilnosti (slika 6.).



Slika 5. Situacija postojećih nestabilnosti na širem području predmetne lokacije

Vrijedi naglasiti da je za ocjenu stupnja stabilnosti padine u prirodnim uvjetima potrebno utvrditi detaljni litološki sastav sedimenata u podlozi s pripadajućim geomehaničkim parametrima, debljinu pokrova i trošne zone osnovne stijene s njihovim geomehaničkim parametrima, dubinu maksimalno očekivanog nivoa podzemne vode, veličinu nagiba padine, te veličinu prividnog kuta nagiba slojeva u osnovnoj stijeni i smisao njihova nagiba.

Uvažavajući rezultate obavljenih istraživanja, karakteristike predviđenog zahvata i uvida u detaljnu inženjersko-geološku kartu „Podsljemenske urbanizirane zone“, predmetno područje se može svrstati u **1. kategoriju** terena prema kriteriju stabilnosti (stabilni tereni).

Prema odredbama *Odluke o donošenju PPGZ* stabilni tereni su područja stabilna u prirodnim uvjetima i uvjetima građenja građevina. Posebni geotehnički uvjeti nisu potrebni. U fazi projektiranja utvrđuju se uvjeti temeljenja građevina na temelju geotehničkih istražnih radova.

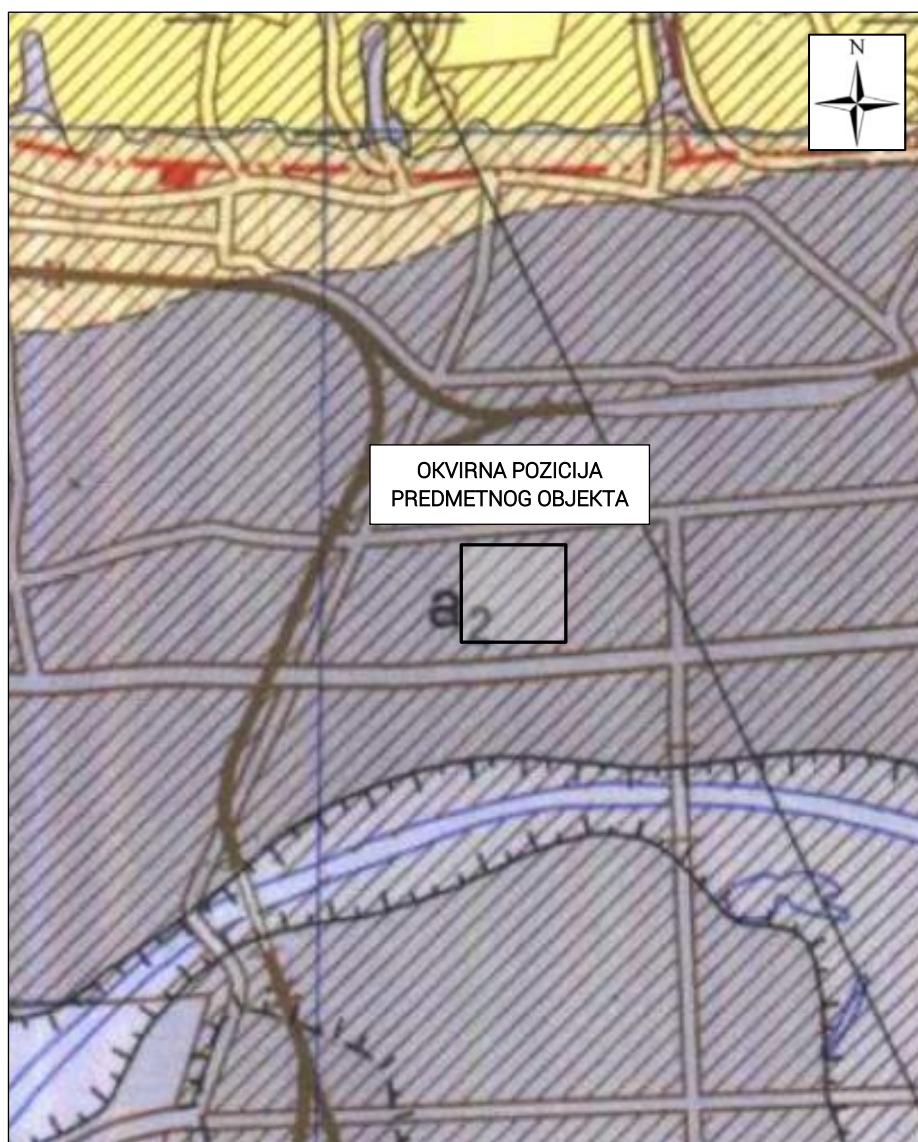
2.7. INŽENJERSKO-GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LOKACIJE

2.7.1. UVOD

Osnovni podaci o geologiji šireg područja istraživanja preuzeti su iz Osnovne geološke karte (OGK) list Zagreb, mjerila 1:100.000 (K. Šikić, O. Basch, A. Šimunić i suradnici, 1972) i pripadajućeg tumača za list Zagreb (K. Šikić, O. Basch, A. Šimunić i suradnici, 1972).

2.7.2. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ŠIRE LOKACIJE

Prema OGK Zagreb, širu lokaciju izgrađuju naslage neogena odnosno tercijara i kvartara (obronci Medvednice), te predneogenske naslage središnjih dijelova Medvednice. Prema OGK Zagreb na samoj lokaciji se nalaze donjopontske naslage, pretežito laporovite gline, slika 6.



LEGENDA:

a	Aluvij: šljunci, pijesci, gline	a₂	Srednja terasa: šljunci, pijesci
pr	Proluvij: šljunci, pijesci, gline	I	Kopneni beskarbonatni les: glinoviti silt
a₁	Najniža terasa: šljunci, pijesci, podređeno gline	Pl,Q	Šljunci, pijesci, gline (plioleistocen)

Slika 6. Isječak s OGK list Zagreb s prikazom okvirnog položaja predmetnog objekta

Šljunci, pijesci, gline – levant – donji pleistocen (Pl, Q)

Sedimenti levanta (gornji pliocen) predstavljaju najmlađe neogenske tvorevine na području lista Zagreb (na slici 6. te se naslage nalaze sjeverno od lokacije). Taloženi su diskordantno na stariju, erodiranu podlogu, koju najčešće predstavljaju pontski sedimenti. Izgrađuju ih nesortirani sedimenti sastavljeni od šljunaka, pijesaka, siltova i podređeno glina. Šljunci su nevezane stijene sastavljene od nesortiranih slabozaobljenih ili zaobljenih valutica i nezaobljenih fragmenata pretežno kvarca i rožnjaka, zatim paleozojskih metamorfoziranih vapnenaca i različitih škriljavaca. Promjer im najčešće varira od 1-10 cm. Izmiješani su, bez vidljive pravilnosti, s mjestimično krupnozrnim, zaglinjenim pijescima i siltovima, a ponegdje i s pjeskovitim ili siltoznim glinama. Pijesci i siltovi determinirani kao glinoviti pijesci, glinovitosiltni pijesci i siltni pijesci najčešće su rđastosmeđe ili žućkastosive, nevezane stijene, mjestimično impregnirane limonitom. Nađene su i pješčano-limonitne okorine. U lakoj mineralnoj frakciji dominira kvarc s prosječnom zastupljenošću od 63%. U granulometrijskom sastavu dominiraju čestice pijeska sadržajem 53-83%, dok je učešće čestica siltnih dimenzija znatno niže. Povećanjem glinene komponente do maksimalno 42% pijesci i siltovi prelaze u pjeskovite ili siltozne gline. Debljina ovih naslaga ne prelazi 70 m.

Bezkarbonatni kopneni prapor: glinoviti siltovi – kvartar – pleistocen (I)

Izdvajanje kvartarnih naslaga izvršeno je prema genetskim tipovima sedimenta. U pleistocen su uvršteni sedimenti eolskog i eolsko-akvatičnog tipa. Naslage kopnenog prapora sačuvane su na najnižim, jugoistočnim obroncima Medvednice, sve do sjevernog dijela zagrebačkog, gradskog područja na jugozapadu (na slici 6. te se naslage nalaze sjeverno od lokacije). Sedimenti kopnenog prapora taloženi su diskordantno na erodiranu podlogu, izgrađenu od pliocenskih naslaga. Produkt su eolskog nanašanja čestica, pretežno siltnih dimenzija, na tadašnje kopnene površine. Istaloženi glinoviti siltovi, kasnije, pod utjecajem atmosferilija i podzemnih voda s jedne i kolebanja temperature s druge strane prelaze u raspucano, fosilno tlo poligonalne strukture. Ovi sedimenti, poznati u literaturi pod nazivom lesnih ili prapornih ilovina, makroskopski predstavljaju „šarene“ odnosno „mramoraste gline“, žućkastosmeđe boje, nepravilno prošarane sivim zaglinjenim serijama, koje su nastale naknadnim otapanjem glinovite komponente. Također je karakteristična i veoma česta pojava impregnacija limonitičnom supstancom, kao i izlučivanje siltno-limonitičnih konkrecija u dijelovima sedimenta jače izloženim procesima trošenja. U sastavu kopnenog prapora karbonatna komponenta je potpuno odsutna, što je vjerojatno utjecaj atmosferilija i podzemnih voda. Sedimenti kopnenog prapora su slabovezane stijene, izgrađene pretežno od čestica dimenzija silta s prosječnim udjelom u sastavu od 73%. Prosječna zastupljenost čestica granulometrijskog područja glina iznosi 17%, a pijeska 13%. Kvarc je najčešći mineral lake frakcije, prosječno je zastupljen s 65%. Značajno je i prisustvo feldspata, u prosjeku 27%. Mjestimično, u bazi kopnenog prapora leže pjeskovite gline ili glinoviti pijesci. Debljina ovih naslaga je oko 30 m.

Proluvij – kvartar – holocen (pr)

Proluvijalne naslage nalaze se u manjim količinama na južnim i zapadnim padinama Medvednice. Razvijene su uglavnom u obliku krupnozrnih slabo zaobljenih šljunaka, koji su pomiješani s pijeskom i glinom (na slici 6. te se naslage nalaze sjeverno od lokacije). U ovim naslagama nije nađena nikakva makro ni mikro fauna. Njihova debljina ne prelazi 10 m.

Aluvij druge (srednje) savske terase – kvartar – holocen (a₂)

Druga savska terasa razvijena je uz manje prekide duž čitavog toka rijeke Save na listu Zagreb (na slici 6. te se naslage nalaze na lokaciji). Nastala je usijecanjem Save u aluvijalne sedimente, koje je prije nanijela. Terasni odsjek ima najveću visinu u krškom polju, gdje iznosi 3-5 m. Na tom području njegova visina opada, od zapada prema istoku. U zapadnom dijelu Brežičko-Samoborskog polja, ova terasa nije razvijena. Ponovno se pojavljuje na lijevoj obali Save kod V. Dobove, a na desnoj kod Bregane zatim se bez prekida proteže do istočne granice lista. U tom dijelu visina terasnog odsjeka varira od 1-2 m. Druga savska terasa sastoji se od izmjene krupnozrnih šljunaka i pijesaka. Količina pijeska u odnosu na šljunak povećava se od sjeverozapada prema jugoistoku, tj. u smjeru toka Save. U istom smjeru opada i promjer valutica i veličina zrna pijeska. Iz profila bušotine Z-13, Z-16, Z-18, Z-30 i Z-35 koje su bušene u ovoj terasi, vidljivo je, da stalno prevladava šljunak i da su slojevi pijeska dosta rijetki i tanki. Petrografski sastav valutica vrlo je različit. Najčešće se pojavljuju dobro zaobljene i izdužene valutice karbonamih stijena, zatim valutice rožnjaka, kvarcita, pješčenjaka i eruptiva. Promjer valutica varira od 3-5 cm, a u Krškom polju vrlo se često pojavljuju valutice promjera 7-10 cm. Pijesak je krupnozrn, dosta dobro sortirao. Na čitavom području

druga savska terasa ima dosta ujednačen mineralni sastav sedimenata. Među prozirnim teškim mineralima prevladavaju granat 17-35%, epidot 11-20% i aktinolit 8-21%. Sporedni minerali su staurolit, disten, rutil i titanit. U lakoj mineralnoj frakciji uvijek dominira kvarc 64-88%, dok postotak feldspata, muskovita i čestice stijena varira 7-18%/4. Debljina naslaga druge savske terase dosta varira, jer su one taložene nakon intenzivne erozije. Isto tako na debljinu ovih naslaga znatno su utjecali neotektonski pokreti koji su bili vrlo intenzivni u Savskoj dolini. Iz profila navedenih bušotina vidljivo je da debljina šljunka i pijeska u Krškom polju varira od 6-12,5 m. U sjevernom dijelu Brežičko-Samoborskog polja debljina šljunka i pijeska iznosi 10-13 m, a u južnom 40-45 m. (Kovačević i Capar, 1972). Isti autori navode da se na području Sv. Nedelje i Samobora u podlozi šljunka i pijeska nalazi prašinstvo pijesak, koji možda odgovara lesu. Na području zagrebačke depresije prema D. Borčić i sur. (1968) debljina šljunka i pijeska druge savske terase iznosi 10-20 m. Zbog velike debljine i dobre kvalitete šljunak se iz ove terase eksploatira na mnogo mjesta. Najveće šljunkare su u Krškom polju, zatim između Savskog Marofa i Zaprešića, te u okolici Zagreba. Na aluvijalnim naslagama druge savske terase nisu nađeni provodni fosili, pa je njezina starost određena na osnovu položaja prema gornjopleistocenskim naslagama kod Brezine i Samobora. Tu je, vidljivo, kako su naslage druge savske terase taložene na već prije erodirane naslage barskog lesa, koji je taložen u gornjem pleistocenu.

Aluvij prve savske terase – kvartar – holocen (a₁)

Prva savska terasa razvijena je duž čitavog toka rijeke Save. Nakon taloženja šljunka i pijeska koji čini drugu savsku terasu nastupila je faza erozije i denudacije (na slici 6. te se naslage nalaze južno od lokacije). Sava se je usjekla u vlastite sedimente, kao što je bio slučaj kod druge i treće terase. Na mnogo mjesta po čitavoj terasi vidljiva su stara savska korita. Visina terasnog odsjeka pretežno iznosi 1-1,5 m, a mjestimice varira od 0,5-2 m. Ova terasa ima manju širinu od prethodne. Da bi se istražio sastav i debljina sedimenata ove terase izbušeno je nekoliko bušotina u Krškom i Brežičko-Samoborskom polju, dok su na području zagrebačke depresije već postojale brojne bušotine (Borčić i sur. 1968.). Iz profila bušotina vidljivo je da i u ovoj terasi prevladava krupnozrni šljunak, koji je pomiješan s pjeskom, dok su slojevi čistog pijeska tanji i rjeđe se pojavljuju. Mineralni sastav valutica i pijeska isti je kao i u drugoj savskoj terasi. Unutar pijeska na nekoliko mjesta nađena je holocenska makrofauna. Najčešće dolaze slijedeće vrste: *Theodoxus danubialis*, *Th. transver-salis*, *Lithoglyphus naicoides*, *Fagotia acicularis*, *F. csperi*, *Limaneae peregra*, *Pisidium amnicum*, *Ullio crasus* i dr. To su vrste koje su živjele u lagano tekućoj vodi ili u barama. Mjestimice se uz njih mogu naći i tipične kopnene vrste, kao npr. *Illeix pomaria*, *Cepaea hortensis* i dr. Na osnovu navedenih vrsta ne može se detaljnije odrediti starost naslaga prve terase, jer one ukazuju samo na dosta toplu klimu, koja se nije razlikovala od današnje. Debljina aluvijalnog nanosa prve savske terase najčešće iznosi 10-25 m, a mjestimice su poznate debljine do 45 m (Kovačević i Capar, 1972). Šljunak i pijesak iz ove terase eksploatira se na mnogo mjesta.

Aluvijalni nanos Sutle i Krapine – kvartar – holocen (a)

Aluvijalni nanosi Sutle i Krapine prekrivaju dosta veliku površinu. Iz profila plitkih bušotina vidljivo je, da u gornjem dijelu prevladava glina, glinoviti silt i sitnozrni pijesak, a u donjem šljunak pomiješan s glinom ili pijeskom (na slici 6. te se naslage nalaze južno od lokacije). Mineralni sastav pijeska Sutle i Krapine je vrlo sličan, što je i razumljivo jer imaju slično područje ispiranja. Među prozirnim teškim mineralima pre-vladava granat 25-39%, dok su sporedni epidot 9-15%, coisit 3-9%, aktinolit 3-11%, staurolit 9-11%. U lakoj mineralnoj frakciji prevladava kvarc 66-71% i feldspati 10-24%. U ovim naslagama nađena je ista makrofauna kao i u aluvijalnom nanosu prve savske terase, koja nema provodnu vrijednost, nego ukazuje na relativno toplu klimu. Debljina aluvijalnih naslaga Sutle i Krapine iznosi 10-20 m.

2.7.3. INŽENJERSKO-GEOLOŠKE ZNAČAJKE LOKACIJE

Prema inženjerskogeološkim svojstvima naslaga koje izgrađuju istraživano područje, izdvojena je jedna jedinica: kvartarne naslage holocena, aluvij druge (srednje) savske terase – (a_2). Utjecaj na inženjersko-geološka svojstva materijala na lokaciji ima debljina i sastav pokrivača na podinskim šljuncima.

Generalni opis tih naslaga dan je gore u tekstu.

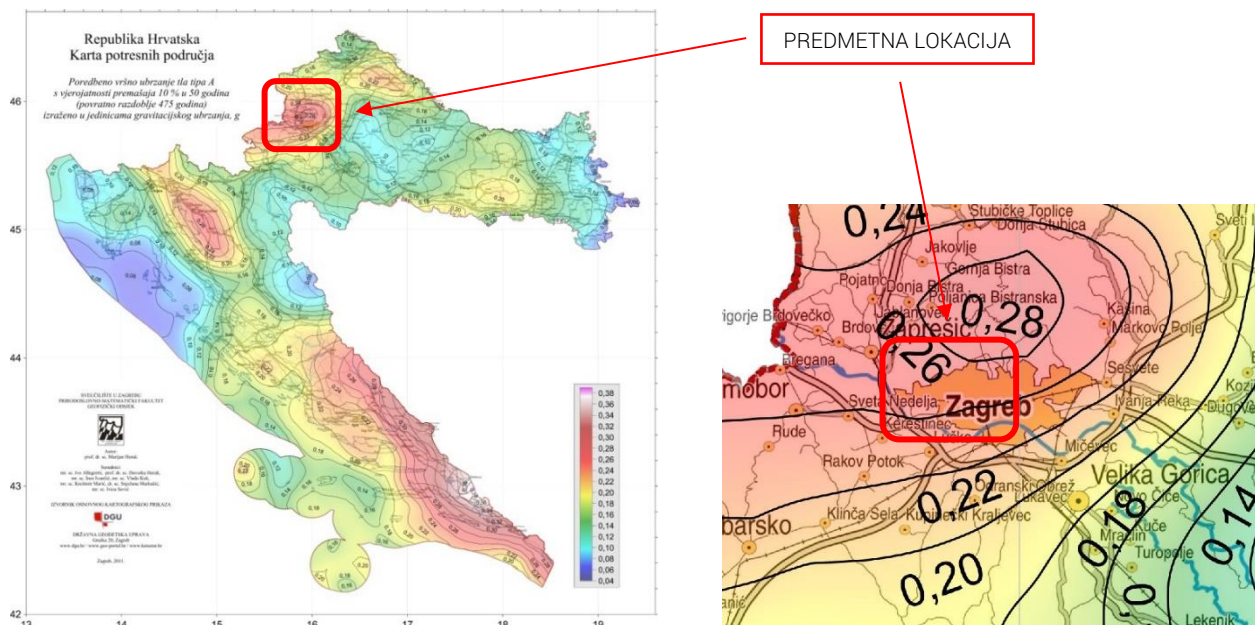
Na slici 7. prikazana je inženjersko-geološka karta lokacije.



Slika 7. Inženjersko-geološka karta predmetne lokacije (ortofoto u podlozi) sa prikazom predmetne lokacije

2.8. SEIZMIČKE ZNAČAJKE LOKACIJE

Potresno djelovanje određuje se preko proračunskog ubrzanja tla a_g , koje odgovara povratnom periodu potresa od 475 godina. Računsko ubrzanje tla ovisi o stupnju potresnog rizika i određuje se na temelju odgovarajućih seizmoloških ispitivanja lokacije građevine ili prema usvojenim seizmičkim kartama. Karte s tumačem su sastavni dio Nacionalnog dodatka za niz normi HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 1.dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade (slika 8.).



Slika 8. Seizmička karta Republike Hrvatske

Prema seizmičkoj karti Republike Hrvatske, za povratni period od 475 godina, proračunsko ubrzanje temeljnog tla/stijene iznosi $a_{gR}=0.125g$, a za povratni period od 95 godina $a_{gR}=0.247g$. Prema EC8, poglavlje 3., točka 3.1.2., za potrebe eventualnih seizmičkih analiza potrebno je definirati klasu temeljnog tla/stijene, čime bi se uzeli u obzir lokalni uvjeti u tlu na seizmičke akcije na konstrukciju. Na osnovu rezultata istražnih radova, može se zaključiti da temeljni materijal spada u "C" klasu (tablica 5.).

Tablica 5. Klase temeljnog materijala i pripadni parametri

Klasa	Opis temeljnog materijala	Parametri		
		$V_{s,30}$ [m/s]	N_{60} [udaraca]	C_u [kPa]
A	Stijena ili stijenski materijal, uključujući najviše 5m trošne zone od površine terena	> 800	-	-
B	Depozit vrlo zbijenog pijeska, šljunka ili vrlo krute gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara, karkateriziran povećanjem mehaničkih svojstava po dubini	360 – 800	> 50	> 250
C	Depoziti dobro zbijenog ili srednje zbijenog pijeska, šljunka ili krute gline, debljine sloja od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Nekoherentni depoziti, slabe do srednje zbijenosti (sa ili bez prisutnosti mekih koherentnih slojeva), ili pretežno meko do kruto kohezivno tlo.	< 180	< 15	< 70
E	Profil tla čini aluvij sa vrijednostima "Vs" brzina posmičnih valova od tipa tla C i D kojemu debljina sloja varira od 5 – 20m, ispod kojeg leži kruti materijal sa minimalno brzinom posmičnih valova od $V_s > 800$ m/s.	–	–	–
S ₁	Depozit koji se sastoji ili sadrži sloj gline ili praha, minimalne debljine 10m, sa visokim indeksom plastičnosti ($PI > 40$) i visokim sadržajem vode	< 100	–	10 – 20
S ₂	Depozit likvefakbilnog tla, osjetljivih glina ili bilo koji drugi profil tla koji nije uključen u tipove A, B, C, D, E ili S ₁			

2.9. GEOMEHANIČKE ZNAČAJKE LOKACIJE

2.9.1. UVOD

U prethodnim poglavljima prezentirani su rezultati obavljenih istraživanja. U ovom poglavlju obavit će se analize tih rezultata, gdje će isti biti obrađeni i interpretirani u kontekstu određivanja fizikalno-mehaničkih značajki temeljnog tla, odnosno stvaranja geomehaničkog modela s određivanjem karakterističnih slojeva na lokaciji, te njihovih debljina i pripadnih fizikalno-mehaničkih parametara.

2.9.2. GEOMEHANIČKI MODEL LOKACIJE

Uvažavajući rezultate terenske identifikacije jezgre, rezultate dinamičkog sondiranja i laboratorijskih ispitivanja, te lokalnih uvjeta na predmetnoj lokaciji moguće je uspostaviti jedinstveni geomehanički model temeljnog tla. Karakteristični slojevi geomehaničkog modela određeni su na sljedeći način.

SLOJ 1: NASIP, heterogeni nasipni materijal, tucanik sa glinom, srednje zbijeno

SLOJ 2: CH, glina, visoko plastična, teško gnječivog konzistentnog stanja

SLOJ 3: CL, glina, nisko plastična, mekog do srednje gnječivog konzistentnog stanja

SLOJ 4: SW, pijesak, sitno do srednjevzrni, dobro građuiran, rahli

SLOJ 5: GW, šljunak, pjeskovit, sitno do krupnozrni, dobro građuiran, srednje zbijen

2.9.3. KARAKTERISTIČNI GEOMEHANIČKI PARAMETRI

Za daljnje opisivanje i usvajanje mjerodavnih geomehaničkih svojstava temeljnog tla u navedenim slojevima provedena je međusobna usporedba i analiza svih prikupljenih podataka, te analiza dobivenih vrijednosti mehaničkih parametara temeljnog tla korelacijom sa rezultatima standardnog penetracijskog ispitivanja. Težište ovih prikaza i analiza su slojevi do 10m dubine, koji su i detaljnije istraženi radi primarnog inženjerskog interesa.

Geomehanički model temeljnog tla i pripadne karakteristične vrijednosti fizikalno-mehaničkih parametara prikazan je u tablici 6.

Tablica 6. Karakteristične vrijednosti geomehaničkih parametara tla

Tip tla	z [m]	γ_k [kN/m ³]	φ'_k [°]	c'_k [kPa]	c_{uk} [kPa]	$E_{do,ref}$ [MPa]	k_v [m/s]	k_H [m/s]
NASIP	0.4	20	38	---	---	20	1×10^{-4}	1×10^{-4}
CH	2.6	19	25	10	100	4.5	1×10^{-10}	3×10^{-10}
CL	3.2	18	28	4	30	2.5	1×10^{-10}	3×10^{-10}
SW	4.0	17	32	0	---	6	1×10^{-3}	1×10^{-3}
GW	---	20	40	---	---	25	1×10^{-2}	1×10^{-2}

Napomene: U gornjoj tablici predložene su karakteristične vrijednosti fizikalno-mehaničkih parametara tla. Prema odredbama Eurokoda 7 konačne vrijednosti parametara tla odabire projektant. Edometarski modul se odnosi na referentni tlak od 100kPa.

Tijekom bušenja razina podzemne vode je zabilježena na 5m dubine, te je u funkciji vodnog lica rijeke Save. S aspekta hidrogeologije gline imaju propusnost $<1 \times 10^{-10}$ m/s, pijesci $\approx 1 \times 10^{-3}$ m/s, te podinski šljunci $\approx 1 \times 10^{-2}$ m/s.

2.9.4. ZAKLJUČNE NAPOMENE

U ovom poglavlju obrađeni su i interpretirani rezultati provedenih ispitivanja u kontekstu stvaranja geomehničkih modela lokacije s određivanjem karakterističnih slojeva na lokaciji, te njihovih debljina i fizikalno-mehaničkih svojstava. Rezultati su ukazali na nekoliko karakterističnih slojeva temeljnog tla. Generalni trend je porast vrijednosti mehaničkih svojstava po dubini.

U skladu s odredbama Eurocode 7 geomehnički parametri su vrednovani uvažavajući mjerodavne okolnosti, a zanemareni rezultati su posebno istaknuti i komentirani. Odabrane su karakteristične vrijednosti tipičnih mehaničkih parametara temeljnog tla za daljnju primjenu kod projektiranja, naravno uz odgovarajuće parcijalne koeficijente primjerene projektnim postupcima i razmatranim graničnim stanjima.

2.10. ZAKLJUČAK O REZULTATIMA PROVEDENIH ISTRAŽIVANJA

Na zahtjev Naručitelja, na poziciji budućeg lifta koji se planira izgraditi u sklopu energetske obnove zgrada Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, provedena su geomehanička istraživanja.

Program istražnih radova određen je na osnovu projektnog zadatka, karakteristika predviđenog zahvata i njegovog prostornog smještaja na lokaciji, iskustvenim spoznajama o geološkim i geotehničkim karakteristikama užeg lokaliteta, rezultata prijašnjih istraživanja, te smjernicama iz norme HRN EN 1997-2:2008/Ispr.1:2011 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnoga tla (EN 1997-2:2007/AC:2010). U sklopu istraživanja izvršen je pregled studijske dokumentacije o inženjersko-geološkim svojstvima predmetnog područja, izvedena je jedna istražna bušotina (B-1) do 10m dubine, standardno penetracijsko ispitivanje, vađenje neporemećenih uzoraka tla, terenska identifikacija nabušene jezgre, te su obavljena različita laboratorijska ispitivanja.

S obzirom da se lokacija nalazi na južnim obroncima Medvednice gdje su česte pojave klizanja, za predmetnu lokaciju je izvršena i geotehnička kategorizacija terena prema kriteriju stabilnosti u skladu s smjernicama iz Prostornog plana grada Zagreba. Prema detaljnoj inženjersko-geološkoj karti „Podsljemenske urbanizirane zone“, HGI, Zagreb, srpanj 2007, na širem području nema zabilježenih nestabilnosti. Uvažavajući rezultate obavljenih istraživanja, karakteristike predviđenog zahvata i uvida u detaljnu inženjersko-geološku kartu „Podsljemenske urbanizirane zone“, predmetno područje se može svrstati u 1. kategoriju terena prema kriteriju stabilnosti (stabilni tereni). Prema odredbama Odluke o donošenju PPGZ stabilni tereni su područja stabilna u prirodnim uvjetima i uvjetima građenja građevina. Posebni geotehnički uvjeti nisu potrebni. U fazi projektiranja utvrđuju se uvjeti temeljenja građevina na temelju geotehničkih istražnih radova.

Uvažavajući rezultate terenske identifikacije jezgre, rezultate dinamičkog sondiranja i laboratorijskih ispitivanja, te lokalnih uvjeta na predmetnoj lokaciji bilo je moguće uspostaviti jedinstveni geomehanički modela temeljnog tla. Karakteristični slojevi geomehaničkog modela određeni su na sljedeći način. Pri površini terena nalazi se srednje zbijen heterogeni nasipni materijal koji se generalno sastoji od tucanika sa glinom. Drugi sloj do 2.6m dubine izgrađuje visoko plastična teško gnječiva glina, ispod koje se nalazi nisko plastična meka do srednje gnječiva glina. Dalje, od 3.2m do cca. 4m dubine, slijedi sloj rahlog pijeska. U podini se nalazi srednje zbijen pjeskovit šljunak. Tijekom bušenja razina podzemne vode je zabilježena na 5m dubine, te je u funkciji vodnog lica rijeke Save. S aspekta hidrogeologije gline imaju propusnost $<1 \times 10^{-10}$ m/s, pijesci $\approx 1 \times 10^{-3}$ m/s, te podinski šljunci $\approx 1 \times 10^{-2}$ m/s.

Generalno se može zaključiti da sa aspekta temeljenja dizala naslage do cca. 4m dubine imaju vrlo nepovoljna mehanička svojstva. Podinski šljunci imaju pak vrlo povoljna mehanička svojstva. Dizalo se planira izgraditi tik uz postojeći objekt, odnosno uz nosivi stup prve etaže. Dizalo ima tlocrtne dimenzije 2.5×3.0m, te je ukopano oko 1.3m. Nosivi stup prve etaže temelji se na stopi nepoznatih tlocrtnih dimenzija. Vjerovatno je ukopan ispod 2m dubine što dodatno komplicira temeljenje dizala. Naime, izgradnjom lifta na 1.3m dubine bi se utjecalo na mehaničku stabilnost i otpornost postojećeg temelja nosivog stupa (dodatne deformacije podtla ispod temelja, odnosno dodatna slijezanja temelja nosivog stupa). Vrijedi također istaknuti da su na zidu prizemne etaže vidljive značajne pukotine koje ukazuju da je došlo do popuštanja temelja. Razlog tome je vjerovatno neadekvatan način temeljenja tog zida. Da bi se izbjegao utjecaj izgradnje temelja predlaže se izvesti duboko temeljenje dizala na 4 mikropilota. Promjer i duljinu mikropilota potrebno je potvrditi proračunima. U glavnom projektu potrebno je izvršiti dokaz graničnog stanja nosivosti temelja dizala i temeljnog tla sukladno smjernicama iz važeće zakonske regulative, analizirajući sve proračunske situacije koje su rezultat izvođenja predmetnih radova.

Zagreb, kolovoz 2018

Geotehničar:

Ivan Arapov, dipl.ing.građ.



ENERGETSKA OBNOVA ZGRADA FAKULTETA STROJARSTVA I
BRODOGRADNJE U ZAGREBU, CJELINA SJEVER (ZGRADE A, B, C, D)

IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU TLA

KOLOVOZ 2018

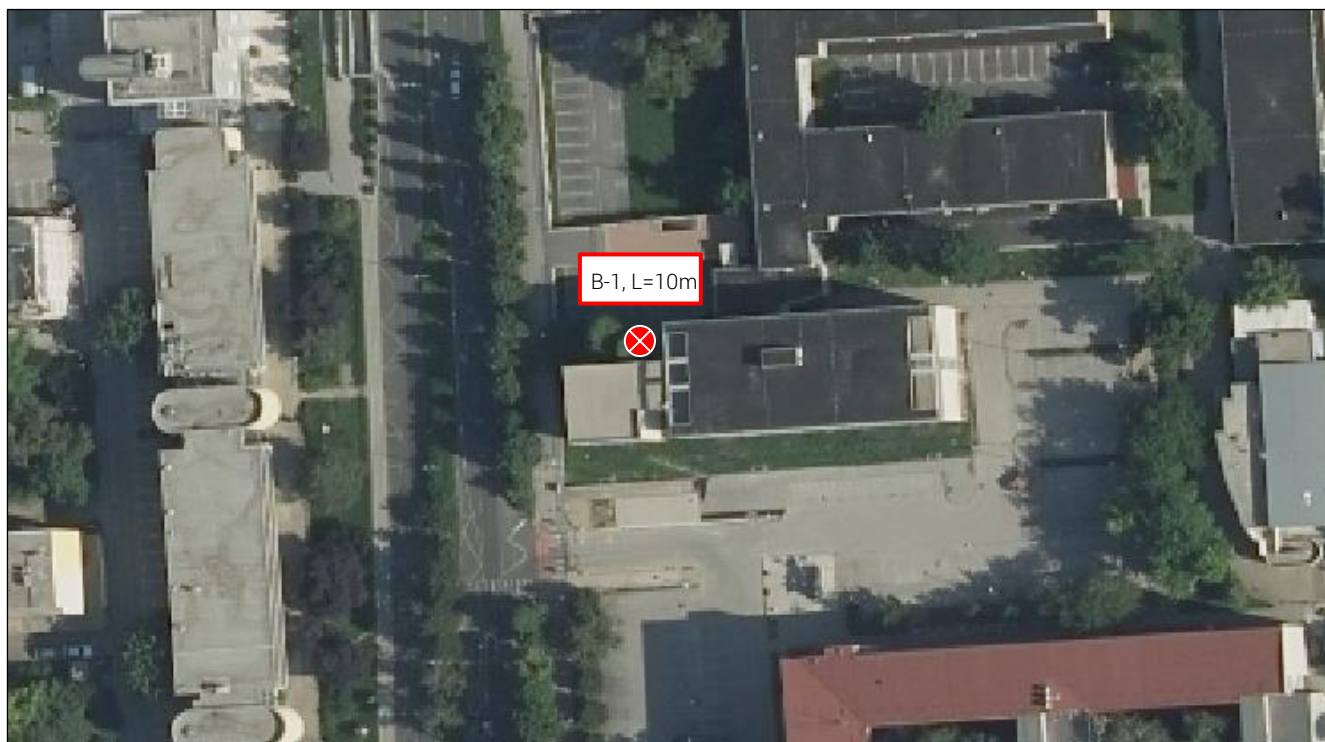
3. PRILOZI

Odgovorni geotehničar:
IVAN ARAPOV,
dipl.ing.građ.

SADRŽAJ

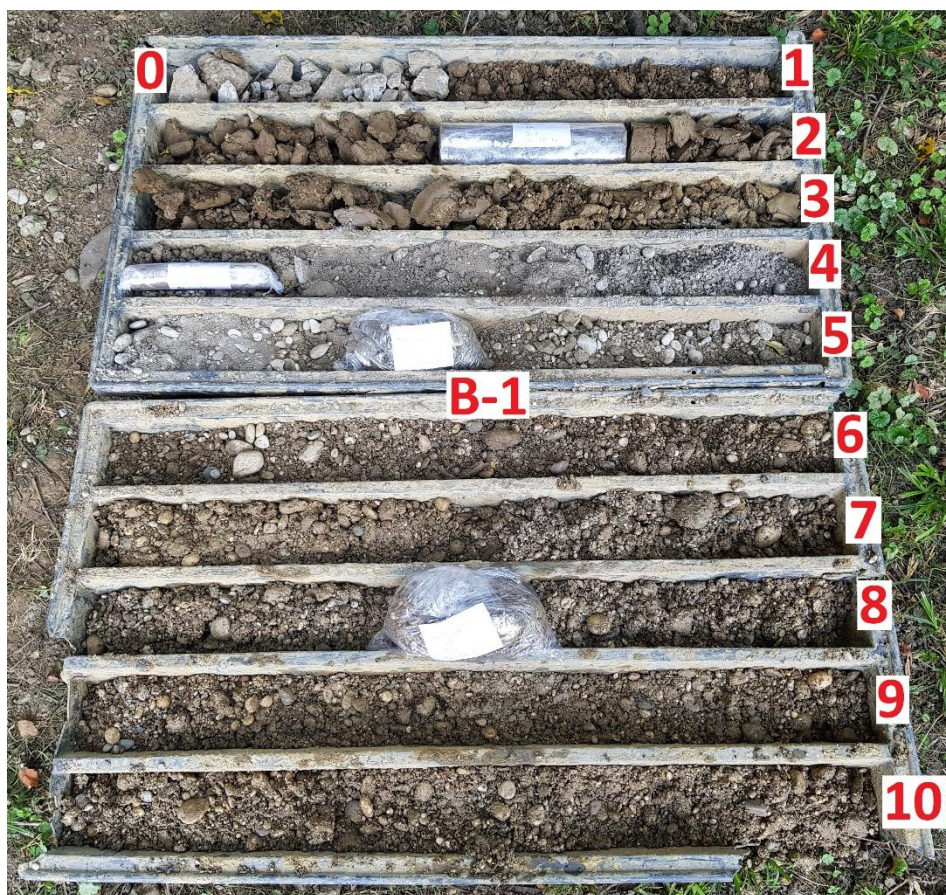
2	1. OPĆI DIO
4	2. TEHNIČKI DIO
22	3. PRILOZI

3.1. POZICIJA ISTRAŽNE BUŠOTINE



Slika 9. Pozicija istražne bušotine na ortofoto snimku


3.2. FOTOGRAFIJA NABUŠENE JEZGRE



Slika 10. Fotografija nabušene jezgre sa pozicije istražne bušotine B-1

3.3. PROFIL ISTRAŽNE BUŠOTINE

ISTRAŽNA BUŠOTINA B-1									
NARUČITELJ:		RUDAN d.o.o. 9. rujan 1/H, 52341 Žminj							
NAZIV ZAHVATA:		Energetska obnova zgrada fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu							
LOKACIJA:		k.č. br. 966/3, 966/4, 966/8, k.o. Trnje							
BROJ IZVJEŠTAJA:		IZ-052-08/2018							
POČETAK BUŠENJA:		17.08.2018	DUBINA BUŠENJA:		10.0m	KOORDINATE UŠĆA BUŠOTINE:			
KRAJ BUŠENJA:		17.08.2018	PROMJER BUŠOTINE:		---	E 458876 N 5073196 H 114.0m n.m.			
NAČIN BUŠENJA:		---	TIP SONDE ZA SPT:		---	REFERENTNI KOORDINATNI SUSTAV:			
TIP STROJA:		---	MJERILO PROFILA:		M 1:100	HTRS96/TM			
±0.00	BOJA	OPIS TEMELJNOG MATERIJALA				USCS SIMBOL	REZULTATI TERENSKIH I LABORATORIJSKI ISPITIVANJA		
-0.40		nasip, tucanik sa glinom, srednje zbijeno				N			
-2.60		glina, visoko plastična, teško gnječivog konzistentnog stanja, smeđe boje				CH			
-3.20		glina, nisko plastična, meko do srednje gnječivog konzist. stanja, žuto smeđe boje				CL			
-4.00		pijesak, sitno do srednjezrni, dobro graduiran, rahli				SW			
-5.00		šljunak, pjeskovit, sitno do krupnozrni, dobro graduiran, srednje zbijen				GW			
-10.00									



W_0, W_L, W_P [%]	0	20	40	60	80	100
SPT [udar]	0	10	20	30	40	50
ρ_d, ρ_s, ρ_w [Mg/m³]	0	1	2	3	4	5
τ [kPa]	0	100	200	300	400	500
q_u [kPa]	0	50	100	150	200	250

■ NEPOREMEĆENI UZORAK

— JEDNOOSNA TLAČNA ČVRSTOĆA (q_u)

— STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS (SPP)

— ATTERBERG-OVE GRANICE (W_p, W_L)

— KRILNA SONDA (τ)

— DŽEPNI PENETROMETAR (τ)

○ PRIRODNA VLAŽNOST (W_0)

+ GUSTOĆA SUHOG TLA (ρ_d)

× GUSTOĆA PRIRODNOG TLA (ρ_s)

⊕ GUSTOĆA ČVRSTIH ČESTICA TLA (ρ_s)

+ NIVO PODZEMNE VODE (NPV)



1

3.4. REZULTATI LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA

[illegible]

Slika 11. Rezultati laboratorijskih istraživanja



IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU / TEST REPORT									
ASTM D7263_120818-1203									
OBUJAMSKA MASA, KOEFICIJENT POROZNOSTI, POROZNOST I STUPANJ ZASIĆENOSTI TLA									
Laboratorij:	Geotest d.o.o. Laboratorij				Oznaka projekta:	LI-12-08-18			
Laboratory:	Brezovička cesta 48E, Zagreb				Project designation:				
Naručitelj:	Geoteknika d.o.o.				Metoda ispitivanja:	ASTM D7263-09 Metoda B			
Order by:	Pavlenski put 5c, Zagreb				Testing method:				
Gradjevina:	FSB, Zagreb				Datum ispitivanja:	28.08.2018.			
Object:					Date of test:				
PODACI O UZORKU	Oznaka uzorka	120818-1203							
	Način pripreme	NU							
	Sonda	B-1							
	Dubina	1,50 - 1,80							
	Klasifikacijska oznaka	CH							
SADRŽAJ VODE-OSTACI TRIMANJA (KONTROLNI)	Bruto vlažno [g]	94,1							
	Bruto suho [g]	87,02							
	Masa vode [g]	7,08							
	Masa tare [g]	64,40							
	Masa suhe probe [g]	22,62							
	Vlažnost [%]	31,30							
CILINDAR	Visina cilindra [cm]	7,973							
	Promjer cilindra [cm]	3,575							
SADRŽAJ VODE-CIJELI UZORAK	Bruto vlažno [g]	215,05							
	Masa tare [g]	64,68							
	Masa suhe probe [g]	114,39							
	Masa vlažne probe [g]	150,37							
	Vlažnost w [%]	31,5							
Relativna gustoća čvrstih čestica G _s (ASTM D 854)									
VOLUMEN cm ³	Volumen vlažne probe	80,08							
	Volumen suhe probe								
GUSTOĆA g/cm ³	Vlažna gustoća	1,88							
	Suha gustoća	1,43							
Koeficijent poroznosti e									
Relativni porozitet n [%]									
Stupanj saturacije S [%]									
JEDINIČNA TEŽINA [kN/m ³]	Važna težina	18,80							
	Suha težina	14,30							
Izvršitelj izradio			Mjesto i datum izdavanja izvještaja			kontrolirao i odobrio			
 Marijan Medved teh.			Zagreb 28.08.2018.						

OBR 5.10/22

Izdavanje 1

stranica 1/1

Slika 12. Prirodna vlažnost i zapremine težine: B-1, 1.5-1.8m



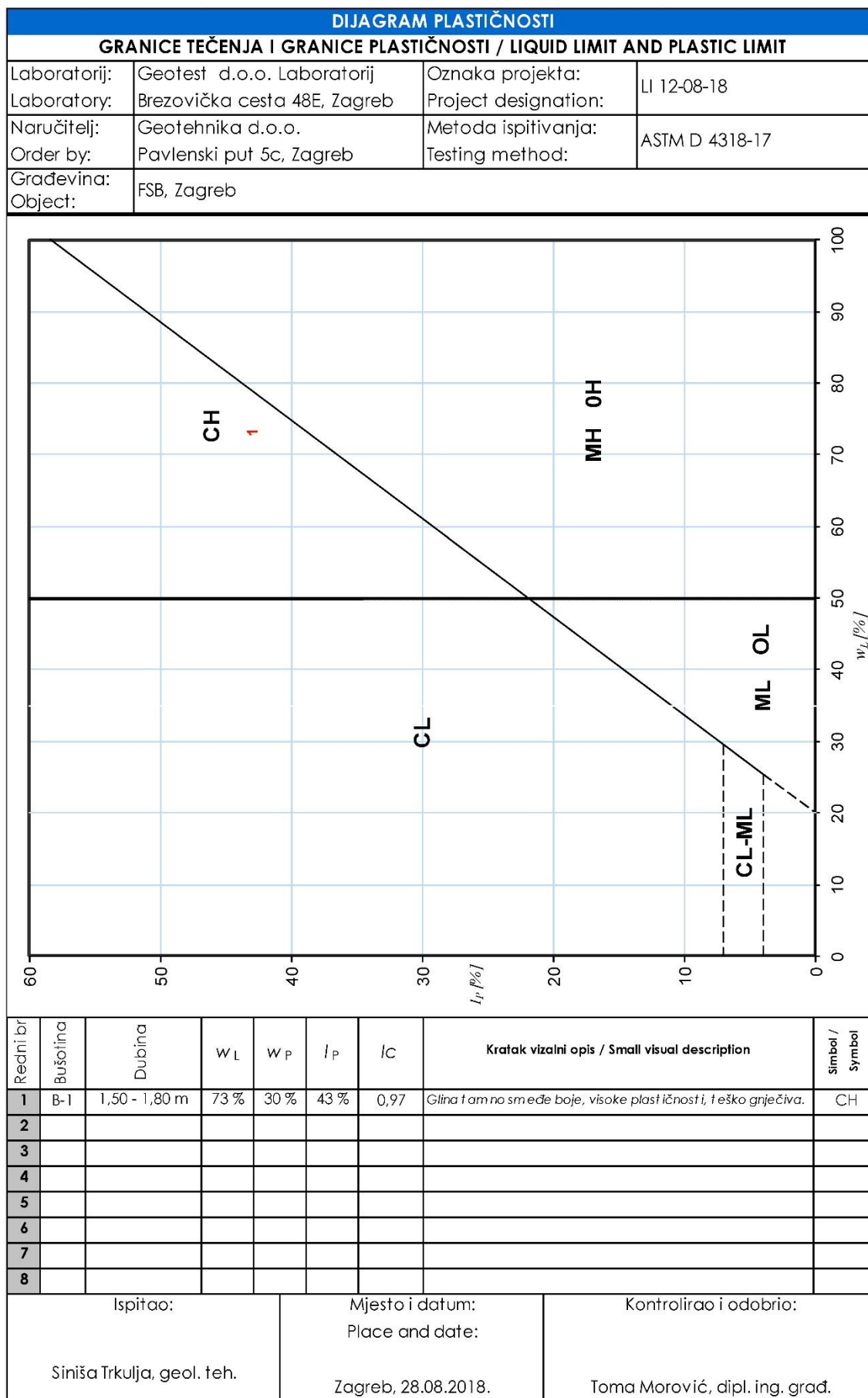
IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU / TEST REPORT ASTM D4318_120818-1203						
GRANICA TEČENJA I GRANICA PLASTIČNOSTI / LIQUID LIMIT AND PLASTIC LIMIT						
Laboratorij:	Geotest d.o.o. Laboratorij		Oznaka projekta:	LI 12-08-18		
Laboratory:	Brezovička cesta 48E, Zagreb		Project designation:			
Naručitelj:	Geotekhnika d.o.o.		Metoda ispitivanja:	ASTM D4318 - 17		
Order by:	Pavlenski put 5c, Zagreb		Testing method:			
Gradjevina:	FSB, Zagreb		Datum ispitivanja:	28.08.2018.		
Object:			Date of test:			

Br:	No:	Kratki vizualni opis:	Metoda	Priprema uzorka:	Ispitivanje u prirodnom stanju	Rezultat:
No:	120818-1203	Small visual description		Preparation of sample:		$W_L = 73 \%$
Bušotina:	B-1	Glina tamno smeđe boje, visoke plastičnosti, teško gnječiva.		% prolaza kroz sito 0.425 mm:	Samo kod mokrog sijanja	$W_P = 30 \%$
Borehole:				% passing 0.425mm sieve:		$W_o = 32 \%$
Dubina:	1,50 - 1,80 m			Priprema uzorka prema ASTM D 4318-10		$IP = 43 \%$
Depth:						$IC = 0,97$

Br:	No:	Kratki vizualni opis:	Metoda	Priprema uzorka:	Ispitivanje u prirodnom stanju	Rezultat:
No:		Small visual description		Preparation of sample:		$W_L =$
Bušotina:				% prolaza kroz sito 0.425 mm:		$W_P =$
Borehole:				% passing 0.425 mm sieve:		$W_o =$
Dubina:				Priprema uzorka prema ASTM D 4318-10		$IP =$
Depth:						$IC =$

Ispitao:	Mjesto i datum:	Kontrolirao i odobrio:
Siniša Trkulja, geol. teh.	Zagreb, 28.08.2018.	Toma Morović, dipl. ing. građ.

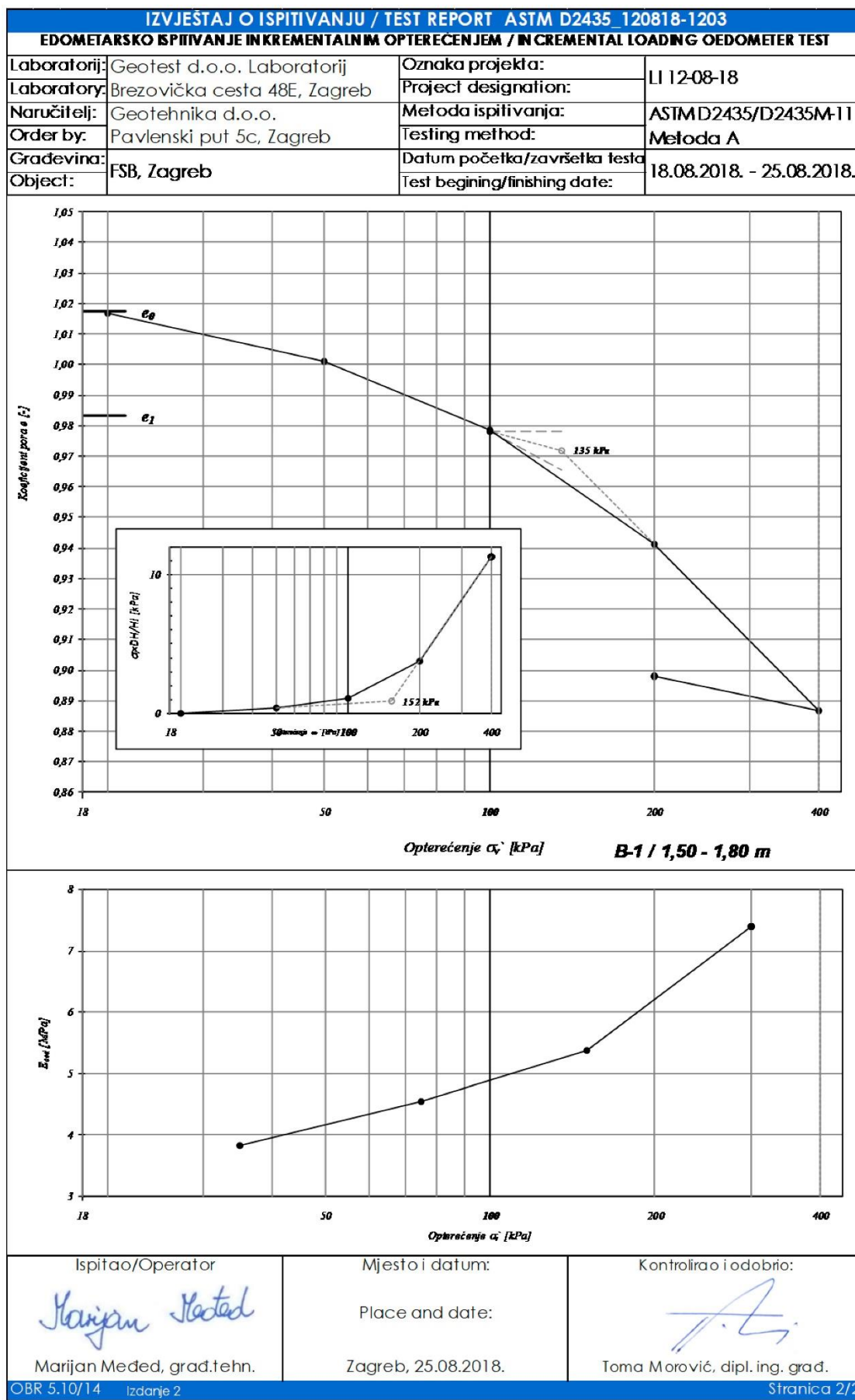
Slika 13. Granice plastičnosti i tečenja: B-1, 1.5 – 1.8m



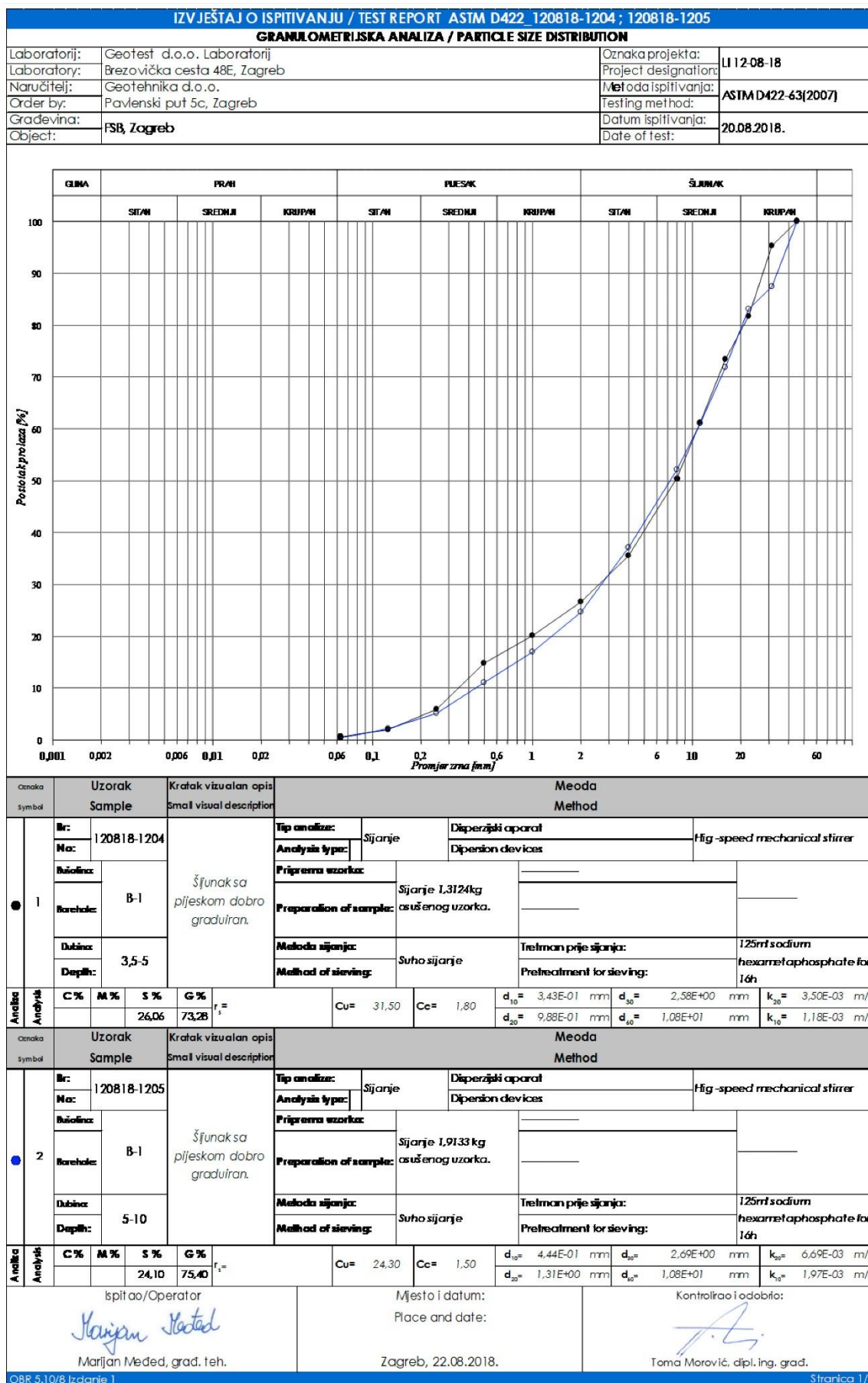
Slika 14. Granice plastičnosti u Atterberg-ovom dijagramu: B-1, 1.5 – 1.8m

[illegible]

Slika 15. Edometarsko ispitivanje: B-1, 1.5 – 1.8m



Slika 16. Edometarsko ispitivanje: B-1, 1.5 – 1.8m



Slika 17. Granulometrijski dijagram: B-1, 3,5 - 5,0m , 5,0 – 10,0m