

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Josipa Danjo i Anamarija Gržan

**OVISNOST NEDRENIRANE ČVRSTOĆE O INDEKSU
KONZISTENCIJE GLINENIH TALA ZA ODABRANA KLIZIŠTA U
SJEVEROZAPADNOJ HRVATSKOJ**

Zagreb, 2020.

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za geotehniku Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom doc.dr.sc. Maria Bačića, mag.ing.aedif. i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade za akademsku godinu 2019. / 2020.

Sadržaj

1	Uvod	1
2	Hipoteza i ciljevi istraživanja	5
2.1	Hipoteza	5
2.2	Ciljevi istraživanja	5
3	Metodologija istraživanja	6
4	Literaturni pregled transformacijskih modela	7
5	Pilot područja: Klizišta Kravarsko i Laz Bistrički	13
5.1	Klizište Kravarsko	13
5.1.1	Opis lokacije	13
5.1.2	Problematika	15
5.1.3	Provedeni istražni radovi	17
5.2	Klizište Laz Bistrički	23
5.2.1	Opis lokacije	23
5.2.2	Problematika	25
5.2.3	Provedeni istražni radovi	26
6	Metode ispitivanja	35
6.1	Granulometrijski sastav	35
6.1.1	Metoda sijanja	38
6.1.2	Sedimentiranje	41
6.2	Granice konzistencije	45
6.2.1	Granica tečenja	47
6.2.1.1	Određivanje granice tečenja	48
6.2.2	Granica plastičnosti	52
6.2.2.1	Određivanje granice plastičnosti	52
6.3	Nedrenirana čvrstoća tla	54
6.3.1	Određivanje nedrenirane čvrstoće tla pokusom padajućeg šiljka	54
7	Rezultati	61
8	Rasprava	64
9	Zaključak	69

Literatura	70
Prilozi.....	73
Popis slika	230
Popis tablica	232
Sažetak	233
Abstract	234
Životopisi	235

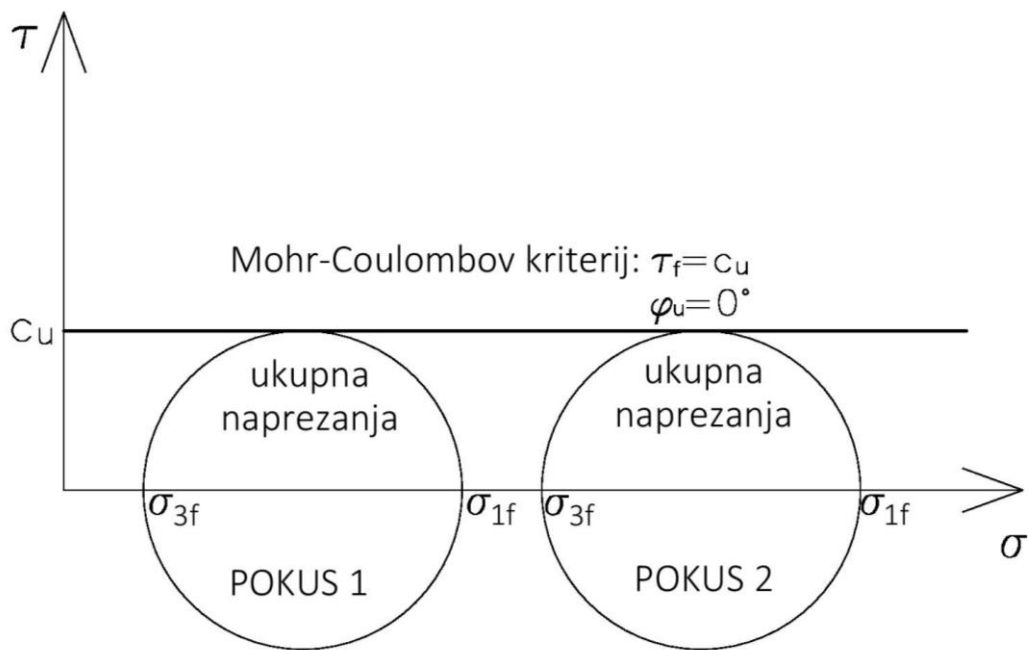
1 Uvod

Poznavanje geotehničkih parametara tla je preduvjet za kvalitetno projektiranje geotehničkih konstrukcija. Jedan od bitnih parametara pri projektiranju u sitnozrnim materijalima jest nedrenirana čvrstoća tla.

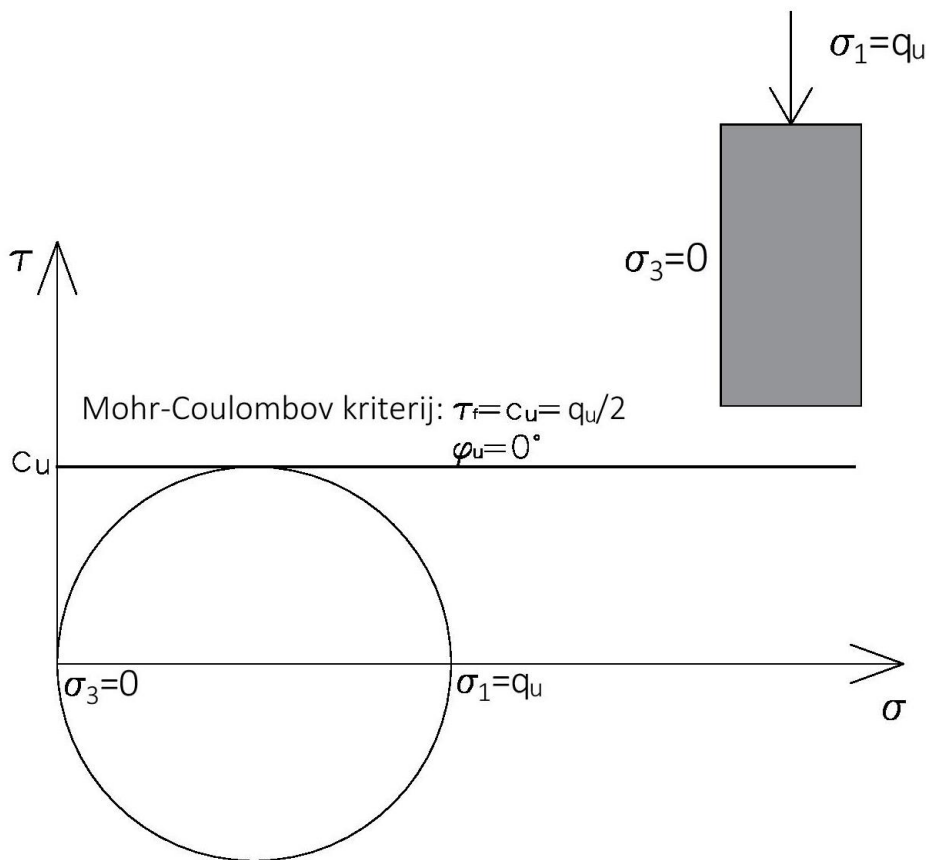
Nedrenirana čvrstoća (ili nedrenirana kohezija) tla c_u je najveće posmično naprezanje u tlu pri nedreniranim uvjetima brzog smicanja odnosno relativno brze promjene opterećenja pri kojem nije došlo do promjene vlažnosti [1]. Pri opterećivanju bez promjene volumena postoji jedinstvena veza između efektivnih naprezanja i deformacije uzorka, jer su, s promjenom jedne komponente deformacije, preostale dvije komponente definirane. Nedrenirana čvrstoća je bitan parametar kod situacija kod kojih ne dolazi do nagle promjene razine vode. Takvi uvjeti se redovno pojavljuju kod izvedbe standardnih geotehničkih zahvata u sitnozrnim tlima male propusnosti, kod kojih za vrijeme trajanja izvedbe radova ne može doći do značajnije promjene količine vode u porama tla, dok se u krupnozrnim tlima takvi uvjeti rijetko javljaju zbog njihove velike propusnosti. Ipak moguća je pojava takvih uvjeta prilikom potresa ili uslijed dinamičkog djelovanja temelja teških strojeva [1]. Vrijednost nedrenirane čvrstoće uobičajeno raste s porastom dubine jer s porastom dubine rastu i početna efektivna naprezanja od vlastite težine nadsloja [2], iako je i moguće da se ispod slojeva tla veće nedrenirane čvrstoće nalaze i slojevi tla nižih vrijednosti nedrenirane čvrstoće, jer ista nije funkcija samo stanja naprezanja.

Gledajući Mohr-ove kružnice, nastale kao rezultat tipičnog nekonsolidiranog nedreniranog troosnog pokusa, koji se obično provodi na neporemećenim zasićenim uzorcima sitnozrnatih tala sve u cilju određivanja nedrenirane posmične čvrstoće (c_u), vidljivo je iz slike 1 da identični uzorci tla dostižu jednaku posmičnu čvrstoću pod različitim ćelijskim tlakom. Nametanje većeg ćelijskog tlaka na uzorak tla ne rezultira s povećanjem njegove posmične čvrstoće. Kada se potpuno zasićeni uzorak sitnozrnog tla izloži dodatnom ćelijskom pritisku, generira se u uzorku jednaki dodatni porni tlak. Pod pretpostavkom da svi uzorci imaju jednak koeficijent pora i sastav, niz nekonsolidirano nedreniranih UU pokusa, svaki sa različitim ćelijskim tlakom, bi trebao stoga rezultirati u jednakim vrijednostima razlike glavnih naprezanja pri slomu [3], te je to razlog 'horizontalnog' kriterija sloma ($\varphi_u = 0$) koji siječe vertikalnu os u $\tau = c_u$, gdje c_u predstavlja nedreniranu posmičnu čvrstoću tla i jednaka je polumjeru Mohr-ove kružnice ukupnih naprezanja.

Na slici 2 je prikazan rezultat pokusa jednoosnog tlaka kao posebnog slučaja nekonsolidiranog nedreniranog (UU) pokusa. U ovom slučaju ne postoji ćelijski tlak koji se nameće na uzorak ($\sigma_3=0$).



Slika 1: Prikaz Mohrove kružnice za identične uzorke ispitane u troosnom uređaju pri različitom ćelijskom tlaku



Slika 2: Prikaz Mohrove kružnice za uzorak ispitivan pokusom jednoosnog tlaka

Važnu ulogu nedrenirana čvrstoća ima i za stabilnost kosina u uvjetima brzog opterećenja, kao što je primjerice potresno opterećenje. Kada mobilizirana posmična naprezanja prekorače vrijednost posmične nedrenirane čvrstoće tla, dolazi do formiranja klizišta kao što je primjerice klizište u blizini Aratozawa brane u Japanu, slika 3, nastalo kao rezultat potresa Iwate-Miyagi, magnitude 6.9, iz 2008. godine.



Slika 3: Klizište u blizini Aratozawa brane u Japanu nastalo kao rezultat potresa Iwate-Miyagi, magnitude 6.9, iz 2008. godine, preuzeto iz [4]

Vrijednost nedrenirane posmične čvrstoće uvelike ovisi i o postupku ispitivanja, gdje je moguće koristiti i terenske i laboratorijske pokuse.

Nedrenirana čvrstoća se na terenu određuje pokusom krilne sonde, statičkim penetracijskim pokusom (CPT ili CPTU), plosnatim dilatometrom, smicanjem pomičnom kutijom, dok se u laboratoriju određuje pokusom padajućeg šiljka, pokusom jednoosnog tlaka, direktnim posmikom, ispitivanjem pokazatelja čvrstoće (žilavosti) te nekonsolidiranim nedreniranim troosnim pokusom (UU pokus).

Iako je nedreniranu čvrstoću moguće definirati laboratorijskim ili terenskim pokusima, prilikom nedostatka opreme za provođenje pokusa, financijskih sredstava ili nekog drugog razloga, kao što su primjerice otežani uvjeti uzimanja neporemećenih uzoraka za laboratorijska ispitivanja, parametre je moguće procijeniti korištenjem prikladnih transformacijskih modela. Ovi transformacijski modeli, čiji se pregled može naći u literaturi [5-8], najčešće stavljaju u odnos nedreniranu čvrstoću i neke od klasifikacijskih pokazatelja sitnozrnih tala.

U ovom radu, odrediti će se ovisnost nedrenirana kohezija (čvrstoće), na temelju vrijednosti indeksa konzistencije, određenog primjenom jednostavnih laboratorijskih klasifikacijskih pokusa. Navedeno će se napraviti za odabrana klizišta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj (Zagrebačka županija i Krapinsko-zagorska županija). Sam indeks konzistencije moguće je povezati jedino s nedreniranom čvrstoćom u tzv. "pregnječenom" stanju (eng. *remoulded state*). To je stanje u kojem je uzorak pripremljen za ispitivanje granica tečenja i plastičnosti. Zato je pogodno, što je i napravljeno, određivati nedreniranu čvrstoću preko laboratorijskog pokusa padajućeg stošca, sukladno normi HRS CEN ISO/TS 17892-6 [9]. S obzirom na to da se pokus obavlja na malom uzorku, rezultati se ne moraju poklapati s rezultatima drugih laboratorijskih pokusa određivanja nedrenirane čvrstoće tla, te se zbog toga rezultat pokusa prema navedenoj normi smatra procjenom nedrenirane čvrstoće tla, a ne stvarnim mjerenjem.

Ovim radom su predstavljene hipoteza i ciljevi istraživanja (poglavlje 2) te je predstavljena metodologija istraživanja koja se sastojala od četiri osnovne faze (poglavlje 3). Nakon toga je dan široki prikaz postojećih transformacijskih modela (poglavlje 4). Prikaz pilot područja, tj. odabranih klizišta sjeverozapadne Hrvatske, je dan u poglavlju 5, nakon čega slijedi prikaz primijenjenih laboratorijskih metoda (poglavlje 6). Naposljetku, dani su rezultati ispitivanja (poglavlje 7) i rasprava o rezultatima ispitivanja (poglavlje 8), nakon čega slijedi zaključa (poglavlje 9) te literaturni prikaz.

2 Hipoteza i ciljevi istraživanja

2.1 Hipoteza

Nedrenirana kohezija, kao mjerodavni parametar čvrstoće za nedrenirane uvjete u tlu, može se pouzdano procijeniti na temelju vrijednosti indeksa konzistencije, određenog primjenom jednostavnih laboratorijskih klasifikacijskih pokusa. Time se može reducirati broj složenih, skupih i dugotrajnih laboratorijskih trošnih ispitivanja za potrebe određivanja nedrenirane kohezije u laboratorijskim uvjetima.

2.2 Ciljevi istraživanja

Kao glavni cilj istraživanja definira se uspostava odnosa nedrenirane kohezije tla, kao mjerodavnog parametra čvrstoće za nedrenirane uvjete u tlu, i indeksa konzistencije, kao jednog od pokazatelja klasifikacije tla, za odabrana klizišta sjeverozapadne Hrvatske.

Dodatni cilj istraživanja je formiranje baze eksperimentalnih podataka laboratorijski određenih nedreniranih kohezija i indeksa konzistencije tla, za odabrana klizišta sjeverozapadne Hrvatske.

3 Metodologija istraživanja

Metodologija istraživanja sastojala se od 4 (četiri) osnovne faze.

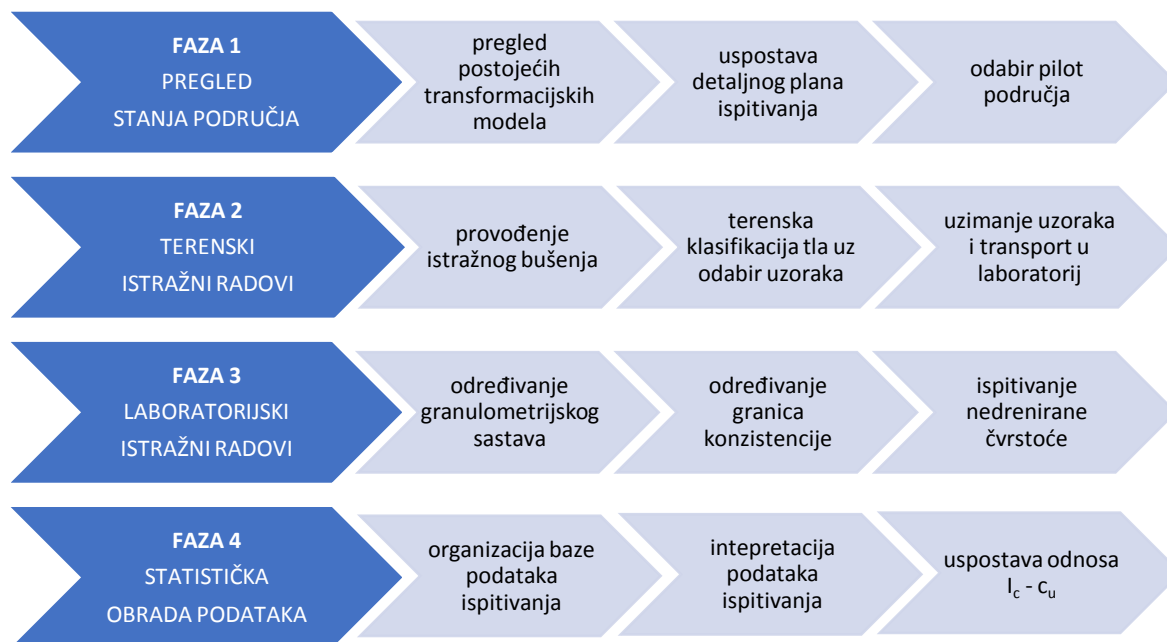
Prva faza obuhvaća teorijsko istraživanje stanja područja. U okviru ove faze istraživanja, proveden je opsežan pregled domaće i inozemne znanstvene i stručne literature. Osnovni cilj ove faze je steći teorijska saznanja o postojećim transformacijskim modelima koji stavljaju o odnos nedreniranu čvrstoću i klasifikacijske parametre sitnozrnih tala. U ovoj fazi je izvršen i odabir pilot područja.

Druga faza je obuhvatila aktivnosti na terenu, odnosno na odabrane lokacijama klizišta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj (Zagrebačka županija i Krapinsko-zagorska županija), provođenje istražnog bušenja, terensku klasifikaciju tla te odabir i uzimanje uzoraka za daljnja laboratorijska ispitivanja, kao i njihovu dopremu u geotehnički laboratorij.

Treća faza je obuhvatila laboratorijska ispitivanja pri čemu je u prvom dijelu treće faze određen granulometrijski sastav tla sijanjem i areometriranjem, u drugom dijelu su određene granica plastičnosti i granica tečenja te je u trećoj fazi određena nedrenirana čvrstoća.

Četvrta faza, ujedno i posljednja faza, je uključivala uspostavu baze podataka ispitivanja, statističku obradu dobivenih rezultata i uspostavljanje transformacijskog modela odnosa nedrenirane čvrstoće u pregnečenom stanju i indeksa konzistencije kao klasifikacijskog parametra tla.

Grafički prikaz metodologije istraživanja je dan na slici 4.



Slika 4: Grafički prikaz metodologije istraživanja

4 Literaturni pregled transformacijskih modela

Geotehnički parametri tla potrebni za projektiranje definiraju se izvedbom laboratorijskih i terenskih istražnih radova. U praksi je često poznat nedovoljan broj bitnih parametara za pojedine slojeve tla, koji se mogu procijeniti korištenjem prikladnih empirijskih korelacija između različitih parametara tla. Definirane su transformacijskim modelima i koriste se u svakodnevnoj inženjerskoj praksi. Korelacije se uspostavljaju na temelju geotehničkih ispitivanja na različitim lokacijama analizom dobivenih parametara te pomoću prethodnih iskustava. U literaturi postoji veliki broj transformacijskih modela koji povezuju nedreniranu čvrstoću i granice konzistencije, parametre specifične samo za koherentna tla.

Vrijednosti nedrenirane čvrstoće ovise o nekim bitnim faktorima kao što su postupak ispitivanja, oprema (uređaji) kojima se vrši ispitivanje, početno stanje naprezanja, rubni uvjeti, stupanj poremećenosti uzorka te o teoretskim modelima koji se koriste za interpretaciju dobivenih rezultata. Stoga nedrenirana čvrstoća za neku lokaciju može biti značajno različita, ovisno o tome je li dobivena in-situ ili laboratorijskim pokusima.

Pomoću parametara za koje je predložena korelacija s nedreniranom čvrstoćom, moguće je izvesti vrijednost nedrenirane čvrstoće glina kada se ona direktno ne ispituje. Najčešće se koristi odnos normalizirane nedrenirane čvrstoće dobivene pokusom krilne sonde s_u^{FV} i indeksa plastičnosti I_p koji je predložio Skempton [10]:

$$\frac{s_u^{FV}}{\sigma'_{vo}} = 0,11 + 0,0037 \times I_p (\pm 20\%) \quad (1)$$

Sličan je izrazu kojeg je predložio Wroth [11]:

$$\frac{c_u}{\sigma'_{vo}} = 0,129 + 0,00435 \times I_p (\pm 20\%) \quad (2)$$

Bjerrum i Simons također su u odnos stavili nedreniranu čvrstoću s indeksom plastičnosti I_p [12]:

$$\frac{c_u}{\sigma'_{vo}} = 0,045 \times \sqrt{I_p} (\pm 25\%) \quad (3)$$

kao i s indeksom tečenja I_L [12]:

$$\frac{c_u}{\sigma'_{vo}} = 0,18/\sqrt{I_L} \quad (4)$$

Izraz (4) vrijedi za $I_L > 0.5$, gdje je I_L dobiven iz izraza $CI = 1 - I_L$ (CI je indeks konzistencije koji se označava i kao I_c).

Budući da se granica tečenja može preciznije odrediti, Karlsson i Viberg predložili su odnos [13]:

$$\frac{c_u}{\sigma'_{vo}} = 0,005 \times w_L (\pm 30\%) \quad (5)$$

Prema Carrier, za gline u stanju pregnečenja, nedrenirana čvrstoća može se procijeniti iz izraza [14]:

$$c_{ur} = \frac{166 \times I_p}{0,163 + \left[(37,1 \times e + w_p) / \left(4,14 + \frac{1}{A_c} \right) \right]} \quad (6)$$

gdje je e koeficijent pora, a A_c aktivnost glina.

Hansbo je za Švedske gline predložio korelaciju s nedreniranom čvrstoćom određenom pokusom krilne sonde [15]:

$$\sigma'_p = \frac{222 \times s_u}{w_L} \quad (7)$$

A prema Kulhawy and Mayne vrijedi [16]:

$$\sigma'_p = 22 \times I_p^{-0,49} \times s_u ; r^2 = 0,569 \quad (8)$$

gdje je r^2 koeficijent determinacije.

Za razliku od većine transformacijskih modela koje postoje u literaturi, Wroth i Wood su definirali model teoretski, a ne empirijski, na temelju modificiranog Cam-Clay modela [17]:

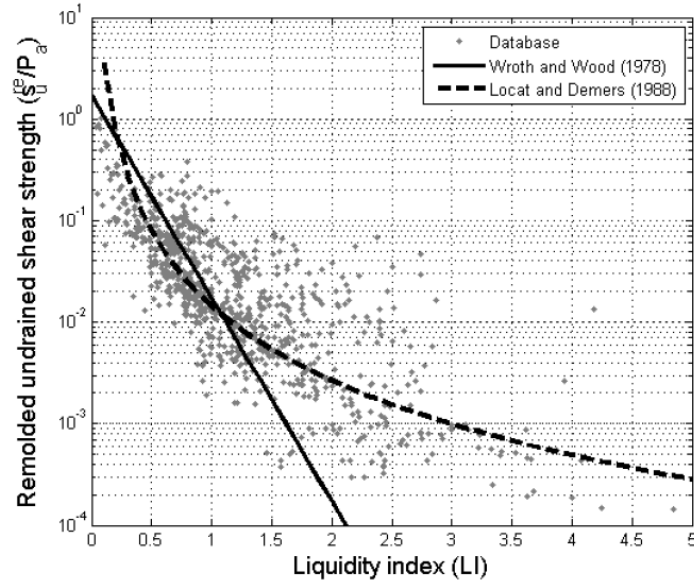
$$\frac{s_u^{re}}{P_a} \approx 1,7 \times \exp(-4,6 \times LI) \quad (9)$$

gdje je LI indeks tečenja. Ovaj model daje prihvatljivo poklapanje s podacima za $LI < 1$, a značajno odstupa od podataka iz globalne baze podataka za $LI > 1,5$.

Cam-Clay i modificirani Cam-Clay modeli su elastičnoplastični modeli s očvršćavanjem. Prema njima, pravac prekonsolidacije odgovara linearno - elastičnom dijelu, a pravac normalne konsolidacije plastično - očvršćavajućem dijelu. Oba modela opisuju tri važna aspekta ponašanja tla: čvrstoću, zbijanje ili dilataciju (promjenu volumena koja se javlja smicanjem) i kritično stanje pri kojoj čestice tla mogu pretrpjeti neograničene deformacije bez promjene naprežanja ili volumena.

U međusobni odnos $\frac{s_u^{re}}{P_a}$ i LI stavili su i Locat i Demers [18]:

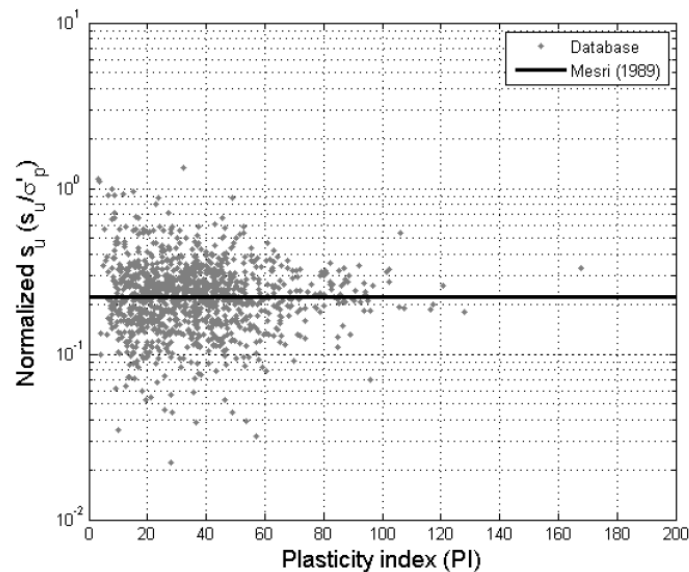
$$\frac{s_u^{re}}{P_a} \approx 0,0144 \times LI^{-2,44} \quad (10)$$



Slika 5: Transformacijski modeli $LI - \left(\frac{s_u^{re}}{P_a}\right)$ prema Wroth i Wood i Locat i Demers, preuzeto iz [6]

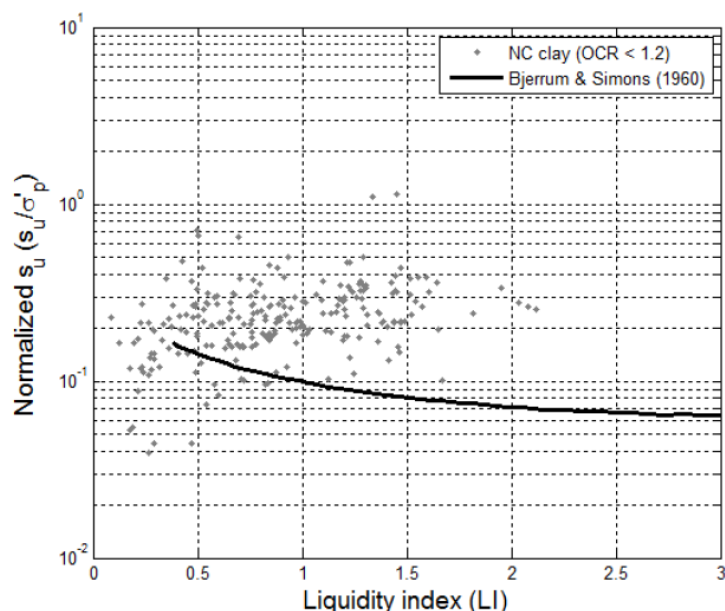
Za normalno konsolidirane gline prema transformacijskom modelu $PI - \left(\frac{s_u}{\sigma'_{p'}}\right)$ koji je predložio Mesri vrijedi [19- 20]:

$$\frac{s_u (mob)}{\sigma'_{p'}} \approx 0,22 \quad (11)$$



Slika 6: Transformacijski model $PI - \left(\frac{s_u}{\sigma'_{p'}}\right)$ koji je predložio Mesri, preuzeto iz [6]

Transformacijski model $LI - \left(\frac{s_u}{\sigma_p'}\right)$ prema prijedlogu Bjerrum i Simons (1960) za normalno konsolidirane gline, gdje je $\left(\frac{s_u}{\sigma_p'}\right)$ dobiveno iz izotropnog konsolidiranog nedreniranog pokusa (CIU), u literaturi je prikazan samo grafički pomoću krivulje, nijedan izraz nije predložen od strane originalnih autora. Model je prikazan na slici 28.



Slika 7: Transformacijski model $LI - \left(\frac{s_u}{\sigma_p'}\right)$ prema prijedlogu Bjerrum i Simons za normalno konsolidirane gline, preuzeto iz [6]

Ovaj model razvijen je na temelju normalno konsolidiranih Norveških glina, a najvjerojatnije odgovara samo za parametre Norveških glina, a ne globalne podatke s različitih geografskih područja.

Larsson prikupio je podatke o nedreniranoj čvrstoći dobivenoj pokusom krilne sonde na Skandinavskim glinama i na temelju toga predložio transformacijski model koji je sličan onome što ga je predložio Skempton u izrazu (12) [21]:

$$\frac{s_u^{FV}}{\sigma_p'} = 0,08 + 0,0055 \times PI \tag{12}$$

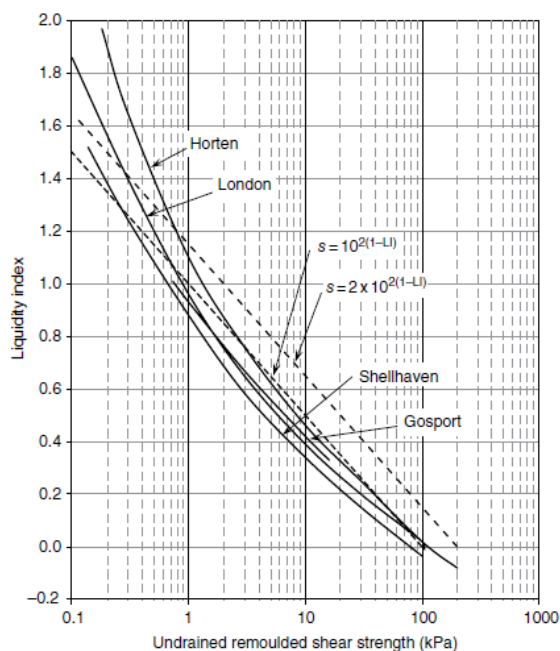
gdje je PI indeks plastičnosti.

Transformacijski model na temelju podataka dobivenih pokusom izravnog smicanja predložili su Larsson i drugi [22]:

$$\frac{s_u^{DSS}}{\sigma_v'} = \left(0,125 + 0,205 \times \frac{LL}{1,17}\right) \times OCR^{0,8} \quad (13)$$

gdje je LL indeks tečenja, a OCR stupanj prekonsolidacije.

Na slici 8 vidljiv je odnos indeksa tečenja i nedrenirane čvrstoće koju su Skempton i Northey dobili iz rezultata pokusa na četiri različite gline:



Slika 8: Skempton i Northey korelacija nedrenirane čvrstoće u pregriječenom stanju i indeksa tečenja za četiri lokacije, preuzeto iz [23]

Tablica 1: Sumarni prikaz transformacijskih modela pronađenih u literaturi

Izraz	Literatura
$\frac{c_u}{\sigma'_{vo}} = 0,11 + 0,0037 \times I_p (\pm 20\%)$	[10]
$\frac{c_u}{\sigma'_{vo}} = 0,129 + 0,00435 \times I_p (\pm 20\%)$	[11]
$\frac{c_u}{\sigma'_{vo}} = 0,045 \times \sqrt{I_p} (\pm 25\%)$	[12]
$\frac{c_u}{\sigma'_{vo}} = 0,18/\sqrt{I_L}$	[12]
$\frac{c_u}{\sigma'_{vo}} = 0,005 \times w_L (\pm 30\%)$	[13]
$c_{ur} = \frac{166 \times I_p}{0,163 + \frac{37,1 \times e + w_p}{4,14 + \frac{1}{A_c}}} \text{ (kPa)}$	[14]
$\sigma'_p = \frac{222 \times s_u}{w_L}$	[15]
$\sigma'_p = 22 \times I_p^{-0,49} \times s_u \times r^2 = 0,569$	[16]
$\frac{s_u^{re}}{P_a} \approx 1,7 \times \exp(-4,6 \times LI)$	[17]
$\frac{s_u^{re}}{P_a} \approx 0,0144 \times LI^{-2,44}$	[18]
$\frac{s_u \text{ (mob)}}{\sigma'_p} \approx 0,22$	[19-20]
$s_u \text{ (kN/m}^2) \approx 0,2335 \times \sigma'_v \text{ (kN/m}^2) - 2,6915 \times w_n \times LI + 8,9657$	[7]
$\frac{s_u^{FV}}{\sigma'_p} = 0,08 + 0,0055 \times PI$	[21]
$\frac{s_u^{DSS}}{\sigma'_v} = (0,125 + 0,205 \times \frac{LL}{1,17}) \times OCR^{0,8}$	[22]
$\frac{s_u^{DSS}}{\sigma'_v} = (0,14 + 0,18 \times w) \times OCR^{(0,35+0,77 \times w)}$	[24]

5 Pilot područja: Klizišta Kravarsko i Laz Bistrički

Kao pilot područja, odabrana su dva klizišta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, koja se nalaze uz državne ceste:

- 1) Klizište Kravarsko, državna cesta DC31/001 Velika Gorica-Pokupsko u km 19+500 između naselja Kravarsko i Gornji Hruševac – Zagrebačka županija
- 2) Klizište Laz Bistrički, državna cesta DC29 Novi Golubovec – Soblinec, u km 33+820 u mjestu Laz Bistrički - Krapinsko-zagorska županija

Opis odabranih klizišta s prikazom provedenih terenskih istražnih radova je dan u nastavku.

5.1 Klizište Kravarsko

5.1.1 Opis lokacije

Promatrano i istraživano područje nalazi se na Državnoj cesti DC31/001 Velika Gorica-Pokupsko u km 19+500 između naselja Kravarsko i Gornji Hruševac. Prometnica na promatranj dionici prolazi oštrim lijevim zavojem i nalazi se u zasjeku. Pruža se smjerom istok-zapad, na nadmorskoj visini između 160 m na istoku i 169 m na zapadu. Prometnica sječe padinu koja je orijentirana prema sjeveru-sjeveroistoku. Teren je na predmetnom području uglavnom pokriven humusnim pokrivačem i vegetacijom. Nizbriježna strana terena nešto je blaže položena, prosječnog nagiba oko 10°. Pokrivena je šumom i gustim raslinjem. Uzbriježna padina strmije je položena, između 15 i 20°. U zoni širine do 80 m uz prometnicu pokrivena je gustom vegetacijom i šumom, a u nastavku prema objektima na jugozapadu (ulica Gornji Hruševac) pokrivena je livadom. U zasjeku prometnice, u zoni klizanja nagib mjestimično doseže i do 30°.



Slika 9: Lokacija predmetnog klizišta na izvodu iz Geoportala DGU

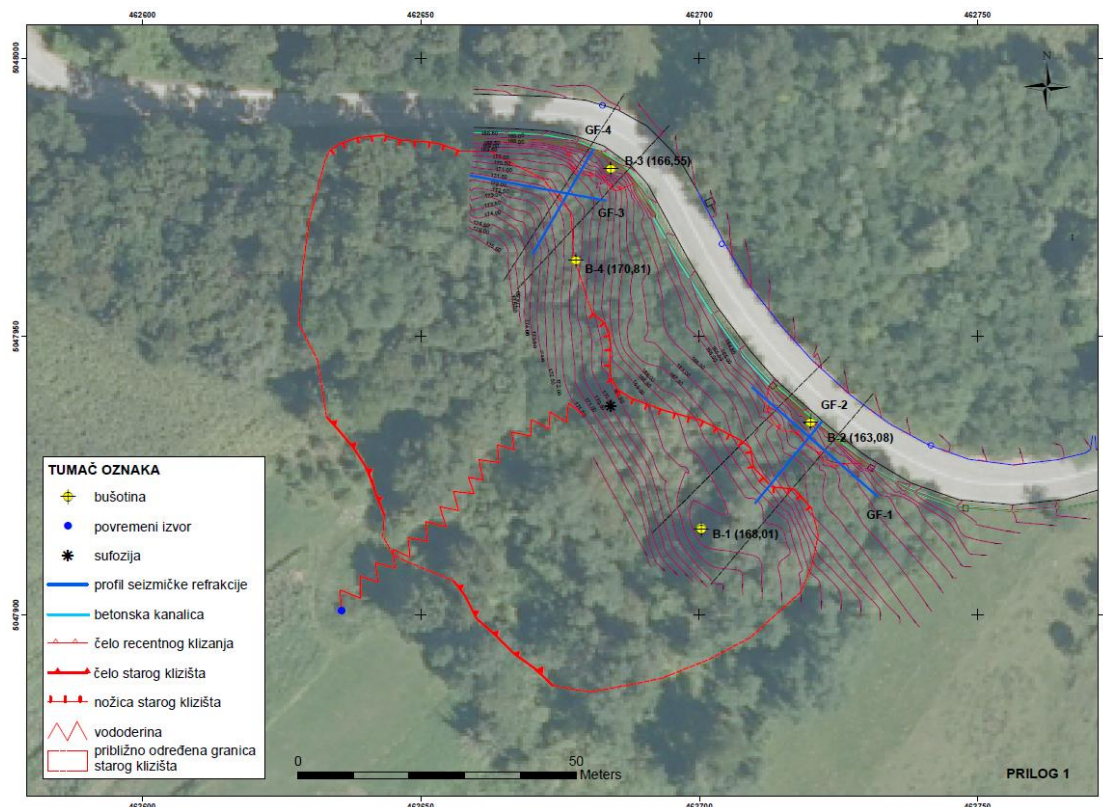
U strukturno tektonskom smislu predmetna lokacija nalazi se unutar tektonske jedinice kredno – terciarni pojas unutarnjih Dinarida, strukturna jedinica Vukomeričke gorice. Generalno gledano Vukomeričke Gorice pokazuju građu najbližu horstu. Dominiraju rasjedi dinarskog smjera, naročito u sjeveroistočnom dijelu koji uz te rasjede stepeničasto tone prema Savskoj potolini. Geološki uvjeti na predmetnoj lokaciji utvrđeni su geološkim kartiranjem terena. Sastav i karakteristike tla potvrđeni su rezultatima laboratorijskih ispitivanja uzetih uzoraka tla. Prema OGK istraživano područje izgrađuju naslage razdoblja dac – levant (P_{1,2,3}), zastupljene pijescima, šljuncima, glinama, konglomeratima, pješčenjacima i mjestimično proslojcima ugljena.

Tzv. “Paludinske naslage” (P_{1,2,3}) prema litološkom sastavu zastupljene su pijescima, šljuncima, glinama, pješčenjacima, konglomeratima i ponegdje slojevima lignita. U odnosu na naslage gornjeg ponta u diskordantnom su odnosu, postoji i mogućnost kontinuiteta između ova dva stratigrafska člana.

U hidrogeološkom smislu teren izgrađuju naslage koje se mogu okarakterizirati kao naslage slabe propusnosti. Radi se o glinama, prahovitim glinama koje mjestimično sadrže pijesak i šljunak, međutim prema granulometrijskom sastavu do konačne dubine bušenja dominira koherentni materijal. Ovi sedimenti imaju primarnu, međuzrnsku poroznost te se s obzirom na litološki sastav klasificiraju kao slabo propusne naslage. U središnjem dijelu padine terenskim kartiranjem registrirane su i sitnozrnate pješkovite naslage, koje su nešto bolje vodopropusnosti. U litološkom profilu, do dubine 2-3 m glinovite

naslage sadrže znatan udio krupnijih čestica, gotovo do 50% te su bolje propusnosti nego li naslage u podlozi koji su zastupljene glinama.

Oborinska voda djelomično otječe površinski niz padinu, a djelomično se infiltrira u podzemlje i drenira kroz glinovito pjeskovite naslage prema nižim dijelovima terena, odnosno prema drenažnom jarku izvedenim uz južni rub prometnice. U gornjem dijelu padine pretpostavljen je povremeni izvor.



Slika 10: Situacija lokacije s ucrtanim klizištima

5.1.2 Problematika

Trenutni je problem klizanje na pribrežnoj padini koje ima za posljedicu zatrpavanje pribrežnog obložnog jarka koje je najviše izraženo na dvije lokacije predmetnog poteza; od km 19+448 do km 19+471, te od km 19+510 do km 19+535. na navedenim potezima dolazi do lokalnih klizanja i zemljani materijal iz nožice klizne mase zatrpava odvodni jarak te onemogućava funkcioniranje odvodnje.

Svi uočeni znakovi nestabilnosti ukazuju na plitka klizanja, s nožicom u visini obodnog jarka ili iznad. Dijelom zatrpani obodni jarak s oblogom oštećenom na više mjesta ne osigurava pravilnu odvodnju što dovodi do zadržavanja i procjeđivanja vode u tijelo prometnice, što bi moglo dovesti do oštećenja kolnika te ograničavanja normalnog odvijanja prometa.



Slika 11: Klizište 1 (istočno)



Slika 12: Klizište 2 (zapadno)

5.1.3 Provedeni istražni radovi

Terenski istražni radovi sastojali su se od geoloških, inženjerskogeoloških i hidrogeoloških radova, te istražnog bušenja. Na području zahvata i okolnom prostoru provedeno je geološko, hidrogeološko i inženjerskogeološko kartiranje terena, a na temelju prikupljenih podataka izrađena je inženjerskogeološka karta te su definirane karakteristike nestabilnosti.

Inženjerskogeološki radovi provedeni su na lokaciji državne ceste 31/001, u km 19+500. Inženjerskogeološko kartiranje provedeno je u okviru izvođenja geotehničkih istraživačkih radova.

Geotehnički istražni radovi sastojali su se od istražnog bušenja i laboratorijskih ispitivanja. Ukupno su izvedene 4 istražne bušotine sa kontinuiranim jezgrovanjem, B1 i B4 dubine 8 m te B2 i B3 dubine 7 m. tijekom izvođenja istražnog bušenja praćena je razina podzemne vode. U sklopu istražnog bušenja izvodila se identifikacija i inženjerski opis jezgre bušotina te uzimanje poremećenih i neporemećenih uzoraka tla. Uzorci su dostavljani u laboratorij Zavoda za geotehniku na Građevinskom fakultetu u Zagrebu kako bi se izvršila laboratorijska ispitivanja. Laboratorijska ispitivanja uzoraka tla sastojala su se od određivanja prirodne vlažnosti tla, klasifikacijskih pokusa određivanja Atterbergovih granica i granulometrijskog sastava tla te određivanja nedrenirane čvrstoće tla pokusom padajućeg šiljka.



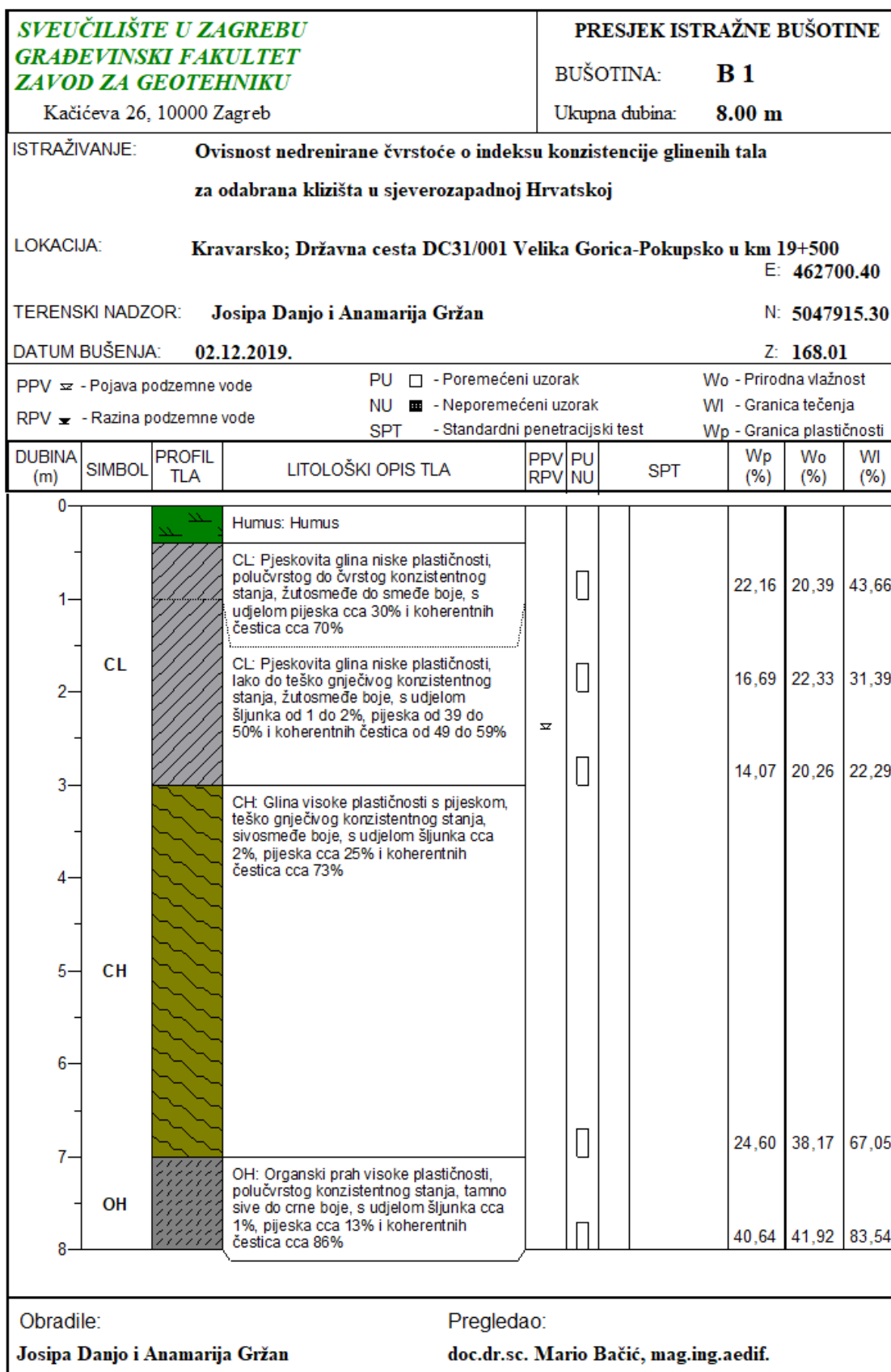
Slika 13: Prikaz istražnog bušenja na poziciji istražne bušotine B1

Terenska identifikacija i klasifikacija i opis tla iz jezgre bušotina provedena je prema USCS (Unified Soil Classification System) geomehaničkoj klasifikaciji (ASTM, 1996; USBR, 2001.) [25].

Terenskom identifikacijom i klasifikacijom te laboratorijskim ispitivanjima utvrđeno je da se na području zahvata profil tla uglavnom sastoji uglavnom od dva sloja koherentnog tla. Gornji sloj je glina niske, a donji sloj glina visoke plastičnosti. Područje zahvata može se podijeliti na dva dijela, prvi, na kojem se nalaze bušotine B1 i B2 te drugi, na kojem se nalaze bušotine B3 i B4.



Slika 14: Prikaz jezgre bušotine na poziciji istražne bušotine B2



Slika 15: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B1

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAVOD ZA GEOTEHNIKU Kačićeva 26, 10000 Zagreb				PRESJEK ISTRAŽNE BUŠOTINE						
				BUŠOTINA: B 2						
				Ukupna dubina: 7.00 m						
ISTRAŽIVANJE: Ovisnost nedrenirane čvrstoće o indeksu konzistencije glinenih tala za odabrana klizišta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj										
LOKACIJA: Kravarsko; Državna cesta DC31/001 Velika Gorica-Pokupsko u km 19+500 E: 462719.85										
TERENSKI NADZOR: Josipa Danjo i Anamarija Gržan N: 5047934.43										
DATUM BUŠENJA: 03.12.2019. Z: 163.08										
PPV \asymp - Pojava podzemne vode			PU \square - Poremećeni uzorak			Wo - Prirodna vlažnost				
RPV \blacktriangledown - Razina podzemne vode			NU \blacksquare - Neporemećeni uzorak			WI - Granica tečenja				
			SPT - Standardni penetracijski test			Wp - Granica plastičnosti				
DUBINA (m)	SIMBOL	PROFIL TLA	LITOLOŠKI OPIS TLA	PPV RPV	PU NU	SPT	Wp (%)	Wo (%)	WI (%)	
0			CL: Pjeskovita glina niske plastičnosti, teško gnječivog konzistentnog stanja, smeđe do žutosmeđe boje, s udjelom šljunka cca 14%, pijeska cca 20% i koherentnih čestica cca 66%							
1	CL									
2			CH: Glina visoke plastičnosti, polučvrstog konzistentnog stanja, smeđe do žutosmeđe boje, s udjelom šljunka cca 2%, pijeska cca 4% i koherentnih čestica cca 94%				20,82	26,75	35,99	
3	CH									
4										
5			CH: Glina visoke plastičnosti, laporovita, polučvrstog do čvrstog konzistentnog stanja, sive boje, s udjelom šljunka cca 2%, pijeska cca 2% i koherentnih čestica cca 96%				26,65	30,65	61,36	
6	CH									
7							25,37	23,65	56,51	
Obradile: Josipa Danjo i Anamarija Gržan				Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif.						

Slika 16: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B2

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAVOD ZA GEOTEHNIKU Kačićeva 26, 10000 Zagreb				PRESJEK ISTRAŽNE BUŠOTINE						
				BUŠOTINA: B 3						
				Ukupna dubina: 7.00 m						
ISTRAŽIVANJE: Ovisnost nedrenirane čvrstoće o indeksu konzistencije glinenih tala za odabrana klizišta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj										
LOKACIJA: Kravorsko; Državna cesta DC31/001 Velika Gorica-Pokupsko u km 19+500 E: 462684.06										
TERENSKI NADZOR: Josipa Danjo i Anamarija Gržan N: 5047980.18										
DATUM BUŠENJA: 02.12.2019. Z: 166.55										
PPV \asymp - Pojava podzemne vode			PU \square - Poremećeni uzorak			Wo - Prirodna vlažnost				
RPV \blacktriangledown - Razina podzemne vode			NU \blacksquare - Neporemećeni uzorak			WI - Granica tečenja				
			SPT - Standardni penetracijski test			Wp - Granica plastičnosti				
DUBINA (m)	SIMBOL	PROFIL TLA	LITOLŠKI OPIS TLA	PPV RPV	PU NU	SPT	Wp (%)	Wo (%)	WI (%)	
0			CL: Šljunkovita glina niske plastičnosti, teško gnječivog do polučvrstog konzistentnog stanja, žutosmeđe boje, s udjelom šljunka cca 27%, pijeska cca 21% i koherentnih čestica cca 52%							
1	CL									
2										
3					\square		19,96	23,19	38,80	
4			CH: Glina visoke plastičnosti, teško gnječivog do polučvrstog konzistentnog stanja, žutosmeđe do sive boje, s udjelom šljunka cca 3%, pijeska cca 5% i koherentnih čestica cca 92%. Pojavljuju se čestice laporovitog materijala							
5	CH									
6										
7					\square		23,10	27,47	53,72	
Obradile: Josipa Danjo i Anamarija Gržan				Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif.						

Slika 17: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B3

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAVOD ZA GEOTEHNIKU Kačićeva 26, 10000 Zagreb				PRESJEK ISTRAŽNE BUŠOTINE						
				BUŠOTINA: B 4						
				Ukupna dubina: 8.00 m						
ISTRAŽIVANJE: Ovisnost nedrenirane čvrstoće o indeksu konzistencije glinenih tala za odabrana klizišta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj										
LOKACIJA: Kravorsko; Državna cesta DC31/001 Velika Gorica-Pokupsko u km 19+500 E: 462677.77										
TERENSKI NADZOR: Josipa Danjo i Anamarija Gržan N: 5047963.69										
DATUM BUŠENJA: 03.12.2019. Z: 170.81										
PPV \approx - Pojava podzemne vode			PU \square - Poremećeni uzorak			Wo - Prirodna vlažnost				
RPV ∇ - Razina podzemne vode			NU \blacksquare - Neporemećeni uzorak			Wl - Granica tečenja				
			SPT - Standardni penetracijski test			Wp - Granica plastičnosti				
DUBINA (m)	SIMBOL	PROFIL TLA	LITOLOŠKI OPIS TLA	PPV RPV	PU NU	SPT	Wp (%)	Wo (%)	Wl (%)	
0	CL		CL: Glina niske plastičnosti s pijeskom, teško gnječivog do polučvrstog konzistentnog stanja, žutosmeđe do smeđe boje, s udjelom šljunka cca 2%, pijeska cca 14% i koherentnih čestica cca 84%		\square		22,35	22,54	43,85	
1										
2	CH		CH: Glina visoke plastičnosti, polučvrstog do čvrstog konzistentnog stanja, smeđe boje, s udjelom šljunka cca 1%, pijeska cca 12% i koherentnih čestica cca 87%		\square		25,85	23,48	56,11	
3										
4										
5			CH: Glina visoke plastičnosti, polučvrstog do čvrstog konzistentnog stanja, žutosmeđe boje, s udjelom šljunka cca 7%, pijeska cca 4% i koherentnih čestica cca 89%		\square		24,58	20,86	51,34	
6										
7										
8										

Obradile:
Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao:
doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif.

Slika 18: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B4

5.2 Klizište Laz Bistrički

5.2.1 Opis lokacije

Promatrano i istraživano područje nalazi se na državnoj cesti DC29 Novi Golubovec – Soblinec, u mjestu Laz Bistrički u km 33+820. Cesta se na predmetnom dijelu pruža u smjeru I-Z od km 33+795 do km 33+855, a zatim se do km 33+910 pruža u smjeru JI-SZ. Prometnica je široka cca 6,5 m. Nagib pokosa na predmetnom dijelu iznosi ~ 1:1.5 do ~ 1:2. Padina je pokrivena gustom, visokom vegetacijom i drvećem. Na predmetnom potezu cesta je izvedena u zasjeku s usponom nivelete u smjeru rasta stacionaže. Na ovome je području u kolovozu 2016. godine završena sanacija klizišta "LAZ 13" pri čemu je izvršena rekonstrukcija prometnice, izvedba uzdužnog oborinskog odvodnog sustava te ugradnja gabionskog zida na pribrežnoj padini.



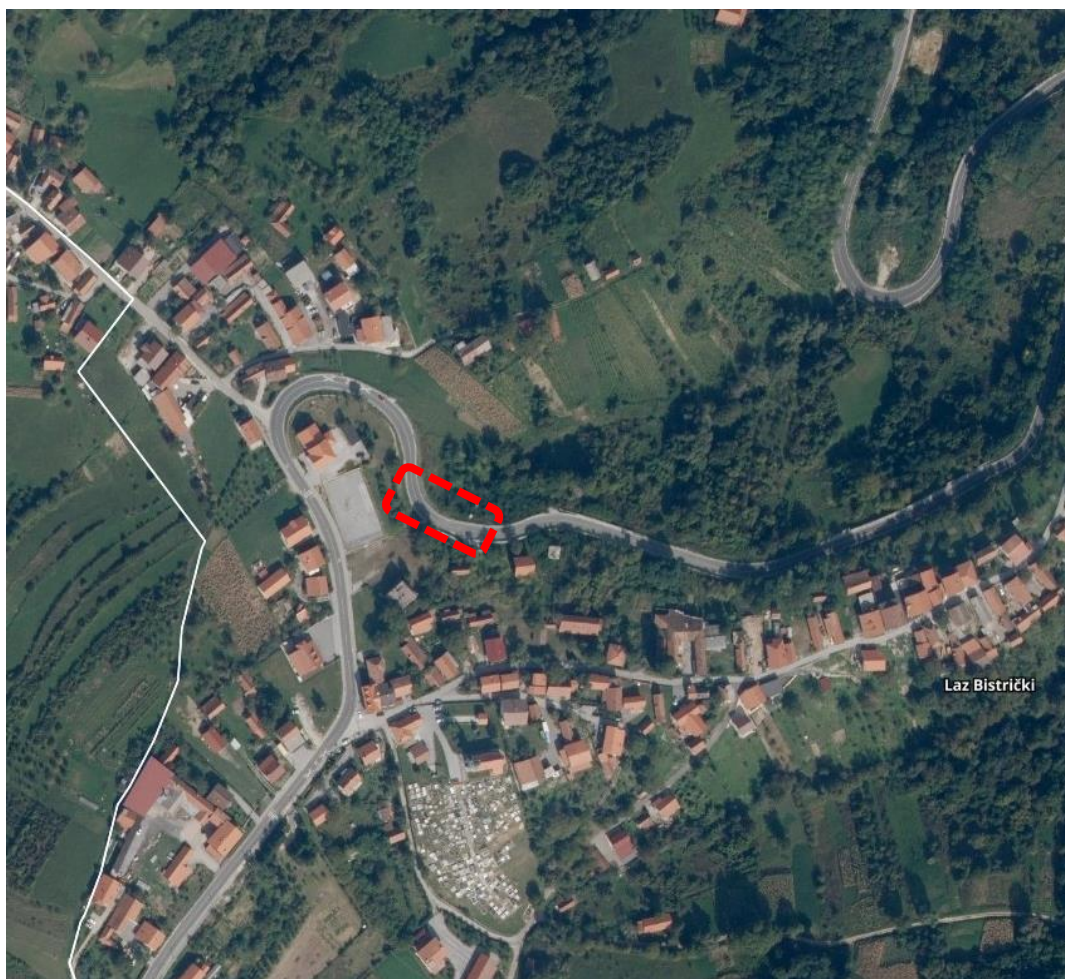
Slika 19: Lokacija zahvata na DC29/001 u km 33+820

Prema Osnovnoj geološkoj karti istraživano područje izgrađuju naslage donjeg tortona (M_2^2) zastupljenog konglomeratima, pješčenjacima, vapnencima, laporima i tufovima. Naslage donjeg tortona (M_2^2) zastupljene konglomeratima, pješčenjacima, vapnencima, laporima i tufovima leže transgresivno, kako na starijim halvetskim naslagama, tako i mjestimično na stijene trijaski i kredne starosti. Sadrže znatnu količinu karbonatne komponente. Međusobno se bočno i vertikalno izmjenjuju konglomerati, vapnenački pješčenjaci, vapnenci, laporoviti vapnenci, lapori i tufiti. Bazalni dio naslaga izgrađen je od konglomerata, čije su valutice mjestimično slabozabljenе i nesortirane, a izgrađene pretežno od paleozojskih parametamorfita i stijena kredne-vulkanogeno sedimentne zone. Vezivo je mikrokristalasto, kalcitno. Najzastupljeniji član donjotortonskih naslaga su različiti lapori žućkaste ili svijetlosive boje koje mjestimično postupno prelaze u krupnozrnatiје biokalkarenite. U pojedinim partijama lapori su pjeskoviti. Nešto sjevernije u rasjednom kontaktu dolaze naslage razdoblja apt-turon ($K_{1,2}$) zastupljene pješčenjacima, šejlovima, rožnjacima i vapnencima. Naslage apt-turona ($K_{1,2}$) zastupljene pješčenjacima, šejlovima, laporima, rožnjacima i vapnencima najčešće su u tektonskom kontaktu s drugim naslagama. Najrasprostranjeniji član su uslojeni ili rjeđe neuslojeni pješčenjaci, determinirani kao grauivake i subgrauivake. Lapori se mjestimično izmjenjuju s laporovitim pješčenjacima, dobro su uslojeni, sivo-smeđe ili tamnosive boje, a osnova im je mikrokristalasta, karbonatno-glinovita. Rožnjaci se javljaju u obliku proslojaka, leća ili gomolja unutar pješčenjaka, lapora, šejlova i karbonatnih stijena, sive ili crvenkaste boje.

Hidrogeološki odnosi na istraživanom prostoru uvjetovani su litološkim karakteristikama naslaga i morfološkim obilježjima. Na predmetnom području zastupljene su naslage pokrivača - nasip debljine do 1,5 m i rezidualno tlo kojeg čini koherentni materijali, a u podlozi dolazi osnovna stijena, izmjena pješčenjaka i lapora. Poroznost naslaga nasipa je međuzrnska i dobre su vodopropusnosti. Izgrađene su od mješavine krupnozrnatih i sitnozrnatih čestica, te odlomaka veličine do 1 dm. U podlozi dolaze koherentni materijali, gline niske do visoke plastičnosti s odlomcima matične stijene, primarne, međuzrnske poroznosti i slabe vodopropusnosti. Osnovna stijena predstavljena je pješčenjacima i laporima. Ove naslage imaju sekundarnu, pukotinsku poroznost te se generalno klasificiraju kao slabo propusne do nepropusne naslage. Infiltracija oborinske vode odvija se kroz naslage pokrivača do nepropusne podloge. Tijekom istraživačkog bušenja praćena je pojava podzemne vode. Pojava podzemne vode registrirana je u bušotini B-3 na dubini 7,0 m u sloju laporovite gline. U B-4 registrirana je na dubini 8,0 m, u sloju laporovite gline s pijeskom. U bušotini B-5 PPV se nalazila na dubini 4,5 m, u sloju laporovite gline. U bušotini B-6 pojava podzemne vode registrirana je na dubini 3,5 m, u sloju gline visoke plastičnosti s pijeskom.

5.2.2 Problematika

Na državnoj cesti DC29 Novi Golubovec – Soblinec, u mjestu Laz Bistrički, u stacionaži 33+820 uočen je problem odrona materijala s nizbrežne strane ceste, a čelo pokosa zahvatilo je i donji ustroj prometnice. Klizište je plitko, visine 4 m, širine cca 10 m na čelu, a cca 12 m u nožici gdje je otklizali materijal oformio bermu. S desne strane prometnice postavljena je odbojna ograda te su na području klizanja materijala četiri stupa ograde u zraku, ali na samoj prometnici u zoni klizišta trenutno nema ulegnuća i formiranja vertikalnih pukotina. Duž predmetnog poteza s desne strane prometnice izvedena je uzdužna odvodnja sa slivnicima, koji su na dan pregleda djelomično začepljeni otpalim lišćem. S lijeve strane prometnice izveden je potporni zid od gabiona visine 2 metra koji štiti pribrežni pokos od lokalnih nestabilnosti. Na nizbrežnoj padini uz samo klizište izvedena su dva ispusta oborinske odvodnje te je na donjem zemljani materijal djelovanjem vode ispran. Ispusti vodu dalje upuštaju u izvedeni zemljani jarak. Tijekom pregleda lokacije uočena je znatnija količina vode koja izlazi iz navedenih ispusta. Postoji opasnost od lokalnog klizanja veće količine materijala koji može zahvatiti i desnu stranu prometnice i ugroziti sigurno odvijanje prometa. S obzirom da je terenskim pregledom uočeno da je materijal ispod donjeg ustroja sitnozrnat, vrlo je moguće daljnje odronjavanje naročito nakon padalina prilikom čega dolazi do saturacije slabopropusnih sitnozrnih materijala te posljedičnog pada posmične čvrstoće.



Slika 20: Lokacija predmetnog klizišta na izvodu iz Geoportala DGU

5.2.3 Provedeni istražni radovi

Terenski istražni radovi sastojali su se od geoloških, inženjerskogeoloških i hidrogeoloških radova, te istražnog bušenja. Istraživanje obuhvaća obradu rezultata terenskih istraživanja, laboratorijskih ispitivanja i određivanja geotehničkih značajki lokacije.

Istražno bušenje izvedeno je na šest istražne pozicije, a sastojalo se od izvođenja istražnih bušotina s kontinuiranim jezgrovanjem, inženjerske identifikacije i opisa jezgre bušotina. Dubine istražnih bušotina od 6.0 do 13.0 m. Jezgra bušotina slagala se u drvene sanduke te je tako fotografirana. Iz istražnih bušotina uzimani su poremećeni (PU) i neporemećeni (NU) uzorci.



Slika 21: Istražno bušenje i standardni penetracijski pokus na poziciji istražne bušotine B1



Slika 22: Prikaz istražnog bušenja na poziciji istražne bušotine B6

Tijekom izvođenja istražnog bušenja praćena je razina podzemne vode.

Terenska identifikacija i klasifikacija i opis tla iz jezgre bušotina provedena je prema USCS (Unified Soil Classification System) geomehničkoj klasifikaciji (ASTM, 1996; USBR, 2001.) [25].

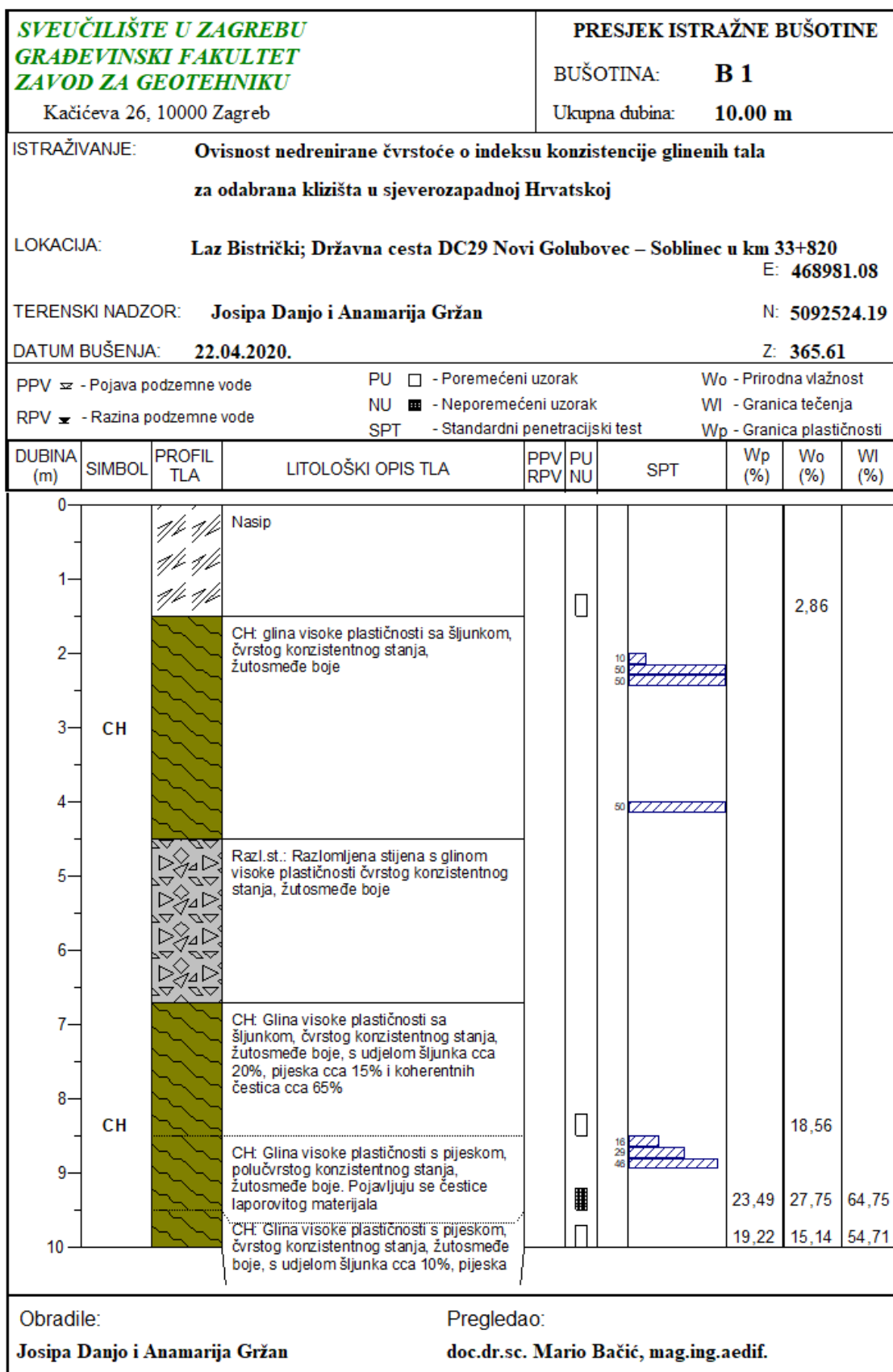
Terenskom identifikacijom i klasifikacijom te laboratorijskim ispitivanjima utvrđeno je da se područje zahvata može podijeliti u dvije zone, prvu, u kojoj se nalaze bušotine B1, B2, B3 i B4 te drugu, s bušotinama B5 i B6. Prva zona uglavnom je građena od gornjeg sloja gline visoke plastičnosti i donjeg sloja laporovite gline niske plastičnosti. Druga zona građena je od gornjeg sloja gline visoke plastičnosti i donjeg sloja laporovite gline visoke plastičnosti.



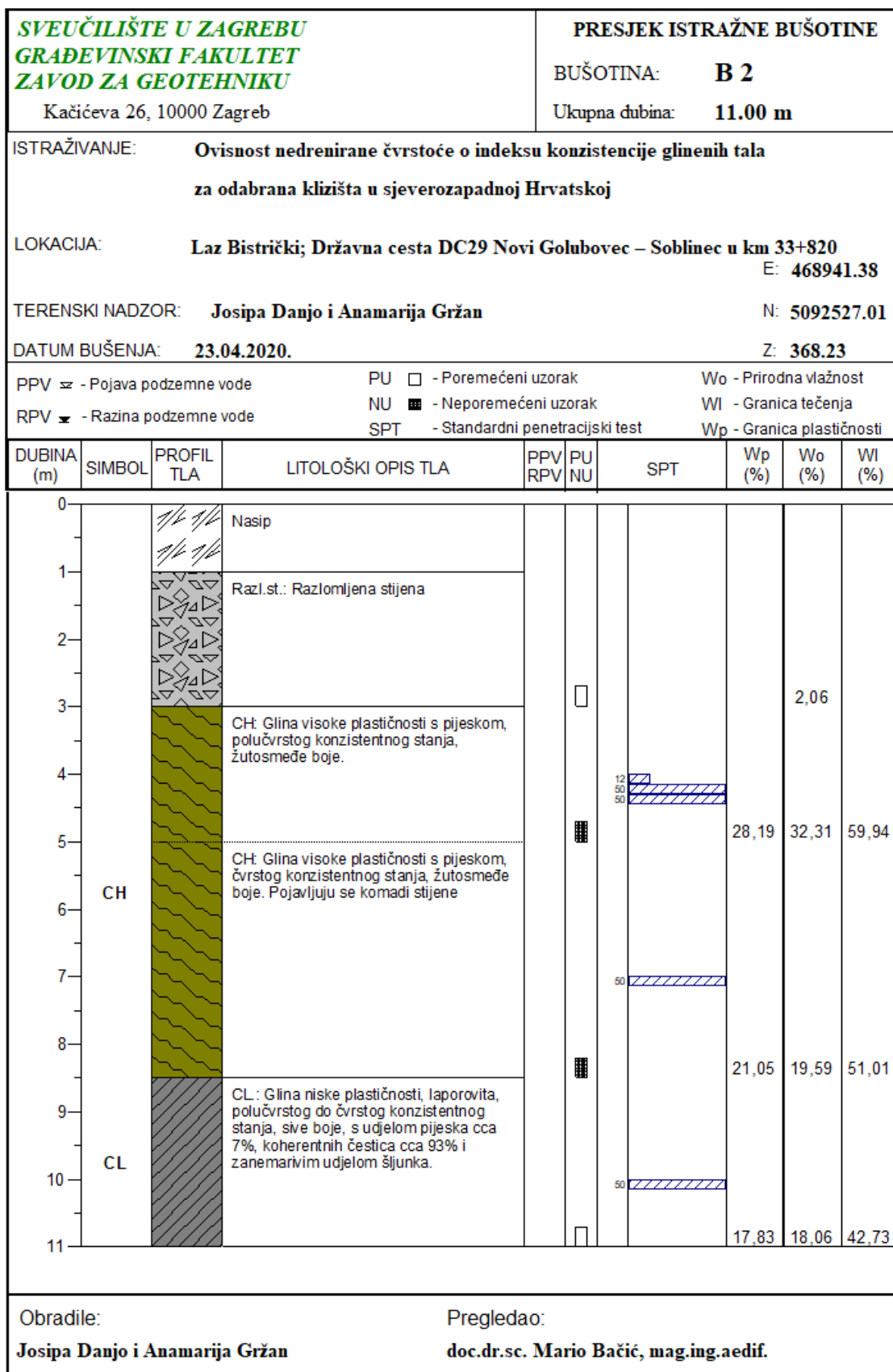
Slika 23: Prikaz jezgre bušotine na poziciji istražne bušotine B3



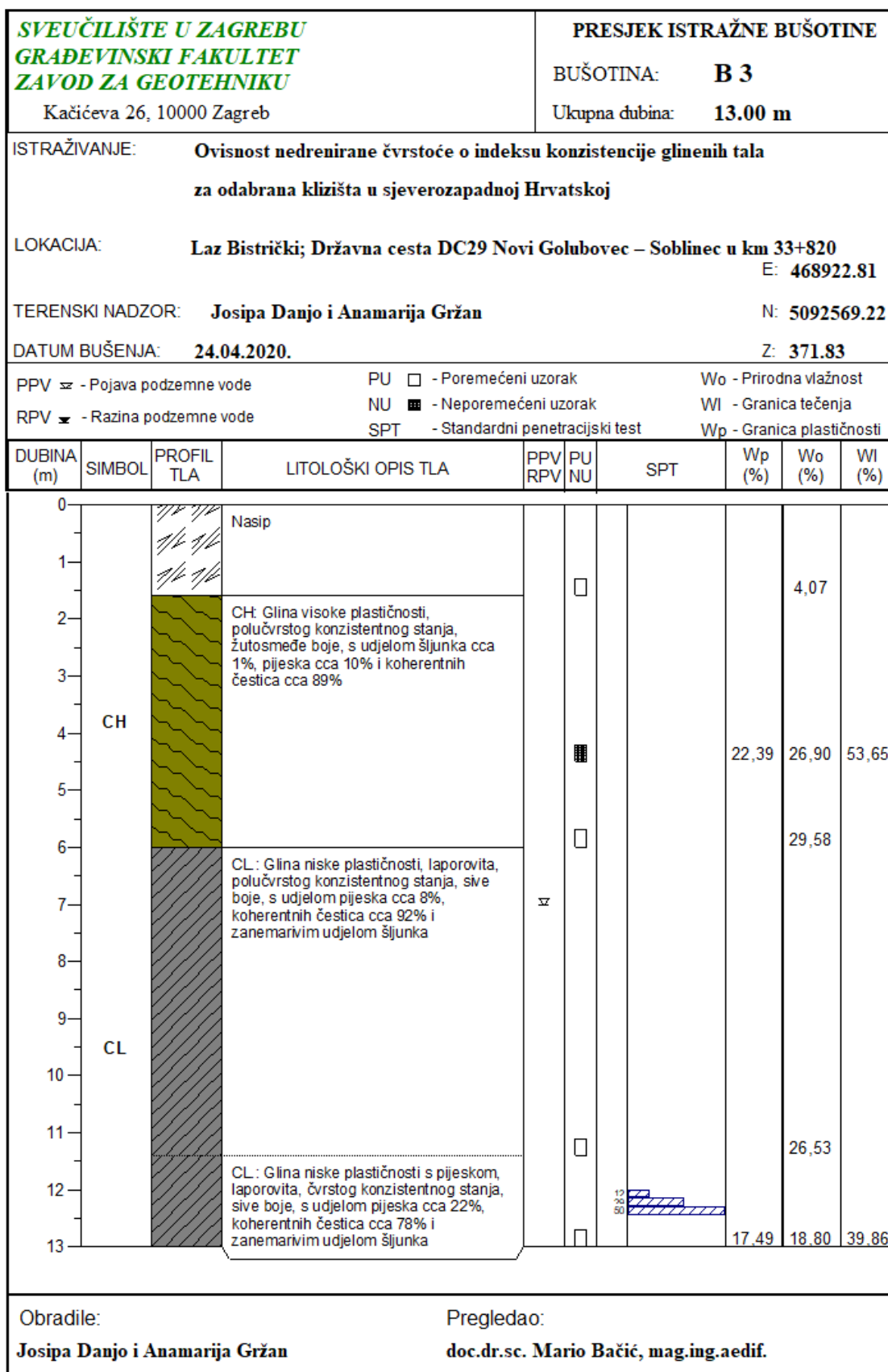
Slika 24: Prikaz jezgre bušotine na poziciji istražne bušotine B4



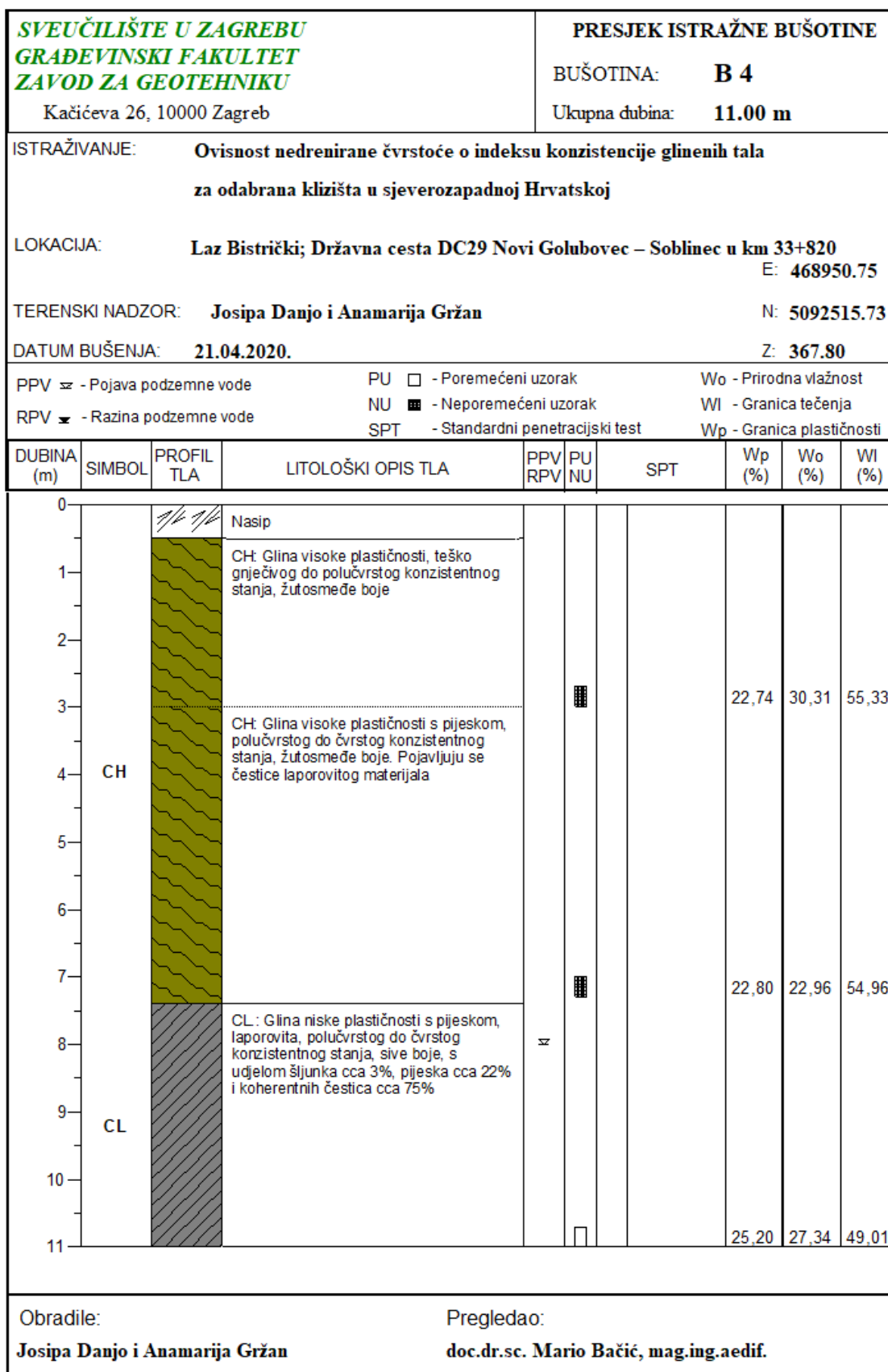
Slika 25: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B1



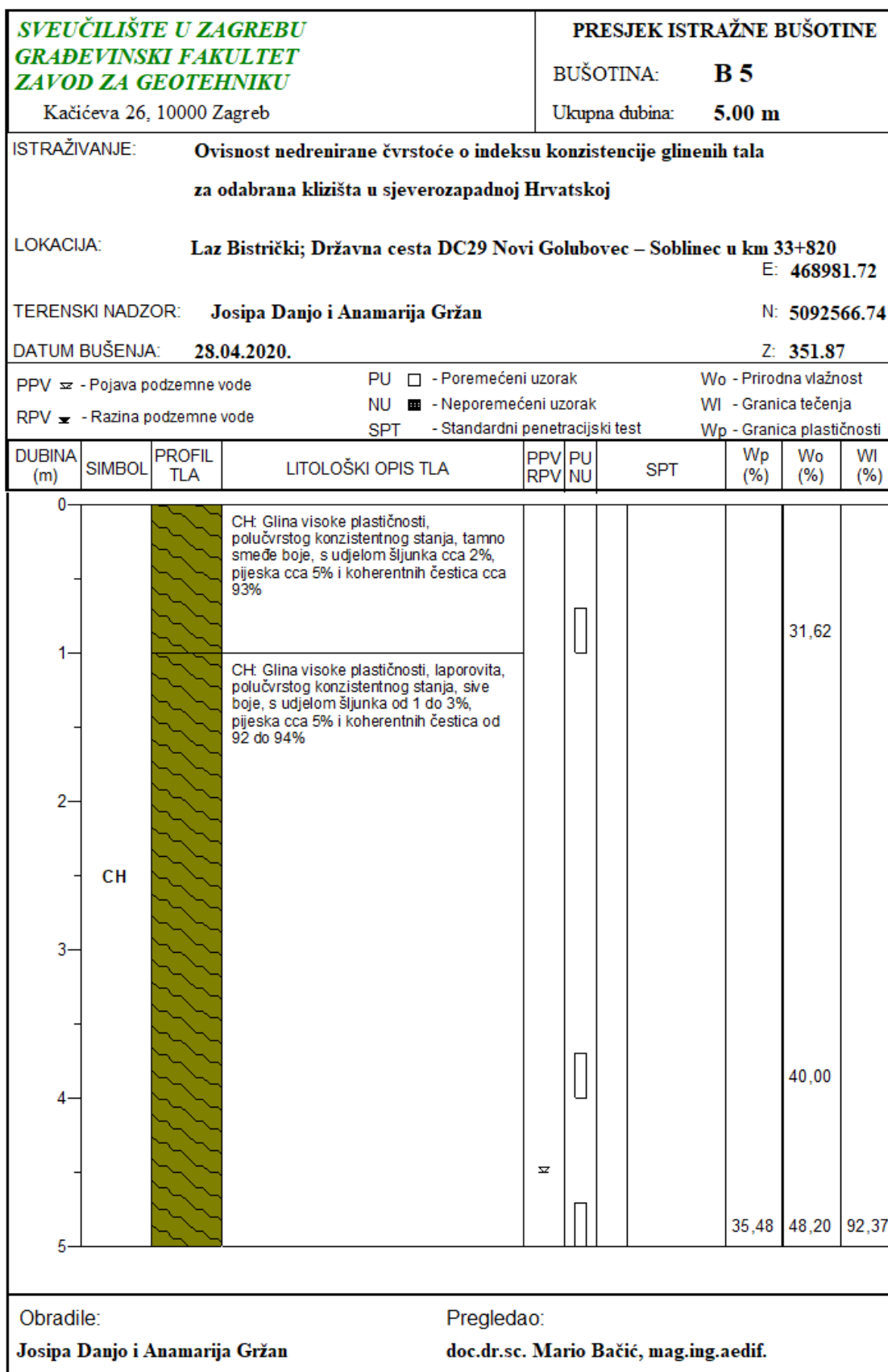
Slika 26: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B2



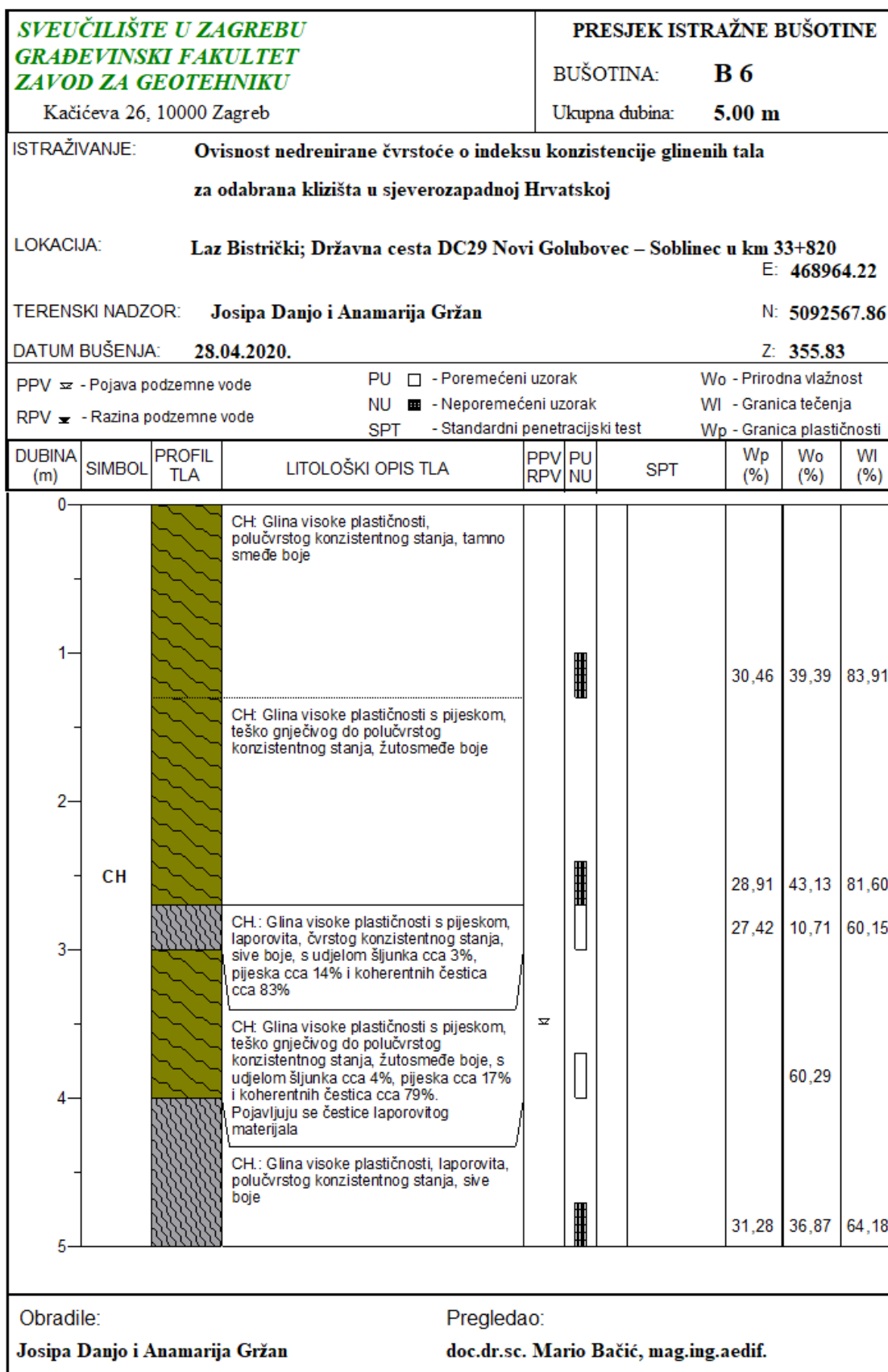
Slika 27: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B3



Slika 28: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B4



Slika 29: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B5



Slika 30: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B6

6 Metode ispitivanja

U nastavku su prikazane metode koje su korištene u laboratorijskim ispitivanjima. Detaljan prikaz metoda ispitivanja dan je u literaturi [1].

6.1 Granulometrijski sastav

Granulometrijski sastav tla je udio mase pojedine frakcije u ukupnoj masi uzorka tla, pri čemu je udio pojedinih čestica tla izražen u postocima.

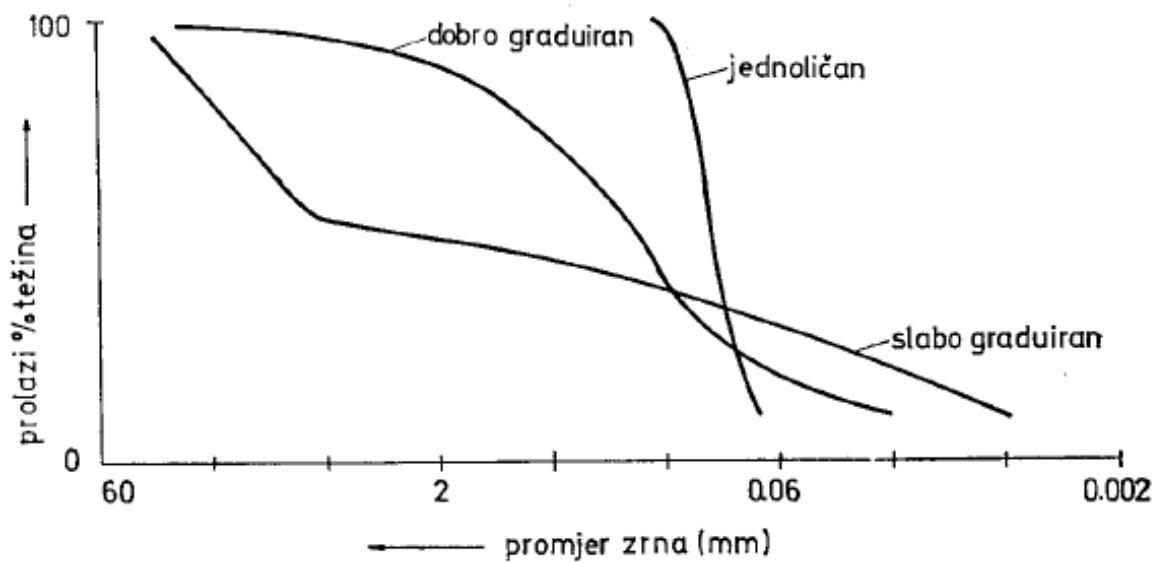
Granulometrijski sastav određuje se prema HRS CEN ISO/TS 17892-4 [26].

Na mehaničko ponašanje tla pod djelovanjem opterećenja uveliko utječu oblik i veličina čestica u njegovoj strukturi. Iz tog razloga granulometrijski sastav predstavlja osnovu za podjelu tla u grupe sličnih mehaničkih karakteristika [1].

Tablica 2: Podjela tla prema veličini zrna

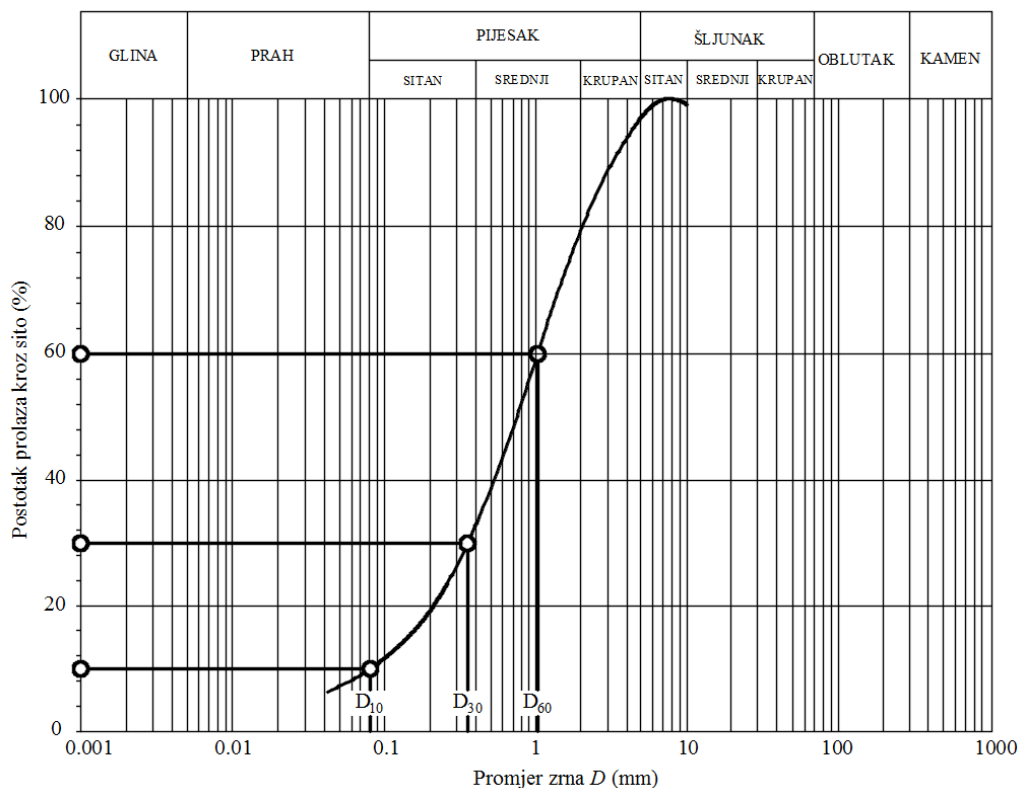
	Vrsta tla	Veličina zrna	
HRN i BS	Oblutci, stijena	> 200 mm	
	Kamen	od 63 do 200 mm	
	Šljunak	Krupan	od 20 do 63 mm
		Srednji	od 6,3 do 20 mm
		Sitan	od 2 do 6,3 mm
	Pijesak	Krupan	od 0,63 do 2 mm
		Srednji	od 0,2 do 0,63 mm
		Sitan	od 0,063 do 0,2 mm
	Prah	Krupan	od 0,02 do 0,063 mm
		Srednji	od 0,0063 do 0,02 mm
Sitan		od 0,002 do 0,0063 mm	
Glina		< 0,002 mm	
ASTM	Oblutci, stijena	> 300 mm	
	Kamen	od 75 do 300 mm	
	Šljunak	od 4,75 do 75 mm	
	Pijesak	Krupan	od 2 do 4,75 mm
		Srednji	od 0,425 do 2 mm
		Sitan	od 0,075 do 0,425 mm
	Prah		od 0,005 do 0,075 mm
Glina		<0,005 mm	

Granulometrijski sastav tla ne daje informaciju o obliku čestica tla već samo o njihovoj veličini odnosno o ekvivalentnom promjeru koji se veže na promjer kugle iste površine. Granulometrijski sastav tla prikazuje se pomoću granulometrijske krivulje u standardiziranom granulometrijskom dijagramu koji na sebi ima označene podjele tla prema veličini zrna. Granulometrijska krivulja je monotono rastuća krivulja i predstavlja kumulativnu funkciju distribucije veličine zrna. Na apcisi granulometrijskog dijagrama nanosi se promjer zrna D [mm] u logaritamskom mjerilu, a na ordinati postotak mase uzorka promjera zrna manjeg od D [1].



Slika 31: Tipični granulometrijski dijagram, preuzeto iz [27]

Za određivanje svojstava granulometrijske krivulje te njezino povezivanje s mehaničkim osobinama tla koriste se karakteristični promjeri zrna D_{10} (efektivni promjer zrna), D_{30} i D_{60} [28].



Slika 32: Granulometrijski dijagram sa naznačenim karakterističnim promjerima zrna, preuzeto iz [1]

Pomoću karakterističnih promjera zrna određuju se parametri granulometrijske krivulje, koeficijent jednoličnosti i zakrivljenosti [28].

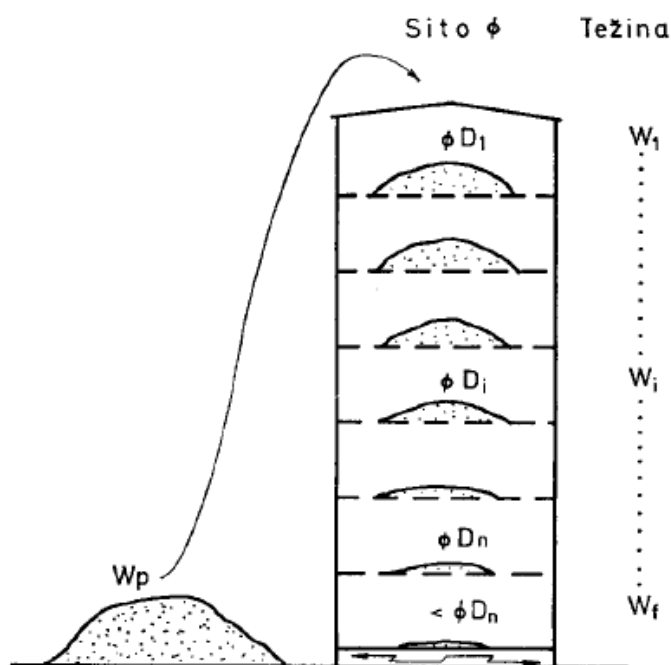
Granulometrijski sastav tla ima široku primjenu u geotehničkom inženjerstvu. Svoju primjenu nalazi u klasifikaciji tla, analizama procjeđivanja vode kroz tlo, prilikom odabira materijala za nasipavanje, podloge prometnica, određivanju filtarskih svojstava tla, analizama podložnosti tla eroziji i slično.

Granulometrijski sastav tla određuje se laboratorijskim pokusima (sijanjem i sedimentiranjem), koji su detaljnije opisani u nastavku.

6.1.1 Metoda sisanja

Metoda sisanja provodi se na način da uzorak tla prolazi kroz niz sita sve manjih otvora. Važu se ostaci uzorka tla na pojedinom situ i određuje se maseni udio pojedine frakcije. Kod metode sisanja razlikuju se suhi i mokri postupak.

Suhi postupak primjenjiv je samo na čistim pjeskovitim i šljunkovitim materijalima sa zanemarivim udjelom sitnih čestica i prema hrvatskoj normi može se koristiti na materijalima kod kojih suhi i mokri postupak daju isti rezultat [1].



Slika 33: Shema za određivanje granulometrijskog dijagrama prosijavanjem, preuzeto iz [27]



Slika 34: Sita za sisanje, preuzeto iz [1]

Oprema za sisanje

Oprema potrebna za izvođenje pokusa:

1. Termostatski kontrolirana pećnica s mogućnošću održavanja temperature na $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ i $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
2. Vaga točnosti 0.3 % i rezolucije 0.1 % od ukupne mase suhog uzorka
3. Desikator
4. Sita s mrežom od metalnih žica ili s perforiranom metalnom pločom sa odgovarajućim dnom. Maksimalni broj sita je 12 sa obaveznom upotrebom sita otvora 2mm i 0.063mm.
5. Nehrđajuće posude
6. Velike nehrđajuće ili plastične posude
7. Lopatice i četke za čišćenje sita
8. Treskalica
9. Kutija za razdjeljivanje (ili četvrtanje) uzoraka

Postupak sisanja

Prema hrvatskoj normi obvezno je sisanje provoditi mokrim postupkom, dok se suhi može izvoditi ukoliko suhi i mokri postupak daju isti rezultat.



Slika 35: Uzorak tla za sisanje

Mokri postupak

Reprezentativni uzorak priprema se četvrtanjem i sušenjem u pećnici. Ukoliko je potrebno provesti postupak sedimentiranja, to je nužno provesti na drugom uzorku koji se nije sušio u pećnici.

Nakon što se uzorak sušio u pećnici 24h na $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, suhi uzorak se važe do najbližih 0.1 % od ukupne mase suhog uzorka (m). Uzorak se stavlja u veliku posudu i potapa vodom u kojoj mora stajati najmanje 1h uz učestalo miješanje. Prema potrebi moguće je uzorak potopiti disperzivnim sredstvom kako bi se odvojile sitnije čestice u porama između krupnijih čestica. Nakon pripreme, uzorak je potrebno ispirati kroz sito otvora 2 mm koje je postavljeno iznad sita otvora 0.063 mm toliko dugo dok voda koja istječe kroz sita ne bude potpuno čista. Sav materijal koji je ostao na sitima potrebno je premjestiti, sušiti i izvagati [1].

Suhi postupak

Prilikom provođenja postupka suhog sijanja, suhi uzorak prosijava se kroz set sita do najmanje 0.063 mm i važe se tlo koje je ostalo na svakom situ. Potrebno je izvagati i materijal koji je ostao na dnu odnosno prošao kroz sito otvora 0.063 mm

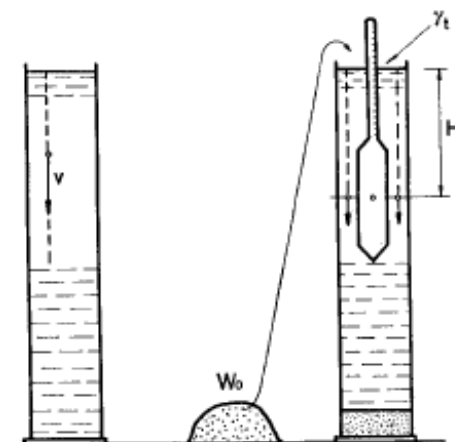
Sijanje se može vršiti pomoću treskalice ili ručno. Ukupna masa ostala na svakom situ i masa frakcija koje su prošle kroz posljednje sito moraju se zbrojiti.

Masa uzorka prije sijanja i ukupna masa uzorka nakon sijanja smiju se razlikovati za najviše 1%. ukoliko je taj postotak veći, potrebno je postupak sijanja ponoviti.

6.1.2 Sedimentiranje

Metoda sedimentiranja provodi se za čestice tla frakcije manje od 0.063 mm.

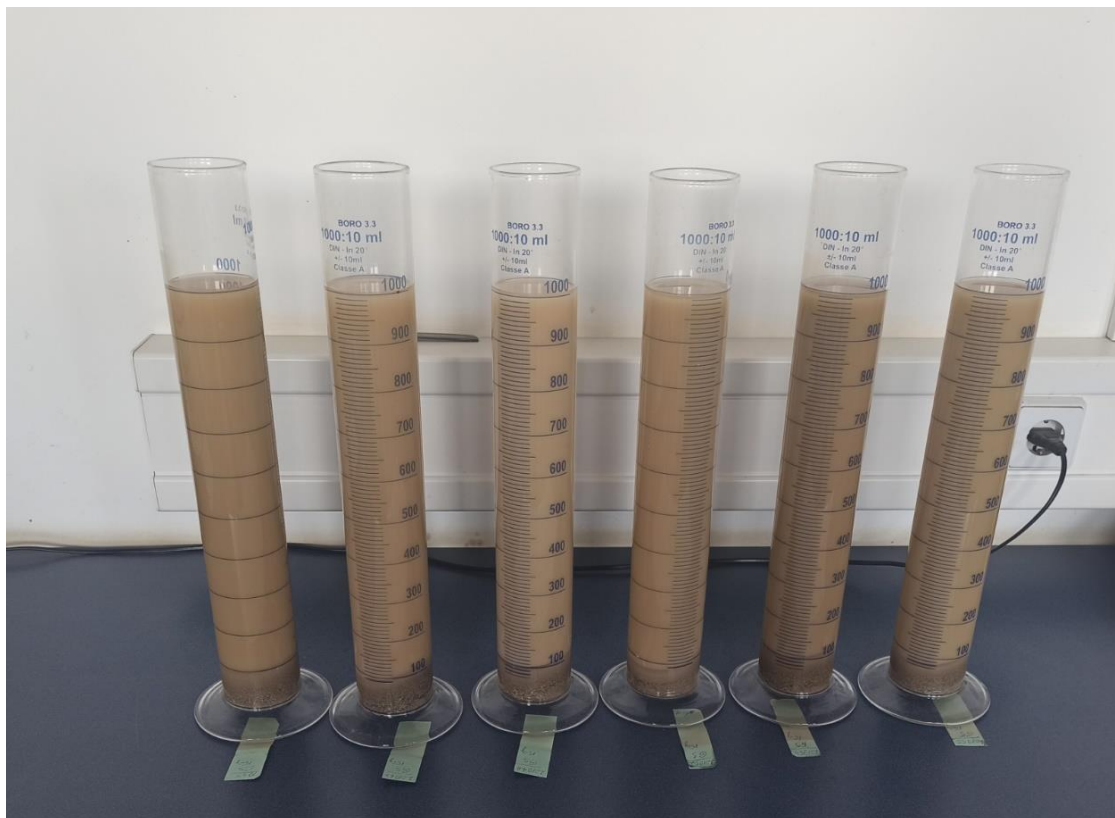
Metoda se zasniva na činjenici da se veće čestice uronjene u tekućinu talože brže od manjih čestica, uz pretpostavku da sve čestice imaju sličnu gustoću i oblik. Brzina taloženja čestica računa se prema Stockesovom zakonu [1].



Slika 36: Shmatski prikaz postupka areometriranja, preuzeto iz [27]



Slika 37: Pripremljeni uzorak u kadi za areometriranje



Slika 38: Pripremljeni uzorci za areometriranje

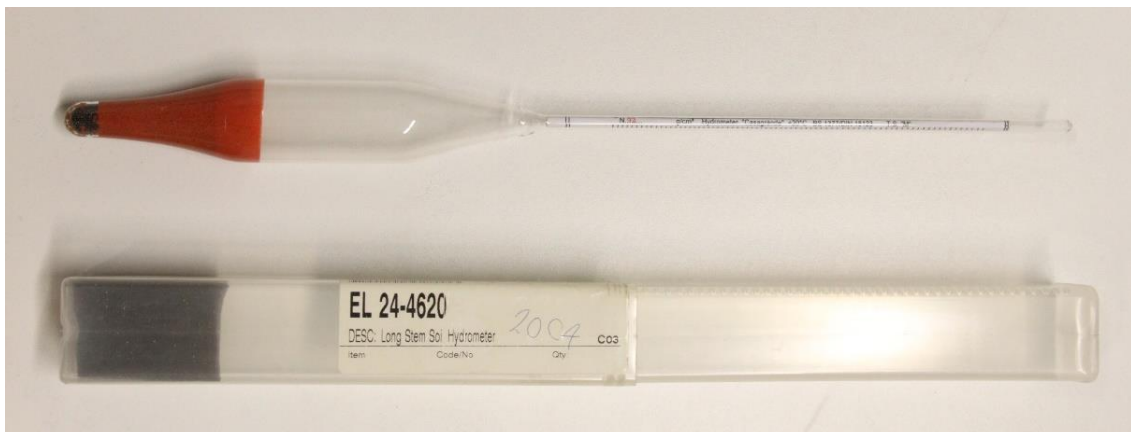
Oprema za areometriranje

1. Termostatski kontrolirana pećnica s mogućnošću održavanja temperature na $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ i $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
2. Vaga točnosti 0.3 % i rezolucije 0.1 % od ukupne mase suhog uzorka
3. Posude za sušenje (porculanske ili od nehrđajućeg čelika, minimalnog volumena 10 ml)
4. Hidrometar (areometar)
5. Menzure sa oznakama volumena
6. Kada za areometriranje
7. Termometar sa rasponom očitavanja od 0°C do 50°C i točnošću od 0.5°C
8. Štoperica sa očitanjem od 1s
9. Mehanički uređaj za miješanje ili mikser

Postupak sedimentacije areometriranjem

Kalibracija hidrometra

Prije samog pokusa potrebno je napraviti kalibraciju volumena plovka hidrometra, kalibraciju skale hidrometra, korekciju meniskusa, korekciju temperature te korekciju disperzivnog sredstva.



Slika 39: Hidrometar, preuzeto iz [1]

Priprema uzorka

Uzorak vlažnog tla treba staviti u konusnu posudu i dodati 100 ml disperzivne otopine. Mješavinu uzorka i otopine treba temeljito promiješati dok se ne dobije suspenzija tla što se može učiniti mehaničkim uređajem ili mikserom.

Pripremljen uzorak stavlja se u sito otvora 0.063 mm ispod kojeg se nalazi dno za prihvaćanje sitnih čestica. Sitne čestice potrebno je isprati mlazom vode kroz sito sa maksimalnom količinom vode koja iznosi 800 ml. Suspenzija koja je prošla kroz sito otvora 0.063 mm preljeva se u menzuru i dodaje se voda tako da ukupni volumen bude 1000 ml, a materijal koji je ostao na situ stavlja se u posudu za sušenje i u pećnicu te se nakon sušenja hladi i prosijava. Materijal koji je prošao kroz sito otvora 0.063 mm prilikom sijanja treba dodati suspenziji u menzuri u kojoj se vrši sedimentacija [1].

Uz menzuru u kojoj se vrši sedimentacija, priprema se i menzura sa referentnom otopinom. Referentna otopina sastoji se od 100 ml disperzivne otopine i 900 ml vode.

Postupak ispitivanja

Suspenzija se snažno protresa kako bi se postigla potpuna disperzija. Nakon postizanja potpune disperzije menzura se vraća u kadu, uključuje se štoperica i hidrometar se uranja u suspenziju. Pogodni intervali za očitavanja su nakon 4, 8, 30, 120, 480 min i nakon 24h. Između intervala očitavanja potrebno je napraviti očitavanje u referentnoj otopini.

Klasifikacija sitnozrnih tala vrši se pomoću dijagrama plastičnosti u koji se na apscisu nanosi vrijednost granice tečenja, w_L , s na ordinatu vrijednost indeksa plastičnosti, I_p .

Dijagram plastičnosti još se naziva i A-dijagram. A-linija definirana je odnosom [1]:

$$I_p = 0,73 * (w_L - 20) \quad (14)$$

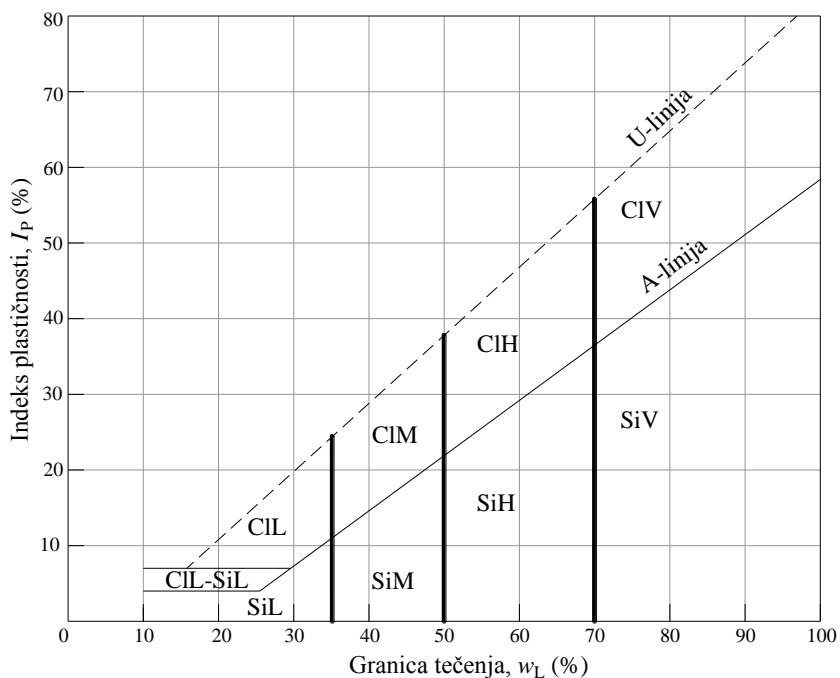
A-linija dijeli gline od prahova. Tla čiji se par vrijednosti (w_L i I_p) nalazi iznad A-linije ubrajaju se u skupinu glina, dok se tla sa parom vrijednosti (w_L i I_p) ispod A-linije ubrajaju u prahove.

U-linija definirana odnosom:

$$I_p = 0,9 * (w_L - 8) \quad (15)$$

je granična linija iznad koje se ne može nalaziti ni jedno koherentno tlo. Dijagram plastičnosti prema hrvatskoj normi HRN EN ISO 14688-2 [29] podijeljen je u četiri zone, ovisno o vrijednosti granice tečenja, pomoću koje se koherentno tlo dijeli prema stupnju plastičnosti na:

- glina ili prah niske plastičnosti
- glina ili prah srednje plastičnosti
- glina ili prah visoke plastičnosti
- glina ili prah vrlo visoke plastičnosti



Slika 40: Dijagram plastičnosti prema HRN EN ISO 14688-2, preuzeto iz [1]

Indeks konzistencije I_c je odnos razlike granice tečenja i prirodne vlažnosti i indeksa plastičnosti. U Hrvatskoj se primjenjuje kategorizacija konzistentnih stanja tla prema granicama indeksa konzistencije kako je definirano u ISO/DIN 14688 i prikazano u tablici 4. Ovim prijedlogom osigurava se: (1) da se jasno razlikuju kategorije konzistentnog stanja od kategorija krutosti tla, i po naravi parametra i po nazivu kategorija, (2) da su kategorije krutosti sukladne iskustvima u drugim zemljama i našoj praksi, (3) da se zadržavaju nazivi za konzistentna stanja iz Pravilnika za temeljenje te (4) da se rabe jasne granice za pojedine kategorije prema vrijednostima odgovarajućih parametara [30].

Tablica 4: Kategorije konzistentnog stanja tla prema ISO/DIN 14688, preuzeto iz [30]:

Kategorija konzistentnog stanja tla	Vrijednosti indeksa konzistencije I_c
vrlo meko	$I_c < 0$
meko	$0.25 < I_c < 0.5$
čvrsto	$0.5 < I_c < 0.75$
kruto	$0.75 < I_c < 1.0$
vrlo kruto	$I_c > 1.0$

Na temelju navedene kategorizacije odredile su se za ovo istraživanje granične vrijednosti indeksa konzistencije: 0, 0.5, 1 i 1.5 za koje su se laboratorijskim ispitivanjem dobile vrijednosti pripadajućih nedreniranih čvrstoća za svaki uzorak. Uz to, odredilo se koja je vrijednost indeksa konzistencije pri prirodnoj vlažnosti te se također za tu vrijednost ispitivanjem dobilo vrijednosti nedrenirane čvrstoće.

6.2.1 Granica tečenja

Granica tečenja je granica prijelaza koherentnog tla iz žitkog u plastično stanje ili obratno, ovisno smanjuje li se ili povećava količina vode.

Hrvatska norma za određivanje Atterbergovih granica HRS CEN ISO/TS 17892-12 [31] sadrži metodu padajućeg šiljka (fall cone test) kao jedinu metodu za određivanje granice tečenja.

6.2.1.1 Određivanje granice tečenja

Oprema za određivanje granice tečenja

1. *Fall cone uređaj (konusni penetrometar)*
2. *Šiljak mase 80 g i kuta šiljka 30°*
3. *Posude za uzorak*
4. *Metalno ravnalo*
5. *Hermetički nehrđajući spremnik*
6. *Ploča za miješanje uzorka*
7. *Posude za sušenje*
8. *Vaga točnosti 0,03 g, rezolucije 0,01 g*
9. *Štoperica sa očitanjem od 1s*
10. *Oprema za određivanje vlažnosti tla*

Postupak određivanja granice tečenja-priprema uzorka

Za određivanje granice tečenja potrebno je uzeti 200 g prirodnog tla koje je prošlo kroz sito otvora 0.4 mm ili 300 g tla koje je potrebno pripremiti mokrim postupkom. Krupnozrne čestice odstranjuju se iz uzorka, ali se zabilježava njihova prisutnost. Priprema se provodi ručno-lopaticama, prema potrebi se dodaje destilirana voda. Kada se konzistencija uzorka prestane mijenjati, priprema uzorka je završena. Potrebno je izbjegavati ulazak mjehurića zraka u uzorak. Atterbergove granice ispituju se neposredno nakon pripreme uzorka.



Slika 41: Priprema uzorka određivanje granice tečenja



Slika 42: Pripremljen uzorak za određivanje granice tečenja

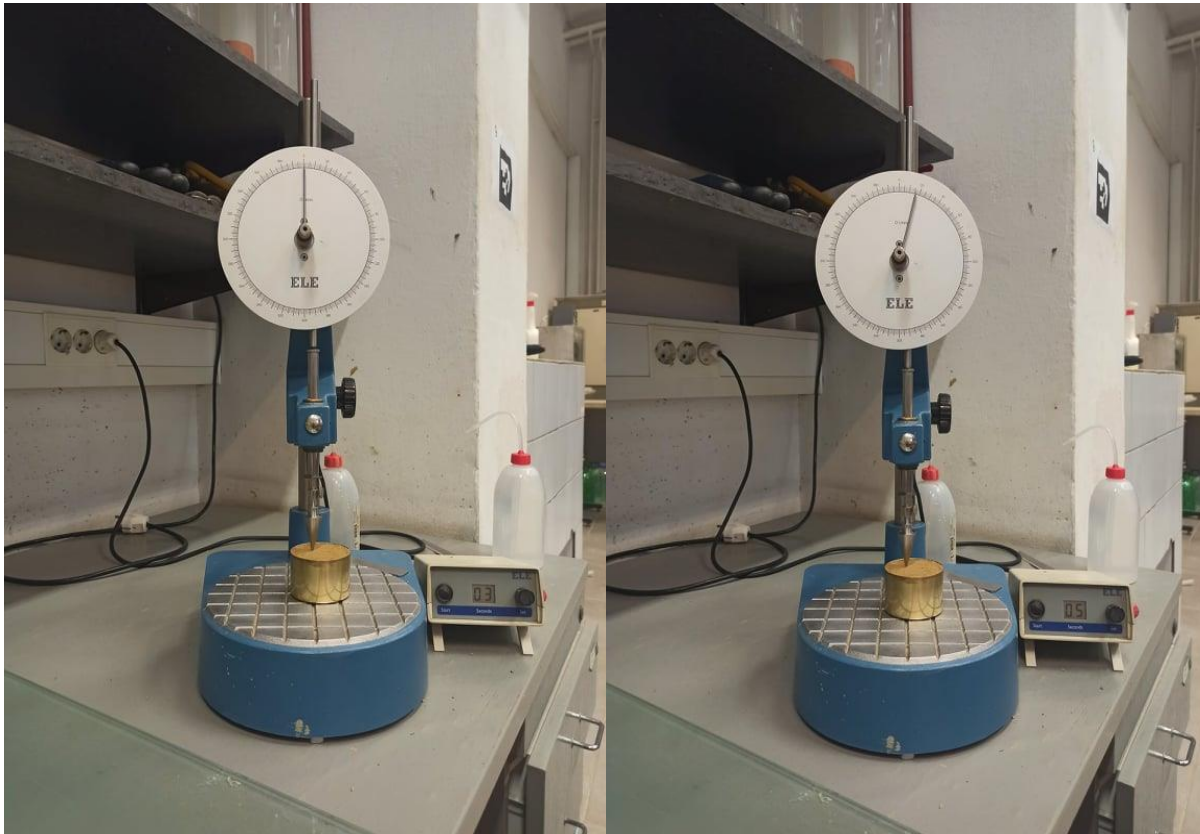
Postupak ispitivanja

Pripremljenu smjesu treba dobro promiješati. Prvo, početno očitavanje penetrometra treba biti u skladu sa zahtjevima. Zahtjevi za početno očitavanje penetrometra dani su u tablici 5.

Tablica 5: Zahtjevi za penetraciju

ZAHTJEVI ZA PENETRACIJU	80g/30°	60g/60°
Početno čitanje penetrometra	oko 15 mm	oko 7 mm
Raspon penetriranja	15 do 25 mm	7 do 15 mm
Maksimalna razlika između dva uzastopna pokusa	0.4 mm	0.4 mm
Dubina penetracije na kojoj se određuje w_L	20 mm	10 mm

Ukoliko početno očitavanje nije u skladu sa zahtjevima potrebno je smanjiti ili povećati količinu vode u uzorku. Dio izmiješanog tla stavlja se u čistu i suhu posudu za uzorak s paletnim nožem pazeći pri tome da se ne zarobi zrak. Višak tla odvaja se metalnim ravnalom kako bi se dobila glatka površina. Penetracijski šiljak se pomoću odgovarajućeg mehanizma spušta do uzorka tako da vrh šiljka dodiruje površinu uzorka [32]. Šiljak je u ispravnoj poziciji ukoliko pri pomicanju uzorka šiljak izaziva zarezivanje površine uzorka. Šiljak se otpušta i čeka se 5 ± 1 s. Zbog dilatacije i kretanja vode u uzorku može se pojaviti naknadno tonjenje šiljka. Konačna pozicija šipke penetrometra zapisuje se do najbližih 0.1 mm. U posudu za uzorak dodaje se još malo uzorka i zaglađuje se površina. Postupak ispitivanja se ponavlja dok se ne zadovolje zahtjevi. Zatim se računa prosječna vrijednost zadnje dvije penetracije. Nakon ispitivanja uzima se uzorak tla na kojem se određuje vlažnost. Postupak ispitivanja ponavlja se najmanje 3 puta na istom uzorku koji ima različitu vlažnost. Količina vode koja se dodaje ili oduzima treba biti takva da raspon penetracijskih vrijednosti bude pokriven s četiri ili više ponavljanja te da su očitavanja jednoliko raspodijeljena [1].



Slika 43: Pokus padajućeg šiljka pri određivanju granice tečenja



Slika 44: Uzimanje uzoraka za određivanje vlažnosti nakon pokusa padajućeg šiljka

6.2.2 Granica plastičnosti

Granica plastičnosti je granica prijelaza koherentnog tla iz plastičnog u polučvrsto stanje ili obratno, ovisno o tome smanjuje li se ili povećava količina vode.

Određivanje granice plastičnosti valjanjem valjčića sastavni je dio hrvatske norme za određivanje Atterbergovih granica HRS CEN ISO/TS 17892-12 [31]. To je ujedno i jedina metoda za određivanje granice plastičnosti.

6.2.2.1 Određivanje granice plastičnosti

Oprema za određivanje granice plastičnosti

1. Ploča za valjanje valjčića
2. Dva paletna noža ili lopatice
3. Šipka promjera 3 mm i duljine 100 mm
4. Posudice za pripremljene valjčiće
5. Oprema za određivanje vlažnosti tla

Postupak određivanja granice plastičnosti- priprema uzorka

Uzorak pripremljen za određivanje granice tečenja koristi se istovremeno i za određivanje granice plastičnosti.

Postupak ispitivanja

Iz pripremljenog uzorka tla za određivanje granice tečenja odvaja se oko 20 g i stavlja na ploču za valjanje valjčića. Uzorak sedjelomično suši kako bi postao dovoljno plastičan da se može oblikovati u kuglicu. Kuglica tla miješa se među prstima i valja između dlanova sve dok se ne počnu pojavljivati pukotine na uzorku. Takav uzorak dijeli se na dva poduzorka mase oko 10 g i određuje se granica plastičnosti zasebno na svakom poduzorku. Oba poduzorka podijele se na četiri jednaka dijela. Svaka četvrtina poduzorka oblikuje se u valjak promjera oko 6 mm između kažiprsta i palca obje ruke. Valjak se valja na ploči za valjanje konstantnim pritiskom sve dok se ne promjer valjka ne smanji na 3 mm. Postupak valjanja se ponavlja sve dok valjčići ne počnu pucati uzdužno i poprečno u trenutku kada im je promjer 3 mm. Promjer valjčića provjerava se kontrolnom šipkom. Kidanje valjčića ukazuje na dostizanje granice plastičnosti. Dijelove pokidanih valjčića treba sakupiti u posudicu sa poklopcem [32]. Postupak se ponavlja za sve četvrtine poduzorka. Nakon ispitivanja prvog poduzorka, postupak se ponavlja za drugi poduzorak. Iskidani valjčići drugog poduzorka stavljaju se u drugu posudicu s poklopcem [1].



Slika 45: Postupak valjanja valjčića za određivanje granice plastičnosti



Slika 46: Valjčići nakon završetka pokusa i uzorci za određivanje vlažnosti

6.3 Nedrenirana čvrstoća tla

Nedrenirana čvrstoća tla c_u je najveće posmično naprezanje u trenutku sloma tla, u uvjetima relativno brze promjene opterećenja, kod kojeg nije došlo do promjene vlažnosti tla. Takvi uvjeti se redovno pojavljuju kod izvedbe standardnih geotehničkih zahvata u sitnozrnim tlima male propusnosti, kod kojih za vrijeme trajanja izvedbe radova ne može doći do značajnije promjene količine vode u porama tla. U krupnozrnim tlima takvi se uvjeti rijetko javljaju zbog njihove velike propusnosti. Ipak moguća je pojava takvih uvjeta prilikom potresa ili uslijed dinamičkog djelovanja temelja teških strojeva [1].

Nedrenirana čvrstoća tla izravno je proporcionalna težini šiljka i obrnuto proporcionalna kvadratu dubine prodiranja šiljka u uzorak tla. Na temelju eksperimentalnih i numeričkih analiza razvijen je izraz za nedreniranu čvrstoću:

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c - konstanta šiljka

m - masa šiljka

g - ubrzanje gravitacije

i - dubina prodiranja šiljka

određivanje nedrenirane čvrstoće tla pokusom padajućeg šiljka sastavni je dio hrvatskog standarda HRS CEN ISO/TS 17892-6 [9].

6.3.1 Određivanje nedrenirane čvrstoće tla pokusom padajućeg šiljka

Oprema za određivanje nedrenirane čvrstoće

1. *Fall cone uređaj (konusni penetrometar)*
2. *Šiljak mase 80g i kuta šiljka 30°*
3. *Posude za uzorak*
4. *Metalno ravnalo*
5. *Hermetički nehrđajući spremnik*
6. *Ploča za miješanje uzorka*
7. *Posude za sušenje*
8. *Vaga točnosti 0.03 g, rezolucije 0.01 g*
9. *Štoperica sa očitanjem od 1s*
10. *Oprema za određivanje vlažnosti tla*

Priprema uzorka

Pokus se može provoditi na neporemećenim i na potpuno poremećenim uzorcima. Za potrebe ovog istraživanja ispitivanja su se provodila na potpuno poremećenim uzorcima.

Uzorci se pripremaju na način da se iz uzorka odstranjuju proslojci pijeska i leće krupnozrnog tla ukoliko su isti prisutni, i njihova prisutnost se mora zabilježiti. Tlo se mora potpuno poremetiti ručnim miješanjem, uz izbjegavanje ulaska mjehurića zraka u uzorak. Priprema uzorka završena je kada se konzistencija uzorka prestane mijenjati. Dio potpuno poremećenog uzorka paletnim nožem stavlja se u posudu za uzorak, pazeći da se ne zarobi zrak. Višak tla potrebno je odvojiti metalnim ravnalom kako bi se dobila ravna i glatka površina.



Slika 47: Priprema uzorka za sušenje



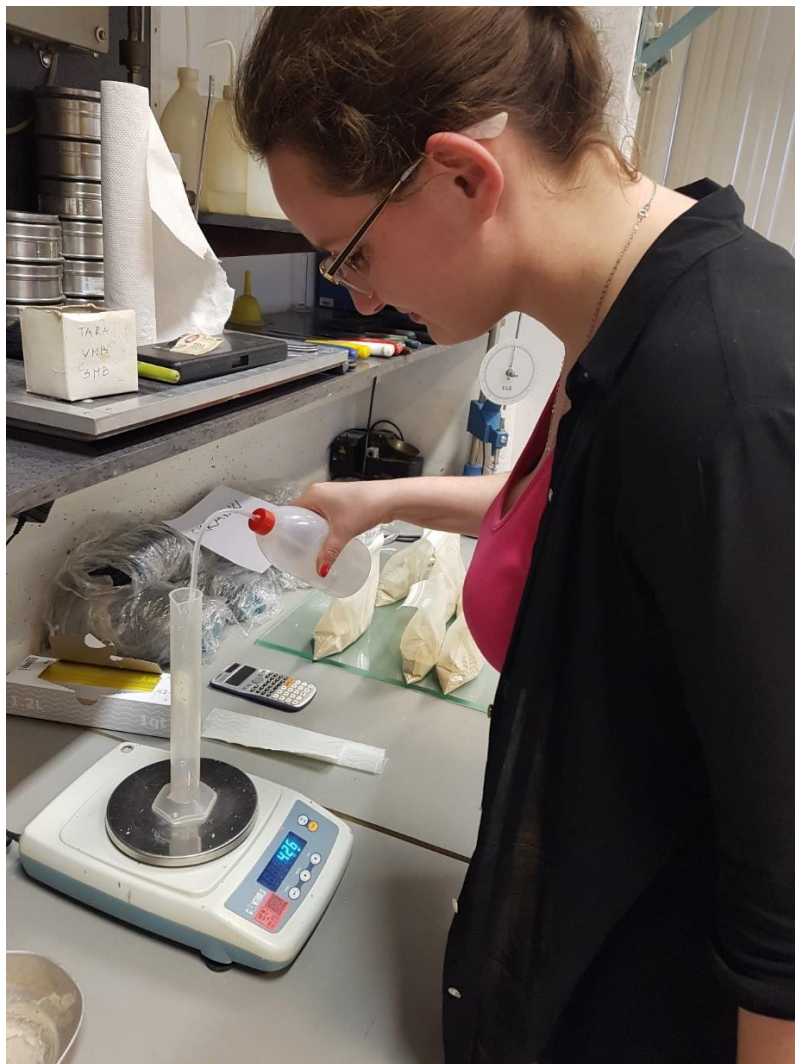
Slika 48: Osušeni uzorci



Slika 49: Postupak usitnjavanja osušenog uzorka



Slika 50: Pripremljeni suhi uzorci



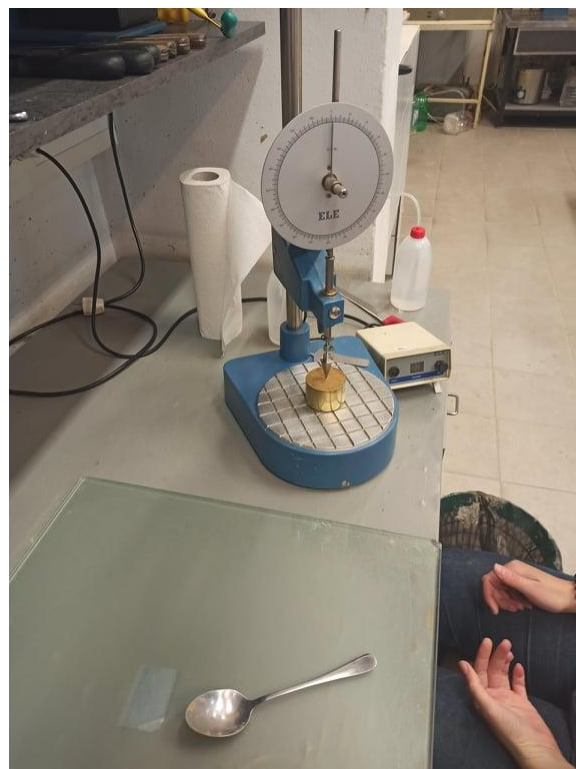
Slika 51: Vaganje vode koja se dodaje u uzorak

Postupak ispitivanja

Penetracijski šiljak se pomoću odgovarajućeg mehanizma spušta do uzorka tako da vrh šiljka dodiruje površinu uzorka [32]. Šiljak je u ispravnoj poziciji ukoliko pri pomicanju uzorka šiljak izaziva zarezivanje površine uzorka. Šiljak se otpušta i čeka se $5s \pm 1s$. zbog dilatacije i kretanja vode u uzorku može se pojaviti naknadno tonjenje šiljka. Konačna pozicija šipke penetrometra zapisuje se do najbližih 0.1 mm. Šiljak se pažljivo podiže, izvlači i čisti. Ukoliko je prodiranje šiljka veće od 20 mm potrebno je odabrati lakši šiljak ili šiljak sa većim kutom. Ukoliko je prodiranje šiljka manje od 5 mm potrebno je odabrati teži ili šiljak sa manjim kutom. Pokus se ponavlja sve dok 2 uzastopna pokusa ne pokažu istu vrijednost prodiranja šiljka [1].



Slika 52: Uzorak u posudici



Slika 53: Pokus padajućeg šiljka pri određivanju nedrenirane čvrstoće (prije pokusa)



Slika 54: Pokus padajućeg šiljka pri određivanju nedrenirane čvrstoće (nakon pokusa)

7 Rezultati

U nastavku su dani sumarni rezultati laboratorijskih ispitivanja na odabranim uzorcima sitnozrnog tla. Rezultati su prikazani u obliku tablice za svako pilot područje (Kravarsko i Laz) zasebno.

Vrijednosti u tablici koje su plave boje odnose se na vrijednosti parametara pri prirodnoj vlažnosti uzorka. Također, za vrijednosti prirodne vlažnosti, kao i za vrijednosti indeksa konzistencije, postoje dva stupca: jedan koji se odnosi na teoretsku vrijednost (vrijednost vlažnosti koja bi rezultirala s indeksom konzistencije 0, 0.5, 1.0 te 1.5) i drugi koji se odnosi na ispitivanjem dobivenu vrijednost (i koja približno odgovara teoretskoj vrijednosti).

Dakle, teoretske vrijednosti indeksa konzistencije određene su na temelju kategorizacije konzistentnih stanja tla prema HRN EN ISO14688-1 [33] i na temelju njih i pokusom dobivenih vrijednosti granica tečenja, pomoću izraza koji definira indeks konzistencije $I_c = \frac{w_L - w_0}{I_p}$, definirane su vrijednosti teoretskih prirodnih vlažnosti pri tim vrijednostima I_c .

Budući da dodavanjem vode u uzorak, da bi se dobila potrebna vlažnost, nije moguće dobiti ravnomjerno raspoređenu vlažnost unutar uzorka, postoji razlika između one vlažnosti koja je teoretski određena i vlažnosti koja je dobivena. Sve razlike teoretske i dobivene vrijednosti I_c i c_u unutar su odstupanja od 2%.

Za svaku vrijednost indeksa konzistencije pokusom padajućeg šiljka dobivene su pripadajuće vrijednosti nedrenirane čvrstoće. Ove vrijednosti stavljene su u međusobnu ovisnost te je uspostavljena eksponencijalna funkcija ovisnosti nedrenirane čvrstoće o indeksu konzistencije, što je prikazano u sljedećem poglavlju.

Legenda za tablice 6 i 7:

- w_0 – prirodna vlažnost tla
- w_l – granica tečenja tla
- w_p – granica plastičnosti tla
- I_c – indeks konzistencije tla
- c_u – nedrenirana čvrstoća tla u pregnječenom stanju
- I_t – indeks tečenja tla

Tablica 6: Prikaz rezultata za pilot područje klizišta Kravarsko

bušotina	dubina	lc-teoretski	wl	wp	w0-teoretski	w0-dobiveno	Δw0	lc-dobiveno	Δlc	prodiranje šiljka	cu	lt
B1	0,70-1,00	1,50	43,66	22,16	11,41	10,05	1,36	1,56	-0,06	0,60	1744,00	-0,56
		1,08	43,66	22,16	20,44	20,70	-0,26	1,07	0,01	1,10	518,88	-0,07
		1,00	43,66	22,16	22,16	20,97	1,19	1,06	-0,06	1,30	371,50	-0,06
		0,50	43,66	22,16	32,91	31,13	1,78	0,58	-0,08	5,90	18,04	0,42
		0,00	43,66	22,16	43,66	43,66	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
	1,70-2,00	1,50	31,39	16,69	9,34	8,15	1,19	1,58	-0,08	0,50	2511,36	-0,58
		1,00	31,39	16,69	16,69	16,18	0,51	1,03	-0,03	2,00	156,96	-0,03
		0,62	31,39	16,69	22,276	20,73	1,55	0,73	-0,11	4,00	39,24	0,27
		0,50	31,39	16,69	24,04	24,82	-0,78	0,45	0,05	4,70	28,42	0,55
		0,00	31,39	16,69	31,39	31,39	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
	2,70-3,00	1,50	22,29	14,07	9,96	9,35	0,61	1,57	-0,07	1,60	245,25	-0,57
		1,00	22,29	14,07	14,07	12,76	1,31	1,16	-0,16	1,30	371,50	-0,16
		0,50	22,29	14,07	18,18	17,44	0,74	0,59	-0,09	1,70	217,25	0,41
		0,25	22,29	14,07	20,24	20,37	-0,14	0,23	0,02	6,30	15,82	0,77
		0,00	22,29	14,07	22,29	22,29	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
	6,70-7,00	1,50	67,05	24,6	3,38	3,75	-0,37	1,49	0,01	0,65	1486,01	-0,49
		1,00	67,05	24,6	24,6	26,34	-1,74	0,96	0,04	2,90	74,65	0,04
		0,68	67,05	24,6	38,18	38,16	0,02	0,68	0,00	4,80	27,25	0,32
		0,50	67,05	24,6	45,83	44,94	0,88	0,52	-0,02	8,10	9,57	0,48
		0,00	67,05	24,6	67,05	67,05	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
B2	1,70-2,00	1,50	35,99	20,82	13,24	12,68	0,56	1,54	-0,04	0,30	6976,00	-0,54
		1,00	35,99	20,82	20,82	21,32	-0,50	0,97	0,03	1,80	193,78	0,03
		0,61	35,99	20,82	34,4063	25,79	8,62	0,67	-0,06	2,55	96,55	0,33
		0,50	35,99	20,82	28,41	27,61	0,80	0,55	-0,05	4,00	39,24	0,45
		0,00	35,99	20,82	35,99	35,99	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
	4,70-5,00	1,50	61,36	26,65	9,30	9,76	-0,46	1,49	0,01	1,50	279,04	-0,49
		1,00	61,36	26,65	26,65	28,04	-1,39	0,96	0,04	1,70	217,25	0,04
		0,88	61,36	26,65	30,82	30,29	0,53	0,90	-0,02	1,95	165,11	0,10
		0,50	61,36	26,65	44,01	43,17	0,84	0,52	-0,02	4,50	31,00	0,48
		0,00	61,36	26,65	61,36	61,36	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
	6,70-7,00	1,50	56,51	25,37	9,8	9,20	0,60	1,52	-0,02	0,90	775,11	-0,52
		1,06	56,51	25,37	23,50	22,25	1,25	1,10	-0,04	1,90	173,92	-0,10
		1,00	56,51	25,37	25,37	25,79	-0,42	0,99	0,01	2,35	113,69	0,01
		0,50	56,51	25,37	40,94	39,72	1,22	0,54	-0,04	7,70	10,59	0,46
		0,00	56,51	25,37	56,51	56,51	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
B3	2,70-3,00	1,50	38,8	19,96	10,54	10,82	-0,28	1,49	0,01	0,70	1281,31	-0,49
		1,00	38,8	19,96	19,96	19,98	-0,02	1,00	0,00	1,10	518,88	0,00
		0,83	38,8	19,96	23,16	23,38	-0,22	0,82	0,01	2,35	113,69	0,18
		0,50	38,8	19,96	29,38	28,95	0,43	0,52	-0,02	4,70	28,42	0,48
		0,00	38,8	19,96	38,8	38,80	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
	6,70-7,00	1,50	53,72	23,10	7,79	8,92	-1,13	1,46	0,04	1,20	436,00	-0,46
		1,00	53,72	23,10	23,1	24,36	-1,26	0,96	0,04	1,50	279,04	0,04
		0,86	53,72	23,10	27,39	28,06	-0,67	0,84	0,02	3,40	54,31	0,16
		0,50	53,72	23,10	38,41	38,29	0,12	0,50	0,00	6,55	14,63	0,50
		0,00	53,72	23,10	53,72	53,72	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
B4	1,70-2,00	1,50	43,85	22,35	11,6	12,02	-0,42	1,48	0,02	0,75	1116,16	-0,48
		1,00	43,85	22,35	22,35	21,49	0,86	1,04	-0,04	1,20	436,00	-0,04
		0,99	43,85	22,35	22,57	24,03	-1,47	0,92	0,07	1,70	217,25	0,08
		0,50	43,85	22,35	33,1	32,39	0,71	0,53	-0,03	4,60	29,67	0,47
		0,00	43,85	22,35	43,85	43,85	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
	4,70-5,00	1,50	56,11	25,85	10,72	12,08	-1,36	1,46	0,04	1,20	436,00	-0,46
		1,08	56,11	25,85	23,43	25,00	-1,57	1,03	0,05	1,30	371,50	-0,03
		1,00	56,11	25,85	25,85	25,63	0,22	1,01	-0,01	1,50	279,04	-0,01
		0,50	56,11	25,85	40,98	40,93	0,05	0,50	0,00	5,45	21,14	0,50
		0,00	56,11	25,85	56,11	56,11	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
	7,70-8,00	1,50	51,34	24,58	11,2	11,91	-0,71	1,47	0,03	0,30	6976,00	-0,47
		1,14	51,34	24,58	20,83	19,20	1,63	1,20	-0,06	1,00	627,84	-0,20
		1,00	51,34	24,58	24,58	24,48	0,10	1,00	0,00	1,20	436,00	0,00
		0,50	51,34	24,58	37,96	36,51	1,45	0,55	-0,05	5,40	21,53	0,45
		0,00	51,34	24,58	51,34	51,34	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00

Tablica 7: Prikaz rezultata za pilot područje klizišta Laz Bistrički

bušotina	dubina	lc-teoretski	wl	wp	w0- teoretski	wo-dobiveno	$\Delta w0$	lc-dobiveno	Δlc	prodiranje šiljka	cu	lt
B1	9,20-9,50	1,50	64,75	23,49	2,86	2,88	0,02	1,50	0,00	1,00	627,84	-0,50
		1,00	64,75	23,49	23,49	24,25	0,76	0,98	0,02	2,30	118,68	0,02
		0,90	64,75	23,49	27,75	28,16	0,41	0,89	0,01	4,10	37,35	0,11
		0,50	64,75	23,49	44,12	43,21	-0,91	0,52	-0,02	9,60	6,81	0,48
		0,00	64,75	23,49	64,75	64,75	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
B2	4,70-5,00	1,50	59,48	28,19	12,55	12,27	-0,28	1,51	-0,01	0,70	1281,31	-0,51
		1,00	59,48	28,19	28,19	28,03	-0,16	1,01	-0,01	2,20	129,72	-0,01
		0,87	59,48	28,19	32,31	33,5	1,19	0,83	0,04	5,85	18,35	0,17
		0,50	59,48	28,19	43,84	42,78	-1,06	0,53	-0,03	10,00	6,28	0,47
		0,00	59,48	28,19	59,48	59,48	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
	8,20-8,50	1,50	51,17	21,05	5,99	6,67	0,68	1,48	0,02	1,40	320,33	-0,48
		1,05	51,17	21,05	19,59	19,93	0,34	1,04	0,01	2,00	156,96	-0,04
		1,00	51,17	21,05	21,05	20,42	-0,63	1,02	-0,02	2,15	135,82	-0,02
		0,50	51,17	21,05	36,11	35,24	-0,87	0,53	-0,03	9,40	7,11	0,47
		0,00	51,17	21,05	51,17	51,17	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
B3	4,20-4,50	1,50	53,65	22,39	6,76	8,24	1,48	1,45	0,05	1,05	569,47	-0,45
		1,00	53,65	22,39	22,39	23,16	0,77	0,98	0,02	2,20	129,72	0,02
		0,86	53,65	22,39	26,90	26,24	-0,66	0,88	-0,02	4,30	33,96	0,12
		0,50	53,65	22,39	38,02	37,38	-0,64	0,52	-0,02	13,50	3,44	0,48
		0,00	53,65	22,39	53,65	53,65	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
B4	2,70-3,00	1,50	55,61	22,74	6,31	6,36	0,05	1,50	0,00	0,60	1744,00	-0,50
		1,00	55,61	22,74	22,74	22,77	0,03	1,00	0,00	0,90	775,11	0,00
		0,77	55,61	22,74	30,31	29,59	-0,72	0,79	-0,02	1,65	230,61	0,21
		0,50	55,61	22,74	39,18	37,60	-1,58	0,55	-0,05	5,50	20,76	0,45
		0,00	55,61	22,74	55,61	55,61	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
	7,00-7,30	1,50	49,00	25,20	13,30	12,47	-0,83	1,53	-0,03	0,90	775,11	-0,53
		1,19	49,00	25,20	20,59	20,84	0,25	1,18	0,01	1,30	371,50	-0,18
		1,00	49,00	25,20	25,20	25,34	0,14	0,99	0,01	2,70	86,12	0,01
		0,50	49,00	25,20	37,1	36,38	-0,72	0,53	-0,03	7,55	11,01	0,47
		0,00	49,00	25,20	49,00	49,00	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
B5	4,70-5,00	1,50	92,39	35,70	7,35	7,24	-0,11	1,50	0,00	1,25	401,82	-0,50
		1,00	92,39	35,70	35,7	35,95	0,25	1,00	0,00	1,90	173,92	0,00
		0,78	92,39	35,70	48,20	47,11	-1,09	0,80	-0,02	3,40	54,31	0,20
		0,50	92,39	35,70	64,05	63,46	-0,59	0,51	-0,01	13,70	3,35	0,49
		0,00	92,39	35,70	92,39	92,39	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
B6	2,70-3,00	1,50	81,63	28,91	2,55	2,5	-0,05	1,50	0,00	1,60	245,25	-0,50
		1,00	81,63	28,91	28,91	28,87	-0,04	1,00	0,00	2,40	109,00	0,00
		0,73	81,63	28,91	43,13	43,65	0,52	0,72	0,01	5,05	24,62	0,28
		0,50	81,63	28,91	55,27	55,07	-0,20	0,50	0,00	9,35	7,18	0,50
		0,00	81,63	28,91	81,63	81,63	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00
	7,00-7,30	1,50	64,18	31,28	14,83	14,79	-0,04	1,50	0,00	1,20	436,00	-0,50
		1,00	64,18	31,28	31,28	31,27	-0,01	1,00	0,00	1,65	230,61	0,00
		0,83	64,18	31,28	36,87	35,34	-1,53	0,88	-0,05	1,40	320,33	0,12
		0,50	64,18	31,28	47,73	47,76	0,03	0,50	0,00	6,05	17,15	0,50
		0,00	64,18	31,28	64,18	64,18	0,00	0,00	0,00	20,00	1,57	1,00

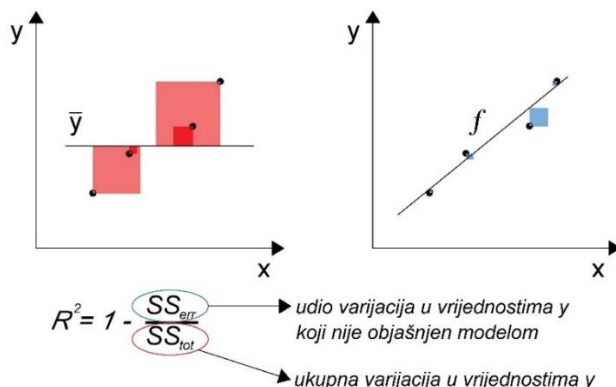
8 Rasprava

Dobiveni rezultati, prikazani u prethodnom poglavlju, omogućavaju dobivanje dijagrama rasipanja, a time posljedično i uspostavu funkcije regresije i jačine veze (preko koeficijenta determinacije).

Regresijska analiza je matematički (statistički) postupak za pronalaženje krivulje koja prolazi kroz zadani skup točaka uz minimiziranje sume kvadrata odstupanja zadanih točaka od te krivulje. U najjednostavnijem slučaju prisutna je linearna zavisnost jedne varijable (y) o jednoj nezavisnoj varijabli (x) –linearna regresija, a moguća je i zavisnost jedne varijable (y) o više nezavisnih varijabli – multivarijatna regresija te nelinearna regresija. Kod nelinearne regresije javljaju se problemi konvergiranja te je moguće da postoji više rješenja. Stoga se u većini slučajeva nelinearne zavisnosti nastoje linearizirati te provesti linearna regresija. Modeli koji linearno ovise o svojim nepoznatim parametrima lakše se modeliraju nego modeli sa nelinearnom ovisnošću o parametrima—primjena linearne algebre. Također, statistička svojstva rezultirajućih estimatora se lakše određuju [34].

Iako se uspostavljenim regresijskim funkcijama aproksimira povezanost između varijabli, same funkcije ne daju podatak o snazi, tj. čvrstoći, same veze. Da bi se odredila pouzdanost regresijske funkcije s aspekta vjerodostojnog reprezentiranja povezanosti varijabli, potrebno je uvesti i koeficijent determinacije koji ukazuje mjeru u kojoj su promjene vrijednosti jedne varijable povezane s promjenama vrijednosti druge varijable.

Koeficijent determinacije ("R squared") $0 \leq R^2 \leq 1$ predstavlja omjer modelom opisanih varijacija u odnosu na ukupne varijacije podataka. Daje udio varijacije jedne varijable koji se može predvidjeti iz druge varijable i pokazuje koliko dobro linearna regresija opisuje zadane podatke. Ako je npr. $R = 0,9$ $R^2 = 0,81$, to znači da se 81% ukupne varijacije u y može objasniti linearnom ovisnošću između x i y dok se preostalih 19% ne može objasniti linearnom ovisnošću [35].

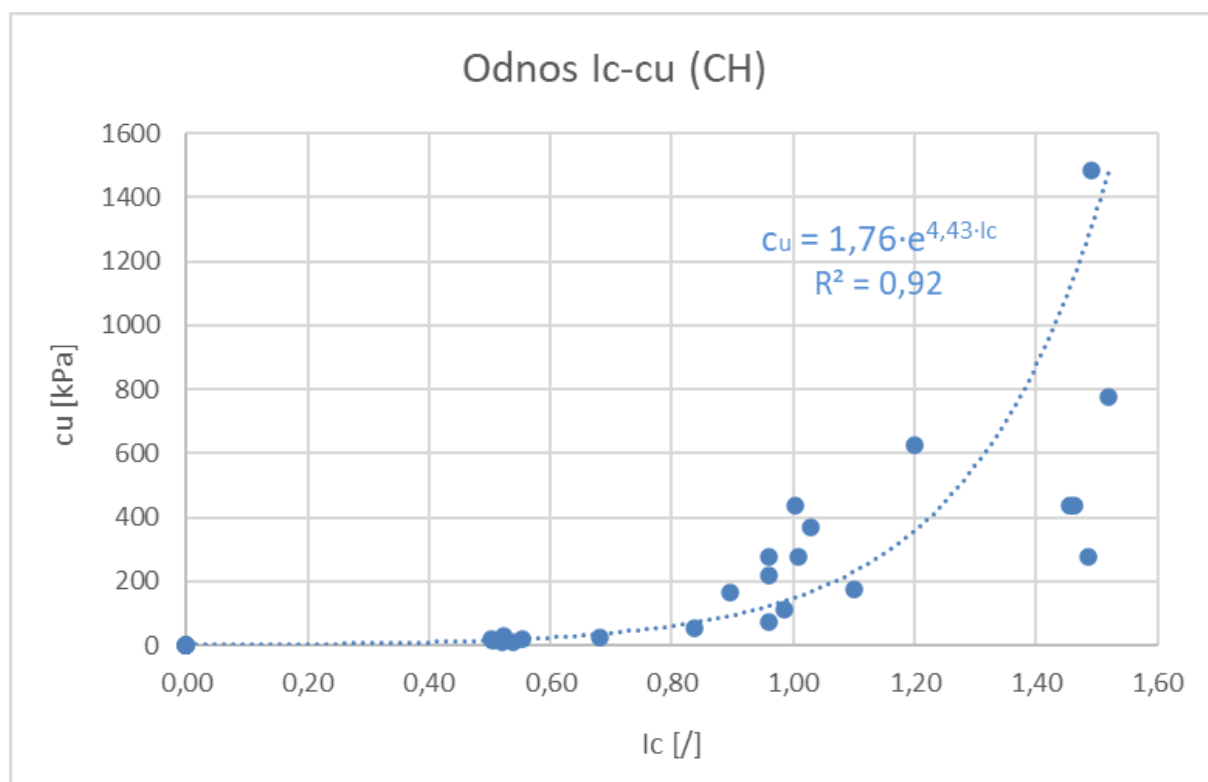


Slika 55: Koeficijent determinacije [35]

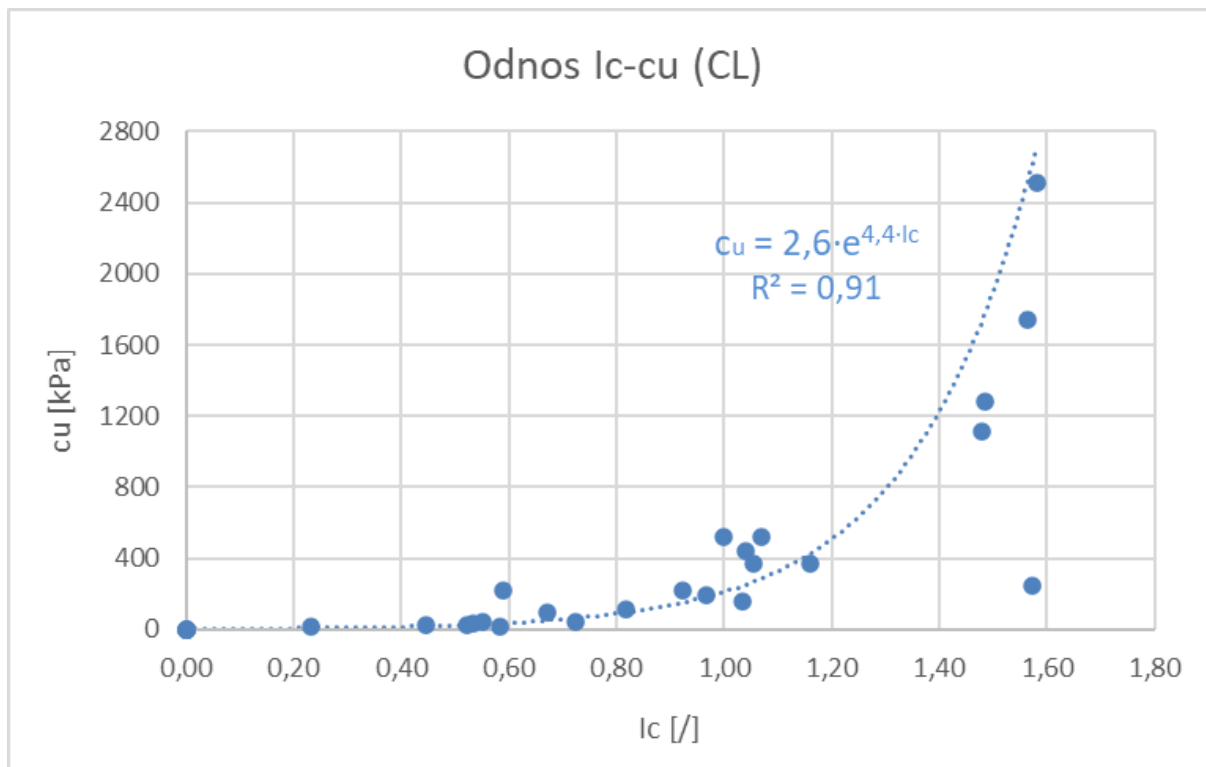
Korijen koeficijenta determinacije predstavlja koeficijent korelacije (R). Prema Petz-u [36] gruba aproksimacija koeficijenta korelacije podrazumijeva nikakvu ili neznatnu povezanost za $0 \leq r < 0.2$, blagu povezanost za $0.2 \leq r < 0.4$, značajnu povezanost za $0.4 \leq r < 0.7$ te visoku ili vrlo visoku povezanost za $0.7 \leq r \leq 1.0$.

Na slikama 56-58 su prikazani dijagrami rasipanja, regresijske funkcije te koeficijenti determinacije za:

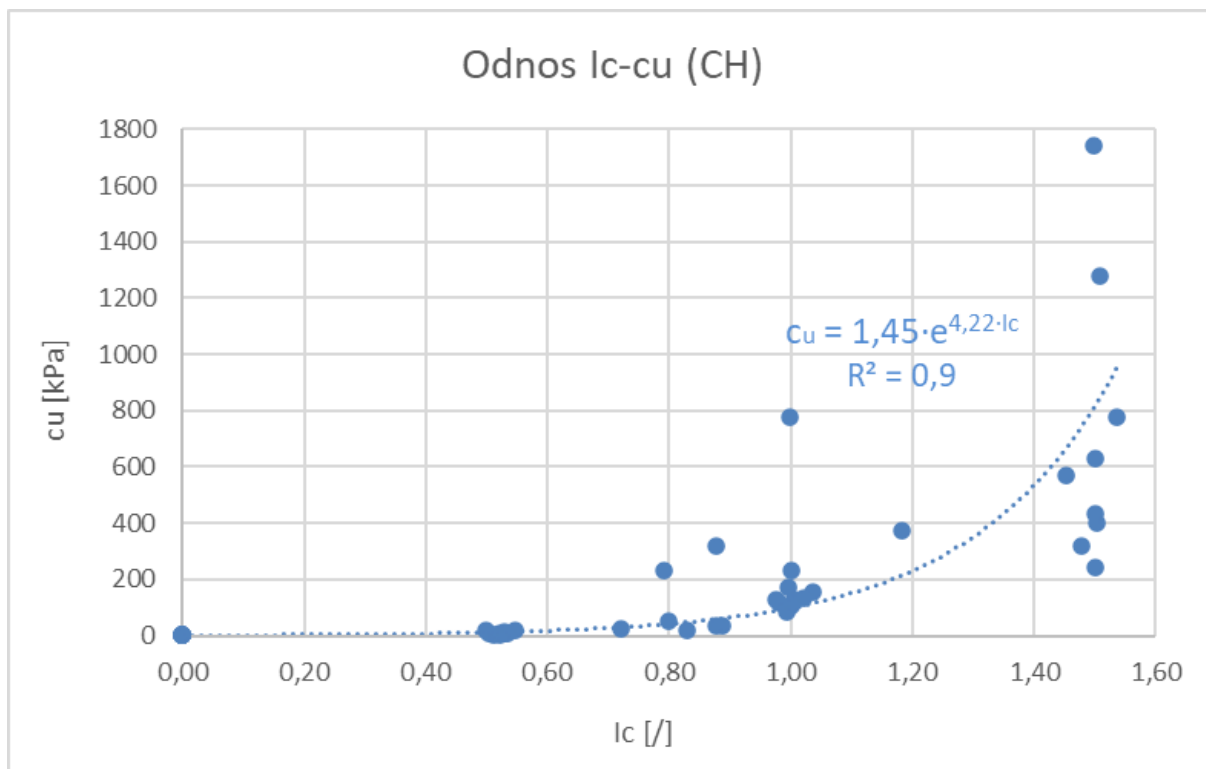
- Klizište Kravarsko: detektirani slojevi visokoplastične gline i niskoplastične gline
- Klizište Laz Bistrički: detektirani sloj visokoplastične gline



Slika 56: Odnos Ic-cu za glinu visoke plastičnosti na pilot području Kravarsko



Slika 57: Odnos I_c - c_u za glinu niske plastičnosti na pilot području Kravarsko



Slika 58: Odnos I_c - c_u za glinu visoke plastičnosti na pilot području Laz Bistrički

Nakon analize dobivenih rezultata uspostavljeni korelacijske funkcije indeksa konzistencije i nedrenirane čvrstoće u pregriječenom stanju za istraživano područje Kravarsko:

- Za gline visoke plastičnosti (CH)

$$c_u = 1,76 \cdot e^{4,43 \cdot I_c} \quad (16)$$

s koeficijentom determinacije: $R^2 = 0,92$

- Za gline niske plastičnosti (CL)

$$c_u = 2,6 \cdot e^{4,4 \cdot I_c} \quad (17)$$

s koeficijentom determinacije: $R^2 = 0,91$

Nakon analize dobivenih rezultata uspostavljeni korelacijske funkcije indeksa konzistencije i nedrenirane čvrstoće u pregriječenom stanju za istraživano područje Laz Bistrički:

- Za gline visoke plastičnosti (CH)

$$c_u = 1,45 \cdot e^{4,2 \cdot I_c} \quad (18)$$

s koeficijentom determinacije: $R^2 = 0,90$

Vidljivo je da je snaga veze između indeksa konzistencije i nedrenirane čvrstoće u pregriječenom stanju za oba klizišta veća od 0.90 (koeficijent determinacije), što prema Petzu-u upućuje na vrlo visoku povezanost s koeficijentom korelacije veće od 0.95.

Time se može, na temelju rezultata ispitivanja i statističke obrade prikupljenih podataka, uspostaviti opći oblik transformacijskog modela koji stavlja u odnos indeks konzistencije, kao jednog od osnovnih klasifikacijskih pokazatelja tla, i nedrenirane čvrstoće u pregriječenom stanju, kao glavnog pokazatelja čvrstoće tla u nedreniranim uvjetima:

$$c_u = A \cdot e^{B \cdot I_c} \quad (19)$$

gdje su A i B empirijski koeficijenti karakteristični za pojedinu mikrolokaciju klizišta.

Za istraživana područja dobiveni su empirijski koeficijenti A i B koji su prikazani u tablici 8:

Tablica 8: Empirijski koeficijenti A i B za klizišta Kravarsko i Laz Bistrički

		A	B
Kravarsko	CH	1,76	4,43
Kravarsko	CL	2,60	4,41
Laz Bistrički	CH	1,45	4,20

Navedeni rezultati i statistička obrada jasno potvrđuju hipotezu istraživanja da se nedrenirana kohezija, kao mjerodavni parametar čvrstoće za nedrenirane uvjete u tlu, može pouzdano procijeniti na temelju vrijednosti indeksa konzistencije, određenog primjenom jednostavnih laboratorijskih klasifikacijskih pokusa.

Jednadžba (19) ukazuje da je ostvaren glavni cilj istraživanja - uspostava odnosa nedrenirane kohezije tla, kao mjerodavnog parametra čvrstoće za nedrenirane uvjete u tlu, i indeksa konzistencije, kao jednog od pokazatelja klasifikacije tla, za odabrana klizišta sjeverozapadne Hrvatske. Specifični cilj formiranja baze eksperimentalnih podataka laboratorijski određenih nedreniranih kohezija i indeksa konzistencije tla, za odabrana klizišta sjeverozapadne Hrvatske, je također ostvaren.

9 Zaključak

Poznavanje geotehničkih parametara neophodno je prilikom projektiranja geotehničkih građevina kao što su stabilizacija klizišta, potporni zidovi, zagatne stijene i temelji. Projektiranje građevina na sitnozrnom tlu, zbog njegovih karakteristika, predstavlja veliki izazov za inženjere. Posebice se to odnosi na pojavu nedreniranih uvjeta u tlu kada pri brzom smicanju, kao što su primjer seizmička djelovanja, dolazi do porasta pornih tlakova u tlu bez mogućnosti njihove disipacije. Nedrenirana čvrstoća (ili nedrenirana kohezija) c_u , kao najveće posmično naprezanje u tlu, predstavlja stoga najvažniji parametar tla u nedreniranim uvjetima.

Iako je nedreniranu čvrstoću moguće odrediti laboratorijskim ili terenskim pokusima, prilikom nedostatka opreme za provođenje pokusa, financijskih sredstava ili nekog drugog razloga, kao što su primjerice otežani uvjeti uzimanja neporemećenih uzoraka za laboratorijska ispitivanja, parametre je moguće procijeniti korištenjem prikladnih transformacijskih modela. Ovi transformacijski modeli najčešće stavljaju u odnos nedreniranu čvrstoću i neke od klasifikacijskih pokazatelja sitnozrnih tala.

U ovom radu je uspostavljena metodologija koja se sastojala od četiri osnovne faze - teorijsko istraživanje stanja područja, terenska istraživanja, laboratorijska istraživanja te uspostava baze podataka ispitivanja, statistička obrada dobivenih rezultata i uspostavljanje transformacijskog modela odnosa nedrenirane čvrstoće u pregnječenom stanju i indeksa konzistencije kao klasifikacijskog parametra tla. Kao pilot područja, odabrana su dva klizišta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, klizište Kravarsko u zagrebačkoj županiji i klizište Laz Bistrički u krapinsko-zagorskoj županiji.

Analizom rezultata i njihovom statističkom obradom, uspostavljena je veza indeksa konzistencije s nedreniranom čvrstoćom u tzv. "pregnječenom" stanju (eng. *remoulded state*), a sama nedrenirana čvrstoća je određena sukladno normi HRS CEN ISO/TS 17892-6. Opći oblik transformacijskog modela, koji je predstavljen eksponencijalnom regresijskom funkcijom ovisnosti nedrenirane čvrstoće i indeksa konzistencije tla, je definiran empirijskim parametrima A i B, koji su karakteristični za svaku mikrolokaciju.

U radu prikazani rezultati i statistička obrada istih jasno potvrđuju hipotezu istraživanja da se nedrenirana kohezija, kao mjerodavni parametar čvrstoće za nedrenirane uvjete u tlu, može pouzdano procijeniti na temelju vrijednosti indeksa konzistencije, određenog primjenom jednostavnih laboratorijskih klasifikacijskih pokusa. Rezultati i rasprava dana u radu također ukazuju na postizanje glavnog cilja istraživanja koji podrazumijeva uspostavu odnosa nedrenirane kohezije tla, kao mjerodavnog parametra čvrstoće za nedrenirane uvjete u tlu, i indeksa konzistencije, kao jednog od pokazatelja klasifikacije tla, za odabrana klizišta sjeverozapadne Hrvatske.

Literatura

- [1] D. Jurić Kaćunić, Geotehnički laboratorij-interna skripta, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2019/2020.
- [2] P. Kvasnička i D. Dubravko, Mehanika tla-interna skripta, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 2007.
- [3] M. S. Kovačević, Nedrenirani troosni pokusi, predavanje iz kolegija Primijenjena mehanika tla: Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2018/2019.
- [4] H. Setiawan, K. Sassa, K. Takara, T. Miyagi i H. Fukuoka, »Initial Pore Pressure Ratio in the Earthquake Triggered Large-scale Landslide near Aratozawa Dam in Miyagi Prefecture, Japan,« *Procedia Earth and Planetary Science* 16, pp. 61-70, 2016.
- [5] C. J. Verbrugge i C. Schroeder, *Geotechnical Correlations for Soils and Rocks*, London: ISTE Ltd, 2018.
- [6] J. Ching, Transformations and correlations among some clay parameters-The global database, *Canadian Geotechnical Journal*, June 2014.
- [7] K. K. Phoon i J. V. Retief, *Reliability of Geotechnical Structures in ISO2394*, London: CRC Press Taylor & Francis Group, 2016.
- [8] M. D'Ignazio, K. K. Phoon, A. T. Siew i T. T. Lämsivaara, Correlations for undrained Shear strength of Finnish soft clays, *Canadian Geotechnical Journal*, June 2016.
- [9] HRS CEN ISO/TS 17892-6:2008-Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 6. dio: Pokus s padajućim šiljkom (ISO/TS 17892-6:2004; CEN ISO/TS 17892-6:2004).
- [10] A. W. Skempton, Discussion on the design and planning of Hong Kong, u *Proceedings of the Institution of Civil Engineering*, vol. 7, 1957, pp. 305-307.
- [11] C. P. Wroth i G. T. Housley, Soil mechanics – property characterization and analysis procedures, u *Proceedings 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, vol. 1, San Francisco, 1985, pp. 1-55.
- [12] L. Bjerrum i N. L. Simons, Comparison of shear strength characteristics of normally consolidated clays, u *Research Conference on Shear Strength of Cohesive Soils*, 1960, pp. 711-726.

- [13] R. Karlsson i L. Viberg, Ratio c/p' in relation to liquid limit and plasticity index, u Proceedings Geotechnical Conference of Oslo, vol I, Oslo, 1967, pp. 43-47.
- [14] W. D. Carrier, Consolidation parameters derived from index tests, *Géotechnique*, vol. 35, no. 2, pp. 211-213, 1985.
- [15] S. Hansbo, A new approach to the determination of shear strength of clay by the fall cone test, Report no. 14, Swedish Geotechnical Institute, Stockholm, 1957.
- [16] F. H. Kulhawy i P. W. Mayne, Manual on estimating soil properties for foundation design, Report EPRI EL6800, Electric Power Research Institute, Palo Alto, 1990.
- [17] C. P. Wroth i D. M. Wood, The correlation of index properties with some basic engineering properties of soil, *Canadian Geotechnical Journal*, pp. 137-145, 1978.
- [18] J. Locat i D. Demers, Viscosity, yield stress, remoulded strength, and liquidity index relationships for sensitive clays, *Canadian Geotechnical Journal*, pp. 799-806, 1988.
- [19] G. Mesri, New design procedure for stability of soft clays, « *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, pp. 409-412, 1975.
- [20] G. Mesri, A re-evaluation of $su(mob) = 0.22\sigma_p'$ using laboratory shear tests, *Canadian Geotechnical Journal*, pp. 162-164, 1989.
- [21] R. Larsson, Undrained shear strength in stability calculation of embankments and foundations on soft clays, *Canadian Geotechnical Journal*, pp. 591-602, 1980.
- [22] R. Larsson, G. Sällfors, P. E. Bengtsson, C. Alén, U. Bergdahl i L. Eriksson, *Skjuvhållfasthet: utvärdering i kohesionsjord (2nd edition)*, Swedish Geotechnical Institute (SGI), Linköping, 2007.
- [23] A. W. Skempton i R. D. Northey, The Sensitivity of Clays, *Géotechnique*, pp. 30-53, March 1952.
- [24] K. Karlsrud i F. G. Hernandez-Martinez, Strength and deformation properties of Norwegian clays from laboratory tests on high-quality block samples 1., *Canadian Geotechnical Journal*, pp. 1273-1293, 2013.
- [25] ASTM D2487-Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
- [26] HRN EN ISO 17892-4:2016- Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla - 4. dio: Određivanje granulometrijskog sastava (ISO 17892-4:2016; EN ISO 17892-4:2016).
- [27] E. Nonveiller, *Mehanika tla i temeljenje građevina*, Zagreb: Školska knjiga, 1979.

- [28] R. D. Holtz, W. D. Kovacs i T. C. Sheahan, An introduction to geotechnical engineering, Second edition, Prentice Hall, 2010.
- [29] HRN EN ISO 14688-2:2018- Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Identifikacija i klasifikacija tla -- 2. dio: Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Identifikacija i klasifikacija tla -- 2 Načela klasifikacije (ISO 14688-2:2017; EN ISO 14688-2:2018).
- [30] M. Mulabdić i T. Glavaš, Određivanje konzistentnog stanja tla, Građevinar, 52 (12), 2020, pp. 719-725.
- [31] HRS CEN ISO/TS 17892-12:2008-Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Laboratorijsko ispitivanje tla -- 12. dio: Određivanje Atterbergovih granica (ISO/TS 17892-12:2004; CEN ISO/TS 17892-12:2004).
- [32] J. T. Germaine i A. V. Germaine, Geotechnical Laboratory Measurements for Engineers, New Jersey: John Wiley & Sons, 2009.
- [33] HRN EN ISO14688-1-Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Identifikacija i klasifikacija tla -- 1. dio: Identifikacija i opis -- Amandman 1 (ISO 14688-1:2002/Amd 1:2013; EN ISO 14688-1:2002/A1:2013).
- [34] B. Podobnik, Predavanja iz kolegija Ekonometrija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno - matematički fakultet fakultet.URL: <https://web.math.pmf.unizg.hr/nastava/ekon/files/LINREG.pdf>. [pristup 19 lipanj 2020].
- [35] B. Podobnik, Predavanja iz kolegija Ekonometrija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno - matematički fakultet fakultet. URL: https://www.pmf.unizg.hr/_download/repository/PREDAVANJE11.pdf. [pristup 20 lipanj 2020].
- [36] B. Petz, Osnove statističke metode za nematematičare, Jastrebarsko: Naklada Slap, 2002.

Prilozi

PRILOG A

REZULTATI LABORATORIJSKIH POKUSA ZA PILOT PODRUČJE KRAVARSKO

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

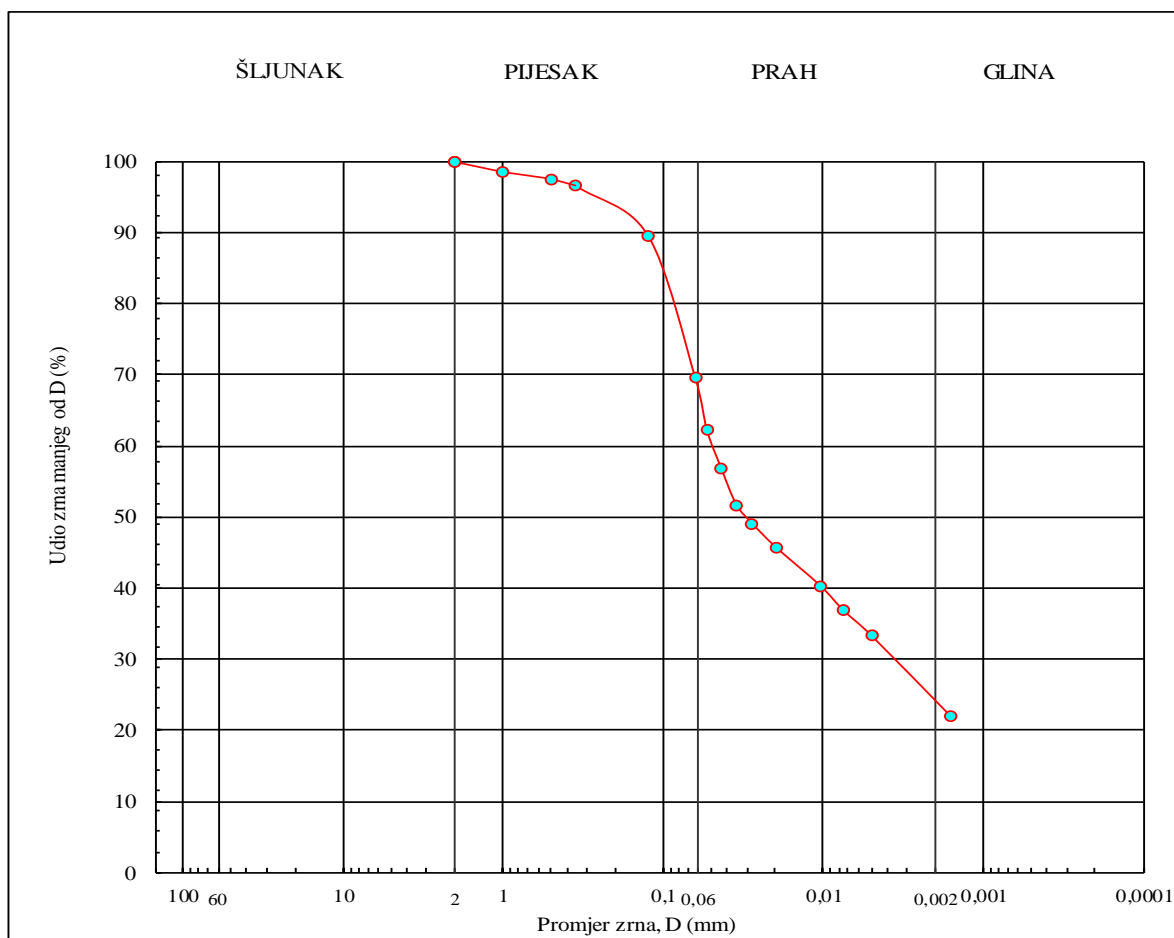
Bušotina: **B 1**

Dubina uzorka (m): **0.70 - 1.00**

Lab. oznaka: B1(0.70-1.00)

Datum ispitivanja: 13.01.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

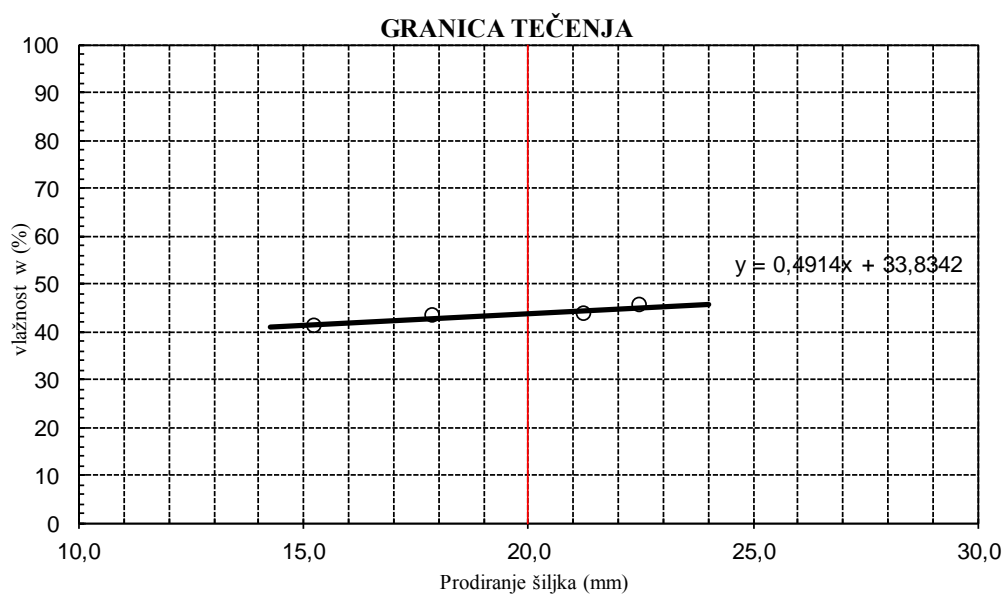
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 1**
 Dubina uzorka: **0.70 - 1.00** Lab. oznaka: B1(0.70-1.00)
 Datum ispitivanja: 27.01.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1	2	3	4
Prodiranje šiljka mm	18,0 17,8	15,0 15,5	22,4 22,6	21,0 21,5
	17,9	15,3	22,5	21,3
Posuda br.	3	194	4	14
Vlažna masa bruto g	37,89	42,32	41,35	42,89
Suha masa bruto g	34,43	37,85	36,65	37,60
Tara g	26,42	26,97	26,26	25,47
Suha masa neto g	8,01	10,88	10,39	12,13
Gubitak mase g	3,46	4,47	4,70	5,29
VLAŽNOST %	43,20	41,08	45,24	43,61



Granica tečenja	$w_L(\%)$:	43,66
Granica plastičnosti	$w_P(\%)$:	22,16
Prirodna vlažnost	$w_0(\%)$:	20,39
Indeks plastičnosti	$I_P(\%)$:	21,50
Indeks konzistencije	I_C	1,08

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

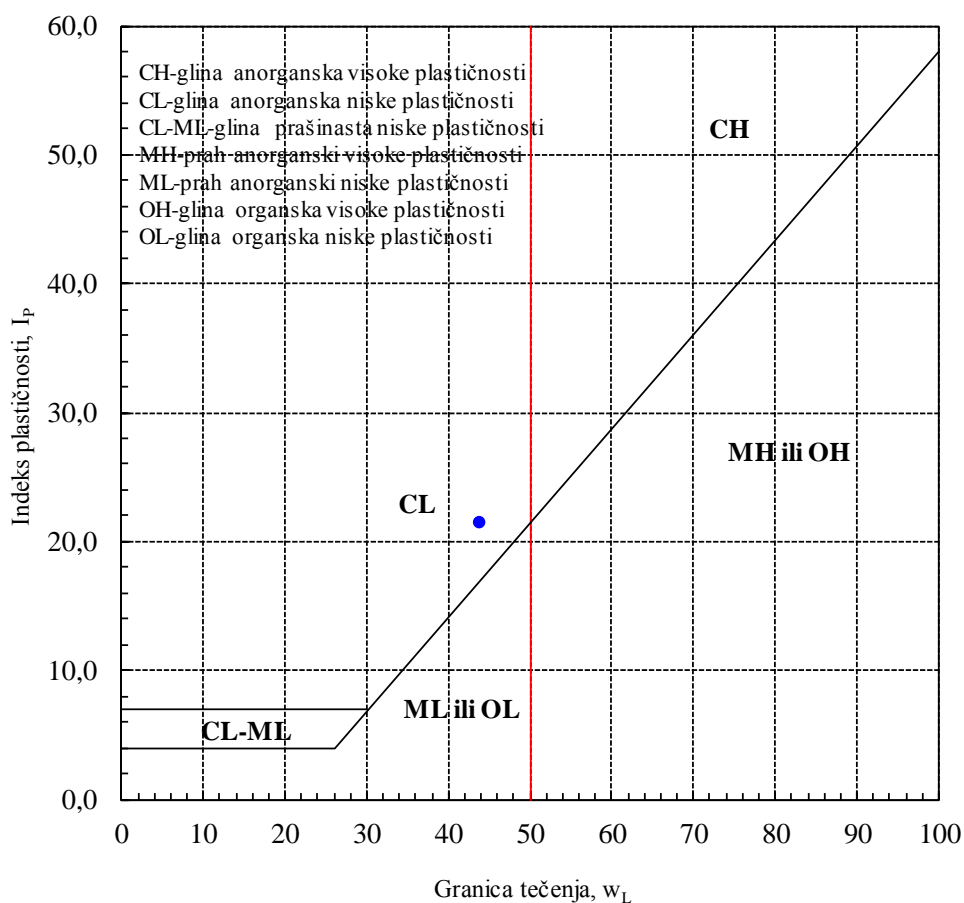
Bušotina: **B 1**

Lab. oznaka: B1(0.70-1.00)

Dubina uzorka: **0.70 - 1.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 27.01.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **0.7-1.0** Lab. oznaka: B1(0.7-1.00)
Vlažnost uzorka (%): 10,05
Datum ispitivanja: 19.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	0,60
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1744,00

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **0.7-1.0** Lab. oznaka: B1(0.7-1.00)
Vlažnost uzorka (%): 20,7
Datum ispitivanja: 21.05.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,10
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	518,88

Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **0.7-1.0** Lab. oznaka: B1(0.7-1.00)
Vlažnost uzorka (%): 20,97
Datum ispitivanja: 25.05.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,30
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	371,50

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **0.7-1.0** Lab. oznaka: B1(0.7-1.00)
Vlažnost uzorka (%): **31,13**
Datum ispitivanja: **27.05.2020.** Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: **Fall cone test**

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	5,90
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	18,04

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **0.7-1.0** Lab. oznaka: B1(0.7-1.00)
Vlažnost uzorka (%): 43,66
Datum ispitivanja: 29.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

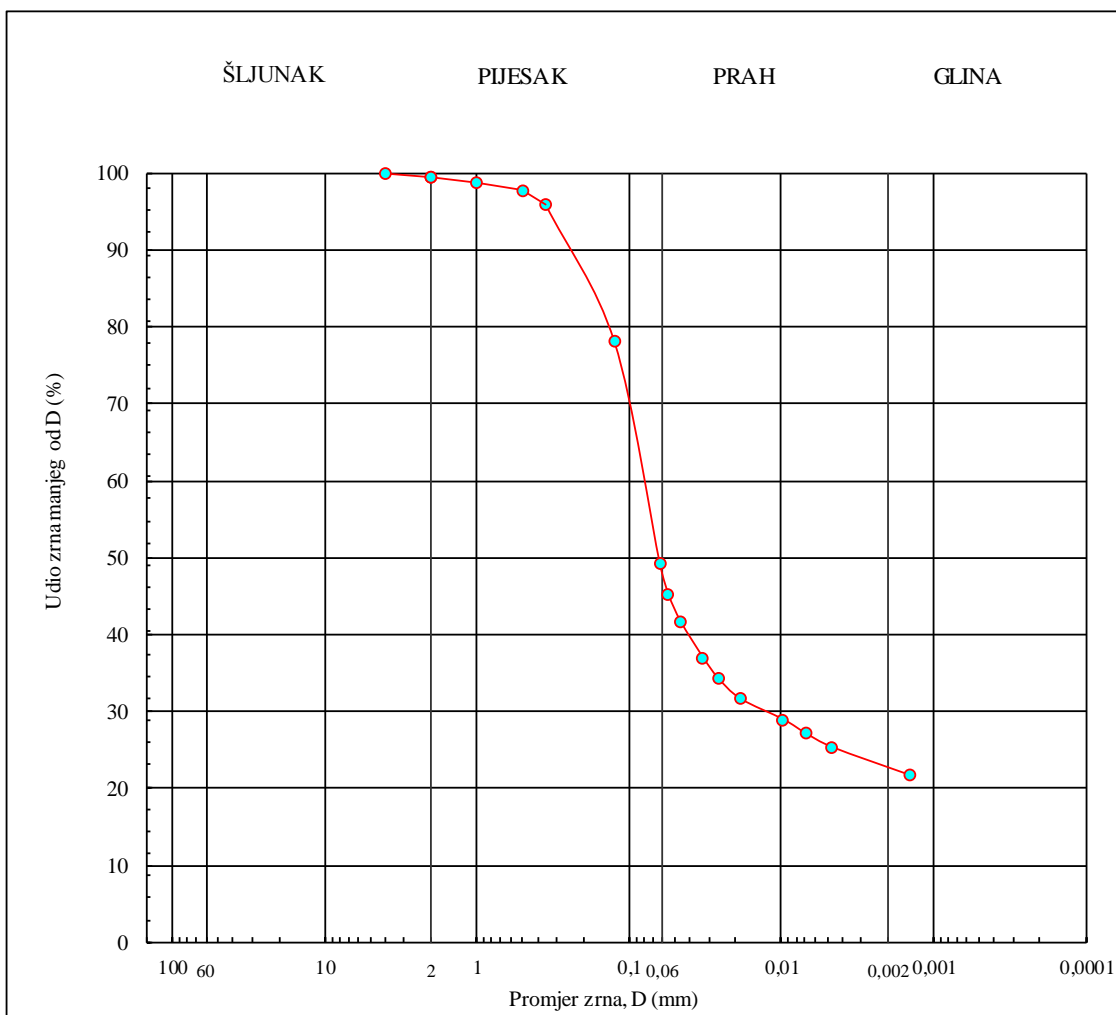
Bušotina: **B 1**

Dubina uzorka (m): **1.70 - 2.00**

Lab. oznaka: B1(1.70-2.00)

Datum ispitivanja: 13.01.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

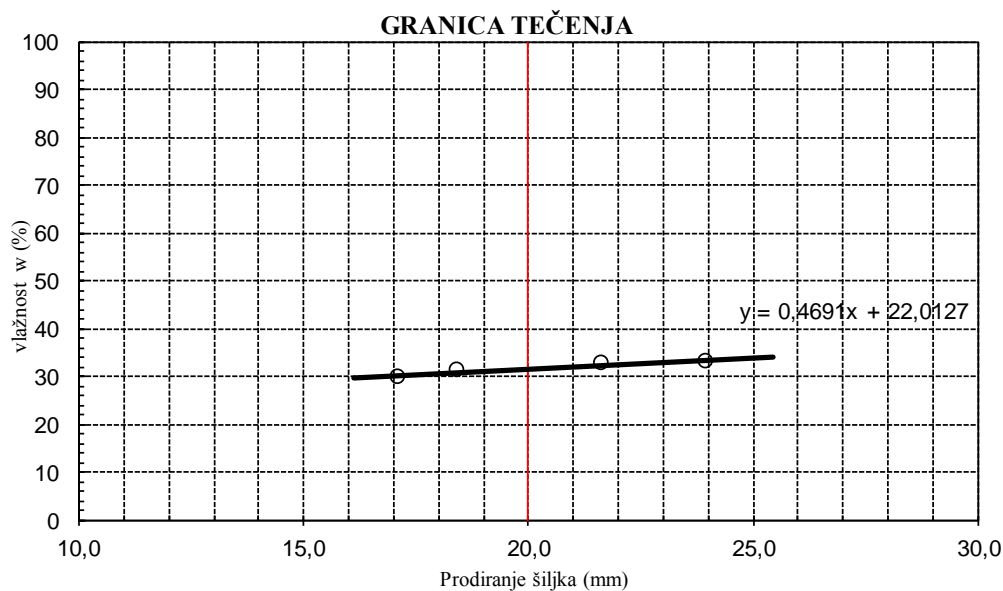
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 1**
 Dubina uzorka: **1.70 - 2.00** Lab. oznaka: B1(1.70-2.00)
 Datum ispitivanja: 28.01.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	17,0	17,2	21,5	21,8	23,7	24,2	18,2	18,7
	17,1		21,7		24,0		18,5	
Posuda br.	18		6.		195		190	
Vlažna masa bruto g	41,72		40,44		44,48		42,96	
Suha masa bruto g	38,02		36,84		40,08		39,07	
Tara g	25,58		25,72		26,77		26,50	
Suha masa neto g	12,44		11,12		13,31		12,57	
Gubitak mase g	3,70		3,60		4,40		3,89	
VLAŽNOST %	29,74		32,37		33,06		30,95	



Granica tečenja	w_L(%):	31,39
Granica plastičnosti	w_P(%):	16,69
Prirodna vlažnost	w₀(%):	22,33
Indeks plastičnosti	I_P(%):	14,70
Indeks konzistencije	I_C	0,62

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

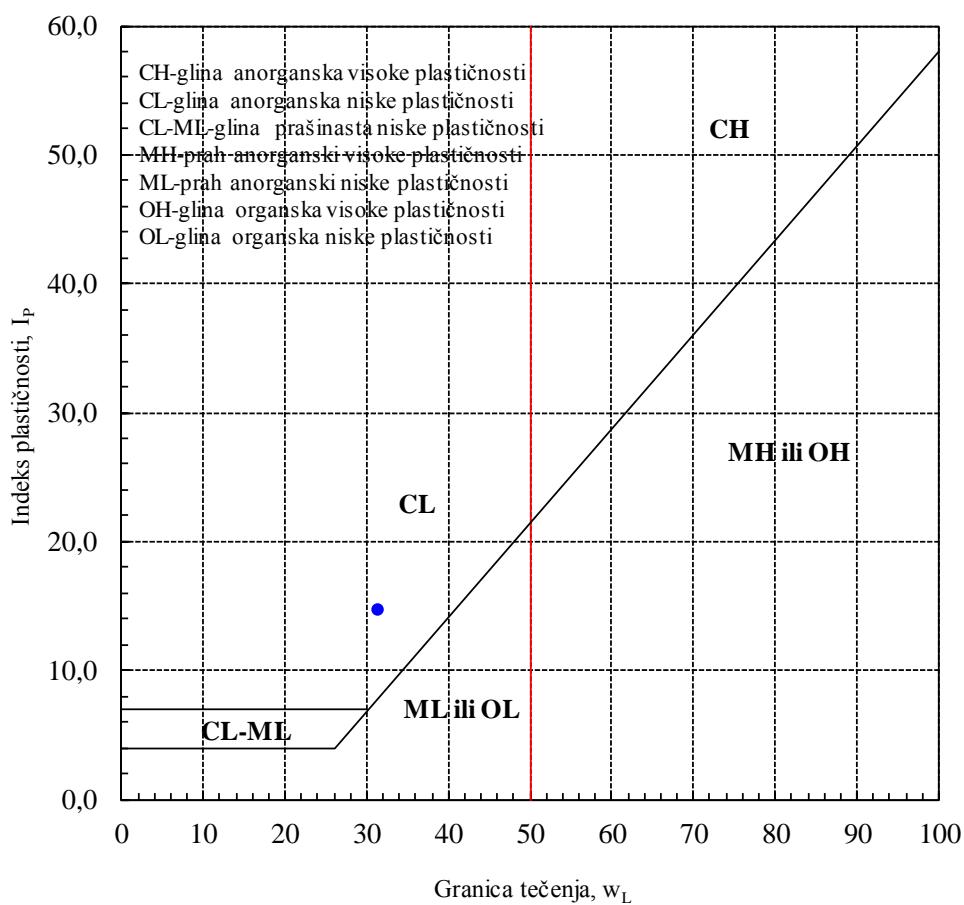
Bušotina: **B 1**

Lab. oznaka: B1(1.70-2.00)

Dubina uzorka: **1.70 - 2.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 28.01.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1,7-2,0** Lab. oznaka: B1(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 8,15
Datum ispitivanja: 19.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	0,50
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	2511,36

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B1(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 16,18
Datum ispitivanja: 21.05.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	2,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	156,96

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B1(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 20,73
Datum ispitivanja: 25.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	4,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	39,24

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B1(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 24,82
Datum ispitivanja: 27.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	4,70
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	28,42

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B1(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 31,39
Datum ispitivanja: 29.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

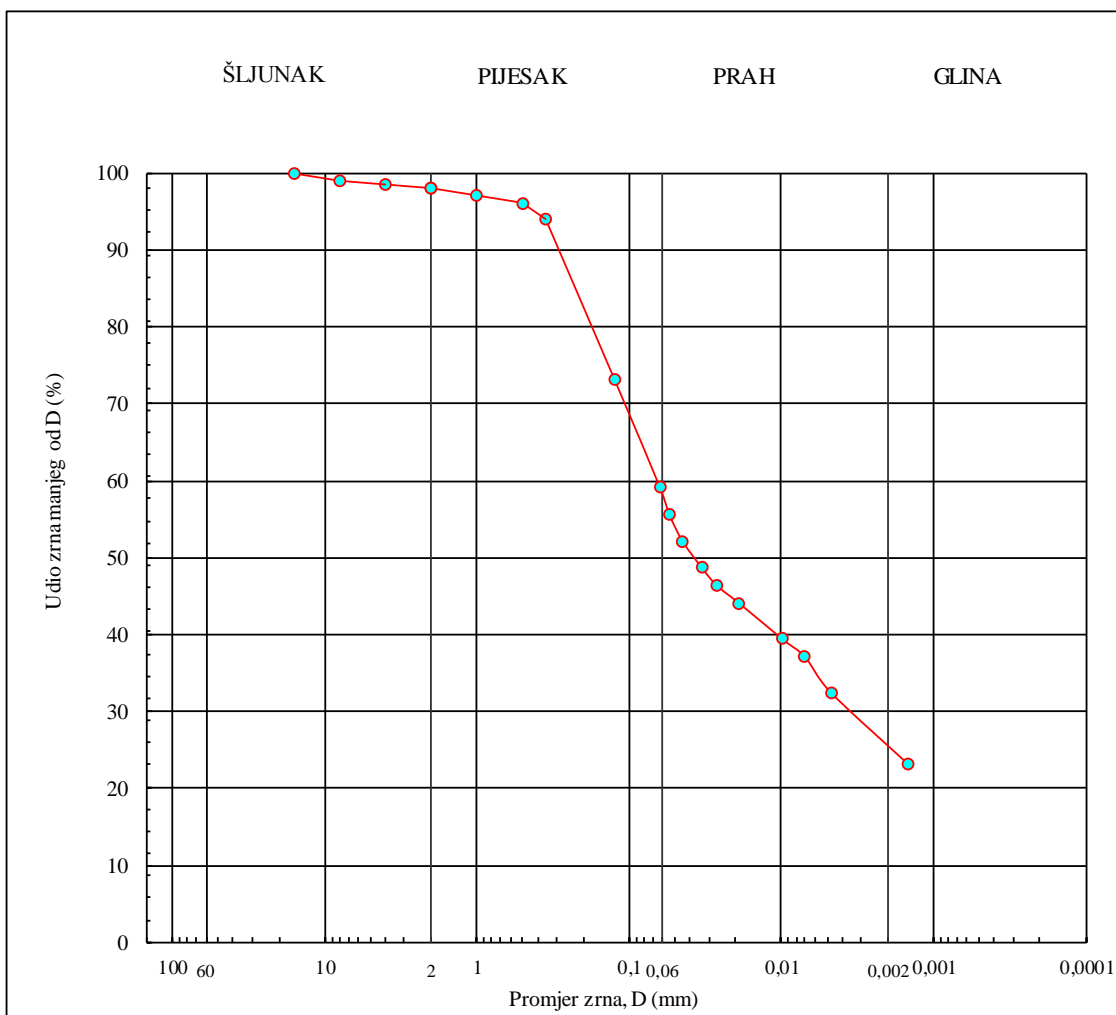
Bušotina: **B 1**

Dubina uzorka (m): **2.70 - 3.00**

Lab. oznaka: B1(2.70-3.00)

Datum ispitivanja: 13.01.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

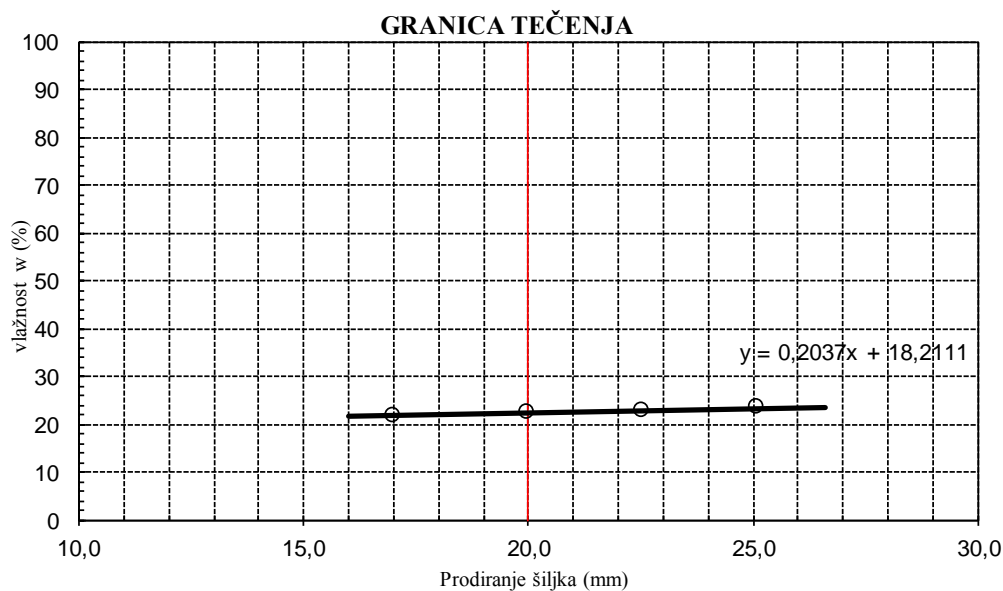
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 1**
 Dubina uzorka: **2.70 - 3.00** Lab. oznaka: B1(2.70-3.00)
 Datum ispitivanja: 27.01.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	20,0	20,0	25,3	24,9	17,0	17,0	22,5	22,6
	20,0		25,1		17,0		22,6	
Posuda br.	186		5		179		16	
Vlažna masa bruto g	40,91		42,83		41,37		46,27	
Suha masa bruto g	38,32		39,79		38,66		42,52	
Tara g	26,78		26,81		26,14		25,91	
Suha masa neto g	11,54		12,98		12,52		16,61	
Gubitak mase g	2,59		3,04		2,71		3,75	
VLAŽNOST %	22,44		23,42		21,65		22,58	



Granica tečenja	w_L (%):	22,29
Granica plastičnosti	w_P (%):	14,07
Prirodna vlažnost	w_0 (%):	20,26
Indeks plastičnosti	I_P (%):	8,21
Indeks konzistencije	I_C	0,25

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

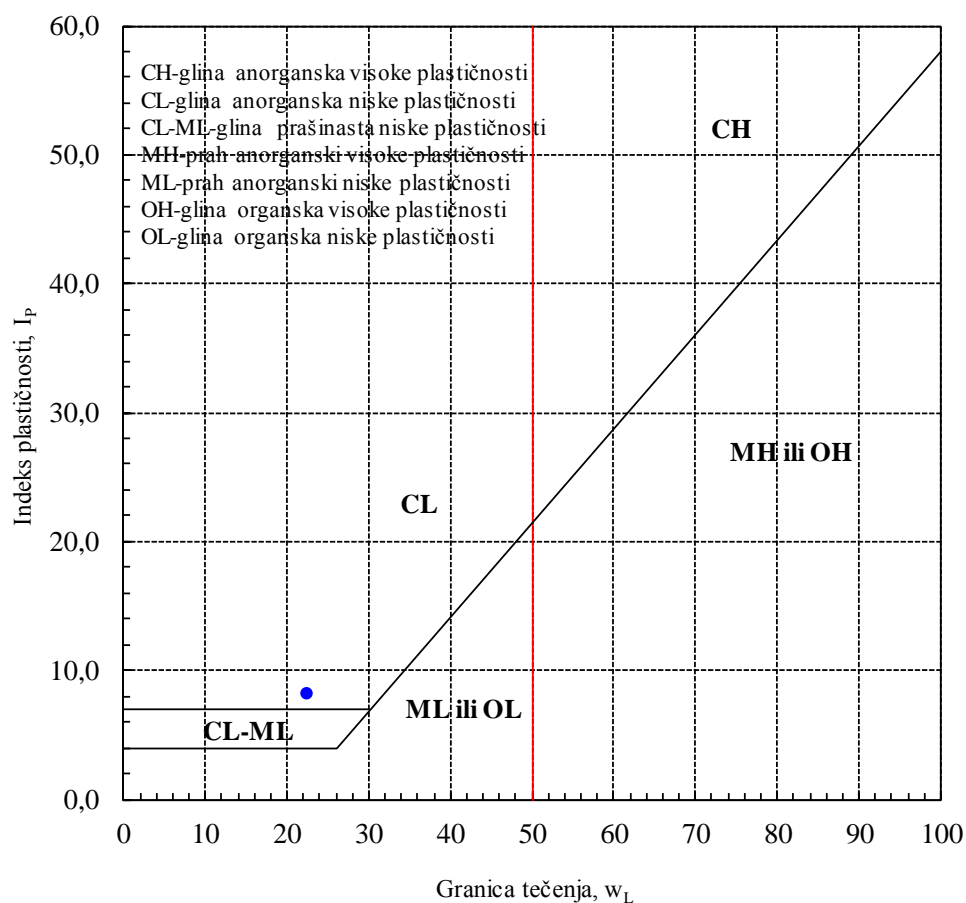
Bušotina: **B 1**

Lab. oznaka: B1(2.70-3.00)

Dubina uzorka: **2.70 - 3.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 27.01.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B1(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 9,35
Datum ispitivanja: 19.05.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,60
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	245,25

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B1(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 12,76
Datum ispitivanja: 21.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,30
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	371,50

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B1(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 17,44
Datum ispitivanja: 25.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,70
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	217,25

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B1(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 20,37
Datum ispitivanja: 27.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	6,30
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	15,82

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B1(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 22,29
Datum ispitivanja: Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

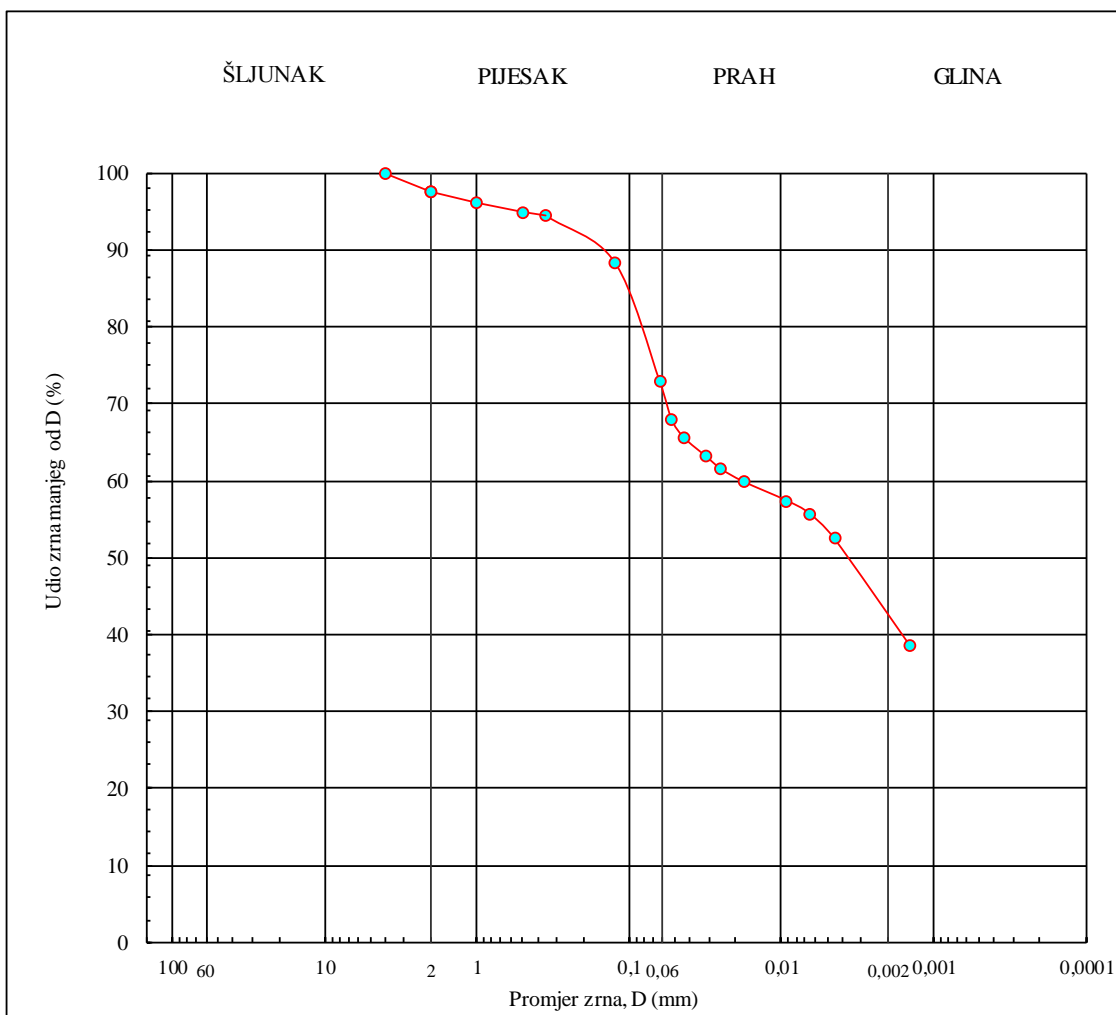
Bušotina: **B 1**

Dubina uzorka (m): **6.70 - 7.00**

Lab. oznaka: B1(6.70-7.00)

Datum ispitivanja: 13.01.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

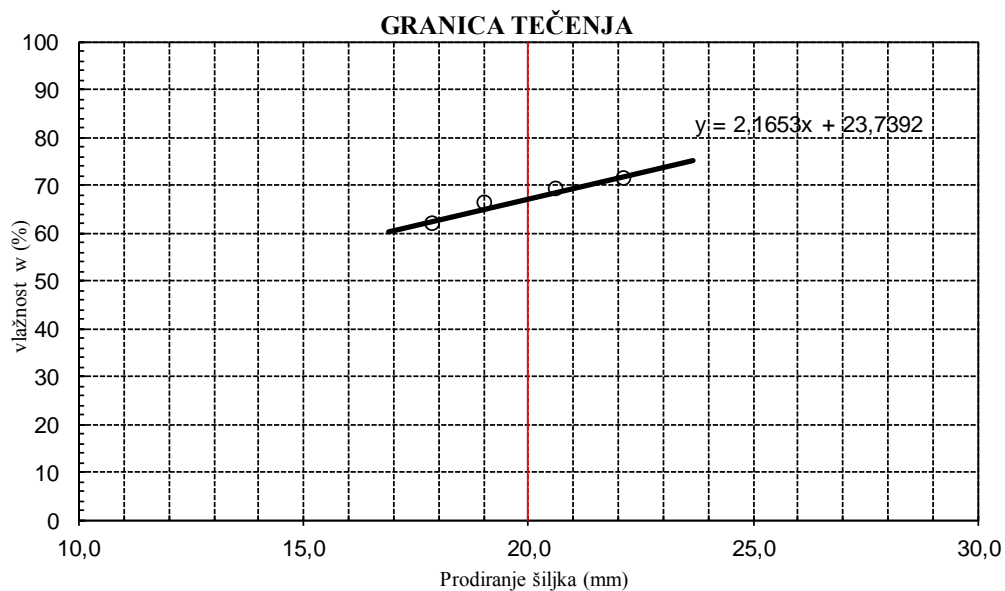
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 1**
 Dubina uzorka: **6.70 - 7.00** Lab. oznaka: B1(6.70-7.00)
 Datum ispitivanja: 27.01.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	17,8	18,0	18,9	19,2	20,5	20,8	22,0	22,3
	17,9		19,1		20,7		22,2	
Posuda br.	185		7		8		193	
Vlažna masa bruto g	45,80		53,86		49,08		53,76	
Suha masa bruto g	38,54		42,87		39,55		42,26	
Tara g	26,77		26,19		25,72		26,10	
Suha masa neto g	11,77		16,68		13,83		16,16	
Gubitak mase g	7,26		10,99		9,53		11,50	
VLAŽNOST %	61,68		65,89		68,91		71,16	



Granica tečenja	$w_L(\%)$:	67,05
Granica plastičnosti	$w_P(\%)$:	24,60
Prirodna vlažnost	$w_0(\%)$:	38,17
Indeks plastičnosti	$I_P(\%)$:	42,44
Indeks konzistencije	I_C	0,68

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

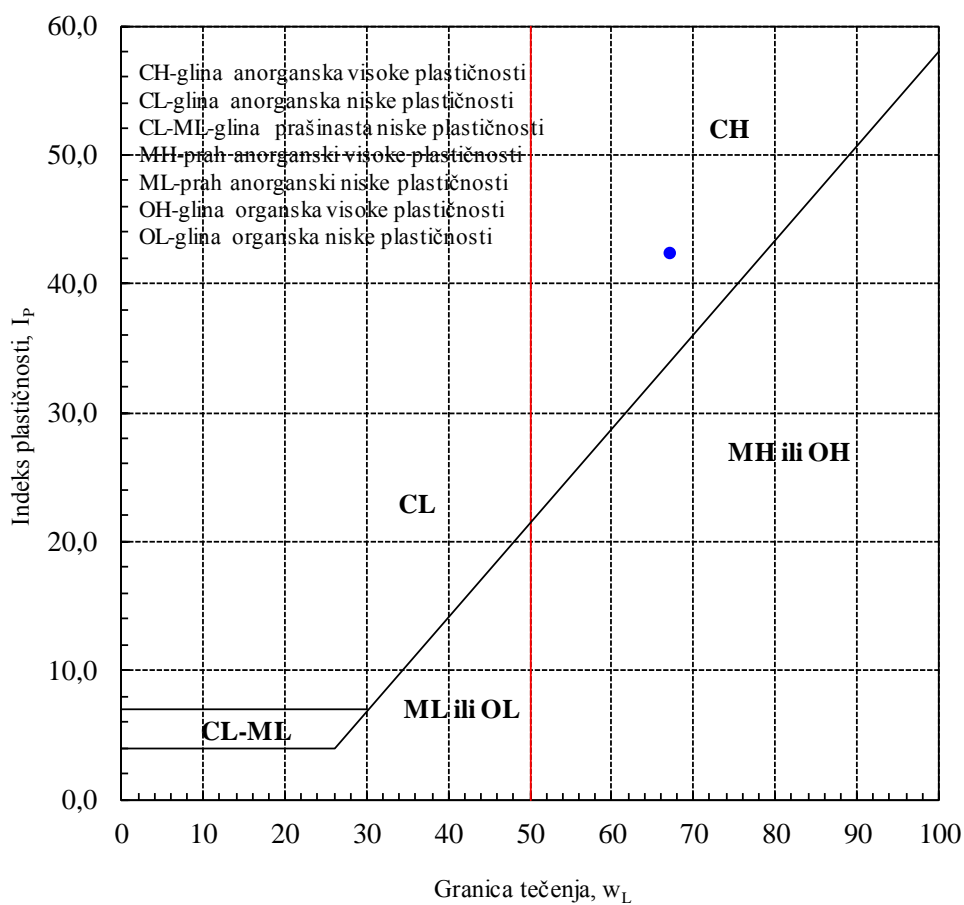
Bušotina: **B 1**

Lab. oznaka: B1(6.70-7.00)

Dubina uzorka: **6.70 - 7.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 27.01.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B1(6.7-7.00)
Vlažnost uzorka (%): 3,75
Datum ispitivanja: 19.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	0,65
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1486,01

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B1(6.7-7.00)
Vlažnost uzorka (%): 26,34
Datum ispitivanja: 21.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	2,90
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	74,65

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B1(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 38,16
Datum ispitivanja: 25.05.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	4,80
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	27,25

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B1(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 44,94
Datum ispitivanja: 27.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	8,10
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	9,57

GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B1(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 67,05
Datum ispitivanja: 29.05.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

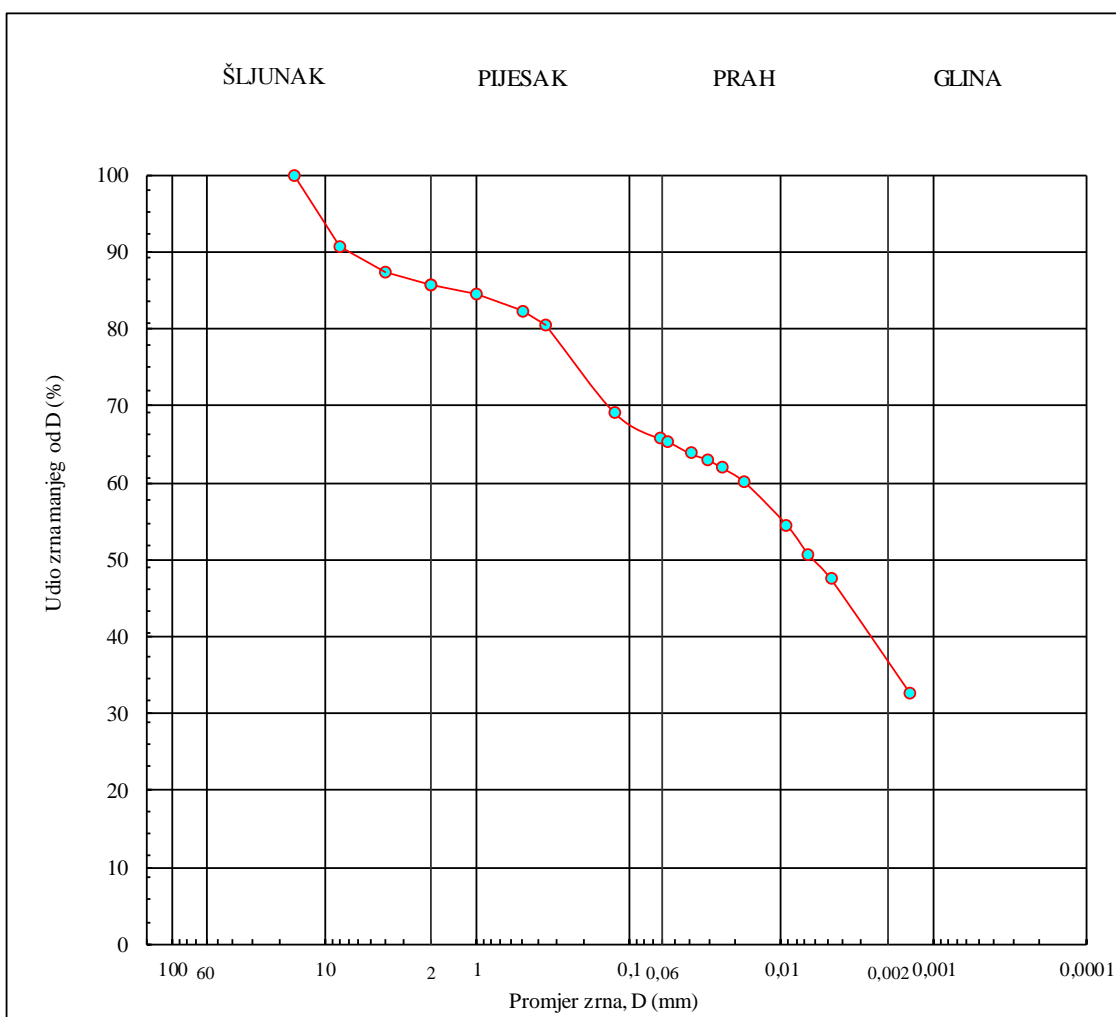
Bušotina: **B 2**

Dubina uzorka (m): **1.70 - 2.00**

Lab. oznaka: B2(1.70-2.00)

Datum ispitivanja: 10.01.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

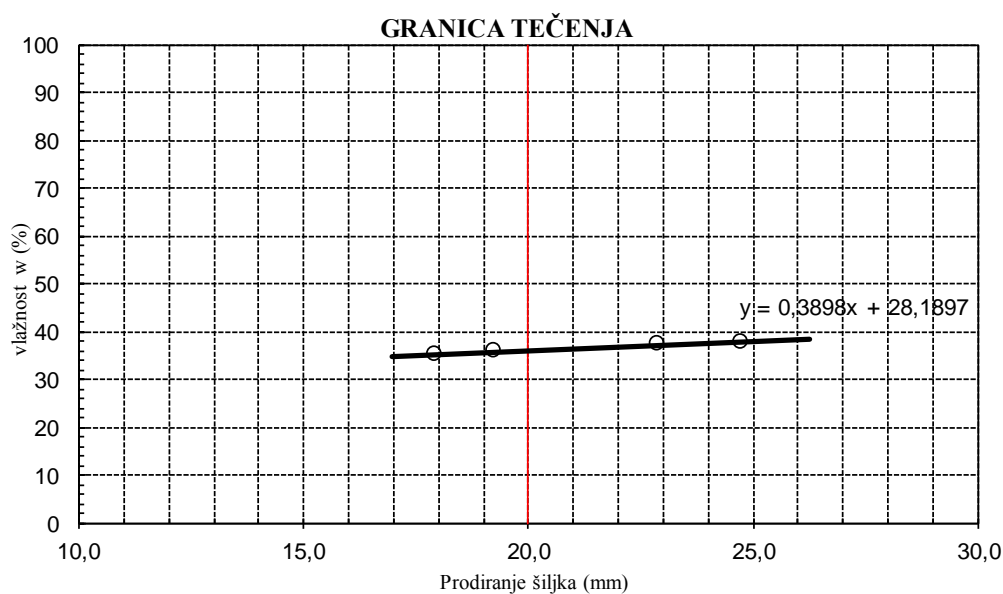
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 2**
 Dubina uzorka: **1.70 - 2.00** Lab. oznaka: B2(1.70-2.00)
 Datum ispitivanja: 27.01.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1	2	3	4
Prodiranje šiljka mm	19,4 19,1	25,0 24,5	17,9 18,0	22,8 23,0
	19,3	24,8	18,0	22,9
Posuda br.	183.	12	184	180
Vlažna masa bruto g	41,70	38,24	39,46	41,86
Suha masa bruto g	37,68	34,88	35,96	37,75
Tara g	26,43	25,99	26,00	26,69
Suha masa neto g	11,25	8,89	9,96	11,06
Gubitak mase g	4,02	3,36	3,50	4,11
VLAŽNOST %	35,73	37,80	35,14	37,16



Granica tečenja	$w_L(\%)$:	35,99
Granica plastičnosti	$w_P(\%)$:	20,82
Prirodna vlažnost	$w_0(\%)$:	26,75
Indeks plastičnosti	$I_P(\%)$:	15,16
Indeks konzistencije	I_C	0,61

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

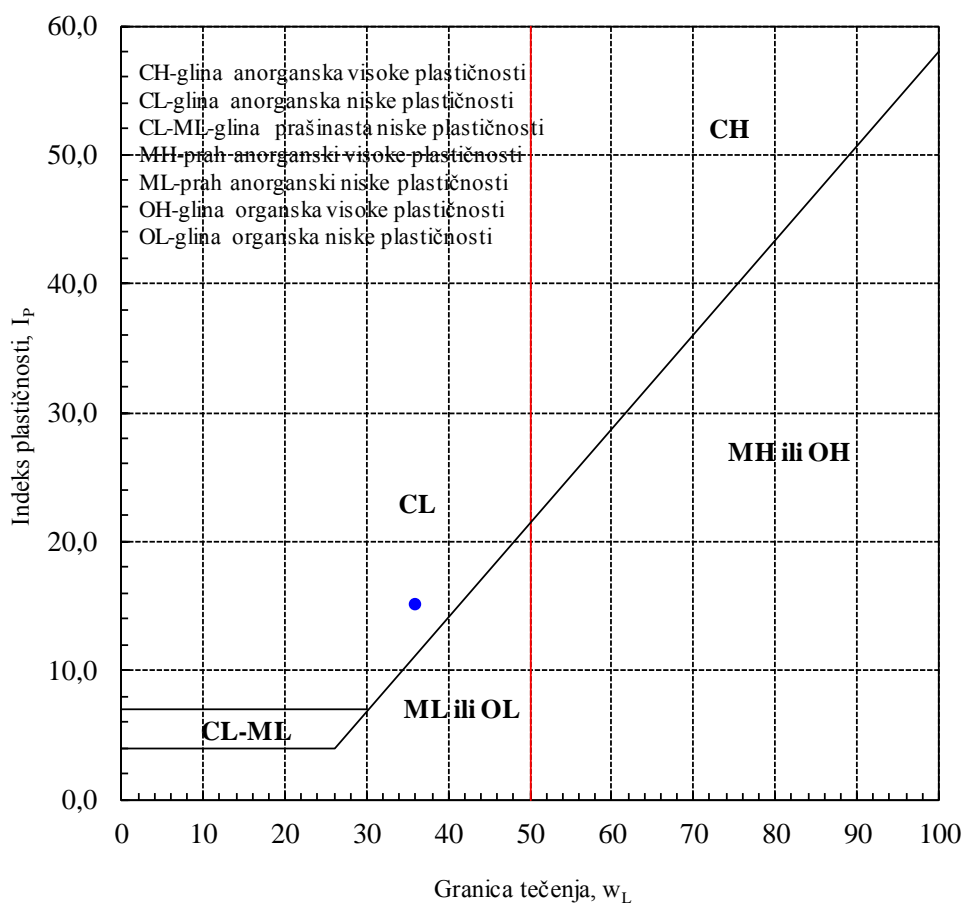
Bušotina: **B 2**

Lab. oznaka: B2(1.70-2.00)

Dubina uzorka: **1.70 - 2.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 27.01.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B2(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 12,68
Datum ispitivanja: 19.05.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	0,30
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	6976,00

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B2(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 21,32
Datum ispitivanja: 21.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,80
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	193,78

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B2(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 25,79
Datum ispitivanja: 25.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	2,55
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	96,55

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B2(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 27,61
Datum ispitivanja: 27.05.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	4,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	39,24

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B2(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 35,99
Datum ispitivanja: 29.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

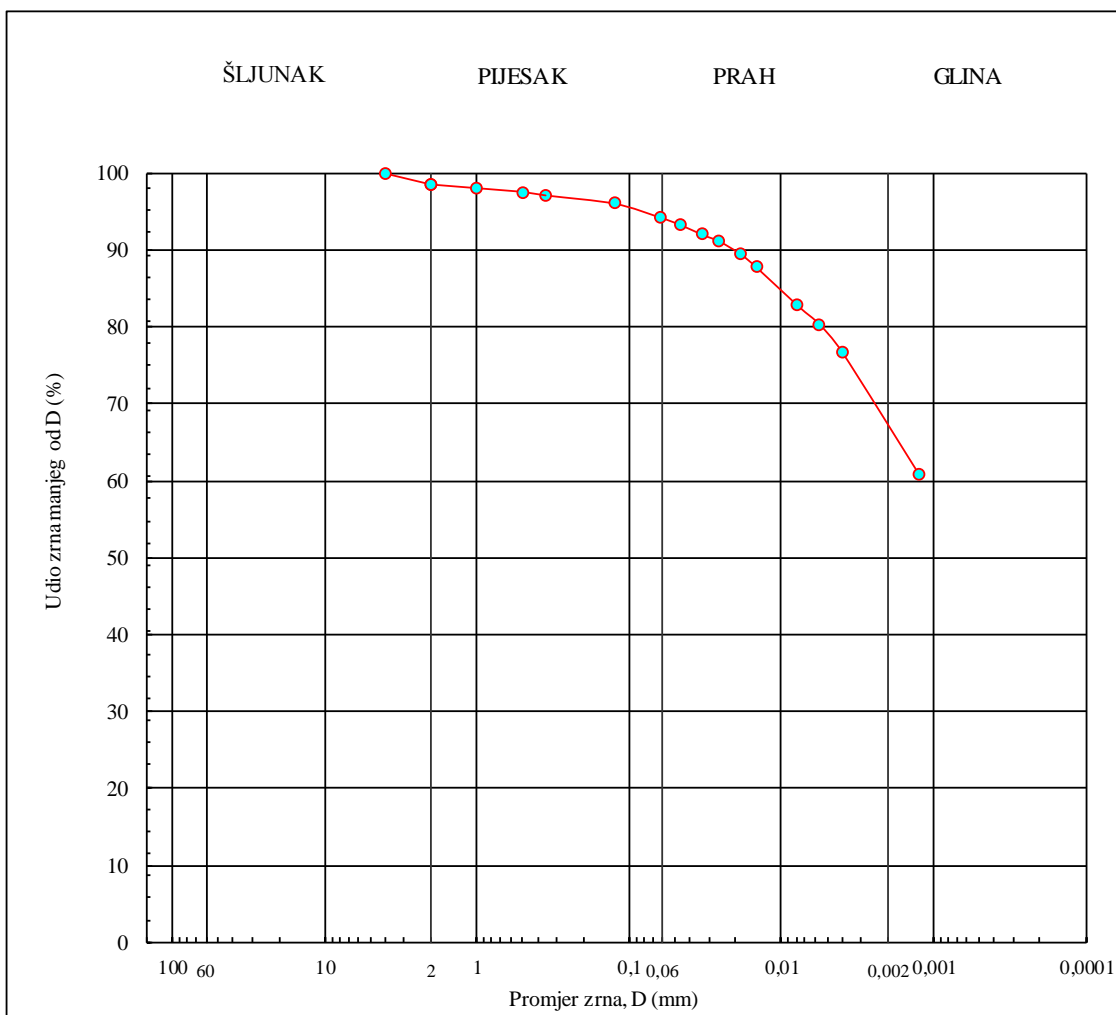
Bušotina: **B 2**

Dubina uzorka (m): **4.70 - 5.00**

Lab. oznaka: B2(4.70-5.00)

Datum ispitivanja: 16.01.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

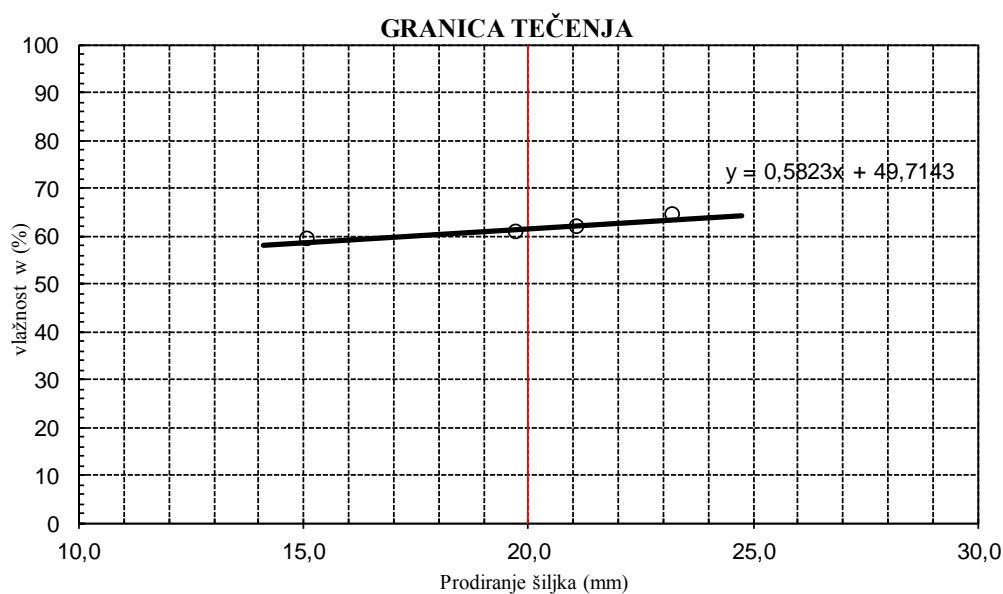
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 2**
 Dubina uzorka: **4.70 - 5.00** Lab. oznaka: B2(4.70-5.00)
 Datum ispitivanja: 28.01.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	15,0	15,2	19,6	19,9	21,0	21,2	23,1	23,4
	15,1		19,8		21,1		23,3	
Posuda br.	11		1		19		2	
Vlažna masa bruto g	45,24		49,71		46,09		49,39	
Suha masa bruto g	38,09		40,83		38,75		40,64	
Tara g	25,97		26,13		26,81		26,99	
Suha masa neto g	12,12		14,70		11,94		13,65	
Gubitak mase g	7,15		8,88		7,34		8,75	
VLAŽNOST %	58,99		60,41		61,47		64,10	



Granica tečenja	$w_L(\%)$:	61,36
Granica plastičnosti	$w_P(\%)$:	26,65
Prirodna vlažnost	$w_0(\%)$:	30,65
Indeks plastičnosti	$I_P(\%)$:	34,71
Indeks konzistencije	I_C	0,88

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

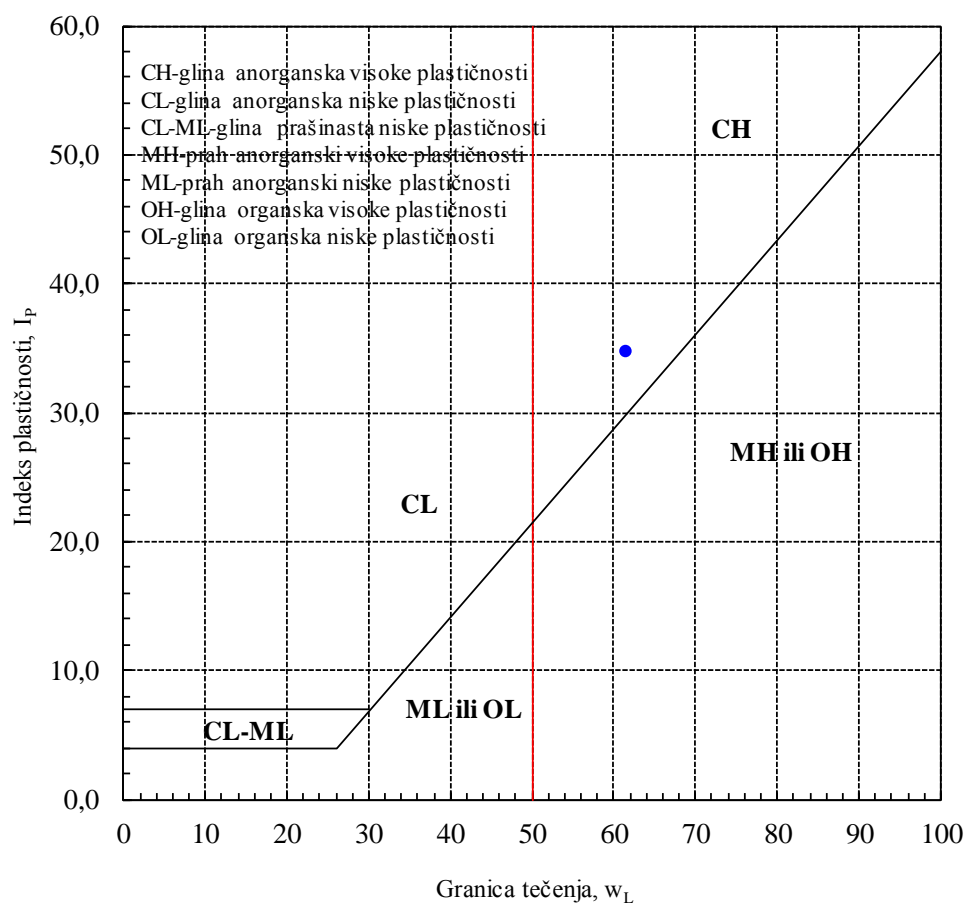
Bušotina: **B 2**

Lab. oznaka: B2(4.70-5.00)

Dubina uzorka: **4.70 - 5.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 28.01.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B2(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 9,76
Datum ispitivanja: 19.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,50
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	279,04

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B2(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 28,04
Datum ispitivanja: 21.05.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,70
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	217,25

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B2(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 30,29
Datum ispitivanja: 25.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,95
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	165,11

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B2(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 43,17
Datum ispitivanja: 27.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	4,50
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	31,00

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B2(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 61,36
Datum ispitivanja: 29.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

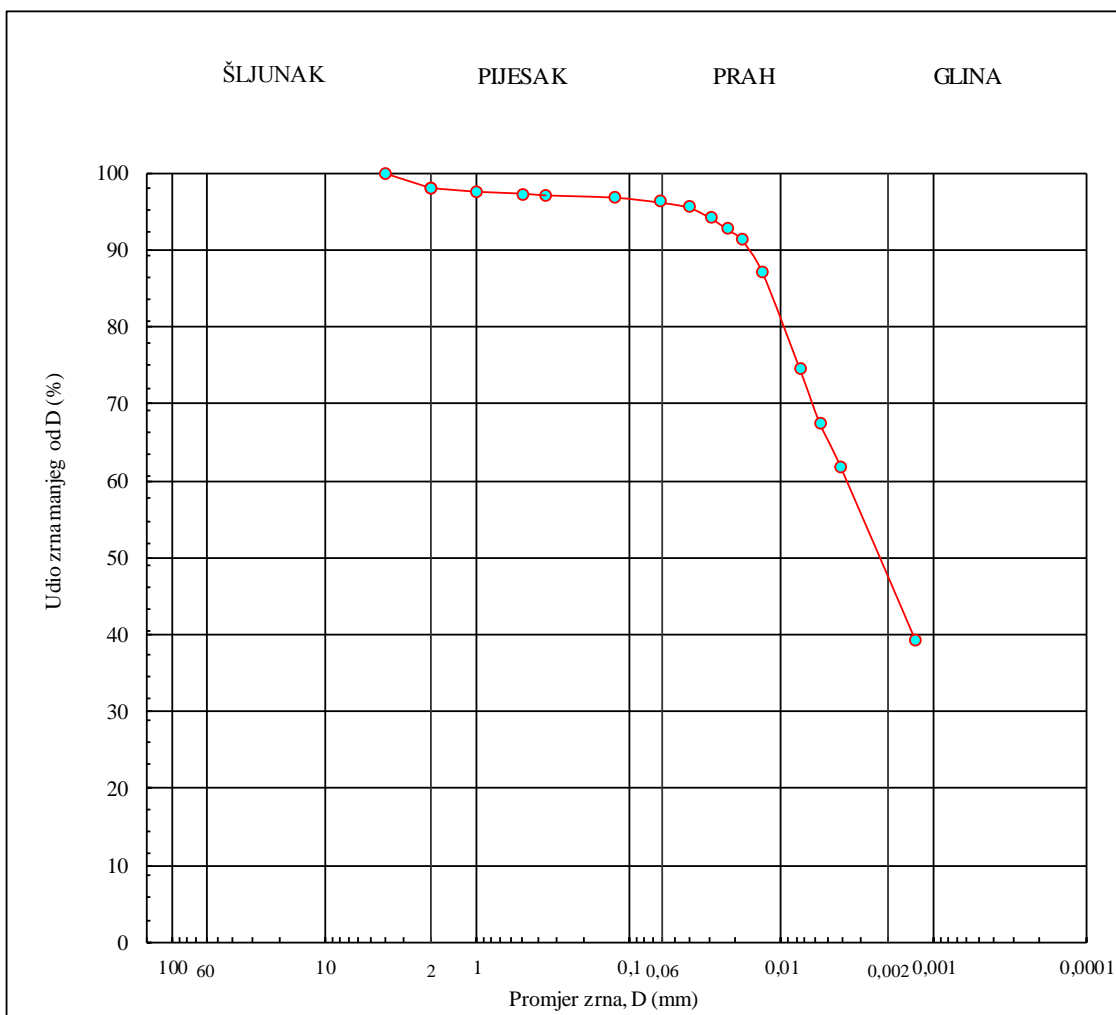
Bušotina: **B 2**

Dubina uzorka (m): **6.70 - 7.00**

Lab. oznaka: B2(4.70-5.00)

Datum ispitivanja: 16.01.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

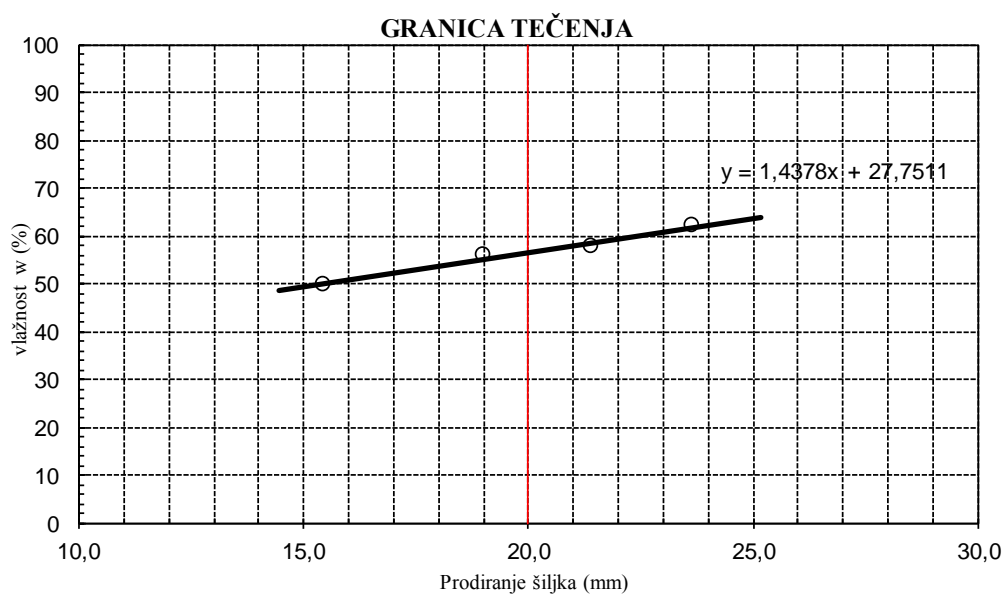
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 2**
 Dubina uzorka: **6.70 - 7.00** Lab. oznaka: B2(6.70-7.00)
 Datum ispitivanja: 21.01.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	15,4	15,5	18,8	19,2	21,6	21,2	23,5	23,8
	15,5		19,0		21,4		23,7	
Posuda br.	19		2		11		1	
Vlažna masa bruto g	38,18		40,93		39,35		37,52	
Suha masa bruto g	34,40		35,87		34,46		33,15	
Tara g	26,80		26,81		25,99		26,10	
Suha masa neto g	7,60		9,06		8,47		7,05	
Gubitak mase g	3,78		5,06		4,89		4,37	
VLAŽNOST %	49,74		55,85		57,73		61,99	



Granica tečenja	$w_L(\%)$:	56,51
Granica plastičnosti	$w_P(\%)$:	25,37
Prirodna vlažnost	$w_0(\%)$:	23,65
Indeks plastičnosti	$I_P(\%)$:	31,14
Indeks konzistencije	I_C	1,06

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

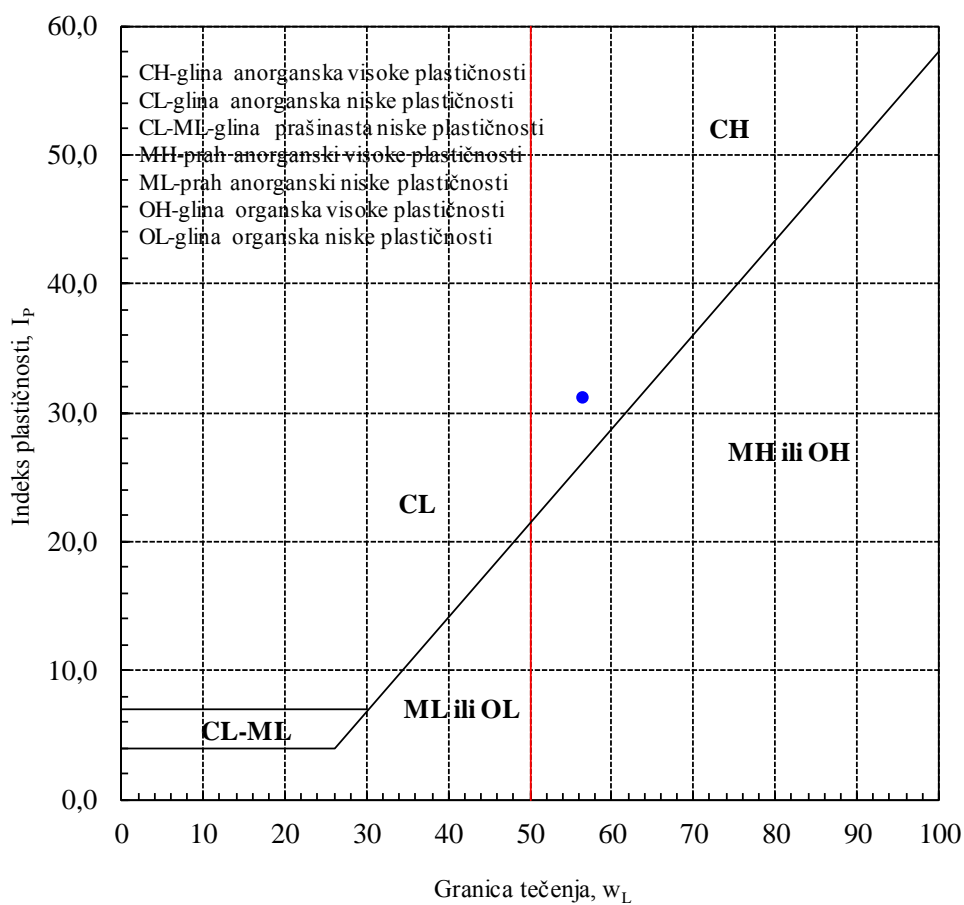
Bušotina: **B 2**

Lab. oznaka: B2(6.70-7.00)

Dubina uzorka: **6.70 - 7.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 21.01.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

<i>Bušotina:</i>	B 2	<i>Opis uzorka:</i> poremećen
<i>Dubina uzorka (m):</i>	6.7-7.0	<i>Lab. oznaka:</i> B2(6.70-7.00)
<i>Vlažnost uzorka (%):</i>	9,2	
<i>Datum ispitivanja:</i>	19.05.2020.	<i>Aparatura:</i> "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, <i>c</i>
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
m – masa šiljka (g),
g – ubrzanje gravitacije (m/s²),
i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka <i>i</i> (mm):	0,90
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	775,11

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B2(6.70-7.00)
Vlažnost uzorka (%): 22,25
Datum ispitivanja: 21.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,90
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	173,92

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B2(6.70-7.00)
Vlažnost uzorka (%): 25,79
Datum ispitivanja: 25.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	2,35
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	113,69

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B2(6.70-7.00)
Vlažnost uzorka (%): 39,72
Datum ispitivanja: 27.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.

m – masa šiljka (g),

g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),

i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	7,70
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	10,59

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B2(6.70-7.00)
Vlažnost uzorka (%): 56,51
Datum ispitivanja: 29.05.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

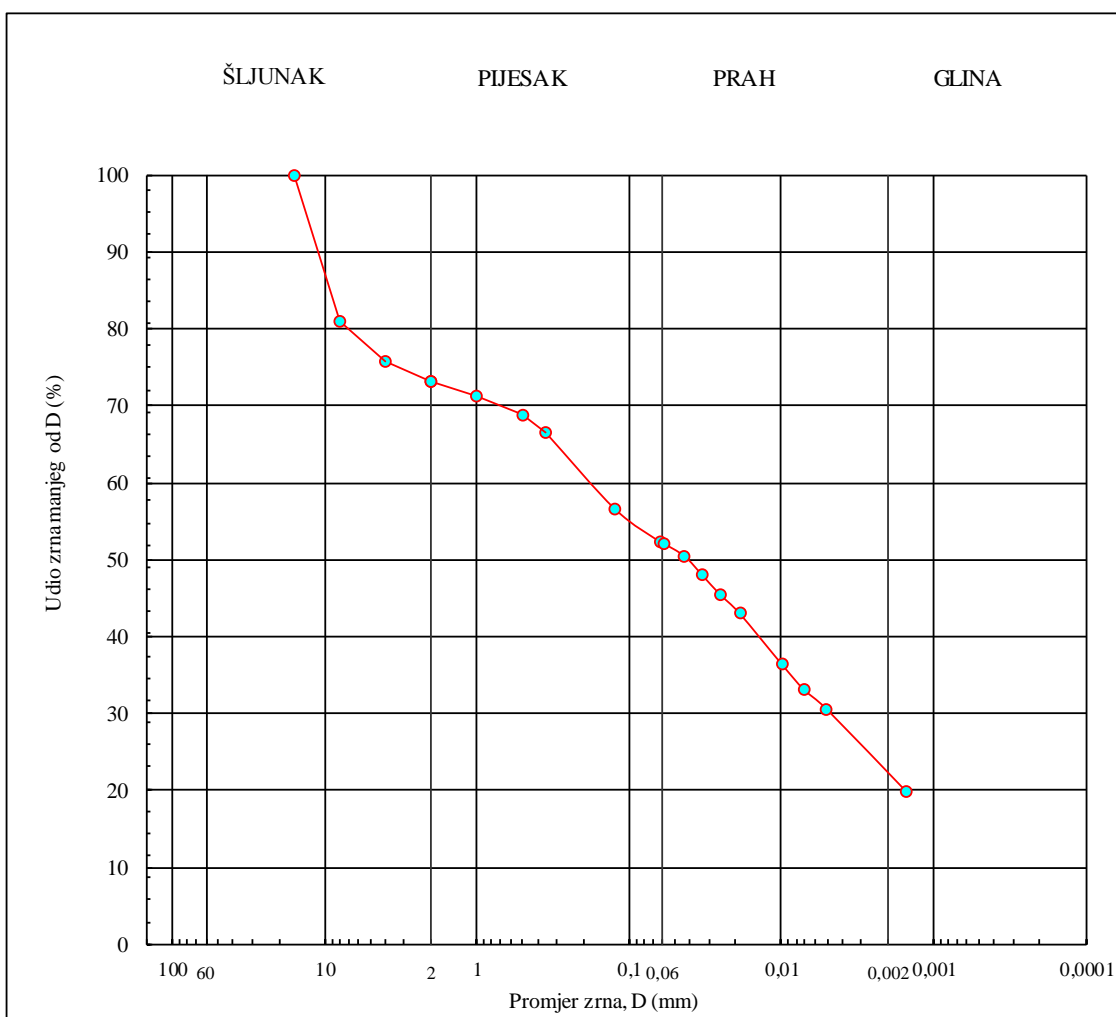
Bušotina: **B 3**

Dubina uzorka (m): **2.70 - 3.00**

Lab. oznaka: B3(2.70-3.00)

Datum ispitivanja: 10.01.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

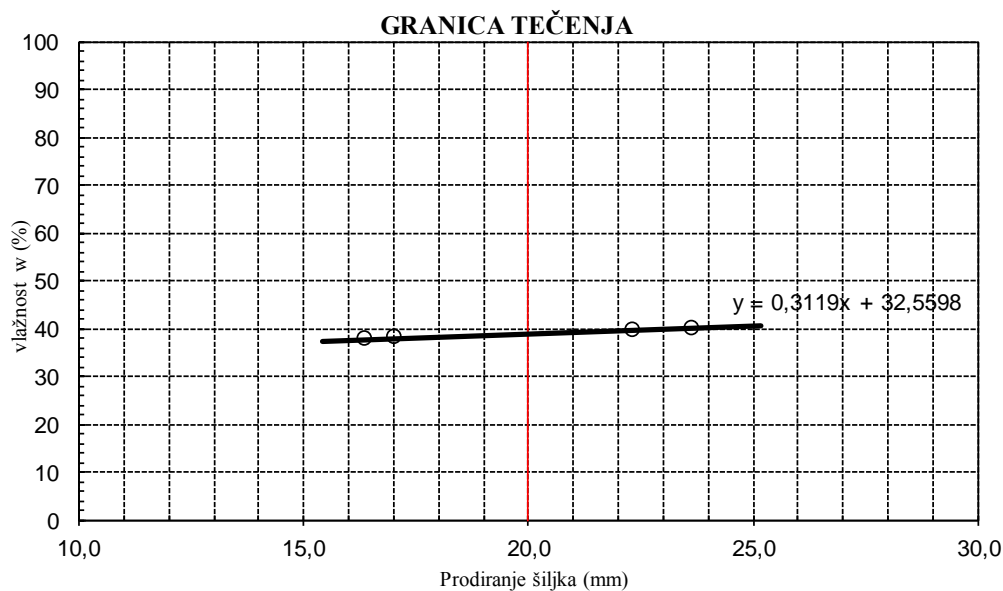
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 3**
 Dubina uzorka: **2.70 - 3.00** Lab. oznaka: B3(2.70-3.00)
 Datum ispitivanja: 28.01.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	16,3	16,5	17,0	17,1	22,2	22,5	23,5	23,8
	16,4		17,1		22,4		23,7	
Posuda br.	185		181		5		184	
Vlažna masa bruto g	46,88		45,52		44,86		50,37	
Suha masa bruto g	41,40		40,25		39,76		43,50	
Tara g	26,81		26,38		26,87		26,28	
Suha masa neto g	14,59		13,87		12,89		17,22	
Gubitak mase g	5,48		5,27		5,10		6,87	
VLAŽNOST %	37,56		38,00		39,57		39,90	



Granica tečenja	$w_L(\%)$:	38,80
Granica plastičnosti	$w_P(\%)$:	19,96
Prirodna vlažnost	$w_0(\%)$:	23,19
Indeks plastičnosti	$I_P(\%)$:	18,84
Indeks konzistencije	I_C	0,83

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

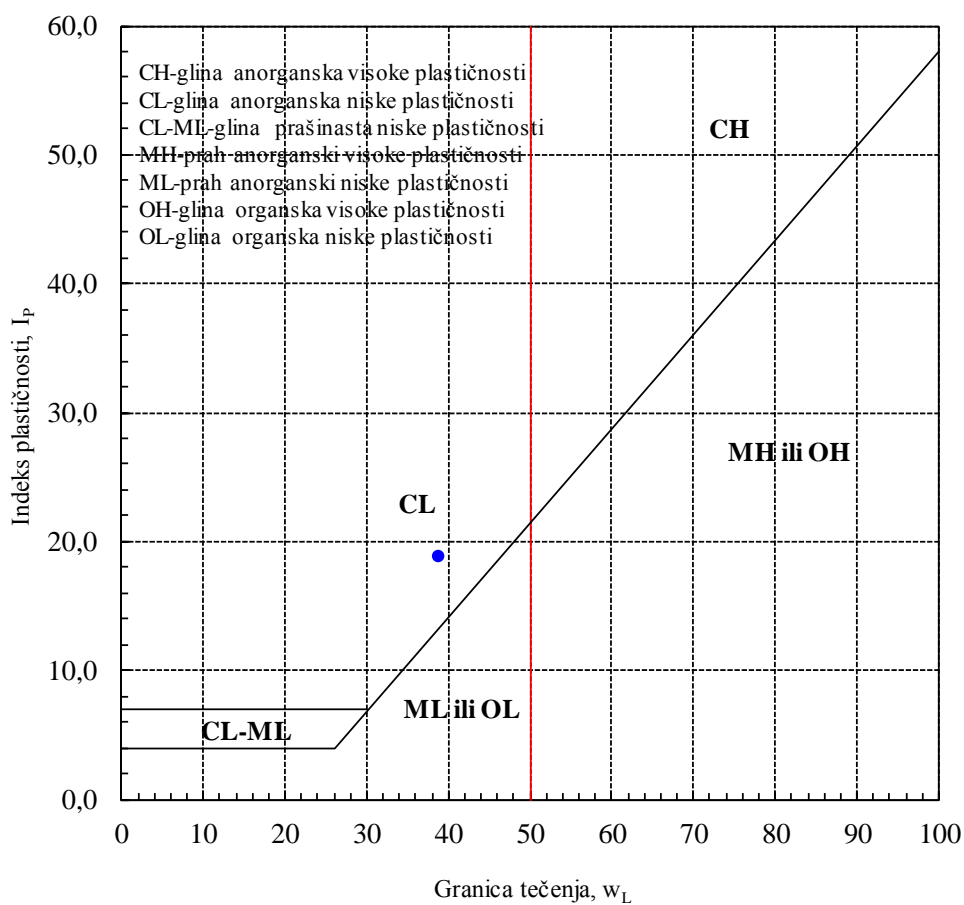
Bušotina: **B 3**

Lab. oznaka: B3(2.70-3.00)

Dubina uzorka: **2.70 - 3.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 28.01.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B3(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 10,82
Datum ispitivanja: 19.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	0,70
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1281,31

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B3(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 19,98
Datum ispitivanja: 21.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.

m – masa šiljka (g),

g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),

i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,10
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	518,88

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B3(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 23,38
Datum ispitivanja: 25.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	2,35
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	113,69

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

<i>Bušotina:</i>	B 3	<i>Opis uzorka:</i> poremećen
<i>Dubina uzorka (m):</i>	2.7-3.0	<i>Lab. oznaka:</i> B3(2.7-3.00)
<i>Vlažnost uzorka (%):</i>	28,95	
<i>Datum ispitivanja:</i>	27.05.2020.	<i>Aparatura:</i> "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, <i>c</i>
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
m – masa šiljka (g),
g – ubrzanje gravitacije (m/s²),
i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka <i>i</i> (mm):	4,70
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	28,42

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B3(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 38,8
Datum ispitivanja: 29.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

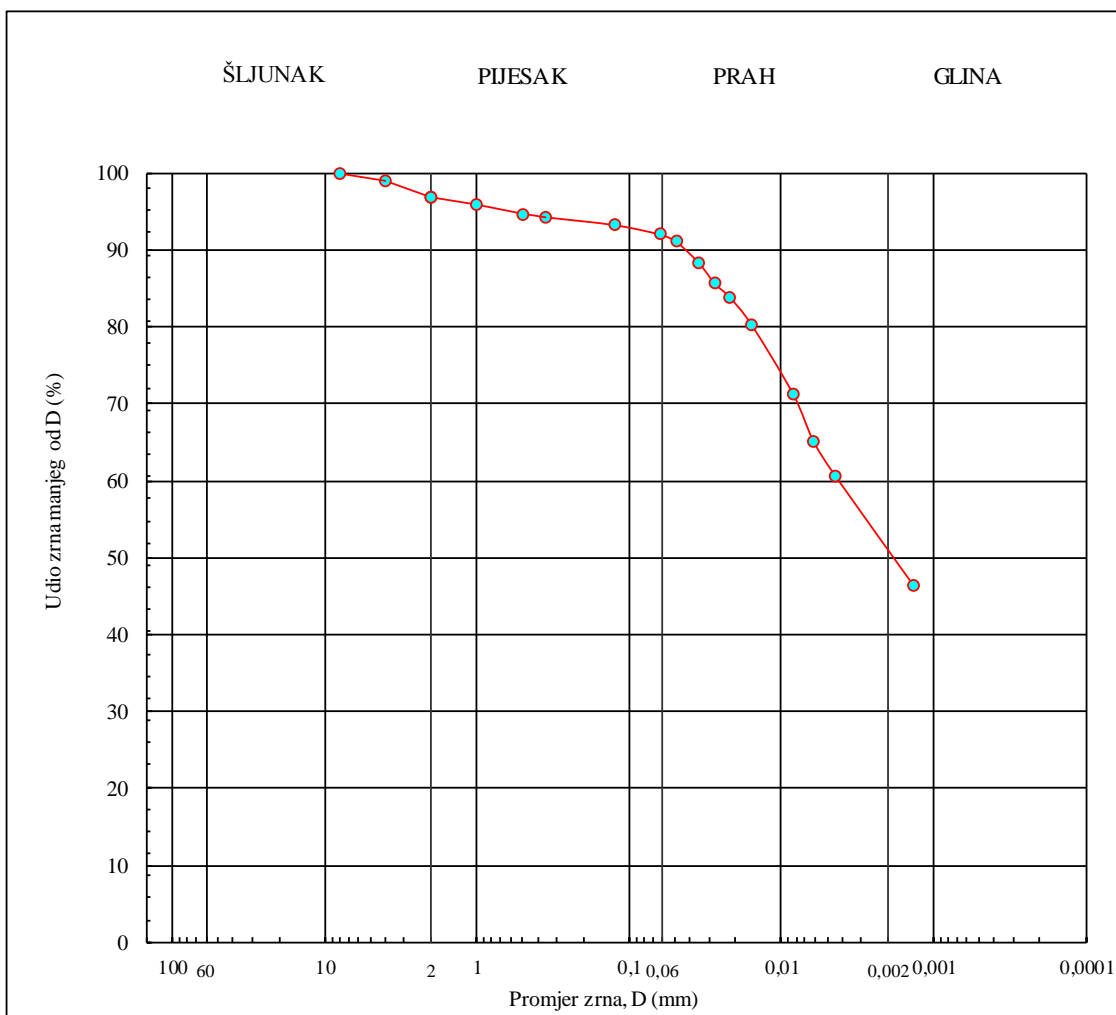
Bušotina: **B 3**

Dubina uzorka (m): **6.70 - 7.00**

Lab. oznaka: B3(6.70-7.00)

Datum ispitivanja: 23.01.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 3**

Dubina uzorka: **6.70 - 7.00**

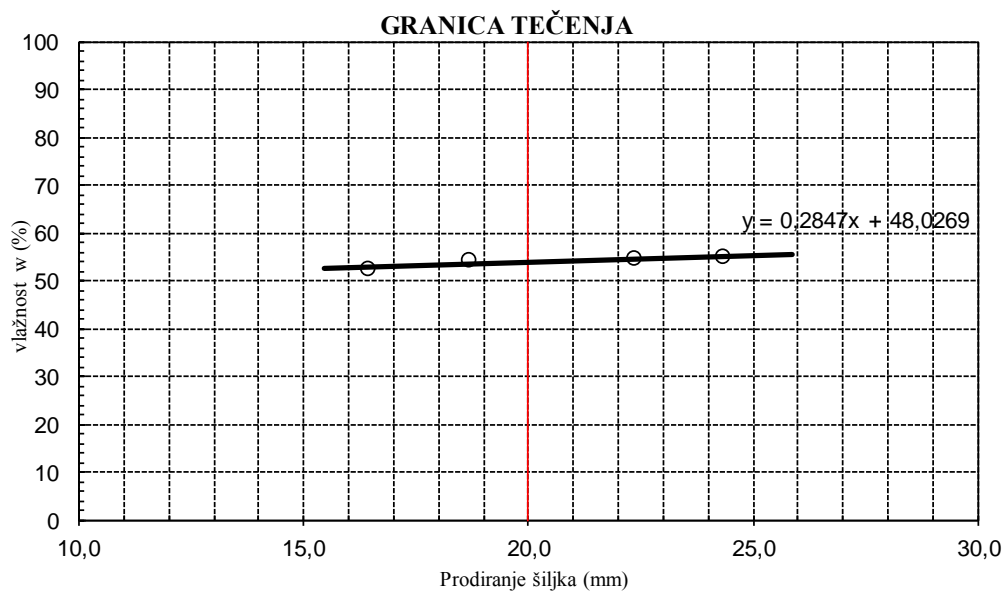
Lab. oznaka: B3(6.70-7.00)

Datum ispitivanja: 28.01.2020.

Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	16,4	16,5	18,6	18,8	22,3	22,5	24,2	24,5
	16,5		18,7		22,4		24,4	
Posuda br.	3		8		7		14	
Vlažna masa bruto g	53,67		49,48		46,40		47,72	
Suha masa bruto g	44,12		41,41		39,30		39,88	
Tara g	25,79		26,51		26,28		25,53	
Suha masa neto g	18,33		14,90		13,02		14,35	
Gubitak mase g	9,55		8,07		7,10		7,84	
VLAŽNOST %	52,10		54,16		54,53		54,63	



Granica tečenja	$w_L(\%)$:	53,72
Granica plastičnosti	$w_P(\%)$:	23,10
Prirodna vlažnost	$w_0(\%)$:	27,47
Indeks plastičnosti	$I_P(\%)$:	30,62
Indeks konzistencije	I_C	0,86

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

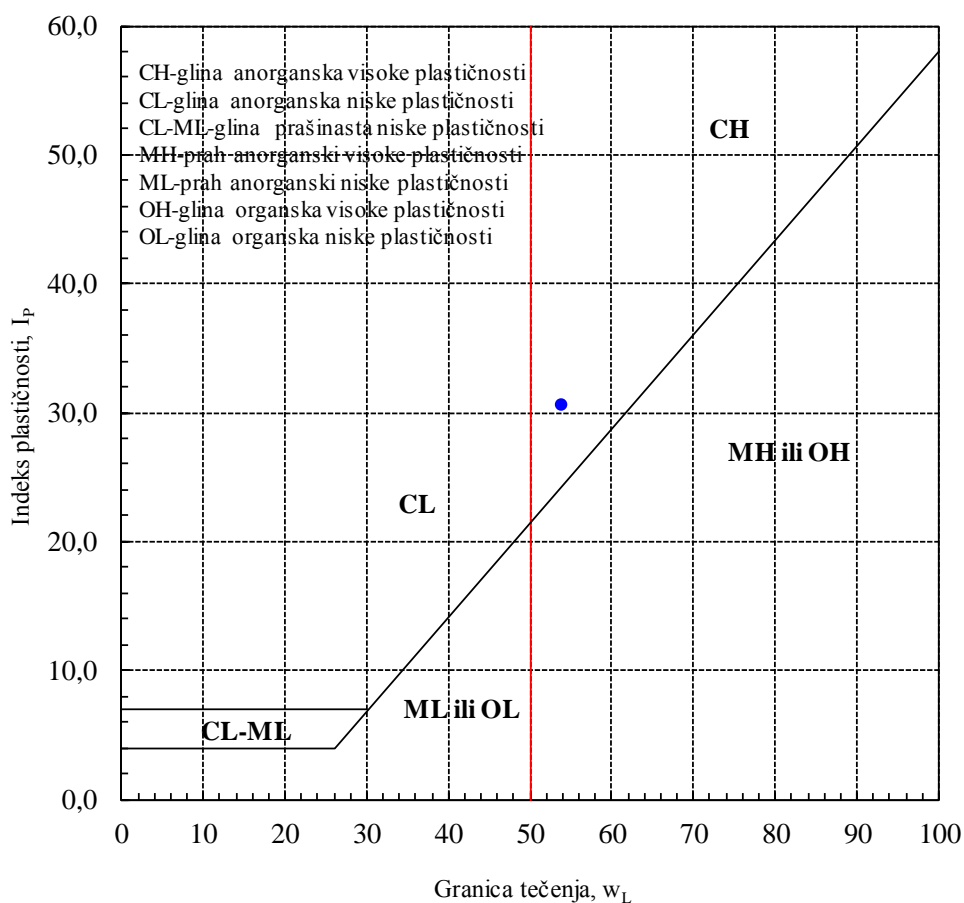
Bušotina: **B 3**

Lab. oznaka: B3(6.70-7.00)

Dubina uzorka: **6.70 - 7.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 28.01.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B3(6.7-7.00)
Vlažnost uzorka (%): 8,92
Datum ispitivanja: 19.05.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,20
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	436,00

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B3(6.7-7.00)
Vlažnost uzorka (%): 24,36
Datum ispitivanja: 21.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,50
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	279,04

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B3(6.7-7.00)
Vlažnost uzorka (%): 28,06
Datum ispitivanja: 25.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	3,40
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	54,31

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B3(6.7-7.00)
Vlažnost uzorka (%): 38,29
Datum ispitivanja: 27.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	6,55
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	14,63

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **6.7-7.0** Lab. oznaka: B3(6.7-7.00)
Vlažnost uzorka (%): 53,72
Datum ispitivanja: 29.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

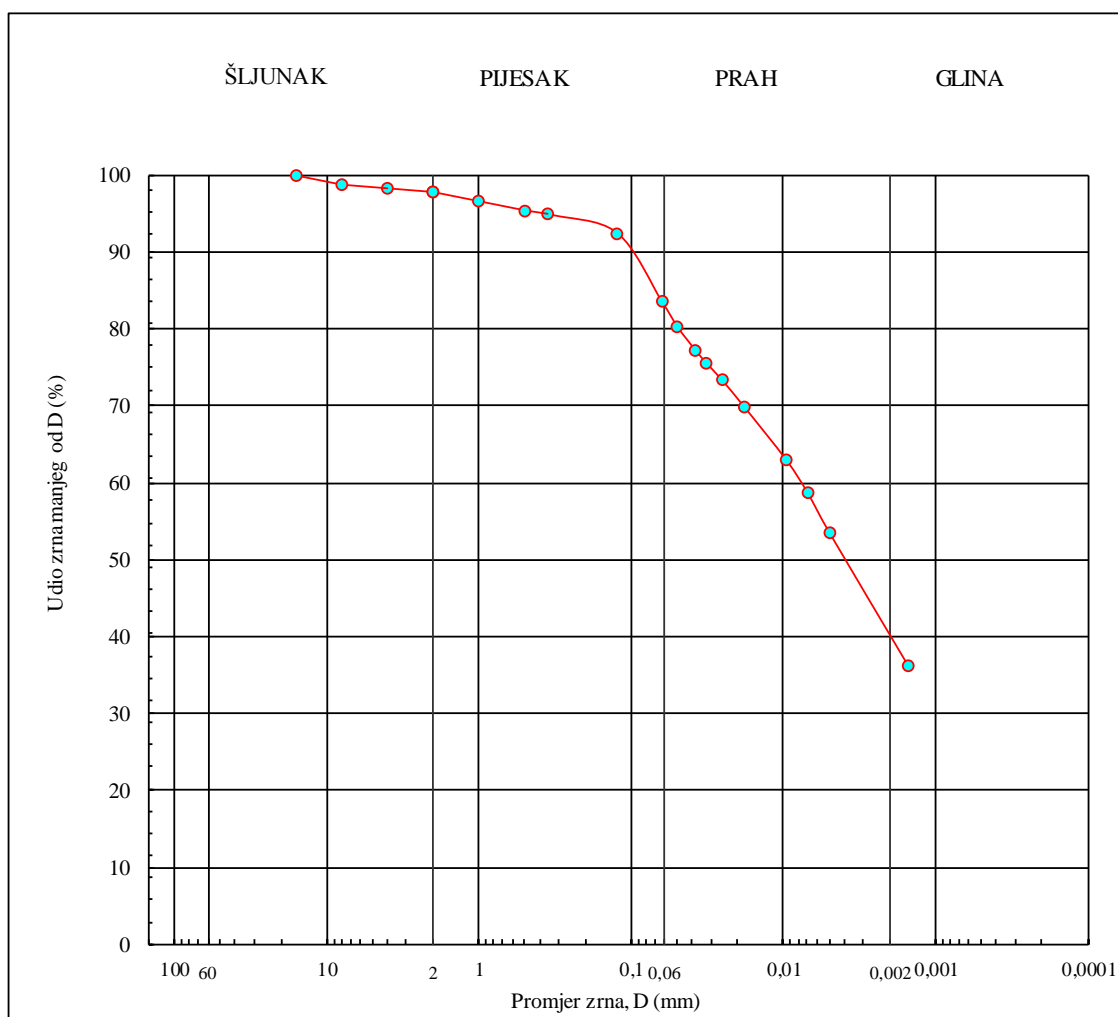
Bušotina: **B 4**

Dubina uzorka (m): **1.70 - 2.00**

Lab. oznaka: B4(1.70-2.00)

Datum ispitivanja: 23.01.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

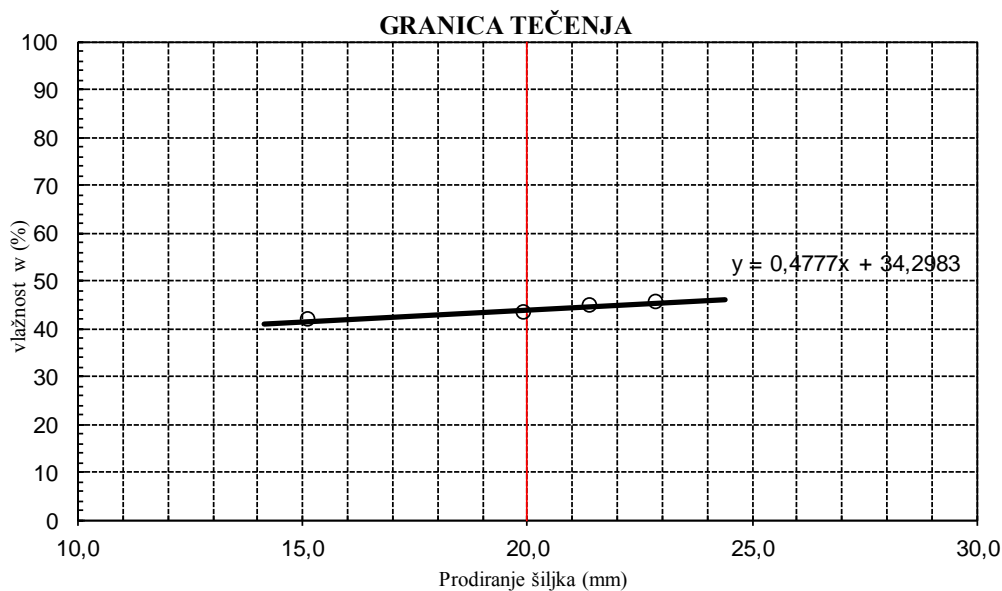
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 4**
 Dubina uzorka: **1.70 - 2.00** Lab. oznaka: B4(1.70-2.00)
 Datum ispitivanja: 28.01.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1	2	3	4
Prodiranje šiljka mm	15,3 15,0	20,2 19,7	21,4 21,4	23,0 22,8
	15,2	20,0	21,4	22,9
Posuda br.	9	189	13	193.
Vlažna masa bruto g	40,79	43,74	43,72	43,65
Suha masa bruto g	36,45	38,65	38,42	38,40
Tara g	26,05	26,87	26,57	26,85
Suha masa neto g	10,40	11,78	11,85	11,55
Gubitak mase g	4,34	5,09	5,30	5,25
VLAŽNOST %	41,73	43,21	44,73	45,45



Granica tečenja	$w_L(\%)$:	43,85
Granica plastičnosti	$w_P(\%)$:	22,35
Prirodna vlažnost	$w_0(\%)$:	22,54
Indeks plastičnosti	$I_P(\%)$:	21,50
Indeks konzistencije	I_C	0,99

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

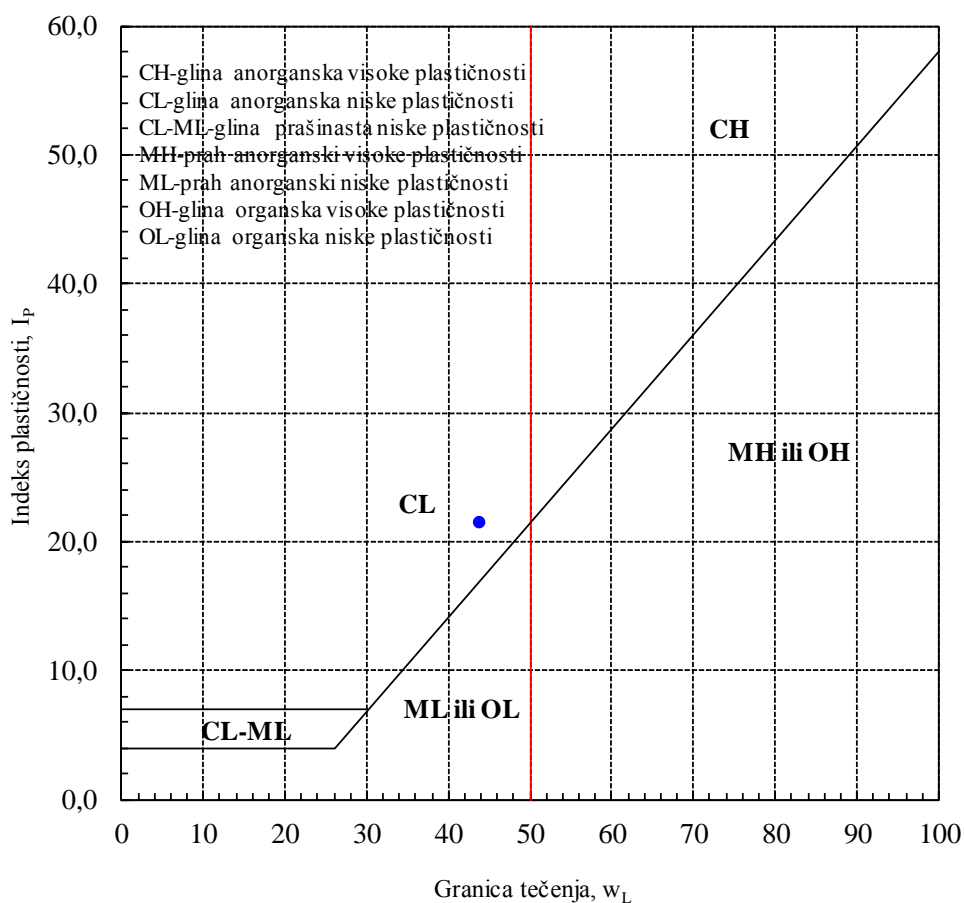
Bušotina: **B 4**

Lab. oznaka: B4(1.70-2.00)

Dubina uzorka: **1.70 - 2.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 28.01.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B4(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 12,02
Datum ispitivanja: 19.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	0,75
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1116,16

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B4(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 21,49
Datum ispitivanja: 21.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,20
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	436,00

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B4(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 24,03
Datum ispitivanja: 25.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,70
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	217,25

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B4(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 32,39
Datum ispitivanja: 27.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	4,60
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	29,67

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **1.7-2.0** Lab. oznaka: B4(1.7-2.00)
Vlažnost uzorka (%): 43,85
Datum ispitivanja: 29.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

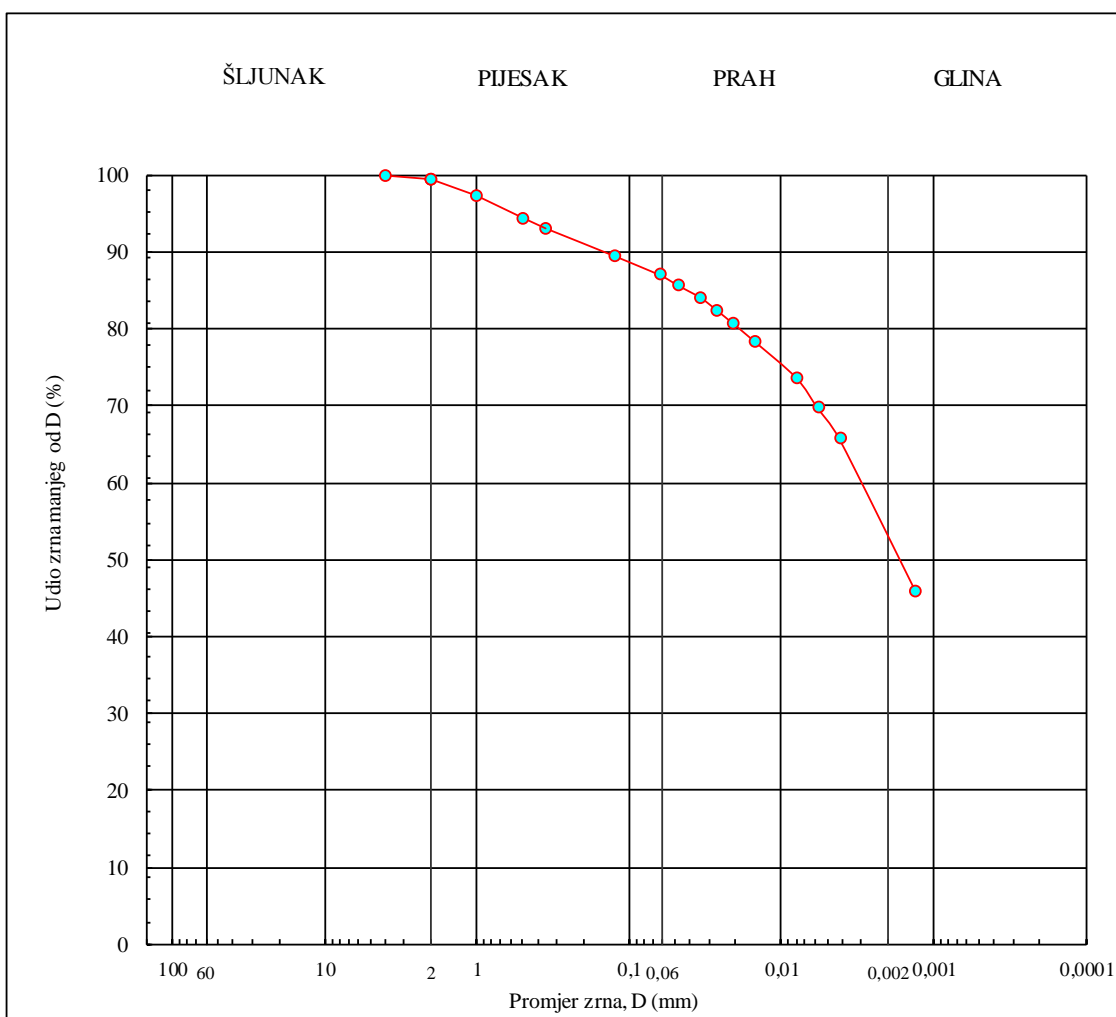
Bušotina: **B 4**

Dubina uzorka (m): **4.70 - 5.00**

Lab. oznaka: B4(4.70-5.00)

Datum ispitivanja: 23.01.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 4**

Dubina uzorka: **4.70 - 5.00**

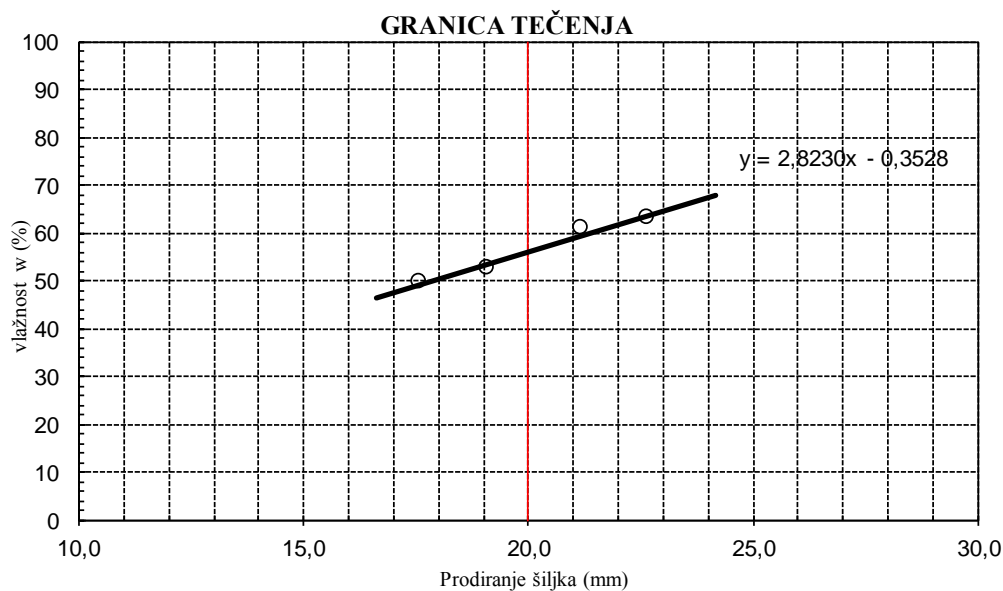
Lab. oznaka: B4(4.70-5.00)

Datum ispitivanja: 28.01.2020.

Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1	2	3	4
Prodiranje šiljka mm	17,5 17,7	18,9 19,3	21,1 21,3	22,5 22,8
	17,6	19,1	21,2	22,7
Posuda br.	196.	192.	177	15
Vlažna masa bruto g	44,53	41,62	48,04	44,18
Suha masa bruto g	38,78	36,31	39,96	37,06
Tara g	27,20	26,21	26,67	25,75
Suha masa neto g	11,58	10,10	13,29	11,31
Gubitak mase g	5,75	5,31	8,08	7,12
VLAŽNOST %	49,65	52,57	60,80	62,95



Granica tečenja	$w_L(\%)$:	56,11
Granica plastičnosti	$w_P(\%)$:	25,85
Prirodna vlažnost	$w_0(\%)$:	23,48
Indeks plastičnosti	$I_P(\%)$:	30,26
Indeks konzistencije	I_C	1,08

Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

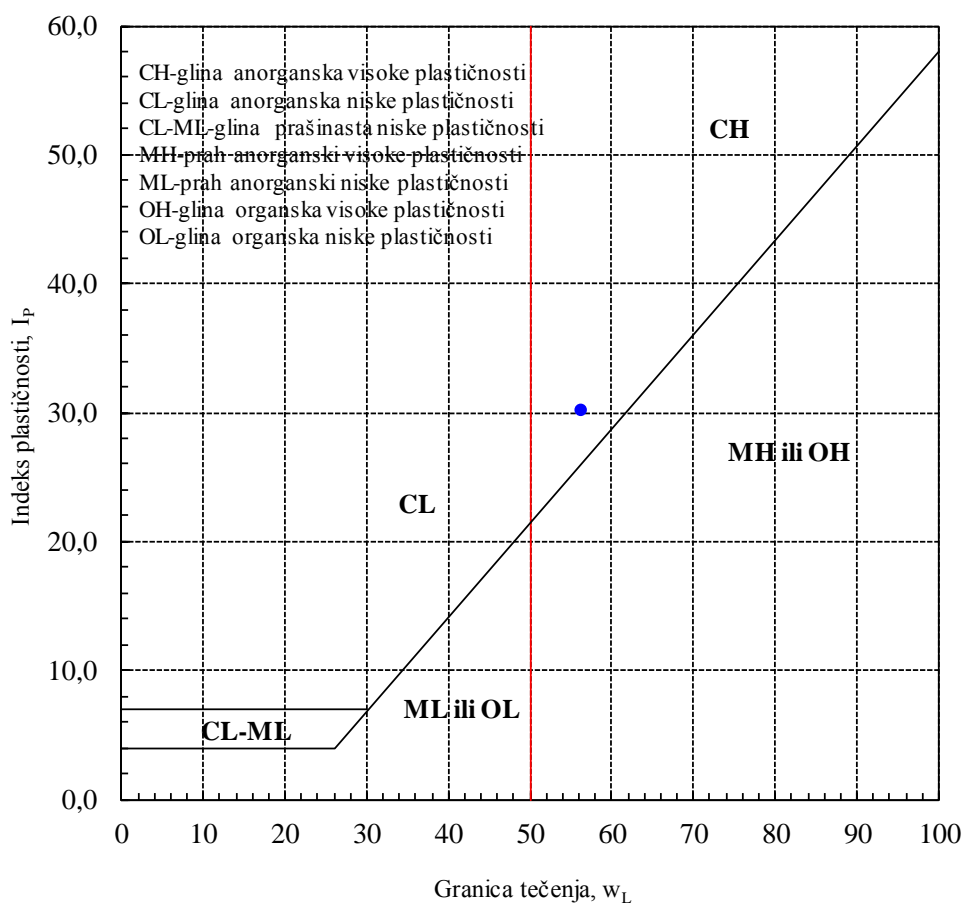
Bušotina: **B 4**

Lab. oznaka: B4(4.70-5.00)

Dubina uzorka: **4.70 - 5.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 28.01.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B4(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 12,08
Datum ispitivanja: 19.5.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,20
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	436,00

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B4(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 25
Datum ispitivanja: 21.5.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,30
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	371,50

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B4(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 25,63
Datum ispitivanja: 25.5.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,50
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	279,04

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B4(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 40,93
Datum ispitivanja: 27.5.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	5,45
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	21,14

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B4(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 56,11
Datum ispitivanja: 29.5.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

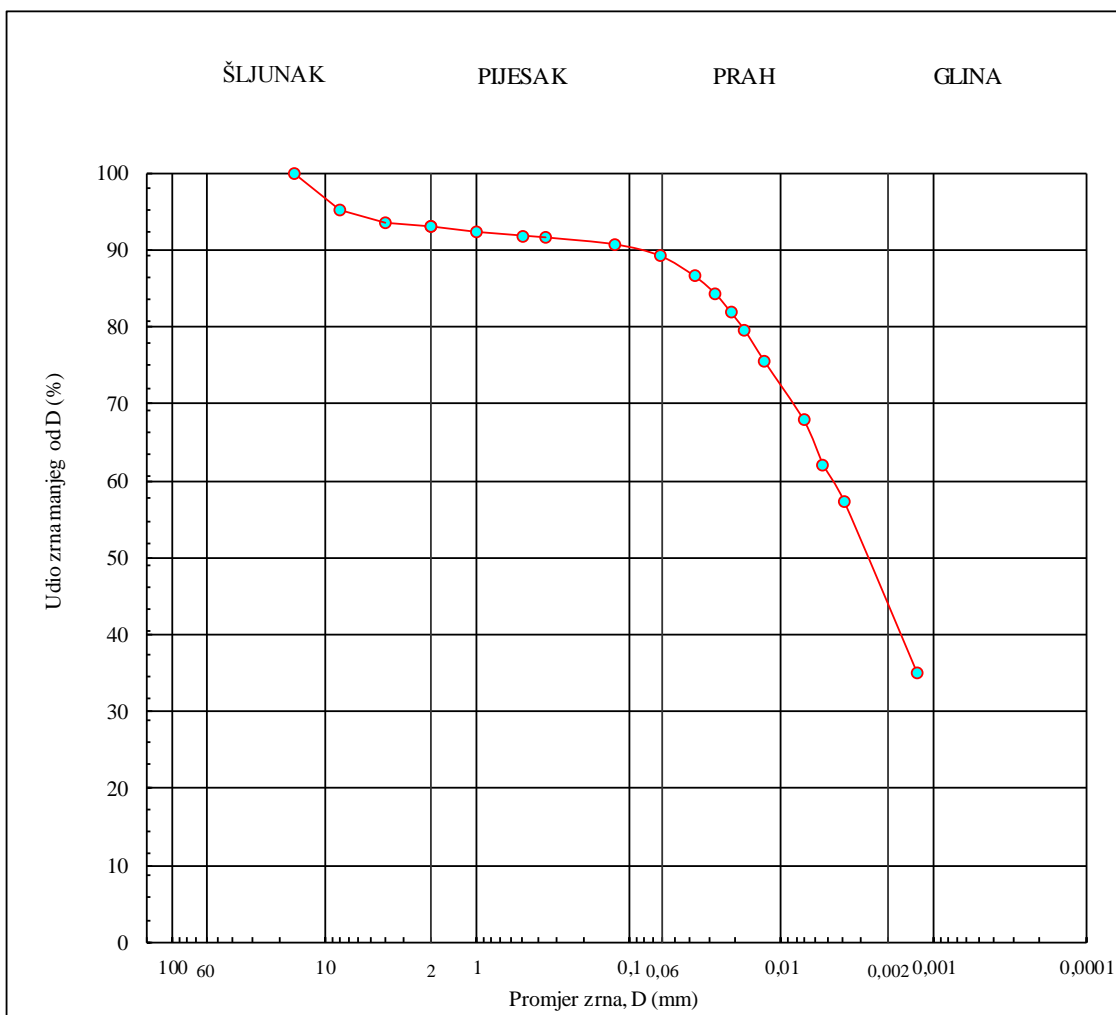
Bušotina: **B 4**

Dubina uzorka (m): **7.70 - 8.00**

Lab. oznaka: B4(7.70-8.00)

Datum ispitivanja: 23.01.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

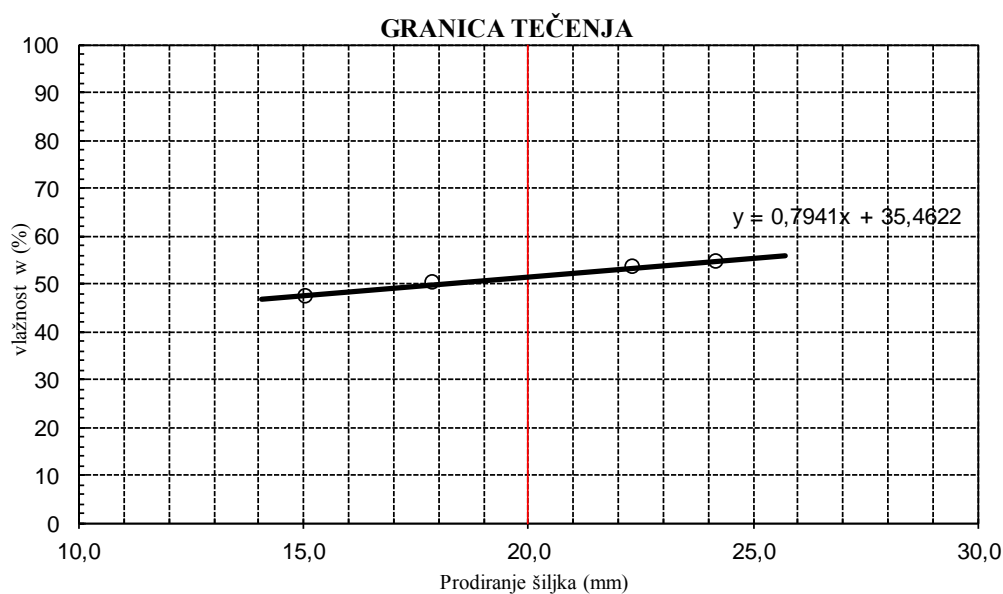
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 4**
 Dubina uzorka: **7.70 - 8.00** Lab. oznaka: B4(7.70-8.00)
 Datum ispitivanja: 20.01.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	15,0	15,1	17,8	18,0	22,2	22,5	24,1	24,3
	15,1		17,9		22,4		24,2	
Posuda br.	186		185		7		8	
Vlažna masa bruto g	45,35		45,18		46,42		48,74	
Suha masa bruto g	39,41		39,04		39,40		40,62	
Tara g	26,80		26,79		26,21		25,73	
Suha masa neto g	12,61		12,25		13,19		14,89	
Gubitak mase g	5,94		6,14		7,02		8,12	
VLAŽNOST %	47,11		50,12		53,22		54,53	



Granica tečenja	w_L (%):	51,34
Granica plastičnosti	w_P (%):	24,58
Prirodna vlažnost	w_0 (%):	20,86
Indeks plastičnosti	I_P (%):	26,76
Indeks konzistencije	I_C	1,14

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

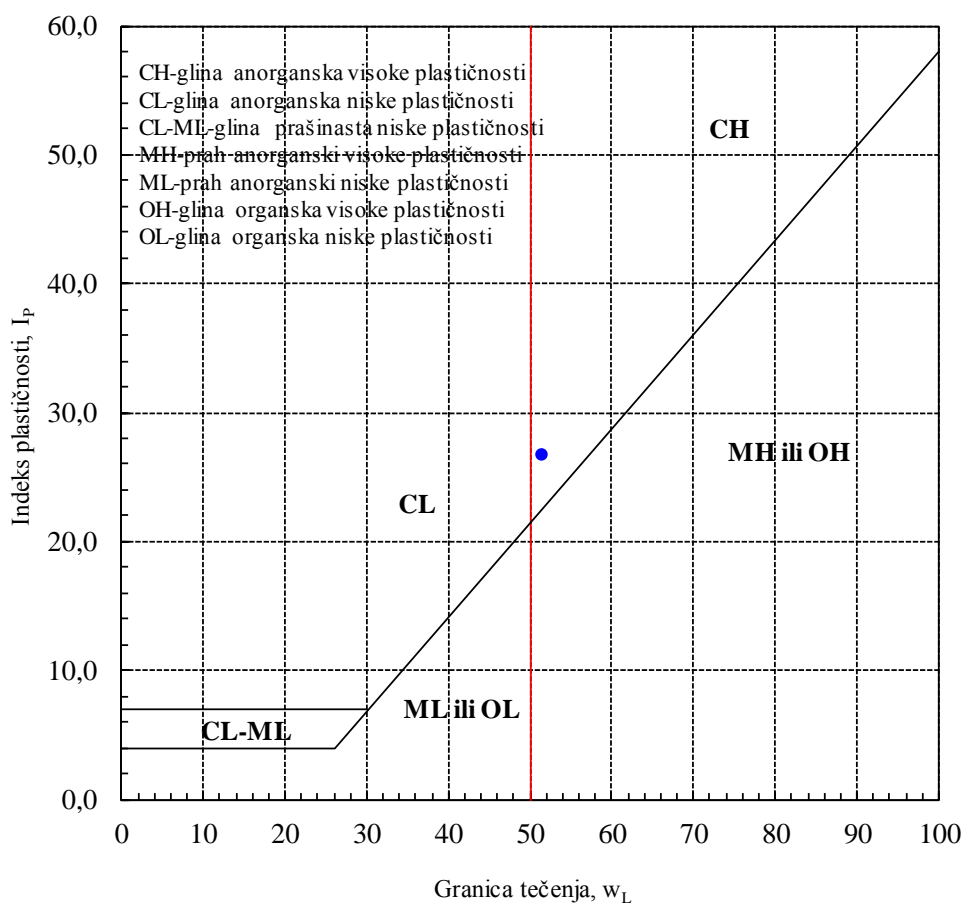
Bušotina: **B 4**

Lab. oznaka: B4(7.70-8.00)

Dubina uzorka: **7.70 - 8.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 20.01.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **7.7-8.0** Lab. oznaka: B4(7.7-8.00)
Vlažnost uzorka (%): 11,91
Datum ispitivanja: 19.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	0,30
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	6976,00

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **7.7-8.0** Lab. oznaka: B4(7.7-8.00)
Vlažnost uzorka (%): 19,02
Datum ispitivanja: 21.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.

m – masa šiljka (g),

g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),

i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	627,84

GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
 Dubina uzorka (m): **7.7-8.0** Lab. oznaka: B4(7.7-8.00)
 Vlažnost uzorka (%): 24,48
 Datum ispitivanja: 19.05.2020. Aparatura: "Controls"
 Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nerdenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,20
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	436,00

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **7.7-8.0** Lab. oznaka: B4(7.7-8.00)
Vlažnost uzorka (%): 36,51
Datum ispitivanja: 27.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	5,40
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	21,53

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **7.7-8.0** Lab. oznaka: B4(7.7-8.00)
Vlažnost uzorka (%): 51,34
Datum ispitivanja: 29.05.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

PRILOG B

REZULTATI LABORATORIJSKIH POKUSA ZA PILOT PODRUČJE LAZ BISTRičKI

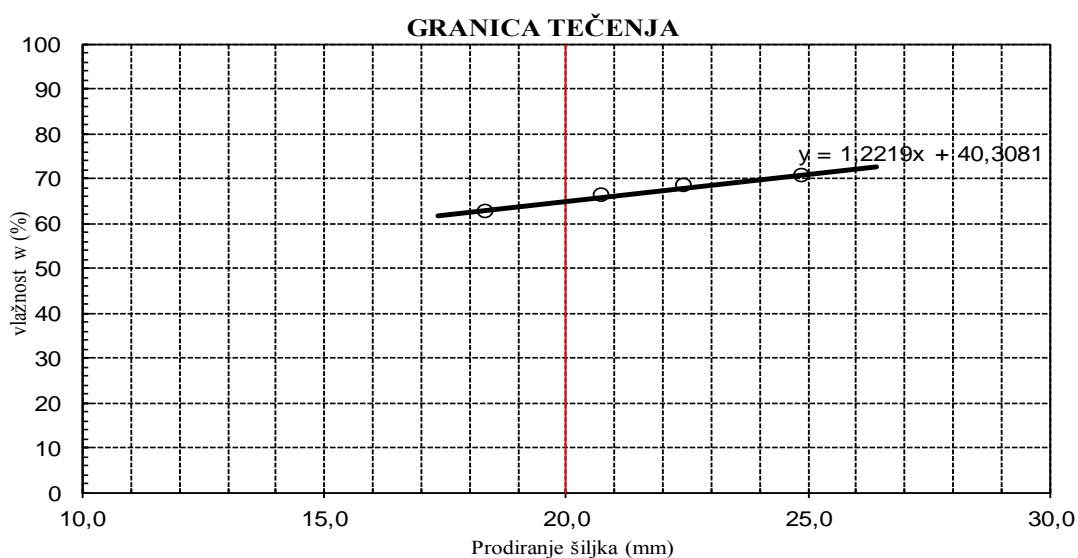
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 1**
 Dubina uzorka: **9.20 - 9.50** Lab. oznaka: B1(9.2-9.5)
 Datum ispitivanja: 26.05.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	18,2	18,5	20,8	20,7	22,3	22,6	24,7	25,1
	18,4		20,8		22,5		24,9	
Posuda br.	5		15		17		9	
Vlažna masa bruto g	43,96		43,45		42,43		42,20	
Suha masa bruto g	37,37		36,40		35,86		35,53	
Tara g	26,81		25,72		26,20		26,06	
Suha masa neto g	10,56		10,68		9,66		9,47	
Gubitak mase g	6,59		7,05		6,57		6,67	
VLAŽNOST %	62,41		66,01		68,01		70,43	



Granica tečenja	w_L(%)	64,75
Granica plastičnosti	w_P(%)	23,49
Prirodna vlažnost	w₀(%)	27,75
Indeks plastičnosti	I_P(%)	41,26
Indeks konzistencije	I_C	0,90

Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

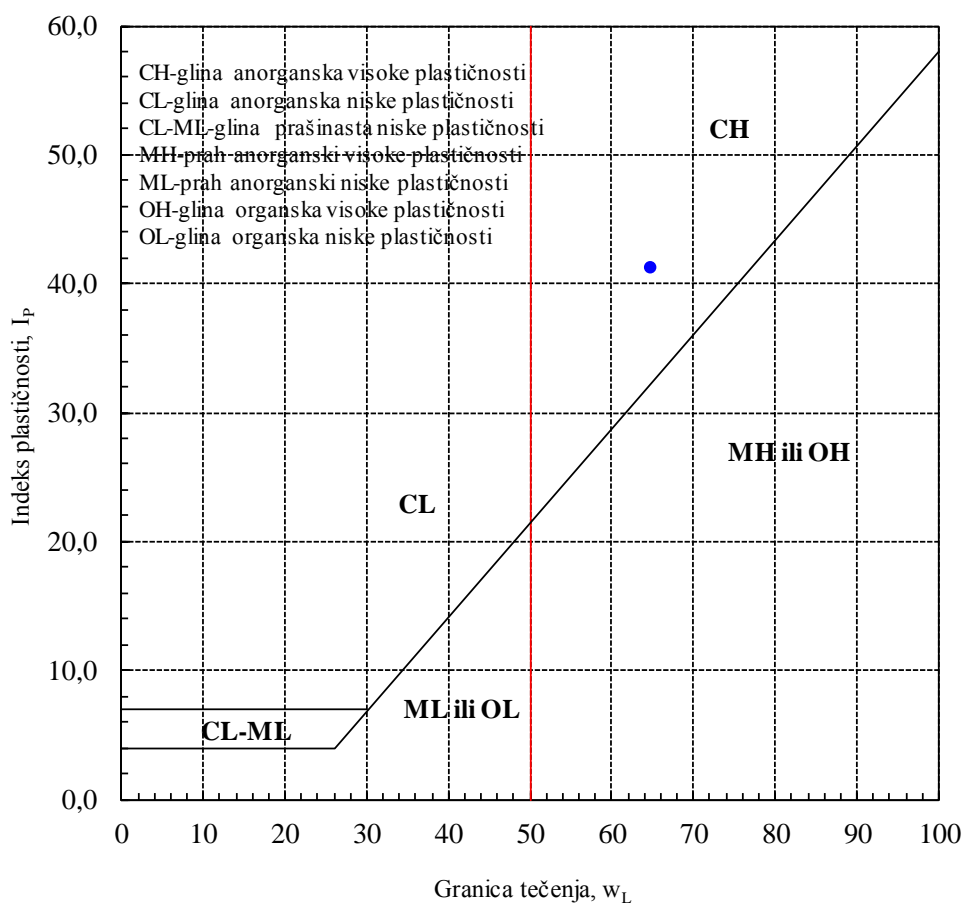
Bušotina: **B 1**

Lab. oznaka: B1(9.2-9.5)

Dubina uzorka: **9.20 - 9.50**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 26.05.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **9.2-9.5** Lab. oznaka: B1(9.2-9.5)
Vlažnost uzorka (%): **2,88**
Datum ispitivanja: 01.06.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	627,84

Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **9.2-9.5** Lab. oznaka: B1(9.2-9.5)
Vlažnost uzorka (%): **24,25**
Datum ispitivanja: **03.06.2020.** Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	2,30
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	118,68

Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **9.2-9.5** Lab. oznaka: B1(9.2-9.5)
Vlažnost uzorka (%): **28,16**
Datum ispitivanja: **05.06.2020.** Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka,
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	4,10
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	37,35

Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** *Opis uzorka:* poremećen
Dubina uzorka (m): **9.2-9.5** *Lab. oznaka:* B1(9.2-9.5)
Vlažnost uzorka (%): **43,21**
Datum ispitivanja: 07.06.2020. *Aparatura:* "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka,
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	9,60
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	6,81

Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 1** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **9.2-9.5** Lab. oznaka: B1(9.2-9.5)
Vlažnost uzorka (%): **64,75**
Datum ispitivanja: 09.06.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka,
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

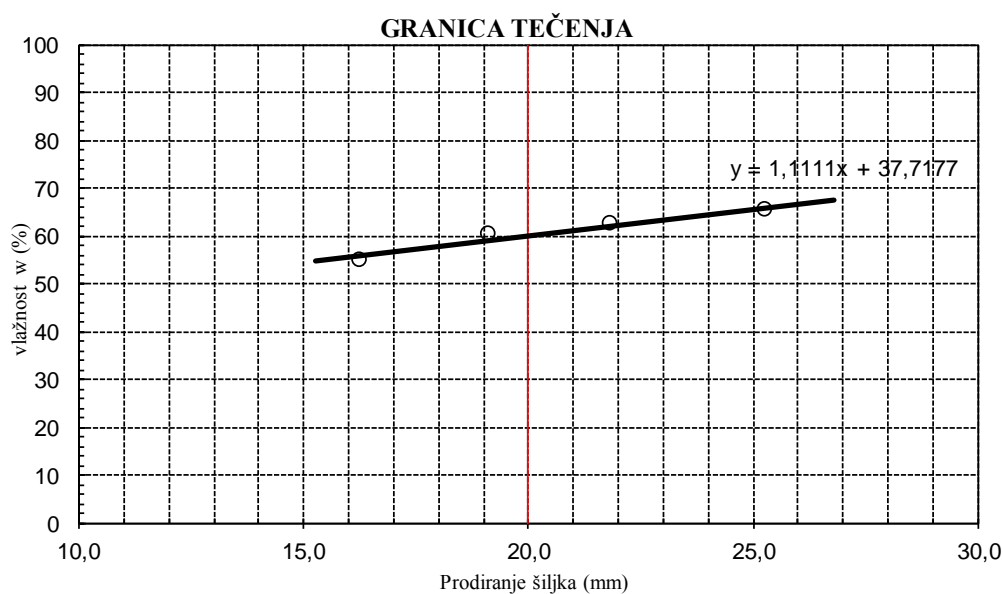
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 2**
 Dubina uzorka: **4.70 - 5.00** Lab. oznaka: B2(4.7-5.0)
 Datum ispitivanja: 21.05.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	16,2	16,3	19,1	19,2	21,8	21,9	25,5	25,1
	16,3		19,2		21,9		25,3	
Posuda br.	1		12		16		4	
Vlažna masa bruto g	45,22		43,15		43,76		45,32	
Suha masa bruto g	38,45		36,71		36,90		38,08	
Tara g	26,10		26,00		25,92		26,97	
Suha masa neto g	12,35		10,71		10,98		11,11	
Gubitak mase g	6,77		6,44		6,86		7,24	
VLAŽNOST %	54,82		60,13		62,48		65,17	



Granica tečenja	w_L (%):	59,94
Granica plastičnosti	w_P (%):	28,19
Prirodna vlažnost	w_0 (%):	32,31
Indeks plastičnosti	I_P (%):	31,75
Indeks konzistencije	I_C	0,87

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

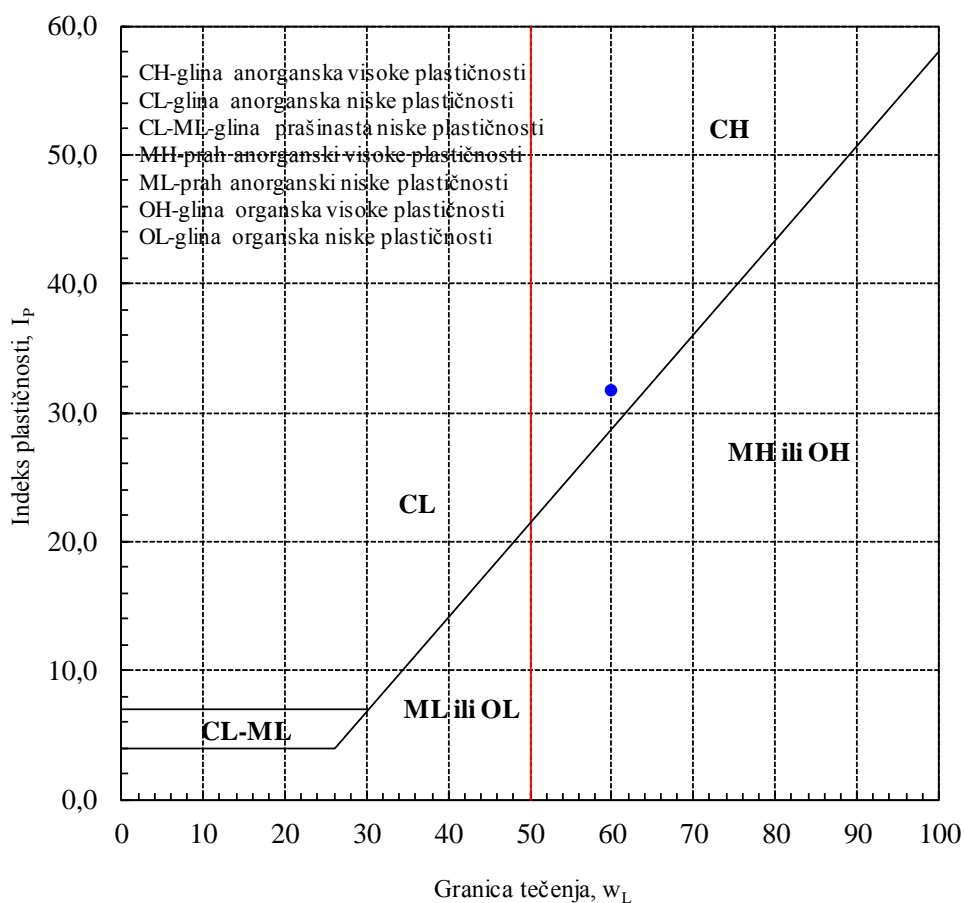
Bušotina: **B 2**

Lab. oznaka: B2(4.7-5.0)

Dubina uzorka: **4.70 - 5.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 21.05.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B2(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 12,27
Datum ispitivanja: 01.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	0,70
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1281,31

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

<i>Bušotina:</i>	B2	<i>Opis uzorka:</i> poremećen
<i>Dubina uzorka (m):</i>	4.7-5.0	<i>Lab. oznaka:</i> B2(4.7-5.00)
<i>Vlažnost uzorka (%):</i>	28,03	
<i>Datum ispitivanja:</i>	03.06.2020.	<i>Aparatura:</i> "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, <i>c</i>
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
m – masa šiljka (g),
g – ubrzanje gravitacije (m/s²),
i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka <i>i</i> (mm):	2,20
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	129,72

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B2(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 33,5
Datum ispitivanja: 05.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	5,85
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	18,35

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B2(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 42,78
Datum ispitivanja: 07.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	11,85
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	4,47

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B2(4.7-5.00)
Vlažnost uzorka (%): 59,48
Datum ispitivanja: 09.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

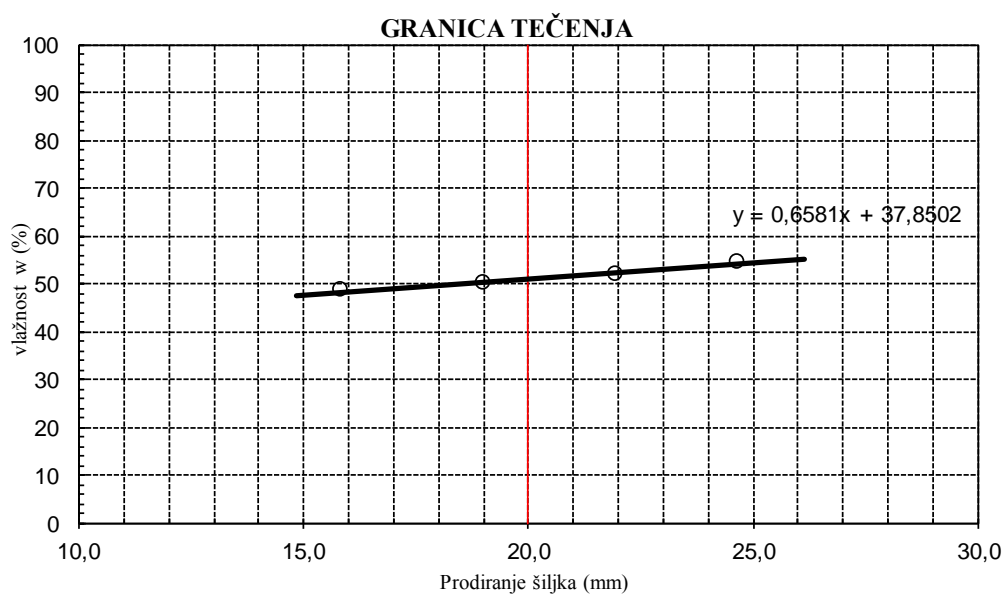
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 2**
 Dubina uzorka: **8.20 - 8.50** Lab. oznaka: B2(8.2-8.5)
 Datum ispitivanja: 26.05.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1	2	3	4
Prodiranje šiljka mm	15,8 15,9	19,1 18,9	21,8 22,1	24,7 24,6
	15,9	19,0	22,0	24,7
Posuda br.	2	3	6	20
Vlažna masa bruto g	47,05	45,97	47,18	45,17
Suha masa bruto g	40,51	39,46	39,85	38,27
Tara g	27,07	26,43	25,72	25,61
Suha masa neto g	13,44	13,03	14,13	12,66
Gubitak mase g	6,54	6,51	7,33	6,90
VLAŽNOST %	48,66	49,96	51,88	54,50



Granica tečenja	$w_L(\%)$:	51,01
Granica plastičnosti	$w_P(\%)$:	21,05
Prirodna vlažnost	$w_0(\%)$:	19,59
Indeks plastičnosti	$I_P(\%)$:	29,96
Indeks konzistencije	I_C	1,05

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

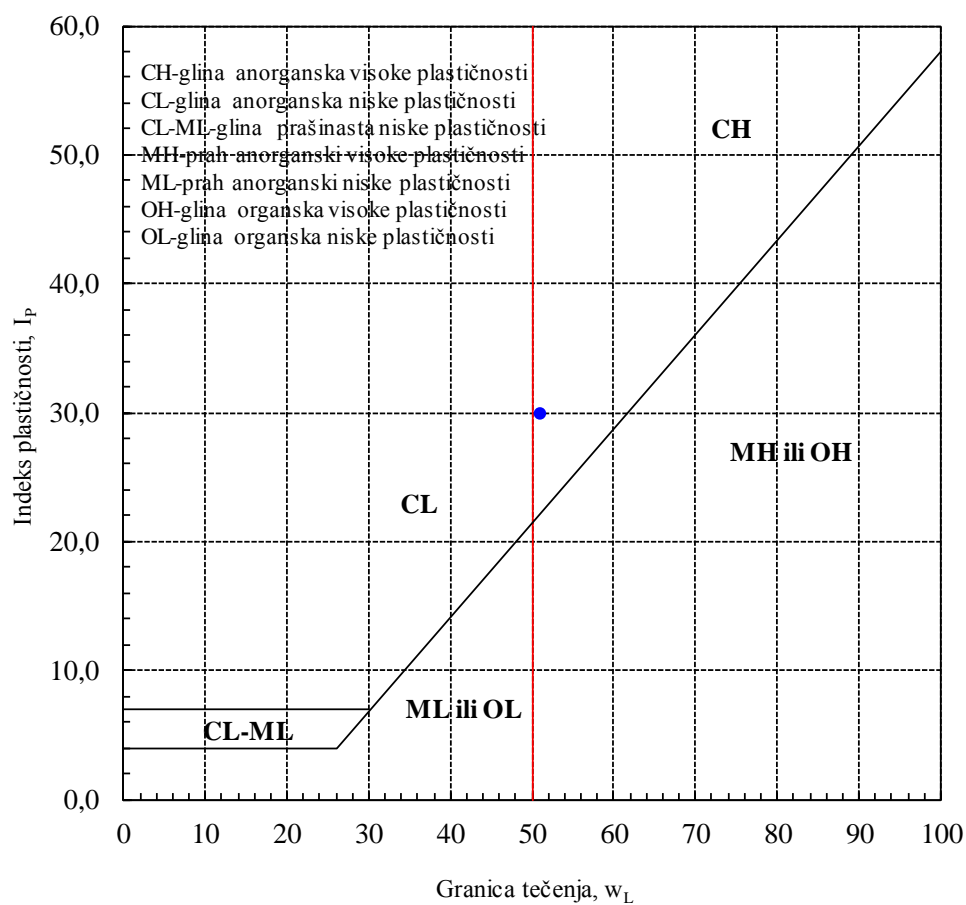
Bušotina: **B 2**

Lab. oznaka: B2(8.2-8.5)

Dubina uzorka: **8.20 - 8.50**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 26.05.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **8.2-8.5** Lab. oznaka: B2(8,2-8,5)
Vlažnost uzorka (%): 6,67
Datum ispitivanja: 01.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,40
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	320,33

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **8.2-8.5** Lab. oznaka: B2(8,2-8,5)
Vlažnost uzorka (%): 19,93
Datum ispitivanja: 03.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	2,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	156,96

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

<i>Bušotina:</i>	B 2	<i>Opis uzorka:</i> poremećen
<i>Dubina uzorka (m):</i>	8.2-8.5	<i>Lab. oznaka:</i> B2(8,2-8,5)
<i>Vlažnost uzorka (%):</i>	20,42	
<i>Datum ispitivanja:</i>	05.06.2020.	<i>Aparatura:</i> "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, <i>c</i>
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
m – masa šiljka (g),
g – ubrzanje gravitacije (m/s²),
i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka <i>i</i> (mm):	2,15
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	135,82

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **8.2-8.5** Lab. oznaka: B2(8,2-8,5)
Vlažnost uzorka (%): 35,24
Datum ispitivanja: 07.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	9,40
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	7,11

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 2** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **8.2-8.5** Lab. oznaka: B2(8,2-8,5)
Vlažnost uzorka (%): 51,17
Datum ispitivanja: 09.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 3**

Dubina uzorka: **4.20 - 4.50**

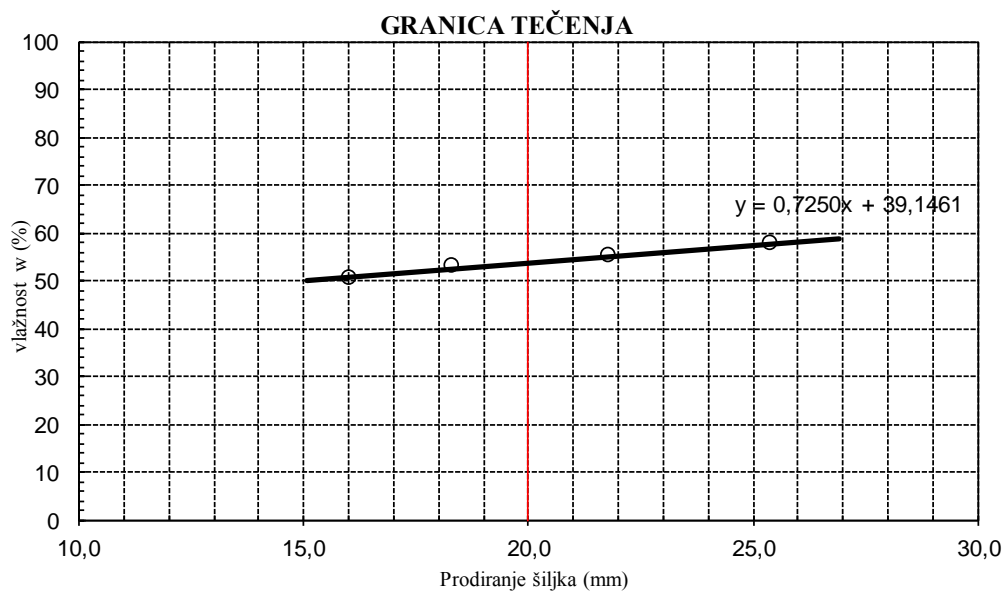
Datum ispitivanja: 26.05.2020.

Lab. oznaka: B3(4.2-4.5)

Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	16,0	16,1	18,1	18,5	21,8	21,8	25,3	25,5
	16,1		18,3		21,8		25,4	
Posuda br.	6		187		20		9	
Vlažna masa bruto g	43,54		44,22		45,78		47,29	
Suha masa bruto g	37,56		37,99		38,63		39,54	
Tara g	25,72		26,19		25,61		26,06	
Suha masa neto g	11,84		11,80		13,02		13,48	
Gubitak mase g	5,98		6,23		7,15		7,75	
VLAŽNOST %	50,51		52,80		54,92		57,49	



Granica tečenja	$w_L(\%)$:	53,65
Granica plastičnosti	$w_P(\%)$:	22,39
Prirodna vlažnost	$w_0(\%)$:	26,90
Indeks plastičnosti	$I_P(\%)$:	31,26
Indeks konzistencije	I_C	0,86

Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

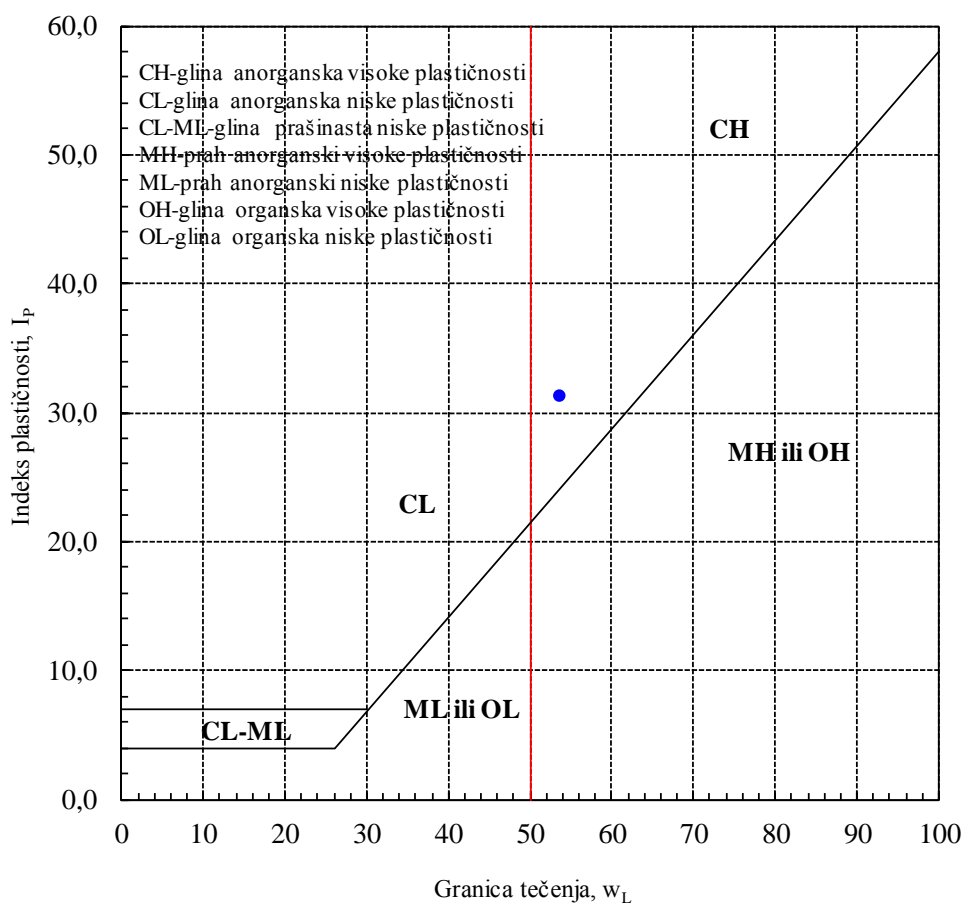
Bušotina: **B 3**

Lab. oznaka: B3(4.2-4.5)

Dubina uzorka: **4.20 - 4.50**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 26.05.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.2-4.5** Lab. oznaka: B3(4.2-4.5)
Vlažnost uzorka (%): 8,24
Datum ispitivanja: 01.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,05
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	569,47

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.2-4.5** Lab. oznaka: B3(4.2-4.5)
Vlažnost uzorka (%): 23,16
Datum ispitivanja: 03.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	2,20
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	129,72

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.2-4.5** Lab. oznaka: B3(4.2-4.5)
Vlažnost uzorka (%): 26,24
Datum ispitivanja: 05.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	4,30
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	33,96

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.2-4.5** Lab. oznaka: B3(4.2-4.5)
Vlažnost uzorka (%): 37,38
Datum ispitivanja: 07.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	13,50
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	3,44

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B3** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.2-4.5** Lab. oznaka: B3(4.2-4.5)
Vlažnost uzorka (%): 53,65
Datum ispitivanja: 09.06.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 4**

Dubina uzorka: **2.70 - 3.00**

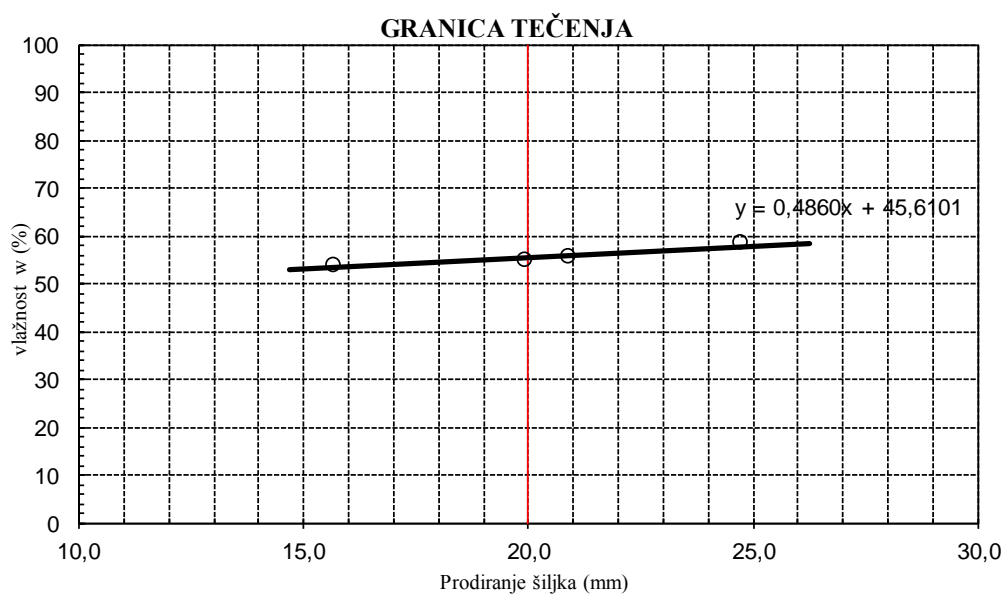
Datum ispitivanja: 29.05.2020.

Lab. oznaka: B4(2.7-3.0)

Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	15,6	15,8	19,8	20,1	20,8	21,0	24,9	24,6
	15,7		20,0		20,9		24,8	
Posuda br.	5		11		12		187	
Vlažna masa bruto g	44,11		38,83		49,10		48,67	
Suha masa bruto g	38,06		34,29		40,87		40,40	
Tara g	26,81		25,98		26,00		26,19	
Suha masa neto g	11,25		8,31		14,87		14,21	
Gubitak mase g	6,05		4,54		8,23		8,27	
VLAŽNOST %	53,78		54,63		55,35		58,20	



Granica tečenja	$w_L(\%)$:	55,33
Granica plastičnosti	$w_P(\%)$:	22,74
Prirodna vlažnost	$w_0(\%)$:	30,31
Indeks plastičnosti	$I_P(\%)$:	32,59
Indeks konzistencije	I_C	0,77

Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

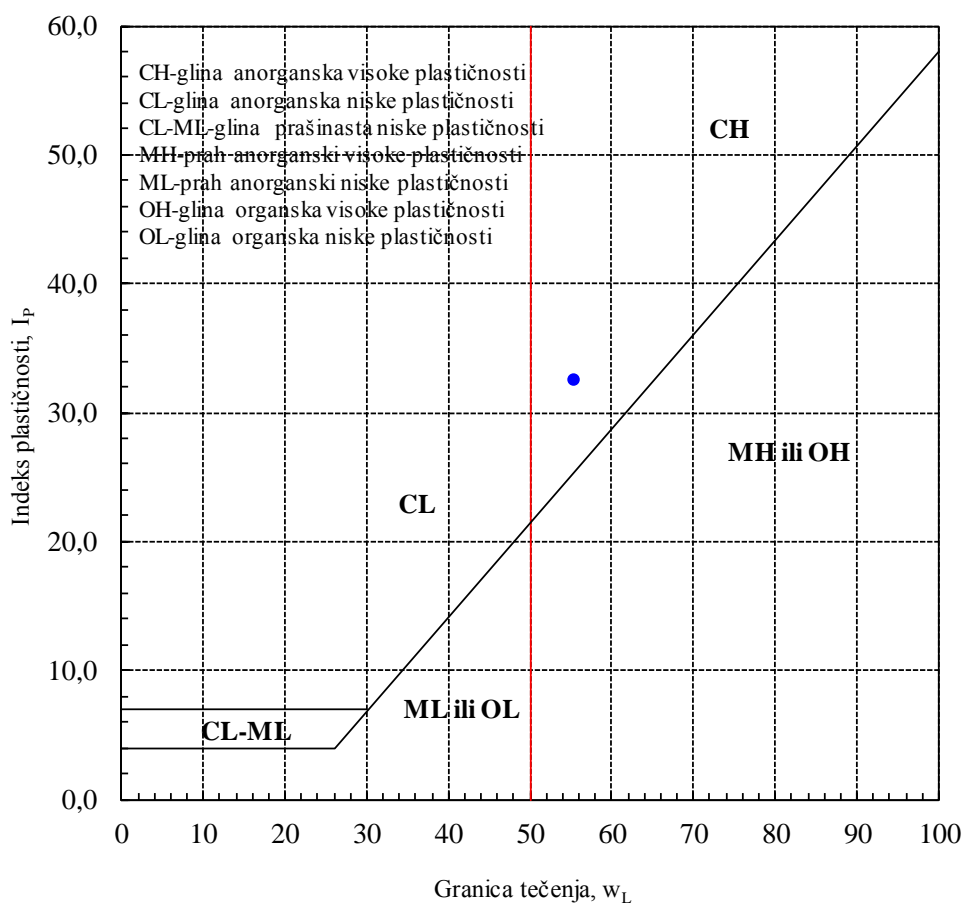
Bušotina: **B 4**

Lab. oznaka: B4(2.7-3.0)

Dubina uzorka: **2.70 - 3.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 29.05.2020.



Ispitao: Mladen Cvetković, dipl.ing.građ.

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B4(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 6,36
Datum ispitivanja: 01.06.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	0,60
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1744,00

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B4(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 22,77
Datum ispitivanja: 03.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	0,90
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	775,11

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B4(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 29,59
Datum ispitivanja: 05.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,65
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	230,61

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B4(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 37,6
Datum ispitivanja: 07.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	5,50
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	20,76

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 4** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B4(2.7-3.00)
Vlažnost uzorka (%): 55,61
Datum ispitivanja: 09.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

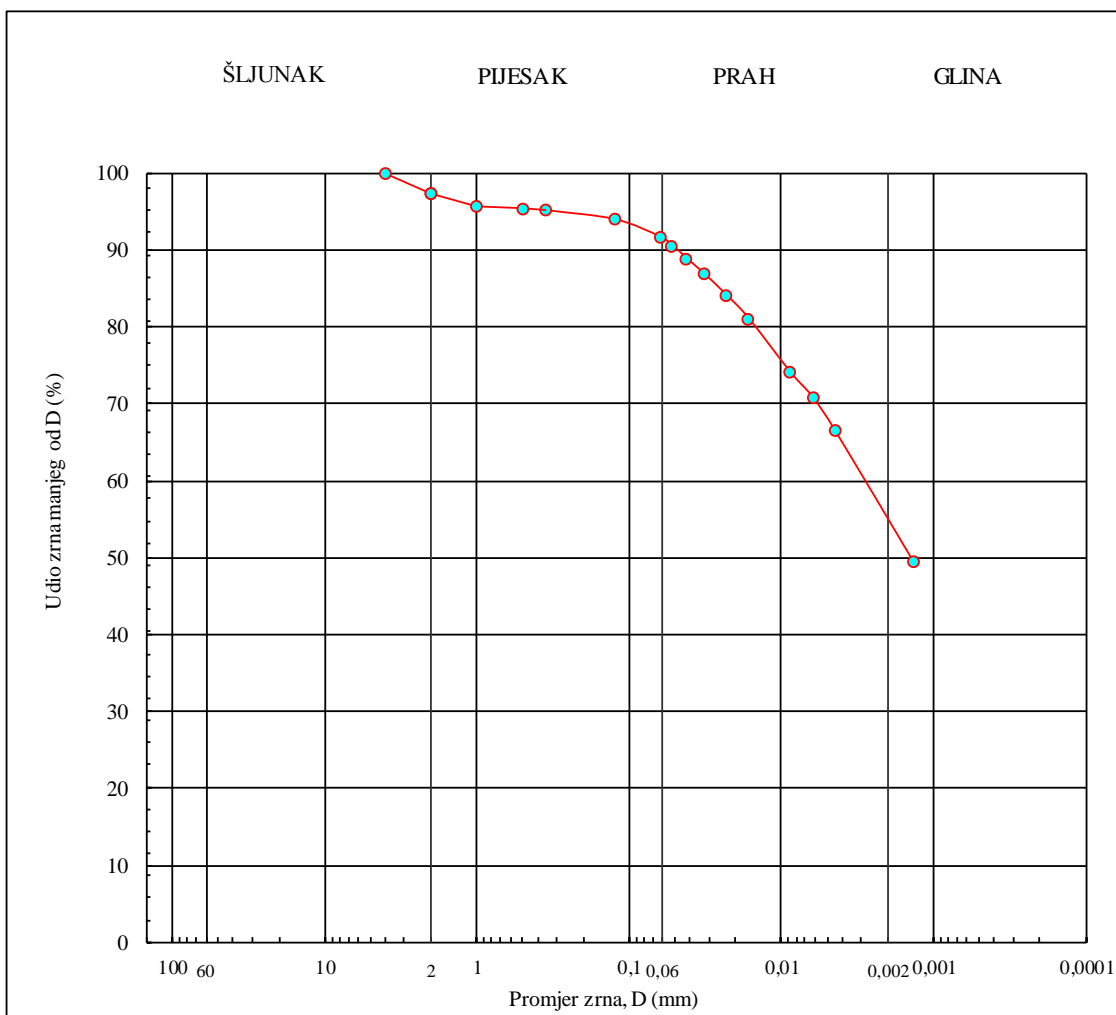
Bušotina: **B 5**

Dubina uzorka (m): **4.70 - 5.00**

Lab. oznaka: B5(4.7-5.0)

Datum ispitivanja: 19.05.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

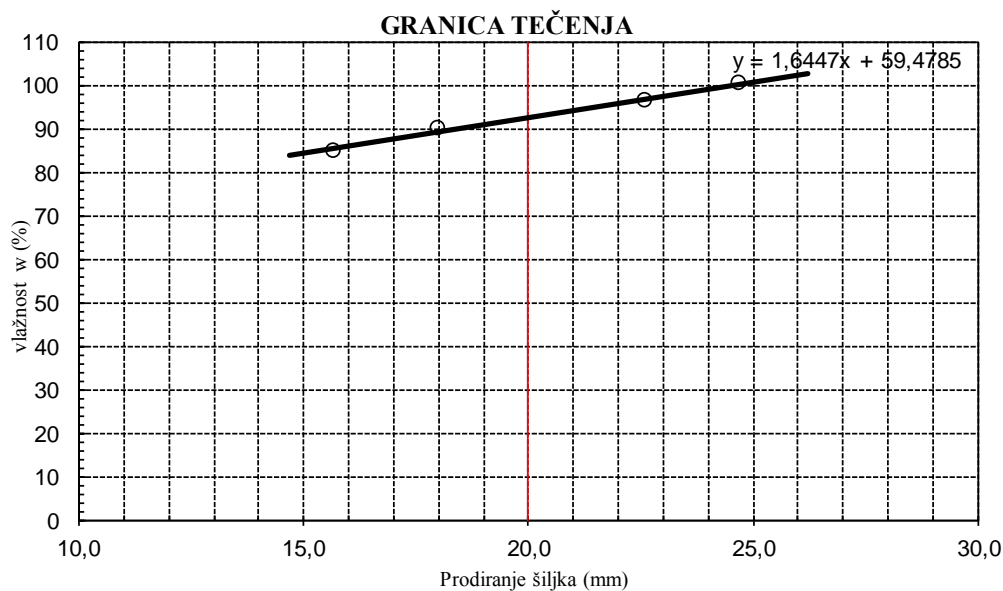
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 5**
 Dubina uzorka: **4.70 - 5.00** Lab. oznaka: B5(4.7-5.0)
 Datum ispitivanja: 20.05.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	15,6	15,8	17,8	18,2	22,5	22,7	24,6	24,8
	15,7		18,0		22,6		24,7	
Posuda br.	13		15		178		9	
Vlažna masa bruto g	42,24		48,01		46,13		43,60	
Suha masa bruto g	35,08		37,49		36,55		34,81	
Tara g	26,63		25,80		26,59		26,04	
Suha masa neto g	8,45		11,69		9,96		8,77	
Gubitak mase g	7,16		10,52		9,58		8,79	
VLAŽNOST %	84,73		89,99		96,18		100,23	



Granica tečenja	w_L(%):	92,37
Granica plastičnosti	w_P(%):	35,48
Prirodna vlažnost	w₀(%):	48,20
Indeks plastičnosti	I_P(%):	56,89
Indeks konzistencije	I_C	0,78

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

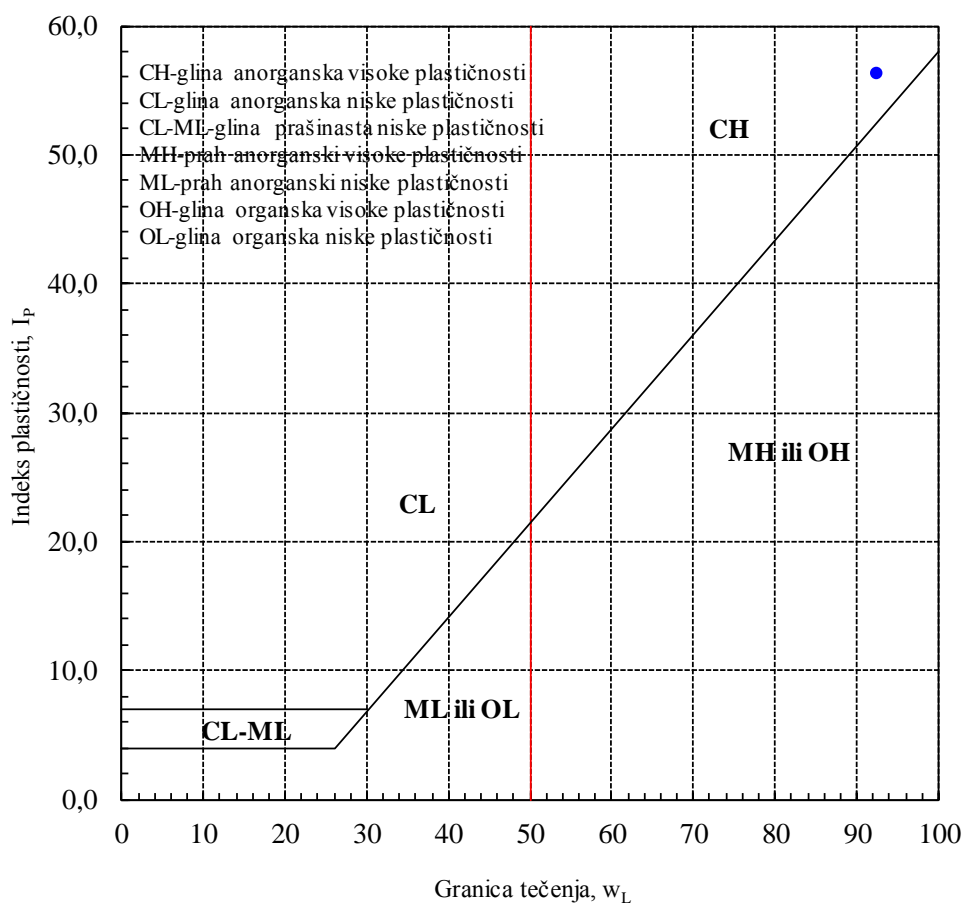
Bušotina: **B 5**

Lab. oznaka: B5(4.7-5.0)

Dubina uzorka: **4.70 - 5.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 20.05.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 5** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B5(4.7-5.0)
Vlažnost uzorka (%): 7,24
Datum ispitivanja: 01.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,25
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	401,82

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 5** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B5(4.7-5.0)
Vlažnost uzorka (%): 35,95
Datum ispitivanja: 03.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,90
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	173,92

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 5** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B5(4.7-5.0)
Vlažnost uzorka (%): 47,11
Datum ispitivanja: 05.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	3,40
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	54,31

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 5** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B5(4.7-5.0)
Vlažnost uzorka (%): 63,46
Datum ispitivanja: 07.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	13,70
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	3,35

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 5** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **4.7-5.0** Lab. oznaka: B5(4.7-5.0)
Vlažnost uzorka (%): 92,39
Datum ispitivanja: 09.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA

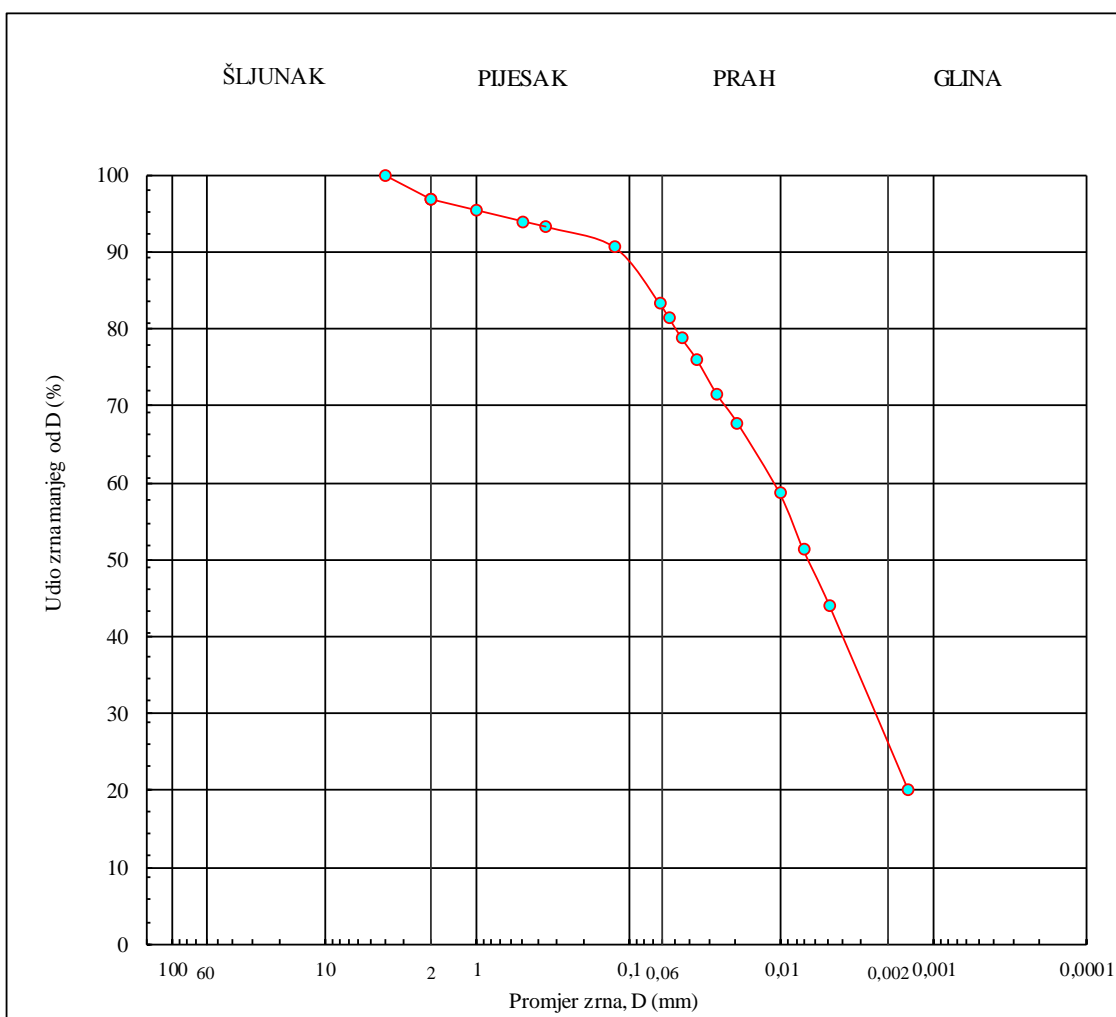
Bušotina: **B 6**

Dubina uzorka (m): **2.70 - 3.00**

Lab. oznaka: B6(2.7-3.0)

Datum ispitivanja: 19.05.2020.

Aparatura: ELE international



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

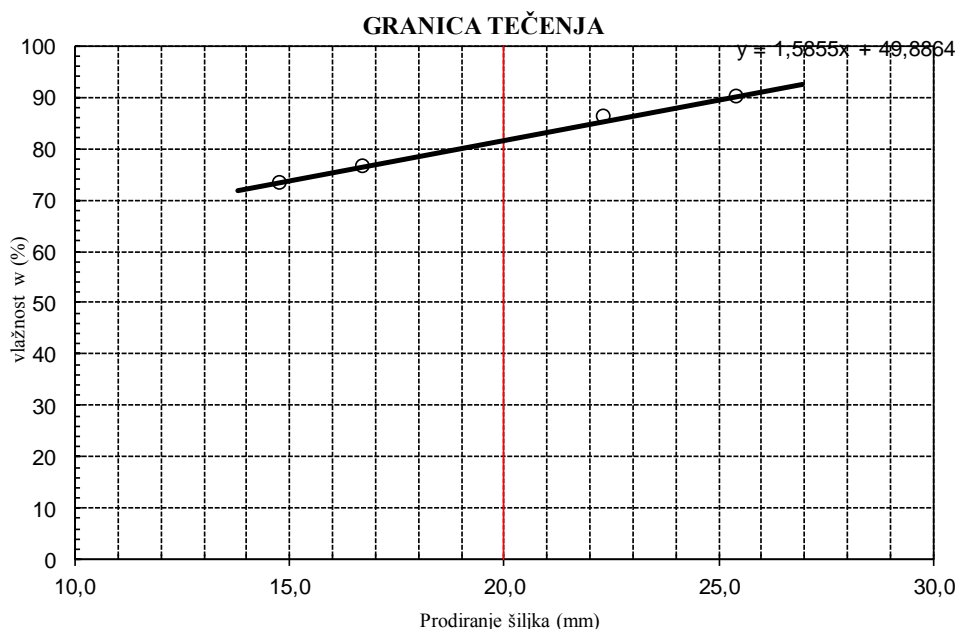
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 6**
 Dubina uzorka: **2.70 - 3.00** Lab. oznaka: B6(2.7-3.0)
 Datum ispitivanja: 26.05.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	14,8	14,8	16,6	16,9	22,2	22,5	25,4	25,5
	14,8		16,8		22,4		25,5	
Posuda br.	1.		8.		15.		20.	
Vlažna masa bruto g	41,50		44,31		43,46		39,72	
Suha masa bruto g	34,99		36,25		35,26		33,04	
Tara g	26,09		25,71		25,72		25,60	
Suha masa neto g	8,90		10,54		9,54		7,44	
Gubitak mase g	6,51		8,06		8,20		6,68	
VLAŽNOST %	73,15		76,47		85,95		89,78	



Granica tečenja	w_L(%):	81,63
Granica plastičnosti	w_P(%):	28,91
Prirodna vlažnost	w₀(%):	43,13
Indeks plastičnosti	I_P(%):	52,71
Indeks konzistencije	I_C	0,73

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

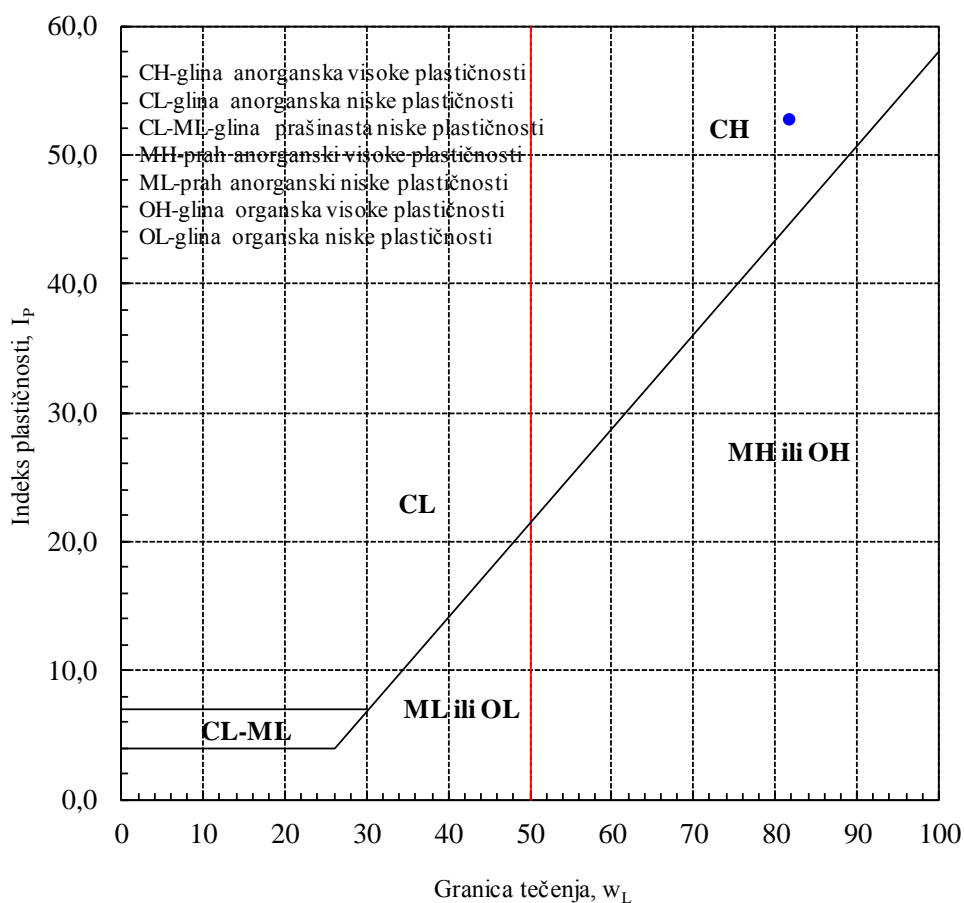
Bušotina: **B 6**

Lab. oznaka: B6(2.7-3.0)

Dubina uzorka: **2.70 - 3.00**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 26.05.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 6** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B6(2.7-3.0)
Vlažnost uzorka (%): 2,5
Datum ispitivanja: 01.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,60
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	245,25

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 6** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B6(2.7-3.0)
Vlažnost uzorka (%): 28,87
Datum ispitivanja: 03.06.2020. Aparatura: "Controls"
Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	2,40
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	109,00

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 6** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B6(2.7-3.0)
Vlažnost uzorka (%): 43,65
Datum ispitivanja: 05.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	5,05
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	24,62

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

<i>Bušotina:</i>	B 6	<i>Opis uzorka:</i> poremećen
<i>Dubina uzorka (m):</i>	2.7-3.0	<i>Lab. oznaka:</i> B6(2.7-3.0)
<i>Vlažnost uzorka (%):</i>	55,07	
<i>Datum ispitivanja:</i>	07.06.2020.	<i>Aparatura:</i> "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, <i>c</i>
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
m – masa šiljka (g),
g – ubrzanje gravitacije (m/s²),
i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka <i>i</i> (mm):	6,05
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	17,15

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 6** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **2.7-3.0** Lab. oznaka: B6(2.7-3.0)
Vlažnost uzorka (%): 81,63
Datum ispitivanja: 09.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

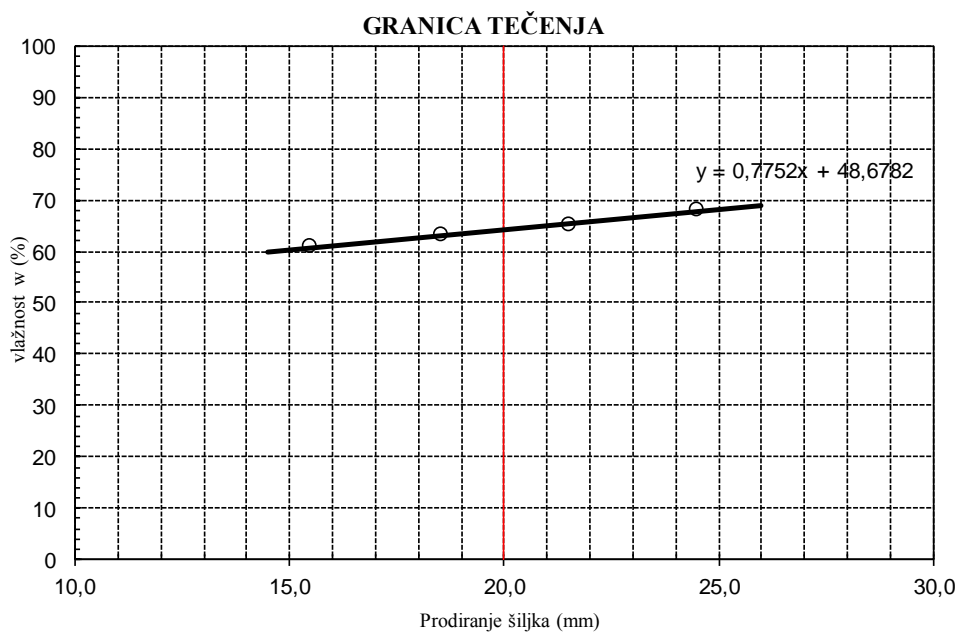
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

GRANICE KONZISTENCIJE

Bušotina: **B 6**
 Dubina uzorka: **7.00-7.30** Lab. oznaka: B6(7.00-7.30)
 Datum ispitivanja: 26.05.2020. Aparatura: ELE international

GRANICA TEČENJA (Fall Cone Test)

POKUS BROJ	1		2		3		4	
Prodiranje šiljka mm	15,3	15,7	18,4	18,7	21,4	21,7	24,3	24,7
	15,5		18,6		21,6		24,5	
Posuda br.	181.		180.		4.		195.	
Vlažna masa bruto g	45,27		47,80		46,34		43,86	
Suha masa bruto g	38,12		39,62		38,72		37,10	
Tara g	26,35		26,68		26,98		27,15	
Suha masa neto g	11,77		12,94		11,74		9,95	
Gubitak mase g	7,15		8,18		7,62		6,76	
VLAŽNOST %	60,75		63,21		64,91		67,94	



Granica tečenja	w_L(%):	64,18
Granica plastičnosti	w_p(%):	31,28
Prirodna vlažnost	w₀(%):	36,86
Indeks plastičnosti	I_p(%):	32,90
Indeks konzistencije	I_C	0,83

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI

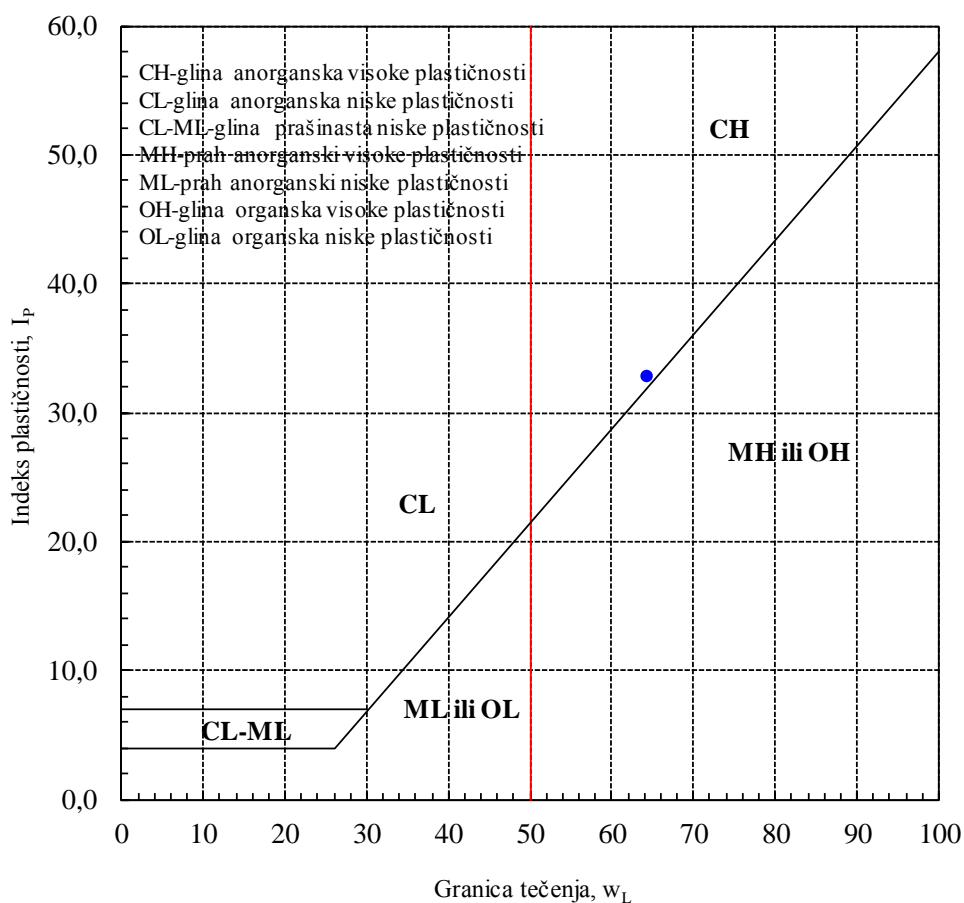
Bušotina: **B 6**

Lab. oznaka: B6(7.00-7.30)

Dubina uzorka: **7.00-7.30**

Aparatura: ELE international

Datum ispitivanja: 26.05.2020.



Ispitale: Josipa Danjo i Anamarija Gržan

Pregledao: doc.dr.sc. Mario Bačić, mag.ing.aedif

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 6** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **7.0-7.3** Lab. oznaka: B6(7.0-7.3)
Vlažnost uzorka (%): 14,79
Datum ispitivanja: 01.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,20
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	436,00

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

<i>Bušotina:</i>	B 6	<i>Opis uzorka:</i> poremećen
<i>Dubina uzorka (m):</i>	7.0-7.3	<i>Lab. oznaka:</i> B6(7.0-7.3)
<i>Vlažnost uzorka (%):</i>	31,27	
<i>Datum ispitivanja:</i>	03.06.2020.	<i>Aparatura:</i> "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, <i>c</i>
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
m – masa šiljka (g),
g – ubrzanje gravitacije (m/s²),
i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka <i>i</i> (mm):	1,65
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	230,61

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 6** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **7.0-7.3** Lab. oznaka: B6(7.0-7.3)
Vlažnost uzorka (%): 35,34
Datum ispitivanja: 05.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	1,40
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	320,33

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 GRAĐEVINSKI FAKULTET
 Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

<i>Bušotina:</i>	B 6	<i>Opis uzorka:</i> poremećen
<i>Dubina uzorka (m):</i>	7.0-7.3	<i>Lab. oznaka:</i> B6(7.0-7.3)
<i>Vlažnost uzorka (%):</i>	47,76	
<i>Datum ispitivanja:</i>	07.06.2020.	<i>Aparatura:</i> "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, <i>c</i>
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
m – masa šiljka (g),
g – ubrzanje gravitacije (m/s²),
i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka <i>i</i> (mm):	6,05
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	17,15

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za geotehniku

NEDRENIRANA ČVRSTOĆA TLA

Bušotina: **B 6** Opis uzorka: poremećen
Dubina uzorka (m): **7.0-7.3** Lab. oznaka: B6(7.0-7.3)
Vlažnost uzorka (%): 64,18
Datum ispitivanja: 09.06.2020. Aparatura: "Controls"

Metoda ispitivanja: Fall cone test

PODACI O ŠILJKU:

Masa šiljka (g)	Kut šiljka (°)	Konstanta šiljka, c
80,0	30,0	0,8

Nedrenirana čvrstoća, c_u (kPa):

$$c_u = c \frac{mg}{i^2}$$

c – konstanta šiljka.
 m – masa šiljka (g),
 g – ubrzanje gravitacije (m/s^2),
 i – dubina prodiranja šiljka (mm)

REZULTATI POKUSA:

Prodiranje šiljka i (mm):	20,00
Nedrenirana čvrstoća c_u (kPa):	1,57

Popis slika

<i>Slika 1: Prikaz Mohrove kružnice za identične uzorke ispitane u troosnom uređaju pri različitom ćelijskom tlaku</i>	<i>2</i>
<i>Slika 2: Prikaz Mohrove kružnice za uzorak ispitan pokusom jednoosnog tlaka</i>	<i>2</i>
<i>Slika 3: Klizište u blizini Aratozawa brane u Japanu nastalo kao rezultat potresa Iwate-Miyagi, magnitude 6.9, iz 2008. godine, preuzeto iz [4].....</i>	<i>3</i>
<i>Slika 4: Grafički prikaz metodologije istraživanja.....</i>	<i>6</i>
<i>Slika 5: Transformacijski modeli LI – (surePa) prema Wroth i Wood i Locat i Demers, preuzeto iz [6] .</i>	<i>9</i>
<i>Slika 6: Transformacijski model PI – (suσ'p) koji je predložio Mesri, preuzeto iz [6].....</i>	<i>9</i>
<i>Slika 7: Transformacijski model LI – (suσ'p) prema prijedlogu Bjerrum i Simons za normalno konsolidirane gline, preuzeto iz [6]</i>	<i>10</i>
<i>Slika 8: Skempton i Northey korelacija nedrenirane čvrstoće u pregnječenom stanju i indeksa tečenja za četiri lokacije, preuzeto iz [23].....</i>	<i>11</i>
<i>Slika 9: Lokacija predmetnog klizišta na izvodu iz Geoportala DGU.....</i>	<i>14</i>
<i>Slika 10: Situacija lokacije s ucrtanim klizištima</i>	<i>15</i>
<i>Slika 11: Klizište 1 (istočno).....</i>	<i>16</i>
<i>Slika 12: Klizište 2 (zapadno)</i>	<i>16</i>
<i>Slika 13: Prikaz istražnog bušenja na poziciji istražne bušotine B1</i>	<i>17</i>
<i>Slika 14: Prikaz jezgre bušotine na poziciji istražne bušotine B2.....</i>	<i>18</i>
<i>Slika 15: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B1.....</i>	<i>19</i>
<i>Slika 16: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B2.....</i>	<i>20</i>
<i>Slika 17: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B3.....</i>	<i>21</i>
<i>Slika 18: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B4.....</i>	<i>22</i>
<i>Slika 19: Lokacija zahvata na DC29/001 u km 33+820</i>	<i>23</i>
<i>Slika 20: Lokacija predmetnog klizišta na izvodu iz Geoportala DGU.....</i>	<i>25</i>
<i>Slika 21: Istražno bušenje i standardni penetracijski pokus na poziciji istražne bušotine B1</i>	<i>26</i>
<i>Slika 22: Prikaz istražnog bušenja na poziciji istražne bušotine B6</i>	<i>27</i>
<i>Slika 23: Prikaz jezgre bušotine na poziciji istražne bušotine B3.....</i>	<i>28</i>
<i>Slika 24: Prikaz jezgre bušotine na poziciji istražne bušotine B4.....</i>	<i>28</i>
<i>Slika 25: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B1.....</i>	<i>29</i>
<i>Slika 26: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B2.....</i>	<i>30</i>
<i>Slika 27: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B3.....</i>	<i>31</i>
<i>Slika 28: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B4.....</i>	<i>32</i>
<i>Slika 29: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B5.....</i>	<i>33</i>
<i>Slika 30: Prikaz rasporeda slojeva u bušotini B6.....</i>	<i>34</i>
<i>Slika 31: Tipični granulometrijski dijagram, preuzeto iz [26].....</i>	<i>36</i>

Slika 32: Granulometrijski dijagram sa naznačenim karakterističnim promjerima zrna, preuzeto iz [1]	37
Slika 33: Shema za određivanje granulometrijskog dijagrama prosijavanjem, preuzeto iz [26]	38
Slika 34: Sita za sijanje, preuzeto iz [1]	39
Slika 35: Uzorak tla za sijanje	40
Slika 36: Shmatski prikaz postupka areometriranja, preuzeto iz [26]	41
Slika 37: Pripremljeni uzorak u kadi za areometriranje	42
Slika 38: Pripremljeni uzorci za areometriranje	42
Slika 39: Hidrometar, preuzeto iz [1]	43
Slika 40: Dijagram plastičnosti prema HRN EN ISO 14688-2, preuzeto iz [1]	46
Slika 41: Priprema uzorka određivanje granice tečenja	49
Slika 42: Pripremljen uzorak za određivanje granice tečenja	49
Slika 43: Pokus padajućeg šiljka pri određivanju granice tečenja	51
Slika 44: Uzimanje uzoraka za određivanje vlažnosti nakon pokusa padajućeg šiljka	51
Slika 45: Postupak valjanja valjčića za određivanje granice plastičnosti	53
Slika 46: Valjčići nakon završetka pokusa i uzorci za određivanje vlažnosti	53
Slika 47: Priprema uzorka za sušenje	55
Slika 48: Osušeni uzorci	56
Slika 49: Postupak usitnjavanja osušenog uzorka	56
Slika 50: Pripremljeni suhi uzorci	57
Slika 51: Vaganje vode koja se dodaje u uzorak	58
Slika 52: Uzorak u posudici	59
Slika 53: Pokus padajućeg šiljka pri određivanju nedrenirane čvrstoće (prije pokusa)	59
Slika 54: Pokus padajućeg šiljka pri određivanju nedrenirane čvrstoće (nakon pokusa)	60
Slika 55: Koeficijent determinacije [35]	64
Slika 56: Odnos I_c -cu za glinu visoke plastičnosti na pilot području Kravarsko	65
Slika 57: Odnos I_c -cu za glinu niske plastičnosti na pilot području Kravarsko	66
Slika 58: Odnos I_c -cu za glinu visoke plastičnosti na pilot području Laz Bistrički	66

Popis tablica

<i>Tablica 1: Sumarni prikaz transformacijskih modela pronađenih u literaturi</i>	<i>12</i>
<i>Tablica 2: Podjela tla prema veličini zrna</i>	<i>35</i>
<i>Tablica 4: Kategorije konzistentnog stanja tla prema ISO/DIN 14688, preuzeto iz [30]:</i>	<i>47</i>
<i>Tablica 5: Zahtjevi za penetraciju</i>	<i>50</i>
<i>Tablica 6: Prikaz rezultata za pilot područje klizišta Kravarsko</i>	<i>62</i>
<i>Tablica 7: Prikaz rezultata za pilot područje klizišta Laz Bistrički</i>	<i>63</i>

Sažetak

Autori: Josipa Danjo, Anamarija Gržan

Naslov : Ovisnost nedrenirane čvrstoće o indeksu konzistencije glinenih tala za odabrana klizišta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj

Evaluacija nedreniranih uvjeta u tlu predstavlja izazov za inženjere, gdje nedrenirana čvrstoća kao najveće posmično naprezanje u tlu predstavlja najvažniji parametar tla koji uvjetuje stabilnost klizišta u nedreniranim uvjetima. Iako je nedreniranu čvrstoću moguće odrediti laboratorijskim ili terenskim pokusima, prilikom nedostatka opreme za provođenje pokusa, financijskih sredstava ili nekog drugog razloga, kao što su primjerice otežani uvjeti uzimanja neporemećenih uzoraka za laboratorijska ispitivanja, istu je moguće procijeniti korištenjem prikladnih transformacijskih modela. Ovaj rad prikazuje definiranje jednog takvog transformacijskog modela koji stavlja u odnos indeks konzistencije, određen primjenom jednostavnih laboratorijskih klasifikacijskih pokusa, s nedreniranom čvrstoćom u tzv. "pregnječenom" stanju. Provedena metodologija istraživanja uključuje četiri osnovne faze, od teorijskog istraživanja stanja područja, terenskih istraživanja, laboratorijskih istraživanja te uspostave baze podataka ispitivanja sa statističkom obradom dobivenih rezultata. Kao pilot područja, odabrana su dva klizišta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, klizište Kravarsko u Zagrebačkoj županiji i klizište Laz Bistrički u Krapinsko-zagorskoj županiji. Definirani transformacijski model je u ovom slučaju eksponencijalna regresijska funkcija ovisnosti nedrenirane čvrstoće i indeksa konzistencije tla s visokim koeficijentom korelacije.

KLJUČNE RIJEČI: nedrenirana čvrstoća, indeks konzistencije, transformacijski model, glina, klizište

Abstract

Authors: Josipa Danjo, Anamarija Gržan

Title: Dependence of the undrained strength on the consistency index of clayey soils for selected landslides in northwestern Croatia

Assessment of undrained soil conditions poses a challenge for engineers, where undrained strength as the largest soil shear stress is the most important soil parameter for landslide stability evaluation in undrained conditions. Although undrained strength can be determined by laboratory or field tests, the lack of testing equipment, financial resources or other reasons, such as difficulties with obtaining undisturbed samples for laboratory tests, its value can be assessed using appropriate transformation models. This paper presents the formation of one such transformation model that puts in relation the consistency index, determined through the simple laboratory classification tests, with undrained strength in the so-called "remoulded" condition. The research methodology carried out includes four phases, from theoretical research of the state of the field, field research, laboratory research and the establishment of a database of results with statistical analysis of the obtained results. As pilot sites, two landslides were selected in northwestern Croatia, the Kravarsko landslide in Zagreb County and the Laz Bistrički landslide in Krapina-Zagorje County. In this case, the defined transformation model is an exponential regression function of undrained strength dependency on soil consistency index, with high correlation coefficient.

KEY WORDS: undrained strength, consistency index, transformation model, clay, landslide

Životopisi

Josipa Danjo rođena je 15. lipnja 1995. godine u Slavanskom Brodu, Hrvatska. Nakon završetka srednjoškolskog obrazovanja u Klasičnoj gimnaziji fra Marijana Lanosovića s pravom javnosti, 2014. godine upisuje Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Nakon Preddiplomskog sveučilišnog studija, 2018. godine upisuje Diplomski sveučilišni studij, smjer Geotehnika, gdje i trenutno studira na 2. godini.

Anamarija Gržan rođena je 16. svibnja 1994. godine u Zagrebu, Hrvatska. Nakon završenog srednjoškolskog obrazovanja u općoj gimnaziji u Srednjoj Školi Vrbovec i položene državne mature 2013. godine upisuje Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci. Nakon završenog preddiplomskog studija, upisuje Diplomski studij na Građevinskom fakultetu u Zagrebu, smjer Geotehnika gdje i trenutno studira na 2. godini.