

# Laboratorijska ispitivanja fizikalno-mehaničkih svojstava lapora za potrebe izgradnje jednostavnog homogenog nasipa

---

Duvnjak, Stipe

Master's thesis / Diplomski rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:369497>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-30**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I**  
**GEODEZIJE**

**DIPLOMSKI RAD**

**Stipe Duvnjak**

**Split, 2021.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I**  
**GEODEZIJE**

**Stipe Duvnjak**

**Laboratorijska ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava lapora za potrebe  
izgradnje jednostavnog homogenog nasipa**

**Diplomski rad**

**Split, 2021.**

## **Laboratorijska ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava lapora za potrebe izgradnje jednostavnog homogenog nasipa**

### Sažetak:

U svrhu potrebe za izgradnjom nasipa od lapora provedena su ispitivanja potrebna za ugradnju u nasip. Kroz rad su se usporedno provodila ispitivanja za materijal rastrošen prirodnim putem i materijal rastrošen simulacijom rastrošbe u laboratoriju.

### Ključne riječi:

Lapor, rastrošba, Proctorov pokus, edometar, nasip

## **Laboratory tests of physical and mechanical properties of marl for building a simple homogeneous embankment**

### Abstract:

In order to build an embankment made of marl, various tests have been made to ensure its successful installation. Simultaneous tests were made for materials that were weathering naturally and those weathering by simulation of weathering process in the laboratory.

### Key words:

Marl, weathering, Proctor test, oedometer, embankment



*Zahvaljujem se mentoru Doc. dr. sc. Goranu Vlastelici na pomoći pri izradi ovog diplomskog rada i asistentu Stipi Rađi na pomoći pri izvođenju ispitivanja u laboratoriju.*

*Posebna zahvala svojoj obitelji na podršci tijekom studiranja.*

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**STUDIJ: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

**KANDIDAT: Stipe Duvnjak**

**MATIČNI BROJ (JMBAG): 00832153205**

**KATEDRA: Katedra za geotehniku**

**PREDMET: Mehanika stijena**

**ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: Laboratorijska ispitivanja fizikalno-mehaničkih svojstava lapora za potrebe izgradnje jednostavnog homogenog nasipa

Opis zadatka: Potrebno je na jednom primjeru (uzorku) meke stijene (lapora), prikladnim laboratorijskim metodama, odrediti sve potrebne parametre za proračun slijeganja nasipa od meke stijene za potrebe izgradnje jednostavnog homogenog nasipa visine do 15m. Za pripremu ispitnih uzoraka opisati i upotrebiti odgovarajući postupak laboratorijske simulacije rastrošbe lapora, te koristiti odgovarajuće uređaje za određivanje zbijenosti i stišljivosti tla.

U Splitu, 25. veljače 2021.

Voditelj Diplomskog rada:

Doc. dr. sc. Goran Vlastelica

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. LAPOR .....	2
2.1 Rastrošba.....	3
3. UZORKOVANJE I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA.....	5
3.1 Laboratorijska ispitivanja.....	7
4. PROCTOROV POKUS .....	12
4.1 Povijest.....	12
4.2 Pripreme uzoraka i tijek pokusa.....	12
4.3 Standardni proctorov pokus .....	16
4.3.1 24/21 .....	16
4.3.2 20/20 .....	17
4.4 Modificirani proctorov pokus .....	18
4.4.1 24/21 .....	19
4.4.2 20/20 .....	20
4.5 Stupanj zasićenja tla.....	22
4.6 One point roctor test.....	24
4.6.1 Provođenje testa .....	25
5. EDOMETARSKI POKUS .....	28
5.1 Testiranja.....	31
5.1.1 24/21 .....	32
5.1.2 20/20 .....	33
6. PRORAČUN SLIJEGANJA NASIPA .....	37
6.1 24/21 Standardni proctor .....	38
6.2 24/21 Modificirani proctor .....	39
7. ZAKLJUČAK .....	43
8. ZAHVALA .....	44
9. LITERATURA .....	45
10. PRILOZI .....	47

## 1. UVOD

U ovom diplomskom radu provedena su laboratorijska ispitivanja lapora [1], tipičnog za šire područje grada Splita, u svrhu dobivanja potrebnih parametara za izradu nasipa. Čitavi rad bi se mogao okarakterizirati kao usporedba dvije “vrste” istog materijala lapora, uzorka koji je prošao prirodnu rastrošbu [2] i uzorka koji se podvrgnuo laboratorijski simuliranoj rastrošbi [3].

Materijal uzorkovan na licu mjesta bio je podvrgnut atmosferskim prilikama u periodu od 5-10 godina, dok je uzorak laboratorijski rastrošen podvrgnut dvama ciklusima vlaženja i sušenja. Uzorci su uzeti sa istog mjesta, na lokaciji DV Ružmarin u gradskom kotaru Trstenik, samo u različitom vremenskom periodu.

Polazišna točka ispitivanja bilo je prosijavanje cijelog materijala, za potrebe uvida u granulometriju svakog od njih. Uz granulometrijsku analizu napravljena su i prateća ispitivanja kao što su izračun suhe gustoće materijala, granice plastičnosti, jednoosna tlačna čvrstoća, prirodna vlažnosti i postotak upijanja vode.

Dva glavna parametra koja su bila i svrha ovog diplomskog rada su optimalna vlažnost i edometarski modul stišljivosti pripremljenih uzoraka. Za potrebe rada na raspolaganju je bio standardizirani uređaj za provođenje Proctorova pokusa u kojem su se izvršila sljedeća ispitivanja: Standardni Proctorov pokus, modificirani Proctorov pokus i One-point Proctor test. Ispitano je ukupno 5 uzoraka standardnim testom, 5 uzoraka modificiranim testom i 1 uzorak za one point test, te na takav način oba pripremljena materijala.

Nakon dobivenih rezultata optimalne vlažnosti za pojedine uzorke, u edometar su se ugrađivali jedan po jedan uzorak i to oni uzorci koji su imali vrijednosti optimalne vlažnosti (ili oni kojima je ta vrijednost bila najbliža) za svaki od 4 uzorka. Opterećenje kojim su se opterećivali uzorci bilo je u inkrementima redom 25, 50, 100, 200 i 400 kPa. Nakon faze opterećenja uzorak je rasterećen u intervalima kako se i nanosilo opterećenje.

U trenutku kad su rezultati optimalne vlažnosti i edometarskog modula bili kompletirani, kao primjer primjene prikazan je proračun slijeganja za nasip visine 15 metara uslijed vlastite težine.

## 2. LAPOR

Područje grada Splita i srednje Dalmacije nalazi se na prostoru eocenskog fliša [4]. Fliš je termin koji se koristi za kompleks klastičnih sedimentnih stijena nastalih turbidnim (mutnim) tokovima. Bitna karakteristika flišnih naslaga je da se sastoje od krupnozrnih i sitnozrnih sedimentata. Sedimentne stijene koje se smjenjuju u sastavu fliša su najčešće lapori, pješčenjaci, glineni škriljci i vapnenci. [1]

Za ovo podneblje najbitnija i najdominantnija stijena je lapor. To je stijena obično svijetložute, sive, smeđe ili modre boje (Slika 2.1.), male jednoosne tlačne čvrstoće podložna trošenju. Splitski lapor ima jednoosnu tlačnu čvrstoću u rasponu od 6 do 30 MPa. [5]



Slika 2.1 Prikaz zasjeka u laporu

Zbog naprezanja kojima je stijenska masa bila izložena tijekom svoje geološke prošlosti dolazi do savijanja i povećanja kuta nagiba slojeva što dovodi do pojave pukotina okomitih na slojne plohe. Lapor karakterizira njegov školjkasti lom i topivost u hladnoj solnoj kiselini (pri čemu se otapaju njegovi kalcitni dijelovi), te se ta činjenica najčešće uzima u obzir pri određivanju udjela karbonata postupkom kalcimetrije. Pravi lapori su stijene koje se sastoje samo od kalcita i gline, međutim jako su rjetki. Često stijene lapora imaju primjese sitnog praha do pijeska. U slučaju

da uz udjele gline i kalcita stijena sadrži i 10-30 % sitnog praha, naziva se siltni lapor, dok u slučaju da u strukturi stijene postoji uz sitni prah i primjese pijeska naziva se pjeskovito-siltni lapor. [6]

## 2.1 Rastrošba

Iskopi u stijenama lapora moraju se izvoditi miniranjem ili pomoću teških pneumatskih čekića. Međutim, svježe iskopane kosine podložne su vrlo brzom razvoju rastrošbe, te se na njima unutar razdoblja od nekoliko mjeseci do nekoliko godina, što predstavlja razdoblje korištenja tih konstrukcija započinje razvijati proces razlaganja stijene kako na površini kosine tako i kroz unutrašnjost mase (Slika 2.2.). [7]



Slika 2.2 Konzola pješčenjaka

Područje srednje Dalmacije je prvenstveno izgrađeno od meke stijene (lapora) koje u sebi imaju strukture pješčenjaka koji se sporije razlaže od mekih stijena, te se događa da se lapor oko stijene pješčenjaka raspada i gravitacijski se urušava niz kosine, dok stijene pješčenjaka ostaju

konzolno napete što se naziva diferencijalna rastrošba. [8] Nakon određenog vremena kad opterećenje konzolne stijene postane preveliko dolazi do odrona tih masivnih komada. [9]

Osnovni uzrok degradacije zrna lapora jest promjena vlažnosti u ponavljanom procesu sušenja i vlaženja. Proces sušenja i vlaženja ima za posljedicu razaranje veza unutar strukture materijala (većinom kalcitnih). Razaranje veza na zrnu lapora očituje se raspucavanjem (mrvljenjem) zrna u manje komade i/ili “ljuštenjem” materijala u obliku sitnih fragmenata s površne zrna. Proces raspucavanja svojstven je za lapore s više kalcita, dok je “ljuštenje” svojstveno za lapore s više minerala gline. Iako je obično jedan proces dominantan, redovito oba teku istodobno. [10, 11]

### 3. UZORKOVANJE I LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Materijal koji se koristio za potrebe ovog diplomskog rada uzorkovan je s lokacije dječjeg vrtića na Trsteniku u Splitu. Osnovna želja ovog rada su bila ispitivanja na materijalu koji je prošao proces rastrošbe kako bi se mogla odrediti njegova fizička i mehanička svojstva koja bi zadovoljila potrebe zbijanja nasipa određenih parametara. [12]

Kroz ovaj rad usporedno će se obrađivati dvije vrste uzorka. Uzorak oznake 24/21 uzorkovan je s navedenog mjesta u Splitu koji je bio izložen atmosferskim prilikama u rasponu 5-10 godina što znači da je prošao u potpunosti proces prirodne rastrošbe. [13]



Slika 3.1 Mjesto uzorkovanja -  
Trstenik





Slika 3.2 24/21

S površine je skinut sloj od nekoliko centimetara kako bi se izbjegli organski spojevi koji bi imali negativan utjecaj na laboratorijska ispitivanja. S mjesta je uzeta veća količina materijala kako bi se napravila sva potrebna ispitivanja.

Na istom tom mjestu su započeti građevinski radovi iskopa, te je napravljen novi zasjek iz kojega se uzorkovao traženi materijal u obliku intaktne stijene koji nije bio podložan atmosferskim utjecajima, te je za potrebe ispitivanja nazvan uzorak 20/20. Uzorak je dopremljen u laboratorij, te se pristupilo procesu simulacije prirodne rastrošbe. Simulacija rastrošbe u laboratoriju izvodi se sušenjem i vlaženjem uzorka u ciklusima. Jedan ciklus se sastoji od dvije faze: a) potapanje uzorka u vodu na 24 sata, b) sušenje uzorka u sušioniku 24 sata pri konstantnoj temperaturi od 105 ° C. Za potrebe ovog diplomskog rada odlučeno je da uzorak prođe kroz 2 navedena ciklusa, zbog intencije praktičnosti ugradnje u realnim gradilišnim uvjetima.



Slika 3.3 Materijal prije prvog vlaženja i nakon sušenja



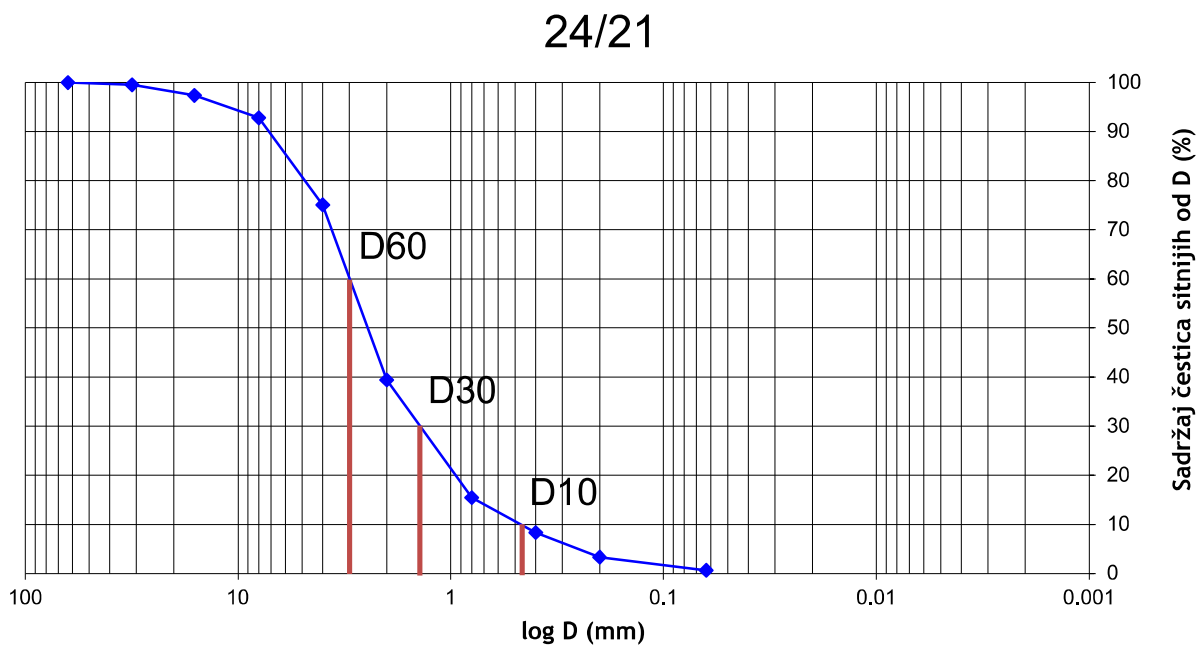
Slika 3.4 Materijal nakon drugog vlaženja i nakon drugog sušenja

Po završenim ciklusima vlaženja i sušenja bilo je vidljivo kako uzorak 20/20 koji je laboratorijski rastrošen ima veću količinu zrna većeg promjera, te kako bi mogao biti izložen još jednom ciklusu vlaženja i sušenja kako bi se dobila granulometrija sličnija onoj uzorku 24/21. Za potrebe diplomskog rada odlučeno je da se daljnja ispitivanja rade na uzorku koji je prošao točno 2 ciklusa kako bi se dobila usporedba tog uzorka i uzorka koji je prošao prirodnu rastrošbu.

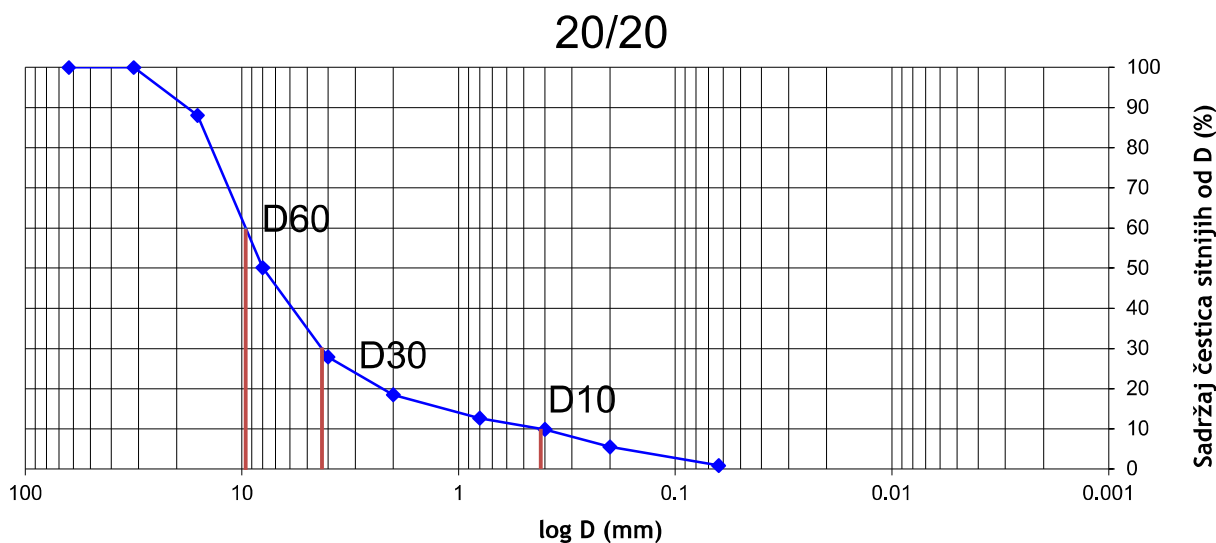
### 3.1 Laboratorijska ispitivanja

Konačni cilj je bio provesti Proctor-ov pokus i ispitivanje modula stišljivosti u edometru kako bi se dobili rezultati na oba uzeta uzorka, te se potom usporedili.

Da bi se ispitivanja mogla provesti bilo je potrebno osmisliti postupak pripreme uzorka. Prvi korak nakon što je materijal bio spreman za ispitivanja bio je odrediti njegovu granulometrijsku krivulju. Pristupilo se procesu suhog prosijavanja uzorka, te su se dobili sljedeći rezultati. Pomoću karakterističnih točaka tj. promjera sita kroz kojeg prolazi određeni postotak zrna, određuju se svojstva granulometrijske krivulje. Spomenute karakteristične točke su efektivni promjeri sita kroz koje prolazi posljednjih 10 % ukupne količine (D10), promjer sita kroz koje prolazi 30% ukupne količine (D30) i 60 % ukupne količine (D60).



Slika 3.5 Karakteristične točke granulometrijske krivulje uzorka 24/21



Slika 3.6 Karakteristične točke granulometrijske krivulje uzorka 20/20

Tablica 3.1 Karakteristične točke uzoraka

UZORAK	D10	D30	D60	Cu	Cc
24/21	0,47	1,5	3,0	<b>6,38</b>	<b>1,60</b>
20/20	0,42	4,3	9,8	<b>23,33</b>	<b>4,48</b>

$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ ; koeficijent jednolikosti

$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$ ; koeficijent zakrivljenosti

Koeficijent zakrivljenosti u intervalu 1-3 predstavlja dobro granuliran materijal, što se kroz ispitivanje dobilo za krivulju uzorka 24/21 odnosno za materijal prirodno rastrošen, te uzorkovan na licu mjesta. Uzorak laboratorijski rastrošen nije pokazao dobro raspoređenu granulometriju što je na neki način bilo i za očekivati jer je postojala mogućnost za još jednim ciklusom vlaženja i sušenja.

Laporom se obično smatra stijena koja sadrži između 35 i 75 % gline te 25 i 65 % karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ), iz tog razloga uzorak se podvrgnuo testu da se utvrdi točna količina karbonata u

materijalu. U ovisnosti o udjelu kalcita u materijalu postoji razredbena podjela materijala. Udio kalcita od 100 % ukazuje na čisti vapnenac, dok materijal bez kalcijeva karbonata predstavlja čistu glinu.

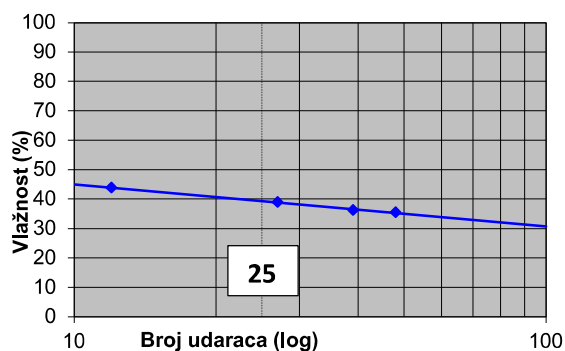
Tablica 3.2 Razredba karbonatnih stijena prema udjelu kalcita i glinovitih komponenti[3]

CaCO <sub>3</sub> [%]		Nekarbonatna komponenta [%]	
100	95	85	65
25	15	5	0
vapnenac	laporoviti vapnenac	vapnenački lapor	lapor
glinoviti lapor	laporovita glina	glina	
0	5	15	35
75	85	95	100

UZORAK	UDIO CaCO <sub>3</sub>
Uzorak 20/20	45.87 %
Uzorak 24/21	56.67 %

Iz priložene tablice provedenih ispitivanja udjela kalcijeva karbonata u uzorcima 24/21 i 20/20 jasno je da je materijal testiran za potrebe ovog diplomskog rada spada u čisti lapor sa podjednakim udjelom karbonatne i nekarbonatne komponente.

Nadalje, sljedeće bitno laboratorijsko ispitivanje koje je provedeno za uzorak 20/20 su granice plastičnosti. Uzorak se podvrgnuo testiranju u Casangradeovoj treskalici kako bi se dobili podaci granice tečenja, granice plastičnosti i samim time indeksa plastičnosti.



w%	N broj udaraca	logN	w% aproks. (pravac)
43.84	12	1.07918	43.849949
38.96	27	1.43136	38.820419
36.21	39	1.59106	36.539726
35.45	48	1.68124	35.251911
<b>w<sub>L</sub></b>	<b>25</b>	<b>1.39794</b>	<b>39.297745</b>

Slika 3.7 Rezultati granice tečenja

Iz priloženog grafa i pripadne tablice za granicu tečenja dobiveni su rezultati provedenog ispitivanja na Casangradeovoj treskalici.

Tablica 3.3 Granice plastičnosti

Granica tečenja $W_L$	39.30 %
Granica plastičnosti $W_P$	26.37 %
Indeks plastičnosti $I_p$	12.92 %

Na osnovi pregleda literature, zapažanja sudionika u diplomskom radu, te mogućnosti u laboratoriju napravljena su još i sljedeća prateća laboratorijska ispitivanja za uzorke.

Tablica 3.4 Rezultati pratećih ispitivanja

ISPITIVANJE	Uzorak 20/20	Uzorak 24/21
Suha gustoća čvrstih čestica ( $Mg/m^3$ )	2.64	2.63
Upijanje vode (%)	9.95	
Prirodna vlažnost (%)	2.60	10.91
Čvrstoća u točki – PLT test (Mpa)	1.240	
Jedinična težina ( $kN/m^3$ )	23.53	17.07
Gustoća ( $Mg/m^3$ )	2.40	1.74

## 4. PROCTOROV POKUS

### 4.1 Povijest

Povijesna prekretnica kod rada s nasipnim materijalima bila je 1933. godina kada je Ralf Roscoe Proctor dokazao povezanost između vlažnosti materijala i energije zbijanja za zbijenost sitnozrnih materijala. Do tada se ugradnja sitnozrnih materijala temeljila na iskustvu. [14]

Ralf R. Proctor (1894.-1962.) bio je veteran prvog svjetskog rata koji je u to vrijeme bio u Francuskoj, te radio na izgradnji željeznica. Nakon rata vratio se u Los Angeles i radio kao terenski inženjer pri tvrtki koja se bavila vodnim gospodarstvom. Svoju slavu stekao je radeći na izgradnji brane Bouquet Canyon (1932.-1934.) gdje je 1933. izumio takozvani Proctorov pokus. Uočio je da postoji vlažnost koja, za određenu energiju zbijanja, daje najveću moguću suhu gustoću tla, tj. najveću moguću zbijenost. Nasipi spomenute brane bili su prvi izgrađeni tako da se materijal nabijao po pravilima dobivenima kroz provedeni proctorov pokus.[14]

Standardna energija zbijanja koja se koristila u laboratorijima je određena na način da bude usporediva energiji koju su strojevi za zbijanje s početka dvadesetog stoljeća mogli prenijeti na tlo. Nakon objavljivanja rezultata Proctorovog pokusa dogodila se takozvana revolucija u gradnji cesta, željezničkih pruga i avionskih pista.

Tek oko 1950. uslijed povećanja snage i učinka građevinskih strojeva američko udruženje za ceste (AASHTO) uvelo je modificirani Proctorov pokus koji je bio pogodniji za tehnologiju u to vrijeme. Energija zbijanja je povećana za otprilike 4,5 puta u odnosu na standardni Proctor.

### 4.2 Pripreme uzoraka i tijek pokusa

Za potrebe pisanja ovog diplomskog rada Proctorov pokus se izvodio na standardiziranom modernom automatskom uređaju koji provodi pokus. Za oba pripremljena uzorka (24/21 i 20/20) napravila su se ispitivanja standardnim Proctorovim pokusom, modificiranim, te One-point proctor test. Nakon provedene granulometrijske analize za oba uzorka pristupilo se pripremi





Slika 4.1 Uređaj na kojem se vršio pokus

pojedinačnih uzoraka i dodavanje različitih količina vode istima. Ukupna količina materijala koji se prosijao raspodjelo se tako da bude moguće napraviti standardni Proctorov pokus na 5 uzoraka različite vlažnosti, isto tako 5 uzorka za modificirani pokus, te 1 uzorak za potrebe provođenja One-point proctor testa. U provedbi ovog diplomskog rada će se usporediti dva ista materijala lapora različito rastrošeni.

Nakon spomenute granulometrijske pripreme materijala uzorcima bi se dodale postotne količine vode u odnosu na njihovu masu, te bi ih se ostavilo 24 sata potpuno zatvorene do ugradnje materijala u uređaj za zbijanje.

Nakon 24 sata, postupak je takav da se materijal na propisan način ugrađuje u cilindar, te ga uređaj nabija ovisno o izabranom testu (standardni, modigicirani, one point test). Slijedi vaganje nabijenog uzorka u cilindru i uzimanje uzorka za izračun stvarne vlažnosti materijala.



GRANULOMETRIJSKA  
PRIPREMA MATERIJALA,  
ODREĐIVANJE  
RECEPTURE



Slika 4.2 Granulometrijska analiza

PRIPREMA UZORAKA  
ISTOG MATERIJALA  
JEDNAKE RECEPTURE



Slika 4.3 Uzorci jednakih masa prije dodavanja vode

VLAŽENJE  
UZORAKA 24  
SATA

DODAVANJE  
RAZLIČITE KOLIČINE  
VODE U SVIH 5  
UZORAKA



Slika 4.4 Postupak dodavanja vode

UGRAĐIVANJE UZORKA U  
UREĐAJ ZA NABIJANJE (5  
PONAVLJANJA)



Slika 4.5 Uzorak neposredno nakon provedenog testa



VAGANJE MATERIJALA S  
CILINDROM NAKON  
ZAVRŠENOG NABIJANJA



Slika 4.6 Uzorak spreman za konačno vaganje



IZRAČUN STVARNE  
KOLIČINE VODE U  
UZORKU

### 4.3 Standardni proctorov pokus

Pokus se sastoji od ugrađivanja materijala u uređaj koji se zbija u 3 sloja sa po 25 udaraca u svakom od slojeva. Promjer cilindra u koji se ugrađuje materijal iznosi 10 cm, dok mu je visina 12 cm. Masa utega za zbijanje iznosi 2500 g, te uteg pada s visine od 30,5 cm. Volumen cilindra je određen iz izmjerenih volumnih parametara, te iznosi 942,47 cm<sup>3</sup>. [15]

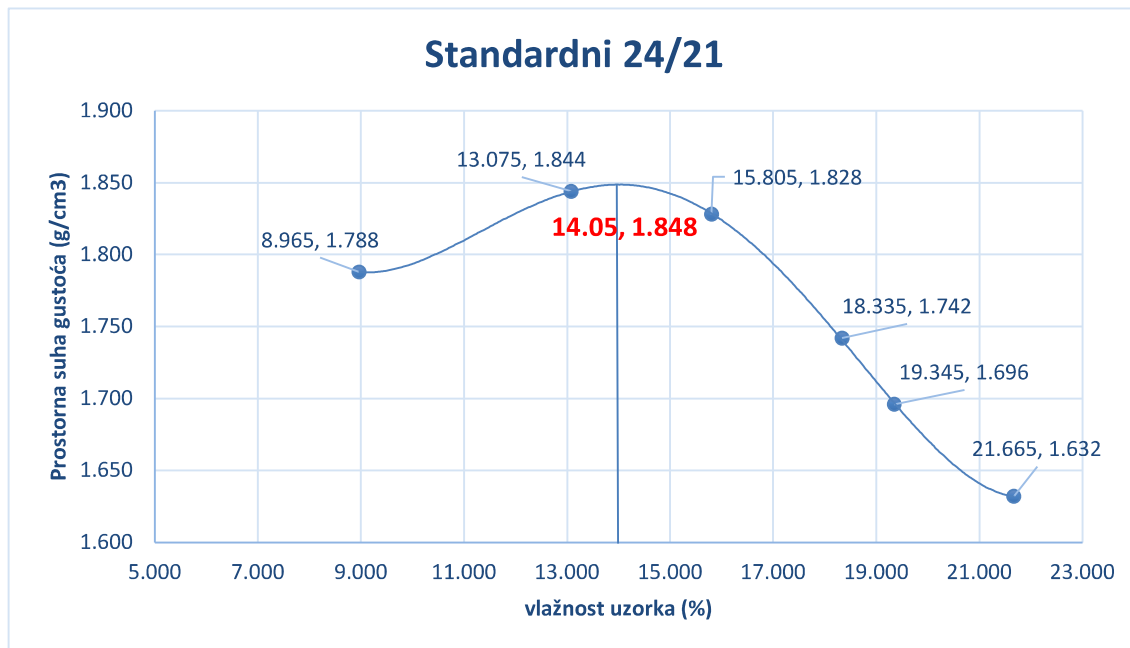
#### 4.3.1 24/21

Prvi uzorak koji se podvrgao ispitivanju bio je uzorak koji je prirodno rastrošen. Iskustveno se odlučilo da će količine vode koje se dodaju uzorcima redom biti 14 %, 16 %, 18 %, 20 % i 22 % vode. Poslije se pokazalo da je tražena optimalna vlažnost ispod pretpostavljene minimalne vrijednosti, te je dodan još jedan uzorak oznake vlažnosti 10 %.

Nakon provedenih nabijanja i izračuna vlažnosti uzoraka došlo se do sljedećih rezultata potrebnih za određivanje optimalne vlažnosti i maksimalne suhe gustoće uzorka 24/21 uslijed standardnog Proctorova pokusa.

Tablica 1 Standardni Proctor 24/21

POKUSNI BROJ	10 %	14 %	16%	18%	20%	22%
SUHA GUSTOĆA $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,788	1,844	1,828	1,742	1,696	1,632
VLAŽNOST w (%)	8,965	13,075	15,805	18,335	19,345	21,665



Slika 4.7 Graf provedenog Standardnog testa za uzorak 24/21

Iz priloženog grafa se dolazi do rezultata da optimalna vlažnost uzorka iznosi 14,05 % za suhu gustoću uzorka od 1.848 g/cm<sup>3</sup>.

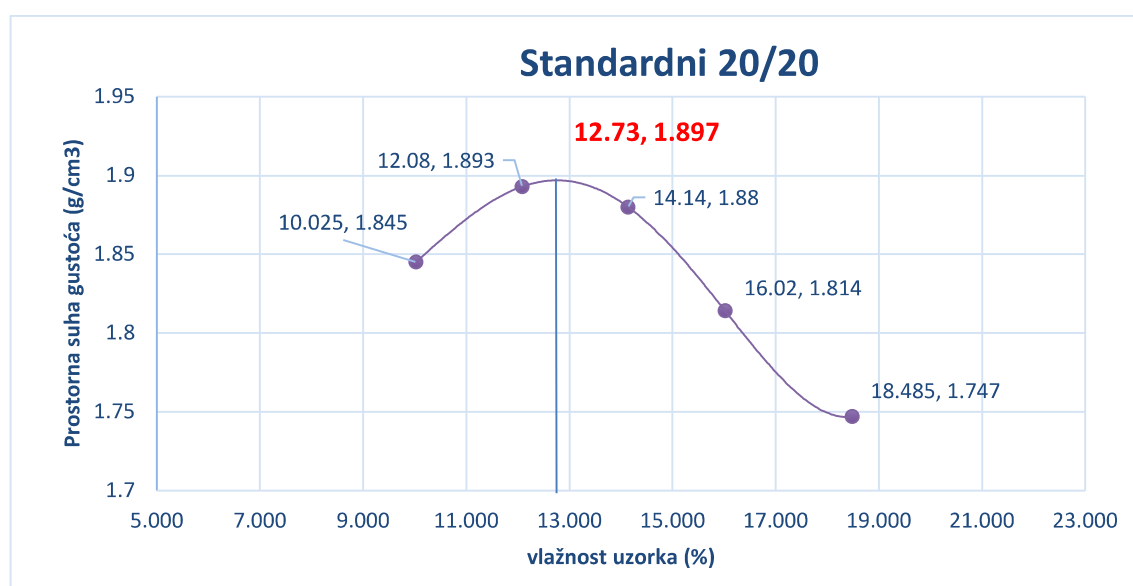
#### 4.3.2 20/20

Cijeli postupak je ponovljen za uzorak 20/20 odnosno za uzorak podvrgnut laboratorijskoj rastrošbi. Odstupanja od vrijednosti dobivenih za uzorak 24/21 proizlaze iz toga što je u ovom uzorku granulometrijska struktura takva da je veća količina zrna većeg promjera. U pogledu na priložene granulometrijske krivulje vidljiva je razlika.

U odnosu na provedeni Proctorov test za uzorak 24/21 kod ovih uzoraka su se dodavale manje količine vode što se zaključilo na temelju rezultata dobivenih za optimalnu vlažnost uzorka 24/21.

Tablica 4.2 Standardni Proctor 20/20

POKUSNI BROJ	10 %	12 %	14%	16%	18%
SUHA GUSTOĆA $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,845	1,893	1,880	1,814	1,747
VLAŽNOST w (%)	10,025	12,08	14,14	16,02	18,485



Slika 4.8 Graf provedenog Standardnog testa za uzorak 20/20

Za suhu gustoću uzorka od 1.897 g/cm<sup>3</sup> optimalna vlažnost iznosi 12.73 %.

#### 4.4 Modificirani proctorov pokus

Uslijed povećanja obujma strojeva i njihovog učinka rada standardni Proctorov pokus ne prati dovoljno točno stanje na terenu. Strojevi koji izvode radove s nasipnim materijalima stvaraju puno veće energije zbijanja nego što standardni proctorov pokus to može približiti stvarnom stanju. Iz tog razloga stručnjaci su 50-ih godina prošlog stoljeća došli na ideju osmišljavanja modernije verzije testa odnosno modificiranog proctorovog pokusa. [15]

U literaturi se takav pokus može raditi u kalupu obujma kao kod standardnog, ali se može koristiti i veći kalup. Razne su verzije modificiranog proctorovog pokusa ovisno o području gdje se ispitivanje vrši, te za kakve materijale se ispitivanje obavlja. Sljedeći popratnu dokumentaciju i uputstva koja su bila praćena u ovom diplomskom radu vezana za uređaj koji je bio na raspolaganju koristio se isti kalup kao za standardni pokus.

Zbijanje se vrši u 5 slojeva sa po 25 udaraca u kalupu obujma  $942,47 \text{ cm}^3$ . Uteg koji vrši zbijanje materijala ima masu od 4500 g, te pada s visine od 45,7 cm.

Tablica 4.3 Usporedba parametara standardnog i modificiranog Proctorova pokusa

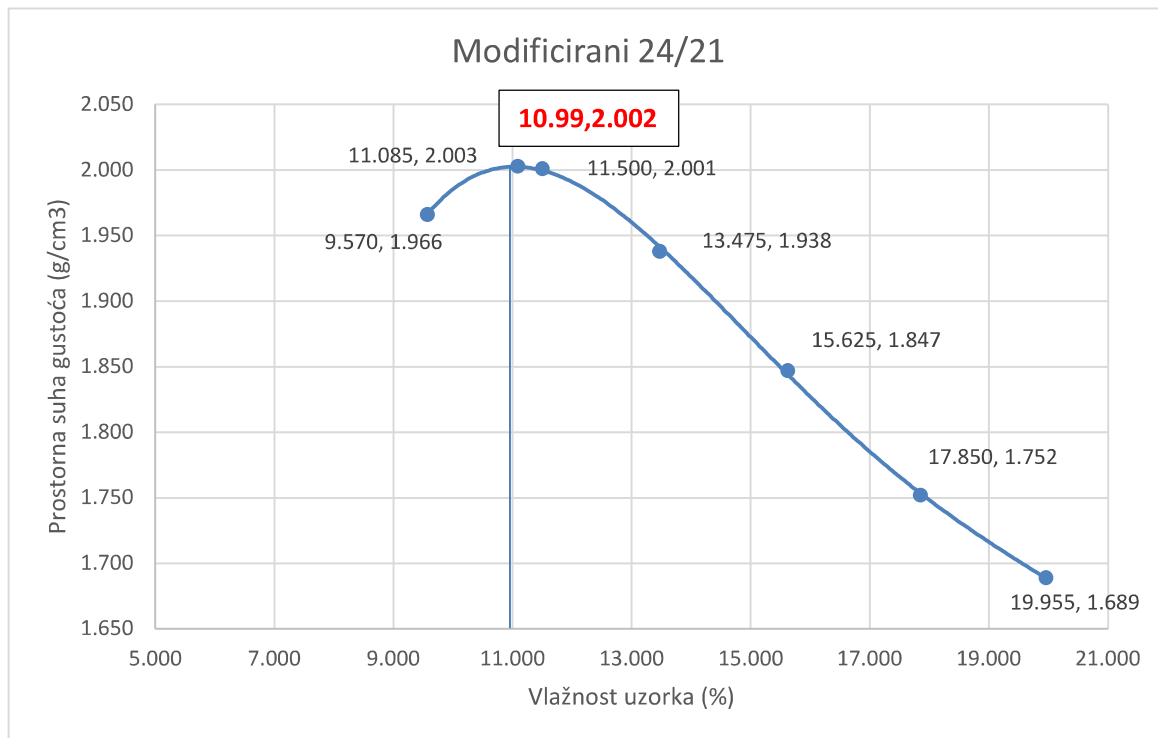
POKUS	Broj slojeva	Masa bata (g)	Volumen cilindra (cm <sup>3</sup> )	Visina pada bata (cm)	Broj udaraca po sloju
Standardni	3	2500	942,47	30,5	25
Modificirani	5	4500	942,47	45,7	25

#### 4.4.1 24/21

Postupak pripreme materijala je identičan pripremi za standardni pokus. Materijal se odvojio na jednake količine kojima su se dodavale različite količine vode. Za potrebe ovog ispitivanja dodao se širi spektar količina vode zbog tehničkih stvari (dostupna veća količina materijala). Postotone količine vode koje su ugrađene u uzorke su 8%, 10%, 12%, 14%, 16%, 18% i 20%.

Tablica 4.4 Modificirani Proctorov pokus 24/21

POKUSNI BROJ	8 %	10 %	12%	14%	16%	18%	20%
SUHA GUSTOĆA $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,966	2,001	2,003	1,938	1,847	1,753	1,689
VLAŽNOST w (%)	9,57	11,50	11,085	13,475	15,625	17,85	19,955



Slika 4.9 Graf provedenog modificiranog testa za uzorak 24/21

Za veću energiju zbijanja optimalna vlažnost materijala ima niže vrijednosti u odnosu na manje energije zbijanja, te vrijednost optimalne vlažnosti se dobija za veće vrijednosti suhe gustoće uzoraka. Modificiranim proctorovim testom uzorak 24/21 ima optimalnu vlažnost od skoro 11% vode pri čemu suha gustoća materijala iznosi 2 g/cm<sup>3</sup>.

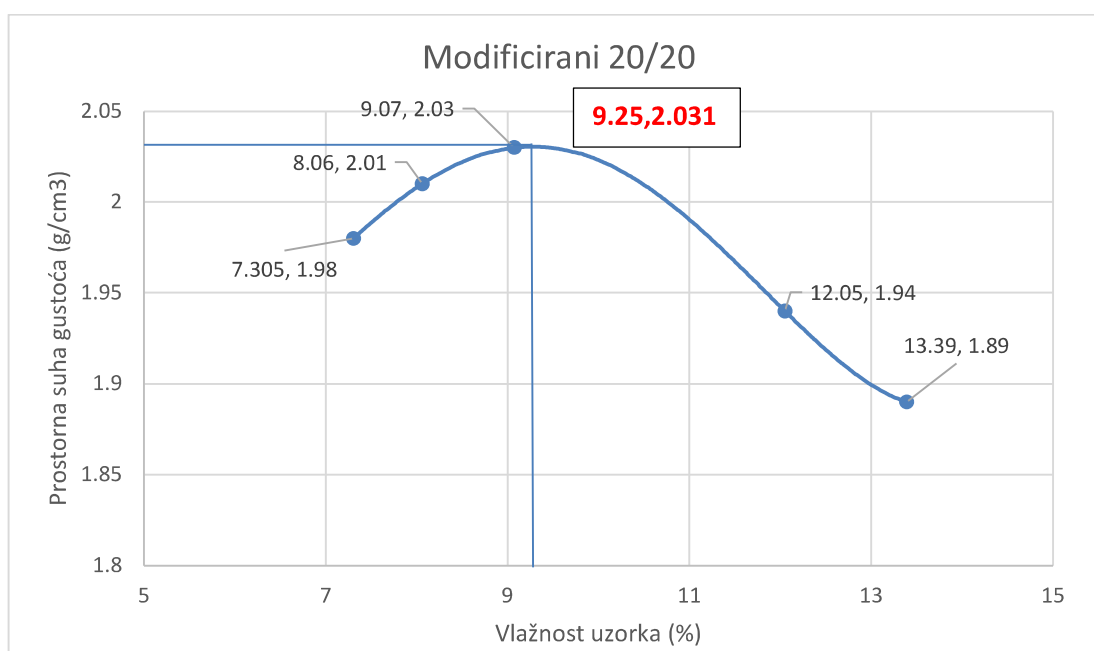
#### 4.4.2 20/20

Uzevši u obzir sva dosad navedena ispitivanja, uzorak rastrošen u laboratoriju oznake 20/20 se na isti način pripremio za provedbu modificiranog proctorova testa, ali sa nešto različitim i nižim količinama vode koje su se dodavale. Iskustveno nakon 3 provedena testa je bilo za očekivati da bi rezultati ovog testa trebali dati najnižu vrijednost optimalne vlažnosti.

Količine vode u odnosu na masu uzorka su bile 6%, 8%, 10%, 12% i 14%.

Tablica 4.5 Modificirani Proctorov pokus 20/20

POKUSNI BROJ	6 %	8 %	10%	12%	14%
SUHA GUSTOĆA $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,98	2,01	2,03	1,94	1,89
VLAŽNOST w (%)	7,305	8,06	9,07	12,05	13,39



Slika 4.10 Graf provedenog modificiranog testa za uzorak 20/20

Kao što je bilo i za očekivati rezultati modificiranog proctorova testa na uzorku 20/20 dali su najmanje vrijednosti optimalne vlažnosti pri najvećoj suhoj gustoći.

Tablica 4.6 Rezultati provedenih testova

POKUS	Maksimalna suha gustoća (g/cm <sup>3</sup> )	Optimalna vlažnost (%)
Standardni 24/21	1.85	14.05
Standardni 20/20	1.89	12.73
Modificirani 24/21	2.00	10.99
Modificirani 20/20	2.03	9.25

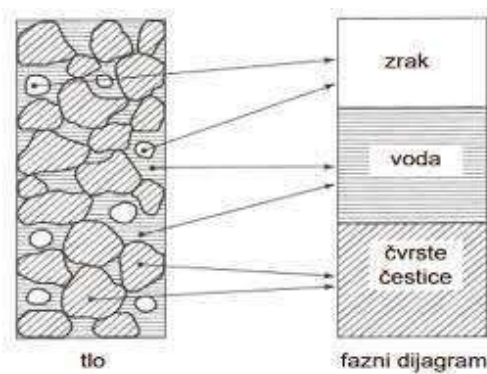


Uvidom u navedene rezultate i prikazom usporedbe dvaju uzoraka istog promatranog materijala lapora, ali različitim načinom rastrošbe (prirodna i laboratorijska) dolazi se do sljedećih zaključaka. Kao što se vidi u priloženoj tablici maksimalna suha gustoća uzoraka za određene optimalne vlažnosti se ne razlikuje između uzoraka. Zanimljivo je veća kod uzorka 20/20, ali red veličine je praktički isti.

Optimalna vlažnost materijala za zbijanje daje veće vrijednosti za standardne pokuse u odnosu na modificirane što je i za očekivati zbog veće energije zbijanja kod modificiranog testa.

U odnosu uzoraka 24/21 i 20/20 primjećena je razlika i kod standardnog i modificiranog testa, na način da je vlažnost manja kod uzorka laboratorijski rastrošenog. Takvo stanje stvari proizlazi iz granulometrijske analize, odnosno veće frakcije zrna u uzorku daju konačno nižu optimalnu vlažnost i za jedan, te drugi test.

#### 4.5 Stupanj zasićenja tla



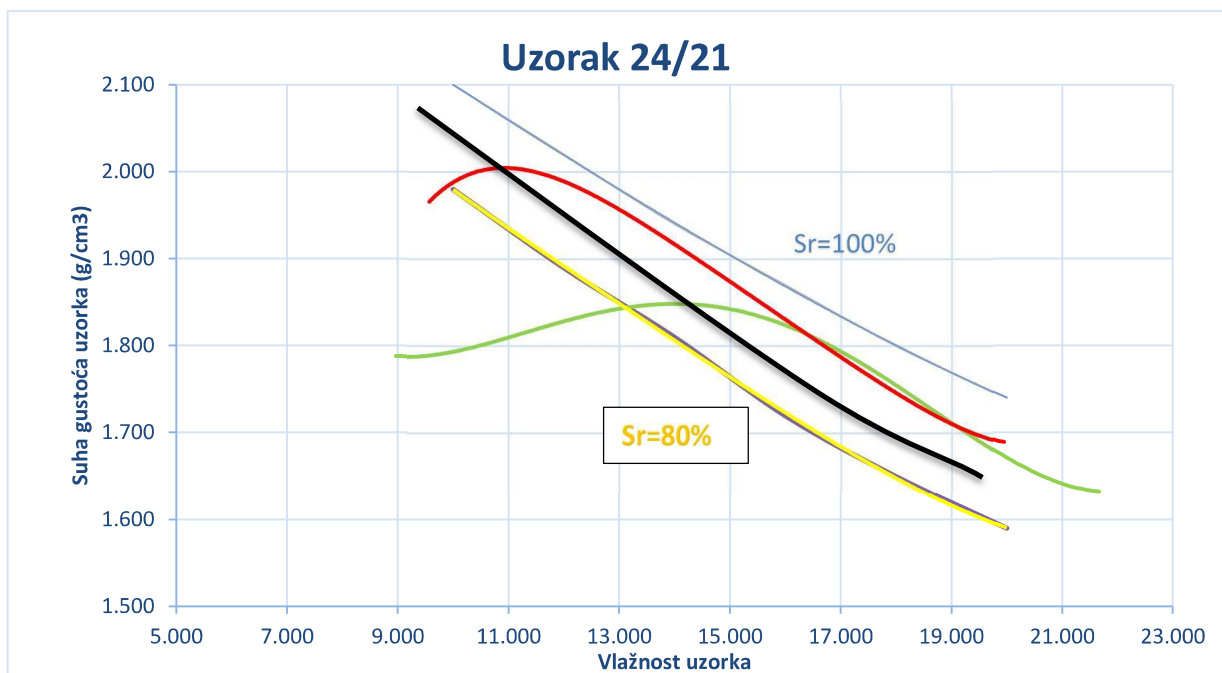
Slika 4.11 Odnosi sadržaja u tlu

Tlo se sastoji od takozvanih prikazanih faza, odnosno volumena čvrstih čestica, volumena vode u porama u tlu i volumena zraka u porama. Iz odnosa volumena faza definiraju se tri svojstva tla: koeficijent pora  $e$ , stupanj zasićenosti  $S_r$  i relativni porozitet  $n$ .

Stupanj zasićenosti tla definiran je izrazom:  $S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100$ ; gdje je  $V_w$  volumen vode u porama, a  $V_v$  volumen pora ispunjenih vodom i zrakom. [16]

Dakle, stupanj zasićenosti pokazuje koliki je postotak pora ispunjen vodom. Ako je  $S_r = 0$ , tlo je suho. Ako je  $S_r = 100\%$ , pore u tlu su u potpunosti ispunjene vodom, pa kažemo da je tlo potpuno zasićeno ili potpuno saturirano. Ako je  $0 < S_r < 100\%$ , pore su ispunjene vodom i zrakom i kažemo da je tlo djelomično zasićeno.

Na slici 4.12 gdje su se prikazali rezultati provedenih ispitivanja Proctorovim pokusom ucrtale su se krivulje koje odgovaraju određenom stupnju zasićenja tla na kojem su se provodili pokusi. Ucrtane su krivulje saturacije tla od 100 i 80 posto kako bi se dobio uvid u stanje provedenog ispitivanja.



Slika 4.12

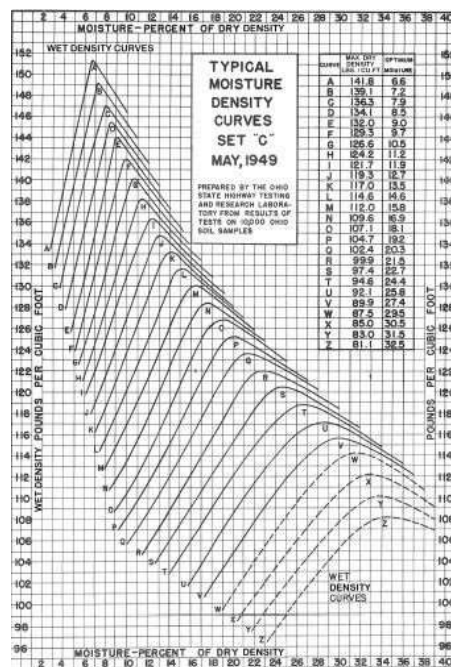
Kao što se vidi iz priloženog grafa krivulja crne boje je krivulja koja prolazi točkama optimalnih vlažnosti provedenih ispitivanja uzoraka standardnim i modificiranim Proctorovim pokusom. Navedena krivulja se nalazi između krivulja potpune saturacije tla ( $S_r = 100\%$ ) i krivulje zasićenja tla od 80 %, što bi značilo da je uzorak 24/21 za vrijeme ispitivanja imao stupanj zasićenja od 85-90 %.

#### 4.6 One point roctor test

U dosadašnjem djelu radau prikazani su rezultati provedeni standardnim Proctorovim postupkom i modificiranim testom. Za svaki pojedinačni test potrebno je pripremiti minimalno 5 uzoraka kako bi se dobila krivulja iz koje je moguće definirati optimalnu vlažnost uzorka za maksimalnu suhu gustoću. Za potrebe ovog diplomskog rada na uređaju koji je vršio zbijanja materijala proveo se i takozvani “One point Proctor test”.

Osnovna razlika ovog testa u odnosu na navedena dva je ta da se za potrebe ispitivanja koristi samo jedno testiranje, odnosno nabija se samo jedan uzorak (ne minimalno 5 kao dosad).

Osnove ovog načina testiranja potječu sa sveučilišta Ohio iz SAD-a sa sredine prošlog stoljeća (1950.) za potrebe izgradnje nasipa kod izgradnje autocesta u to vrijeme. [19] Želja je bila takva da se iz jednog testiranja dobiju potrebni podaci optimalne vlažnosti i maksimalne suhe gustoće za nabijanje materijale. Znanstvenici su napravili testove na preko 10 000 različitih vrsta tla koje su im bili dostupni u to vrijeme. Nakon provedenih ispitivanja rezultate su sortirali na način da su nacrtali tkz. familije krivulje na istome grafu, gdje se za dobivene vrijednosti vlažnosti i gustoće dobije optimalna vlažnost uzorka. [19]

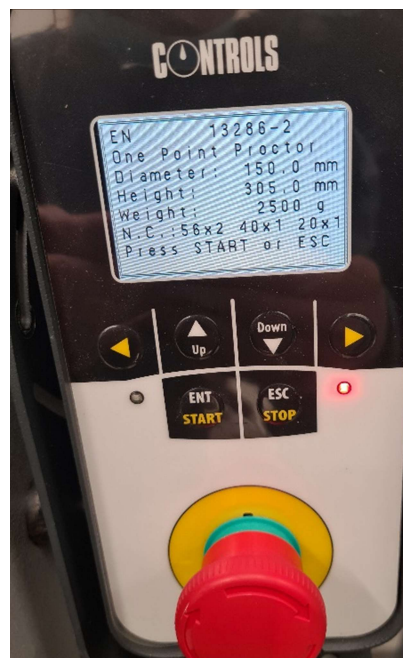


Slika 4.13 Graf familije krivulja

Ulazni parametri priloženog grafa su vlažnost materijala izmjerena na uzorku koji je podvrgnut proctorovom testu (os x), te izračunata suha gustoća uzorka u odnosu na tu vlažnost (os y).

Nakon ucrtavanja navedene točke koja pada na jednu od krivulja oznake nekog slova, iz tablice u gornjem desnom uglu se očitava optimalna vlažnost uzorka.

#### 4.6.1 Provođenje testa



Slika 4.9 Parametri provođenja testa

Potrebna količina materijala za ugradnju u uređaj za nabijanje iznosi oko 7 kg, iz razloga što se za potrebe ovog testa koristio veliki cilindar volumena 2120,57 cm<sup>3</sup>. Količina vode koja se dodala u uzorak je odabrana iskustveno iz provedenih prijašnjih testiranja, te je iznosila 10% za uzorak 24/21 i 9% za uzorak 20/20.

Testiranje se sastoji od ugrađivanja materijala u uređaj za nabijanje u 3 sloja. Prvi i drugi sloj se nabijaju sa 56 udaraca, treći sloj sa 40 udaraca. Nakon završenih 40 udaraca u trećem sloju, na

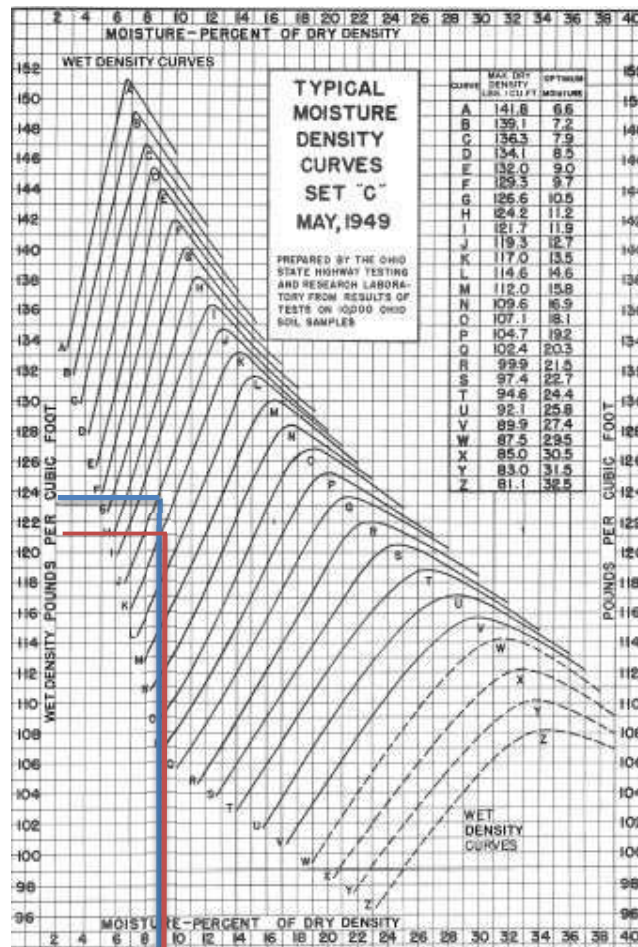
cilindar se postavlja metalna plata promjera 15 cm visine 1 cm, te se uzorak nabija sa dodatnih 20 udaraca preko metalne plate.

Masa bata za nabijanje iznosi 2500 g, te pada s visine od 30,5 cm. Promjer cilindra iznosi 15 cm, a visina je 12cm.

Tablica 4.7 Rezultati provedenih One point testova

POKUS	Vlažnost (%)	Suha gustoća(g/cm <sup>3</sup> )	Suha gustoća (lb/ft <sup>3</sup> )	Vlažna gustoća (lb/ft <sup>3</sup> )
One point 24/21	9,39	1,79	110,5	120,80
One point 20/20	9,07	1,81	112,99	123,24

Nakon konačnih rezultata vlažnosti uzorka i izračunate suhe gustoće, parametri su se postavili na navedeni graf familije krivulja da se vidi postoji li povezanost sa rezultatima dobivenima za neke druge materijale.



Slika 4.11 Rezultati provedenog one-point testa

Na priloženom grafu se vidi da točka za uzorak 20/20 pada između označenih krivulja K (13.5%) i L (14.6%), a točka za uzorak 24/21 između J (12.7%) i K (13.5%). Rezultati Standardnog Proctorova testa dali su vrijednosti optimalnih vlažnosti od 14.05% za uzorak 24/21, te 12.73% za uzorak 20/20.

Iz navedenih rezultata može se zaključiti kako se ispitivanja provedena na uzorku lapora uzorkovanog s mjesta kako je objašnjeno ranije mogu primjenjivati koristeći procedure one point proctor testa sa sredine prošlog stoljeća iz SAD-a zasnovanim na nekim drugim materijalima. Iz samih rezultata proizlazi teza da je za objašnjeni pokus bitna samo suha gustoća materijala i optimalna vlažnost, a ne vrsta materijala.



## 5. EDOMETARSKI POKUS

Drugo važno ispitivanje koje je provedeno za potrebe ovog diplomskog rada je ispitivanje modula stišljivosti uzorka koji se koristio za proračun slijeganja. Stišljivost tla je jedan od najvažnijih parametara tla, odnosno uspravni pomak tla, nastao zbog porasta deformacija u vertikalnom smjeru. Drugim rječima, stišljivost je stupanj promjene volumena tla uslijed opterećenja.

Edometarski pokus se koristi za jednostavne uvjete, te približno opisuje uvjete na terenu. Edometarski pokus (Slika 5.1.) služi za određivanje jednodimenzionalne krutosti i konsolidacijskih svojstava tla. Obično se izvodi na neporemećenim uzorcima tla s terena (uzorak tla dobiven posebnom tehnologijom i postupkom koji u najvećoj mogućoj mjeri osiguravaju da je tlo u uzorku zadržalo svojstva koja je posjedovalo originalno tlo na terenu prije vađenja uzorka).



Slika 5.1 Edometri (gore desno) na kojima su se vršila ispitivanja (pokus u tijeku).

U ovom diplomskom radu analizirano je ukupno 5 različitih uzoraka koja su prošla prethodna ispitivanja. Kako je već rečeno u poglavlju gdje je bio opisan Proctorov pokus, ispitivala su se 2 ista materijala lapora rastrošeni na prirodni i laboratorijski način. Iz tog razloga u edometar su se ugrađivali redom uzorci 24/21 (standardni i modificirani proctorov pokus), te isto tako uzorak 20/20 (standardni i modificirani proctorov pokus). Za usporedbu s navedenim uzorcima,

ispitivanju se podvrgnuo i uzorak ugrađen ručnim zbijanjem kako bi se uvidila razlika između raznih energija zbijanja.

Uzorak se ugrađuje u čelični prsten, koji sprječava bočne deformacije. Na gornji i donji rub uzorka postave se šupljikavi kameni, koji omogućavaju da voda istječe iz uzorka na njegova oba horizontalna ruba.

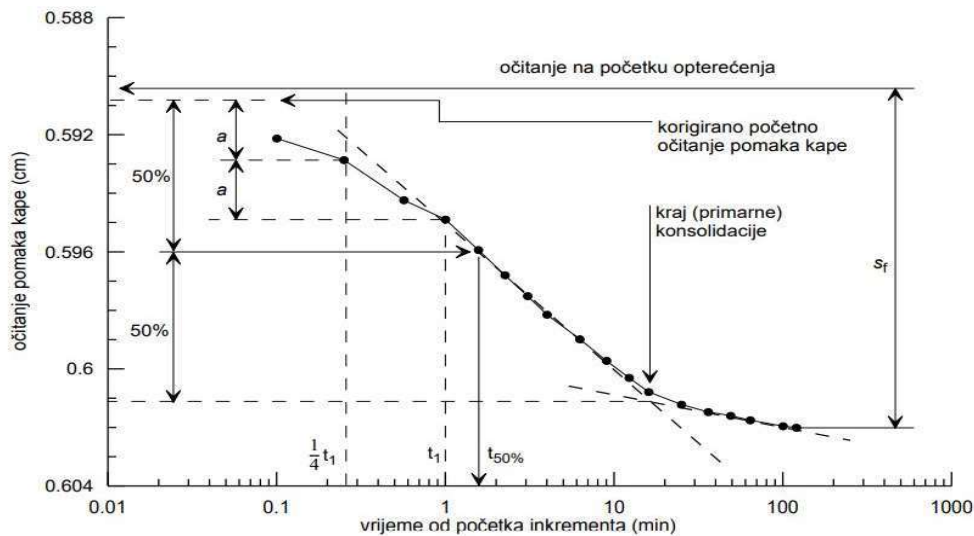
Nakon provedenih ispitivanja Proctorovog pokusa i dobivenih rezultata optimalnih vlažnosti, uzorci koji su ugrađeni u edometar odabrani su na način da to bude najbliža točka koja odgovara optimalnoj vlažnosti uzorka. Kako bi imali kvalitetan materijal za ugradnju u edometar, odnosno da bi imali kvalitetne valjke za ugradnju za neke uzorke su se ponavljali ispitivanja Proctorovog pokusa.

Uzorak se opterećuje u inkrementima preko kape edometra, tako da je svaki inkrement vertikalnog opterećenja jednak prethodnom vertikalnom opterećenju (primjerice, 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, ..., kPa). Navedeni niz može se prekinuti s jednim ili više ciklusa rasterećenja i ponovnog opterećenja. Rasterećenje treba provesti u barem dva inkrementa, ali je poželjno i više. Svaki inkrement opterećenja i rasterećenja na uzorku treba zadržati 24 sata. U tom periodu treba bilježiti vertikalne pomake uzorka u vremenskom nizu 10, 20, 30, 40, 50 sekundi, 1, 2, 4, 8, 15, 30, minuta, 1, 2, 4, 8 i 24 sata. [17]

Konkretno za ispitivanja u ovom diplomskom radu inkrementi opterećenja su bili 25, 50, 100, 200 i 400 kPa. Za sve navedene sile opterećenja napravile su se i faze rasterećenja kako bi pokus bio potpun.

Rezultati edometarskih pokusa prikazuju se u obliku konsolidacijskih krivulja slijeganja uzorka tla u vremenu i u obliku edometarskog dijagrama. Konsolidacijska krivulja slijeganja prikazuje vertikalni pomak kape edometra u vremenu tijekom jednog inkrementa opterećenja. Ona se obično prikazuje u polulogaritamskom mjerilu. Na logaritamskoj skali apscise označava se vrijednost vremena u minutama.





Slika 5.2 Konsolidacijska krivulja [17]

Edometarski dijagram prikazuje ovisnost koeficijenta pora o efektivnom vertikalnom naprežanju na kraju svakog inkrementa opterećenja. Na kraju perioda od 24 sata, za svaki inkrement opterećenja već je završena primarna konsolidacija, pa je efektivno naprežanje jednako ukupnom opterećenju na uzorak. Odgovarajući koeficijent pora odredi se (za i-ti inkrement opterećenja).

Iz navedenog dijagrama proizlaze svi parametri potrebni za određivanje edometarskog modula, odnosno omjer između razlike naprežanja i relativne deformacije.

$$\varepsilon = \frac{\Delta e}{1+e} ; \text{oznaka relativne deformacije}$$

$$E_{\text{oed}} = \frac{\Delta \sigma}{\varepsilon} ;$$

$\Delta e$  – razlika koeficijenta pora na početku i na kraju inkrementa opterećenja

$e_0$  – koeficijent pora na početku edometarskog pokusa

$\Delta \sigma$  – razlika opterećenja po inkrementima

$E_{\text{oed}}$  – edometarski modul stišljivosti

## 5.1 Testiranja

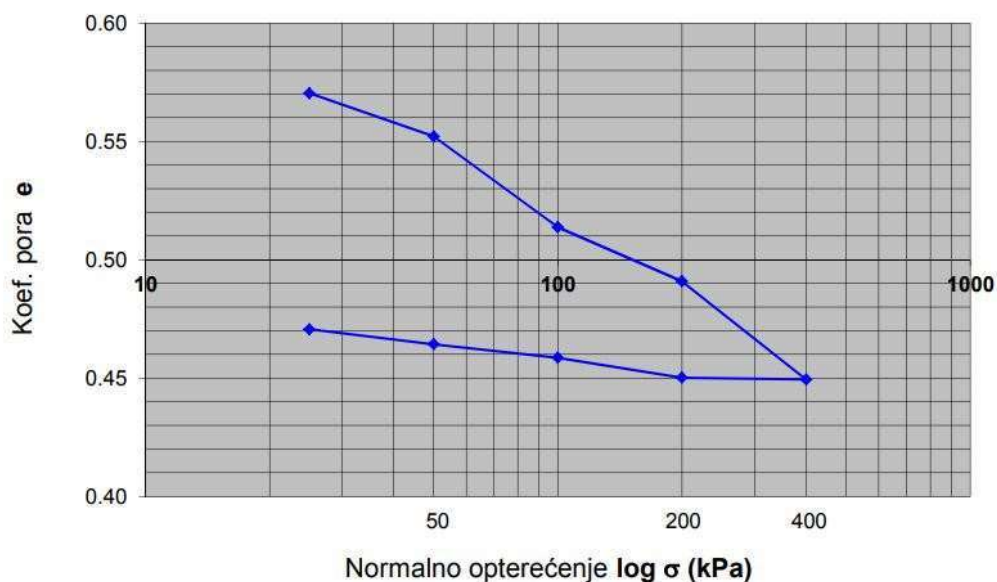
U sljedećih nekoliko grafova (Slika 5.5.-5.9.) i tablica (5.1.-5.7) prikazani su rezultati edometarskih testiranja. Na edometarskim dijagramima se mogu uočiti razlike između različito pripremljenih uzoraka.

Prvi test je napravljen na uzorku 20/20 koji se u edometar ugradio ručno zbijajući bez prethodnog zbijanja.

Tablica 5.1 Rezultati edometra na ručno zbijenom uzorku

Inkrement broj	Pritisak (kPa)	Koef. pora na kraju inkrementa $e=(H-H_s)/H_s$
0	0	0.627
1	25	0.570
2	50	0.552
3	100	0.514
4	200	0.491
5	400	0.449

### DIJAGRAM OPTEREĆENJE-RASTEREĆENJE



Slika 5.5 Edometarski dijagram uzorka ručno nabijenog u edometru

## 5.1.1 24/21

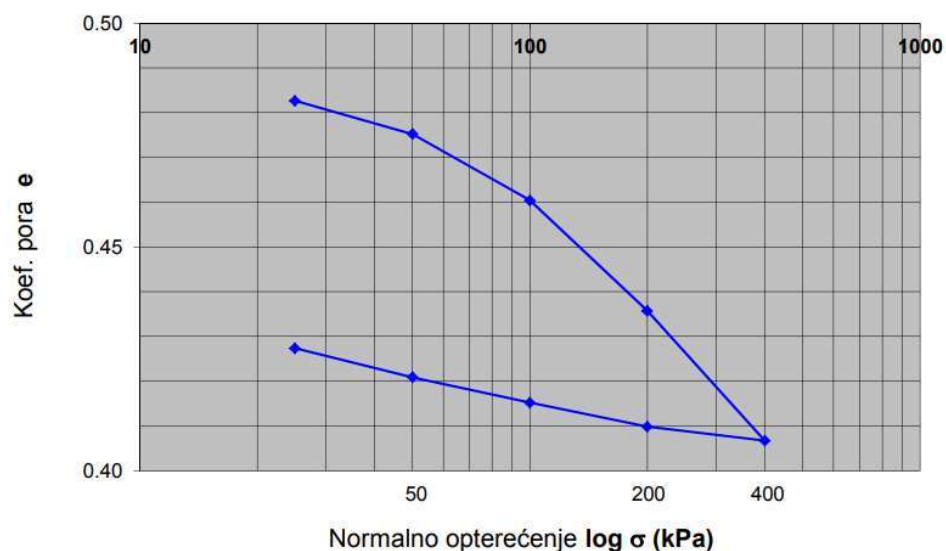
Po završetku provedenog Proctorova testa i vaganja svih uzoraka, za onaj uzorak koji je odgovarao rezultatom da je baš taj najbliži optimalnoj vlažnosti uzet je za ugradnju u edometarski uređaj. Ako bi se uzorak pri vađenju iz kalupa raspao ili ako nije bio dovoljno kompaktan taj bi se pokus ponovio kako bi imali kvalitetan valjak za ugradnju.

Nakon provedenog Standardnog pokusa uzorak koji je bio najbliže optimalnoj vlažnosti bio je onaj s količinom vode od 13,09% te je taj ugrađen u edometar.

Tablica 5.2 Standardni Proctor 24/21

Inkrement broj	Pritisak (kPa)	Koef. pora na kraju inkrementa $e=(H-H_s)/H_s$
0	0	0.493
1	25	0.483
2	50	0.475
3	100	0.460
4	200	0.436
5	400	0.407

## DIJAGRAM OPTEREĆENJE-RASTEREĆENJE



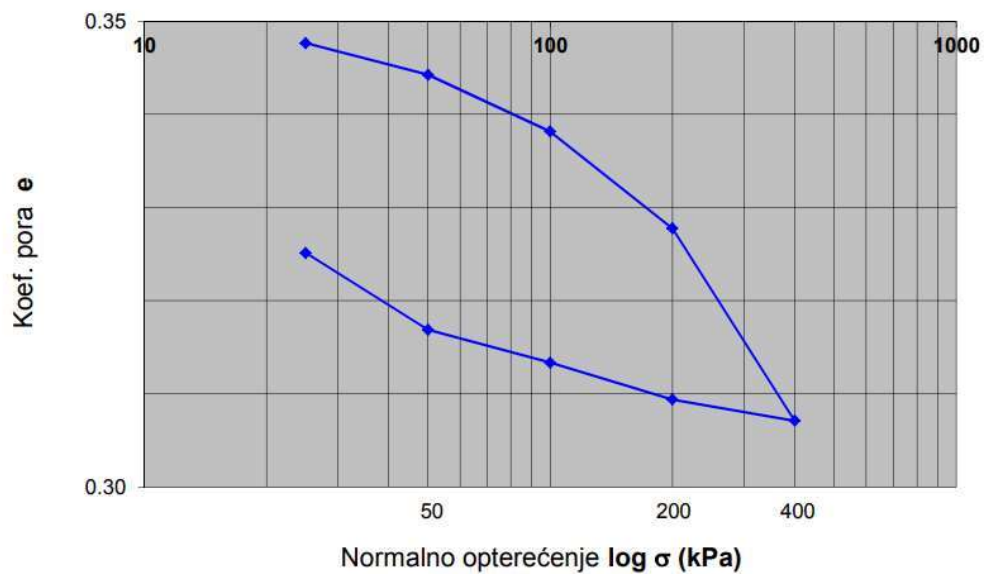
Slika 5.6 Edometarski dijagram Standardnog proctora 24/21

Po završetku Modificiranog proctorova pokusa uzorka 24/21 ugrađen je uzorak vlažnosti 11.09%, te su dobiveni sljedeći podaci.

Tablica 5.4 Modificirani Proctor 24/21

Inkrement broj	Pritisak (kPa)	Koef. pora na kraju inkrementa $e=(H-H_s)/H_s$
0	0	0.351
1	25	0.348
2	50	0.344
3	100	0.338
4	200	0.328
5	400	0.307

#### DIJAGRAM OPTEREĆENJE-RASTEREĆENJE



Slika 5.7 Edometarski dijagram modificiranog proctorova pokusa 24/21

#### 5.1.2 20/20

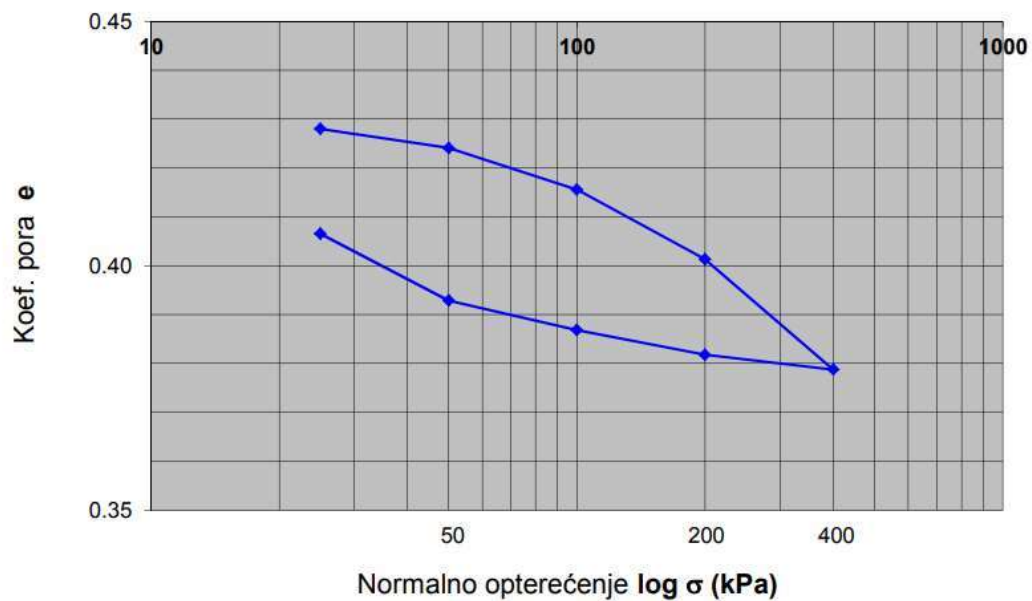
Istim načinom pripreme materijala kao kod uzorka 24/21 napravljena je priprema i za uzorak 20/20 odnosno laboratorijski rastrošen uzorak.

U slučaju standardnog proctorovog pokusa odabran je uzorak vlažnosti 12.08% jer je uočeno da je najbliži konačnoj optimalnoj vlažnosti materijala.

Tablica 5.5 Standardni Proctor 20/20

Inkrement broj	Pritisak (kPa)	Koef. pora na kraju inkrementa $e=(H-H_s)/H_s$
0	0	0.433
1	25	0.428
2	50	0.424
3	100	0.416
4	200	0.401
5	400	0.379

#### DIJAGRAM OPTEREĆENJE-RASTEREĆENJE

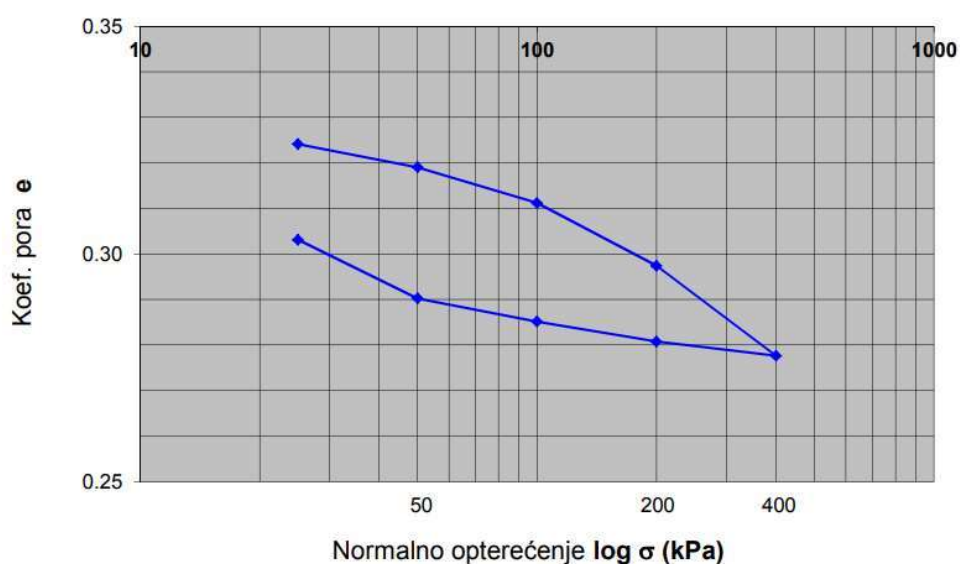


Slika 5.8 Edometarski dijagram standardnog proctorova pokusa 20/20

Kod modificiranog proctorova pokusa odabran je uzorak vlažnosti 9.07% istim načinom kao i kod navedenih drugih uzoraka.

Tablica 5.6 Modificirani Proctorov pokus 20/20

Inkrement broj	Pritisak (kPa)	Koef. pora na kraju inkrementa $e=(H-H_s)/H_s$
0	0	0.329
1	25	0.324
2	50	0.319
3	100	0.311
4	200	0.297
5	400	0.278

**DIJAGRAM OPTEREĆENJE-RASTEREĆENJE**

Slika 5.9 Edometarski pokus modificirani proctor 20/20

Po završetku izvršenih pokusa bilo je potrebno sažeti sve kako bi se dobio uvid u usporedbu različito pripremljenih tj. zbijenih materijala, odnosno njihov utjecaj na konačno slijeganje materijala za potrebe izrade nekog nasipa. Polazišna točka ovog diplomskog rada je bila usporedba istog materijala različito rastrošenog, te sa različitim energijama zbijanja. Konačni podatak je edometarski modul stišljivosti koji se iz navedenih ispitivanja dobio za sve vrste materijala.

U sljedećoj tablici će biti prikazani konačni rezultati edometarskog modula u ovisnosti o rastrošbi materijala i energiji zbijanja.

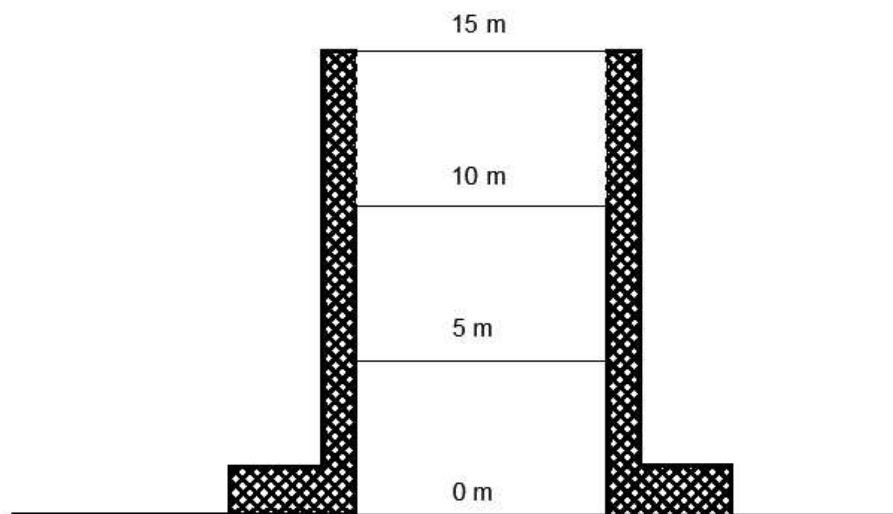
Tablica 5.7 Edometarski moduli po uzorcima

Uzorak	0-25 (kPa)	25-50 (kPa)	50-100 (kPa)	100-200 (kPa)	200-400 (kPa)
Ručno nabijen uzorak	0.71 MPa	2.16 MPa	2.02 MPa	6.64 MPa	7.17 MPa
SP 24/21	3.53 MPa	4.99 MPa	4.97 MPa	5.92 MPa	9.89 MPa
MP 24/21	9.38 MPa	9.92 MPa	11.02 MPa	12.87 MPa	12.86 MPa
SP 20/20	7.50 MPa	9.17 MPa	8.35 MPa	9.93 MPa	12.42 MPa
MP 20/20	6.37 MPa	6.52 MPa	8.39 MPa	9.51 MPa	13.13 MPa

## 6. PRORAČUN SLIJEGANJA NASIPA

U dosad navedenim poglavljima ovog rada utvrđeni su potrebni parametri uzorkovanog materijala za izradu nasipa od istoga. Odnosno, dobiveni rezultati daju potrebne informacije o mogućem slijeganju materijala ugrađenog u nasip.

Kako je već rečeno u radu dosad ispitan je isti materijal u dva različita načina rastrošbe (prirodna i laboratorijska), te svaki od tih uzoraka je nabijen sa manjom i većom energijom zbijanja (standardni i modificirani proctorov pokus). Za potrebe ovog diplomskog rada odlučeno je da se za potrebe proračuna zamisli neki nasip koji će biti izgrađen od materijala iz pokusa. Potrebno je proračunati veličinu slijeganja uslijed vlastite težine materijala tog nasipa za svaki testirani uzorak materijala.



Slika 6.1 Proračunski nasip

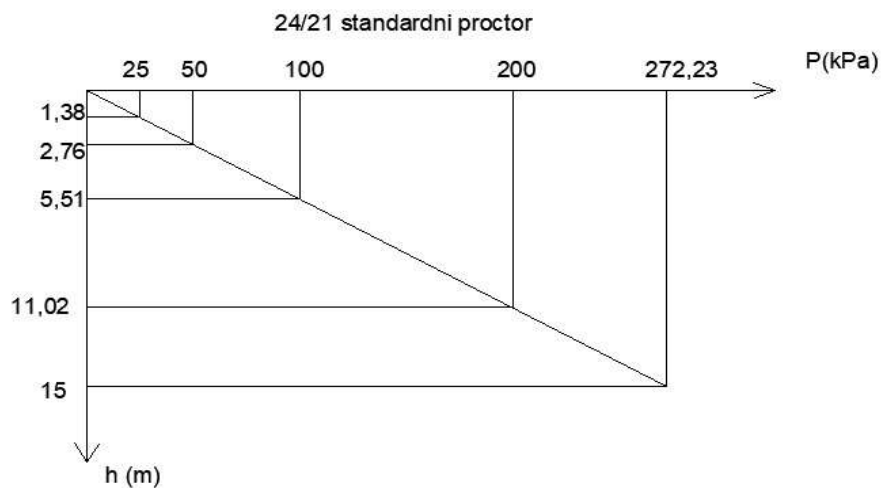
Nasip za potrebe proračuna je visine 15 metara, te je s obe strane poduprt s armirano betonskim zidovima, s temeljnom stopom dovoljnom da ne dođe do prevrtanja ili klizanja zida. Nasip s ugrađenim materijalom je potrebno proračunati na slijeganje uslijed vlastite težine.



## 6.1 24/21 Standardni proctor

Iz podataka maksimalne suhe gustoće provedenog testa optimalne vlažnosti i konačne visine nasipa dobila se vrijednost opterećenja za takav nasip:

$$\sigma_{15m} = \gamma \times h = 1.85 \text{ g/cm}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 15 \text{ m} = 272.23 \text{ kPa}$$



Slika 6.2 Opterećenje po dubini nasipa 24/21 Standardni proctor

Ukupno slijeganje u osi nasipa  $s$ , uslijed vlastite težine, za nasip prikazan na slici 6.2, može se izračunati iz izraza:

$$S = \sum \Delta\sigma / E_{\text{oad}}(\sigma) \times \Delta z; \text{ gdje je}$$

$\Delta\sigma$  – prosječno naprezanje po dubini nasipa

$E_{\text{oad}}(\sigma)$  – edometarski modul stišljivosti za naprezanje po određenoj dubini

$\Delta z$  – visina sloja pripadnog naprezanja.

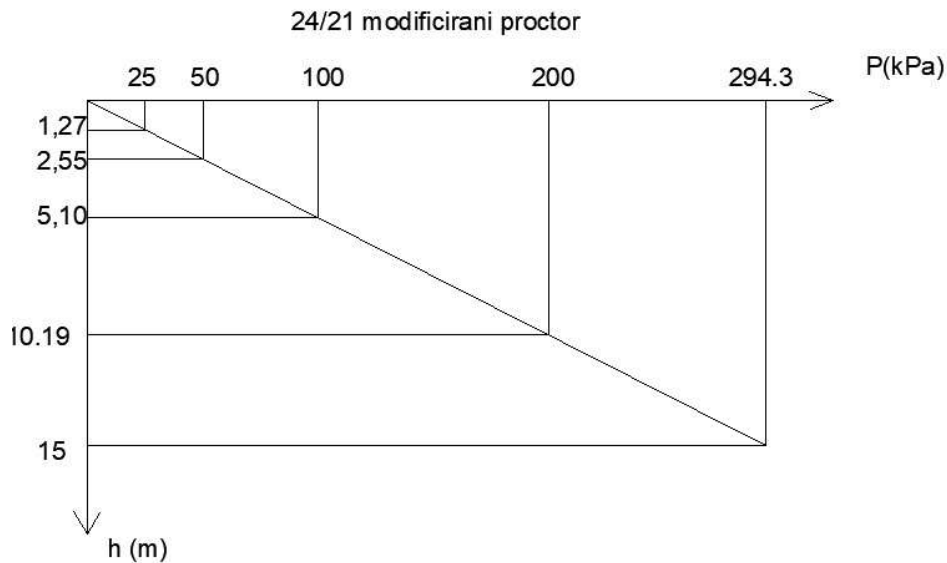
Sljedeći navedeni izraz dolazi se do izračuna slijeganja nasipa za materijal 24/21 nabijen Standardnim proctorovim pokusom:

$$S = \frac{12.5 \text{ kPa}}{3530 \text{ kPa}} \times 1.38 \text{ m} + \frac{37.5 \text{ kPa}}{4990 \text{ kPa}} \times 1.38 \text{ m} + \frac{75 \text{ kPa}}{4970 \text{ kPa}} \times 2.76 \text{ m} + \frac{150 \text{ kPa}}{5920 \text{ kPa}} \times 5.51 \text{ m} + \frac{236.12 \text{ kPa}}{9890 \text{ kPa}} \times 3.98 \text{ m} = 0.291 \text{ m} = 29.1 \text{ cm}$$

## 6.2 24/21 Modificirani proctor

Vrijednost maksimalnog opterećenja nasipa se izračunala istim postupkom i za modificirani provedeni test, kao i za standardni test:

$$\sigma_{15m} = \gamma \times h = 2.00 \text{ g/cm}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 15 \text{ m} = 294.3 \text{ kPa}$$



Slika 6.3 Opterećenje po dubini nasipa uzorka 24/21 Modificirani proctor

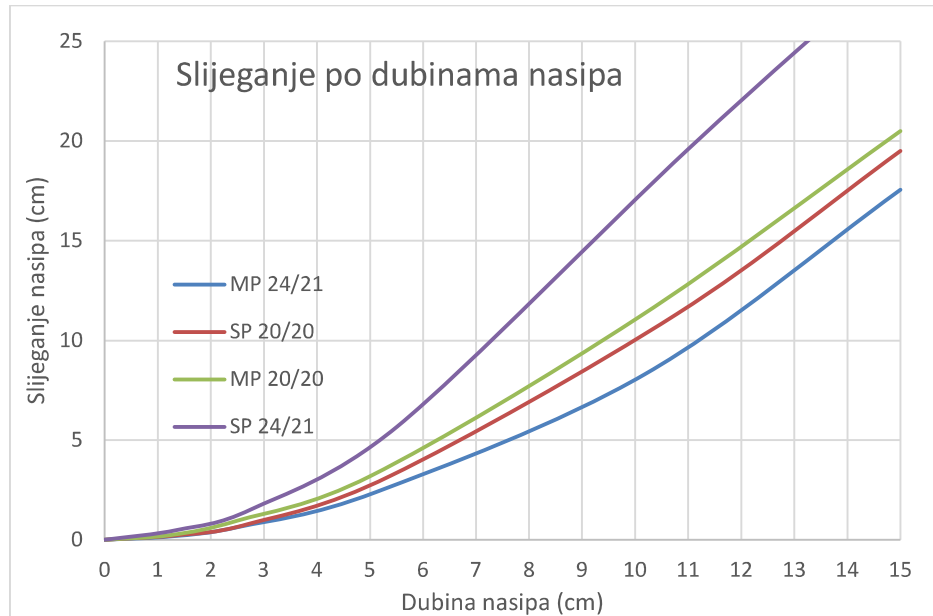
$$S = \frac{12.5 \text{ kPa}}{9380 \text{ kPa}} \times 1.27 \text{ m} + \frac{37.5 \text{ kPa}}{9920 \text{ kPa}} \times 1.27 \text{ m} + \frac{75 \text{ kPa}}{11020 \text{ kPa}} \times 2.55 \text{ m} + \frac{150 \text{ kPa}}{12870 \text{ kPa}} \times 5.10 \text{ m} + \frac{247.15 \text{ kPa}}{12860 \text{ kPa}} \times 4.81 \text{ m} = 0.176 \text{ m} = 17.6 \text{ cm}$$

Na isti način se provelo ispitivanje za uzorak 20/20, te su se dobili sljedeći rezultati:

Tablica 6.1 Slijeganje nasipa

Uzorak	Slijeganje (cm)
SP 24/21	29.1
MP 24/21	17.6
SP 20/20	19.5
MP 20/20	20.5

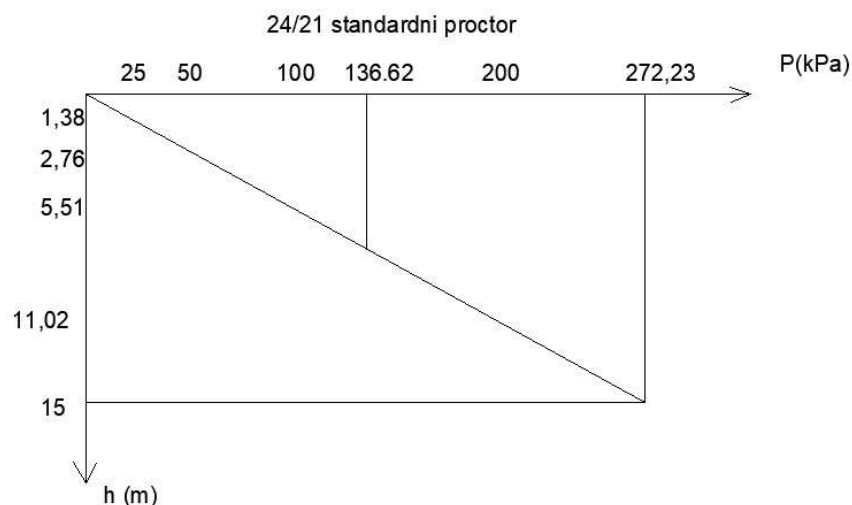
Na sljedećem priloženom grafu uspoređena su slijeganja nasipa kako bi se dobio uvid u svaki od njih usporedno s ostalima.



Slika 6.4 Slijeganje po dubini nasipa

Proračun slijeganja je proveden za svaki od 4 uzorka pripremljenog materijala, ali uzevši u obzir samo prosječnu vrijednost opterećenja nasipa u visini od 15 metara. U dosad izvršenom proračunu, za svaku promjenu opterećenja po dubini se računalo slijeganje u toj točki. Cilj navedenog koraka je bio da se vidi može li prosječno opterećenje po dubini biti relevantno za konačni rezultat.

$$S = \overline{\Delta\sigma} / E_{oed} \times h_{15m}$$



Slika 6.5 Prosječna vrijednost naprezanja za uzorak standardni proctor 24/21

Edometarski modul stišljivost prosječne vrijednosti opterećenja od 136.62 kPa iznosi  $E_{oed(100-200)} = 5.92$  MPa. Vrijednost slijeganja iz navedenog izraza iznosi 34.6 cm. U tablici 6.2 priložene su vrijednosti slijeganja izračunate preko prosječne vrijednosti opterećenja, uspoređene s vrijednostima iz proračuna za svaku dubinu nasipa posebno.

Tablica 6.2 Usporedba proračuna slijeganja nasipa

UZORAK	Slijeganje – prosječna vrijednost opterećenja (cm)	Slijeganje – opterećenje po dubinama nasipa (cm)	Razlika (%)
SP 24/21	29.1	34.6	+ 18.9 %
MP 24/21	17.6	17.2	- 2.3 %
SP 20/20	19.5	21	+7.7 %
MP 20/20	20.5	23.5	+14.6 %

Iz dosadašnjeg djela rada uključujući sva provedena ispitivanja zaključeno je kako je lapor materijal jako podložan rastrošbi čim je u doticaju s atmosferskim prilikama. Osnovni proces koji uzrokuje degradaciju jest sušenje i vlaženje, odnosno promjena vlažnosti. Proces degradacije je brži što je promjena vlažnosti učestalija i izraženija. Degradacija sama po sebi označava gubitak čvrstoće zrna lapora.

Poznavajući te podatke, lapor se mora posebno tretirati u slučaju ugradnje materijala u nasipe. Dva su načina sprječavanja degradacije lapora, odnosno potrebno je sprječiti doticaj zrna s vodom.

Prvi postupak značio bi “plombiranje” nasipa od utjecaja vode koja penetrira s površine ili podzemne vode koja može dolaziti iz temelja nasipa. Drugim rječima materijal bi trebalo u potpunosti odvojiti od utjecaja okoline. [18]

Drugi način se odnosi na to da se materijal usitni na razinu zemljanog materijala i na takav način ugradi i zbijе jer se minimizira degradacija zrna. Problem koji se može pojaviti u ovom slučaju su komadi materijala lapora koji nisu podložni usitnjavanju materijala (pješčenjaci).[18]

## 7. ZAKLJUČAK

Cilj ovog diplomskog rada bio je upoznati se s bitnim karakteristikama lapora s podneblja u kojem živimo za potrebe izrade određenog nasipa. Kroz rad se upoznalo s jako bitnim parametrom stijene lapora, a to je njegova velika čvrstoća i kompaktnost dok je dio stijenske mase, odnosno dok nije došao u doticaj s atmosferskim prilikama. U doticaju s vodom gube se sva svojstva čvrstoće i kompaktnosti koja su izražena dok stijena nije došla u doticaj s vodom.

Provedenim Proctorovim testom došlo se do zaključka kako optimalna vlažnost uzorka ovisi o energiji zbijanja. Što je energija zbijanja veća opada vrijednost optimalne vlage ispitanog uzorka. Druga jako bitna opservacija je da granulometrijska krivulja, odnosno veličina zrna većih frakcija, također utječe na traženu optimalnu vlažnost. Što uzorak ima veću količinu većih zrna optimalna vlažnost također opada.

Proctorov pokus je bio uvod u drugo bitno ispitivanje materijala koje se provelo, a to je ispitivanje edometarskog modula stišljivosti. Zaključak koji se može pročitati iz priloženih dijagrama u radu ukazuje na to da nema prevelike razlike u vrijednostima različito pripremljenih materijala. U slučaju dobro zbijenog materijala, konačne vrijednosti su jako slične. Kod slabije zbijenih materijala dobile su se mnogo manje vrijednosti. Materijal dobro zbijen, te sa količinom vode koja je jako blizu vrijednosti optimalne vlažnosti ima svoj stupanj stišljivosti koji ne oscilira previše.

Lapor je materijal koji se može koristiti za ugradnju u nasipe, ali njegova priprema i sama ugradnja mora biti strogo precizna i točna. Najbitnija komponenta u tom slijedu je voda, koja za vrijeme ugradnje mora biti strogo definirana, te u vremenu eksploatacije nasipa mora biti strogo kontrolirana.

## 8. ZAHVALA

Diplomski rad povezan s radom na projektu UNSAT1 - Eksperimentalna i numerička istraživanja mehanizama u nesaturiranim geomaterijalima kojeg je financirala Hrvatska zaklada za znanost pod brojem UIP-2017-05-3429.

## 9. LITERATURA

- [1] Toševski A., Grgec D., Padovan D. (2012): Osnovno o genezi, sastavu i trošenju eocenskog fliša hrvatskog obalnog pojasa. Rudarsko-geološko-naftni zbornik. Vol. 25 str. 47-62 Zagreb.
- [2] Vlastelica, G., Mišćević, P., Fukuoka, H. (2016): Monitoring of vertical cuts in soft rock mass, defining erosion rates and modelling time- dependent geometrical development of the slope. Proceedings of the Int Sym of the ISRM RMRE: From the Past to the Future, Ürgüp, Turkey, 29-31 August, 2016. Ulusay, R. et al. (eds.), London: Taylor & Francis Group, pp 1249-1254.
- [3] Vlastelica G., Mišćević P., Pavić N.,(2016.): Mjerenje posmične čvrstoće meke stijene u uvjetima laboratorijski stimulirane rastrošbe, Građevinar 68/12, 955-965.
- [4] Vlastelica G., (2015): Utjecaj rastrošbe na trajnost zasjeka u mekoj stijeni, Doktorski rad, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split.
- [5] Mišćević P., (2015.): Inženjerska mehanika stijena, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split.
- [6] Mišćević P., Vlastelica G., (2012.): Stabilnost u vremenu kosine iskopane u laporu, Građevinar, 64/6, 451-461.
- [7] Mišćević P., Vlastelica G. (2011): Durability Characterization of Marls from the Region of Dalmatia, Croatia. Geotechnical and Geological Engineering: 29(5): 771-781.
- [8] Vlastelica G., Mišćević P., Biloš T., (2015): Opažanje i modeliranje erozije zasjeka u mekoj stijeni , Split, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split.
- [9] Vlastelica G., Mišćević P., Štambuk Cvitanović N., Glibota A.(2018.); Geomechanical aspects of remediation of quarries in the flysch: Case study of abandoned quarry in Majdan, Croatia. Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split.
- [10] Mišćević P., Vlastelica G.: Shear strength of weathered soft rock – proposal of test method additions. Proc. Reg. Sym. on Rock Eng. in Diff. Gr. Cond. – Eurock 2009, Cavtat, Croatia, 303-308. Leiden: CRC Press/Balkema, 2009.



- [11] Mišćević P., Vlastelica G.: Shear strength of artificially weathered marl. Proc. Reg. Sym. on Rock Mechanics in Civil and Environmental Engineering – Eurock 2010, Lausanne, Switzerland, 119-122. Leiden: CRC Press/Balkema, 2010.
- [12] Mišćević P., Vlastelica G., (2019.): Estimation of embankment settlement caused by deterioration of soft rock grains, Bulletin of Engineering Geology and the Environment 78/3, 1843-1853.
- [13] Vlastelica, G., Mišćević, P., Štambuk Cvitanović, N. 2018. Durability of soft rocks in Eocene flysch formation (Dalmatia, Croatia), Engineering. Geology 245, 207-217.
- [14] B. Indraratna, A. G. Correia: Proctor Lecture (ISSMGE TC202 Honour Lecture); International society for soil mechanics and geotechnical engineering
- [15] Roje-Bonacci, Tanja. Zemljani radovi . Split : Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2012
- [16] T. Roje Bonacci, "Mehanika tla", Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2017. (četvrto izdanje)
- [17] V. Szavits-Nossan, "Mehanika tla i stijena", Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zapis predavanja
- [18] T. Roje Bonacci, Mišćević P., (2001.): Uvjeti uporabe lapora za izradu nasipa, GRAĐEVINAR 53 (2001) 1, 9-16
- [19] The Assho road test: Report 2 Materials and Construction; National Academy of Sciences-National Research Council, Washington D.C., 1962

## 10. PRILOZI

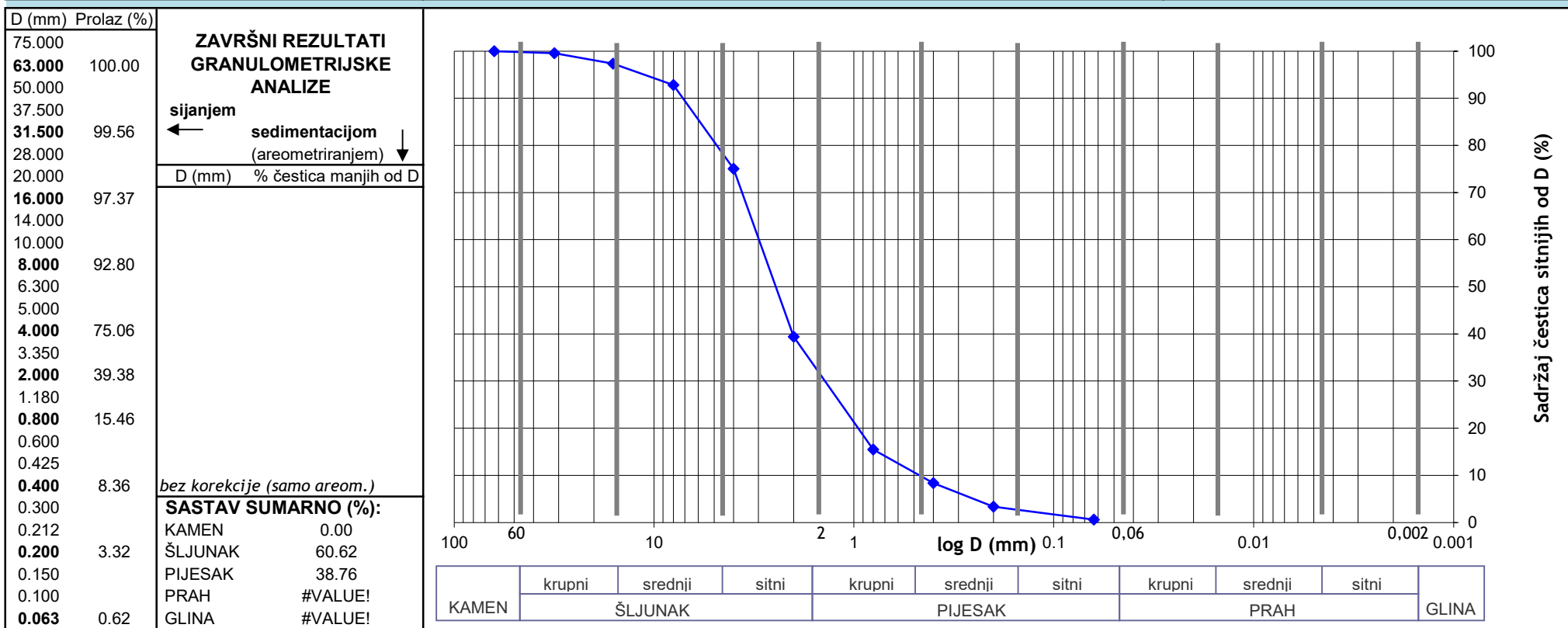
1. Granulometrijska analiza 24/21
2. Granulometrijska analiza 20/20
3. Gustoća čvrstih čestica
4. Granice plastičnosti
5. PLT test
6. Sadržaj karbonata
7. Upijanje vode
8. Ispitivanje vlažnosti uzorka 24/21 za standardni proktor (1)
9. Ispitivanje vlažnosti uzorka 24/21 za standardni proktor (2)
10. Ispitivanje vlažnosti uzorka 24/21 za modificirani proktor (1)
11. Ispitivanje vlažnosti uzorka 24/21 za modificirani proktor (2)
12. Ispitivanje vlažnosti uzorka 24/21 za modificirani proktor (3)
13. Ispitivanje vlažnosti uzorka 20/20 za standardni proctor (1)
14. Ispitivanje vlažnosti uzorka 20/20 za standardni proctor (2)
15. Ispitivanje vlažnosti uzorka 20/20 za modificirani proctor (1)
16. Ispitivanje vlažnosti uzorka 20/20 za modificirani proctor (2)
17. Standardni proctorov pokus 24/21
18. Modificirani proctorov pokus 24/21

19. Standardni proctorov pokus 20/20
20. Modificirani proctorov pokus 20/20
21. Edometarski dijagram standardni proctor 24/21 (1)
22. Edometarski dijagram standardni proctor 24/21 (2)
23. Edometarski dijagram modificirani proctor 24/21 (1)
24. Edometarski dijagram modificirani proctor 24/21(2)
25. Edometarski dijagram standardni proctor 20/20 (1)
26. Edometarski dijagram standardni proctor 20/20 (2)
27. Edometarski dijagram modificirani proctor 20/20 (1)
28. Edometarski dijagram modificirani proctor 20/20 (2)
29. Edometarski dijagram ručno nabijeni uzorak (1)
30. Edometarski dijagram ručno nabijen uzorak (2)



**GRANULOMETRIJSKI SASTAV - DIJAGRAM (METODA MOKROG SIJANJA / METODA SUHOG SIJANJA / SEDIMENTACIJA METODOM POMOĆU AREOMETRA)**

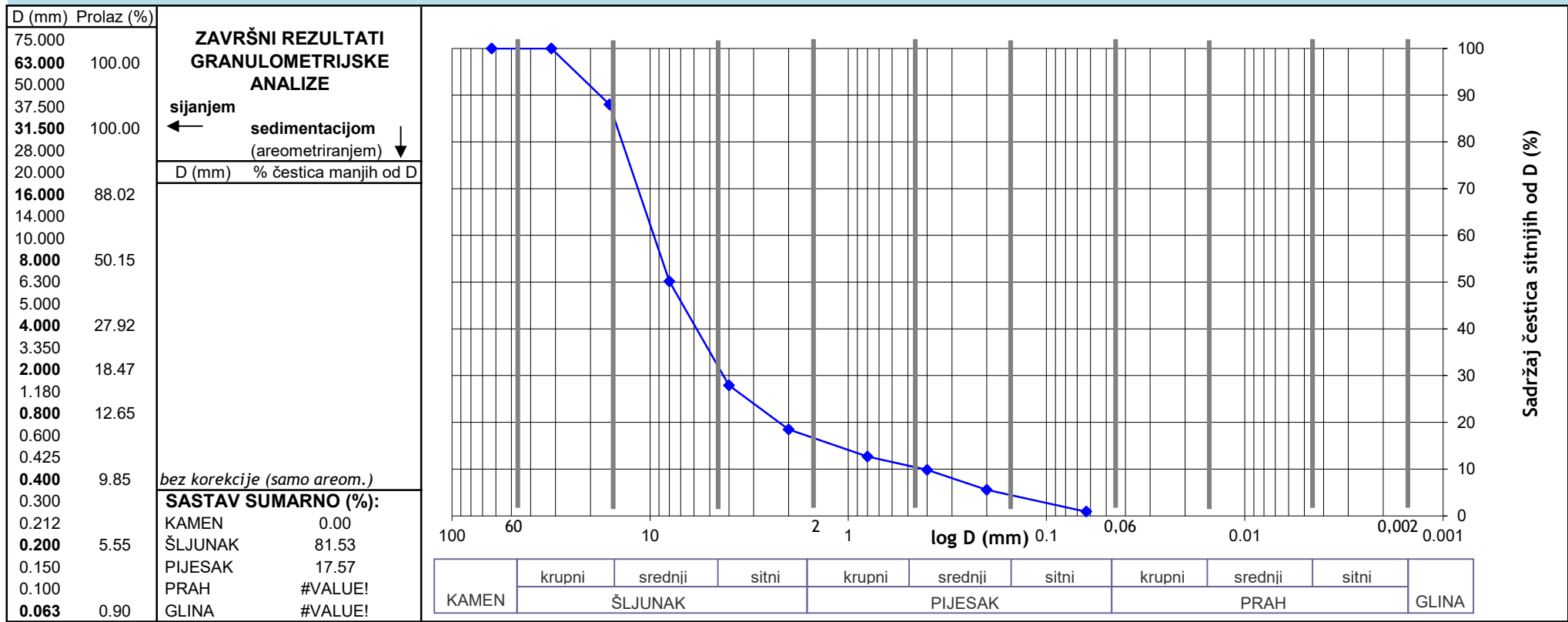
<b>UZORAK:</b> 24/21	<b>RN:</b> -	<b>OPIS UZORKA I PRIPREME UZORKA</b> -lapor
<b>BUŠOTINA:</b> -	<b>DATUM:</b> -	
<b>DUBINA:</b> -	<b>LOKACIJA/GRAĐEVINA:</b> projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)	
Max. zrno: $D_{max}$ (mm) = -	Ispitano prema HRN EN ISO 17892-4 / BS 1377-2 (9.2/9.3/9.5)	





**GRANULOMETRIJSKI SASTAV - DIJAGRAM (METODA MOKROG SIJANJA / METODA SUHOG SIJANJA / SEDIMENTACIJA METODOM POMOĆU AREOMETRA)**

<b>UZORAK:</b> 20/20	<b>RN:</b> -	<b>OPIS UZORKA I PRIPREME UZORKA</b> -lapor
<b>BUŠOTINA:</b> -	<b>DATUM:</b> -	
<b>DUBINA:</b> -	<b>LOKACIJA/GRAĐEVINA:</b> projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)	
Max. zrno: $D_{max}$ (mm) = -	Ispitano prema HRN EN ISO 17892-4 / BS 1377-2 (9.2/9.3/9.5)	





FGAG - Geotehnički laboratorij

REZULTATI ISPITIVANJA, Stranica 1 od 1

OB\_GČ\_ISO 17892-3/BS1377-2\_01

**GUSTOĆA ČVRSTIH ČESTICA - METODA MALOG PIKNOMETRA**

<b>RN:</b> -	<b>UZORAK:</b> 20/20
<b>DATUM:</b> 14.04.2021.	<b>BUŠOTINA:</b> -
<b>LOKACIJA/GRAĐEVINA:</b> projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)	<b>DUBINA:</b> -

OPIS UZORKA (tip, položaj unutar polaznog uzorka, vizualni opis, poremećenje uočeno ili izazvano uključujući gubitak vlage)  
-lapor

Ispitano prema HRN EN ISO 17892-3 / BS 1377-2 (8.3)

<b>POVIJEST UZORKA, PRIPREMA</b> -procjena tla i min. masa: sitnozrnato, 100 g -djelimično sušenje ispod 50 °C -usitnjavanje tako da prolazi sito 2 mm -dijeljenje (razdjeljivač 7 mm) na dva (pod)uzorka 5-10 g -sušenje u sušioniku na 105-110 °C -ostalo (navesti)	<b>KORIŠTENA OPREMA</b> -sušionik _____ -vaga OHAUS-EXPLORER 2100 g
---	---

ISPITNI UZORAK BR.	20/20					
PIKNOMETAR BR.	2	9				
MASA PIKNOMETAR + UZORAK + VODA $m_3$ (g)	83.350	83.500				
MASA PIKNOMETAR + UZORAK $m_2$ (g)	36.140	36.940				
MASA PIKNOMETRA ISPUNJENOG VODOM $m_4$ (g)	79.520	79.390				
MASA PIKNOMETRA $m_1$ (g)	30.010	30.280				
MASA UZORKA $m_2 - m_1$ (g)	6.130	6.660				
MASA VODE U PUNOM PIKNOMETRU $m_4 - m_1$ (g)	49.510	49.110				
MASA DOLIVENE VODE $m_3 - m_2$ (g)	47.210	46.560				
VOLUMEN ČESTICA TLA $(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)$ (ml)	2.300	2.550				
GUSTOĆA ČVRSTIH ČESTICA $\rho_s = \frac{\rho_L (m_2 - m_1)}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)}$ $\rho_L$ - gustoća tekućine u pikn. = 1.00 (Mg/m <sup>3</sup> )	2.665	2.612				
PROSJEČNA VRIJEDNOST $\rho_s$ (Mg/m <sup>3</sup> )	2.64					
SPECIFIČNA TEŽINA $\gamma_s = g \rho_s = 9,807 \rho_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	25.88					

PRIMJEDBE, ODSUPANJA I DRUGI PODACI	Ispitao:	Kontrolirao:
-------------------------------------	----------	--------------

Izveštaj broj: GEO \_\_ / \_\_, PRILOG \_\_, Stranica \_\_ od \_\_

OB\_GP\_ISO 17892-12/BS1377-2\_01

**GRANICE PLASTIČNOSTI - metoda pomoću Casagrandeovog uređaja**

<b>RN:</b>	-	<b>UZORAK:</b>	20/20
<b>DATUM:</b>	08.04.2021.	<b>BUŠOTINA:</b>	-
<b>LOKACIJA/GRAĐEVINA:</b>	projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)	<b>DUBINA:</b>	-

OPIS UZORKA (tip, položaj unutar polaznog uzorka, vizualni opis, poremećenje uočeno ili izazvano uključujući gubitak vlage)  
 -usitnjeni lapor, prosijan na sito 0.063 mm

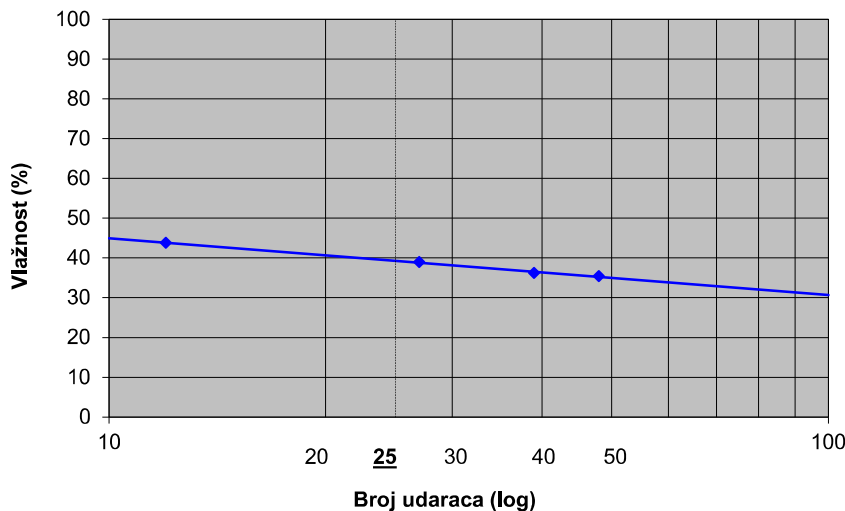
Ispitano prema BS 1377 : Part 2 : 1990 : 4.5/5

Oprema: Casagrandeova treskalica ELE

POVIJEST UZORKA, PRIPREMA	ULAZNI PODACI	
-kako je doneseno (prirodno stanje)	-masa polaznog uzorka $m_6$ (g)	300.00
-mokra sijanje na situ 0,425 mm	-početna (prirodna) vlažnost $w_0$ (%)	2.60
-nepoznato	-suha masa čestica krupnijih od 0,425 mm $m_7$ (g)	0.00
-sušenje na zraku na _____°C	-suha masa polaznog uzorka $m_d=100/(100+w_0) * m_6$	292.40
-sušenje u sušioniku na _____°C	-postotak čestica sitnijih od 0,425 mm $p_a=(m_d-m_7)/m_d * 100$	100.00
-ostalo (navesti)	-ekvivalentna vlažnost tla sitnijeg od 0,425 mm $w_a=w_0*100/p_a$	2.60

GRANICA PLASTIČNOSTI $w_p$	Pokus br.	1	2	3	4	Prosjek
Posuda br.		75	76			(max. razlika dva rezultata iznosi 0,5%)
Masa uzorka i posude vlažno $m_2$ (g)		14.61	13.33			
Masa uzorka i posude suho $m_3$ (g)		14.02	12.95			
Masa posude $m_1$ (g)		11.93	11.40			
Vlažnost $w=(m_2-m_3)/(m_3-m_1)*100$ (%)		<b>28.23</b>	<b>24.52</b>			<b>26.37</b>

GRANICA TEČENJA $w_L$	Pokus br.	1	2	3	4	5
Broj udaraca		<b>12</b>	<b>27</b>	<b>39</b>	<b>48</b>	
Posuda br.		69	65	109	92	
Masa uzorka i posude vlažno $m_2$ (g)		15.58	15.73	15.47	15.01	
Masa uzorka i posude suho $m_3$ (g)		14.37	14.53	14.38	14.06	
Masa posude $m_1$ (g)		11.61	11.45	11.37	11.38	
Vlažnost $w=(m_2-m_3)/(m_3-m_1)*100$ (%)		<b>43.84</b>	<b>38.96</b>	<b>36.21</b>	<b>35.45</b>	



Granica tečenja (metodom najmanjih kvadrata)	<b><math>w_L(\%) = 39.30</math></b>
Granica plastičnosti	<b><math>w_p(\%) = 26.37</math></b>
Indeks plastičnosti $I_p = w_L - w_p$	<b><math>I_p(\%) = 12.92</math></b>
Indeks tečenja $I_L = (w_L - w_p) / I_p$	<b><math>I_L = -1.84</math></b>
Indeks konzistencije $I_C = (w_L - w_a) / I_p = 1 - I_L$	<b><math>I_C = 2.84</math></b>
AC klasifikacija	-

PRIMJEDBE, ODSTUPANJA I DRUGI PODACI

Odobrio:

**INDEKS ČVRSTOĆE STIJENE S OPTEREĆENJEM U TOČKI ("POINT LOAD TEST")**

**RN:** -  
**DATUM:** 08.03.2021.  
**LOKACIJA/OBJEKT:** projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)

Ispitano u laboratoriju prema SM ISRM : 1985 / ASTM D 5731 : 1995

OPIS UZORAKA (tip stijene)

- lapor

VLAŽNOST, uvjeti čuvanja do ispitivanja

- vlažnost zatečena u laboratoriju

$W_0 = 2.60\%$

Na uzorku treba biti:

$L > 0,5 D$ ;  $D > 25 \text{ mm}$ ;  $D \approx 50 \pm 25 \text{ mm}$ ;  $0,3 < D/W < 1,0$  (ova vrijednost se preporučuje).

D je razmak između vrhova šiljaka. Prirast sile se nanosi tako da do sloma dođe u vremenu od 10-60 sec.

PLT indeks se računa:

$Is = P / De^2$

gdje je  $De$  – "promjer ekvivalentne jezgre"

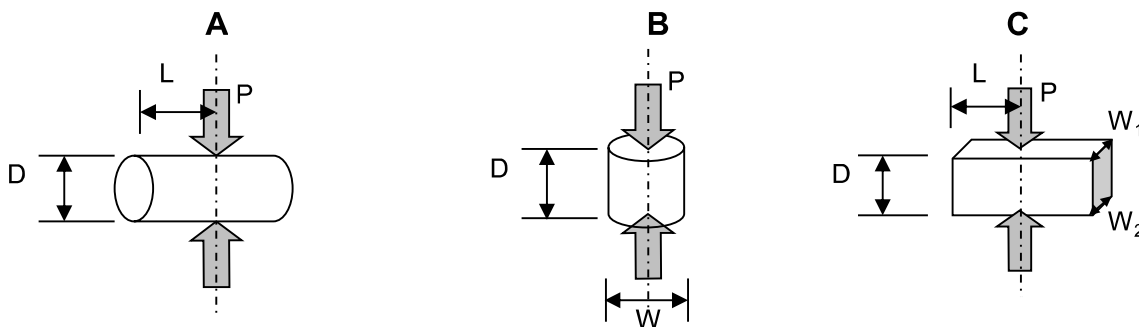
$De^2 = D^2$

za dijametralni pokus A (os ispitnog uzorka/jezgre okomita je na pravac djelovanja sile)

$De^2 = 4WD/\pi$

za osni pokus B (os uzorka paralelna pravcu sile) i pokus na blok uzorku ili uzorku nepravilnog oblika C

Korekcija na uzorak od 50 mm:  $Is(50) = F \times Is$ ;  $F = (De / 50)^{0,45}$



Uzorak	Bušotina	Dubina (m)	Tip pokusa (A, B, C)	Smjer osi opt. prema plohama diskontinuiteta (  , ⊥)	$W_1$ (mm)	$W_2$ (mm)	D (mm)	P (kN)	$De$ (mm)	Is (MPa)	F	Is(50) (MPa)	Usvojena vrijednost Is(50) (MPa)
20/20			C	—	63.40	127.60	36.00	5.400	66.162	1.234	1.134	1.399	<b>1.240</b>
			C	—	63.20	150.60	35.00	3.300	69.020	0.693	1.156	0.801	
			C	—	141.50	88.00	49.00	5.100	84.612	0.712	1.267	0.903	
			C	—	137.50	52.40	48.00	5.300	76.177	0.913	1.209	1.104	
			C	—	112.10	117.60	45.00	7.800	81.120	1.185	1.243	1.474	
			C	—	102.20	59.00	46.00	6.900	68.707	1.462	1.154	1.686	
			C	—	114.30	48.60	31.00	4.000	56.700	1.244	1.058	1.317	

PRIMJEDBE

Odobrio:







**PRIRODNI KAMEN - UPIJANJE VODE**

**RN:** -  
**DATUM:** 25.02.2021.  
**LOKACIJA/GRAĐEVINA:** projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)

OPIS UZOR(A)KA (tip, položaj unutar polaznog uzorka, vizualni opis, poremećenje uočeno ili izazvano uključujući gubitak vlage)

-Iapor

Ispitano prema HRN B.B8.010 (metoda upijanja vode pod atmosferskim pritiskom)

UZORAK	20/20					
BUŠOTINA	-					
DUBINA (m)	-					
Pokus br.	1	2				
Masa suhog uzorka $m_s$ (g)	110.50	163.82				
Masa nakon potpanja $m_v$ (g) (do zasićenja-konst. mase)	121.55	180.04				
Upijanje vode (u % suhe mase) $U_v = (m_v - m_s) / m_s * 100$ (%)	10.00	9.90				
Prosječna vrijednost upijanja vode (%)	9.95					

UZORAK						
BUŠOTINA						
DUBINA (m)						
Pokus br.						
Masa suhog uzorka $m_s$ (g)						
Masa nakon potpanja $m_v$ (g) (do zasićenja-konst. mase)						
Upijanje vode (u % suhe mase) $U_v = (m_v - m_s) / m_s * 100$ (%)						
Prosječna vrijednost upijanja vode (%)						

UZORAK						
BUŠOTINA						
DUBINA (m)						
Pokus br.						
Masa suhog uzorka $m_s$ (g)						
Masa nakon potpanja $m_v$ (g) (do zasićenja-konst. mase)						
Upijanje vode (u % suhe mase) $U_v = (m_v - m_s) / m_s * 100$ (%)						
Prosječna vrijednost upijanja vode (%)						

PRIMJEDBE, ODSTUPANJA I DRUGI PODACI	Ispitao:	Kontrolirao:
--------------------------------------	----------	--------------



**VLAŽNOST TLA/STIJENE uzorak 24/21**

**RN:** -  
**DATUM:** -  
**LOKACIJA/GRAĐEVINA:** projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)

OPIS UZOR(A)KA (tip, položaj unutar polaznog uzorka, vizualni opis, poremećenje-gubitak vlage, način uzorkovanja i dr. od značaja)  
- rastrošeni uzorak lapora

Polazno ispitivanje: **prirodna vlažnost**

Ispitano prema HRN EN ISO 17892-1/BS 1377-2

Dopune osnovnog postupka (ISO 17892-1/BS 1377-2) prema:

- ASTM D 2216                      - SM ISRM-79                      - drugo:

sušenje na \_\_\_\_\_ °C, oprema \_\_\_\_\_.

(navesti ako odstupa od specifikacije)

UZORAK: STANDARDNI PROCTOROV POKUS 24/21					
OPIS, BUŠOTINA, DUBINA (m)	10%		14%		16%
Pokus br.	1	2	3	4	5
Posuda br.	71	59	67	123	76
Bruto masa vlažnog uzorka $m_2$ (g)	33.20	27.56	50.90	59.32	50.01
Bruto masa suhog uzorka $m_3$ (g)	31.44	26.19	46.41	53.71	44.75
Masa posude $m_1$ (g)	11.58	11.09	11.68	11.38	11.40
Masa vode u uzorku $m_2 - m_3$ (g)	1.76	1.37	4.49	5.61	5.26
Masa suhog uzorka $m_3 - m_1$ (g)	19.86	15.10	34.73	42.33	33.35
Vlažnost $w = (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1) * 100$ (%)	8.86	9.07	12.93	13.25	15.77
Prosječna vrijednost vlažnosti	<b>8.97</b>		<b>13.09</b>		<b>15.77</b>
Ekvivalentna vlažnost $w_a = w * (100/p_a)$ gdje je frakcije sitnije od 0,425 mm $p_a$ - udio (% suhe mase) čestica <0,425 mm	8.86	9.07	12.93	13.25	15.77
(ako se traži indeks tečenja/konzistencije kod ispitivanja Att. granica)					
Sadržaj fluida (voda+soli) ako je značajno prisustvo otopljenih soli u pornoj vodi - za poznati maseni udio soli u fluidu p (ppt=mg/g): $w_f \% = 1000w / (1000 - p(1+w/100))$ - za poznati sadržaj soli u volumenu q (g/l) i gustoću fluida $\rho_f$ (Mg/m <sup>3</sup> ): $w_f \% = 1000w / (1000 - q/\rho_f (1+w/100))$ Za morsku vodu: $\rho_f = 1,024$ Mg/m <sup>3</sup> , p = 35 ppt mase					

PRIMJEDBE, ODSUPANJA I DRUGI PODACI	Ispitao:	Kontrolirao:
-------------------------------------	----------	--------------



VLAŽNOST TLA/STIJENE uzorak 24/21

RN: -  
DATUM: -  
LOKACIJA/GRAĐEVINA: projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)  
OPIS UZOR(A)KA (tip, položaj unutar polaznog uzorka, vizualni opis, poremećenje-gubitak vlage, način uzorkovanja i dr. od značaja)  
- rastrošeni uzorak lapora

Polazno ispitivanje: prirodna vlažnost  
Ispitano prema HRN EN ISO 17892-1/BS 1377-2  
Dopune osnovnog postupka (ISO 17892-1/BS 1377-2) prema:  
- ASTM D 2216 - SM ISRM-79 - drugo:  
sušenje na \_\_\_\_\_ °C, oprema \_\_\_\_\_  
(navesti ako odstupa od specifikacije)

UZORAK: STANDARDNI PROCTOROV POKUS 24/21						
OPIS, BUŠOTINA, DUBINA (m)		16%	18%	20%		
Pokus br.		5	6	7	8	9
Posuda br.		62	75	69	71	114
Bruto masa vlažnog uzorka	$m_2$ (g)	43.16	42.34	39.28	51.45	44.06
Bruto masa suhog uzorka	$m_3$ (g)	38.85	37.64	35.00	44.95	38.81
Masa posude	$m_1$ (g)	11.65	11.93	11.61	11.58	11.49
Masa vode u uzorku	$m_2 - m_3$ (g)	4.31	4.70	4.28	6.50	5.25
Masa suhog uzorka	$m_3 - m_1$ (g)	27.20	25.71	23.39	33.37	27.32
Vlažnost	$w = (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1) * 100$ (%)	15.85	18.28	18.30	19.48	19.22
Prosječna vrijednost vlažnosti		15.85	18.29	19.35		
Ekvivalentna vlažnost frakcije sitnije od 0,425 mm	$w_a = w * (100 / p_a)$ gdje je $p_a$ - udio (% suhe mase) čestica <0,425 mm	15.85	18.28	18.30	19.48	19.22
(ako se traži indeks tečenja/konzistencije kod ispitivanja Att. granica)						
Sadržaj fluida (voda+soli) ako je značajno prisustvo otopljenih soli u pornoj vodi						
- za poznati maseni udio soli u fluidu p (ppt=mg/g): $w_f \% = 1000w / (1000 - p(1 + w/100))$						
- za poznati sadržaj soli u volumenu q (g/l) i gustoću fluida $\rho_f$ (Mg/m <sup>3</sup> ): $w_f \% = 1000w / (1000 - q / \rho_f (1 + w/100))$						
Za morsku vodu: $\rho_f = 1.024$ Mg/m <sup>3</sup> , $p = 35$ ppt mase						

PRIMJEDBE, ODSTUPANJA I DRUGI PODACI

Ispitao: \_\_\_\_\_ Kontrolirao: \_\_\_\_\_



**VLAŽNOST TLA/STIJENE uzorak 24/21**

**RN:** -  
**DATUM:** -  
**LOKACIJA/GRAĐEVINA:** projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)

OPIS UZOR(A)KA (tip, položaj unutar polaznog uzorka, vizualni opis, poremećenje-gubitak vlage, način uzorkovanja i dr. od značaja)  
- rastrošeni uzorak lapora

Polazno ispitivanje: **prirodna vlažnost**

Ispitano prema HRN EN ISO 17892-1/BS 1377-2

Dopune osnovnog postupka (ISO 17892-1/BS 1377-2) prema:

- ASTM D 2216                      - SM ISRM-79                      - drugo:

sušenje na \_\_\_\_\_ °C, oprema \_\_\_\_\_.

(navesti ako odstupa od specifikacije)

UZORAK: MODIFICIRANI PROCTOROV POKUS 24/21					
OPIS, BUŠOTINA, DUBINA (m)	8%		10%		12%
Pokus br.	1	2	3	4	5
Posuda br.	76	133	123	65	95
Bruto masa vlažnog uzorka $m_2$ (g)	37.49	43.86	42.92	40.60	38.28
Bruto masa suhog uzorka $m_3$ (g)	35.22	40.99	39.66	37.60	35.6
Masa posude $m_1$ (g)	11.40	11.15	11.38	11.45	11.11
Masa vode u uzorku $m_2 - m_3$ (g)	2.27	2.87	3.26	3.00	2.68
Masa suhog uzorka $m_3 - m_1$ (g)	23.82	29.84	28.28	26.15	24.49
Vlažnost $w=(m_2 - m_3)/(m_3 - m_1)*100$ (%)	9.53	9.62	11.53	11.47	10.94
Prosječna vrijednost vlažnosti	<b>9.57</b>		<b>11.50</b>		<b>10.94</b>
Ekvivalentna vlažnost $w_a=w*(100/p_a)$ gdje je frakcije sitnije od 0,425 mm $p_a$ - udio (% suhe mase) čestica <0,425 mm	9.53	9.62	11.53	11.47	10.94
(ako se traži indeks tečenja/konzistencije kod ispitivanja Att. granica)					
Sadržaj fluida (voda+soli) ako je značajno prisustvo otopljenih soli u pornoj vodi					
- za poznati maseni udio soli u fluidu p (ppt=mg/g): $w_f \%=1000w/(1000-p(1+w/100))$					
- za poznati sadržaj soli u volumenu q (g/l) i gustoću fluida $\rho_f$ (Mg/m <sup>3</sup> ): $w_f \%=1000w/(1000-q/\rho_f (1+w/100))$					
Za morsku vodu: $\rho_f = 1,024$ Mg/m <sup>3</sup> , p = 35 ppt mase					

PRIMJEDBE, ODSUPANJA I DRUGI PODACI	Ispitao:	Kontrolirao:
-------------------------------------	----------	--------------



VLAŽNOST TLA/STIJENE uzorak 24/21

RN: -  
DATUM: -  
LOKACIJA/GRAĐEVINA: projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)

OPIS UZOR(A)KA (tip, položaj unutar polaznog uzorka, vizualni opis, poremećenje-gubitak vlage, način uzorkovanja i dr. od značaja)  
- rastrošeni uzorak lapora

Polazno ispitivanje: prirodna vlažnost

Ispitano prema HRN EN ISO 17892-1/BS 1377-2

Dopune osnovnog postupka (ISO 17892-1/BS 1377-2) prema:

- ASTM D 2216 - SM ISRM-79 - drugo:

sušenje na \_\_\_\_\_ °C, oprema \_\_\_\_\_  
(navesti ako odstupa od specifikacije)

UZORAK: STANDARDNI PROCTOROV POKUS 24/21						
OPIS, BUŠOTINA, DUBINA (m)		12%	14%	16%		
Pokus br.		5	6	7	8	9
Posuda br.		133	75	76	67	123
Bruto masa vlažnog uzorka	$m_2$ (g)	41.64	40.86	38.56	33.13	27.36
Bruto masa suhog uzorka	$m_3$ (g)	38.56	37.44	35.32	30.19	25.23
Masa posude	$m_1$ (g)	11.15	11.93	11.40	11.68	11.38
Masa vode u uzorku	$m_2 - m_3$ (g)	3.08	3.42	3.24	2.94	2.13
Masa suhog uzorka	$m_3 - m_1$ (g)	27.41	25.51	23.92	18.51	13.85
Vlažnost	$w = (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1) * 100$ (%)	11.24	13.41	13.55	15.88	15.38
Prosječna vrijednost vlažnosti		11.24	13.48	15.63		
Ekvivalentna vlažnost frakcije sitnije od 0,425 mm	$w_a = w * (100 / p_a)$ gdje je $p_a$ - udio (% suhe mase) čestica <0,425 mm	11.24	13.41	13.55	15.88	15.38
(ako se traži indeks tečenja/konzistencije kod ispitivanja Att. granica)						
Sadržaj fluida (voda+soli) ako je značajno prisustvo otopljenih soli u pornoj vodi						
- za poznati maseni udio soli u fluidu p (ppt=mg/g): $w_f \% = 1000w / (1000 - p(1 + w/100))$						
- za poznati sadržaj soli u volumenu q (g/l) i gustoću fluida $\rho_f$ (Mg/m <sup>3</sup> ): $w_f \% = 1000w / (1000 - q / \rho_f (1 + w/100))$						
za morsku vodu: $\rho_f = 1.024$ Mg/m <sup>3</sup> , $p = 35$ ppt mase						
PRIMJEDBE, ODSTUPANJA I DRUGI PODACI		Ispitao:			Kontrolirao:	

<b>RN:</b>	-				
<b>DATUM:</b>	-				
<b>LOKACIJA/GRAĐEVINA:</b>	projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)				
OPIS UZOR(A)KA (tip, položaj unutar polaznog uzorka, vizualni opis, poremećenje-gubitak vlage, način uzorkovanja i dr. od značaja) - rastrošeni uzorak lapora					
Polazno ispitivanje:	<b>prirodna vlažnost</b>				
Ispitano prema HRN EN ISO 17892-1/BS 1377-2					
Dopune osnovnog postupka (ISO 17892-1/BS 1377-2) prema:					
- ASTM D 2216	- SM ISRM-79      - drugo:				
sušenje na _____ °C, oprema _____ (navesti ako odstupa od specifikacije)					
<b>UZORAK: MODIFICIRANI PROCTOROV POKUS 24/21</b>					
OPIS, BUŠOTINA, DUBINA (m)	18%		20%		%
Pokus br.	10	11	12	13	0
Posuda br.	65	69	99	109	0
Bruto masa vlažnog uzorka $m_2$ (g)	50.26	40.94	37.56	39.44	0
Bruto masa suhog uzorka $m_3$ (g)	44.30	36.56	33.23	34.78	0
Masa posude $m_1$ (g)	11.45	11.61	11.59	11.37	#N/A
Masa vode u uzorku $m_2 - m_3$ (g)	5.96	4.38	4.33	4.66	0.00
Masa suhog uzorka $m_3 - m_1$ (g)	32.85	24.95	21.64	23.41	#N/A
Vlažnost $w = (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1) * 100$ (%)	18.14	17.56	20.01	19.91	#N/A
Prosječna vrijednost vlažnosti	<b>17.85</b>		<b>19.96</b>		<b>#N/A</b>
Ekvivalentna vlažnost $w_a = w * (100 / p_a)$ gdje je frakcije sitnije od 0,425 mm $p_a$ - udio (% suhe mase) čestica <0,425 mm	18.14	17.56	20.01	19.91	#N/A
(ako se traži indeks tečenja/konzistencije kod ispitivanja Att. granica)					
Sadržaj fluida (voda+soli) ako je značajno prisustvo otopljenih soli u pornoj vodi					
- za poznati maseni udio soli u fluidu p (ppt=mg/g): $w_f \% = 1000w / (1000 - p(1 + w/100))$					
- za poznati sadržaj soli u volumenu q (g/l) i gustoću fluida $\rho_f$ (Mg/m <sup>3</sup> ): $w_f \% = 1000w / (1000 - q/\rho_f(1 + w/100))$					
Za morsku vodu: $\rho_f = 1,024$ Mg/m <sup>3</sup> , p = 35 ppt mase					
PRIMJEDBE, Odstupanja i drugi podaci			Ispitao:		Kontrolirao:

**VLAŽNOST TLA/STIJENE uzorak 20/20**

**RN:** -  
**DATUM:** -  
**LOKACIJA/GRAĐEVINA:** projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)

OPIS UZOR(A)KA (tip, položaj unutar polaznog uzorka, vizualni opis, poremećenje-gubitak vlage, način uzorkovanja i dr. od značaja)  
 - laboratorijski rastrošen uzorak lapora sa 2 ciklusa vlaženja i sušenja

Polazno ispitivanje: **prirodna vlažnost**

Ispitano prema HRN EN ISO 17892-1/BS 1377-2

Dopune osnovnog postupka (ISO 17892-1/BS 1377-2) prema:

- ASTM D 2216                      - SM ISRM-79                      - drugo:

sušenje na \_\_\_\_\_ °C, oprema \_\_\_\_\_.

(navesti ako odstupa od specifikacije)

UZORAK: STANDARDNI PROCTOROV POKUS 20/20					
OPIS, BUŠOTINA, DUBINA (m)	10%		12%		14%
Pokus br.	1	2	3	4	5
Posuda br.	123	76	69	95	65
Bruto masa vlažnog uzorka $m_2$ (g)	50.44	39.86	36.84	34.50	42.64
Bruto masa suhog uzorka $m_3$ (g)	46.89	37.26	34.14	31.96	38.79
Masa posude $m_1$ (g)	11.38	11.40	11.61	11.11	11.45
Masa vode u uzorku $m_2 - m_3$ (g)	3.55	2.60	2.70	2.54	3.85
Masa suhog uzorka $m_3 - m_1$ (g)	35.51	25.86	22.53	20.85	27.34
Vlažnost $w=(m_2 - m_3)/(m_3 - m_1)*100$ (%)	10.00	10.05	11.98	12.18	14.08
Prosječna vrijednost vlažnosti	<b>10.03</b>		<b>12.08</b>		<b>14.08</b>
Ekvivalentna vlažnost $w_a=w*(100/p_a)$ gdje je frakcije sitnije od 0,425 mm $p_a$ - udio (% suhe mase) čestica <0,425 mm	10.00	10.05	11.98	12.18	14.08
(ako se traži indeks tečenja/konzistencije kod ispitivanja Att. granica)					
Sadržaj fluida (voda+soli) ako je značajno prisustvo otopljenih soli u pornoj vodi					
- za poznati maseni udio soli u fluidu p (ppt=mg/g): $w_f \%=1000w/(1000-p(1+w/100))$					
- za poznati sadržaj soli u volumenu q (g/l) i gustoću fluida $\rho_f$ (Mg/m <sup>3</sup> ): $w_f \%=1000w/(1000-q/\rho_f (1+w/100))$					
Za morsku vodu: $\rho_f = 1,024$ Mg/m <sup>3</sup> , p = 35 ppt mase					

PRIMJEDBE, ODSUPANJA I DRUGI PODACI	Ispitao:	Kontrolirao:
-------------------------------------	----------	--------------





**VLAŽNOST TLA/STIJENE uzorak 20/20**

**RN:** -  
**DATUM:** -  
**LOKACIJA/GRAĐEVINA:** projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)

OPIS UZOR(A)KA (tip, položaj unutar polaznog uzorka, vizualni opis, poremećenje-gubitak vlage, način uzorkovanja i dr. od značaja)  
 - laboratorijski rastrošen uzorak lapora sa 2 ciklusa vlaženja i sušenja

Polazno ispitivanje: **prirodna vlažnost**

Ispitano prema HRN EN ISO 17892-1/BS 1377-2

Dopune osnovnog postupka (ISO 17892-1/BS 1377-2) prema:

- ASTM D 2216                      - SM ISRM-79                      - drugo:

sušenje na \_\_\_\_\_ °C, oprema \_\_\_\_\_.

(navesti ako odstupa od specifikacije)

UZORAK: MODIFICIRANI PROCTOROV POKUS 20/20					
OPIS, BUŠOTINA, DUBINA (m)	6%		8%		10%
Pokus br.	1	2	3	4	5
Posuda br.	99	109	64	67	62
Bruto masa vlažnog uzorka $m_2$ (g)	36.26	33.80	36.54	42.01	42.96
Bruto masa suhog uzorka $m_3$ (g)	34.56	32.29	34.66	39.76	40.39
Masa posude $m_1$ (g)	11.59	11.37	11.55	11.68	11.65
Masa vode u uzorku $m_2 - m_3$ (g)	1.70	1.51	1.88	2.25	2.57
Masa suhog uzorka $m_3 - m_1$ (g)	22.97	20.92	23.11	28.08	28.74
Vlažnost $w=(m_2 - m_3)/(m_3 - m_1)*100$ (%)	7.40	7.22	8.14	8.01	8.94
Prosječna vrijednost vlažnosti	<b>7.31</b>		<b>8.07</b>		<b>8.94</b>
Ekvivalentna vlažnost $w_a=w*(100/p_a)$ gdje je frakcije sitnije od 0,425 mm $p_a$ - udio (% suhe mase) čestica <0,425 mm	7.40	7.22	8.14	8.01	8.94
(ako se traži indeks tečenja/konzistencije kod ispitivanja Att. granica)					
Sadržaj fluida (voda+soli) ako je značajno prisustvo otopljenih soli u pornoj vodi					
- za poznati maseni udio soli u fluidu p (ppt=mg/g): $w_f \%=1000w/(1000-p(1+w/100))$					
- za poznati sadržaj soli u volumenu q (g/l) i gustoću fluida $\rho_f$ (Mg/m <sup>3</sup> ): $w_f \%=1000w/(1000-q/\rho_f (1+w/100))$					
Za morsku vodu: $\rho_f = 1,024$ Mg/m <sup>3</sup> , p = 35 ppt mase					

PRIMJEDBE, ODSUPANJA I DRUGI PODACI

Ispitao: \_\_\_\_\_ Kontrolirao: \_\_\_\_\_

**VLAŽNOST TLA/STIJENE uzorak 20/20**

**RN:** -  
**DATUM:** -  
**LOKACIJA/GRAĐEVINA:** projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)  
 OPIS UZOR(A)KA (tip, položaj unutar polaznog uzorka, vizualni opis, poremećenje-gubitak vlage, način uzorkovanja i dr. od značaja)  
 - laboratorijski rastrošen uzorak lapora sa 2 ciklusa vlaženja i sušenja

Polazno ispitivanje: **prirodna vlažnost**  
 Ispitano prema HRN EN ISO 17892-1/BS 1377-2  
 Dopune osnovnog postupka (ISO 17892-1/BS 1377-2) prema:  
 - ASTM D 2216 - SM ISRM-79 - drugo:  
 sušenje na \_\_\_\_\_ °C, oprema \_\_\_\_\_  
 (navesti ako odstupa od specifikacije.)

UZORAK: MODIFICIRANI PROCTOROV POKUS 20/20						
OPIS, BUŠOTINA, DUBINA (m)		10%	12%	14%		
Pokus br.		6	7	8	9	10
Posuda br.		106	60	105	55	58
Bruto masa vlažnog uzorka	$m_2$ (g)	38.57	35.15	43.02	39.49	40.65
Bruto masa suhog uzorka	$m_3$ (g)	36.29	32.62	39.61	36.17	37.12
Masa posude	$m_1$ (g)	11.54	11.49	11.52	10.84	11.33
Masa vode u uzorku	$m_2 - m_3$ (g)	2.28	2.53	3.41	3.32	3.53
Masa suhog uzorka	$m_3 - m_1$ (g)	24.75	21.13	28.09	25.33	25.79
Vlažnost	$w = (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1) * 100$ (%)	9.21	11.97	12.14	13.11	13.69
Prosječna vrijednost vlažnosti		<b>9.21</b>	<b>12.06</b>	<b>13.40</b>		
Ekvivalentna vlažnost frakcije sitnije od 0,425 mm	$w_a = w * (100 / p_a)$ gdje je $p_a$ - udio (%) suhe mase čestica <0,425 mm	9.21	11.97	12.14	13.11	13.69
(ako se traži indeks tečenja/konzistencije kod ispitivanja Att. granica)						
Sadržaj fluida (voda+soli) ako je značajno prisustvo otopljenih soli u pornoj vodi						
- za poznati maseni udio soli u fluidu p (ppt=mg/g): $w_f \% = 1000w / (1000 - p(1 + w/100))$						
- za poznati sadržaj soli u volumenu q (g/l) i gustoću fluida $\rho_f$ (Mg/m <sup>3</sup> ): $w_f \% = 1000w / (1000 - q / \rho_f (1 + w/100))$						
Za morsku vodu: $\rho_f = 1.024$ Mg/m <sup>3</sup> p = 35 ppt mase						

PRIMJEDBE, ODSUPANJA I DRUGI PODACI

Ispitao: \_\_\_\_\_ Kontrolirao: \_\_\_\_\_

ODREĐIVANJE OPTIMALNE VLAŽNOSTI PROCTOROVOM METODOM

**STANDARDNI PROCTOROV POKUS 24/21**

RN	DATUM
PREDMET	
OZNAKA	

POKUSNI BROJ	10%	14%	16%	18%	20%	22%
BRUTTO TEŽINA, VLAŽNO	6936.6	7064.8	7094.7	7042.8	7007.7	6970.9
TEŽINA CILINDRA	5100	5100	5100	5100	5100	5100
TEŽINA VLAŽNE PROBE	1836.6	1964.8	1994.7	1942.8	1907.7	1870.9
SADRŽAJ VODE U UZORKU	8.965	13.075	15.805	18.335	19.345	21.665
PROSTORNA TEŽINA SUHE PROBE	1.788	1.844	1.828	1.742	1.696	1.632

$$\lambda_d = \frac{A-C}{V(1+W)}$$

RN	DATUM
PREDMET	
OZNAKA	

ODREĐIVANJE OPTIMALNE VLAŽNOSTI PROCTOROVOM METODOM

**MODIFICIRANI PROCTOROV POKUS 24/21**

POKUSNI BROJ	8%	10%	12%	14%	16%	18%	20%
BRUTTO TEŽINA, VLAŽNO (g)	7130.3	7203.4	7197.4	7172.3	7046.7	7009.9	7130.3
TEŽINA CILINDRA (g)	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100
TEŽINA VLAŽNE PROBE (g)	2030.3	2103.4	2097.4	2072.3	2013.0	1946.7	1909.9
SADRŽAJ VODE U UZORKU (%)	9.57	11.50	11.085	13.475	15.625	17.850	19.955
PROSTORNA TEŽINA SUHE PROBE (g/cm <sup>3</sup> )	1.966	2.001	2.003	1.938	1.847	1.753	1.689

$$\lambda d = \frac{A-C}{V(1+W)}$$

ODREĐIVANJE OPTIMALNE VLAŽNOSTI PROCTOROVOM METODOM

**STANDARDNI PROCTOROV POKUS 20/20**

RN	DATUM
PREDMET	
OZNAKA	

POKUSNI BROJ	10%	12%	14%	16%	18%
BRUTTO TEŽINA, VLAŽNO (g)	7013.2	7099.5	7121.9	7083.2	7051.1
TEŽINA CILINDRA (g)	5100	5100	5100	5100	5100
TEŽINA VLAŽNE PROBE (g)	1913.2	1999.5	2021.9	1983.2	1951.1
SADRŽAJ VODE U UZORKU (%)	10.025	12.08	14.14	16.02	18.485
PROSTORNA TEŽINA SUHE PROBE (g/cm <sup>3</sup> )	1.845	1.893	1.880	1.814	1.747

$$\lambda_d = \frac{A-C}{V(1+W)}$$

ODREĐIVANJE OPTIMALNE VLAŽNOSTI PROCTOROVOM METODOM

**MODIFICIRANI PROCTOROV POKUS 20/20**

RN	DATUM
PREDMET	
OZNAKA	

POKUSNI BROJ	6%	8%	10%	12%	14%
BRUTTO TEŽINA, VLAŽNO (g)	7111.0	7147.05	7184.0	7150.7	7123.3
TEŽINA CILINDRA (g)	5100	5100	5100	5100	5100
TEŽINA VLAŽNE PROBE (g)	2011.0	2047.05	2084.00	2050.7	2023.3
SADRŽAJ VODE U UZORKU (%)	7.305	8.06	9.07	12.05	13.39
PROSTORNA TEŽINA SUHE PROBE (g/cm <sup>3</sup> )	1.98	2.01	2.03	1.94	1.89

$$\lambda_d = \frac{A-C}{V(1+W)}$$



Geotehnički laboratorij

REZULTATI ISPITIVANJA, Stranica 1 od 1

OB\_E\_ISO17892-5/BS1377-5\_01

JEDNODIMENZIONALNA KONSOLIDACIJA - podaci i očitavanja

<b>RN:</b>	-	<b>UZORAK:</b>	24/21
<b>DATUM:</b>	02.06.2021.	<b>BUŠOTINA:</b>	-
<b>LOKACIJA/GRAĐEVINA:</b>	projekt UNSAT1, Trstenik	<b>DUBINA:</b>	-
Ispitano prema HRN EN ISO 17892-5 / BS 1377-5 (3)		METODA PRIPREME: utiskivanjem prstena u blok-uzorak ili nabušenu jezgru	
OPIS UZORKA (tip, položaj/orijentacija, vizualni opis)		OPREMA	
površinski rastrošeni sloj lapora - standardni Proctor		Edometar	2085
KONZ. STANJE	kruto    čvrsto    meko    vrlo meko (12 kPa početni pritisak)	Prsten br.	2085

PODACI UZORAK-PRSTEN		PODACI VAGANJA		IZRAČUN (svi podaci pri t=0, osim m <sub>d</sub> )	
D (mm)	69.5	POČETNI (prije pokusa, t=0)	KONAČNI (nakon pokusa)	Neto masa vlažno m <sub>0</sub> (g)	147.35
A (mm <sup>2</sup> )	3793.67	Bruto masa vlažno (g)	Bruto masa vlažno (g)	Neto masa suho m <sub>d</sub> (g)	130.3
H <sub>0</sub> (mm)	19.50	227.28	233.69	Vlažnost w <sub>0</sub> (%)	13.09
Masa prstena (g)	79.94	Tara: prsten+posuda (g)	Bruto masa suho (g)	Gustoća ρ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.99
Gustoća čv. čestica-ispitano/pretpostavka ρ <sub>s</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	2.63	79.94	210.23	Suha gustoća ρ <sub>d</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	1.76
Efektivno opterećenje in situ s' <sub>vo</sub> (kPa)	-	Vlažnost iz ostataka w <sub>0</sub> (%)	Tara (g)	Početni koef. pora e <sub>0</sub> =ρ <sub>s</sub> /ρ <sub>d</sub> -1	0.49
		13.09	79.94	Početni stupanj saturacije S <sub>0</sub> =w <sub>0</sub> ρ <sub>s</sub> /e <sub>0</sub> (%)	70
Podaci bubrenja (ako je od značaja)	Uzorak je potopljen			Visina čvrstih čestica H <sub>s</sub> =H <sub>0</sub> /(1+e <sub>0</sub> ) (mm)	13.06
pritisak p <sub>s</sub> (kPa)	utezi (g)	očit. (mm)	- standardno (nakon 1. inkrementa) - pri opterećenju od (kPa):		

SLIJEGANJA UZORKA - OČITANJA MJERILA VERTIKALNE DEFORMACIJE

OPTEREĆENJE		25 kPa	50 kPa	100 kPa	200 kPa	400 kPa	RASTEREĆENJE			
Datum / dan		2021-04-19	2021-04-20	2021-04-21	2021-04-22	2021-04-26	od 2021-04-27			
Dnevna temp. °C		21.0	21.0	21.0	21.0	21.0				
Sat	D t	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	pritisak (kPa)	vrijeme D t	očitavanje (mm)
8:00								200		
	15"	...	...	...	...	...				
	30"									
	1'									1.089
	2'							100		
	4'									
	8'									
	15'									1.019
	30'							50		
	1 h									
	2 h									
	4 h									0.945
	8 h							25		
	24 h	0.138	0.235	0.429		1.130				
	48 h				0.751					
	72 h									0.860
								0		
										0.670
Korekcija	opt.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
y (mm)	rast.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

NAPOMENE, EVENTUALNA ODSTUPANJA I DRUGI PODACI	Ispitao:	Kontrolirao:
--	----------	--------------



Geotehnički laboratorij

Izveštaj broj: GEO-, DODATAK -, Stranica 1 od 1

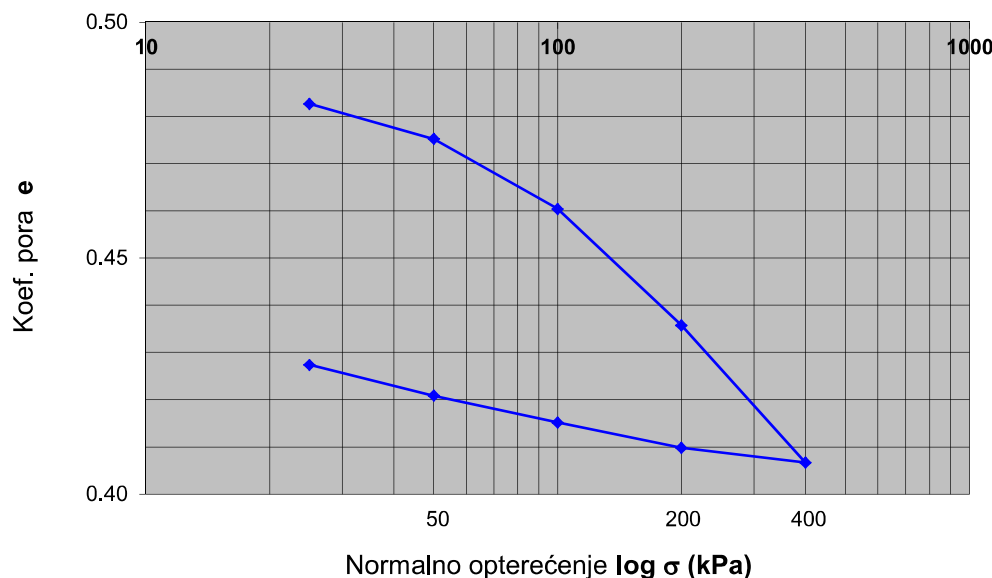
OB\_E\_ISO17892-5/BS1377-5\_02

JEDNODIMENZIONALNA KONSOLIDACIJA - dijagram i edometarski moduli

RN:	-	UZORAK:	24/21
DATUM:	02.06.2021.	BUŠOTINA:	-
LOKACIJA/GRAĐEVINA:	projekt UNSAT1, Trstenik	DUBINA:	-
Ispitano prema HRN EN ISO 17892-5 / BS 1377-5 (3)	METODA PRIPREME: utiskivanjem prstena u blok-uzorak ili nabušenu jezgru		
OPIS UZORKA (tip, položaj/orijentacija u polaznom uzorku, vizualni opis) <i>površinski rastrošeni sloj lapora - standardni Proctor</i>	UVJETI ISPITIVANJA - POTOPLJENOST <input checked="" type="radio"/> potopljeno (standardno) - suho <input type="radio"/> potopljeno pri opterećenju od ___ kPa		

UZORAK-PODACI (POČETAK ISPITIVANJA, t=0)			
Promjer D (mm)	69.5	Vlažnost w <sub>0</sub> (%)	13.09
Visina H <sub>0</sub> (mm)	19.50	Gustoća ρ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.99
Koef. pora e <sub>0</sub>	0.49	Suha gustoća ρ <sub>d</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	1.76
Stupanj saturacije S <sub>0</sub> (%)	70	Gustoća čv. čestica ρ <sub>s</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	2.63
			Podaci bubrenja po potrebi kPa mm
			<input checked="" type="radio"/> ispitana/ <input type="radio"/> pretpostavljena

DIJAGRAM OPTEREĆENJE-RASTEREĆENJE



IZRAČUN PARAMETARA

KOEFIČIJENT PORA				EDOMETARSKI MODUL			KOEJ. KONSOLIDACIJE			Koeff. sek. slijeganja C <sub>sec</sub> = ΔH <sub>s</sub> /H <sub>0</sub>
Inkrement broj	Pritisak σ = p (kPa)	Kumulativno slijeganje ΔH-y (mm)	Konsolidirana visina uzorka H=H <sub>0</sub> -(ΔH-y) (mm)	Koef. pora na kraju inkrementa e=(H-H <sub>s</sub> )/H <sub>s</sub>	Inkrementalna promjena visine ΔH (mm)	Inkrementalna promjena pritiska Δp (kPa)	E <sub>oed</sub> = 1/m <sub>v</sub> = Δp/(ΔH/H <sub>1</sub> )* 1/1000 (MPa)	t <sub>50</sub> (min)	H <sub>sr</sub> = 0,5(H <sub>1</sub> +H <sub>2</sub> ) (mm)	
0	0	0.000	19.500	0.493	0.000	0	-	-	-	-
1	15	0.138	19.362	0.483	0.138	15	2.12	-	19.431	-
2	25	0.235	19.265	0.475	0.097	10	2.00	-	19.314	-
3	50	0.429	19.071	0.460	0.194	25	2.48	-	19.168	-
4	100	0.751	18.749	0.436	0.322	50	2.96	-	18.910	-
5	200	1.130	18.370	0.407	0.379	100	4.95	-	18.560	-

NAPOMENE, EVENTUALNA ODSTUPANJA I DRUGI PODACI

Odobrio:

ΔH=H<sub>1</sub>-H<sub>2</sub>; Δp=p<sub>2</sub>-p<sub>1</sub>; "1" označava početak, a "2" kraj inkrementa. ΔH<sub>s</sub>=razlika sek. slijeganja (mm) za t=1000 i t=10000 min.



Geotehnički laboratorij

REZULTATI ISPITIVANJA, Stranica 1 od 1

OB\_E\_ISO17892-5/BS1377-5\_01

JEDNODIMENZIONALNA KONSOLIDACIJA - podaci i očitavanja

<b>RN:</b>	-			<b>UZORAK:</b>	24/21
<b>DATUM:</b>	02.06.2021.			<b>BUŠOTINA:</b>	-
<b>LOKACIJA/GRAĐEVINA:</b>	projekt UNSAT1, Trstenik			<b>DUBINA:</b>	-
Ispitano prema HRN EN ISO 17892-5 / BS 1377-5 (3)		METODA PRIPREME: utiskivanjem prstena u blok-uzorak ili nabušenu jezgru			
OPIS UZORKA (tip, položaj/orijentacija, vizualni opis)				OPREMA	
prirodno rastrošeni površinski sloj lapora - modificirani Proctor				Edometar	2085
KONZ. STANJE	kruto	čvrsto	meko	vrlo meko (12 kPa početni pritisak)	Prsten br. 2085
PODACI UZORAK-PRSTEN		PODACI VAGANJA		IZRAČUN (svi podaci pri t=0, osim m <sub>d</sub> )	
D (mm)	69.5	POČETNI (prije pokusa, t=0)	KONAČNI (nakon pokusa)	Neto masa vlažno m <sub>0</sub> (g)	159.95
A (mm <sup>2</sup> )	3793.67	Bruto masa vlažno (g)	Bruto masa vlažno (g)	Neto masa suho m <sub>d</sub> (g)	143.99
H <sub>0</sub> (mm)	19.50	239.88	239.26	Vlažnost w <sub>0</sub> (%)	11.08
Masa prstena (g)	79.94	Tara: prsten+posuda (g)	Bruto masa suho (g)	Gustoća ρ (Mg/m <sup>3</sup> )	2.16
Gustoća čv. čestica-ispitano/pretpostavka ρ <sub>s</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	2.63	79.94	223.92	Suha gustoća ρ <sub>d</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	1.95
Efektivno opterećenje in situ s' <sub>vo</sub> (kPa)	-	Vlažnost iz ostataka w <sub>0</sub> (%)	Tara (g)	Početni koef. pora e <sub>0</sub> =ρ <sub>s</sub> /ρ <sub>d</sub> -1	0.35
		11.08	79.94	Početni stupanj saturacije S <sub>0</sub> =w <sub>0</sub> ρ <sub>s</sub> /e <sub>0</sub> (%)	83
Podaci bubrenja (ako je od značaja)	Uzorak je potopljen				Visina čvrstih čestica H <sub>s</sub> =H <sub>0</sub> /(1+e <sub>0</sub> ) (mm)
pritisak p <sub>s</sub> (kPa)	utezi (g)	očit. (mm)	- standardno (nakon 1. inkrementa)		
			- pri opterećenju od (kPa):		

SLIJEGANJA UZORKA - OČITANJA MJERILA VERTIKALNE DEFORMACIJE

OPTEREĆENJE		25 kPa	50 kPa	100 kPa	200 kPa	400 kPa	RASTEREĆENJE			
Datum / dan		2021-05-05	2021-05-05	2021-05-05	2021-05-06	2021-05-07	od 2021-05-10			
Dnevna temp. °C		21.0	21.0	21.0	21.0	21.0				
Sat	D t	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	pritisak (kPa)	vrijeme D t	očitavanje (mm)
8:00								200		
	15"	...	...	...	...	...				
	30"									
	1'									0.604
	2'							100		
	4'									
	8'	0.052								
	15'		0.101							0.547
	30'							50		
	1 h									
	2 h									
	4 h									0.496
	8 h							25		
	24 h			0.189	0.339					
	48 h									
	72 h					0.637				0.377
Korekcija y (mm)	opt.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	rast.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

NAPOMENE, EVENTUALNA ODSTUPANJA I DRUGI PODACI						Ispitao:	Kontrolirao:
--	--	--	--	--	--	----------	--------------

Geotehnički laboratorij

Izveštaj broj: GEO-, DODATAK -, Stranica 1 od 1

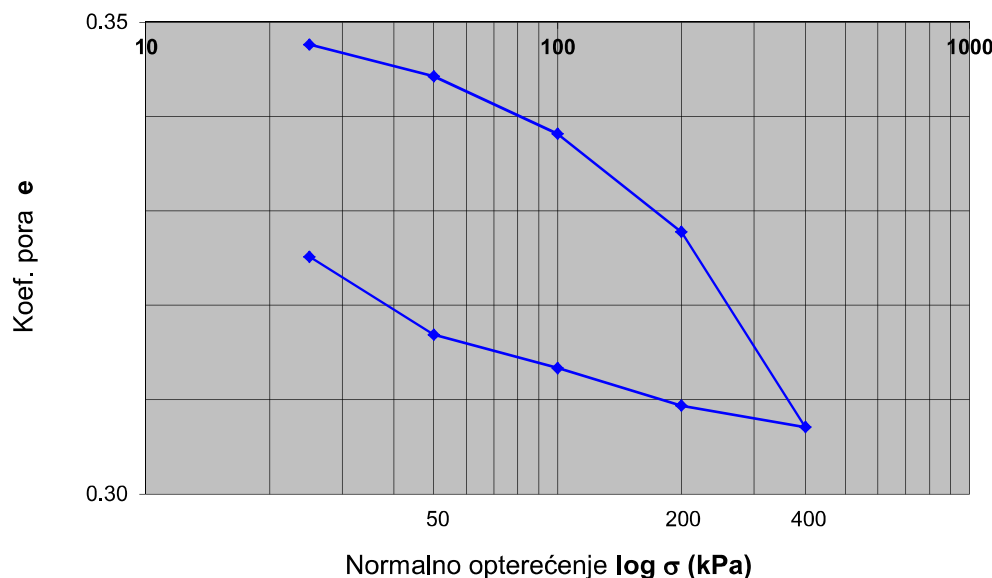
OB\_E\_ISO17892-5/BS1377-5\_02

**JEDNODIMENZIONALNA KONSOLIDACIJA - dijagram i edometarski moduli**

<b>RN:</b> -	<b>UZORAK:</b> 24/21
<b>DATUM:</b> 02.06.2021.	<b>BUŠOTINA:</b> -
<b>LOKACIJA/GRAĐEVINA:</b> projekt UNSAT1, Trstenik	<b>DUBINA:</b> -
Ispitano prema HRN EN ISO 17892-5 / BS 1377-5 (3)	METODA PRIPREME: utiskivanjem prstena u blok-uzorak ili nabušenu jezgru
OPIS UZORKA (tip, položaj/orijentacija u polaznom uzorku, vizualni opis) <i>prirodno rastrošeni površinski sloj lapora - modificirani Proctor</i>	UVJETI ISPITIVANJA - POTOPLJENOST <input checked="" type="radio"/> potopljeno (standardno) - suho <input type="radio"/> potopljeno pri opterećenju od ___ kPa

UZORAK-PODACI (POČETAK ISPITIVANJA, t=0)			
Promjer D (mm)	69.5	Vlažnost w <sub>0</sub> (%)	11.08
Visina H <sub>0</sub> (mm)	19.50	Gustoća ρ (Mg/m <sup>3</sup> )	2.16
Koef. pora e <sub>0</sub>	0.35	Suha gustoća ρ <sub>d</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	1.95
Stupanj saturacije S <sub>0</sub> (%)	83	Gustoća čv. čestica ρ <sub>s</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	2.63
		<input checked="" type="radio"/> ispitana/ <input type="radio"/> pretpostavljena	

**DIJAGRAM OPTEREĆENJE-RASTEREĆENJE**



Temperatura laboratorija (°C)  
21

**IZRAČUN PARAMETARA**

KOEFIČIJENT PORA				EDOMETARSKI MODUL			KOEJ. KONSOLIDACIJE			Koeff. slijezanja C <sub>sec</sub> = ΔH <sub>s</sub> /H <sub>0</sub>
Inkrement broj	Pritisak σ = p (kPa)	Kumulativno slijezanje ΔH-y (mm)	Konsolidirana visina uzorka H=H <sub>0</sub> -(ΔH-y) (mm)	Koef. pora na kraju inkrementa e=(H-H <sub>s</sub> )/H <sub>s</sub>	Inkrementalna promjena visine ΔH (mm)	Inkrementalna promjena pritiska Δp (kPa)	E <sub>oed</sub> = 1/m <sub>v</sub> = Δp/(ΔH/H <sub>1</sub> ) * 1/1000 (MPa)	t <sub>50</sub> (min)	H <sub>sr</sub> = 0,5(H <sub>1</sub> +H <sub>2</sub> ) (mm)	
0	0	0.000	19.500	0.351	0.000	0	-	-	-	-
1	25	0.052	19.448	0.348	0.052	25	9.38	-	19.474	-
2	50	0.101	19.399	0.344	0.049	25	9.92	-	19.424	-
3	100	0.189	19.311	0.338	0.088	50	11.02	-	19.355	-
4	200	0.339	19.161	0.328	0.150	100	12.87	-	19.236	-
5	400	0.637	18.863	0.307	0.298	200	12.86	-	19.012	-

NAPOMENE, EVENTUALNA ODSTUPANJA I DRUGI PODACI

Odobrio:

ΔH=H<sub>1</sub>-H<sub>2</sub>; Δp=p<sub>2</sub>-p<sub>1</sub>; "1" označava početak, a "2" kraj inkrementa. ΔH<sub>s</sub>=razlika sek. slijezanja (mm) za t=1000 i t=10000 min.



Geoteknički laboratorij

REZULTATI ISPITIVANJA, Stranica 1 od 1

OB\_E\_ISO17892-5/BS1377-5\_01

JEDNODIMENZIONALNA KONSOLIDACIJA - podaci i očitavanja

RN:	-				UZORAK:	20/20		
DATUM:	02.06.2021.				BUŠOTINA:	-		
LOKACIJA/GRAĐEVINA:	projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)				DUBINA:	-		
Ispitano prema HRN EN ISO 17892-5 / BS 1377-5 (3)					METODA PRIPREME: utiskivanjem prstena u blok-uzorak ili nabušenu jezgru			
OPIS UZORKA (tip, položaj/orijentacija, vizualni opis)					OPREMA			
rastrušeni lapor nakon 2 ciklusa sušenja i vlaženja - modificirani Proctor					Edometar	2084		
KONZ. STANJE	kruto	čvrsto	meko	vrlo meko (12 kPa početni pritisak)	Prsten br.	2084		
PODACI UZORAK-PRSTEN				PODACI VAGANJA		IZRAČUN (svi podaci pri $t=0$ , osim $m_d$ )		
D (mm)	69.5			POČETNI (prije pokusa, $t=0$ )	KONAČNI (nakon pokusa)	Neto masa vlažno $m_0$ (g)	152.19	
A (mm <sup>2</sup> )	3793.67			Bruto masa vlažno (g)	Bruto masa vlažno (g)	Neto masa suho $m_d$ (g)	135.79	
H <sub>0</sub> (mm)	19.50			231.8	230.99	Vlažnost $w_0$ (%)	12.08	
Masa prstena (g)	79.61			Tara: prsten+posuda (g)	Bruto masa suho (g)	Gustoća $\rho$ (Mg/m <sup>3</sup> )	2.06	
Gustoća čv. čestica-ispitano/pretpostavka $\rho_s$ (Mg/m <sup>3</sup> )	2.63			79.61	215.40	Suha gustoća $\rho_d$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.84	
Efektivno opterećenje in situ $s'_{vo}$ (kPa)	-			Vlažnost iz ostataka $w_0$ (%)	Tara (g)	Početni koef. pora $e_0 = \rho_s / \rho_d - 1$	0.43	
Podaci bubrenja (ako je od značaja)	Uzorak je potopljen			- standardno (nakon 1. inkrementa)		Početni stupanj saturacije $S_0 = w_0 \rho_s / e_0$ (%)	73	
pritisak $p_s$ (kPa)	utezi (g)	očit. (mm)	- pri opterećenju od (kPa):				Visina čvrstih čestica $H_s = H_0 / (1 + e_0)$ (mm)	13.61

SLIJEGANJA UZORKA - OČITANJA MJERILA VERTIKALNE DEFORMACIJE

OPTEREĆENJE		25 kPa	50 kPa	100 kPa	200 kPa	400 kPa	RASTEREĆENJE			
Datum / dan		2021-05-05	2021-05-05	2021-05-05	2021-05-07	2021-05-09	od 2021-05-11			
Dnevna temp. °C		21.0	21.0	21.0	21.0	21.0				
Sat	D t	očitanje (mm)	očitanje (mm)	očitanje (mm)	očitanje (mm)	očitanje (mm)	očitanje (mm)	pritisak (kPa)	vrijeme D t	očitanje (mm)
8:00								200		
	15"	...	...	...	...	...				
	30"									
	1'									0.694
	2'							100		
	4'									
	8'									
	15'	0.065								0.625
	30'							50		
	1 h									
	2 h									
	4 h		0.118							0.543
	8 h							25		
	24 h			0.234						
	48 h				0.428	0.735				
	72 h									0.357
Korekcija	opt.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
y (mm)	rast.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			

NAPOMENE, EVENTUALNA ODSTUPANJA I DRUGI PODACI

Ispitao:

Kontrolirao:

Geotehnički laboratorij

Izveštaj broj: GEO-, DODATAK -, Stranica 1 od 1

OB\_E\_ISO17892-5/BS1377-5\_02

**JEDNODIMENZIONALNA KONSOLIDACIJA - dijagram i edometarski moduli**

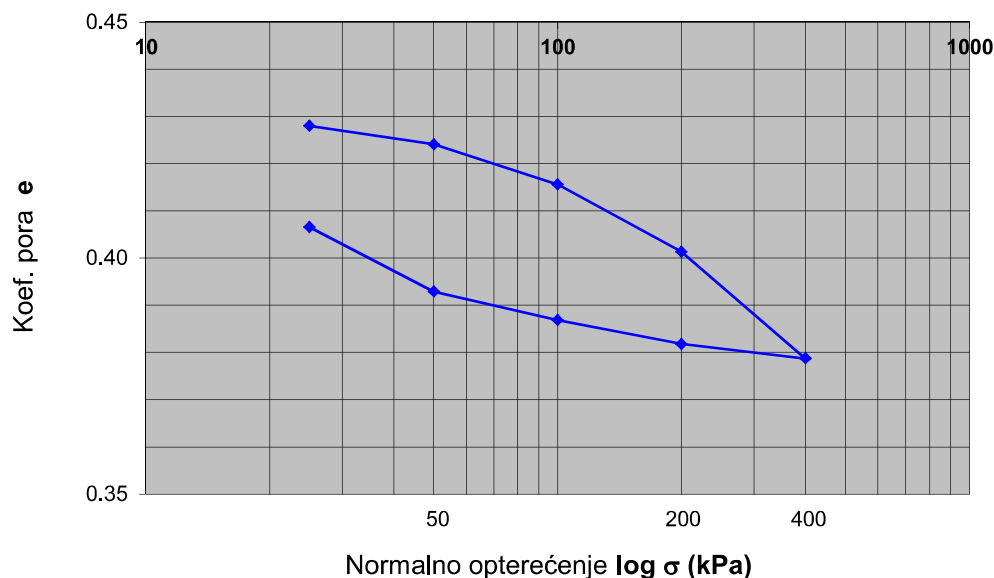
<b>RN:</b> -	<b>UZORAK:</b> 20/20
<b>DATUM:</b> 02.06.2021.	<b>BUŠOTINA:</b> -
<b>LOKACIJA/GRAĐEVINA:</b> projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)	<b>DUBINA:</b> -
Ispitano prema HRN EN ISO 17892-5 / BS 1377-5 (3)	METODA PRIPREME: utiskivanjem prstena u blok-uzorak ili nabušenu jezgru
OPIS UZORKA (tip, položaj/orijentacija u polaznom uzorku, vizualni opis) <i>rastrušeni lapor nakon 2 ciklusa sušenja i vlaženja - modificirani Proctor</i>	UVJETI ISPITIVANJA - POTOPLJENOST <input checked="" type="checkbox"/> potopljeno (standardno) - suho <input type="checkbox"/> potopljeno pri opterećenju od ___ kPa

UZORAK-PODACI (POČETAK ISPITIVANJA, t=0)			
Promjer D (mm)	69.5	Vlažnost w <sub>0</sub> (%)	12.08
Visina H <sub>0</sub> (mm)	19.50	Gustoća ρ (Mg/m <sup>3</sup> )	2.06
Koef. pora e <sub>0</sub>	0.43	Suha gustoća ρ <sub>d</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	1.84
Stupanj saturacije S <sub>0</sub> (%)	73	Gustoća čv. čestica ρ <sub>s</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	2.63

Podaci bubrenja po potrebi: kPa, mm

ispitana / pretpostavljena

**DIJAGRAM OPTEREĆENJE-RASTEREĆENJE**



Temperatura laboratorija (°C)  
21

**IZRAČUN PARAMETARA**

KOEFIČIJENT PORA					EDOMETARSKI MODUL			KOEJ. KONSOLIDACIJE			Koeff. sek. slijevanja C <sub>sec</sub> = ΔH <sub>s</sub> /H <sub>0</sub>
Inkrement broj	Pritisak σ = p (kPa)	Kumulativno slijevanje ΔH-y (mm)	Konsolidirana visina uzorka H=H <sub>0</sub> -(ΔH-y) (mm)	Koef. pora na kraju inkrementa e=(H-H <sub>s</sub> )/H <sub>s</sub>	Inkrementalna promjena visine ΔH (mm)	Inkrementalna promjena pritiska Δp (kPa)	E <sub>oed</sub> = 1/m <sub>v</sub> = Δp/(ΔH/H <sub>1</sub> )* 1/1000 (MPa)	t <sub>50</sub> (min)	H <sub>sr</sub> = 0,5(H <sub>1</sub> +H <sub>2</sub> ) (mm)	c <sub>v</sub> = 0,026H <sub>sr</sub> <sup>2</sup> /t <sub>50</sub> (m <sup>2</sup> /god)	
0	0	0.000	19.500	0.433	0.000	0	-	-	-	-	
1	25	0.065	19.435	0.428	0.065	25	7.50	-	19.468	-	
2	50	0.118	19.382	0.424	0.053	25	9.17	-	19.409	-	
3	100	0.234	19.266	0.416	0.116	50	8.35	-	19.324	-	
4	200	0.428	19.072	0.401	0.194	100	9.93	-	19.169	-	
5	400	0.735	18.765	0.379	0.307	200	12.42	-	18.919	-	

NAPOMENE, EVENTUALNA ODSTUPANJA I DRUGI PODACI

Odobrio:

ΔH=H<sub>1</sub>-H<sub>2</sub>; Δp=p<sub>2</sub>-p<sub>1</sub>; "1" označava početak, a "2" kraj inkrementa. ΔH<sub>s</sub>=razlika sek. slijevanja (mm) za t=1000 i t=10000 min.



Geotehnički laboratorij

REZULTATI ISPITIVANJA, Stranica 1 od 1

OB\_E\_ISO17892-5/BS1377-5\_01

JEDNODIMENZIONALNA KONSOLIDACIJA - podaci i očitavanja

<b>RN:</b>	-	<b>UZORAK:</b>	20/20		
<b>DATUM:</b>	02.06.2021.	<b>BUŠOTINA:</b>	-		
<b>LOKACIJA/GRAĐEVINA:</b>	projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)	<b>DUBINA:</b>	-		
Ispitano prema HRN EN ISO 17892-5 / BS 1377-5 (3)		METODA PRIPREME: utiskivanjem prstena u blok-uzorak ili nabušenu jezgru			
OPIS UZORKA (tip, položaj/orijentacija, vizualni opis) <i>rastrušeni lapor nakon 2 ciklusa sušenja i vlaženja - modificirani Proctor</i>		OPREMA			
		Edometar	2086		
KONZ. STANJE	kruto    čvrsto    meko    vrlo meko (12 kPa početni pritisak)	Prsten br.	2086		
PODACI UZORAK-PRSTEN		PODACI VAGANJA		IZRAČUN (svi podaci pri t=0, osim m <sub>d</sub> )	
D (mm)	69.0	POČETNI (prije pokusa, t=0)	KONAČNI (nakon pokusa)	Neto masa vlažno m <sub>0</sub> (g)	154.11
A (mm <sup>2</sup> )	3739.28			Neto masa suho m <sub>d</sub> (g)	141.3
H <sub>0</sub> (mm)	19.10	Bruto masa vlažno (g)	Bruto masa vlažno (g)	Vlažnost w <sub>0</sub> (%)	9.07
Masa prstena (g)	81.04	235.15	237.09	Gustoća ρ (Mg/m <sup>3</sup> )	2.16
Gustoća čv. čestica-ispitano/pretpostavka ρ <sub>s</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	2.63	Tara: prsten+posuda (g)	Bruto masa suho (g)	Suha gustoća ρ <sub>d</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	1.98
		81.04	222.34	Početni koef. pora	0.33
Efektivno opterećenje in situ s' <sub>vo</sub> (kPa)	-	Vlažnost iz ostataka w <sub>0</sub> (%)	Tara (g)	e <sub>0</sub> =ρ <sub>s</sub> /ρ <sub>d</sub> -1	
		9.07	81.04	Početni stupanj saturacije	72
Podaci bubrenja (ako je od značaja)		Uzorak je potopljen		S <sub>0</sub> =w <sub>0</sub> ρ <sub>s</sub> /e <sub>0</sub> (%)	
pritisak p <sub>s</sub> (kPa)	utezi (g)	očit. (mm)	- standardno (nakon 1. inkrementa) - pri opterećenju od (kPa):	Visina čvrstih čestica H <sub>s</sub> =H <sub>0</sub> /(1+e <sub>0</sub> ) (mm)	14.37

SLIJEGANJA UZORKA - OČITANJA MJERILA VERTIKALNE DEFORMACIJE

OPTEREĆENJE		25 kPa	50 kPa	100 kPa	200 kPa	400 kPa	RASTEREĆENJE			
Datum / dan		2021-05-05	2021-05-05	2021-05-06	2021-05-07	2021-05-09	od 2021-05-11			
Dnevna temp. °C		21.0	21.0	21.0	21.0	21.0				
Sat	D t	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	pritisak (kPa)	vrijeme D t	očitavanje (mm)
8:00								200		
	15"	...	...	...	...	...				
	30"									
	1'									0.698
	2'							100		
	4'									
	8'									
	15'									0.635
	30'	0.075						50		
	1 h									
	2 h									
	4 h									0.562
	8 h							25		
	24 h		0.148	0.261						
	48 h				0.459	0.743				
	72 h									0.377
Korekcija	opt.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
y (mm)	rast.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

NAPOMENE, EVENTUALNA ODSTUPANJA I DRUGI PODACI						Ispitao:	Kontrolirao:
--	--	--	--	--	--	----------	--------------

Geotehnički laboratorij

Izveštaj broj: GEO-, DODATAK -, Stranica 1 od 1

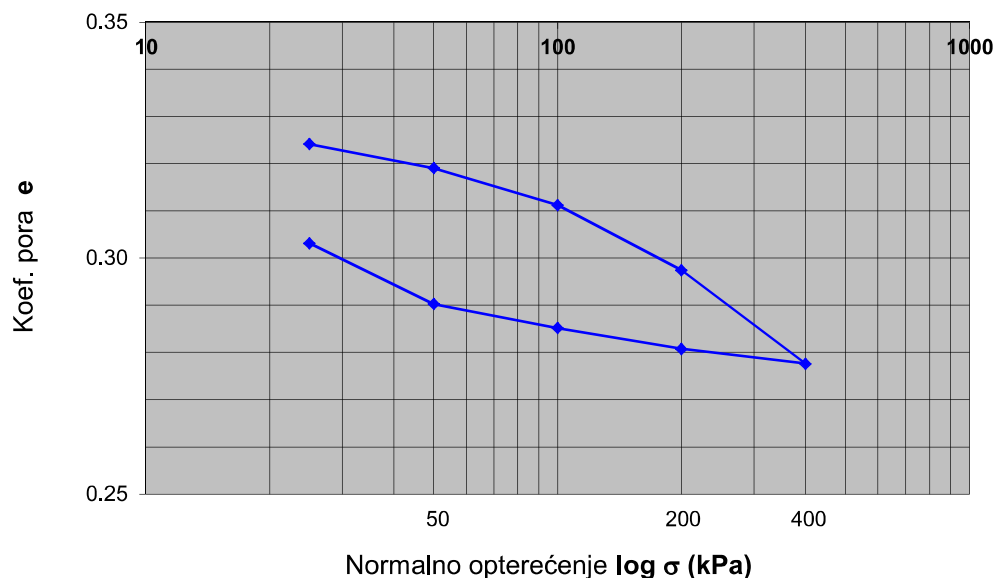
OB\_E\_ISO17892-5/BS1377-5\_02

JEDNODIMENZIONALNA KONSOLIDACIJA - dijagram i edometarski moduli

RN:	-	UZORAK:	20/20
DATUM:	02.06.2021.	BUŠOTINA:	-
LOKACIJA/GRAĐEVINA:	projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)	DUBINA:	-
Ispitano prema HRN EN ISO 17892-5 / BS 1377-5 (3)	METODA PRIPREME: utiskivanjem prstena u blok-uzorak ili nabušenu jezgru		
OPIS UZORKA (tip, položaj/orijentacija u polaznom uzorku, vizualni opis) <i>rastrušeni lapor nakon 2 ciklusa sušenja i vlaženja - modificirani Proctor</i>	UVJETI ISPITIVANJA - POTOPLJENOST <input checked="" type="radio"/> potopljeno (standardno) - suho <input type="radio"/> potopljeno pri opterećenju od ___ kPa		

UZORAK-PODACI (POČETAK ISPITIVANJA, t=0)			
Promjer D (mm)	69	Vlažnost w <sub>0</sub> (%)	9.07
Visina H <sub>0</sub> (mm)	19.10	Gustoća ρ (Mg/m <sup>3</sup> )	2.16
Koef. pora e <sub>0</sub>	0.33	Suha gustoća ρ <sub>d</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	1.98
Stupanj saturacije S <sub>0</sub> (%)	72	Gustoća čv. čestica ρ <sub>s</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	2.63
			Podaci bubrenja po potrebi kPa mm
			<input checked="" type="radio"/> ispitana/ <input type="radio"/> pretpostavljena

DIJAGRAM OPTEREĆENJE-RASTEREĆENJE



Temperatura laboratorija (°C)  
21

IZRAČUN PARAMETARA

KOEFIČIJENT PORA					EDOMETARSKI MODUL			KOEJ. KONSOLIDACIJE			Koef. sek. slijevanja C <sub>sec</sub> = ΔH <sub>s</sub> /H <sub>0</sub>
Inkrement broj	Pritisak σ = p (kPa)	Kumulativno slijevanje ΔH-y (mm)	Konsolidirana visina uzorka H=H <sub>0</sub> -(ΔH-y) (mm)	Koef. pora na kraju inkrementa e=(H-H <sub>s</sub> )/H <sub>s</sub>	Inkrementalna promjena visine ΔH (mm)	Inkrementalna promjena pritiska Δp (kPa)	E <sub>oed</sub> = 1/m <sub>v</sub> = Δp/(ΔH/H <sub>1</sub> )* 1/1000 (MPa)	t <sub>50</sub> (min)	H <sub>sr</sub> = 0,5(H <sub>1</sub> +H <sub>2</sub> ) (mm)	c <sub>v</sub> = 0,026H <sub>sr</sub> <sup>2</sup> /t <sub>50</sub> (m <sup>2</sup> /god)	
0	0	0.000	19.100	0.329	0.000	0	-	-	-	-	
1	25	0.075	19.025	0.324	0.075	25	6.37	-	19.063	-	
2	50	0.148	18.952	0.319	0.073	25	6.52	-	18.989	-	
3	100	0.261	18.839	0.311	0.113	50	8.39	-	18.896	-	
4	200	0.459	18.641	0.297	0.198	100	9.51	-	18.740	-	
5	400	0.743	18.357	0.278	0.284	200	13.13	-	18.499	-	

NAPOMENE, EVENTUALNA ODSTUPANJA I DRUGI PODACI

Odobrio:

ΔH=H<sub>1</sub>-H<sub>2</sub>; Δp=p<sub>2</sub>-p<sub>1</sub>; "1" označava početak, a "2" kraj inkrementa. ΔH<sub>s</sub>=razlika sek. slijevanja (mm) za t=1000 i t=10000 min.





Geotehnički laboratorij

REZULTATI ISPITIVANJA, Stranica 1 od 1

OB\_E\_ISO17892-5/BS1377-5\_01

JEDNODIMENZIONALNA KONSOLIDACIJA - podaci i očitavanja

<b>RN:</b>	-			<b>UZORAK:</b>	20/20
<b>DATUM:</b>	02.06.2021.			<b>BUŠOTINA:</b>	-
<b>LOKACIJA/GRAĐEVINA:</b>	projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)			<b>DUBINA:</b>	-
Ispitano prema HRN EN ISO 17892-5 / BS 1377-5 (3)		METODA PRIPREME: utiskivanjem prstena u blok-uzorak ili nabušenu jezgru			
OPIS UZORKA (tip, položaj/orijentacija, vizualni opis)				OPREMA	
-rastrošeni lapor nakno 4 ciklusa sušenja i vlaženja				Edometar	2084
KONZ. STANJE	kruto	čvrsto	meko	vrlo meko (12 kPa početni pritisak)	Prsten br. 2084
PODACI UZORAK-PRSTEN		PODACI VAGANJA		IZRAČUN (svi podaci pri t=0, osim m <sub>d</sub> )	
D (mm)	69.5	POČETNI (prije pokusa, t=0)	KONAČNI (nakon pokusa)	Neto masa vlažno m <sub>0</sub> (g)	142.39
A (mm <sup>2</sup> )	3793.67	Bruto masa vlažno (g)	Bruto masa vlažno (g)	Neto masa suho m <sub>d</sub> (g)	119.55
H <sub>0</sub> (mm)	19.50	222	221.72	Vlažnost w <sub>0</sub> (%)	19.10
Masa prstena (g)	79.61	Tara: prsten+posuda (g)	79.61	Gustoća ρ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.92
Gustoća čv. čestica-ispitano/pretpostavka ρ <sub>s</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	2.63	Bruto masa suho (g)	199.16	Suha gustoća ρ <sub>d</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	1.62
Efektivno opterećenje in situ s' <sub>vo</sub> (kPa)	-	Vlažnost iz ostataka w <sub>0</sub> (%)	21.60	Početni koef. pora e <sub>0</sub> =ρ <sub>s</sub> /ρ <sub>d</sub> -1	0.63
Podaci bubrenja (ako je od značaja)	Uzorak je potopljen			Početni stupanj saturacije S <sub>0</sub> =w <sub>0</sub> ρ <sub>s</sub> /e <sub>0</sub> (%)	80
pritisak p <sub>s</sub> (kPa)	utezi (g)	očit. (mm)	- standardno (nakon 1. inkrementa)		Visina čvrstih čestica H <sub>s</sub> =H <sub>0</sub> /(1+e <sub>0</sub> ) (mm)
			- pri opterećenju od (kPa):		11.98

SLIJEGANJA UZORKA - OČITANJA MJERILA VERTIKALNE DEFORMACIJE

OPTEREĆENJE		25 kPa	50 kPa	100 kPa	200 kPa	400 kPa	RASTEREĆENJE			
Datum / dan		2021-04-12	2021-04-13	2021-04-15	2021-04-16	2021-04-17	od 2021-04-19			
Dnevna temp. °C		21.0	21.0	21.0	21.0	21.0				
Sat	D t	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	očitavanje (mm)	pritisak (kPa)	vrijeme D t	očitavanje (mm)
8:00								200		
	15"	...	...	...	...	...				
	30"									
	1'									2.124
	2'							100		
	4'									
	8'									
	15'									2.023
	30'							50		
	1 h									
	2 h									
	4 h									1.954
	8 h							25		
	24 h	0.684		1.362	1.635					
	48 h		0.902			2.133				
	72 h									1.879
								0		
										1.629
Korekcija	opt.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
y (mm)	rast.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

NAPOMENE, EVENTUALNA ODSTUPANJA I DRUGI PODACI	Ispitao:	Kontrolirao:
--	----------	--------------



Geotehnički laboratorij

Izveštaj broj: GEO-, DODATAK -, Stranica 1 od 1

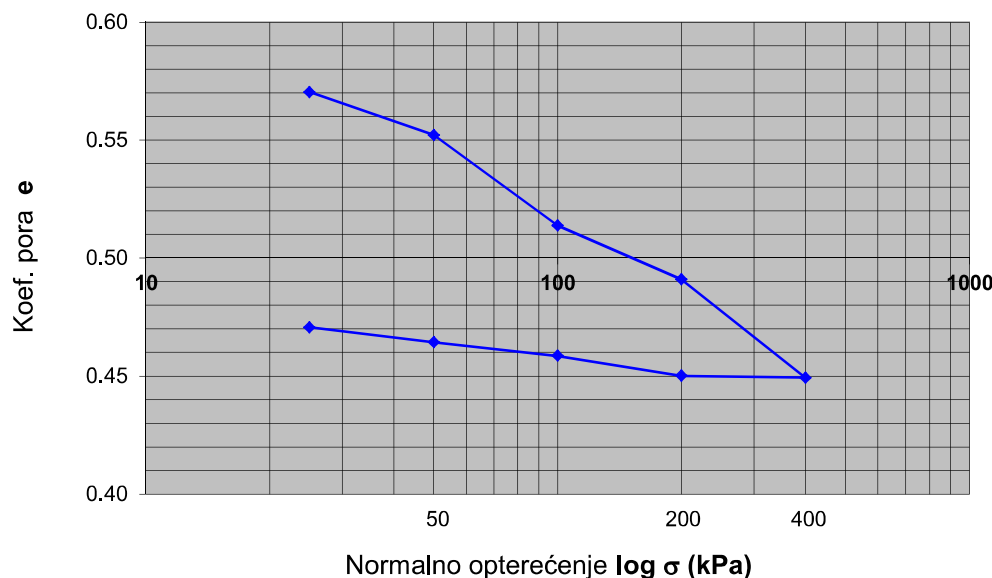
OB\_E\_ISO17892-5/BS1377-5\_02

**JEDNODIMENZIONALNA KONSOLIDACIJA - dijagram i edometarski moduli**

<b>RN:</b> -	<b>UZORAK:</b> 20/20
<b>DATUM:</b> 02.06.2021.	<b>BUŠOTINA:</b> -
<b>LOKACIJA/GRAĐEVINA:</b> projekt UNSAT1, Trstenik (vrtić)	<b>DUBINA:</b> -
Ispitano prema HRN EN ISO 17892-5 / BS 1377-5 (3)	METODA PRIPREME: utiskivanjem prstena u blok-uzorak ili nabušenu jezgru
OPIS UZORKA (tip, položaj/orijentacija u polaznom uzorku, vizualni opis) -rastrošeni lapor nakno 4 ciklusa sušenja i vlaženja	UVJETI ISPITIVANJA - POTOPLJENOST <input checked="" type="checkbox"/> potopljeno (standardno) - suho <input type="checkbox"/> potopljeno pri opterećenju od ___ kPa

UZORAK-PODACI (POČETAK ISPITIVANJA, t=0)			
Promjer D (mm)	69.5	Vlažnost w <sub>0</sub> (%)	19.10
Visina H <sub>0</sub> (mm)	19.50	Gustoća ρ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.92
Koef. pora e <sub>0</sub>	0.63	Suha gustoća ρ <sub>d</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	1.62
Stupanj saturacije S <sub>0</sub> (%)	80	Gustoća čv. čestica ρ <sub>s</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	2.63
		<input checked="" type="checkbox"/> ispitana/ <input type="checkbox"/> pretpostavljena	

**DIJAGRAM OPTEREĆENJE-RASTEREĆENJE**



Temperatura  
laboratorija (°C)  
21

**IZRAČUN PARAMETARA**

KOEFIČIJENT PORA				EDOMETARSKI MODUL			KOEJ. KONSOLIDACIJE			Koeff. slijevanja C <sub>sec</sub> = δH <sub>s</sub> /H <sub>0</sub>
Inkrement broj	Pritisak σ = p (kPa)	Kumulativno slijevanje ΔH-y (mm)	Konsolidirana visina uzorka H=H <sub>0</sub> -(ΔH-y) (mm)	Koef. pora na kraju inkrementa e=(H-H <sub>s</sub> )/H <sub>s</sub>	Inkrementalna promjena visine δH (mm)	Inkrementalna promjena pritiska δp (kPa)	E <sub>oed</sub> = 1/m <sub>v</sub> = δp/(δH/H <sub>1</sub> )* * 1/1000 (MPa)	t <sub>50</sub> (min)	H <sub>sr</sub> = 0,5(H <sub>1</sub> +H <sub>2</sub> ) (mm)	
0	0	0.000	19.500	0.627	0.000	0	-	-	-	-
1	25	0.684	18.816	0.570	0.684	25	0.71	-	19.158	-
2	50	0.902	18.598	0.552	0.218	25	2.16	-	18.707	-
3	100	1.362	18.138	0.514	0.460	50	2.02	-	18.368	-
4	200	1.635	17.865	0.491	0.273	100	6.64	-	18.002	-
5	400	2.133	17.367	0.449	0.498	200	7.17	-	17.616	-
6										

NAPOMENE, EVENTUALNA ODSTUPANJA I DRUGI PODACI

Odobrio:

δH=H<sub>1</sub>-H<sub>2</sub>; δp=p<sub>2</sub>-p<sub>1</sub>; "1" označava početak, a "2" kraj inkrementa. δH<sub>s</sub>=razlika sek. slijevanja (mm) za t=1000 i t=10000 min.