

RE-forMS

rammed earth for modelling and standardization
in seismically active areas



HRZZ

Hrvatska zaklada
za znanost

Recepture zemljanih mješavina s pripadnim fizikalnim, mehaničkim i toplinskim svojstvima	
Naziv projekta:	Nabijena zemlja za modeliranje i normizaciju u potresno aktivnim područjima
Akronim:	RE-forMS
Šifra projekta:	UIP-2020-02-7363
Ustanova s kojom je sklopljen ugovor o financiranju:	Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Partnerske ustanove:	Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci
Voditelj:	doc. dr. sc. Ivan Kraus
Izveštajno razdoblje:	1. razdoblje
Oznaka izvještaja:	D5
Sadržaj:	Prikaz predloženih 15 receptura zemljanih mješavina, ispitivanje fizikalnih, mehaničkih i toplinskih svojstava.
Autori izvještaja:	doc. dr. sc. Ivan Kraus, Ana Perić, dr. sc. Jelena Kaluđer, doc. dr. sc. Paulina Krolo, Mihaela Domazetović
Datum:	7. 1. 2022.

Ovaj je materijal sufinancirala Hrvatska zaklada za znanost projektom UIP-2020-02-7363. Sadržaj ili preporuke navedene u ovom materijalu odnose se na autora i ne odražavaju nužno stajališta Hrvatske zaklade za znanost.



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
**Fakultet agrobiotehničkih
znanosti Osijek**



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek



Sveučilište
u Rijeci
**Građevinski
fakultet**

Sažetak:

Provedeno je ispitivanje fizikalnih, mehaničkih i toplinskih karakteristika za 15 originalnih mješavina, od kojih su dvije bile izrađene uz dodatak vapna, a pet uz dodatak sitno narezanih stabljika ratarskih kultura (pšenica, raž, ječam, zob i industrijska konoplja).

Granulometrijski sastav određen je provedbom mokrog sijanja u kombinaciji s areometriranjem. Određeno je da sve mješavine imaju više od 30 % čestica gline i praha, dok zastupljenost šljunka i pijeska varira, ovisno o mješavini. Atterbergove granice određene su samo za osnovno tlo, zbog ograničenja najvećeg zrna u uzorku. Osnovno je tlo prema USCS klasifikaciji tlo niske plastičnosti, dok je prema ESCS klasifikaciji tlo srednje plastičnosti. Gustoća čvrstih čestica određena je ispitivanjem s piknometrom, za komponente predloženih mješavina (osnovno tlo, savski sitni šljunak, dravski pijesak, dravski sitni šljunak i vapno). Na temelju rezultata, određene su gustoće čvrstih čestica za predloženih 15 mješavina te su uočene približno jednake gustoće čvrstih čestica. Tlačna i vlačna čvrstoća uzoraka određena je ispitivanjem u tlačnoj preši, na uzorcima kocaka i valjaka, izrađenima u standardnim kalupima za betonske uzorke. Prije ispitivanja, provedena je njega uzoraka u kontroliranim uvjetima tijekom 28 dana. Uz to, određen je i modul elastičnosti za svaku mješavinu, na temelju 30 % tlačne čvrstoće i pripadne deformacije. U svrhu krosvalidacije, tri odabrane mješavine ispitane su i na Građevinskom fakultetu u Rijeci. Uočeno je veliko rasipanje svih rezultata i značajan utjecaj ljudskog čimbenika na rezultate. Nadalje, tlačna je čvrstoća provjerena na uzorcima osam mješavina i pomoću nerazornog ispitivanja udarnim čekićem, pri čemu su uočene očekivane razlike u odnosu na rezultate ispitivanja u tlačnoj preši. Posmična je čvrstoća ispitana pomoću uređaja za izravni posmik. Pritom su ispitani uzorci izrađeni neposredno prije ispitivanja te uzorci koji su 28 dana njegovani u kontroliranim uvjetima. Koeficijent toplinske provodljivosti određen je na kvadratičnim prizmama njegovanima 28 dana prije ispitivanja. Vrijednosti koeficijenta toplinske provodljivosti kreću se u rasponu od 0,2179 W/mK do 0,3931 W/mK.

Ključne riječi: granulometrijski sastav, Atterbergove granice, gustoća čvrstih čestica, tlačna čvrstoća, vlačna čvrstoća, posmična čvrstoća, modul elastičnosti, koeficijent toplinske provodljivosti

Ovaj materijal sufinancirala je Hrvatska zaklada za znanost projektom UIP-2020-02-7363. Sadržaj ili preporuke navedene u ovom materijalu odnose se na autora i ne odražavaju nužno stajališta Hrvatske zaklade za znanost.

Imajte na umu da je izvođenje testova zahtijevalo znatan napor istraživačkog tima RE-forMS, djelatnika Građevinskog i arhitektonskog fakulteta Osijek i partnerskih institucija. Ako ostvarite vrijedne rezultate iz ovih podataka, molimo navedite referencu na relevantne publikacije.

Popis svih publikacija proizašlih iz okvira aktivnosti provedenih na projektu RE-forMS moguće je vidjeti na sljedećoj internetskoj stranici:

<https://www.croris.hr/projekti/projekt/5837>

U slučaju bilo kakvih nedoumica i/ili ako u izvještaju nedostaju određene informacije koje bi vam mogle biti od koristi prilikom primjene dostupnih podataka proizašlih iz projekta RE-forMS, molimo kontaktirati voditelja projekta RE-forMS: dr. sc. Ivan Kraus, ikraus@gfos.hr.

Abstract:

Physical, mechanical, and thermal characteristics were tested for 15 original mixtures, two of which were made with the addition of lime, and five with the addition of finely chopped stalks of field crops (wheat, rye, barley, oats and industrial hemp).

The granulometric composition was determined by the implementation of wet sieving in combination with the hydrometer method. It was determined that all mixtures have more than 30% of clay and silt particles, while the presence of gravel and sand varies depending on the mixture. Atterberg limits were determined only for the base soil, due to the limitation of the largest grain in the sample. The basic soil according to the USCS classification is low plasticity soil, while according to the ESCS classification it is medium plasticity soil. The particle density was determined by testing with a pycnometer, for the components of the proposed mixtures (basic soil, Sava fine gravel, Drava sand, Drava fine gravel and lime). Based on the results, particle density for the proposed 15 mixtures was determined and approximately equal results were observed. The compressive and tensile strength of the samples was determined by testing in a compression press, on samples of cubes and cylinders, made in standard moulds for concrete samples. Prior to testing, specimen curing was performed under controlled conditions for 28 days. In addition, the modulus of elasticity for each mixture was determined, based on 30% compressive strength and associated deformation. For the purpose of cross-validation, three selected mixtures were tested at the Faculty of Civil Engineering in Rijeka. A large scattering of all results and a significant impact of the human factor on the results was observed. Furthermore, the compressive strength was checked on samples of eight mixtures and by means of a non-destructive rebound hammer test, where the expected differences in relation to the test results in the compression press were observed. Shear strength was tested using a direct shear device. Experiment was conducted on samples that were made immediately before the testing and the samples that were cured for 28 days before testing, under controlled conditions. The coefficient of thermal conductivity was determined on square prisms cured 28 days before the test. Values of the thermal conductivity coefficient range from 0.2179 W/mK to 0.3931 W/mK.

Key words: granulometric composition, Atterberg limits, particle density, compressive strength, tensile strength, shear strength, modulus of elasticity, thermal conductivity coefficient

This material was co-financed by the Croatian Science Foundation under the project UIP-2020-02-7363. The content or recommendations in this material are those of the author and do not necessarily reflect the views of the Croatian Science Foundation.

Please note that conducting the tests required a significant effort from the RE-forMS research team, the staff of the Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek and the partner institutions. If you derive valuable results from this data, please cite the relevant publications.

The list of all publications resulting from the activities within the RE-forMS project can be found on the following website:

<https://www.croris.hr/projekti/projekt/5837>

If you have any doubts and/or if certain information is missing from the report that could be useful to you in applying the available data from the RE-forMS project, please contact the RE-forMS project leader: Dr. sc. Ivan Kraus, ikraus@gfos.hr.

Sadržaj

1. Uvod.....	7
2. Opis receptura ispitanih mješavina.....	9
3. Granulometrijski sastav	10
3.1. Opis postupka ispitivanja.....	10
3.2. Rezultati ispitivanja.....	11
3.2.1. OSa.100.0.0.....	12
3.2.2. OSa.40.20.40.....	13
3.2.3. OSa.44.56.0.....	14
3.2.4. OSa.40.50.10.....	16
3.2.5. OSa.48.48.4.....	17
3.2.6. OSa.50.25.25.....	19
3.2.7. OSa.29.14.57.....	20
3.2.8. OSa.50.50.0.....	22
3.3. Diskusija rezultata	23
4. Atterbergove granice	24
4.1. Opis postupka ispitivanja.....	24
4.2. Rezultati ispitivanja.....	26
4.2.1. Ispitivanje granice tečenja – padajući šiljak	26
4.2.2. Ispitivanje granice tečenja – Casagrandeov uređaj	27
4.2.3. Ispitivanje granice plastičnosti	28
4.2.4. Ispitivanje granice skupljanja.....	28
4.3. Diskusija rezultata	28
5. Gustoća čvrstih čestica.....	28
5.1. Opis postupka ispitivanja.....	29
5.2. Rezultati ispitivanja	29
5.2.1. Osnovno tlo	29
5.2.2. Savski sitni šljunak	30
5.2.3. Dravski pijesak	30
5.2.4. Dravski sitni šljunak	30
5.2.5. Vapno.....	31
5.2.6. Gustoća čvrstih čestica receptura.....	31
5.3. Diskusija rezultata	32
6. Mehanička svojstva	32
6.1. Izrada uzoraka za ispitivanje	32
6.2. Ispitivanje tlačne i vlačne čvrstoće.....	35
6.2.1. Mješavina 1 - OSa.100.0.0.....	36

6.2.2.	Mješavina 2 – OSa.40.20.40	39
6.2.3.	Mješavina 3 – OSa.44.56.0	42
6.2.4.	Mješavina 4 – OSa.40.50.10	45
6.2.5.	Mješavina 5 – OSa.48.48.4	48
6.2.6.	Mješavina 6 – OSa.50.25.25	51
6.2.7.	Mješavina 7 – OSa.29.14.57	54
6.2.8.	Mješavina 8 – OSa.50.50.0	57
6.2.9.	Mješavina 9 – OSa.50.50.0.L4	60
6.2.10.	Mješavina 10 – OSa.50.50.0.L8	63
6.2.11.	Mješavina 11 – OSa.50.50.0.B	66
6.2.12.	Mješavina 12 – OSa.50.50.0.O	69
6.2.13.	Mješavina 13 – OSa.50.50.0.W	72
6.2.14.	Mješavina 14 – OSa.50.50.0.R	75
6.2.15.	Mješavina 15 – OSa.50.50.0.H	78
6.2.16.	Usporedba rezultata tlačne i vlačne čvrstoće	81
6.3.	Ispitivanje tlačne čvrstoće udarnim čekićem Schmidt OS-120 PM.....	82
7.	Ispitivanje tlačne i vlačne čvrstoće na Građevinskom fakultetu u Rijeci	84
7.1.	Izrada zemljanih mješavina	84
7.2.	Izrada ispitnih uzoraka	86
7.3.	Ispitivanje kocaka na jednoosni tlak	89
7.3.1.	Postava ispitivanja i mjerne opreme	89
7.3.2.	Rezultati ispitivanja	90
7.4.	Ispitivanje valjaka na jednoosni tlak.....	93
7.4.1.	Postava ispitivanja i mjerne opreme	94
7.4.2.	Rezultati ispitivanja	94
7.5.	Ispitivanje valjaka na indirektni vlak (cijepanje).....	98
7.5.1.	Postava ispitivanja i mjerne opreme	98
7.5.2.	Rezultati ispitivanja	98
8.	Izravni posmik	102
8.1.	Opis postupka ugradnje i ispitivanja uzoraka.....	102
8.2.	Rezultati ispitivanja.....	105
8.3.	Diskusija rezultata	106
9.	Određivanje koeficijenta toplinske provodljivosti	106
9.1.	Metodologija primjene uređaja FOX200	106
9.2.	Rezultati ispitivanja.....	118
10.	Zaključak	125
	Literatura	127

PRILOG 1.....	130
PRILOG 2.....	190

1. Uvod

Za potrebe istraživanja utjecaja sastava mješavine na fizikalna, mehanička i toplinska svojstva, osmišljeno je i ispitano 15 originalnih mješavina. Mješavine su izrađene raznim kombinacijama osnovnog tla, dravskog pijeska, dravskog sitnog šljunka i savskog sitnog šljunka. U dvije je mješavine dodano građevinsko vapno, dok je pet mješavina izrađeno uz dodatak pet sorti ratarskih kultura (četiri žitarice i vlakna industrijske konoplje). Valja napomenuti da su fizikalna svojstva određena za one mješavine za koje je to bilo moguće, zbog ograničenja veličine zrna koji ide u uzorak, dok su mehanička i toplinska svojstva određena za sve mješavine. Sva ispitivanja, osim krosvalidacijskih ispitivanja provedenih na Građevinskom fakultetu u Rijeci, provedena su u Laboratorijima Građevinskog i arhitektonskog fakulteta Osijek.

Prvi korak je svakako bio odrediti granulometrijski sastav svake od predloženih mješavina. Uslijedilo je određivanje Atterbergove granice i gustoća čvrstih čestica. Toplinska svojstva određena su na kvadratičnim prizmama. Mehanička svojstva, odnosno tlačna, vlačna i posmična čvrstoća te modul elastičnosti određena su na uzorcima koji su, u nedostatku odgovarajuće norme za zemlju, izrađeni u standardiziranim kalupima za ispitivanje čvrstoće betona. Prema tome, rabljeni su kalupi za kocke dimenzija 15 x 15 x 15 cm te kalupi za valjke dimenzija 15 x 30 cm. Uzorci su nakon izrade čuvani u komori s kontroliranom vlažnosti 50 ± 5 % i temperaturi 20 ± 5 °C, tijekom 28 dana (slika 1.1 i 1.2).



Slika 1.1 Uzorci za ispitivanje čvrstoće nabijene zemlje tijekom njegovanja u kontroliranim uvjetima (1)



Slika 1.2 Uzorci za ispitivanje čvrstoće nabijene zemlje tijekom njegovanja u kontroliranim uvjetima (2)

Tlačna čvrstoća je u radovima (Lilley i Robinson 1995; Ciancio i Augarde 2013; Shrestha et al. 2020), uglavnom određena primjenom metoda opisanih u normama za beton, jer norme za konstrukcije od nabijene zemlje još nisu razvijene. Uglavnom se primjenjuje ispitivanje u tlačnoj preši na uzorcima različitih dimenzija (Maniatidis i Walker 2008; Pakad i Toufigh 2017; Mužikova et al. 2018; Silva et al. 2018; Wangmo et al. 2018; Zhou i Liu 2019; Shrestha et al. 2020) ili, rjeđe, na manjim ili većim zidovima (Miccoli et al. 2014; 2015; 2016; 2017; Silva et al. 2014). Samo u jednom do sada objavljenom radu (Xu et al. 2018) tlačna je čvrstoća određena pomoću triaksnog ispitivanja. Prema preglednom radu objavljenom ranije ove godine (Perić et al. 2021), vrijednosti tlačne čvrstoće u pregledanim radovima kreću se od 0,38 do 4,15 MPa, uz prosječnu vrijednost 1,72 MPa.

Modul elastičnosti se u najvećem broju istraživanja određuje na temelju radnog dijagrama, na mjestu 5-30 % tlačne čvrstoće (Silva et al. 2013; 2016; 2018) ili 0-20 % tlačne čvrstoće (Bui et al. 2014). Osim toga, u dva se istraživanja (Silva et al. 2018; Toufigh i Kianfar 2019) pojavljuje i način određivanja dinamičkog modula elastičnosti pomoću ultrazvuka na zidovima. Prema preglednom radu (Perić et al. 2021) vrijednosti modula elastičnosti u pregledanim radovima kreću se od 34 do 4207 MPa, uz prosječnu vrijednost 900 MPa.

Vlačna čvrstoća nabijene zemlje je, kao i u slučaju betona, slaba točka. Nadalje, zbog strukture zida izrađenog od nabijene zemlje, važno je voditi računa i o vlačnoj čvrstoći međusloja, odnosno području između dva nabijena sloja. Prema nekim autorima (Ciancio i Augarde 2013; Araki et al. 2016), upravo je međusloj kritično mjesto u konstrukciji jer je vlačna čvrstoća znatno manja. Vlačna čvrstoća je u pregledanim radovima uglavnom određena cijepanjem uzoraka valjaka (Bui et al. 2014; Araki et al. 2016, Wangmo et al. 2018; Shrestha et al. 2020; Koutou i Hilali 2021). U samo jednom radu (Araki et al. 2016), vlačna je čvrstoća određena i direktnim vlakom na uzorcima oblika epruvete, međutim ova metoda se pokazala presložena za izvedbu zbog kompleksnosti oblika uzorka i njegove izrade. Uz to, u dva je rada dana i preporuka za određivanje vlačne čvrstoće prema tlačnoj čvrstoći. Bui i dr. (Bui et al. 2014) predlažu određivanje vlačne čvrstoće kao 10 % iznosa tlačne čvrstoće, dok Liu i Tong (Liu i Tong 2017) smatraju da bi taj postotak trebao iznositi 20 %. U preglednom je radu (Perić et al. 2021)

navedeno da se vrijednosti vlačne čvrstoće kreću od 0,08 do 0,40 MPa, uz prosječnu vrijednost 0,22 MPa.

Posmična čvrstoća se uglavnom određuje metodom dijagonalnog tlačenja uzorka prizmatičnog oblika (Silva et al. 2013; 2014M Miccoli et al. 2016; 2017). Uz to, Corbin i Augarde (Corbin i Augarde 2015) odredili su posmičnu čvrstoću metodom izravnog posmika, pri čemu je određena i kohezija i kut unutarnjeg trenja. Prema preglednom radu (Perić et al. 2021), posmična čvrstoća u pregledanoj literaturi kreće se od 0,15 do 2,20 MPa, uz prosječnu vrijednost 0,79 MPa.

Kohezija i kut unutarnjeg trenja značajni su faktori prilikom definiranja računalnog modela konstrukcije od nabijene zemlje. Uglavnom su određene pomoću metode izravnog posmika (Corbin i Augarde 2015; El-Nabouch et al. 2018; Kosarimovahhed i Toufigh 2020), no u literaturi se spominju još i metode poput dreniranog monotonog triaksnalnog ispitivanja (Nowamooz i Chazallon 2011) i određivanja kohezije na uzorcima oblika pješčanog sata (Schroeder 2011). Nadalje, valja napomenuti da su vrijednosti kohezije i kuta unutarnjeg trenja međusloja gotovo uvijek manje u odnosu na vrijednosti za sloj zemlje. Konkretno, prema El-Nabouch i dr. (El-Nabouch et al. 2018) kut unutarnjeg trenja međusloja iznosi oko 90 % kuta trenja sloja zemlje, dok kohezija međusloja iznosi oko 80 % kohezije sloja zemlje. Vrijednosti za sloj zemlje, prema preglednom radu (Perić et al. 2021) kreću se od 9,8 do 214,0 kPa, uz 112,8 kPa u prosjeku za koheziju, odnosno od 37,3 ° do 54,1 °, uz prosječnu vrijednost kuta unutarnjeg trenja 45,5 °. Za međusloj, vrijednosti kohezije kreću se od 24,0 do 50,0 kPa i 37 kPa u prosjeku, odnosno 34,8 ° do 65,0 ° i 49,9 ° u prosjeku za kut unutarnjeg trenja.

2. Opis receptura ispitanih mješavina

Ispitano je 15 mješavina, od čega je osam mješavina izrađeno kao osnovnog mješavina tla, dravskog pijeska te dvije vrste sitnog šljunka. U dvije je mješavine dodano vapno u različitim omjerima, četiri su mješavine izrađene dodavanjem žitarica, a jedna mješavina dodavanjem industrijske konoplje. Stabljike žitarica i vlakna industrijske konoplje su prethodno narezane na duljinu cca. 3 cm te natopljene prije miješanja s zemljanim materijalom.

U tablici 2.1 prikazane su oznake i udjeli sastojaka 15 ispitanih mješavina.

Tablica 2.1 Recepture ispitanih mješavina

Oznaka	Osnovno tlo (%)	Dravski pijesak (%)	Savski sitni šljunak (%)	Dravski sitni šljunak (%)	Vapno (%)	Ječam (%)	Zob (%)	Pšenica (%)	Raž (%)	Industrijska konoplja (%)
OSa.100.0.0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OSa.40.20.40	40	20	0	40	0	0	0	0	0	0
OSa.44.56.0	44	0	0	56	0	0	0	0	0	0
OSa.40.50.10	40	0	50	10	0	0	0	0	0	0
OSa.48.48.4	48	0	48	4	0	0	0	0	0	0
OSa.50.25.25	50	25	25	0	0	0	0	0	0	0
OSa.29.14.57	29	14	57	0	0	0	0	0	0	0
OSa.50.50.0	50	0	50	0	0	0	0	0	0	0
OSa.50.50.0.L4	50	0	50	0	4	0	0	0	0	0
OSa.50.50.0.L8	50	0	50	0	8	0	0	0	0	0
OSa.50.50.0.B	50	0	50	0	0	0,25	0	0	0	0
OSa.50.50.0.O	50	0	50	0	0	0	0,25	0	0	0
OSa.50.50.0.W	50	0	50	0	0	0	0	0,25	0	0
OSa.50.50.0.R	50	0	50	0	0	0	0	0	0,25	0
OSa.50.50.0.H	50	0	50	0	0	0	0	0	0	0,25

Prema predloženim recepturama, izrađeni su uzorci za ispitivanje tlačne i vlačne čvrstoće, posmične čvrstoće, kohezije i kuta unutarnjeg trenja te prizme za ispitivanje koeficijenta toplinske provodljivosti. Nadalje, materijal za izradu triju mješavina (OSa.100.0.0, OSa.50.25.25 i OSa.50.50.0) poslan je u Građevinski fakultet u Rijeci, čime je provjeren utjecaj ljudskog faktora na rezultate tlačne i vlačne čvrstoće.

3. Granulometrijski sastav

Granulometrijski sastav je raspodjela zrna u uzorku po veličini prema zastupljenosti u masi (postotku mase). Na temelju granulometrijskog sastava, tla se mogu klasificirati (nekoherentna tla) te se mogu okvirno predvidjeti neke fizikalne karakteristike tla (npr. propusnost, osjetljivost na smrzavanje). Ispitivanje granulometrijskog sastava promatranih uzoraka provedeno je kombinacijom sijanja uzorka kroz set sita i areometriranja u skladu s normom HRN EN ISO 17892-4.

3.1. Opis postupka ispitivanja

Prvo je provedeno mokro sijanje pri čemu su odvojene čestice promjera manjeg od 0,063 mm od čestica većeg promjera. Čestice promjera većeg od 0,063 mm su potom osušene u sušioniku kako bi se proveo postupak (suhog) sijanja (slika 3.1). Nakon sušenja uzorka u

sušioniku (i vaganja), uzorak je stavljen na sita koja su posložena od veće veličine otvora prema manjoj te je provedena trešnja sita s uzorkom kroz 15 minuta (tako da ne bude razlike u masama nakon daljnjeg protresanja sita). Potom su sita s ostatkom izvagana kako bi se mogao utvrditi udio zadržanog materijala na pojedinoj situ. Sijanje je provedeno kroz set sita od 31,5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm te 0,063 mm.



Slika 3.1 Sita za ispitivanje granulometrijskog sastava

Čestice promjera manjeg od 0,063 mm ispitane su areometriranjem. Priprema uzoraka provedena je prema HRN EN ISO 17892-4. Uzorci su nakon prebacivanja u menzure, promućkani ručno 60 puta (okretanje menzure gore-dolje) te ostavljeni preko noći prema uputama danim u ASTM D7928-16 kako bi se provjerilo dolazi li do koagulacije. Potom su menzure s uzorcima ponovno promućkane (gore-dolje) 60 puta te je započelo mjerenje areometrom (slika 3.2). Ispitivanje se temelji na Stokesovom zakonu brzine padanja čestica, pri čemu veće čestice padaju brže od sitnijih. Areometrom se rade očitavanja gustoće otopine u određenim vremenskim intervalima kako bi se mogla utvrditi raspodjela veličine čestica sitnijih od 0,063 mm. Očitavanja su uzeta nakon 0,5 min, 1 min, 2 min, 4 min, 8 min, 30 min, 1 h, 2 h, 6 h i 24 h prema preporukama danim u HRN EN ISO 17892-4. Dodatno je izmjerena i temperatura otopine u trenutcima očitavanja.



Slika 3.2 Ispitivanje granulometrijskog sastava tla areometriranjem

3.2. Rezultati ispitivanja

U nastavku su dani rezultati ispitivanja granulometrijskog sastava mješavina. Mješavine OSa.50.50.0.L4 i OSa.50.50.0.L8 imaju isti udio osnovnog tla i savskog sitnog šljunka kao i uzorak OSa.50.50.0, jedino je tim mješavinama dodano vapno u određenom udjelu. Budući da vapno nije bilo moguće ispitati areometriranjem standardnim postupkom, u nastavku su

prikazani samo rezultati za osnovnu mješavinu OSa.50.50.0. Mješavine OSa.50.50.0.B, OSa.50.50.0.O, OSa.50.50.0.W, OSa.50.50.0.R i OSa.50.50.0.H sadrže sitno izrezane stabljike žitarica ili industrijske konoplje, a osnovna mješavina kojoj su žitarice ili industrijska konoplja dodane je OSa.50.50.0. Stoga su u nastavku prikazani rezultati za sljedeće mješavine: OSa.100.0.0, OSa.40.20.40, OSa.44.56.0, OSa.40.50.10, OSa.48.48.4, OSa.50.25.25, OSa.29.14.57 i OSa.50.50.0.

3.2.1. OSa.100.0.0

U tablici 3.1 prikazani su rezultati prolaska kroz sita nakon suhog sijanja, a u tablici 3.2, rezultati areometriranja. Na temelju toga određena je granulometrijska krivulja uzorka, prikazana tablicom 3.3 i slikom 3.3.

Tablica 3.1 Prolazak kroz sito nakon suhog sijanja - OSa.100.0.0

Veličina otvora sita, / mm	Prolaz kroz sito, / %
16	100,00
8	100,00
4	98,77
2	95,06
1	91,63
0,5	87,65
0,25	86,42
0,125	81,48
0,063	44,44

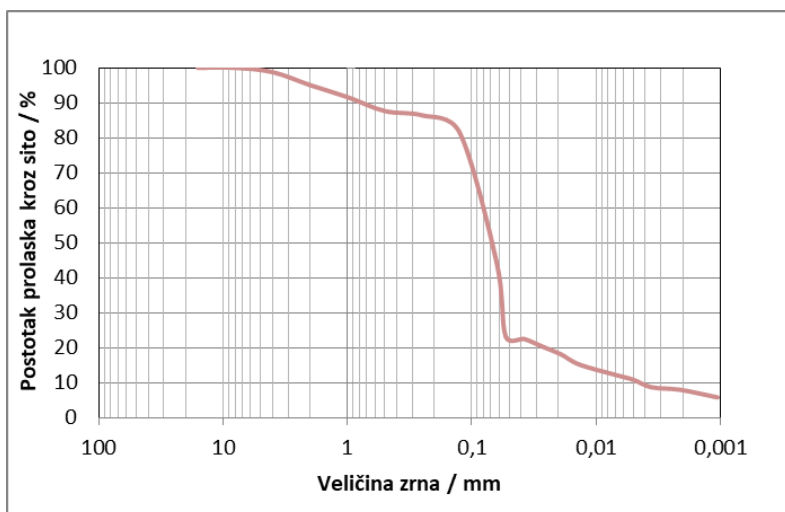
* pribrojena masa čestica manjih od 0,063 mm koja je uklonjena mokrim sijanjem

Tablica 3.2 Rezultati areometriranja - OSa.100.0.0

Vrijeme, / min	Očitanje, R_h'	Korigirano očitanje, R_h	Temperatura otopine, / °C	Kontrolno očitanje, R_0'	Viskoznost, η , /mPa·s	Efektivna dubina, H_r , / mm	Promjer zrna, D , / mm	% čestica manji od D , K , / %
0,5	1,00800	1,00825	26,00	1,000	0,873429	141,8084	0,05328	52,27
1	1,00775	1,00800	26,00	1,000	0,873429	142,5128	0,03776	50,64
2	1,00700	1,00725	26,00	1,000	0,873429	144,6300	0,02690	45,74
4	1,00625	1,00650	26,00	1,000	0,873429	146,7531	0,01916	40,84
8	1,00525	1,00550	26,00	1,000	0,873429	149,5931	0,01368	34,30
30	1,00425	1,00450	26,00	1,000	0,873429	152,4435	0,00713	27,77
60	1,00375	1,00400	26,50	1,000	0,863659	153,8726	0,00504	24,50
120	1,00300	1,00325	27,00	1,000	0,854058	156,0212	0,00357	19,60
360	1,00275	1,00300	26,00	1,000	0,873429	156,7387	0,00209	17,97
1440	1,00200	1,00225	26,00	1,000	0,873429	158,8952	0,00105	13,07

Tablica 3.3 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.100.0.0

Veličina zrna / mm	% čestica manjeg promjera
16	100,0
8	100,0
4	98,8
2	95,1
1	91,6
0,5	87,7
0,25	86,4
0,125	81,5
0,063	44,4
0,0533	23,2
0,0378	22,5
0,0269	20,3
0,0192	18,1
0,0137	15,2
0,0071	12,3
0,0050	10,9
0,0036	8,7
0,0021	8,0
0,0011	5,8



Slika 3.3 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.100.0.0

3.2.2. OSa.40.20.40

U tablici 3.4 prikazani su rezultati prolaska kroz sita nakon suhog sijanja, a u tablici 3.5, rezultati areometriranja. Na temelju toga određena je granulometrijska krivulja uzorka, prikazana tablicom 3.6 i slikom 3.4.

Tablica 3.4 Prolazak kroz sito nakon suhog sijanja - OSa.40.20.40

Veličina otvora sita, / mm	Prolaz kroz sito, / %
16	100,00
8	100,00
4	98,98
2	93,46
1	90,01
0,5	86,83
0,25	68,66
0,125	40,59
0,063	33,45

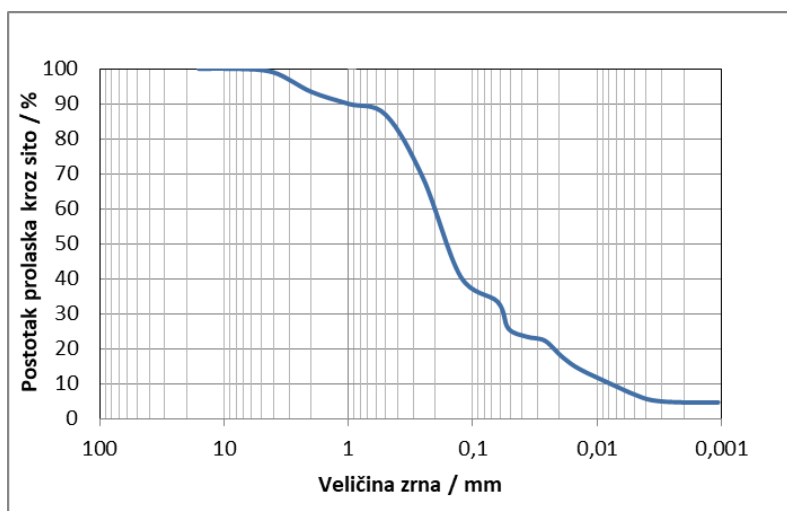
* pribrojena masa čestica manjih od 0,063 mm koja je uklonjena mokrim sijanjem

Tablica 3.5 Rezultati areometriranja - OSa.40.20.40

Vrijeme, / min	Očitanje, R_h	Korigirano očitanje, R_h	Temperatur a otopine, / $^{\circ}C$	Kontrolno očitanje, R_0	Viskoznost, η , /mPa·s	Efektivna dubina, H_r , / mm	Promjer zrna, D_i , / mm	% čestica manji od D_i , K_i , /%
0,5	1,01100	1,01125	25,50	1,000	0,883373	133,4064	0,051677	77,15
1	1,01000	1,01025	25,50	1,000	0,883373	136,1966	0,036921	70,13
2	1,00950	1,00975	25,50	1,000	0,883373	137,5956	0,026241	66,63
4	1,00750	1,00775	25,50	1,000	0,883373	143,2179	0,018931	52,60
8	1,00600	1,00625	25,50	1,000	0,883373	147,4621	0,013583	42,08
30	1,00400	1,00425	25,75	1,000	0,878379	153,1577	0,007128	28,05
60	1,00300	1,00325	26,00	1,000	0,873429	156,0212	0,005073	21,04
120	1,00225	1,00250	26,50	1,000	0,863659	158,1757	0,003591	15,78
360	1,00200	1,00225	26,50	1,000	0,863659	158,8952	0,002078	14,03
1440	1,00200	1,00225	25,00	1,000	0,893494	158,8952	0,001057	14,03

Tablica 3.6 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.40.20.40

Veličina zrna / mm	% čestica manjeg promjera
16	100,0
8	100,0
4	99,0
2	93,5
1	90,0
0,5	86,8
0,25	68,7
0,125	40,6
0,063	33,4
0,0517	25,8
0,0369	23,5
0,0262	22,3
0,0189	17,6
0,0136	14,1
0,0071	9,4
0,0051	7,0
0,0036	5,3
0,0021	4,7
0,0011	4,7



Slika 3.4 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.40.20.40

3.2.3. OSa.44.56.0

U tablici 3.7 prikazani su rezultati prolaska kroz sita nakon suhog sijanja, a u tablici 3.8, rezultati areometriranja. Na temelju toga određena je granulometrijska krivulja uzorka, prikazana tablicom 3.9 i slikom 3.5.

Tablica 3.7 Prolazak kroz sito nakon suhog sisanja - OSa.44.56.0

Veličina otvora sita, / mm	Prolaz kroz sito, / %
16	100,00
8	100,00
4	98,76
2	90,91
1	86,34
0,5	82,19
0,25	65,65
0,125	54,12
0,063	42,28

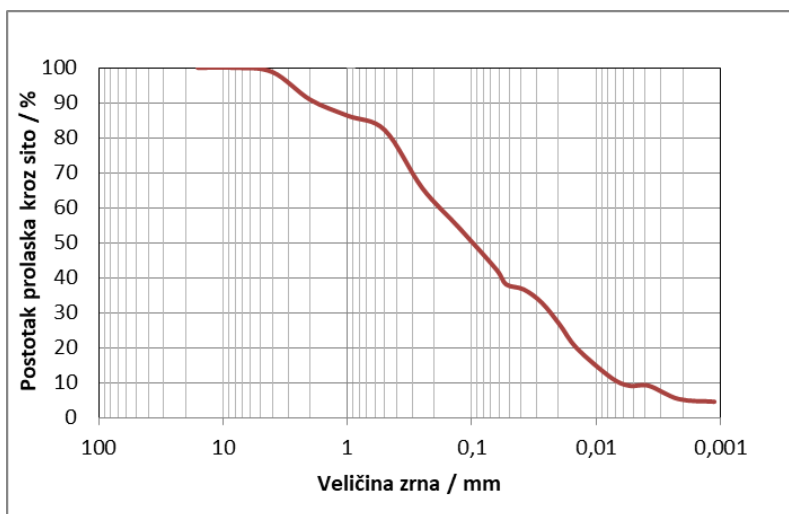
* pribrojena masa čestica manjih od 0,063 mm koja je uklonjena mokrim sisanjem

Tablica 3.8 Rezultati areometriranja - OSa.44.56.0

Vrijeme, / min	Očitanje, R_h	Korigirano očitanje, R_h	Temperatura otopine, / °C	Kontrolno očitanje, R_0	Viskoznost, η , /mPa·s	Efektivna dubina, H_r , / mm	Promjer zrna, D_r , / mm	% čestica manji od D_r , K_r , / %
0,5	1,01450	1,01475	20,00	1,00200	1,005414	123,7233	0,052995	90,21
1	1,01350	1,01375	20,00	1,00150	1,005414	126,4768	0,037888	86,60
2	1,01225	1,01250	20,00	1,00150	1,005414	129,9335	0,027154	77,58
4	1,01000	1,01025	20,00	1,00125	1,005414	136,1966	0,019658	63,15
8	1,00775	1,00800	20,00	1,00125	1,005414	142,5128	0,014219	46,91
30	1,00500	1,00525	20,00	1,00125	1,005414	150,3047	0,007541	27,06
60	1,00400	1,00425	20,00	1,00100	1,005414	153,1577	0,005383	21,65
120	1,00400	1,00425	21,00	1,00100	0,981360	153,1577	0,003760	21,65
360	1,00275	1,00300	22,50	1,00100	0,946905	156,7387	0,002157	12,63
1440	1,00250	1,00275	20,00	1,00100	1,005414	157,4569	0,001114	10,83

Tablica 3.9 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.44.56.0

Veličina zrna / mm	% čestica manjeg promjera
16	100,0
8	100,0
4	98,8
2	90,9
1	86,3
0,5	82,2
0,25	65,6
0,125	54,1
0,063	42,3
0,0530	38,1
0,0379	36,6
0,0272	32,8
0,0197	26,7
0,0142	19,8
0,0075	11,4
0,0054	9,2
0,0038	9,2
0,0022	5,3
0,0011	4,6



Slika 3.5 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.44.56.0

3.2.4. OSa.40.50.10

U tablici 3.10 prikazani su rezultati prolaska kroz sita nakon suhog sijanja, a u tablici 3.11, rezultati areometriranja. Na temelju toga određena je granulometrijska krivulja uzorka, prikazana tablicom 3.12 i slikom 3.6.

Tablica 3.10 Prolazak kroz sito nakon suhog sijanja - OSa.40.50.10

Veličina otvora sita, / mm	Prolaz kroz sito, / %
16	100,00
8	99,63
4	92,44
2	73,26
1	60,06
0,5	50,52
0,25	41,48
0,125	36,47
0,063	31,76

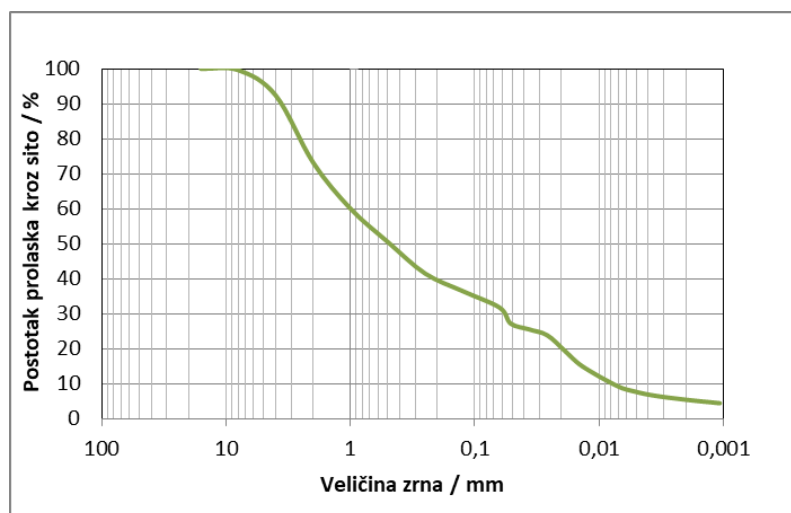
* pribrojena masa čestica manjih od 0,063 mm koja je uklonjena mokrim sijanjem

Tablica 3.11 Rezultati areometriranja - OSa.40.50.10

Vrijeme, / min	Očitavanje, R_h	Korigirano očitavanje, R_h	Temperatura otopine, / $^{\circ}\text{C}$	Kontrolno očitavanje, R_0	Viskoznost, η , / mPa·s	Efektivna dubina, H_r , / mm	Promjer zrna, D , / mm	% čestica manji od D , K , / %
0,5	1,01250	1,01275	25,50	1,00025	0,883373	129,2408	0,051245	85,64
1	1,01175	1,01200	25,50	1,00025	0,883373	131,3207	0,036526	80,40
2	1,01100	1,01125	25,25	1,00025	0,888411	133,4064	0,026106	75,15
4	1,00900	1,00925	25,25	1,00025	0,888411	138,9973	0,018843	61,17
8	1,00700	1,00725	25,25	1,00025	0,888411	144,6300	0,013591	47,19
30	1,00425	1,00450	25,25	1,00000	0,888411	152,4435	0,007205	29,71
60	1,00350	1,00375	25,25	1,00000	0,888411	154,5882	0,005131	24,47
120	1,00300	1,00325	25,25	1,00000	0,888411	156,0212	0,003645	20,97
360	1,00250	1,00275	25,00	1,00000	0,893494	157,4569	0,002120	17,48
1440	1,00200	1,00225	25,00	1,00000	0,893494	158,8952	0,001065	13,98

Tablica 3.12 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.40.50.10

Veličina zrna / mm	% čestica manjeg promjera
16	100,0
8	99,6
4	92,4
2	73,3
1	60,1
0,5	50,5
0,25	41,5
0,125	36,5
0,063	31,8
0,0512	27,2
0,0365	25,5
0,0261	23,9
0,0188	19,4
0,0136	15,0
0,0072	9,4
0,0051	7,8
0,0036	6,7
0,0021	5,6
0,0011	4,4



Slika 3.6 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.40.50.10

3.2.5. OSa.48.48.4

U tablici 3.13 prikazani su rezultati prolaska kroz sita nakon suhog sijanja, a u tablici 3.14, rezultati areometriranja. Na temelju toga određena je granulometrijska krivulja uzorka, prikazana tablicom 3.15 i slikom 3.7.

Tablica 3.13 Prolazak kroz sito nakon suhog sisanja - OSa.48.48.4

Velicina otvora sita, / mm	Prolaz kroz sito, / %
16	100,00
8	99,40
4	94,27
2	79,40
1	67,09
0,5	57,42
0,25	49,72
0,125	46,77
0,063	45,36

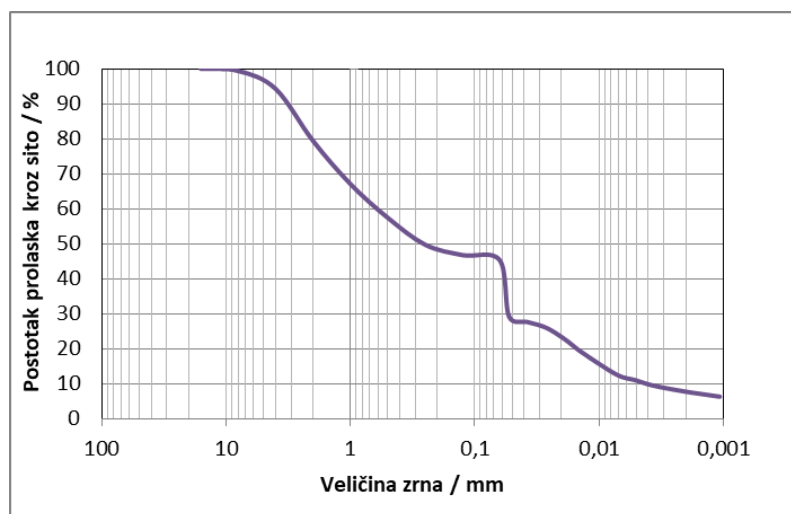
* pribrojena masa čestica manjih od 0,063 mm koja je uklonjena mokrim sisanjem

Tablica 3.14 Rezultati areometriranja - OSa.48.48.4

Vrijeme, / min	Očitanje, R_h	Korigirano očitanje, R_h	Temperatura otopine, / °C	Kontrolno očitanje, R_0	Viskoznost, η, /mPa·s	Efektivna dubina, H_r, / mm	Promjer zrna, D, / mm	% čestica manji od D, K, / %
0,5	1,00950	1,00975	25,50	1,00025	0,883373	137,5956	0,052875	64,41
1	1,00900	1,00925	25,50	1,00025	0,883373	138,9973	0,037578	60,93
2	1,00850	1,00875	25,25	1,00025	0,888411	140,4015	0,026782	57,44
4	1,00750	1,00775	25,25	1,00025	0,888411	143,2179	0,019127	50,48
8	1,00625	1,00650	25,25	1,00025	0,888411	146,7531	0,013690	41,78
30	1,00400	1,00425	25,25	1,00000	0,888411	153,1577	0,007222	27,85
60	1,00350	1,00375	25,25	1,00000	0,888411	154,5882	0,005131	24,37
120	1,00300	1,00325	25,25	1,00000	0,888411	156,0212	0,003645	20,89
360	1,00250	1,00275	25,00	1,00000	0,893494	157,4569	0,002120	17,41
1440	1,00200	1,00225	25,00	1,00000	0,893494	158,8952	0,001065	13,93

Tablica 3.15 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.48.48.4

Velčina zrna / mm	% čestica manjeg promjera
16	100,0
8	99,4
4	94,3
2	79,4
1	67,1
0,5	57,4
0,25	49,7
0,125	46,8
0,063	45,4
0,0529	29,2
0,0376	27,6
0,0268	26,1
0,0191	22,9
0,0137	18,9
0,0072	12,6
0,0051	11,1
0,0036	9,5
0,0021	7,9
0,0011	6,3



Slika 3.7 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.48.48.4

3.2.6. OSa.50.25.25

U tablici 3.16 prikazani su rezultati prolaska kroz sita nakon suhog sisanja, a u tablici 3.17, rezultati areometriranja. Na temelju toga određena je granulometrijska krivulja uzorka, prikazana tablicom 3.18 i slikom 3.8.

Tablica 3.16 Prolazak kroz sito nakon suhog sisanja - OSa.50.25.25

Velčina otvora sita, / mm	Prolaz kroz sito, / %
16	100,00
8	100,00
4	97,69
2	89,88
1	83,27
0,5	77,84
0,25	67,23
0,125	46,67
0,063	44,57

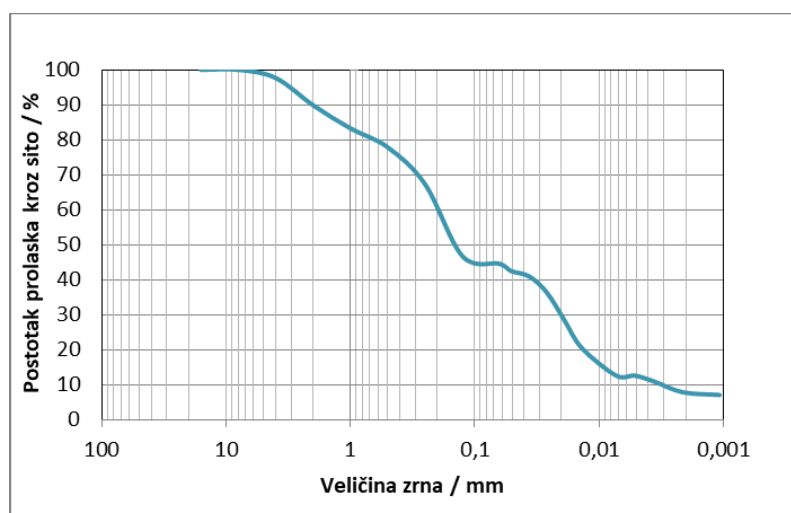
* pribrojena masa čestica manjih od 0,063 mm koja je uklonjena mokrim sisanjem

Tablica 3.17 Rezultati areometriranja - OSa.50.25.25

Vrijeme, / min	Očitanje, R_h	Korigirano očitanje, R_h	Temperatur a otopine, / $^{\circ}C$	Kontrolno očitanje, R_0'	Viskoznost, η , /mPa·s	Efektivna dubina, H_r , / mm	Promjer zrna, D_i , / mm	% čestica manji od D_i , K_i , /%
0,5	1,01400	1,01425	24,50	1,0005	0,903796	125,0988	0,050996	95,36
1	1,01350	1,01375	24,50	1,0005	0,903796	126,4768	0,036258	91,83
2	1,01200	1,01225	24,50	1,0005	0,903796	130,6267	0,026055	81,23
4	1,00950	1,00975	24,50	1,0005	0,903796	137,5956	0,018909	63,57
8	1,00700	1,00725	24,50	1,0005	0,903796	144,6300	0,013708	45,91
30	1,00450	1,00475	24,50	1,0005	0,903796	151,7299	0,007251	28,25
60	1,00400	1,00425	24,50	1,0000	0,903796	153,1577	0,005151	28,25
120	1,00350	1,00375	24,75	1,0000	0,898622	154,5882	0,003649	24,72
360	1,00250	1,00275	25,00	1,0000	0,893494	157,4569	0,002120	17,66
1440	1,00225	1,00250	24,50	1,0000	0,903796	158,1757	0,001069	15,89

Tablica 3.18 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.50.25.25

Veličina zrna / mm	% čestica manjeg promjera
16	100,0
8	100,0
4	97,7
2	89,9
1	83,3
0,5	77,8
0,25	67,2
0,125	46,7
0,063	44,6
0,0510	42,5
0,0363	40,9
0,0261	36,2
0,0189	28,3
0,0137	20,5
0,0073	12,6
0,0052	12,6
0,0036	11,0
0,0021	7,9
0,0011	7,1



Slika 3.8 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.50.25.25

3.2.7. OSa.29.14.57

U tablici 3.19 prikazani su rezultati prolaska kroz sita nakon suhog sijanja, a u tablici 3.20, rezultati areometriranja. Na temelju toga određena je granulometrijska krivulja uzorka, prikazana tablicom 3.21 i slikom 3.9.

Tablica 3.19 Prolazak kroz sito nakon suhog sisanja - OSa.29.14.57

Veličina otvora sita, / mm	Prolaz kroz sito, / %
16	100,00
8	100,00
4	92,52
2	75,46
1	62,22
0,5	52,08
0,25	40,50
0,125	28,01
0,063	26,78

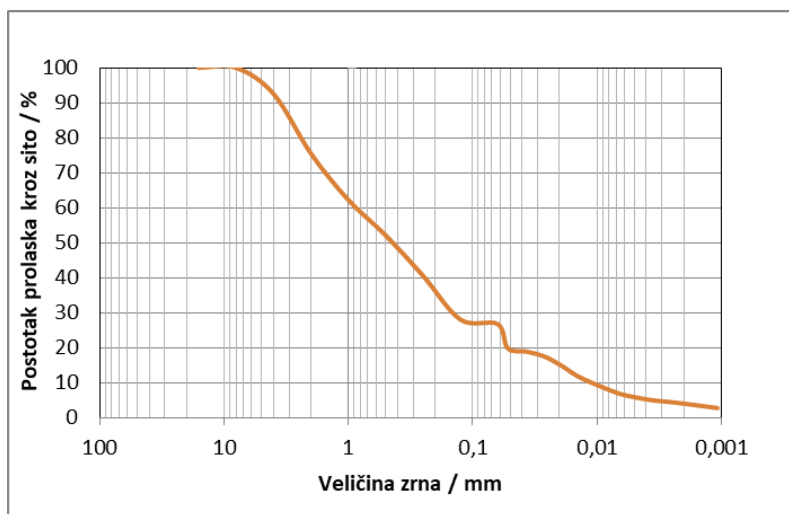
* pribrojena masa čestica manjih od 0,063 mm koja je uklonjena mokrim sisanjem

Tablica 3.20 Rezultati areometriranja - OSa.29.14.57

Vrijeme, / min	Očitavanje, R_h	Korigirano očitavanje, R_h	Temperatura otopine, / °C	Kontrolno očitavanje, R_0'	Viskoznost, η , /mPa·s	Efektivna dubina, H_r , / mm	Promjer zrna, D , / mm	% čestica manji od D , K , / %
0,5	1,01100	1,01125	25,50	1,00025	0,883373	133,4064	0,052162	74,04
1	1,01050	1,01075	25,50	1,00025	0,883373	134,8002	0,037076	70,59
2	1,00975	1,01000	25,25	1,00025	0,888411	136,8958	0,026495	65,43
4	1,00825	1,00850	25,25	1,00025	0,888411	141,1047	0,019021	55,10
8	1,00650	1,00675	25,25	1,00025	0,888411	146,0448	0,013683	43,05
30	1,00400	1,00425	25,25	1,00000	0,888411	153,1577	0,007236	27,55
60	1,00325	1,00350	25,25	1,00000	0,888411	155,3044	0,005152	22,38
120	1,00275	1,00300	25,25	1,00000	0,888411	156,7387	0,003660	18,94
360	1,00225	1,00250	25,00	1,00000	0,893494	158,1757	0,002129	15,50
1440	1,00150	1,00175	25,00	1,00000	0,893494	160,3361	0,001072	10,33

Tablica 3.21 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.29.14.57

Veličina zrna / mm	% čestica manjeg promjera
16	100,0
8	100,0
4	92,5
2	75,5
1	62,2
0,5	52,1
0,25	40,5
0,125	28,0
0,063	26,8
0,0522	19,8
0,0371	18,9
0,0265	17,5
0,0190	14,8
0,0137	11,5
0,0072	7,4
0,0052	6,0
0,0037	5,1
0,0021	4,1
0,0011	2,8



Slika 3.9 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.29.14.57

3.2.8. OSa.50.50.0

U tablici 3.22 prikazani su rezultati prolaska kroz sita nakon suhog sijanja, a u tablici 3.23, rezultati areometriranja. Na temelju toga određena je granulometrijska krivulja uzorka, prikazana tablicom 3.24 i slikom 3.10.

Tablica 3.22 Prolazak kroz sito nakon suhog sijanja - OSa.50.50.0

Veličina otvora sita, / mm	Prolaz kroz sito, / %
16	100,00
8	100,00
4	94,73
2	78,60
1	66,37
0,5	57,62
0,25	51,20
0,125	49,12
0,063	47,69

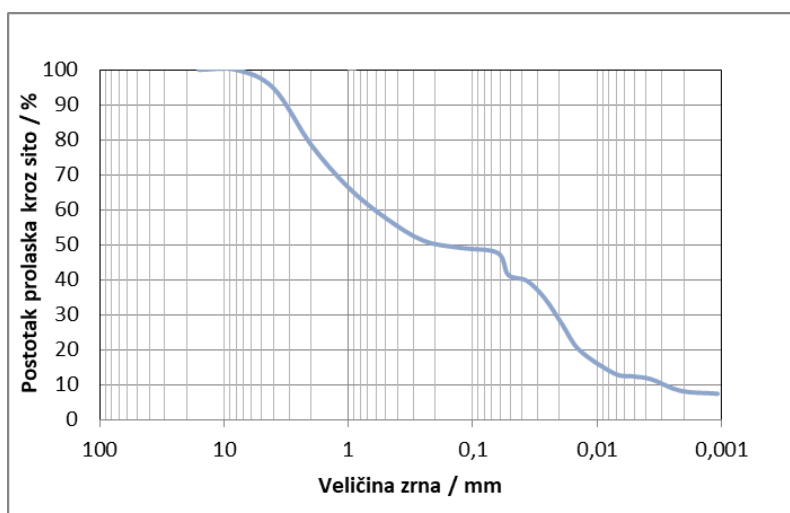
* pribrojena masa čestica manjih od 0,063 mm koja je uklonjena mokrim sijanjem

Tablica 3.23 Rezultati areometriranja - OSa.50.50.0

Vrijeme, / min	Očitanje, R_h	Korigirano očitanje, R_h	Temperatura otopine, / °C	Kontrolno očitanje, R_0	Viskoznost, η , /mPa·s	Efektivna dubina, H_r , / mm	Promjer zrna, D , / mm	% čestica manji od D , K , / %
0,5	1,01300	1,01325	24,50	1,0005	0,903796	127,8575	0,051653	86,75
1	1,01250	1,01275	24,50	1,0005	0,903796	129,2408	0,036721	83,28
2	1,01100	1,01125	24,50	1,0005	0,903796	133,4064	0,026381	72,87
4	1,00875	1,00900	24,50	1,0005	0,903796	139,6991	0,019089	57,25
8	1,00650	1,00675	24,50	1,0005	0,903796	146,0448	0,013801	41,64
30	1,00450	1,00475	24,50	1,0005	0,903796	151,7299	0,007264	27,76
60	1,00375	1,00400	24,50	1,0000	0,903796	153,8726	0,005173	26,02
120	1,00350	1,00375	24,75	1,0000	0,898622	154,5882	0,003656	24,29
360	1,00250	1,00275	25,00	1,0000	0,893494	157,4569	0,002124	17,35
1440	1,00225	1,00250	24,50	1,0000	0,903796	158,1757	0,001071	15,61

Tablica 3.24 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.50.50.0

Veličina zrna / mm	% čestica manjeg promjera
16	100,0
8	100,0
4	94,7
2	78,6
1	66,4
0,5	57,6
0,25	51,2
0,125	49,1
0,063	47,7
0,0517	41,4
0,0367	39,7
0,0264	34,8
0,0191	27,3
0,0138	19,9
0,0073	13,2
0,0052	12,4
0,0037	11,6
0,0021	8,3
0,0011	7,4



Slika 3.10 Granulometrijska krivulja uzorka - OSa.50.50.0

3.3. Diskusija rezultata

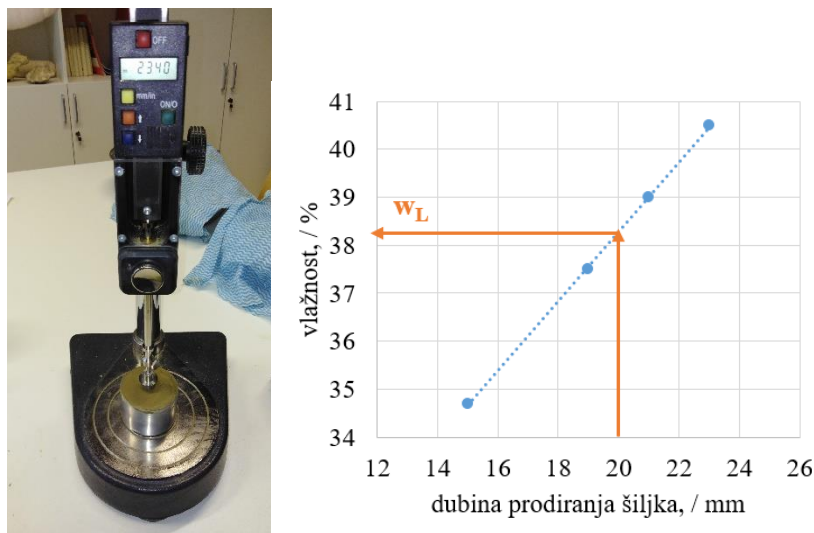
Na temelju dobivenih granulometrijskih krivulja za navedene mješavine, može se vidjeti kako sve mješavine imaju više od 30 % čestica gline i praha. Zastupljenosti čestica šljunka varira od mješavina te je udio čestica većih od 2 mm u rasponu od 4,9 % (mješavina OSa.100.0.0) pa sve do 26,7 % (OSa.40.50.10). Udio pijeska je u rasponu od 30,9 % (mješavina OSa.50.50.0) pa sve do 60 % (mješavina OSa.40.20.40).

4. Atterbergove granice

Provedena su ispitivanja granice tečenja pokusom padajućeg šiljka i Casagrandeovim uređajem, granica plastičnosti i granica skupljanja. Uzorci na kojima su provedena ispitivanja su prethodno pripremljeni mokrim sijanjem tako da je najveće zrno u uzorku bilo 0,425 mm.

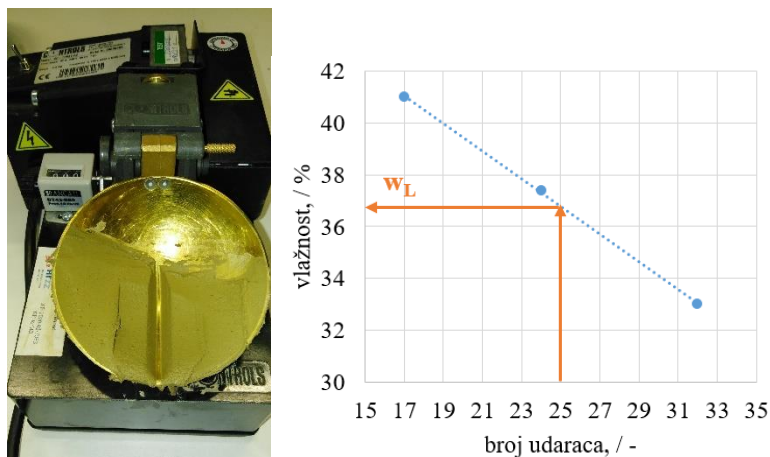
4.1. Opis postupka ispitivanja

Pokus padajućeg šiljka provodi se tako da se u posudicu ugradi tlo određene vlažnosti te se posudica postavlja na postolje uređaja ispod šiljka. Šiljak se otpušta da slobodno tone u uzorak kroz 5 s nakon čega se šiljak zakoči od daljnjeg tonjenja. Granicom tečenja smatra se vlažnost pri kojoj je šiljak utonuo u uzorak 20 mm. Norma HRN EN ISO 17892-12 navodi da je potrebno provesti ispitivanja pri barem 4 različite vlažnosti na istom materijalu tako da šiljak tone u rasponu od 15 do 25 mm u uzorak. Vlažnosti ispitanih uzoraka su provedene u skladu s HRN EN ISO 17892-1. Na temelju dobivenih rezultata iz dijagrama tada je moguće očitavanje vlažnosti pri kojoj je šiljak utonuo u uzorak 20 mm (vlažnost na granici tečenja, slika 4.1). Za potrebe provedbe ispitivanja korišten je šiljak od 30° i mase 80 g. Na slici 4.1 dan je prikaz uređaja i jednog od uzoraka osnovnog tla nakon ispitivanja.



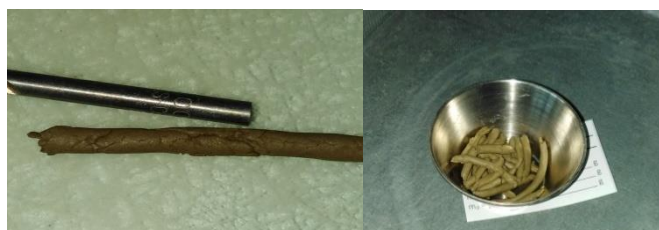
Slika 4.1 Ispitivanje granice tečenja pokusom padajućeg šiljka, lijevo: uzorak nakon ispitivanja; desno: prikaz dijagrama rezultata ispitivanja za utvrđivanje granice tečenja

Ispitivanje Casagrandeovim uređajem provodi se tako da se u posudicu uređaja stavi tlo određene vlažnosti te se u tako ugrađenom tlu napravi zarez posebnim alatom - nožem. U pokusu se broje udarci posudice (u kojoj se nalazi uzorak) o podlogu koji su potrebni za zatvaranje zarez od 13 mm. Smatra se da je tlo na granici tečenja za 25 udaraca. ASTM D 4318 navodi da je potrebno barem 3 ispitivanja na istom materijalu pri različitim vlažnostima (raspon udaraca za uzorke 15 do 25, 20 do 30 i 25 do 35) kako bi se iz dobivenih rezultata – dijagrama mogla očitati vlažnost za 25 udaraca (vlažnost na granici tečenja, slika 4.2). Vlažnosti ispitanih uzoraka su provedene u skladu s HRN EN ISO 17892-1. Na slici 4.2 može se vidjeti uzorak osnovnog tla u Casagrandeovom uređaju prije ispitivanja.



Slika 4.2 Ispitivanje granice tečenja Casagrandeovim uređajem, lijevo: uzorak prije ispitivanja; desno: prikaz dijagrama rezultata ispitivanja za utvrđivanje granice tečenja

Granica plastičnosti predstavlja najnižu vlažnost pri kojoj je tlo plastično. Ispitivanje vlažnosti na granici plastičnosti provedeno je prema HRN EN ISO 17892-12 tzv. valjanjem valjčića (slika 4.3). Ispitivanja su provedena na ostatku uzoraka pripremljenih za ispitivanje granice tečenja. Granica plastičnosti predstavlja vlažnost pri kojoj se valjčići debljine 3 mm počinju kidati i pucati. Valjčići promjera 3 mm na kojima su se pojavile pukotine potom izvagani i stavljeni u sušionik na sušenje kroz 24 h na 105 °C (prema normi HRN EN ISO 17892-1). Po sušenju su valjčići ponovno izvagani kako bi se mogla utvrditi vlažnost na granici plastičnosti.



Slika 4.3 Ispitivanje vlažnosti na granici plastičnosti

Granica skupljanja predstavlja vlažnosti nakon koje volumen uzorka ostaje konstantan daljnjim sušenjem. Prilikom sušenja uzorak se steže sve dok nije postignuta zbijena struktura pri čemu se daljnjim djelovanjem kapilarnih sila čestice više ne mogu zbijati. Granica skupljanja utvrđena je prema normi ASTM D 4943. Ispitivanja su provedena na ostatku uzoraka pripremljenih za ispitivanje granice tečenja. Uzorak tla se stavlja u posudicu pravilnog oblika (poznatog volumena i mase) te se izvaže. Potom se uzorak suši u sušioniku nakon čega se utvrđuje masa suhog uzorka (slika 4.4). Ispitivanje volumena uzorka se može provesti potapanjem u vodu ili živu. Ispitivanja su provedena potapanjem uzorka u vodu, stoga se na uzorak nanosi parafin kako bi se osigurala vodonepropusnost. Uzorci se potom ponovno važu kako bi se utvrdio udio parafina te se potapaju u posudu s vodom. Na temelju razlike mase posude u kojoj se nalazi uzorak i mase vode u posudi te poznate mase posude ispunjene s vodom moguće je utvrditi volumen uzorka, a na temelju utvrđene vlažnosti uzorka i volumena uzorka može se utvrditi vlažnost na granici skupljanja (prema izrazu danom u ASTM D 4943; izraz 1).

$$w_s = w - \left[\frac{(V - V_d) \cdot \rho_w}{m_d} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

gdje je: w_s – vlažnost na granici skupljanja, w – vlažnost uzorka u trenutku stavljanja u posudu, V – volumen vlažnog uzorka (volumen posude), V_d – volumen suhog uzorka, ρ_w – gustoća vode, m_d – masa suhog uzorka



Slika 4.4 Uzorci za ispitivanje granice skupljanja nakon sušenja u sušioniku

4.2. Rezultati ispitivanja

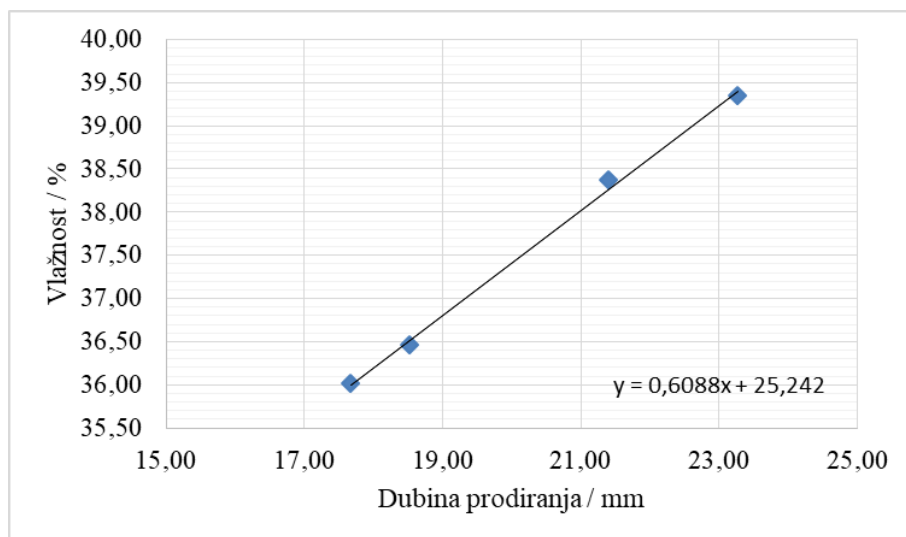
Ispitivanja su provedena za osnovno tlo koje je služilo kako dodatak sitnih čestica u mješavinama OSa.40.20.40, OSa.44.56.0, OSa.40.50.10, OSa.48.48.4, OSa.50.25.25, OSa.29.14.57, OSa.50.50.0, OSa.50.50.0.L4, OSa.50.50.0.L8, OSa.50.50.0.B, OSa.50.50.0.O, OSa.50.50.0.W, OSa.50.50.0.R i OSa.50.50.0.H.

4.2.1. Ispitivanje granice tečenja – padajući šiljak

Ispitivanje je provedeno na uzorcima osnovnog tla, prema normi HRN EN ISO 17892-12:2018. Rezultati granice tečenja prikazani su u tablici 4.1 te na slici 4.5.

Tablica 4.1 Rezultati određivanja granice tečenja metodom padajućeg šiljka

Broj uzorka	1		2		3		4	
Dubina utiskivanja / mm	17,36	17,98	18,46	18,59	21,26	21,53	23,20	23,33
Prosjeck dubine utiskivanja / mm	17,67		18,53		21,40		23,27	
Posuda / g	16,80		11,75		11,83		11,74	
Vlažna masa bruto / g	31,83		22,38		22,36		23,25	
Suha masa bruto / g	27,85		19,54		19,44		20,00	
Suha masa neto / g	11,05		7,79		7,61		8,26	
Gubitak mase / g	3,98		2,84		2,92		3,25	
Vlažnost / %	36,02		36,46		38,37		39,35	
Granica tečenja, w_L / %	37,42							



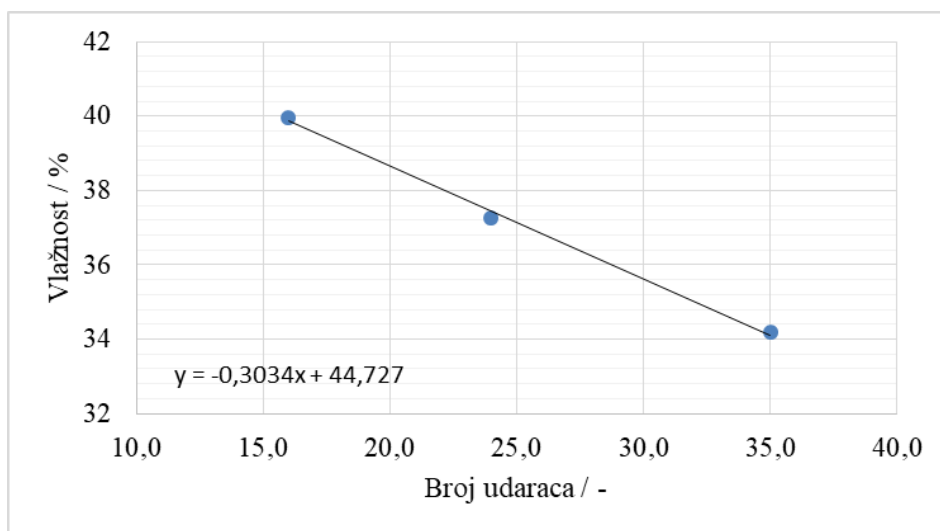
Slika 4.5 Rezultati određivanja granice tečenja metodom padajućeg šiljka

4.2.2. Ispitivanje granice tečenja – Casagrandeov uređaj

Ispitivanje je provedeno na uzorcima osnovnog tla, prema normi ASTM D 4318-17. Rezultati granice tečenja prikazani su u tablici 4.2 te na slici 4.6.

Tablica 4.2 Rezultati određivanja granice tečenja pomoću Casagrandeovog uređaja

Broj uzorka	1	2	3
Broj udaraca / -	16	24	35
Posuda / g	12,85	11,80	11,80
Vlažna masa bruto / g	23,39	22,37	21,81
Suha masa bruto / g	20,38	19,50	19,26
Suha masa neto / g	7,53	7,70	7,46
Vlažnost / %	40,0	37,3	34,2
Granica tečenja, w_L / %	37,14		



Slika 4.6 Rezultati određivanja granice tečenja pomoću Casagrandeovog uređaja

4.2.3. Ispitivanje granice plastičnosti

Ispitivanje je provedeno na uzorcima osnovnog tla, prema normi HRN EN ISO 17892-12:2018. Rezultati granice plastičnosti prikazani su u tablici 4.3.

Tablica 4.3 Rezultati određivanja granice plastičnosti

Pokus br.	1	2	3
Masa posude, / g	11,60	11,60	11,84
Vlažna masa bruto, / g	17,64	17,86	18,06
Suha masa bruto, / g	16,59	16,78	16,97
Gubitak mase, / g	1,05	1,08	1,09
Vlažnost, w_p / %	21,04	20,85	21,25
Prosječna vlažnost, w_p / %		21,05	

4.2.4. Ispitivanje granice skupljanja

Ispitivanje je provedeno na uzorcima osnovnog tla, prema normi ASTM D 4943-08. Rezultati granice plastičnosti prikazani su u tablici 4.4.

Tablica 4.4 Rezultati određivanja granice skupljanja

Pokus br.	1	2	3
Masa posude, / g	7,33	7,33	18,99
Masa posude s vazelinom / g	7,73	7,74	19,23
Volumen posude, / cm^3	25,89	26,43	20,25
Vlažna masa uzorka bruto, / g	50,47	50,82	53,75
Suha masa uzorka bruto, / g	37,19	37,40	42,97
Vlažnost, / %	43,5	43,5	44,1
Masa (suhog) uzorka prije voska, / g	29,78	30,02	23,96
Masa uzorka s voskom, / g	33,01	32,63	26,13
Masa istisnute tekućine, / g	21,31	21,08	15,91
Temperatura tekućine, / $^{\circ}\text{C}$	22,5	22,5	22,5
Gustoća tekućine, / g/cm^3	0,997685	0,997685	0,997685
Volumen uzorka, / cm^3	11,73	11,58	10,24
Gustoća voska, / g/cm^3	0,9	0,9	0,9
Masa voska, / g	3,23	2,61	2,17
Volumen suhog uzorka, / cm^3	17,77	18,23	13,54
Vlažnost na granici skupljanja, / %	16,3	16,2	16,1

4.3. Diskusija rezultata

Iz navedenih rezultata može se vidjeti kako osnovno tlo koje služi za dodavanje sitneži preostalim mješavinama ima vlažnost na granici tečenja od 37 % (zaokružena vrijednost), vlažnost na granici plastičnosti 21 % (zaokružena vrijednost) i vlažnost na granici skupljanja 16 % (zaokružena vrijednost). Prema USCS (ASTM D 2487-17) sustavu klasifikacije tlo je niske plastičnosti, dok je prema ESCS (HRN EN ISO 14688-2) tlo srednje plastičnosti. Indeks plastičnosti osnovnog tla (razlika vlažnosti na granici tečenja i vlažnosti na granici plastičnosti) iznosi 16 %.

5. Gustoća čvrstih čestica

Poznavanje gustoće čvrstih čestica u tlu se koristi za utvrđivanje volumnih odnosa u tlu, primjerice poroziteta. Gustoća čvrstih čestica određena je ispitivanjima s piknometrom prema normi HRN EN ISO 17892-3.

5.1. Opis postupka ispitivanja

Uzorak tla (određene mase) se stavlja u piknometar poznate mase i volumena te se tlo s piknometrom izvaže. U piknometar se potom dodaje destilirana voda. Za potrebe ispitivanja korišten je eksikator koji je bio izložen djelovanju vakuuma zahvaljujući čemu je uklonjen zrak iz uzorka potopljenog (destiliranom) vodom u piknometru (slika 5.1). Po uklanjanju zraka iz uzorka, u piknometre je nadodana deaerirana (destilirana) voda te su piknometri potom izvagani. Usporedbama masa piknometara ispunjenog samo deaeriranom vodom, piknometra ispunjenog uzorkom i deaeriranom vodom te masom (suhog) uzorka na kojemu su provedena ispitivanja, utvrđena je gustoća čvrstih čestica.



Slika 5.1 Ispitivanje gustoće čvrstih čestica s vakuumskim eksikatorom

Ispitivanja s piknometrom su provedena na osnovnom tlu, dravskom pijesku, dravskom sitnom šljunku te savskom sitnom šljunku od kojih su formirane mješavine za ispitivanja. Gustoća čvrstih čestica je izračunata preko sljedećeg izraza (2):

$$\rho_s = \frac{m_d}{\left[\frac{(m_{p+v} - m_p)}{\rho_{v,1}} \right] - \left[\frac{(m_{p+v+u} - m_{p+u})}{\rho_{v,2}} \right]} \quad (2)$$

gdje je: m_d – masa suhog uzorka, m_{p+v} – masa piknometra ispunjenog vodom, m_p – masa piknometra, m_{p+v+u} – masa piknometra s tlom i ispunjenog s vodom, m_{p+u} – masa piknometra sa suhim uzorkom, $\rho_{v,1}$ – gustoća vode pri ispitivanju mase piknometra ispunjenog vodom, $\rho_{v,2}$ – gustoća vode pri ispitivanju mase piknometra s tlom i ispunjenog s vodom

Dodatno je provedeno ispitivanje gustoće vapna budući da se vapno dodaje u određenom udjelu u mješavine OSa.50.50.0.L4 i OSa.50.50.0.L8. Ispitivanje je provedeno s primjenom petroleja umjesto destilirane vode.

Sva ispitivanja za promatrane uzorke su provedena s tri ponavljanja s najvećim dopuštenim odstupanjem od 0,03 Mg/m³.

5.2. Rezultati ispitivanja

5.2.1. Osnovno tlo

U tablici 5.1 dani su rezultati ispitivanja gustoće čvrstih čestica osnovnog tla.

Tablica 5.1 Gustoća čvrstih čestica - osnovno tlo

UZORAK	1	2	3
Masa suhog piknometra, / g	36,46	36,39	36,55
Masa piknometra s vodom, / g	136,59	135,51	136,63
Masa uzorka, / g	11,17	10,86	12,71
Masa suhog uzorka, / g	10,09	9,82	11,48
Masa piknometar + suhi uzorak, / g	46,55	46,21	48,03
Masa piknometar + voda + uzorak, / g	142,84	141,64	143,81
Temperatura vode (piknometar + voda), / °C	23,00	23,00	23,00
Gustoća vode (piknometar + voda) / Mg/m ³	0,99757	0,99757	0,99757
Temperatura vode (piknometar + voda + uzorak), / °C	24,50	24,50	24,50
Gustoća vode (piknometar + voda + uzorak) / Mg/m ³	0,997205	0,99745	0,99745
Gustoća čvrstih čestica / Mg/m ³	2,65	2,68	2,68

5.2.2. Savski sitni šljunak

U tablici 5.2 dani su rezultati ispitivanja gustoće čvrstih čestica savskog sitnog šljunka.

Tablica 5.2 Gustoća čvrstih čestica – savski sitni šljunak

UZORAK	1	2	3
Masa suhog piknometra, / g	36,46	36,39	36,55
Masa piknometra s vodom, / g	136,59	135,51	136,63
Masa uzorka, / g	11,34	11,70	11,69
Masa suhog uzorka, / g	11,13	11,48	11,47
Masa piknometar + suhi uzorak, / g	47,59	47,87	48,02
Masa piknometar + voda + uzorak, / g	143,50	142,62	143,74
Temperatura vode (piknometar + voda), / °C	23,00	23,00	23,00
Gustoća vode (piknometar + voda) / Mg/m ³	0,99757	0,99757	0,99757
Temperatura vode (piknometar + voda + uzorak), / °C	23,50	23,50	23,50
Gustoća vode (piknometar + voda + uzorak) / Mg/m ³	0,99745	0,99745	0,99745
Gustoća čvrstih čestica / Mg/m ³	2,64	2,63	2,63

5.2.3. Dravski pijesak

U tablici 5.3 dani su rezultati ispitivanja gustoće čvrstih čestica dravskog pijeska.

Tablica 5.3 Gustoća čvrstih čestica – dravski pijesak

UZORAK	1	2	3
Masa suhog piknometra, / g	36,39	36,55	25,62
Masa piknometra s vodom, / g	135,51	136,63	77,41
Masa uzorka, / g	10,74	12,44	12,85
Masa suhog uzorka, / g	10,73	12,43	12,84
Masa piknometar + suhi uzorak, / g	47,12	48,98	38,46
Masa piknometar + voda + uzorak, / g	142,19	144,37	85,45
Temperatura vode (piknometar + voda), / °C	23,00	23,00	23,00
Gustoća vode (piknometar + voda) / Mg/m ³	0,99757	0,99757	0,99757
Temperatura vode (piknometar + voda + uzorak), / °C	23,50	23,50	23,50
Gustoća vode (piknometar + voda + uzorak) / Mg/m ³	0,99745	0,99745	0,99745
Gustoća čvrstih čestica / Mg/m ³	2,65	2,65	2,67

5.2.4. Dravski sitni šljunak

U tablici 5.4 dani su rezultati ispitivanja gustoće čvrstih čestica dravskog sitnog šljunka.

Tablica 5.4 Gustoća čvrstih čestica – dravski sitni šljunak

UZORAK	1	2	3
Masa suhog piknometra, / g	36,46	36,39	36,55
Masa piknometra s vodom, / g	136,59	135,51	136,63
Masa uzorka, / g	14,12	11,10	11,66
Masa suhog uzorka, / g	14,10	11,08	11,10
Masa piknometar + suhi uzorak, / g	50,56	47,47	47,65
Masa piknometar + voda + uzorak, / g	145,52	142,55	143,67
Temperatura vode (piknometar + voda), / °C	23,00	23,00	23,00
Gustoća vode (piknometar + voda) / Mg/m ³	0,99757	0,99757	0,99757
Temperatura vode (piknometar + voda + uzorak), / °C	24,50	24,50	24,50
Gustoća vode (piknometar + voda + uzorak) / Mg/m ³	0,997205	0,997205	0,997205
Gustoća čvrstih čestica / Mg/m ³	2,74	2,76	2,75

5.2.5. Vapno

U tablici 5.5 dani su rezultati ispitivanja gustoće čvrstih čestica vapna.

Tablica 5.5 Gustoća čvrstih čestica – vapno

UZORAK	1	2	3
Masa suhog piknometra, / g	30,35	30,35	30,35
Volumen piknometra, / cm ³	51,948	51,948	51,948
Masa suhog uzorka, / g	10,51	11,02	10,38
Masa piknometar + suhi uzorak, / g	40,86	41,37	40,73
Masa piknometar + parafin + uzorak, / g	77,77	78,11	77,69
Gustoća parafina / Mg/m ³	0,77	0,77	0,77
Gustoća čvrstih čestica / Mg/m ³	2,62	2,60	2,63

5.2.6. Gustoća čvrstih čestica receptura

Na temelju dobivenih rezultata za pojedine mješavine su izračunate prosječne gustoće čvrstih čestica (tablica 5.6). Budući da mješavine OSa.50.50.0.B, OSa.50.50.0.O, OSa.50.50.0.W, OSa.50.50.0.R i OSa.50.50.0.H sadrže određeni udio organskih tvari (dodane su žitarice i industrijska konoplja osnovnoj mješavini OSa.50.50.0), u tablici je navedena prosječna gustoća čvrstih čestica osnovne mješavine (bez dodatka organskih tvari).

Tablica 5.6 Izračunate vrijednosti gustoća čvrstih čestica mješavina

Mješavina	Gustoća čvrstih čestica, ρ_s, / Mg/m³
OSa.100.0.0	2,67
OSa.40.20.40	2,70
OSa.44.56.0	2,71
OSa.40.50.10	2,66
OSa.48.48.4	2,66
OSa.50.25.25	2,66
OSa.29.14.57	2,65
OSa.50.50.0	2,65
OSa.50.50.0.L4	2,65
OSa.50.50.0.L8	2,65
OSa.50.50.0.B	2,65
OSa.50.50.0.O	2,65
OSa.50.50.0.W	2,65
OSa.50.50.0.R	2,65
OSa.50.50.0.H	2,65

5.3. Diskusija rezultata

Iz navedenih rezultata može se vidjeti kako većina uzoraka ima približno jednake gustoće čvrstih čestica u rasponu 2,65 – 2,67 Mg/m³, dok samo mješavine OSa.40.20.40 i OSa.44.56.0 imaju nešto više vrijednosti (2,70 i 2,71 Mg/m³).

6. Mehanička svojstva

6.1. Izrada uzoraka za ispitivanje

Uzorci su izrađeni za svaku od predloženih 15 mješavina. Pritom su korišteni standardizirani kalupi definirani prema normi za ispitivanje betonskih konstrukcija. Kocke su izrađene u kalupima dimenzija 15 x 15 x 15 cm, a valjci u kalupima 15 x 30 cm.

Materijal korišten za izradu uzoraka pripremljen je barem 24h prije same izrade, kako bi se vlažnost ravnomjerno rasporedila po cijeloj mješavini. Tlo, pijesak te dvije vrste sitnog šljunka strojno su zamiješane u različitim omjerima (slika 6.1), ovisno o pripremljenoj recepturi te je dodana količina vode određena prema „drop testu“.



Slika 6.1 Strojno miješanje materijala

Prema Minke (Minke, 2013), pomoću „drop testa“ određuje se vlažnost pri kojoj je ugradnja uzoraka najlakša. Test se provodi tako da se zamiješa materijal s različitim udjelima vlažnosti. Od svake mješavine, izradi se kugla promjera 4 cm (slika 6.2) koja se ispušta na pod s visine cca. 150 cm (slika 6.3).



Slika 6.2 Kugla pripremljena za provedbu "drop testa"



Slika 6.3 Ispuštanje kugle od zemljanog materijala s visine 150 cm

Optimalna vlažnost odredi se na temelju izgleda kugle nakon što padne na pod. Pritom je moguće razlikovati 4 slučaja. Prvi slučaj (slika 6.4), kada se kugla pri doticaju s podom raspadne na sitne čestice, javlja se u slučaju premale vlažnosti mješavine. Drugi (slika 6.5) i treći slučaj (slika 6.6), kada kugla blago raspuca i veći dijelovi otpadnu, su optimalni. Četvrti slučaj (slika 6.7), kada se kugla spljošti, javlja se kada je vlažnost mješavine prevelika.



Slika 6.4 Prvi slučaj - premala vlažnost mješavine



Slika 6.5 Drugi slučaj - optimalna vlažnost



Slika 6.6 Treći slučaj - optimalna vlažnost



Slika 6.7 Četvrti slučaj - prevelika vlažnost

Vapno je u mješavine dodavano neposredno prije izrade uzorka, kako bi ugradnja bila lakša, te je pritom dodano još vode. Žitarice i vlakna industrijske konoplje prije miješanja su natopljene s vodom kako bi apsorbirale dovoljnu količinu vode do postizanja zasićenog, površinski suhog stanja.

Svi su uzorci izrađeni prateći istu proceduru. Materijal pripremljen za izradu uzoraka kocaka i valjaka ugrađen je zbijanjem u tri sloja. Valjci su zbijani pomoću standardiziranog ručnog nabijača za Proctor pokus (slika 6.8), dok su kocke zbijane pomoću drvenog bata i gumenog čekića. Svaki sloj zbijan je istovjetno, istim brojem udaraca.



Slika 6.8 Zbijanje uzoraka valjaka

6.2. Ispitivanje tlačne i vlačne čvrstoće

U sljedećim poglavljima prikazano je ispitivanje tlačne i vlačne čvrstoće na uzorcima izrađenim od nabijene zemlje. Za svaku mješavinu tlačna je čvrstoća ispitana na tri uzorka kocke i tri uzorka valjka. Vlačna je čvrstoća određena indirektno, ispitivanjem tri uzorka valjka cijepanjem. Prije ispitivanja uzorci su njegovani pri vlažnosti $50 \pm 5 \%$ i temperaturi $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, tijekom 28 dana. Ispitivanje je provedeno koristeći uređaj Shimatzu AG-X kapaciteta 300 kN. Unos opterećenja, za ispitivanje tlačne i vlačne čvrstoće, proveden je kontrolom pomaka 1 mm/min. Prije ispitivanja, svaki je uzorak precizno izmjeren kako bi se mogla odrediti čvrstoća prema izrazima (3) i (4). Uz to, iz sredine svakog ispitnog uzorka izdvojeno je nešto više od 100 grama materijala, za potrebe određivanja vlažnosti prilikom ispitivanja.

$$f_c = \frac{F_{\max}}{A} \quad (3)$$

$$f_t = \frac{2 \cdot F_{\max}}{\pi \cdot H \cdot \Phi} \quad (4)$$

gdje je: f_c – tlačna čvrstoća, F_{\max} – najveća postignuta sila prilikom ispitivanja, A – površina plohe na koju djeluje sila, f_t – vlačna čvrstoća, H – visina uzorka, Φ – promjer uzorka

Modul elastičnosti proračunan je na temelju 30 % vrijednosti tlačne čvrstoće (Silva et al. 2013; 2016; 2018), prema Hookeovom zakonu (5)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (5)$$

gdje je: E – modul elastičnosti, σ – tlačna čvrstoća, ε – deformacija

6.2.1. Mješavina 1 - OSa.100.0.0

Za mješavinu 1 oznake OSa.100.0.0, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.9, 6.10 i 6.11.



a)



b)



c)

Slika 6.9 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.100.0.0



a)

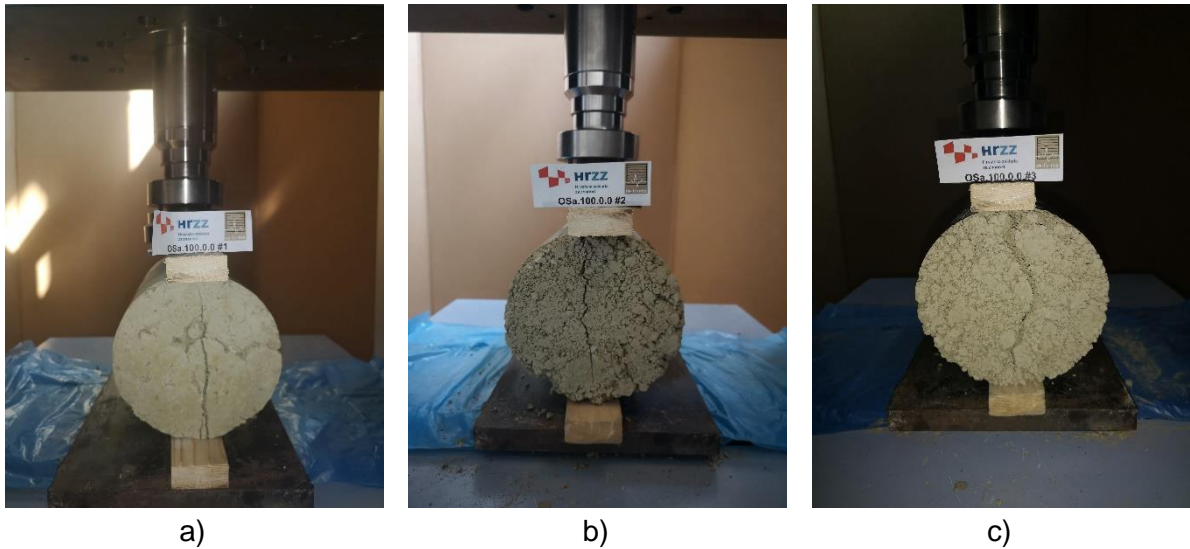


b)



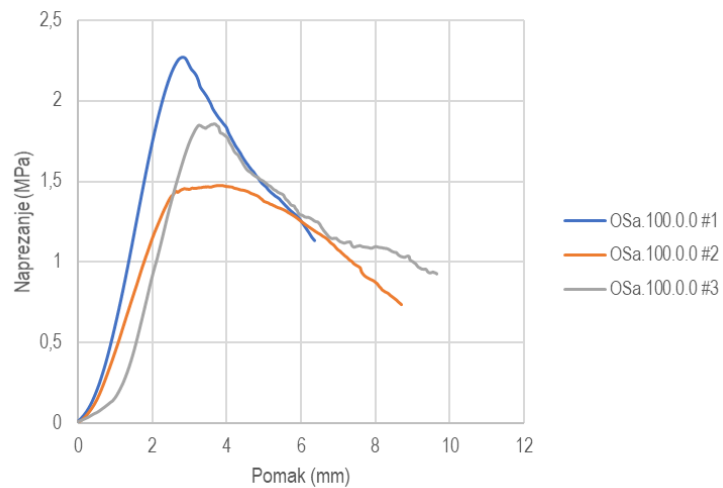
c)

Slika 6.10 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.100.0.0

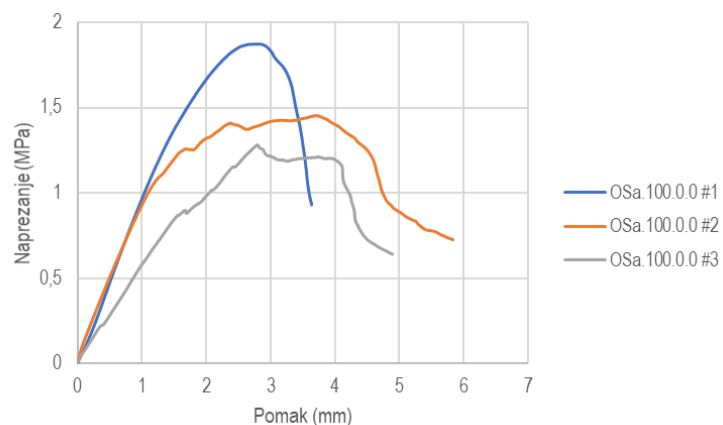


a) b) c)
Slika 6.11 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.100.0.0

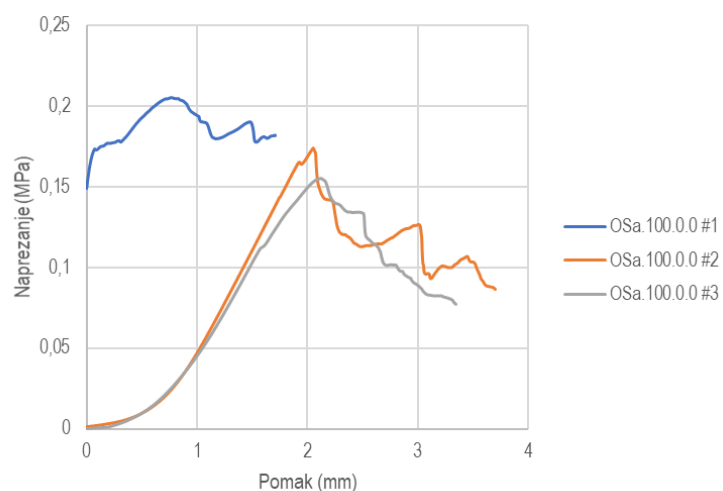
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.12, 6.13 i 6.14. U tablici 6.1 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.2 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.12 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.100.0.0



Slika 6.13 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.100.0.0



Slika 6.14 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima - OSa.100.0.0

Tablica 6.1 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće - OSa.100.0.0

	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	2,27	1,47	1,86
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		1,87	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	1,87	1,46	1,28
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		1,54	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,21	0,17	0,16
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,18	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,32	0,16	0,17
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,22	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,96	1,03	0,57
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,85	

Tablica 6.2 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.100.0.0

	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	2,87	2,82	2,72
Prosječna vlažnost (%)		2,81	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	1,83	2,65	3,00
Prosječna vlažnost (%)		2,83	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	2,67	2,85	2,48
Prosječna vlažnost (%)		2,67	

6.2.2. Mješavina 2 – OSa.40.20.40

Za mješavinu 2 oznake OSa.40.20.40, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.15, 6.16 i 6.17.



a) b) c)
Slika 6.15 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.40.20.40

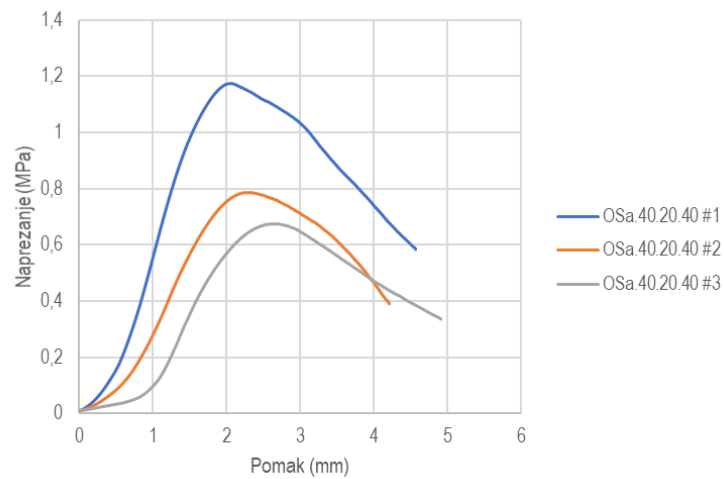


a) b) c)
Slika 6.16 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.40.20.40

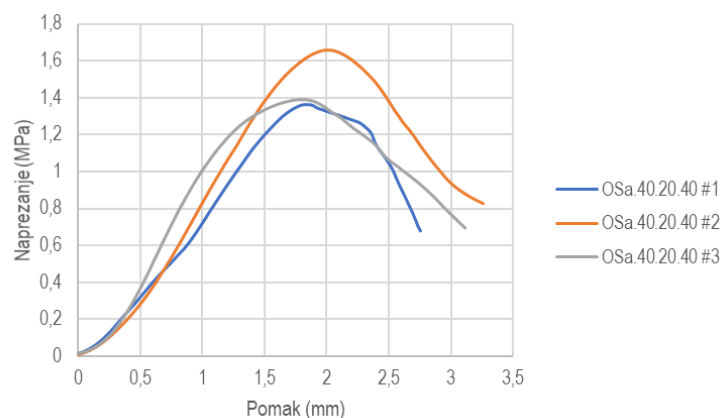


a) b) c)
Slika 6.17 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.40.20.40

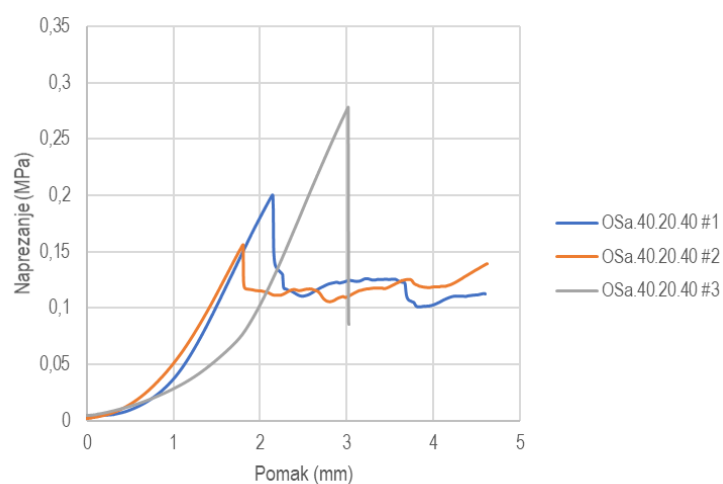
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.18, 6.19 i 6.20. U tablici 6.3 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.4 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.18 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.40.20.40



Slika 6.19 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.40.20.40



Slika 6.20 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima - OSa.40.20.40

Tablica 6.3 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće - OSa.40.20.40

	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	1,78	0,79	0,68
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		0,88	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	1,37	1,66	1,39
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		1,47	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,20	0,16	0,28
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,21	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,29	0,16	0,08
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,18	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,20	0,19	0,26
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,22	

Tablica 6.4 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.40.20.40

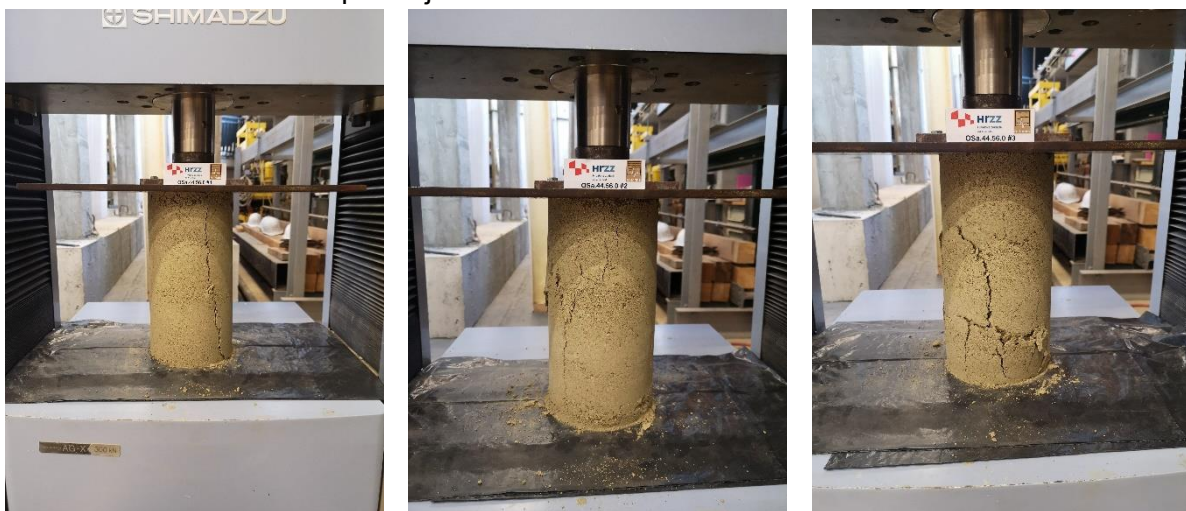
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	1,20	1,06	0,99
Prosječna vlažnost (%)		1,08	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	1,10	1,16	1,13
Prosječna vlažnost (%)		1,13	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	1,06	1,18	1,16
Prosječna vlažnost (%)		1,23	

6.2.3. Mješavina 3 – OSa.44.56.0

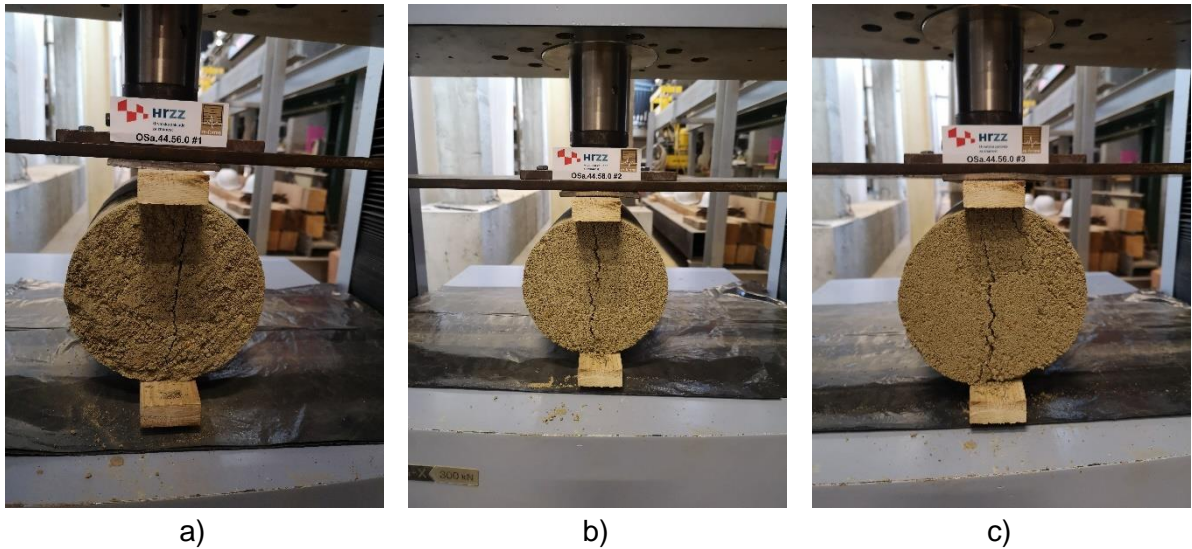
Za mješavinu 3 oznake OSa.44.56.0, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.21, 6.22 i 6.23.



a) b) c)
Slika 6.21 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.44.56.0

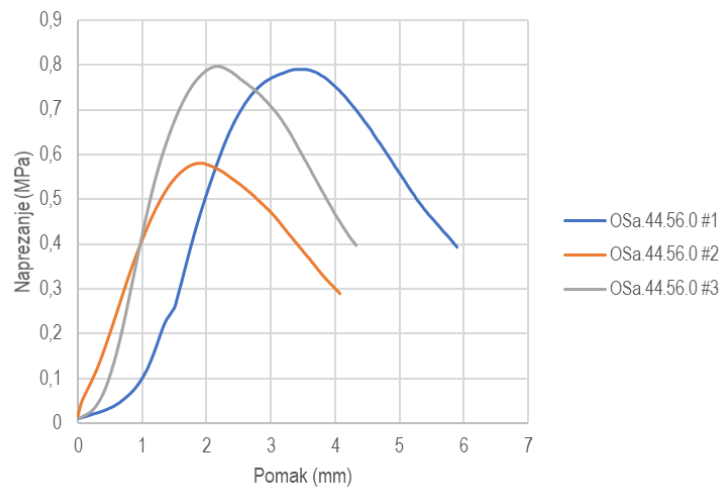


a) b) c)
Slika 6.22 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.44.56.0

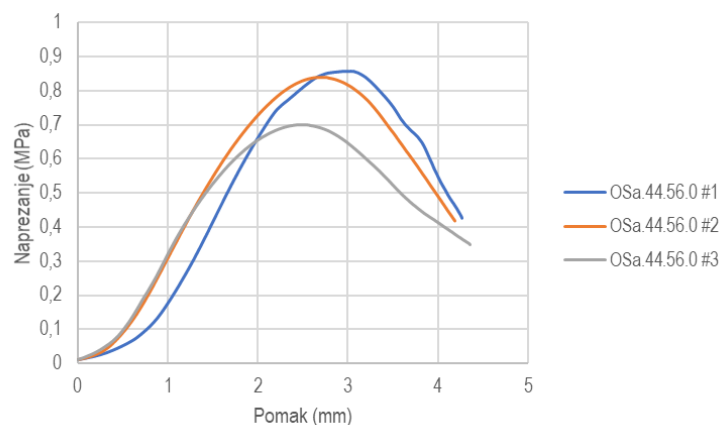


a) b) c)
Slika 6.23 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.44.56.0

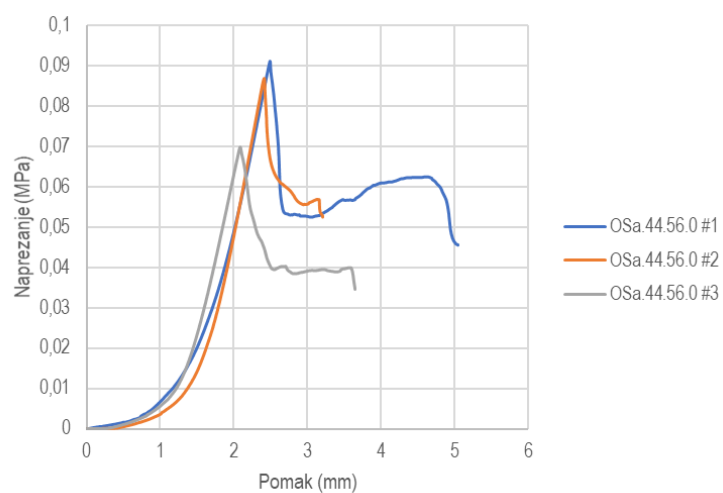
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.24, 6.25 i 6.26. U tablici 6.5 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.6 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.24 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.44.56.0



Slika 6.25 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.44.56.0



Slika 6.26 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima - OSa.44.56.0

Tablica 6.5 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće - OSa.44.56.0

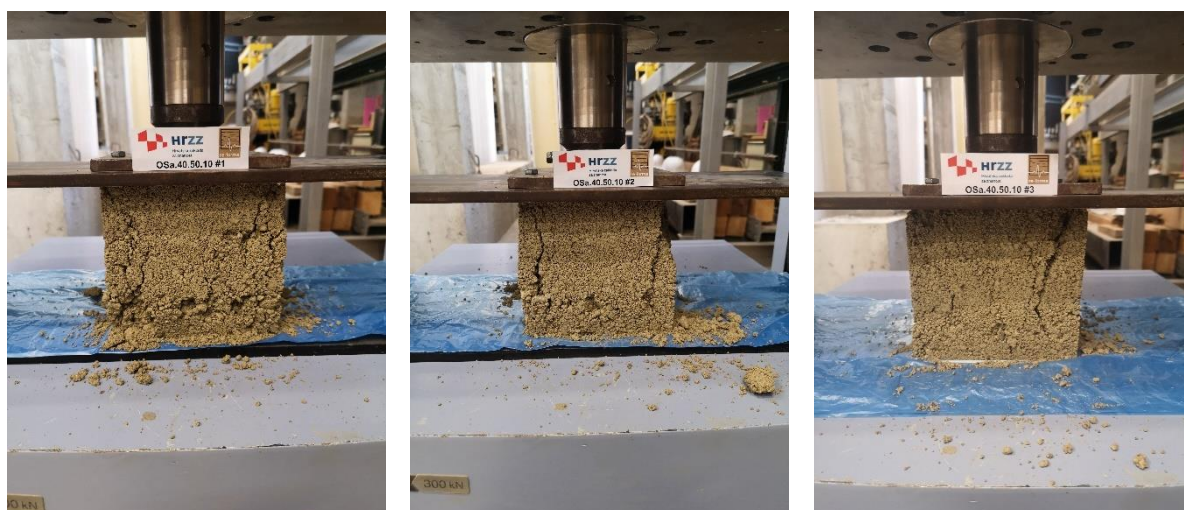
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	0,79	0,58	0,78
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		0,72	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,86	0,84	0,70
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		0,79	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,09	0,09	0,07
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,08	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,13	0,37	0,21
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,24	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,17	0,22	0,21
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,20	

Tablica 6.6 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.44.56.0

	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	1,10	1,22	1,05
Prosječna vlažnost (%)		1,18	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	1,10	1,06	1,46
Prosječna vlažnost (%)		1,19	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	1,14	1,00	1,14
Prosječna vlažnost (%)		1,09	

6.2.4. Mješavina 4 – OSa.40.50.10

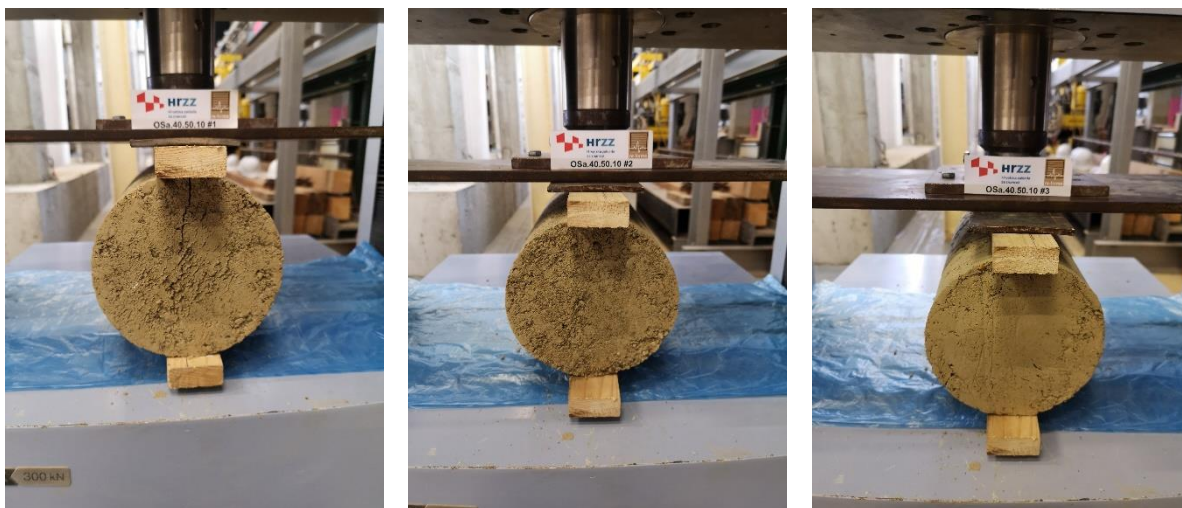
Za mješavinu 4 oznake OSa.40.50.10, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.27, 6.28 i 6.29.



a) b) c)
Slika 6.27 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.40.50.10

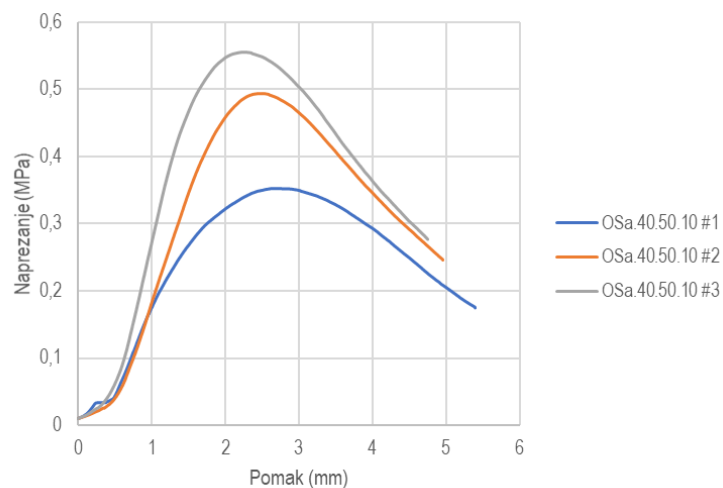


a) b) c)
Slika 6.28 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.40.50.10

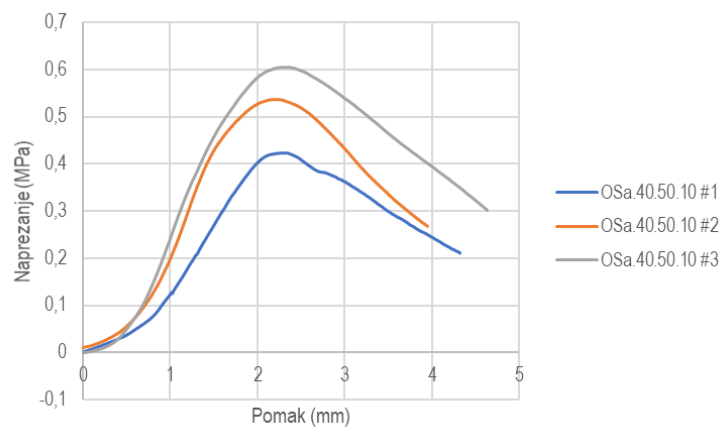


a) b) c)
Slika 6.29 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.40.50.10

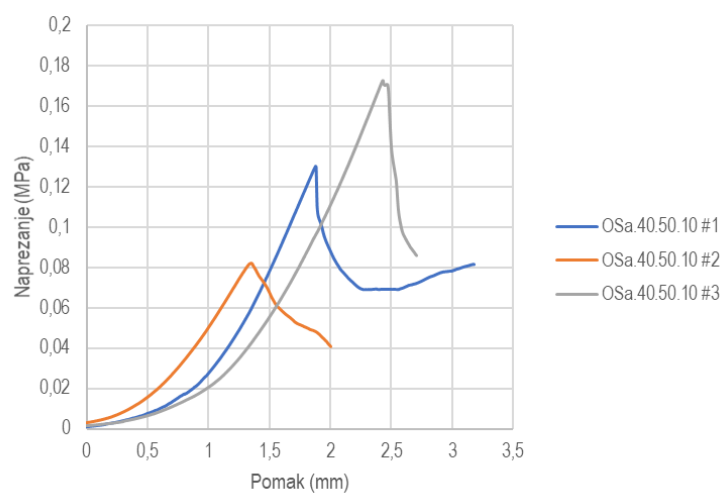
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.30, 6.31 i 6.32. U tablici 6.7 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.8 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.30 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.40.50.10



Slika 6.31 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.40.50.10



Slika 6.32 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima - OSa.40.50.10

Tablica 6.7 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće – OSa.40.50.10

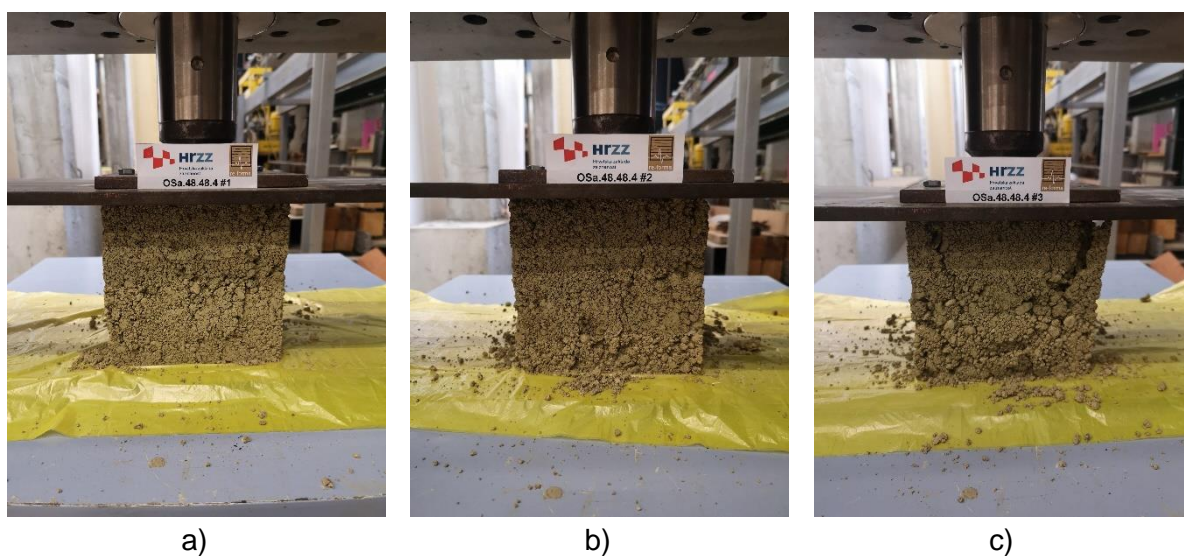
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	0,35	0,49	0,56
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		0,47	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,42	0,54	0,60
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		0,52	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,13	0,08	0,17
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,12	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,05	0,09	0,13
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,09	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,13	0,09	0,21
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,14	

Tablica 6.8 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.40.50.10

	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	1,49	1,80	1,48
Prosječna vlažnost (%)		1,65	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	1,48	1,50	1,88
Prosječna vlažnost (%)		1,62	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	1,58	1,08	1,22
Prosječna vlažnost (%)		1,30	

6.2.5. Mješavina 5 – OSa.48.48.4

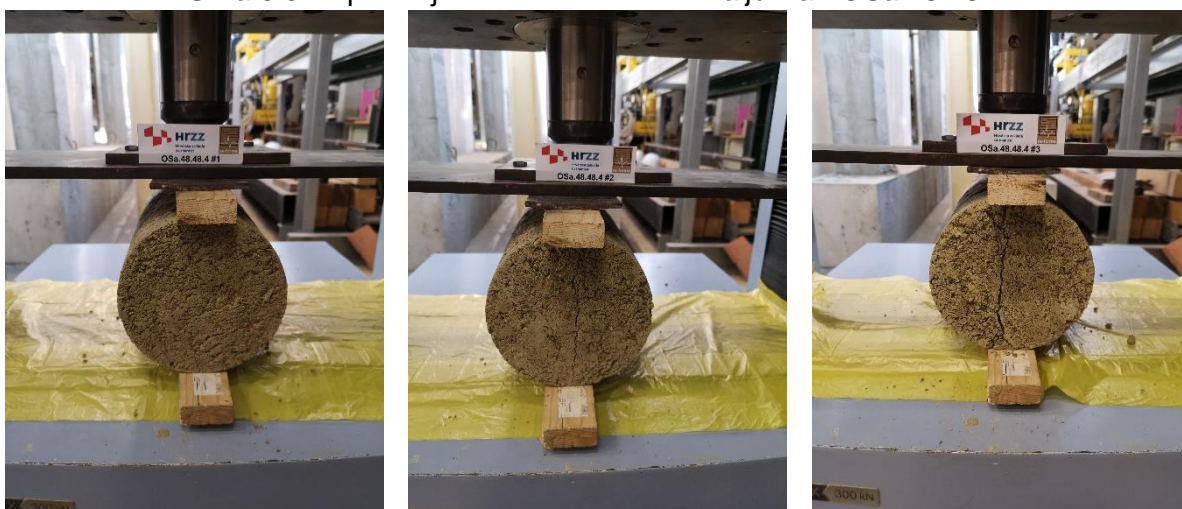
Za mješavinu 5 oznake OSa.48.48.4, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.33, 6.34 i 6.35.



a) b) c)
Slika 6.33 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.48.48.4

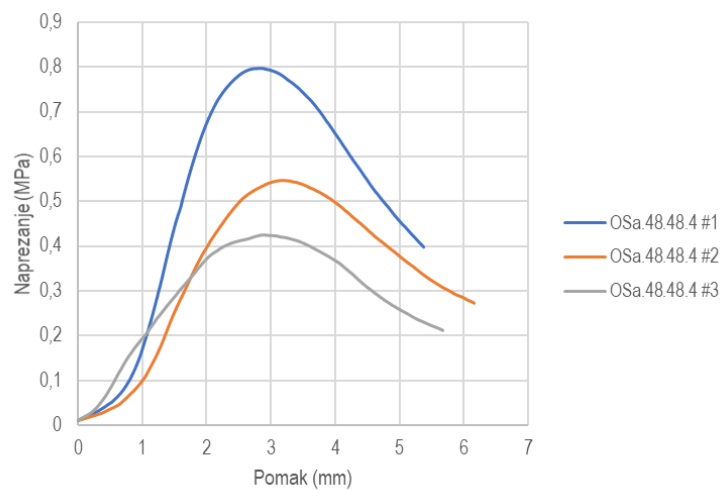


a) b) c)
Slika 6.34 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.48.48.4

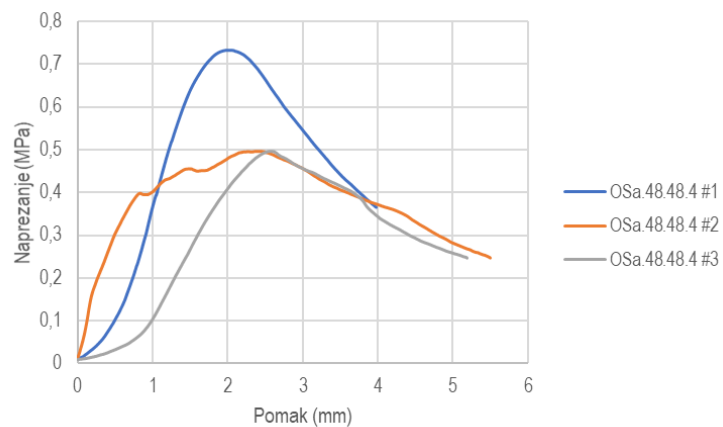


a) b) c)
Slika 6.35 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.48.48.4

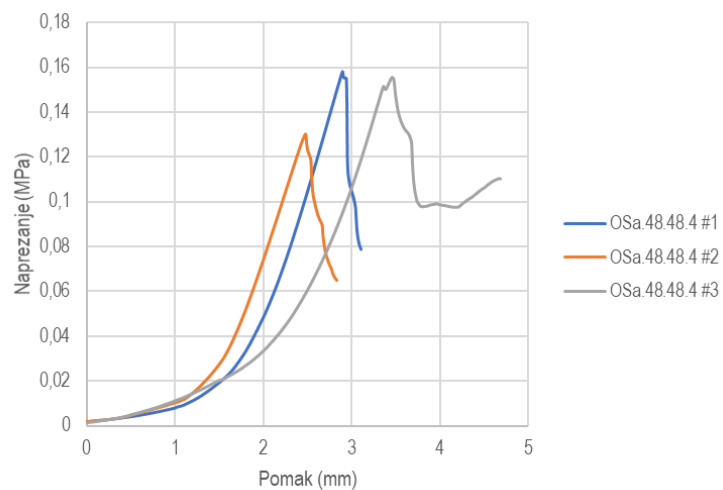
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.36, 6.37 i 6.38. U tablici 6.9 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.10 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.36 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.48.48.4



Slika 6.37 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.48.48.4



Slika 6.38 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima - OSa.48.48.4

Tablica 6.9 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće – OSa.48.48.4

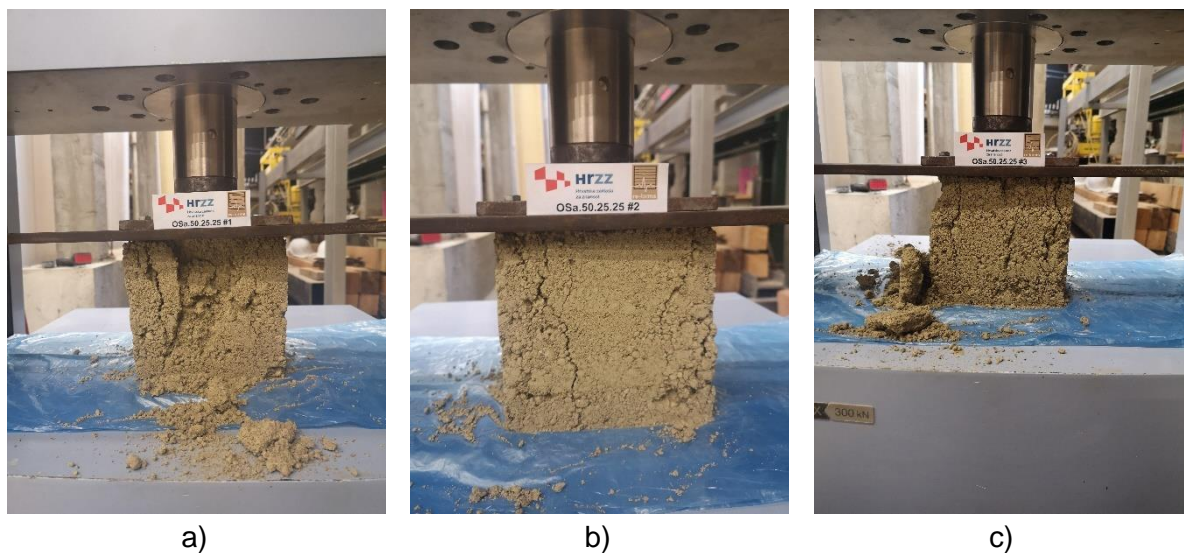
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	0,80	0,55	0,42
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		0,59	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,73	0,50	0,50
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		0,57	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,16	0,13	0,16
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,15	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,18	0,09	0,14
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,14	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,25	0,72	0,10
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,36	

Tablica 6.10 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.48.48.4

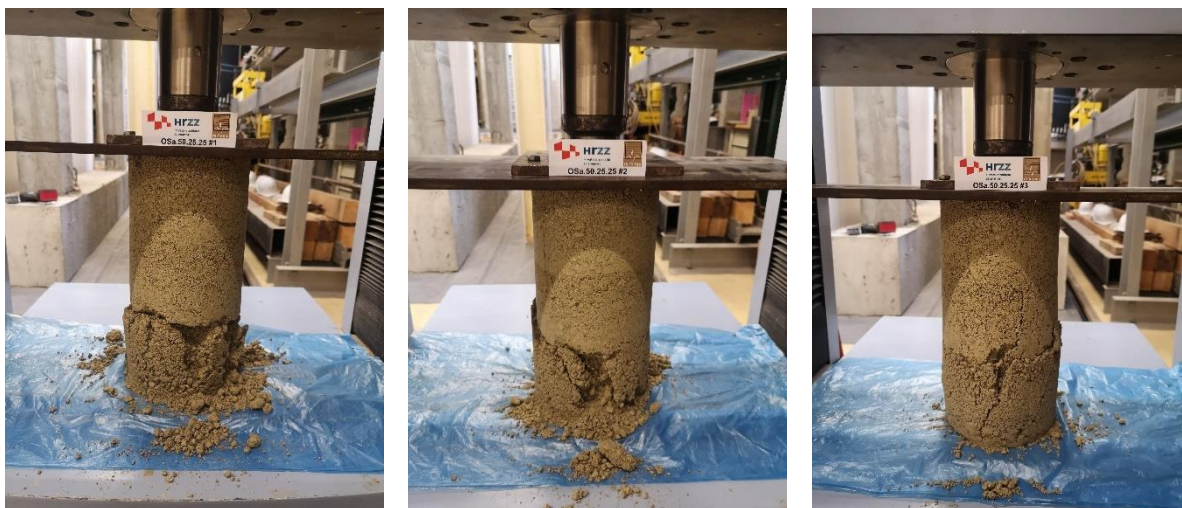
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	2,28	1,79	1,81
Prosječna vlažnost (%)		1,96	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	1,33	2,07	2,14
Prosječna vlažnost (%)		1,85	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	2,30	2,34	2,07
Prosječna vlažnost (%)		2,24	

6.2.6. Mješavina 6 – OSa.50.25.25

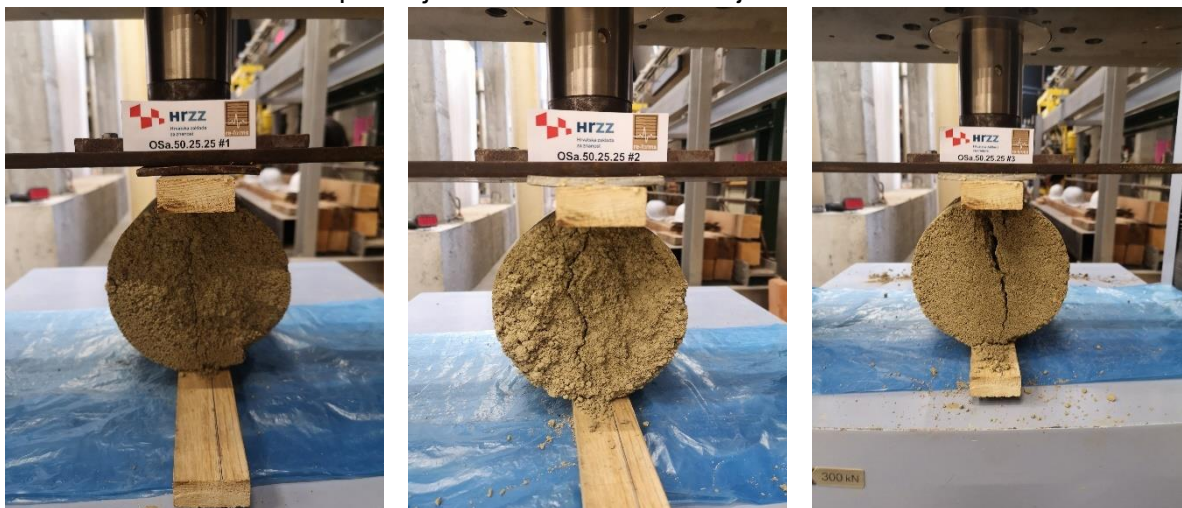
Za mješavinu 6 oznake OSa.50.25.25, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.39, 6.40 i 6.41.



Slika 6.39 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.50.25.25

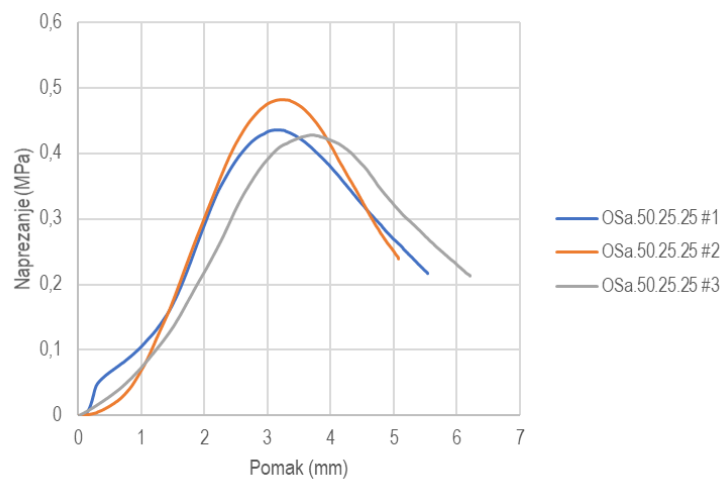


a) b) c)
Slika 6.40 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.25.25

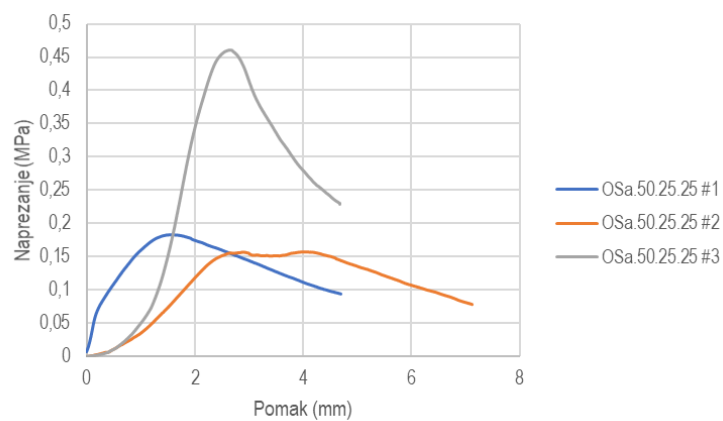


a) b) c)
Slika 6.41 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.25.25

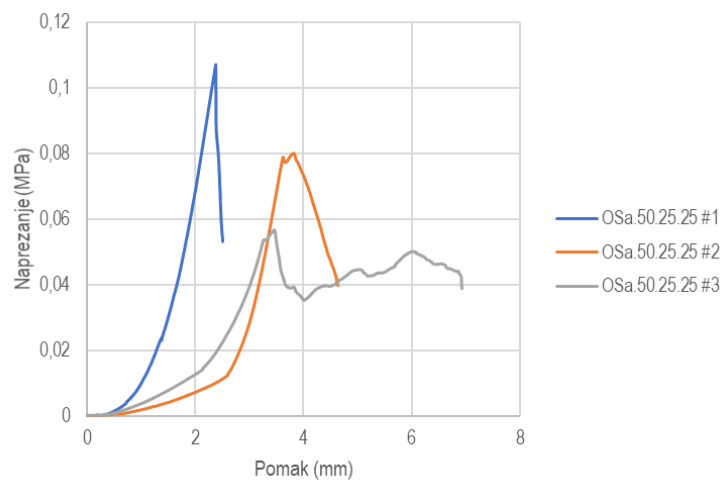
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.42, 6.43 i 6.44. U tablici 6.11 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.12 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.42 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.50.25.25



Slika 6.43 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.50.25.25



Slika 6.44 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima – OSa.50.25.25

Tablica 6.11 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće – OSa.50.25.25

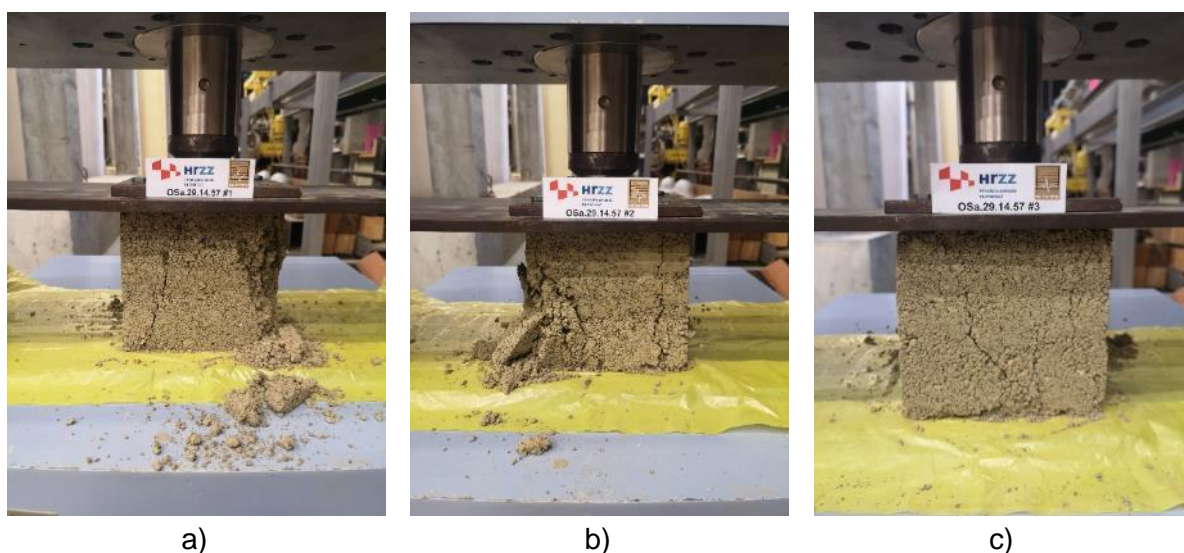
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	0,44	0,48	0,43
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		0,45	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,18	0,16	0,46
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		0,27	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,11	0,08	0,06
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,08	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,08	0,11	0,09
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,09	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,07	0,04	0,09
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,07	

Tablica 6.12 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.50.25.25

	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	1,90	1,95	1,71
Prosječna vlažnost (%)		1,85	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	1,64	1,88	1,61
Prosječna vlažnost (%)		1,71	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	1,63	1,38	1,57
Prosječna vlažnost (%)		1,52	

6.2.7. Mješavina 7 – OSa.29.14.57

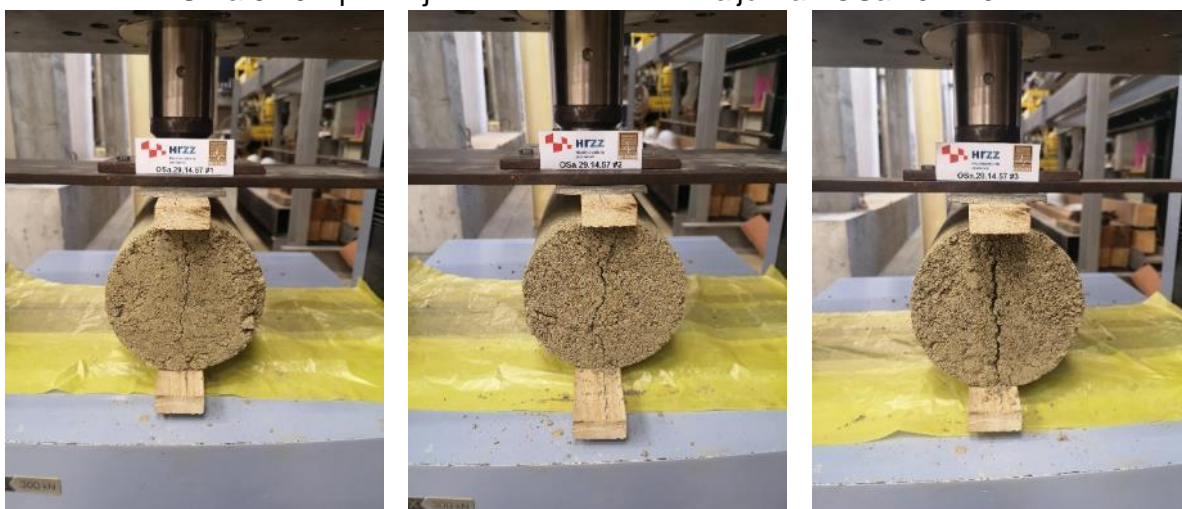
Za mješavinu 7 oznake OSa.29.14.57, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.45, 6.46 i 6.47.



Slika 6.45 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.29.14.57

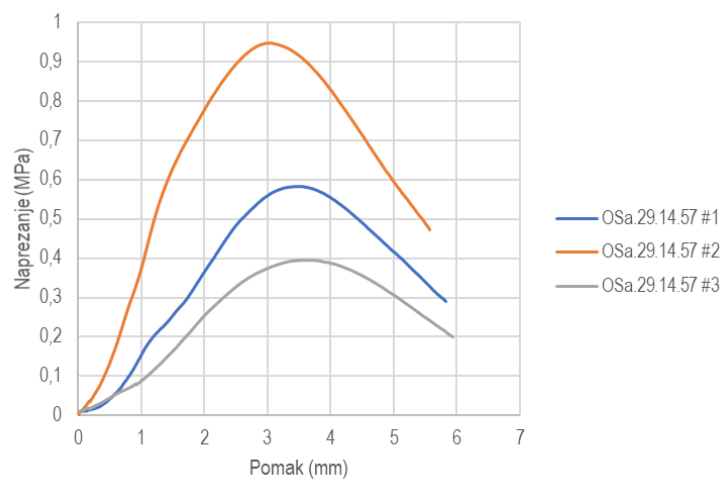


a) b) c)
Slika 6.46 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.29.14.57

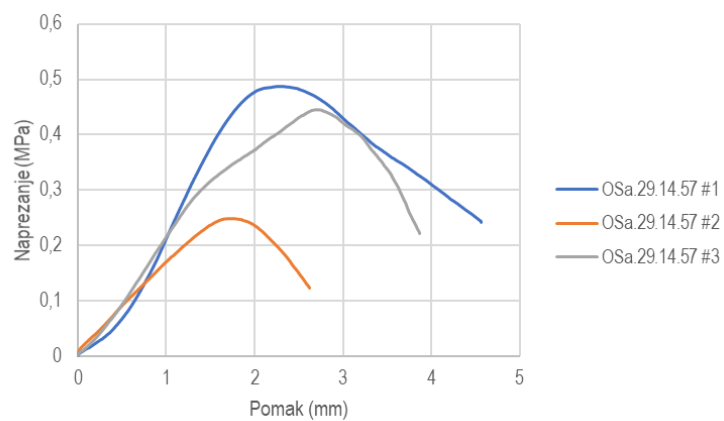


a) b) c)
Slika 6.47 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.29.14.57

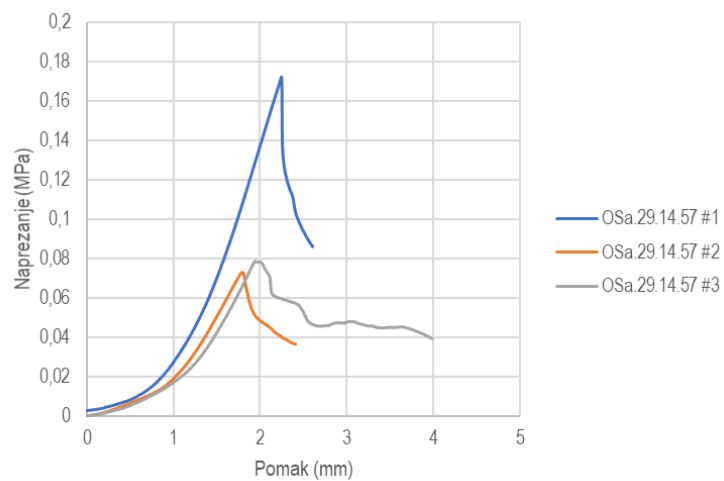
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.48, 6.49 i 6.50. U tablici 6.13 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.14 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.48 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.29.14.57



Slika 6.49 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.29.14.57



Slika 6.50 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima – OSa.29.14.57

Tablica 6.13 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće – OSa.29.14.57

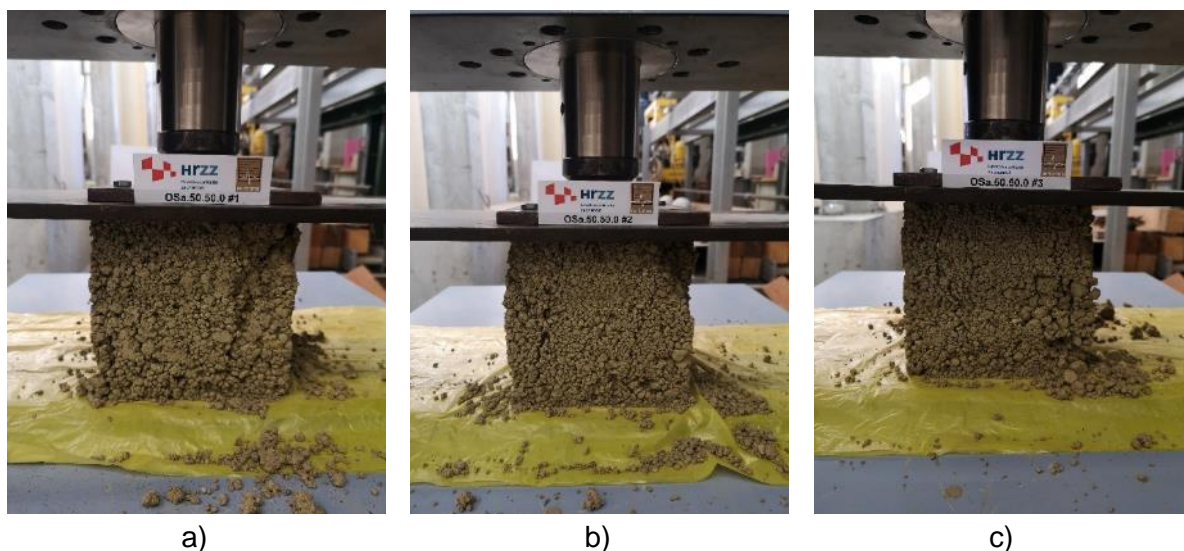
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	0,58	0,95	0,40
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		0,64	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,49	0,25	0,45
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		0,39	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,17	0,07	0,08
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,11	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,13	0,35	0,08
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,19	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,18	0,18	0,20
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,19	

Tablica 6.14 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.29.14.57

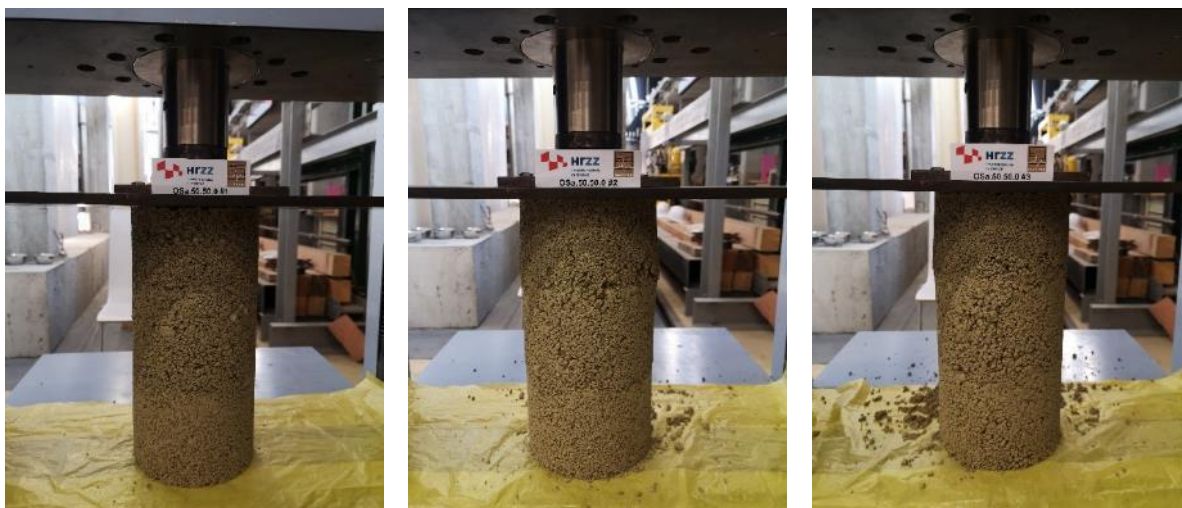
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	1,26	1,34	1,54
Prosječna vlažnost (%)		1,38	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	1,78	1,62	1,77
Prosječna vlažnost (%)		1,72	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	1,76	2,03	1,39
Prosječna vlažnost (%)		1,73	

6.2.8. Mješavina 8 – OSa.50.50.0

Za mješavinu 8 oznake OSa.50.50.0, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.51, 6.52 i 6.53.



Slika 6.51 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.50.50.0

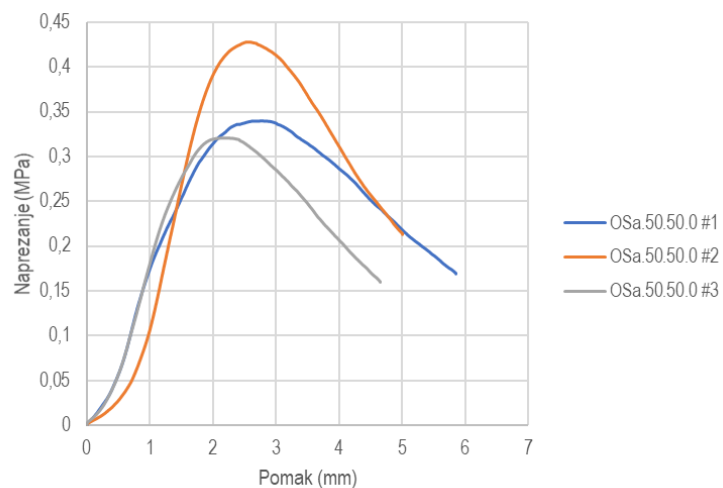


a) b) c)
Slika 6.52 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0

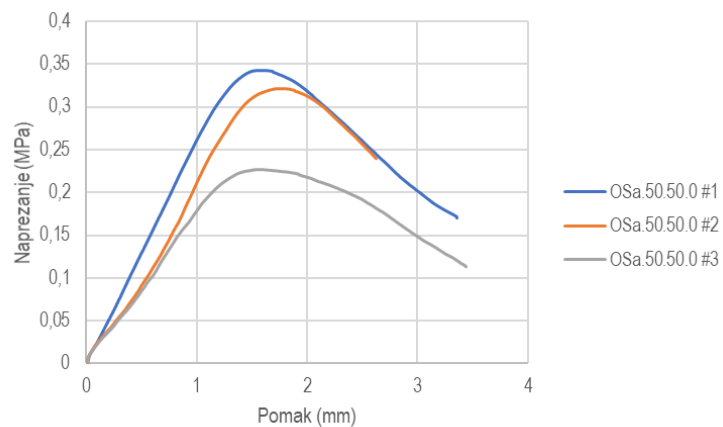


a) b) c)
Slika 6.53 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0

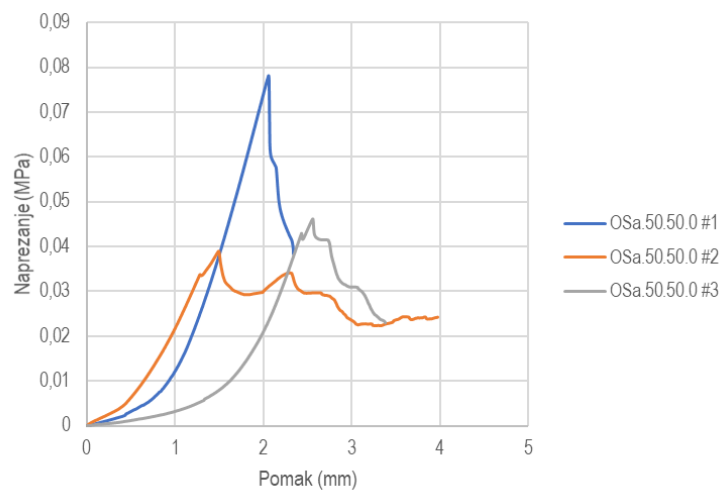
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.54, 6.55 i 6.56. U tablici 6.15 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.16 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.54 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.50.50.0



Slika 6.55 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.50.50.0



Slika 6.56 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima – OSa.50.50.0

Tablica 6.15 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće – OSa.50.50.0

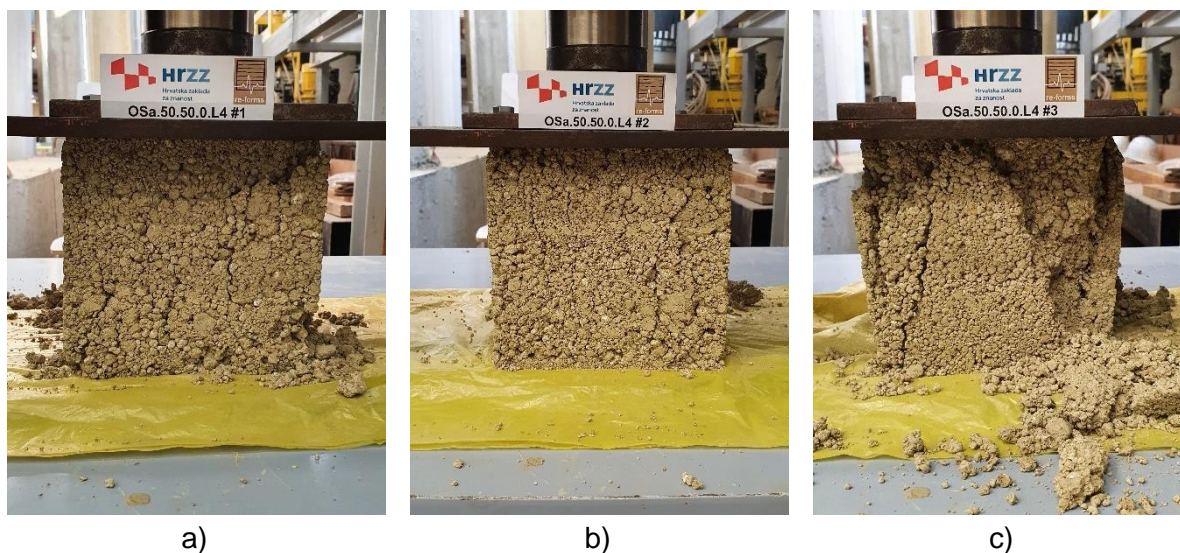
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	0,34	0,43	0,32
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		0,36	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,34	0,32	0,23
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		0,30	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,08	0,04	0,05
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,05	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,15	0,12	0,14
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,14	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,26	0,18	0,17
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,20	

Tablica 6.16 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.50.50.0

	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	2,13	2,04	2,04
Prosječna vlažnost (%)		2,07	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	1,90	2,06	1,92
Prosječna vlažnost (%)		1,96	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	2,22	2,03	1,87
Prosječna vlažnost (%)		2,04	

6.2.9. Mješavina 9 – OSa.50.50.0.L4

Za mješavinu 9 oznake OSa.50.50.0.L4, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.57, 6.58 i 6.59.



Slika 6.57 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.50.50.0.L4



a)



b)



c)

Slika 6.58 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.L4



a)



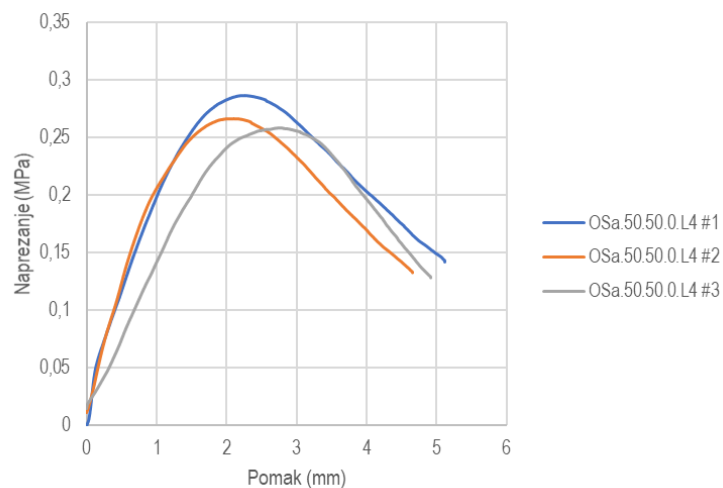
b)



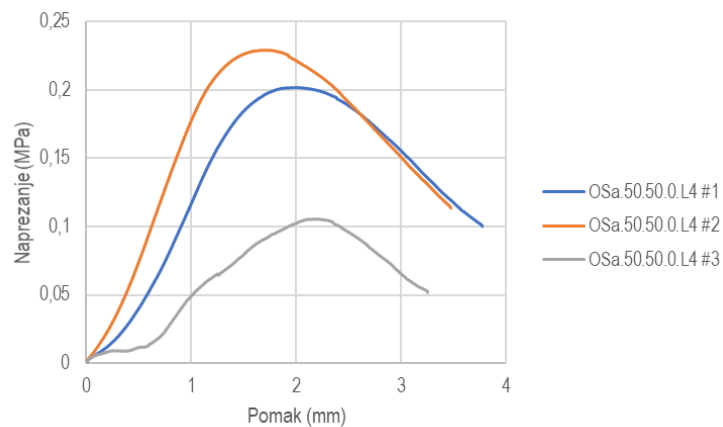
c)

Slika 6.59 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.L4

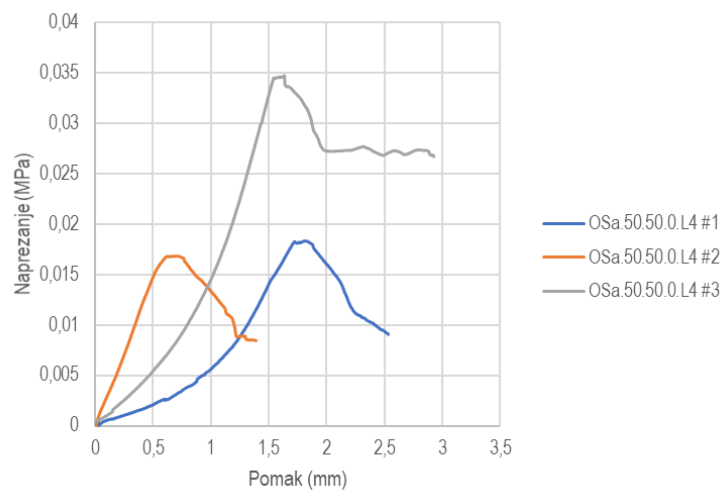
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.60, 6.61 i 6.62. U tablici 6.17 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.18 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.60 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.50.50.0.L4



Slika 6.61 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.50.50.0.L4



Slika 6.62 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima – OSa.50.50.0.L4

Tablica 6.17 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće – OSa.50.50.0.L4

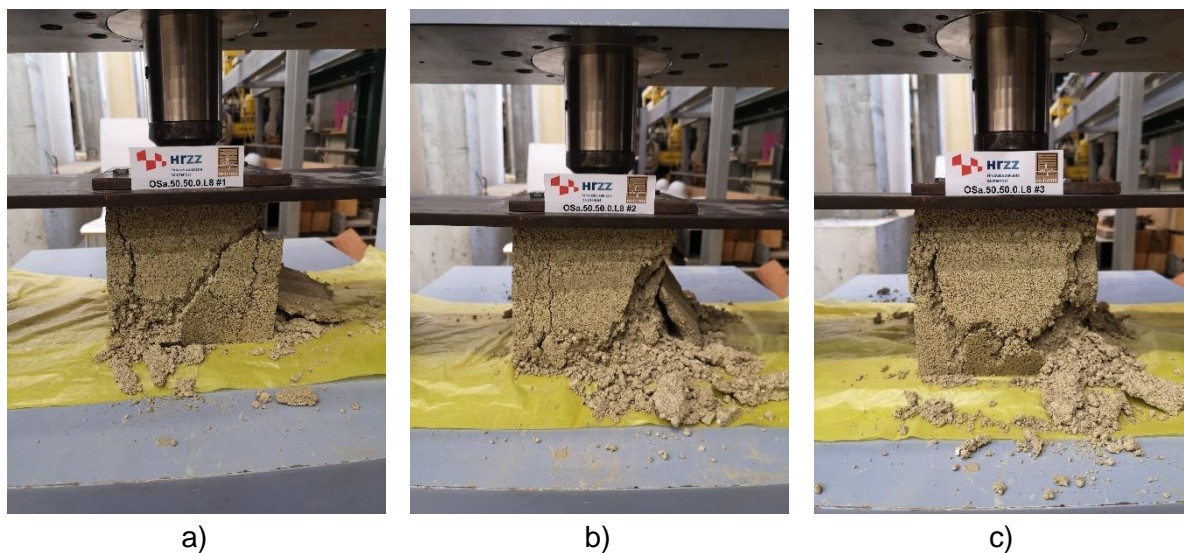
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	0,29	0,27	0,26
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		0,27	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,20	0,23	0,11
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		0,18	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,02	0,02	0,03
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,02	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,27	0,12	0,15
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,18	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,10	0,07	0,04
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,07	

Tablica 6.18 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.50.50.0.L4

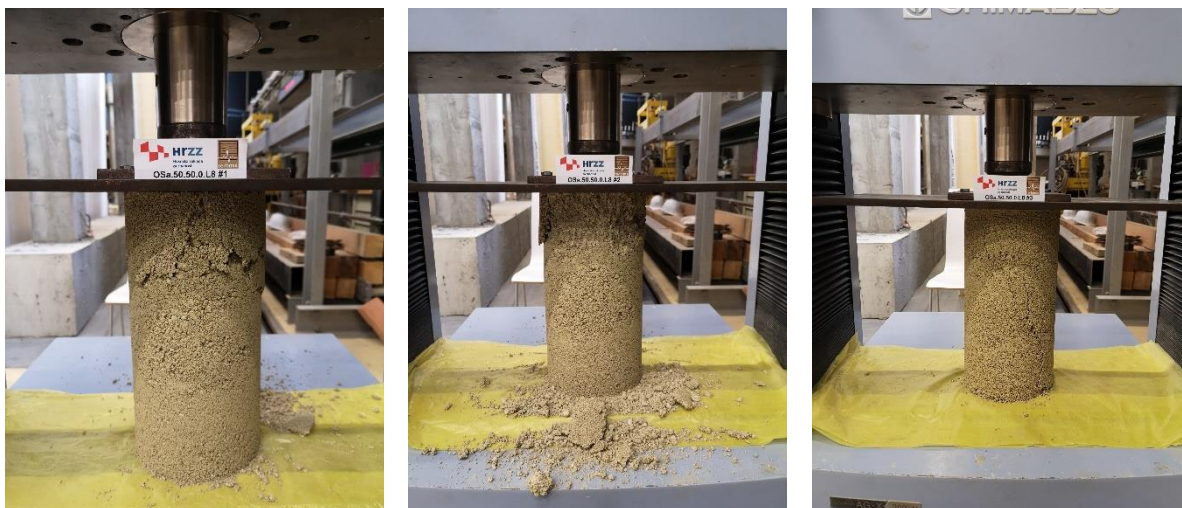
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	1,91	2,92	2,42
Prosječna vlažnost (%)		2,42	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	2,86	2,00	2,13
Prosječna vlažnost (%)		2,33	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	2,36	2,54	1,95
Prosječna vlažnost (%)		2,28	

6.2.10. Mješavina 10 – OSa.50.50.0.L8

Za mješavinu 10 oznake OSa.50.50.0.L8, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.63, 6.64 i 6.65.



Slika 6.63 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.50.50.0.L8

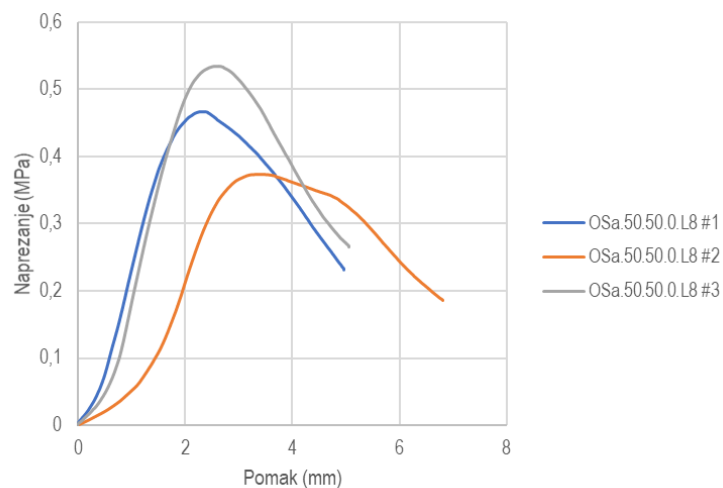


a) b) c)
Slika 6.64 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.L8

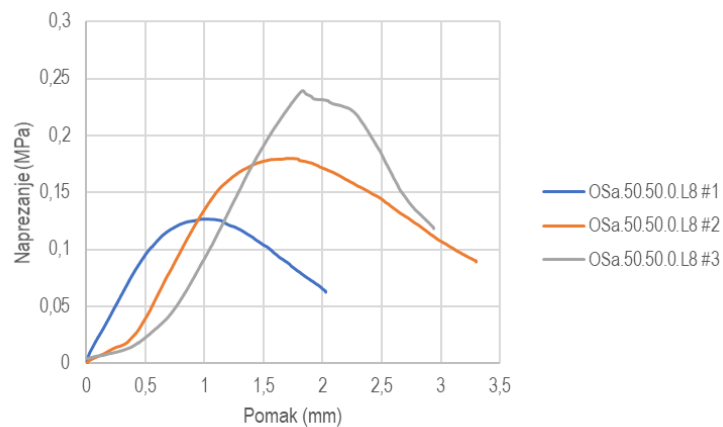


a) b) c)
Slika 6.65 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.L8

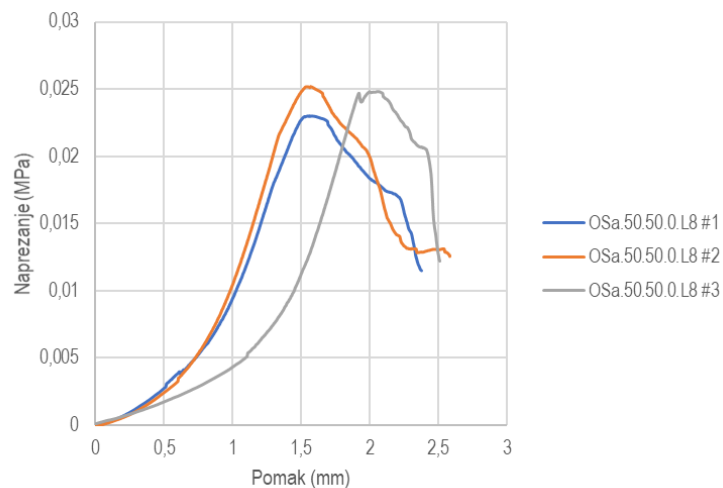
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.66, 6.67 i 6.68. U tablici 6.19 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.20 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.66 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.50.50.0.L8



Slika 6.67 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.50.50.0.L8



Slika 6.68 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima – OSa.50.50.0.L8

Tablica 6.19 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće – OSa.50.50.0.L8

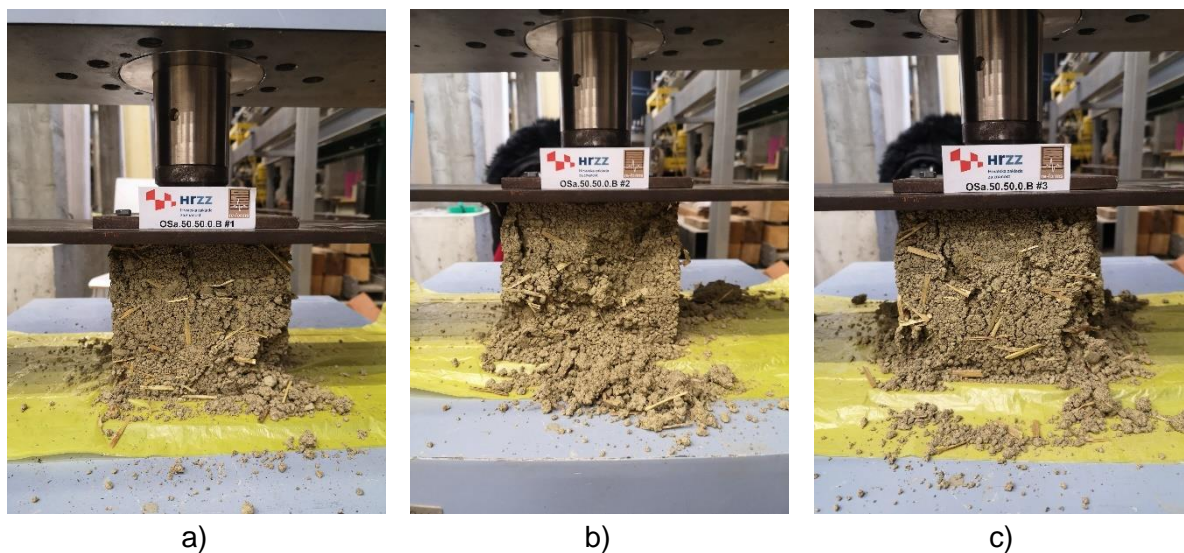
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	0,47	0,37	0,53
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		0,46	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,13	0,18	0,24
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		0,18	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,02	0,03	0,02
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,02	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,19	0,07	0,17
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,14	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,21	0,09	0,07
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,12	

Tablica 6.20 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.50.50.0.L8

	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	2,53	2,56	2,53
Prosječna vlažnost (%)		2,44	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	2,07	2,20	2,26
Prosječna vlažnost (%)		2,18	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	1,99	2,32	2,42
Prosječna vlažnost (%)		2,24	

6.2.11. Mješavina 11 – OSa.50.50.0.B

Za mješavinu 11 oznake OSa.50.50.0.B, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.69, 6.70 i 6.71.



Slika 6.69 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.50.50.0.B

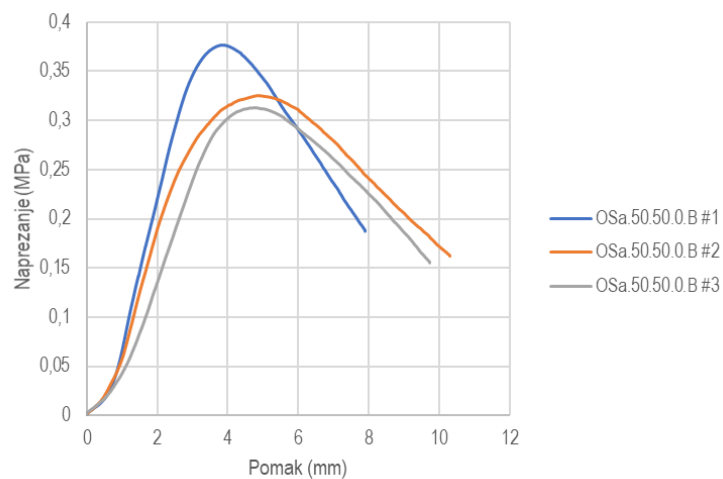


a) b) c)
Slika 6.70 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.B

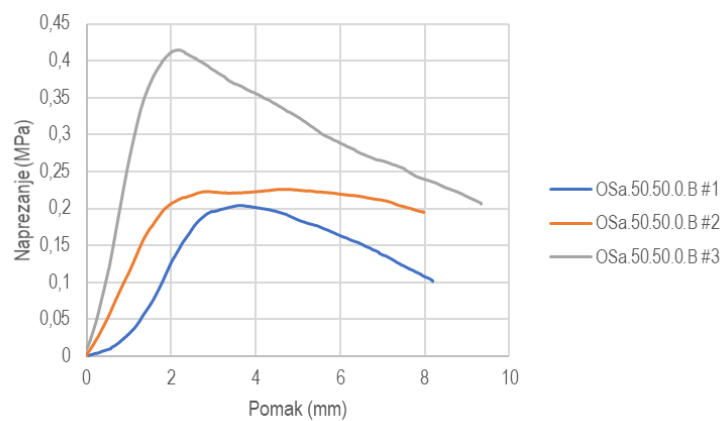


a) b) c)
Slika 6.71 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.B

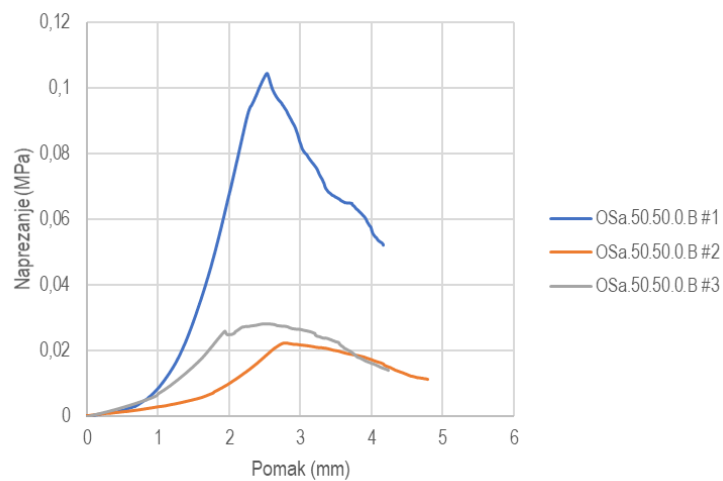
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.72, 6.73 i 6.74. U tablici 6.21 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.22 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.72 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.50.50.0.B



Slika 6.73 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.50.50.0.B



Slika 6.74 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima – OSa.50.50.0.B

Tablica 6.21 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće – OSa.50.50.0.B

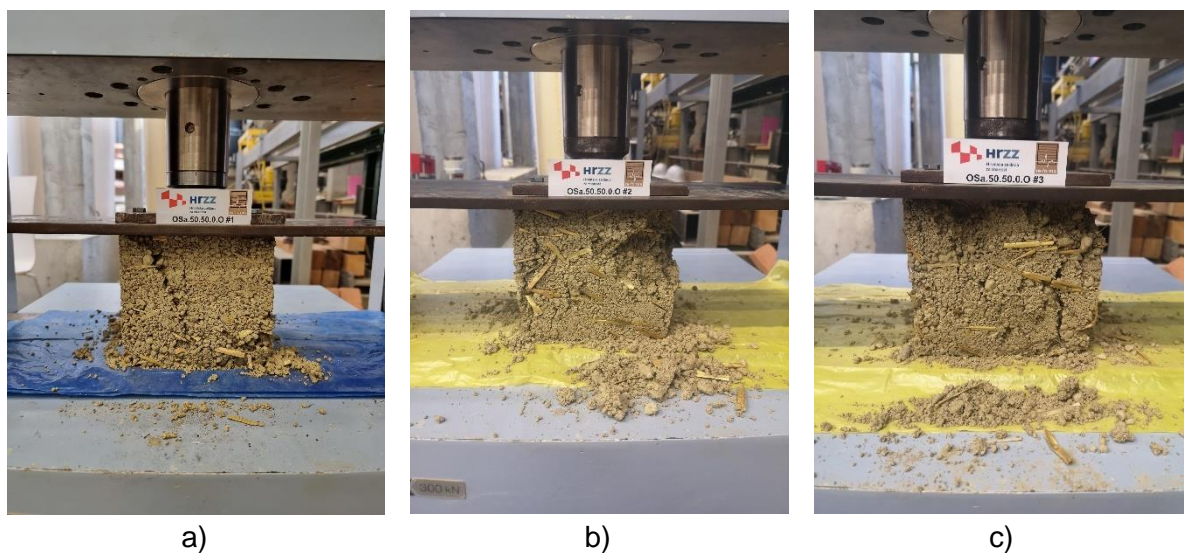
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	0,38	0,33	0,31
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		0,34	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,20	0,22	0,41
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		0,28	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,10	0,02	0,03
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,05	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,09	0,07	0,06
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,07	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,04	0,11	0,09
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,08	

Tablica 6.22 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.50.50.0.B

	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	1,99	2,15	1,94
Prosječna vlažnost (%)		2,02	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	1,82	2,00	1,96
Prosječna vlažnost (%)		1,93	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	1,79	1,64	1,77
Prosječna vlažnost (%)		1,73	

6.2.12. Mješavina 12 – OSa.50.50.0.O

Za mješavinu 12 oznake OSa.50.50.0.O, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.75, 6.76 i 6.77.



Slika 6.75 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.50.50.0.O

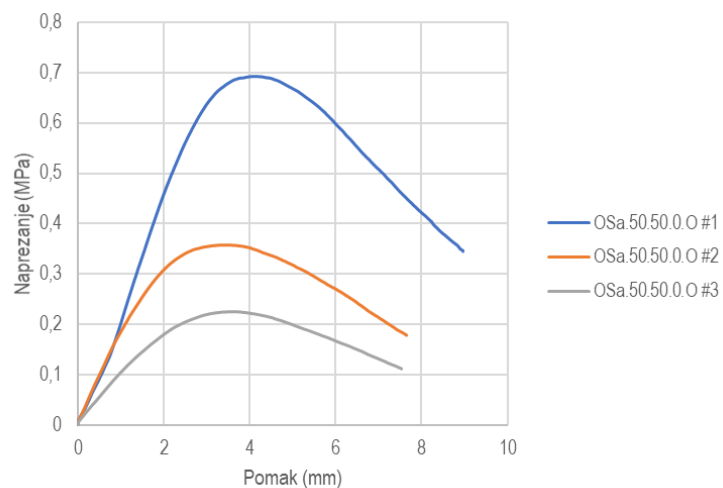


a) b) c)
Slika 6.76 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.0

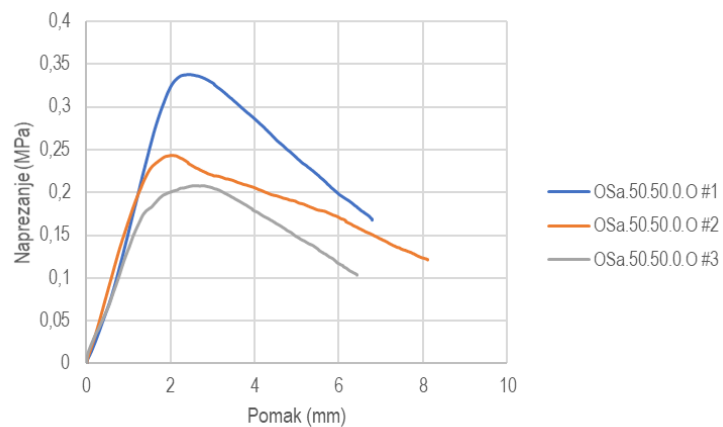


a) b) c)
Slika 6.77 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.0

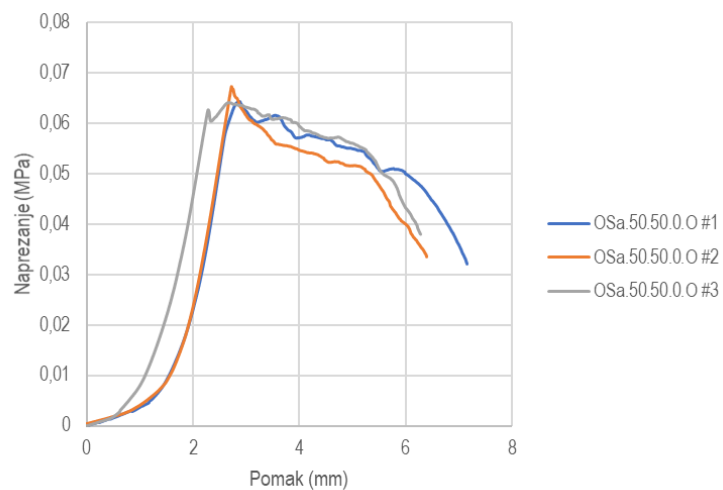
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.78, 6.79 i 6.80. U tablici 6.23 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.24 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.78 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.50.50.0.O



Slika 6.79 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.50.50.0.O



Slika 6.80 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima – OSa.50.50.0.O

Tablica 6.23 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće – OSa.50.50.0.O

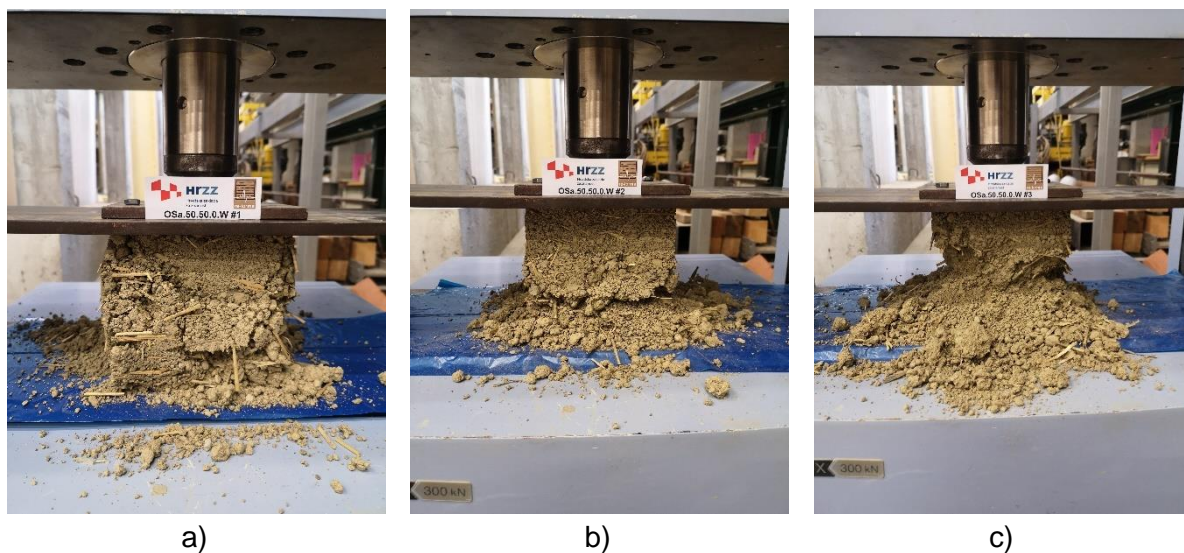
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	0,69	0,36	0,23
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		0,43	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,34	0,24	0,21
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		0,26	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,06	0,07	0,06
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,07	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,20	0,19	0,11
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,17	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,14	0,17	0,13
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,14	

Tablica 6.24 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.50.50.0.O

	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	2,00	1,73	2,01
Prosječna vlažnost (%)		1,82	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	2,01	1,96	1,96
Prosječna vlažnost (%)		1,98	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	1,73	1,77	1,88
Prosječna vlažnost (%)		1,79	

6.2.13. Mješavina 13 – OSa.50.50.0.W

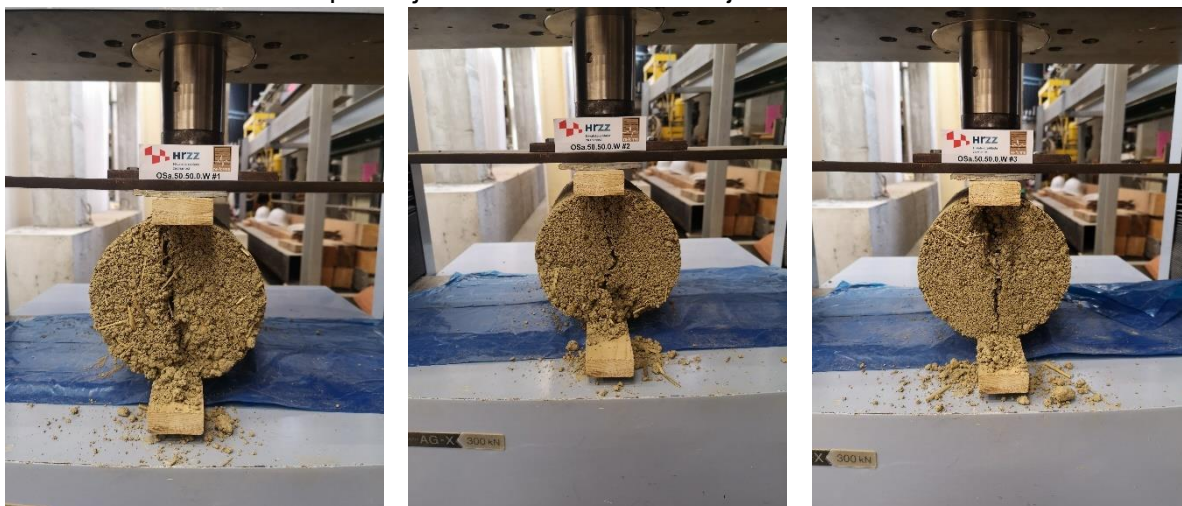
Za mješavinu 13 oznake OSa.50.50.0.W, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.81, 6.82 i 6.83.



Slika 6.81 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.50.50.0.W

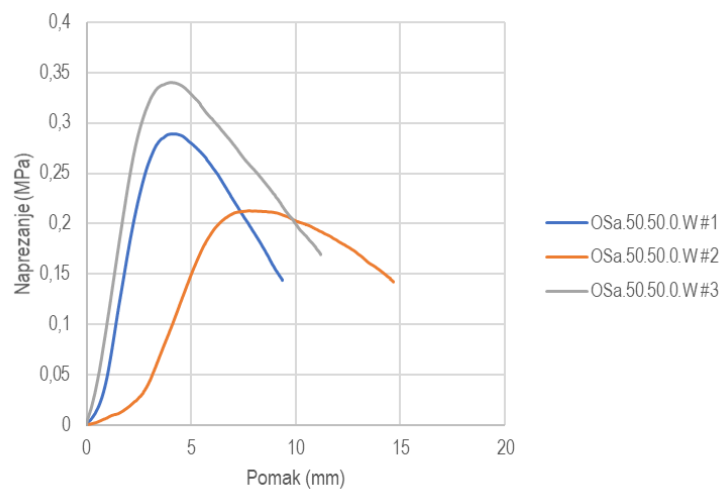


a) b) c)
Slika 6.82 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.W

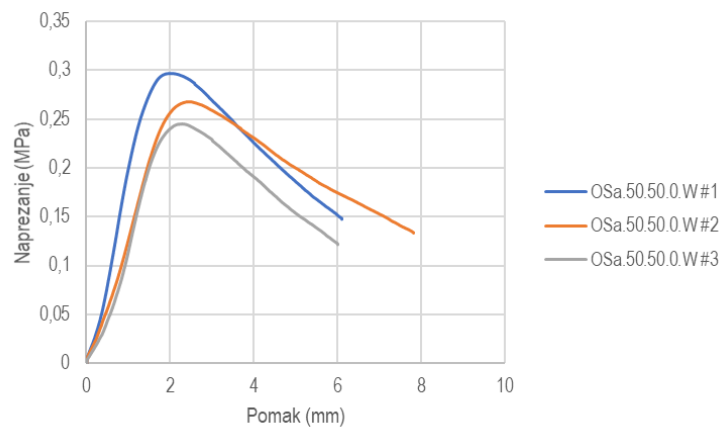


a) b) c)
Slika 6.83 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.W

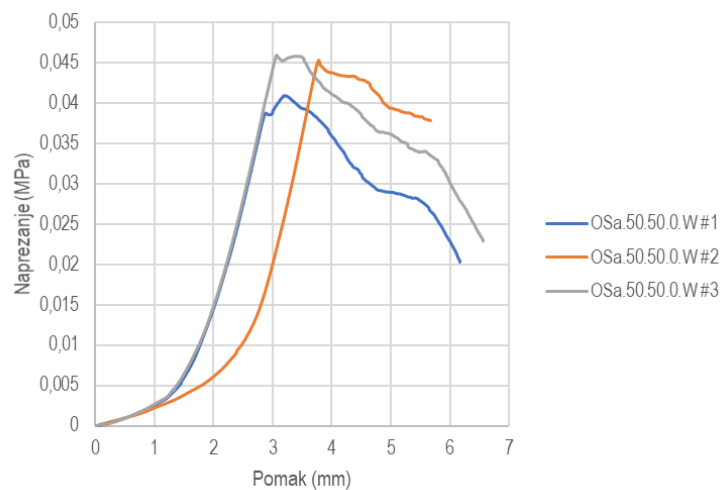
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.84, 6.85 i 6.85. U tablici 6.25 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.26 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.84 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.50.50.0.W



Slika 6.85 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.50.50.0.W



Slika 6.86 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima – OSa.50.50.0.W

Tablica 6.25 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće – OSa.50.50.0.W

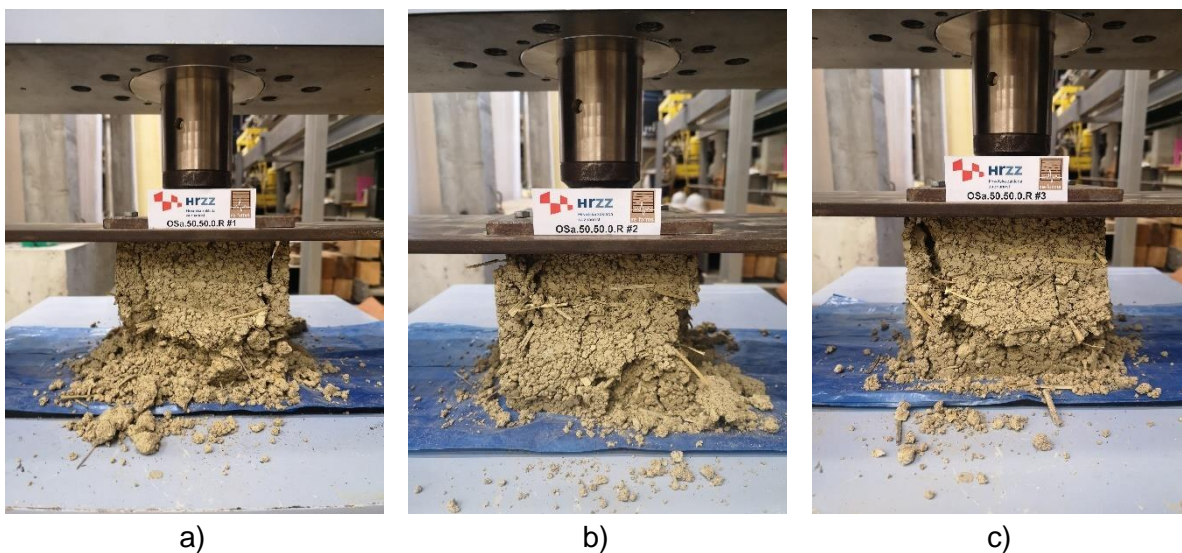
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	0,29	0,21	0,34
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)	0,28		
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,30	0,27	0,24
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)	0,27		
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,04	0,05	0,05
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)	0,04		
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,07	0,02	0,10
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,06		
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,16	0,11	0,10
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,13		

Tablica 6.26 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.50.50.0.W

	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	1,60	2,87	1,76
Prosječna vlažnost (%)	2,08		
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	1,88	1,64	1,76
Prosječna vlažnost (%)	1,76		
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	1,66	1,81	1,93
Prosječna vlažnost (%)	1,80		

6.2.14. Mješavina 14 – OSa.50.50.0.R

Za mješavinu 14 oznake OSa.50.50.0.R, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.87, 6.88 i 6.89.



Slika 6.87 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.50.50.0.R

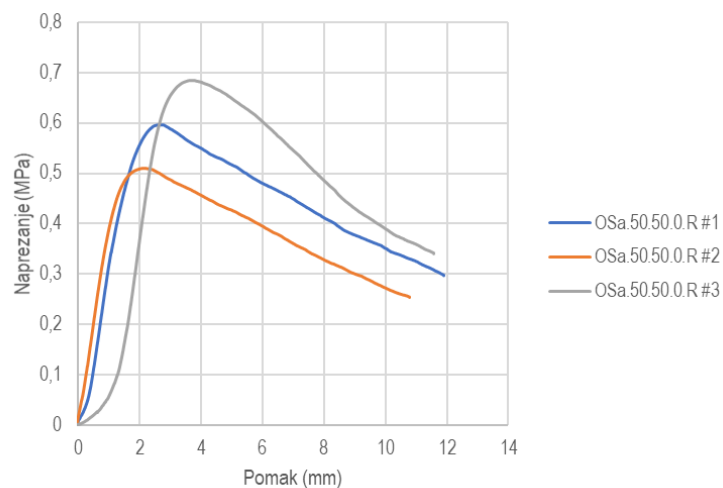


a) b) c)
Slika 6.88 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.R

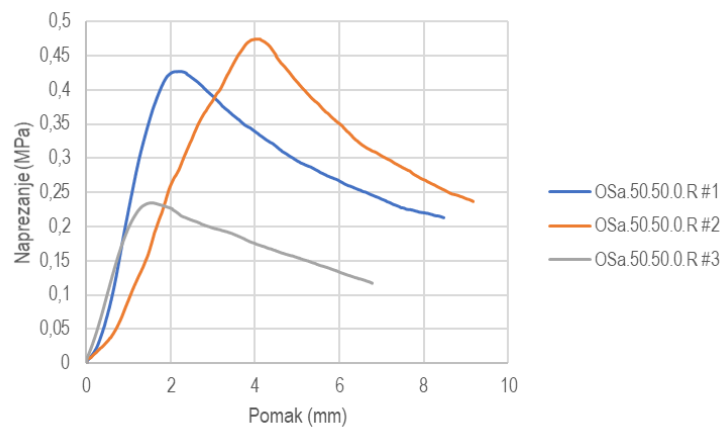


a) b) c)
Slika 6.89 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.R

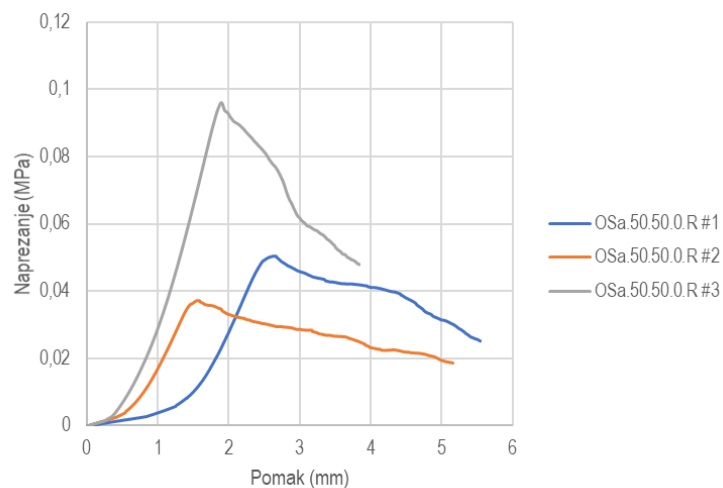
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.90, 6.91 i 6.92. U tablici 6.27 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.28 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.90 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.50.50.0.R



Slika 6.91 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.50.50.0.R



Slika 6.92 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima – OSa.50.50.0.R

Tablica 6.27 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće – OSa.50.50.0.R

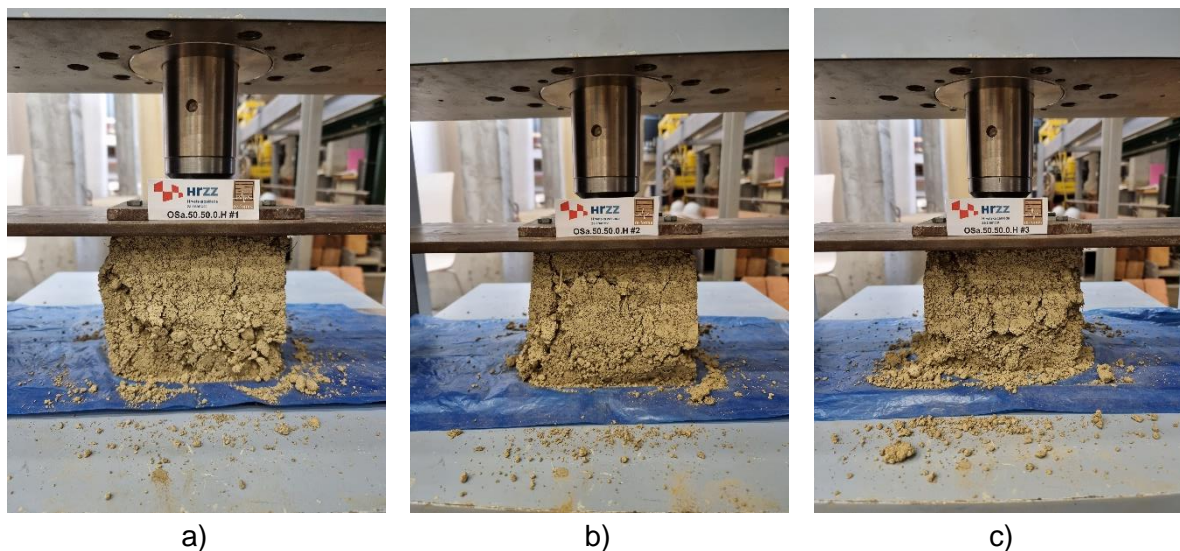
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	0,60	0,51	0,68
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		0,60	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,43	0,47	0,24
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		0,38	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,05	0,04	0,10
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,06	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,26	0,38	0,12
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,25	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,18	0,11	0,20
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,16	

Tablica 6.28 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.50.50.0.R

	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	1,91	2,02	1,92
Prosječna vlažnost (%)		1,95	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	1,76	1,73	1,81
Prosječna vlažnost (%)		1,77	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	2,61	1,75	1,62
Prosječna vlažnost (%)		1,99	

6.2.15. Mješavina 15 – OSa.50.50.0.H

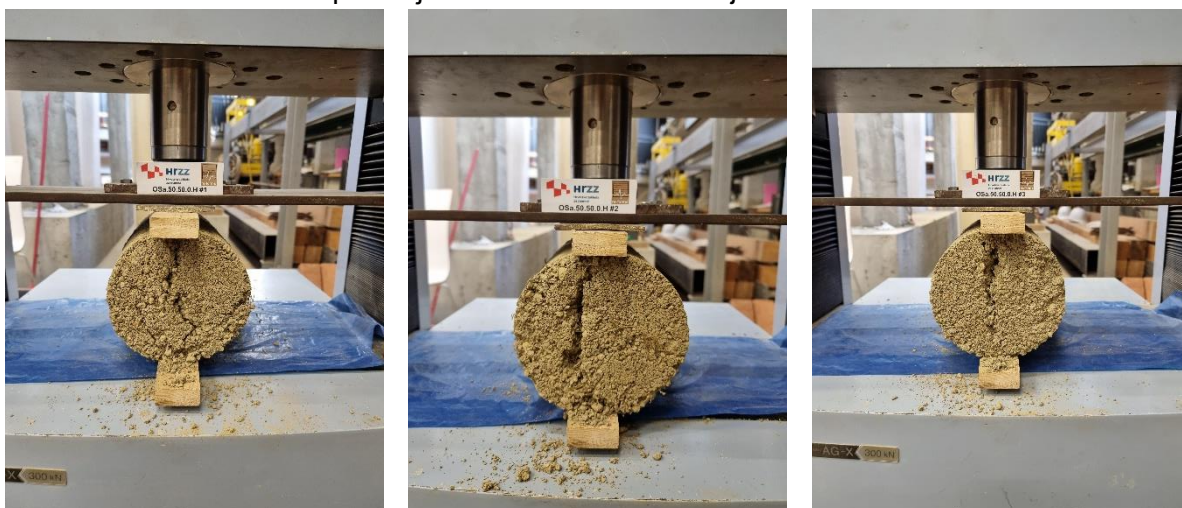
Za mješavinu 15 oznake OSa.50.50.0.H, izrađeno je i ispitano devet uzoraka. Ispitivanje je prikazano na slikama 6.93, 6.94 i 6.95.



Slika 6.93 Ispitivanje tlačne čvrstoće na kockama - OSa.50.50.0.H

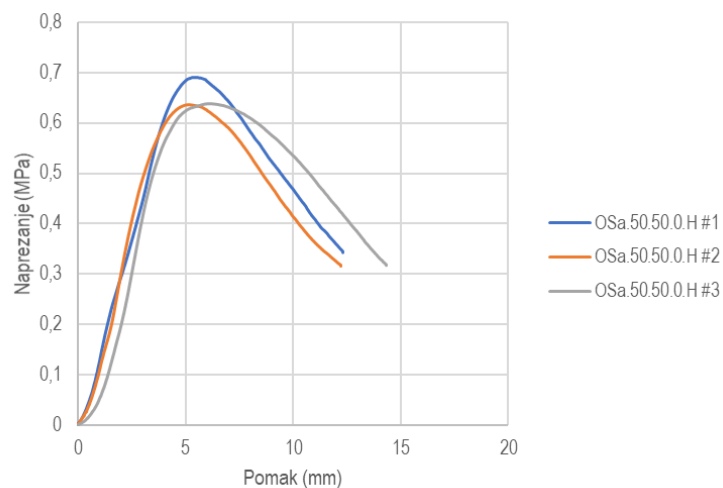


a) b) c)
Slika 6.94 Ispitivanje tlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.H

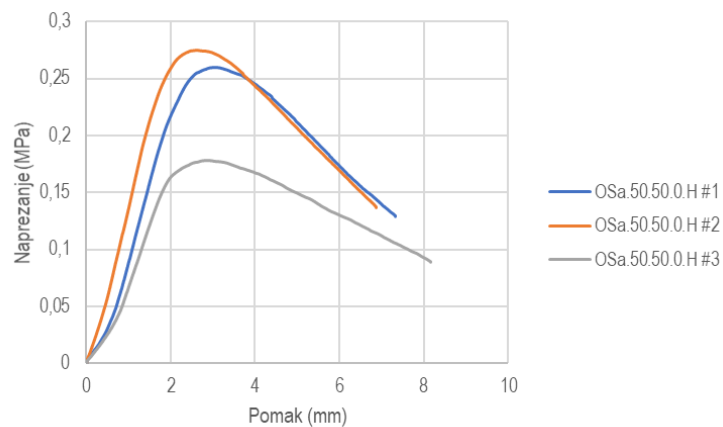


a) b) c)
Slika 6.95 Ispitivanje vlačne čvrstoće na valjcima - OSa.50.50.0.H

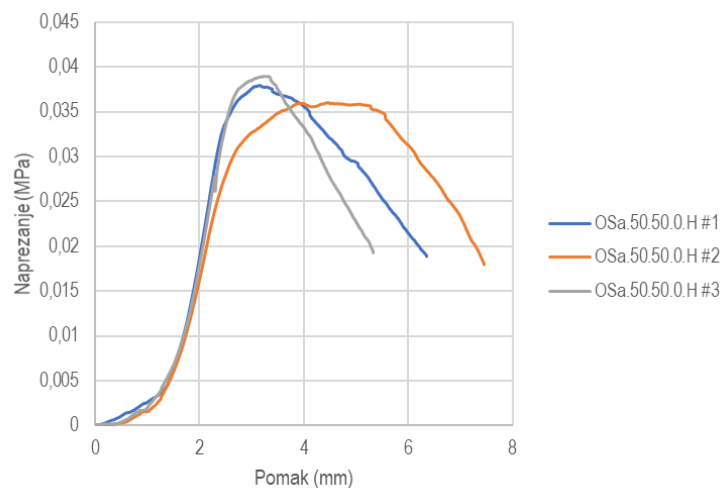
Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne sile grafički su prikazani na slikama 6.96, 6.97 i 6.98. U tablici 6.29 sažeto su prikazane čvrstoće uzoraka te prosječna čvrstoća određena na svakom setu uzoraka. U tablici 6.30 prikazane su vrijednosti vlažnosti za svaki ispitni uzorak.



Slika 6.96 Rezultati ispitivanja tlačne sile na kockama - OSa.50.50.0.H



Slika 6.97 Rezultati ispitivanja tlačne sile na valjcima - OSa.50.50.0.H



Slika 6.98 Rezultati ispitivanja vlačne sile na valjcima – OSa.50.50.0.H

Tablica 6.29 Rezultati ispitivanja tlačne i vlačne čvrstoće – OSa.50.50.0.H

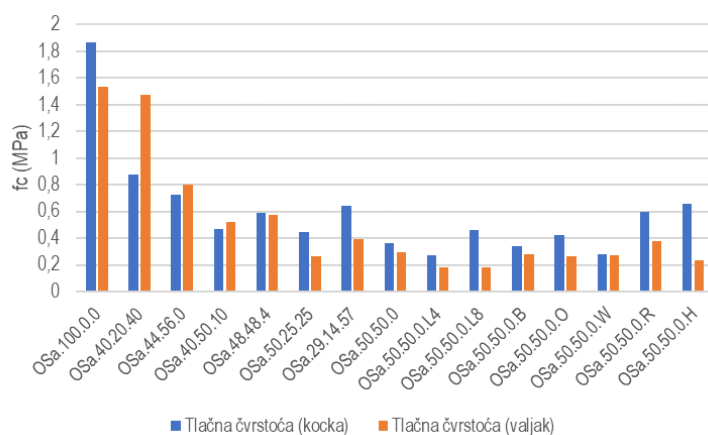
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (MPa)	0,69	0,64	0,64
Srednja tlačna čvrstoća - kocka (MPa)		0,65	
Tlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,26	0,28	0,18
Srednja tlačna čvrstoća - valjak (MPa)		0,24	
Vlačna čvrstoća – valjak (MPa)	0,04	0,04	0,04
Srednja vlačna čvrstoća (MPa)		0,04	
Modul elastičnosti – kocka (MPa)	0,14	0,12	0,10
Srednji modul elastičnosti – kocka (MPa)		0,12	
Modul elastičnosti – valjak (MPa)	0,08	0,13	0,06
Srednji modul elastičnosti – valjak (MPa)		0,09	

Tablica 6.30 Rezultati vlažnosti ispitnih uzoraka – OSa.50.50.0.H

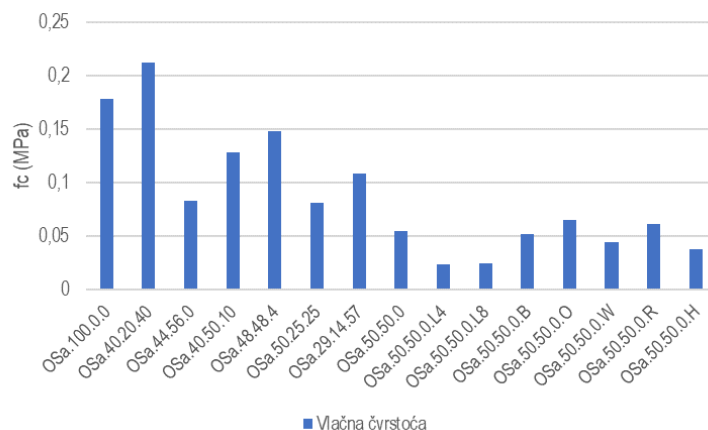
	#1	#2	#3
Tlačna čvrstoća – kocka (%)	1,90	1,60	1,87
Prosječna vlažnost (%)		1,79	
Tlačna čvrstoća – valjak (%)	1,61	1,38	1,53
Prosječna vlažnost (%)		1,51	
Vlačna čvrstoća – valjak (%)	1,29	2,04	1,77
Prosječna vlažnost (%)		1,70	

6.2.16. Usporedba rezultata tlačne i vlačne čvrstoće

Na slikama 6.99 i 6.100 prikazana je grafička usporedba svih rezultata tlačne i vlačne čvrstoće za svih 15 ispitanih mješavina. Tlačna je čvrstoća određena ispitivanjem kocka i valjaka (slika 6.99). Ispitivanjem 15 mješavina nije uočena pravilnost u rezultatima, no za 12 od ukupno 15 ispitanih mješavina tlačna čvrstoća ispitana na kockama je veća u odnosu na tlačnu čvrstoću ispitivanu na valjcima. Uz to, nije uočeno da visoku tlačnu čvrstoću prati isključivo i veća vlačna čvrstoća i obrnuto.



Slika 6.99 Ukupni rezultati tlačne čvrstoće određene na kockama i valjcima



Slika 6.100 Ukupni rezultati vlačne čvrstoće određene na valjcima

6.3. Ispitivanje tlačne čvrstoće udarnim čekićem Schmidt OS-120 PM

Kako bi se na još jedan način provjerila tlačna čvrstoća uzoraka izrađenih od nabijene zemlje, primijenjen je udarni čekić Schmidt OS-120 PM (Šestar ID: 3579), namijenjen za ispitivanje betona niskih čvrstoća, s kojima se može poistovjetiti nabijena zemlja. Tlačna čvrstoća određuje se nerazorno te ispitni uzorak nakon testiranja ostaje cjelovit. Na temelju odskoka udarnog čekića koji udara o površinu ispitnog uzorka, odredi se tlačna čvrstoća prema izrazima (6) i (7) danim u priručniku za korištenje uređaja. Izrazi su prilagođeni za ispitivanje polaganjem uređaja horizontalno na uzorak, pri čemu je izraz 3 definiran za ispitivanje uzorka kocke (15 x 15 x 15 cm), a izraz 4 za ispitivanje uzorka valjaka (15 x 30 cm).

$$f_c = 1,05 \cdot (0,0015 \cdot R^2 + 0,0615 \cdot R - 0,3585) \quad (6)$$

$$f_c = 0,8337 \cdot (0,0015 \cdot R^2 + 0,0615 \cdot R - 0,3585) \quad (7)$$

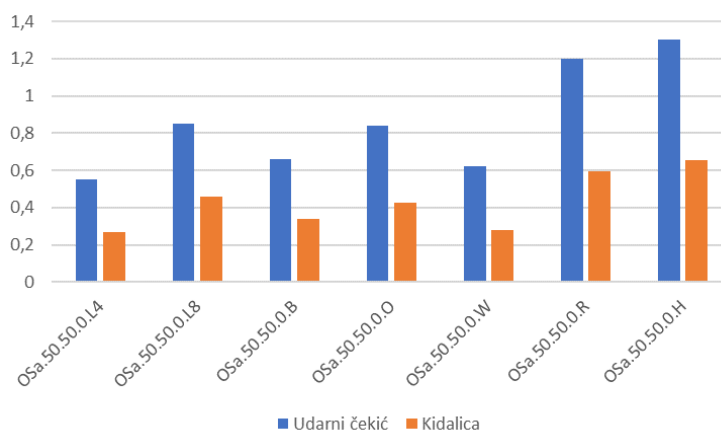
gdje je: f_c – tlačna čvrstoća (MPa), R – mjera odskoka udarnog čekića

U tablici 6.31 prikazane su vrijednosti odskoka udarnog čekića za ispitane uzorke te pripadne tlačne čvrstoće. Na ovaj je način ispitano sedam mješavina te su za svaku mješavinu prikazane prosječne vrijednosti za svaku seriju kocaka i valjaka. Prilikom ispitivanja kocaka, provedeno je mjerenje u devet točaka, dok je prilikom ispitivanja valjaka mjerenje provedeno u šest točaka, zbog dimenzija i oblika uzorka. Za mjerenja je određena prosječna vrijednost na temelju koje je potom prema izrazima (6) i (7) određena tlačna čvrstoća.

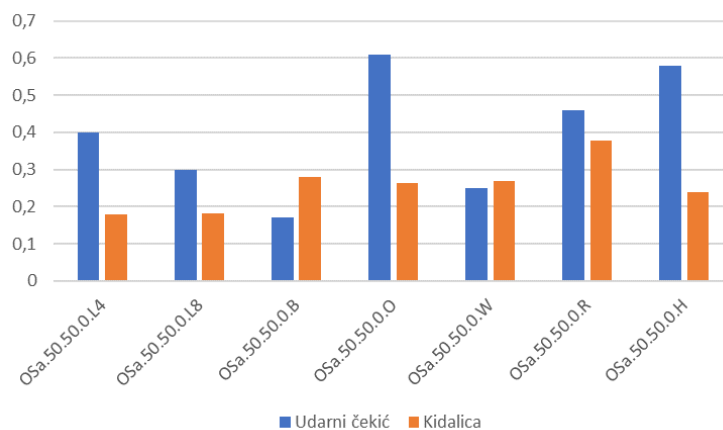
Tablica 6.31 Vrijednosti odskoka udarnog čekića i pripadne tlačne čvrstoće uzoraka

Mješavina	Uzorak		Odstotak udarnog čekića R		$R_{prosjek}$	f_c (MPa)
	Kocka	Valjak	Kocka	Valjak		
OSa.50.50.0.L4	10	9	13	11	11,22	0,55
	13	10	13	10		
OSa.50.50.0.L8	7	9	12	8	14,13	0,30
	14	10	12	10		
OSa.50.50.0.B	9	6	10	11	12,33	0,66
	11	7	10	11		
OSa.50.50.0.O	8	12	14	14	14,00	0,84
	12	10	14	14		
OSa.50.50.0.W	10	8	9	10	12,22	0,62
	10	10	10	10		
OSa.50.50.0.R	20	14	13	12	17,22	1,20
	15	10	15	10		
OSa.50.50.0.H	20	13	14	14	18,00	1,30
	19	11	17	14		

Tlačna čvrstoća određena na taj način ne može biti istovjetna tlačnoj čvrstoći određenoj ispitivanjem uzoraka u kidalici, opisanog u poglavlju 6.2, jer se udarnim čekićem ne provodi ispitivanje na plohi sloma, nego na rubnim ploham uzorka, gdje je čvrstoća nešto drugačija. Na slikama 6.101 i 6.102 prikazana je usporedba rezultata ispitivanja tlačne čvrstoće na kockama i valjcima u kidalici i pomoću udarnog čekića.



Slika 6.101 Usporedba rezultata tlačne čvrstoće određene ispitivanjem u kidalici i pomoću udarnog čekića na uzorcima kocke



Slika 6.102 Usporedba rezultata tlačne čvrstoće određene ispitivanjem u kidalici i pomoću udarnog čekića na uzorcima valjaka

Razlika u tlačnim čvrstoćama određenima jednoosnim tlačnim ispitivanjem u kidalici te pomoću udarnog čekića varira ovisno o obliku ispitnog uzorka. Za kocke je tlačna čvrstoća određena ispitivanjem udarnim čekićem za sve ispitane uzorke veća, u prosjeku za 50 %. Međutim, rezultati određeni na valjcima nisu toliko jednolični te je za dvije mješavine tlačna čvrstoća određena jednoosnim ispitivanjem u kidalici veća. Razlika u rezultatima ispitivanja tlačne čvrstoće valjaka udarnim čekićem i u kidalici također nije pravilna te iznosi od otprilike 10 do 65 %. Ispitivanja u kidalici su rezultirala slomom uzorka u zoni oko dva nabijena sloja.

7. Ispitivanje tlačne i vlačne čvrstoće na Građevinskom fakultetu u Rijeci

Ispitivanja su provedena za tri recepture zemljanih mješavina R1a.100.0.0, R1a.50.25.25 i R1a.50.50.0, te su za svaku mješavinu zemljanog materijala izrađene po tri kocke i šest valjaka. Priprema zemljanih mješavina i izrada uzoraka provedena je u Laboratoriju za konstrukcije na Građevinskom fakultetu u Rijeci.

7.1. Izrada zemljanih mješavina

Zemljane mješavine R1a.100.0.0, R1a.50.25.25 i R1a.50.50.0 izrađene su od osnovnog materijala (zemlje), dravskog pijeska, sitnog šljunka i vode. Prvi broj u oznaci zemljane mješavine definira udio osnovnog materijala (zemlje), drugi broj definira udio dravskog pijeska i treći broj definira udio sitnog šljunka.

Prije izrade zemljanih mješavina određena je vlažnost osnovnog materijala (zemlje), dravskog pijeska i sitnog šljunka na uzorcima od 100 g (Slika 7.1) i sušenjem u sušioniku na 105 °C, 24 sata. Nakon određivanja vlažnosti u navedenim materijalima, određene su potrebne količine vode u gramima s obzirom na udjele vode koji su definirani za svaku zemljanu mješavinu (cca. 16,5 % vode za R1a.100.0.0; cca. 15,8 % za R1a.50.25.25 i cca. 15 % za R1a.50.50.0). U Tablici 7.1 definirane su potrebne količine materijala i vode u gramima potrebnih za pripremu ispitnih uzoraka.

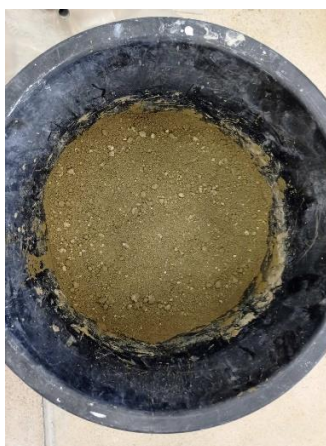


Slika 7.1 Određivanje vlažnosti u osnovnom materijalu (zemlji), dravskom pijesku i sitnom šljunki (s lijeva na desno), na uzorcima od 100 g

Tablica 7.1 Potrebne količine materijala i vode za pripremu uzoraka

Zemljana mješavina	Osnovni materijal (zemlja) [g]		Dravski pijesak [g]		Sitni šljunak [g]		Voda [g]	
	Kocka	Valjak	Kocka	Valjak	Kocka	Valjak	Kocka	Valjak
R1a.100.0.0	6750	10600	0	0	0	0	720+400	1131+630
R1a.50.25.25	3375	5300	1687,5	2650	1687,5	2650	2×785	2×1233
R1a.50.50.0	3375	5300	3375	5300	0	0	2×650	2×1021

Materijali za pripremu uzoraka zamiješani su s vodom (Slika 7.2a) te pohranjeni u PVC vreće (Slika 7.2b) 24 sata prije izrade uzoraka.



(a)



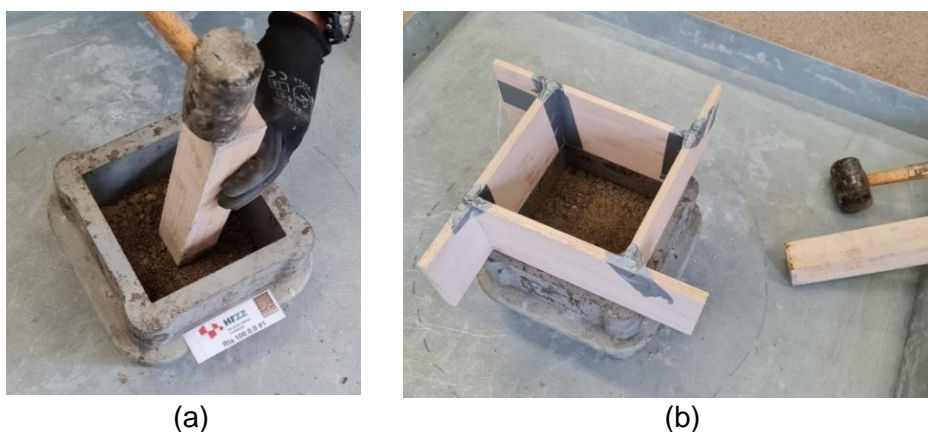
(b)

Slika 7.2 (a) Zemljana mješavina s vodom, (b) zemljane mješavine pohranjene u PVC vrećama

7.2. Izrada ispitnih uzoraka

Za svaku zemljanu mješavinu izrađene su po tri kocke i šest valjaka. Ispitni uzorci oblika kocke imaju nominalnu površinu presjeka 150 mm × 150 mm, te visinu 150 mm. Ispitni uzorci oblika valjka imaju nominalnu površinu kružnog presjeka, promjera 150 mm, te visinu 300 mm.

Zemljane mješavine punjene su u kalupe za uzorke u tri sloja. U jedan sloj za kocku ide 2000 g materijala, a u valjak 3500 g materijala. Svaki sloj u kalupu je poravnat te ravnomjerno i jednoliko zbijen s cca. 15 udaraca pomoću drvenog bata i gumenog čekića (kocke) i cca. 15 udaraca ručnim nabijačem za standardni Proctor pokus (valjci). Nakon zbivanja sloja izvršena je kontrola visine. Metalnom špahtlom zagrebena je površina prije nasipanja sljedećeg sloja. Postupak nabijanja prvog sloja materijala za uzorak kocke prikazan je na Slici 7.3a, dok je na Slici 7.3b prikazan drugi sloj materijala nakon postupka nabijanja. Za nabijanje trećeg sloja materijala izrađen je pomoćni drveni kalup kako bi se mogao usipati preostali materijal.



Slika 7.3 (a) Postupak nabijanja prvog sloja materijala za uzorak kocke i (b) drugi sloj materijala nakon nabijanja

Pripremljeni uzorci u kalupima kondicionirani su u laboratorijskim uvjetima te su raskalupljeni nakon 3 dana (kocke) i 3-5 dana (valjci). Uzorci od zemljane mješavine ugrađene u kalupe Rla.100.0.0 prikazani su na Slici 7.4. Raskalupljeni uzorci svih mješavina prikazani su na slici 7.5.



Slika 7.4 Uzorci u kalupima od zemljane mješavine Rla.100.0.0



(a)



(b)



(c)

Slika 7.5 Ispitni uzorci nakon raskalupljivanja od zemljane mješavine (a) Rla.100.0.0, (b) Rla.50.25.25 i (c) Rla.50.50.0

Neposredno prije ispitivanja napravljene su detaljne izmjere dimenzija i masa svih uzoraka koje su prikazane u Tablici 7.2 (za kocke), Tablici 7.3 (za valjke, tlačni test), Tablici 7.4 (za valjke, indirektni vlačni test). Na temelju izmjerenih masa i proračunatih volumena uzoraka, određene su gustoće zemljanih mješavina koje su također dane u navedenim tablicama.

Tablica 7.2 Izmjere dimenzija i masa za kocke, te gustoće zemljanih mješavina

Uzorak	Širina a [mm]	Dužina b [mm]	Površina opterećenj $a A_o$ [mm ²]	Visina h [mm]	Masa m [g]	Gustoća ρ [kg/m ³]	Srednja gustoća [kg/m ³]
Nominalne dimenzije	150	150	22500	150	-	-	-
Rla.100.0.0							
Rla.100.0.0 #1	146,4	148,5	21740	148,8	4642	1436	1433
Rla.100.0.0 #2	147,5	147,5	21756	148,8	4555	1407	
Rla.100.0.0 #3	147,3	147,1	21668	149,5	4717	1456	
Rla.50.25.25							
Rla.50.25.25 #1	147,6	148,1	21860	147,7	6168	1910	1919
Rla.50.25.25 #2	147,1	148,3	21815	148,1	6192	1917	
Rla.50.25.25 #3	147,6	147,8	21815	145,8	6140	1930	
Rla.50.50.0							
Rla.50.50.0 #1	146,5	146,8	21506	146,4	6088	1934	1935
Rla.50.50.0 #2	146,6	146,5	21477	146,6	6107	1942	
Rla.50.50.0 #3	146,1	147,7	21579	146,3	6087	1928	

Tablica 7.3 Izmjere dimenzija i masa za valjke za tlačni test, te gustoće zemljanih mješavina

Uzorak	Promjer ϕ [mm]	Površina opterećenj $a A_o$ [mm ²]	Visina uzorka h [mm]	Masa m [g]	Gustoća ρ [kg/m ³]	Srednja gustoća [kg/m ³]
Nominalne dimenzije	150	17671,46	300	-	-	-
Rla.100.0.0						
Rla.100.0.0 #1	146,5	16856	288	8604	1722	1768
Rla.100.0.0 #2	146,4	16833	290	8631	1768	
Rla.100.0.0 #3	146,2	16787	289	8560	1764	
Rla.50.25.25						
Rla.50.25.25 #1	146,7	16902	292	9682	1962	1944
Rla.50.25.25 #2	147,2	17018	291	9670	1953	
Rla.50.25.25 #3	148,2	17250	295	9765	1919	
Rla.50.50.0						
Rla.50.50.0 #1	146,4	16833	289	9566	1966	1957
Rla.50.50.0 #2	147,0	16972	289	9594	1956	
Rla.50.50.0 #3	146,7	16902	291	9590	1950	

Tablica 7.4 Izmjere dimenzija i masa za valjke za indirektni vlačni test (cijepanje), te gustoće zemljanih mješavina

Uzorak	Promjer Φ [mm]	Visina uzorka h [mm]	Masa m [g]	Gustoća ρ [kg/m ³]	Srednja gustoća [kg/m ³]
Nominalne dimenzije	150	300	-	-	-
Rla.100.0.0					
Rla.100.0.0 #1	146,7	291	8528	1734	1748
Rla.100.0.0 #2	146,7	293	8597	1736	
Rla.100.0.0 #3	146,5	290	8574	1776	
Rla.50.25.25					
Rla.50.25.25 #4	147,9	298	9846	1923	1915
Rla.50.25.25 #5	148,3	296	9768	1910	
Rla.50.25.25 #6	147,9	298	9792	1913	
Rla.50.50.0					
Rla.50.50.0 #1	147,2	290	9706	1967	1958
Rla.50.50.0 #2	146,9	295	9804	1961	
Rla.50.50.0 #3	147,7	292	9745	1948	

7.3. Ispitivanje kocaka na jednoosni tlak

Ispitivanja uzoraka kocaka na jednoosni tlak provedena su u Laboratoriju za konstrukcije Građevinskog fakulteta u Rijeci 9., 15. i 21. prosinca 2021. godine, 28-i dan nakon izrade uzoraka. Uzorci su ispitani na univerzalnom tlačno-vlačnom stroju (kidalici) Zwick/Roell Z600, uz pomoć tlačnih ploča i korištenjem mjernih doza kapaciteta 50 kN (Slika 7.6a) i 500 kN (Slika 7.6b). Za uzorke mješavine Rla.100.0.0 korištena je mjerna doza od 50 kN, dok je za uzorke mješavina Rla.50.25.25 i Rla.50.50.0 korištena mjerna doza 500 kN.

7.3.1. Postava ispitivanja i mjerne opreme

Ispitivanja su provedena prema sljedećoj proceduri:

- Tlak u uzorku nanošen je kontrolom pomaka pomične grede
- Brzina opterećenja iznosi 1 mm/min
- Kraj ispitivanja definiran je nakon pada čvrstoće za 80%

Površina opterećenja je kvadratnog poprečnog presjeka nominalnih dimenzija 150 mm × 150 mm prikazana na Slici 7.6. Prilikom ispitivanja postavljena je jedna tlačna ploča sa zglobovom kako bi se osigurano samopodešavanje na uzorku.



(a)



(b)

Slika 7.6 Postava uzorka kocke za ispitivanje na jednoosni tlak s mjernom dozom (a) 50 kN i (b) 500 kN

7.3.2. Rezultati ispitivanja

Kao rezultat ispitivanja uzoraka kocaka na jednoosni tlak dani su sljedeći rezultati:

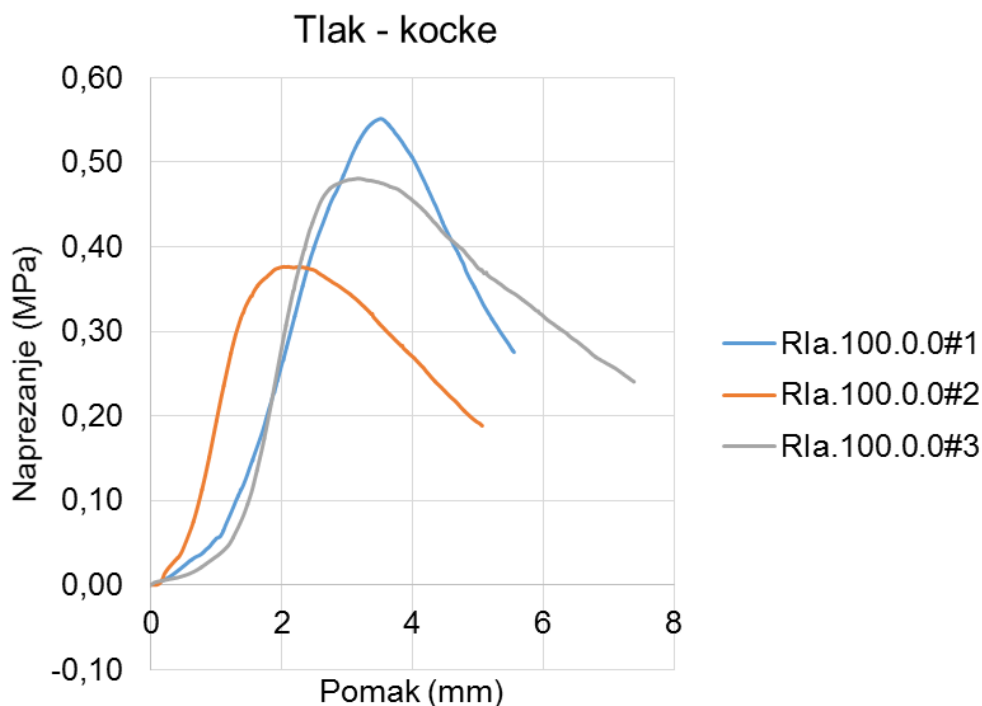
- Najveća izmjerena sila izražena u N
- Tlačni modul elastičnosti izražen u MPa
- Tlačna čvrstoća izražena u MPa
- Srednja tlačna čvrstoća za svaku mješavinu izražena u MPa
- Dijagrami odnosa naprezanja [MPa] i pomaka [mm]
- Oblici sloma uzoraka kocaka

U Tablici 7.5 dani su rezultati ispitivanja kocaka na jednoosni tlak za tri zemljane mješavine.

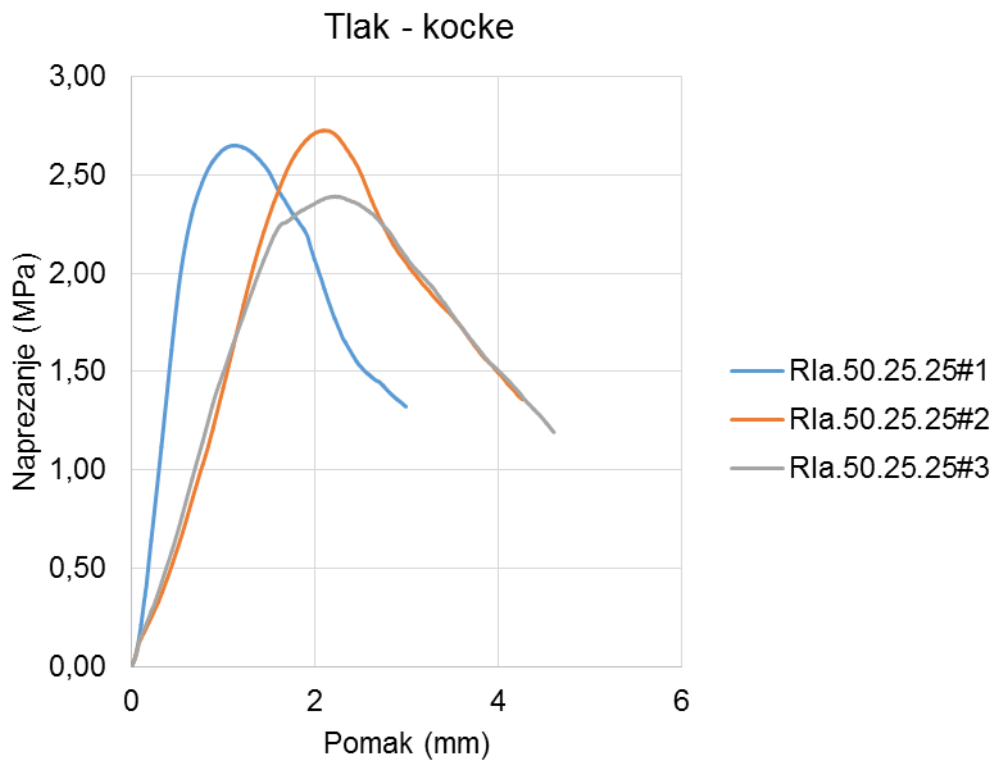
Tablica 7.5 Tlačna čvrstoća zemljanih mješavina uzoraka kocke

Oznaka uzorka	Najveća sila F_{max} (N)	Čvrstoća = $\frac{F_{max}}{A}$ (MPa)	Srednja čvrstoća (MPa)	Modul elastičnosti (MPa)	Srednji modul elastičnosti (MPa)
Rla.100.0.0					
Rla.100.0.0 #1	11989	0,55		0,10	
Rla.100.0.0 #2	8189	0,38	0,47	0,14	0,11
Rla.100.0.0 #3	10418	0,48		0,09	
Rla.50.25.25					
Rla.50.25.25 #1	57907	2,65		3,12	
Rla.50.25.25 #2	59461	2,73	2,59	1,27	1,92
Rla.50.25.25 #3	52136	2,39		1,36	
Rla.50.50.0					
Rla.50.50.0 #1	51262	2,38		0,98	
Rla.50.50.0 #2	54273	2,53	2,46	1,23	1,19
Rla.50.50.0 #3	53485	2,48		1,37	

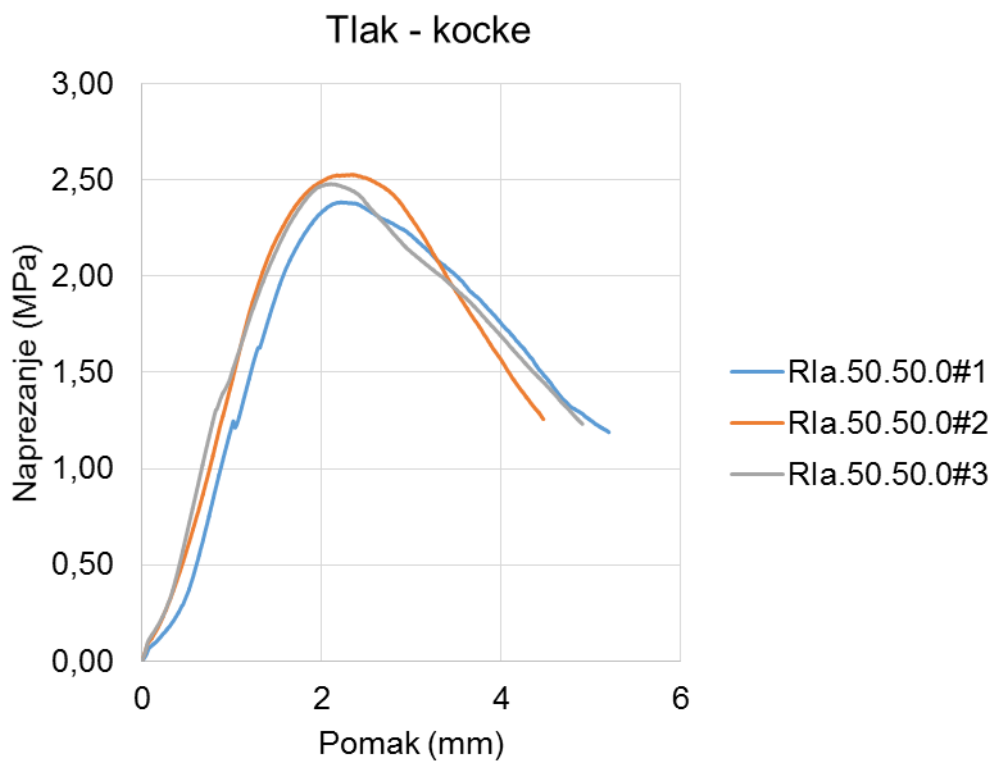
Dijagrami odnosa naprezanja [MPa] i pomaka [mm] dobiveni ispitivanjem kocaka na jednoosni tlak prikazani su na Slici 7.7a za zemljanu mješavinu Rla.100.0.0, na Slici 7.7b za zemljanu mješavinu Rla.50.25.25 i na Slici 7.7c za zemljanu mješavinu Rla.50.50.0.



(a)



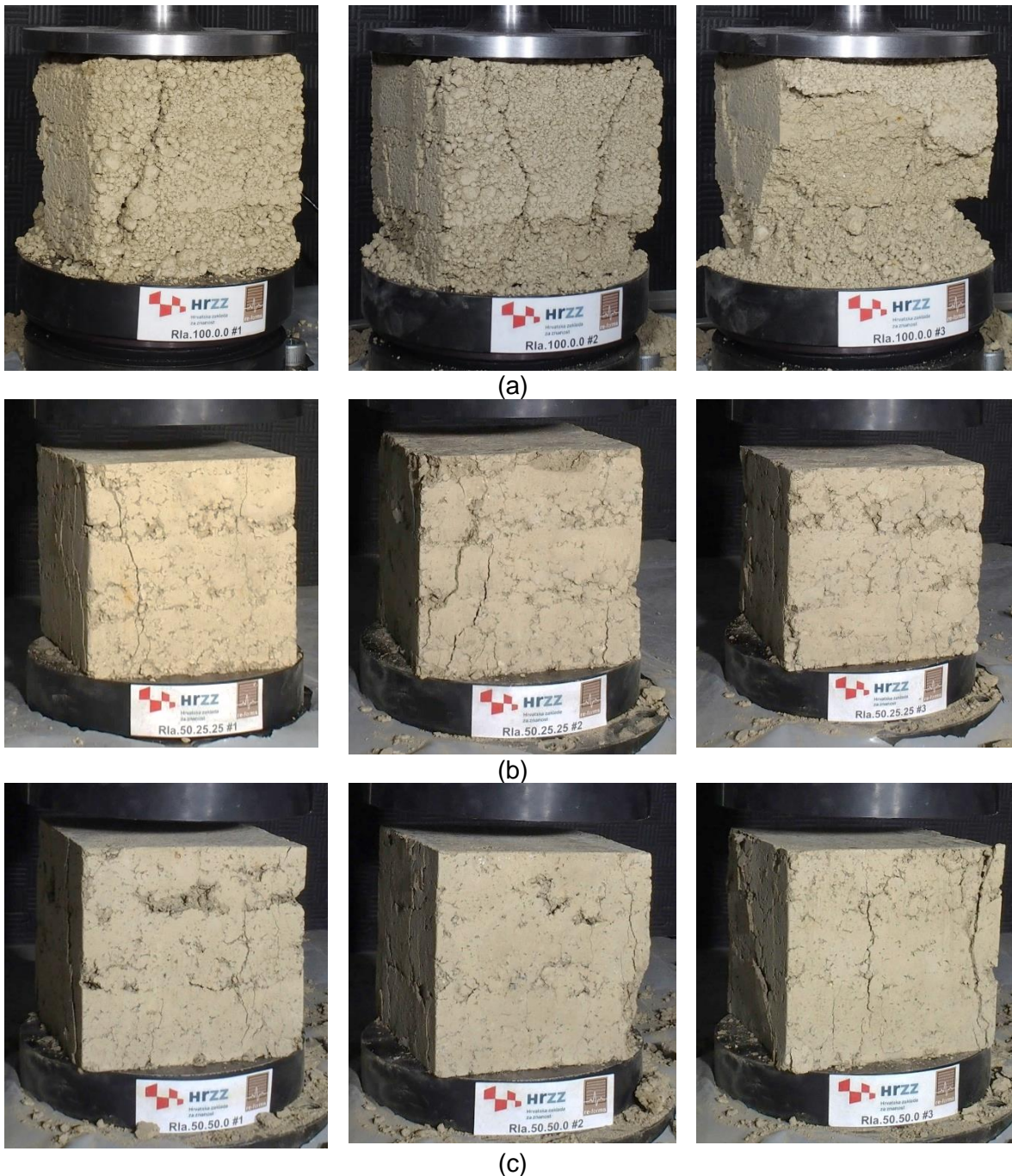
(b)



(c)

Slika 7.7 Dijagrami odnosa naprezanja i pomaka za uzorke kocke za (a) Rla.100.0.0, (b) Rla 50.25.25, (c) 50.50.0

Oblici slomova uzoraka kocke prikazani su na Slici 7.8a za uzorke od zemljane mješavine R1a.100.0.0, na Slici 7.8b za zemljanu mješavinu R1a.50.25.25 i na Slici 7.8c za zemljanu mješavinu R1a.50.50.0.



Slika 7.8 Oblik sloma uzorka kocke od zemljane mješavine (a) R1a.100.0.0, (b) R1a 50.25.25, (c) 50.50.0

7.4. Ispitivanje valjaka na jednoosni tlak

Ispitivanja uzoraka valjaka na jednoosni tlak provedena su u Laboratoriju za konstrukcije Građevinskog fakulteta u Rijeci 9., 15. i 21. prosinca 2021. godine, 28-i dan nakon izrade uzoraka. Uzorci su ispitani na univerzalnom tlačno-vlačnom stroju (kidalici) Zwick/Roell Z600, uz pomoć tlačnih ploča i korištenjem mjernih doza kapaciteta 50 kN (Slika 7.9a) i 500 kN (Slika

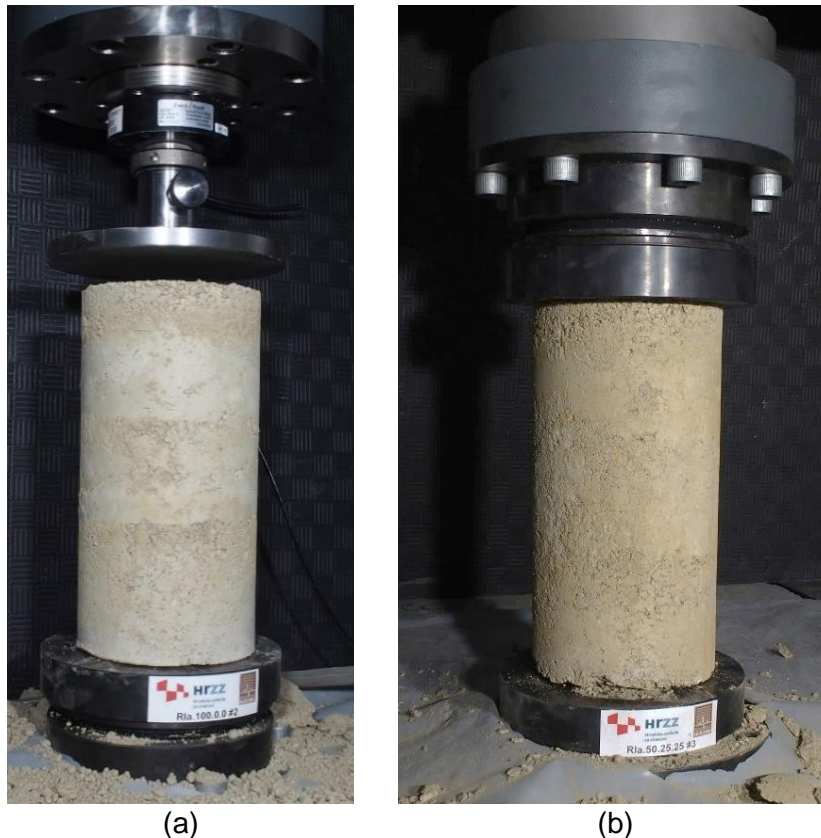
7.9b). Za uzorke mješavine R1a.100.0.0 korištena je mjerna doza od 50 kN dok je za uzorke mješavina R1a.50.25.25 i R1a.50.50.0 korištena mjerna doza 500 kN.

7.4.1. Postava ispitivanja i mjerne opreme

Ispitivanja su provedena prema sljedećoj proceduru:

- Tlak u uzorku nanošen je kontrolom pomaka pomične grede
- Brzina opterećenja iznosi 1 mm/min
- Kraj ispitivanja definiran je nakon pada čvrstoće za 80%

Površina opterećenja je kružnog poprečnog presjeka nominalnog promjera 150 mm prikazana na Slici 7.9. Prilikom ispitivanja postavljena je jedna tlačna ploča sa zglibom kako bi se osigurano samopodešavanje na uzorku.



Slika 7.9 Postava uzorka valjka za ispitivanje na jednoosni tlak s mjernom dozom (a) 50 kN i (b) 500 kN

7.4.2. Rezultati ispitivanja

Kao rezultat ispitivanja uzoraka valjaka na jednoosni tlak dani su sljedeći rezultati:

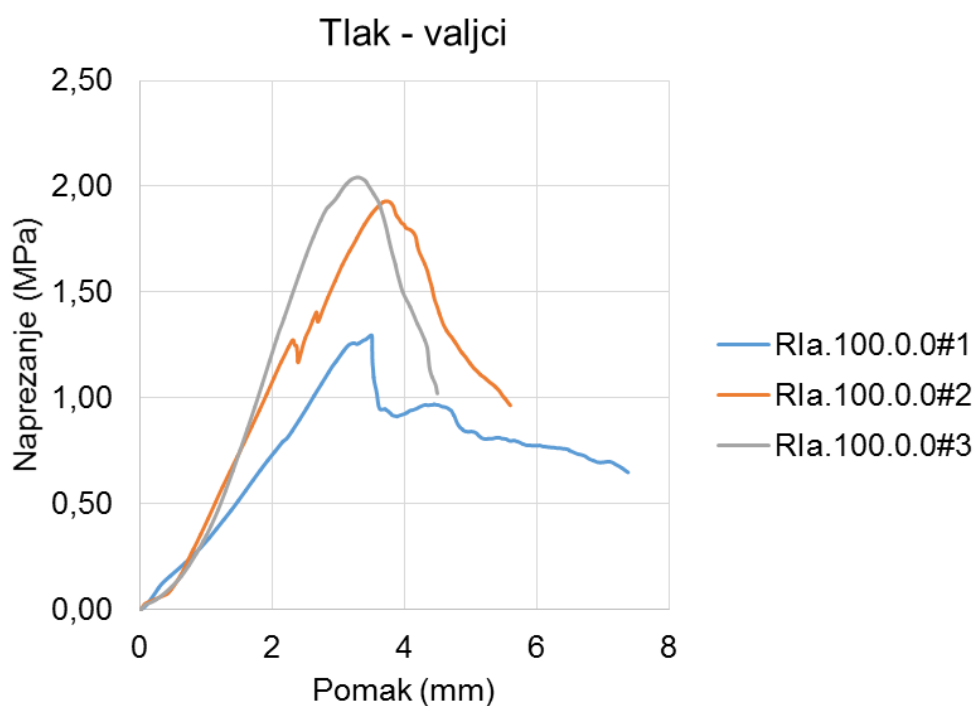
- Najveća izmjerena sila izražena u N
- Tlačni modul elastičnosti izražen u MPa
- Tlačna čvrstoća izražena u MPa
- Srednja tlačna čvrstoća za svaku mješavinu izražena u MPa
- Dijagrami odnosa naprezanja [MPa] i pomaka [mm]
- Oblici sloma uzoraka valjaka

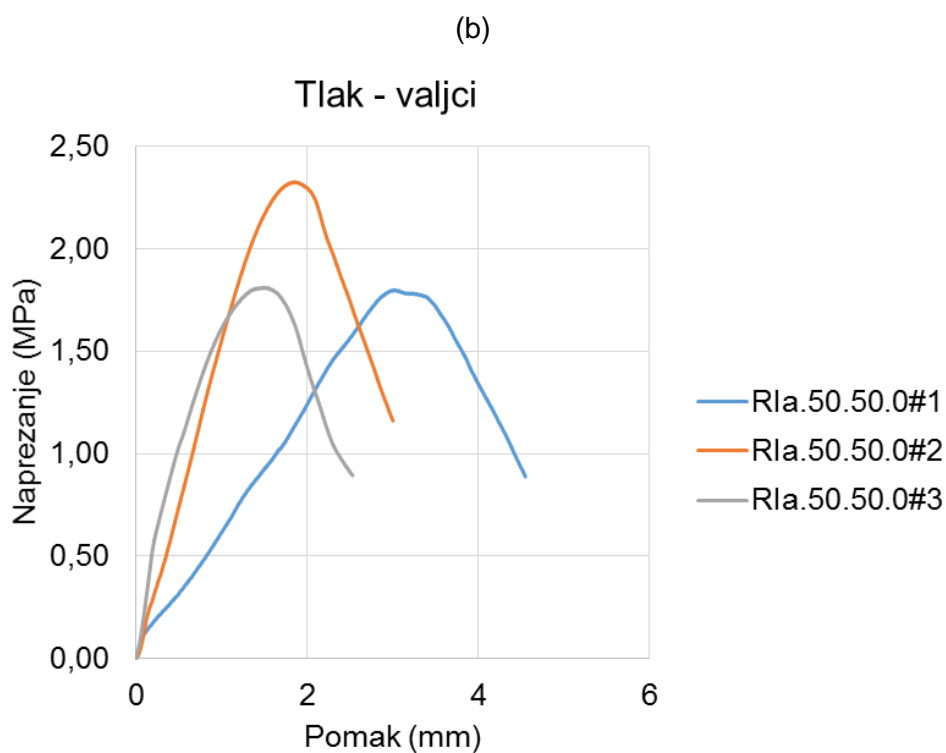
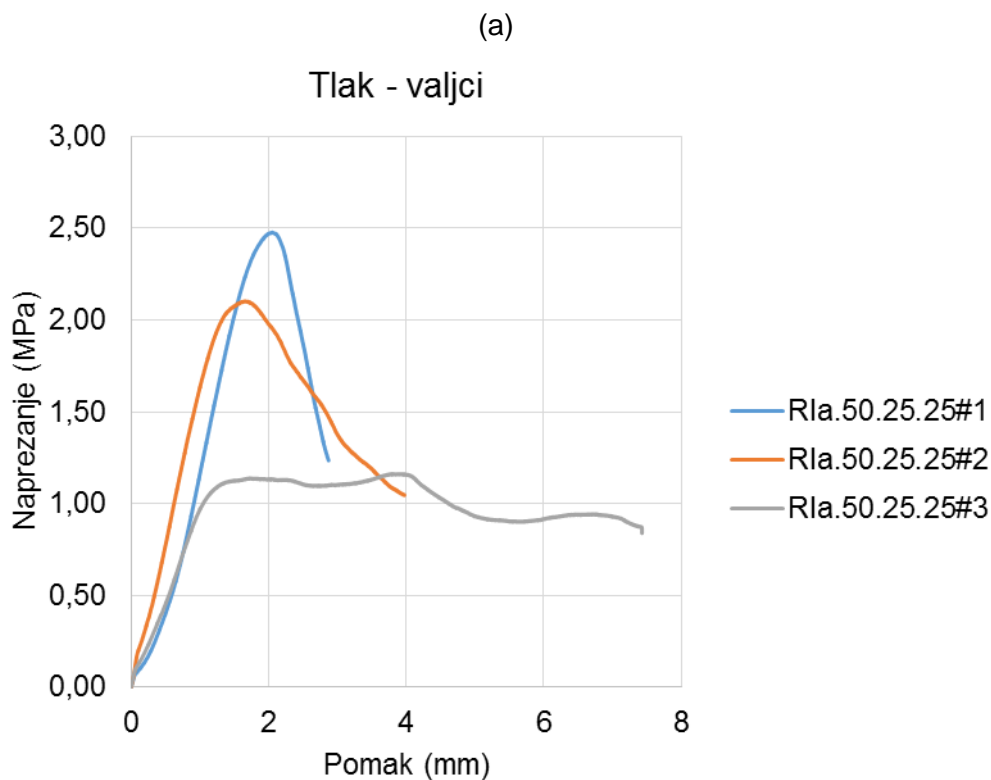
U Tablici 7.6 dani su rezultati ispitivanja valjaka na jednoosni tlak za tri zemljane mješavine.

Tablica 7.6 Tlačna čvrstoća zemljanih mješavina uzoraka valjaka

Uzorak	Najveća sila F_{max} (N)	Čvrstoća = $\frac{F_{max}}{A}$ (MPa)	Srednja čvrstoća (MPa)	Modul elastičnosti (MPa)	Srednji modul elastičnosti (MPa)
Rla.100.0.0					
Rla.100.0.0 #1	21854	1,30		0,33	
Rla.100.0.0 #2	32479	1,93	1,76	0,46	0,41
Rla.100.0.0 #3	34287	2,04		0,45	
Rla.50.25.25					
Rla.50.25.25 #1	41870	2,48		0,97	
Rla.50.25.25 #2	35776	2,10	1,91	1,50	1,12
Rla.50.25.25 #3	20041	1,16		0,91	
Rla.50.50.0					
Rla.50.50.0 #1	30261	1,80		0,61	
Rla.50.50.0 #2	39444	2,32	1,98	1,47	1,60
Rla.50.50.0 #3	30584	1,81		2,71	

Dijagrami odnosa naprezanja [MPa] i pomaka [mm] dobiveni ispitivanjem valjaka na jednoosni tlak prikazani su na Slici 7.10a za zemljanu mješavinu Rla.100.0.0, na Slici 7.10b za zemljanu mješavinu Rla.50.25.25 i na Slici 7.10c za zemljanu mješavinu Rla.50.50.0.

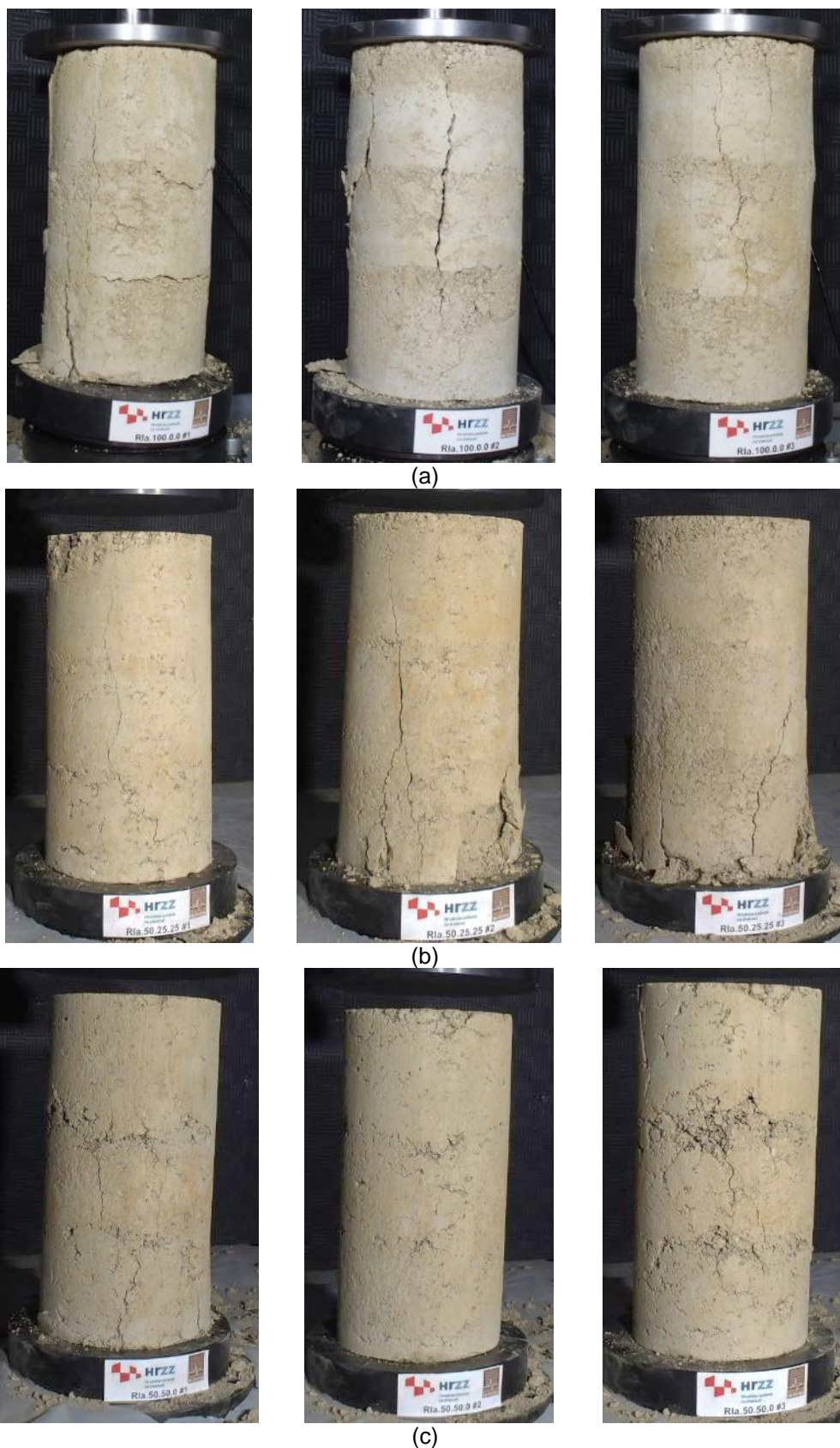




(c)

Slika 7.10 Dijagrami odnosa naprezanja i pomaka za uzorke valjaka za (a) Rla.100.0.0, (b) Rla.50.25.25 i (c) 50.50.0

Oblici slomova uzoraka valjaka prikazani su na Slici 7.11a za uzorke od zemljane mješavine Rla.100.0.0, na Slici 7.11b za zemljanu mješavinu Rla.50.25.25 i na Slici 7.11c za zemljanu mješavinu Rla.50.50.0.



Slika 7.11 Oblik sloma uzorka valjka od zemljane mješavine (a) R1a.100.0.0, (b) R1a.50.25.25, (c) 50.50.0

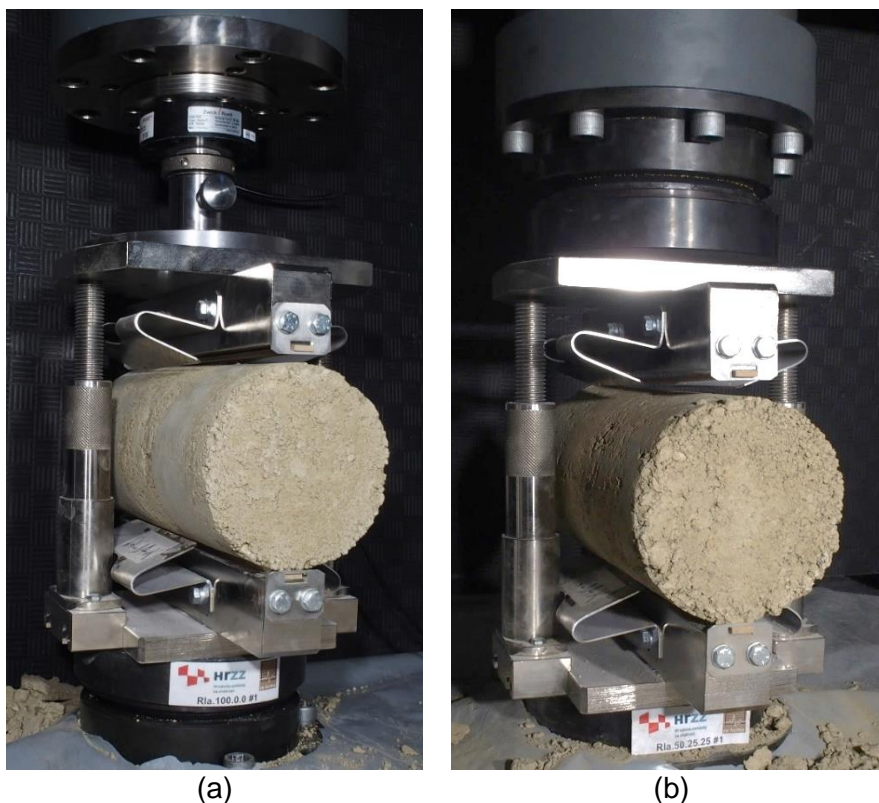
7.5. Ispitivanje valjaka na indirektni vlak (cijepanje)

Ispitivanja uzoraka valjaka na indirektni vlak (cijepanje) provedena su u Laboratoriju za konstrukcije Građevinskog fakulteta u Rijeci 9., 15. i 21. prosinca 2021. godine, 28-i dan nakon izrade uzoraka. Uzorci su ispitani na univerzalnom tlačno-vlačnom stroju (kidalici) Zwick/Roell Z600, uz pomoć posebnog alata za prihvat valjaka te korištenjem mjernih doza kapaciteta 50 kN (Slika 7.12a) i 500 kN (Slika 7.12b). Za uzorke mješavine R1a.100.0.0 korištena je mjerna doza od 50 kN dok je za uzorke mješavina R1a.50.25.25 i R1a.50.50.0 korištena mjerna doza 500 kN.

7.5.1. Postava ispitivanja i mjerne opreme

Ispitivanja su provedena prema sljedećoj proceduri:

- Tlak u uzorku nanošen je kontrolom pomaka pomične grede
- Brzina opterećenja iznosi 1 mm/min
- Ispitivanje je provedeno do sloma uzorka



Slika 7.12 Postava uzorka valjaka za ispitivanje na indirektni vlak (cijepanje) s mjernom dozom (a) 50 kN i (b) 500 kN

7.5.2. Rezultati ispitivanja

Kao rezultat ispitivanja uzoraka valjaka na indirektni vlak (cijepanje) dani su sljedeći rezultati:

- Najveća izmjerena sila izražena u N
- Vlačna čvrstoća izražena u MPa
- Srednja vlačna čvrstoća za svaku mješavinu izražena u MPa
- Dijagrami odnosa naprezanja [MPa] i pomaka [mm]

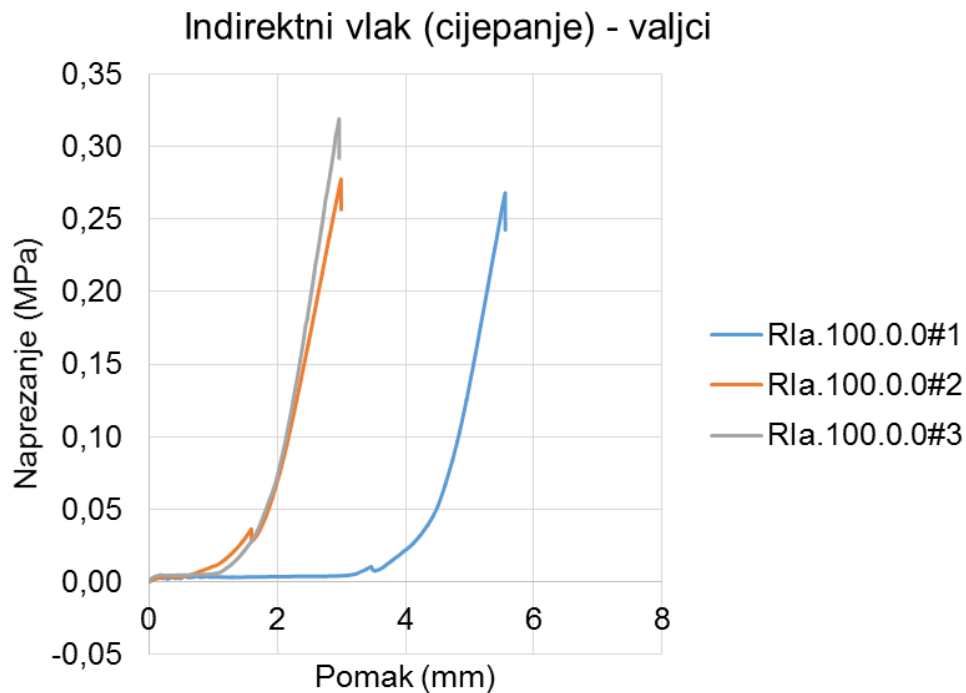
- Oblici sloma uzoraka kocaka

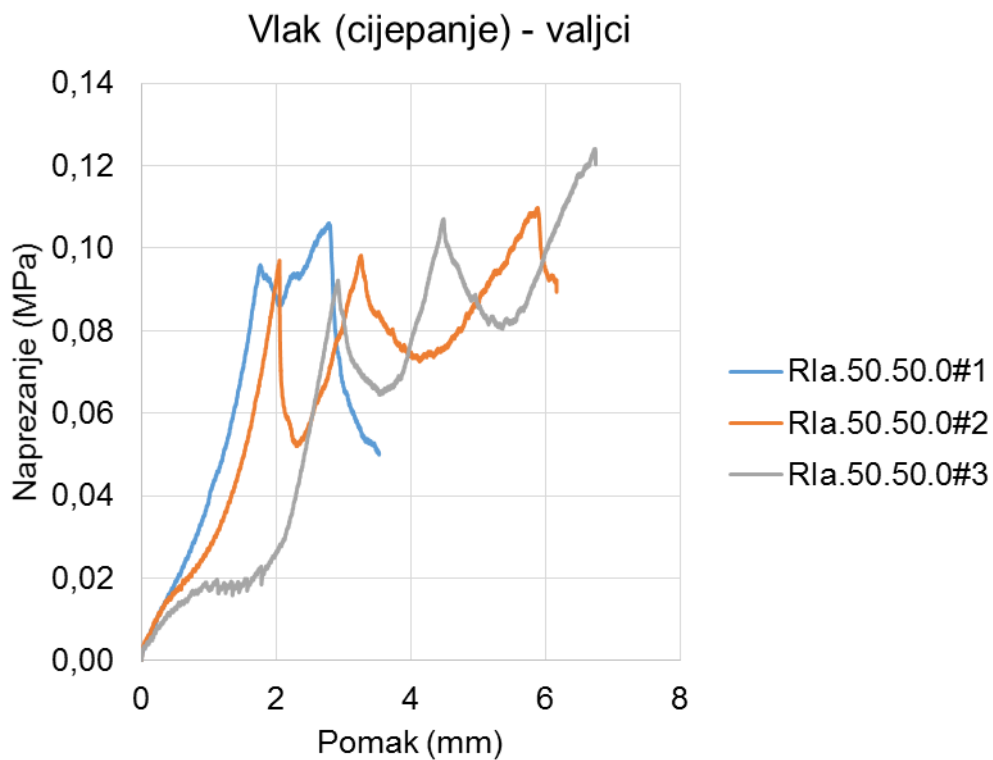
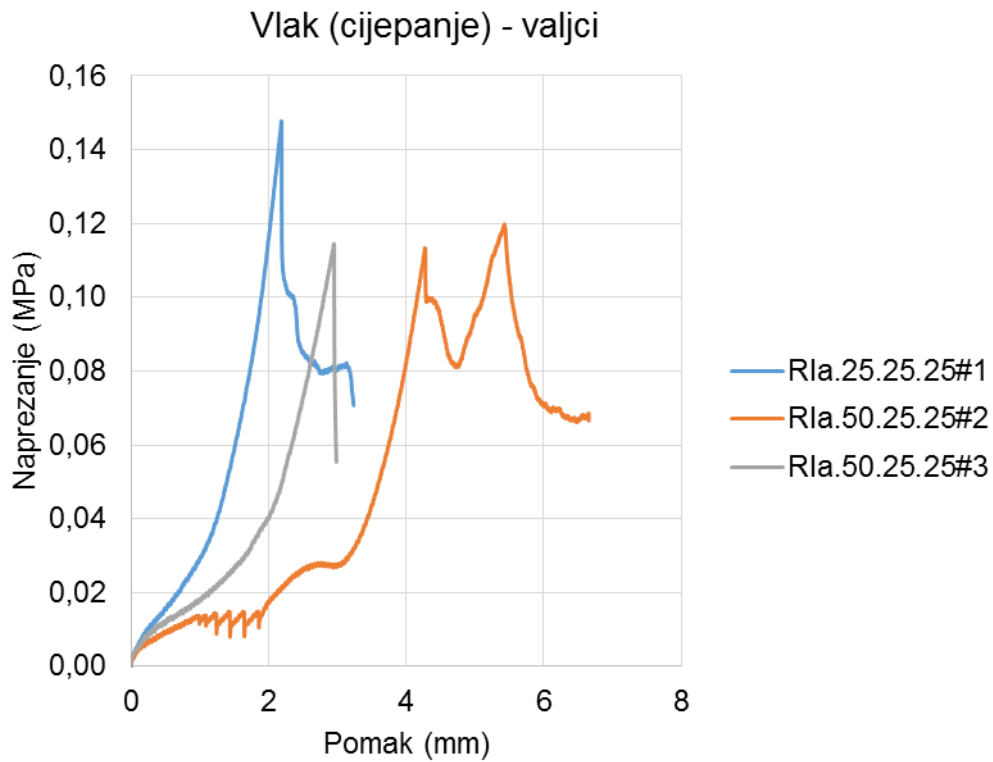
U Tablici 7.7 dani su rezultati ispitivanja valjaka na indirektni vlak (cijepanje) za tri zemljane mješavine.

Tablica 7.7 Vlačna čvrstoća zemljanih mješavina uzoraka valjaka

Oznaka uzorka	Najveća sila F_{max} (N)	Čvrstoća = $\frac{2 F_{max}}{\pi \times H \times \phi}$ (MPa)	Srednja čvrstoća (MPa)
Rla.100.0.0			
Rla.100.0.0 #1	17968	0,27	0,29
Rla.100.0.0 #2	18730	0,28	
Rla.100.0.0 #3	21153	0,32	
Rla.50.25.25			
Rla.50.25.25 #1	10231	0,15	0,13
Rla.50.25.25 #2	8263	0,12	
Rla.50.25.25 #3	7929	0,11	
Rla.50.50.0			
Rla.50.50.0 #1	7114	0,11	0,11
Rla.50.50.0 #2	7475	0,11	
Rla.50.50.0 #3	8406	0,12	

Dijagrami odnosa naprezanja [MPa] i pomaka [mm] dobiveni ispitivanjem valjaka na indirektni vlak (cijepanje) prikazani su na Slici 7.13a za zemljanu mješavinu Rla.100.0.0, na Slici 7.13b za zemljanu mješavinu Rla.50.25.25 i na Slici 7.13c za zemljanu mješavinu Rla.50.50.0.





Slika 7.13 Dijagrami odnosa naprežanja i pomaka za uzorke kocke za (a) Rla.100.0.0, (b) Rla.50.25.25, (c) Rla.50.50.0

Oblici slomova uzoraka valjaka prikazani su na Slici 7.14a za uzorke od zemljane mješavine R1a.100.0.0, na Slici 7.14b za zemljanu mješavinu R1a.50.25.25 i na Slici 7.14c za zemljanu mješavinu R1a.50.50.0.



Slika 7.14 Oblik sloma uzorka valjka cijepanjem za zemljanu mješavinu (a) R1a.100.0.0, (b) R1a.50.25.25, (c) 50.50.0

8. Izravni posmik

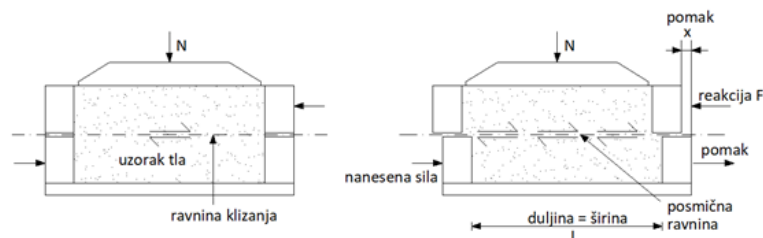
Ispitivanje posmične čvrstoće tla može se provesti u uređaju za izravni posmik (slika 8.1). U pokusu se mjere normalna naprezanja, vertikalne deformacije, posmična sila te pomak, a rezultat ispitivanja su parametri čvrstoće – kohezija i kut unutarnjeg trenja.



Slika 8.1 Uređaj za izravni posmik

8.1. Opis postupka ugradnje i ispitivanja uzoraka

Ispitivanje se sastoji od faze konsolidacije (trajanje približno 24 h – ovisno o materijalu koji se ispituje) gdje je uzorak samo opterećen vertikalno te faze posmika kada se uz vertikalno opterećenje na uzorak dodatno nanosi posmična sila (slika 8.2). Posmik se odvija po unaprijed definiranoj plohi sloma (horizontalna ploha) jedne polovice uzorka u odnosu na drugu. To se postiže dvodijelnim kalupom (unutar kojeg se nalazi uzorak) gdje je jedna polovina kalupa nepomična, dok se druga polovina pomiče uslijed nanošenja posmične sile. Iako je moguće provesti ispitivanje na dva uzorka od istog tla/materijala (pri dvije različite vrijednosti vertikalnog naprezanja), zbog sigurnosti se ispitivanja provode na barem tri uzorka.



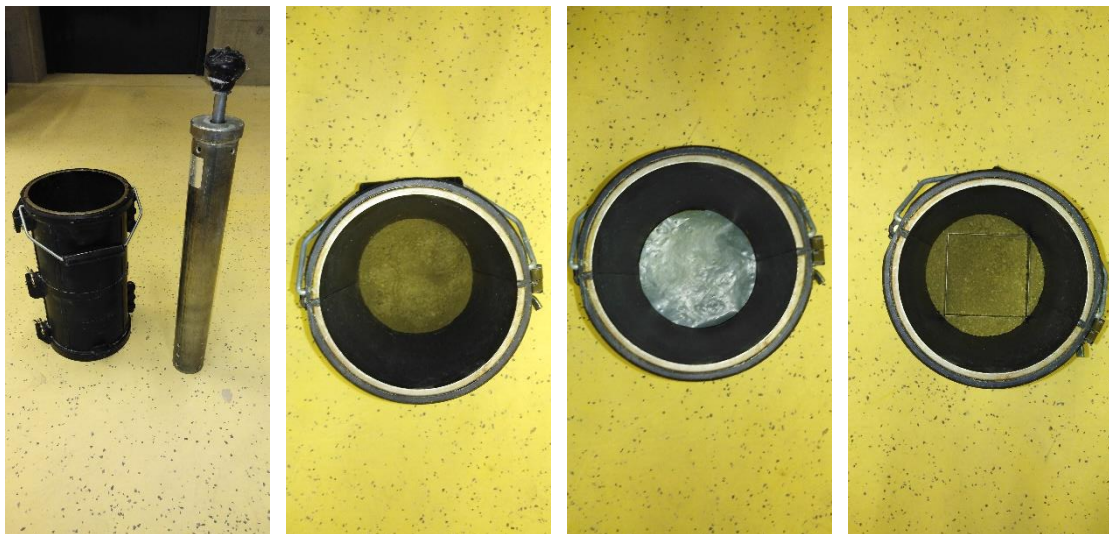
Slika 8.2 Shema ispitivanja uzorka pokusom izravnog posmika (Mulabdić, 2018)

Za potrebe ispitivanja posmične čvrstoće uzorci promatranih mješavina su ugrađeni u kalup visine 30 cm i kružnog poprečnog presjeka promjera 15 cm (slika 8.3). Za svaki sloj je odvojeno 3,5 kg mješavine (prije dodavanja vode za postizanje željene vlažnosti; visina sloja u zbijenom stanju iznosi približno 10 cm). Količina dodane vode temeljena je na vlažnostima uzoraka vlačnih i tlačnih ispitivanja tako da uzorci prilikom ugradnje imaju približno jednaku vlažnost. Priprema mješavina za formiranje uzoraka za izravni posmik bila je jednaka pripremi mješavina za ispitivanje čvrstoća prizmi i valjaka. Iz razloga zahtjeva najvećeg zrna u uzorku (prema normi HRN EN ISO 17892-10) koje ne smije biti veće od 1/5 visine uzorka, mješavine su pripremljene tako da je najveće zrno u uzorku imalo promjer 4 mm (visina uzorka je 20 mm).

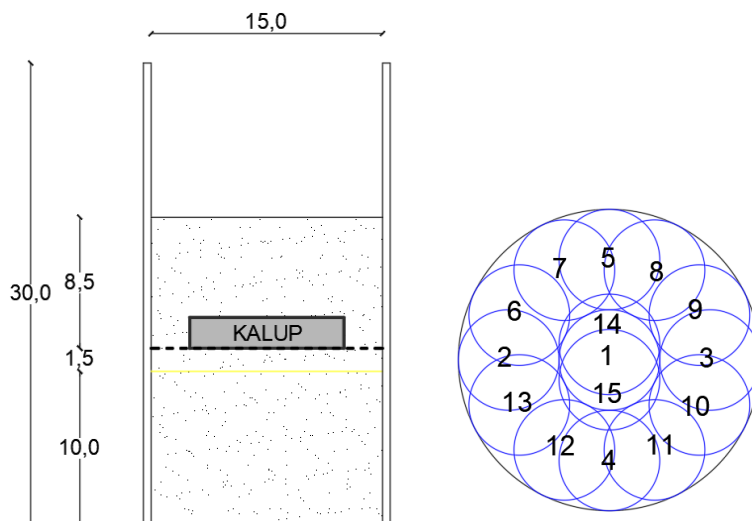
Za ugradnju je korišten standardni Proctorov nabijač - tip A (masa 2,5 kg, promjer 50 mm, visina pada 305 mm; slika 8.3 lijevo), a svaki je sloj zbijan 15 puta. Energija zbijanja, izračunata prema izrazu danom u HRN EN 13286-2, iznosila je 0,06 MJ/m³ (izraz 8).

$$\text{energija zbijanja} = \frac{\text{masa nabijača} \times \text{visina pada} \times \text{broj udaraca po sloju} \times \text{broj slojeva} \times \text{gravitacijsko ubrzanje}}{\text{volumen kalupa}} \quad (8)$$

Nakon ugradnje prvog sloja, postavljena je plastična folija (slika 8.3 sredina) te je na nju dodano približno 0,5 kg mješavine uzorka. Potom je u kalup stavljen sjekač (tlocrtne dimenzije 100 x 100 mm, visine 20 mm) te je dodana preostala masa predviđena za ugradnju drugog sloja (slika 8.3 desno). Položaj sjekača u uzorku i položaj udaraca nabijačem prikazan je na slici 8.4. Nakon zbijanja drugog sloja, rastvoren je kalup te je uzorak izvađen prilikom čega je višak materijala uklonjen, a površina donje i gornje plohe uzorka u sjekaču pažljivo je odrezana tako da se postigne ravna ploha. Uzorak je potom iz sjekača (nakon potrebnih mjerenja/vaganja) istisnut u kalup za ispitivanje izravnim posmikom.



Slika 8.3 Lijevo: kalup i nabijač; sredina lijevo: ugrađen prvi sloj; sredina desno: folija na kontaktu slojeva; desno: sjekač postavljen unutar drugog sloja



Slika 8.4 Lijevo: položaj sjekača unutar kalupa; desno: položaj udara standardnim Proctorovim nabijačem unutar uzorka po sloju

Ispitivanja su provedena na uzorcima koji su ugrađeni i ispitani isti dan od ugradnje te na uzorcima koji su prethodno ugrađeni u kalup bili u klima komori (u kontroliranim uvjetima) 28 dana (slika 8.5).



Slika 8.5 Lijevo: uzorak ugrađen u kalup i ispitani isti dan; desno: uzorci starosti 28 dana (prethodno ugrađeni u kalup)

Uzorci ispitani isti dan ugradnje su konsolidirani pri vertikalnim napreznjima (približno) 25, 50 i 100 kPa kroz približno 24 h te potom smicani brzinom 1 mm/min. Ispitivanje je provedeno prema HRN EN ISO 17892-10 (uz korekciju brzine smicanja). Rezultati ispitivanja navedenih uzoraka prikazani su u prilogu 1.

Uzorci ispitani nakon 28 dana starosti su prethodno smicanju bili izloženi vertikalnom opterećenju od 25, 50 i 100 kPa kroz 10 min te potom smicani brzinom smicanja 1 mm/min. Rezultati ispitivanja navedenih uzoraka prikazani su u prilogu 2.

8.2. Rezultati ispitivanja

U tablici 8.1 dan je prikaz izračunatih parametara čvrstoće. Potrebno je imati na umu da zbog velike brzine smicanja ostvarena kohezija i kutovi unutarnjeg trenja ne predstavljaju nužno vrijednosti kohezije i kuta unutarnjeg trenja koji odgovaraju rezultatima standardnog ispitivanja (drenirano stanje).

Tablica 8.1 Rezultati ispitivanja pokusom izravnog posmika

UZORAK	Uzorci ispitani isti dan		Uzorci ispitani nakon 28 dana	
	c / kPa	φ / °	c / kPa	φ / °
OSa.100.0.0	35,7 *	7,3 *	39,1 *	27,8 *
OSa.40.20.40	16,4	33,4	39,6	41,1
OSa.44.56.0	21,6	31,4	25,1 *	48,2 *
OSa.40.50.10	18,7	33,8	40,0	38,6
OSa.48.48.4	27,9	21,9	34,6 *	41,6 *
OSa.50.25.25	23,6	25,0	25,7 *	35,8 *
OSa.29.14.57	24,1	24,4	17,7	44,0
OSa.50.50.0	20,4	31,1	37,5	38,9
OSa.50.50.0.L4	16,9	37,5	23,8	44,7
OSa.50.50.0.L8	16,6	36,0	35,3	31,4
OSa.50.50.0.B	14,4	35,0	63,4	33,0
OSa.50.50.0.O	17,4	32,8	48,7 *	40,6 *
OSa.50.50.0.W	21,6	33,0	51,0	39,2
OSa.50.50.0.R	25,1	27,1	53,8	46,4
OSa.50.50.0.H	25,8	27,4	72,6 *	15,6 *

* zbog određenog oštećenja uzoraka prilikom ugradnje u kalup, nije bilo moguće pouzdano utvrditi parametre čvrstoće

U tablici 8.2 dan je prikaz vršnih posmičnih naprežanja za promatrane mješavine.

Tablica 8.2 Rezultati ispitivanja pokusom izravnog posmika – vršno posmično naprežanje

UZORAK	Uzorci isti dan ispitani			Uzorci ispitani nakon 28 dana		
	vršno posmično naprežanje / kPa 25 kPa	49 kPa	98 kPa	vršno posmično naprežanje / kPa 25 kPa	50 kPa	100 kPa
OSa.100.0.0	36	46	47	58	56 *	95 *
OSa.40.20.40	33	48	81	71	69	132
OSa.44.56.0	36	52	81	42 *	97	132
OSa.40.50.10	35	52	84	49	96	115
OSa.48.48.4	36	50	66	59	76 *	124
OSa.50.25.25	33	49	68	49	54 *	100
OSa.29.14.57	34	49	68	39	71	113
OSa.50.50.0	35	50	80	53	84	116
OSa.50.50.0.L4	35	55	92	47	74	121
OSa.50.50.0.L8	34	52	88	49	68	95
OSa.50.50.0.B	34	45	84	74	105	126
OSa.50.50.0.O	32	51	80	65 *	100	132
OSa.50.50.0.W	37	54	85	55	115	123
OSa.50.50.0.R	37	52	75	79	107	159
OSa.50.50.0.H	38	52	77	73	97	97 *

* zbog određenog oštećenja uzoraka prilikom ugradnje u kalup, dobivene vrijednosti vršnih posmičnih naprežanja ne odgovaraju nužno vrijednostima naprežanja koje bi se dobile na neporemećenim uzorcima

8.3. Diskusija rezultata

Na temelju dobivenih rezultata može se vidjeti kako su uzorci stari 28 dana imali veću čvrstoću od uzoraka ispitanih isti dan od ugradnje. Potrebno je imati na umu da su pojedini uzorci starosti 28 dana imali oštećenja pri ugradnji u kalupe. Manja količina vapna (uzorci OSa.50.50.0.L4) se pokazala pogodnijom za primjenu od veće količine vapna (uzorci OSa.50.50.0.L8). Kod uzoraka s dodatcima žitarica ili industrijske konoplje (uzorci OSa.50.50.0.B, OSa.50.50.0.O, OSa.50.50.0.W, OSa.50.50.0.R, OSa.50.50.0.H), tzv. prirodne mikro armature, zabilježeno je povećanje čvrstoće u odnosu na osnovnu mješavinu (OSa.50.50.0) kod uzoraka starih 28 dana.

9. Određivanje koeficijenta toplinske provodljivosti

Koeficijent toplinske provodljivosti određen je na uzorcima oblika kvadra, tlocrtnih dimenzija 150 x 150 mm te debljine 25 – 30 mm. Ispitivanje je provedeno primjenom uređaja FOX 200 koji koristi ustaljenu tehniku za određivanje koeficijenta toplinske provodljivosti.

9.1. Metodologija primjene uređaja FOX200

Metoda mjerenja protoka topline projektirana je posebno za izolacijske materijale, a određena je normama ASTM C518, ISO 8301 i DIN EN 12667. Ova isplativa i praktična metoda opće je prepoznata i prihvaćena diljem svijeta zbog svoje brzine, jednostavnosti i točnosti. U FOX200 uređaju, uzorak je smješten između dvije ploče s regulacijom temperature. Debljina uzorka može biti zadana ili stvarna očitana dimenzija uzorka. Uređaj sadrži četiri optička čitača, po jedan na svakom uglu, kako bi se osigurala najveća moguća točnost prilikom mjerenja debljine uzorka. Prosječan toplinski tok koristi se za proračunavanje toplinske vodljivosti i toplinskog otpora prema Fourierovom zakonu. Najveća debljina uzorka koja se može ispitati u uređaju FOX200 je 51 mm, dok je najveća širina uzorka jednaka 200 mm. Ispitivanja se mogu provoditi u rasponu temperatura od -20 °C do +75 °C. Toplinska provodljivost može se ispitivati na uzorcima s 0,005 W/mK uz mogućnosti proširenja do 2,5 W/mK.

Toplinska vodljivost je svojstvo nekog materijala da provodi toplinu. Definira se kao količina topline (J) koja u jedinici vremena prođe kroz sloj materijala ploštine 1 m² i debljine 1 m normalno na njegovu ploštinu pri razlici temperature od 1 K. Koeficijent toplinske provodljivosti određuje se sljedećim izrazom (9):

$$\lambda = \frac{Q}{A \cdot \Delta T} \cdot \frac{d}{t} \quad [W/mK] \quad (9)$$

gdje je: Q - količina topline (J), ΔT – temperatura (K), A – ploština uzorka (m²), d – debljina uzorka (m), t – vrijeme (s)

U nastavku je opisan postupak pripreme uzorka za ispitivanje u uređaju FOX200 radi određivanja koeficijenta toplinske provodljivosti.

Otvoriti slavinu i provjeriti da voda lagano teče. Provjeriti mlaz na izlazu iz cjevčice postavljene u odvod u podu (slika 9.1), kako bi se uvjerali u protok vode kroz uređaj. **Slavina treba biti otvorena cijelo vrijeme tijekom trajanja eksperimenta! Konstantnim protokom vode osigurava se hlađenje uređaja.**



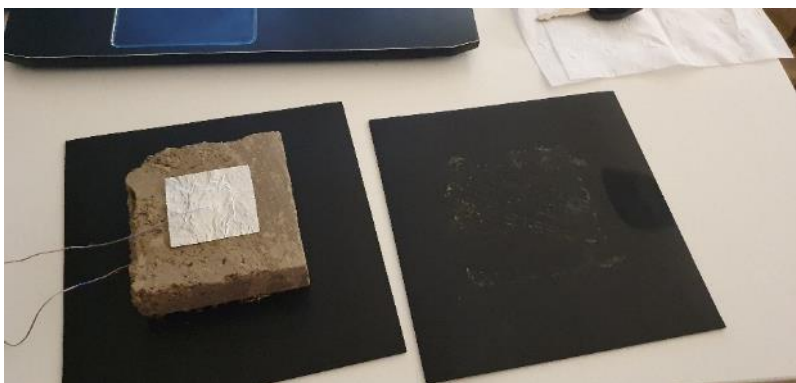
Slika 9.1 Provjera protoka vode kroz sustav

Upaliti računalo. Priključiti uređaj FOX200 (slika 9.2) putem USB priključka u računalo. Pokrenuti program FOX200. U prozoru WinTherm32v3 kliknuti na [Calibrate]. Uređaj će se kalibrirati, pri čemu se donja ploča uređaja podiže i namješta te vraća u prvobitan položaj.



Slika 9.2 Radna jedinica

Izvaditi ranije pripremljeni uzorak iz vrećice i pažljivo ga položiti na papirnati ubrus. Nalijepiti DONJI termo par. Prekriti gumenom pločicom uzorak s nalijepljenim DONJIM termoparom. Pažljivo preokrenuti uzorak. Nalijepiti gornji termopar (slika 9.3). Prekriti gornju plohu uzorka gumenom pločicom. Smjestiti uzorak u uređaj (slika 9.4). Spojiti termoparove (slika 9.5). Gornji gore, donji dolje. Paziti da žice termoparova ne prelaze preko sredine otvora jer je tamo zatvarajući mehanizam. **JOŠ UVIJEK NE ZATVARATI VRATAŠČA jer postoji mogućnost da se termoparovi oštete. Naime, prilikom pokretanja eksperimenta se donja ploča uređaja podiže kako bi automatski odredila debljinu uzorka.**



Slika 9.3 Uzorak s pričvršćenim termoparovima



Slika 9.4 Smještanje ispitnog uzorka u uređaj FOX200

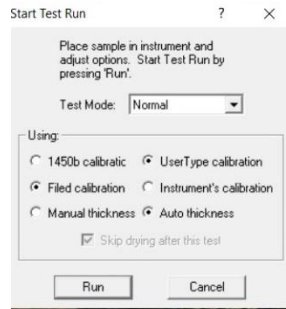


Slika 9.5 Prikaz krajeva termoparova za spajanje na uređaj FOX200

U programu u prozoru Start Test Run odabrati sljedeće postavke (Slika 9.6.):

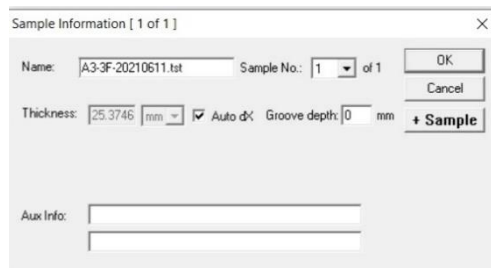
- Test Mode: Normal
- 1405b calibratic
- Field calibration
- Auto thickness

Klik na gumb [Run].



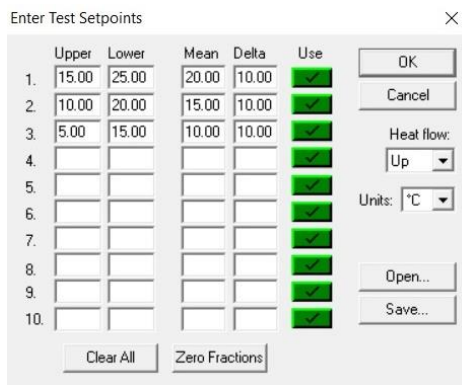
Slika 9.6 Postavke programa tijekom eksperimenta

Otvorit će se prozor Sample Information (1 of 1) (Slika 9.7.). U polje Name: upisati naziv uzorka i datum, npr. A3-3F-20210611.tst. Kliknuti [OK].



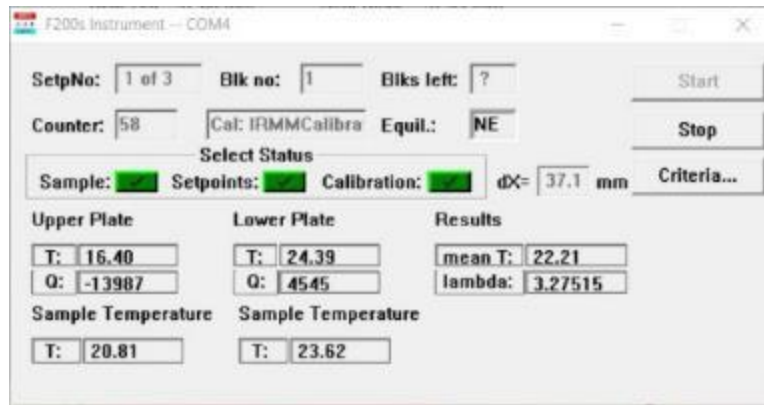
Slika 9.7 Prozor Sample Information (1 of 1)

Otvoriti će se prozor Enter Test Setpoints (Slika 9.8) pa kliknuti [OK]. U tome prozoru moguće je provjeriti temperature za koje će se izvršiti ispitivanje ili upisati nove temperature.

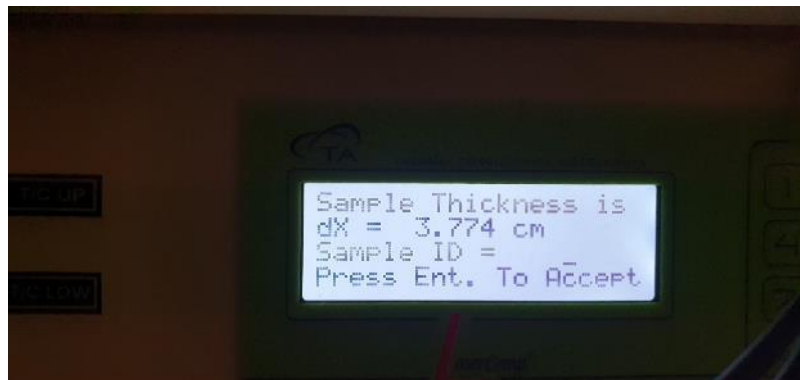


Slika 9.8 Prozor Enter Test Setpoints

Potom se otvara prozor Select Calibration File. Iz izbornika File Name: odabrati IRMMCalibration_sn2520.cal pa klik [OK]. Donja ploha uređaja će pritisnuti uzorak i **tek sada je moguće zatvoriti vratašca uređaja** jer će utorak i termoparovi poprimiti konačni položaj. Početak ispitivanja na grafičkom sučelju računalnog programa izgleda kao na slici 9.9. Slika 9.10 prikazuje zaslona na uređaju FOX200, gdje je dana informacija o automatski određenoj debljini uzorka.

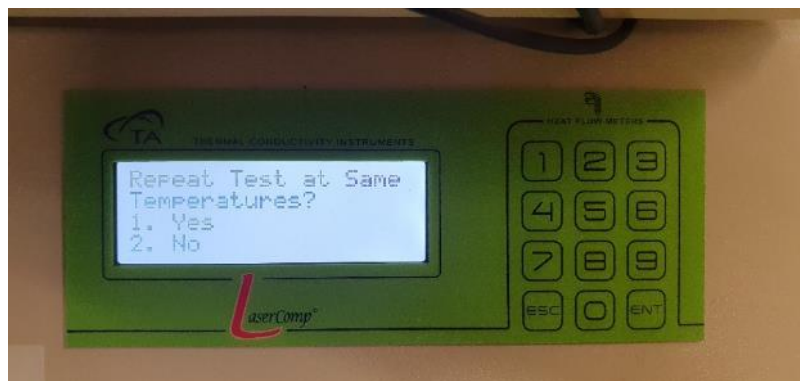


Slika 9.9 Prozor F200s Instrument pri početku ispitivanja

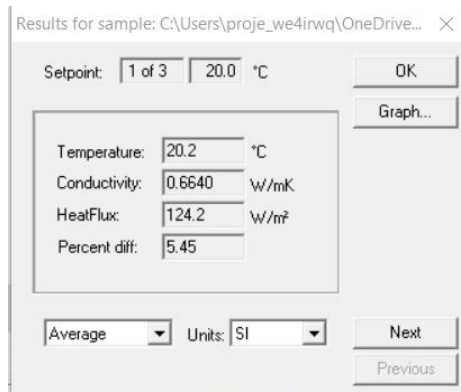


Slika 9.10 Prikaz automatski određene debljine uzorka na zaslonu uređaja FOX200

Nakon što je eksperiment gotov, na malome zaslonu uređaja FOX200 pisat će Repeat Test at Same Temperatures? 1. Yes / 2. No (Slika 9.11). Na računalu će se na ekranu pojaviti prozor Results for sample (slika 9.12). U tom prozoru je moguće pregledati numeričke rezultate ispitivanja klikom na [Next] i [Previous], pregledati rezultate u grafičkom prikazu klikom na [Graph] te zatvoriti prozor klikom na [OK].

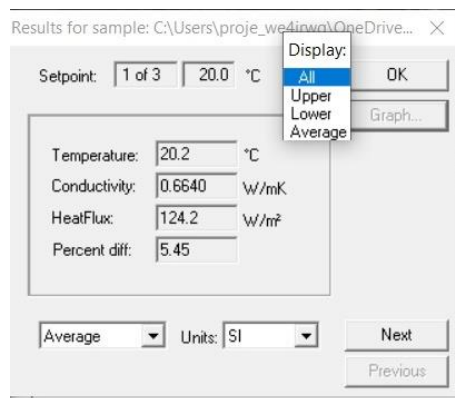


Slika 9.11 Zaslon na uređaju FOX200 s upitom o ponavljanju ispitivanja pri istim temperaturama

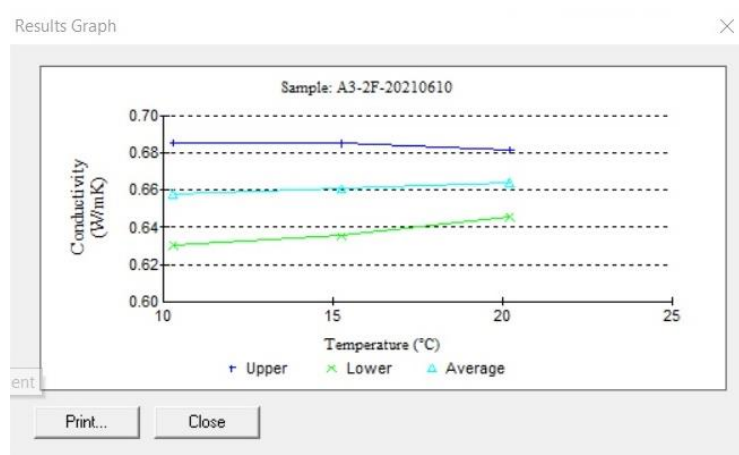


Slika 9.12 Prozor Results for sample

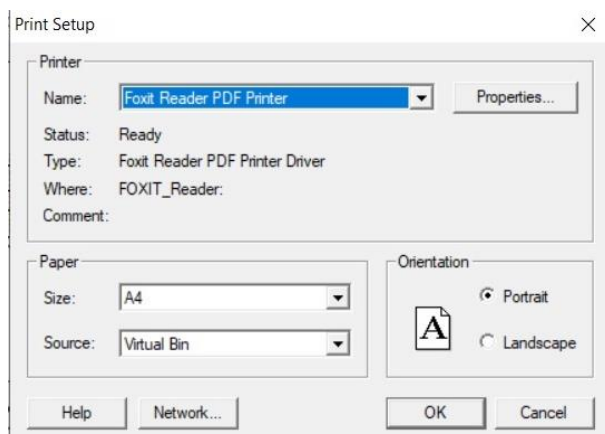
Za prikaz grafičkih rezultata treba kliknuti na [Graph] (**Error! Reference source not found.2**) p a dva puta brzo kliknuti na All (slika 9.13.) za otvaranje prozora s grafičkim prikazom rezultata (slika 9.14.). U tom prozoru kliknuti na [Print] za pristup prozoru Print Setup (slika 9.15.). U tom prozoru odabrati Foxit Reader PFD Printer ili drugi virtualni printer koji omogućava printanje prikaza u PDF. Potom klik na [OK]. Otvara se prozor koji će ponuditi za spremanje dokumenta *Sample Report* (Slika 9.16).



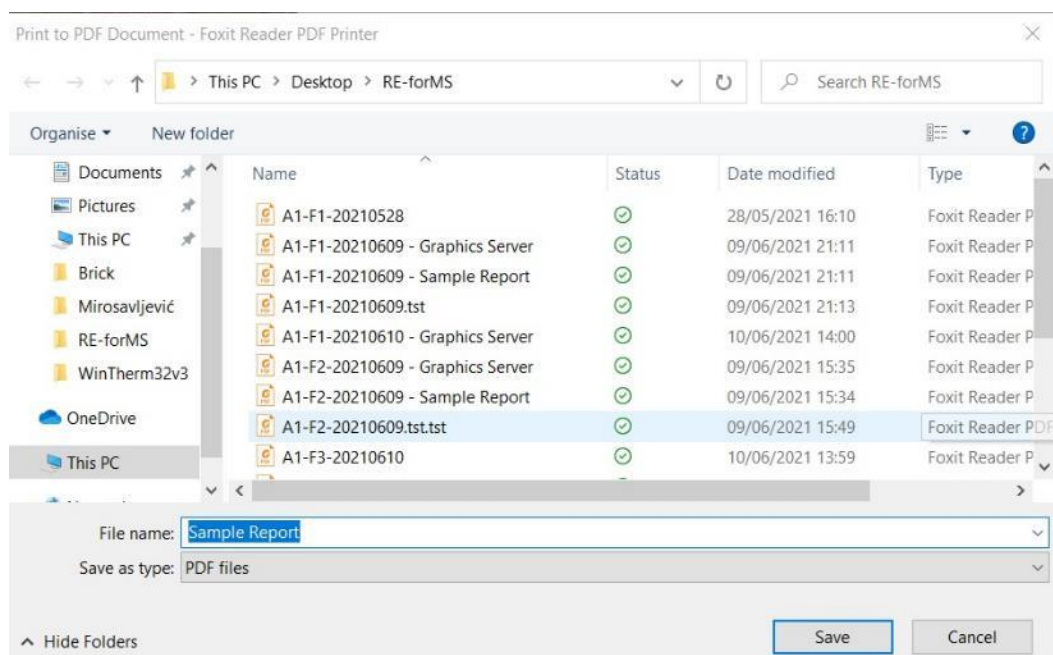
Slika 9.13 Prozor Results for sample s dodatnim izbornikom za prikaz rezultata ispitivanja



Slika 9.14 Grafički prikaz rezultata ispitivanja

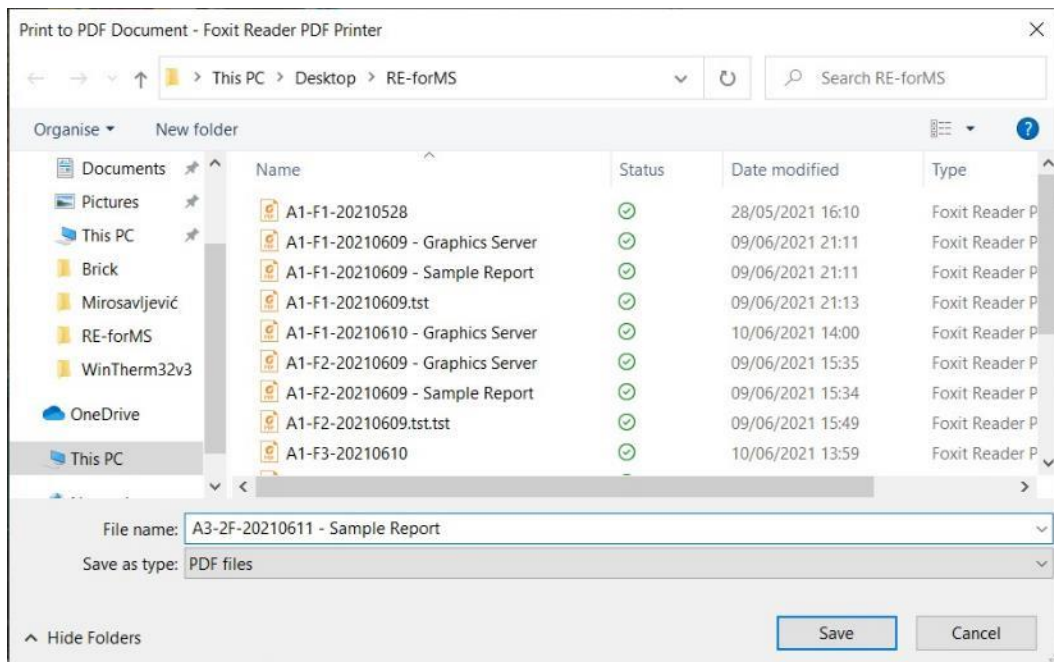


Slika 9.15 Prozoru Print Setup

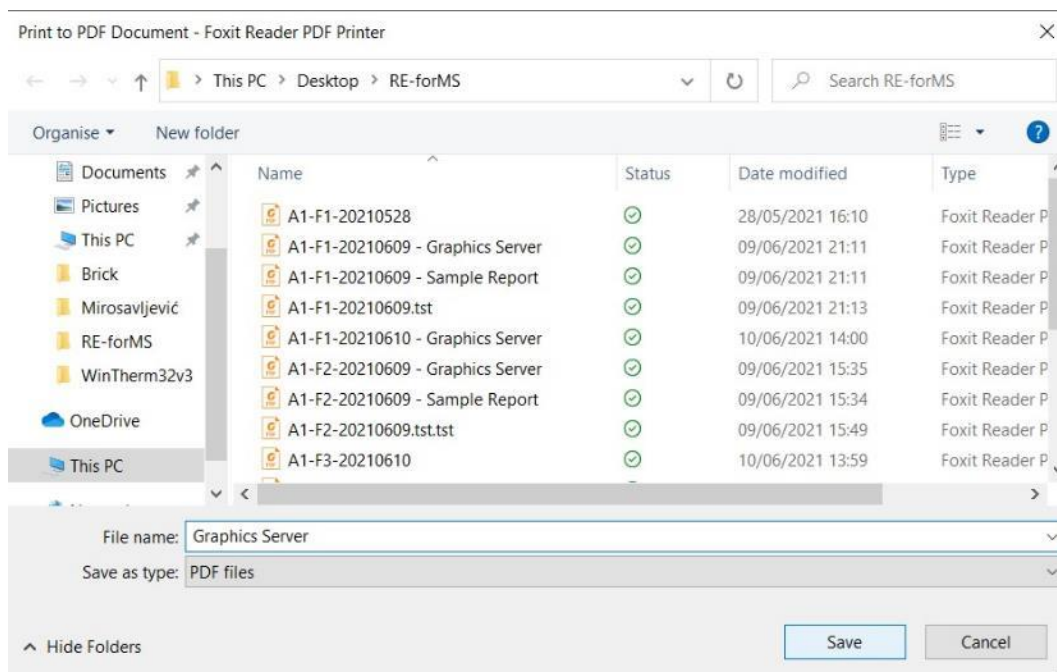


Slika 9.16 Prozor za spremanje dokumenta Sample Report

Ispred naziva datoteke treba dodati opis uzorka, npr. "A3-2F-20210611 - Sample Report" (bez navodnika) pa kliknuti [Save] (slika 9.17). Preporučeno je da naziv datoteke sadrži i datum u formatu ggggmmdd. Nakon što se klikne [Save], spremiti će se prva PDF datoteka, a potom će program ponuditi spremanje druge PDF datoteke: Graphics Server (slika 9.18).

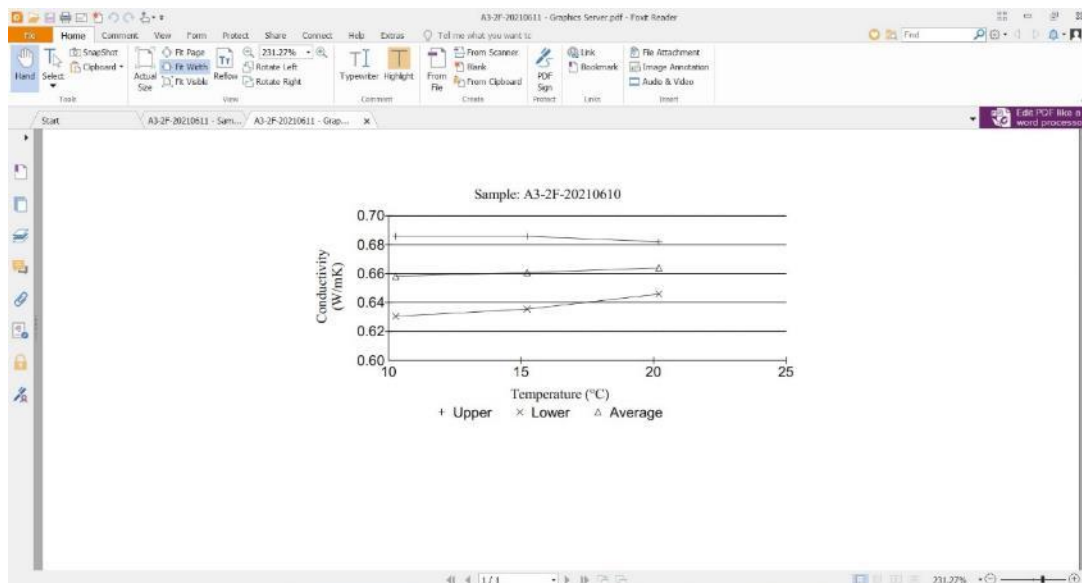


Slika 9.17 Prozor za spremanje dokumenta Sample Report s primjerom naziva datoteke



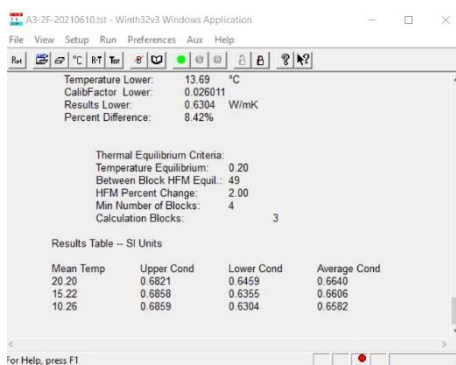
Slika 9.18 Prozor za spremanje dokumenta Graphic Server

Ponovno ispred tog naziva datoteke opisati uzorak, s istim nazivom i datumom (A3-2F-20210611 - Graphics Server) pa kliknuti [Save]. Sada su na zaslonu otvorena dva PDF dokumenta, od kojih jedan daje grafički prikaz rezultata (Slika 9.19), a drugi dokument je prazan (Sample Report). Oba PDF dokumenta je moguće zatvoriti. Također, moguće je zatvoriti Results Graphs prozor (slika 9.14) klikom na [Close]. Moguće je zatvoriti i prozor Results for sample (slika 9.13) klikom na [OK].

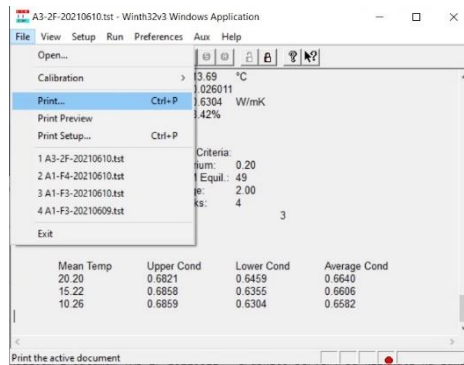


Slika 9.19 PDF dokument s grafičkim prikazom rezultata ispitivanja

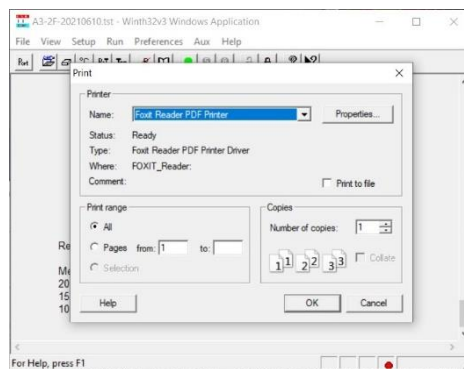
Sada je moguće pristupiti prozoru A3-2F-20210610.tst - Winth32v3 Windows Application (slika 9.20). Prozor sadrži tekstualni ispis mjerenih podataka te opis eksperimenta i uzorka. U tom prozoru odabrati naredbu File > Print (Slika 9.21). Otvoriti će se ponovno prozor koji omogućuje spremanje podataka u PDF dokumentu. Klik OK za izradu PDF dokumenta (slika 9.22). Upisati naziv eksperimenta (slika 9.23) pa kliknuti [Save] za izradu PDF dokumenta sa zapisom mjerenih podataka (Slika 9.24). Zatvoriti PDF dokument. Na C disku pronaći datoteku WinTherm32v3 pa iz nje preuzeti (kopiranjem) datoteku A3-2F-20210610.tst. Datoteka sadrži podatke mjerenja, a uvijek ju je moguće kasnije otvoriti radi naknadnih provjera rezultata.



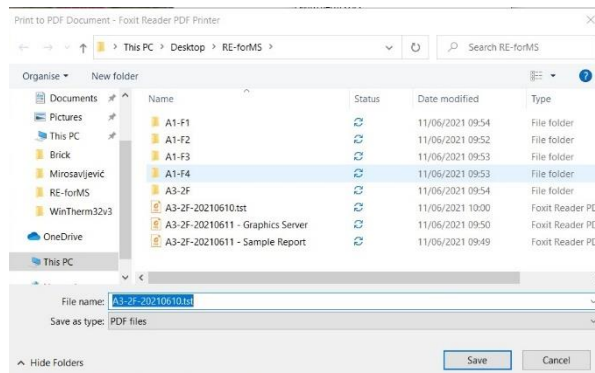
Slika 9.20 Prozor A3-2F-20210610.tst - Winth32v3 Windows Application



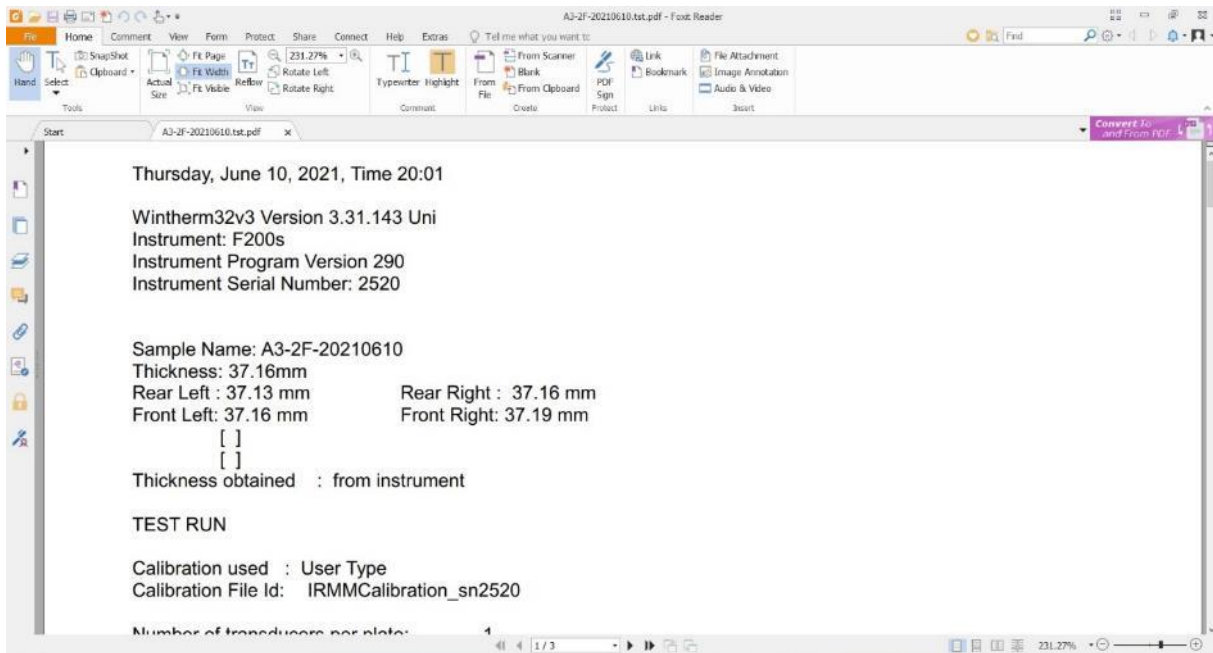
Slika 9.21 Odabir naredbe za ispis rezultata ispitivanja



Slika 9.22 Prozor koji omogućava pohranu rezultata ispitivanja u PDF formatu

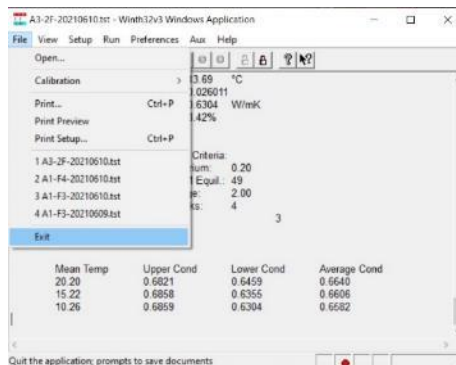


Slika 9.23 Pohrana rezultata ispitivanja u PDF formatu i upis naziva datoteke



Slika 9.24 PDF dokument sa zapisom mjerenih podataka

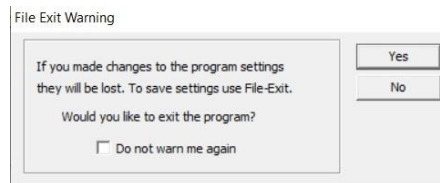
U prozoru *A3-2F-20210610.tst - Winth32v3 Windows Application* kliknuti Exit (Slika 9.25). Otvoriti će se prozor *WinTherm32v3* (slika 9.26) u kojemu je moguće kliknuti [OK] za zatvaranje programa. Alternativno, moguće je kliknuti na križić gornjem desnom uglu prozora U prozoru *A3-2F-20210610.tst - Winth32v3 Windows Application* pri čemu se otvara prozor File Exit Warning (Slika 9.26). U tome prozoru moguće je odabrati Yes čime se potvrđuje zatvaranje ili No, pri čemu se vraća u rad u programu.



Slika 9.25 Odabir naredbe Exit u prozoru *A3-2F-20210610.tst - Winth32v3 Windows Application*



Slika 9.26 Prozor WinTherm32v3

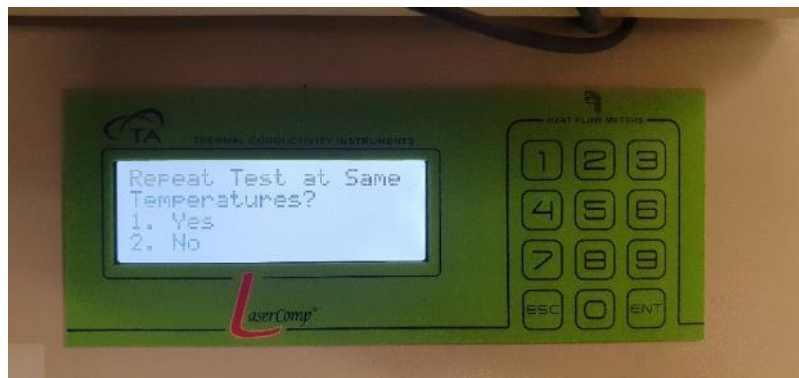


Slika 9.27 Prozor File Exit Warning

Odabrati [OK] u prozoru WinTherm32v3 ili [YES] u prozoru *File Exit Warning* za završetak ispitivanja. Na malome digitalnom zaslonu uređaja FOX200 (slika 9.27) će i dalje pisati Repeat Test at Same Temperatures? 1. Yes / 2. No (Slika 9.28). Pritisnuti na tipku 2 na zelenoj tipkovnici uređaja za odabir odgovora *No*.



Slika 9.28 Stanje na uređaju FOX200 pri završetku ispitivanja



Slika 9.29 Digitalni zaslon i tipkovnica na uređaju FOX200 s upitom o ponovnom ispitivanju pri istim temperaturama

Po završetku ispitivanja na uređaju nekoliko puta pritisnuti [ESC] na zelenoj tipkovnici uz display dok se ne pojavi zapis (slika 9.30):

LASERCOMP FOX200

1. Open Stack Remove Sample and
2. Calibrate Delta X

Pritisnuti tipku 1 na zelenoj tipkovnici na uređaju kako bi se uzorak oslobodio.



Slika 9.30 Digitalni zaslon i tipkovnica na uređaju FOX200 s upitom o oslobađanju uzorka i ponovnoj kalibraciji uređaja

Pri otvaranju vratašca uređaja, moguć je kondenzat oko otvora (slika 3.31). Kondenzat obrisati nježno papirnatim ubrusom.



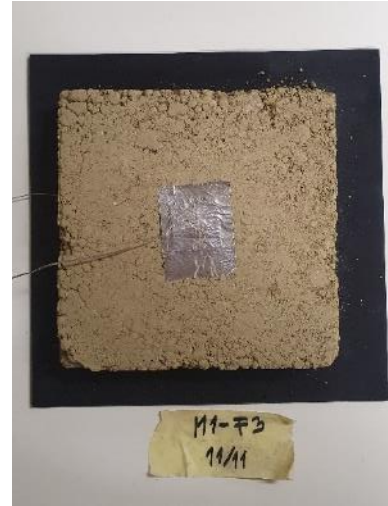
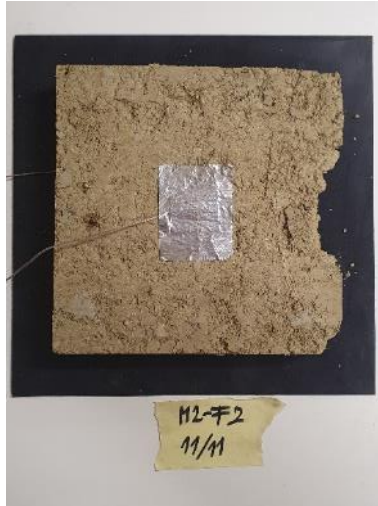
Slika 9.31 Kondenzat oko otvora uređaja FOX200

Odspojiti termoparove pa pažljivo ukloniti uzorak iz uređaja. Potom pažljivo ukloniti termoparove s uzorka. Uzorak spremite u vrećicu. Očistiti gumu pa pripremiti novi uzorak za ispitivanje.

9.2. Rezultati ispitivanja

Na slikama 9.32 – 9.46 prikazani su uzorci na kojima je ispitan koeficijent toplinske provodljivosti. Slike su za sve uzorke izrađene nakon provedenog ispitivanja. Za svaku od 15 mješavina izrađeno i ispitano je po tri uzorka, međutim dva uzorka su nakon ispitivanja bila pretjerano oštećena te stoga nisu uslikani.

N/A



(a)*

(b)

Slika 9.32 OSa.100.0.0: (a) #1 – *nije uslikan, (b) #2, (c) #3



(a)

(b)

(c)

Slika 9.33 OSa.40.20.40: (a) #1, (b) #2, (c) #3



N/A

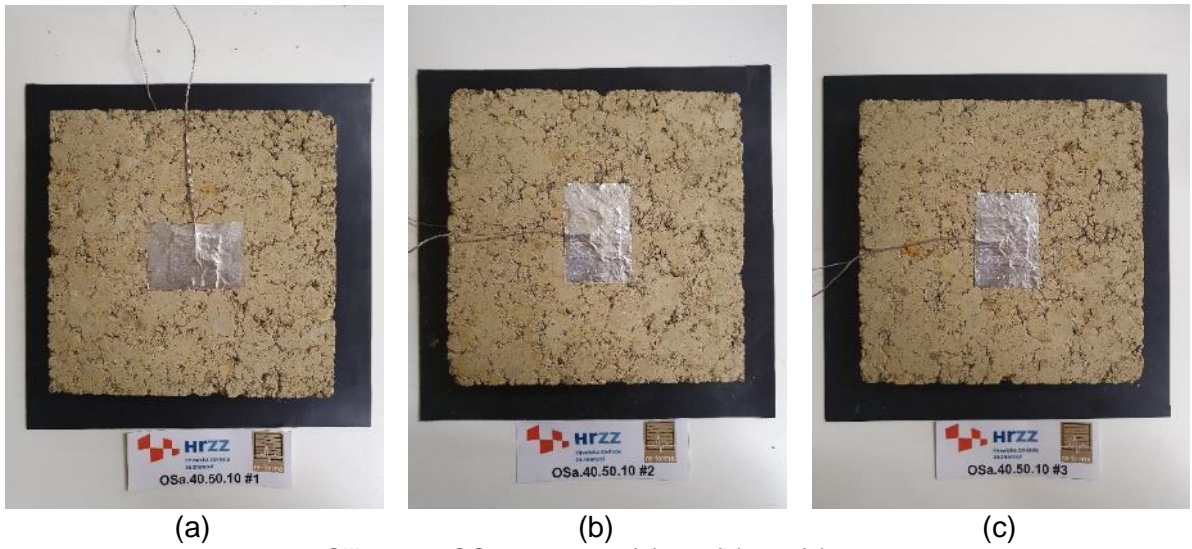


(a)

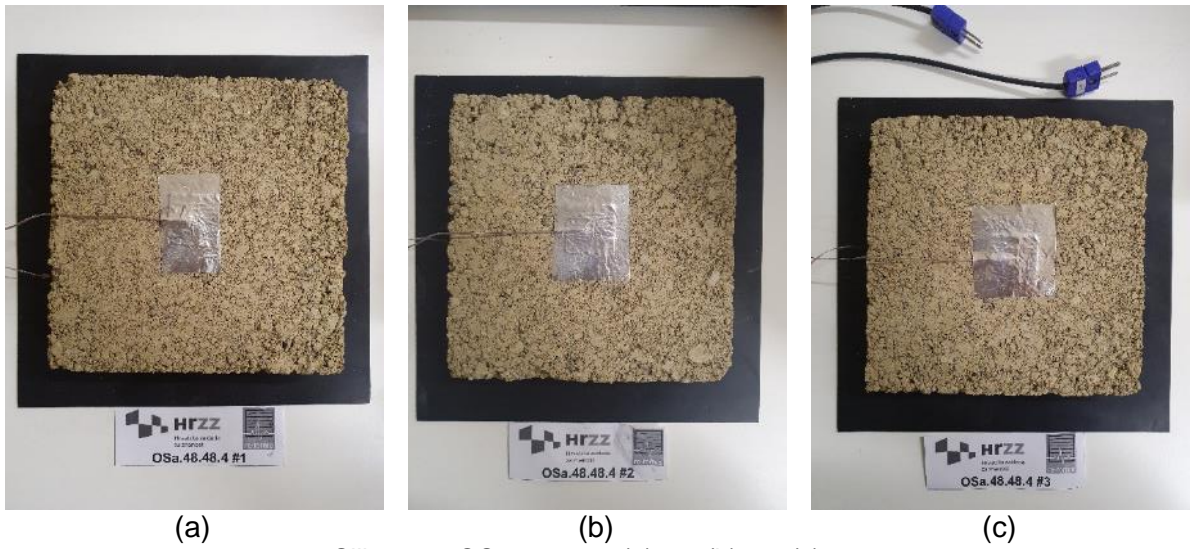
(b)*

(c)

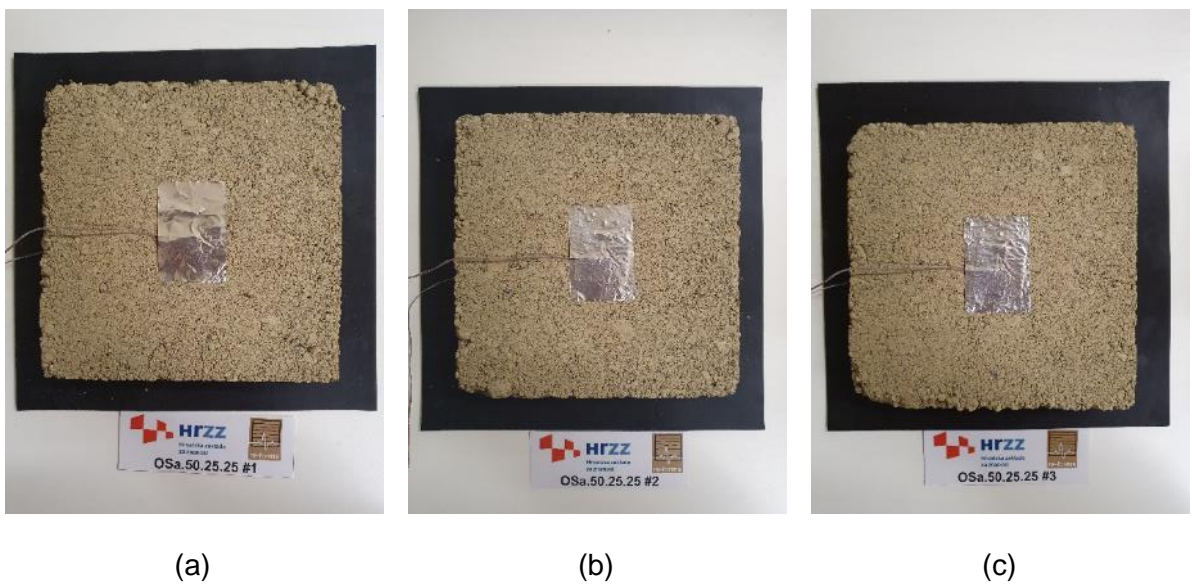
Slika 9.34 OSa.44.56.0: (a) #1, (b) #2 - *nije uslikan, (c) #3



Slika 9.35 OSa.40.50.10: (a) #1, (b) #2, (c) #3



Slika 9.36 OSa.48.48.4: (a) #1, (b) #2, (c) #3



Slika 9.37 OSa.50.25.25: (a) #1, (b) #2, (c) #3



(a)



(b)

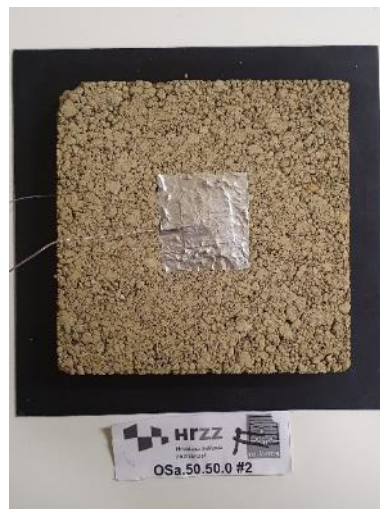


(c)

Slika 9.38 Osa.29.14.57: (a) #1, (b) #2, (c) #3



(a)



(b)

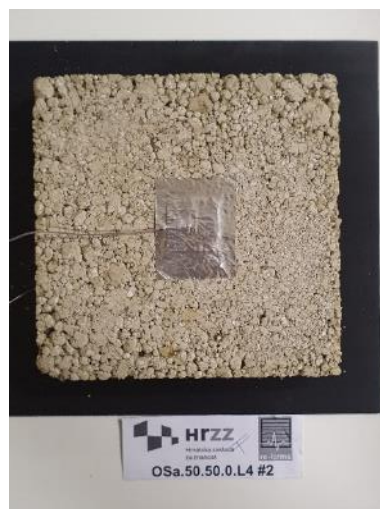


(c)

Slika 9.39 Osa.50.50.0: (a) #1, (b) #2, (c) #3



(a)

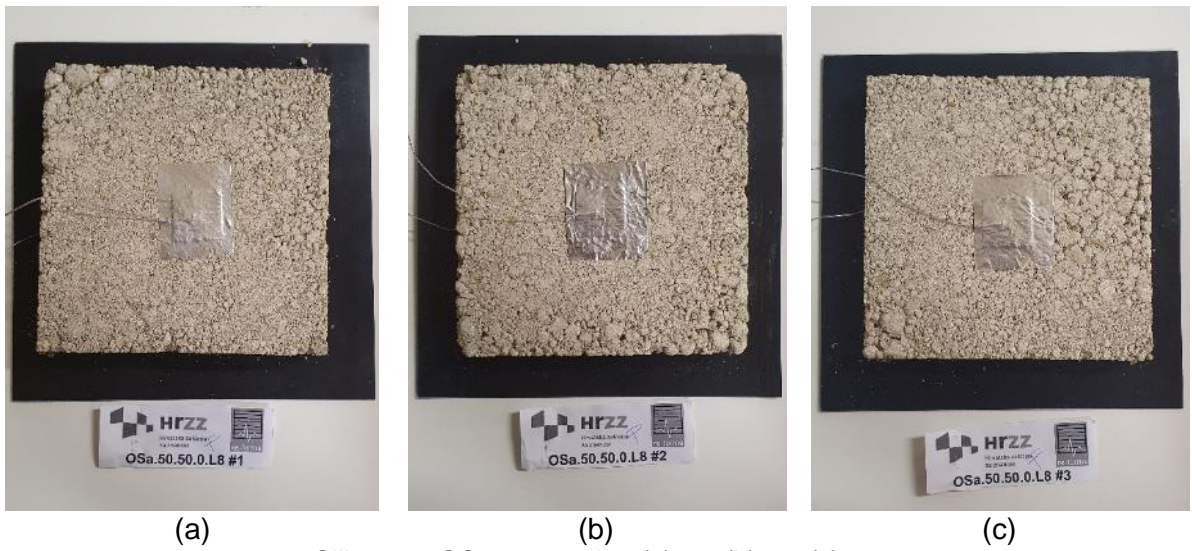


(b)

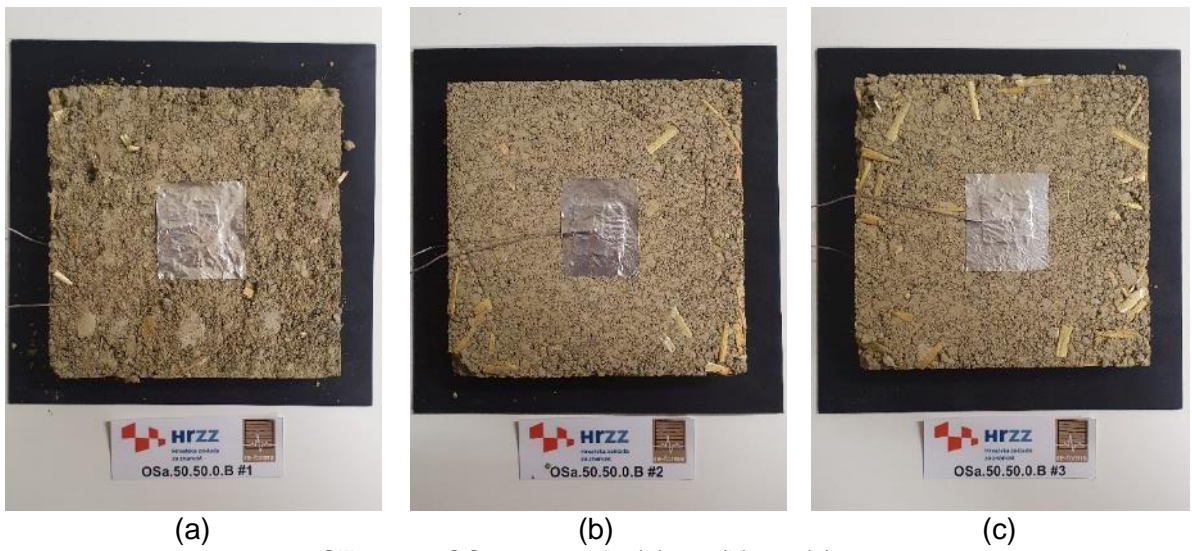


(c)

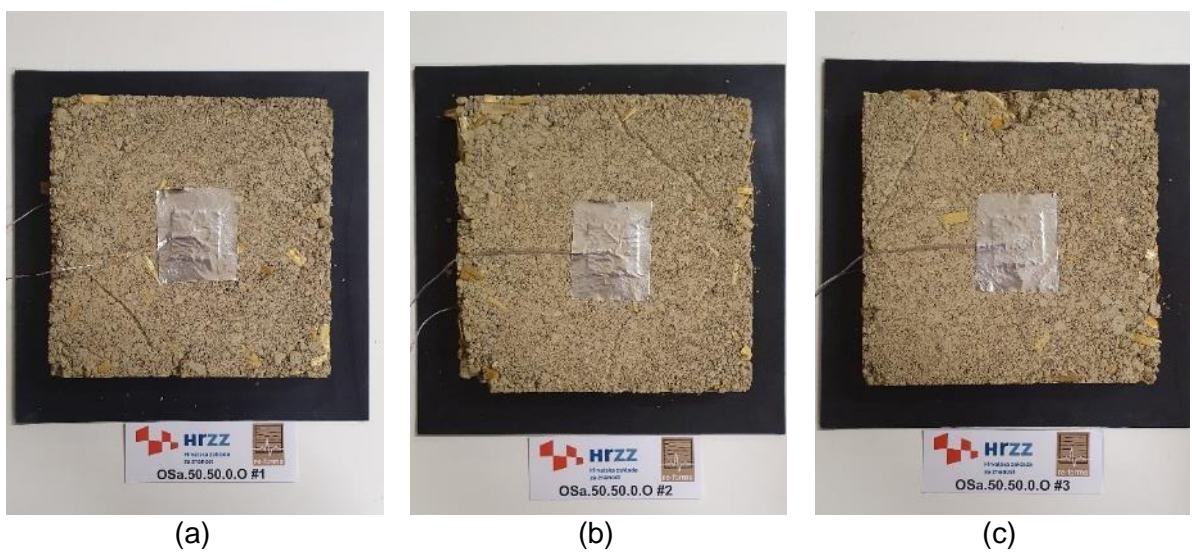
Slika 9.40 Osa.50.50.0.L4: (a) #1, (b) #2, (c) #3



Slika 9.41 OSa.50.50.0.L8: (a) #1, (b) #2, (c) #3



Slika 9.42 OSa.50.50.0.B: (a) #1, (b) #2, (c) #3



Slika 9.43 OSa.50.50.0.O: (a) #1, (b) #2, (c) #3



(a)



(b)



(c)

Slika 9.44 OSa.50.50.0.W: (a) #1, (b) #2, (c) #3



(a)



(b)



(c)

Slika 9.45 OSa.50.50.0.R: (a) #1, (b) #2, (c) #3



(a)



(b)



(c)

Slika 9.46 OSa.50.50.0.H: (a) #1, (b) #2, (c) #3

Za svaki uzorak određena je srednja vrijednost koeficijenta toplinske provodljivosti. U Tablici 9.1 prikazane su srednje vrijednosti za svaki uzorak te prosječne vrijednosti za svaku ispitanu mješavinu.

Tablica 9.1 Rezultati ispitivanja koeficijenta toplinske provodljivosti

Mješavina	Uzorak			Prosječna vrijednost λ (W/mK)
	#1	#2	#3	
OSa.100.0.0	0,3190	0,3252	0,3123	0,3188
OSa.40.20.40	0,2652	0,3020	0,3492	0,3055
OSa.44.56.0	0,2118	0,2181	0,2239	0,2179
OSa.40.50.10	0,2733	0,2761	0,2563	0,2686
OSa.48.48.4	0,3295	0,3125	0,3126	0,3182
OSa.50.25.25	0,3591	0,3163	0,2903	0,3219
OSa.29.14.57	0,4404	0,3493	0,3896	0,3931
OSa.50.50.0	0,3730	0,3150	0,3087	0,3322
OSa.50.50.0.L4	0,3375	0,3163	0,3162	0,3233
OSa.50.50.0.L8	0,2746	0,3162	0,3304	0,3071
OSa.50.50.0.B	0,3466	0,3201	0,3369	0,3345
OSa.50.50.0.O	0,2941	0,3170	0,3489	0,3199
OSa.50.50.0.W	0,3361	0,2573	0,3621	0,3185
OSa.50.50.0.R	0,3394	0,3822	0,3684	0,3633
OSa.50.50.0.H	0,4231	0,3989	0,3536	0,3919

Vrijednosti koeficijenta toplinske provodljivosti određene na uzorcima od nabijene zemlje kreću se u granicama od 0,2179 W/mK do 0,3931 W/mK. Usporedbom s podacima danim u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, uzorci od nabijene zemlje bilježe bolje toplinske karakteristike i od armiranog betona ($\lambda = 2,6$ W/mK) i od pune opeke ($\lambda = 0,81$ W/mK), no lošije u odnosu na stiropor ($\lambda = 0,032 - 0,04$ W/mK).

10. Zaključak

Za ispitivanje fizikalnih, mehaničkih i toplinskih svojstava osmišljeno je 15 mješavina s različitim udjelima osnovnog tla, dravskog pijeska, dravskog sitnog šljunka i savskog sitnog šljunka. Nadalje, dvije su mješavine izrađene uz dodatak vapna, dok su u 5 mješavina dodane nasjeckane ratarske kulture. Pritom su fizikalna svojstva određena za one mješavine za koje je to bilo moguće, s obzirom na ograničenje veličine zrna u ispitnom uzorku.

Granulometrijski je sastav određen provedbom mokrog sijanja uzorka kroz set sita nakon kojeg je uslijedilo areometriranje. Na temelju određenih granulometrijskih krivulja, može se zaključiti kako sve mješavine imaju više od 30 % čestica gline i praha. Zastupljenost čestica šljunka varira od 4,9 % do 26,7 %, dok udio pijeska varira od 30,9 % do 60 %.

Za određivanje Atterbergovih granica provedena su ispitivanja granice tečenja pokusima padajućeg šiljka i Casagrandeovim aparatom te je su provedena ispitivanja granica plastičnosti i skupljanja. Atterbergove granice određene su samo za osnovno tlo jer prema normi najveće zrno u uzorku ne smije biti veće od 0,425 mm. Prema rezultatima ispitivanja, uočljivo je kako osnovno tlo ima vlažnost na granici tečenja od cca 37 %, vlažnost na granici plastičnosti od cca 21 % i vlažnost na granici skupljanja 16 %. Prema USCS klasifikaciji tlo je niske plastičnosti dok je prema ESCS klasifikaciji tlo srednje plastičnosti. Indeks plastičnosti osnovnog tla iznosi 16 %.

Gustoća čvrstih čestica određena je ispitivanjem s piknometrom. Ispitivanje je provedeno za komponente mješavina, odnosno za osnovno tlo, savski sitni šljunak, dravski pijesak, dravski sitni šljunak i vapno. Na temelju rezultata za pojedine komponente, izračunate su prosječne gustoće čvrstih čestica za 15 predloženih mješavina. Iz rezultata se može vidjeti kako većina uzoraka ima približno jednake gustoće čvrstih čestica, u rasponu 2,65 – 2,67 2,67 Mg/m³, dok samo mješavine OSa.40.20.40 i OSa.44.56.0 imaju nešto više vrijednosti (2,70 i 2,71 Mg/m³).

Tlačna i vlačna čvrstoća uzoraka određena je ispitivanjem u tlačnoj preši uz kontrolu pomaka 1 mm/min. Uzorci su izrađeni u standardnim kalupima za betonske uzorke (kocke 15x15x15 cm, valjci 15x30 cm) i njegovani u kontroliranim uvjetima 28 dana prije ispitivanja. Na temelju rezultata ispitivanja tlačne čvrstoće, odnosno radnog dijagrama, određen je i modul elastičnosti prema 30 % vrijednosti tlačne čvrstoće i pripadnoj deformaciji. Materijal za izradu tri predložene mješavine poslan je na Građevinski fakultet u Rijeci, gdje su prateći iste recepture i proceduru izrade uzoraka proveli krosvalidaciju. Uočeno je veliko rasipanje svih rezultata i značajan utjecaj ljudskog čimbenika na rezultate.

Dodatna provjera tlačne čvrstoće uzoraka provedena je na mješavinama 8 do 15, pomoću ispitivanja udarnim čekićem. Uočene su razlike u čvrstoćama u odnosu na one određene ispitivanjem u tlačnoj preši, no one su očekivane jer se slom događa unutar uzorka, na plohi koju nije moguće ispitati udarnim čekićem. Planirano je u slijedećem razdoblju ispitivanje udarnim čekićem provesti na većem broju uzoraka te odrediti vezu s ispitivanjem u tlačnoj preši.

Ispitivanje posmične čvrstoće tla provedeno je primjenom uređaja za izravni posmik. Pritom je provedeno ispitivanje uzoraka izrađenih neposredno prije ispitivanja te uzoraka koji su 28 dana njegovani u kontroliranim uvjetima. Uočena je veća posmična čvrstoća uzoraka starih 28 dana. Uz to, manja količina vapna se pokazala pogodnijom za ugradnju u odnosu na veću količinu vapna. Uzorci s dodatkom ratarskih kultura imali su veću čvrstoću u odnosu na mješavinu bez dodataka, kod uzoraka starih 28 dana.

Koeficijent toplinske provodljivosti određen je na kvadratičnim uzorcima pomoću uređaja FOX 200. Za svaku je mješavinu ispitano po tri uzorka, koji su prije ispitivanja 28 dana njegovani u kontroliranim uvjetima. Vrijednosti koeficijenta toplinske provodljivosti kreću se u granicama od 0,2179 W/mK do 0,3931 W/mK. Pri tom valja napomenuti da uzorci s dodatkom ratarskih kultura uglavnom bilježe nešto veće vrijednosti koeficijenta toplinske provodljivosti, što ih čini neznatno manje toplinski učinkovitima u odnosu na uzorke bez dodatka ratarskih kultura.

Literatura

Araki, H., Koseki, J. and Sato, T. (2016) "Tensile strength of compacted rammed earth materials," *Soils and Foundations*, 56(2), pp. 189–204. doi:10.1016/j.sandf.2016.02.003.

ASTM D 2487-17 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

ASTM D 4318-17 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Indeks of Soils

Bui, Q.-B. *et al.* (2014) "Effect of moisture content on the mechanical characteristics of rammed earth," *Construction and Building Materials*, 54, pp. 163–169. doi:10.1016/j.conbuildmat.2013.12.067.

Bui, T.T. *et al.* (2014) "Failure of rammed earth walls: From observations to quantifications," *Construction and Building Materials*, 51(January 2018), pp. 295–302. doi:10.1016/j.conbuildmat.2013.10.053.

Ciancio, D. and Augarde, C. (2013) "Capacity of unreinforced rammed earth walls subject to lateral wind force: Elastic analysis versus ultimate strength analysis," *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 46(9), pp. 1569–1585. doi:10.1617/s11527-012-9998-8.

Corbin, A. and Augarde, C. (2015) "Investigation into the shear behaviour of rammed earth using shear box tests," *First International Conference On Bio-based Building Materials*, (June 2015), pp. 93–98.

El-Nabouch, R. *et al.* (2018) "Shear parameters of rammed earth material: Results from different approaches," *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018. doi:10.1155/2018/8214604.

HRN EN ISO 14688-2: 2018 Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Identifikacija i klasifikacija tla – 2. dio: Načela klasifikacije (ISO 14688-2:2017; EN ISO 14688-2:2018)

HRN EN ISO 17892-1:2015 Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Laboratorijsko ispitivanje tla – 1. dio: Određivanje vlažnosti (ISO 17892-1:2014; EN ISO 17892-1:2014)

HRN EN ISO 17892-3 Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Laboratorijsko ispitivanje tla – 3. dio: Određivanje gustoće čvrstih čestica (ISO 17892-3:2015; EN ISO 17892-3:2015)

HRN EN ISO 17892-4 Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Laboratorijsko ispitivanje tla – 4. dio: Određivanje granulometrijskog sastava (ISO 17892-4:2016; EN ISO 17892-4:2016)

HRN EN ISO 17892-10 Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Laboratorijsko ispitivanje tla – 10. dio: Izravni posmik (ISO 17892-10:2018; EN ISO 17892-10:2018)

HRN EN ISO 17892-12:2018 Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Laboratorijsko ispitivanje tla – 12. dio: Određivanje granice tečenja i granice plastičnosti (ISO 17892-12:2018; EN ISO 17892-12:2018)

Kosarimovahhed, M. and Toufigh, V. (2020) "Sustainable usage of waste materials as stabilizer in rammed earth structures," *Journal of Cleaner Production*, 277. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123279.

- Koutous, A. and Hilali, E. (2021) "Reinforcing rammed earth with plant fibers: A case study," *Case Studies in Construction Materials*, 14(April), p. e00514. doi:10.1016/j.cscm.2021.e00514.
- Lilley, D.M. and Robinson, J. (1995) "Ultimate strength of rammed earth walls with openings," *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Structures and Buildings*, 110(3), pp. 278–287. doi:10.1680/istbu.1995.27872.
- Liu, Q. and Tong, L. (2017) "Engineering properties of unstabilized rammed earth with different clay contents," *Journal Wuhan University of Technology, Materials Science Edition*, 32(4), pp. 914–920. doi:10.1007/s11595-017-1690-y.
- Maniatidis, V. and Walker, P. (2008) "Structural capacity of rammed earth in compression," *Journal of Materials in Civil Engineering*, 20(3), pp. 230–238. doi:10.1061/(ASCE)0899-1561(2008)20:3(230).
- Miccoli, L. *et al.* (2015) "Static behaviour of rammed earth: experimental testing and finite element modelling," *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 48(10), pp. 3443–3456. doi:10.1617/s11527-014-0411-7.
- Miccoli, L., Drougkas, A. and Müller, U. (2016) "In-plane behaviour of rammed earth under cyclic loading: Experimental testing and finite element modelling," *Engineering Structures*, 125, pp. 144–152. doi:10.1016/j.engstruct.2016.07.010.
- Miccoli, L., Müller, U. and Fontana, P. (2014) "Mechanical behaviour of earthen materials: A comparison between earth block masonry, rammed earth and cob," *Construction and Building Materials*, 61, pp. 327–339. doi:10.1016/j.conbuildmat.2014.03.009.
- Miccoli, L., Müller, U. and Pospíšil, S. (2017) "Rammed earth walls strengthened with polyester fabric strips: Experimental analysis under in-plane cyclic loading," *Construction and Building Materials*, 149, pp. 29–36. doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.05.115.
- Minke, G. (2013) "Building with Earth," *Building with Earth* [Preprint]. doi:10.1515/9783034608725.
- M. Mulabdić (2018). Ispitivanje tla u geotehničkom laboratoriju. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, p. 198
- Mužíková, B., Plaček Otcovská, T. and Padevět, P. (2018) "Modulus of Elascity of Unfired Rammed Earth," *Acta Polytechnica CTU Proceedings*, 15, pp. 63–68. doi:10.14311/app.2018.15.0063.
- Nowamooz, H. and Chazallon, C. (2011) "Finite element modelling of a rammed earth wall," *Construction and Building Materials*, 25(4), pp. 2112–2121. doi:10.1016/j.conbuildmat.2010.11.021.
- Pakand, M. and Toufigh, V. (2017) "A multi-criteria study on rammed earth for low carbon buildings using a novel ANP-GA approach," *Energy and Buildings*, 150, pp. 466–476. doi:10.1016/j.enbuild.2017.06.004.
- Perić, A. *et al.* (2021) "Experimental campaigns on mechanical properties and seismic performance of unstabilized rammed earth—A literature review," *Buildings*. doi:10.3390/buildings11080367.
- Schroeder, H. (2011) "Moisture transfer and change in strength during the construction of earthen buildings," *Informes de la Construcción*, 63(523), pp. 107–116. doi:10.3989/ic.10.023.

- Shrestha, K.C. *et al.* (2020) "In-plane shear resistance between the rammed earth blocks with simple interventions: Experimentation and finite element study," *Buildings*, 10(3). doi:10.3390/buildings10030057.
- Silva, R.A. *et al.* (2013) "Rammed earth construction with granitic residual soils: The case study of northern Portugal," *Construction and Building Materials*, 47, pp. 181–191. doi:10.1016/j.conbuildmat.2013.05.047.
- Silva, R.A. *et al.* (2014) "Modelling of Rammed Earth Under Shear Loading," *SAHC2014-9th International Conference on Structural Analysis of Historicak Constructions*, (October), pp. 14–17.
- Silva, R.A. *et al.* (2016) "Effectiveness of the repair of unstabilised rammed earth with injection of mud grouts," *Construction and Building Materials*, 127, pp. 861–871. doi:10.1016/j.conbuildmat.2016.10.064.
- Silva, R.A. *et al.* (2018) "Evaluating the seismic behaviour of rammed earth buildings from Portugal: From simple tools to advanced approaches," *Engineering Structures*, 157(December 2017), pp. 144–156. doi:10.1016/j.engstruct.2017.12.021.
- Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine" broj 128/15, 70/18, 73/18, 86/18, 102/20)
- Toufigh, V. and Kianfar, E. (2019) "The effects of stabilizers on the thermal and the mechanical properties of rammed earth at various humidities and their environmental impacts," *Construction and Building Materials*, 200, pp. 616–629. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.12.050.
- Wangmo, P. *et al.* (2018) "Assessment of out-of-plane behavior of rammed earth walls by pull-down tests," *International Journal of Architectural Heritage*, 00(00), pp. 1–15. doi:10.1080/15583058.2018.1433903.
- Xu, L. *et al.* (2018) "Loading-unloading shear behavior of rammed earth upon varying clay content and relative humidity conditions," *Soils and Foundations*, 58(4), pp. 1001–1015. doi:10.1016/j.sandf.2018.05.005.
- Zhou, T. and Liu, B. (2019) "Experimental study on the shaking table tests of a modern inner-reinforced rammed earth structure," *Construction and Building Materials*, 203, pp. 567–578. doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.01.070.

PRILOG 1

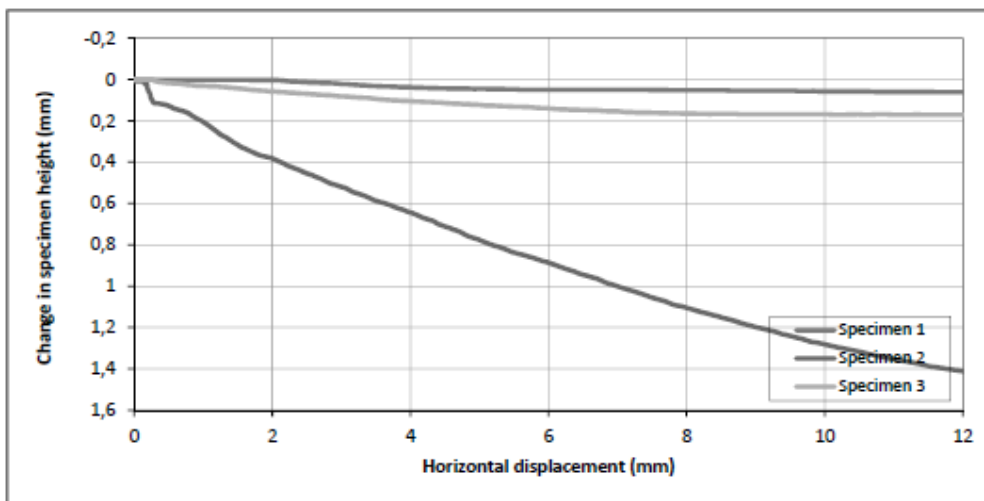
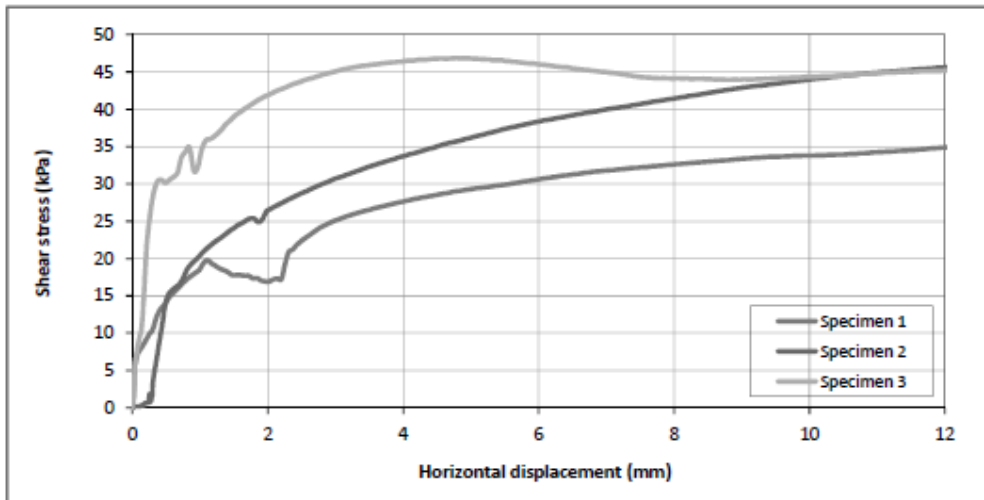
Rezultati ispitivanja pokusom izravnog posmika na uzorcima ugrađenim u kalup uređaja isti dan

UZORAK Osa.100.0.0

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)			
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018			
TEST REPORT - SUMMARY			
Project location			
Project reference	RE-formS	Sample depth (m)	
Borehole number	1	Sample type	
Sample number	Osa.100.0.0.	Specimen orientation	
Sample description			
Particle density (Mg/m ³)	003 (measured)	Specimens tested dry	
INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	20,0	20,0	20,0
Length (mm)	100,0	100,0	100,0
Width (mm)	100,0	100,0	100,0
Area (mm ²)	10000,0	10000,0	10000,0
Moisture content (measured) (%)	25	19	36
Moisture content (trimmings) (%)	22	21	18
Bulk density (Mg/m ³)	1,77	1,51	1,56
Dry density (Mg/m ³)	1,41	1,27	1,15
Voids ratio	0,891	1,102	1,331
Degree of saturation (%)	76	45	73
Voids ratio at the end of consolidation	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
SHEARING			
Rate of displacement (mm/min)	1,000000	1,000000	1,000000
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	25	49	98
Shear stress (kPa)	36	46	47
Horizontal displacement (mm)	15,45	13,23	4,79
Vertical deformation (mm)	0,068	1,467	0,120
Apparent cohesion (kPa)	35,7		
Angle of shearing resistance (°)	7,3		
Comments / variations from procedures:			
Tested	Checked	Approved	
Date 26.11.2021	Date	Date	

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	<i>RE-forMS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.100.0.0.</i>	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date <i>26.11.2021</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

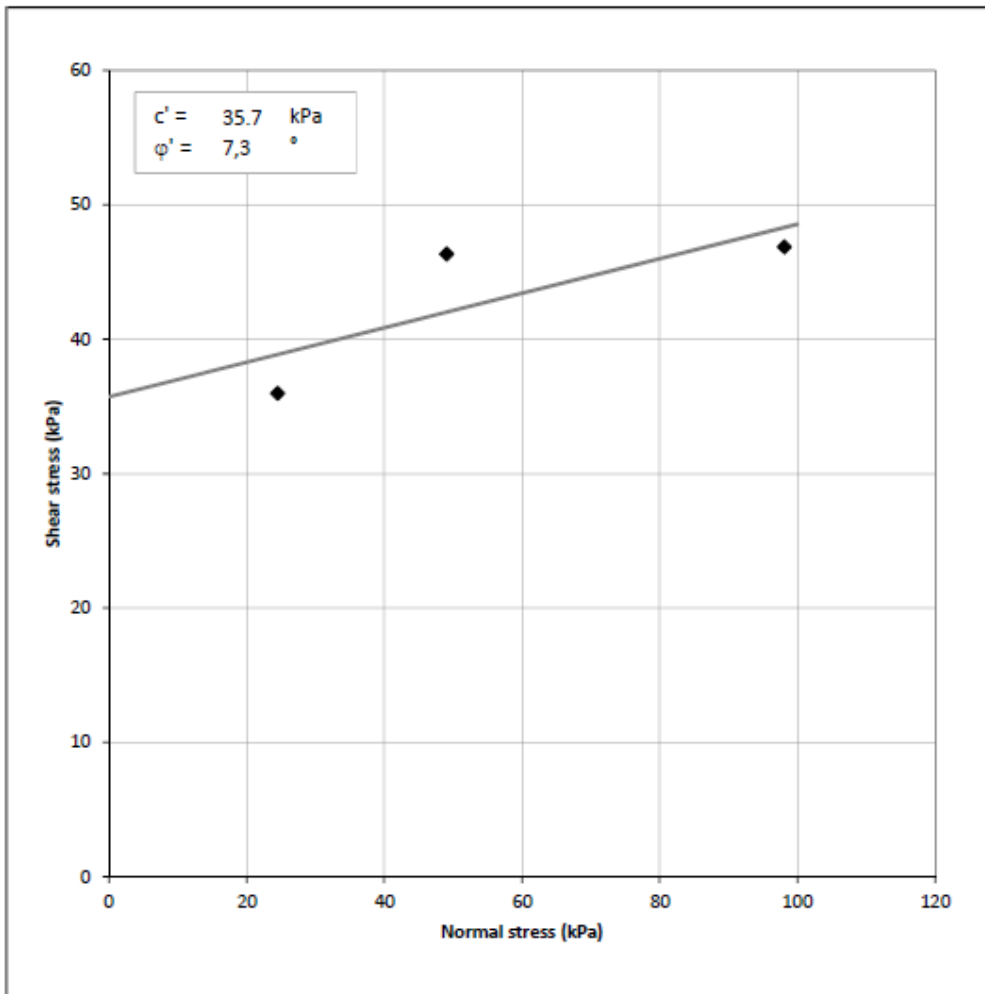
Sample depth (m)

Borehole number *1*

Sample type

Sample number *Osa.100.0.0.*

Specimen orientation



Tested

Date *26.11.2021*

Checked

Date

Approved

Date



Slika 0.1 Uzorci Osa.100.0.0 nakon ispitivanja

UZORAK OSa.40.20.40

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY
--

Project location		
Project reference	<i>RE-formS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.40.20.40.</i>	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>
Length (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Width (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Area (mm ²)	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>15</i>	<i>25</i>	<i>21</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>14</i>	<i>14</i>	<i>12</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>2,10</i>	<i>1,95</i>	<i>2,02</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,82</i>	<i>1,56</i>	<i>1,67</i>
Voids ratio	<i>0,480</i>	<i>0,728</i>	<i>0,614</i>
Degree of saturation (%)	<i>86</i>	<i>92</i>	<i>91</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>49</i>	<i>98</i>
Shear stress (kPa)	<i>33</i>	<i>48</i>	<i>81</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>14,21</i>	<i>13,75</i>	<i>13,55</i>
Vertical deformation (mm)	<i>0,449</i>	<i>0,638</i>	<i>0,803</i>

Apparent cohesion (kPa)	<i>16,4</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>33,4</i>

Comments / variations from procedures:
--

Tested	Checked	Approved
Date <i>12.11.2021</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference

RE-forMS

Sample depth (m)

Borehole number

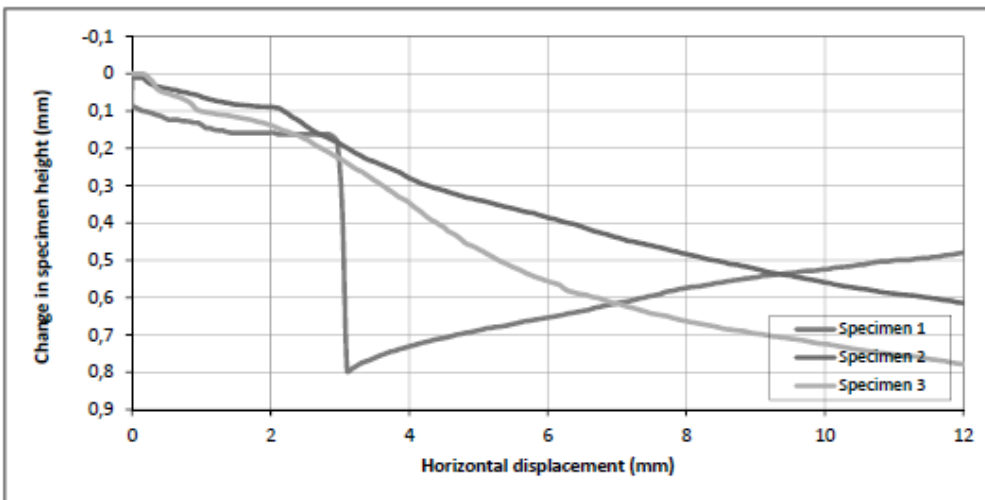
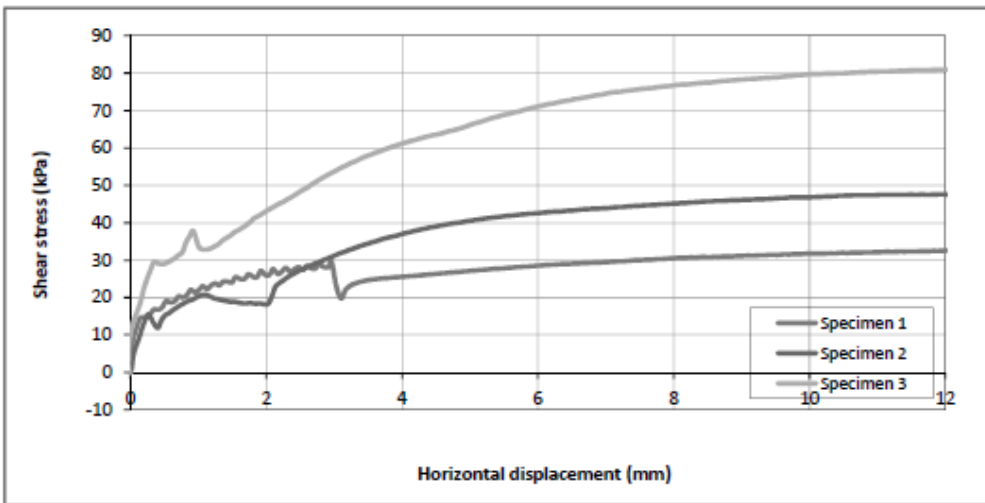
1

Sample type

Sample number

Osa.40.20.40.

Specimen orientation



Tested

Date

12.11.2021

Checked

Date

Approved

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

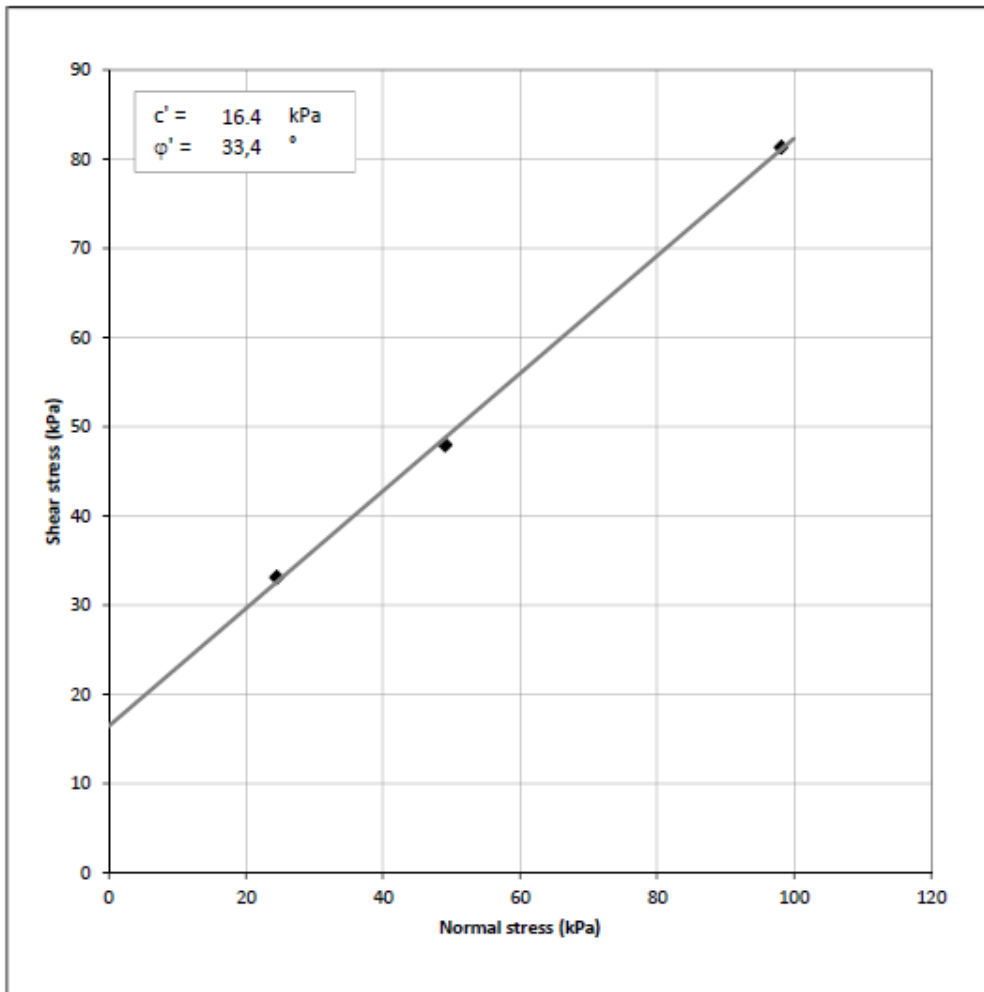
1

Sample type

Sample number

Osa.40.20.40.

Specimen orientation



Tested

Date 12.11.2021

Checked

Date

Approved

Date



Slika 0.2 Uzorci Osa.40.20.40 nakon ispitivanja

UZORAK OSa.44.56.0

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	<i>RE-formS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.44.56.0.</i>	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>
Length (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Width (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Area (mm ²)	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>20</i>	<i>17</i>	<i>29</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>14</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,84</i>	<i>1,87</i>	<i>1,97</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,54</i>	<i>1,60</i>	<i>1,53</i>
Voids ratio	<i>0,764</i>	<i>0,692</i>	<i>0,771</i>
Degree of saturation (%)	<i>71</i>	<i>66</i>	<i>102</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>49</i>	<i>98</i>
Shear stress (kPa)	<i>36</i>	<i>52</i>	<i>81</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>12,08</i>	<i>12,06</i>	<i>15,03</i>
Vertical deformation (mm)	<i>-0,112</i>	<i>0,434</i>	<i>0,823</i>

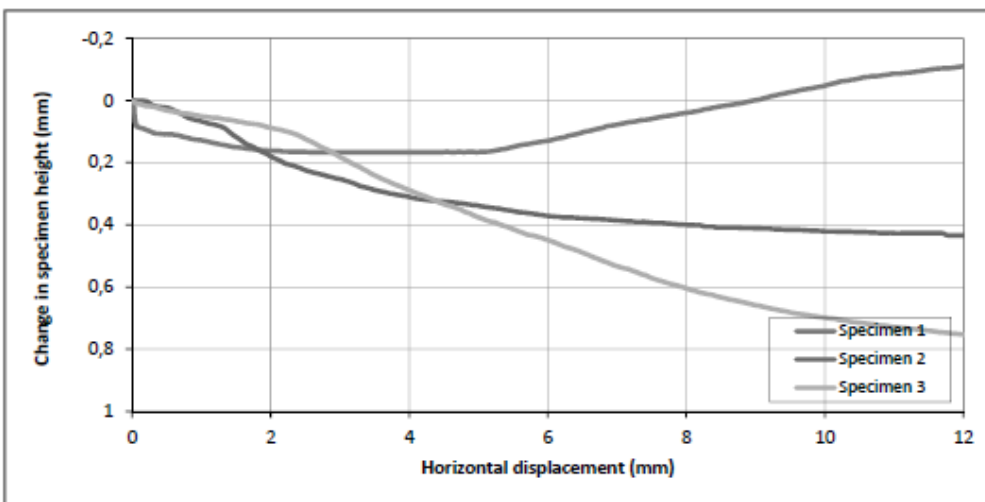
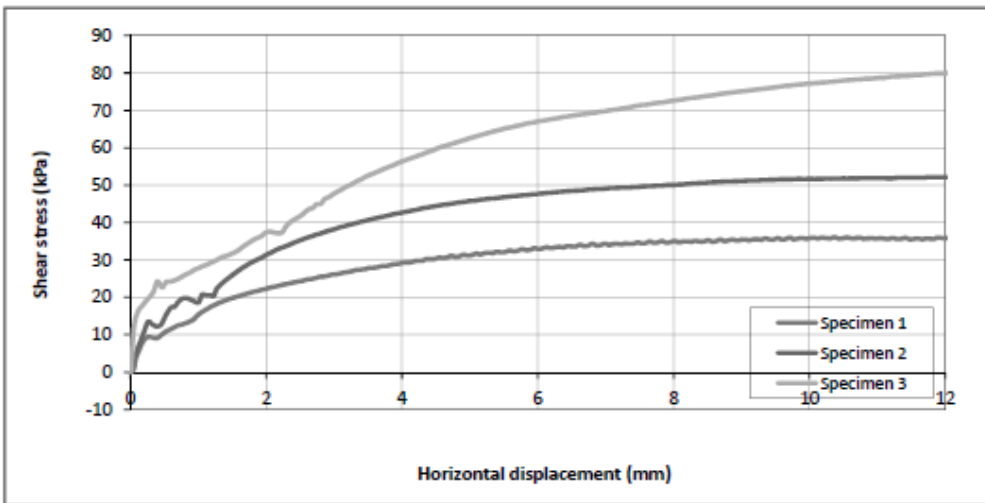
Apparent cohesion (kPa)	<i>21,6</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>31,4</i>

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date <i>13.11.2021</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	<i>RE-forMS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.44.56.0.</i>	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date <i>13.11.2021</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

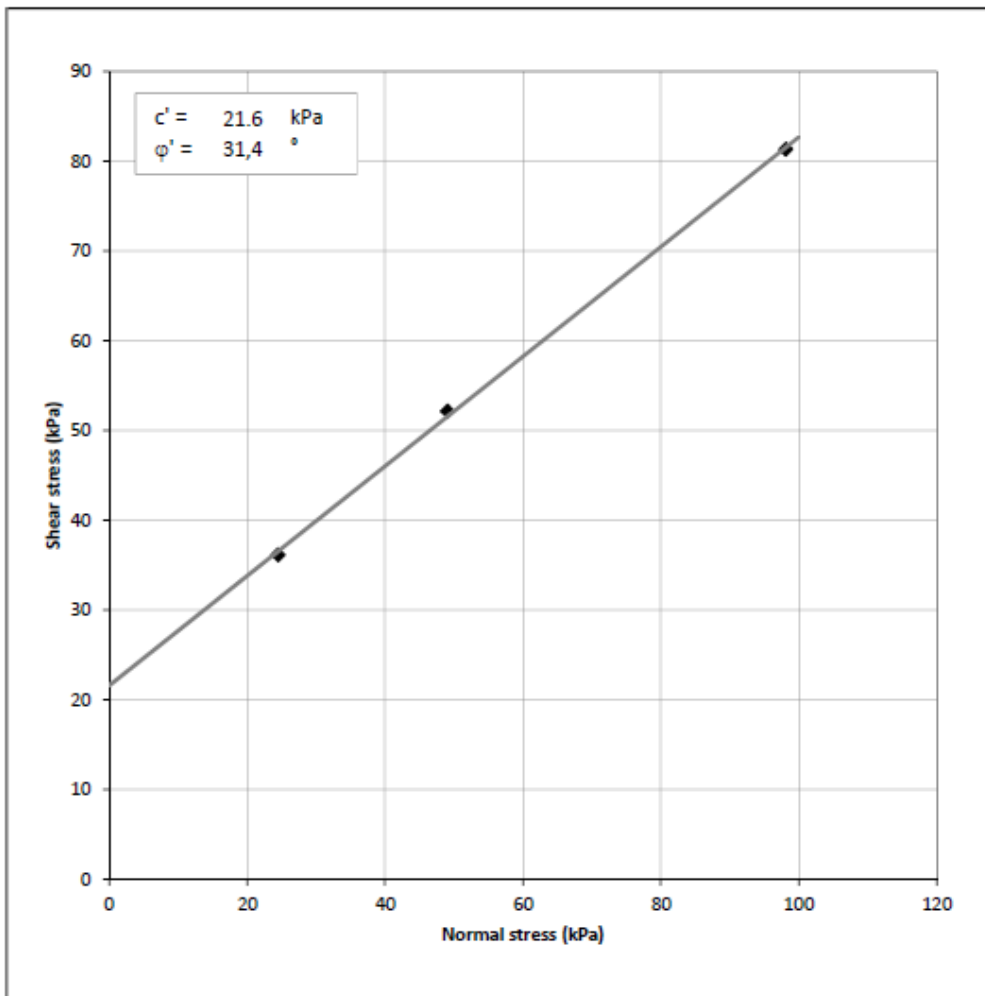
Sample depth (m)

Borehole number *1*

Sample type

Sample number *Osa.44.56.0.*

Specimen orientation



Tested

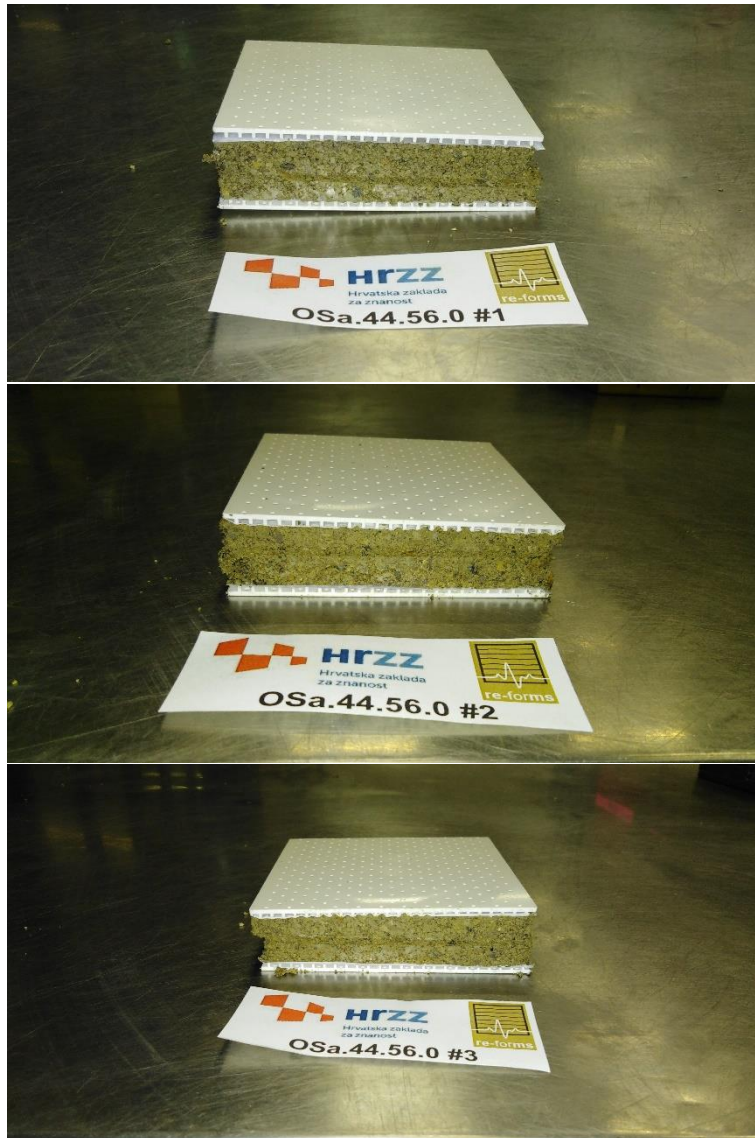
Date *13.11.2021*

Checked

Date

Approved

Date



Slika 0.3 Uzorci Osa.44.56.0 nakon ispitivanja

UZORAK OSa.40.50.10

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	<i>RE-formS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.40.50.10.</i>	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>
Length (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Width (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Area (mm ²)	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>16</i>	<i>21</i>	<i>19</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>12</i>	<i>11</i>	<i>10</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,86</i>	<i>1,74</i>	<i>1,72</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,61</i>	<i>1,44</i>	<i>1,44</i>
Voids ratio	<i>0,651</i>	<i>0,848</i>	<i>0,848</i>
Degree of saturation (%)	<i>64</i>	<i>65</i>	<i>60</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>49</i>	<i>98</i>
Shear stress (kPa)	<i>35</i>	<i>52</i>	<i>84</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>13,53</i>	<i>13,22</i>	<i>15,89</i>
Vertical deformation (mm)	<i>-0,093</i>	<i>0,513</i>	<i>0,919</i>

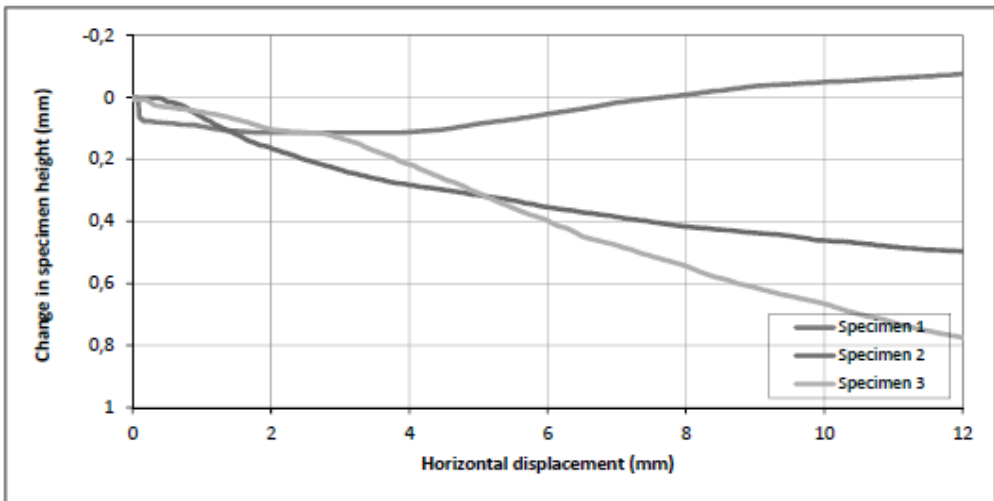
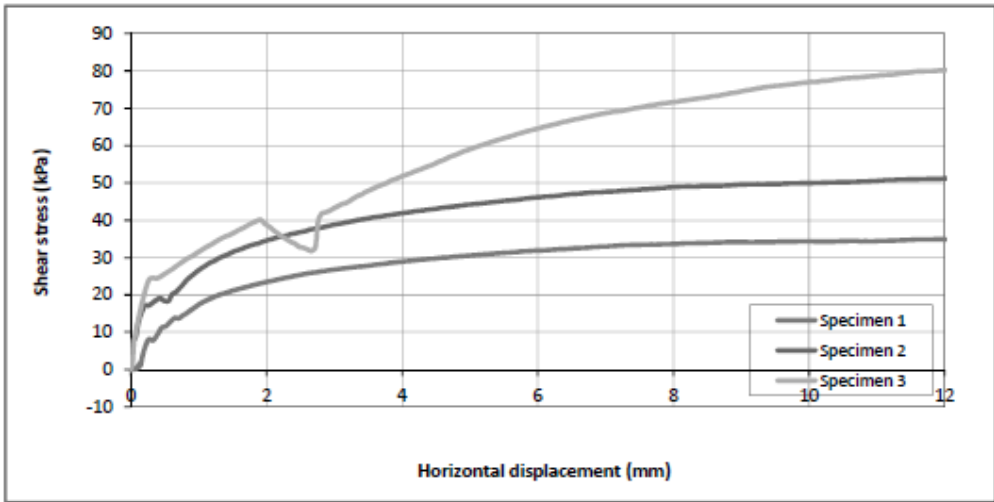
Apparent cohesion (kPa)	<i>18,7</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>33,8</i>

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date <i>16.11.2021</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	<i>RE-forMS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.40.50.10.</i>	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date <i>16.11.2021</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

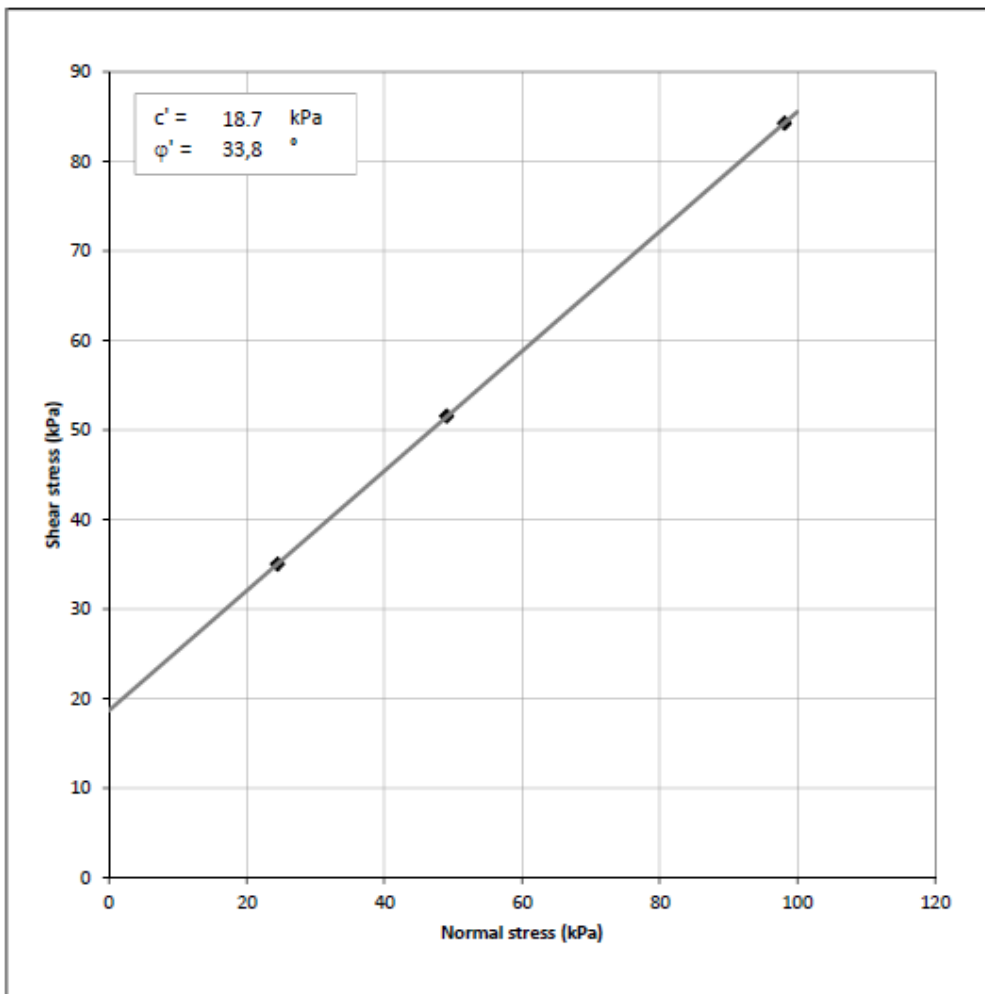
Sample depth (m)

Borehole number *1*

Sample type

Sample number *Osa.40.50.10.*

Specimen orientation



Tested

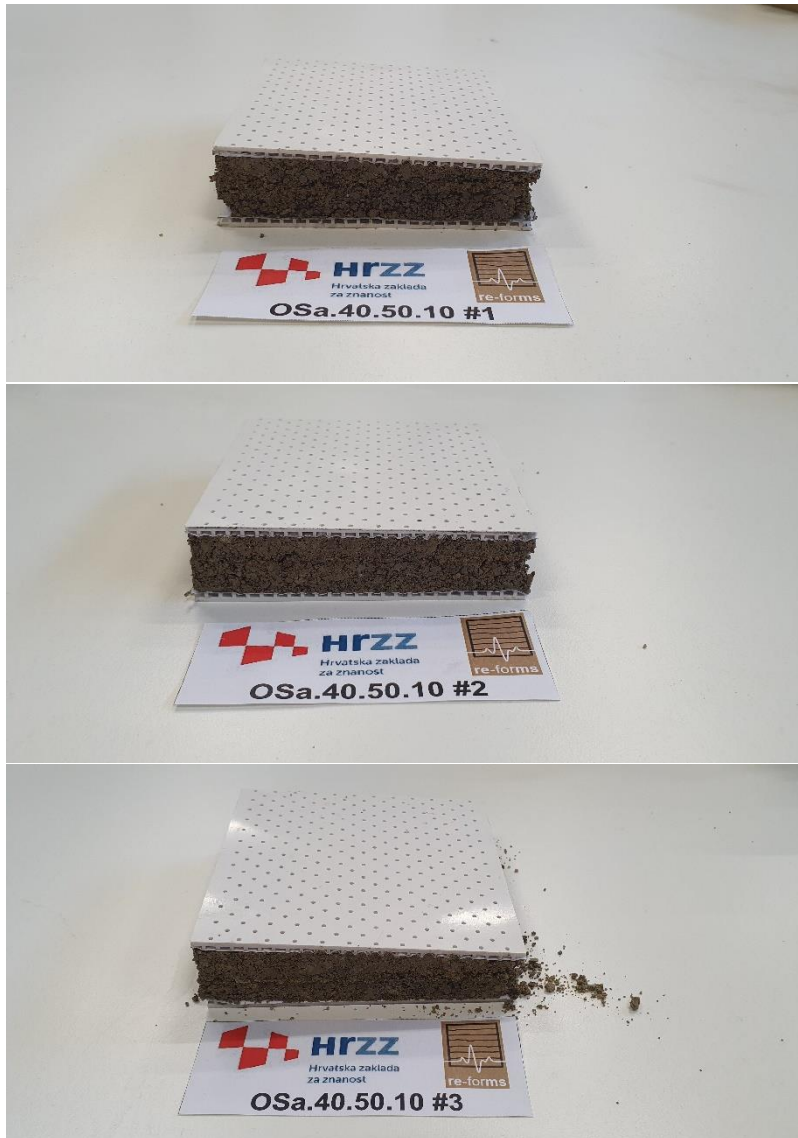
Date *16.11.2021*

Checked

Date

Approved

Date



Slika 0.4 Uzorci Osa.40.50.10 nakon ispitivanja

UZORAK OSa.48.48.4

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY		
--	--	--

Project location		
Project reference	<i>RE-formS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.48.48.4.</i>	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>
Length (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Width (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Area (mm ²)	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>17</i>	<i>17</i>	<i>17</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>15</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,64</i>	<i>1,69</i>	<i>1,71</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,41</i>	<i>1,44</i>	<i>1,47</i>
Voids ratio	<i>0,891</i>	<i>0,850</i>	<i>0,814</i>
Degree of saturation (%)	<i>49</i>	<i>54</i>	<i>54</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>49</i>	<i>98</i>
Shear stress (kPa)	<i>36</i>	<i>50</i>	<i>66</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>13,39</i>	<i>15,93</i>	<i>14,88</i>
Vertical deformation (mm)	<i>0,195</i>	<i>0,659</i>	<i>0,443</i>

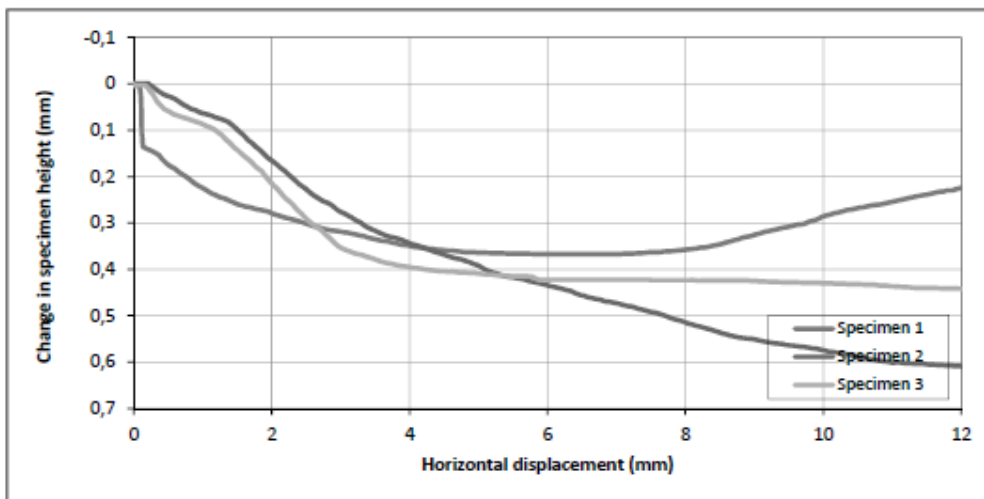
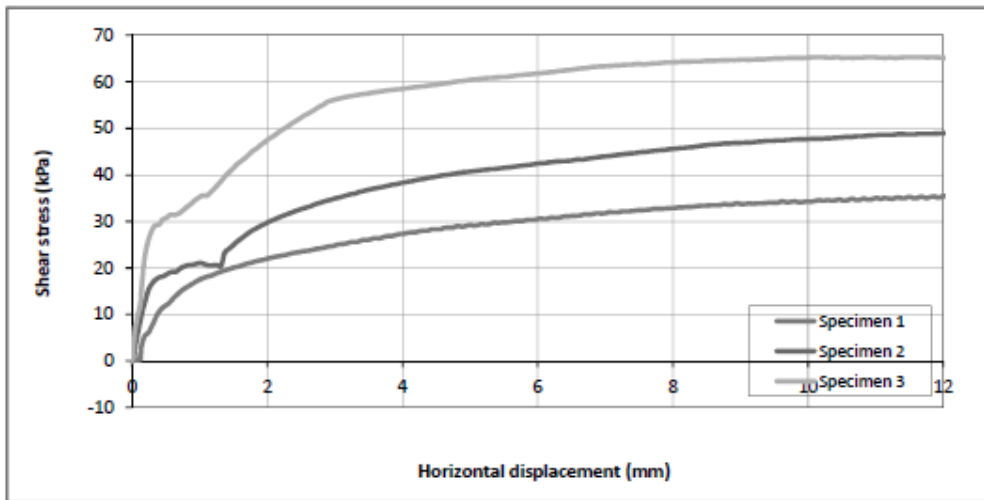
Apparent cohesion (kPa)	<i>27,9</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>21,9</i>

Comments / variations from procedures:
--

Tested	Checked	Approved
Date <i>17.11.2021</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.48.48.4.	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 17.11.2021	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

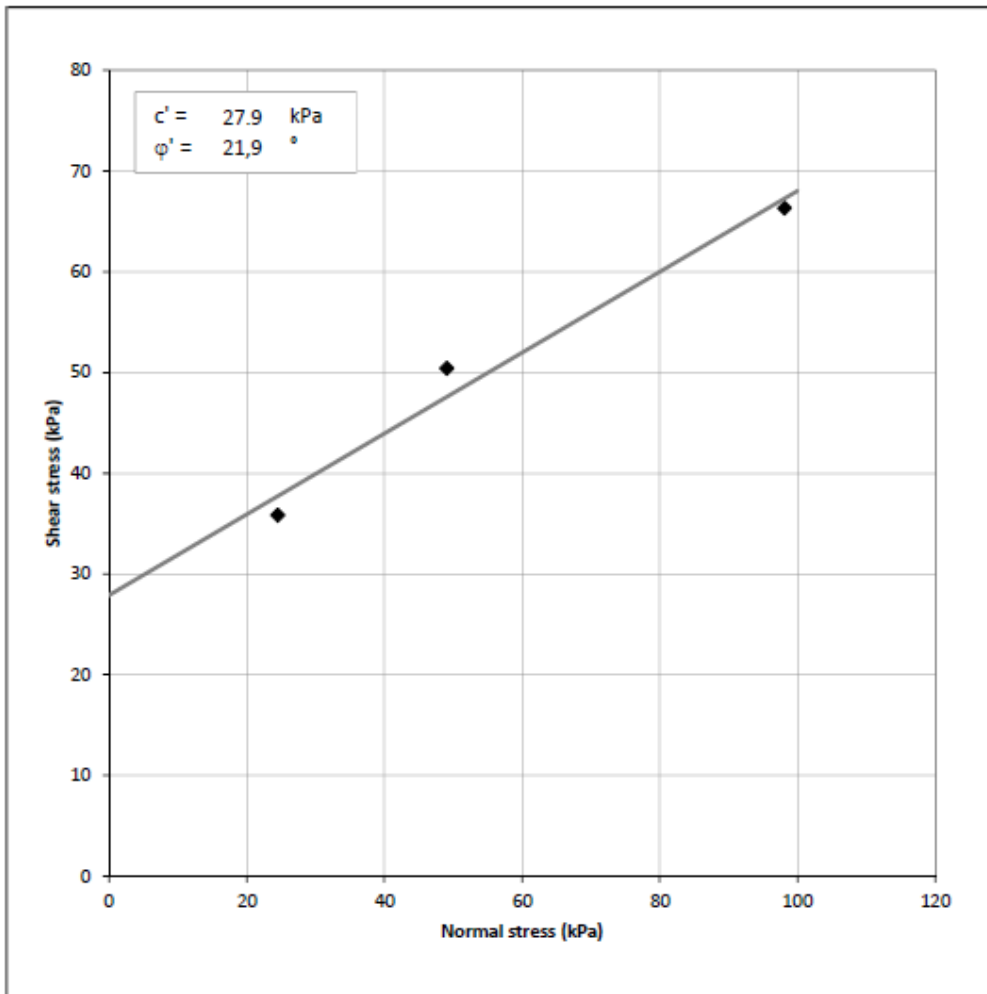
Sample depth (m)

Borehole number *1*

Sample type

Sample number *Osa.48.48.4.*

Specimen orientation



Tested

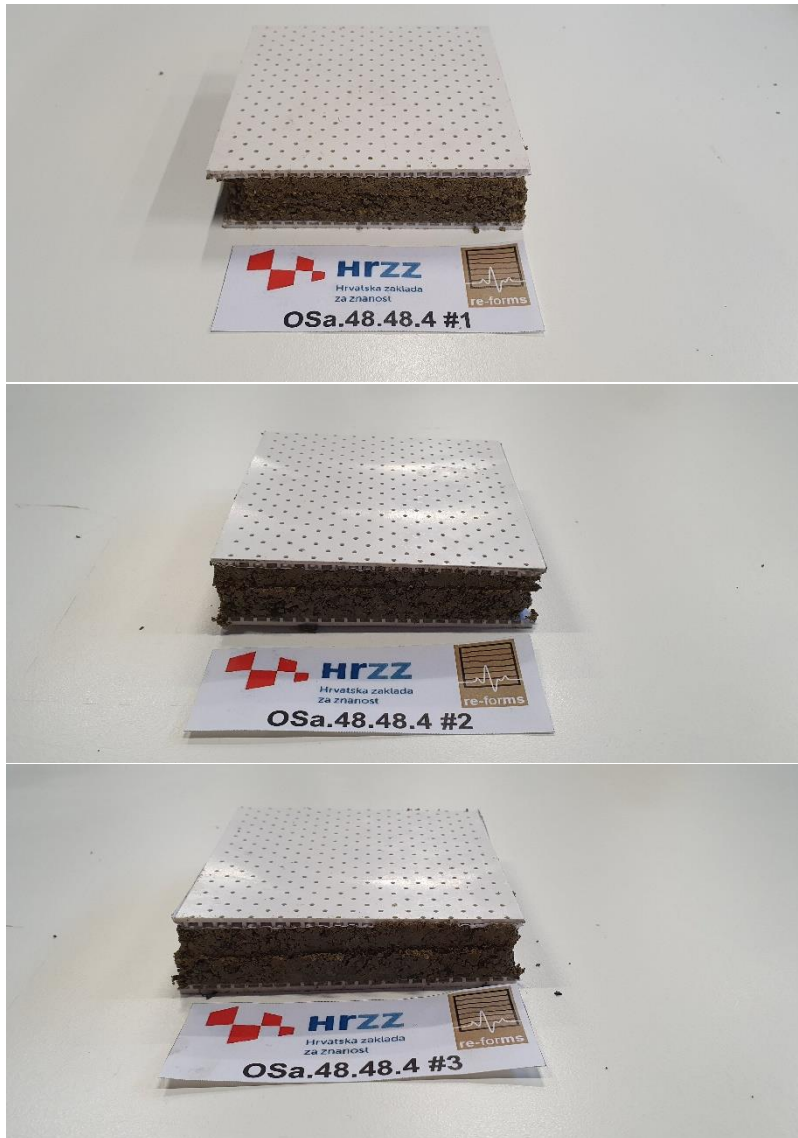
Checked

Approved

Date *17.11.2021*

Date

Date



Slika 0.5 Uzorci Osa.48.48.4 nakon ispitivanja

UZORAK OSa.50.25.25

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY		
--	--	--

Project location		
Project reference	<i>RE-formS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.50.25.25.</i>	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>
Length (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Width (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Area (mm ²)	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>27</i>	<i>27</i>	<i>18</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,77</i>	<i>1,76</i>	<i>1,74</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,40</i>	<i>1,39</i>	<i>1,48</i>
Voids ratio	<i>0,901</i>	<i>0,912</i>	<i>0,794</i>
Degree of saturation (%)	<i>79</i>	<i>78</i>	<i>59</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>49</i>	<i>98</i>
Shear stress (kPa)	<i>33</i>	<i>49</i>	<i>68</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>14,21</i>	<i>13,76</i>	<i>6,52</i>
Vertical deformation (mm)	<i>0,449</i>	<i>0,884</i>	<i>0,705</i>

Apparent cohesion (kPa)	<i>23,6</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>25,0</i>

Comments / variations from procedures:
--

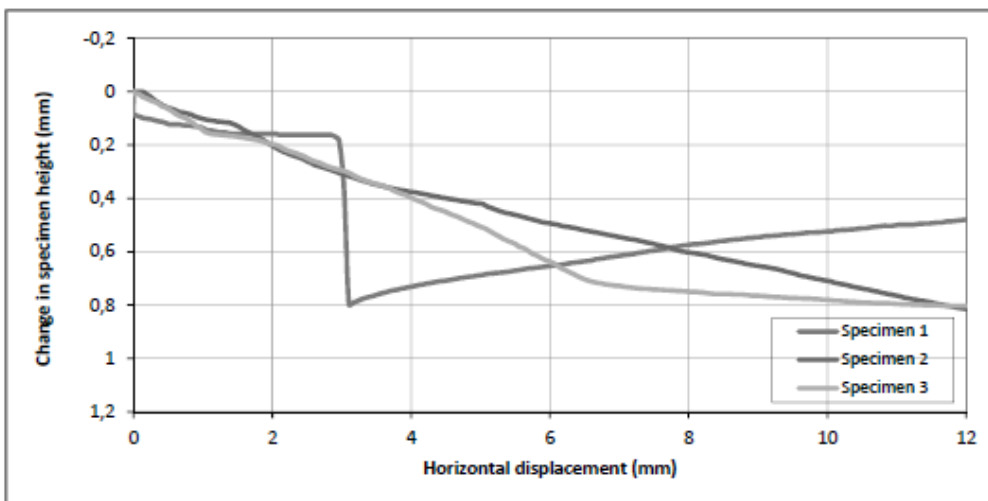
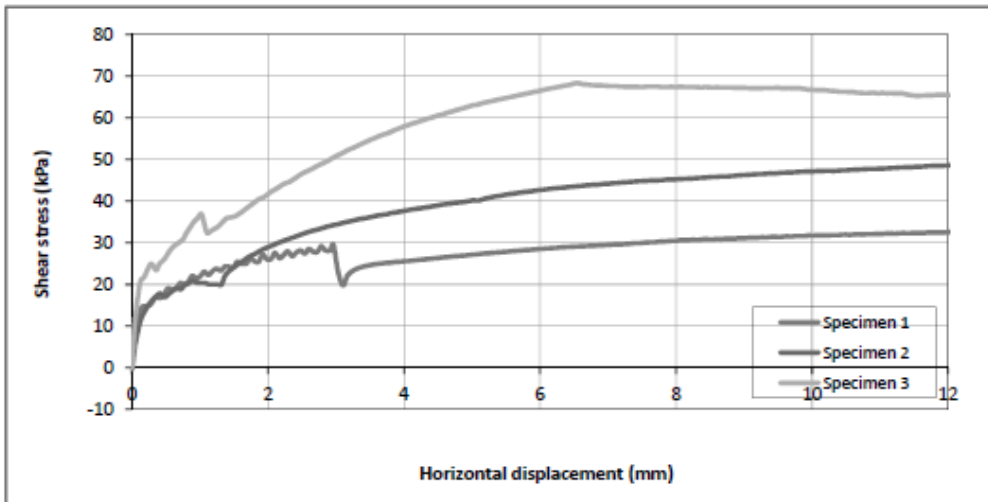
Tested	Checked	Approved
Date <i>23.11.2021</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.25.25.	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 23.11.2021	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-formS*

Sample depth (m)

Borehole number

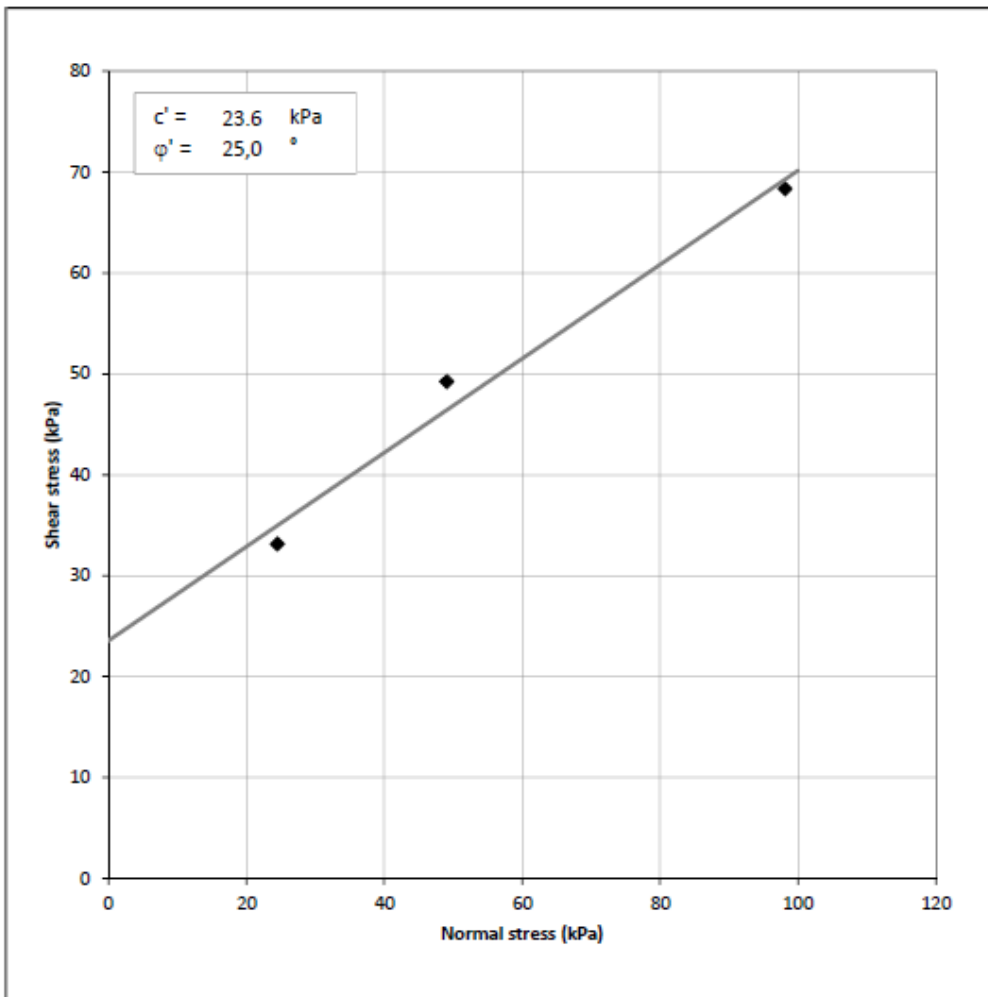
1

Sample type

Sample number

Osa.50.25.25.

Specimen orientation



Tested

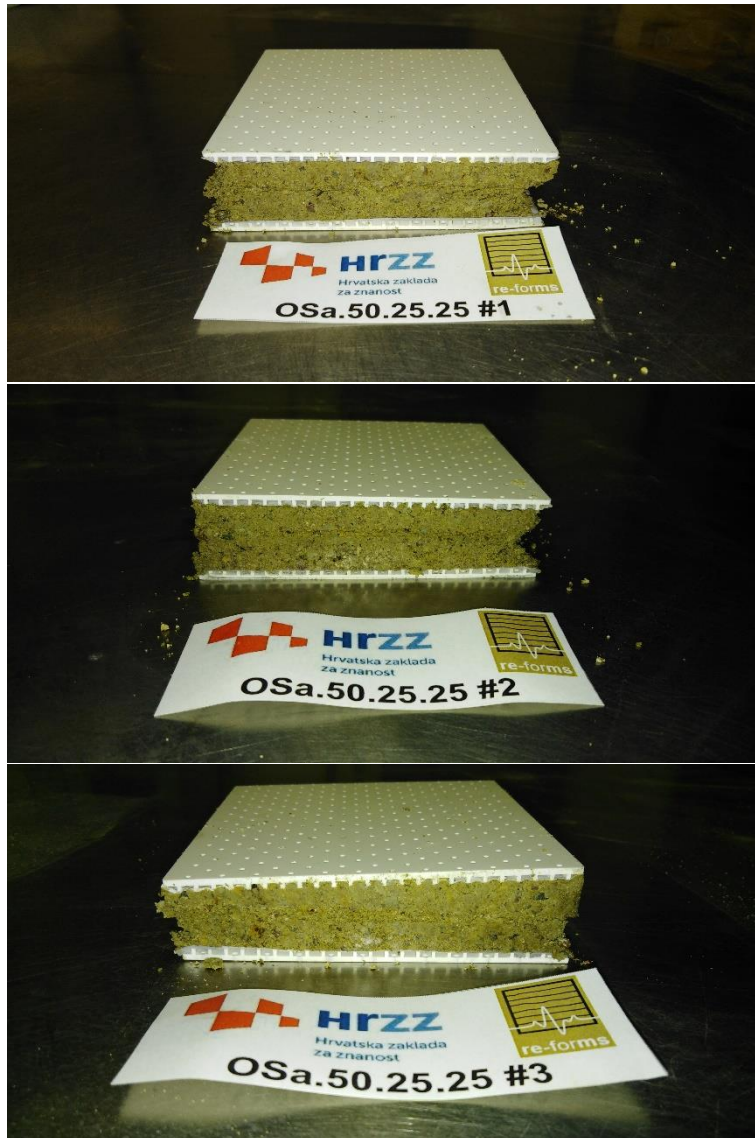
Date *23.11.2021*

Checked

Date

Approved

Date



Slika 0.6 Uzorci Osa.50.25.25 nakon ispitivanja

UZORAK OSa.29.14.57

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	<i>RE-form5</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.29.14.57.</i>	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>
Length (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Width (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Area (mm ²)	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>13</i>	<i>17</i>	<i>21</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>09</i>	<i>08</i>	<i>08</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,88</i>	<i>1,79</i>	<i>1,70</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,67</i>	<i>1,54</i>	<i>1,41</i>
Voids ratio	<i>0,591</i>	<i>0,723</i>	<i>0,878</i>
Degree of saturation (%)	<i>58</i>	<i>61</i>	<i>62</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>49</i>	<i>98</i>
Shear stress (kPa)	<i>34</i>	<i>49</i>	<i>68</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>13,34</i>	<i>12,84</i>	<i>10,92</i>
Vertical deformation (mm)	<i>-0,171</i>	<i>0,797</i>	<i>0,586</i>

Apparent cohesion (kPa)	<i>24,1</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>24,4</i>

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date <i>24.11.2021</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference

RE-forMS

Sample depth (m)

Borehole number

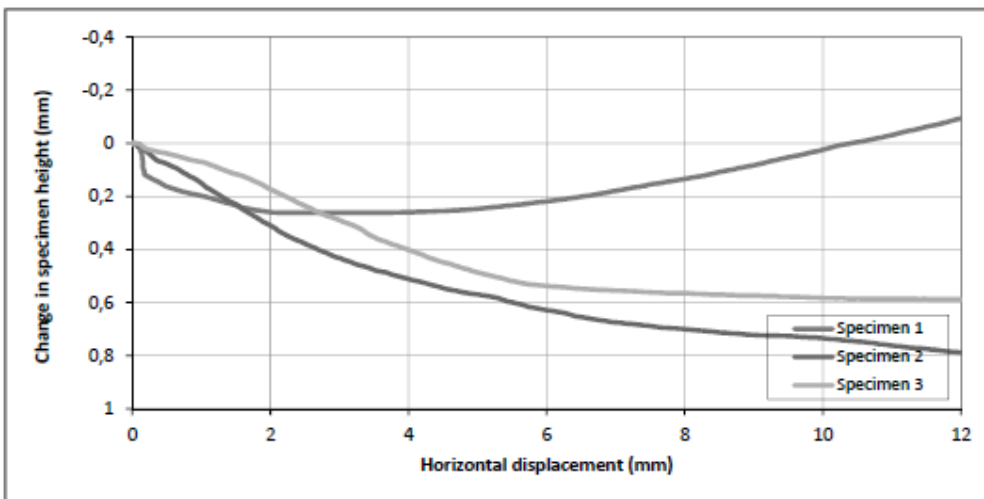
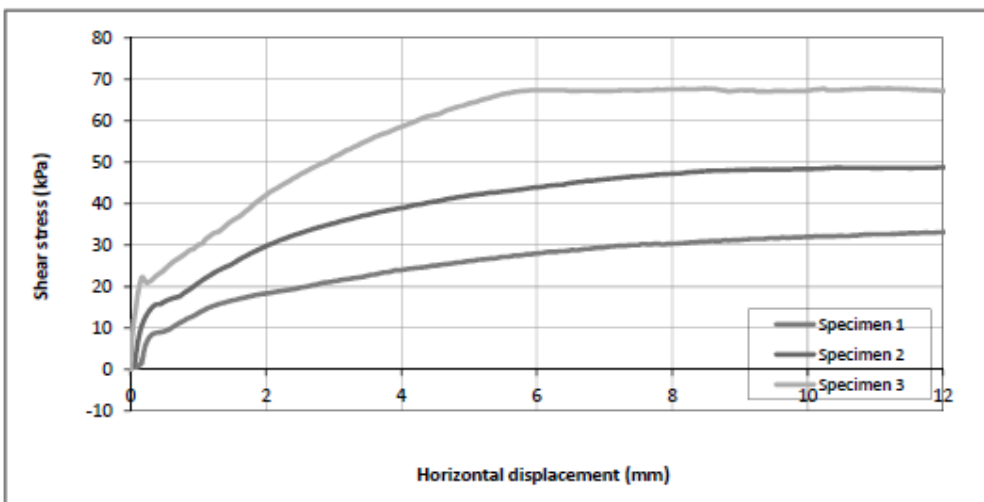
1

Sample type

Sample number

Osa.29.14.57.

Specimen orientation



Tested

24.11.2021

Checked

Date

Approved

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

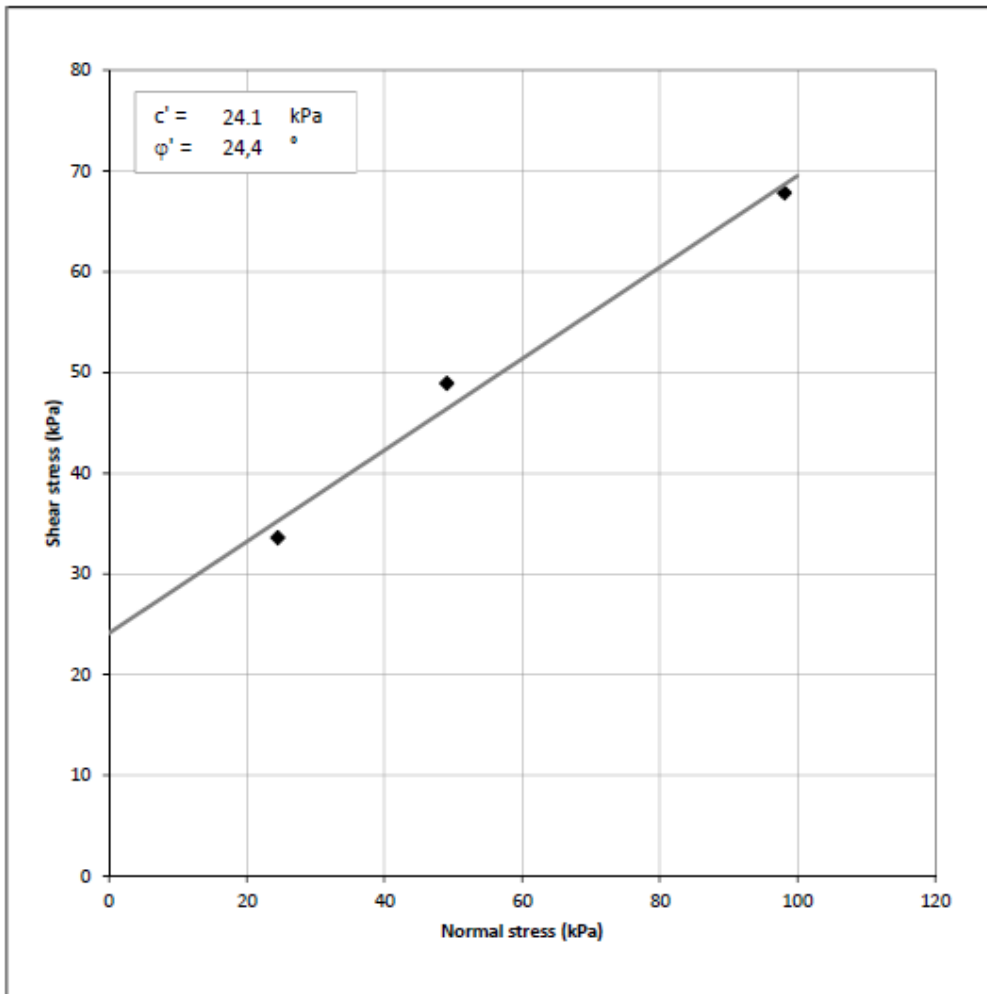
Sample depth (m)

Borehole number *1*

Sample type

Sample number *Osa.29.14.57.*

Specimen orientation



Tested

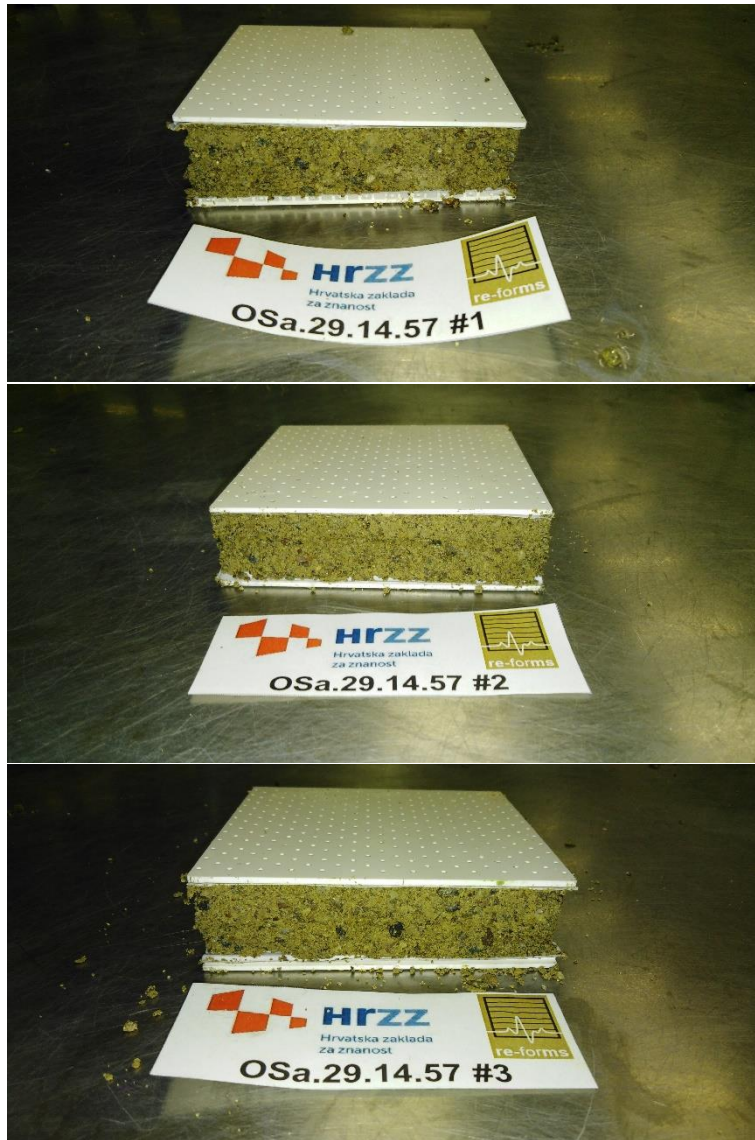
Checked

Approved

Date *24.11.2021*

Date

Date



Slika 0.7 Uzorci Osa.29.14.57 nakon ispitivanja

UZORAK OSa.50.50.0

<p>DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY</p>

Project location		
Project reference	RE-formS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	003 (measured)	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	20,0	20,0	20,0
Length (mm)	100,0	100,0	100,0
Width (mm)	100,0	100,0	100,0
Area (mm ²)	10000,0	10000,0	10000,0
Moisture content (measured) (%)	14	15	16
Moisture content (trimmings) (%)	13	12	14
Bulk density (Mg/m ³)	1,75	1,81	1,86
Dry density (Mg/m ³)	1,54	1,58	1,60
Voids ratio	0,720	0,680	0,653
Degree of saturation (%)	51	58	66

Voids ratio at the end of consolidation	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
---	---------	---------	---------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	1,000000	1,000000	1,000000
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	25	49	98
Shear stress (kPa)	35	50	80
Horizontal displacement (mm)	13,46	13,68	10,45
Vertical deformation (mm)	0,629	0,946	1,084

Apparent cohesion (kPa)	20,4
Angle of shearing resistance (°)	31,1

Comments / variations from procedures:
--

Tested	Checked	Approved
Date 25.11.2021	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

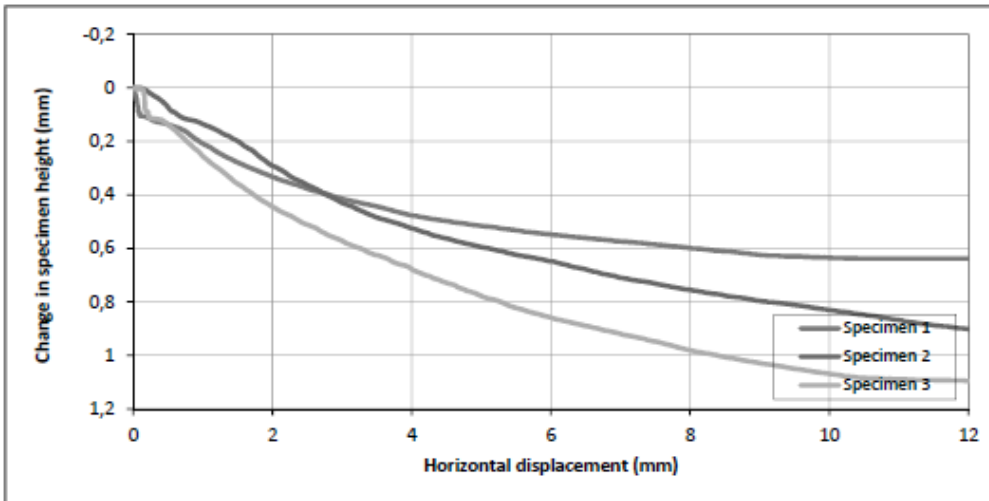
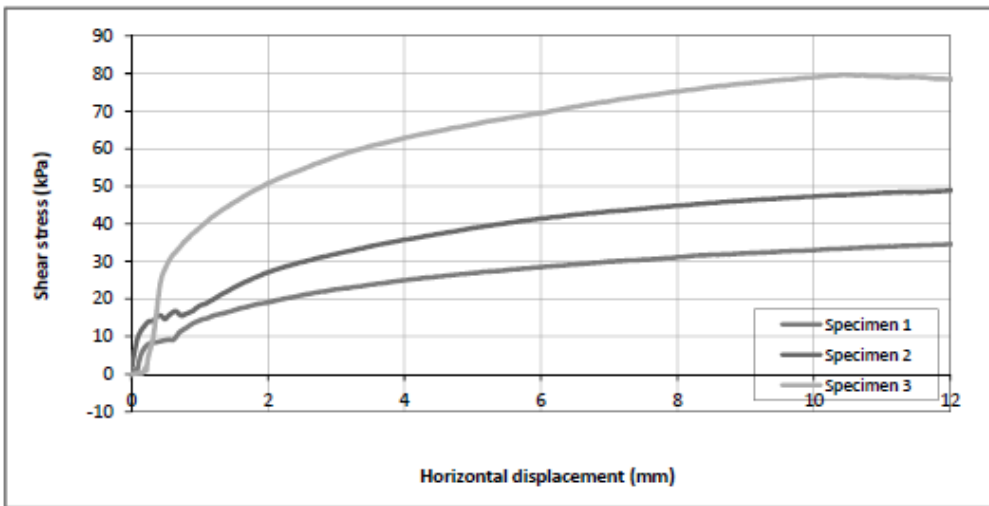
1

Sample type

Sample number

Osa.50.50.0.

Specimen orientation



Tested

Date *25.11.2021*

Checked

Date

Approved

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

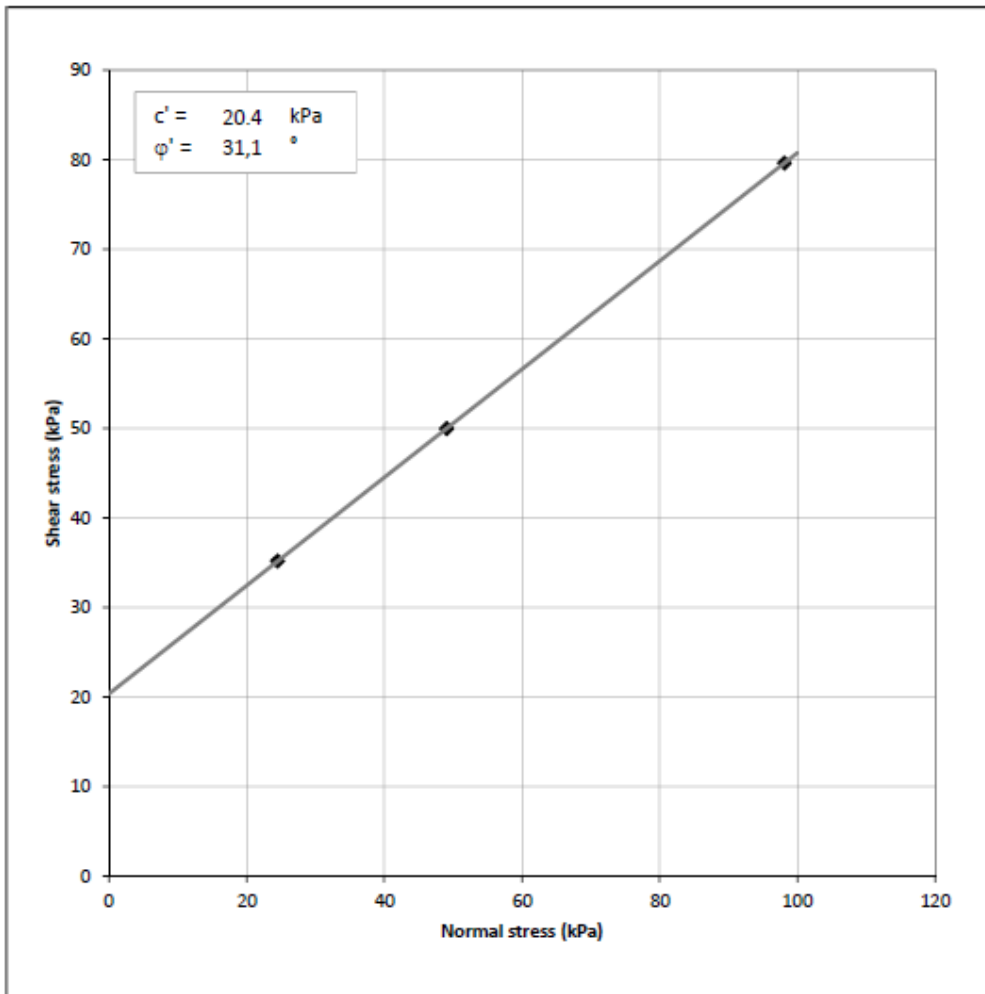
Sample depth (m)

Borehole number *1*

Sample type

Sample number *Osa.50.50.0.*

Specimen orientation



Tested

Date *25.11.2021*

Checked

Date

Approved

Date



Slika 0.8 Uzorci Osa.50.50.0 nakon ispitivanja

UZORAK OSa.50.50.0.L4

<p>DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY</p>

Project location		
Project reference	RE-formS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.L4	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	003 (measured)	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	20,0	20,0	20,0
Length (mm)	100,0	100,0	100,0
Width (mm)	100,0	100,0	100,0
Area (mm ²)	10000,0	10000,0	10000,0
Moisture content (measured) (%)	24	16	18
Moisture content (trimmings) (%)	13	15	14
Bulk density (Mg/m ³)	1,60	1,65	1,64
Dry density (Mg/m ³)	1,29	1,42	1,39
Voids ratio	1,055	0,863	0,903
Degree of saturation (%)	61	50	53

Voids ratio at the end of consolidation	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
---	---------	---------	---------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	1,000000	1,000000	1,000000
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	25	49	98
Shear stress (kPa)	35	55	92
Horizontal displacement (mm)	13,37	16,03	15,87
Vertical deformation (mm)	-0,384	0,075	0,117

Apparent cohesion (kPa)	16,9
Angle of shearing resistance (°)	37,5

Comments / variations from procedures:
--

Tested	Checked	Approved
Date 3.12.2021	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

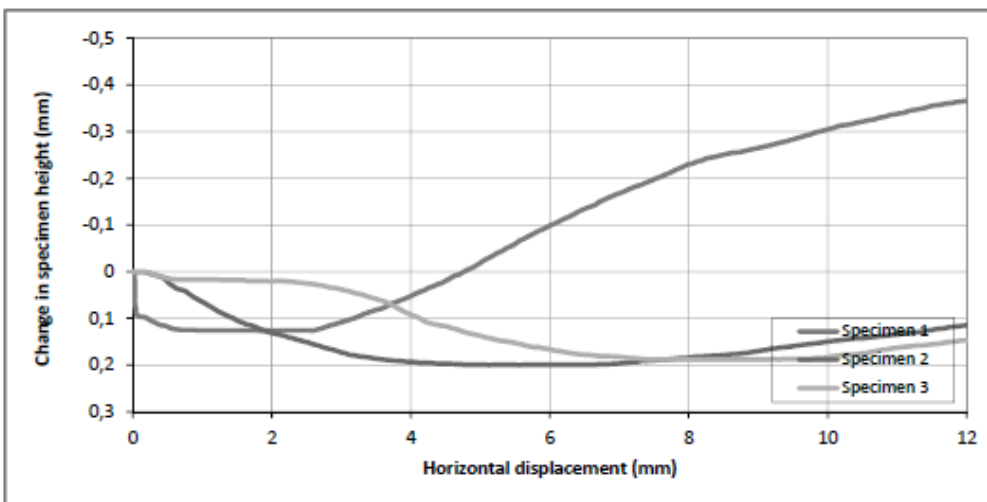
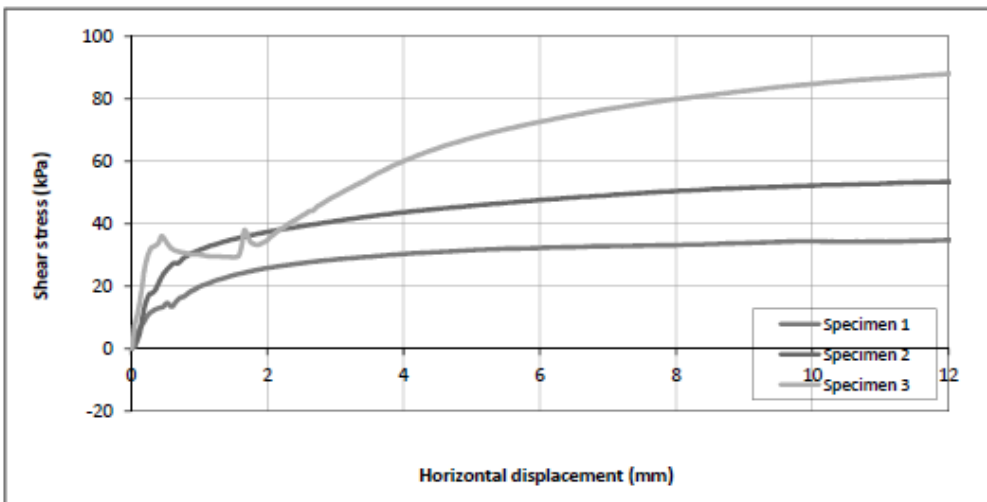
1

Sample type

Sample number

Osa.50.50.0.L4

Specimen orientation



Tested

Date *3.12.2021*

Checked

Date

Approved

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

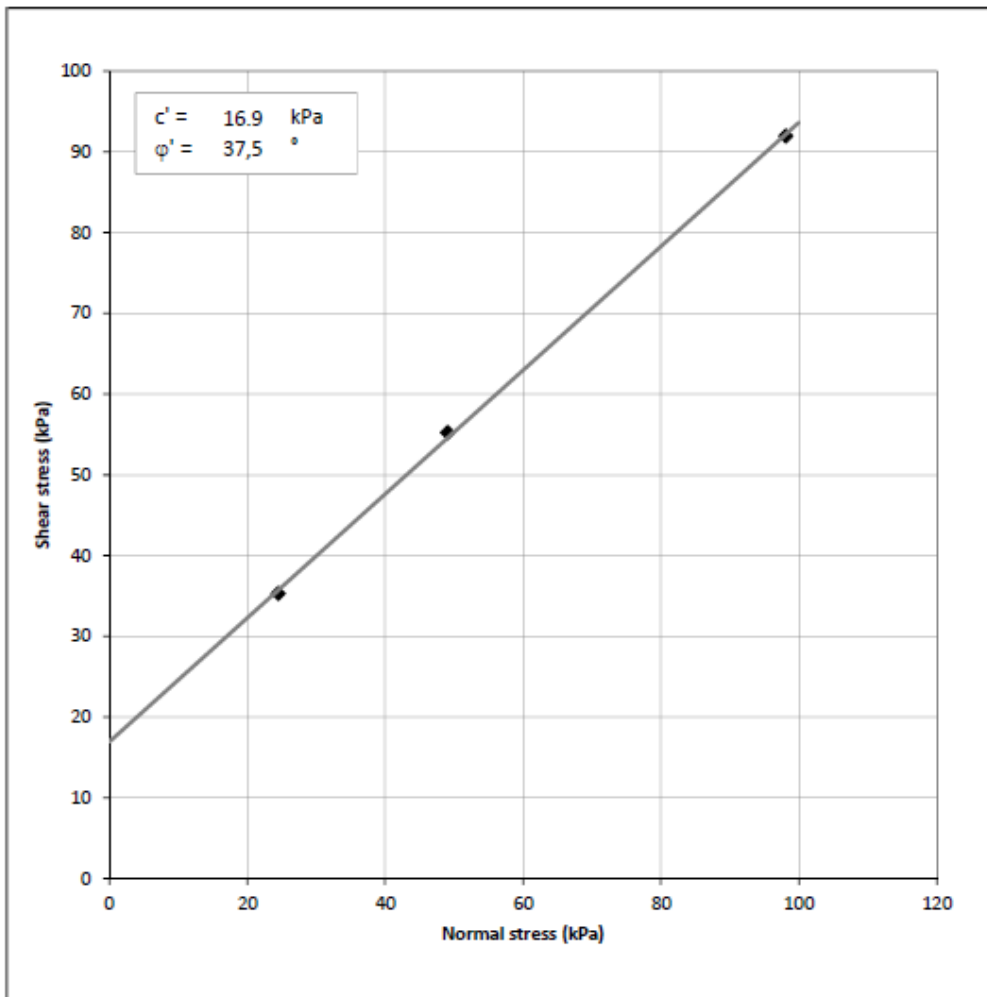
1

Sample type

Sample number

Osa.50.50.0.L4

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

Date 3.12.2021

Date

Date



Slika 0.9 Uzorci Osa.50.50.0.L4 nakon ispitivanja

UZORAK OSa.50.50.0.L8

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	<i>RE-formS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.50.50.0.L8</i>	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>
Length (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Width (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Area (mm ²)	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>23</i>	<i>19</i>	<i>20</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>16</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,54</i>	<i>1,48</i>	<i>1,54</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,25</i>	<i>1,25</i>	<i>1,28</i>
Voids ratio	<i>1,112</i>	<i>1,123</i>	<i>1,064</i>
Degree of saturation (%)	<i>54</i>	<i>44</i>	<i>51</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>49</i>	<i>98</i>
Shear stress (kPa)	<i>34</i>	<i>52</i>	<i>88</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>12,14</i>	<i>16,02</i>	<i>15,95</i>
Vertical deformation (mm)	<i>-0,169</i>	<i>0,358</i>	<i>0,369</i>

Apparent cohesion (kPa)	<i>16,6</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>36,0</i>

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date <i>7.12.2021</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

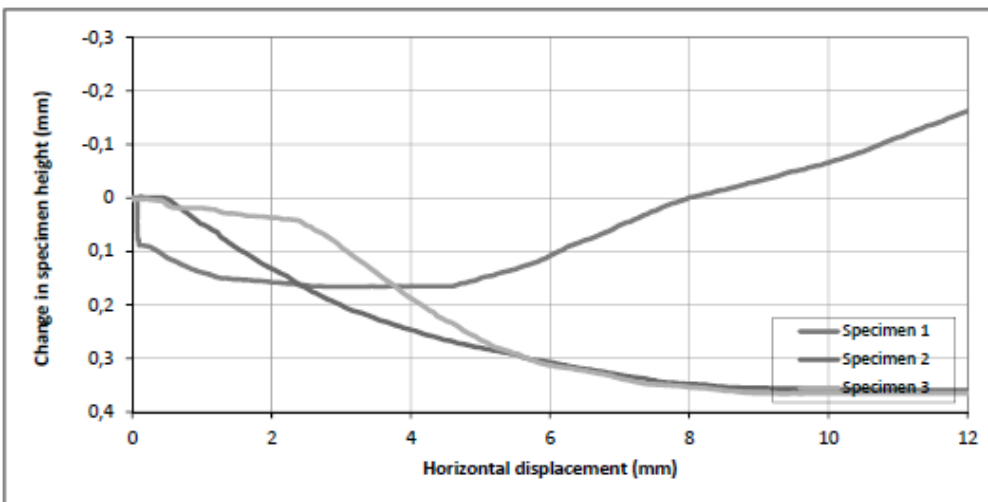
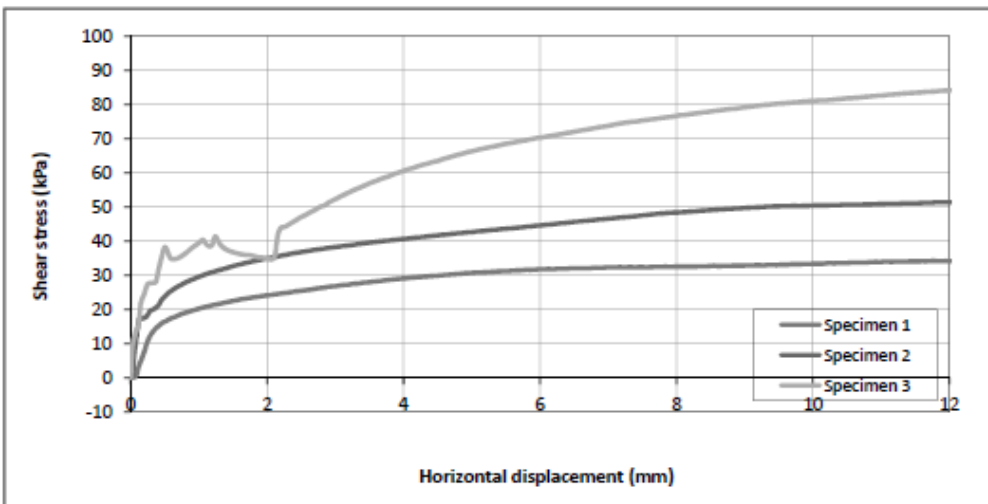
TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS* Sample depth (m)

Borehole number 1 Sample type

Sample number *Osa.50.50.0.L8* Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 7.12.2021	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

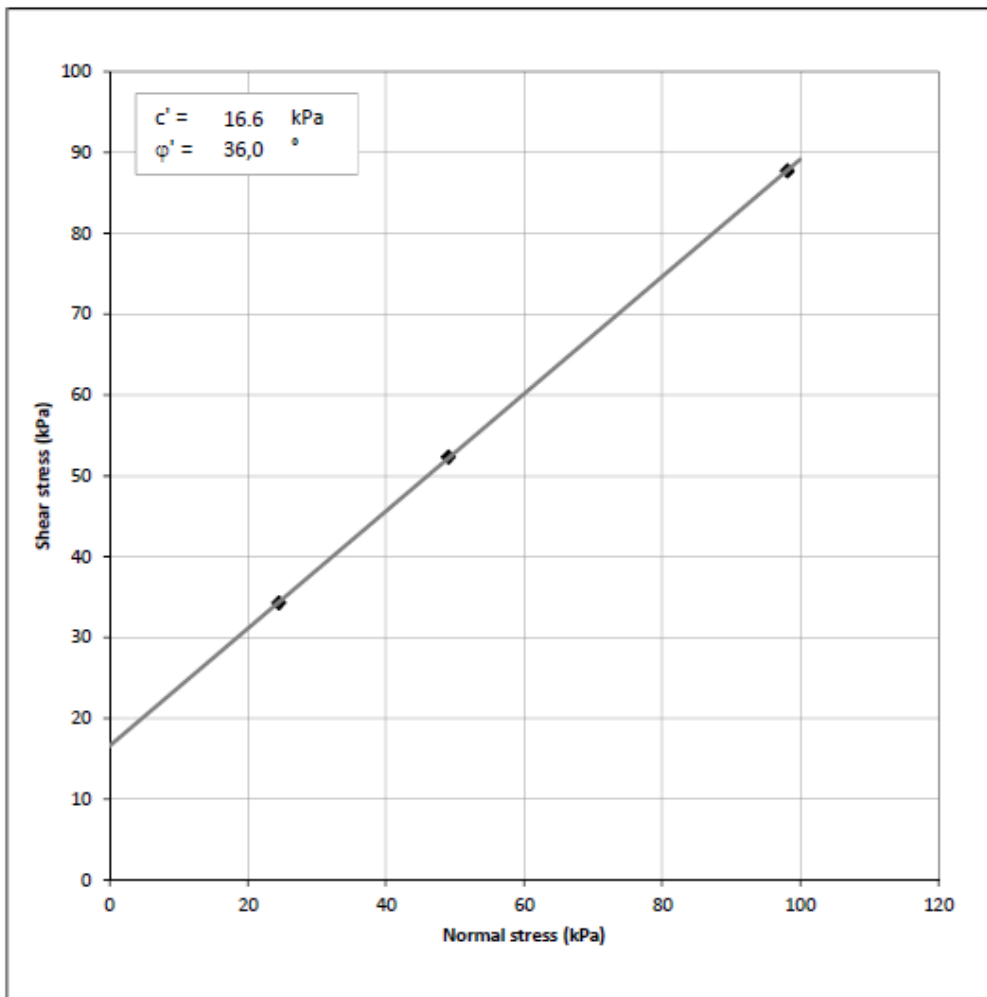
1

Sample type

Sample number

Osa.50.50.0.L8

Specimen orientation



Tested

Date *7.12.2021*

Checked

Date

Approved

Date



Slika 0.10 Uzorci Osa.50.50.0.L8 nakon ispitivanja

UZORAK OSa.50.50.0.B

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY		
--	--	--

Project location		
Project reference	<i>RE-forMS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.50.50.0.B</i>	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>
Length (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Width (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Area (mm ²)	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>16</i>	<i>18</i>	<i>19</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>15</i>	<i>13</i>	<i>12</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,75</i>	<i>1,58</i>	<i>1,68</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,51</i>	<i>1,34</i>	<i>1,42</i>
Voids ratio	<i>0,754</i>	<i>0,984</i>	<i>0,867</i>
Degree of saturation (%)	<i>56</i>	<i>48</i>	<i>57</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>49</i>	<i>98</i>
Shear stress (kPa)	<i>34</i>	<i>45</i>	<i>84</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>13,11</i>	<i>9,56</i>	<i>10,91</i>
Vertical deformation (mm)	<i>0,312</i>	<i>0,926</i>	<i>0,985</i>

Apparent cohesion (kPa)	<i>14,4</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>35,0</i>

Comments / variations from procedures:
--

Tested	Checked	Approved
Date <i>27.11.2021.</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

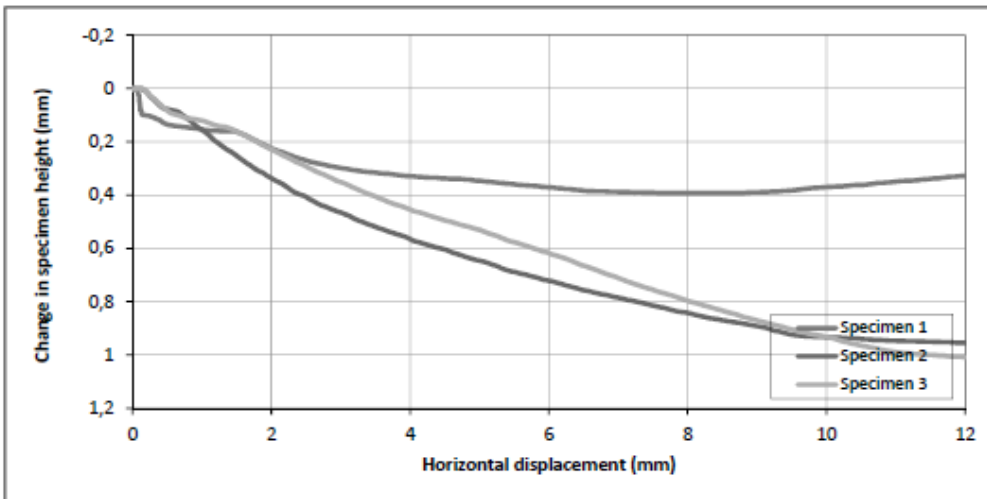
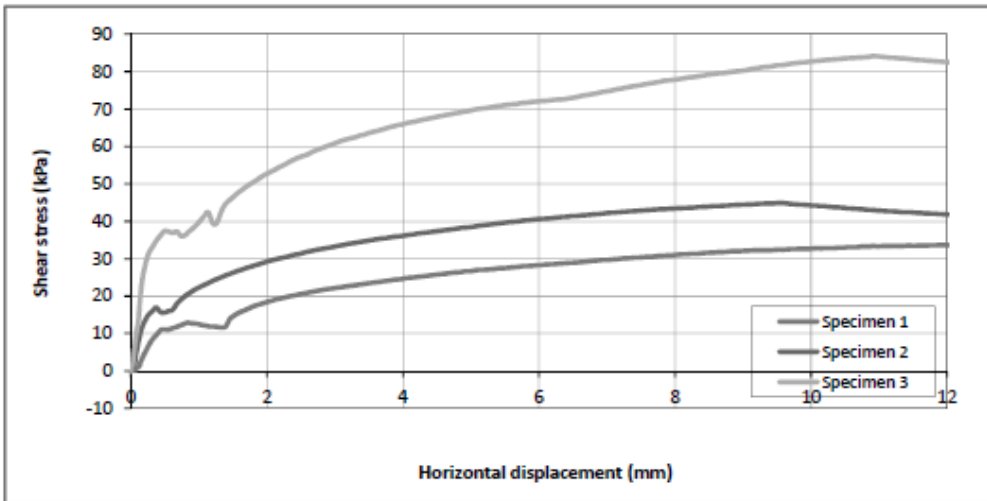
Sample depth (m)

Borehole number *1*

Sample type

Sample number *Osa.50.50.0.B*

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

Date *27.11.2021.*

Date

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

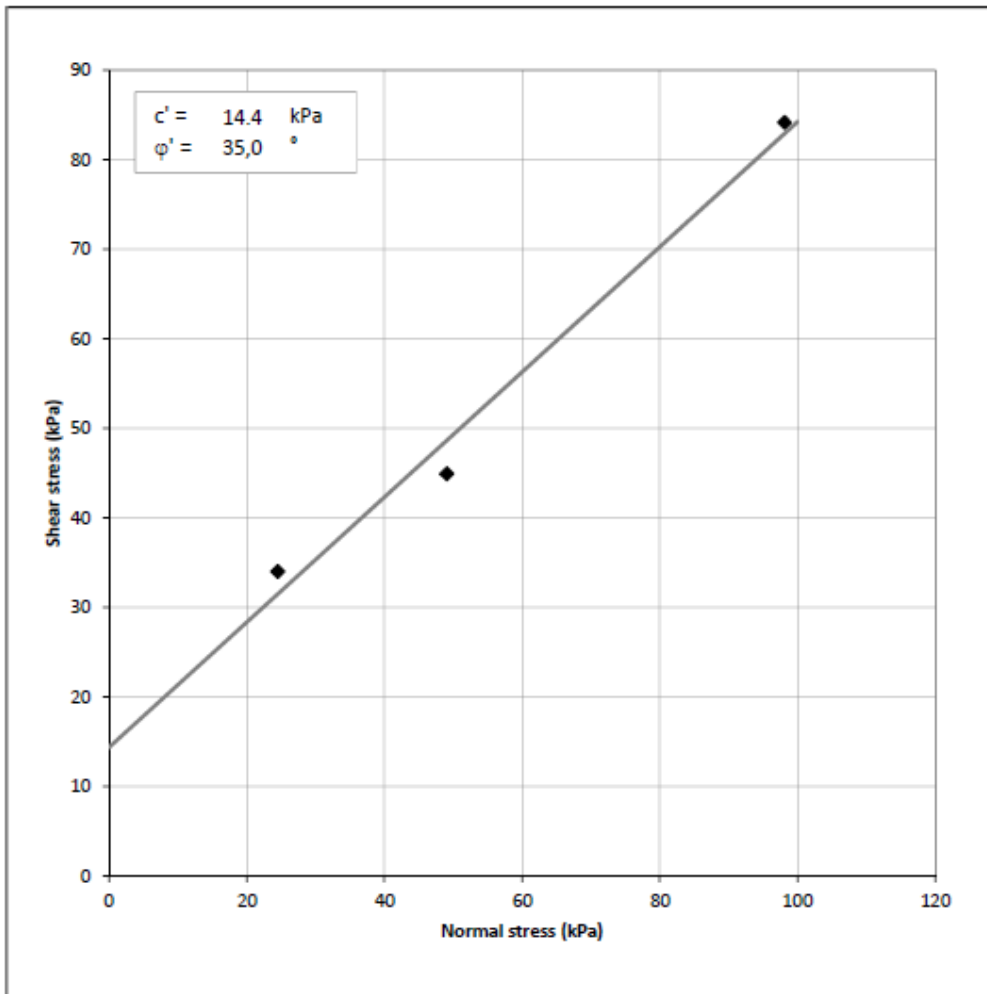
Sample depth (m)

Borehole number *1*

Sample type

Sample number *Osa.50.50.0.B*

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

Date *27.11.2021.*

Date

Date



Slika 0.11 Uzorci Osa.50.50.0.B nakon ispitivanja

UZORAK OSa.50.50.0.0

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.0	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	003 (measured)	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	20,0	20,0	20,0
Length (mm)	100,0	100,0	100,0
Width (mm)	100,0	100,0	100,0
Area (mm ²)	10000,0	10000,0	10000,0
Moisture content (measured) (%)	19	20	17
Moisture content (trimmings) (%)	13	15	15
Bulk density (Mg/m ³)	1,60	1,81	1,80
Dry density (Mg/m ³)	1,35	1,52	1,54
Voids ratio	0,967	0,747	0,721
Degree of saturation (%)	52	69	61

Voids ratio at the end of consolidation	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
---	---------	---------	---------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	1,000000	1,000000	1,000000
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	25	49	98
Shear stress (kPa)	32	51	80
Horizontal displacement (mm)	13,31	16,00	12,08
Vertical deformation (mm)	0,757	1,104	0,996

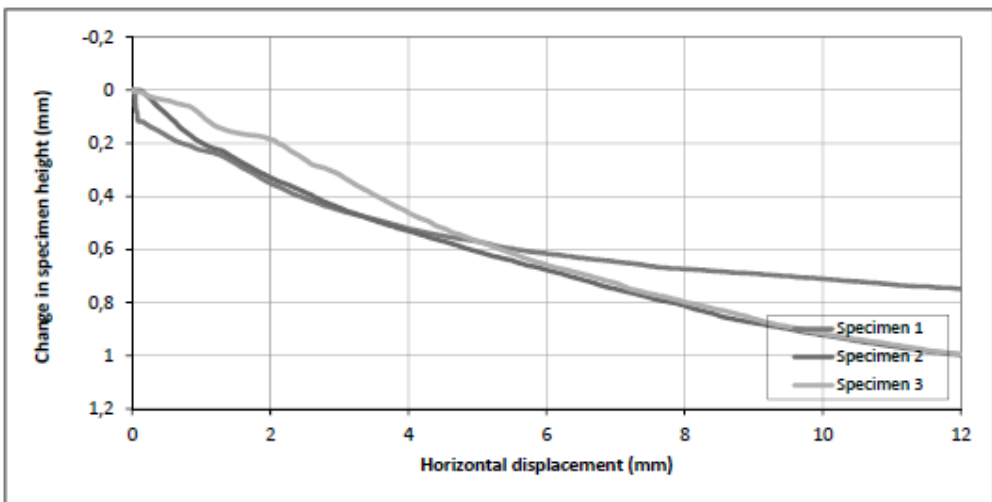
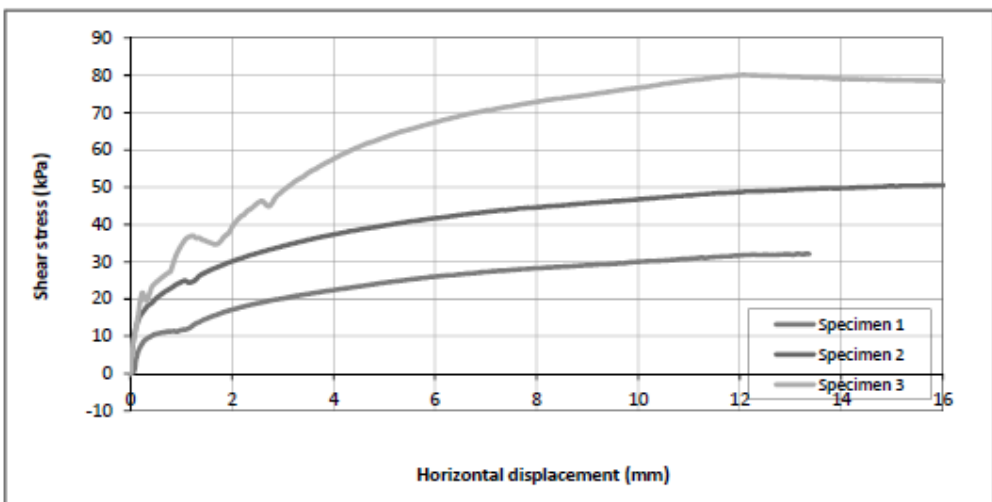
Apparent cohesion (kPa)	17,4
Angle of shearing resistance (°)	32,8

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date 28.11.2021.	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	<i>RE-forMS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.50.50.0.0</i>	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date <i>28.11.2021.</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

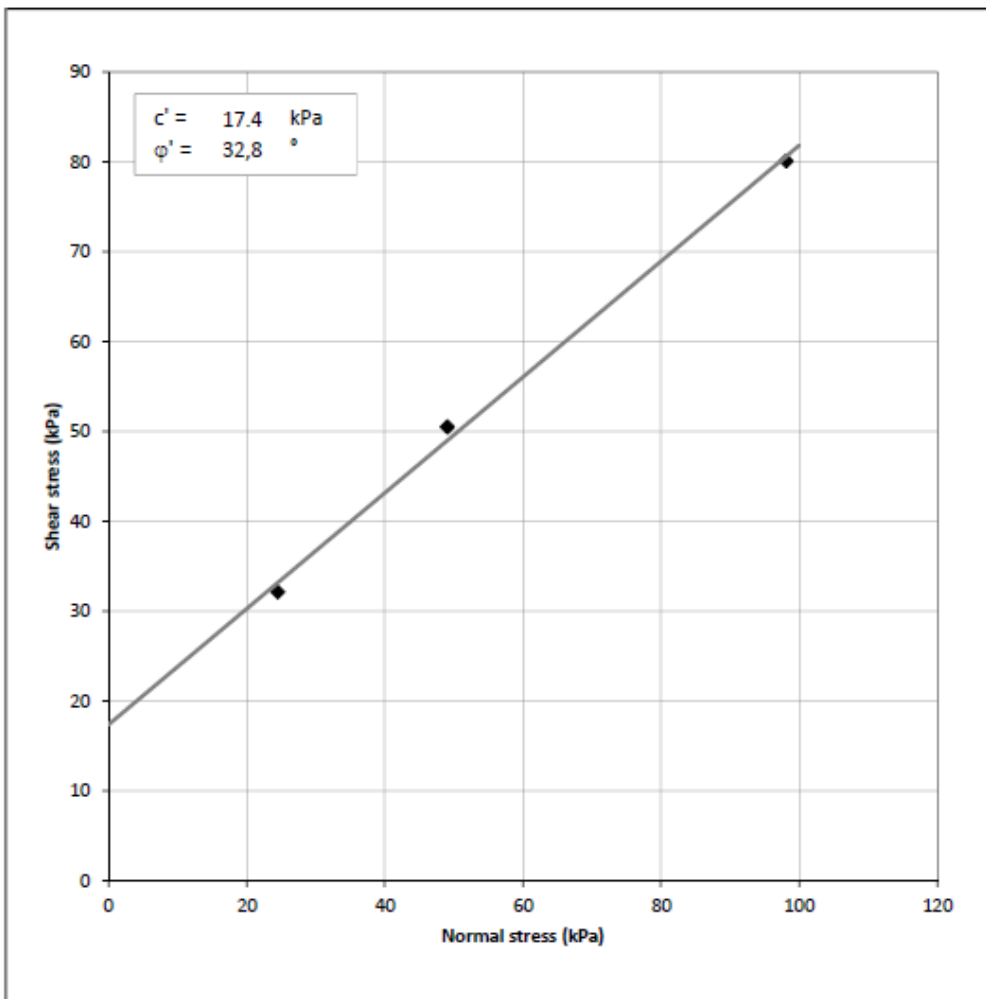
Sample depth (m)

Borehole number *1*

Sample type

Sample number *Osa.50.50.0.0*

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

Date *28.11.2021.*

Date

Date



Slika 0.12 Uzorci Osa.50.50.0.O nakon ispitivanja

UZORAK OSa.50.50.0.W

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.W	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	003 (measured)	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	20,0	20,0	20,0
Length (mm)	100,0	100,0	100,0
Width (mm)	100,0	100,0	100,0
Area (mm ²)	10000,0	10000,0	10000,0
Moisture content (measured) (%)	15	15	20
Moisture content (trimmings) (%)	13	13	13
Bulk density (Mg/m ³)	1,72	1,75	1,78
Dry density (Mg/m ³)	1,50	1,53	1,48
Voids ratio	0,772	0,735	0,786
Degree of saturation (%)	52	53	68

Voids ratio at the end of consolidation	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
---	---------	---------	---------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	1,000000	1,000000	1,000000
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	25	49	98
Shear stress (kPa)	37	54	85
Horizontal displacement (mm)	13,01	12,78	15,72
Vertical deformation (mm)	0,288	0,399	0,948

Apparent cohesion (kPa)	21,6
Angle of shearing resistance (°)	33,0

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date 29.11.2021.	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference

RE-forMS

Sample depth (m)

Borehole number

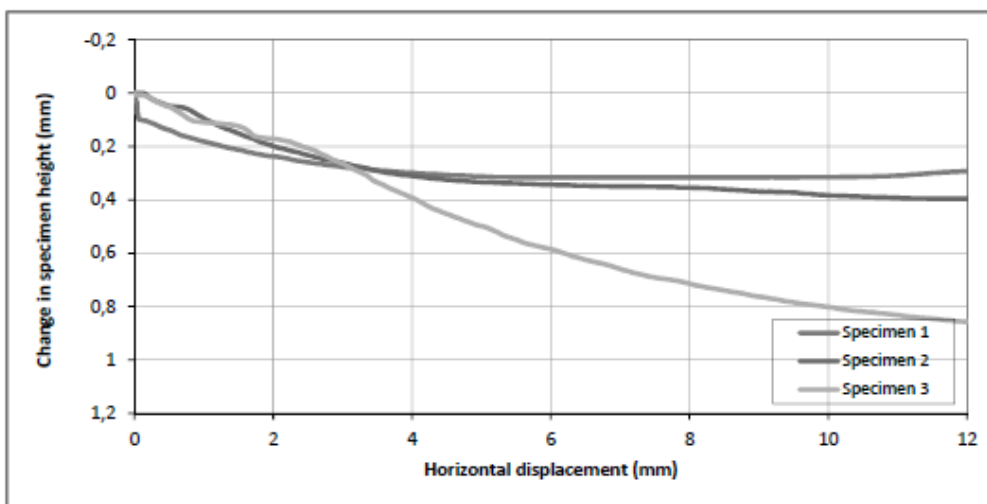
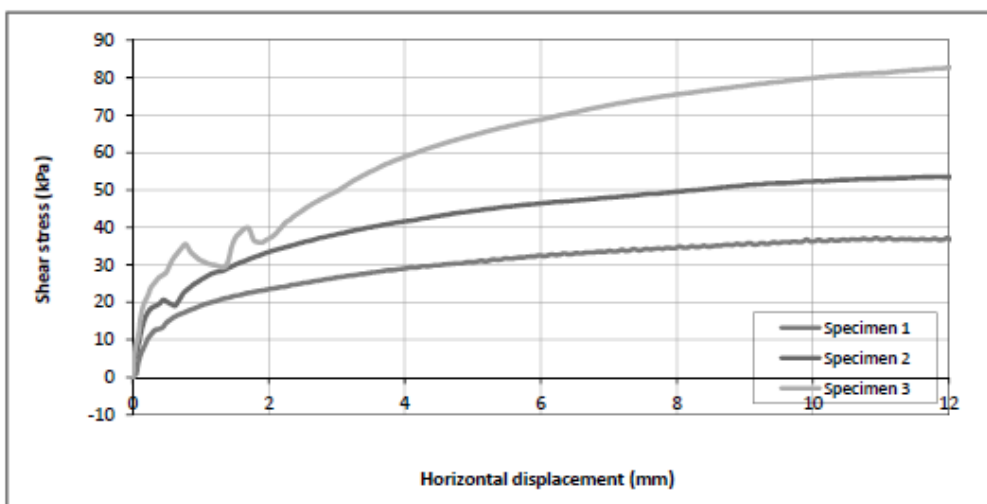
1

Sample type

Sample number

Osa.50.50.0.W

Specimen orientation



Tested

Date

29.11.2021.

Checked

Date

Approved

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

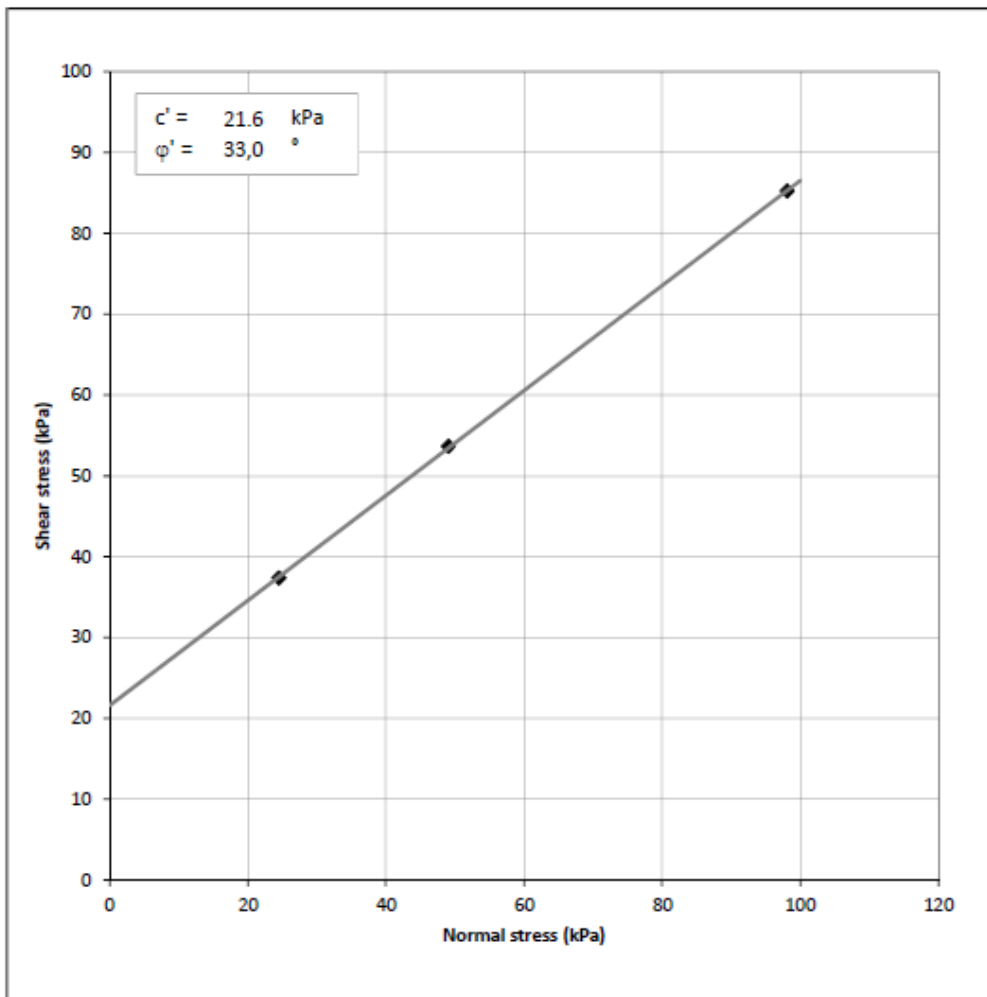
1

Sample type

Sample number

Osa.50.50.0.W

Specimen orientation



Tested

Date *29.11.2021.*

Checked

Date

Approved

Date



Slika 0.13 Uzorci Osa.50.50.0.W nakon ispitivanja

UZORAK OSa.50.50.0.R

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	RE-formS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.R	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	003 (measured)	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	20,0	20,0	20,0
Length (mm)	100,0	100,0	100,0
Width (mm)	100,0	100,0	100,0
Area (mm ²)	10000,0	10000,0	10000,0
Moisture content (measured) (%)	16	17	17
Moisture content (trimmings) (%)	14	14	14
Bulk density (Mg/m ³)	1,78	1,70	1,72
Dry density (Mg/m ³)	1,53	1,45	1,47
Voids ratio	0,729	0,829	0,808
Degree of saturation (%)	58	55	56

Voids ratio at the end of consolidation	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
---	---------	---------	---------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	1,000000	1,000000	1,000000
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	25	49	98
Shear stress (kPa)	37	52	75
Horizontal displacement (mm)	12,79	15,36	13,89
Vertical deformation (mm)	0,330	0,969	0,987

Apparent cohesion (kPa)	25,1
Angle of shearing resistance (°)	27,1

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date 30.11.2021.	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference

RE-forMS

Sample depth (m)

Borehole number

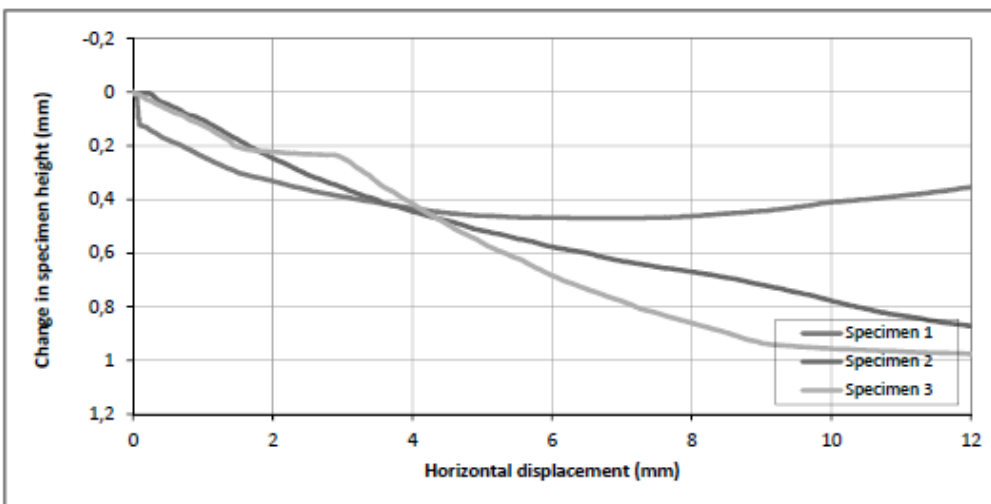
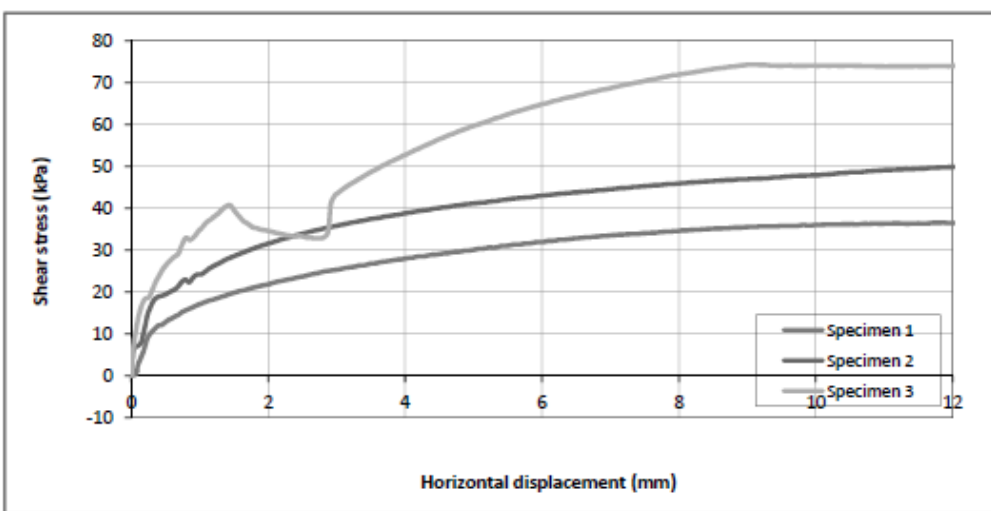
1

Sample type

Sample number

Osa.50.50.0.R

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

Date

30.11.2021.

Date

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

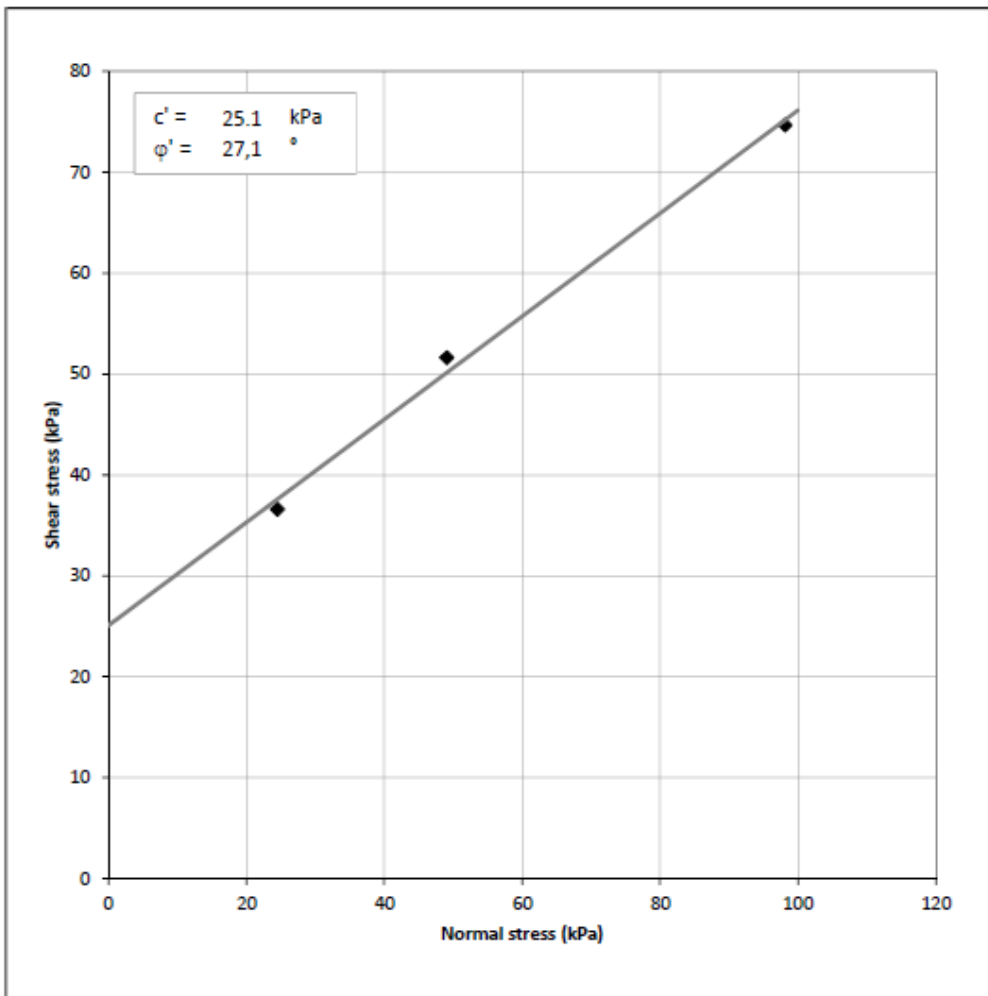
Sample depth (m)

Borehole number *1*

Sample type

Sample number *Osa.50.50.0.R*

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

Date *30.11.2021.*

Date

Date



Slika 0.14 Uzorci Osa.50.50.0.R nakon ispitivanja

UZORAK OSa.50.50.0.H

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	<i>RE-forMS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.50.50.0.H</i>	Specimen orientation
Sample description		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>
Length (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Width (mm)	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
Area (mm ²)	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>	<i>10000,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>14</i>	<i>14</i>	<i>15</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,82</i>	<i>1,73</i>	<i>1,82</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,58</i>	<i>1,50</i>	<i>1,56</i>
Voids ratio	<i>0,683</i>	<i>0,765</i>	<i>0,694</i>
Degree of saturation (%)	<i>60</i>	<i>52</i>	<i>62</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>49</i>	<i>98</i>
Shear stress (kPa)	<i>38</i>	<i>52</i>	<i>77</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>13,41</i>	<i>16,30</i>	<i>14,94</i>
Vertical deformation (mm)	<i>0,137</i>	<i>0,797</i>	<i>0,938</i>

Apparent cohesion (kPa)	<i>25,8</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>27,4</i>

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date <i>1.12.2021.</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

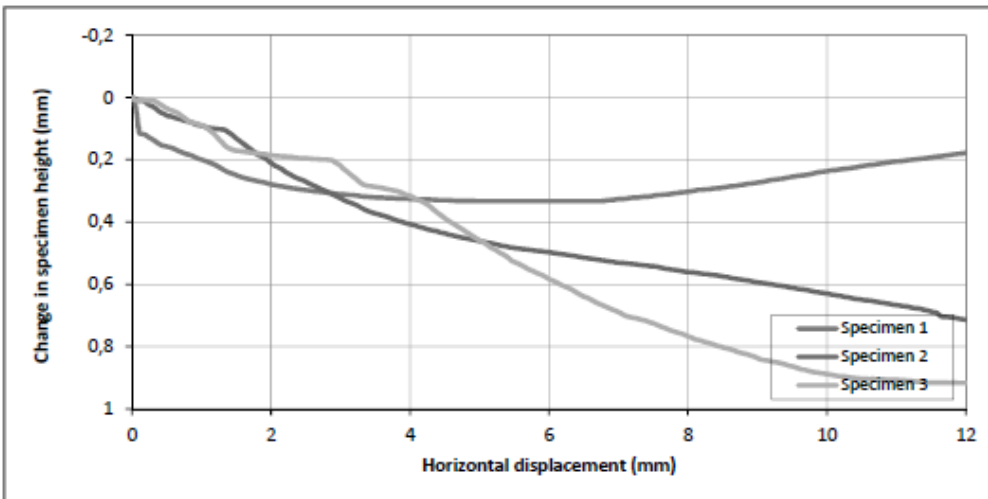
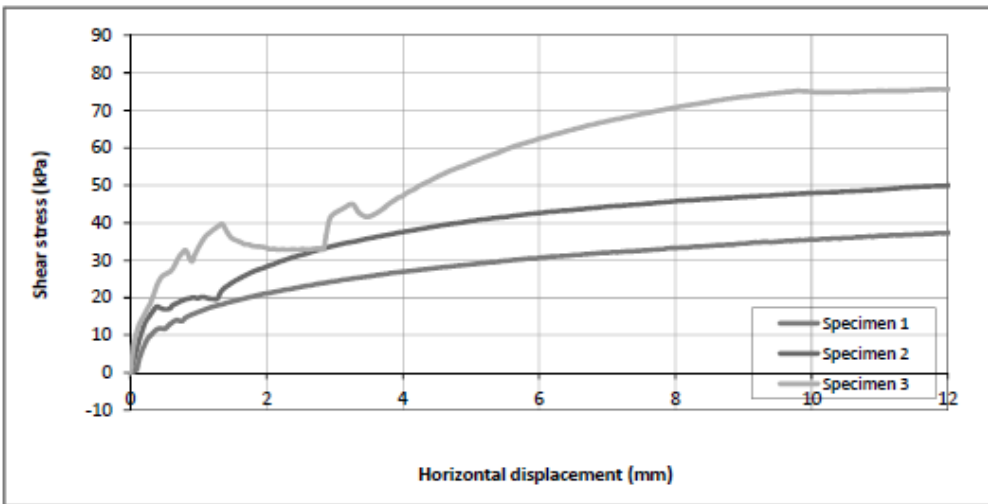
TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS* Sample depth (m)

Borehole number *1* Sample type

Sample number *Osa.50.50.0.H* Specimen orientation



Tested

Date *1.12.2021.*

Checked

Date

Approved

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

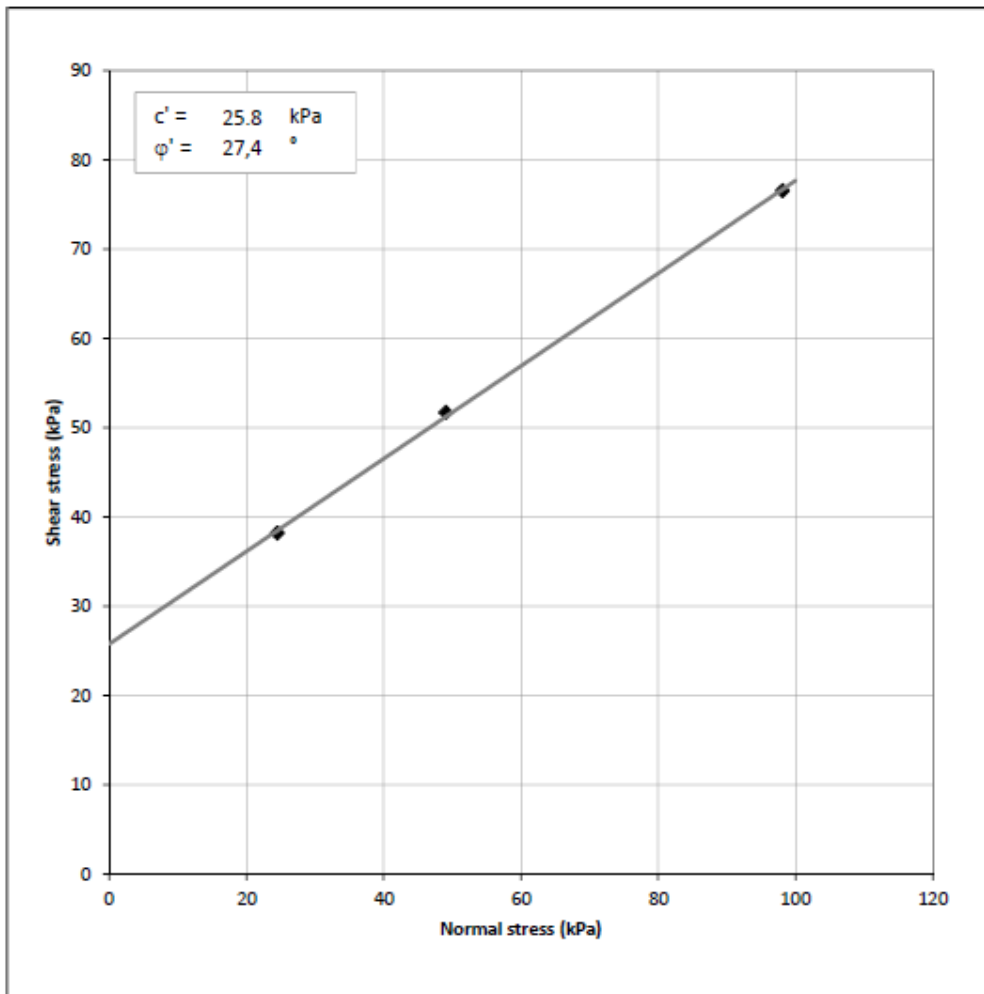
Sample depth (m)

Borehole number *1*

Sample type

Sample number *Osa.50.50.0.H*

Specimen orientation



Tested

Date *1.12.2021.*

Checked

Date

Approved

Date



Slika 0.15 Uzorci Osa.50.50.0.H nakon ispitivanja

PRILOG 2

Rezultati ispitivanja pokusom izravnog posmika na uzorcima starim 28 dana

UZORAK Osa.100.0.0

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)			
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018			
TEST REPORT - SUMMARY			
Project location			
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)	
Borehole number	1	Sample type	
Sample number	Osa.100.0.0.	Specimen orientation	
Sample description	Uzorci stari 28 dana		
Particle density (Mg/m ³)	003 (measured)	Specimens tested dry	
INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	19,9	19,9	19,9
Length (mm)	99,0	99,0	99,0
Width (mm)	99,0	99,0	99,0
Area (mm ²)	9801,0	9801,0	9801,0
Moisture content (measured) (%)	05	08	06
Moisture content (trimmings) (%)	01	01	01
Bulk density (Mg/m ³)	1,29	1,22	1,25
Dry density (Mg/m ³)	1,23	1,12	1,18
Voids ratio	1,177	1,375	1,265
Degree of saturation (%)	12	16	12
Voids ratio at the end of consolidation	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
SHEARING			
Rate of displacement (mm/min)	1,000000	1,000000	1,000000
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	25	50	100
Shear stress (kPa)	58	56	95
Horizontal displacement (mm)	8,51	16,01	12,92
Vertical deformation (mm)	-0,631	0,543	0,542
Apparent cohesion (kPa)	39,1		
Angle of shearing resistance (°)	27,8		
Comments / variations from procedures:			
Uzorak 2 (normalno naprezanje 50 kPa) i 3 (normalno naprezanje 100 kPa) su se oštetili pri ugradnji u kalup.			
Tested	Checked	Approved	
Date 15.12.2021.	Date	Date	

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

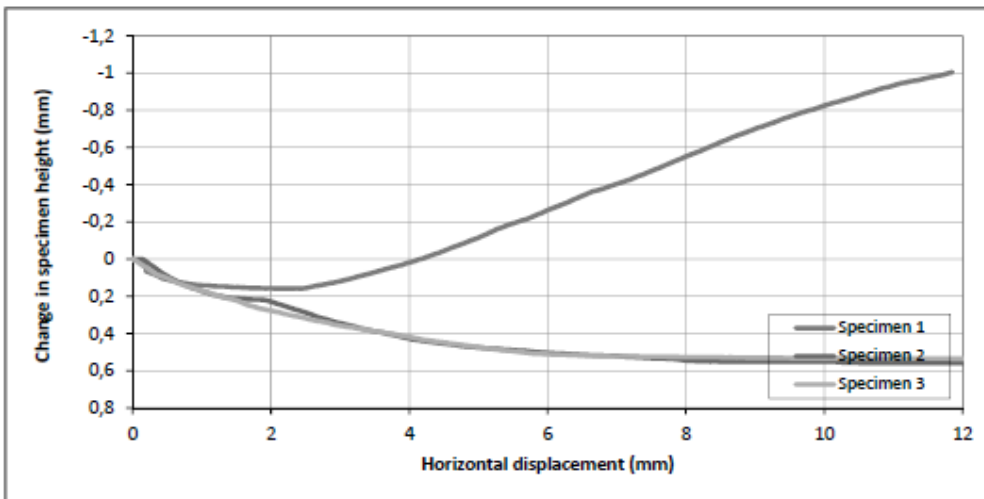
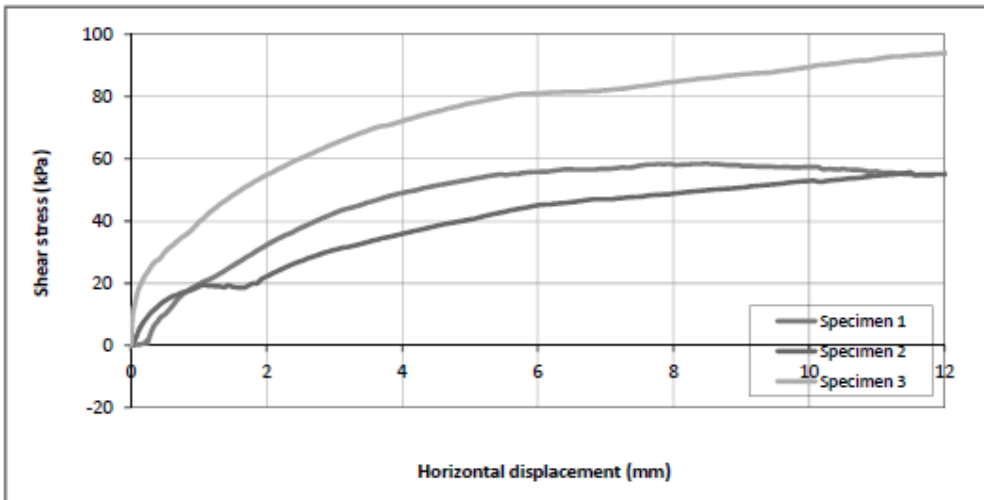
1

Sample type

Sample number

Osa.100.0.0.

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

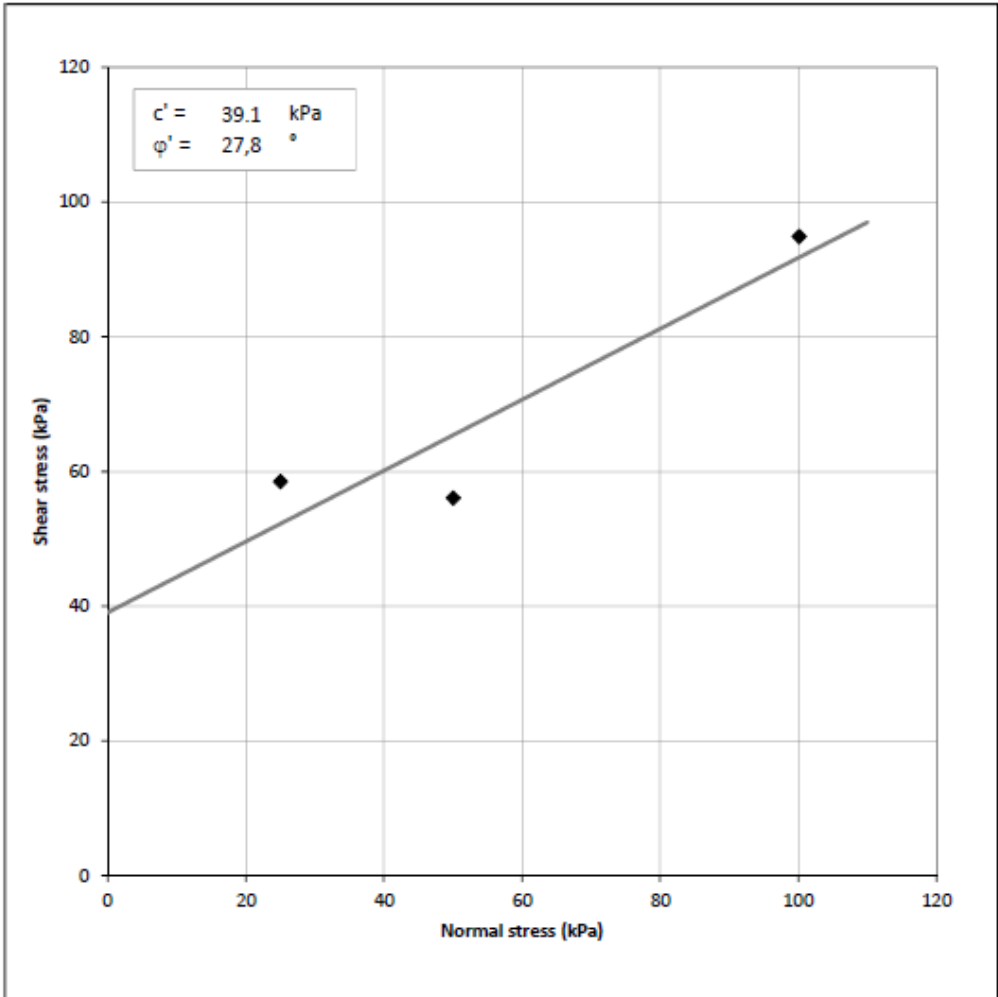
Date 15.12.2021.

Date

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-formS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.100.0.0.	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 15.12.2021.	Date	Date



* nije bilo moguće izvaditi uzorak iz kalupa i slikati plohu sloma bez raspadanja uzorka

UZORAK OSa.40.20.40

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY		
--	--	--

Project location		
Project reference	<i>RE-formS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.40.20.40.</i>	Specimen orientation
Sample description	<i>28 dana stari uzorci</i>	
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>
Length (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Width (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Area (mm ²)	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>10</i>	<i>06</i>	<i>11</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>01</i>	<i>01</i>	<i>01</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,64</i>	<i>1,57</i>	<i>1,63</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,49</i>	<i>1,48</i>	<i>1,47</i>
Voids ratio	<i>0,816</i>	<i>0,826</i>	<i>0,831</i>
Degree of saturation (%)	<i>35</i>	<i>19</i>	<i>35</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>100</i>
Shear stress (kPa)	<i>71</i>	<i>69</i>	<i>132</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>3,18</i>	<i>5,17</i>	<i>3,34</i>
Vertical deformation (mm)	<i>-0,070</i>	<i>0,096</i>	<i>-0,050</i>

Apparent cohesion (kPa)	<i>39,6</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>41,1</i>

Comments / variations from procedures:
--

Tested	Checked	Approved
Date <i>13.12.2021.</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

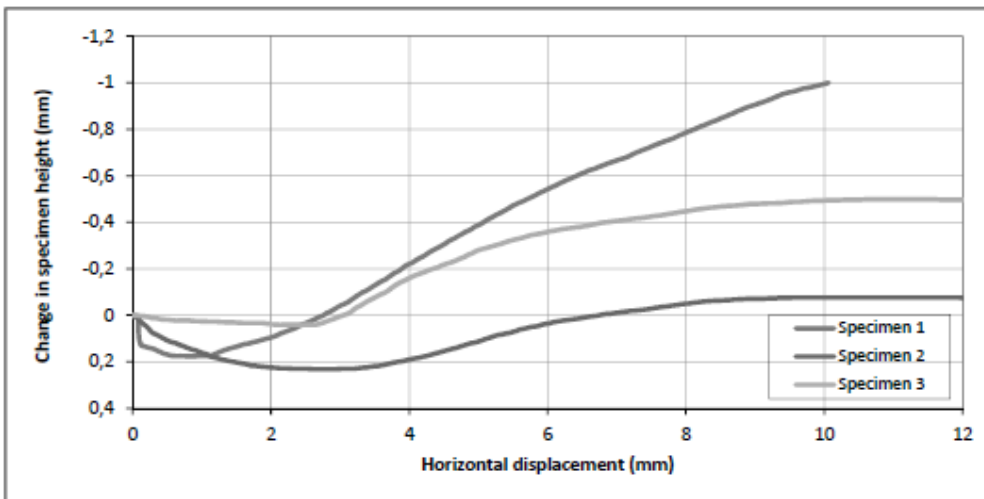
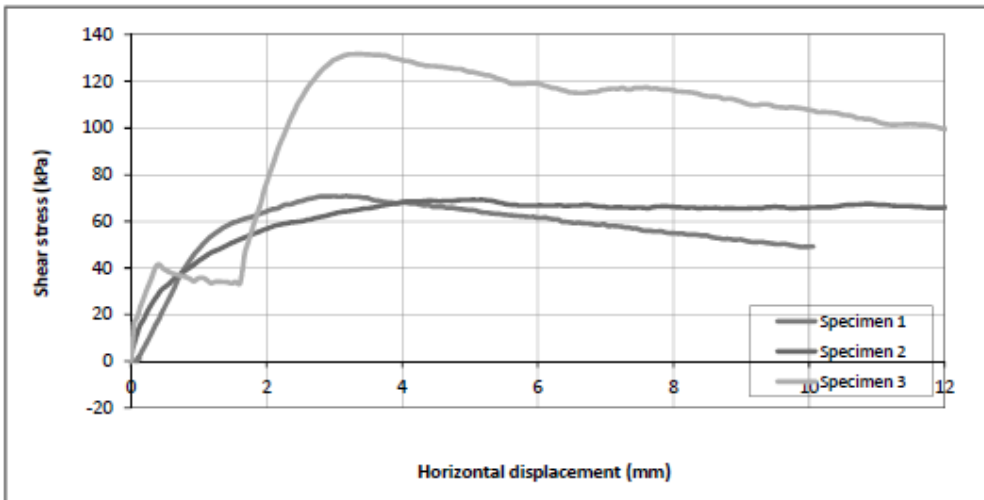
1

Sample type

Sample number

Osa.40.20.40.

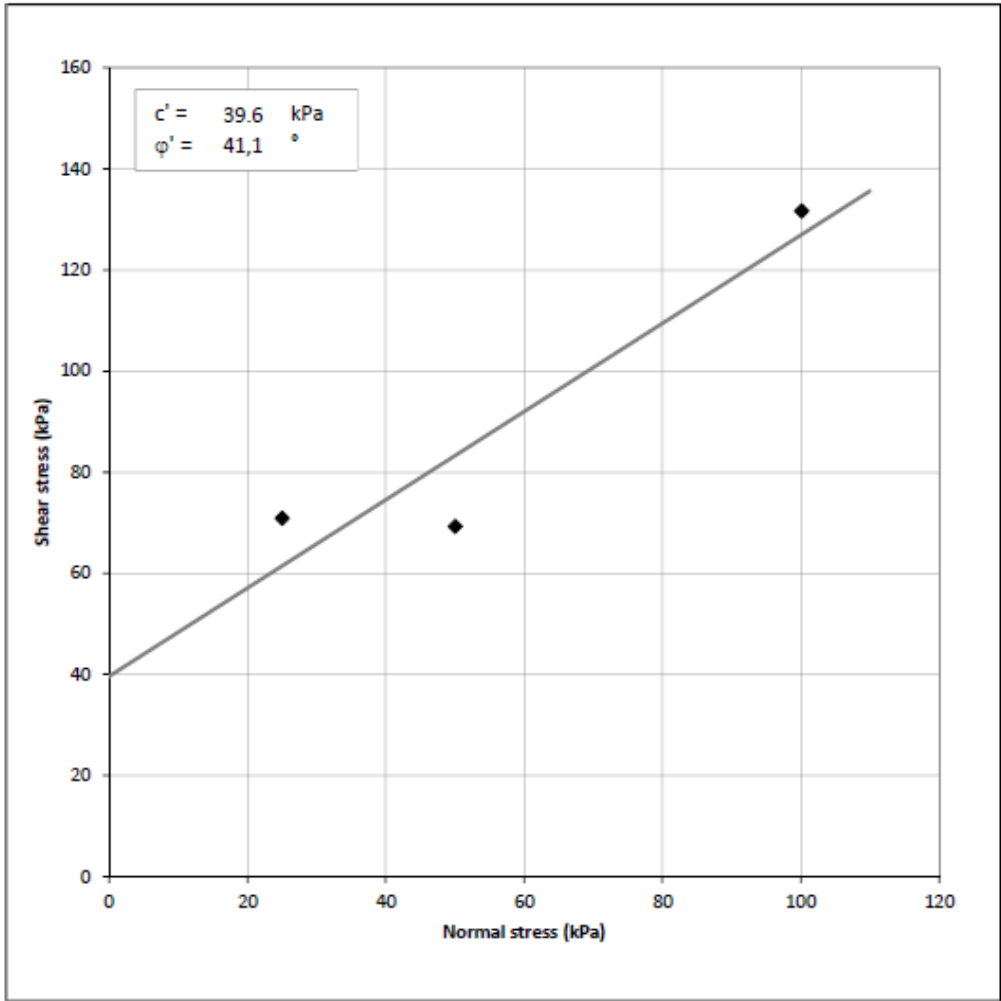
Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date	Date	Date
13.12.2021.		

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.40.20.40.	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 13.12.2021.	Date	Date



* uzorci su se raspali prilikom vađenja iz kalupa

UZORAK OSa.44.56.0

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY		
--	--	--

Project location		
Project reference	<i>RE-formS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.44.56.0.</i>	Specimen orientation
Sample description	<i>Uzorci stari 28 dana</i>	
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>19,9</i>	<i>19,9</i>	<i>19,6</i>
Length (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Width (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Area (mm ²)	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>04</i>	<i>02</i>	<i>12</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>01</i>	<i>01</i>	<i>01</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,51</i>	<i>1,61</i>	<i>1,59</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,45</i>	<i>1,58</i>	<i>1,42</i>
Voids ratio	<i>0,868</i>	<i>0,715</i>	<i>0,910</i>
Degree of saturation (%)	<i>13</i>	<i>8</i>	<i>35</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>100</i>
Shear stress (kPa)	<i>42</i>	<i>97</i>	<i>132</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>4,06</i>	<i>3,45</i>	<i>5,18</i>
Vertical deformation (mm)	<i>0,087</i>	<i>-0,096</i>	<i>-0,137</i>

Apparent cohesion (kPa)	<i>25,1</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>48,2</i>

Comments / variations from procedures:
<i>Uzorak 1 (normalno naprezanje 25 kPa) pri ugradnji u kalup malo oštećen.</i>

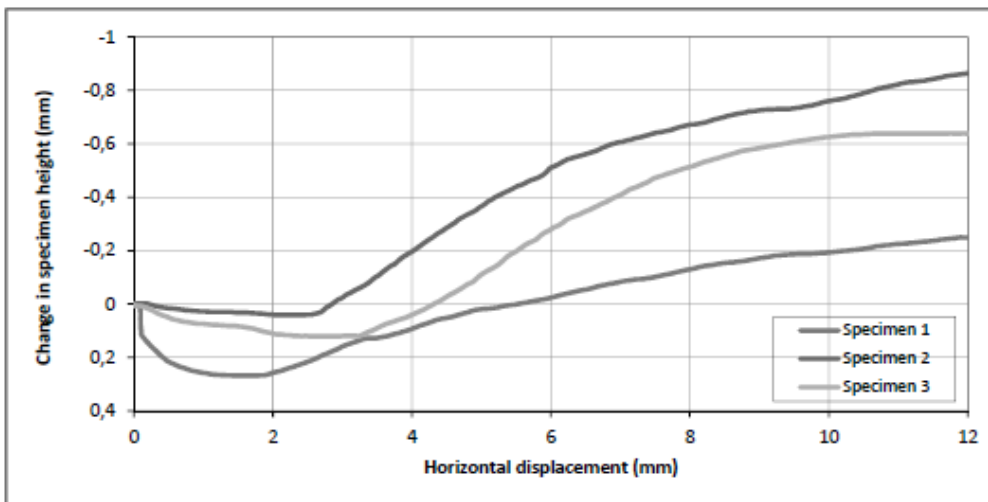
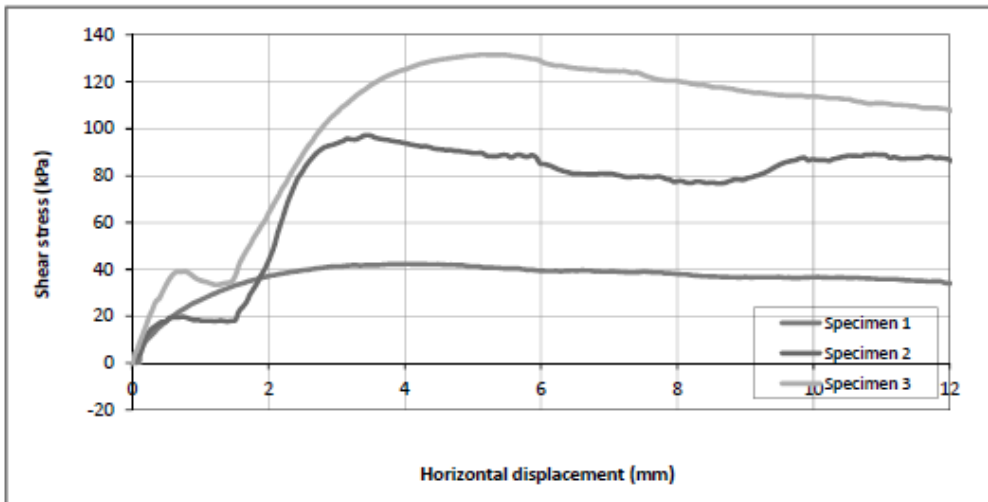
Tested	Checked	Approved
Date <i>14.12.2021.</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

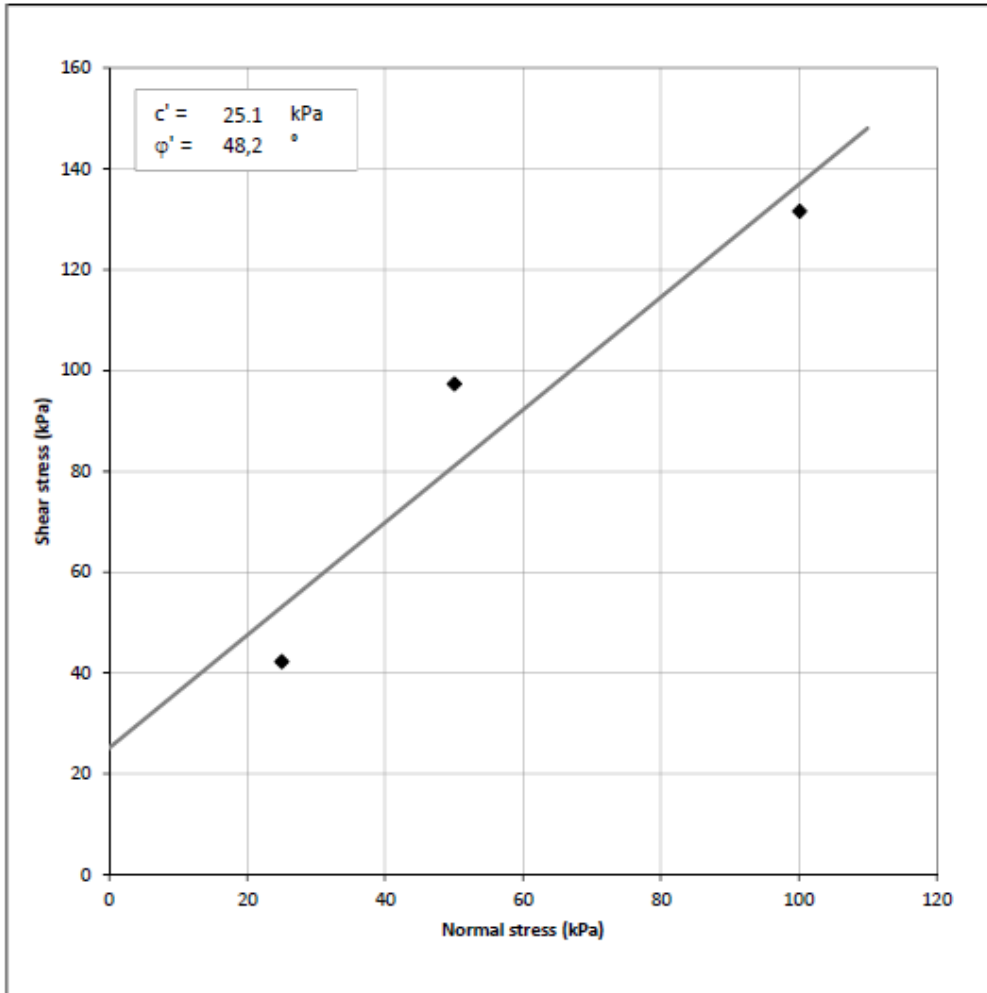
Project location		
Project reference	RE-formS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.44.56.0.	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 14.12.2021.	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.44.56.0.	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 14.12.2021.	Date	Date



* nije bilo moguće izvaditi uzorak iz kalupa i slikati plohu sloma bez raspadanja uzorka

UZORAK OSa.40.50.10

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	RE-formS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.40.50.10.	Specimen orientation
Sample description	Uzorci stari 28 dana	
Particle density (Mg/m ³)	003 (measured)	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	20,0	20,0	20,0
Length (mm)	99,0	99,0	99,0
Width (mm)	99,0	99,0	99,0
Area (mm ²)	9801,0	9801,0	9801,0
Moisture content (measured) (%)	12	08	06
Moisture content (trimmings) (%)	01	01	01
Bulk density (Mg/m ³)	1,54	1,70	1,57
Dry density (Mg/m ³)	1,37	1,58	1,49
Voids ratio	0,941	0,683	0,787
Degree of saturation (%)	34	30	19

Voids ratio at the end of consolidation	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
---	---------	---------	---------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	1,000000	1,000000	1,000000
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	25	50	100
Shear stress (kPa)	49	96	115
Horizontal displacement (mm)	4,63	3,83	10,49
Vertical deformation (mm)	-0,146	-0,099	-0,285

Apparent cohesion (kPa)	40,0
Angle of shearing resistance (°)	38,6

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date 14.12.2021.	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

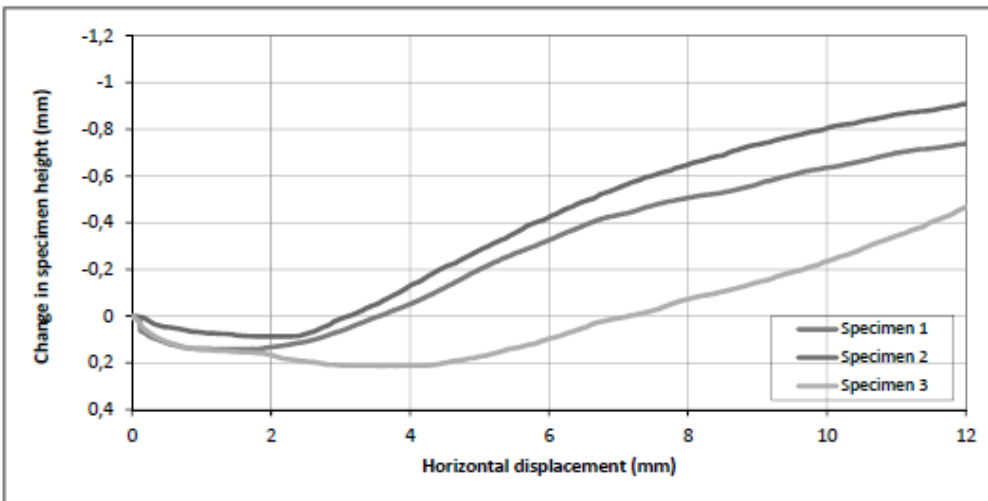
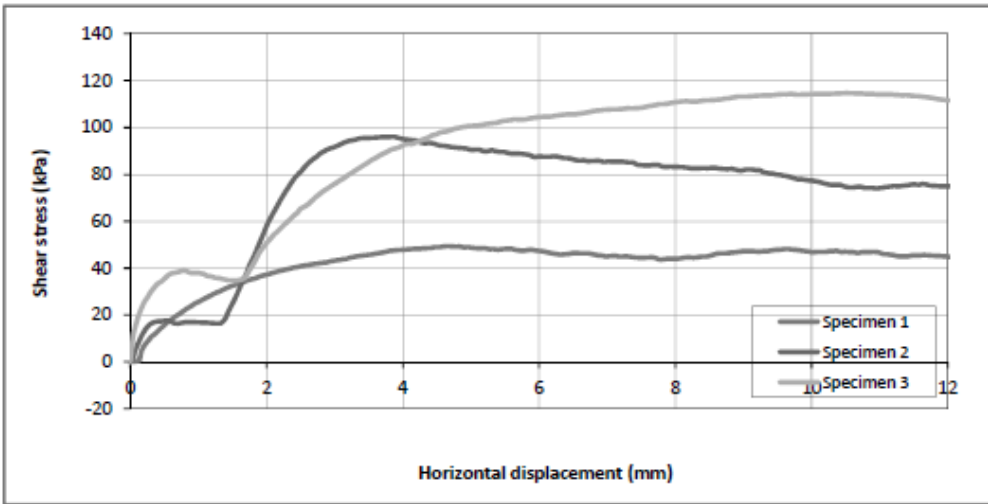
TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS* Sample depth (m)

Borehole number *1* Sample type

Sample number *Osa.40.50.10.* Specimen orientation



Tested

Date *14.12.2021.*

Checked

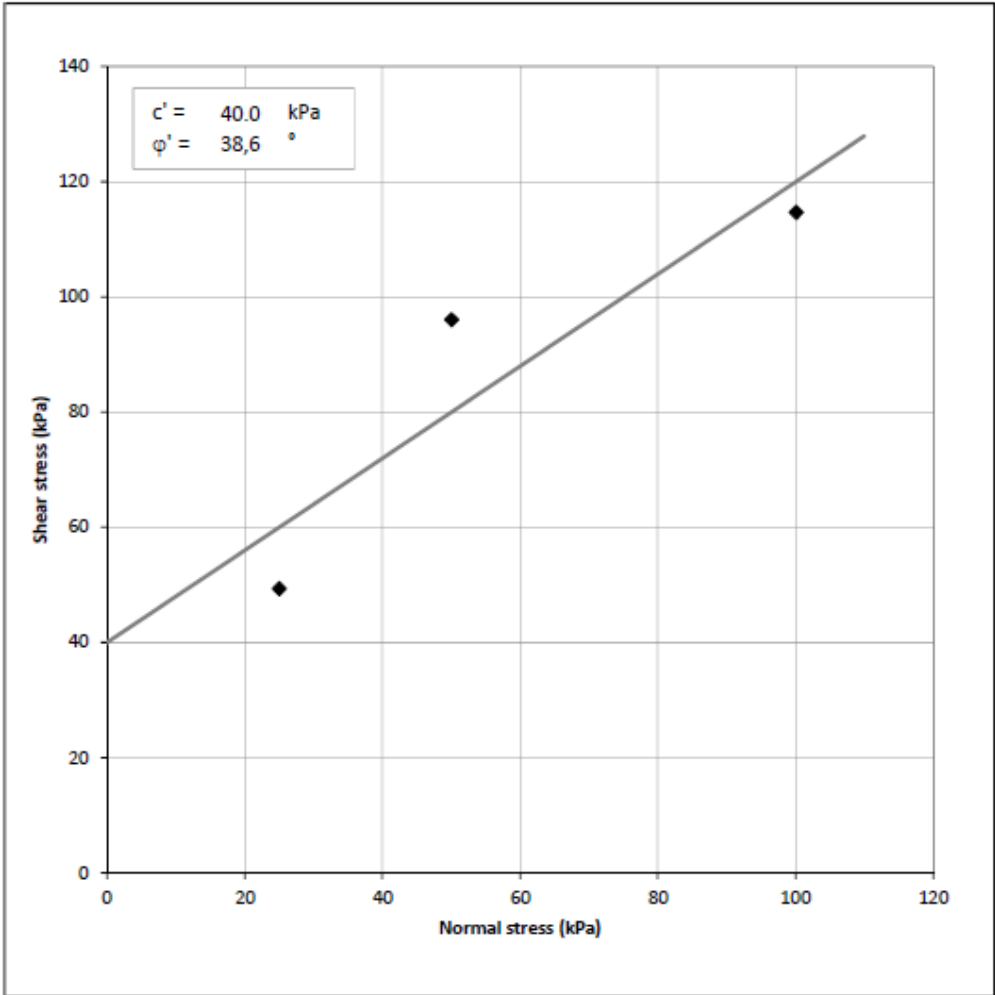
Date

Approved

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.40.50.10.	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 14.12.2021.	Date	Date



* uzorci su se raspali prilikom vađenja iz kalupa

UZORAK OSa.48.48.4

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY		
--	--	--

Project location		
Project reference	<i>RE-formS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.48.48.4.</i>	Specimen orientation
Sample description <i>Uzorci stari 28 dana</i>		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>19,9</i>	<i>19,9</i>	<i>19,9</i>
Length (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Width (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Area (mm ²)	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>14</i>	<i>11</i>	<i>16</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>01</i>	<i>01</i>	<i>01</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,55</i>	<i>1,45</i>	<i>1,54</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,37</i>	<i>1,30</i>	<i>1,34</i>
Voids ratio	<i>0,949</i>	<i>1,040</i>	<i>0,990</i>
Degree of saturation (%)	<i>38</i>	<i>29</i>	<i>42</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>100</i>
Shear stress (kPa)	<i>59</i>	<i>76</i>	<i>124</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>5,38</i>	<i>4,94</i>	<i>5,03</i>
Vertical deformation (mm)	<i>-0,133</i>	<i>0,047</i>	<i>-0,054</i>

Apparent cohesion (kPa)	<i>34,6</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>41,6</i>

Comments / variations from procedures:	
<i>Uzorak 2 (normalno naprezanje 50 kPa) je manje oštećen pri ugradnji u kalup.</i>	

Tested	Checked	Approved
Date <i>13.12.2021.</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference

RE-forMS

Sample depth (m)

Borehole number

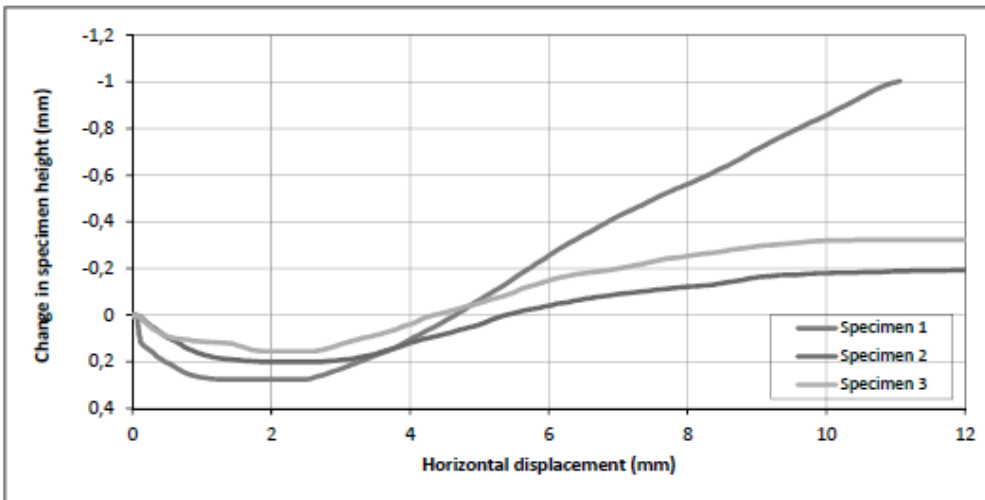
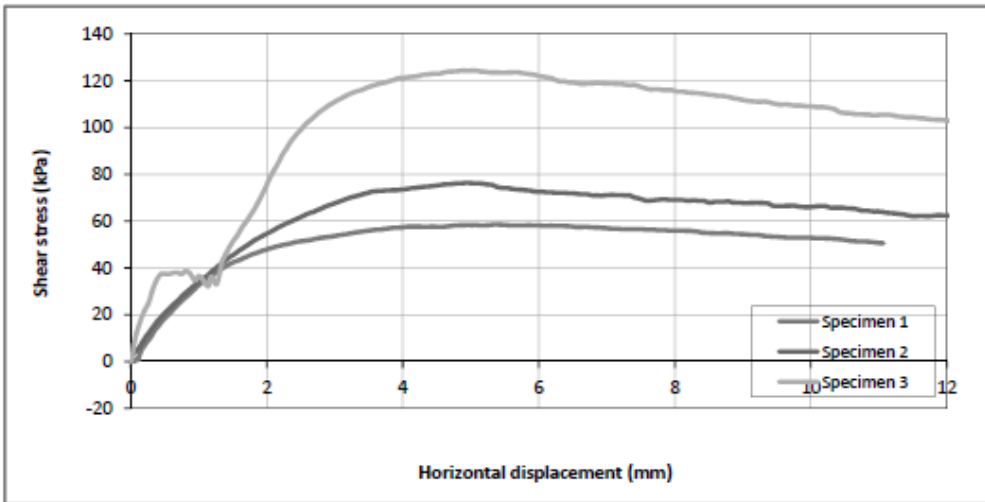
1

Sample type

Sample number

Osa.48.48.4.

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

Date

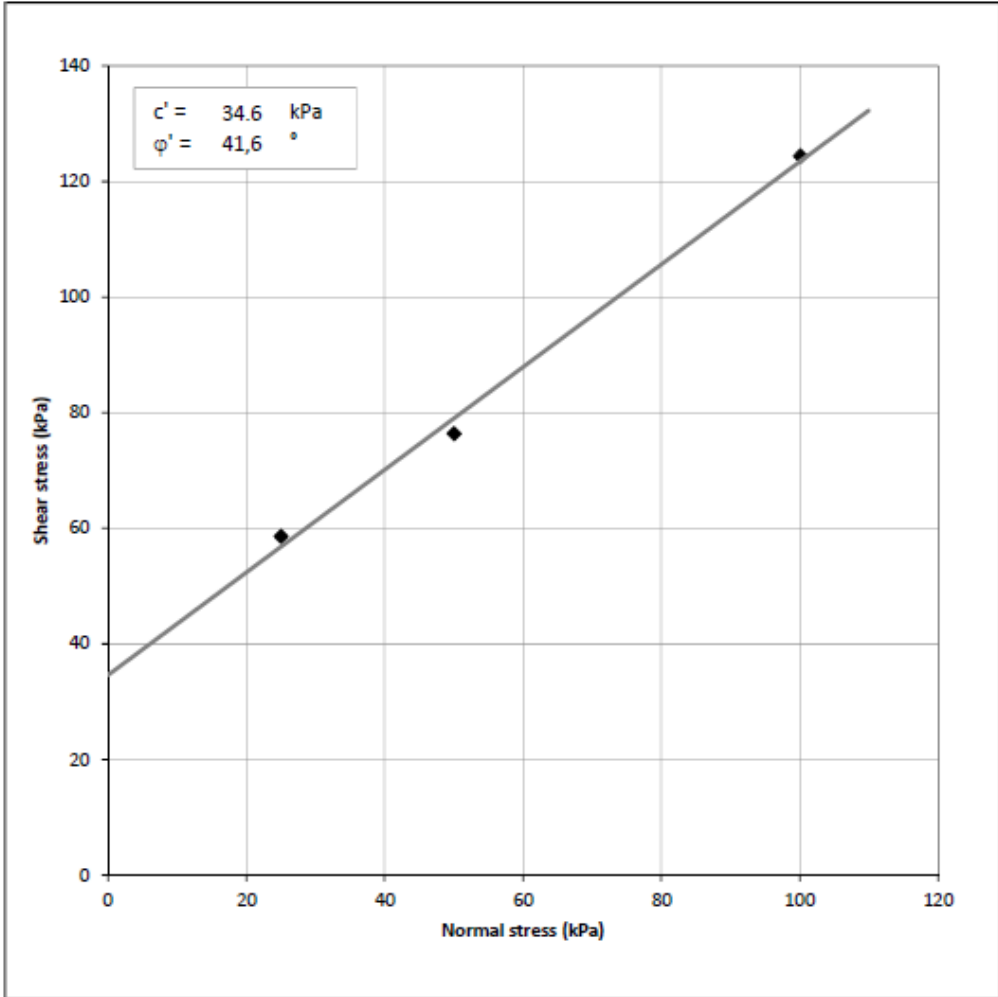
13.12.2021.

Date

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.48.48.4.	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 13.12.2021.	Date	Date



* uzorci su se raspali prilikom vađenja iz kalupa

UZORAK OSa.50.25.25

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY		
--	--	--

Project location		
Project reference	<i>RE-forMS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.50.25.25.</i>	Specimen orientation
Sample description <i>Uzorci stari 28 dana</i>		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>19,9</i>	<i>19,9</i>	<i>19,9</i>
Length (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Width (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Area (mm ²)	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>05</i>	<i>05</i>	<i>06</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>01</i>	<i>01</i>	<i>01</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,54</i>	<i>1,45</i>	<i>1,52</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,47</i>	<i>1,38</i>	<i>1,44</i>
Voids ratio	<i>0,815</i>	<i>0,922</i>	<i>0,850</i>
Degree of saturation (%)	<i>16</i>	<i>13</i>	<i>19</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>100</i>
Shear stress (kPa)	<i>49</i>	<i>54</i>	<i>100</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>5,05</i>	<i>9,41</i>	<i>10,47</i>
Vertical deformation (mm)	<i>0,051</i>	<i>0,579</i>	<i>0,172</i>

Apparent cohesion (kPa)	<i>25,7</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>35,8</i>

Comments / variations from procedures:	
<i>Uzorak 2 (normalno naprezanje 50 kPa) je manje oštećen pri ugradnji u kalup.</i>	

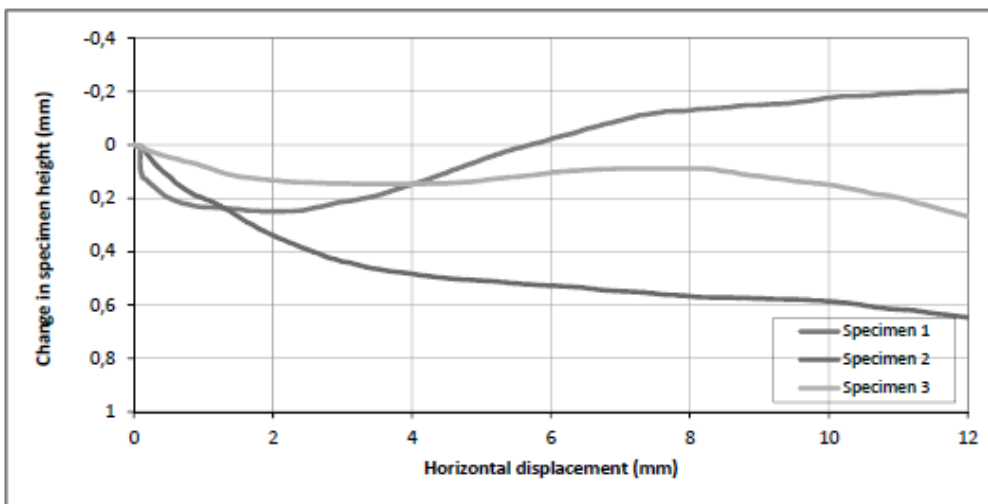
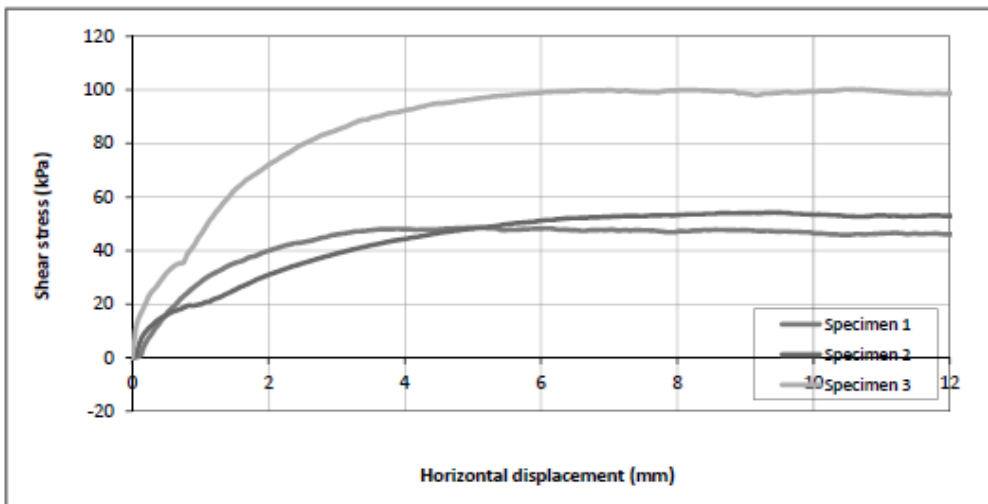
Tested	Checked	Approved
Date <i>15.12.2021.</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

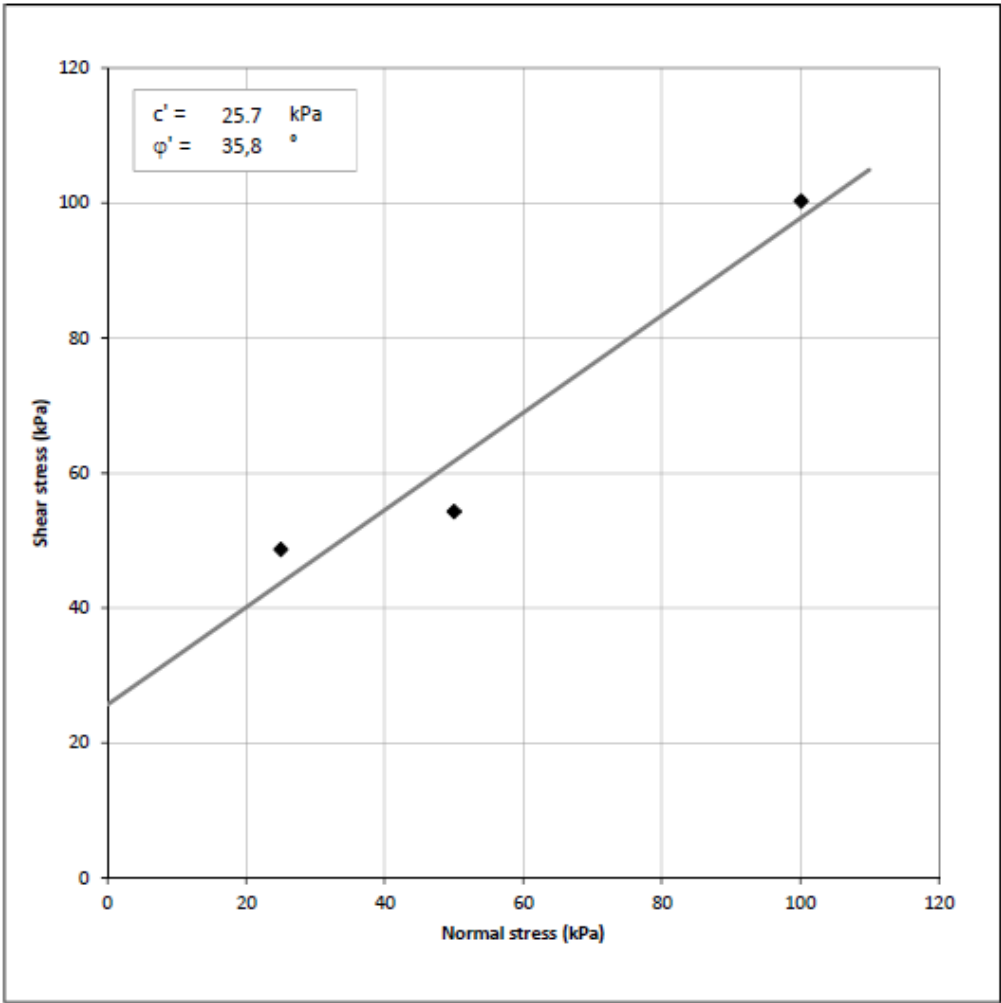
Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.25.25.	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 15.12.2021.	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.25.25.	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 15.12.2021.	Date	Date



* nije bilo moguće izvaditi uzorak iz kalupa i slikati plohu sloma bez raspadanja uzorka

UZORAK OSa.29.14.57

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.29.14.57.	Specimen orientation
Sample description Uzorci stari 28 dana		
Particle density (Mg/m ³)	003 (measured)	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	19,9	19,9	19,9
Length (mm)	99,0	99,0	99,0
Width (mm)	99,0	99,0	99,0
Area (mm ²)	9801,0	9801,0	9801,0
Moisture content (measured) (%)	11	12	17
Moisture content (trimmings) (%)	01	01	01
Bulk density (Mg/m ³)	1,64	1,63	1,67
Dry density (Mg/m ³)	1,47	1,45	1,42
Voids ratio	0,806	0,828	0,866
Degree of saturation (%)	38	40	53

Voids ratio at the end of consolidation	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
---	---------	---------	---------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	1,000000	1,000000	1,000000
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	25	50	100
Shear stress (kPa)	39	71	113
Horizontal displacement (mm)	6,98	5,28	6,68
Vertical deformation (mm)	0,118	0,166	0,032

Apparent cohesion (kPa)	17,7
Angle of shearing resistance (°)	44,0

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date 14.12.2021.	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

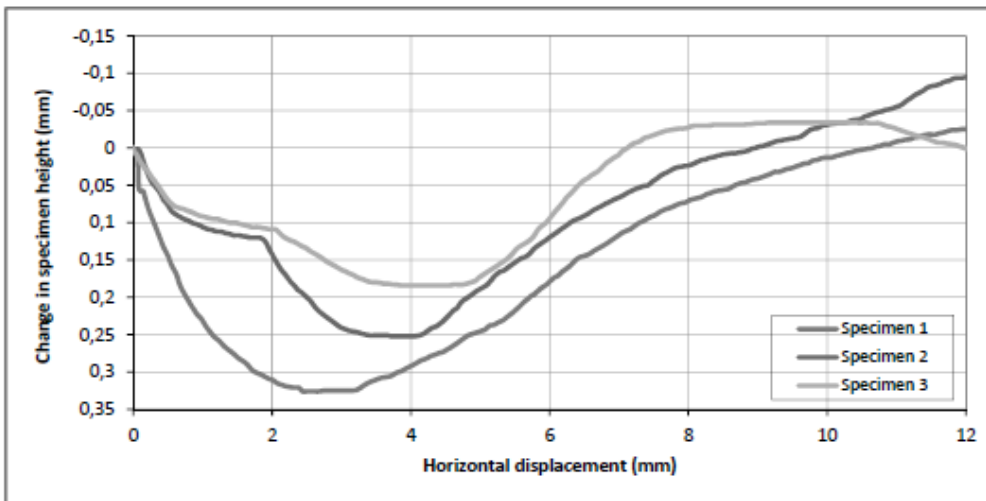
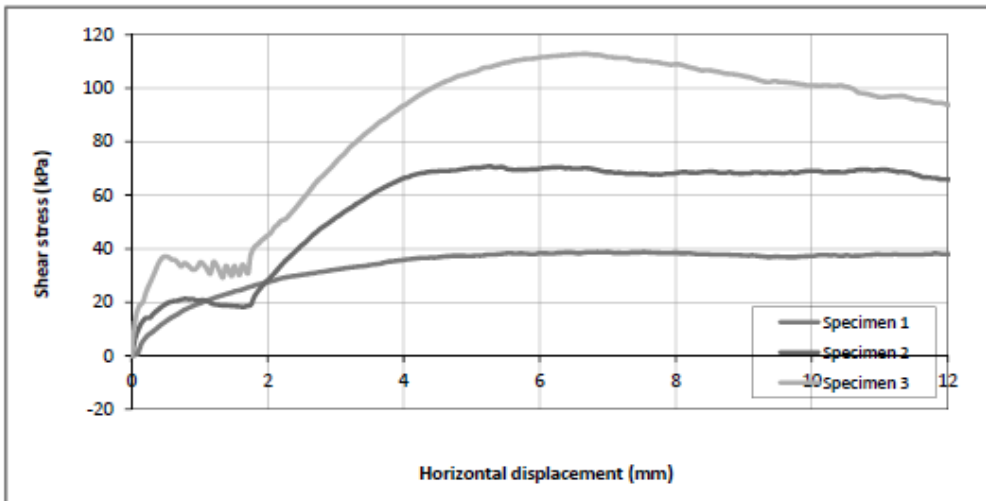
1

Sample type

Sample number

Osa.29.14.57.

Specimen orientation



Tested

Date *14.12.2021.*

Checked

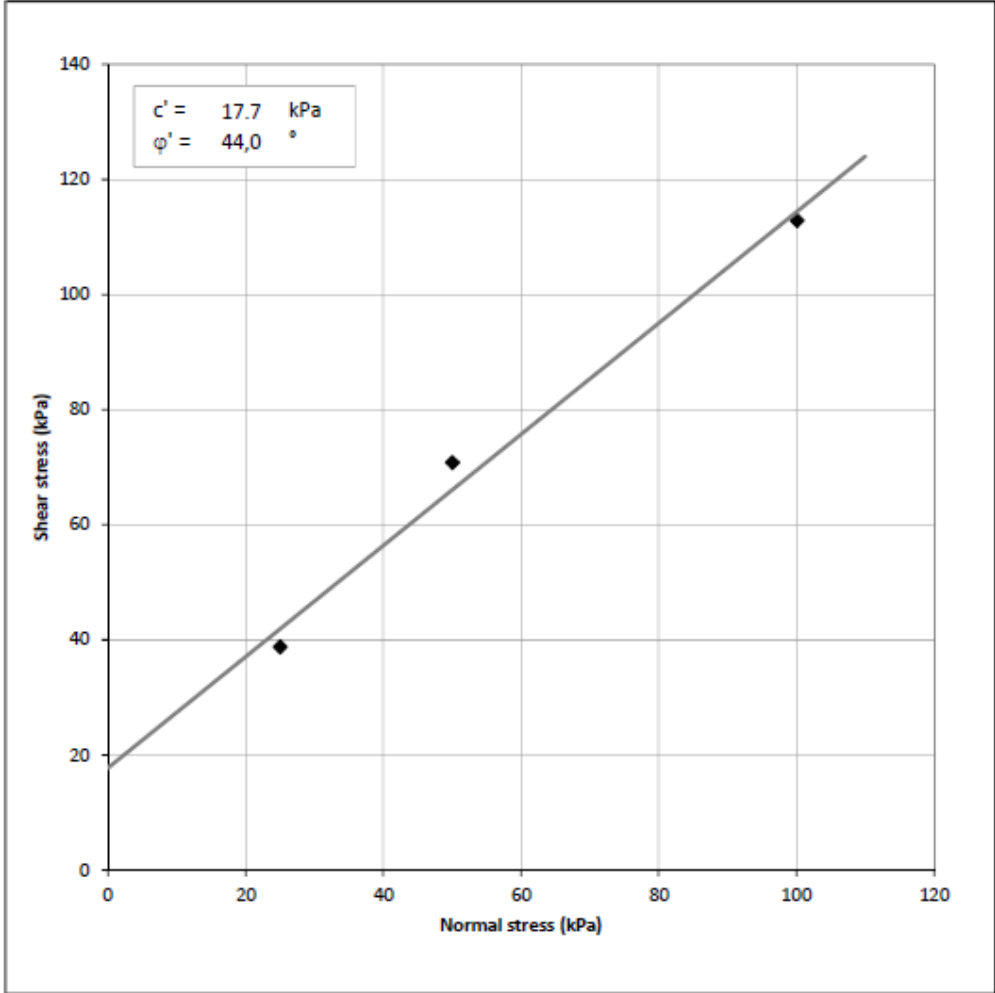
Date

Approved

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.29.14.57.	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 14.12.2021.	Date	Date



* uzorci su se raspali prilikom vađenja iz kalupa

UZORAK OSa.50.50.0

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	<i>RE-formIS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.50.50.0.</i>	Specimen orientation
Sample description <i>Uzorci stari 28 dana</i>		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>	<i>20,0</i>
Length (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Width (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Area (mm ²)	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>08</i>	<i>08</i>	<i>05</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>01</i>	<i>01</i>	<i>01</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,55</i>	<i>1,50</i>	<i>1,54</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,43</i>	<i>1,39</i>	<i>1,47</i>
Voids ratio	<i>0,847</i>	<i>0,907</i>	<i>0,805</i>
Degree of saturation (%)	<i>24</i>	<i>24</i>	<i>17</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>100</i>
Shear stress (kPa)	<i>53</i>	<i>84</i>	<i>116</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>4,35</i>	<i>5,60</i>	<i>9,13</i>
Vertical deformation (mm)	<i>-0,182</i>	<i>0,030</i>	<i>-0,180</i>

Apparent cohesion (kPa)	<i>37,5</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>38,9</i>

Comments / variations from procedures:

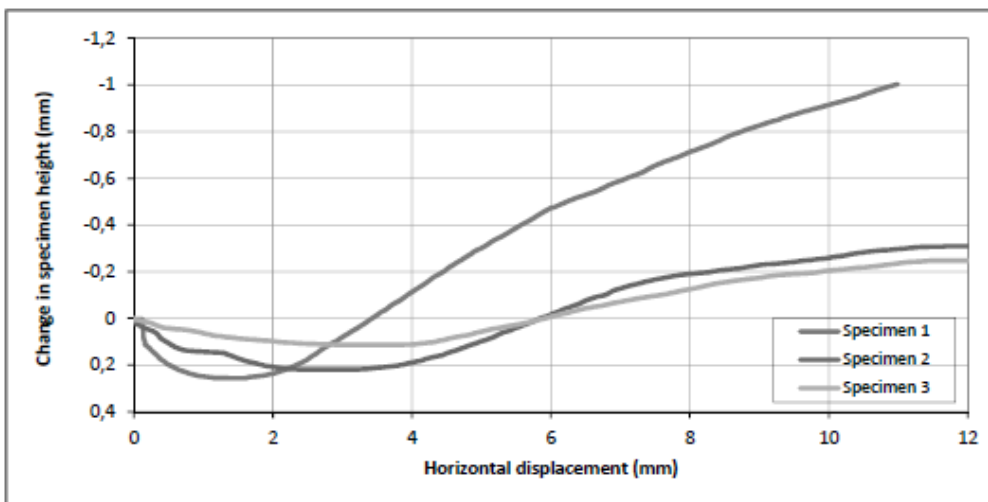
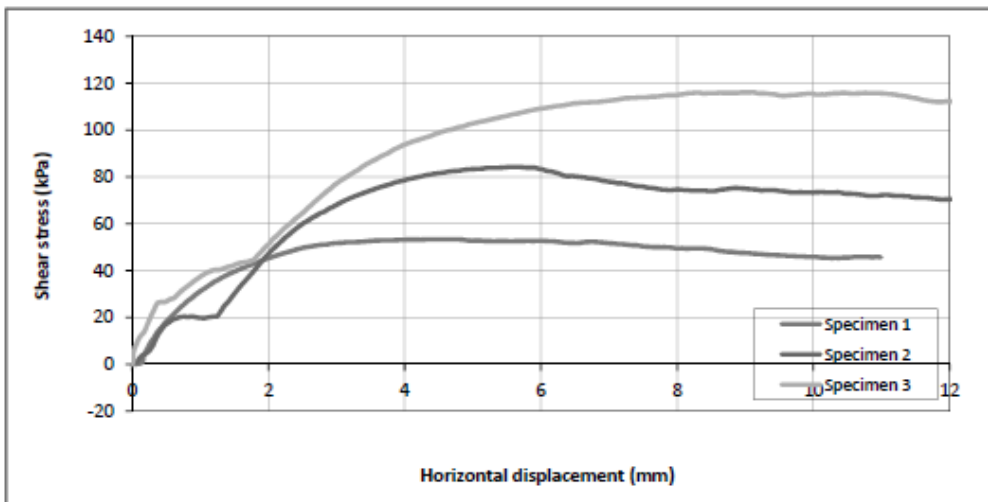
Tested	Checked	Approved
Date <i>15.12.2021.</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

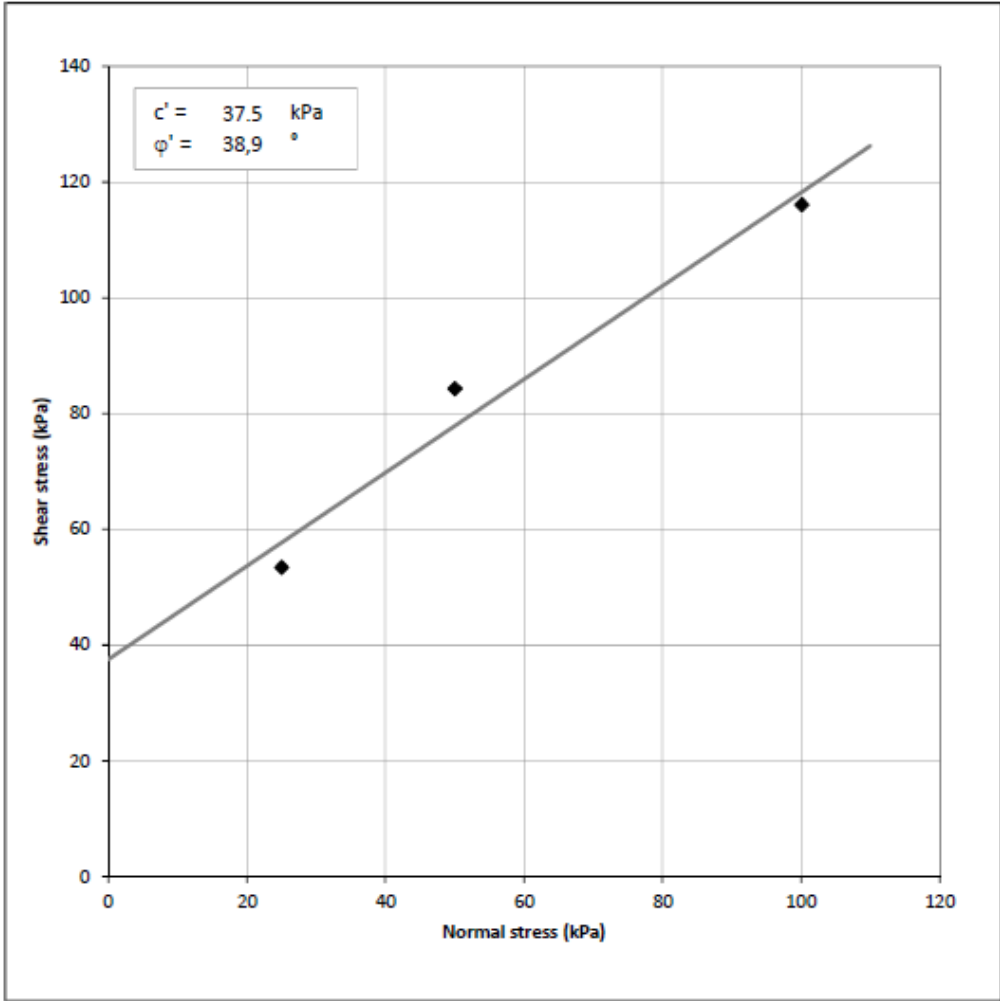
Project location		
Project reference	RE-formS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 15.12.2021.	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 15.12.2021.	Date	Date



* nije bilo moguće izvaditi uzorak iz kalupa i slikati plohu sloma bez raspadanja uzorka

UZORAK Osa.50.50.0.L4

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	<i>RE-forMS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.50.50.0.L4</i>	Specimen orientation
Sample description <i>Uzorci stari 28 dana</i>		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>19,5</i>	<i>19,5</i>	<i>19,5</i>
Length (mm)	<i>99,5</i>	<i>99,5</i>	<i>99,5</i>
Width (mm)	<i>99,5</i>	<i>99,5</i>	<i>99,5</i>
Area (mm ²)	<i>9900,3</i>	<i>9900,3</i>	<i>9900,3</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>29</i>	<i>08</i>	<i>09</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>01</i>	<i>01</i>	<i>01</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,53</i>	<i>1,48</i>	<i>1,46</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,19</i>	<i>1,38</i>	<i>1,34</i>
Voids ratio	<i>1,230</i>	<i>0,921</i>	<i>0,973</i>
Degree of saturation (%)	<i>62</i>	<i>22</i>	<i>24</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>99</i>
Shear stress (kPa)	<i>47</i>	<i>74</i>	<i>121</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>3,54</i>	<i>6,26</i>	<i>6,68</i>
Vertical deformation (mm)	<i>-0,009</i>	<i>-0,153</i>	<i>-0,244</i>

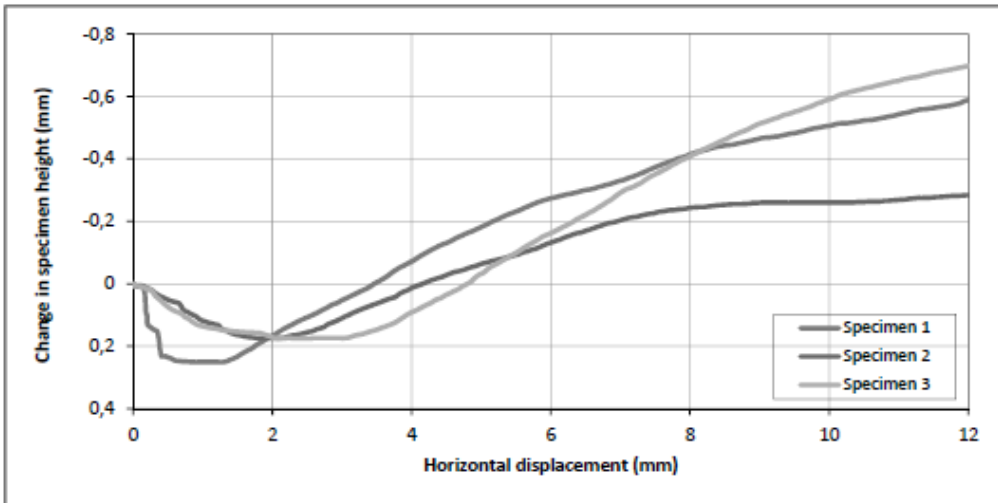
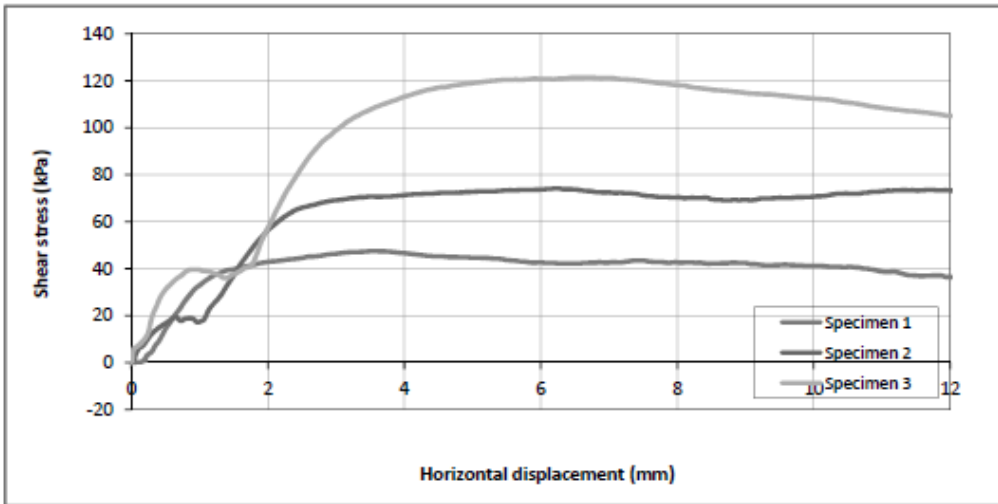
Apparent cohesion (kPa)	<i>23,8</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>44,7</i>

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date <i>21.12.2021.</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-farMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.L4	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 21.12.2021.	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-formS*

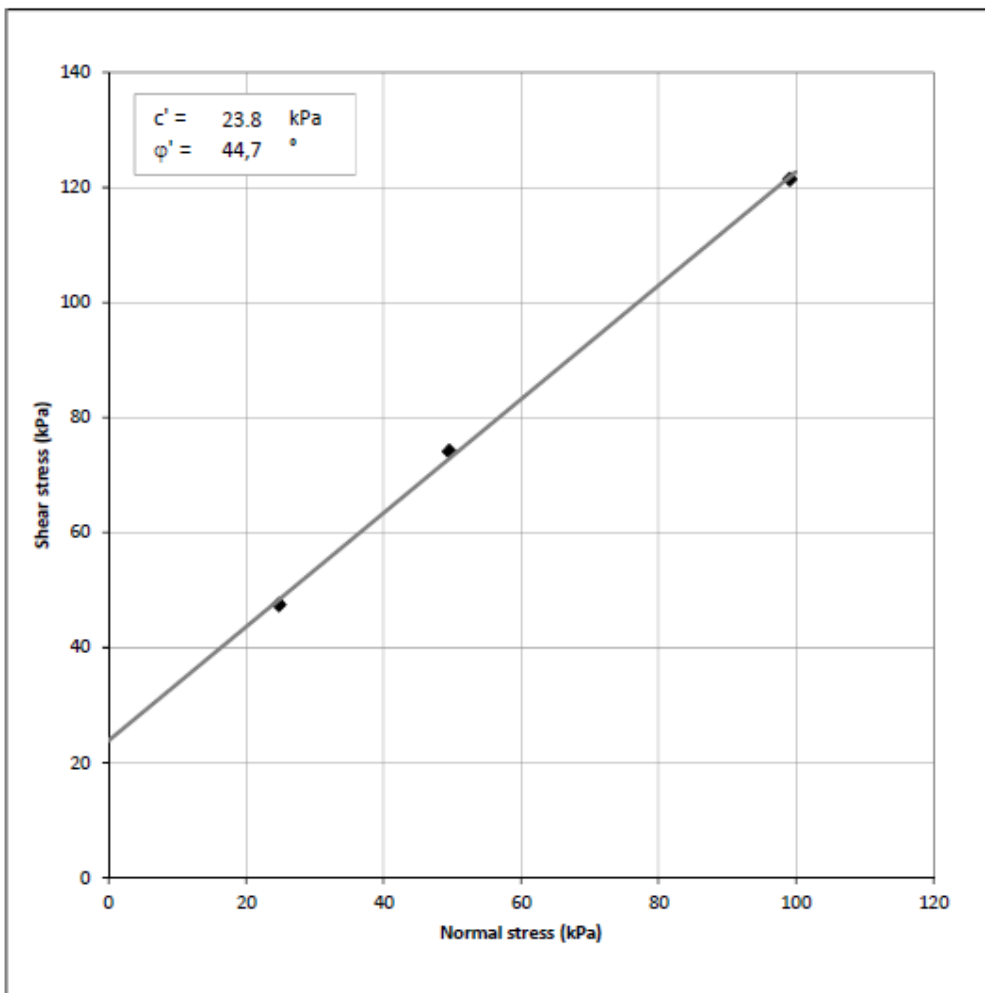
Sample depth (m)

Borehole number 1

Sample type

Sample number *Osa.50.50.0.L4*

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

Date 21.12.2021.

Date

Date



* nije bilo moguće izvaditi uzorak iz kalupa i slikati plohu sloma bez raspadanja uzorka

UZORAK Osa.50.50.0.L8

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	<i>RE-farMS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.50.50.0.L8</i>	Specimen orientation
Sample description <i>Uzorci stari 28 dana</i>		
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>19,5</i>	<i>19,5</i>	<i>19,5</i>
Length (mm)	<i>99,5</i>	<i>99,5</i>	<i>99,5</i>
Width (mm)	<i>99,5</i>	<i>99,5</i>	<i>99,5</i>
Area (mm ²)	<i>9900,3</i>	<i>9900,3</i>	<i>9900,3</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>03</i>	<i>04</i>	<i>06</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>01</i>	<i>01</i>	<i>01</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,37</i>	<i>1,38</i>	<i>1,43</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,33</i>	<i>1,32</i>	<i>1,35</i>
Voids ratio	<i>0,997</i>	<i>1,005</i>	<i>0,968</i>
Degree of saturation (%)	<i>8</i>	<i>11</i>	<i>17</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>99</i>
Shear stress (kPa)	<i>49</i>	<i>68</i>	<i>95</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>3,29</i>	<i>4,89</i>	<i>6,24</i>
Vertical deformation (mm)	<i>-0,185</i>	<i>-0,137</i>	<i>-0,185</i>

Apparent cohesion (kPa)	<i>35,3</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>31,4</i>

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date <i>21.12.2021.</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

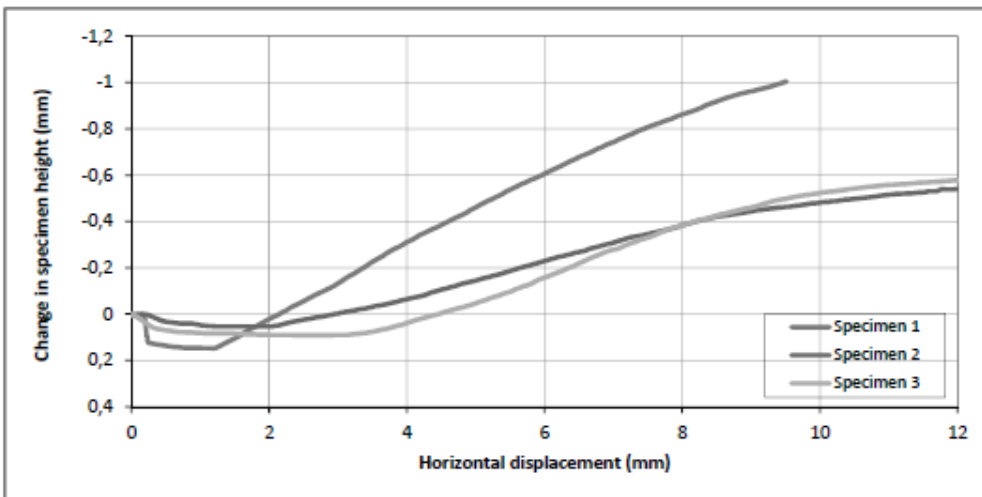
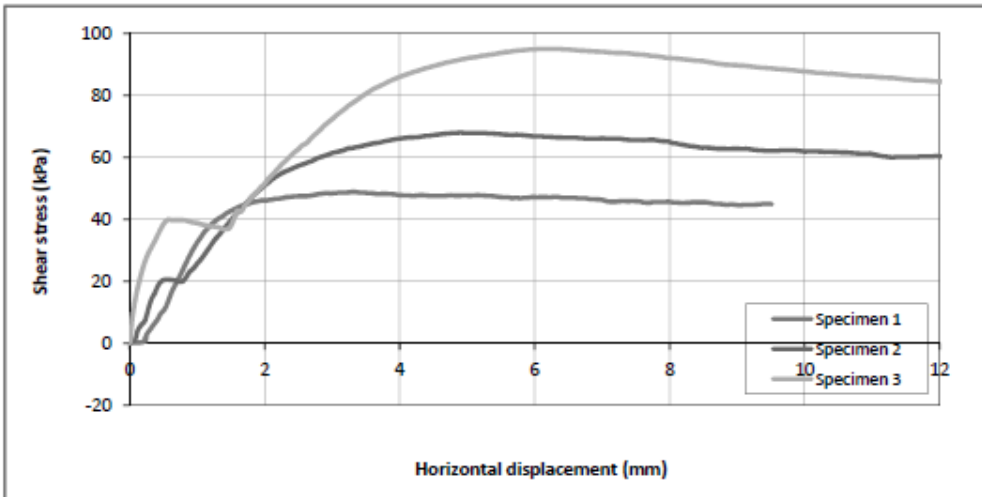
1

Sample type

Sample number

Osa.50.50.0.L8

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

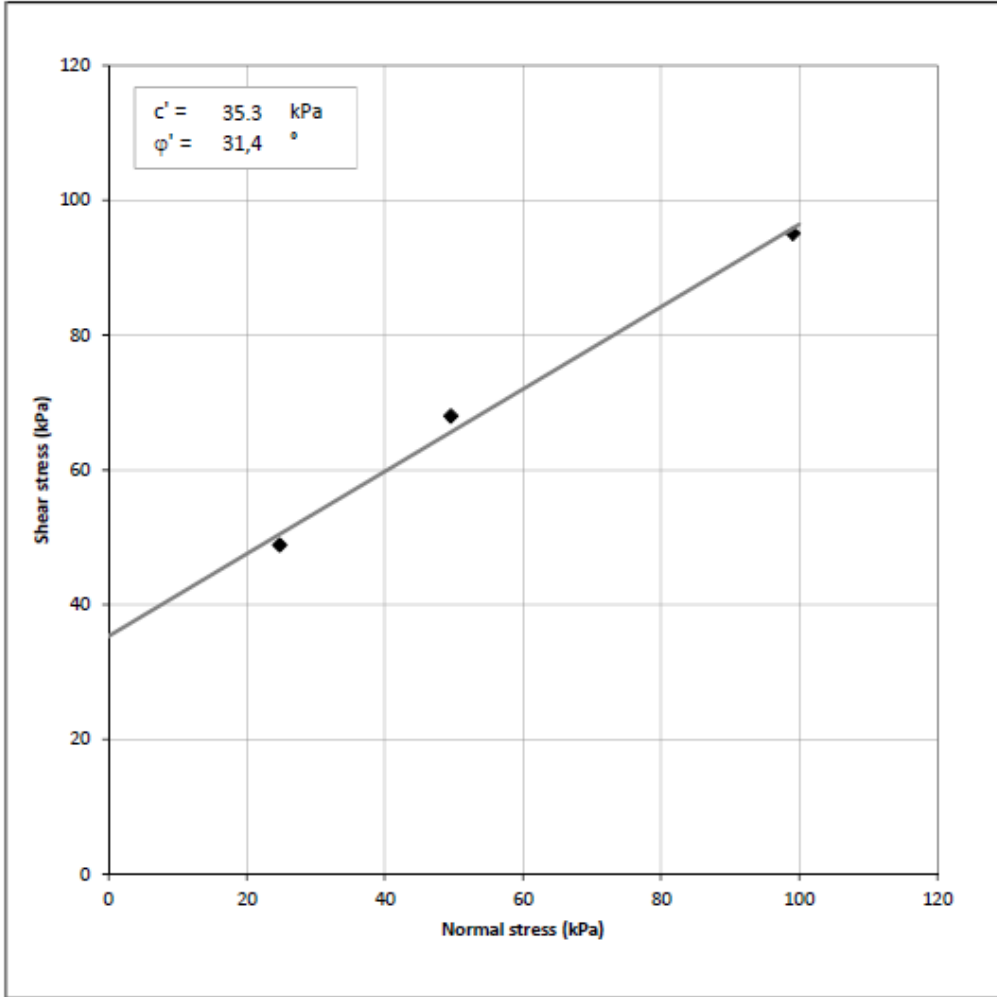
Date *21.12.2021.*

Date

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.L8	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 21.12.2021.	Date	Date



* nije bilo moguće izvaditi uzorak iz kalupa i slikati plohu sloma bez raspadanja uzorka

UZORAK OSa.50.50.0.B

<p>DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY</p>

Project location		
Project reference	RE-formS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.B	Specimen orientation
Sample description Uzorci stari 28 dana		
Particle density (Mg/m ³)	003 (measured)	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	19,5	19,5	19,5
Length (mm)	99,0	99,0	99,0
Width (mm)	99,0	99,0	99,0
Area (mm ²)	9801,0	9801,0	9801,0
Moisture content (measured) (%)	05	04	04
Moisture content (trimmings) (%)	01	01	01
Bulk density (Mg/m ³)	1,66	1,73	1,52
Dry density (Mg/m ³)	1,59	1,66	1,46
Voids ratio	0,669	0,599	0,815
Degree of saturation (%)	18	19	14

Voids ratio at the end of consolidation	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
---	---------	---------	---------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	1,000000	1,000000	1,000000
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	25	50	100
Shear stress (kPa)	74	105	126
Horizontal displacement (mm)	3,00	4,90	9,12
Vertical deformation (mm)	-0,215	-0,272	-0,427

Apparent cohesion (kPa)	63,4
Angle of shearing resistance (°)	33,0

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date 20.12.2021.	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

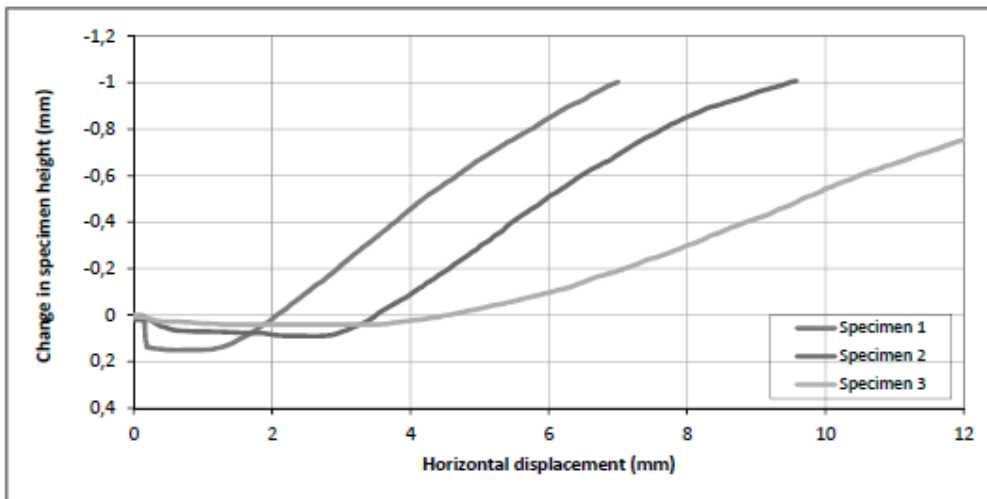
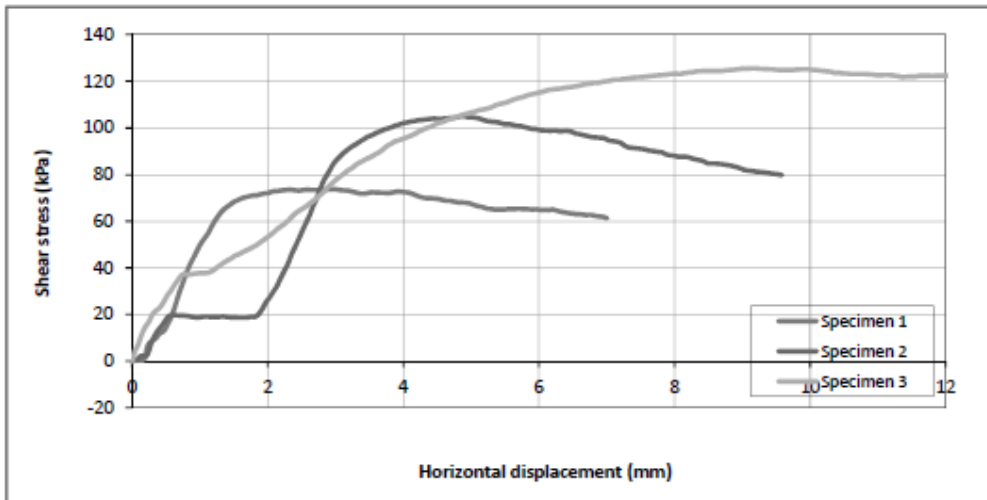
1

Sample type

Sample number

Osa.50.50.0.8

Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 20.12.2021.	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

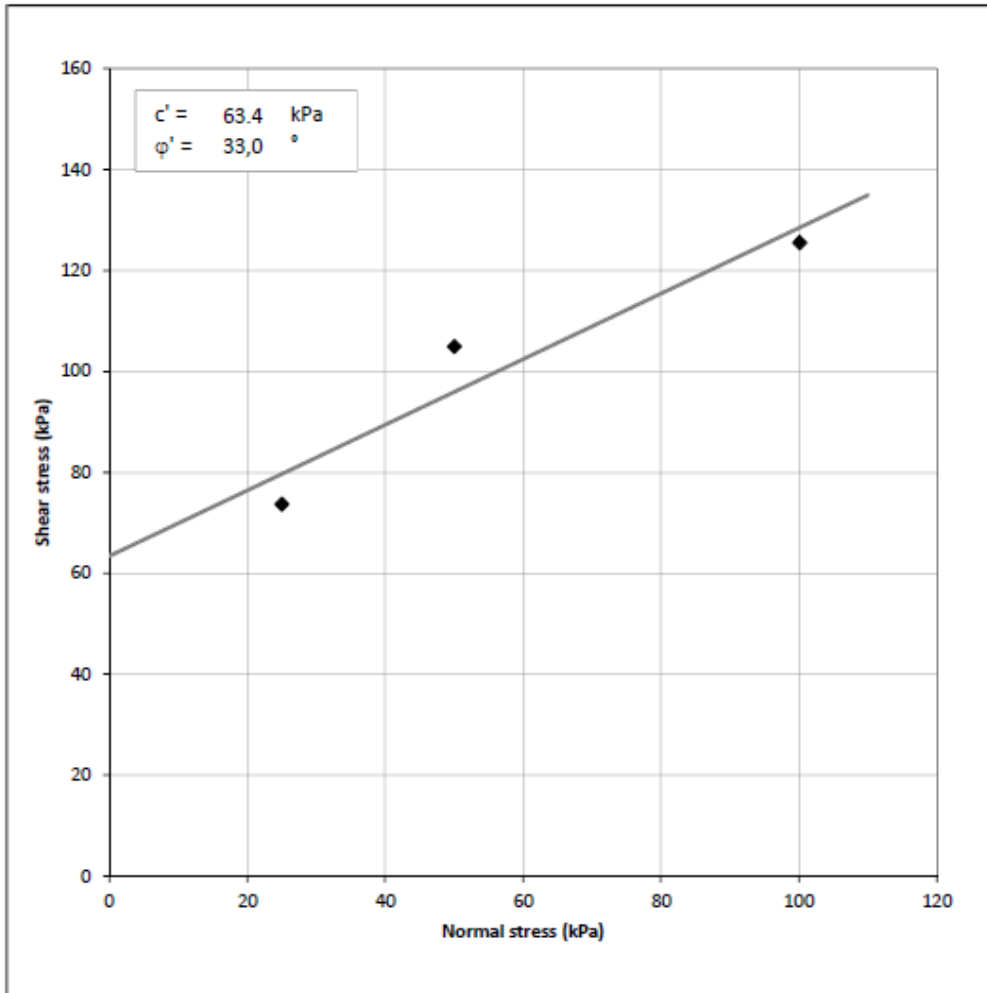
Sample depth (m)

Borehole number 1

Sample type

Sample number *Osa.50.50.0.B*

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

Date 20.12.2021.

Date

Date



* nije bilo moguće izvaditi uzorak iz kalupa i slikati plohu sloma bez raspadanja uzorka

UZORAK OSa.50.50.0.0

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY		
--	--	--

Project location		
Project reference	<i>RE-formS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.50.50.0.0</i>	Specimen orientation
Sample description	<i>Uzorci stari 28 dana</i>	
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>19,5</i>	<i>19,5</i>	<i>19,5</i>
Length (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Width (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Area (mm ²)	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>09</i>	<i>07</i>	<i>08</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>01</i>	<i>01</i>	<i>01</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,68</i>	<i>1,68</i>	<i>1,56</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,54</i>	<i>1,57</i>	<i>1,44</i>
Voids ratio	<i>0,723</i>	<i>0,692</i>	<i>0,844</i>
Degree of saturation (%)	<i>33</i>	<i>27</i>	<i>26</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>100</i>
Shear stress (kPa)	<i>65</i>	<i>100</i>	<i>132</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>7,02</i>	<i>4,90</i>	<i>8,14</i>
Vertical deformation (mm)	<i>-0,285</i>	<i>-0,266</i>	<i>-0,528</i>

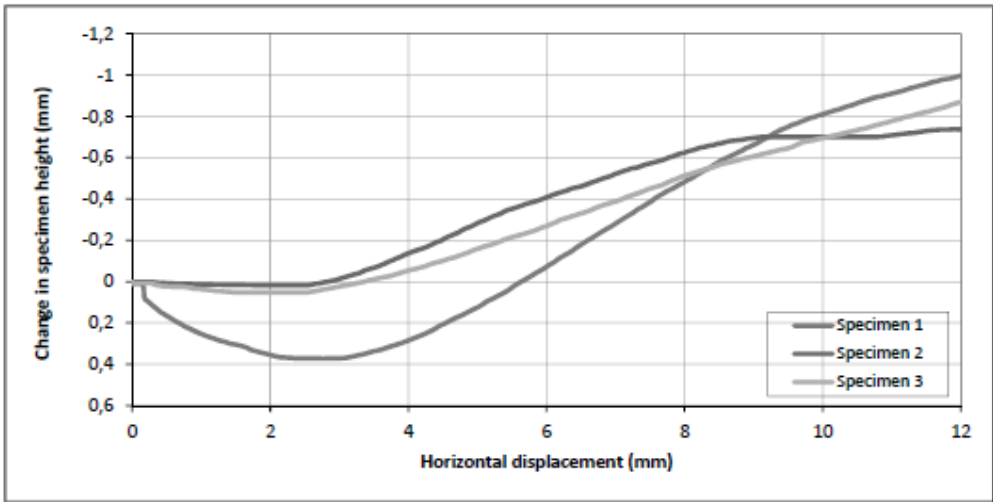
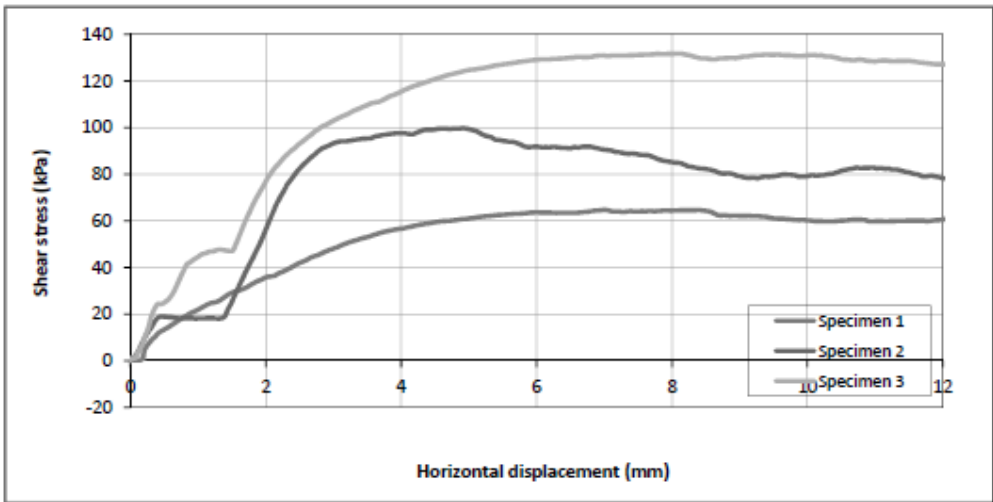
Apparent cohesion (kPa)	<i>48,7</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>40,6</i>

Comments / variations from procedures: <i>Uzorak 1 (normalno naprezanje 25 kPa) oštećen pri ugradnji u kalup.</i>
--

Tested	Checked	Approved
Date <i>20.12.2021.</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
 Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	<i>RE-formS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.50.50.0.0</i>	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date <i>20.12.2021.</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

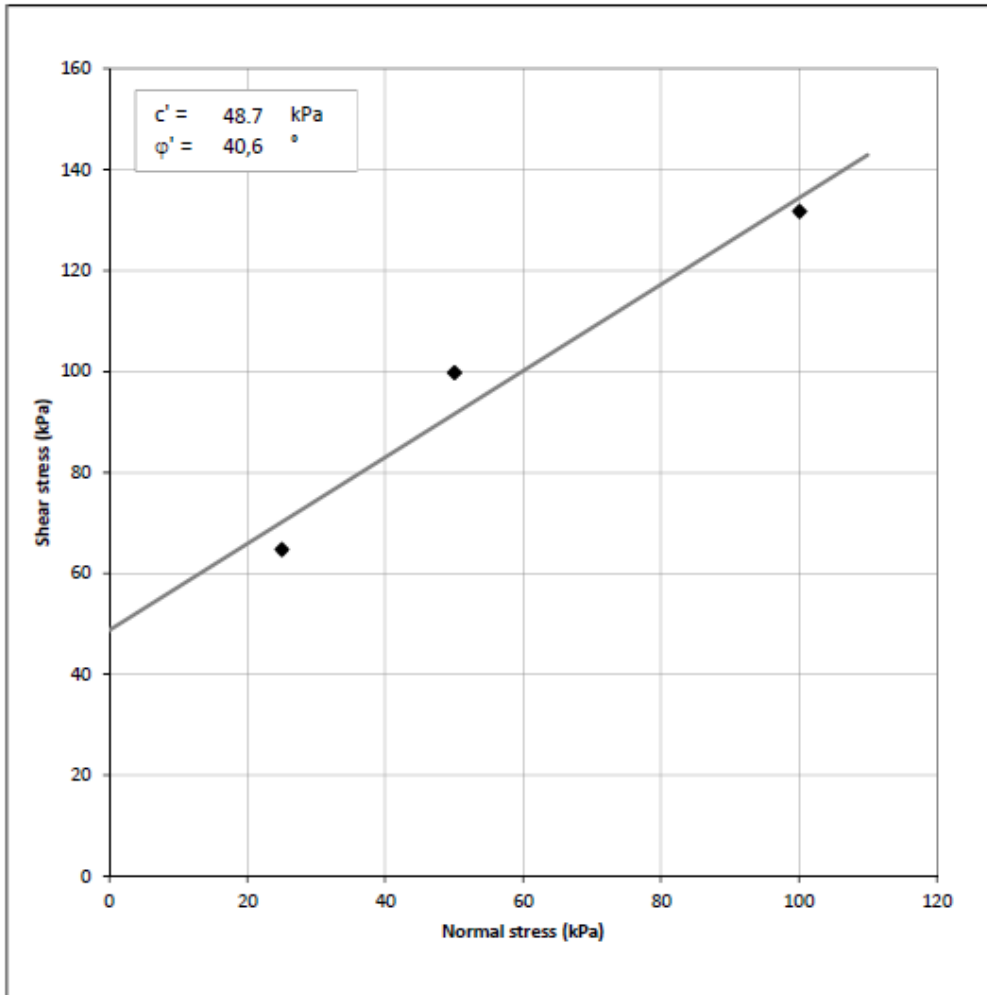
Sample depth (m)

Borehole number 1

Sample type

Sample number *Osa.50.50.0.0*

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

Date 20.12.2021.

Date

Date



* nije bilo moguće izvaditi uzorak iz kalupa i slikati plohu sloma bez raspadanja uzorka

UZORAK OSa.50.50.0.W

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY		
--	--	--

Project location		
Project reference	RE-formS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.W	Specimen orientation
Sample description Uzorci stari 28 dana		
Particle density (Mg/m ³)	003 (measured)	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	19,0	19,0	19,0
Length (mm)	100,0	100,0	100,0
Width (mm)	100,0	100,0	100,0
Area (mm ²)	10000,0	10000,0	10000,0
Moisture content (measured) (%)	06	05	09
Moisture content (trimmings) (%)	01	01	01
Bulk density (Mg/m ³)	1,61	1,71	1,52
Dry density (Mg/m ³)	1,52	1,63	1,39
Voids ratio	0,743	0,631	0,902
Degree of saturation (%)	20	22	26

Voids ratio at the end of consolidation	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
---	---------	---------	---------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	1,000000	1,000000	1,000000
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	25	49	98
Shear stress (kPa)	55	115	123
Horizontal displacement (mm)	6,50	4,64	6,49
Vertical deformation (mm)	-0,325	-0,172	-0,277

Apparent cohesion (kPa)	51,0
Angle of shearing resistance (°)	39,2

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date 20.12.2021.	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference

RE-forMS

Sample depth (m)

Borehole number

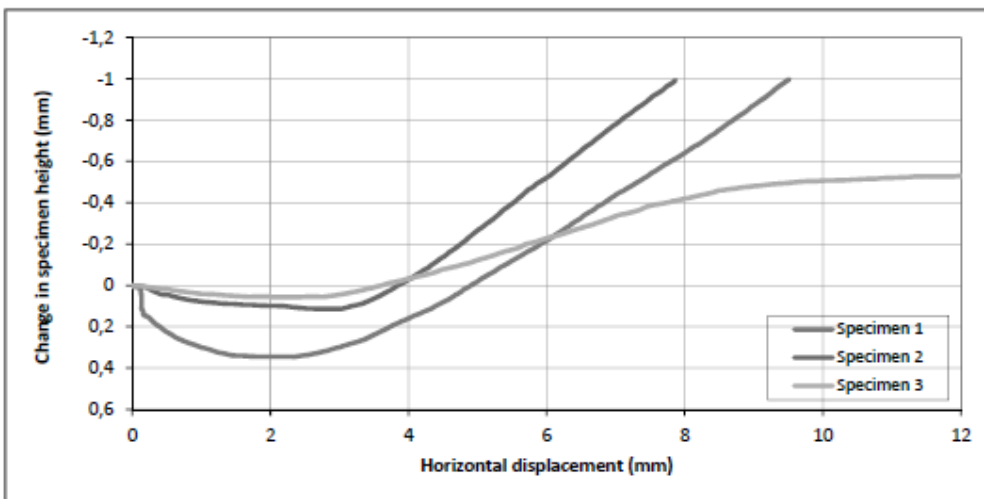
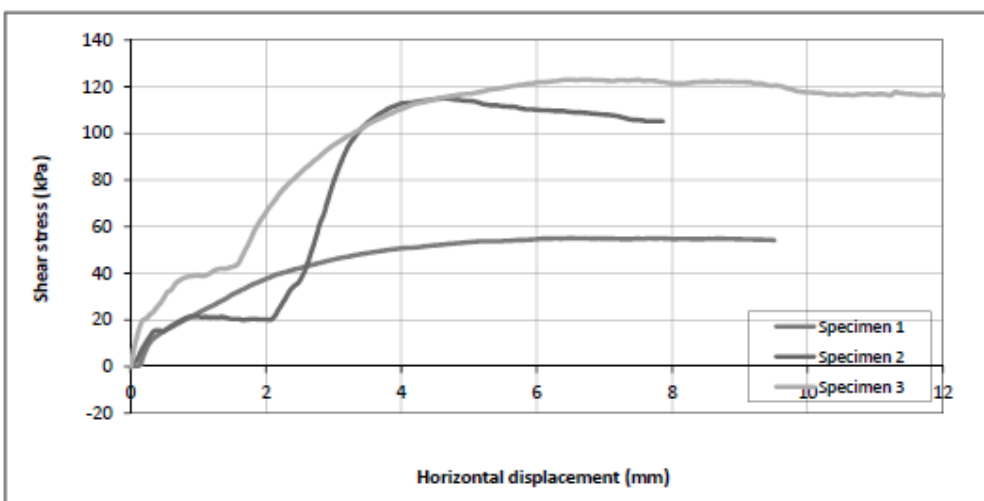
1

Sample type

Sample number

Osa.50.50.0.W

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

Date

20.12.2021.

Date

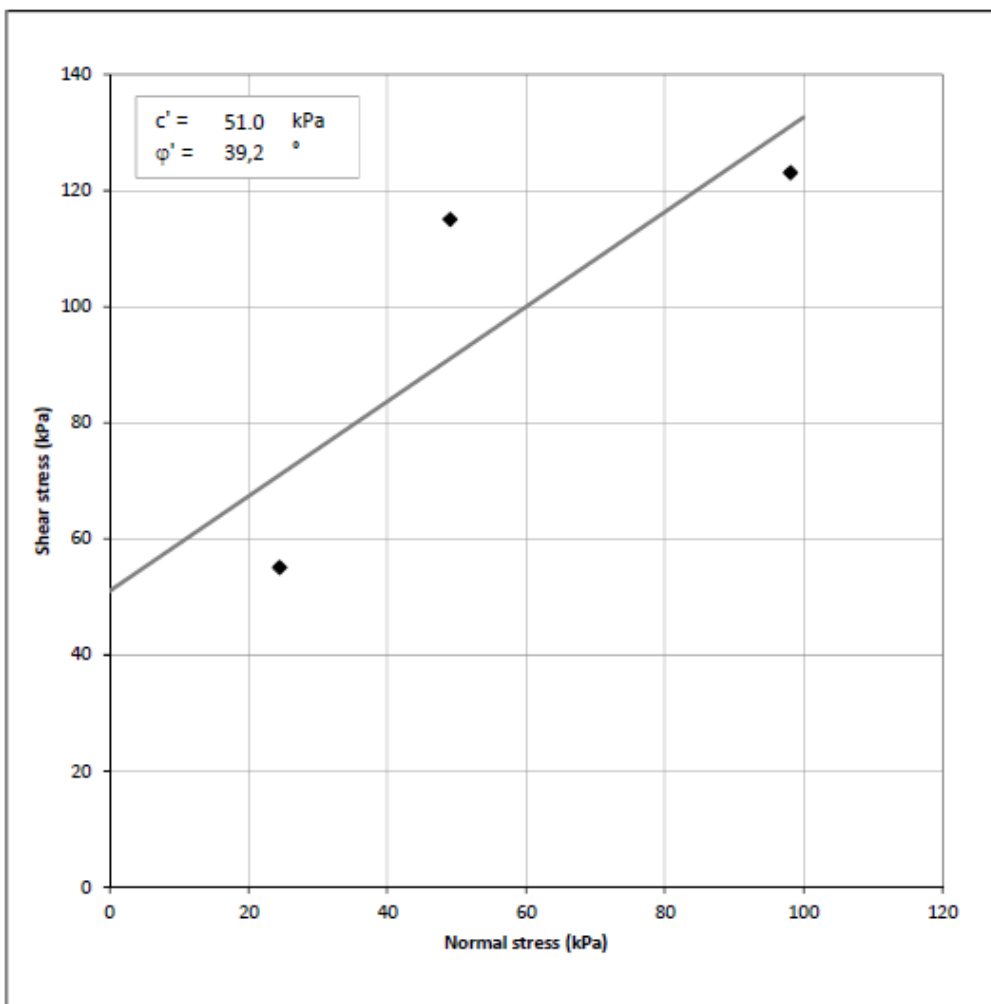
Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.W	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 20.12.2021.	Date	Date



* nije bilo moguće izvaditi uzorak iz kalupa i slikati plohu sloma bez raspadanja uzorka

UZORAK OSa.50.50.0.R

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SUMMARY

Project location		
Project reference	RE-formS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.R	Specimen orientation
Sample description	Uzorczi stari 28 dana	
Particle density (Mg/m ³)	003 (measured)	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	20,0	20,0	20,0
Length (mm)	99,0	99,0	99,0
Width (mm)	99,0	99,0	99,0
Area (mm ²)	9801,0	9801,0	9801,0
Moisture content (measured) (%)	06	11	05
Moisture content (trimmings) (%)	01	01	01
Bulk density (Mg/m ³)	1,71	1,67	1,76
Dry density (Mg/m ³)	1,62	1,51	1,68
Voids ratio	0,641	0,753	0,580
Degree of saturation (%)	24	37	22

Voids ratio at the end of consolidation	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
---	---------	---------	---------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	1,000000	1,000000	1,000000
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	25	50	100
Shear stress (kPa)	79	107	159
Horizontal displacement (mm)	2,46	4,79	3,45
Vertical deformation (mm)	-0,025	-0,327	0,000

Apparent cohesion (kPa)	53,8
Angle of shearing resistance (°)	46,4

Comments / variations from procedures:

Tested	Checked	Approved
Date 20.12.2021.	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

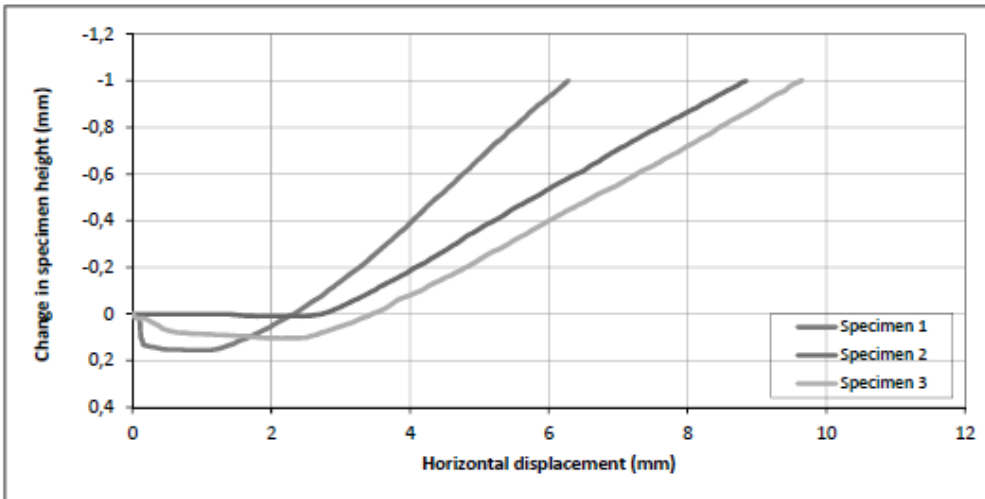
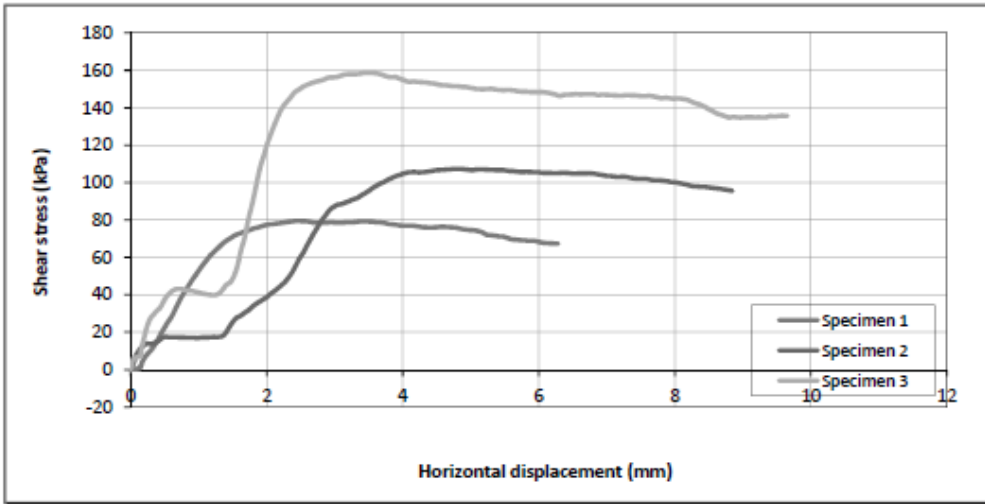
1

Sample type

Sample number

Osa.50.50.0.R

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

Date 20.12.2021.

Date

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

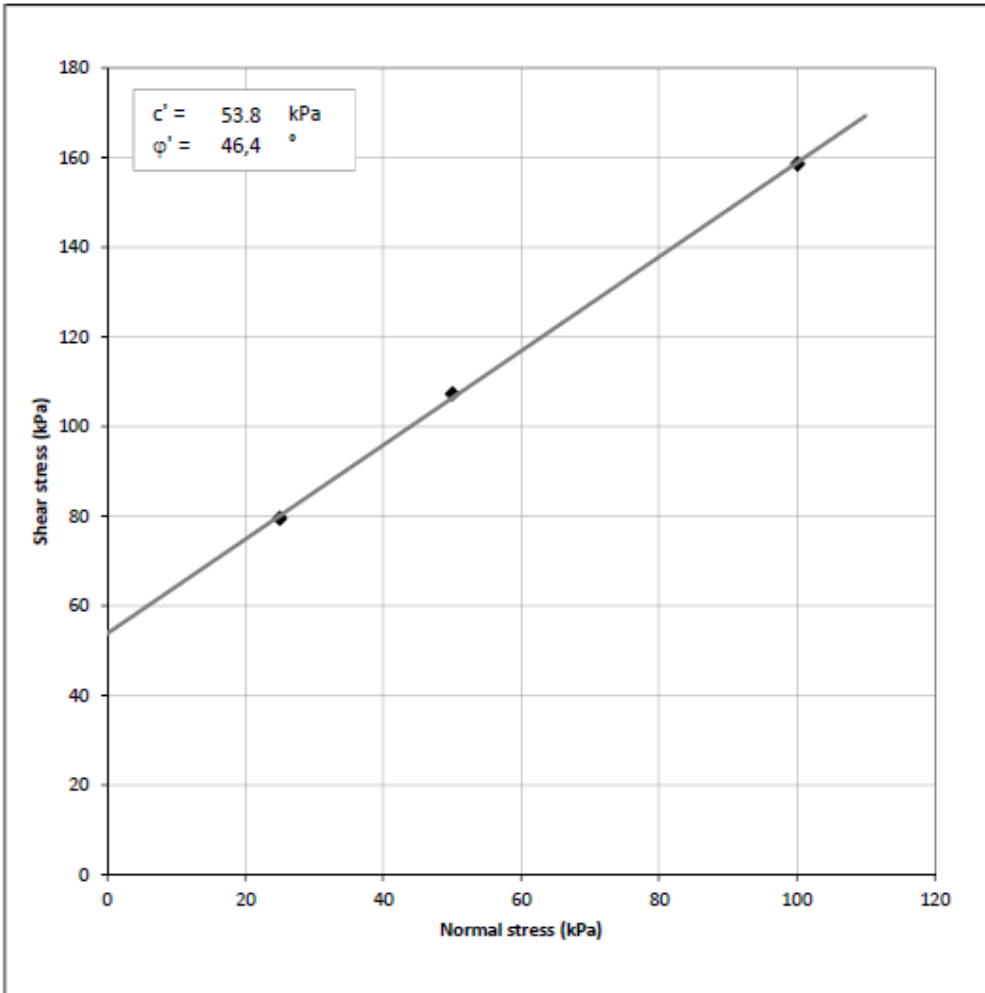
1

Sample type

Sample number

Osa.50.50.0.R

Specimen orientation



Tested

Checked

Approved

Date 20.12.2021.

Date

Date



* nije bilo moguće izvaditi uzorak iz kalupa i slikati plohu sloma bez raspadanja uzorka

UZORAK OSa.50.50.0.H

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus) Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018 TEST REPORT - SUMMARY		
--	--	--

Project location		
Project reference	<i>RE-forMS</i>	Sample depth (m)
Borehole number	<i>1</i>	Sample type
Sample number	<i>Osa.50.50.0.H</i>	Specimen orientation
Sample description	<i>Uzorci stari 28 dana</i>	
Particle density (Mg/m ³)	<i>003 (measured)</i>	Specimens tested dry

INITIAL CONDITIONS	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Specimen depth (m)			
Height (mm)	<i>19,5</i>	<i>19,5</i>	<i>19,5</i>
Length (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Width (mm)	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>	<i>99,0</i>
Area (mm ²)	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>	<i>9801,0</i>
Moisture content (measured) (%)	<i>17</i>	<i>05</i>	<i>13</i>
Moisture content (trimmings) (%)	<i>01</i>	<i>01</i>	<i>01</i>
Bulk density (Mg/m ³)	<i>1,58</i>	<i>1,72</i>	<i>1,50</i>
Dry density (Mg/m ³)	<i>1,35</i>	<i>1,64</i>	<i>1,33</i>
Voids ratio	<i>0,964</i>	<i>0,620</i>	<i>0,988</i>
Degree of saturation (%)	<i>46</i>	<i>23</i>	<i>34</i>

Voids ratio at the end of consolidation	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>	<i>#VALUE!</i>
---	----------------	----------------	----------------

SHEARING	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3
Rate of displacement (mm/min)	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>	<i>1,000000</i>
Conditions at peak shear stress			
Normal stress (kPa)	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>100</i>
Shear stress (kPa)	<i>73</i>	<i>97</i>	<i>97</i>
Horizontal displacement (mm)	<i>4,27</i>	<i>11,95</i>	<i>14,92</i>
Vertical deformation (mm)	<i>-0,267</i>	<i>-1,000</i>	<i>0,773</i>

Apparent cohesion (kPa)	<i>72,6</i>
Angle of shearing resistance (°)	<i>15,6</i>

Comments / variations from procedures:
<i>Uzorak 3 (normalno naprezanje 100 kPa) je oštećen pri ugradnji u kalup.</i>

Tested	Checked	Approved
Date <i>22.12.2021.</i>	Date	Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)

Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018

TEST REPORT - SHEARING

Project location

Project reference *RE-forMS*

Sample depth (m)

Borehole number

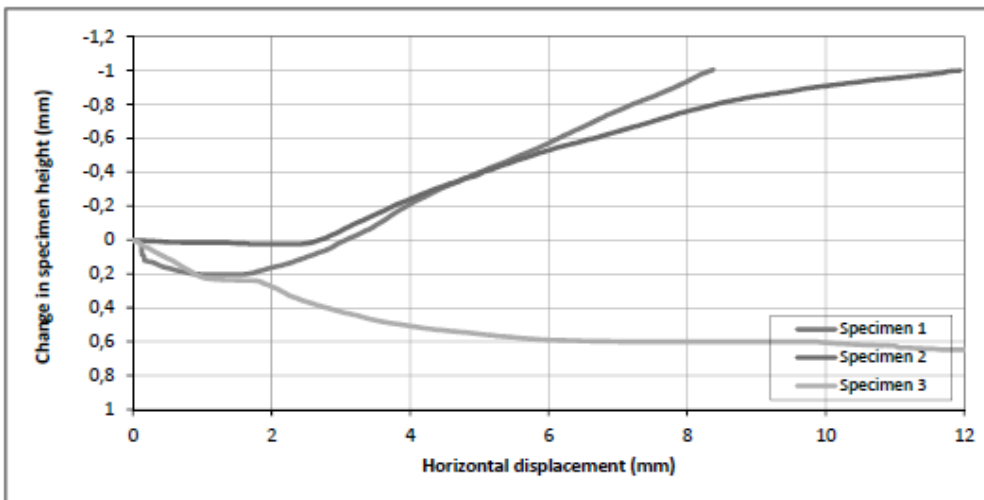
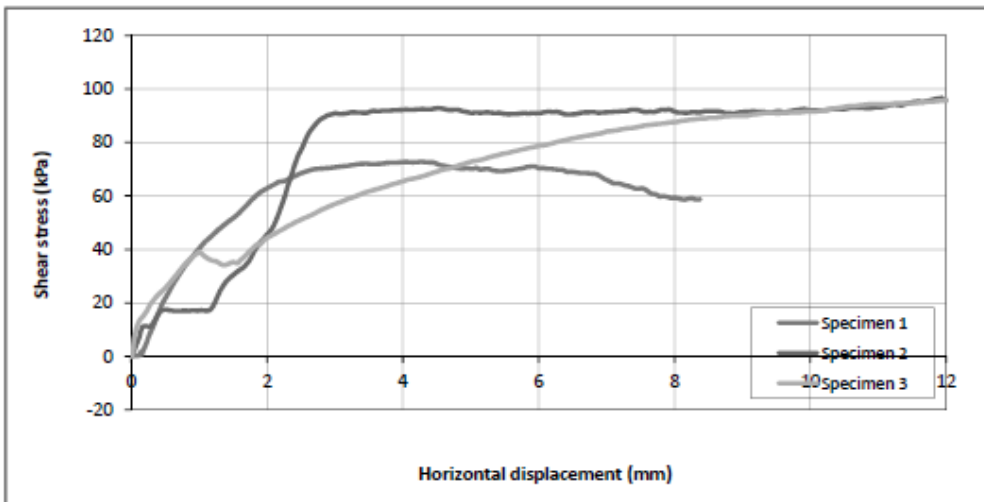
1

Sample type

Sample number

Osa.50.50.0.H

Specimen orientation



Tested

Date 22.12.2021.

Checked

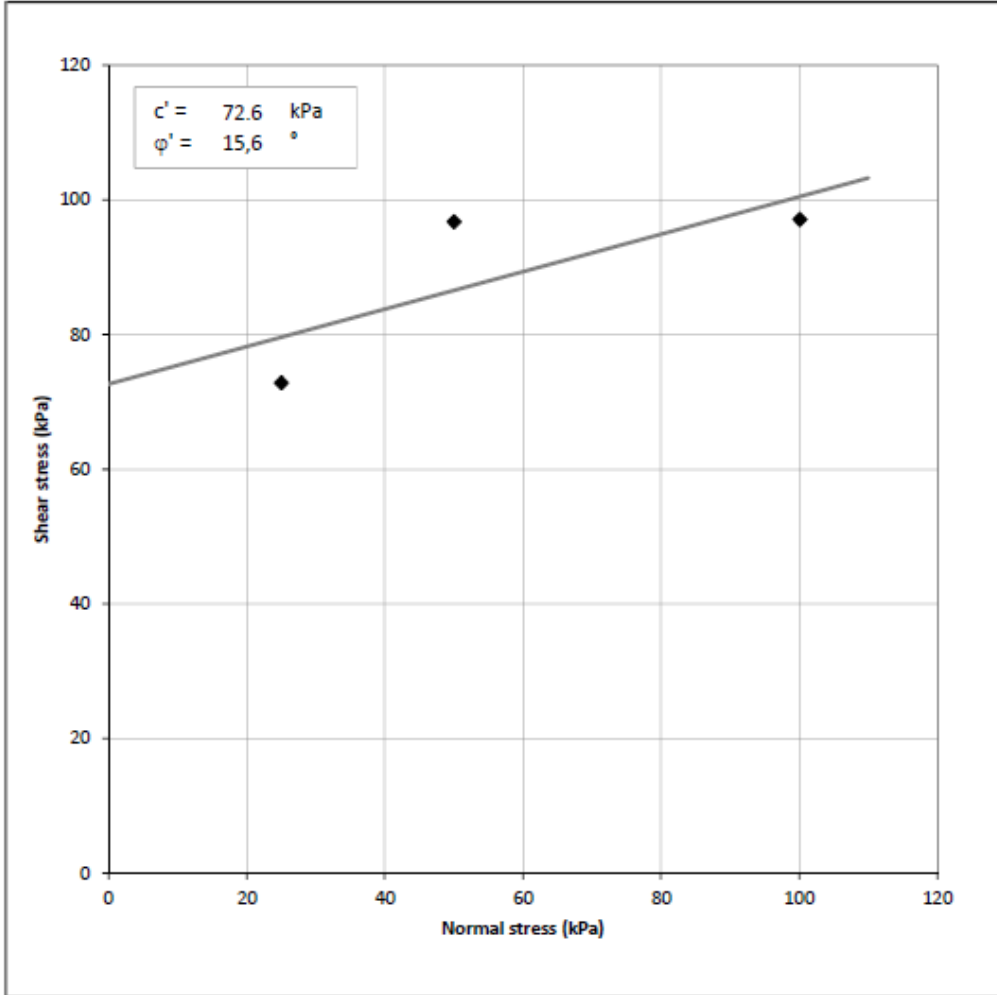
Date

Approved

Date

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH BY DIRECT SHEAR (in the small shearbox apparatus)
Set of single stage tests - tested in accordance with BS EN ISO 17892-10:2018
TEST REPORT - SHEARING

Project location		
Project reference	RE-forMS	Sample depth (m)
Borehole number	1	Sample type
Sample number	Osa.50.50.0.H	Specimen orientation



Tested	Checked	Approved
Date 22.12.2021.	Date	Date



* nije bilo moguće izvaditi uzorak iz kalupa i slikati plohu sloma bez raspadanja uzorka