



TALLINNA  
TEHNIKA KÕRGGKOO

Henry Kõvatomas

**VEESISALDUSE MÕJU  
HÜDRAULILISELT SEOTUD  
SEGUDELE**

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2022



**Henry Kõvatomas**

**VEESISALDUSE MÕJU  
HÜDRAULILISELT SEOTUD  
SEGUDELE**

LÕPUTÖÖ

Ehitusinstituut

Teedehituse õppekava

Juhendaja: Sven Sillamäe

Tallinn 2022

Mina,

Henry Kõvatomas,

tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teoste teoste on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Sven Sillamäe, */allkirjastatud digitaalselt/*

### **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina,

Henry Kõvatomas

sünnikuupäev: 28.06.1996

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Veesisalduse mõju hüdrauliliselt seotud segudele

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas

*/allkirjastatud digitaalselt/*

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõpetaja: **Henry Kõvatomas**  
Õpperühm: TE75/85  
Eriala: Teedehitus  
Lõputöö teema: **Veesisalduse mõju hüdrauliliselt seotud segudele**

Lähteandmed töö koostamiseks:

- Rainer Vaidla TalTech lõputöö
- Karli Kontsoni TTK lõputöö
- Wirtgeni hüdraulilise stabiliseerimise käsiraamat
- Iowa ülikooli tsementstabiliseerimise juhend
- Eesti Energia katsetöö aruanne
- EVS-EN 16907-4, EVS-EN 14227 standardiseeria
- Stabiliseeritud katendikihtide uuring

Töö sisu, ülesehitus ja lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

- kasutada kindla seguretsepti järgi nii tsementi kui ka põlevkivituhka stabiliseeritud proovikehade valmistamiseks;
- leida materjalide optimaalne veesisaldus sideainega ning sideaineta;
- lisada materjalidele vett, et ületada optimaalne veesisaldus;
- hoiustada proovikehasid erinevates tingimustes vastavalt 7p ja 28p;
- katsetada proovikehade survetugevust erinevate veesisalduste ning hoiustamisviiside juures.

Seletuskirja ning graafilise materjali sisu ja maht: 40-60lk

Lõputöö juhendaja: **Sven Sillamäe**  
(nimi)



(allkiri)

24.01.22

(kuupäev)

Lõpetaja: **Henry Kõvatomas**  
(nimi)



(allkiri)

24.01.22

(kuupäev)

Kinnitaja: **Aivars Alt**  
ehitusinstituudi direktor



(allkiri)

24.01.22

(kuupäev)

Lõputöö ülesanne antud: 24.01.2022

Lõputöö esitamise tähtaeg: 02.05.2022

# SISUKORD

SISUKORD.....	5
SISSEJUHATUS.....	7
1. VEESISALDUSE MÕJU PINNASELE.....	8
1.1 Pinnase veesisaldus .....	8
1.1.1. Veesisaldus ehk niiskus .....	8
1.1.2. Optimaalne veesisaldus ning maksimaalne kuivtihedus .....	8
1.1.3. Optimaalne veesisalduse määramine.....	9
1.1.4. Niiskusesisalduse mõju pinnasele .....	10
1.2. Pinnase omadusi iseloomustavad näitajad.....	10
1.2.1. Füüsilised omadused ja mehaanilised omadused .....	10
1.3. Hüdrauliline sideaine.....	11
2. NÕUDED TSEMENTSTABILISEERIMISEL .....	12
2.1. Nõuded tsementstabiliseeritud segudele (TS).....	12
2.2. Nõuded pinnase tihendamisel .....	13
3. STABILISEERITUD SEGU VEESISALDUS OBJEKTEL .....	15
3.1. Niiskusesisalduse määramine .....	15
3.2. Pinnase veesisalduse optimeerimine objektil.....	16
4. KATSETES KASUTATAVAD MATERJALID.....	18
4.1. Terakoostised .....	19
4.2. Materjalide optimaalsed veesisaldused ning maksimaalsed kuivtihedused .....	20
4.2.1. Killustiksegu .....	21
4.2.2. Pestud paekivisõelmed .....	21
4.2.3. Kvartslüüv .....	22
4.3. Segude valmistamine.....	24
4.3.1. Sideainesisaldused.....	24
4.3.2. Veesisaldused.....	24
4.3.3. Proovikehade valmistamine.....	25
4.3.4. Proovikehade hoiustamine.....	26
5. PROOVIKEHADE KATSETE TULEMUSED.....	28
5.1. Katsekehade tihedused .....	28
5.2. Katsekehade survetugevused .....	29
5.3. Veesisaldused.....	32

5.4. Analüüs.....	34
KOKKUVÕTE.....	37
SUMMARY .....	38
VIIDATUD ALLIKAD .....	39
LISAD.....	40

## SISSEJUHATUS

Pinnase veesisaldusel on teedehituses väga tähtis roll. Sellest oleneb pinnase tihendatavus ning omakorda ka ehitatava teekatendi kvaliteet. Veesisaldus mängib olulist rolli ka teede stabiliseerimisel, kuna liigne veesisaldus mõjutab valmistatava kihi tugevusomadusi. Põlevkivituha omadusi ning kasutamisevõimalusi on eelnevalt uuritud kuid oleks vaja teha veel täiendavaid uuringuid kuna tegemist on jääkmaterjaliga ning oleks ideaalne kui seda saaks hästi ja otstarbekalt ära kasutada.

Antud lõputöös keskendutakse veesisalduse mõjule erinevate hüdrauliliselt seotud segude puhul. Katsetamisele kuulub kolm erinevat täitematerjali: killustiksegu, pestud paekivisõelmed ehk paeliiv ning kvartslüü. Antud lõputöö segureseptides on kajastatud kahte erinevat sideainet: tsementi (Weber CEM I 42,5N) ning CFB tuhka.

Lõputöö katsetusteks tuli vajalikud materjalid Tallinna Tehnikakõrgkooli laborisse tuua ning materjalid vastavalt EVS-EN 932-1:2000 kvarteerida ning seejärel vastavalt segureseptide järgi kokku segada. Teostati Proctor katsed optimaalsete veesisalduste leidmiseks, materjalide sõelumine terakoostiste teada saamiseks ning survetugevuste mõõtmised. Antud lõputöös kasutatakse nii standardset Proctorit kui ka modifitseeritud Proctorit nii optimaalse veesisalduse leidmiseks kui ka katsekehade valmistamiseks. Kõik antud lõputöö raames kajastatavad katsed ning katsekehade hoiustamised toimusid Tallinna Tehnikakõrgkooli laboris.

Lõputöö jaoks vajalikud materjalid toodi kohale Väo karjäärist ning Tallinna Tehnikakõrgkooli teedelaborist.

# **1. VEESISALDUSE MÕJU PINNASELE**

## **1.1 Pinnase veesisaldus**

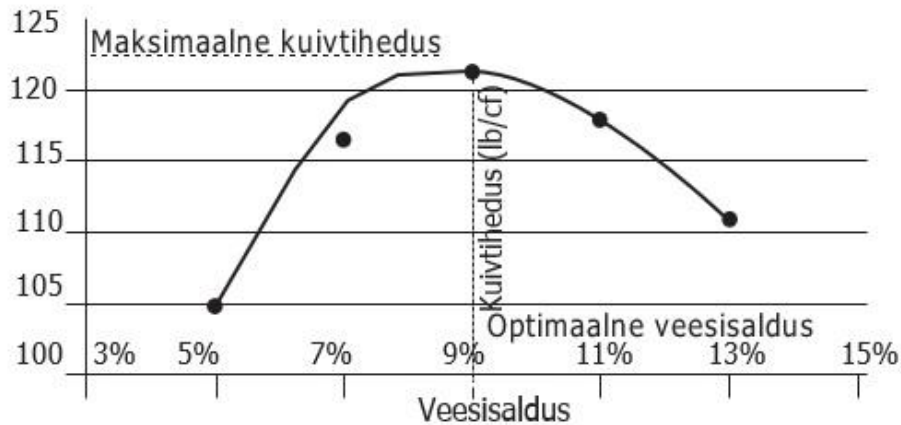
### **1.1.1. Veesisaldus ehk niiskus**

Pinnase veesisaldus mõjutab otseselt pinnase mehaanilisi omadusi. Veesisaldus on üks lihtsamini määratav pinnase omadus. See ongi põhjuseks, miks tehakse veesisalduse määramisi geotehnilistel uurimistel võimalikult suurel hulgal. [1]

Saamaks teada pinnase veesisaldust on vaja pinnaseproov ära kaaluda ning seejärel kuivatuskapis konstantse massini kuivatada. Pinnaseproov kuivatatakse temperatuuril 105°C, sest sellise temperatuuri juures aurustub pinnasest vesi ning pinnase mineraalid ei hakka lagunema. Valitud temperatuur on kokkuleppeline ning selleks, et tulemusi omavahel võrrelda peab antud nõudest kinni pidama. [1]

### **1.1.2. Optimaalne veesisaldus ning maksimaalne kuivtihedus**

Kuiv pinnas koosneb üldiselt pinnaseosakestest, mis ei ole teineteisega seotud ning kui me sellist tüüpi pinnast ilma veeta tihendada üritame, siis muutub pinnas jäigaks ning pinnasesse tekivad praod ja vahed. Kui me sellele pinnasele vett lisame, siis tekib pinnaseosakeste ümber õhuke veekiht, mis aitab osakesi omavahel siduda. Seeläbi muutub pinnas kokkusurumise järel tihendamaks. Ühel hetkel läheb õhu maht pinnases minimaalseks ning pinnas saavutab oma maksimaalse kuivtiheduse. Seda kutsutakse maksimaalse kuivtiheduse punktiks ning sel hetkel tuleks lõpetada vee lisamine pinnasesse. Veesisaldust, mis vastab pinnase maksimaalsele kuivtihedusele, kutsutaksegi optimaalseks veesisalduseks. Kui vett lisatakse optimaalsest veesisaldusest üle, siis võtab vesi rohkem ruumi kuna pinnases pole õhumahtu ning seejärel kuivtihedus langeb. Kuivtiheduse muutust seoses veesisalduse tõusuga iseloomustab allolev tihenduskõver. [1]



Joonis 1. Maksimaalne kuivtihedus ning optimaalne veesisaldus [3]

Tihenduskõver on joonistatud võttes veesisalduse x-teljele ning kuivtiheduse y-teljele. Objektilt on vajalik kogus pinnast kokku kogutud ning laboris tihenduskatse sooritatud. Saadud tulemusi kasutatakse tihenduskõvera koostamiseks, mille tulemusena saadakse teada kui palju on vaja pinnast tihendada. Laboritulemused on ligikaudu võrdsed sellele, kui palju tihendamist pinnas objektile reaalselt vajab. [3]

### 1.1.3. Optimaalne veesisalduse määramine

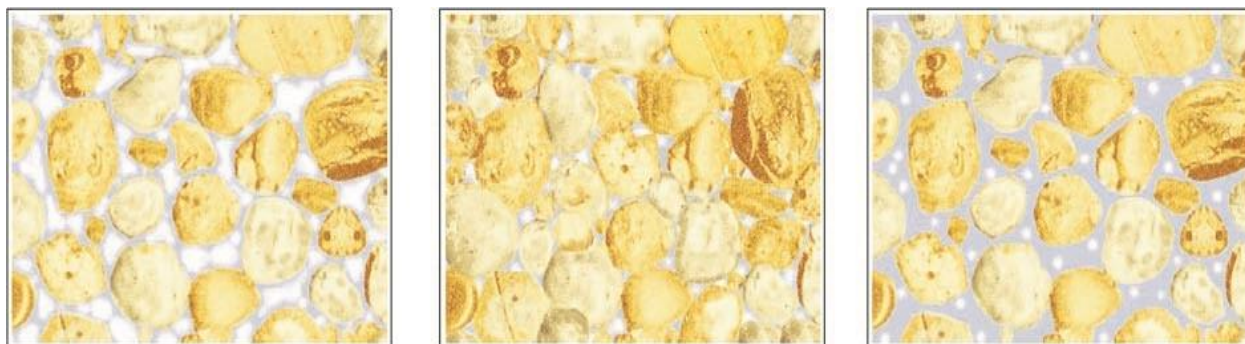
Pinnase maksimaalne tihedus on saavutatav teatud optimaalse veesisalduse juures. Optimaalse veesisalduse välja selgitamiseks kasutatakse kas standardset Proctor teimi või modifitseeritud Proctor teimi. Pinnas tihendatakse erinevate veeprotsentide juures ning tihendamisel kasutatav energia hulk on kogu aeg ühesugune. Standardse Proctor teimi puhul tihendatakse pinnas kolmes kihis, mis on võrdse paksusega. Tamp, mida tihendamisel kasutatakse kaalub 2,5 kg ning see langeb 30,5 cm kõrguselt. Pinnase tihendamine toimub vormi sees, mille läbimõõt on 102 mm ning mis on 116 mm kõrge. Peale tihendamist saadakse teada pinnase kuivmahumass  $\rho_d$ . Samamoodi korratakse katset järkjärgult veeprotsenti tõstes ning lõpuks koostatakse saadud tulemuste põhjal graafik, mis iseloomustab veesisalduse ja maksimaalse kuivmahumassi suhet. [2]

Tabel 1. Procor seadmete põhiparameetrid [3]

Seadme põhiparameetrid	EVS-EN 13286-2:2004			
	Standard Proctor		Modifitseeritud Proctor	
Tambi mass, kg	2,5		4,5	
Tambi langemiskõrgus, mm	305		457	
Tihendatavate kihtide arv	3		5	
Pinnasesilindri läbimõõt, mm	100	150	100	150
Silindri kõrgus, mm	120		120	
Igale kihile langevate löökide arv:	25	56	25	56
Katsetatava pinnase maksimaalne teraläbimõõt, mm	16 või 31,5		16 või 31,5	

#### 1.1.4. Niiskusesisalduse mõju pinnasele

Kui pinnasel on väike niiskusesisaldus, siis tiheneb see raskesti ning seejärel on pinnasel väike kuivmahumass ja suur jäävpoorsus. Kui pinnases niiskusesisaldust suurendada optimaalne juurde, siis hakkab vesi pinnaseosakesi omavahel paremini siduma ning pinnase töödeldatavus suureneb, kuivmahumass ehk tihedus kasvab ja jäävpoorsus väheneb. Kui niiskusesisaldus läheb üle optimaalse, siis hakkab vee poorirõhk suurenema ning pinnaseosakesed hoiavad teineteisest eemale. Selle tagajärjel muutub pinnase kuivmahumass väiksemaks ning jäävpoorsus läheb suuremaks. [5]



Joonis 2. Vähene veesisaldus, optimaalne veesisaldus, liigne veesisaldus. [5]

## 1.2. Pinnase omadusi iseloomustavad näitajad

### 1.2.1. Füüsikalised omadused ja mehaanilised omadused

Kõik pinnased koosnevad kolmest osast: pinnaseosakesed, õhk ja vesi. Need osad mõjutavad pinnase füüsikalisi omadusi. Nende osade abil saab pinnase omadusi hinnata ning luua pinnasest esialgse ettekujutuse. [9]

**Tihedus** ( $\rho$ , kg/m<sup>3</sup>) ehk üldtihedus on pinnase kaal ühe mahuühiku kohta ning antud pinnas on loodusliku veesisalduse ning struktuuriga. Tihedus sõltub veesisaldusest, poorsusest ja mineraalsest koostisest ning on muutliku suurusega. Tihedus võib teatud pinnaste puhul olla maksimaalne juhul, kui kõik poorid on täidetud veega. [9]

**Kuivtihedus** ( $p_d$ , kg/m<sup>3</sup>) ehk kuivmahumass on pinnase skeletiosakeste (tahke faasi) massi suhe pinnase üldmahtu. Kuivtihedus sõltub ainult poorsusest ja mineraalsest koostisest ning on alati väiksem antud pinnase üld- ja eritihedusest. [9]

**Pinnase survetugevus** on pinnase tugevus vertikaalsurve ja põiklaidenemise olukorras. Proovikeha on tavaliselt silindri- või kuubikujuline. Piirkoormus, mis purunemise esile kutsub nimetataksegi survetugevuseks. [9]

### 1.3. Hüdrauliline sideaine

Hüdrauliline sideaine – sideaine, mis säilitab ning suurendab niisketes tingimustes oma tugevusomadusi. [12]

Kõige olulisemad näited ehitussektoris on: [6]

- tsement;
- lendtuhk;
- räbu;
- kriit.

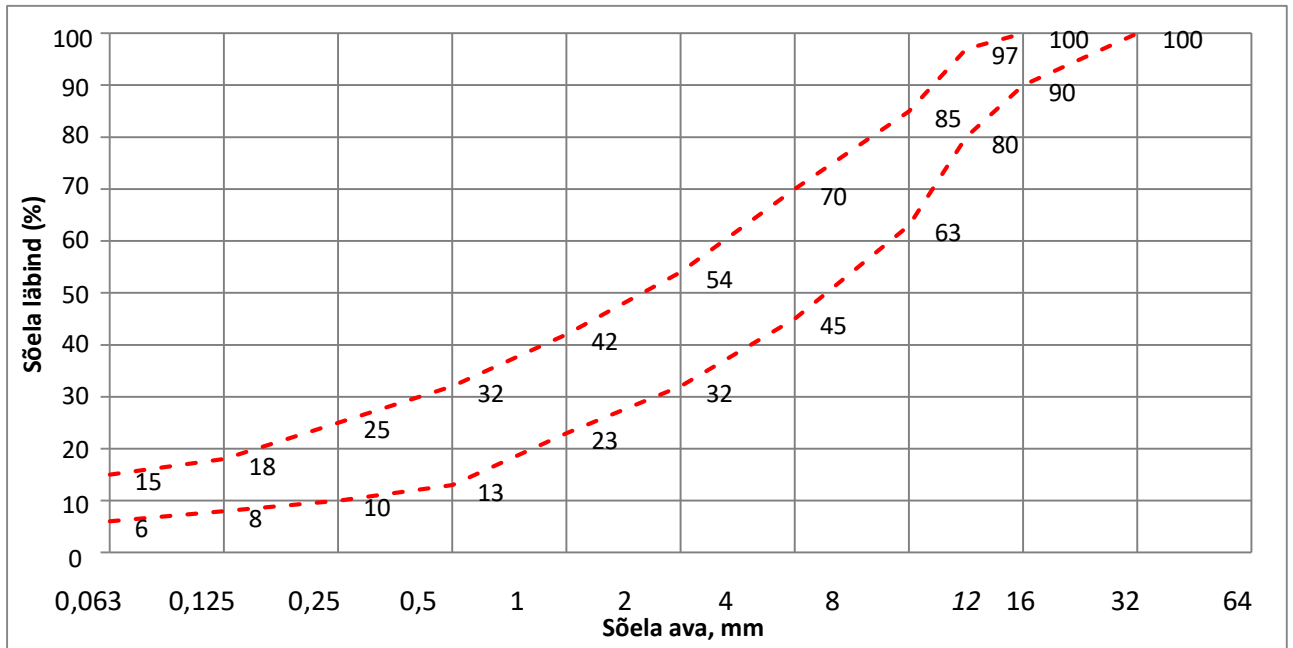
Nad annavad betoonile, mördile ning pinnase stabiliseerimisele tugevuse.

Hüdrauliline sidumine on keemiline protsess, kus sideaine mineraalne struktuur muutub. Seetõttu on keemilise ja mineraalse koostise korrektne kindlaks tegemine kvaliteedikontrolli oluline osa. [6]

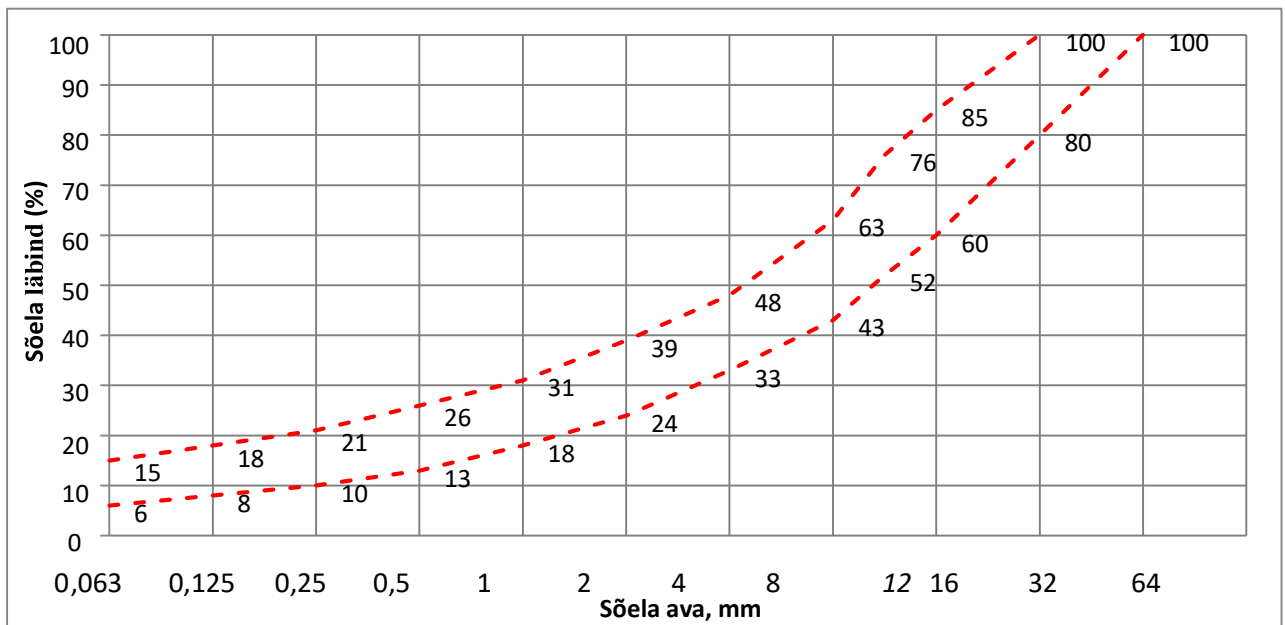
## 2. NÕUDED TSEMENTSTABILISEERIMISEL

### 2.1. Nõuded tsementstabiliseeritud segudele (TS)

Maanteeameti (praegune Transpordiamet) stabiliseeritud katendikihtide ehitamise juhendist lähtuvalt peab tsementstabiliseeritud segude terastikuline koostis (terakoostis peale segamist) jääma joonisel 3 (TS 16) või joonisel 4 (TS 32) esitatud terakoostise piiridesse. [4]



Joonis 3. TS 16 terakoostise piirid. [4]



Joonis 4. TS 32 terakoostise piirid. [4]

Maanteeameti (praegune Transpordiamet) stabiliseeritud katendikihtide ehitamise juhendist lähtuvalt peavad 7 ja 28 päeva vanuste proovikehade survetugevused vastama tabelis 6 esitatud nõuetele.

Tabel 6. Nõuded tsementstabiliseeritud segude tugevusomadustele. [4]

Omadus	Katsemeetod	Nõue
Survetugevus	EVS-EN 13286-41	<p>7 päeva vanusel proovikehal  <math>\geq 2</math> MPa</p> <p>28 päeva vanusel proovikehal  <math>\geq 4</math> MPa kuni <math>\leq 12</math> MPa</p>

## 2.2. Nõuded pinnase tihendamisel

Antud alapeatükis on välja toodud mõningad pinnase tihendamise nõuded lähtudes Maanteeameti (praegune Transpordiamet) muldkeha pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhiste: [3]

- Pinnaste tihendamine maksimaalse tiheduse saavutamiseks toimub pinnase optimaalse niiskuse juures. Vähema niiskuse juures pinnast niisutatakse. Pinnastega, mille niiskus on alla optimaalse niiskuse, tuleb projektis kaasata erimeetmed nende tihendamiseks (niisutamine, tihendamine õhemate kihtidena jms). Üleniiskunud pinnas asendatakse teise pinnasega või kuivatatakse.
- Pinnase niiskust tuleb lugeda üheks peamiseks tihendamise kvaliteeti mõjutavaks teguriks. Pinnase niiskusest ja tihendamiseks kasutatavatest masinatest sõltub korraka tihendatava pinnasekihi paksus. Võrreldes optimaalse niiskusega pinnasega tuleb väheniisket pinnast tihendada õhemate kihtide kaupa.
- Vähem kui 10% peenosist sisaldavad kruus ja liiv on lihtsasti tihendatavad, eriti siis, kui on veega küllastunud. Mittesidusaid pinnaseid on kasulik niisutada üle optimaalse kui trassi lähiümbruses on veekogusid. Antud juhul võib tihendatava pinnasekihi paksust, võrreldes optimaalse niiskusega, suurendada 20-30% ja saavutada tiheduse, mis ületab maksimaalse standardse tiheduse.

- Pinnase optimaalse niiskuse juures toimub pinnaste tihendamine maksimaalse tiheduse saavutamiseks. Kui pinnases on vähem niiskust, siis pinnast niisutatakse. Pinnased, mille niiskus on alla optimaalse niiskuse, kuivatatakse või asendatakse teise pinnasega. [3]

**Kui pinnas on liiga niiske**, siis on see tugevuse kaotusele ja nihkele aldis. Kui pinnas on tihendamiseks liiga märg, siis tuleb pinnas: [3]

- kobestada;
- kuivatada (õhutada);
- määrata niiskusesisaldus uuesti;
- tihendada uuesti, kui niiskusesisaldus on sobivas vahemikus;
- määrata niiskusesisaldus ning tihedus uuesti.

**Kui pinnas on liiga kuiv**, siis ei saavuta see tihendamisel nõutud tihendustegurit. Kui pinnas on tihendamiseks liiga kuiv, siis tuleb pinnas: [3]

- kobestada;
- vett lisada;
- segada korralikult;
- määrata niiskusesisaldus uuesti;
- tihendada uuesti, kui niiskusesisaldus on sobivas vahemikus;
- määrata niiskusesisaldus ning tihedus uuesti.

### 3. STABILISEERITUD SEGU VEESISALDUS OBJEKTEL

#### 3.1. Niiskusesisalduse määramine

Hea stabiliseeritud segu üks olulisi faktoreid on veesisaldus. Stabiliseeritud segu peab olema optimaalse veesisalduse juures kogu segamise ning tihendamise vältel. Veesisalduse välja selgitamiseks ei ole soovitatav kasutada mulla tiheduse mõõturit, sest sellisel meetodil saadud veesisalduse andmed ei pruugi olla usaldusväärsed. [8]

Stabiliseeritud segu veesisalduse saab objektile välja selgitada kas mikrolaineahjus kuumutamise või näiteks materjali otsese kuumutamise teel. Antud pildil on näidatud otsese kuumutamise meetodit. [8]



Foto 1. Pinnaseproovi kuumutamine veesisalduse välja selgitamiseks [8]

Pinnaseproovi veesisaldus arvutatakse välja kasutades järgnevat võrrandit:

$$\text{Veesisaldus (\%)} = \frac{\text{märg kaal} - \text{kuiv kaal}}{\text{kuiv kaal}} \times 100$$

Isegi vähese kogemusega inimene suudab vaatluse ja katsumise teel tsementstabiliseeritud segu veesisaldust hinnata. Segu, mis on optimaalse veesisalduse juures või sellele lähedal, on täpselt nii niiske, et kui seda peopesas pigistada, siis see niisutab käsi. Segud mis on üle optimaalse veesisalduse jätavad kätele juba üleliigse vee ning segud, mis on alla optimaalse niiskuse üldjuhul kipuvad käes kergesti murenema. Kui pinnas on optimaalse niiskuse juures, siis saab pinnase kaheks tükiks jagada ilma- või vähese murenemisega. [8]

Pigistustest (Foto 2) ei asenda standardset veesisalduse testi kuid see vähendab vajalike testide arvu ehituse vältel. Veesisalduse test kinnitab seda, mis on eelnevalt kindlaks tehtud visuaalse vaatluse ja pigistustesti teel. [8]



Foto 2. Pigistustest [8]

Kui pulbristatud segu veesisaldus on madal, siis tuleks sellele vett juurde lisada, et saavutada soovitud veesisaldus. Samas kui veesisaldus on suurem kui soovitud, siis tuleks materjali õhutada. [8]

Pinnase tihendamise alguses peab tsementstabiliseeritud segu niiskusesisaldus olema natuke üle optimaalse. Lõplik niiskuse kontroll tehaksegi sel hetkel. Sobiv niiskusesisaldus on korralikuks tihendamiseks ning tsemendi hüdratatsiooniks. Vee aurustumise tõttu on parem kui pinnase tihendamise eel on segus natuke rohkem niiskust kui vähem. [8]

Tihendamise ning viimistlustööde käigus võib tsementstabiliseeritud segu pealispind kuivaks muutuda. Pealispinna kuivaks muutumine väljendub selles, et pealispind muutub hallikaks. Kui see juhtub, siis lisatakse segule väga väikestes kogustes vett, et niiskusesisaldus tagasi optimaalse juurde tuua. [8]

### **3.2. Pinnase veesisalduse optimeerimine objektil**

Stabiliseeritava pinnase veesisaldus peab pinnase paigaldamisel ning tihendamisel olema optimaalse juures. Kui parandatavate jämedateraliste või segateraliste pinnaste veesisaldus on liiga madal, siis tuleks vett lisada järgnevalt: [8]

- peeneteraliste pinnaste puhul: piisavalt varakult, et niiskus jõuaks enne sideaine lisamist pinnasest täielikult ja ühtlaselt läbi tungida;
- jämedateraliste ja segateraliste pinnaste puhul: kohe pärast sideaine laotamist. [8]

Kui parandatava jämedateralise või peeneteralise pinnase veesisaldus on oluliselt kõrgem kui optimaalne veesisaldus, siis tuleb seda vähendada sobilikel meetoditel.

Sobilik meetod on näiteks sideainete segude kasutamine. Peen lubi, mida kasutatakse sideainete segudes, vähendab pinnase veesisaldust ning tagab optimaalsed tingimused materjali laotamiseks ning tihendamiseks. [8]

## 4. KATSETES KASUTATAVAD MATERJALID

Antud lõputöö raames teostati laboratoorseid katsetusi kolme erineva täitematerjaliga. Katsetatavateks materjalideks olid killustiksegu, pestud paekivisõelmed ehk paeliiv ning kvartslüiv. Vajalik materjalikogus kõikide laboratoorsete katsete sooritamiseks oli:

- killustiksegu – 160 kg;
- pestud paekivisõelmed – 120 kg;
- kvartslüiv – 120 kg.

Killustiksegu ning pestud paekivisõelmed toodi kohale Vão karjäärist ning kvartslüiv Tallinna Tehnikakõrgkooli Teedelaborist. Kuna killustiksegu koguti kastidesse kuhilast, siis pidi proovide kuhilast võtmisel arvesse võtma EVS-EN 932-1:2000 standardit. Arvesse võeti jämetäitematerjali loomulikku segregerumist ehk kus asetseb kuhilas peen-, keskmine- ning jämetäitematerjal, et täitematerjal oleks nõuetekohase terakoostisega.

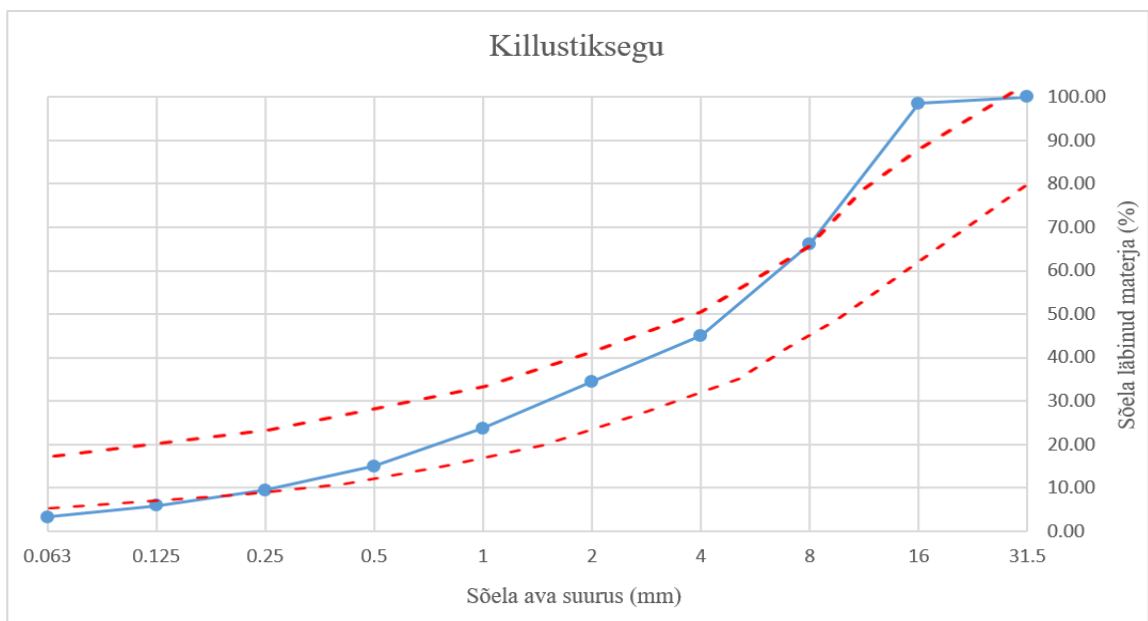
Kui materjalid laborisse jõudsid, siis enne katsetama hakkamist kvarteeriti iga materjal vastavalt EVS-EN 932-1:2000 standardile.



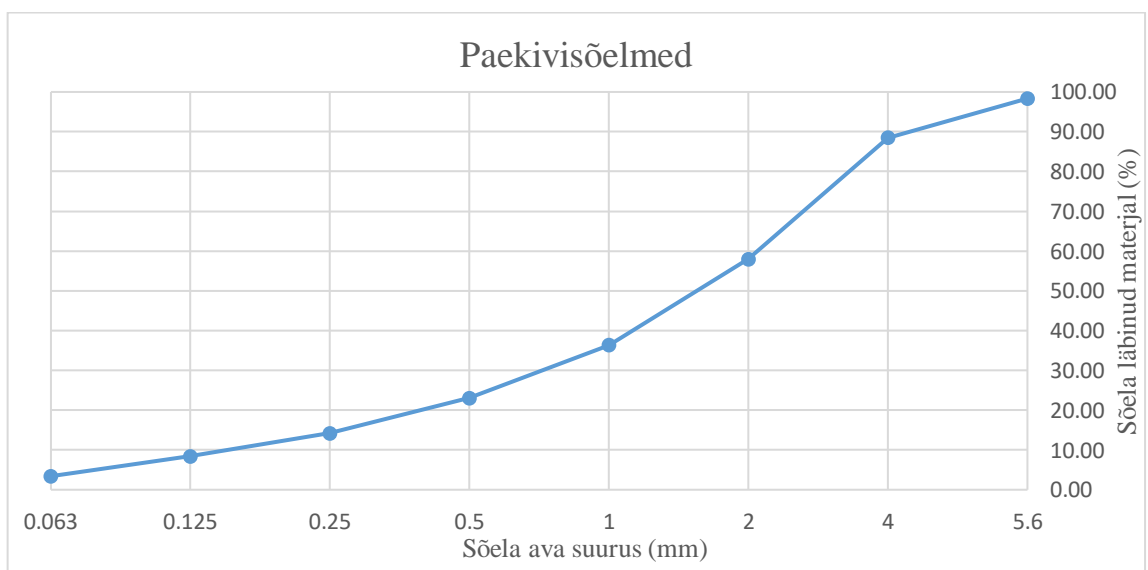
Foto 3. Pestud paekivisõelmete kvarteerimine. [Erakogu]

## 4.1. Terakoostised

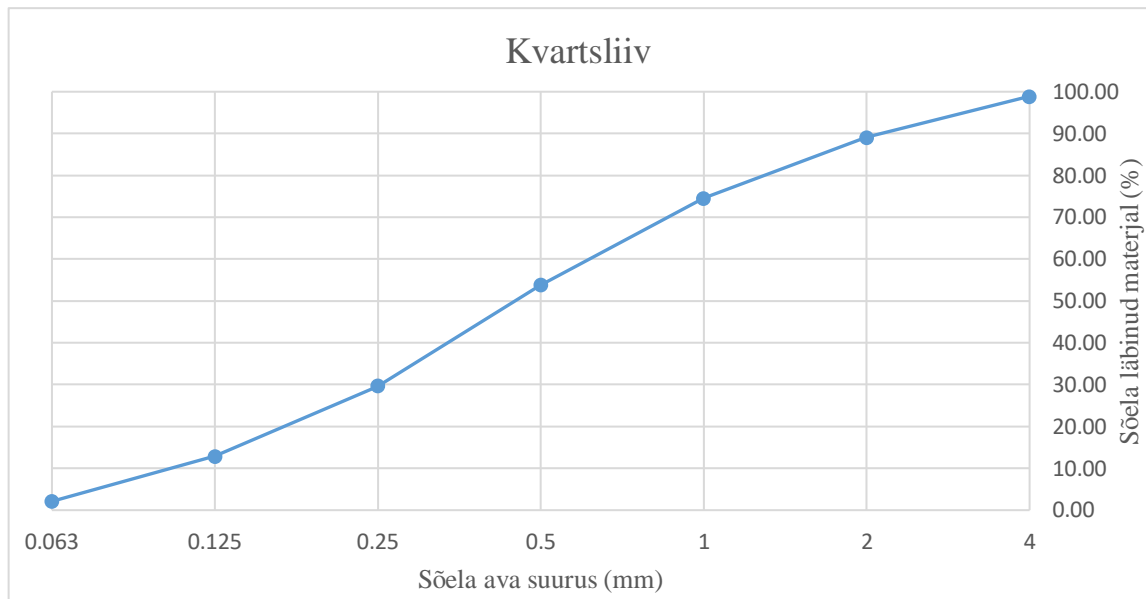
Enne edasisi katsetusi teostati iga materjali sõelumine, et selgitada välja antud täitematerjalide sõelkõverad. Sõelumised viidi läbi Tallinna Tehnikakõrgkooli laboratooriumis. Joonisel 5 on iseloomustatud katsetatava killustiksegu terakoostist ning Maanteeameti (praegune Transpordiamet) stabiliseeritud katendikihtide ehitamise juhendis kirjeldatud terakoostise piire. Katsetatav killustiksegu jääb veidi nõutud terakoostise piiridest välja. Joonis 6 iseloomustab pestud paekivisõelmete terakoostist ning Joonis 7 iseloomustab kvartsliaa terakoostist.



Joonis 5. Killustiksegu sõelkõver.



Joonis 6. Pestud paekivisõelmete sõelkõver.



Joonis 7. Kvartslüiva sõelkõver.

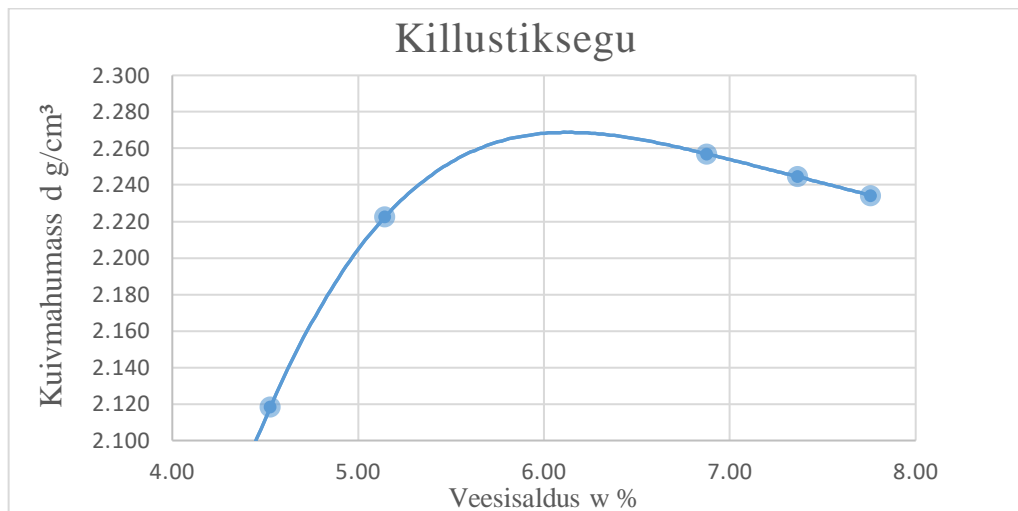
#### 4.2. Materjalide optimaalsed veesisaldused ning maksimaalsed kuivtihedused

Enne katsekehade valmistamist oli vajalik leida iga materjali optimaalsed veesisaldused. Antud lõputöös on leitud iga materjali optimaalne veesisaldus koos sideainega ning võrdluseks ka ilma sideaineta.

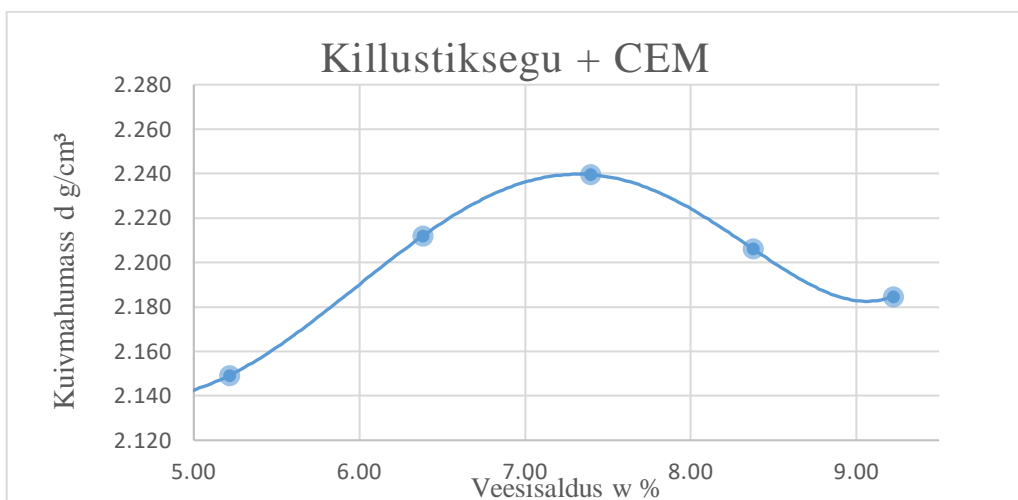
Leidmaks maksimaalset kuivmahumassi ning optimaalset veesisaldust kaaluti ühe veeprotsendipunkti juures välja ~ 2500 g materjali ning lisati sellele vastav kogus vett. Kui määrati optimaalset veesisaldust materjalile, mis oli sideainega segatud, siis lisati vett vastavalt sellele, kui palju kaalu sideaine lisamine materjalile juurde andis. Täitematerjal ning sideaine segati eelnevalt omavahel korralikult ära, et materjal ja sideaine seguneks ühtlaselt. Alles seejärel kui oli valmis ühtlane segu, lisati vett ning segati segu valmis. Seejärel jäeti segu natukeseks anumasse seisma, et materjal imaks niiskuse endasse. Kui segu oli valmis, siis tihendati see Proctor seadmega. Killustiksegu optimaalse veesisalduse leidmiseks kasutati modifitseeritud Proctori vormi ning pestud paekivisõelmete ja kvartslüiva andmete saamiseks standardset Proctori vormi. Peale tihendamist võeti Proctor vormilt ära krae ning siluti materjal vormi äärega tasaseks ning seejärel kaaluti materjal koos Proctor vormiga ära. Seejärel võeti vormis olevast materjalist tepsidesse kolm proovi ning kaaluti ära. Proovid võeti vormi ülevalt, keskelt ning põhjast. Järgmisel päeval kaaluti tepsid koos kuiva materjaliga ära ning saadi teada tepsides olnud materjali veesisaldused, mille põhjal arvutati kuivmahumassid.

#### 4.2.1. Killustiksegu

Killustiksegu maksimaalne kuivmahumass oli  $2.270 \text{ g/cm}^3$  ning optimaalne veesisaldus 6% (vt Joonis 8). Seejärel lisati killustiksegule 3.5% tsementi ning leiti antud segu kuivmahumass ning optimaalne veesisaldus. Peale sideaine lisamist oli antud segu maksimaalne kuivmahumass  $2.240 \text{ g/cm}^3$  ning optimaalne veesisaldus 7.39% (vt Joonis 9). Antud tulemustest saab järeldada, et lisatud sideainekogus ei mõjuta killustiksegu maksimaalset kuivmahumassi ega ka optimaalset veesisaldust.



Joonis 8. Killustiksegu Proctor graafik ilma sideaineta.

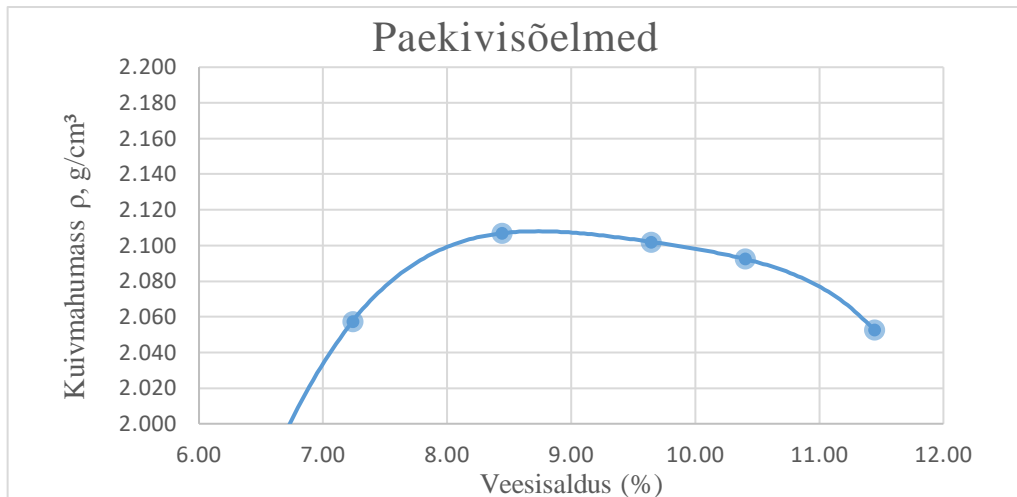


Joonis 9. Killustiksegu Proctor graafik koos sideainega.

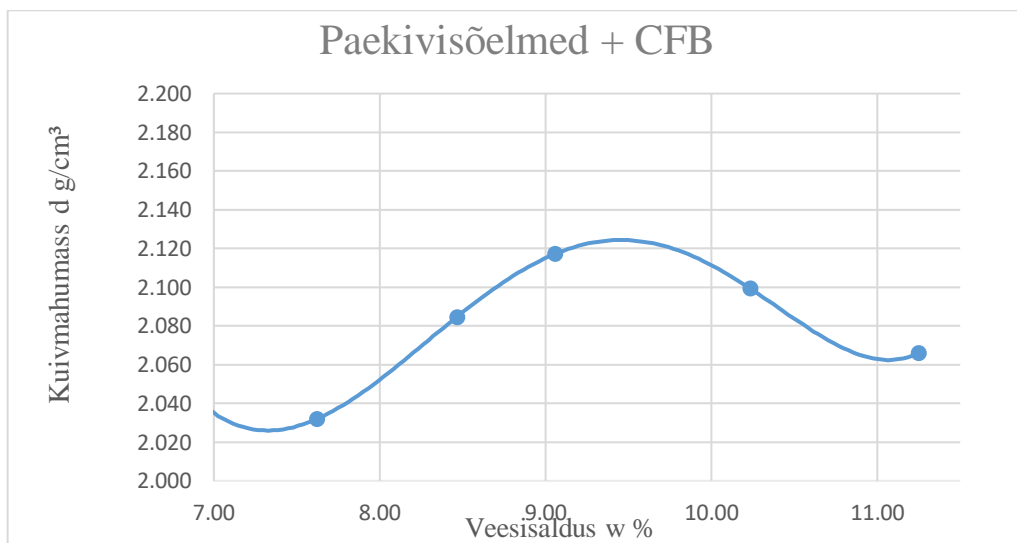
#### 4.2.2. Pestud paekivisõelmed

Pestud paekivisõelmete maksimaalne kuivmahumass oli  $2.107 \text{ g/cm}^3$  ning optimaalne veesisaldus 8.44%. (vt Joonis 10). Seejärel lisati paekivisõelmetele 8% CFB tuhka ning leiti antud segu

maksimaalne kuivmahumass ning optimaalne veesisaldus. Antud segu maksimaalne kuivmahumass oli  $2.117 \text{ g/cm}^3$  ning optimaalne veesisaldus 9.06% (vt Joonis 11). Antud tulemustest võib järeldada, et CFB tuha lisamine segusse tõstab antud segu maksimaalset kuivmahumassi ning optimaalset veesisaldust.



Joonis 10. Pestud paekivisõelmete Proctor graafik ilma sideaineta.

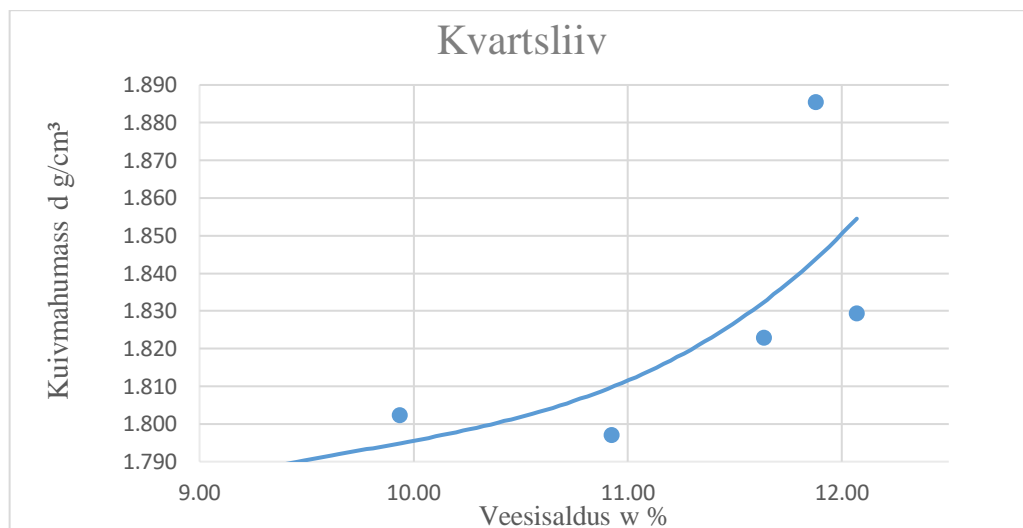


Joonis 11. Pestud paekivisõelmete Proctor graafik koos sideainega.

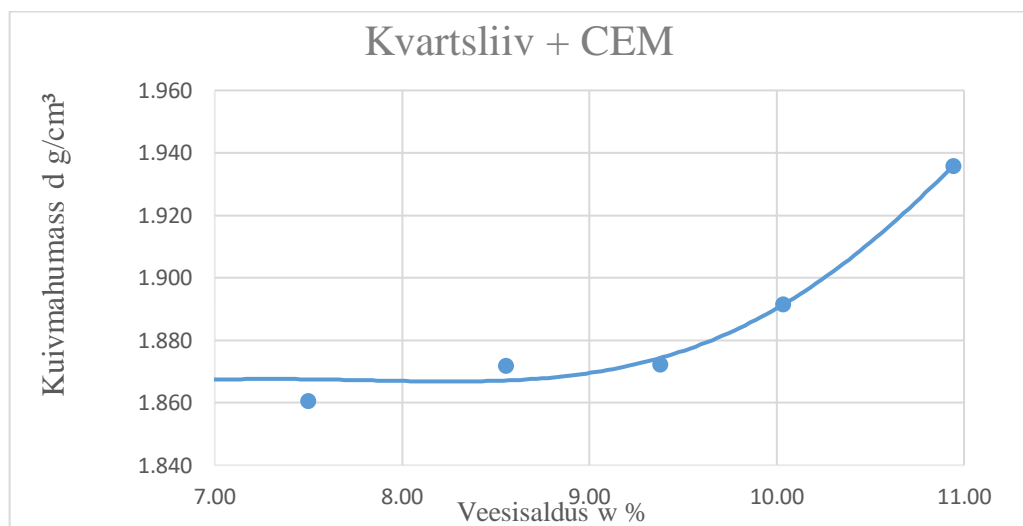
#### 4.2.3. Kvartslüiv

Kuna antud kvartslüiva mahumass aina tõusis ning langemist ei tekkinud, siis lisati vett senikaua, kuni materjali tihendamisel Proctori vormist vesi välja hakkas immitsema. Kui teatud protsendi juures Proctori vormist vesi välja immitses, siis võeti optimaalseks veesisalduseks üks aste madalamal oleva vee protsendi andmed.

Kvartsliaiva maksimaalne kuivmahumass oli  $1.885 \text{ g/cm}^3$  ning optimaalne veesisaldus 11.88% (vt Joonis 12). Seejärel lisati kvartsliaivale 3.5% tementi ning leiti antud segu maksimaalne kuivmahumass ning optimaalne veesisaldus. Antud segu maksimaalne kuivmahumass oli  $1.892 \text{ g/cm}^3$  ning optimaalne veesisaldus 10.03% (vt Joonis 13). Antud tulemustest võib järeldada, et tsemendi lisamine kvartsliaivale tõstab materjali maksimaalset kuivmahumassi.



Joonis 12. Kvartsliaiva Proctor graafik ilma sideaineta.



Joonis 13. Kvartsliaiva Proctor graafik koos sideainega.

## 4.3. Segude valmistamine

### 4.3.1. Sideainesisaldused

Antud lõputöös kasutati kahte segued valmistamisel kahte erinevat sideainet. Killustiksegu ning kvartslüiva juures kasutati sideainena tsementi (Weber CEM I 42,5N). Pestud päekivisõelmetega segu valmistamisel kasutati sideainena põlevkivituhka (CFB). Segudes, milles kasutati sideainena tsementi, oli tsemendi osa 3.5%. Segudes, milles kasutati sideainena põlevkivituhka, oli põlevkivituhha osa 8%.



Foto 4. CFB tuhk [Erakogu]

### 4.3.2. Veesisaldused

Peale seda, kui iga materjali optimaalsed veesisaldused olid leitud, siis oli ka selge, milliste veesisaldustega segusid tegema pidi. Seguretseptid on eraldi välja toodud Tabel 2. Antud lõputöös valmistati iga materjaliga katsekehad kolme erineva veesisalduse juures:

- Killustiksegu – 7.5% (optimaalne veesisaldus), 10.5%, 12%;
- Pestud päekivisõelmed – 9% (optimaalne veesisaldus), 12%, 15%;
- Kvartslüiv – 10% (optimaalne veesisaldus), 13%, 15%.

Kuigi enne katsekehade valmistamist oli plaan valmistada katsekehad lisades optimaalsele veesisaldusele +3% ning +6% vett, siis töö käigus selgus killustiksegu ning kvartslüiva juures, et

optimaalsele veesisaldusele 6% vee lisamisel ei olnud võimalik materjali tihendada ning katsekeha töödelda. Seega pidi segu veesisaldust natukene vähendama.

Tabel 2. Seguretseptid proovikehade valmistamiseks.

Katsetatav täitematerjal	Lisatav sideaine	Lisatavad veeprotsendid
Killustiksegu	Tsement (3.5%)	7.5%
		10.5%
		12%
Pestud paekivisõelmed	CFB põlevkivituhk (8%)	9%
		12%
		15%
Kvartslüiv	Tsement (3.5%)	10%
		13%
		15%

#### 4.3.3. Proovikehade valmistamine

Materjalid ja sideained segati kokku ämbris ning selleks kasutati segutrelli. Kõigepealt kallati ämbrisse materjal ja sideaine ning segati omavahel kuivalt kokku ning alles seejärel lisati ämbrisse vesi. Peale vee lisamist segati segu uuesti läbi kuni kogu materjal oli vee endasse imanud ning kuivasid kohti enam näha ei olnud. Seejärel lasti segul 10 minutit siesta, et niiskus materjali paremini imanduks.

Kui segu oli valmis, siis hakati proovikehasid valmistama. Killustiksegust proovikehad valmistati kasutades modifitseeritud Proctor vormi ning pestud paekivisõelmetest ja kvartslüivast proovikehad valmistati kasutades standardset Proctor vormi. Katsekehad, mis valmistati kasutades modifitseeritud Proctor vormi, olid 120 mm kõrged ning 150 mm läbimõõduga. Katsekehad, mis valmistati kasutades standardset Proctor vormi, olid 120 mm kõrged ning 100 mm läbimõõduga. Kõik katsekehad valmistati vastavalt EVS-EN 13286 standardile. Kokku valmistati 81 katsekeha.



Foto 5. Katsekehade valmistamiseks kasutatav Proctor seade [Erakogu]



Foto 6. Katsekehade survetugevuse mõõtmiseks kasutatav press [Erakogu]

#### 4.3.4. Proovikehade hoiustamine

Valmistatud proovikehad kiletati ära ning asetati plastmassanumasse. Anuma põhi täideti veega ning vee kohale asetati metallvõre, mis hoiaks proovikehad veest kõrgemal. Anuma kaane alla asetati veel üks kiht kile, et vältida niiskuse kadu proovikehades.

Proovikehasid hoiustati iga veeprotsendi juures 7 päeva ning 28 päeva. Pooled 28 päevased katsekehad asetati 24 h enne survetugevuse mõõtmist veega täidetud anumasse, et proovikehad imeksid endale niiskuse sisse.

Pooled killustiksegust valmistatud 28 päevased katsekehad asetati kohe peale katsekehade valmistamist 28 päevaks veega täidetud anumasse. Kvartslüüvast valmistatud katsekehad hoiustati kliimakapis.



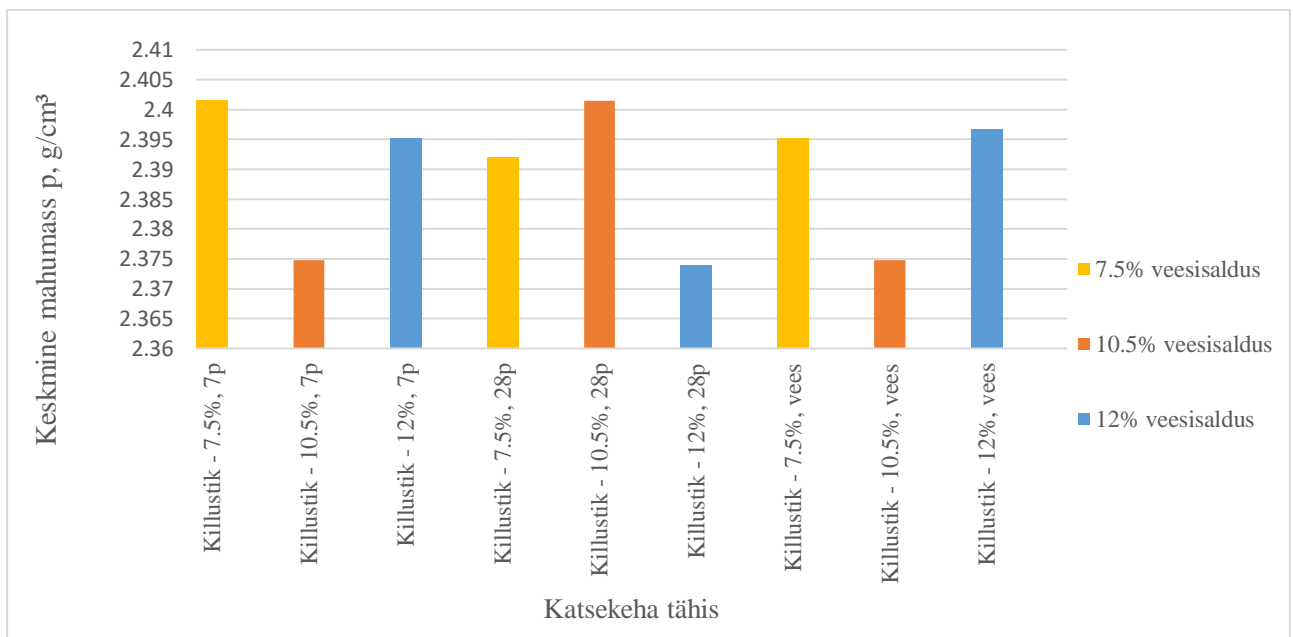
Foto 4. Kiletatud katsekehad hoiustamisanumas. [Erakogu]

## 5. PROOVIKEHADE KATSETE TULEMUSED

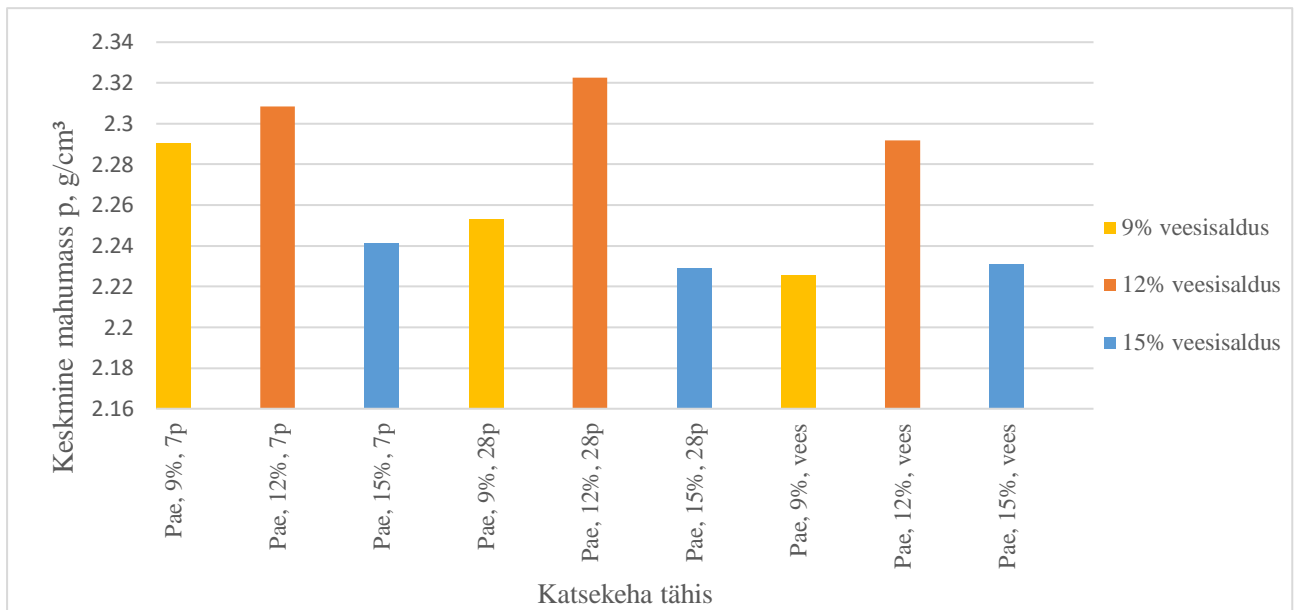
Antud peatükis kirjeldatakse iga materjali katsetulemusi. Kõik katsetatavad killustiksegu proovikehad olid orienteeruvalt 120 mm kõrged ning 150 mm läbimõõduga. Pestud pækivisõelmetest ning kvartslüivast proovikehad olid orienteeruvalt 120 mm kõrged ning 100 mm läbimõõduga. Täpsed proovikehade mõõtmed on välja toodud Lisa 13. Kokku katsetati valmistati ja katsetati 81 katsekeha ning saadi teada antud katsekehade tihedused, survetugevused ning katsetamisaegsed niiskusesisaldused.

### 5.1. Katsekehade tihedused

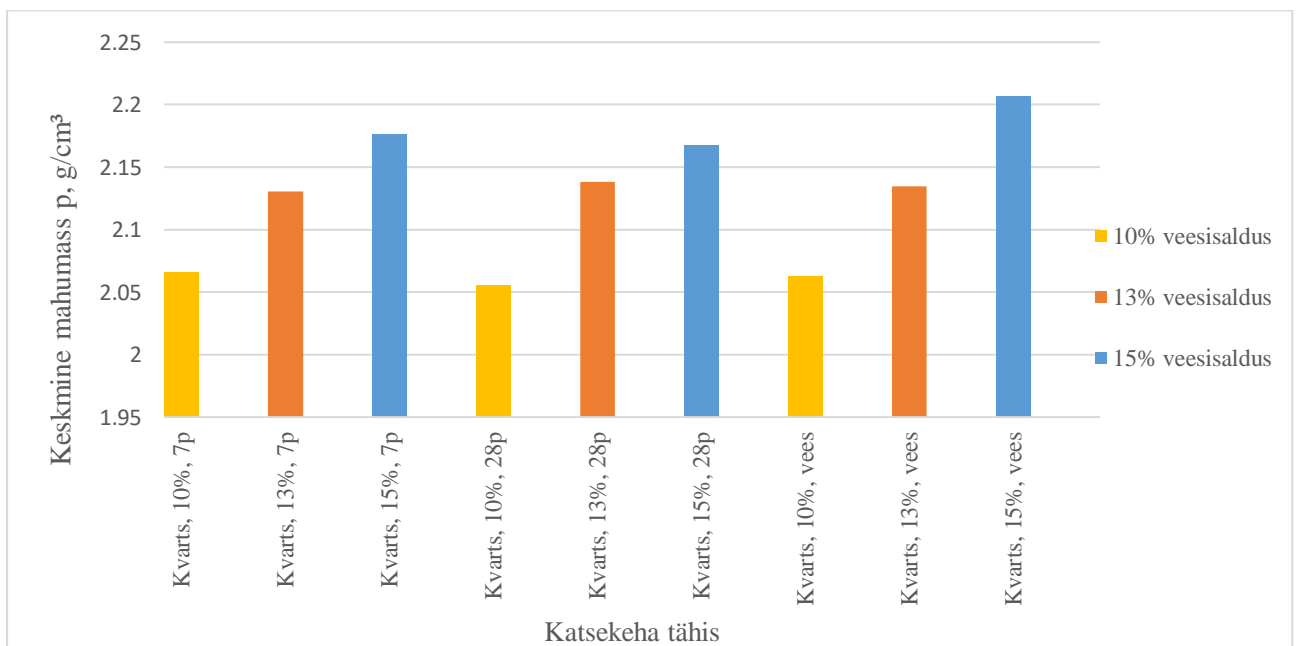
Killustiksegu valmistatud proovikehade tihedused varieeruvad 2.37...2.42 g/cm<sup>3</sup>. Joonisel 14 on välja toodud killustiksegu katsekehade keskmised tihedused. Pestud pækivisõelmetest proovikehade tihedused varieeruvad 2.22...2.33 g/cm<sup>3</sup>. Joonisel 15 on välja toodud pestud pækivisõelmetest proovikehade keskmised tihedused. Kvartslüivast proovikehade tihedused varieeruvad 2.05...2.21 g/cm<sup>3</sup>. Joonisel 16 on välja toodud kvartslüivast katsekehade keskmised tihedused. Iga proovikeha tihedus on eraldi välja toodud Lisa 10.



Joonis 14. Killustiksegu katsekehade keskmised kuivmahumassid.



Joonis 15. Pestud paekivisõelmetest katsekehade keskmised kuivmahumassid.



Joonis 16. Kvartslüivast katsekehade keskmised kuivmahumassid.

## 5.2. Katsekehade survetugevused

Killustiksegust valmistatud proovikehade survetugevused varieeruvad 2.56...8.77 N/mm<sup>2</sup>. Pestud paekivisõelmetest proovikehade survetugevused varieeruvad 0.13...2.84 N/mm<sup>2</sup>. Kvartslüivast proovikehade survetugevused varieeruvad 0.55...1.21 N/mm<sup>2</sup>. Joonisel 19 on välja toodud killustiksegust proovikehade keskmised survetugevused. Joonisel 18 on välja toodud pestud

paekivisõelmetest katsekehade keskmised survetugevused. Joonisel 17 on välja toodud kvartsliidast katsekehade keskmised survetugevused. Iga proovikeha survetugevus on eraldi välja toodud Lisa 11.

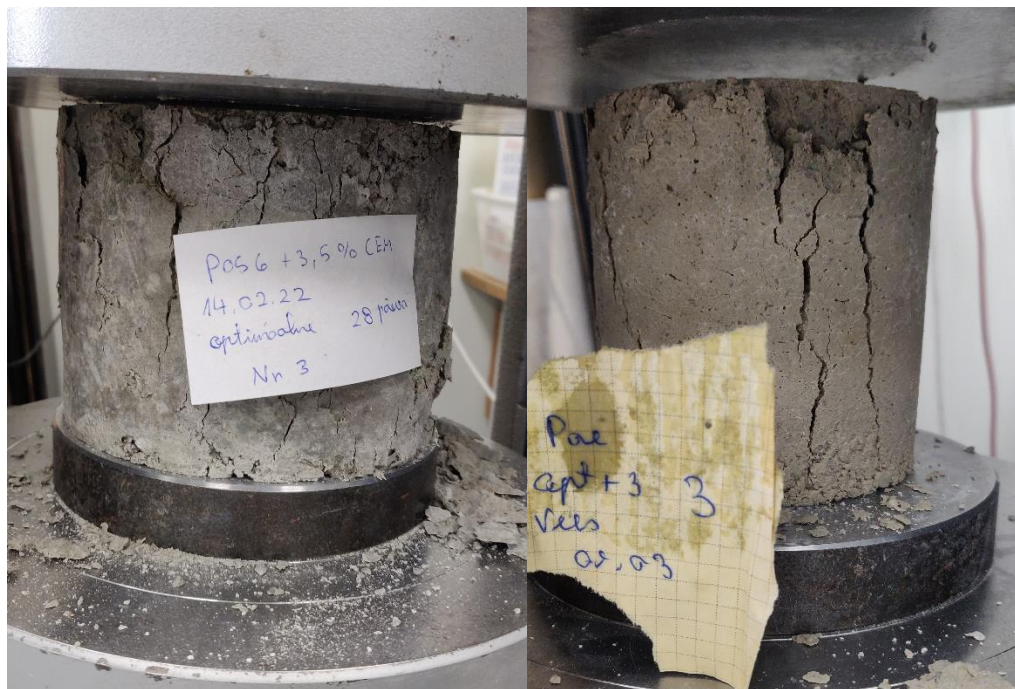
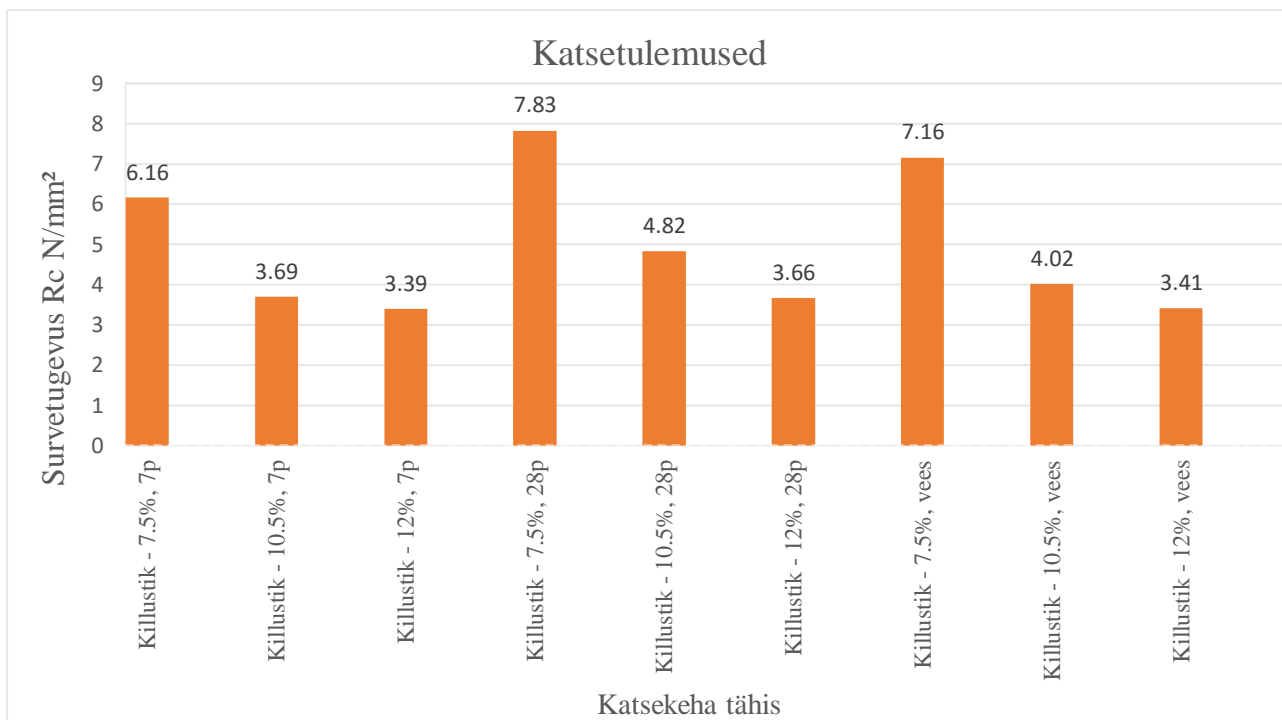


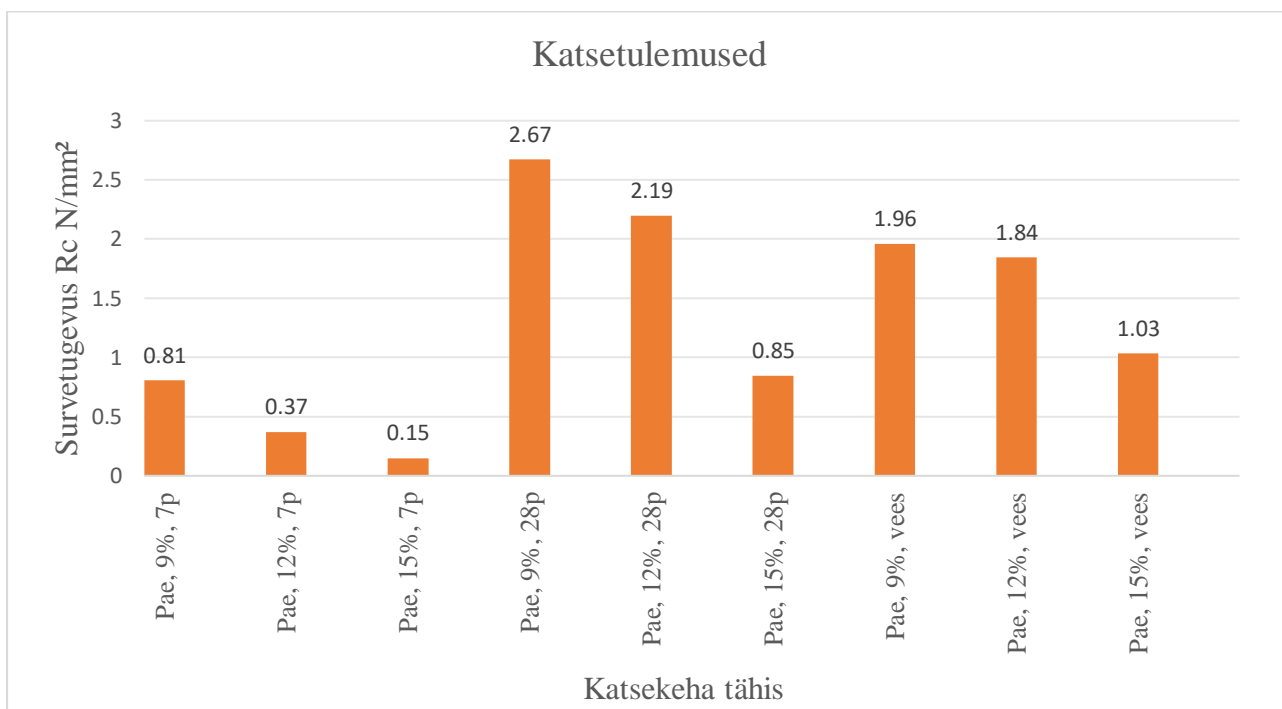
Foto 5. Foto 6. Killustiksegust ning pestud paekivisõelmetest valmistatud katsekehade purunemismuster. [Erakogu]



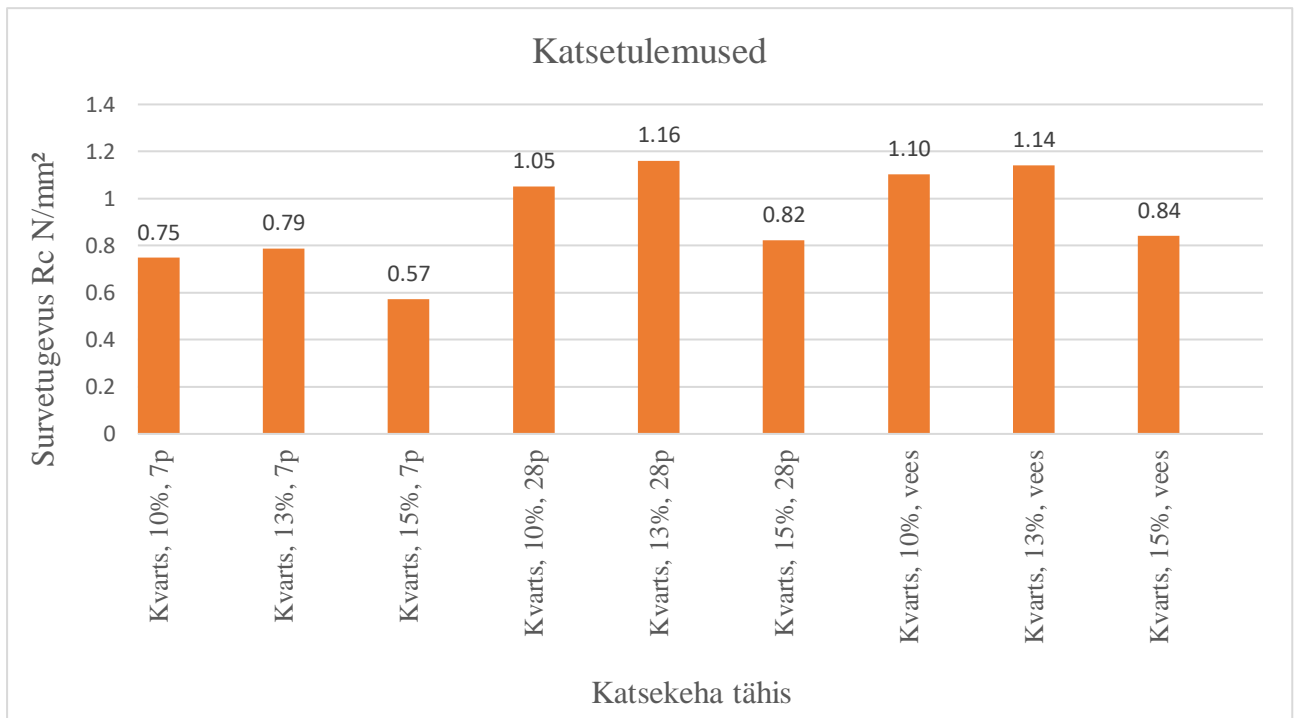
Foto 7. Kvartsliidast katsekeha purunemismuster [Erakogu]



Joonis 17. Killustiksegust katsekehade keskmised survetugevused.



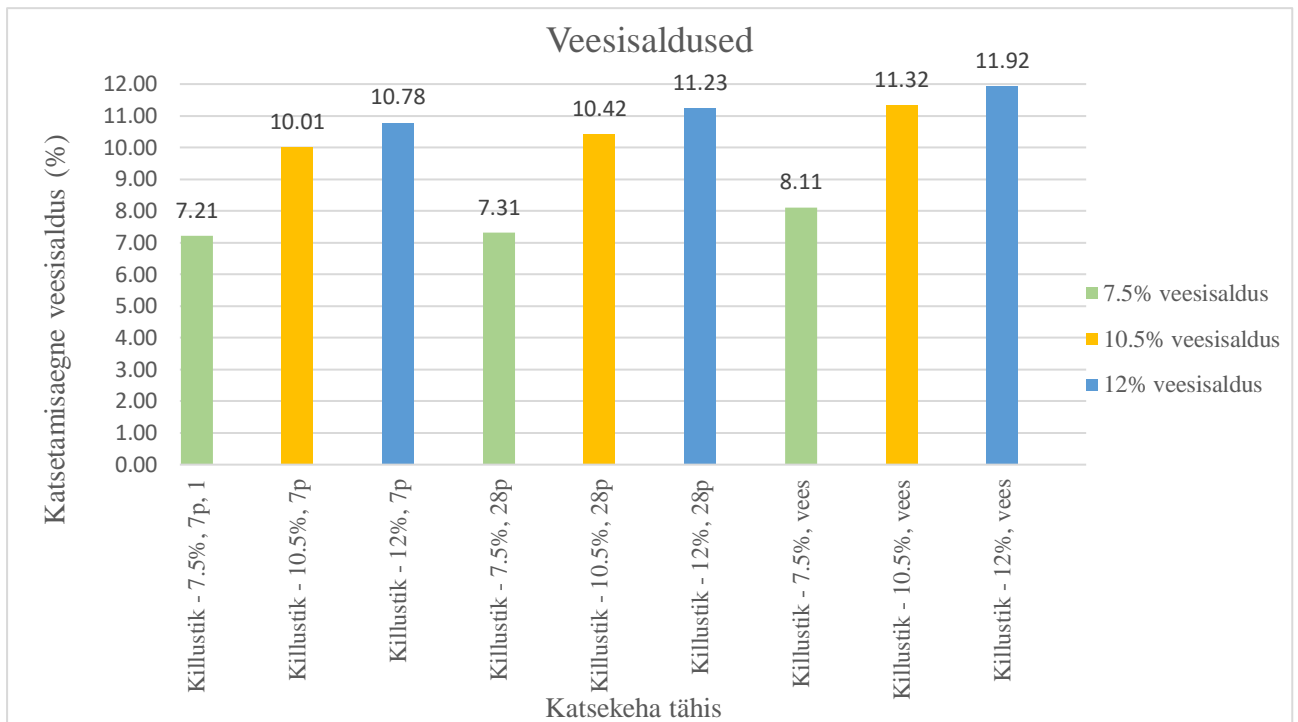
Joonis 18. Pestud paekivisõelmetest katsekehade keskmised survetugevused.



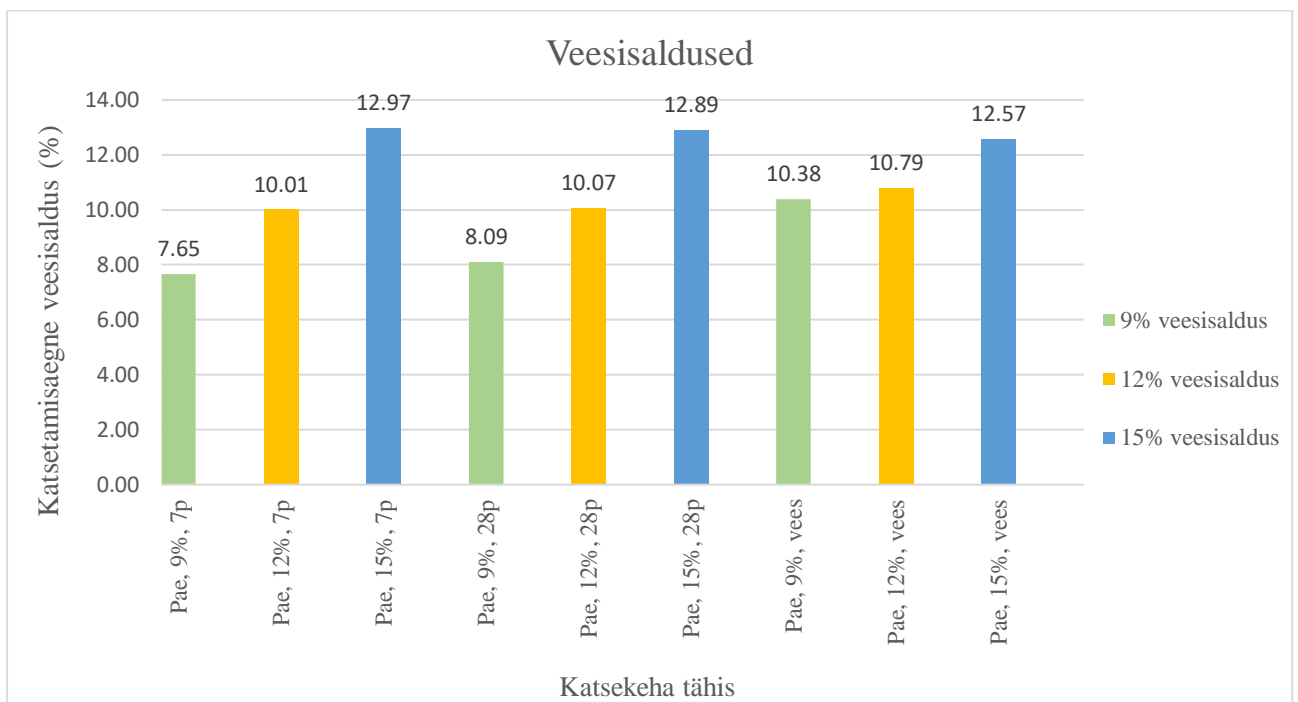
Joonis 19. Kvartslivast katsekehade keskmised survetugevused.

### 5.3. Veesisaldused

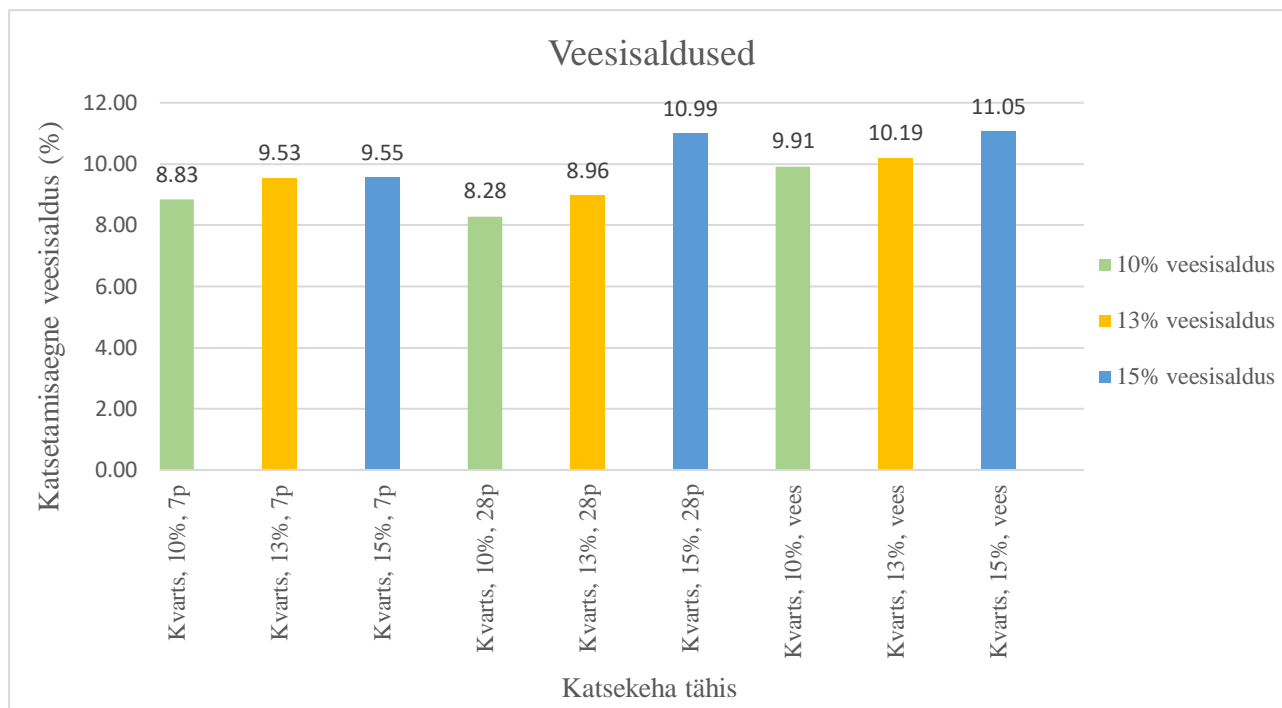
Killustiksegust valmistatud katsekehade veesisaldused varieeruvad 6.55...12.68%. 28 päeva vees hoiustatud katsekehade veesisaldus muutus kõrgemaks. Pestud päekivisõelmetest valmistatud katsekehade veesisaldused varieeruvad 7.24...13.33%. Kvartslivast valmistatud katsekehade veesisaldused varieeruvad 8.20...11.64%. Joonisel 20 on välja toodud killustiksegust katsekehade keskmised katsetamisaegsed niiskused. Joonisel 21 on välja toodud pestud päekivisõelmetest katsekehade keskmised katsetamisaegsed niiskused. Joonisel 22 on välja toodud kvartslivast katsekehade keskmised katsetamisaegsed niiskused. Iga katsekeha veesisaldus on eraldi välja toodud Lisa 12. Katsekehades, mis asetati enne katsetamist 24ks tunniks vette, oli veesisaldus tõusnud.



Joonis 20. Killustiksegust katsekehade keskmine katsetamisaegne niiskus.



Joonis 21. Pestud paekivisõelmetest katsekehade keskmine katsetamisaegne niiskus.



Joonis 22. Kvartslüivast katsekehade keskmine katsetamisaegne niiskus.

## 5.4. Analüüs

Peale seda kui katsekeha hüdraulilise pressi vahel purunes ilmus masina ekraanile väärtus kilonjuutonites (kN). See väärtus tuli teisendada megapaskalitesse (MPa) ehk  $N/mm^2$ . Selleks oli vajalik korrutada jõud (kN) tuhandega ning seejärel jagada katsekeha ristlõikepindalaga ( $AC \text{ mm}^2$ ).

Kui võtta arvesse EVS-EN 12390-3:2019 standardit ning seal kirjeldatud purunemismustreid ning võrrelda neid antud lõputöö katsekehade purunemismustritega, siis saab öelda, et segud olid valmistatud korrektselt ning tulemused saab lugeda usaldusväärseteks.

Killustiksegust katsekehade survetugevustest on hästi näha, kuidas veesisaldus mõjutab katsekeha survetugevust. Optimaalse veesisalduse juures on katsekehad kõige suurema survetugevusega ning järgmiste veesisalduste juures hakkab survetugevus nii 7 päeva kui ka 28 päeva vanustel katsekehadel juba langema.

Antud killustiksegust valmistatud katsekehade 7 ja 28 päeva vanuste katsekehade survetugevused vastasid osaliselt Maanteeameti (praegune Transpordiamet) stabiliseeritud katendikihtide ehitamise juhendis kajastatud nõuetele. Antud juhendi kohaselt peab 7 päevaste katsekehade survetugevus

olema  $\geq 2$  MPa ning 28 päevaste katsekehade survetugevus  $\geq 4$  MPa kuni  $\leq 12$  MPa. Lõputöös kasutatavast killustiksegust valmistatud 7 päevaste katsekehade survetugevused vastasid antud nõuetele kõigi kolme veeprotsendi juures ning katsekehade survetugevused varieerusid 2.56...6.67 N/mm<sup>2</sup>. 28 päevaste katsekehade survetugevused vastasid antud nõuetele optimaalse veesisalduse juures ning optimaalsele 3% veesisalduse lisamisel. Kui optimaalsele veesisaldusele lisati 4.5% vett, siis ei vastanud antud katsekehad enam survetugevuse nõuetele. 28 päevaste katsekehade survetugevused varieerusid 2.59...8.77 N/mm<sup>2</sup>. 28 päevaste katsekehade puhul, mis asetati 24h enne katsetamist vette, vastasid nõuetele ainult need katsekehad, mis olid valmistatud optimaalse veesisalduse juures. Optimaalsele veesisaldusele 3% ja 4.5% lisades ei täitnud antud segudest valmistatud katsekehad survetugevuse nõudeid. Vees hoiustatud katsekehade survetugevused varieerusid 3.49...7.48 N/mm<sup>2</sup>.

D. E. Montgomery 1998. Aastal läbiviidud uuringus mõõdeti betoonist katsekehade survetugevusi erinevate vesitsementtegurite juures. Antud uuringus tuli välja see, et mida kõrgem oli segu vesitsementtegur, seda madalam oli nii 7 päevaste kui ka 28 päevaste katsekehade survetugevus. [10] Antud lõputöö katsekehade vesitsementtegurid olid samuti tõusvas trendis. Killustiksegu vesitsementtegur optimaalse veesisalduse juures oli 2.21 ning veesisalduse tõstmisel 3.1 ja 3.54. Pestud paekivisõelmete vesitsementtegur optimaalse veesisalduse juures oli 1.21 ning veesisalduse tõstmisel 1.62 ja 2.02. Kvartsiiva vesitsementtegur optimaalse veesisalduse juures oli 2.95 ning veesisalduse tõstmisel 3.84 ja 4.43. Antud tulemustest on näha samasugust seost vesitsementteguri ja survetugevuste vahel.

Kvartsiiva puhul oli näha, et kui optimaalsele niiskusele lisada 3% vett, siis katsekehade keskmine survetugevus küll natuke tõusis, kuid iga katsekeha survetugevused eraldi optimaalse ning 3% lisatud vee juures olid praktiliselt sama väärtusega. Survetugevuse langemist oli märgata kui optimaalsele niiskusele lisati 5% vett.

Pestud paekivisõelmete survetugevusest on samuti näha seost veesisalduse ning survetugevuse vahel. Mida rohkem on segus vett, seda väiksem on katsekeha survetugevus. Pestud paekivisõelmetest katsekehade survetugevustest tuleb välja see, et 7 päeva vanuseid katsekehasid mõjutab lisatav veesisaldus rohkem kui 28 päeva vanuseid katsekehasid. LIFE + OSAMAT projekti järelmonitooringu aruandes on järeldatud, et CFB tuhal on suuresti kõikuv tarduvusaja algus. [11] Antud lõputöö paekivisõelmete survetugevuste tulemustes on näha, et kui lisada optimaalsele veesisaldusele juurde 5% vett, siis on katsekehade keskmine survetugevus 5 korda väiksem. Kui CFB tuhk jõuab 28 päeva veega reageerida, siis on samade veeprotsentidega katsekehasid võrreldes

keskmine survetugevus ~ 3 korda väiksem ning enne katsetamist 24h vees seisnud katsekehadel ~ 2 korda väiksem.

Katsetulemused olid suuresti ootuspärased, kuna eelduste kohaselt pidigi katsekehade survetugevus veeprotsendi tõusmisel langema. Kindlasti annaks antud teemat edasi uurida veel teiste sideainetega eraldi või siis erinevaid sideaineid kokku segades.

## KOKKUVÕTE

Antud lõputöös uuriti veesisalduse mõju hüdrauliliselt seotud segude omadustele. Katsete teostamiseks vajaminevad täitematerjalid toodi kohale Vao karjäärist ning Tallinna Tehnikakõrgkooli teedelaborist. Täitematerjalide kvarteerimine, segude valmistamine, silindrikujuliste katsekehade valmistamine ning katsekehade survetugevuse testimine toimus Tallinna Tehnikakõrgkooli laboratooriumis.

Katsetati kolme erinevat täitematerjali: killustiksegu, pestud paekivisõelmeid ning kvartslüiva. Iga täitematerjaliga valmistati katsekehad kolme erineva niiskusesisalduse juures. Killustiksegust ning kvartslüivast valmistatud segudes kasutati sideainena tsementi (Weber CEM I 42,5N) ning pestud paekivisõelmetest valmistatud segudes kasutati sideainena CFB tuhka.

Killustiksegust katsekehad valmistati 7.5%, 10.5% ning 12% veesisalduse juures ning sideaine kogus oli igas katsekehas 3.5%. Pestud paekivisõelmetest katsekehad valmistati 9%, 12% ning 15% veesisalduste juures ning sideaine kogus oli igas katsekehas 8%. Kvartslüivast katsekehad valmistati 10%, 13% ning 15% veesisalduste juures ning sideaine kogus igas katsekehas oli 3.5%.

Katsekehad valmistati kasutades Proctor-teimi meetodikat ning hoiustati 7 ja 28 päeva. Katsekehade survetugevus mõõdeti hüdraulilise pressiga. Kokku katsetati 81 erineva katsekeha survetugevust.

Antud lõputöö tulemustes oli hästi näha seos veesisalduse ja survetugevuse vahel. Mida kõrgemaks läks katsekehade veesisaldus, seda väiksemaks muutus katsekeha survetugevus. Kuigi antud lõputöö tulemused täitsid ootusi, siis saaks antud teemal veel täiendavaid uuringuid teha, näiteks lisades segusse kahte erinevat sideainet ja siis vaadates kuidas veesisalduse muutus katsekehade tulemusi mõjutab.

## SUMMARY

The following thesis *The Effect of Water Content on Hydraulically Bound Mixtures* focuses on water content and its effects on hydraulically bound mixtures. The aggregates used in the tests were brought in from Vão quarry and from Tallinn University of Applied Science's road laboratory. The quartering of the aggregate, making of the mixtures, making of cylinder-shaped test pieces and testing the compression strength all took place in Tallinn University of Applied Sciences's laboratory.

Three different aggregates were used: Crushed stone mixture, limestone screenings and quartz sand. Test pieces were made at three different water contents with every aggregate. In mixtures made with crushed stone mixture and quartz sand, cement (weber CEM I 42,5N) was used as a binder and in mixtures made with limestone screenings, CFB ash was used as a binder.

Test pieces made using crushed stone mixture were made at 7.5%, 10.5% and 12% water content and the percentage of binder in every test piece was 3.5%. Test pieces made using limestone screenings were made at 9%, 12% and 15% water content and the percentage of binder in every test piece was 8%. Test pieces made using quartz sand were made at 10%, 13% and 15% water content and the percentage of binder was 3.5%.

The test pieces were made using Proctor methodology and were deposited for 7 and 28 days. The compressive strengths were measured used a hydraulical press. Altogether 81 test pieces were tested for their compressive strengths.

In this thesis the relationship between water content and compressive strenght was well visible. The higher the water content in the test piece got the lower the compressive strenght of the test piece was. Even though the results of this thesis met the expectations, there could still be additional studys made on this topic. For example one could add two different binders in the mixture and then see the effect of the change of water content on test pieces.

## VIIDATUD ALLIKAD

- [1] V. Jaaniso. Pinnasemehaanika.
- [2] Sadanandam Anupoju. Soil Moisture Content-Dry Density Relationship. Vaadatud 25.04.2022. <https://theconstructor.org/geotechnical/soil-moisture-content-dry-density-relationship/6947/>
- [3] Maanteeamet. (2022, Apr.) Muldkeha pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhised. Maanteeamet, 2006. [Online] [https://www.mnt.ee/sites/default/files/contenteditors/Failid/Juhendid/ehitus/pinnaste\\_tihendamise\\_ja\\_tiheduse\\_kontrolli\\_juhised.pdf](https://www.mnt.ee/sites/default/files/contenteditors/Failid/Juhendid/ehitus/pinnaste_tihendamise_ja_tiheduse_kontrolli_juhised.pdf)
- [4] Maanteeamet. (2022, Apr.) Stabiliseeritud katendikihtide ehitamise juhised. [Online]. [https://www.mnt.ee/sites/default/files/contenteditors/Failid/Juhendid/ehitus/stabiliseeritud\\_katendikihtide\\_ehitamise\\_juhised\\_0.pdf](https://www.mnt.ee/sites/default/files/contenteditors/Failid/Juhendid/ehitus/stabiliseeritud_katendikihtide_ehitamise_juhised_0.pdf)
- [5] Aavik A. 2005. Pinnase tihendamine ja tiheduse kontroll. Teeleht, 3(43), 8-9.
- [6] Hydraulic binders testing laboratory. (27.04.2022). <https://www.geos-laboratories.com/hydraulic-binders-testing-laboratory/>
- [7] Alan Forster. (2004). How hydraulic binders work – hydraulicity for beginners and the hydraulic lime family.
- [8] Garret D. Reeder, Dale S. Harrington, Michael E. Ayers, Wayne Adaska. (2017). Guide to full-depth reclamation, 2017.
- [9] Kildjer P. (2017). *Puurija käsiraamat*. Tallinn: Eesti Geoloogia Selts.
- [10] Montgomery D. E. (1998). Stabilised Soil Research Progress Report SSRPR2.
- [11] ERC Konsultatsiooni OÜ, "LIFE + OSAMAT PROJEKT lõplik tehniline järelmonitooring", Tallinn, 2020.
- [12] Helves H. (1996). "Ajalooliste lubimörtide uurimise analüütilisi probleeme", Tartu, 1996.

## **LISAD**

Lisa 1. Killustiksegu + 3.5% CEM Proctor tabel.

Lisa 2. Killustiksegu Proctor tabel.

Lisa 3. Pestud paekivisõelmed + 8% CFB Proctor tabel.

Lisa 4. Pestud paekivisõelmete Proctor tabel.

Lisa 5. Kvartsiiv + 3.5% Proctor tabel.

Lisa 6. Kvartsiiva Proctor tabel.

Lisa 7. Killustiksegu sõelumise andmed.

Lisa 8. Pestud paekivisõelmete sõelumise andmed.

Lisa 9. Kvartsiiva sõelumise andmed.

Lisa 10. Katsekehade valmistamise andmed.

Lisa 11. Katsekehade survetugevused.

Lisa 12. Katsekehade katsetamisaegsed veesisaldused.

Lisa 13. Katsekehade mõõtmised.

**Lisa 1. Killustiksegu + 3.5% CEM Proctor tabel.**

<b>PROCTOR TEIM</b>						
Teimi kuupaev: 08.02.2022						
Teimitud pinnas: Killustiksegu, Väo karjäär + 3.5% CEM						
Modifitseeritud Proctor						
<b>Mahumassi määramine</b>						
Teimi nr	Lisatud vesi g	anuma maht	Anuma mass	anuma ja tihendatud pinnase mass	tihendatud pinnase mass	mahumass
		V cm <sup>3</sup>	m,g	m,g	m2,g	ρ, g/cm <sup>3</sup>
5%	270.64	2120.5	10185	14980	4795	2.261
6%	326.6	2120.5	10185	15175	4990	2.353
7%	385.79	2120.5	10185	15285	5100	2.405
8%	454.57	2120.5	10185	15255	5070	2.391
9%	603.14	2120.5	10185	15245	5060	2.386

<b>Veesisalduse ja kuivmahumassi maaramine</b>							
Teimi nr		m3, g	m4, g	m5, g	w, %	w, %	pd, g/cm <sup>3</sup>
5%		33.85	132.62	127.46	5.51	5.21	2.149
		28.26	123.17	118.67	4.98		
		28.64	155.76	149.53	5.15		
6%		27.46	124.8	118.43	7.00	6.38	2.212
		27.55	149.22	142.65	5.71		
		26.29	127.27	121.16	6.44		
7%		33.46	130.13	122.98	7.99	7.39	<b>2.240</b>
		28.64	142.6	134.72	7.43		
		34.78	198.49	188.12	6.76		
8%		27.44	137.37	128.72	8.54	8.38	2.206
		27.7	119.92	113.11	7.97		
		28.07	145.71	136.38	8.61		
9%		28.43	147.8	136.88	10.07	9.22	2.185
		27.76	187.12	174.45	8.64		
		28.06	168.77	157.2	8.96		

## Lisa 2. Killustiksegu Proctor tabel.

PROCTOR TEIM						
Teimi kuupaev: 25.01.2022						
Teimitud pinnas: Killustiksegu, Vao karjäär						
Modifitseeritud Proctor						
<b>Mahumassi määramine</b>						
Teimi nr	Lisatud vesi g	anuma maht	Anuma mass	anuma ja tihendatud pinnase mass	tihendatud pinnase mass	mahumass
		V cm <sup>3</sup>	m,g	m,g	m2,g	ρ, g/cm <sup>3</sup>
5.00%	272.75	2120.5	10185	15140	4955	2.337
6.00%	358.8	2120.5	10185	15300	5115	2.412
7.00%	426.65	2120.5	10185	15295	5110	2.410
8.00%	504	2120.5	10185	15290	5105	2.407
4.00%	239.6	2120.5	10185	14880	4695	2.214

Veesisalduse ja kuivmahumassi maaramine							
Teimi nr		m3, g	m4, g	m5, g	w, %	w, %	ρd, g/cm <sup>3</sup>
5%		28.64	160.85	154.68	4.90	4.53	2.118
		26.22	134.8	130.09	4.53		
		27.7	139.39	134.94	4.15		
5%		33.94	140.54	135.52	4.94	5.14	2.222
		27.55	136.82	131.81	4.81		
		27.5	159.69	152.58	5.68		
6%		28.28	151.46	143.25	7.14	6.88	<b>2.257</b>
		34.77	163.91	156.12	6.42		
		27.69	176	166.21	7.07		
7%		27.43	172.62	162.1	7.81	7.37	2.244
		28.08	149.92	141.85	7.09		
		33.45	155.17	147	7.20		
8%		27.98	193.55	180.98	8.22	7.76	2.234
		28.43	161.78	152.6	7.39		
		28.47	201.84	189.49	7.67		

### Lisa 3. Pestud paekivisõelmed + 8% CFB Proctor tabel.

<b>PROCTOR TEIM</b>						
Teimi kuupäev: 09.02.2022						
Teimitud pinnas: Paekivisõelmed + 8% CFB tuhk						
Standardne Proctor						
<b>Mahumassi määramine</b>						
Teimi nr	Lisatud vesi g	anuma maht	Anuma mass	anuma ja tihendatud pinnase mass	tihendatud pinnase mass	mahumass
		V cm <sup>3</sup>	m,g	m,g	m <sub>2</sub> ,g	ρ, g/cm <sup>3</sup>
8%	216	942	6260	8320	2060	2.187
9%	243	942	6260	8390	2130	2.261
10%	324	942	6260	8435	2175	2.309
11%	297	942	6260	8440	2180	2.314
12%	324	942	6260	8425	2165	2.298

<b>Veesisalduse ja kuivmahumassi maaramine</b>							
Teimi nr		m <sub>3</sub> , g	m <sub>4</sub> , g	m <sub>5</sub> , g	w, %	w, %	ρ <sub>d</sub> , g/cm <sup>3</sup>
8%		34.76	129.97	123.21	7.64	7.62	2.032
		26.18	130.18	122.68	7.77		
		28.09	125.28	118.54	7.45		
9%		27.44	129.61	121.7	8.39	8.47	2.085
		28.63	131.43	123.08	8.84		
		27.71	124.16	116.88	8.16		
10%		33.86	117.34	110.51	8.91	9.06	<b>2.117</b>
		28.26	113.89	106.62	9.28		
		33.45	102.36	96.68	8.98		
11%		27.54	140.15	129.74	10.19	10.23	2.099
		28.17	167.1	154.11	10.31		
		28.7	121.44	112.86	10.19		
12%		27.44	161.6	147.93	11.35	11.25	2.066
		27.84	149.82	137.81	10.92		
		28.62	135.86	124.82	11.48		

#### Lisa 4. Pestud paekivisõelmete Proctor tabel.

PROCTOR TEIM						
Teimi kuupäev: 20.04.2022						
Teimitud pinnas: Paekivisõelmed						
Standardne Proctor						
<b>Mahumassi määramine</b>						
Teimi nr	Lisatud vesi g	anuma maht	Anuma mass	anuma ja tihendatud pinnase mass	tihendatud pinnase mass	mahumass
		V cm <sup>3</sup>	m,g	m,g	m <sub>2</sub> ,g	ρ, g/cm <sup>3</sup>
8%	200	942	6267.3	8345.7	2078.4	2.206
9%	225	942	6267.3	8419.5	2152.2	2.285
10%	250	942	6267.3	8438.3	2171	2.305
11%	275	942	6267.3	8443.4	2176.1	2.310
12%	300	942	6267.3	8422.2	2154.9	2.288

Veesisalduse ja kuivmahumassi maaramine							
Teimi nr		m <sub>3</sub> , g	m <sub>4</sub> , g	m <sub>5</sub> , g	w, %	w, %	ρ <sub>d</sub> , g/cm <sup>3</sup>
8%		27.14	177.92	167.85	7.16	7.24	2.057
		27.26	189.08	178.22	7.19		
		28.6	162.29	153.12	7.36		
9%		27.75	175.72	164.27	8.39	8.44	<b>2.107</b>
		28.62	187.2	174.6	8.63		
		28.17	172.92	161.83	8.30		
10%		28.32	222.5	205.37	9.68	9.64	2.102
		28.28	186.98	172.78	9.83		
		28.82	164.96	153.24	9.42		
11%		26.55	190.42	175.04	10.36	10.40	2.092
		27.98	188.5	173.26	10.49		
		33.56	176.66	163.24	10.35		
12%		33.91	254.44	231.54	11.59	11.44	2.053
		28.51	236.1	214.97	11.33		
		50.83	220.59	203.21	11.41		

**Lisa 5. Kvartslüiv + 3.5% CEM Proctor tabel.**

<b>PROCTOR TEIM</b>						
Teimi kuupaev: 03.03.2022						
Teimitud pinnas: Kvartslüiv + 3.5% CEM						
Standardne Proctor						
<b>Mahumassi määramine</b>						
Teimi nr	Lisatud vesi g	anuma maht	Anuma mass	anuma ja tihendatud pinnase mass	tihendatud pinnase mass	mahumass
		V cm <sup>3</sup>	m,g	m,g	m <sub>2</sub> ,g	ρ, g/cm <sup>3</sup>
5%	129.37	942	6260.9	8085	1824.1	1.936
6%	155.25	942	6260.9	8110	1849.1	1.963
7%	181.12	942	6260.9	8140	1879.1	1.995
8%	207	942	6260.9	8145	1884.1	2.000
9%	232.87	942	6260.9	8175	1914.1	2.032
10%	258.75	942	6260.9	8190	1929.1	2.048
11%	284.62	942	6260.9	8221.5	1960.6	2.081
12%	310.5	942	6260.9	8284	2023.1	2.148

<b>Veesisalduse ja kuivmahumassi maaramine</b>							
Teimi nr	m <sub>3</sub> , g	m <sub>4</sub> , g	m <sub>5</sub> , g	w, %	w, %	pd, g/cm <sup>3</sup>	
5%	27.37	102.37	99.31	4.25	4.48	1.853	
	27.54	87.02	84.42	4.57			
	28.61	105.21	101.84	4.60			
6%	27.62	114.36	109.96	5.34	5.63	1.858	
	28.38	102.52	98.53	5.69			
	28.24	123.72	118.44	5.85			
7%	27.14	116.05	110.86	6.20	6.53	1.873	
	29.21	115.24	109.77	6.79			
	33.88	135.58	129.28	6.60			
8%	50.72	142.73	136.72	6.99	7.50	1.861	
	33.5	97.98	93.34	7.75			
	28.11	109.96	104.07	7.75			
9%	26.53	123.28	116.16	7.94	8.55	1.872	
	27.72	109.65	102.81	9.11			
	28.02	130.02	121.94	8.60			
10%	23.8	94.29	88.39	9.13	9.38	1.872	
	17.15	70.4	65.73	9.61			
	23.17	98.01	91.59	9.38			
11%	33.87	175.84	163.79	9.27	<b>10.03</b>	<b>1.892</b>	
	28.23	121.3	112.96	9.84			
	28.07	174.73	160.22	10.98			
12%	27.76	121.73	111.64	12.03	10.94	1.936	
	50.72	143.81	134.85	10.65			
	28.04	140.64	130.27	10.14			

## Lisa 6. Kvartslüiva Proctor tabel.

<b>PROCTOR TEIM</b>						
Teimi kuupaev: 07.03.2022						
Teimitud pinnas: Kvartslüiv						
Standardne Proctor						
<b>Mahumassi määramine</b>						
Teimi nr	Lisatud vesi g	anuma maht	Anuma mass	anuma ja tihendatud pinnase mass	tihendatud pinnase mass	mahumass
		V cm <sup>3</sup>	m,g	m,g	m <sup>2</sup> ,g	ρ, g/cm <sup>3</sup>
5%	125	942	6260.9	8024.4	1763.5	1.872
6%	150	942	6260.9	8034.2	1773.3	1.882
7%	175	942	6260.9	8028.1	1767.2	1.876
8%	200	942	6260.9	8046.4	1785.5	1.895
9%	225	942	6260.9	8082.9	1822	1.934
10%	250	942	6260.9	8127.3	1866.4	1.981
11%	275	942	6260.9	8138.6	1877.7	1.993
12%	300	942	6260.9	8177.8	1916.9	2.035
13%	325	942	6260.9	8192	1931.1	2.050
14%	350	942	6260.9	8247.9	1987	2.109

<b>Veesisalduse ja kuivmahumassi maaramine</b>							
Teimi nr	m3, g	m4, g	m5, g	w, %	w, %	ρd, g/cm <sup>3</sup>	
5%	27.37	115.34	111.71	4.30	4.47	1.792	
	27.54	123.87	119.62	4.62			
	28.61	110.61	107.09	4.49			
6%	27.62	105.5	101.43	5.51	5.64	1.782	
	28.38	135.24	129.42	5.76			
	28.24	106.54	102.35	5.65			
7%	27.14	137.08	130.44	6.43	6.74	1.758	
	29.21	140.03	132.83	6.95			
	33.88	126.85	120.89	6.85			
8%	50.72	133.37	127.69	7.38	7.85	1.758	
	33.5	132.99	125.47	8.18			
	28.11	140.05	131.77	7.99			
9%	26.53	128.8	121.21	8.02	8.74	1.779	
	27.72	137.52	127.96	9.54			
	28.02	138.41	129.6	8.67			
10%	28.14	149.02	139.06	8.98	9.93	1.802	
	27.1	121.14	112.84	9.68			
	33.5	194.41	178.28	11.14			
11%	27.53	158.67	147.4	9.40	10.92	1.797	
	28.76	159.74	147.36	10.44			
	28.35	131.22	119.44	12.93			
12%	27.5	129.03	119.58	10.26	11.64	1.823	
	28.34	145.83	133.75	11.46			
	26.57	141.78	128.36	13.18			
13%	27.7	140.36	129.21	10.98	<b>12.07</b>	<b>1.829</b>	
	28.66	141.25	129.67	11.46			
	27.53	144.33	130.2	13.76			
14%	23.27	99.73	91.25	12.47	11.88	1.885	
	23.76	100.35	92.35	11.66			
	17.25	103.48	94.59	11.49			

**Lisa 7. Killustiksegu sõelumise andmed.**

Kogu kuivmass, M1 =		10595.60		
Sõela ava, mm	Sõelale jäänud materjali mass RI, kg	Sõelale jäänud materjal % 100*R	Läbis sõela, %	Täielik jääk sõelale, %
45	0	0.00	100.00	0.00
31.5	154.91	1.46	98.54	1.46
16	3435.41	32.42	66.11	33.89
8	2237.84	21.12	44.99	55.01
4	1119.49	10.57	34.43	65.57
2	1142.18	10.78	23.65	76.35
1	927.88	8.76	14.89	85.11
0.5	586.69	5.54	9.35	90.65
0.25	367.33	3.47	5.89	94.11
0.125	283.07	2.67	3.22	96.78
0.063	240.46	2.27	0.95	99.05
põhi - P	100.34	0.95	0.00	100.00

**Lisa 8. Pestud pækivisõelmete sõelumise andmed.**

Kogu kuivmass, M1 =		1465.90			
Sõela ava, mm	Sõelale jäänud materjali mass RI, kg	Sõelale jäänud materjal % 100*R	Läbis sõela, %	Täielik jääk sõelale, %	
31.5	0	0.00	100.00	0.00	
16	0	0.00	100.00	0.00	
8	0	0.00	100.00	0.00	
5.6	24.19	1.65	98.35	1.65	
4	145	9.89	88.46	11.54	
2	416.16	28.39	60.07	39.93	
1	348.4	23.77	36.30	63.70	
0.5	194.11	13.24	23.06	76.94	
0.25	129.72	8.85	14.21	85.79	
0.125	85.18	5.81	8.40	91.60	
0.063	73.23	5.00	3.40	96.60	
põhi - P	44.27	3.02	0.00	100.00	

**Lisa 9. Kvartslüiva sõelumise andmed.**

Kogu kuivmass, M1 =		906.60			
Sõela ava, mm	Sõelale jäänud materjali mass RI, kg	Sõelale jäänud materjal % 100*R	Läbis sõela, %	Täielik jääk sõelale, %	
45	0	0.00	100.00	0.00	
31.5	0	0.00	100.00	0.00	
16	0	0.00	100.00	0.00	
8	0	0.00	100.00	0.00	
4	9.9	1.09	98.91	1.09	
2	88.9	9.81	89.10	10.90	
1	132.2	14.58	74.52	25.48	
0.5	187.6	20.69	53.83	46.17	
0.25	219.45	24.21	29.62	70.38	
0.125	151.36	16.70	12.93	87.07	
0.063	98.03	10.81	2.11	97.89	
põhi - P	15.91	1.75	0.00	100.00	

**Lisa 10. Katsekehade valmistamise andmed.**

Proovi tähis	Kuupäev	Katsekeh	Anuma	Anum+	Katsekeha	Mahumass	Mass
		a mass	mass	katsekeha	mass		keskmine
		V/cm <sup>3</sup>	g	g	g	ρ, g/cm <sup>3</sup>	ρ, g/cm <sup>3</sup>
Killustik - 7.5%, 7p, 1	10.02.22	2119.5	10185	15280	5095	2.40	2.40
Killustik - 7.5%, 7p, 2	10.02.22	2119.5	10200	15275	5075	2.39	
Killustik - 7.5%, 7p, 3	10.02.22	2119.5	10165	15265	5100	2.41	
Killustik - 10.5%, 7p, 1	10.02.22	2119.5	10200	15210	5010	2.36	2.37
Killustik - 10.5%, 7p, 2	10.02.22	2119.5	10165	15225	5060	2.39	
Killustik - 10.5%, 7p, 3	10.02.22	2119.5	10265	15295	5030	2.37	
Killustik - 12%, 7p, 1	15.02.22	2119.5	10200	15320	5120	2.42	2.40
Killustik - 12%, 7p, 2	15.02.22	2119.5	10180	15240	5060	2.39	
Killustik - 12%, 7p, 3	15.02.22	2119.5	10265	15315	5050	2.38	
Killustik - 7.5%, 28p, 1	14.02.22	2119.5	10200	15295	5095	2.40	2.39
Killustik - 7.5%, 28p, 2	14.02.22	2119.5	10185	15230	5045	2.38	
Killustik - 7.5%, 28p, 3	14.02.22	2119.5	10265	15335	5070	2.39	
Killustik - 10.5%, 28p, 1	16.02.22	2119.5	10200	15290	5090	2.40	2.40
Killustik - 10.5%, 28p, 2	16.02.22	2119.5	10185	15295	5110	2.41	
Killustik - 10.5%, 28p, 3	16.02.22	2119.5	10265	15335	5070	2.39	
Killustik - 12%, 28p, 1	21.02.22	2119.5	10200	15240	5040	2.38	2.37
Killustik - 12%, 28p, 2	21.02.22	2119.5	10185	15210	5025	2.37	
Killustik - 12%, 28p, 3	21.02.22	2119.5	10265	15295	5030	2.37	
Killustik - 7.5%, vees, 1	14.02.22	2119.5	10185	15300	5115	2.41	2.40
Killustik - 7.5%, vees, 2	14.02.22	2119.5	10200	15280	5080	2.40	
Killustik - 7.5%, vees, 3	14.02.22	2119.5	10265	15300	5035	2.38	
Killustik - 10.5%, vees, 1	22.02.22	2119.5	10200	15235	5035	2.38	2.37
Killustik - 10.5%, vees, 2	22.02.22	2119.5	10185	15200	5015	2.37	
Killustik - 10.5%, vees, 3	22.02.22	2119.5	10265	15315	5050	2.38	
Killustik - 12%, vees, 1	02.03.22	2119.5	10200	15280	5080	2.40	2.40
Killustik - 12%, vees, 2	02.03.22	2119.5	10185	15285	5100	2.41	
Killustik - 12%, vees, 3	02.03.22	2119.5	10265	15325	5060	2.39	
Pae, 9%, 7p, 1	15.02.22	942	6260.9	8440	2179.1	2.31	2.29
Pae, 9%, 7p, 2	15.02.22	942	6268.5	8425	2156.5	2.29	
Pae, 9%, 7p, 3	15.02.22	942	6268.5	8405	2136.5	2.27	
Pae, 12%, 7p, 1	16.02.22	942	6260.9	8435	2174.1	2.31	2.31
Pae, 12%, 7p, 2	16.02.22	942	6268.5	8445	2176.5	2.31	
Pae, 12%, 7p, 3	16.02.22	942	6247.2	8420	2172.8	2.31	
Pae, 15%, 7p, 1	21.02.22	942	6260.9	8365	2104.1	2.23	2.24
Pae, 15%, 7p, 2	21.02.22	942	6268.5	8385	2116.5	2.25	
Pae, 15%, 7p, 3	21.02.22	942	6247.2	8360	2112.8	2.24	
Pae, 9%, 28p, 1	08.03.22	942	6260.9	8387.7	2126.8	2.26	2.25
Pae, 9%, 28p, 2	08.03.22	942	6260.9	8391	2130.1	2.26	
Pae, 9%, 28p, 3	08.03.22	942	6260.9	8371.7	2110.8	2.24	

Pae, 12%, 28p, 1	22.02.22	942	6260.9	8453.4	2192.5	2.33	
Pae, 12%, 28p, 2	22.02.22	942	6268.5	8455.4	2186.9	2.32	2.32
Pae, 12%, 28p, 3	22.02.22	942	6247.2	8431.5	2184.3	2.32	
Pae, 15%, 28p, 1	08.03.22	942	6260.9	8360.9	2100	2.23	
Pae, 15%, 28p, 2	08.03.22	942	6268.5	8364.4	2095.9	2.22	2.23
Pae, 15%, 28p, 3	08.03.22	942	6247.2	8349.8	2102.6	2.23	
Pae, 9%, vees, 1	14.03.22	942	6260.9	8364.3	2103.4	2.23	
Pae, 9%, vees, 2	14.03.22	942	6260.9	8357.7	2096.8	2.23	2.23
Pae, 9%, vees, 3	14.03.22	942	6260.9	8350	2089.1	2.22	
Pae, 12%, vees, 1	09.03.22	942	6260.9	8416.6	2155.7	2.29	
Pae, 12%, vees, 2	09.03.22	942	6268.5	8432.2	2163.7	2.30	2.29
Pae, 12%, vees, 3	09.03.22	942	6247.2	8404.6	2157.4	2.29	
Pae, 15%, vees, 1	14.03.22	942	6260.9	8359.3	2098.4	2.23	
Pae, 15%, vees, 2	14.03.22	942	6268.5	8372.4	2103.9	2.23	2.23
Pae, 15%, vees, 3	14.03.22	942	6247.2	8349.8	2102.6	2.23	
Kvarts, 10%, 7p, 1	16.03.22	942	6260.9	8198.9	1938	2.06	
Kvarts, 10%, 7p, 2	16.03.22	942	6260.9	8217.4	1956.5	2.08	2.07
Kvarts, 10%, 7p, 3	16.03.22	942	6260.9	8203.7	1942.8	2.06	
Kvarts, 13%, 7p, 1	16.03.22	942	6260.9	8266	2005.1	2.13	
Kvarts, 13%, 7p, 2	16.03.22	942	6268.5	8273.1	2004.6	2.13	2.13
Kvarts, 13%, 7p, 3	16.03.22	942	6247.2	8258.3	2011.1	2.13	
Kvarts, 15%, 7p, 1	18.03.22	942	6260.9	8301.6	2040.7	2.17	
Kvarts, 15%, 7p, 2	18.03.22	942	6268.5	8326.3	2057.8	2.18	2.18
Kvarts, 15%, 7p, 3	18.03.22	942	6247.2	8297.7	2050.5	2.18	
Kvarts, 10%, 28p, 1	17.03.22	942	6260.9	8200.9	1940	2.06	
Kvarts, 10%, 28p, 2	17.03.22	942	6260.9	8199.5	1938.6	2.06	2.06
Kvarts, 10%, 28p, 3	17.03.22	942	6260.9	8191.9	1931	2.05	
Kvarts, 13%, 28p, 1	17.03.22	942	6260.9	8276	2015.1	2.14	
Kvarts, 13%, 28p, 2	17.03.22	942	6268.5	8283.4	2014.9	2.14	2.14
Kvarts, 13%, 28p, 3	17.03.22	942	6247.2	8260.3	2013.1	2.14	
Kvarts, 15%, 28p, 1	21.03.22	942	6260.9	8307.7	2046.8	2.17	
Kvarts, 15%, 28p, 2	21.03.22	942	6268.5	8300.3	2031.8	2.16	2.17
Kvarts, 15%, 28p, 3	21.03.22	942	6247.2	8293.3	2046.1	2.17	
Kvarts, 10%, vees, 1	21.03.22	942	6260.9	8210.1	1949.2	2.07	
Kvarts, 10%, vees, 2	21.03.22	942	6260.9	8191.3	1930.4	2.05	2.06
Kvarts, 10%, vees, 3	21.03.22	942	6260.9	8211	1950.1	2.07	
Kvarts, 13%, vees, 1	22.03.22	942	6260.9	8271.6	2010.7	2.13	
Kvarts, 13%, vees, 2	22.03.22	942	6268.5	8276	2007.5	2.13	2.13
Kvarts, 13%, vees, 3	22.03.22	942	6247.2	8262	2014.8	2.14	
Kvarts, 15%, vees, 1	23.03.22	942	6260.9	8339.9	2079	2.21	
Kvarts, 15%, vees, 2	23.03.22	942	6268.5	8342	2073.5	2.20	2.21
Kvarts, 15%, vees, 3	23.03.22	942	6247.2	8330.5	2083.3	2.21	

## Lisa 11. Katsekehade survetugevused.

Proovi tähis	Kuupäev	Katsekeha vanus päevades	Katsekeha mass g	Mahumass p, g/cm <sup>3</sup>	Ristlõike pindala AC mm <sup>2</sup>	Jõud kN	Survetugevus Rc N/mm <sup>2</sup>	Keskmine Rc N/mm <sup>2</sup>
Killustik - 7.5%, 7p, 1	17.02.22	7	5052.2	2.38	17678.2	117.98	6.67	6.16
Killustik - 7.5%, 7p, 2	17.02.22	7	4773.3	2.25	17686.06	77.36	4.37	
Killustik - 7.5%, 7p, 3	17.02.22	7	5056.9	2.37	17713.56	99.96	5.64	
Killustik - 10.5%, 7p, 1	17.02.22	7	4991	2.35	17623.27	63.93	3.63	3.69
Killustik - 10.5%, 7p, 2	17.02.22	7	5030.5	2.38	17619.35	73.29	4.16	
Killustik - 10.5%, 7p, 3	17.02.22	7	5014.8	2.35	17650.73	58.1	3.29	
Killustik - 12%, 7p, 1	22.02.22	7	5029.8	2.35	17670.35	78.56	4.45	3.39
Killustik - 12%, 7p, 2	22.02.22	7	5027.4	2.35	17682.13	56.2	3.18	
Killustik - 12%, 7p, 3	22.02.22	7	5029.8	2.34	17654.65	45.14	2.56	
Killustik - 7.5%, 28p, 1	14.03.22	28	5041	2.38	17670.35	154.93	8.77	7.83
Killustik - 7.5%, 28p, 2	14.03.22	28	4951	2.31	17756.83	124.16	6.99	
Killustik - 7.5%, 28p, 3	14.03.22	28	5057.8	2.37	17700.2	136.73	7.72	
Killustik - 10.5%, 28p, 1	16.03.22	28	5064.8	2.37	17674.28	89.21	5.05	4.82
Killustik - 10.5%, 28p, 2	16.03.22	28	5103.3	2.38	17678.2	83.7	4.73	
Killustik - 10.5%, 28p, 3	16.03.22	28	5050.2	2.36	17646.8	82.61	4.68	
Killustik - 12%, 28p, 1	21.03.22	28	4947.6	2.32	17666.43	67.08	3.80	3.66
Killustik - 12%, 28p, 2	21.03.22	28	4995.9	2.32	17678.2	45.79	2.59	
Killustik - 12%, 28p, 3	21.03.22	28	5018.4	2.35	17635.04	62.27	3.53	
Killustik - 7.5%, vees, 1	14.03.22	28	5098.7	2.40	17701.77	132.44	7.48	7.16
Killustik - 7.5%, vees, 2	14.03.22	28	5028.5	2.35	17733.22	127.22	7.17	
Killustik - 7.5%, vees, 3	14.03.22	28	5047.5	2.37	17701.77	120.81	6.82	
Killustik - 10.5%, vees, 1	22.03.22	28	5060	2.37	17689.99	76.98	4.35	4.02
Killustik - 10.5%, vees, 2	22.03.22	28	5039.6	2.36	17729.29	70.44	3.97	
Killustik - 10.5%, vees, 3	22.03.22	28	5066.4	2.36	17662.5	65.73	3.72	
Killustik - 12%, vees, 1	30.03.22	28	5057.7	2.37	17717.49	68.13	3.85	3.41
Killustik - 12%, vees, 2	30.03.22	28	5005.6	2.33	17748.96	62.03	3.49	
Killustik - 12%, vees, 3	30.03.22	28	5052.5	2.36	17662.5	51.24	2.90	
Pae, 9%, 7p, 1	22.02.22	7	2177.45	2.28	7905.046	5.71	0.72	0.81
Pae, 9%, 7p, 2	22.02.22	7	2156.56	2.25	7899.795	6.78	0.86	
Pae, 9%, 7p, 3	22.02.22	7	2136.46	2.22	7923.438	6.62	0.84	
Pae, 12%, 7p, 1	23.02.22	7	2155.7	2.27	7857.852	2.81	0.36	0.37
Pae, 12%, 7p, 2	23.02.22	7	2156.2	2.28	7907.672	3.23	0.41	
Pae, 12%, 7p, 3	23.02.22	7	2155.5	2.28	7857.852	2.66	0.34	
Pae, 15%, 7p, 1	28.02.22	7	2078.3	2.39	7270.778	1.21	0.17	0.15
Pae, 15%, 7p, 2	28.02.22	7	2080.1	2.26	7748.282	1.16	0.15	
Pae, 15%, 7p, 3	28.02.22	7	2083.6	2.25	7564.805	0.99	0.13	
Pae, 9%, 28p, 1	05.04.22	28	2127.2	2.16	8031.588	19.96	2.49	2.67
Pae, 9%, 28p, 2	05.04.22	28	2130.2	2.17	7999.858	22.74	2.84	
Pae, 9%, 28p, 3	05.04.22	28	2111.4	2.16	7994.576	21.47	2.69	

Pae, 12%, 28p, 1	22.03.22	28	2179.4	2.27	7897.171	16.64	2.11	2.19
Pae, 12%, 28p, 2	22.03.22	28	2171.4	2.29	7844.768	17.58	2.24	
Pae, 12%, 28p, 3	22.03.22	28	2170.3	2.30	7857.852	17.57	2.24	
Pae, 15%, 28p, 1	05.04.22	28	2077	2.26	7673.075	6.91	0.90	0.85
Pae, 15%, 28p, 2	05.04.22	28	2074.9	2.26	7600.81	6.01	0.79	
Pae, 15%, 28p, 3	05.04.22	28	2078.6	2.22	7826.468	4.75	0.61	
Pae, 9%, vees, 1	11.04.22	28	2168.1	2.22	7994.576	15.53	1.94	1.96
Pae, 9%, vees, 2	11.04.22	28	2161.6	2.21	8015.715	15.54	1.94	
Pae, 9%, vees, 3	11.04.22	28	2156.3	2.20	8018.36	16.07	2.00	
Pae, 12%, vees, 1	06.04.22	28	2152.76	2.30	7868.327	13.27	1.69	1.84
Pae, 12%, vees, 2	06.04.22	28	2142.9	2.29	7873.568	15.46	1.96	
Pae, 12%, vees, 3	06.04.22	28	2153.37	2.30	7850	14.75	1.88	
Pae, 15%, vees, 1	11.04.22	28	2079.1	2.24	7870.947	7.29	0.93	1.03
Pae, 15%, vees, 2	11.04.22	28	2073.3	2.24	7795.146	10.07	1.29	
Pae, 15%, vees, 3	11.04.22	28	2078.5	2.29	7652.393	6.71	0.88	
Kvarts, 10%, 7p, 1	23.03.22	7	1924.6	2.01	7878.81	5.94	0.75	0.75
Kvarts, 10%, 7p, 2	23.03.22	7	1946	2.03	7836.922	5.83	0.74	
Kvarts, 10%, 7p, 3	23.03.22	7	1918.9	1.98	7865.708	4.6	0.58	
Kvarts, 13%, 7p, 1	23.03.22	7	1987.5	2.11	7808.189	7.26	0.93	0.79
Kvarts, 13%, 7p, 2	23.03.22	7	1970.7	2.07	7860.47	5.79	0.74	
Kvarts, 13%, 7p, 3	23.03.22	7	1982.8	2.08	7884.054	5.5	0.70	
Kvarts, 15%, 7p, 1	25.03.22	7	2005.5	2.11	7847.384	4.52	0.58	0.57
Kvarts, 15%, 7p, 2	25.03.22	7	2004.4	2.11	7844.768	4.68	0.60	
Kvarts, 15%, 7p, 3	25.03.22	7	2010	2.12	7855.234	4.3	0.55	
Kvarts, 10%, 28p, 1	14.04.22	28	1927.4	2.00	7920.809	8.83	1.11	1.05
Kvarts, 10%, 28p, 2	14.04.22	28	1925	2.01	7860.47	8.13	1.03	
Kvarts, 10%, 28p, 3	14.04.22	28	1920.2	2.02	7868.327	7.9	1.00	
Kvarts, 13%, 28p, 1	14.04.22	28	1994.3	2.11	7797.754	9.55	1.22	1.16
Kvarts, 13%, 28p, 2	14.04.22	28	1977.5	2.10	7818.631	9.47	1.21	
Kvarts, 13%, 28p, 3	14.04.22	28	1979.2	2.08	7870.947	8.25	1.05	
Kvarts, 15%, 28p, 1	18.04.22	28	2009.5	2.11	7844.768	7.75	0.99	0.82
Kvarts, 15%, 28p, 2	18.04.22	28	1994.3	2.10	7860.47	6.24	0.79	
Kvarts, 15%, 28p, 3	18.04.22	28	2009.9	2.12	7831.694	5.39	0.69	
Kvarts, 10%, vees, 1	19.04.22	28	1980.2	2.07	7897.171	8.73	1.11	1.10
Kvarts, 10%, vees, 2	19.04.22	28	1977.3	2.06	7897.171	8.87	1.12	
Kvarts, 10%, vees, 3	19.04.22	28	1978	2.08	7902.421	8.51	1.08	
Kvarts, 13%, vees, 1	19.04.22	28	1998.8	2.10	7870.947	10.12	1.29	1.14
Kvarts, 13%, vees, 2	19.04.22	28	1992.8	2.10	7836.922	8.15	1.04	
Kvarts, 13%, vees, 3	19.04.22	28	1998.7	2.10	7850	8.59	1.09	
Kvarts, 15%, vees, 1	20.04.22	28	2042.7	2.15	7818.631	6.89	0.88	0.84
Kvarts, 15%, vees, 2	20.04.22	28	2022.5	2.13	7831.694	5.23	0.67	
Kvarts, 15%, vees, 3	20.04.22	28	2031.8	2.14	7850	7.67	0.98	

**Lisa 12. Katsekehade katsetamisaegsed veesisaldused.**

Kuupäev	Katsekeha tähis	Katsekeha vanus päevades	m3, g	m4, g	m5, g	w, %	w, %
17.02.22	Killustik - 7.5%, 7p, 1	7	28.64	126.16	119.52	7.31	7.21
17.02.22	Killustik - 7.5%, 7p, 2	7	27.24	146.33	139.01	6.55	
17.02.22	Killustik - 7.5%, 7p, 3	7	34.82	123.81	117.4	7.76	
17.02.22	Killustik - 10.5%, 7p, 1	7	26.25	165.04	151.82	10.53	10.01
17.02.22	Killustik - 10.5%, 7p, 2	7	28.28	163.46	151.68	9.55	
17.02.22	Killustik - 10.5%, 7p, 3	7	27.75	158.21	146.4	9.95	
23.02.22	Killustik - 12%, 7p, 1	7	27.55	139.91	129.01	10.74	10.78
23.02.22	Killustik - 12%, 7p, 2	7	35.04	167.66	154.39	11.12	
23.02.22	Killustik - 12%, 7p, 3	7	27.12	169.45	155.94	10.49	
14.03.22	Killustik - 7.5%, 28p, 1	28	28.31	123.7	117.25	7.25	7.31
14.03.22	Killustik - 7.5%, 28p, 2	28	27.5	144.59	136.13	7.79	
14.03.22	Killustik - 7.5%, 28p, 3	28	28.1	153.83	145.72	6.90	
16.03.22	Killustik - 10.5%, 28p, 1	28	28.24	147.59	138.9	7.85	10.42
16.03.22	Killustik - 10.5%, 28p, 2	28	33.49	159.79	146.68	11.58	
16.03.22	Killustik - 10.5%, 28p, 3	28	27.8	162.43	148.2	11.82	
21.03.22	Killustik - 12%, 28p, 1	28	27.1	139.11	130.2	8.64	11.23
21.03.22	Killustik - 12%, 28p, 2	28	27.56	150.46	136.74	12.57	
21.03.22	Killustik - 12%, 28p, 3	28	27.09	182.21	165.01	12.47	
14.03.22	Killustik - 7.5%, vees, 1	28	28.36	179.5	167.79	8.40	8.11
14.03.22	Killustik - 7.5%, vees, 2	28	33.55	169.41	159.04	8.26	
14.03.22	Killustik - 7.5%, vees, 3	28	27.8	164.37	154.63	7.68	
22.03.22	Killustik - 10.5%, vees, 1	28	50.9	169.07	158.52	9.80	11.32
22.03.22	Killustik - 10.5%, vees, 2	28	28.43	168.71	153.73	11.96	
22.03.22	Killustik - 10.5%, vees, 3	28	27.69	144.63	131.91	12.20	
30.03.22	Killustik - 12%, vees, 1	28	28.74	170.04	155.07	11.85	11.92
30.03.22	Killustik - 12%, vees, 2	28	33.49	165	151.71	11.24	
30.03.22	Killustik - 12%, vees, 3	28	27.91	171.51	155.35	12.68	
23.02.22	Pae, 9%, 7p, 1	7	27.13	143.08	134.42	8.07	7.65
23.02.22	Pae, 9%, 7p, 2	7	28.64	155.83	146.79	7.65	
23.02.22	Pae, 9%, 7p, 3	7	27.45	138.25	130.77	7.24	
23.02.22	Pae, 12%, 7p, 1	7	50.69	185.14	172.54	10.34	10.01
23.02.22	Pae, 12%, 7p, 2	7	27.75	173.99	160.88	9.85	
23.02.22	Pae, 12%, 7p, 3	7	27.68	210.47	194.08	9.85	
28.02.22	Pae, 15%, 7p, 1	7	28.28	180.84	163.21	13.07	12.97
28.02.22	Pae, 15%, 7p, 2	7	27.49	142.34	129.44	12.65	
28.02.22	Pae, 15%, 7p, 3	7	27.77	141.09	127.89	13.18	
05.04.22	Pae, 9%, 28p, 1	28	28.61	188.01	176.15	8.04	8.09
05.04.22	Pae, 9%, 28p, 2	28	33.49	200.09	187.65	8.07	
05.04.22	Pae, 9%, 28p, 3	28	26.51	198.06	185.1	8.17	

22.03.22	Pae, 12%, 28p, 1	28	26.56	173.96	160.4	10.13	10.07
22.03.22	Pae, 12%, 28p, 2	28	28.34	154.53	143.02	10.04	
22.03.22	Pae, 12%, 28p, 3	28	33.9	152.4	141.6	10.03	
05.04.22	Pae, 15%, 28p, 1	28	28.38	181.3	164.34	12.47	12.89
05.04.22	Pae, 15%, 28p, 2	28	27.87	140.61	127.35	13.33	
05.04.22	Pae, 15%, 28p, 3	28	50.79	178.69	164.1	12.88	
12.04.22	Pae, 9%, vees, 1	28	28.57	162.98	150.32	10.40	10.38
12.04.22	Pae, 9%, vees, 2	28	28.36	181.19	166.37	10.74	
12.04.22	Pae, 9%, vees, 3	28	26.47	175.5	161.94	10.01	
06.04.22	Pae, 12%, vees, 1	28	26.48	167.69	153.8	10.91	10.79
06.04.22	Pae, 12%, vees, 2	28	28.57	176.8	162.48	10.69	
06.04.22	Pae, 12%, vees, 3	28	28.35	166.47	153.04	10.77	
12.04.22	Pae, 15%, vees, 1	28	33.48	135.39	123.9	12.71	12.57
12.04.22	Pae, 15%, vees, 2	28	27.88	179.04	162.5	12.29	
12.04.22	Pae, 15%, vees, 3	28	50.78	176.8	162.58	12.72	
23.03.22	Kvarts, 10%, 7p, 1	7	33.86	187.82	175.24	8.90	8.83
23.03.22	Kvarts, 10%, 7p, 2	7	27.09	179.99	167.51	8.89	
23.03.22	Kvarts, 10%, 7p, 3	7	27.57	174.61	162.82	8.72	
23.03.22	Kvarts, 13%, 7p, 1	7	28.27	159.45	147.58	9.95	9.53
23.03.22	Kvarts, 13%, 7p, 2	7	27.11	193.96	180.2	8.99	
23.03.22	Kvarts, 13%, 7p, 3	7	27.55	152.22	141.24	9.66	
25.03.22	Kvarts, 15%, 7p, 1	7	28.05	184.23	170.48	9.65	9.55
25.03.22	Kvarts, 15%, 7p, 2	7	33.48	182.64	169.94	9.31	
25.03.22	Kvarts, 15%, 7p, 3	7	28.74	177.8	164.63	9.69	
13.04.22	Kvarts, 10%, 28p, 1	28	28.62	187.51	175.37	8.27	8.28
13.04.22	Kvarts, 10%, 28p, 2	28	33.48	197.59	185.15	8.20	
13.04.22	Kvarts, 10%, 28p, 3	28	28.41	187.43	175.15	8.37	
13.04.22	Kvarts, 13%, 28p, 1	28	26.5	197.55	183.08	9.24	8.96
13.04.22	Kvarts, 13%, 28p, 2	28	27.86	187.33	175.14	8.28	
13.04.22	Kvarts, 13%, 28p, 3	28	50.75	206.39	193.08	9.35	
18.04.22	Kvarts, 15%, 28p, 1	28	27.81	196.9	181.33	10.14	10.99
18.04.22	Kvarts, 15%, 28p, 2	28	26.5	204.84	186.43	11.51	
18.04.22	Kvarts, 15%, 28p, 3	28	50.75	221.07	203.76	11.31	
19.04.22	Kvarts, 10%, vees, 1	28	26.5	176.63	163.03	9.96	9.91
19.04.22	Kvarts, 10%, vees, 2	28	50.83	180	168.45	9.82	
19.04.22	Kvarts, 10%, vees, 3	28	27.82	184.47	170.28	9.96	
19.04.22	Kvarts, 13%, vees, 1	28	33.89	194.53	180.05	9.91	10.19
19.04.22	Kvarts, 13%, vees, 2	28	33.44	204.59	188.49	10.38	
19.04.22	Kvarts, 13%, vees, 3	28	28.45	190.13	175.06	10.28	
20.04.22	Kvarts, 15%, vees, 1	28	27.81	173.15	158.57	11.15	11.05
20.04.22	Kvarts, 15%, vees, 2	28	27.7	216.92	197.19	11.64	
20.04.22	Kvarts, 15%, vees, 3	28	28.36	192.77	177.32	10.37	

### Lisa 13. Katsekehade mõõtmed.

Proovi tähis	Ø 1, mm	Ø 2, mm	Ø 3, mm	Ø 4, mm	Ø 5, mm	Ø 6, mm	h 1, mm	h 2, mm	h 3, mm	Keskmine Ø, mm	Keskmine h, mm
Killustik - 7.5%, 7p, 1	150.2	149.8	149.7	150.3	150.1	150.3	120.4	120.1	120.2	150.1	120.2
Killustik - 7.5%, 7p, 2	149.3	150	149.7	150.6	150.5	150.5	120.1	119.9	120.2	150.1	120.1
Killustik - 7.5%, 7p, 3	149.9	150.4	150	150.3	150.2	150.5	120.1	119.9	120.7	150.2	120.2
Killustik - 10.5%, 7p, 1	149.9	149.7	149.5	150	150	149.9	120.4	120.2	120.3	149.8	120.3
Killustik - 10.5%, 7p, 2	149.5	149.5	149.7	150.2	150.2	149.8	120.5	119.7	120.4	149.8	120.2
Killustik - 10.5%, 7p, 3	149.7	149.7	149.8	150.3	150.4	149.8	120.9	120.8	120.6	150.0	120.8
Killustik - 12%, 7p, 1	149.4	149.7	149.8	150.4	150.5	150.4	121	121	120.9	150.0	121.0
Killustik - 12%, 7p, 2	150	150	150	150.2	150.3	150	121	121	120.9	150.1	121.0
Killustik - 12%, 7p, 3	149.8	149.7	149.8	150	150.2	150.3	121.5	121.4	121.6	150.0	121.5
Killustik - 7.5%, 28p, 1	150.4	150.4	150.4	149.7	149.4	149.9	119.9	119.8	119.6	150.0	119.8
Killustik - 7.5%, 28p, 2	150.9	149.9	151.5	149.6	150	150.5	120.4	120.6	120.6	150.4	120.5
Killustik - 7.5%, 28p, 3	150.9	150.7	150	149.7	149.5	149.8	120.4	120.2	120.6	150.2	120.4
Killustik - 10.5%, 28p, 1	150.5	150.1	150.2	149.6	150.1	149.8	120.7	120.8	120.8	150.1	120.8
Killustik - 10.5%, 28p, 2	150.3	150.4	150.1	150	149.8	149.8	121.6	121.3	121.6	150.1	121.5
Killustik - 10.5%, 28p, 3	150.2	149.9	149.8	149.7	149.8	150.2	120.9	121.2	121.6	149.9	121.2
Killustik - 12%, 28p, 1	150.2	150.2	150.2	149.7	150	149.8	120.5	120.6	120.7	150.0	120.6
Killustik - 12%, 28p, 2	149.8	150.1	150.3	149.8	150.2	150.2	122.1	122.3	121.6	150.1	122.0
Killustik - 12%, 28p, 3	150.1	149.9	150.4	149.8	149.7	149.4	121.2	120.5	121	149.9	120.9
Killustik - 7.5%, vees, 1	149.6	150	149.7	150.3	150.4	151	119.3	120.4	121	150.2	120.2
Killustik - 7.5%, vees, 2	150	150.1	150	150.2	150.7	150.8	119.8	120.8	120.7	150.3	120.4
Killustik - 7.5%, vees, 3	149.7	149.8	149.7	150.4	150.6	150.8	119.6	120.1	120.5	150.2	120.1
Killustik - 10.5%, vees, 1	150.2	149.8	150.1	150.2	150.3	150.1	120.4	120.4	120.8	150.1	120.5
Killustik - 10.5%, vees, 2	150.1	150.5	150.3	150.3	150.4	150.1	120.5	120.5	120.8	150.3	120.6
Killustik - 10.5%, vees, 3	149.9	149.8	149.9	150	150.1	150.3	121.3	121.3	121.5	150.0	121.4
Killustik - 12%, vees, 1	150.2	150.3	150	150.5	150.2	150.2	120.3	120.2	120.4	150.2	120.3
Killustik - 12%, vees, 2	150.3	150.5	150.4	150.5	150.5	150	120.8	120.8	120.8	150.4	120.8
Killustik - 12%, vees, 3	150	149.8	149.8	149.9	150.1	150.4	121.5	120.9	121	150.0	121.1
Pae, 9%, 7p, 1	100.1	100.1	100.2	100.4	100.6	100.7	120.6	120.8	120.7	100.4	120.7
Pae, 9%, 7p, 2	100.2	100.2	100.3	100.4	100.3	100.5	121.2	121.5	121.3	100.3	121.3
Pae, 9%, 7p, 3	100.4	100.5	100.6	100.4	100.5	100.4	121.2	121.2	121.3	100.5	121.2
Pae, 12%, 7p, 1	99.7	99.8	99.7	100.1	100.4	100.6	120.7	120.8	120.9	100.1	120.8
Pae, 12%, 7p, 2	99.8	100	100	100.6	100.9	100.9	119.5	120	119.8	100.4	119.8
Pae, 12%, 7p, 3	99.6	98.5	99.7	100.5	100.8	101.2	120.1	120.9	119.7	100.1	120.2
Pae, 15%, 7p, 1	85.14	89.5	97.6	100.5	101.8	102.9	120.7	119.4	118.7	96.2	119.6
Pae, 15%, 7p, 2	97.4	99.2	97.7	100.8	99.3	101.7	119.4	118	119.4	99.4	118.9
Pae, 15%, 7p, 3	93.4	98.3	96.4	100.5	99.6	100.8	121.6	118.9	126.4	98.2	122.3
Pae, 9%, 28p, 1	101.2	100.9	101.2	100.9	101.5	101.2	122.8	122.5	122.4	101.2	122.6
Pae, 9%, 28p, 2	100.7	100.7	101.3	100.9	101.2	100.9	122.4	122.8	122.3	101.0	122.5
Pae, 9%, 28p, 3	100.9	100.7	100.9	100.9	100.9	101.2	122.1	122.4	122.7	100.9	122.4
Pae, 12%, 28p, 1	100.4	100.4	100.9	99.9	100	100.2	122.3	122	121	100.3	121.8
Pae, 12%, 28p, 2	99.9	100	100.3	99.8	99.8	100	121.5	120.4	120.1	100.0	120.7
Pae, 12%, 28p, 3	100.3	100.4	100.4	99.2	99.6	100.4	119.8	120.3	119.4	100.1	119.8
Pae, 15%, 28p, 1	98.2	100.8	100.2	96.6	99.2	98.2	118.2	121.1	120	98.9	119.8
Pae, 15%, 28p, 2	101.2	99.2	99.5	97.4	95.8	97.3	119.8	119.3	123.2	98.4	120.8
Pae, 15%, 28p, 3	101.8	101.5	101.8	99	98.8	96.2	120.5	116.8	122.3	99.9	119.9
Pae, 9%, vees, 1	101.2	100.8	100.6	100.8	101.1	101	122.6	122.1	122.5	100.9	122.4
Pae, 9%, vees, 2	101	101.2	101	101.3	101	100.8	122.1	122.1	122.3	101.1	122.2
Pae, 9%, vees, 3	100.9	101.1	101.1	101	101.3	101	121.9	121.9	122.1	101.1	122.0
Pae, 12%, vees, 1	100	100.7	99.7	100.2	100.2	99.9	119.1	119.2	118.3	100.1	118.9
Pae, 12%, vees, 2	99.8	100.6	100.5	100.2	99.9	99.9	118.4	118.8	119.8	100.2	119.0
Pae, 12%, vees, 3	100.1	99.8	100	100.5	100.1	99.5	119.5	119.6	118.2	100.0	119.1
Pae, 15%, vees, 1	99.8	99.7	99.4	100	100.5	101.4	117.8	118.1	118.5	100.1	118.1
Pae, 15%, vees, 2	99.3	99.7	99.6	99.9	99.6	99.8	119.3	118.7	118.3	99.7	118.8
Pae, 15%, vees, 3	97.4	97.7	100.2	99.9	98.5	98.7	119.7	121.2	115.3	98.7	118.7
Kvarts, 10%, 7p, 1	99.9	100.9	100	100.4	100	99.9	121.3	121.8	121.8	100.2	121.6
Kvarts, 10%, 7p, 2	100	100.3	100.3	99.6	99.6	99.7	121.9	122	123.9	99.9	122.6
Kvarts, 10%, 7p, 3	99.7	100	102	98.8	98.5	101.6	123	121.9	124.9	100.1	123.3

Kvarts, 13%, 7p, 1	99.6	99.7	99.6	99.7	99.8	100	121.3	120.6	120.8	99.7	120.9
Kvarts, 13%, 7p, 2	100	100	99.9	99.8	100.2	100.5	121	121	121.5	100.1	121.2
Kvarts, 13%, 7p, 3	100.1	100	100.6	100.3	100	100.3	121.3	121.1	121.2	100.2	121.2
Kvarts, 15%, 7p, 1	99.8	100.1	99.8	100.1	100	100.1	121	121.3	121.1	100.0	121.1
Kvarts, 15%, 7p, 2	99.8	100.1	99.8	99.9	100	100.2	120.9	120.9	121	100.0	120.9
Kvarts, 15%, 7p, 3	100	99.9	100.2	100	100	100.1	120.8	120.8	121	100.0	120.9
Kvarts, 10%, 28p, 1	101.5	101.8	100.4	99.9	99.8	99.3	121.7	121.6	122.3	100.5	121.9
Kvarts, 10%, 28p, 2	99.8	99.9	101.7	99.6	99.6	99.8	121.1	121.4	122.8	100.1	121.8
Kvarts, 10%, 28p, 3	100.5	100.6	101.5	99.5	99.2	99.4	120.9	121	121.4	100.1	121.1
Kvarts, 13%, 28p, 1	99.5	99.8	99.5	99.8	99.9	99.5	121.4	121.2	121.5	99.7	121.4
Kvarts, 13%, 28p, 2	99.7	99.7	99.9	99.8	99.8	99.9	120.6	120.6	120.3	99.8	120.5
Kvarts, 13%, 28p, 3	100.1	99.8	99.9	100.4	100.8	99.8	121.5	121.3	120.7	100.1	121.2
Kvarts, 15%, 28p, 1	99.8	100.3	100	99.9	99.8	100	121.5	121.6	121.5	100.0	121.5
Kvarts, 15%, 28p, 2	100	100.3	100.1	100	100	100	120.9	120.7	120.3	100.1	120.6
Kvarts, 15%, 28p, 3	100.1	99.9	100.1	100.1	99.6	99.5	121.2	121.3	120.9	99.9	121.1
Kvarts, 10%, vees, 1	100	100.4	100.4	100.5	100.4	100.1	120.9	121.2	121.7	100.3	121.3
Kvarts, 10%, vees, 2	100.5	100.3	101.2	99.6	100	100.2	121.2	121.6	121.7	100.3	121.5
Kvarts, 10%, vees, 3	100.4	100.4	100.8	100	100.4	100	120.5	120.6	120.5	100.3	120.5
Kvarts, 13%, vees, 1	100.3	99.9	99.9	100.3	100.1	100.3	120.9	120.4	121	100.1	120.8
Kvarts, 13%, vees, 2	100.1	99.8	99.7	100	100	99.9	121.2	120.5	121.3	99.9	121.0
Kvarts, 13%, vees, 3	99.9	99.6	100.2	99.8	100.4	100.1	120.9	121	121.1	100.0	121.0
Kvarts, 15%, vees, 1	99.8	99.7	100	99.7	99.8	99.8	121.7	121.9	121.6	99.8	121.7
Kvarts, 15%, vees, 2	99.7	100	100.1	100	99.7	99.8	120.7	121.6	121.9	99.9	121.4
Kvarts, 15%, vees, 3	100.4	99.7	100	99.9	100	100	120.8	121.2	121.2	100.0	121.1