



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MDF-plaadi pundumise uurimine

Bakalaureusetöö

Juhendaja/õppejõud:	lektor Üllar Luga
Kaasjuhendaja:	Raimo Jõgi
Üliõpilane	Almer Linnasaar 141887
Üliõpilase meiliaadress	Alinnasaar@gmail.com
Õppekava nimetus	Puidu- ja tekstiilitehnoloogia- KAOB02/14

Tallinn 2017

Autorideklaratsiooni vorm

Deklareerin, et käesolev bakalaureusetöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli bakalaureusekraadi taotlemiseks ja et selle alusel ei ole varem taotletud akadeemilist kraadi.

Töö koostamisel kasutatud teiste autorite töid, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud toodud autorlus välja põhitekstis.

Allkiri

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
1. Kirjanduse ülevaade	5
1.1. MDF-plaatide liigitus.....	5
1.2. MDF-plaatide omadused.....	6
2. Materjalid ja metoodika	8
2.1. Materjalid.....	8
3. Katsete läbiviimine.....	11
3.1. Katse 1	11
3.2. Katse 2	13
3.4. Katse 4	15
4. Tulemused ja analüüs	18
5. Võrdlus.....	22
KOKKUVÕTE.....	28
SUMMARY	30
VIIDATUD ALLIKAD.....	32
LISAD	33
Lisa 1. Katse 1	33
Lisa 2. Katse 2	35
Lisa 3. Katse 3 I osa.....	41
Lisa 4. Katse 3 II osa	44
Lisa 5. Katse 3 III osa	47
Lisa 6. Katse 4 leotusaine vesi.....	50

Lisa 7. Katse 4 Leotusaine nitrolahusti.....	51
Lisa 8. Hallitus.....	52

SISSEJUHATUS

Antud bakalaureusetöö on uuring keskmise tihedusega puitkiudplaadi ehk MDF-plaadi pundumisest. Töö teema pakkus välja TTÜ õppejõud Üllar Luga, kes on ka antud töö juhendaja. TTÜ Puidutehnoloogia õppelabori poole pöördus puidutehnoloog Raimo Jõgi probleemiga, mille sisuks oli pragude esinemine keskmise tihedusega puitkiudplaadi viimistletud raamuste profiilsetes kohtades. Selline probleem esineb tihti MDF-plaadist tootmisel. Kuna MDF plaati kasutatakse mööbli tootmisel tihti täispuidu, vineeri või puitlaastplaadi asemel, näiteks siseustes ja muudes sisetingimustes kasutatavatel detailidel, siis on see probleem väga aktuaalne.

Tööd tehti Tallinna Tehnika ülikooli Puidutehnoloogia õppehoones, kus on selleks vastavad aparatuurid ning masinad. Käesoleva töö raames kasutati ketassaage ja õppelaboris olevaid kuivateid, nihikuid, kaale, kliimakambreid, niiskusaparaate ja indikaator kellasid. Kogu töö kirjutas autor arvutis ning graafikud ja tabelid koostas programmiga Excel.

Uuringu teostamiseks tehti alguses esialgne katse, et aimu saada, kuidas MDF-plaat niiskust imab. Edasised katsed keskendusid niiskuse imavuse suurusele ja kiirusele. Katsed kestsid kaua ning olid aeganõudvad. Kokku kestsid katsed 42 päeva. Esimene katse kestis 13 päeva, teine 22 päeva, kolmas katse 5 päeva ning viimane 2 päeva. Katsekehade mõõtmisele ning kaalumisele kulus päevas vähemalt 3 tundi, kuna seda pidi teostama ühe kaupa.

Katsete käigus saadud andmete põhjal koostati programmiga Excel andmetabelid, mille abil oli võimalik teha tulemuste saamiseks vajalikud arvutused. Töös esitatakse erinevate parameetritega graafikuid. Arvutati välja keskmised tihedused ning niiskused. Bakalaureusetöös võrreldi katsekehade lineaarsete mõõtmete suurenemis erinevusi. Niiskuse, tiheduse ning mõõtmete erinevustest tehti järeldused probleemile.

1. Kirjanduse ülevaade

1.1. MDF-plaatide liigitus

Medium Density Fiberboard ehk MDF on keskmise tihedusega puitkiudplaat, mille nominaalne paksus on 15 mm ja see koosneb lignotselluloosetest kiududest [1]. Kiud on omavahel liimitud, kasutades karbamiidformaldehüüdvaiku või melamiin-karbamiidformaldehüüdvaiku, et suurendada plaadi niiskuskindlust. Lisaks võidakse lisada veel täiendavaid aineid, et parandada MDF plaadi muid omadusi, näiteks tulekindlust. [3]

Kiudplaate saab liigitada tootmisprotsessi järgi:

- Märjmeetodil toodetud kiudplaadid,
- kuivmeetodil toodetud kiudplaadid.

Märjal meetodil on kiumassi niiskus kiuvaiba moodustamisel üle 20%. Kuival meetodil on kiumassi niiskus kiuvaiba moodustamisel alla 20%.

MDF plaate toodetakse eri liikides ja omadustes. Tiheduse järgi saab neid liigitada:

- HDF, tihedus $\geq 800 \text{ kg/m}^3$
- MDF, tihedus $\geq 650\text{--}800 \text{ kg/m}^3$
- *Light* MDF, tihedus $\geq 550\text{--}650 \text{ kg/m}^3$
- *Ultralight* MDF, tihedus $\geq 450\text{--}550 \text{ kg/m}^3$

Euroopa standardi NEN – EN 622-5 järgi jaotub MDF vastavalt kasutustingimustele järgmiselt [3]:

- H – niisked kasutustingimused
- E – väliskeskkonna tingimused
- L – rakenduslik ehitusel
- A – püsiv koormus, kõigile kategooriatele
- S – hetkeline, lühiajaline koormus
- FR – tulepüsivus (ei kuulu standardisse)

Nende klassifikatsioonide alusel saab tuletada järgnevad MDF-plaatide tüübid [3]:

- MDF – LA Ehituseks mõeldud plaat kuivades keskkonna tingimustes.
- FR – MDF – LA: Plaat ehituseks kuivades keskkonnatingimustes, tulekindlusega.
- MDF – HLS: Ehituseks mõeldud plaat niisketes keskkonnatingimustes (lühiajaline koormus).
- L – MDF: Üldehituseks kasutuseks kuivades keskkonnatingimustes.
- L – MDF – FR: Kerge MDF üldehituseks kuivades keskkonnatingimustes, tulekindlusega.
- L – MDF – H: Kerge MDF üldehituseks niisketes keskkonnatingimustes.
- UL2 – MDF: Ülikerge MDF üldehituseks kuivas keskkonnatingimuses.

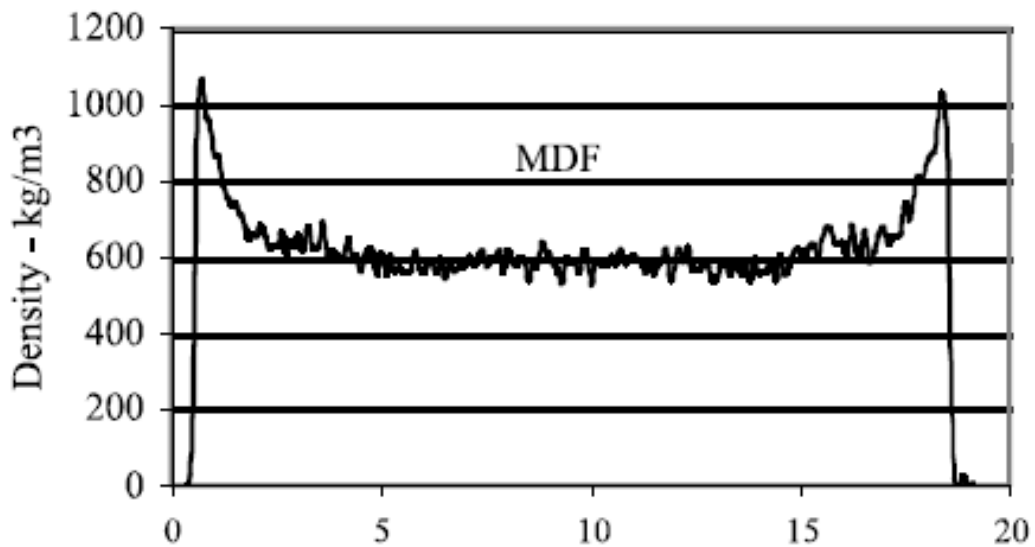
MDF-plaatide tootmisel kuival meetodil esitatakse väiksemaid nõudeid võrreldes märjal meetodil puitkiudplaatide plaatide tootmisega. MDF plaate toodetakse kuivmeetodil. Kuivmeetodis eelistatakse lehtpuitu, kuna kiududevahelised sidemed moodustuvad ainult liimühendustest ja lühikeste puidukiududega tekib ühtlasem plaadi struktuur [6]. Algmaterjaliks kasutatakse 20 mm suurusi puidust laaste. Puulaastus ei tohi olla üle 10% saepuru ja üle 10% koort. Laaste sõelutakse ja pestakse suurtes mahutites, kus eemaldatakse kõik võõrkehad ja muud osakesed, nagu näiteks metalli- ja mineraalide osised. Lisaks eemaldatakse ka kõik laastud, mille suurus ei jää õigetesse mõõtmetesse - väiksemad kui 5 mm ja suuremad kui 40 mm. Loputatud laastud aurutatakse mõne minuti jooksul umbes 180 °C kuumusel kõrgel rõhul. Pärast laastude pehmenemist purustatakse need väiksemateks kiududeks defibrööris nn. purustajas. Järgnevalt segatakse kiud koos liimi ning muude lisaainetega kokku ning kuivatatakse. Kuivadest kiududest moodustatakse paksud matid, mis on 30 korda paksemad kui valmistatav MDF plaat. Järgmisena pressitakse need matid kokku kõrgel temperatuuril ja rõhul. Pärast tootmisprotsessi lõigatakse plaadid õigetesse mõõtmetesse ning jahutatakse konditsioneeritud ruumides, et saavutada MDF plaadi stabiilsus. [3]

1.2. MDF-plaatide omadused

Puitkiudplaatide olulised standarditega normeeritud omadused on mõõtmete täpsus, mehaaniline tugevus väljendatuna paindetugevuse ja kiudude vaheliste sidemete tugevuse väärtustega ning niiskusomadused väljendatuna pundumise väärtusega. Liimvaiku sisaldava

MDF plaadi puhul on normeeritud ka vaba formaldehüüdi sisaldus, mis iseloomustab plaadi toksilisust. [8]

MDF plaatide keskmine tihedus jääb 450 – 800 kg/m³ vahele (Joonis 1). Plaatide tihedus ei ole konstantselt sama läbikogu plaadi paksuse. Kihid, mis jäävad pinnale on tihedamad, et plaat oleks vastupidavam välistele tingimustele.



Joonis 1. MDF tihedus

Allikas: [5, lk 467]

Erinevat tüüpi MDF plaatidel on erinevad sise- ja välikihtide tihedused ning mida suurem on nende kihtide vaheline vahe, seda väiksema keskmise tihedusega on MDF plaat [3]. Tänu tihedamatele pealmistele kihtidele ja hõredamatele sisekihtidele paraneb MDF plaadi pinnakihi töödeldavus, üldine paindumus ning vastupidavus ja keskmine plaadi tihedus suudetakse hoida madal [5].

Puitkiudplaadid, nagu ka puit, kahanevad ja paisuvad vastavalt materjali sees olevale niiskusele ehk tegu on hügrokoopse materjaliga. Pärast tootmist on MDF niiskus sisaldus keskmiselt $8 \pm 3\%$. Kuivmeetodil on üldine nõue puitkiudplaadi niiskusele 4% - 11%. [7]

2. Materjalid ja metoodika

2.1. Materjalid

Puidutehnoloog Raimo Jõgi pöördus TTÜ Puidutehnoloogia osakonna poole probleemiga, kus keskmise tihedusega puitkiudplaadi raamuste profiilidesse tekivad praod. Materjaliks toodi TTÜ Puidumajja puidutehnoloogi Raimo Jõgi poolt puitkiudplaadist ukseraam, mis oli värvimata. Katsekehad saeti välja sellest ukseraamist. Ukseraami paksus oli $19 \pm 0,05$ mm. Materjali pealmised tasapinnad olid tihedamad võrreldes materjali sisemusega. Nagu on näha eelnevalt näidatud graafikult (Joonis 1), siis MDF-plaadi äärtes on selle tihedus suurem, mis tingib ka aeglasema niiskusimendumise.

2.2. Katsetamismetoodika ja tingimused

Vastavalt EN 1995-1-1 standardile on tegu niiske keskkonnaga siis, kui temperatuur on 20 °C ja õhuniiskus ületab 85%, ja seda on vaid paaril nädalal aastas. Kuiv keskkond eksisteerib siis kui temperatuur on 20 °C ja õhuniiskus üle 65%, seda on samuti paaril nädalal aastas. [2]

Sellise niiske keskkonnatingimuste loomiseks oli töö autoril vaja kasutada kliimakambrit. TTÜ puidutehnoloogia õppelaboris on neid kaks, üks uuem Climacell 111 ja teine vanem VEB Elektroanlagenbau Ilka. Kuna antud kliimakambriid on kogu aeg töös ning katsete jaoks käsitlusel, siis oli raske leida aega nii pikkadeks katseks, nagu käesoleva töö jaoks oli vajalik. Kuna katseid, mis vajasid kliimakambri kasutust, tehti korduvalt, siis pidi autor kasutama lisaks uuele kliimakambrile ka vanemat kliimakambrit. Vanas kambris katsetingimusteks vajaliku õhuniiskuse saavutamiseks, milleks oli 95%, pidi autor kasutama lisa niiskusaparatuuri – õhuniisutit Stadler Form Robert R 002, mille pidi asetama kliimakambri sisse (Joonis 2).



Joonis 2. TTÜ puidumaja vana kliimakamber väljast ja seest koos lisa niiskusaparatuuriga
Allikas: Autori pildistatud

Katsete 1 ja 2 jaoks pidid olema järgmised keskkonnatingimused: õhuniiskus vähemalt 95% ning temperatuur $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Katse tingimuste saamiseks pidi kasutama kliimakambrit, katse nr 1 jaoks kliimakambrit Climacell ja katse nr 2 jaoks kliimakambrit Ilka.

Katse 3 koosnes kolmest osast. Ühes osas pidi samuti kasutama kliimakambrit Ilka nagu ka katse 2. Kahes teises osas toimus katse väliskeskonna tingimustes, täpsemalt välilaos. Lisaks pidi autor teatud katsekeha küljed väliselt viimistlema., et hinnata niiskus imavus erinevust viimistlemata ning viimistletud MDF-plaadil.

Katse 4 jaoks oli vaja mõõtesilindreid ning indikaatorkellasid. Katse jooksul leotati katsekehi destilleeritud vees ning nitrolahustis.

Katsekehade niiskusesisaldus arvutati kaalumismeetodi teel. Märj katsekeha kaaluti ning seejärel kuivatati ventilatsiooniga kuivatusahjus Gallenkamp temperatuuril 103 °C umbes 90 minutit, katsekeha kaaluti uuesti ning seejärel märjast katsekehast lahutati kuivatud katsekeha kaal. See vahe jagati läbi märja katsekeha kaaluga ning vastus esitati protsentides, vt valem (1).

Katsekehade tihedus arvutati katsekehade massi jagamisel katsekehade ruumalaga, valem (2). Ruumala saadakse katsekehade mõõtmete korrutamisel. Kuna andmed on millimeetrites, siis peab ruumala korrutama läbi 10^6 -ga, et vastus oleks esitatud õigetes ühikutes kg/m^3 .

Katsekehade pundumise määr arvutati valemiga (3). Selleks mõõdeti katsekehade algpaksus ja jooksvalt ajaliselt katsekeha paksus leotamise käigus. Kasutati indikaatorkellasid tüüp ИЧ GOST 577-68. Mõõteindikaatori täpsus oli 0,01 mm.

3. Katsete läbiviimine

3.1. Katse 1

Katse eesmärk oli uurida, kuidas MDF- plaadi tihedus ning niiskus muutub 13 päeva jooksul.

Tootmisest võetud MDF- plaadist valmistatud raamuksest lõigati välja 27 katsekeha suurustega 19x20x20 mm. Katsekehade lõikamisel lähtuti standardist EVS-NE 326-1:2002. 10-le katsekehale määrati algniiskus kaalumise meetodi järgi. 17 katsekeha lineaarmõõtmel mõõdeti ning katsekehade algkaal kaaluti enne katsekehade kliimakambritesse panemist. Katsekehade paksuse mõõtmisel lähtuti standardist EVS-EN 325:2012.

Pärast kliimakambrit mõõdeti katsekehade lineaarmõõtmel ja määrati nende niiskus kaalumise meetodi järgi.

Arvutused tehti programmiga Excel ning selle tulemusena saadud andmetabelid on esitatud töö lisas nr 2. Katsekehade mõõdetud tulemustest arvutati välja keskmised väärtused ning mõõtmisvead Studenti jaotuse järgi valemiga (3).

Katse andmetest arvutati katsekehade algniiskus ja algtihedus.

Iga katsekeha niiskusesisaldus arvutatakse järgmise valemiga:

$$M^w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

kus M^w - katsekeha tarbimisaine niiskusesisaldus, %

m_1 - määrja katsekeha kaal, g

m_2 - kuiva katsekeha kaal, g (kuiva katsekeha all on mõeldud katsekeha, mis kuivatati pärast kliimakambrit).

Katsekehade tihedus arvutati välja katsekeha massi jagamisel ruumalaga järgmise valemiga:

$$\rho = \frac{m_2}{a_2 \times b_2 \times c_2} \times 10^6, \text{ kg/m}^3 \quad (2)$$

kus a_2 - kuiva katsekeha mõõde 1, mm

b_2 - kuiva katsekeha mõõde 2, mm

c_2 - kuiva katsekeha mõõde 3, mm

m_2 - kuiva katsekeha kaal, g.

Katsekehade mõõdetud ning arvutatud tulemustest arvutati välja keskmised väärtused ning mõõtmis vead Studenti jaotuse järgi järgneva valemiga:

$$U_A(\bar{x}) = t_{v,\beta} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (3)$$

Kus

$U_A(\bar{x})$ – mõõteviga

n - katsekehade arv

x_i - katsetulemus

\bar{x} – katsetulemuste keskmine väärtus

$t_{v,\beta}$ - on Student'i tegur, mille väärtused on toodud alljärgnevas tabelis:

Tabel 1. Student'i teguri väärtused

v	β				
	0,5	0,68	0,95	0,975	0,9973
1	1,0	1,8	12,7	12,7	235,8
2	0,82	1,3	4,3	4,3	19,2
3	0,77	1,2	3,2	3,2	9,2
4	0,74	1,1	2,8	2,8	6,6
5	0,73	1,1	2,6	2,6	5,5
6	0,72	1,1	2,5	2,4	4,9
7	0,71	1,1	2,4	2,4	4,5
8	0,71	1,1	2,3	2,3	4,3
9	0,70	1,1	2,3	2,3	4,1
10	0,70	1,1	2,2	2,2	4,0
20	0,69	1,0	2,1	2,1	3,4
∞	0,67	1,0	2,0	2,0	3,0

Allikas: [9]

Kus

v – vabadusastmete arv $v = n - 1$

β – usaldatavus, tõenäosus, füüsika praktikumis on tavaliselt 95%

Katsekehade algne tihedus: $742 \pm 7 \text{ kg/m}^3$

Katsekehade algne niiskus: $3,7 \pm 0,08 \%$

Kliimakambris oli katse tingimuseks õhuniiskus 95% ja õhu temperatuur 23°C ning MDF-plaadist, raamuksest, saetud katsekehi hoiti kambris 13 päeva. Peale kaalumist asetati need Gallenkampi kuivatuskambrisse, et saada teada lõppniiskus ning lõpptihedus. Kuivatuskambrisse asetati katsekehad, et saaks välja arvutada katsekehade lõpliku niiskusesisalduse.

Katse lõpptulemused arvutati valemitega (1) ja (2).

Lõpptihedus: $676 \pm 4,3 \text{ kg/m}^3$

Lõppniiskus: $16,3 \pm 0,13 \%$

3.2. Katse 2

Katse eesmärk oli hinnata, kuidas MDF- plaadi tihedus ning niiskus muutub päevade kaupa 22 päeva jooksul 95% õhuniiskuse ning 23°C temperatuuri juures.

Tootmisest võetud MDF- plaadi raamuksest lõigati välja 100 katsekeha suurustega $19 \times 20 \times 20$ mm. Katsekehade lõikamisel tugineti standardile EVS-NE 326-1:2002. Katsekeha lineaarmõõtmel mõõdeti ning katsekehade algkaal kaaluti enne katsekehade kliimakambrisse ILKA panemist. Katsekehade paksuse mõõtmisel lähtuti standardist EVS-EN 325:2012.

Katsekehade algtihedus ja algniiskus:

Algtihedus: $709 \pm 0,7 \text{ kg/m}^3$

Algniiskus: $2,73 \pm 1,54 \%$

Iga 2 päeva tagant võeti kliimakambrist ILKA 10 katsekeha, mis mõõdeti ning asetati ventilatsiooniga kuivatusahju Gallenkamp. Peale kuivatust mõõdeti ning kaaluti katsekehad uuesti. Autor koostas graafiku MDF-plaadi niiskusesisalduse ning tiheduse muutusest 22 päeva jooksul (Joonised 6 ja 7). Lisaks koostati graafik ka lineaarmõõtmete suurenemisest erinevates suundades (Joonis 8).

Katsekehade niiskus ja tihedus 22 päeva pärast:

Lõppniiskus: $25,15 \pm 0,52$ %

Lõpptihedus: $532 \pm 1,79$ kg/m³

3.3. Katse 3

Katse eesmärk oli hinnata puitkiudplaadi niiskuse imendumist ning tiheduse muutust 5 päeva jooksul välistingimustel ja võrrelda seda kliimakambris olevate kontrollkehade omadega. Eesmärk oli välja selgitada, kuidas siseneb niiskus MDF-plaati, kas servpinna või lapikpinna kaudu. Selleks kaeti osade katsekehade eelnevalt servpinnad värviga. Autor soovis välja selgitada, kus ning kui suurel määral toimub MDF-plaadi niiskuseimendumine, kas hoiustamisel sise- või välistingimustes.

Katse koosnes kolmest osast. Algselt saeti välja 75 katsekeha MDF-plaadist raamuksest. Iga katseosa jaoks 25 katsekeha. Katsekehade lõikamisel lähtuti standardist EVS-NE 326-1:2002. Algandmete jaoks katsekehad mõõdeti ja kaaluti.

Katse lõpptulemused arvutati samade valemitega nagu katse 1 ja 2.

Katsekehade keskmine algniiskus ja algtihedus:

Algniiskus: $3,05 \pm 0,21$ %

Algtihedus: $721 \pm 0,9$ kg/m³

Katse esimese osas viimistleti 50 katsekeha, probleemiga pöördunud Raimo Jõgi poolt antud alkoholi baasil värviga ja lakiga. Eelnevad katsed näitasid, et katsekeha pundus enamasti ainult ühes suunas, see tähendab, et katsekeha pundus rohkem lapikpinnaga risti olevas suunas. Lapikpinna ülakiht on tihedam kui freesitud küljed (joonis 1). Freesitud küljed kattis autor antud värvi ning lakiga. Nendest pooled katsekehad asetati taas kliimakambrisse, kus oli õhuniiskus 95% ning temperatuur 23 °C. Teised katsekehad asetati käesoleva bakalaureusetöö autor välilattu, TTÜ puidumaja taha. Välilao temperatuur kõikus valdavalt 1 – 6 °C juures. Õhuniiskus kõikus 30% võrra katseajal, kuna kaks päeva sadas. Katsekehad otsest kontakti vihmaga ei saanud, sest autor ehitas nende peale eterniidist katuse. Keskmine õhuniiskus oli umbes 50- 60%.

Iga päev võttis autor kõikidest katseosadest välja 5 katsekeha, et teostada mõõtmised ja kaalumised.

1. Värviga töödeldud servpindadega katsekehade lõppniiskus ja lõpptihedus pärast kambris seismist (Joonis 3):

Lõppniiskus: $15,16 \pm 0,90$ %

Lõpptihedus: $589 \pm 2,1$ kg/m³

2. Värviga töödeldud servpindadega katsekehade lõppniiskus ja lõpptihedus pärast seismist välilaos (Joonis 3):

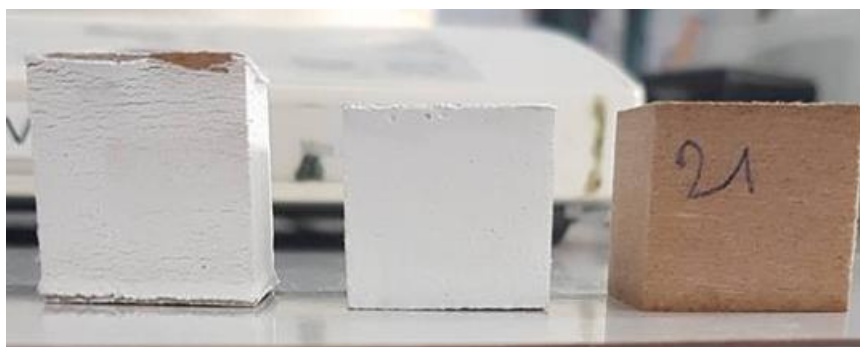
Lõppniiskus: $4 \pm 0,54$ %

Lõpptihedus: $765 \pm 0,9$ kg/m³

3. Töötlemata katsekehade lõppniiskus ja lõpptihedus pärast seismist välilaos (Joonis 3):

Lõppniiskus: $7,2 \pm 0,54$ %

Lõpptihedus: $720 \pm 0,9$ kg/m³



Joonis 3. Katsekehad peale katset 3. Vasakult esimene on värviga töödeldud servpinnaga katsekeha kliimakambrist. Vasakult teine on värviga töödeldud servpinnaga katsekeha välilaost. Vasakult kolmas on värviga töötlemata servpinnaga katsekeha välilaost.

Allikas: Autori pildistatud

3.4. Katse 4

Neljanda katse jaoks saagis autor välja 10 katsekeha puitkiudplaadi ukseraamist mõõtmetega 19x20x20 mm. Katsekehade lõikamisel lähtuti standardist EVS-NE 326-1:2002. Katse eesmärk oli määrata puitkiudplaadi pundumist risti lapikpinnaga suunaga lahustis ja vees. Lisaks sooviti katses 4 määrata, kas lahusti, millega värvi lahustatakse, mõjutab katsekehi pundumisel. Katsekehadel mõõdeti pikkus ja laius. Selleks kasutati elektroonilist nihikut, mis

võimaldab täpsust 0,01 mm. Katsekehade paksuse mõõtmisel põhineti standardil EVS-EN 325:2012.

Pundumise jaoks asetati katsekehad klaasist mõõtesilindritesse leotusaine sisse, kus iga katsekeha diagonaalide ristumiskohas oli indikaatorkell (Joonis 4). Indikaatorilt võeti näit iga 15 minuti tagant kuni 120 minuti ehk 3 tunni jooksul. Indikaatorkella näidu muutus lisati algpaksuse mõõdule. Kasutatud meetodika ei vasta standardile EVS-EN 317:2000.



Joonis 4. Katse 4 aparatuur indikaatorkelladega
Allikas: Autori pildistatud

Iga katsekeha pundumine paksuses, G , mida väljendatakse protsentides algpaksusest, arvutatakse järgmise valemiga:

$$Gt = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \quad (4)$$

Kus

t_1 on katsekeha paksus millimeetris enne leotamist,

t_2 on katsekeha paksus millimeetrites pärast leotamist.

Vees leotatavate katsekehade keskmine algpaksus: $19,03 \pm 0,01$ mm

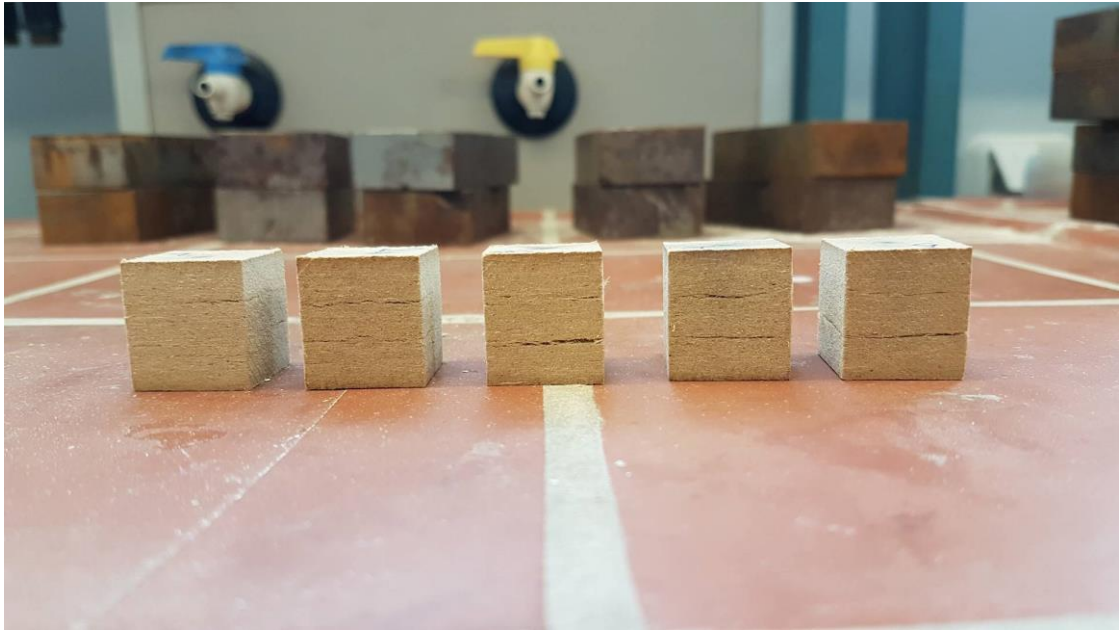
Vees leotatud katsekehade keskmine lõpp-paksus: $22,72 \pm 0,01$ mm

Vees leotatud katsekehade keskmine paksuse pundumise protsent G : 19,4 %

Nitrolahustis leotatavate katsekehade keskmine algpaksus: $19,03 \pm 0,01$ mm

Nitrolahustis leotatud katsekehade keskmine lõpp-paksus: $19,25 \pm 0,01$ mm

Nitrolahustis leotatud katsekehade keskmine paksuse pundumise protsent G : 1,2 %



Joonis 5. Pundumine pärast 3 tunnist vesileotust - tekkinud on praod
Allikas: Autori pildistatud

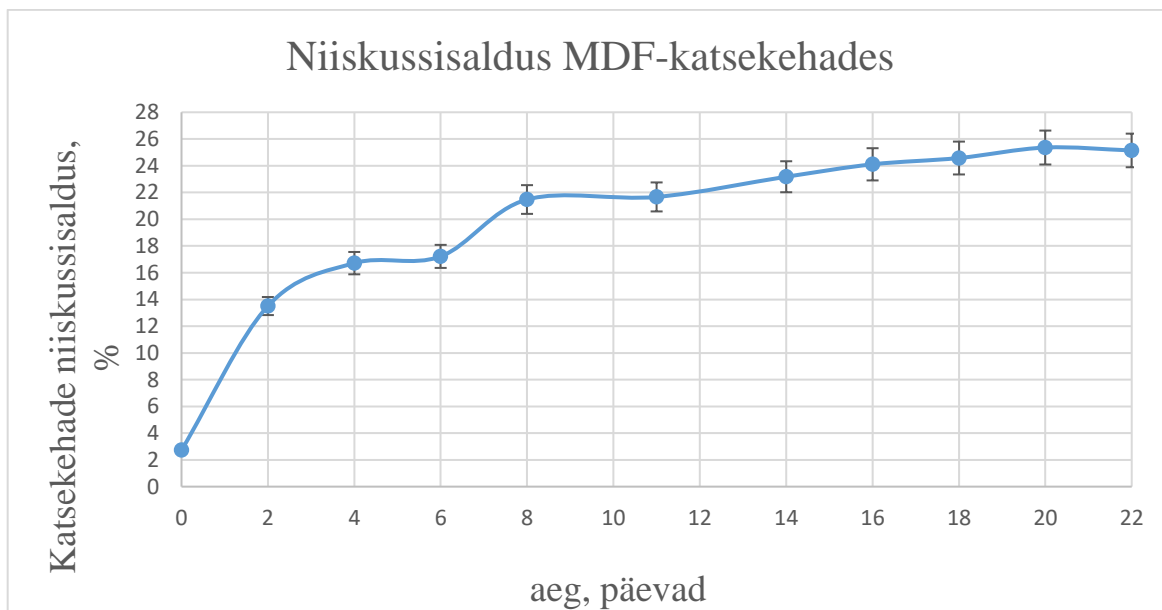
4. Tulemused ja analüüs

Kõikide katsete mõõtmistulemused on esitatud käesoleva töö lisades.

Katse 1 tulemustest järeldab autor, et MDF-plaat imab sisse üsna palju niiskust. Katsekehade niiskus muutus $3,7 \pm 0,08$ % pealt $16,3 \pm 0,13$ % 13 päeva jooksul, mis on märkimisväärne tulemus. Katsekehade lineaarsed mõõtmised suurenesid just kõige rohkem lapikpinnaga risti olevas suunas. MDF-plaadi pealmine lapikpind on tihedam. Keskmise katsekehade tihedus $709 \pm 0,7$ kg/m³ langes $532 \pm 1,79$ kg/m³. Lisaks esines kliimakambris olnud katsekehadel palju erinevaid hallitusi, kuna nende esinemiseks oli ideaalsed tingimused. Hallitus esines juba esimesel neljal päeval ning aina süvenes. Värv järgi sai eristada vähemalt nelja erinevat hallitusliiki. Pilt hallitusest on esitatud lisas 8. Hallitus esines ainult kliimakambris olnud katsekehadel.

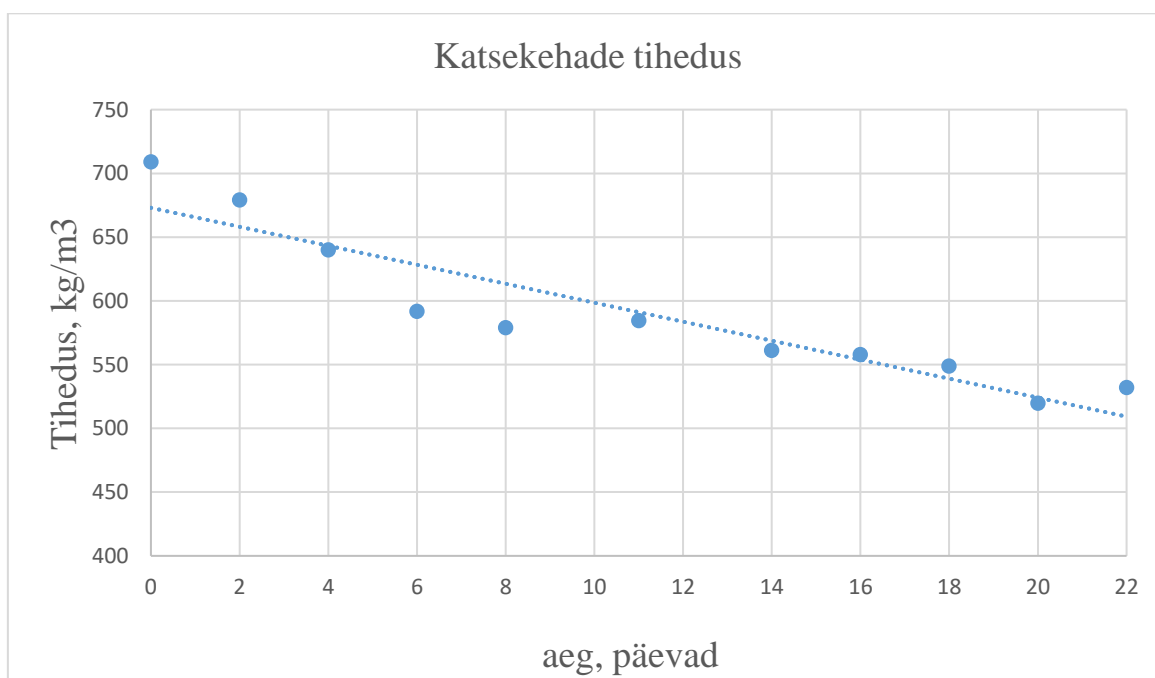
Seejärel otsustas autor teha järgnevad katsed uurimaks täpsemalt plaatide niiskusimavust. Katse 2 sisuks oli hinnata, kuidas niiskus määratud keskkonna tingimused imendub katsekehasse iga kahe päeva tagant. Eesmärk oli uurida millisel viisil ja kunas niiskus keskmise tihedusega puitkiudplaadi sisse imendub. Katse 2 alusel saab järeldada, et niiskus imendus plaati suuremal määral just esimesel viiel päeval ning hiljem vähem ja aeglasemalt. (Joonis 6)

Algselt oli plaadi niiskus $2,73 \pm 1,54$ % ning pärast 22 päeva oli see $25,15 \pm 0,52$ % (Joonis 6). Tekkisid ka mõningad praod pärast plaadist katsekeha kuivamist. Nagu jooniselt 6 näha, siis just märkimisväärne kogus imendus vaid paari esimese päevaga ning hiljem oli tõus aeglasem. Kahel esimesel päeval imendus katsekehadesse üle 14 % niiskust ning ülejäänud kahekümnel päeval imendus 12 %. See tähendab et plaate tuleb hoiustada kohe pärast nende tootmist väga hoolikalt, sest niiskus imendub MDF-plaati üsna kiiresti.



Joonis 6. Katse 2 tulemus – niiskusimavus 22 päeva jooksul 95% õhuniiskuse juures

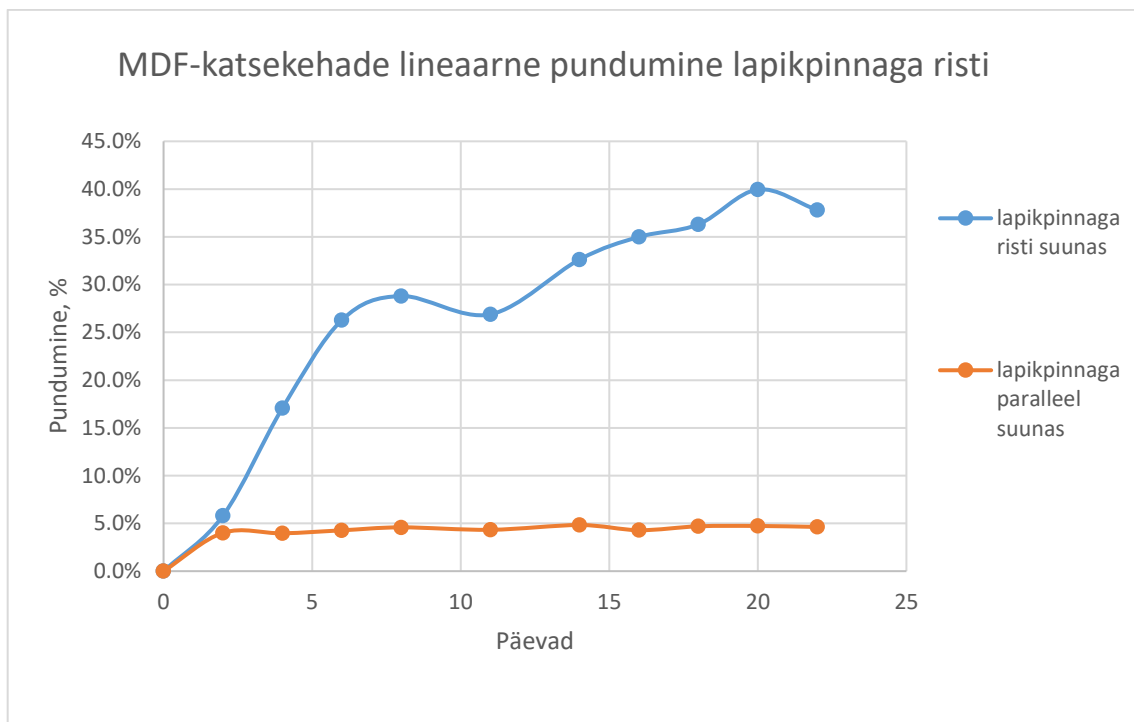
Allikas: Autori koostatud



Joonis 7 . Katse 2 tulemus - tiheduse muutus 22 päeva jooksul 95% õhuniiskuse juures

Allikas: Autori koostatud

Lisaks kiirele niiskuse imendumisele on MDF-plaadi pundumine pinnaga risti suunas kordades suurem kui pundumine pinnaga paralleelselt. All oleval graafikul Joonis 8 *sinine joon* on tasapinnaga risti suunas ning *punane joon* tasapinnaga paralleelses suunas katsekeha pundumine protsentides.



Joonis 8. Pundumine MDF-plaadi eri suundades
Allikas: Autori koostatud

Sellest tulenevalt järgnesid katsed 3 ja 4.

Katse 3 eesmärk oli määrata esimese viie päeva vältel niiskuse imavust MDF-plaadi katsekehadesse ja võrrelda erinevusi kaetud servpindadega ning katmata servpindadega katsekehade pundumises. Lisaks sellele taheti võrrelda erinevust ka erinevates katsetingimustes ning vaadelda pundumist eri suundades. Tulemusena sai taas näha, et MDF-plaat pundub kõige rohkem esimese 2 päeva jooksul. Samas oli värvitud katsekehade niiskuseimavus aeglasem. Järelikult toimus niiskuse imendumine servade kaudu.

1. Viimistletud katsekehade lõppniiskus ja lõpptihedus pärast kambrit.

Lõppniiskus: $15,16 \pm 0,90$ %

Lõpptihedus: $589 \pm 2,1$ kg/m³

2. Viimistletud katsekehade lõppniiskus ja lõpptihedus pärast väliladu.

Lõppniiskus: $4 \pm 0,54$ %

Lõpptihedus: $765 \pm 0,9$ kg/m³

3. Töötlemata katsekehade lõppniiskus ja lõpptihedus pärast väliladu.

Lõppniiskus: $7,2 \pm 0,54$ %

Lõpptihedus: $720 \pm 0,9$ kg/m³

Katse 3 kliimakambri keskkonna tingimused olid 95% õhuniiskus ning 23°C temperatuur. Välilao keskkonna tingimused oli 50-60 % õhuniiskus ning temperatuur jäi 1-6 °C vahele. Katsete tulemused näitavad, et kliimakambris saavutasid katsekehad niiskusesisalduse kuni 17 % viie päevaga, aga välilaos olnud katsekehade niiskusesisaldus oli 7 %. Järelikult sõltub niiskusesisaldus ümbritseva keskkonna niiskuspameetritest.

Katse 3 läbinud katsekehade pildid on esitatud joonisel 3.

Katse 4 põhjal soovis autor välja selgitada MDF-plaadist raamuste pundumise põhjuseid. Autor soovis teada saada, kas lahusti võib mõjutada plaadi pundumist. Tulemusena saadi teada, et nitrolahusti põhjustab palju väiksemat pundumist kui vesi ning niiskuse imendumine tootmisplaati toimub arvatavasti enne viimistlust.

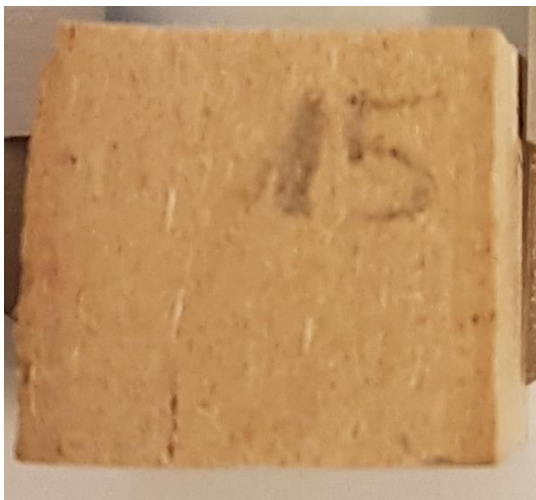
Vees leotatud katsekehad pundusid algpaksusest kuni 19,4%. Nitrolahustis leotatud katsekehad pundusid algpaksusest ainult 1,2 %.

Vees leotatud katsekehad pundusid umbes 19 korda rohkem. Pärast sellist imendumist esinesid katsekehadel ka praod ning lõhed, mis on esitletud joonisel 5 töö alapeatükis 3.4.

5. Võrdlus

Antud peatükis toob autor kõrvuti välja tähtsamate tulemuste ning katsete võrdlused graafikute, tabelite ja piltide näol.

Katse 1 katsekehade võrdlus on esitatud joonistel 9 ja 10. Katsekeha nr 15 oli kliimakambris 4 päeva, kus oli 95% õhuniiskus. Pärast katsekehade kuivatamist liigniiskusest, tekkis sellesse mõra. Mõra on tingitud kuna vesi imendus katsekeha vahele pressides MDF-plaadi kihid laiali. Hiljem kuivas vesi ära ning tekkis ka lõhe.



Joonis 9. 4 päeva 95% õhuniiskuse juures olnud katsekeha nr 15, kus all vasakus servas esineb kuivamiskahanemis lõhe.

Allikas: Autori pildistatud

Joonisel 9 on näidatud katsekeha, mis on olnud 95% õhuniiskuse käes juba 14 päeva. Katsekeha nr 75 on väga pehme ning kuivamisel tekkisid veel suuremad lõhed. Lisaks oli katsekehaväga pehme ning rabe. Enamus niiskust on imendunud katsekeha sisse just tasapinnaga risti olevas suunas ning katsekeha on paisunud mõõtmetelt valdavalt ainult ühes suunas.



Joonis 10. 14 päeva 95% õhuniiskuse ja 23°C temperatuuri juures olnud katsekeha, kus parem serv kuivamiskahanemisel lahti rebestunud

Allikas: Autori pildistatud

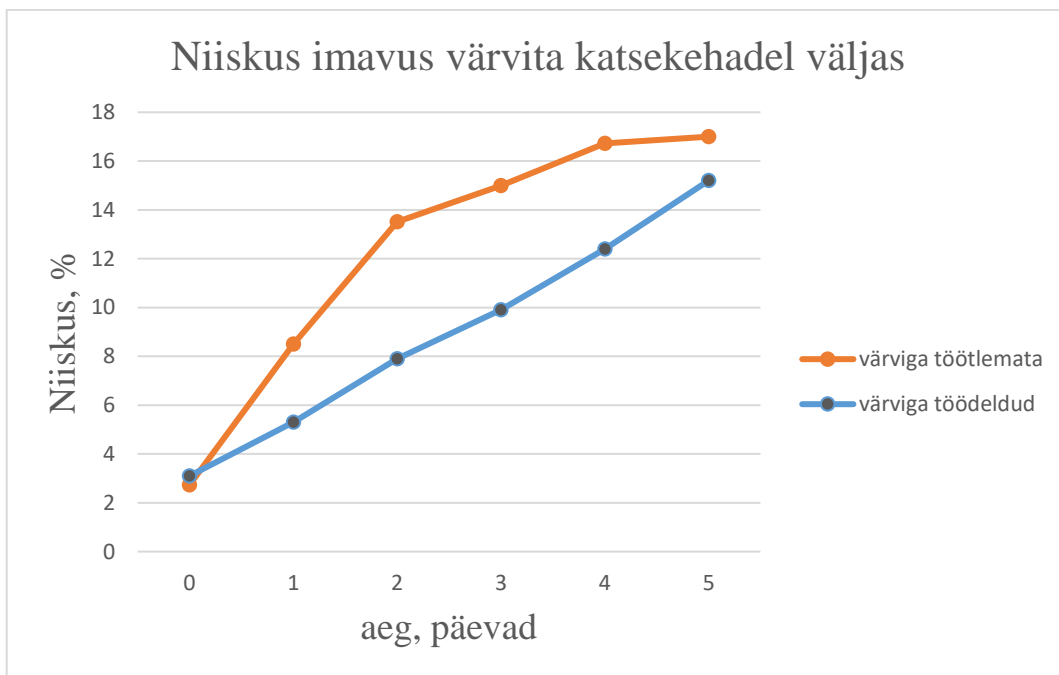
95 % õhuniiskus, 23 °C temperatuur

Tabel 1. Võrdlus värviga töödeldud ning töötlemata katsekehade niiskusimavus 95% õhuniiskuse juures

Katsed	0 päeva	1 päev	2 päeva	3 päeva	4 päeva	5 päeva
Töötlemata	2,73%	~8,5%	13,51%	~15%	16,72%	~17%
Töödeldud	3,1 %	5,3%	7,9%	9,9%	12,4%	15,2%

Allikas: Autori koostatud

Tabelis 1 on toodud võrdluseks kuidas imendus niiskus töödeldud ning töötlemata katsekehadesse viie päeva jooksul. Katsekeha servad olid töödeldud üle valge värviga. Kuna õhuniiskuse sisaldus 95% on üsna intensiivne keskkond, siis on vahe väike. Nagu jooniselt 11 saab näha, imendub katmata servpindadega katsekehadesse niiskus paremini. Kuna töödeldud katsekehade servad olid värvitud, siis toimus niiskusimendumine MDF-plaati aeglasemalt.



Joonis 11. Töötlemata ja töödeldud katsekehad kambris
Allikas: Autori koostatud

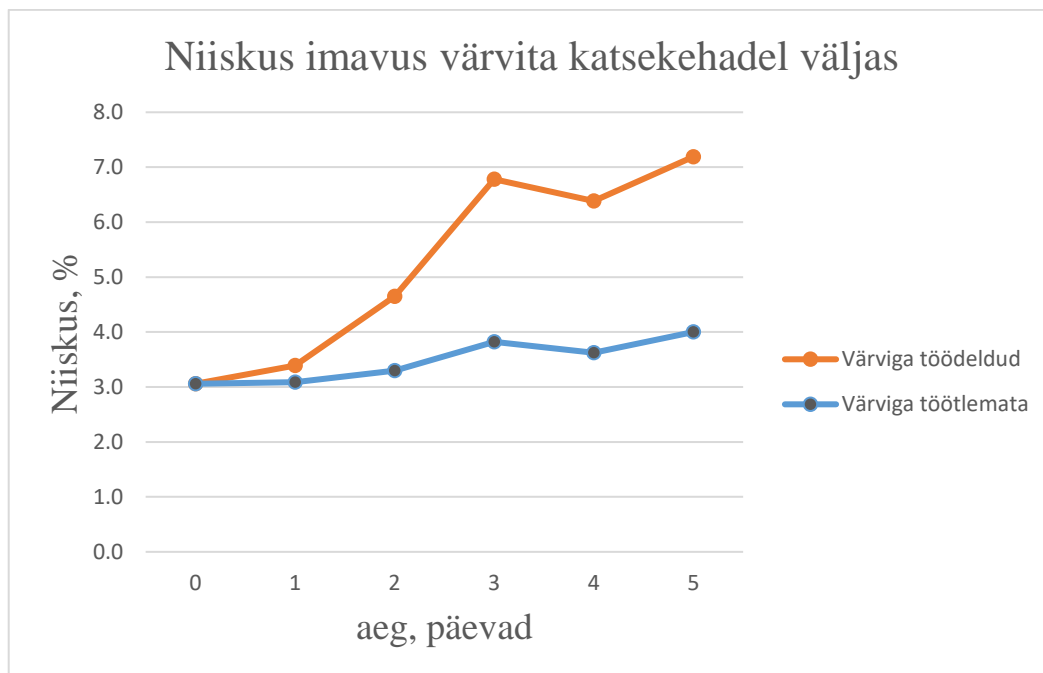
Tabelis 2 on toodud sama võrdlus ainult 50-60 % õhuniiskuse juures. Kuigi õhuniiskus pole nii intensiivne, on vahe märgatav. Töödeldud katsekehade niiskus tõusis viie päeva jooksul vaid 1 % aga töötlemata katsekehade niiskuse tõus oli 4 %.

50-60 % õhuniiskus, 1-6 °C temperatuur

Tabel 2. Võrdlus töötlemata ning töödeldud katsekehade niiskuseimavus väliskeskkonnas

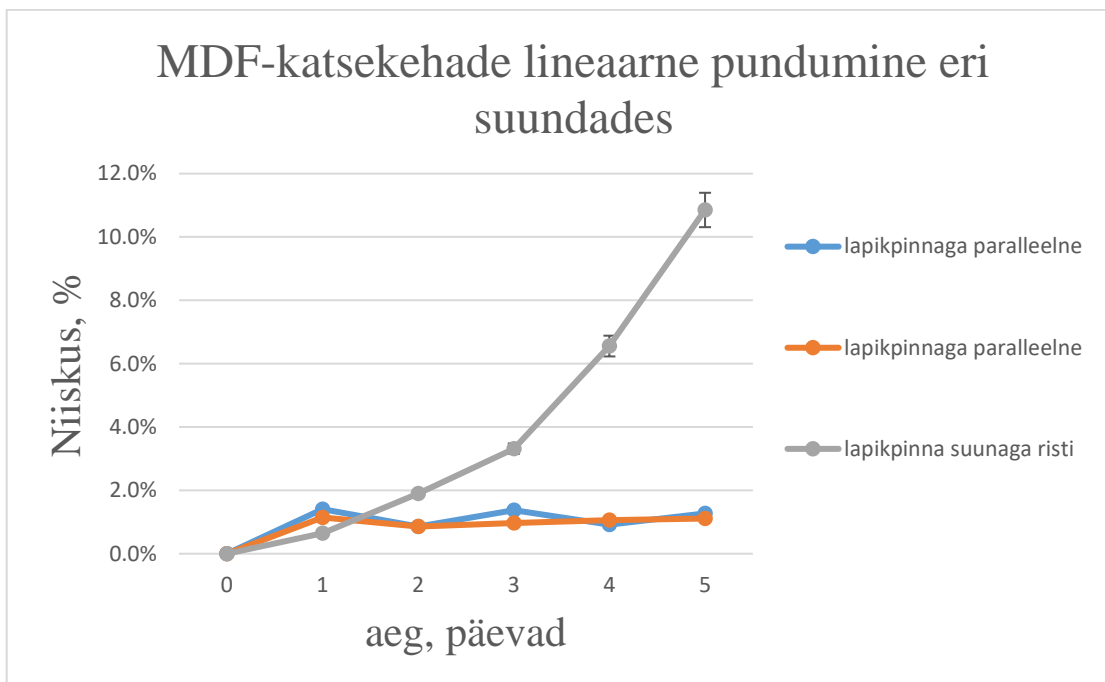
Katsed	0 päeva	1 päev	2 päeva	3 päeva	4 päeva	5 päeva
Töötlemata	3,06%	3,4%	4,65%	6,78%	6,4%	7,2%
Töödeldud	3,06 %	3,09%	3,3%	3,8%	3,6%	4,0%

Allikas: Autori koostatud



Joonis 12. Niiskuseimavus töödeldud ning töötlemata katsekehadel väliskeskkonnas 50-60 %
 Allikas: Autori koostatud

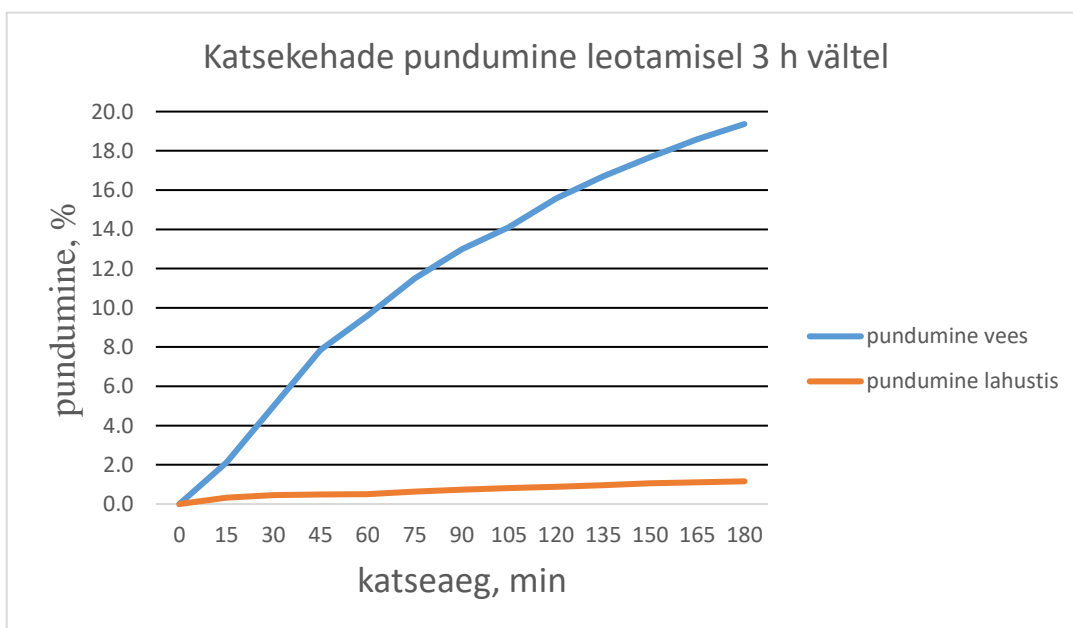
Jooniselt 12 saab välja lugeda, et töötlemata katsekehad imasid niiskust 3 % rohkem sama ajaga. Graafikud kõiguvad erineva õhuniiskuse tõttu. Joonisel 12 on näha, et niiskus imendus järsult kiiremini kolmandal päeval. Õhuniiskus kõikus terve nädala jooksul vihmaste ilmade tõttu. Katse esimestel päevadel olid ilmad külmad ning kuivad, siis kolmandal päeval oli terve päev suur vihmasadu, aga katsekehad olid varjus. Ning järgnevatel päevadel oli ilm kergelt vihmane.



Joonis 13. Töödeldud katsekehade lineaarsete mõõtmete suurenemine erisuundades.

Allikas: Autori koostatud

Joonisel 13 on kujutatud kliimakambris olnud kaetud servadega katsekehade lineaarsete mõõtmete suurenemist eri suundades. Katsekehad olid kliimakambris 95% õhuniiskuse käes viis päeva ning imasid niiskust lapikpinnaga risti suunas 10 % rohkem võrreldes teistes suundades.



Joonis 14. Võrdlus vee ja lahusti vahelisel pundumisel.

Allikas: Autori koostatud

Joonisel 14 on näha kuidas MDF-plaadist katsekehade pundumine vees on kordades suurem, kui pundumine nitrolahustis. Kolme tunni vältel pundusid vees katsekehad kuni 20 % ning lahustis kuni 1,5 %. Vees pundus katsekeha lausa 13 korda rohkem. Tulemuste järgi saab järeldada, et MDF-plaadist raamuste pragude ning lõhede teke on pigem põhjustatud väliskeskkonna tingimustest, mitte värvi mõjust.

KOKKUVÕTE

Töö probleemiks oli uurida MDF-plaatidest raamuste profiilsetesse kohtadesse tekkinud pragude ning lõhede tekkimise põhjust pärast viimistlust. Puidutehnoloog Raimo Jõgi tõi MDF-plaadist tehtud viimistlemata raamukse TTÜ Puidutehnoloogia õppelaborisse, kust ketassaega saeti välja katsekehad uuringute teostuseks. Kokku tegi autor 4 erinevat katset. Katsetingimused, kus uuriti pundumist olid järgmised: õhuniiskus 95% ja temperatuur 23°C ning välitingimustes õhuniiskus 50-60% ja temperatuur 1-6 °C. Lisaks teostati katse ka leotusainete sees, milleks oli vesi ning nitrolahusti. Katsed kestsid kokku 42 päeva.

Katse tulemused näitasid, et niiskuseimendumine katsekehade sisse toimus kõige rohkem just esimese viie päeva jooksul. Niiskes keskkonnas tõusis töötlemata MDF-plaadi niiskusesisaldus kuni 16%-ni. Värviga kaetud servadega MDF-plaadi katsekehade niiskusesisaldus tõusis aeglasema tempoga. Niiskuse tõus toimus intensiivselt just 3-4 päevaga. Tihedus langes aeglasemalt pikema aja jooksul. MDF-plaadi pundumine toimub põhiliselt plaadi lapikpinnaga ristisuunas, pinnaga paralleelselt on pundumine kordades väiksem. Niiskuse sisenemine MDF-plaati toimub eeskätt servade kaudu, kuid on võimalik ka pealmiste pindade kaudu, olles aeglasem protsess. Põhjuseks võib olla asjaolu, et õhukesed pealmised pinnakihid on tihedamad.

Leotamisel katsekehasid vees muutus paksus suuremaks algpaksusest lausa 19 % kolme tunni vältel. Plaadi pundumine orgaanilistes lahustites on kordades väiksem kui vee korral. Lisaks tekkisid kõikidel pundunud katsekehadel praod ning lõhed vee imendumisel. Katsekehad muutusid pärast niiskeid katsetingimusi nõrgemaks ning rabedamaks.

Nagu katsed näitavad, imendub otse kontaktis olev vesi väga kiirelt keskmise tihedusega puitkiudplaati ning tänu sellele pundub see väga palju. Seega on oluline kaitsta plaate välismõjutuste eest väga hoolikalt ning neid tuleb hoida kuivas keskkonnas. Niiskus imendub kõige rohkem plaadi sisse just freesitud servpinna kohtades. Pärast servpindade freesimist peaks viivitamatult viimistlema MDF-plaadist ukсед. Viimistlema peaks ka plaadi servpindu. Pärast MDF-plaadi tootmist mängib nende hoidmisel väga suurt rolli niiskus. Transpordi käigus tuleks hoolikalt plaati hoiustada ning mitte lasta sel niiskust saada. Tulenevalt

liigniiskusest, mis võib ebahühtlaselt plaadi sisse imenduda, võib see hiljem pärast MDF-plaadist raamukse viimistlust, kuivamisel tekitada plaadi sisse praod ning lõhed. Need tekivad ka viimistletud pinnale. Autor soovib MDF-plaate pärast tootmist koheselt viimistleda või katta kilega, et need transpordi käigus niiskust ei saaks. Kuna katsetest oli näha, et ka värviga töödeldud katsekehadel oli niiskuse imenduvus suur, olles seejuures siiski aeglasem, siis ei pruugi pelgalt viimistlusest alati kasu olla.

Kuna puitkiudplaatide tootmine on maailmas aina kiiremini arenev tööstusharu, mis odavast puittoorainest valmistab väärtuslikumat tooret, siis peab selle kvaliteedi ning eripärade peale pöörama järjest rohkem tähelepanu. MDF-plaate tuleb korrektselt hoiustada ning transportida, et kaitsta neid liigse niiskuse eest.

SUMMARY

The aim of this bachelor's thesis is to study main causes of cracks and fissures established after coating of MDF frame doors. Mr Raimo Jõgi brought 4 uncoated MDF frame doors to Wood Technology Laboratory for the study. From this material, the test samples were cut out on table circular saw. There were 4 different tests provided. The test environment was: air moisture content 95% and temperature 23 °C in sealed climate chambers and 50-60% air humidity and 1-6 °C temperature outside. Furthermore, the swelling tests of MDF samples in different solvents were provided. All the experiments lasted 42 days.

According to the tests results, that the main humidity immersion to the test samples was taken place during first 5 days. In high humidity environment, the moisture content of untreated test samples raised up to 16%. The moisture content of samples of coated edges surfaces was risen slower than uncoated samples. An intense increase of moisture content of the samples was observed during first 3...4 days. The density of the samples dropped to a lower intensity. The swelling of MDF boards were occurred mostly perpendicular to the flattened surface, in the other directions swelling was observed manifold times lesser. Moisture immersion was observed mostly through the edge surfaces of the MDF samples. The moisture immersion is possible through the flattened surfaces, but it is slower process. The cause for this is probably the fact that thin outer flattened layers are denser than the core of the plate.

The swelling rate of MDF samples was high as 19% during 3 hours. The swelling rate in solvents was many times lesser than in water. Cracks and fissures were observed after immersion of water. The test samples were transformed more brittle and weaker after exposing in humid conditions.

According to the test results water in direct contact to the MDF samples immerses very rapidly into medium density fibreboard and this causes the high swelling of MDF boards. Therefore it is important to protect MDF boards from external influences very carefully and the boards must be stored in dry conditions. Moisture was observed to be absorbed into the board through edge surfaces after milling of edges. The frame doors machined from MDF boards must be therefore finished immediately after milling process. The edges of MDF parts should be finished also. The storage process is important after MDF manufacturing, particularly the air humidity content. During transporting, the MDF boards should be very carefully stored and finished and

must not let moisture to get into the material. Material should be packed with some kind of special foil. Due to the excessive moisture content which may be absorbed unevenly inside MDF board, there may be later some cracks or fissures. This can happen already after MDF-boards door frame finishing and occur in the finished surface also. The author recommends that MDF-boards needs to be covered immediately after manufacturing for moisture protection.

Because of the wide use of MDF boards nowadays, there is more and more need to study these parameters to optimize manufacturing.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] EVS-EN 316:2009 Puitkiudplaadid. Määratlus, liigitus ja tähised. Eesti Standardikeskus
- [2] EVS-EN 622-5:2010 Puitkiudplaadid. Spetsifikaadid. Osa 5: Nõuded kuivmeetodi plaatidele (MDF). Eesti Standardikeskus
- [3] MDF manual, Spanolux, Wood-based Solutions, pp. 8-11
- [4] MDF manual, Spanolux, Wood-based Solutions, pp. 12-14
- [5] Walker, J. C. F., Primary wood processing: principles and practice, pp. 466-467
- [6] Poltimäe, T., TTÜ KMX0220 loengu õppeesitlus „Puittoodete konstruktsioonilised materjalid“
- [7] EVS-NE 622-1:2003 Puitkiudplaadid. Spetsifikaadid. Osa 1: Üldnõuded.
- [8] Reiska, R., TTÜ õppeaine KMM0270 Puitpolümeerkomposiidid konspekt „Puitkiudplaatide tehnoloogia“
- [9] Vilipuu, M., Füüsikalised suurused, nende mõõtmine ja mõõtemääratus, lühikokkuvõte, https://www.ttu.ee/public/m/Marek_Vilipuu/FI_doks/Fuusikalised_suurused_ja_nende_mootmine_luh.pdf (31.05.2017)

LISAD

Lisa 1. Katse 1

Katse Kehad	Mass Enne, g	mass pärast, g	Mõõde1	Mõõde2	Mõõde3	Mõõde1 pärast (mm)	Mõõde2 pärast (mm)	Mõõde3 Pärast (mm)
1	5.5	4.6	22.19	18.66	18.59	20	18.56	18.57
2	5.61	4.7	22.21	18.68	18.75	20.09	18.61	18.65
3	5.49	4.56	22.59	18.5	18.34	20.32	18.61	18.3
4	5.68	4.76	22.24	18.79	18.76	20.04	18.66	18.7
5	5.73	4.81	22.25	18.78	18.72	20.11	18.68	18.68
6	5.61	4.7	22.36	18.63	18.72	20.05	18.61	18.64
7	5.63	4.71	22.37	18.67	18.66	20.27	18.61	18.55
8	5.58	4.69	22.2	18.76	18.57	20.02	18.65	18.51
9	5.67	4.74	22.22	18.78	18.75	19.97	18.63	18.61
10	5.6	4.68	22.43	18.78	18.78	20.29	18.65	18.69
11	5.68	4.76	22.31	18.87	18.8	20.07	18.66	18.8
12	5.67	4.76	22.4	18.78	18.72	19.96	18.65	18.68
13	5.59	4.67	22.47	18.66	18.71	20.19	18.52	18.63
14	5.63	4.73	22.25	18.8	18.61	20	18.67	18.5
15	5.74	4.79	22.36	18.78	18.81	20.11	18.69	18.71
16	5.64	4.74	22.19	18.76	18.73	20.03	18.64	18.63
17	5.56	4.67	22.26	18.73	18.46	19.95	18.56	18.35

MDF tükid	Ruumala enne	Ruumala pärast	Niiskus %	Tihedus Kg/m ³ enne	Tihedus Kg/m ³ pärast
1	7697.5	6893.2	16.36	714.5	667.3
2	7779.1	6972.8	16.22	721.2	674.1
3	7664.6	6920.2	16.94	716.3	658.9
4	7839.6	6992.8	16.20	724.5	680.7
5	7822.2	7017.2	16.06	732.5	685.5
6	7798.1	6955.2	16.22	719.4	675.8
7	7793.3	6997.5	16.34	722.4	673.1
8	7733.9	6911.1	15.95	721.5	678.6
9	7824.2	6923.7	16.40	724.7	684.6
10	7910.8	7072.5	16.43	707.9	661.7
11	7914.6	7040.7	16.20	717.7	676.1
12	7875.0	6953.7	16.05	720.0	684.5
13	7844.9	6966.1	16.46	712.6	670.4
14	7784.6	6907.9	15.99	723.2	684.7
15	7898.7	7032.3	16.55	726.7	681.1
16	7797.0	6955.7	15.96	723.4	681.5
17	7696.5	6794.5	16.01	722.4	687.3

Lisa 2. Katse 2

Date	MDF tükid	Mass enne	M1 kuiv	M2	M3	m2 peale niiskuskambrit	M1 niiske	M2	M3
15.02.17	1	5.46	19.91	19.88	18.98	6.24	19.84	19.96	22.26
15.02.17	2	5.51	19.81	20.01	18.99	6.24	19.9	20.01	22.08
15.02.17	3	5.46	19.82	19.91	19.02	6.17	19.89	19.97	22.31
15.02.17	4	5.5	19.83	20.02	19.02	6.14	19.86	20	22.07
15.02.17	5	5.49	19.93	19.74	19	6.05	19.99	19.84	21.47
15.02.17	6	5.6	19.04	19.88	19.96	6.29	21.82	20	20.01
15.02.17	7	5.49	19	19.83	19.94	6.15	22.13	19.94	20.03
15.02.17	8	5.47	19.01	19.84	19.96	6.08	21.99	19.9	20.04
15.02.17	9	5.48	19.01	20	19.72	6.04	21.48	20.08	19.85
15.02.17	10	5.48	18.99	19.87	19.94	6.07	20.98	19.81	20.01
17.02.17	11	5.55	20.02	19.84	19.04	6.55	20.04	19.89	23.48
17.02.17	12	5.56	19.87	19.98	19.04	6.57	19.96	20.09	23.59
17.02.17	13	5.54	19.96	19.8	19.04	6.51	20.02	19.92	23.14
17.02.17	14	5.6	19.98	19.72	19.03	6.44	20.06	19.81	22.75
17.02.17	15	5.52	19.89	19.85	19.02	6.37	20.1	19.91	22.85
17.02.17	16	5.58	19.85	19.74	19.01	6.54	20	19.89	23.71
17.02.17	17	5.64	19.99	19.8	19.04	6.53	20.05	19.92	22.91
17.02.17	18	5.51	19.85	19.99	19	6.46	19.88	20.07	23.27
17.02.17	19	5.51	19.93	19.9	19.02	6.43	20.06	20.01	23.15
17.02.17	20	5.61	19.85	19.72	19	6.61	20.05	19.85	23.7
19.02.17	21	5.53	19.71	19.92	19	6.71	19.82	20	24.86
19.02.17	22	5.5	19.77	19.95	19.06	6.64	19.88	20	24.65
19.02.17	23	5.44	19.83	19.92	19	6.6	20.01	20	25.01
19.02.17	24	5.51	19.91	19.86	19.02	6.71	19.99	20	25.25
19.02.17	25	5.57	19.99	19.85	19.04	6.76	20.08	20.01	24.67
19.02.17	26	5.47	19.92	19.91	19.04	6.65	19.99	19.99	25.23
19.02.17	27	5.58	19.87	19.9	19.02	6.76	20.01	20.03	25.14
19.02.17	28	5.55	19.95	19.81	19.02	6.77	20.07	19.95	25.19
19.02.17	29	5.65	19.94	19.99	19.03	6.86	20.05	20.01	25.38
19.02.17	30	5.59	19.81	19.91	19.02	6.77	19.99	20.01	25.39
21.02.17	31	5.65	20.05	19.86	19.05	6.9	20.19	19.98	25.32
21.02.17	32	5.53	19.88	19.91	19.05	6.84	20.01	20.06	25.7
21.02.17	33	5.46	19.88	19.99	19.04	6.8	20.08	20.26	26.36
21.02.17	34	5.51	19.9	19.91	19.01	6.84	20.09	20.21	26.32
21.02.17	35	5.56	19.93	19.89	19.02	6.94	20.16	20.12	26.57
21.02.17	36	5.58	19.97	19.73	19.01	6.88	20.11	19.89	25.41

21.02.17	37	5.54	19.87	19.82	19.01	6.6	20.09	20.04	24.64
21.02.17	38	5.51	19.84	19.76	19.02	6.71	20.04	19.9	25.52
21.02.17	39	5.49	19.88	19.84	19.03	6.56	19.99	20.03	24.02
21.02.17	40	5.55	19.85	19.95	19.01	6.8	20.07	20.11	25.94
23.02.17	41	5.52	19.88	19.94	19.02	6.8	19.98	20.08	25.35
23.02.17	42	5.52	19.81	19.92	19.02	6.86	19.91	20.08	25.95
23.02.17	43	5.61	20.01	19.72	19.04	6.82	20.12	19.87	24.75
23.02.17	44	5.46	19.7	19.87	19	6.68	19.82	20	25.28
23.02.17	45	5.58	19.8	19.98	19	6.93	20	20.03	25.66
23.02.17	46	5.5	19.96	19.88	19.03	6.73	20.07	20	24.99
23.02.17	47	5.6	19.98	19.85	19.04	6.76	20.06	20.06	24.7
23.02.17	48	5.5	19.8	19.89	19.01	6.67	19.86	20.11	24.38
23.02.17	49	5.53	19.94	19.78	19.03	6.81	20.1	19.93	25.8
23.02.17	50	5.62	20.13	18.86	19.03	6.85	20.18	19.95	25.12
26.02.17	51	5.53	19.94	19.9	19.03	6.94	20.08	20.13	26.99
26.02.17	52	5.55	19.82	19.91	19.02	6.9	20	20.1	26.14
26.02.17	53	5.49	19.94	19.9	19.04	6.81	20.03	20.15	26.36
26.02.17	54	5.52	19.88	19.86	19.01	6.89	20.05	20.09	26.3
26.02.17	55	5.53	19.92	19.81	19.04	6.93	20.09	20.08	26.8
26.02.17	56	5.56	19.89	19.85	19.03	6.91	20.03	20.1	26.28
26.02.17	57	5.57	19.9	19.87	19.03	6.91	20.03	20.05	26.48
26.02.17	58	5.53	19.77	19.93	18.99	6.74	19.95	20.11	25.75
26.02.17	59	5.51	19.88	19.87	19.04	6.81	20.08	20.08	26.03
26.02.17	60	5.53	19.79	19.95	19.02	6.87	20.05	20.17	26.28
28.02.17	61	5.49	19.92	19.85	19.01	6.99	20.07	19.94	27.98
28.02.17	62	5.46	19.64	19.93	19.03	6.86	19.74	20.03	27.19
28.02.17	63	5.54	19.94	19.91	19.02	7.01	20.04	20.05	27.49
28.02.17	64	5.53	19.76	19.93	19.02	6.97	19.92	20.03	27.27
28.02.17	65	5.6	19.74	19.98	19.01	7.04	19.84	20.1	26.83
28.02.17	66	5.53	19.98	19.76	19.06	6.92	20.02	20.08	26.63
28.02.17	67	5.49	19.92	19.65	19.02	6.88	20.14	19.79	26.78
28.02.17	68	5.52	19.82	20	19.05	6.72	19.92	20.07	24.9
28.02.17	69	5.56	19.93	18.85	19.05	6.86	20.07	19.95	26.39
28.02.17	70	5.52	19.93	19.92	19.09	6.91	20.01	19.99	26.64
02.03.17	71	5.53	19.83	19.9	19.01	6.98	20.11	20.05	27.17
02.03.17	72	5.51	20	19.71	19.03	6.96	20.2	19.97	27.17
02.03.17	73	5.52	19.92	19.79	19	6.94	20.12	20.02	27.13
02.03.17	74	5.56	19.93	19.78	19.04	7.04	20.29	20.04	27.92
02.03.17	75	5.56	19.74	19.88	19.02	7.05	20.01	20.06	27.42
02.03.17	76	5.59	19.86	19.9	19.01	7.04	20.01	20.13	27.52
02.03.17	77	5.54	19.85	19.89	19.01	6.93	20	20.03	26.27

02.03.17	78	5.58	19.84	20.02	19.07	6.9	20.03	20.19	26.4
02.03.17	79	5.57	19.87	20.17	19.02	6.85	20	20.29	25.56
02.03.17	80	5.46	19.93	19.79	19.03	6.91	20.02	20.03	28.14
04.03.17	81	5.49	19.9	19.87	19.01	7.05	20.18	20.09	29.37
04.03.17	82	5.6	20.02	19.76	19.04	6.99	20.35	19.93	27.13
04.03.17	83	5.61	19.9	19.88	19.04	7.11	20.05	20.05	28.5
04.03.17	84	5.5	19.88	19.95	19.01	6.93	20.03	20.2	27.03
04.03.17	85	5.48	19.99	19.8	19	6.92	20.25	20.03	27.63
04.03.17	86	5.54	19.9	19.87	19	6.93	20.09	20.23	27.99
04.03.17	87	5.59	19.72	20.07	19.04	7	19.9	20.28	27.72
04.03.17	88	5.55	19.97	19.85	19.03	6.95	20.1	20.06	27.18
04.03.17	89	5.54	19.84	19.96	19	7.01	20.03	20.08	27.9
04.03.17	90	5.51	19.98	19.82	19.04	6.89	20.17	19.93	27.49
06.03.17	91	5.5	19.84	19.88	18.99	6.89	20	20.23	27.16
06.03.17	92	5.53	19.85	19.94	19.04	6.89	20.1	20.23	26.42
06.03.17	93	5.46	19.78	19.94	19.02	6.95	19.9	20.2	27.5
06.03.17	94	5.52	19.93	19.74	19	6.82	20.01	19.85	25.96
06.03.17	95	5.5	19.89	19.86	19.03	7.03	20.06	20.1	28.47
06.03.17	96	5.6	19.78	19.93	19.01	7.15	20.09	19.99	28.35
06.03.17	97	5.51	19.94	19.77	19.02	6.87	20.05	20.05	26.51
06.03.17	98	5.63	20.05	19.85	19.03	6.98	20.15	19.98	27
06.03.17	99	5.46	19.83	19.95	19.01	7.07	19.95	20.11	28.05
06.03.17	100	5.51	19.79	19.84	19.01	6.95	20.03	19.94	28.27

Mass, kuiv	Mõõde 1, kuiv, mm	Mõõde 1, kuiv, mm	Mõõde 3, kuiv, mm	Niiskus %	Tihedus 1 (Kg/m3)	Tihedus 2 (Kg/m3)	Tihedus 3 (Kg/m3)
5.28	19.81	19.91	20.13	15.4	726.8	707.9	665.0
5.32	19.81	19.95	19.87	14.7	732.0	709.7	677.5
5.27	19.8	19.84	19.99	14.6	727.5	696.3	671.1
5.32	19.78	20.02	19.84	13.4	728.4	700.4	677.1
5.31	19.92	19.74	19.55	12.2	734.5	710.5	690.7
5.42	20.14	19.84	19.93	13.8	741.2	720.3	680.6
5.32	19.95	19.85	19.91	13.5	730.8	695.8	674.7
5.3	19.85	19.83	19.98	12.8	726.6	693.3	673.9
5.3	19.46	20.08	19.7	12.3	730.9	705.5	688.5
5.32	19.55	19.77	19.94	12.4	728.3	729.9	690.3
5.38	19.95	19.8	21.38	17.9	733.9	699.9	637.0

5.4	19.88	20.01	21.79	17.8	735.6	694.5	623.0
5.4	19.96	19.8	21.27	17.1	736.2	705.4	642.4
5.43	20.07	19.73	20.71	15.7	746.9	712.3	662.1
5.33	19.96	19.84	21.07	16.3	735.1	696.6	638.8
5.43	19.9	19.77	21.87	17.0	749.1	693.4	631.1
5.53	19.99	19.94	21.35	15.3	748.4	713.6	649.8
5.36	19.97	19.96	21.29	17.0	730.8	695.8	631.6
5.38	19.97	19.95	21.19	16.3	730.4	692.0	637.3
5.5	19.93	19.78	21.56	16.8	754.3	700.8	647.1
5.38	19.75	19.93	22.83	19.8	741.3	680.9	598.7
5.84	20.04	20.01	24.49	12.0	731.6	677.5	594.7
5.45	20.11	19.93	23.63	17.4	724.8	659.4	575.5
5.47	19.95	19.95	23.01	18.5	732.6	664.7	597.3
5.64	20.02	19.95	23.41	16.6	737.3	682.0	603.2
5.42	20.02	19.97	23.14	18.5	724.4	659.6	585.9
5.66	20.14	19.99	24.06	16.3	741.9	670.9	584.3
5.63	19.97	19.88	23.8	16.8	738.3	671.2	595.9
5.71	20.11	20.02	24.05	16.8	744.9	673.7	589.7
5.45	19.9	19.93	23.22	19.5	745.2	666.6	591.8
5.42	20.08	19.89	22.91	21.4	744.8	675.5	592.3
5.31	19.91	19.96	23.19	22.4	733.4	663.0	576.2
5.24	19.91	20.11	23.8	22.9	721.6	634.1	549.9
5.28	19.94	19.97	23.67	22.8	731.6	640.1	560.2
5.35	19.94	19.95	24.05	22.9	737.4	643.9	559.2
5.36	19.99	19.77	23.71	22.1	745.0	676.9	572.0
5.35	19.91	19.86	22.05	18.9	740.0	665.3	613.6
5.31	19.9	19.8	23.13	20.9	738.9	659.3	582.6
5.31	19.88	19.87	22.05	19.1	731.4	682.1	609.6
5.35	19.92	19.97	23.46	21.3	737.2	649.5	573.3
5.4	20.11	19.85	22.96	20.6	732.1	668.6	589.2
5.29	19.91	19.98	22.92	22.9	735.5	661.2	580.2
5.37	20.04	19.77	22.71	21.3	746.7	689.3	596.8
5.23	19.72	19.93	22.92	21.7	734.1	666.6	580.6
5.36	19.85	20.02	23.37	22.7	742.4	674.2	577.1
5.28	19.96	19.86	22.74	21.5	728.4	670.9	585.7
5.38	19.96	19.91	22.19	20.4	741.6	680.1	610.1
5.3	19.77	19.91	22.61	20.5	734.7	685.0	595.5
5.31	19.93	19.83	23.67	22.0	736.8	658.9	567.6
5.27	19.83	19.97	23.72	23.1	777.9	677.3	561.0
5.25	20.01	20.02	24.2	24.4	732.3	636.1	541.5
5.28	19.82	19.93	23.53	23.5	739.4	656.6	568.1

5.23	19.92	19.94	23.97	23.2	726.7	640.1	549.3
5.26	19.92	19.91	23.75	23.7	735.5	650.4	558.4
5.27	19.97	19.98	24.07	24.0	736.0	641.0	548.7
5.3	19.91	19.89	23.7	23.3	740.0	653.1	564.7
5.32	19.95	19.91	23.65	23.0	740.2	649.8	566.3
5.3	19.83	19.93	23.3	21.4	739.1	652.4	575.6
5.27	19.86	19.93	23.58	22.6	732.6	648.9	564.7
5.3	19.81	19.96	23.41	22.9	736.4	646.4	572.6
5.2	19.92	19.83	24.84	25.6	730.4	624.2	530.0
5.18	19.62	19.88	24.09	24.5	733.0	638.1	551.3
5.26	19.88	20.03	24.37	25.0	733.7	634.6	542.0
5.25	19.79	19.88	24.25	24.7	738.3	640.6	550.3
5.33	19.73	20	23.9	24.3	746.9	658.0	565.2
5.24	19.95	19.74	23.85	24.3	734.9	646.4	557.9
5.22	19.94	19.61	23.92	24.1	737.4	644.6	558.1
5.25	19.81	19.88	22.42	21.9	731.0	675.0	594.6
5.3	19.87	19.82	23.43	22.7	776.9	649.2	574.4
5.25	19.91	19.85	23.94	24.0	728.3	648.5	554.9
5.23	19.9	19.99	24.4	25.1	737.2	637.1	538.8
5.21	20.02	19.76	24.38	25.1	734.5	635.0	540.2
5.25	20	19.87	24.41	24.4	737.0	635.1	541.2
5.28	20.01	19.85	24.83	25.0	740.8	620.1	535.4
5.26	19.79	19.72	24.11	25.4	744.9	640.5	559.0
5.3	19.94	19.93	23.43	24.7	744.0	635.1	569.2
5.24	19.85	19.91	23.99	24.4	738.1	658.5	552.7
5.27	19.91	19.98	23.82	23.6	736.7	646.3	556.2
5.3	19.87	20.14	23.08	22.6	730.7	660.4	573.8
5.15	19.98	20	24.72	25.5	727.4	612.4	521.4
5.15	19.89	19.91	25.55	27.0	730.4	592.1	509.0
5.27	20.12	19.74	24.21	24.6	743.5	635.3	548.1
5.27	19.91	19.85	25.27	25.9	744.8	620.6	527.7
5.19	19.87	19.95	24.41	25.1	729.5	633.7	536.4
5.16	20	19.75	24.82	25.4	728.7	617.5	526.3
5.13	19.96	20.09	24.87	26.0	737.4	609.2	514.4
5.26	19.89	20.1	24.72	24.9	741.8	625.7	532.2
5.24	22.04	22.06	24.29	24.6	735.7	634.2	443.7
5.23	19.86	19.99	24.88	25.4	736.3	624.7	529.5
5.18	20.02	19.84	24.61	24.8	730.8	623.5	529.9
5.18	19.88	19.96	24.76	24.8	734.3	627.0	527.2
5.23	19.87	19.98	23.48	24.1	733.8	641.3	561.1
5.17	19.79	20.01	24.67	25.6	727.8	628.7	529.2

5.21	19.94	19.98	23.48	23.6	738.5	661.4	557.0
5.16	19.95	19.94	25.47	26.6	731.7	612.4	509.3
5.21	19.89	19.98	25.72	27.1	747.3	628.0	509.7
5.19	19.97	19.9	24.05	24.5	734.9	644.6	543.0
5.3	20.04	19.94	24.66	24.1	743.4	642.1	537.8
5.27	19.86	20.14	24.93	25.5	726.0	628.2	528.5
5.17	19.9	19.85	25.35	25.6	738.2	615.5	516.3

Lisa 3. Katse 3 I osa

Date	KK	mass	Mõõde 1 mm	Mõõde 2 mm	Mõõde 3 mm	Mass pärast	Mõõde1 niisked, mm	Mõõde 3 niisked, mm	Mõõde 3 niisked, mm
18.04.1 7	1	5.68	20.22	20.02	19.02	5.68	20.22	20.02	19.02
18.04.1 7	2	5.58	20.16	20.23	19.01	5.58	20.16	20.23	19.01
18.04.1 7	3	5.63	20.14	20.19	18.99	5.63	20.14	20.19	18.99
18.04.1 7	4	5.7	20.13	20.19	19	5.7	20.13	20.19	19
18.04.1 7	5	5.53	19.99	20.06	18.99	5.53	19.99	20.06	18.99
19.04.1 7	6	6.04	20.36	20.26	19	6.2	20.36	20.26	19.51
19.04.1 7	7	6.09	20.39	20.43	19	6.24	20.36	20.3	19.58
19.04.1 7	8	6.11	20.4	20.25	19.01	6.23	20.43	20.33	19.51
19.04.1 7	9	6.26	20.31	20.63	18.99	6.41	20.36	20.69	19.55
19.04.1 7	10	6.15	20.49	20.28	18.99	6.3	20.5	20.29	19.5
20.04.1 7	11	6.03	20.21	20.35	19	6.33	20.33	20.49	19.99
20.04.1 7	12	6.09	20.33	20.21	19	6.39	20.45	20.51	20.17
20.04.1 7	13	6.21	20.33	20.39	19	6.47	20.35	20.42	20.04
20.04.1 7	14	5.97	20.25	20.28	19	6.31	20.25	20.3	20.19
20.04.1 7	15	5.99	20.26	20.29	19	6.27	20.34	20.33	20.28
21.04.1 7	16	6.1	20.33	20.32	19	6.51	20.33	20.33	20.57
21.04.1 7	17	6.08	20.3	20.42	18.99	6.58	20.34	20.37	20.83
21.04.1 7	18	6.15	20.54	20.36	19	6.56	20.59	20.44	20.49
21.04.1 7	19	6.06	20.29	20.11	19	6.51	20.31	20.23	20.68

21.04.1	7	20	6.01	20.39	20.27	19	6.52	20.4	20.31	20.75
22.04.1	7	21	6.04	20.29	20.11	19	6.68	20.35	20.19	21.51
22.04.1	7	22	6.05	20.25	20.5	19	6.75	20.3	20.56	21.74
22.04.1	7	24	6.02	20.29	20.18	19	6.63	20.35	20.24	21.77
22.04.1	7	24	6.04	20.26	20.27	19	6.69	20.3	20.31	21.8
22.04.1	7	25	6.15	20.32	20.45	19	6.83	20.37	20.48	21.6
23.04.1	7	26	6.21	20.3	20.37	19	7.08	20.38	20.5	22.71
23.04.1	7	27	6.03	20.29	20.21	19	6.81	20.36	20.25	22.08
23.04.1	7	28	6	20.39	20.22	19	6.99	20.43	20.32	23.2
23.04.1	7	29	6.15	20.41	20.41	19	6.9	20.52	20.5	21.99
23.04.1	7	30	6.16	20.37	20.29	19	7.02	20.47	20.42	22.53

Mass kuiv ,mm	Mõõt 1 Kuivad	Mõõt 2 Kuivad	Mõõt 3 Kuivad	Niiskus %	Tihedus 1 (Kg/m3)	Tihedus 2 (Kg/m3)	Tihedus 3 (Kg/m3)
5.52	20.21	19.98	18.79	2.8	737.7	737.7	727.5
5.4	20.01	20.19	18.75	3.2	719.7	719.7	712.9
5.45	20.03	20.15	18.75	3.2	729.1	729.1	720.2
5.53	20.11	20.17	18.74	3.0	738.1	738.1	727.5
5.36	19.92	19.88	18.77	3.1	726.2	726.2	721.1
5.85	20.31	20.17	18.89	5.6	770.7	770.4	756.0
5.91	20.29	20.27	18.91	5.3	769.4	771.1	759.9
5.9	20.36	20.24	18.89	5.3	778.0	768.8	757.9
6.08	20.29	20.54	18.88	5.1	786.8	778.3	772.7
5.97	20.44	20.3	18.84	5.2	779.4	776.7	763.7
5.83	20.19	20.23	19.08	7.9	771.7	760.2	748.1
5.88	20.28	20.23	19.16	8.0	780.1	755.3	748.0
6.01	20.24	20.32	19.05	7.1	788.5	776.9	767.1
5.78	20.19	20.23	19.16	8.4	765.1	760.3	738.6

5.75	20.24	20.22	19.13	8.3	766.9	747.7	734.4
5.91	20.27	20.3	19.3	9.2	777.2	765.7	744.2
5.86	20.32	20.3	19.51	10.9	772.4	762.4	728.1
5.97	20.51	20.39	19.3	9.0	774.0	760.7	739.7
5.86	20.23	20.12	19.32	10.0	781.7	766.2	745.2
5.83	20.33	20.23	19.48	10.6	765.3	758.4	727.7
5.86	20.23	20.06	19.93	12.3	779.1	755.8	724.5
5.87	20.14	20.49	20.09	13.0	767.0	743.9	708.0
5.83	20.27	20.21	19.97	12.1	773.8	739.4	712.6
5.85	20.22	20.24	19.94	12.6	774.1	744.3	716.9
5.99	20.34	20.43	20.02	12.3	778.9	758.0	720.0
5.99	20.3	20.34	20.93	15.4	790.4	746.2	693.1
5.84	20.31	20.22	20.31	14.2	774.0	748.1	700.2
5.8	20.28	20.21	21.6	17.0	765.9	725.8	655.1
5.95	20.34	20.42	20.3	13.8	777.0	745.9	705.7
5.94	20.33	20.29	20.84	15.4	784.4	745.4	691.0

Lisa 4. Katse 3 II osa

Date	KK	Mass enne	Mööde 1 mm	Mööde 2 mm	Mööde 3 mm	Mass pärast	Mööde 1 niisked, ,mm	Mööde 3 niisked, ,mm	Mööde 3 niisked , mm
18.04.17	1	5.68	20.22	20.02	19.02	5.68	20.22	20.02	19.02
18.04.17	2	5.58	20.16	20.23	19.01	5.58	20.16	20.23	19.01
18.04.17	3	5.63	20.14	20.19	18.99	5.63	20.14	20.19	18.99
18.04.17	4	5.7	20.13	20.19	19	5.7	20.13	20.19	19
18.04.17	5	5.53	19.99	20.06	18.99	5.53	19.99	20.06	18.99
19.04.17	6	5.87	20.39	20.22	19	5.89	20.28	20.23	19.02
19.04.17	7	6.04	20.28	20.42	19	6.04	20.28	20.42	19.02
19.04.17	8	5.92	20.32	20.01	19	5.92	20.29	20.48	19.01
19.04.17	9	5.71	20.29	20.2	19	5.74	20.26	20.23	19.01
19.04.17	10	6.13	20.38	20.34	19	5.89	20	20.6	19.01
20.04.17	11	6.17	20.3	20.38	18.99	6.16	20.3	20.33	19.06
20.04.17	12	6.12	20.35	20.39	18.99	6.12	20.31	20.38	19.06
20.04.17	13	6.01	20.21	20.42	19	6.02	20.31	20.43	19.08
20.04.17	14	6.13	20.43	20.29	19	6.15	20.38	20.28	19.09
20.04.17	15	6.18	20.39	20.34	19	6.18	20.46	20.41	19.05
21.04.17	16	6.01	20.36	20.42	19	6.09	20.41	20.39	19.15
21.04.17	17	6.06	20.02	20.27	19	6.1	20.05	20.29	19.16
21.04.17	18	6.06	20.21	20.38	19	6.11	20.22	20.37	19.23
21.04.17	19	6.11	20.38	20.29	19	6.16	20.27	20.28	19.15

21.04.1	7	20	6.14	20.34	20.23	19	6.18	20.3	20.25	19.12
22.04.1	7	21	6.06	20.27	20.29	18.99	6.13	20.32	20.29	19.17
22.04.1	7	22	6.01	20.49	20.33	18.99	6.08	20.53	20.28	19.2
22.04.1	7	23	6.01	20.16	20.45	19	6.09	20.17	20.43	19.38
22.04.1	7	24	6.08	20.29	20.37	19	6.14	20.29	20.39	19.17
22.04.1	7	25	5.89	20.29	20.02	19	6.19	20.37	20.36	19.18
23.04.1	7	26	6.12	20.4	20.35	19	6.22	20.39	20.37	19.24
23.04.1	7	27	6	20.21	20.45	19	6.11	20.25	20.47	19.2
23.04.1	7	28	6.19	20.34	20.28	19	6.25	20.36	20.11	19.27
23.04.1	7	29	6.05	20.43	20.28	19	6.19	20.57	20.31	19.33
23.04.1	7	30	6.15	20.21	20.46	19	6.23	20.29	20.48	19.21

Mass, kuivatatud, g	Mõõde 1 kuiv	Mõõde 2 kuiv	Mõõde 3 kuiv	Niiskus %	Tihedus 1 (Kg/m ³)	Tihedus 2 (Kg/m ³)	Tihedus 3 (Kg/m ³)
5.52	20.21	19.98	18.79	2.8	727.5	737.7	727.5
5.4	20.01	20.19	18.75	3.2	712.9	719.7	712.9
5.45	20.03	20.15	18.75	3.2	720.2	729.1	720.2
5.53	20.11	20.17	18.74	3.0	727.5	738.1	727.5
5.36	19.92	19.88	18.77	3.1	721.1	726.2	721.1
5.7	20.22	20.04	18.8	3.2	748.2	754.8	748.2
5.86	20.24	20.35	18.72	3.0	760.0	766.8	760.0
5.73	20.29	19.94	18.74	3.2	755.7	749.4	755.7
5.57	20.2	20.13	18.79	3.0	729.0	736.7	729.0
5.71	19.86	20.24	18.78	3.1	756.4	752.0	756.4
5.95	20.3	20.27	18.76	3.4	770.8	783.1	770.8
5.92	20.25	20.37	18.74	3.3	765.8	775.7	765.8
5.83	20.13	20.32	18.76	3.2	759.7	760.4	759.7
5.94	20.36	20.2	18.75	3.4	770.3	779.5	770.3
5.98	20.36	20.27	18.75	3.2	772.8	776.9	772.8
5.84	20.36	20.45	18.79	4.1	746.5	764.2	746.5

5.86	19.97	20.29	18.81	3.9	768.9	782.6	768.9
5.89	20.28	20.33	18.91	3.6	755.5	771.4	755.5
5.93	20.24	20.27	18.81	3.7	768.4	782.5	768.4
5.95	20.28	20.22	18.75	3.7	773.9	786.3	773.9
5.9	20.3	20.27	18.83	3.8	761.5	775.6	761.5
5.88	20.46	20.2	18.91	3.3	752.4	760.6	752.4
5.86	20.13	20.34	19.18	3.8	746.2	762.6	746.2
5.91	20.25	20.34	18.83	3.7	762.0	774.2	762.0
5.97	20.33	20.3	18.88	3.6	766.2	778.2	766.2
5.99	20.32	20.32	18.9	3.7	767.6	778.4	767.6
5.87	20.21	20.43	18.87	3.9	753.4	767.7	753.4
6.01	20.34	20.08	18.96	3.8	776.1	792.2	776.1
5.9	20.4	20.28	18.83	4.7	757.4	766.5	757.4
5.99	20.22	20.4	18.84	3.9	770.8	780.5	770.8

Lisa 5. Katse 3 III osa

Date	Katse-kehas	mass	Mõõde 1 mm	Mõõde 2 mm	Mõõde 3 mm	Mass pärast	Mõõde 1 niisked, mm	Mõõde 3 niisked, mm	Mõõde 3 niisked, mm
18.04.17	1	5.68	20.22	20.02	19.02	5.68	20.22	20.02	19.02
18.04.17	2	5.58	20.16	20.23	19.01	5.58	20.16	20.23	19.01
18.04.17	3	5.63	20.14	20.19	18.99	5.63	20.14	20.19	18.99
18.04.17	4	5.7	20.13	20.19	19	5.7	20.13	20.19	19
18.04.17	5	5.53	19.99	20.06	18.99	5.53	19.99	20.06	18.99
19.04.17	6	5.6	20.16	20.16	19	5.66	20.19	20.14	19.07
19.04.17	7	5.73	20.06	20.13	18.99	5.79	20	20.15	19.08
19.04.17	8	5.76	20.17	20.01	18.99	5.66	20.18	20.16	19.07
19.04.17	9	5.63	20.12	20.15	18.99	5.69	20.1	20.2	19.06
19.04.17	10	5.69	20.35	20.04	18.99	5.76	20.35	20.09	19.08
20.04.17	11	5.53	20.01	20.12	18.99	5.62	20.04	20.14	19.17
20.04.17	12	5.5	20.13	20.2	18.99	5.58	20.14	19.97	19.14
20.04.17	13	5.66	20.16	20.13	18.99	5.74	20.13	20.12	19.14
20.04.17	14	5.62	20.13	20.14	18.99	5.72	20.18	20.17	19.15
20.04.17	15	5.68	20.25	20.13	18.99	5.75	20.28	20.15	19.1
21.04.17	16	5.63	19.98	20.19	18.99	5.85	20.02	20.26	19.55
21.04.17	17	5.61	20.1	20.08	18.99	5.82	20.12	20.14	19.42
21.04.17	18	5.71	20.08	20.06	18.99	5.92	20.13	20.12	19.4
21.04.17	19	5.58	20.06	20.14	18.99	5.8	20.07	20.15	19.5

21.04.1	7	20	5.58	20	20.16	18.99	5.81	19.99	20.19	19.51
22.04.1	7	21	5.69	20.11	20.15	18.99	5.9	20.14	20.18	19.39
22.04.1	7	22	5.72	20.08	20.41	19	5.92	20.11	20.41	19.41
22.04.1	7	23	5.76	20.21	20.12	18.99	5.97	20.17	20.15	19.41
22.04.1	7	24	5.68	20.13	20.19	18.99	5.89	20.12	20.2	19.49
22.04.1	7	25	5.72	20.16	20.23	18.99	5.92	20.18	20.24	19.41
23.04.1	7	26	5.7	20.13	20.14	18.99	5.96	20.17	20.24	19.72
23.04.1	7	27	5.62	20.15	20.25	18.98	5.87	20.23	20.37	19.58
23.04.1	7	28	5.72	20.14	20.14	18.98	5.97	20.19	20.23	19.59
23.04.1	7	29	5.62	20.12	20.01	18.98	5.87	20.16	20.08	19.59
23.04.1	7	30	5.69	20.14	20.21	18.98	5.95	20.14	20.21	19.59

m3 (kuivatusest)	Mõõt 1 Kuivad	Mõõt 3 Kuivad	Mõõt 2 Kuivad	Niiskus %	Tihedus 1 (Kg/m3)	Tihedus 2 (Kg/m3)	Tihedus 3 (Kg/m3)
5.52	20.21	19.98	18.79	2.8	737.7	748.6	727.5
5.4	20.01	20.19	18.75	3.2	719.7	736.6	712.9
5.45	20.03	20.15	18.75	3.2	729.1	744.0	720.2
5.53	20.11	20.17	18.74	3.0	738.1	749.9	727.5
5.36	19.92	19.88	18.77	3.1	726.2	744.0	721.1
5.44	20.15	20.1	18.71	3.9	722.2	746.9	717.9
5.57	19.97	20.1	18.69	3.8	745.2	771.8	742.5
5.58	20.07	20.02	18.69	1.4	742.4	753.7	743.0
5.46	20.07	20.15	18.68	4.0	727.5	753.2	722.8
5.54	20.25	19.9	18.67	3.8	729.4	765.6	736.4
5.35	19.91	20.04	18.74	4.8	714.7	751.6	715.5
5.32	20.08	19.9	18.7	4.7	714.5	746.8	712.0
5.48	20.07	20.09	18.41	4.5	730.1	773.3	738.2
5.44	20.11	20.12	18.72	4.9	721.0	755.2	718.2
5.5	20.19	20.08	18.7	4.3	727.7	758.4	725.5
5.45	19.96	20.25	18.79	6.8	710.0	770.3	717.6

5.43	20.07	20.07	18.76	6.7	712.9	770.2	718.6
5.52	20.06	20.1	18.76	6.8	726.7	782.6	729.8
5.41	20.02	20.12	18.76	6.7	707.6	767.5	715.9
5.41	20.04	20.14	18.77	6.9	708.6	766.9	714.1
5.52	20.09	20.11	18.76	6.4	722.0	778.4	728.3
5.54	20.06	20.32	18.78	6.4	718.0	773.3	723.7
5.59	20.12	20.09	18.77	6.4	730.2	786.9	736.8
5.51	20.11	20.14	18.76	6.5	717.1	775.2	725.2
5.55	20.13	20.19	18.76	6.3	721.5	776.4	727.9
5.52	20.15	20.16	18.89	7.4	708.0	776.7	719.4
5.45	20.13	20.25	18.8	7.2	696.5	766.0	711.2
5.55	20.17	20.11	18.79	7.0	714.9	783.3	728.2
5.45	20.09	20.04	18.8	7.2	708.7	775.5	720.0
5.52	20.06	20.16	18.82	7.2	713.6	781.8	725.3

Lisa 6. Katse 4 leotusaine vesi

Algmõõde mm	15 min, mm	30 min, mm	45 min, mm	60 min, mm	75 min, mm	90 min, mm
19.02	0.27	0.61	0.91	1.17	1.47	1.72
19.03	0.24	0.73	1.38	1.77	2.18	2.48
19.04	0.42	1.01	1.7	2.09	2.51	2.91
19.03	0.56	1.36	2.02	2.36	2.72	2.98
19.04	0.52	1.03	1.47	1.75	2.06	2.27
19.032	0.402	0.948	1.496	1.828	2.188	2.472
105 min, mm	120 min, mm	135 min, mm	150 min, mm	165 min, mm	180 min, mm	
1.95	2.31	2.58	2.85	3.07	3.27	
2.72	3	3.22	3.42	3.57	3.72	
3.08	3.36	3.57	3.69	3.9	4.03	
3.19	3.45	3.64	3.8	3.95	4.08	
2.49	2.7	2.89	3.06	3.21	3.33	
2.686	2.964	3.18	3.364	3.54	3.686	

Lisa 7. Katse 4 Leotusaine nitrolahusti

Algmõõde, mm	15 min, mm	30 min, mm	45 min, mm	60 min, mm	75 min, mm	90 min, mm
19.03	0.1	0.12	0.13	0.14	0.16	0.18
19.02	0.06	0.09	0.1	0.1	0.13	0.15
19.04	0.02	0.05	0.06	0.06	0.08	0.1
19.05	0.03	0.05	0.06	0.06	0.08	0.1
19.03	0.1	0.12	0.12	0.12	0.15	0.16
19.034	0.062	0.086	0.094	0.096	0.12	0.138
105 min, mm	120 min, mm	135 min, mm	150 min, mm	165 min, mm	180 min, mm	
0.2	0.22	0.23	0.25	0.26	0.27	
0.17	0.18	0.2	0.22	0.23	0.24	
0.12	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	
0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	
0.17	0.18	0.2	0.21	0.22	0.23	
0.156	0.168	0.184	0.2	0.21	0.22	

Lisa 8. Hallitus

