



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

**PINNAKATTE MÕJU SAVIKROHVI  
HÜGROSKOOPSUSELE JA VEEAURU  
LÄBILASKVUSELE**

INFLUENCE OF FINISHING ON CLAY PLASTER  
HYGROSCOPICITY AND WATER VAPOR PERMEABILITY

Üliõpilane: Hannes Soosaar

Juhendaja: dotsent Aime Ruus PhD

Tartu 2017

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.  
Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd,  
olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt  
pärinevad andmed on viidatud.

.....(töö autori allkiri ja kuupäev)

Üliõpilase kood: EAKI 092653

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

.....(juhendaja allkiri ja kuupäev)

Kaitsmisele lubatud.....(kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees.....(allkiri)

## **ABSTRACT**

Soosaar H. Influence of finishing on clay plaster hygroscopicity and water vapor permeability. Masters thesis. 80 pages. Tartu 2017. 46 figures. 32 tables. In A4 format. In Estonian.

Clay plaster is known in the building community to have good hygroscopic and, as a result, is becoming more common as a building material. Raw clay plaster, however, is not water proof and is prone to crumbling; therefore, suitable finishing coating must be applied. The goal of this thesis is to determine the influence that a finishing coating will have on the overall hygroscopic and water permeability characteristics of clay plaster.

Tests were carried out based on the EVS-EN 12571:2000 “Hydrothermal performance of building materials and products- Determination of hygroscopic sorption properties” and EVS-EN 1015-19:2005 “Methods of test for mortar and masonry Part 19: Determination of water vapor permeability of hardened rendering and plastering mortars”

Based on the data gathered and calculated shows that when there is a sudden increase or decrease of relative air humidity by 30% the finishes can have an effect on hygroscopic rates in correlation with water vapor resistance corresponding to the finishing used to cover clay plaster. The calculated decrease on sorption and desorption rates in the first hour ranged from 26% to 82% for sorption and from 24% to 92 % for desorption.

The tests performed within this thesis further the understanding of construction physics regarding the planning and construction of systems that will consider the buffering value of materials used. To preserve clay plasters hygroscopic properties finishes with high water permeability should be used. Paper tapestry is also an alternative to preserve the hygroscopic properties of clay plaster.

**Key words:** paint, clay, tapestry, sorption, desorption, hygroscopic, water vapor permeability, diffusion, coating, finishes, plaster

## SISUKORD

Abstract .....	3
Sisukord.....	4
Lühendid.....	6
Sissejuhatus .....	7
1. Kirjanduse ülevaade .....	9
1.1 Õhuniiskus ja niiskuse allikad hoones.....	9
1.2 Niiskuse liikumine tarindites .....	12
1.2.1 Niiskuse liikumine materjalides .....	13
1.2.2 Sorptsioon.....	13
1.3 Niiskuse mõju hoonele .....	15
1.4 Puhvermaterjalid.....	16
1.4.1 Savi omadused.....	16
1.5 Niiskuse mõju inimesele.....	19
1.5.1 Niiskuse otsene mõju inimesele .....	20
1.5.2 Niiskuse kaudne mõju inimesele.....	20
1.6 Krohvid.....	23
1.7 Värvid .....	24
2. Töö eesmärk ja ülesanded .....	27
3. Katsematerjalid ja meetodika.....	28
3.1 Katsekehade ettevalmistamine .....	28
3.2 Sorptsiooni katsed.....	33
3.2.1 Andmete kogumine ja arvutused.....	33
3.2.2 Kasutatud katsevahendid.....	34
3.3 Veeauru läbilaskvuse katse.....	35
3.3.1 Katsekehade ettevalmistamine .....	36
3.3.2 Veeaur läbivuse katse läbiviimine .....	36

3.3.3	Andmete kogumine ja arvutused.....	36
3.3.4	Kasutatud katsevahendid.....	37
4.	Tulemused.....	38
4.1	Sorptsioon RH= 0-30% niiskuse piirkonnas .....	38
4.2	Sorptsioon RH= 30-50% niiskuse piirkonnas .....	42
4.3	Sorptsioon RH= 50-80% niiskuse piirkonnas .....	45
4.4	Sorptsiooni katse kokkuvõte.....	49
4.5	Desorptsioon RH= 80-50% niiskuse piirkonnas .....	51
4.6	Desorptsioon RH= 50-30% niiskuse piirkonnas .....	56
4.7	Desorptsiooni katse kokkuvõte.....	59
4.8	Veeauru läbilaskvuse katse.....	61
5.	Arutelu.....	66
	Kokkuvõte .....	73
	Kasutatud kirjandus.....	76
	Lisad .....	81
	Lisa 1. Katsete kaalumistulemused. ....	82
	Lisa 2. Katsekehade mõõtmistulemused .....	88

## LÜHENDID

- $m$  – katsekeha mass (kg)
- $m_0$  – kuivatud katsekeha mass (kg)
- $u$  – niiskuse mass (%)
- $\Psi$  – niiskus mahu järgi ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )
- $w$  – niiskuse mass ruumala kohta ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
- $A$  – katsekeha (suudme) pindala ( $\text{m}^2$ )
- $t$  – katsekeha paksus (m)
- $\mu$  – difusioonitakistuskonstant
- $\Delta_t$  – katse kestus (h)
- $\Delta_p$  – veeauru osarõhkude vahe (Pa)
- $S_d$  – materjalikihi või toote veeauru-takistus, sama kogust veeauru läbilaskva õhukihi paksusena (m)
- $\delta$  – õhu veeauru erijuhtivus ( $\text{kg}/\text{msPa}$ )
- $\Delta_{p50\%}$  – veeauru osarõhk 20° C ja 50 % suhtelise õhuniiskuse juures (Pa)
- $\Delta_{p94\%}$  – veeauru osarõhk 20° C ja 94 % suhtelise õhuniiskuse juures (Pa)
- $\Delta G$  – katsekeha massimuut (kg)
- $\Lambda$  – veeauru läbivustegur ( $\text{kg}/(\text{m}^2\text{sPa})$ )
- $r$  – veeauru difusioonitakistus ( $\text{m}^2\text{sPa}/\text{kg}$ )
- $W_{vp}$  – veeauru läbilaskvus ( $\text{kg}/\text{msPa}$ )
- $R_{A,10}$  – katsekeha ja soolalahuse vahelise õhukihi veeauru takistus ( $0,048 \cdot 10^9$  ( $\text{m}^2\text{sPa}/\text{kg}$ ))  
10 mm õhukihi kohta
- $R_{A,55}$  – katsekeha ja soolalahuse vahelise õhukihi veeauru takistus 55 mm õhukihi kohta
- RH – suhteline õhuniiskus

## SISSEJUHATUS

Kaasaegne energiasäästlik ehitus võiks tagada minimaalse energiakuluga inimese jaoks meeldiva aasta- ja ööpäevaringse temperatuuri siseruumides, seda sõltumata hoone asukoha kliimaatilistest tingimustest. Soojuskadude vähendamisele orienteeritud ehitus põhjamaades võib tuua kaasa muutused hoone sisekliimas, mistõttu tuleb mõnigi kord rääkida „haige ehituse sündroomist”.

Tarindite sooja ja õhupidavuse tõstmine mõjutab õhuvahetust sise- ja väliskeskkonna vahel sh õhuniiskuse tasakaalu. Eriti annab see tunda renoveeritud hoonete puhul, kus varem toimis loomulik õhuvahetus, aga läbi tihendatud ja soojustatud piirete jääb see puudulikuks ning täiendava ventilatsiooni rajamine on keeruline ja kulukas.

Uusehituste rajamisel võetakse juba projekteerimise käigus arvesse vajadus tagada hoones piisav õhuvahetus. Sundventilatsiooniga kaasneb, aga omakorda vajadus õhku täiendavalt kas niisutada või siis kuivatada ning see kõik on küllaltki energiamahukas.

Seetõttu otsitakse juba mõnda aega ruumide sisekliima sh õhuniiskuse kontrollimiseks inim- ja keskkonnasõbralikke lahendusi. Seejuures tuleb eelistada võimalusel passiivseid lahendusi aktiivsele (seadmetele). Lahenduste leidmiseks on pöördutud ajalooliste ehitusmaterjalide poole. Sirvides läinud sajandi 20. aastate perioodikat, leiab soovitusi maarahvale savi kasutamiseks ehitusmaterjalina. Seda peeti sobivaks ka elumajade ehitamisel kui soodsat sisekliimat tagavat ehitusmaterjali.

Tänapäeval on nii savi kui ka savikrohvi hakatud jälle ehitamisel laiemalt kasutama. Peamiselt tegelevad selle materjaliga looduslähedase, inimsõbraliku ehituse entusiastid ja restauraatorid. Toorsavi on ökoloogilises mõttes jäätmevaba ehitusmaterjal, mida tuleb küll kaevandada ja ette valmistada, kuid mitte põletada. Savihoone, mida enam ei kasutata, läheb tagasi keskkonda ilma seda saastamata. Taaskasutatav on ka seinalt maha lõhutud savikrohvi, mida veega segades saab krohvimördi.

Käesoleva magistritöö, „Pinnakatte mõju savikrohvi hügroskoopsusele ja veeauru läbilaskvusele”, eesmärgiks oli kirjeldada erinevate siseviimistluses kasutatavate pinnakatematerjalide mõju savikrohvi hügroskoopsusele ja veeauru läbilaskvusele. Võrdluseks looduslikele pinnakatetele vaadeldi ka tänapäevases ehituses kasutatavaid pinnaviimistlusmaterjale ja nende mõju savikrohville.

Töö teoreetilises osas leiavad käsitlemist niiskusega seotud teemad, nende hulgas niiskuse mõju hoonete ja inimeste tervisele. Antakse lühike ülevaade savi kui ehitusmaterjali omadustest, sorptsioonist ja värvidest.

Töö praktilise osa planeerimisel ja teostamisel lähtuti peamiselt Eesti Vabariigi standarditest, EVS-EN ISO 12571:2013 ja EVS-EN 1015-19:2005.

Teema valikul ja töö teostamisel oli suureks abiks juhendaja dotsent Aime Ruus.

Katsekehade ettevalmistamisel aitasid Saviukumaja OÜ ja Kemet RV OÜ.

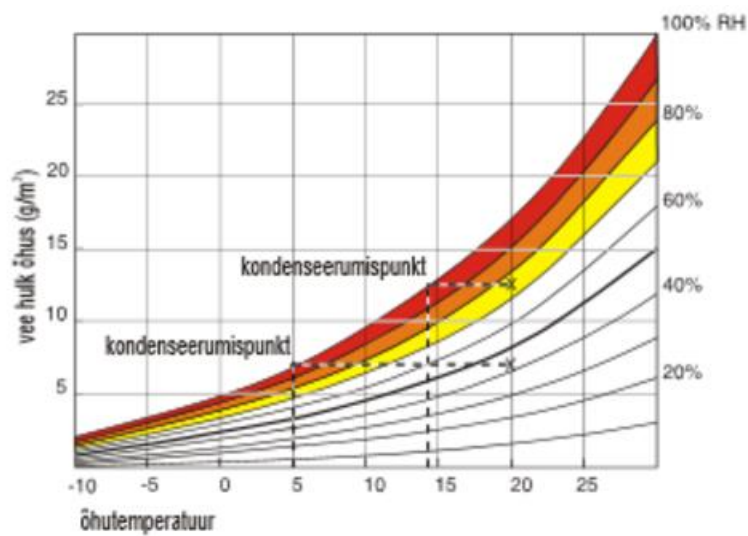
Autor tänab oma juhendajat, dotsent Aime Ruusi, kannatlikkuse ja vajalike nõuannete eest nii töö teostamise kui ka vormistamise ajal.



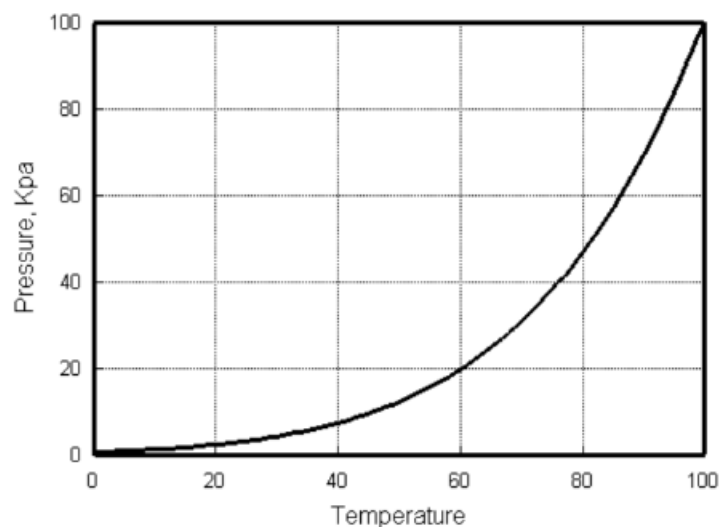
# 1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Õhuniiskus ja niiskuse allikad hoones

Õhk sisaldab veeauru, vett gaasilises olekus. Aurustunud olekus vesi moodustab õhuniiskuse. Õhuniiskust (joonis 1.1) on võimalik väljendada suhtelise õhuniiskusena (*relative humidity*), veeauru tihedusena ehk absoluutse niiskusena (joonis 1.2) ning veeauru osarõhuna, see on rõhk, mida avaldavad veeauru molekulid antud õhurõhul ja -temperatuuril. (Masso, 1990). Õhuniiskus on sõltuvuses temperatuurist (tabel 1.1). Temperatuuri langedes ja/või rõhu tõustes hakkab gaasiline vesi õhust välja kondenseeruma. (Padfield, 1998)



Joonis 1.1 Õhuniiskuse absoluutsed- ja suhtelised väärtused erinevatel temperatuuridel (Bech-Andersen, 2005)



Joonis 1.2 Küllastunud veeauru osarõhu sõltuvus temperatuuri muutusest (Padfield, 1998)

Õhk sisaldab 18 °C juures veeauru kuni 16 g/m<sup>3</sup>, sellele vastab veeauru osarõhk 2060 Pa, 0 °C juures on vee sisaldus õhus 5 g/m<sup>3</sup>, millele vastab veeauru osarõhk 610 Pa. Veeauru osarõhkude erinevuste tõttu liigub veeaur läbi piirdekonstruktsioonide madalama rõhu suunas (Masso, 1990).

Tabelis 1.1 on ära toodud veeauru osarõhud erinevatel temperatuuridel.

Tabel 1.1 Maksimaalne niiskuse sisaldus õhus temperatuuridel -50 °C kuni 45 °C (Masso, 2010)

Õhutemp. °C	Max niiskus g/m <sup>3</sup>	Õhutemp. °C	Max niiskus g/m <sup>3</sup>
-50	0,4	8	8,3
-25	0,7	9	8,8
-20	1,1	10	9,4
-15	1,6	11	9,9
-12	2,0	12	10,6
-10	2,3	13	11,3
-8	2,7	14	12,0
-7	2,9	15	12,8
-6	3,1	16	13,6
-5	3,35	17	14,4
-4	3,6	18	15,3
-3	3,9	19	16,2
-2	4,2	20	17,2
-1	4,55	21	18,2
0	4,9	22	19,3
1	5,25	23	20,4
2	5,6	24	21,6
3	6,0	25	22,9
4	6,4	30	30,2
5	6,8	33	39,3
6	7,2	40	50,9
7	7,7	45	65,0

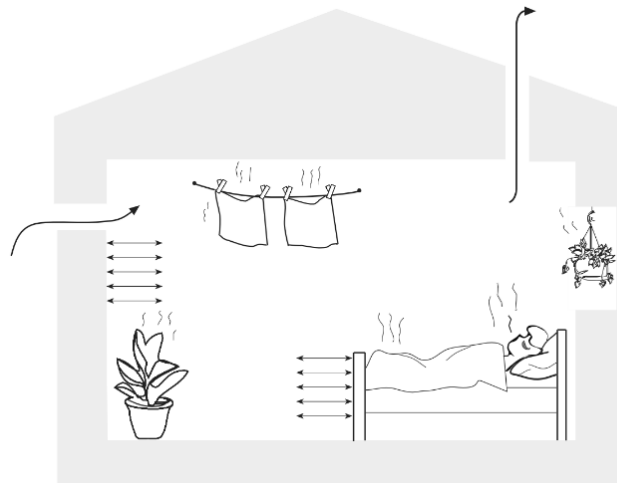
Elamute välispiirete isolatsioon tõstab ühelt poolt hoonete soojapidavust ja mürakindlust, teiselt poolt, aga võivad tekkida probleemid ruumide õhuvahetusega ja suhtelise õhuniiskuse hoidmisega soovitud (vajalikul) tasemel (Padfield, 1998; Padfield 2017)

Inimesed tajuvad sisekliima muutustest kõige paremini temperatuuri muutust. Niiskuse muutumist õhus tajub inimene väiksemal määral. Suhteline õhuniiskus omab suurt mõju ruumides olevatele esemetele ja neis ruumides viibivate inimeste tervisele. (Padfield, 1998).

Ventilatsiooni tõhustamine ja konditsioneerimine võimaldavad kontrollida värsket õhku juurdevoolu ja suhtelist õhuniiskust siseruumides. Sellega kaasnevad, aga suuremad kulutused elektrienergiale ja mürataseme tõus siseruumides (Padfield, 1998).

Lisaks automaatikale on võimalik õhuniiskuse reguleerimiseks kasutada puhvermaterjale, mis suudavad sorbeerida ja desorbeerida niiskust vastavalt sisekliima muutumisele. Selline lähenemine on leidnud praktilise väljundi õhuniiskuse suhtes väga tundlikes hoonetes, nagu muuseumid, hoiuruumid, kunstigaleriid ja raamatuhoidlad (Padfield, 1998; Padfield 2017).

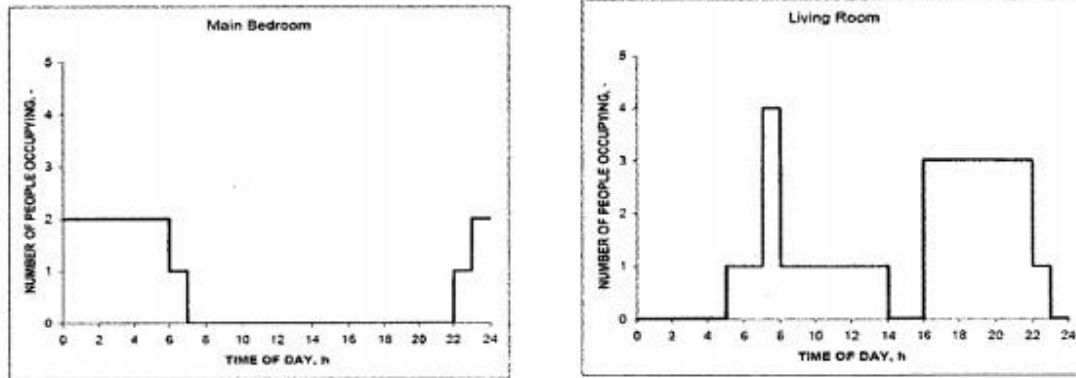
Niiskus tekib eluhoonetes inimeste (inimene hingab ligikaudu 100g vett tunnis), loomade ja taimede elutegevuse ning aeg-ajalt toimuva olemetegevuse, nagu pesemine, toidu valmistamine, võimalike veevärgi avariide tulemusena (joonis. 1.3). Reeglina on veeauru siseruumide õhus rohkem kui välisõhus (Masso, 1990).



Joonis 1.3 Eluruumides tekkiv niiskus ja selle liikumine. Niiskuse sisalduse ruumi õhus määravad ära niiskuse allikad, kasutatud materjalide hügrooskoopseid omadused ning hoone ventilatsioon. (Svennberg, 2006)

Christian (1994) ja Tenwolde & Walkeri (2001) poolt teostatud uurimistööde andmeid kokku võttes leidis Yang (2010), et lasteta perekond eritab vett keskmiselt 341 g/h ja 1 kuni 3 lapsega perekond 504 - 600 g/h. Christian (2001) aasta mõõtmiste tulemusel saadi keskmiseks väärtuseks 300 g/h lasteta ja 490 - 600 g/h vett ühe kuni kolme lapsega perekonna kohta Tenwolde & Walker (2001). ASHRAE käsiraamat annab neljaliikmelise perekonna poolt ruumi õhku eritatud vee keskmiseks hulgaks 320 g/h (Yang, 2010).

Õhuniiskus eluruumides muutub ööpäeva jooksul, sõltuvalt ruumi kasutamise intensiivsusest ja otstarbest (joonis 1.4) Satio (2005) ning muutub ka vastavalt aastaajale (Yang, 2010).



Joonis 1.4 Inimeste arv ruumis erinevatel kellaaegadel ööpäeva jooksul (horisontaalteljel kellaaeg, vertikaalteljel inimeste arv ruumis. Vasakul magamistuba, paremal elutuba.) (joonis: Satio (2005) (Yang, 2010).

## 1.2 Niiskuse liikumine tarindites

Paljude kaasaegsete hoonete ehitamisel kasutatakse betooni, metalli, klaasi, plastikut ja muid sünteetilisi materjale. Ehitatakse selliselt, et hoone oleks maksimaalselt energiasäästlik. Elamute välispiirete isolatsioon tõstab ühelt poolt hoonete soojapidavust ja mürakindlust, teiselt poolt tekivad, aga probleemid ruumide õhuvahetusega ja suhteline õhuniiskuse hoidmisega soovitud (vajalikul) tasemel (Kaila, 1999 V; Padfield, 2017). Kui ehituse piirete e. tarindite väliskihis on aurutõke, kondenseerub veeaur selle taha ja liigniiskus põhjustab orgaaniliste materjalide mädanemist (Masso, 1990). Sellises, nõ. haiges majas, tunnevad paljud inimesed ennast halvasti ja haiglaselt. Kui tegemist on tökohaga kannatab mitte üksnes töötaja tervis vaid ka töö efektiivsus (Kaila, 1999 V).

Hoone põhikonstruktsioonideks on kandekonstruktsioonid ja piirdekstruktsioonid. Kandekonstruktsioonid peavad olema piisava kandevõime ja jäikusega, et hoida koos hoone seinu, lage ja katust. Piirdekstruktsioonid eraldavad ruume väliskeskonnast. Nad peavad olema piisavalt tugevad ning tagama sooja, tuule ja mürapidavuse. Piirdekstruktsioonid peavad olema ka vettpidavad, aga samas veearu läbilaskvad (Masso, 1990).

Ühe inimese kohta peab ruumis vahetuma õhku 25 - 30 m<sup>3</sup>/h. Aurutihedad kihid ruumi piiretes takistavad niiskuse väljumist hoonest ja neid ei tohiks paigutada piirete väliskihti (Maripuu, 1989).

### 1.2.1 Niiskuse liikumine materjalides

Poorsetes materjalides liigub vesi või veeaur mööda poore. Pooride suurusel võib oleneda vee olek. Peenemates poorides püsib vesi kauem vedelas olekus, suuremate kapillaarides toimub reeglina vee aurustumine. Olulisemateks vee ja veeauru liikumise viisideks poorsetes materjalides on difusioon ja kapillaarne liikumine. Kapillaarne liikumine on vedeliku tõusmine või langemine kapillaarides märgava pinna adhesioonijõudude toimele. Vee kapillaarse liikumise kiirus, ulatus ja hulk sõltub eelkõige materjali poorsusest ning pooride suuruse jaotusest (Kalamees, 2004).

Materjalist liigub veeaur läbi enamasti difusiooni toimele. Difusiooni põhjustab osarõhkude erinevus materjalide erinevates osades. Difusiooni toimele liigub veeaur materjali kõrgema osarõhuga piirkonnast madalama osarõhuga piirkonda, rõhud ühtlustuvad. Eesti kliimavööndis on väljaspool hoonet veeauru hulk õhus väiksem, kui hoone siseruumides, seega liigub veeaur enamasti hoone siseruumidest väljapoole. (Kalamees, 2004)

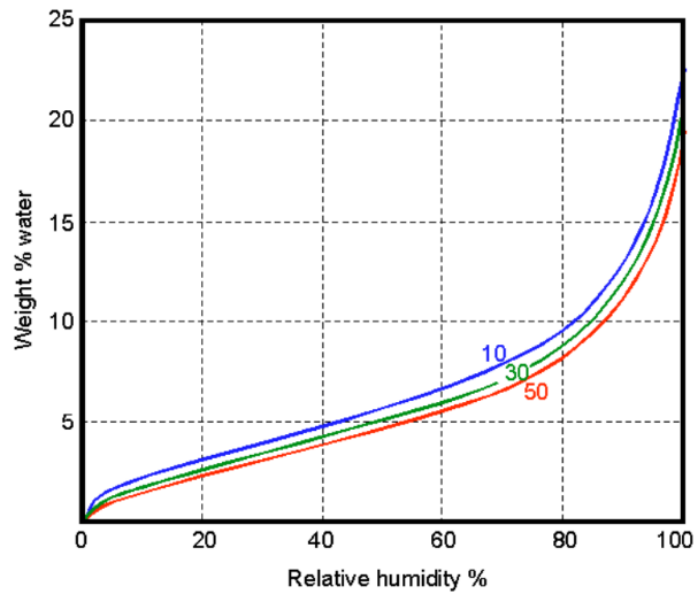
Vähendamaks niiskusvoogu läbi piirde ja parandamaks niiskusrežiimi, peab piirde sisepind olema suurema aurutakistusega kui välispind. Seetõttu paigaldatakse välispiirde sisepinnale aurutõkke. Aurutõkke peamine ülesanne on takistada liigset veeauru difusiooni tarindisse. (Kalamees, 2004; Kalamees, 2017)

Aurutõkke vajalik aurutakistus määratakse kontrollarvutusega vastavalt standardile "EN ISO 13788:2001.

### 1.2.2 Sorptsioon

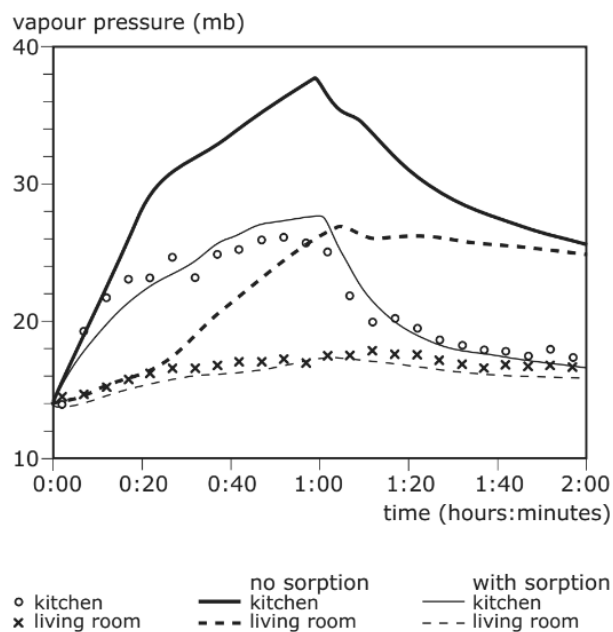
Sorptsioon on ümbritsevast keskkonnast pärineva aine neeldumine vedelikus või tahkes aines. Veeauru liikumine siseruumide ja väliskeskkonna vahel toimub neeldumise ehk sorptsiooni ja eraldumise ehk desorptsiooni teel läbi ehitusmaterjalide (joonis 1.6) (Padfield, 1998).

Veeauru sorptsioon/desorptsioon ehitusmaterjali ja õhu vahel sõltub materjali hügrooskoopsusest. Materjali ja veeauru vahelist seost iseloomustab sorptsioonikõver (joonis 1.5) ehk sorptsiooni isoterm, mis kirjeldab materjali võimet siduda vett olenevalt suhtelisest õhuniiskusest. Teinekord on materjali hügrooskoopsed omadused sorptsioonil ja desorptsioonil erinevad, sel juhul on tegemist nähtusega, mida kutsutakse hüstereesiks (Padfield, 1998).



Joonis 1.5 Sorptsiooni isoterm (vasakul materjali tasakaaluniiskus %, all suhteline õhuniiskus %) (Padfield, 1998).

Pindade võimet absorbeerida vett ja seeläbi vähendada õhuniiskust võib näha joonisel 1.6 toodud graafikult



Joonis 1.6 Tõlge (*kitchen* – köök, *living room* – elutuba, *no sorption* – sorptsioonita, *with sorption* – sorptsiooniga, horisontalteljel kellaeg tunides ja minutites, vertikaalteljel veeauru rõhk mb) Arvutuslike ja mõõdetud tulemuste võrdlus, mis näitab vee osarõhu muutumist, sorptsiooniga ja sorptsioonita ning arvutatult. Plantheri ja Woloszyn (2002) ülevõetud (Svennberg, 2003).

Sorptsiooni määramist käsitleb Standard EVS-EN ISO 12571:2013 *Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of hygroscopic sorption properties (ISO 12571:2013)*

### 1.3 Niiskuse mõju hoonele

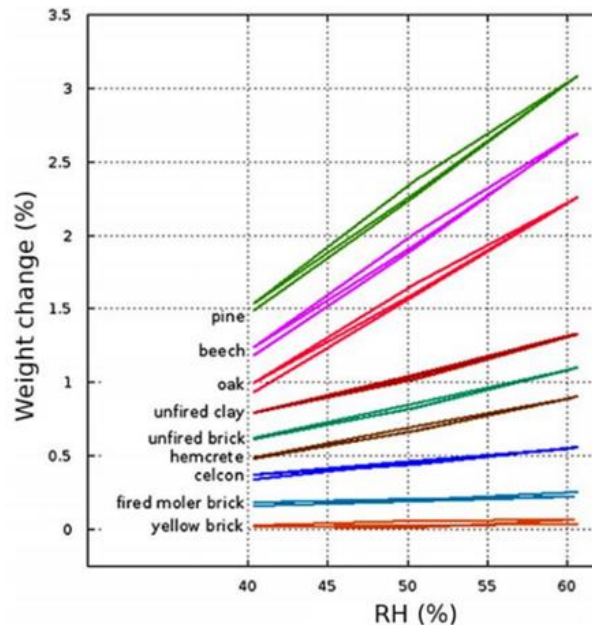
Ühendkuningriigi Kekkonnakomitee (*Environment Committee, 1991*) andmetel täheldati 10% elamufondis hallitusseente kasvu. Hallitusseente kasvamise eelduseks on piisava soojuse ja niiskuse olemasolu kasvukeskkonnas. Hallitusele kõige sobivamaks kasvutemperatuuriks loetakse 20–30 °C ja alumiseks niiskuse piiriks suhtelist õhuniiskust 70%. Hallitusseentel kulub nakatamisest kuni täiskasvu saavutamiseni ainult 3–4 päeva. Hallitusseente eoseid leidub nii sise- kui ka väliskeskkonna õhus ja alarõhu puhul, mis esineb suuremal osal korterelamutest, toimub hallitusega saastunud õhu liikumine seinte vahelt korteritesse (Kaila, 1999 III). Liigniiskes eluruumis on piisavalt orgaanilist ainet seentele toiduks, nagu pabertapeedid, tekstiilid, puit. Ka betoon, krohvid, tellised võivad sisaldada jälgedena orgaanikat, aga kindlasti sisaldavad nad hallitusseente kasvuks vajalikke mineeraalaineid. (Kaila, 1999 III)

Puidus leiduv tselluloos ja ligniin on erinevatele mikroorganismidele, nagu seened ja bakterid, kasvuks sobiv keskkond. Piisab seneeoste sattumisest niiskunud puidule (puiduniiskust üle 20%, temperatuur 0 – +40 °C) hapnikurikkasse keskkonda, kui algab seente kasv puidus. Olenevalt liigist võivad mädanemisseente kahjustused puithoonele olla tõsised (Singh, 1994; Kaila, 1999 III).

Hoones levivad seeneliigid vajavad vastava eriala asjatundja poolt määramist. Hoone mädandajaks võib olla põrandaseen, keldriseen või majavamm. Laias laastus jaotatakse mädanemisseened pruun- ja valgemädanikeks. Pruunmädanikud tarbivad tselluloosi ja jätavad järele mädanenud, pruuni, kuiva, tükkideks mureneva puidu. Pruunmädanike tüüpiliseks esindajaks on põrandaseen (*Serpula*). Valgemädanikud toituvad ligniinist, eelistades lehtpuu puitu. Neist järele jäänud puu on tselluloosvalge. Hooneid kahjustavate seente levimise vältimiseks ja nende vastu võitlemise eeltingimuseks on puidu siseniiskuse hoidmine alla 10% (Kaila, 1999 III).

## 1.4 Puhvermaterjalid

Niiskuse puhverdusvõime on omadus, mis iseloomustab hügrokoopsete materjalide võimet kas sorbeerida või desorbeerida õhust niiskust, kuni on saavutatud tasakaalu seisund vastavalt ümbritsevale suhtelisele õhuniiskusele (Latif, et al., 2015).



Joonis 1.7 Sorptsioon/desorptsioon suhtelise õhuniiskuse 40%, 50% ja 60% juures (horisontaaltelg). Materjalides toimuvad massimuutused % (vertikaaltelg) vastavalt suhtelise õhuniiskuse muutumisele. Hüsterees antud juhul ei ole märkimis väärtus (Padfield, et al., 2011).

K. Svenberg võtab kokku, et parem arusaamine puhversüsteemidest võimaldab paremini modelleerida ja projekteerida kliimakontrolli seadmeid ja hooneid, vältimaks kahjustusi hoonele ja inimeste tervisele (Svenberg, 2003).

Materjalide poorsus tähendab pooride koguarvu materjalis. Suurema poorsusega materjalide aurujuhtivus ja termoisoaltsioonivõime on parem. Niiskuse puhverdumise võimelt jäävad keemiliselt kõvastuvad materjalid, nagu tellised ja betoon, savikrohvide alla (Latif, et al., 2015).

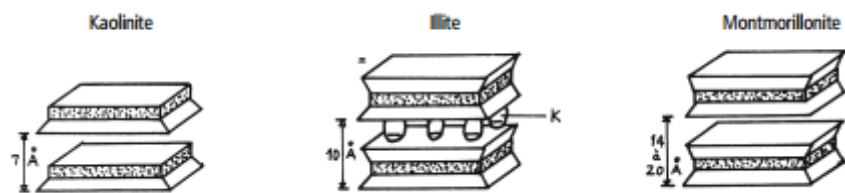
### 1.4.1 Savi omadused

Savi all mõistame laia loodusliku levikuga, peeneteralist setendit, mis kuivas olekus mureneb tolmuks ja niiskuses tundub rasvane ning kleepuv. Savi on oma omaduselt plastiline ja voolitav. Lisaks kivimite purunemisel tekkinud osakestele sisaldab savi mitmesuguseid keemiliste protsesside käigus tekkinud mineraale nn. savimineraale. Saviosakeste tera suurus on väiksem kui 0,01 mm (Arold et al., 1987). Peamised savimineraalid on füllosilikaadid.



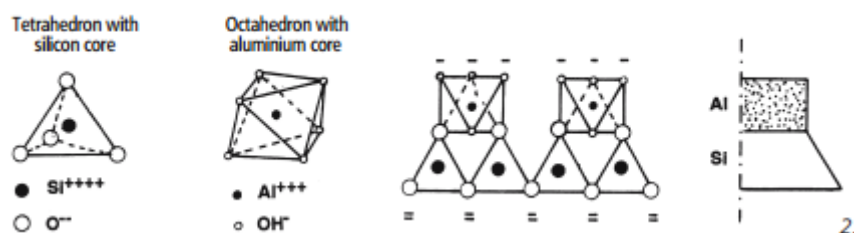
Need annavad savile iseloomuliku plastilisuse ja nende dehüdraatumisega kaasneb savi paakumine (Guggenheim ja Martin 1995).

Minke (2006) käsitleb savi kui päevakivide ja teiste mineraalide erosioonil tekkinud, sageli kihilise ehitusega, ainet. Ta kirjeldab füllosilikaatide struktuuri. Päevakivid sisaldavad ränidioksiidi, alumiiniumi ja teiste metallide okside. Levinuima päevakivi keemiline valem on:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2$ . Kaalium on kergesti vees lahustuv ühend ja tema eraldumisel savist tekib kaoliniit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ja montmorilloniit ( $\text{Al}_2\text{O}_2 \cdot 4\text{SiO}_2$ ) (joonis 1.8). Samal joonisel on kujutatud ka haruldasem savimineraal illiit. (Minke, 2006)



Joonis 1.8 Kolme enamlevinud savimineraali struktuur Houben, Guillaud skeemid 1984. aastast (Minke, 2006)

Savimineraalidel on heksagonaalne lamellaarne kristallstruktuur. See moodustub ümber räni (Si) ja alumiiniumi (Al). Räni ümber moodustunud hapniku (O) aatomitest tetraeedrid  $\text{SiO}_4$ . Alumiiniumi tuuma ümber koonduvad OH rühmad. Ränioksiidi tugev negatiivne laeng seob lamellid omavahel ja iga alumiiniumhüdrosiidi kiht on seotud ränioksiidi kihiga (joonis 1.9) (Kaila, 1999 I; Minke, 2006).

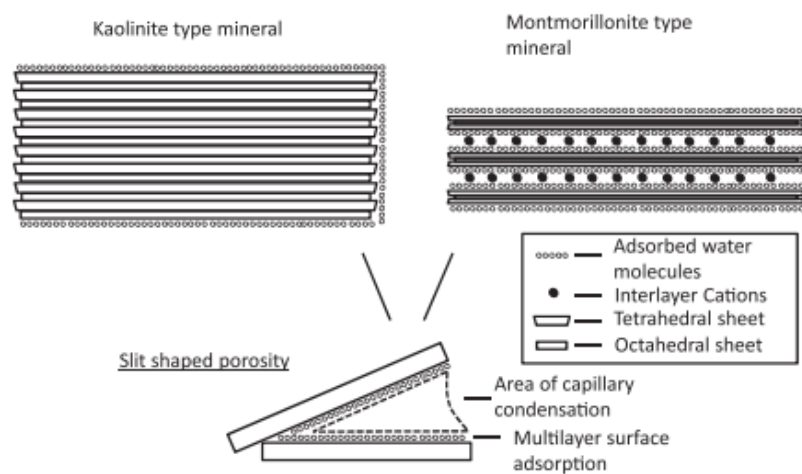


Joonis 1.9 Vasakult paremale  $\text{Si}^{4+}$  räni ümber moodustunud tetraeedrid;  $\text{Al}^{3+}$  ümber moodustuvad oktaeedrid. Mineraalide kihtide kristallide kujutus. Houben, Guillaud skeemid 1984. aastast (Minke, 2006).

Eripind on kõigi osakeste välispindade summa. Jämedal liival on see  $23 \text{ cm}^2/\text{g}$ , aleuriidil  $450 \text{ cm}^2/\text{g}$  kohta ja savidel, kaoliniidil  $10 \text{ m}^2/\text{g}$  ja montmorilloniidil  $1000 \text{ m}^2/\text{g}$ . Savi ja teiste suuremate osakestega setendite, nagu kruus, liiv, aleuriit vahelised erinevused tulenevad savi erilisest võimest siduda vett ning ioone. Savi füüsikalised omadused, nagu ionide sidumise

võime, veesiduvus ja kompressioonitugevus sõltuvad savimineraalide koostisest, selles olevate katioonide hulgast ja tüübist (Arold et al. 1987).

Vesi esineb pinnases nii vabalt kui ka seotuna erineval kujul. Ta võib esineda keemiliselt seotud kujul kristallveena. Savimineraalides kihtide vahel ja osakeste pinnal adsorbeerunud ning kapillaarsusjõudude mõjul materjali poorides (kapillaarides) absorbeerununa. Vesi aktiveerib savide omadused nagu plastilisuse, suure veemahtuvuse, keemilise absorptsioonivõime. Kristallvesi eraldub ainult termilisel töötlemisel 400 °C kuni 900 °C. Adsorbeerunud vesi on elektriliselt seotud ja eraldub 105 °C juures. (Minke, 2006)



Joonis 1.10 Adsorbeerunud vesi erinevat tüüpi savimineralides ja kapillaarne kondensatsioon (McGregor, 2014).

Kui kuiv savi panna vette, siis see paisub ja muutub voolitavaks. Savimineraali kihtide vahed täituvad veekilega, kihtide vahel ja nende ümber adsorbeerub vesi. Kihtide vahele moodustub kapillaarne kondensaat ning kui see vesi aurustub, lähenevad kihid ja paiknevad paralleelselt (joonis 1.10)(McGregor,2014).

## 1.5 Niiskuse mõju inimesele

Hoonete sisekliima on kompleksne mõiste. See ühendab endas inimese mugavuse ja tervise jaoks vajalike tingimuste loomist ja hoidmist siseruumides. Sellise olukorra saavutamine, kus kõik ennast samal ajal ühes ruumis hästi tunnevad, on praktiliselt võimatu, sest inimesed tajuvad ümbritsevat keskkonda erinevalt (Hoone ruumide sisekliima, 2017) . Siiski tuleb ehitamisel ja sisekliima kujundamisel millestki lähtuda ning selleks on välja töötatud sisekliima soovituslikud väärtused. Need väärtused on saadud lähtuvalt objektiivselt mõõdetavatest parameetritest, aga ka statistiliste uuringute põhjal kogutud andmetest, kus inimesed annavad subjektiivse hinnangu sisekliima kvaliteedile (Liias, 2011).

Viimase viieteistkümne aasta jooksul on ulatuslikult uuritud erineva funktsiooniga hoonete siseruumide õhu kvaliteedi, sealhulgas suhtelise õhuniiskuse otsest ja kaudset mõju, inimese tervisele, enesetundele ja töövõimele (Arundel, 1986).

Ruumide sisekliimat kujundavad õhu kvaliteediga seotud tegurid, nagu temperatuur, niiskus, õhu liikumise kiirus, õhu vahetumise kiirus, CO<sub>2</sub> kontsentratsioon, ionisatsioon, tolmu, mikroorganismide ja saasteainete esinemine (Liias, 2011).

Sisekliimat kujundavatele teguritele avaldavad mõju hoone otstarve, viimistlusmaterjalid ja sisustus, ventilatsioon, ruumi suurus, inimeste arv ja aktiivsus ning töö ja töövahendite spetsiifika (Liias, 2011; Mikola, 2014; Viilup, 2012).

Eluruumidele esitatavate nõuete eesmärgiks on inimestele ohutu ja tervisliku elukeskkonna tagamine. Sisekliima all mõistetakse üldiselt ruumis valitsevate keemiliste ja füüsikaliste tegurite kogumit. Sisekliimale laienevate nõuete aluseks on Euroopa ja Eesti standardid ning seadused (RT I 1999).

Ülemaailmne Tervishoiuorganisatsioon (*WHO*) määratles “haige ehitise sündroomi” juba 1982.a. Ehitise põhjustatud haigusnähtude hulka kuuluvad silmade ärritus, köha ja nohu, naha kuivus, peavalu, iiveldus, väsimus ja peapööritus (Kaila, 1999 V).

Toetudes artiklites avaldatud materjalidele näib, et liigniiskuse ja hallitusseente poolt põhjustatud tervisele seotud kahjud lähevad kogu maailmas maksma märkimisväärse summa. USA-s seostatakse 30 - 50% -list haigestumiste suurenemist erinevatesse hingamisteede haigustesse, hoonetes valitseva liigniiskuse ja hallitusseente esinemisega (Mendell et al., 2011). H. Mudarri ülevaateartiklis on ära toodud ligikaudne niiskuse ja hallitusseente poolt

põhjustatud terviserikete aastane maksumus USA-s, sealhulgas allergilise nohu poolt põhjustataud kahju ulatub miljarditesse dollaritesse (Mudarri, 2016).

### **1.5.1 Niiskuse otsene mõju inimesele**

Suhteline õhuniiskus avaldab otseselt mõju inimese füsioloogilistele protsessidele ja võib tekitada füüsilist ebamugavustunnet (Arundel, 1986).

Madal suhteline õhuniiskus (alla 20%) võib põhjustada silmade ärritust, kurgu ja nina limaskestade kuivamist, avaldada mõju ülemiste hingamisteede limaskestadele, põhjustades lima viskoossuse suurenemist. Eriti ebamugav on see inimeste jaoks, kellel on diagnoositud bronhiaalastma, riniit või ka gripi sümptomite esinemise ajal. Samal ajal kui keskmise või kõrgema suhtelise õhuniiskuse korral on täheldatud astma sümptomite vähenemist (Arundel, 1986).

Juhul kui siseruumi temperatuur ja suhteline õhuniiskus on mõlemad kõrged, häirub organismi võime higistamise teel ennast jahutada. Sellises ruumis tunneb inimene ennast väga halvasti ja olukord võib inimese jaoks lõppeda kurnatuse, kuumarabanduse, aga halvemal juhul ka surmaga (Arundel, 1986).

Suhteline õhuniiskus mõjutab otseselt inimese võimet tajuda ruumi temperatuuri. Sealjuures, väiksema suhtelise õhuniiskuse korral, tajub inimene teda ümbritsevat keskkonda soojemana, kui sama temperatuuri juures kõrgema suhtelise õhuniiskuse puhul (Simonson, 2002).

### **1.5.2 Niiskuse kaudne mõju inimesele**

Mikroorganismide, sealhulgas patogeensete mikroobide hulk, ja keemiliste ühendite kontsentratsioon siseruumi õhus, mõjub inimese tervisele ja enesetundele. Nende esinemine ja kontsentratsioon on omakorda otseselt seotud suhtelise õhuniiskusega eluruumides (Minke, 2006).

Inimeste haigestumine õhu kaudu levivatesse infektsioonidesse sõltub kuuest tegurist:

1. – nakatunud inimeste hulgast ruumis
2. – inimese vastuvõtlikkusest haigusele
3. – ajast, mille jooksul inimene puutub kokku patogeeniga
4. – õhuvahetuse kiirusest ruumis
5. – aerosooli osakeste sadestumise kiirusest
6. – õhu kaudu levivate patogeenide ellujäämise võimalustest

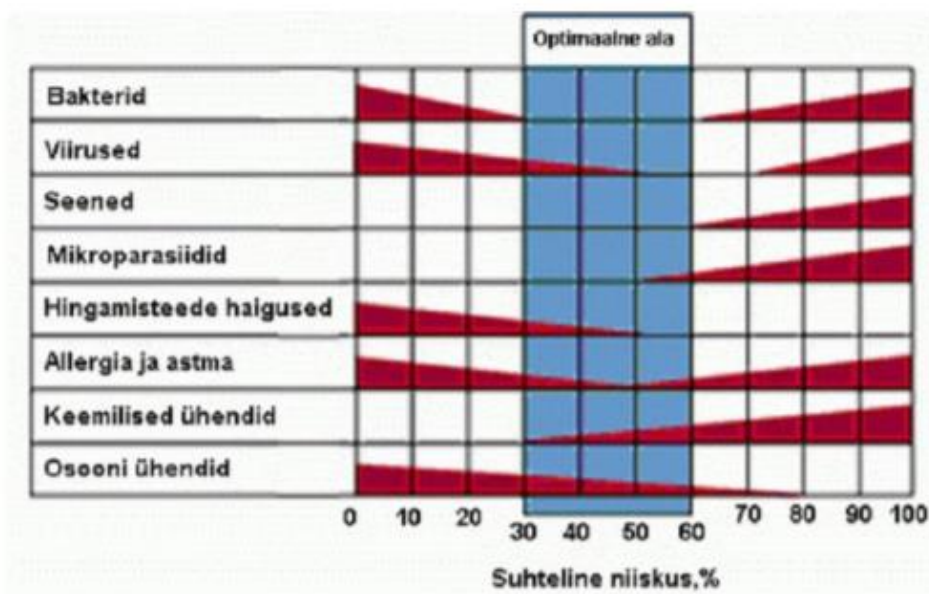
Neist ainult kahte viimast tegurit mõjutab suhteline õhuniiskus (Arundel, 1986).

Kui suhteline õhuniiskus on väike, siis väheneb aerosooli osakeste diameeter aerosooli kiire aurustumise tõttu sellisele tasemele, et patogeenid püsivad kauem õhus ja nakatumisoht suureneb. Kui suhteline õhuniiskus on suur, siis kiiret aurustumist ei toimu ja aerosooli sadestumine on tänu aerosooli osakeste suuremale diameetrile kiirem, mistõttu nakatumisoht väheneb (Arundel, 1986).

Suhteline õhuniiskus mõjutab õhu kaudu levivate mikroorganismide nagu seened, bakterid, viirused, algloomad ja lestad, eluks vajalikke tingimusi siseruumides. Lestade arenguks ja paljunemiseks on kõige sobivam suhteline õhuniiksu 80%, siis on nende hulk õhus kõige suurem. Lestad põhjustavad paljudel inimestel allergiat (Arundel, 1986).

Viiruste ja bakterite puhul sõltub nende ellujäämine välisstruktuuri moodustavatest orgaanilistest komponentidest. Viirustele, mille "kest" sisaldab ainult valke, sobib paremini kõrge suhteline õhuniiskus üle 70% ja viirustele, mille kest sisaldab ka lipiide, suhteline õhuniiskus alla 50% (Arundel, 1986).

Uurimistöodes esitatud andmete põhjal tehtud kokkuvõte näitab, et nii viiruste kui ka bakterite ellujäämiseks sobib kõige vähem suhteline õhuniiskus (samadel ventilatsiooni tingimustel ja sama elanike arvu juures), vahemikus 40 % - 70 % (joonis 1.11) (Arundel, 1986).



Joonis 1.11 Optimaalne suhtelise õhuniiskuse vahemik, milles risk inimese tervisele on vähim (Arundel, 1986; Pikk, 2012).

Niisutusseadmed, mis on mõeldud sisekliima parandamiseks, võivad sageli ise olla infektsiooni või allergiat põhjustavate mikroorganismide paljunemise kohaks ja levitajaks, tekitades kasu asemel hoopis kahju (Arundel, 1986).

Hallituste esinemine niisketes või veekahjustustega hoonetes on ülemaailmseks kasvavaks probleemiks, mille tõttu kannatab nii hoone kui ka nende elanike tervis. Ühe uurimistöö tulemusena tuvastati liigniiskes veekahjustusega hoones 45 hallituste liiki (Andersen et al., 2011).

Kui mikroobide, sealhulgas seeneeoste, hulk õhus suureneb, ilmnevad tundlikel inimestel hallituste poolt tekitatud haiguslikud nähud, nagu silmade ärritus, allergiline nohu, astma, köha, hääle kähedus ja nahaärritus (Arundel, 1986; Kaila, 1999 III). Osal inimestest esineb ka peavalu, palavikku, väsimust ja iiveldust. Üheks hallitusega kaasnevaks tõsiseks probleemiks on ka seente elutegevusega seotud ebameeldiv lõhn, millest on peaaegu võimatu vabaneda. (Kaila, 1999 III)

Ruumi kõrge suhtelise õhuniiskuse korral on ka vees lahustuvate või veeauruga reageerivate mürgiste/ärritavate keemiliste ühendite nagu formaldehüüd (siseviimistluses kasutatav materjal) ja väävelhape, väävlisoolad (majapidamisgaasi kasutamisel tekkivad ühendid) kontsentratsioonid siseruumides suuremad. Need ühendid on tugevad ülemiste hingamisteede ärritajad ja võivad põhjustada hingamisteede haigestumist (Arundel, 1986).

Osooni, millel on tugev ärritav toime silmadele ja limaskestadele, tase on suurem ruumi madala suhtelise õhuniiskuse tingimustes (Arundel, 1986).

## 1.6 Krohvid

Hoonete fasaadide ja siseruumide viimistlemiseks on läbi aegade kasutatatud krohvi. Eesti Keele Instituudi terminibaasi järgi on krohv: "mördist viimistluskiht ehituskonstruksiooni pinnal"(ESTERM, 2017).

Eestis on ajalooliselt sagedamini kasutatud krohviliigid järgmised:

1. Lubikrohv – kustustatud lubjast ning 2–4 osast liivast (olenevalt materjalide kvaliteedist) ja vähesest tsemendilisandist.
2. Tsementkrohv – 1 osa tsementi, 3 osa liiva ning 0,25 osa lubjapiima. Seda on kasutatud peamiselt väliskrohvina, sest veekindluse tõttu kondenseerub siseruumis sellele õhuniiskus.
3. Kipsikrohv – kiiresti tarduva materjalina kasutati lagede ja puitseinte krohvimiseks kuivale alusele (Bölau 1938).

1938. aastal, arhitekt Konstantin Bölau kutsekoolidele koostatud õpikus, savikrohvi iseloomustus puudub. Arvatavasti sellepärast, et tegemist oli vähe levinud ja/või arhailiseks hinnatud materjaliga. Käsitlemist leidsid tõenduslikult valmistatud materjalid, mis tagasid mördi valmistamise lihtsuse, kiiruse ning võimaldasid siledama lõppviimistluse. Savikrohvi valmistamine on töömahukam, vajab iga konkreetse lähtematerjali omadustega tutvumist ning vastavalt vajadusele, erineva koguse liiva ja taimse täitemassi lisamist. Tänu savi suurele hügroskoopsusele ja paisumisele järgneb kuivamisel kahanemine, andes sageli mittesoovitud tulemust (joonis 1.1). Savikrohvi pind vajab rohkem peenviimistlemist kui näiteks kipskrohv (Bölau 1938).



Joonis 1.12 Pragunenud savikrohvi näidis möödunud sajandi 30. aastatest. Viljandimaal, Karksi vallas, Perakülas, Suuresilma elumajas (foto Aksel Soosaar)

Eestis turustatakse ja kasutatakse tänapäevases ökoehituses kohalikust savist valmistatud krohvisegu (Puna, 2011).

Niiskuse puhverdamise omadustelt jäävad keemilise muutuse läbi kõvastuvad materjalid savikrohvide alla. Kanepi või linakiudude baasil luuakse niiskust siduvaid ja mõõdukate soojusisolatsiooni omadustega (0,06 ja 0,12 W/mK) lubikrohve (Latif et al. 2015; Rahim et al, 2015).

## 1.7 Värvid

Ruumide sisepinnad kaetakse dekoratiivsel põhjusel viimistluskihiga, milleks võib olla värv. Värvil on kaks ülesannet, see kaitseb ja kaunistab. Kaila (1999 VI) määratleb värvi, kui vedelat viimistlusmaterjali, mis moodustab kuivades tahke kelme. Värv pinnakattena on tahke täitematerjali, pigmendi ja sideaine kiht. Enne pinnale kandmist on värv tahke komponent (pigment) pihustatud vedelas sideaines ja lahustis. Viimane neist aurustub kuivamise ajal. Enamlevinud lahustiks on vesi. Värvid koosnevad erinevate omadustega ainetest, mis määravad peale värvuse, nende adhesioonivõime, viskoossuse, moodustuva kihi paksuse, kuivamisaja ja kaitsva kihi omadused, muuhulgas ka veeauru läbilaskvuse(Kaila, 1999 IV).



Värvi tahket komponenti, pigmenti, on ajalooliselt jaotatud kui:

1. Looduslikud pigmendid – värvimullad (valge – kriit, kollane – ooker, rootsi punane – fallunimuld jpt.) Need on odavad ja vastupidavad, eriti lubjale. Puuduseks on piiratud värvitoonide valik (sinine toon puudub täiesti).

2. Sünteetilised pigmendid – orgaanilised või anorgaanilised ühendid, nagu tsinkvalge, kroomid (kollane ja roheline) tsinkroheline, sinine ultramariin, punane kinnaver, pruun seepia. Need värvid võimaldavad saada kõiki värvitoone ja on valguskindlad, aga lubi sideainena hävitab need värvitoonid (Bölauf, 1938).

Sideaine moodustab pideva kelme pigmentist ja tagab värvi adhesiooni pinnale. Sideaineteks võivad olla, kas anorgaanilised ained, nagu lubi ja silikaat või orgaanilised ained, nagu kaseiin, rukkijahukliister (tärglis), õlid (värnits). Värvide sideaine omadused määravad nende veeaurutiheduse ja mõju difusiooniprotsessile (Kaila, 1999 VI). Weismantel jagab “Värvide käsiraamatus” (1981) sideained kuude gruppi: tahked termoplastilised, lakitüüpi, oksüdeeruvad, toatemperatuuril katalüüsitud, soojuse mõjul moodustuvad ja emulsiooni tüüpi kile moodustajad. Lahusti vedeldab värvi sideainet ja eraldab värvikilet moodustavad disperseerunud osakesed üksteisest. Põhiliseks ülesandeks on seeläbi värvi viskoossuse vähendamine, et seda oleks mugav pinnale kanda. Lisaks tagavad lahustid viimistletud pinna tasasuse, värvikatte omadused (kas läikiv või matt) kuivamisaja ja vastupidavuse (Topçuolu, 2004).

Läinud sajandi 30. aastatest loetleb Bölauf (1938) enamtarvitatud *värvimistehnikaid*:

1. Lubivärv – sideaineks on kustutatud lubi. Värv sobivad nii sise- kui välitöödeks. Puuduseks on sobimatus paljude pigmentidega ning need värvid pole pühkimiskindlad.
2. Rootsi värv – mis koosneb sideaineks olevast rukkijahukliistrist, keedusoolast, rauavitriolist (puidu konservandist) ja värvimullast. Kasutatakse välitöödeks puidupindade värvimisel.
3. Liimvärv – sideaineks maalarliim ja kriit, suhteliselt odav, aga valesti koostatuna kipub kooruma.
4. Õlivärv – värnitsa baasil valmistatud värv, mis tagab pühkimiskindla lõpptulemuse, on kasutatav nii sise- kui välitöödel ning nii puit- kui ka metallpindadel. Puuduseks peeti veeauru tõkestamist ja seetõttu “higistamist” (Bölauf, 1938).

Tänapäeval on tänu keemiatööstuse arengule, kasutusele võetud uut tüüpi värvid. Endiselt võib käsitleda värve kahte suurde gruppi jagunevatena, vesilahustuvateks või süsivesinikest orgaanilistel lahustitel põhinevateks. Vesilahustuvad värvid on madala viskoossusega, kergesti pinnale kantavad, pole tuleohtlikud ja on keskkonnasõbralikud. Tänapäeval on levinud lateksvärvid, mis on lateksi polümeeri dispersioon vees. Orgaanilistel lahustitel põhinevad värvid pole keskkonnasõbralikud lahustitest eralduvate aurude tõttu. Klassikalised, naturaalsel värnitsal põhinevad värvid, andsid ajaliselt kestva ja nägus pinna. Tänapäeva sünteetilistel õlidel põhinevad värvid ei anna kuivamisel oksüdeerudes enam võrdväärste omadustega kilet (Kaila 1999 VI; Topçuolu, 2004)

Värve saab iseloomustada nende kuivamisel tekkiva kihi veearu läbilaskvuse, sorptsiooni ja difusiooni põhjal. See sõltub erinevate värvide pigmendi, täiteainete ja sideainete keemilistest omadustest ja nende vahekorrast. Sellest tulenevalt on mõistlik valida hügrokoopse krohvi pinnakatteks veeauru läbilaskvad materjalid, eelistades looduslikel koostisainetel põhinevaid värve sünteetilistele, kaseiinvärvi alküüdvärvile (Kaila, 1999 VI; Minke, 2006; Ruus et al., 2011).

## 2 TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesolva töö eesmärk oli iseloomustada savikrohvi viimistlemiseks kasutatavate materjalilide mõju krohvi hügrokoopsusele ja veeauruläbivusele. Kattematerjalideks valiti nii üldehituspoest vabalt kättesaadavad ja laialt levinud kui ka kodus ise valmistatavad pinnakatted. Katsed viidi läbi sellistel tingimustel, et oleks võrdlusmoment eluruumide eksploatatsiooni käigus toimuvate õhuniiskuse muutustega. Töös käsitletavad praktilised katsed teostati TTÜ Tartu Kolledži laborites.

Katsed koosnevad kahest osast:

1. Erinevate pinnakatetega savikrohvi sorptsiooni ning difusiooni määramine.
2. Katsetulemuste analüüs ja tulemuste alusel tehtud hinnang uuringus käsitletud savikrohvi ja viimistlusmaterjalide hügrokoopsetest omadustest ja difusioonist.

Töö käik:

1. Katsete ettevalmistamine
  - a. Standarditega tutvumine ja katse planeerimine
  - b. Katseraketiste valmistamine
  - c. Savist katsekehade valmistamine
  - d. Katsekehade katseteks ette valmistamine
  - e. Andmete märkimis- ja arvutustabelite koostamine Excel 2010
2. Katsed
  - a. Sorptsiooni katse  $RH = 0 - 80\%$  priikondades
    - i.  $RH = 0-30\%$
    - ii.  $RH = 30-50\%$
    - iii.  $RH = 50-80\%$
  - b. Desorptsiooni katse  $RH = 80-50\%$  piirkonnas
    - i.  $RH = 80-50\%$
    - ii.  $RH = 50-80\%$
  - c. Difusiooni katse
3. Katse tulemuste analüüs

### 3 KATSEMATERJALID JA METOODIKA

#### 3.1 Katsekehade ettevalmistamine

Katsekehad valmistati Saviukumajas, Põlvamaal, Moostes. Katsekehad vormiti 100 mm'se siseläbimõõduga torust lõigatud rõngastesse. Rõngad, mille sisse katskehad vormiti moodustasid katsekeha raketise. Savikrohv oli valmistatud Saviukumjas ning selle täpne koostis jääb ärisaladuseks, mida selles töös ei avaldata.

Tahenenud ja kuivanud savikrohvist katsekehad toodi TTÜ Tartu kolledzi ehitusmaterjalide laborisse, kus kehad valmistati ette sorptsiooni/desorptsiooni ja veeauru läbilaskvuse katseteks.

Katsekehade massid jäid vahemikku 360 g kuni 388 g. Ühesuguse viimistlusega katsekehasid võeti katsesse viis tükki, välja arvatud linaõliga kaetud kehad, mida oli kokku kolm - määravaks sai kliimakambri mahtuvus.

Katsekehade paksust mõõdeti nihikuga (mõõtepiirkonaga 125mm täpsusega  $\pm 0,1$ mm), kolmest kohast, 120° vahede tagant übrmõõdul, servast võrdsel kaugusel. Katsekehade keskmiseks kõrguseks mõõdeti 24,7 mm (tabel L 2.1).Läbimõõtu igal katsekehal eraldi ei mõõdetud, kuna kasutati standradses mõõdus torust lõigatud raketist. Katsekehada pindala kõikidel juthudel oli 0,007854 m<sup>2</sup>.

Katsekehad on märgistati vastavalt pinnakatetele (tabel 3.1; joonis 3.1)

**Katmata (O)** - Katmata katsekehad- kontroll

**Akrit 7(A)** - Vesialuseline akrülaatvärv. Akrit 7 on mõeldud seinte ja lagede siseviimistlemiseks kuivades ja kõrgendatud niiskusega ruumides. Tootja Eskaro Group AB Sweden.

**Akrit 2(B)** - Täismatt, vesialuseline akrülaatvärv. Akrit 2 on mõeldud lagede värvimiseks ja seinte kruntimiseks. Sobib ka väiksemat pesukindlust nõudvate ruumides seinte värvimiseks. Tootja Eskaro Group AB Sweden.

**Kateks (C)** - Polümeersel alusel valmistatud vesidispersioonvärv, mis on mõeldud seinte ja lagede värvimiseks. Tootja Kemet RV OÜ

**Niiskustõke (D)** - Polümeersel alusel valmistatud niiskustõke. Konstruktsiooni tungiva niiskuse tõkestamiseks enne plaatimist, värvimist või viimistlusmaterjalide nakke parandamiseks. Tootja Kemet RV OÜ.

**Naatriumvesiklaas (E)** - Naatriumvesiklaas, veeslahustuvad naatirumsilkaadid, mida kasutatakse krohvi ja betoonpindade tihendamiseks ning puidu tulekindluse tõstmiseks. Tootja Kemet RV OÜ.

**Munaõlitempera (F)** - Ise valmistatud, selle koostis: destilleeritud vesi (1 mahuosa), linaõli (1 mahuosa) ning munavalge (1 mahuosa). Pigmenti ei lisatud. Linaõli tootja Kemet RV OÜ. (Retsept Youtub'ist kasutaja Annek4s, 27. aprillil 2009 pealkirjaga munaõlitempera valmistamine.)

**Kaseiinvärv "Heamaja" + 10% mahult linaõli (G)** - Kaseiinist ja booraksis koosnev vesialuseline värv, millele lisasti mahult 10% linaõli. Kaseiinvärv Virk OÜ, linaõli Kemet RV OÜ.

**Kaseiinvärv "Heamaja" (H)** - Kaseiinist ja booraksist koosnev siseviimistlus pinnakate. Tootja Vrik OÜ.

**Pabertapeet (I)** - Muustriline pabertapeet. Tapeet liimiti tapeediliimiga *Metylan Universal Premium* (sobib kõigile tapeetidele) otse savikrohville. Liimi tootja Henkel AG&Co. KGaA.

**Linaõli (J)**- Puitpindade immutamiseks sisetöödel, et tõsta pinna dekoratiivsust ja tugevust, vähendada määrdumist ja märgumist. Valmistaja Kemet RV OÜ.

Tabel 3.1 Katsekehade märgistus ja katmise korrad

Märgistus	Pinnakate	Kruntimise korrad	Võõpamise korrad
A	Eskaro "Akrit 7"	1	2
B	Eskaro "Akrit 2"	1	2
C	Kemet RV "Kateks"	1	2
D	Kemet RV "Niiskustõke"	0	3
E	Kemet RV "Naartium - vesiklaas"	0	3
F	Munaõlitempera	0	3
G	Kaseiinvärv "Heamaja" + 10% linaõli Kemet RV	1	4
H	Kaseiinvärv "Heamaja"	1	4
I	Pabertapeet ja tapeediliim "Metylan"	1	1
J	Linaõli Kemet RV	0	2



Joonis 3.1 Ettevalmistatud ning märgistatud katsekehad (foto Aime Ruus)

Kehade ette valmistamiseks tuli need pakkida katmata poolelt õhu- ja niiskuskindlalt. Kehad paigutati kahekordsesse toidukillesse ning asetati raketisse (joonis 3.3). Kile ülesandeks oli tagada see, et veeauru sisenemine-väljumine toimuks ainult läbi viimistletud pinna. Kilejäädgid eemaldati. Viimistletud poole servad kaeti silikooniga, et tagada niiskuse liikumine vaid viimistletud pinna ulatuses (tihendati "Penosil" läbipaistva silikooniga).

Katsekehad kuivatati vastavalt standardile EVS-EN ISO 12570:2000 temperatuuril  $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ . Kuivatamine toimus TTÜ Tartu Kolledži mullalaboris. Selleks kasutati kuivatuskappi (joonis 3.2) Memmert UFB-500 temperatuurivahemik  $+30\dots+200\text{ °C}$ , täpsus  $\pm 0,5\text{ °C}$ . Temperatuuridel üle  $100\text{ °C}$  on Memmert UFB 500 täpsus  $\pm 1,0\text{ °C}$ .

Kuivatamine toimus 5 päeva jooksul kuni katsekeha massimuut kolmel järjestikusel mõõtmisel oli alla  $0,1\%$  massist.



Joonis 3.2 Kuivatuskapp Memmert UFB-500

Kuivatatud katsekehade kaalumise tulemused märgiti programmi Excel 2010. Kuivanud katsekehade massid olid aluseks edaspidistel sorptsiooni katsetel. Kuivatamise tulemused on esitatud (tabelis 3.2)

Massivahede arvutamiseks kasutati valemit 1. Sama valemi järgi arvutati ka niiskuse muutus.

$$u = \frac{(m - m_0)}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 3.2 Katsekehade kuivmass peale kuivatamist

Märgistus	Mass (g)	Märgistus	Mass (g)	Märgistus	Mass (g)	Märgistus	Mass (g)
O-1	378.014	C-1	368.350	F-1	377.1090	I-1	376.762
O-2	370.019	C-2	380.415	F-2	380.1660	I-2	378.500
O-3	379.390	C-3	379.704	F-3	381.0270	I-3	375.403
O-4	367.054	C-4	378.955	F-4	378.7520	I-4	365.625
O-5	364.715	C-5	363.871	F-5	378.4720	I-5	371.711
A-1	367.671	D-1	371.594	G-1	376.2580	J-1	374.404
A-2	369.561	D-2	373.200	G-2	381.3500	J-2	360.290
A-3	373.660	D-3	382.683	G-3	384.6660	J-3	375.424
A-4	379.901	D-4	380.705	G-4	378.3930		
A-5	377.864	D-5	373.112	G-5	377.1980		
B-1	378.635	E-1	388.541	H-1	376.8630		
B-2	381.941	E-2	363.321	H-2	377.4150		
B-3	377.479	E-3	375.114	H-3	376.9110		
B-4	374.270	E-4	376.536	H-4	369.5270		
B-5	364.079	E-5	372.609	H-5	379.6780		

Katsekehade kuivmass registreeriti 26.02.2015 kell 8:53.

Naatriumvesiklaasiga kaetud katsekehad "E" purunesid peale kuivatamist, seetõttu jäid nimetatud kehadega sorptsiooni/desorptsiooni ja veeauru läbilaskvuse katsed ära.



## 3.2 Sorptsiooni katsed

Sorptsiooni katse viidi läbi standardi EVS-EN ISO 12571:2013 “*Hygrothermal performance of building materials and products- Determination of hygroscopic sorption properties (ISO 12571:2013)*” põhjal.

Standard määratleb terminid ja definitsioonid, katsevahendite parameetrid, katsekehade parameetrid, protseduurid ning arvutamise alusvalemid.

Katse jooksul määrati sorptsioon ja desorptsioon katsekehades. Sorptsiooni määramiseks kasutati kuivatatud katsekehasid, kuivatamine toimus vastavalt standardile EVS-EN ISO 1270:2000 peatükis 3.1 kirjeldatud viisil.

Katsekehad viidi kontrollitud temperatuuri ja niiskusega keskkonda, kus niiskust tõsteti kuni katsekehad olid saavutanud massitasakaalu antud niiskustingimustes (muutus  $\pm 0,01\%$ ).

Antud töös keskenduti krohvide käitumisele õhuniiskuse järsul muutmisel. Seega alustati desorptsiooni määramist peale tasakaalu saavutamist 80% suhtelise õhuniiskuse juures. Antud standard näeb ette katsetamist kahel meetodil. Esiteks kasutades eksikaatorit, teiseks kliimakappi. Arvestades katse mahtu ja TTÜ Kolledži’s käsutuses olevaid võimalusi, kasutati töö läbiviimiseks kliimakapimeetodit kliimakapiga RUMED (joonis 3.5).

Katse kestvus valiti kogemuslikult. Esimesed kolm kaalumist tehti intervallidega 1 tund. Pärast kolmandat kaalumist suurendati intervalli kolmele tunnile. Pärast neljandat kaalumist (3 tunnine intervall) suurendati interavalli 12’le tunnile. Seejärel korraldati kaalumist 24 tunniste intervaallidega kuni katsekehad saavutasid standardi järgse püsiva kaalu (joonisel 3.4).

### 3.2.1 Andmete kogumine ja arvutused

Kaalumistulemused märgiti programmi Excel 2010. Igal kaalumisel mõõtepunktis registreeriti massimuutused ning leiti kasutades valemit 1, sorbeerunud vee (niiskuse) sisaldus ( $u$ ).

$$u = \frac{(m - m_0)}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

Saadud andmete põhjal arvutati ka massi muutus igas mõõtepunktis ning sorptsiooni kiirus ruutmeetri kohta.

Antud töö tulemuste osas tuuakse välja sorptsiooni ja desorptsiooni kiiruse muutused, massi muutused ja niiskuse sisaldus tabelite ja joonistena. Kogu katsete vältel kogutud andmed ja nende põhjal arvutatud tulemused on saadaval töö lisades.

### 3.2.2 Kasutatud katsevahendid

Sorptsiooni/desorptsiooni katsed viidi läbi kasutades järgnevaid vahendeid (joonis 3.3, joonis 3.4 ja joonis 3.5)



Joonis 3.3 Niiskust mittesiduv raketis



Joonis 3.4 Digitaalne kaal Kern pls 1200-3A (Max 1200 g,  $\pm 0,001$  g täpsusega  $\pm 0.01\%$  katsekeha massist (Foto Erik Altmäe)



Joonis 3.5 Kliimakapp RUMED

Kliimakapp RUMED 4101, (õhuniiskuse hoidmine vahemikus 20 - 95%  $\pm 2 - 3\%$  ning temperatuuri hoidmine vahemikus 0 - +60 °C täpsusega  $\pm 0,5$  °C)

### 3.3 Veeauru läbilaskvuse katse

Veeauru läbilaskvuse katse aluseks on võetud standard EVS-EN 1015-19:2005 “*Kivistunud krohvimördi veeauru läbilaskvuse määramine*”

Teostatud katse erines standardist, esiteks standardis toodud katsekeha minimaalse pindala (0,2 m<sup>2</sup>) poolest, teiseks katsekeha ja soolalahuse pindade vahelise kauguse (10 mm) poolest. Katse teostati katsekehadega mille pindala oli 0,007584 m<sup>2</sup> ja katsekeha ning soolalahuse vaheline kaugus oli 55 mm.

### 3.3.1 Katsekehade ettevalmistamine

Difusiooni katse viidi läbi peale sorptsiooni/desorptsiooni määramist. Katsekehad olid veeauru läbivuse katse alguseks saavutanud toa temperatuuri ja olid tasakaalus ruumi suhtelise õhuniiskusega.

Veeauru läbivuse katsel kasutati K-nitraadi ( $\text{KNO}_3$ ) lahuse hoidmiseks lisaraketist. K-nitraadi küllastunud lahus valmistati kaaliumnitraadist (GOST 19790-74) ning destilleeritud veest. Olemasolevate raketistega katsekehadelt eemaldati nende katmata pinnalt toidukile.

Pärast toidukile eemaldamist asetati katsekehad K-nitraadiga raketistele (joonis 3.6) kaetud pind K-nitraadi lahuse poole. Mõõdeti välja viimistletud pinna kaugus K-nitraadi küllastunud lahuse pinnast. Hüroskoopsuse katseraketis ja veeauru läbivuse raketis suleti omavahel, kasutades silikooni (universaalsilikoon "Penosil").

Katsekehad kaaluti ja andmed märgiti programmi Excel 2010.

### 3.3.2 Veeauru läbivuse katse läbiviimine

Katsekehad kaaluti kaaluga Kern pls 1200-3A (joonis 3.4). K-nitraadi küllastunud lahus tagas kogu katse vältel ette antud suhtelise õhuniiskuse vahemikus 95 - 80%  $\pm 5\%$  katsekeha viimistletud poolel. Kliimakapis RUMED hoiti temperatuuri 20 °C ning suhtelist õhuniiskust 50%, et tagada ühtlane veeauru rõhk ja temperatuur. Katsekeha viimistletud pool paigutati 55 mm kaugusele K-nitraadi ( $\text{KNO}_3$ ) küllastunud lahusest. Suhtelise õhuniiskuse väärtus võeti standardist EVS-EN ISO 12571:2013 Tabelist A.1 (*continued*)

Mõõtmisete vahed valiti kogemuslikult. Katsekehad kaaluti ning registreeriti kaalu muutus iga 24 tunni tagant, lähtudes Olgerd Varese magistritööst (Vares, 2012). Katse loeti lõppenuks, kui vähemalt kolm mõõtmistulemust massi-aja graafikus olid ühel sirgel, mis näitas, et katsekeha läbiv veeauru hulk oli stabiilne.

### 3.3.3 Andmete kogumine ja arvutused.

Kaalumistulemused märgiti programmi Excel 2010. Igal kaalumisel kindlas mõõtepunktis registreeriti massi muutused ja katse parameetrid. Edaspidistes arvutustes kasutati mõõtmiste keskmisi väärtusi.

Vastavalt mõõtmistulemustele arvutati difusioonitakistus kasutades valemit 3

$$r = \frac{A \cdot \Delta p}{\frac{\Delta G}{\Delta t}} - R_A, \left( \frac{m^2 s Pa}{kg} \right) \quad (3)$$

Veeauru läbivustegur arvutati vastavalt valemile 4

$$\Lambda = \frac{1}{\frac{A \cdot \Delta p}{\frac{\Delta G}{\Delta t}} - R_A}, \frac{kg}{m^2 \times s \times Pa} \quad (4)$$

Kasutades valemit 5 leiti keskmine veeauru läbivus  $W_{wp}$  (kg/msPa).

$$W_{wp} = \Lambda \times t \quad (5)$$

Diffusioonitakistuskonstant arvutati kasutades valemit 6.

$$\mu = \frac{\delta}{r} \quad (6)$$

Kuna antud töös vaadeldi viimistletud pinnakihi mõju savikrohvile ja arvutati süsteemi veeauru-takistus väärtus  $S_d$  vastavalt valemile 7.

$$S_d = \delta \times t \quad (7)$$

Töö lisades on katsetulemuste algandmed (tabel L 1.6).

### 3.3.4 Kasutatud katsevahendid

Veeauru läbivuse katsed viidi läbi kasutades järgnevaid vahendeid.



Joonis 3.6 Veeauru läbivuse katseraketise alumine osa

Niiskust mittesiduv raketis, mis on õhukindlalt suletav K-nitraadi küllastunud lahusega.

Digitaalne kaal Kern pls 1200-3A Max 1200 g,  $\pm 0,001$  g täpsusega vähemalt  $\pm 0,01\%$  katsekha massist (joonis 3.4).

Kliimakapp RUMED 4101, õhuniiskuse vahemikus 20 - 95% täpsusega  $\pm 2 - 3\%$ , temperatuuri vahemikus 0 - +60 °C täpsusega  $\pm 0,5$  °C (joonis 3.5).

## 4 TULEMUSED

### 4.1 Sorptsioon RH= 0-30% niiskuse piirkonnas

Katse viidi läbi kasutades kliimakambri meetodit. Katse parameetrid on tabelis 4.1.

Katses kasutati tabelis 3.1 olevaid katsekehasid. Tulemused märgiti programmi Excel 2010.

Tabel 4.1 Katse parameetrid sorptsiooni määramisel piirkonnas RH= 0-30%

Parameeter	Väärtus
Katse kestvus	23.02.2015-03.03.2015
Mõõtmisi kokku	11
Keskmine õhutemperatuur	23,55 °C
Kliimakapi keskmine õhuniiskus katse vältel	RH= 30,06%
Kliimakapi keskmine temperatuur	22,98 °C

Tulemused on esitatud tabelite ja joonistena. Tabelites on esitatud katsekehade niiskuse sisalduse muutused grammides (tabel 4.2) ja sorptsiooni kiirus (tabel 4.3) kõigis katse mõõtepunktides.

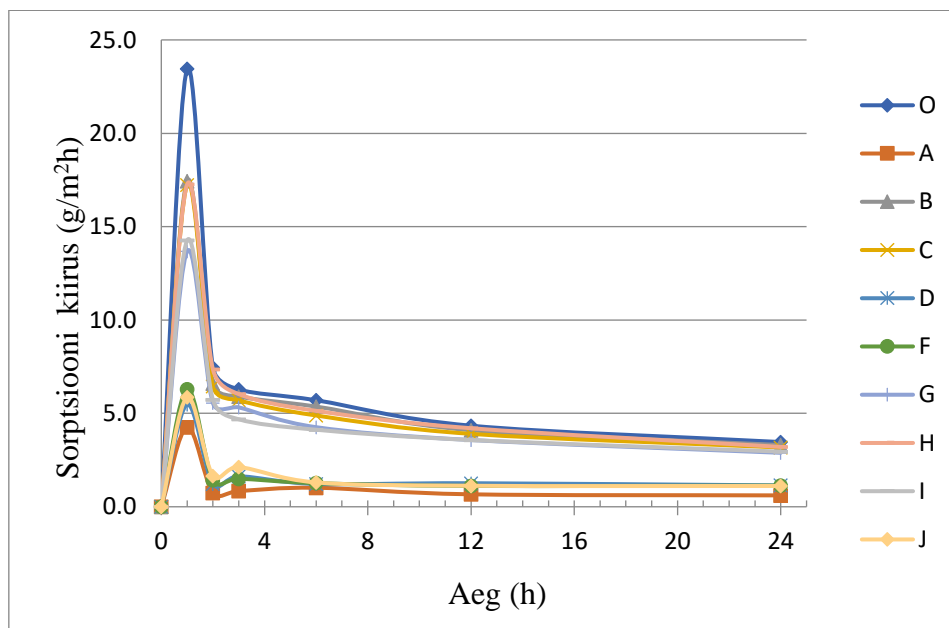
Joonistena on esitatud sorptsiooni kiirus esimeses ja viimases mõõtepunktis (joonis 4.3), sorptsiooni kiirused esimese 24 tunni jooksul (joonis 4.1) ja kogu kaste jooksul (joonis 4.2) ning niiskuse sisalduse muutus (joonis 4.4).

Tabel 4.2 Piirkonnas RH= 0-30% katsekehade massimuut

Keha	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	(h)
O	0.000	0.184	0.243	0.292	0.427	0.631	0.958	1.406	1.650	1.781	1.839	$\Delta M(g)$
A	0.000	0.033	0.039	0.046	0.070	0.101	0.159	0.282	0.380	0.508	0.618	$\Delta M(g)$
B	0.000	0.137	0.189	0.235	0.362	0.555	0.866	1.337	1.631	1.810	1.902	$\Delta M(g)$
C	0.000	0.135	0.186	0.231	0.346	0.530	0.829	1.272	1.549	1.725	1.818	$\Delta M(g)$
D	0.000	0.043	0.053	0.065	0.094	0.154	0.261	0.476	0.667	0.854	1.013	$\Delta M(g)$
F	0.000	0.049	0.061	0.072	0.102	0.155	0.262	0.454	0.624	0.786	0.931	$\Delta M(g)$
G	0.000	0.107	0.151	0.193	0.293	0.462	0.734	1.159	1.437	1.622	1.730	$\Delta M(g)$
H	0.000	0.136	0.193	0.241	0.362	0.560	0.862	1.323	1.609	1.788	1.879	$\Delta M(g)$
I	0.000	0.112	0.157	0.194	0.291	0.459	0.738	1.180	1.495	1.713	1.851	$\Delta M(g)$
J	0.000	0.046	0.059	0.076	0.106	0.159	0.264	0.451	0.612	0.769	0.897	$\Delta M(g)$

Tabel 4.3 Piirkonnas RH=0-30% sorptsiooni kiirus

Keha	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	(h)
O	0.000	23.453	7.461	6.290	5.704	4.342	3.465	2.378	1.293	0.695	0.309	g/m <sup>2</sup> h
A	0.000	4.253	0.738	0.840	1.019	0.666	0.609	0.657	0.519	0.679	0.583	g/m <sup>2</sup> h
B	0.000	17.443	6.595	5.908	5.365	4.100	3.306	2.498	1.561	0.949	0.486	g/m <sup>2</sup> h
C	0.000	17.240	6.443	5.704	4.889	3.905	3.175	2.348	1.473	0.934	0.489	g/m <sup>2</sup> h
D	0.000	5.475	1.222	1.630	1.222	1.261	1.144	1.140	1.013	0.993	0.840	g/m <sup>2</sup> h
F	0.000	6.290	1.426	1.502	1.265	1.116	1.133	1.020	0.901	0.864	0.765	g/m <sup>2</sup> h
G	0.000	13.675	5.551	5.322	4.261	3.574	2.890	2.253	1.477	0.979	0.577	g/m <sup>2</sup> h
H	0.000	17.265	7.359	6.035	5.135	4.206	3.204	2.445	1.519	0.949	0.485	g/m <sup>2</sup> h
I	0.000	14.260	5.730	4.686	4.125	3.574	2.952	2.347	1.672	1.158	0.730	g/m <sup>2</sup> h
J	0.000	5.857	1.655	2.122	1.302	1.125	1.111	0.994	0.854	0.829	0.683	g/m <sup>2</sup> h
Δh		1	1	1	3	6	12	24	24	24	24	(h)



Joonis 4.1 Piirkonna RH= 0-30% sorptsiooni kiirus esime 24 tunni jooksul

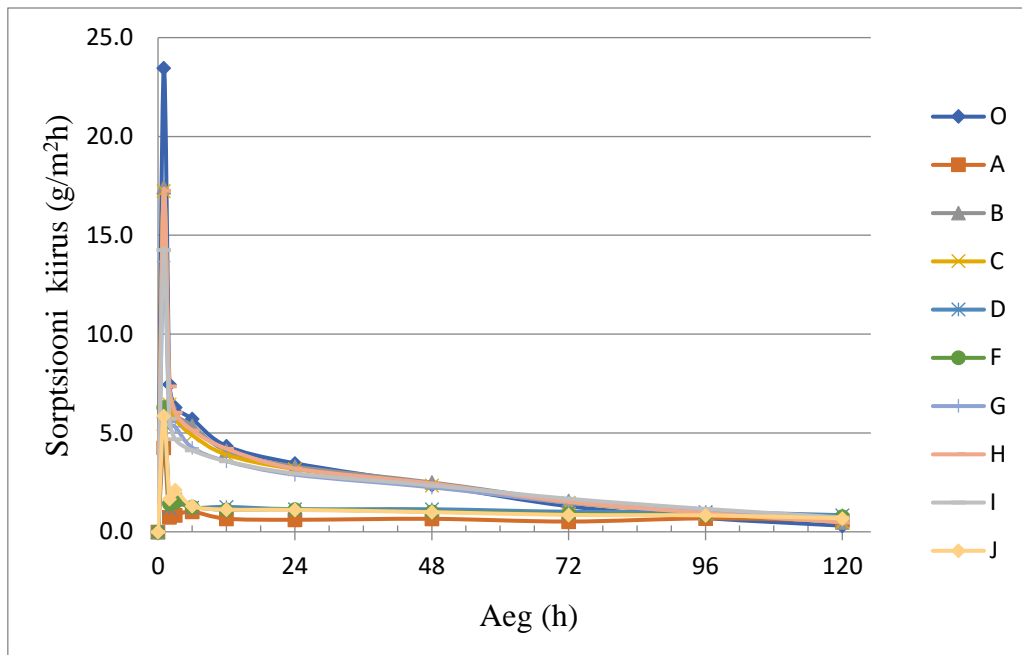
Esimesest tunnist kuni kolmanda tunnini on märgatav anomaalia, kus sorptsiooni kiirus teise tunni jooksul langeb võrreldse kolmanda tunniga (tabel 4.3).

Mõõtmistulemustest on näha, et keskkonna õhuniiskuse muutumisel toimus savikrohvis kiire õhuniiskuse sidumine (joonis 4.1). Peale esimest kuut tundi hakkas sorptsiooni kiirus langema.

Vastavalt katsekehade pinnakatte mõjule jagunevad katsekehad sorptsiooni kiiruse alusel kahte gruppi.

Esimese grupi moodustasid: O - katmata katsekeha, B – Akrtit 2, C – Kateks , G – “Heamaja” kaseiinvärv + linaõli, H- “Heamaja” kaseiinvärv ja I- pabertapeet.

Teise grupi moodustasid: A – Akrti 7, D – niiskustõke, F – munaõlitempera ja J- linaõli.



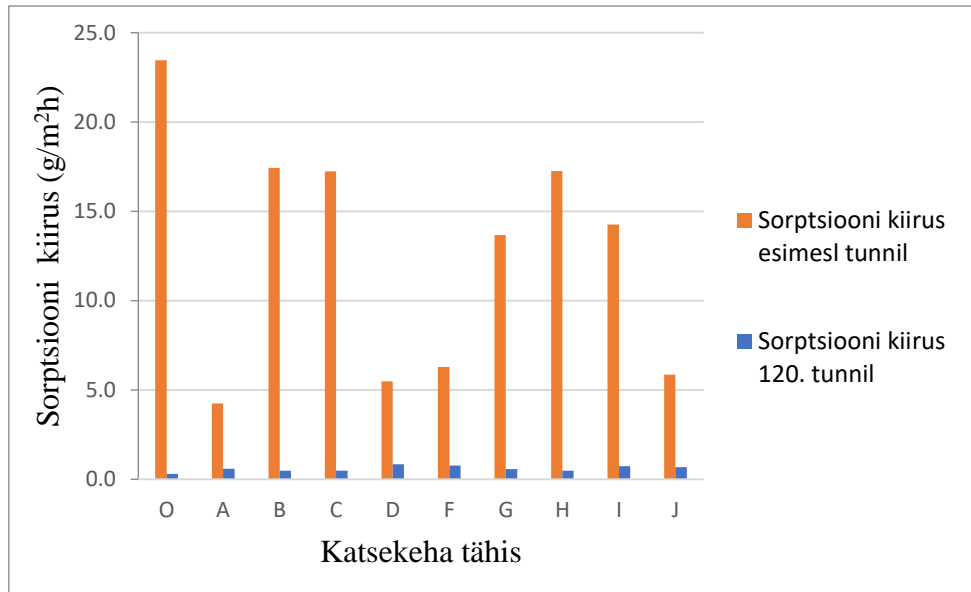
Joonis 4.2 Piirkonna RH= 0-30% sorptsiooni kiirus 120 tunni jooksul

Katsekehade stabailiseerumine vastavalt standardile EVS-EN ISO 12571:2000 toimus katsekehadel A, D, F, J kümnendal mõõtmisel (96 tundi peale katse algust). Katsekehad O, B, C, G H ja I stabiliseeruvad üheteistkümnendal mõõtmisel (120 tundi peale katse aglust).

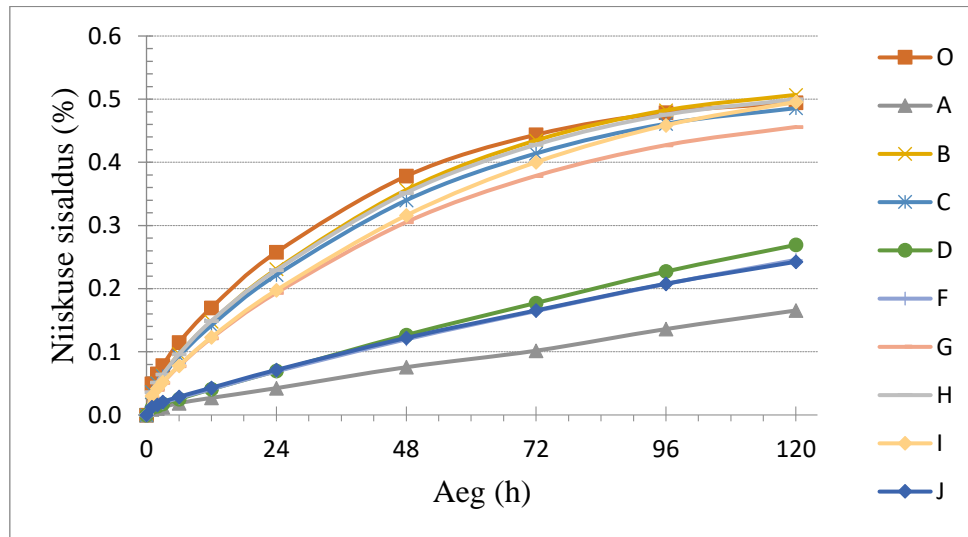
Tähelepanuväärne oli see, et teise gruppi kuulunud katsekeha D -niiskustõke, stabiliseerus samal ajal esimesse gruppi kuulunud kehadega.

Viimase mõõtmispunkti tulemusi omavahel võrreldes näeme, et katsekehad, mis algselt omastasid õhuniiskust aeglasemalt säilitasid sorptsiooni kiiruse enam-vähem samal tasemel kogu katse vältel. Esimesse gruppi kuulunud katsekehade sorptsiooni kiirus ühtlustus teise grupi katsekehade sorptsiooni kiirusega katse lõpuks (joonis 4.3).





Joonis 4.3 Piirkonnas RH= 0-30% sorptsiooni kiirus esimesl ja viimasel mõõtmisel



Joonis 4.4 Piirkonnas RH= 0-30% katsekehade niiskuse sisalduse muutumine

Katse jooksul vahejuhtumeid ei esinenud, katse kulges plaanipäraselt.

Kogu katse kaalumistulemused on lisades (tabel L. 1.1).

## 4.2 Sorptsioon RH= 30-50% niiskuse piirkonnas

Katse viidi läbi kasutades kliimakambri meetodit. Katse parameetrid on tabelis 4.4.

Tulemused märgiti programmi Excel 2010.

Tabel 4.4 Katse parameetrid sorptsiooni määramisel piirkonnas RH= 30-50%

Parameeter	Väärtus
Katse kestvus	03.03.2015-08.03.2015
Mõõtmisi kokku	11
Keskmine toatemperatuur	23,0 °C
Kliimakapi keskmine õhuniiskus katsevätel	RH = 50,1%
Kliimakapi keskmine temperatuur	23,0 °C

Tulemused on esitatud tabelite ja joonistena. Tabelites on esitatud katsekehade niiskuse sisalduse muutused grammides (tabel 4.5) ja sorptsiooni kiirus (tabel 4.6) kõigis katse mõõtepunktides.

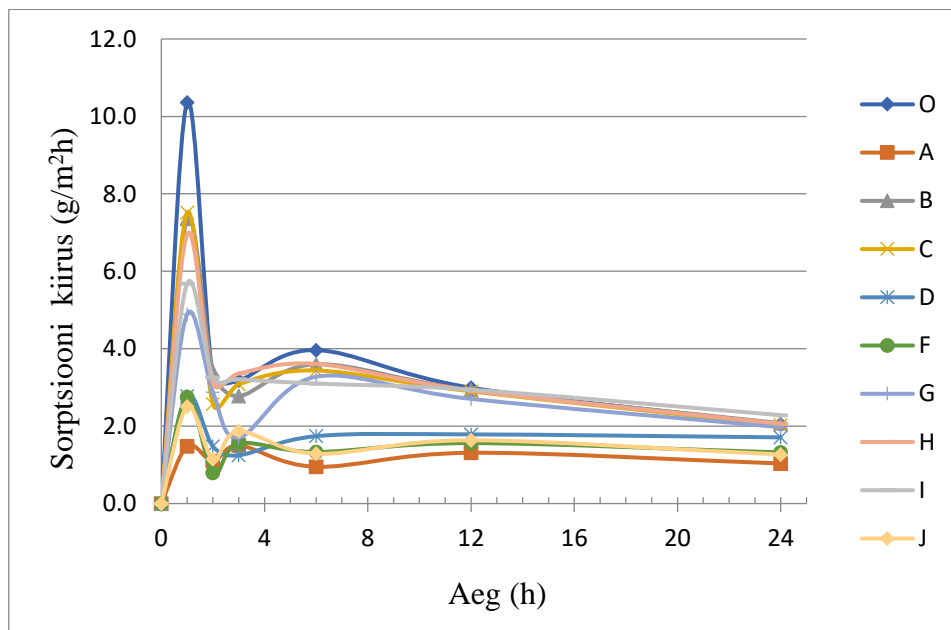
Joonistena on esitatud sorptsiooni kiirus esimeses ja viimasel mõõtepunktis (joonis 4.7), sorptsiooni kiirused esimese 24 tunni jooksul (joonis 4.5) ja kogu kaste ulatuses (joonis 4.6) ning niiskuse sisalduse muutus (joonis 4.8).

Tabel 4.5 Piirkonnas RH= 30-50% katsekehade massimuut

Keha	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	h
O	0.000	0.081	0.107	0.132	0.226	0.367	0.560	0.763	0.839	0.871	0.92	ΔM(g)
A	0.000	0.012	0.020	0.032	0.054	0.116	0.214	0.374	0.543	0.676	0.90	ΔM(g)
B	0.000	0.058	0.085	0.106	0.191	0.329	0.525	0.759	0.861	0.915	0.95	ΔM(g)
C	0.000	0.059	0.079	0.103	0.184	0.321	0.512	0.739	0.838	0.891	0.93	ΔM(g)
D	0.000	0.022	0.033	0.043	0.084	0.168	0.330	0.606	0.837	1.030	1.30	ΔM(g)
F	0.000	0.022	0.028	0.040	0.071	0.145	0.269	0.498	0.688	0.849	1.09	ΔM(g)
G	0.000	0.038	0.061	0.074	0.152	0.279	0.465	0.697	0.822	0.892	0.95	ΔM(g)
H	0.000	0.055	0.079	0.105	0.190	0.328	0.522	0.743	0.839	0.889	0.93	ΔM(g)
I	0.000	0.045	0.070	0.095	0.168	0.307	0.522	0.795	0.937	1.017	1.08	ΔM(g)
J	0.000	0.020	0.029	0.043	0.074	0.151	0.270	0.480	0.652	0.792	0.99	ΔM(g)

Tabel 4.6 Piirkonnas RH= 30-50% sorptsiooni kiirus

Keha	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	(h)
O	0.000	10.364	3.285	3.183	3.964	2.992	2.050	1.079	0.404	0.166	0.239	g/m <sup>2</sup> h
A	0.000	1.477	1.095	1.502	0.951	1.311	1.036	0.852	0.896	0.706	1.202	g/m <sup>2</sup> h
B	0.000	7.359	3.412	2.776	3.599	2.933	2.077	1.239	0.543	0.286	0.195	g/m <sup>2</sup> h
C	0.000	7.512	2.572	3.081	3.438	2.899	2.022	1.204	0.526	0.282	0.218	g/m <sup>2</sup> h
D	0.000	2.776	1.477	1.248	1.740	1.787	1.710	1.464	1.228	1.022	1.437	g/m <sup>2</sup> h
F	0.000	2.750	0.789	1.553	1.333	1.562	1.320	1.211	1.008	0.855	1.297	g/m <sup>2</sup> h
G	0.000	4.889	2.878	1.706	3.276	2.704	1.974	1.232	0.663	0.368	0.323	g/m <sup>2</sup> h
H	0.000	6.952	3.107	3.361	3.608	2.920	2.058	1.173	0.508	0.266	0.219	g/m <sup>2</sup> h
I	0.000	5.679	3.259	3.209	3.098	2.941	2.283	1.447	0.751	0.425	0.342	g/m <sup>2</sup> h
J	0.000	2.504	1.146	1.867	1.287	1.634	1.266	1.116	0.909	0.744	1.045	g/m <sup>2</sup> h
Δh		1	1	1	3	6	12	24	24	24	24	(h)



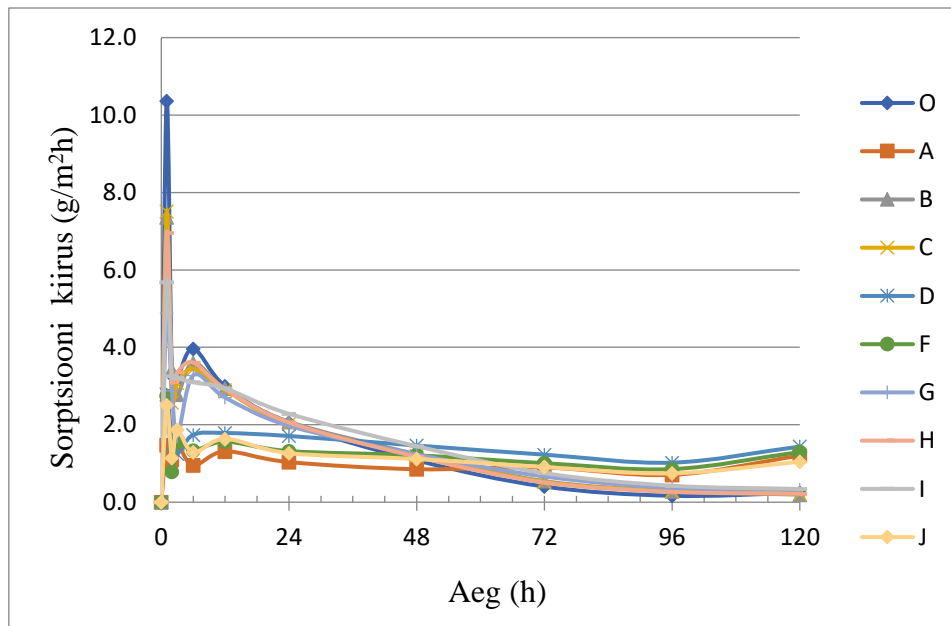
Joonis 4.5 Piirkonnas RH= 30-50% sorptsiooni kiirus esime 24 tunni jooksul

Vastavalt katsekehade pinnakatte mõjule jagunevad katsekehad sorptsiooni kiiruse alusel kahte gruppi.

Esimese grupi moodustasid: O - katmata katsekeha, B – Akrtit 2, C – Kateks , G – “Heamaja” kaseiinvärv + linaõli, H- “Heamaja” kaseiinvärv ja I- pabertapeet.

Teise grupi moodustasid: A – Akrti 7, D – niiskustõke, F – munaõlitempera ja J- linaõli.

Esimese grupi katsekehad olid tunduvalt suurema sorptsiooni kiirusega kui teise grupi kuuluvad katsekehad (joonis 4.5). Katse 48 tunnil olid mõlema grupi katsekehade sorptsiooni kiirused enam-vähem võrdsed (tabel 4.6, joonis 4,6).

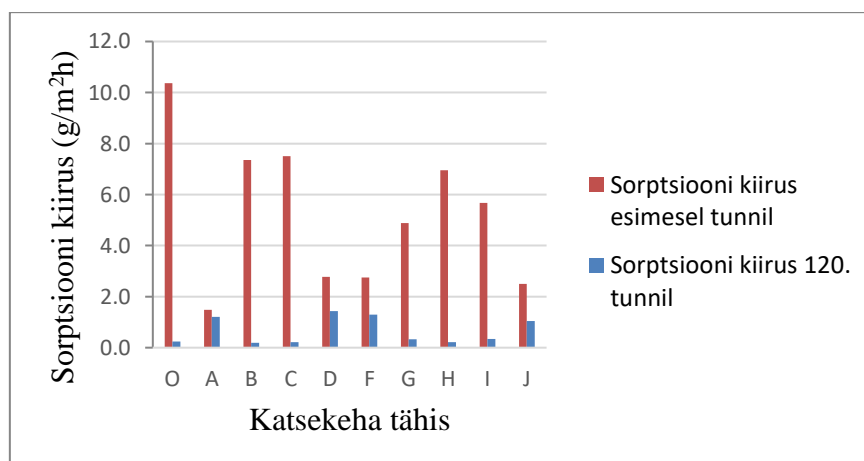


Joonis 4.6 Piirkonnas RH= 30-50% sorptsiooni kiirus 120 tunni jooksul

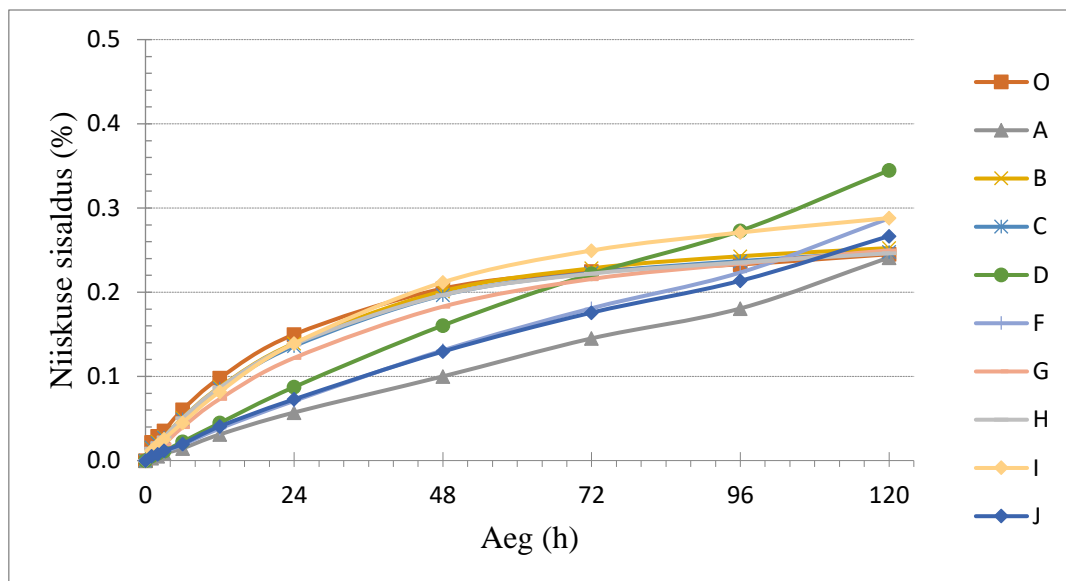
Katsekehad stabiliseerusid kümnendas mõõtmispunktis 96 tunnil. Peale stabiilsuse saavutamist teostati veel üks mõõtmine 24 tunni pärast.

Peale kahekümne nelja tunni möödumist oli selgelt näha, et esimese grupi katsekehade sorptsiooni kiirus langes oluliselt võrreldes teise grupiga (joonis 4.6). Teise grupi sorptsiooni kiirus püsis suhteliselt ühtlasena kogu katse jooksul, kuid viimase kahekümne nelja tunni jooksul suurenes, aga seda mitte olulisel määral.

Katse viimases mõõtmispunktis oli teise grupi kehade sorptsiooni kiirus esimese grupi katsekehade sorptsiooni kiirustes suurem (tabel 4.6 joonis 4.7)



Joonis 4.7 Piirkonnas RH= 30-50% sorptsiooni kiirus esimesel ja viimasel mõõtmisel



Joonis 4.8 Piirkonnas RH= 30-50% katsekehade niiskuse sisalduse muutumine

Katse jooksul vahejuhtumeid ei esinenud, katse kulges plaanipäraselt.

Kogu katse kaalumistulemused on lisades (tabel L. 1.2)

### 4.3 Sorptsioon RH= 50-80% niiskuse piirkonnas

Katse viidi läbi kasutades kliimakambri meetodit. Katse parameetrid on tabelis 4.7.

Tulemused märgiti programmi Excel 2010.

Tabel 4.7 Katse parameetrid sorptsiooni määramisel piirkonnas RH= 50-80%

Parameeter	Väärtus
Katse kestvus	09.03.2015-13.03.2015
Mõõtmisi kokku	10
Keskmine toatemperatuur	23,56 °C
Kliimakapi keskmine õhuniiskus katse vätel	RH= 79,87%
Kliimakapis keskmine temperatuur	22,98 °C

Tulemused on esitatud tabelite ja joonistena. Tabelites on esitatud katsekehade niiskuse sisalduse muutused grammides (tabel 4.8) ja sorptsiooni kiirus (tabel 4.9) kõigis katse mõõtepunktides.

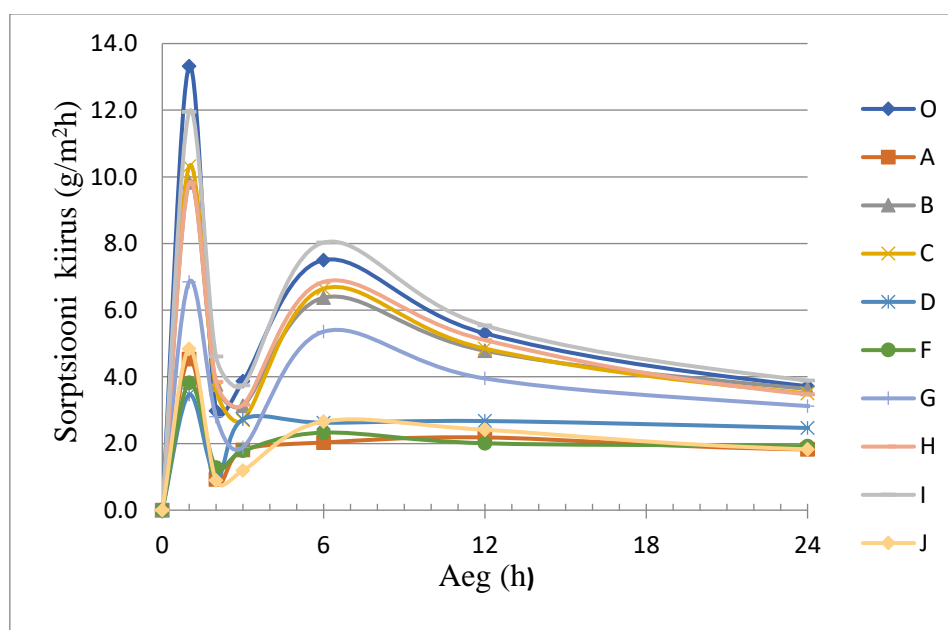
Joonistena on esitatud sorptsiooni kiirus esimeses ja viimases mõõtepunktis (joonis 4.12), sorptsiooni kiirused esimese 24 tunni jooksul (joonis 4.9) ja kogu kaste ulatuses (joonis 4.10) ning niiskuse sisalduse muutus (joonis 4.13). Katse tulemuste esitamisel tuuakse eraldi välja Seeria A- Akrit 7 kaalumistulemused (tabel 4.10 ja joonis 4.14)

Tabel 4.8 Piirkonnas RH= 50-80% katsekehade massimuut

Keha	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	(h)
O	0.000	0.105	0.128	0.158	0.335	0.585	0.936	1.304	1.463	1.545		$\Delta M(g)$
A	0.000	0.036	0.043	0.057	0.105	0.208	0.379	0.701	0.981	1.225		$\Delta M(g)$
B	0.000	0.077	0.107	0.131	0.282	0.507	0.850	1.248	1.441	1.547		$\Delta M(g)$
C	0.000	0.081	0.110	0.131	0.287	0.516	0.846	1.231	1.420	1.519		$\Delta M(g)$
D	0.000	0.027	0.035	0.056	0.118	0.244	0.476	0.852	1.138	1.351		$\Delta M(g)$
F	0.000	0.030	0.040	0.054	0.109	0.203	0.384	0.693	0.945	1.150		$\Delta M(g)$
G	0.000	0.054	0.076	0.091	0.217	0.403	0.697	1.073	1.292	1.417		$\Delta M(g)$
H	0.000	0.077	0.107	0.132	0.293	0.534	0.861	1.246	1.422	1.514		$\Delta M(g)$
I	0.000	0.094	0.130	0.159	0.349	0.610	0.976	1.382	1.554	1.640		$\Delta M(g)$
J	0.000	0.038	0.045	0.054	0.117	0.231	0.403	0.682	0.898	1.072		$\Delta M(g)$

Tabel 4.9 Piirkonnas RH= 50-80% sorptsiooni kiirus

Keha	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	(h)
O	0.000	13.318	2.979	3.871	7.504	5.305	3.718	1.954	0.846	0.432		g/m <sup>2</sup> h
A	0.000	4.533	0.917	1.808	2.029	2.181	1.821	1.707	1.484	1.296		g/m <sup>2</sup> h
B	0.000	9.829	3.769	3.132	6.375	4.783	3.637	2.114	1.021	0.564		g/m <sup>2</sup> h
C	0.000	10.313	3.641	2.699	6.646	4.847	3.504	2.042	1.002	0.524		g/m <sup>2</sup> h
D	0.000	3.463	0.968	2.725	2.623	2.674	2.466	1.994	1.516	1.128		g/m <sup>2</sup> h
F	0.000	3.820	1.273	1.783	2.326	2.007	1.916	1.641	1.337	1.088		g/m <sup>2</sup> h
G	0.000	6.850	2.801	1.884	5.356	3.951	3.124	1.992	1.162	0.666		g/m <sup>2</sup> h
H	0.000	9.804	3.845	3.158	6.850	5.101	3.472	2.041	0.937	0.485		g/m <sup>2</sup> h
I	0.000	11.943	4.609	3.743	8.030	5.539	3.888	2.155	0.914	0.453		g/m <sup>2</sup> h
J	0.000	4.838	0.891	1.188	2.660	2.412	1.825	1.484	1.142	0.925		g/m <sup>2</sup> h
$\Delta h$		1	1	1	3	6	12	24	24	24	24	(h)

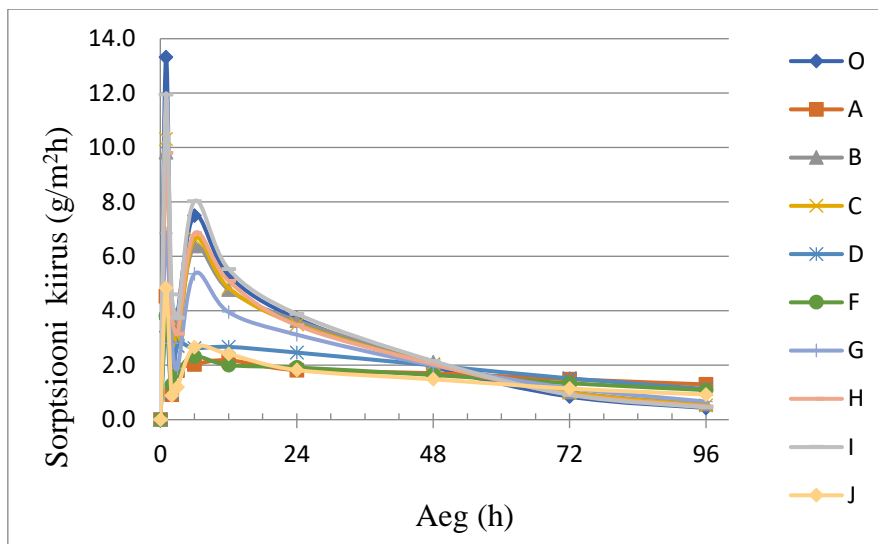


Joonis 4.9 Piirkonnas RH= 50-80% sorptsiooni kiirus 24 tunni jooksul

Vastavalt katsekehade pinnakatte mõjule jagunevad katsekehad sorptsiooni kiiruse alusel kahte gruppi.

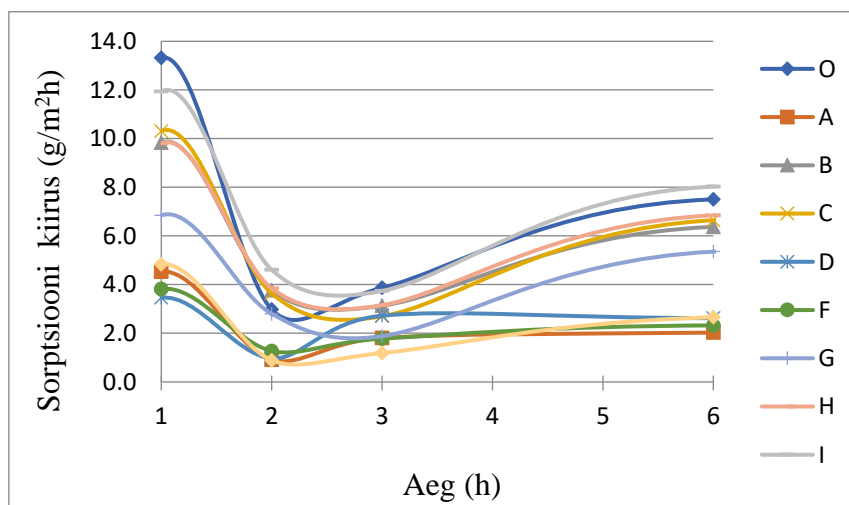
Esimese grupi moodustasid: O - katmata katsekeha, B – Akrtit 2, C – Kateks , G – “Heamaja” kaseiinvärv + linaõli, H- “Heamaja” kaseiinvärv ja I- pabertapeet.

Teise grupi moodustasid: A – Akrti 7, D – niiskustõke, F – munaõlitempera ja J- linaõli.



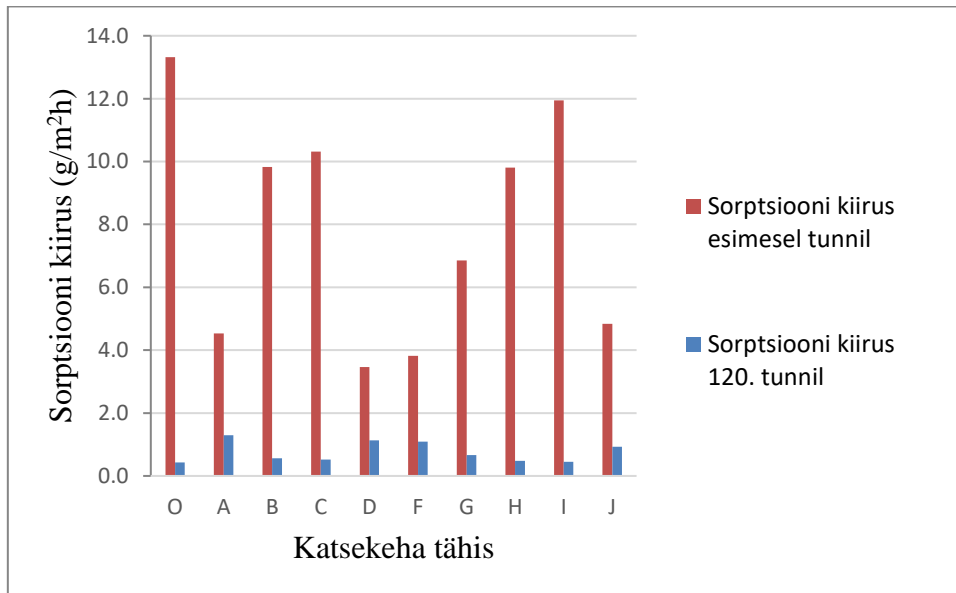
Joonis 4.10 Piirkonnas RH= 50-80% sorptsiooni kiirus 96 tunni jooksul

Sorptsiooni kiirused on võrreldes eelmise piirkonna RH= 30-50% sorptsiooni kiirustega aeglustunud. Esimese ja teise grupi sorptsiooni kiirused on teisel ja kolmandal tunnil üksteisele lähemal. Sorptsiooni kiiruse põhjal nendes mõõtepunktides ei ole võimalik gruppe selgelt välja tuua (joonis 4.11). Kuuendas mõõtepunktis eristusid grupid uuesti algsel kujul.

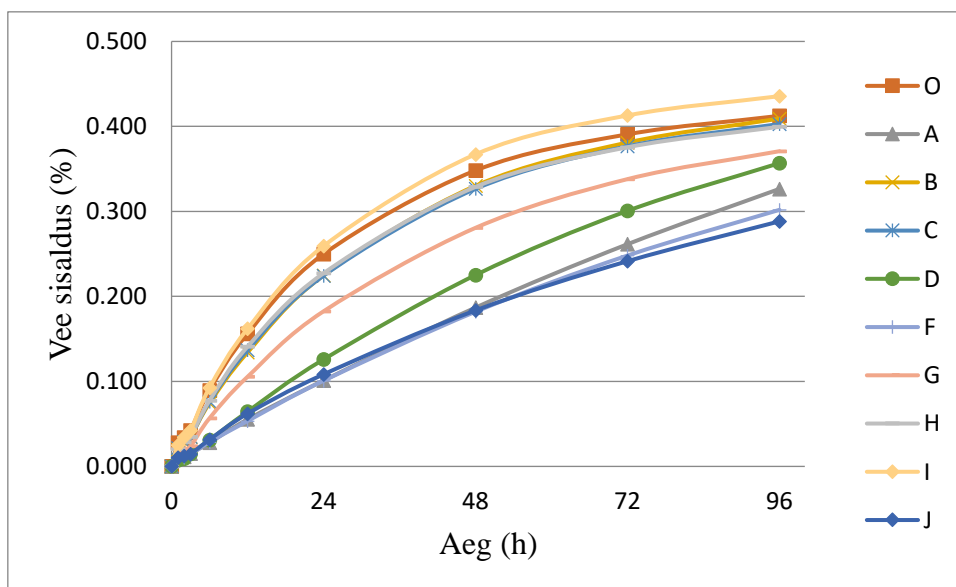


Joonis 4.11 Piirkonnas RH= 50-80% sorptsiooni kiirus esimese kuue tunni jooksul

Kõik katsekehad saavutasid tasakaalu kümnendaks mõõtepunktiks. Katse lõpetati peale 96 tundi. Esimene grupp saavutas kiiremini tasakaalu ning katse lõpuks oli sorptsiooni kiirus langenud madalamale teise grupi sorptsiooni kiirusest (joonis 4.12). Kuna sorptsiooni kiiruse muutus esimeste tundide jooksul oli mõlemas grupis väga sarnane, toodi eraldi välja sorptsiooni kiirused esimese kuue tunni jooksul (joonis 4.11).



Joonis 4.12 Piirkonnas RH= 50-80% sorptsiooni kiirus esimesel ja viimasel mõõtmisel



Joonis 4.13 Piirkonnas RH= 50-80% katsekehade niiskuse sisalduse muutumine

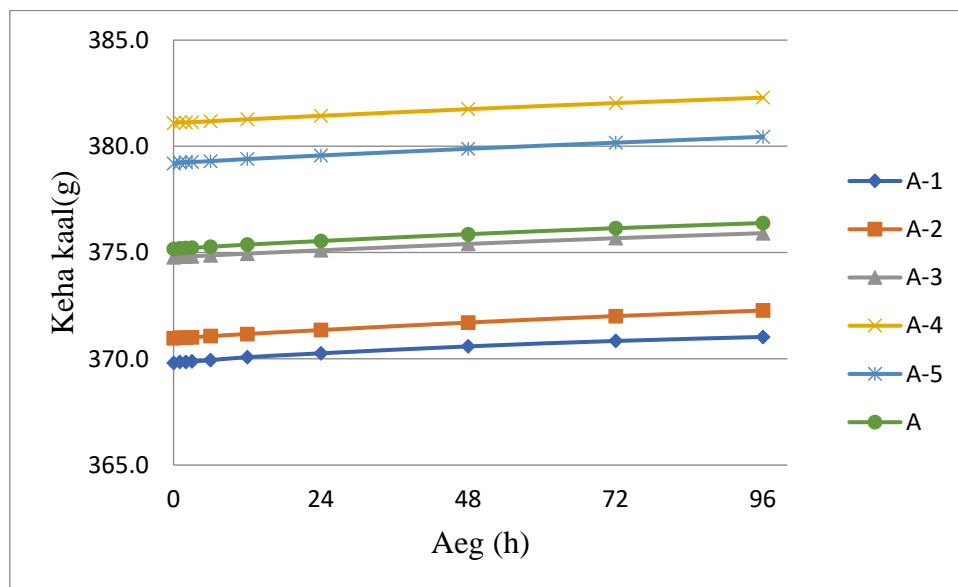
Katsekehal A-5 täheldati pinnal vabavee tilk. Veetilk kuivatati paberrätikuga ja teostati kaalumine. Kuna antud keha mass ei olnud olulisel määral erinev teiste kehade massist (tabel 4.10, joonis 4.14), läks kaalumise tulemus arvesse. Antud vaba vesi pärines kliimakapi



MEMERT õhuniiskust reguleerivalt avalt. Arvestades olukorda esitati katsekehade mõõtmis tulemused (tabel 4.10 ja joonis 4.14).

Tabel 4.10 Piirkonnas RH= 50-80% katsekeha (seeria A) kaalumistulemused

Keha	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	h
A-1	369.8	369.8	369.9	369.9	369.9	370.1	370.3	370.6	370.8	371.0		(g)
A-2	371.0	371.0	371.0	371.0	371.1	371.2	371.4	371.7	372.0	372.3		(g)
A-3	374.8	374.8	374.8	374.8	374.9	375.0	375.1	375.4	375.7	375.9		(g)
A-4	381.1	381.1	381.1	381.1	381.2	381.3	381.4	381.8	382.0	382.3		(g)
A-5	379.2	379.2	379.2	379.3	379.3	379.4	379.6	379.9	380.2	380.4		(g)
A	375.2	375.2	375.2	375.2	375.3	375.4	375.5	375.9	376.1	376.4		(g)



Joonis 4.14 Piirkonnas RH= 50-80% katsekeha (Seeria A) kaalumistulemused

Kogu katse kaalumistulemused on lisades (tabel L. 1.3).

#### 4.4 Sorptsiooni katse kokkuvõte

Sorptsiooni kiirus järgis kõigis kolmes piirkonnas sarnast tendentsi. Selgelt eristus kaks gruppi. Esimesse gruppi kuulusid O - katmata keha, B - Akrti 2, C - Kateks, G – “Heamaja” kaseiinvärv + linaõli, H – “Heamaja“ kaseiinvärv ning I – pabertapeet. Katse esimestel tundidel toimus esimeses grupis kiire sorptsioon. Esimeses grupis järgisid katsekehade sorptsiooni kiirused väikeste variatsioonidega katmata katsekeha O sorptsiooni kiirust (joonis 4.2, 4.6 ja 4.10). Grupile oli iseloomulik kiire stabiliseerumine ja sorptsiooni kiiruse vähenemine.

Teise grupi moodustasid katsekehad pinnakatetega A - Akrit 7, D - niiskustõke, F - munaõlitempera ja J - linaõli. Teist gruppi iseloomustas suhteliselt ühtlane sorptsiooni kiirus kogu katse vältel (joonis 4.2, 4.6 ja 4.10). Viimastes mõõtepunktides oli teise grupi sorptsiooni kiirus esimese grupi sorptsiooni kiirusest suurem. Sarnaselt esimesele grupile toimus teises grupis esimestel tundidel sorptsioon kiiremini kui katse lõpus (joonis 4.3, 4.7 ja 4.12).

Sorptsiooni kiirusi võrdlevast tabelist 4.11 on näha, et madalama suhtelise õhuniiskusega piirkonnas toimus sorptsioon kiiremini, kui kõrgama suhtelise õhuniiskusega keskkonnas. Katmata kehal O toimus sorptsioon piirkonnas RH= 0-30% esimese tunni jooksul 2,3 korda kiiremini kui piirkonnas RH= 30-50%. Piirkonnas RH= 0-30% olid esimesse gruppi kuuluvate kehade sorptsiooni kiirused suuremad kui katteta kehal piirkonnas RH= 30-50%. Kõige madalama sorptsiooni kiirusega oli teise gruppi kuuluv katsekeha A- Akrit 7, mille sorptsiooni kiirus piirkonnas RH= 30-50% oli 14% katteta katsekeha O sorptsiooni kiirusest. Sorptsiooni kiirus katsekehal I- pabertapeet, oli ainsana kogu katse ulatuses suurem piirkonnas RH= 50-80% kui katmata kehal O piirkonnas RH= 30-50% .

Tabel 4.11 Sorptsiooni kiiruste erinevused võrreldes katmata keha sorptsiooni kiirusega piirkonnas RH= 30-50%

	Keha	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	(h)
Piirkond RH= 0-30%	O	2.3	2.3	2.0	1.4	1.5	1.7	2.2	3.2	4.2	1.3	
	A	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.6	1.3	4.1	2.4	
	B	1.7	2.0	1.9	1.4	1.4	1.6	2.3	3.9	5.7	2.0	
	C	1.7	2.0	1.8	1.2	1.3	1.5	2.2	3.6	5.6	2.0	
	D	0.5	0.4	0.5	0.3	0.4	0.6	1.1	2.5	6.0	3.5	
	F	0.6	0.4	0.5	0.3	0.4	0.6	0.9	2.2	5.2	3.2	
	G	1.3	1.7	1.7	1.1	1.2	1.4	2.1	3.7	5.9	2.4	
	H	1.7	2.2	1.9	1.3	1.4	1.6	2.3	3.8	5.7	2.0	
	I	1.4	1.7	1.5	1.0	1.2	1.4	2.2	4.1	7.0	3.1	
	J	0.6	0.5	0.7	0.3	0.4	0.5	0.9	2.1	5.0	2.9	
Piirkond RH= 30-50%	O	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	A	0.1	0.3	0.5	0.2	0.4	0.5	0.8	2.2	4.3	5.0	
	B	0.7	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.3	1.7	0.8	
	C	0.7	0.8	1.0	0.9	1.0	1.0	1.1	1.3	1.7	0.9	
	D	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	1.4	3.0	6.2	6.0	
	F	0.3	0.2	0.5	0.3	0.5	0.6	1.1	2.5	5.2	5.4	
	G	0.5	0.9	0.5	0.8	0.9	1.0	1.1	1.6	2.2	1.4	
	H	0.7	0.9	1.1	0.9	1.0	1.0	1.1	1.3	1.6	0.9	
	I	0.5	1.0	1.0	0.8	1.0	1.1	1.3	1.9	2.6	1.4	
J	0.2	0.3	0.6	0.3	0.5	0.6	1.0	2.2	4.5	4.4		
Piirkond RH= 50-80%	O	1.3	0.9	1.2	1.9	1.8	1.8	1.8	2.1	2.6	-	
	A	0.4	0.3	0.6	0.5	0.7	0.9	1.6	3.7	7.8	-	
	B	0.9	1.1	1.0	1.6	1.6	1.8	2.0	2.5	3.4	-	
	C	1.0	1.1	0.8	1.7	1.6	1.7	1.9	2.5	3.2	-	
	D	0.3	0.3	0.9	0.7	0.9	1.2	1.8	3.8	6.8	-	
	F	0.4	0.4	0.6	0.6	0.7	0.9	1.5	3.3	6.6	-	
	G	0.7	0.9	0.6	1.4	1.3	1.5	1.8	2.9	4.0	-	
	H	0.9	1.2	1.0	1.7	1.7	1.7	1.9	2.3	2.9	-	
	I	1.2	1.4	1.2	2.0	1.9	1.9	2.0	2.3	2.7	-	
J	0.5	0.3	0.4	0.7	0.8	0.9	1.4	2.8	5.6	-		

Pinnakated avaldasid savikrohvi sorptsioonile mõju. Tabelist 4.11 on näha pinnakatte mõju sorptsiooni kiirusele ja katsekehade massimuut võrreldes katmata kehaga massiga. Peale 48 tundi ühtlustusid sorptsiooni kiirused ning pinnakate ei omanud enam olulist mõju sorptsioonile (tabel 4.11).

Tabel 4.12 Sorptsiooni katse jooksul toimunud katsekehade massi muutused grammides ning niiskuse sisaldus erinevates mõõtmispiirkondades

Keha	kuiv keha	RH= 0-30%	RH= 30-50%	RH = 50-80%	massimuut (g)	RH= 0-30%	RH= 30-50%	RH= 50-80%	niiskus sisaldus %
O	371.786	373.625	374.541	376.086	(g)	0.49%	0.74%	1.15%	(%)
A	373.645	374.263	375.166	376.391	(g)	0.17%	0.41%	0.73%	(%)
B	375.224	377.126	378.078	379.625	(g)	0.51%	0.76%	1.16%	(%)
C	374.201	376.019	376.944	378.463	(g)	0.49%	0.73%	1.13%	(%)
D	376.195	377.208	378.508	379.859	(g)	0.27%	0.61%	0.97%	(%)
F	379.034	379.964	381.058	382.208	(g)	0.25%	0.53%	0.83%	(%)
G	379.509	381.239	382.185	383.603	(g)	0.46%	0.71%	1.07%	(%)
H	376.022	377.901	378.832	380.338	(g)	0.50%	0.75%	1.14%	(%)
I	373.507	375.358	376.433	378.072	(g)	0.50%	0.78%	1.21%	(%)
J	369.965	370.862	371.851	372.883	(g)	0.24%	0.51%	0.78%	(%)

Tabelist 4.12 on selgelt näha kahte gruppi, mis moodustusid ka niiskuse sisalduse järgi.

Katsekehad pinnakattega B - Akrit 2, H – “Heamaja” kaseiin värv ja I- pabertapeet sorbeerisid kogu katse vältel samas mahus niiskust kui kontroll, katsekeha O (tabel 4.12).

#### 4.5 Desorptsioon RH= 80-50% niiskuse piirkonnas

Katse viidi läbi kasutades kliimakambri meetodit. Katse parameetrid on tabelis 4.13.

Tulemused märgiti programmi Excel 2010.

Tabel 4.13 Katse parameetrid desorptsiooni määramisel piirkonnas RH= 80-50%

Parameeter	Väärtus
Katse kestvus	14.03.2015-19.03.2015
Mõõtmisi kokku	11
Keskmine toatemperatuur	23.8 °C
Kliimakapis keskmine õhuniiskus katse vätel	RH= 50.00%
Kliimakapi keskmine temperatuur	22.98 °C

Tulemused on esitatud tabelite ja joonistena. Tabelites on esitatud katsekehade niiskuse sisalduse muutused grammides (tabel 4.14) ja desorptsiooni kiirus (tabel 4.15) kõigis katse mõõtepunktides.

Joonistena on esitatud desorptsiooni kiirus esimeses ja viimases mõõtepunktis (joonis 4.17 ja 4.18), desorptsiooni kiirused esimese 24 tunni jooksul (joonis 4.15) ja kogu kaste ulatuses (joonis 4.16) ning niiskuse sisalduse muutus. Katse tulemuste esitamisel tuuakse eraldi välja Seeria A- Akrit 7 kaalumistulemused (tabel 4.16, joonis 4.20) ning niiskuse sisaldus (tabel 4.17).

Tabel 4.14 Piirkonnas RH= 80-50% katsekehade massi muut

Keha	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	h
O	0.000	-0.193	-0.289	-0.368	-0.524	-0.743	-1.017	-1.242	-1.322	-1.355	-1.366	$\Delta M(g)$
A	0.000	-0.023	-0.020	-0.026	-0.040	-0.065	-0.106	-0.128	-0.150	-0.172	-0.192	$\Delta M(g)$
B	0.000	-0.122	-0.207	-0.268	-0.408	-0.613	-0.890	-1.160	-1.278	-1.338	-1.358	$\Delta M(g)$
C	0.000	-0.135	-0.226	-0.295	-0.429	-0.630	-0.901	-1.164	-1.273	-1.327	-1.346	$\Delta M(g)$
D	0.000	-0.026	-0.043	-0.063	-0.109	-0.188	-0.310	-0.483	-0.598	-0.678	-0.729	$\Delta M(g)$
F	0.000	-0.027	-0.038	-0.050	-0.071	-0.110	-0.174	-0.266	-0.333	-0.390	-0.427	$\Delta M(g)$
G	0.000	-0.093	-0.153	-0.204	-0.320	-0.484	-0.729	-0.990	-1.113	-1.180	-1.213	$\Delta M(g)$
H	0.000	-0.147	-0.234	-0.303	-0.450	-0.649	-0.924	-1.175	-1.272	-1.316	-1.331	$\Delta M(g)$
I	0.000	-0.142	-0.229	-0.296	-0.444	-0.649	-0.944	-1.223	-1.336	-1.388	-1.405	$\Delta M(g)$
J	0.000	-0.038	-0.058	-0.075	-0.106	-0.136	-0.213	-0.309	-0.377	-0.434	-0.472	$\Delta M(g)$

Tabel 4.15 Piirkonnas RH= 80-50% desorptsiooni kiirus

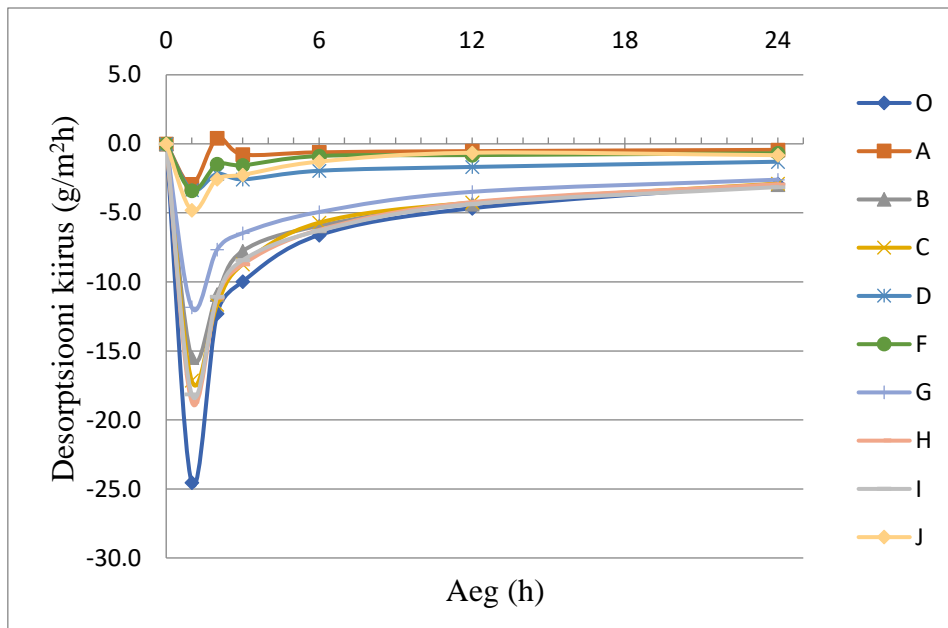
Keha	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	(h)
O	0.000	-24.548	-12.299	-9.982	-6.612	-4.664	-2.903	-1.195	-0.424	-0.172	-0.059	g/m <sup>2</sup> h
A	0.000	-2.928	0.407	-0.764	-0.611	-0.526	-0.437	-0.118	-0.115	-0.119	-0.104	g/m <sup>2</sup> h
B	0.000	-15.483	-10.899	-7.767	-5.942	-4.354	-2.939	-1.430	-0.624	-0.320	-0.107	g/m <sup>2</sup> h
C	0.000	-17.138	-11.637	-8.734	-5.713	-4.257	-2.878	-1.393	-0.581	-0.286	-0.099	g/m <sup>2</sup> h
D	0.000	-3.336	-2.165	-2.572	-1.952	-1.672	-1.297	-0.914	-0.610	-0.425	-0.272	g/m <sup>2</sup> h
F	0.000	-3.387	-1.477	-1.553	-0.883	-0.815	-0.683	-0.486	-0.357	-0.306	-0.195	g/m <sup>2</sup> h
G	0.000	-11.841	-7.665	-6.468	-4.940	-3.476	-2.595	-1.384	-0.655	-0.354	-0.177	g/m <sup>2</sup> h
H	0.000	-18.666	-11.128	-8.734	-6.239	-4.223	-2.920	-1.334	-0.512	-0.234	-0.081	g/m <sup>2</sup> h
I	0.000	-18.131	-11.077	-8.429	-6.290	-4.359	-3.132	-1.479	-0.599	-0.273	-0.094	g/m <sup>2</sup> h
J	0.000	-4.796	-2.546	-2.249	-1.287	-0.644	-0.821	-0.509	-0.361	-0.301	-0.200	g/m <sup>2</sup> h
$\Delta h$		1	1	1	3	6	12	24	24	24	24	(h)

Vastavalt katsekehade pinnakatte mõjule jagunevad katsekehad desorptsiooni kiiruse alusel kahte gruppi.

Esimese grupi moodustasid: O - katmata katsekeha, B – Akrit 2, C – Kateks, G – “Heamaja” kaseiinvärv + linaõli, H- “Heamaja” kaseiinvärv ja I- pabertapeet.

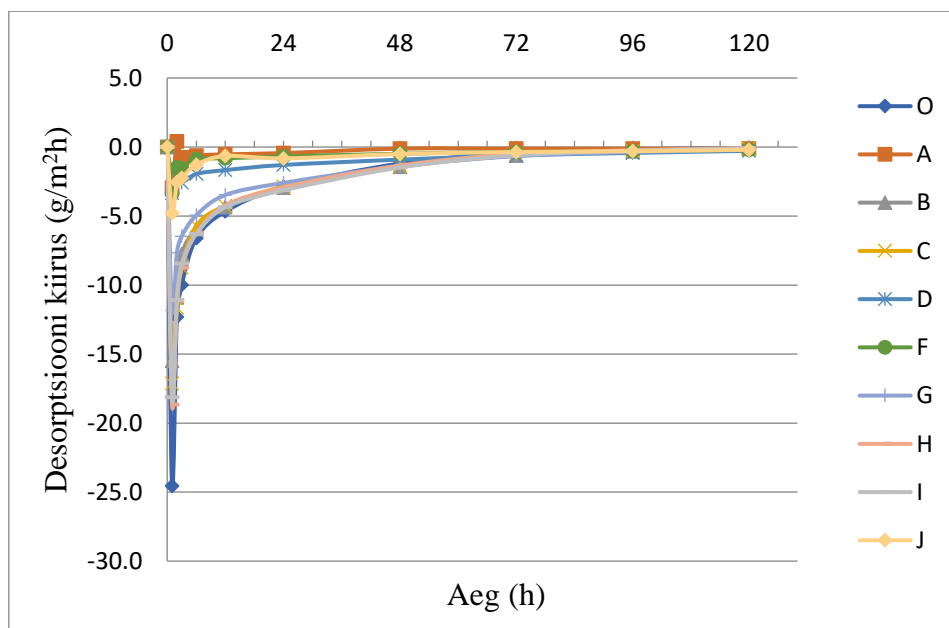
Teise grupi moodustasid: A – Akrit 7, D – niiskustõke, F – munaõlitempera ja J- linaõli.

Eradli toodi välja katsekeha A – Akrit 7 mõõtmistulemused. Katsekeha A desorptsiooni kiiruse mõõtmistulemus mõõtepunktis kaks näitas desorptsiooni asemel sorptsiooni (0,4g/m<sup>2</sup>h) (joonis 4.15 ja 4.20).



Joonis 4.15 Piirkonnas RH= 80-50% desorptsiooni kiirus esimese 24 tunni jooksul

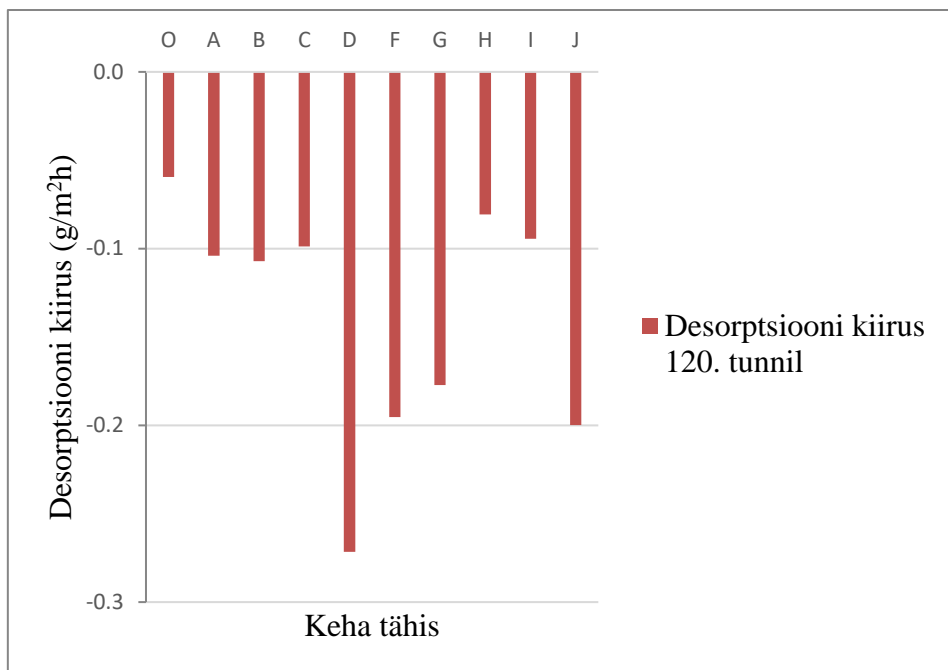
Katsekeha A – Akrit 7 desorptsiooni kiiruse muutumine on peale kolmandat mõõtmist suhteliselt ühtlane võrreldes teiste katsekehadega (-0.76 kuni - 0.1 g/m<sup>2</sup>h).



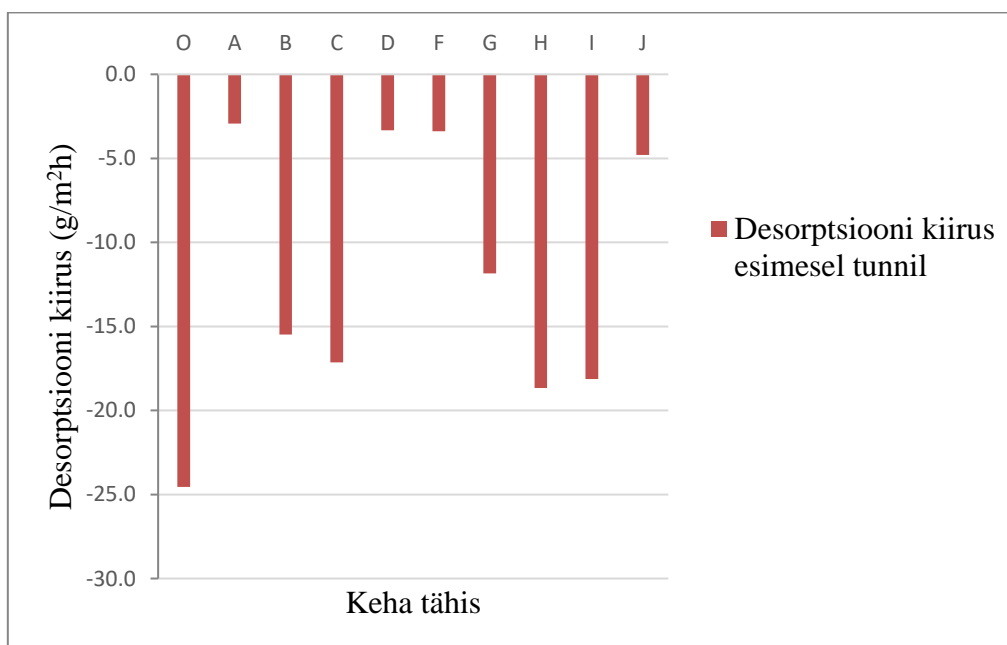
Joonis 4.16 Piirkonnas RH= 80-50% desorptsiooni kiiruse muutumine 120 tunni jooksul

Sarnaselt sorptsiooni katsetele olid viimasel mõõtmisel teise grupi desorptsiooni kiirused suuremad esimese grupi desorptsiooni kiirustest (joonis 4.17 ja 4.18).

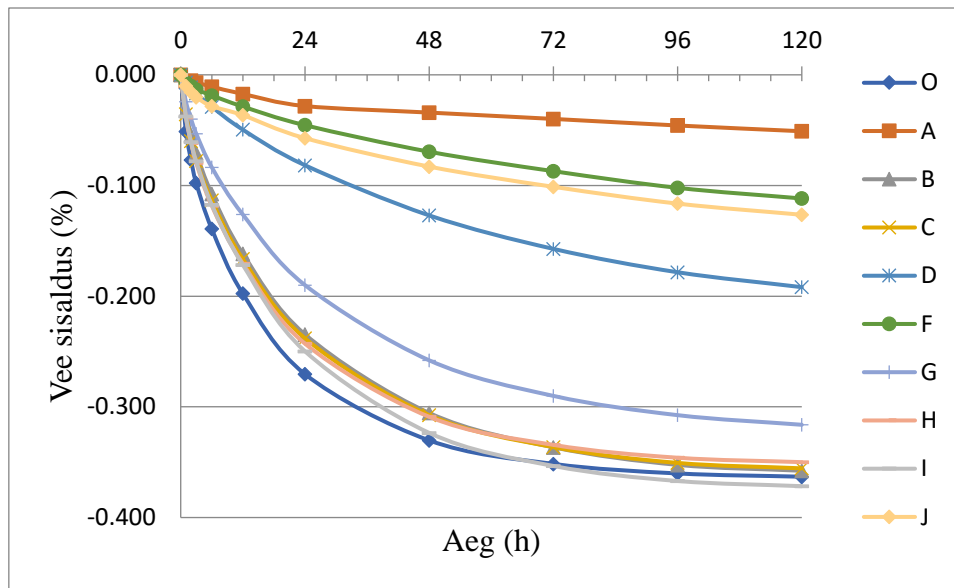
Viimases mõõtmispunktis oli kõikide katsekehade desorptsiooni kiirus alla 0,3 g/m<sup>2</sup>h. Joonistel 4.17 ja 4.18 on eraldi välja toodud desorptsiooni kiirused esimeses ja viimasest mõõtmispunktis, et oleks võimalik näidata erinevusi kahe grupi vahel.



Joonis 4.17 Piirkonnas RH 80-50% desorptsiooni kiirus 120 tunnil



Joonis 4.18 Piirkonnas RH= 80-50% desorptsiooni kiirus esimesel tunnil



Joonis 4.19 Piirkonnas RH= 80-50% katsekehade niiskuse sisalduse muutumine

Kuna katsekehal A - Akrit 7 esines desorptsiooni asemel sorptsioon mõõtmispunktis kaks siis tuuakse eraldi välja selle katsekeha kaalumise tulemustest (tabel 4.16), desorptsiooni kiirustest (joonis 4.20) ja niiskuse sisalduses muutusest (tabel 4.17)

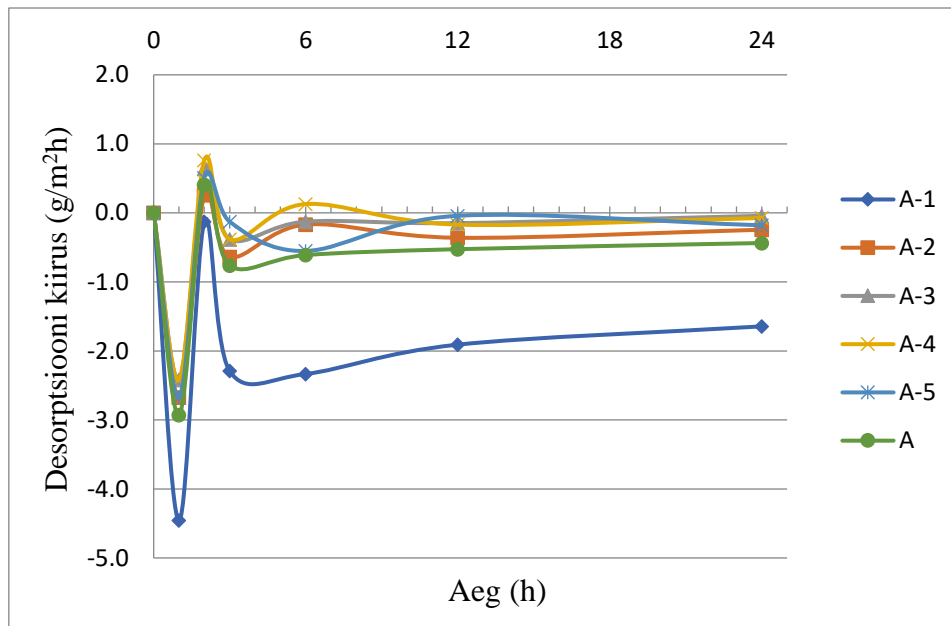
Tabel 4.16 Piirkonnas RH= 80-50% katsekeha A - Akrit 7 kaalumise tulemused

Keha	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	h
A-1	371.196	371.161	371.160	371.142	371.087	370.997	370.842	370.758	370.695	370.613	370.516	(g)
A-2	372.517	372.496	372.498	372.493	372.489	372.472	372.449	372.425	372.399	372.380	372.365	(g)
A-3	376.136	376.117	376.122	376.119	376.116	376.109	376.105	376.105	376.102	376.100	376.106	(g)
A-4	382.527	382.508	382.514	382.511	382.514	382.506	382.499	382.504	382.498	382.499	382.505	(g)
A-5	380.676	380.655	380.659	380.658	380.645	380.643	380.626	380.618	380.608	380.598	380.600	(g)
A	376.610	376.587	376.591	376.585	376.570	376.545	376.504	376.482	376.460	376.438	376.418	(g)

Tabel 4.17 Piirkonnas RH= 80-50% katsekeha A - Akrit 7 niiskuse sisaldus

Keha	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	h
A-1	0	-0.009	-0.010	-0.015	-0.029	-0.054	-0.095	-0.118	-0.135	-0.157	-0.183	$\Delta M(\%)$
A-2	0	-0.006	-0.005	-0.006	-0.008	-0.012	-0.018	-0.025	-0.032	-0.037	-0.041	$\Delta M(\%)$
A-3	0	-0.005	-0.004	-0.005	-0.005	-0.007	-0.008	-0.008	-0.009	-0.010	-0.008	$\Delta M(\%)$
A-4	0	-0.005	-0.003	-0.004	-0.003	-0.005	-0.007	-0.006	-0.008	-0.007	-0.006	$\Delta M(\%)$
A-5	0	-0.006	-0.004	-0.005	-0.008	-0.009	-0.013	-0.015	-0.018	-0.020	-0.020	$\Delta M(\%)$
A	0	-0.006	-0.005	-0.007	-0.011	-0.017	-0.028	-0.034	-0.040	-0.046	-0.052	$\Delta M(\%)$

Katsekeha A-1 kaalumistulemuste põhjal võib spekuloida, et katsekehakeha pinnakate oli purunenud või kahjustatud (tabel 4.17 ja joonis 4.20). Visuaalsel vaatlusel ei olnud võimalik kahjustust tuvastada.



Joonis 4.20 Piirkonnas RH= 80-50% katsekeha A desorptsiooni kiirus esimese 24 tunni jooksul  
 Katsekehad saavutasid tasakaalu peale 96 tundi, see on kümnendas mõõtmispunktis. Katse lõpetati peale 120 tundi, see on ühetseistkümnendas mõõtmispunktis.

Kogu katse kaalumistulemused on lisades (tabel L. 1.4).

#### 4.6 Desorptsioon RH= 50-30% niiskuse piirkonnas

Katse viidi läbi kasutades kliimakambri meetodit. Katse parameetrid on tabelis 4.18.

Tulemused märgiti programmi Excel 2010.

Tabel 4.18 Kaste parameetrid desorptsiooni määramisel piirkonnas RH= 50-30%

Parameeter	Väärtus
Katse kestvus	19.03.2015-24.03.2015
Mõõtmisi kokku	11
Keskmine toatemperatuur	23.6 °C
Kliimakapi keskmine õhuniiskus katse vätel	RH= 29.94%
Kliimakapi keskmine temperatuur	23 °C

Tulemused on esitatud tabelite ja joonistena. Tabelites on esitatud katsekehade niiskuse sisalduse muutused grammides (tabel 4.19) ja desorptsiooni kiirus (tabel 4.20) kõigis katse mõõtepunktides.



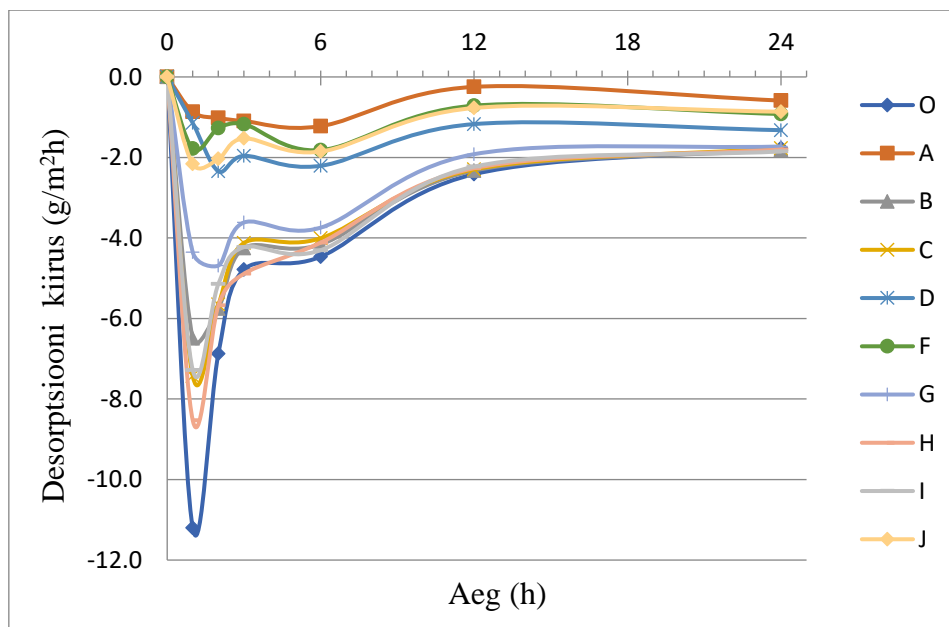
Joonistena on esitatud desorptsiooni kiirus esimeses ja viimases mõõtepunktis (joonis 4.23), desorptsiooni kiirused esimese 24 tunni jooksul (joonis 4.21) ja kogu kaste ulatuses (joonis 4.22) ning niiskuse sisalduse muutus (joonis 4.24).

Tabel 4.19 Piirkonnas RH= 50-30% katsekehade massimuut

Keha	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	h
O	0.000	-0.088	-0.142	-0.180	-0.285	-0.399	-0.565	-0.733	-0.831	-0.872	-0.888	$\Delta M(g)$
A	0.000	-0.007	-0.015	-0.023	-0.052	-0.064	-0.119	-0.190	-0.279	-0.343	-0.403	$\Delta M(g)$
B	0.000	-0.051	-0.096	-0.130	-0.228	-0.337	-0.508	-0.695	-0.813	-0.875	-0.903	$\Delta M(g)$
C	0.000	-0.058	-0.103	-0.135	-0.230	-0.338	-0.505	-0.684	-0.793	-0.846	-0.872	$\Delta M(g)$
D	0.000	-0.009	-0.027	-0.043	-0.095	-0.150	-0.275	-0.440	-0.573	-0.657	-0.725	$\Delta M(g)$
F	0.000	-0.014	-0.024	-0.033	-0.076	-0.110	-0.196	-0.329	-0.449	-0.531	-0.596	$\Delta M(g)$
G	0.000	-0.034	-0.071	-0.099	-0.188	-0.278	-0.441	-0.619	-0.740	-0.800	-0.835	$\Delta M(g)$
H	0.000	-0.067	-0.112	-0.150	-0.247	-0.354	-0.524	-0.700	-0.803	-0.851	-0.870	$\Delta M(g)$
I	0.000	-0.057	-0.098	-0.131	-0.232	-0.337	-0.512	-0.697	-0.812	-0.870	-0.901	$\Delta M(g)$
J	0.000	-0.017	-0.033	-0.045	-0.089	-0.125	-0.206	-0.338	-0.455	-0.535	-0.594	$\Delta M(g)$

Tabel 4.20 Piirkonnas RH= 50-30% desorptsiooni kiirus

Keha	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	(h)
O	0.000	-11.204	-6.875	-4.787	-4.465	-2.415	-1.768	-0.888	-0.524	-0.215	-0.086	g/m <sup>2</sup> h
A	0.000	-0.866	-1.019	-1.095	-1.222	-0.246	-0.588	-0.376	-0.474	-0.338	-0.317	g/m <sup>2</sup> h
B	0.000	-6.494	-5.755	-4.253	-4.159	-2.326	-1.812	-0.994	-0.622	-0.329	-0.149	g/m <sup>2</sup> h
C	0.000	-7.436	-5.653	-4.125	-4.006	-2.296	-1.770	-0.951	-0.578	-0.282	-0.140	g/m <sup>2</sup> h
D	0.000	-1.146	-2.343	-1.961	-2.207	-1.171	-1.322	-0.880	-0.705	-0.447	-0.359	g/m <sup>2</sup> h
F	0.000	-1.783	-1.273	-1.171	-1.816	-0.713	-0.921	-0.703	-0.638	-0.436	-0.341	g/m <sup>2</sup> h
G	0.000	-4.354	-4.686	-3.616	-3.743	-1.918	-1.727	-0.943	-0.644	-0.320	-0.184	g/m <sup>2</sup> h
H	0.000	-8.531	-5.679	-4.889	-4.117	-2.266	-1.804	-0.934	-0.546	-0.258	-0.097	g/m <sup>2</sup> h
I	0.000	-7.283	-5.144	-4.227	-4.304	-2.228	-1.850	-0.981	-0.611	-0.311	-0.161	g/m <sup>2</sup> h
J	0.000	-2.165	-2.037	-1.528	-1.853	-0.771	-0.863	-0.699	-0.619	-0.426	-0.313	g/m <sup>2</sup> h
$\Delta h$		1	1	1	3	6	12	24	24	24	24	(h)



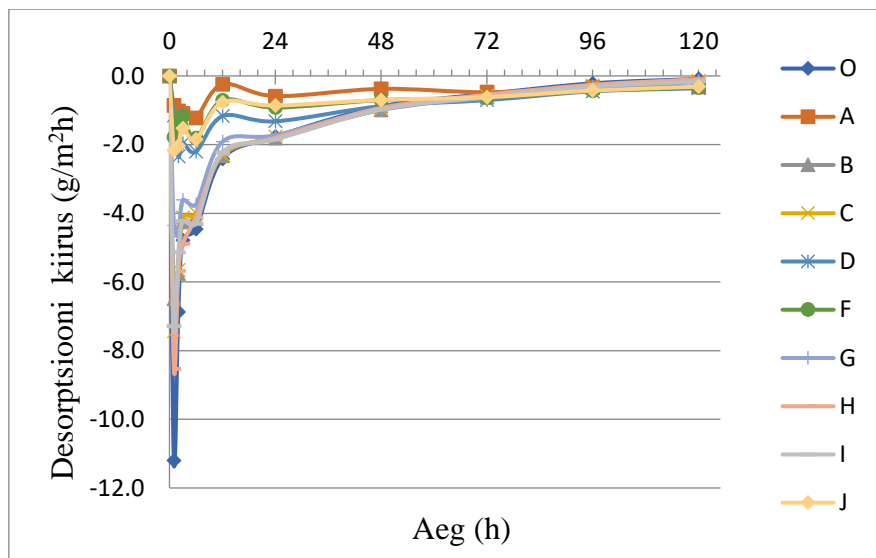
Joonis 4.21 Piirkonnas RH= 50-30% desorptsiooni kiirus esimese 24 tunni jooksul

Vastavalt katsekehade pinnakatte mõjule jagunevad katsekehad desorptsiooni kiiruse alusel kahte gruppi.

Esimese grupi moodustasid: O - katmata katsekeha, B – Akrtit 2, C – Kateks , G – “Heamaja” kaseiinvärv + linaõli, H- “Heamaja” kaseiinvärv ja I- pabertapeet.

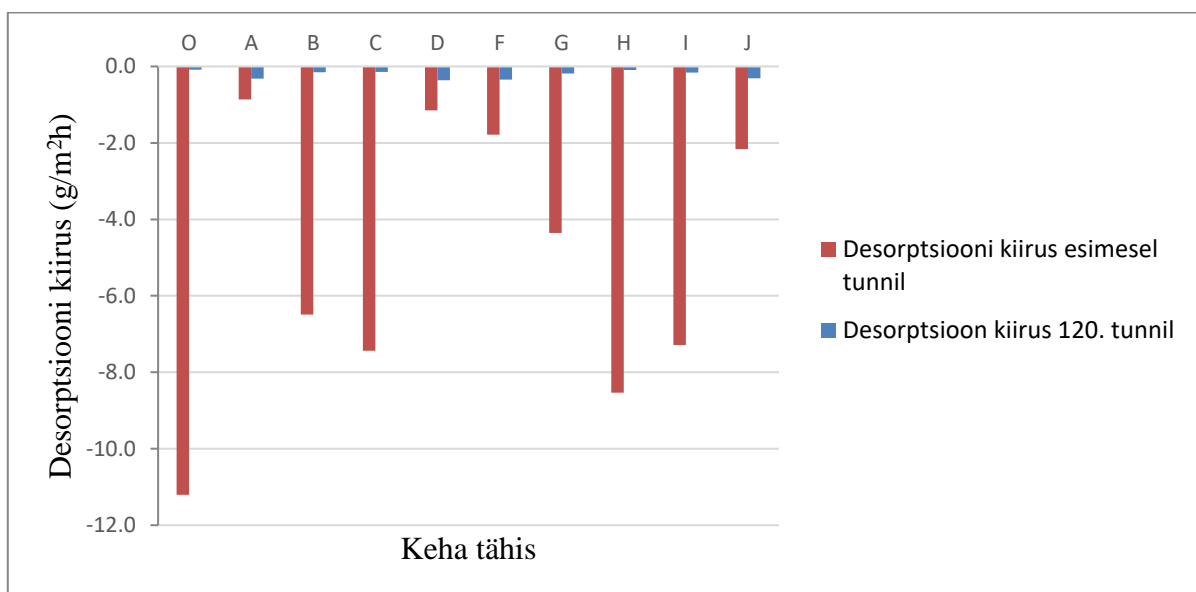
Teise grupi moodustasid: A – Akrti 7, D – niiskustõke, F – munaõlitempera ja J- linaõli.

Teise gruppi kuuluvate katsekehade desorptsiooni kiirused stabiliseerusid pikema aja jooksul. Joonistelt 4.21 ja 4.22 on näha desorptsiooni kiiruste kõikumine.

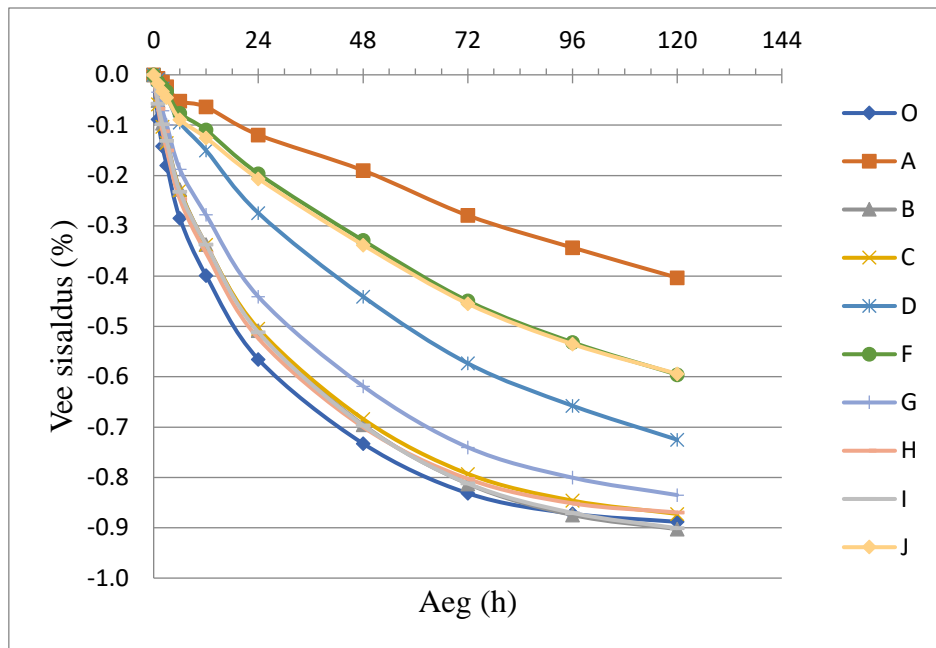


Joonis 4.22 Piirkonnas RH= 50-80% desorptsiooni kiiruse muutumine 120 tunni jooksul

Viimasel mõõtmisel olid teise grupi desorptsiooni kiirused suuremad esimese grupi desorptsiooni kiirustest. Joonisel 4.24 on välja toodud desorptsiooni kiirused esimeses ja viimases mõõtmispunktis.



Joonis 4.23 Piirkonnas RH= 50-30% desorptsiooni kiirus esimesel ja viimasel mõõtmisel



Joonis 4.24 Piirkonnas RH= 50-30% katsekehade niiskuse sisalduse muutumine

Katse jooksul vahejuhtumeid ei esinenud, katse kulges plaanipäraselt.

Kogu katse kaalumistulemused on lisades (tabel L. 1.5).

#### 4.7 Desorptsiooni katse kokkuvõte

Vastavalt pinnakatete mõjule katsekehade desorptsiooni kiirusele jagunevad katsekehad kahte gruppi.

Esimese grupi moodustasid O - katmata katsekeha, B – Akrtit 2, C – Kateks, G – “Heamaja” kaseiinvärv + linaõli, H - “Heamaja” Kaseiinvärv ja I - pabertapeet.

Teise grupi moodustasid A – Akrti 7, D – niiskustõke, F – munaõlitempera ja J- linaõli

Esimesele grupile oli iseloomulik kiire desorptsioon peale õhuniiskuse langetamist 30% võrra (joonis 4.15 ja 4.21). Katsekehad saavutasid kiiresti tasakaalutingimused, desorptsiooni kiirused katsete lõpuks langesid, mida on näha joonistel 4.16 ja 4.22.

Teise grupi katsekehasid iseloomustab võrreldes esimese grupi katsekehadega aeglasem desorptsioon kiirus kogu katse vältel (tabel 4.21). Samas teise grupi katsekehade desorptsiooni kiirused järgisid katmata savikrohviga katsekehale omast tendentsi - alguses kiirem desorptsioon ning katse viimastes mõõtmispunktides aeglasem (joonis 4.17, 4.18 ja 4.23).

Tabelis 4.21 on võrreldud kõikide katsekehade desorptsiooni kiirust katmata katsekeha O desorptsiooni kiirusega piirkonnas RH= 50-30% (kõigis mõõtepunktides). Piirkonnas RH= 50-30% andis kõige sarnasemad tulemused katsekeha O desorptsiooni kiirusega katsekeha H - “Heamaja” kaseiinvärv. Katsekeha H - “Heamaja” desorptsioon jäi vahemiku 76-102% katmata katsekeha O desorptsiooni kiirusest. Esimeses mõõtepunktis oli katsekeha A - Akrit 7 desorptsiooni kiirus 8% katmata katsekeha O desorptsiooni kiirusest.

Tabel 4.21 Desorptsiooni kiiruste muutused võrreldes katmata katsekeha desorptsiooni kiirusega piirkonnas RH= 50-30%

	Keha	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120	(h)
Piirkond RH= 50-30%	O	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	A	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.3	0.4	0.9	1.6	3.7	
	B	0.6	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.5	1.7	
	C	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.3	1.6	
	D	0.1	0.3	0.4	0.5	0.5	0.7	1.0	1.3	2.1	4.2	
	F	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.5	0.8	1.2	2.0	4.0	
	G	0.4	0.7	0.8	0.8	0.8	1.0	1.1	1.2	1.5	2.1	
	H	0.8	0.8	1.0	0.9	0.9	1.0	1.1	1.0	1.2	1.1	
	I	0.6	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.9	
	J	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.5	0.8	1.2	2.0	3.6	
Piirkond RH= 80-50%	O	2.2	1.8	2.1	1.5	1.9	1.6	1.3	0.8	0.8	0.7	
	A	0.3	-0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.6	1.2	
	B	1.4	1.6	1.6	1.3	1.8	1.7	1.6	1.2	1.5	1.2	
	C	1.5	1.7	1.8	1.3	1.8	1.6	1.6	1.1	1.3	1.1	
	D	0.3	0.3	0.5	0.4	0.7	0.7	1.0	1.2	2.0	3.2	
	F	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1.4	2.3	
	G	1.1	1.1	1.4	1.1	1.4	1.5	1.6	1.2	1.6	2.1	
	H	1.7	1.6	1.8	1.4	1.7	1.7	1.5	1.0	1.1	0.9	
	I	1.6	1.6	1.8	1.4	1.8	1.8	1.7	1.1	1.3	1.1	
	J	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3	0.5	0.6	0.7	1.4	2.3	

Kogu katse vältel oli piirkonnas RH= 80-50% katsekehade desorptsiooni kiirus tunduvalt suurem, kui katsekehadel piirkonnas RH= 50-30%. Näiteks oli piirkonna RH= 80-50% esimeses mõõtepunktis katmata katsekeha O desorptsiooni kiirus 219% suurem kui piirkonna RH= 50-30% esimeses mõõtepunktis.

Teise gurppi kuulunud katsekehal D - niiskustõke oli desorptsiooni kiirus piirkonnas RH= 50-30% 10% katsekeha O desorptsiooni kiirusest piirkonnas RH= 50-30%. Piirkonnas RH= 80-50% oli katsekeha D desorptsiooni kiirus 30% katsekeha O desorptsiooni kiirusest piirkonnas RH= 50-30%. Esimese ja teise grupi katsekehade desorptsiooni kiirused ühtlusid katse 96. tunnil.

Tabel 4.22 Desorptsiooni katse jooksul toimunud katsekehade massi muutused grammides ja niiskuse sisalduse muutused protsentides

Keha	RH= 80%	RH= 80-50%	RH= 50-30%	mass (g)	RH= 80-50%	RH= 50-30%	niiskus sisaldus %
<b>O</b>	371.786	374.759	373.871	(g)	0.80%	0.56%	(%)
<b>A</b>	373.645	376.418	376.015	(g)	0.74%	0.63%	(%)
<b>B</b>	375.224	378.324	377.421	(g)	0.83%	0.59%	(%)
<b>C</b>	374.201	377.173	376.300	(g)	0.79%	0.56%	(%)
<b>D</b>	376.195	379.300	378.575	(g)	0.83%	0.63%	(%)
<b>F</b>	379.034	381.958	381.363	(g)	0.77%	0.61%	(%)
<b>G</b>	379.509	382.469	381.634	(g)	0.78%	0.56%	(%)
<b>H</b>	376.022	379.055	378.185	(g)	0.81%	0.58%	(%)
<b>I</b>	373.507	376.715	375.814	(g)	0.86%	0.62%	(%)
<b>J</b>	369.965	372.562	371.968	(g)	0.70%	0.54%	(%)

Desorptsiooni katse tulemused näitavad, et savikrohvi pinnakate mõjutab desorptsiooni. Esimesse gruppi kuuluvad kehad on suutelised desorbeerima mahult sama palju kui katmata katsekeha O. Samas teise gruppi kuuluvad katsekehad desorbeerisid võrreldes katmata katsekehaga vähem niiskust (tabel 4.22).

#### 4.8 Veeauru läbilaskvuse katse

Katse viidi läbi kasutades kliimakappi Rumed (temperatuur 20 °C), kaaliumnitraadi (KNO<sub>3</sub>) küllastunud lahust, et hoida kliimakapis suhtelist õhuniiskust 50% ja katseraketises 94%. Katse parameetrid on tabelis 4.23.

Tulemused märgiti programmi Excel 2010.

Tabel 4.23 Veeauru läbilaskvuse katse parameetrid

Parameeter	Väärtus
Katse kestvus	6.04.2015-20.04.2015
Mõõtmisi kokku	14
Keskmine toa temperatuur	23,92 °C
Kliimakapi keskmine õhuniiskus katse vätel	RH= 49,78%
Kliimakapi keskmine temperatuur	19.99 °C

Tabel 4.24 Avrvutustes kasutatavad konstandid ja nende väärtused

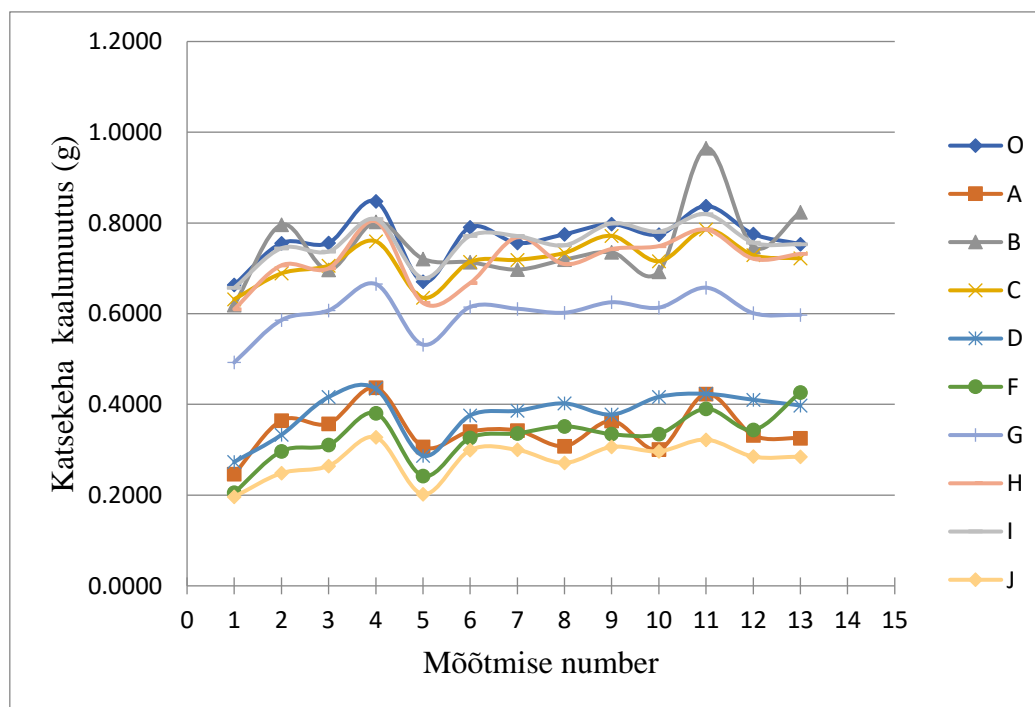
Katsekeha pindala (A)	0.007854 m <sup>2</sup>
Katsekeha paksus (t)	0.00274 m
Veeauru osarõhkude vahe ( $\Delta_p$ )*	1060,14 Pa
Katsekeha ja soola lahuse vahelise õhukihi veeauru takistus $R_{A,10}$	264000000 Pa m <sup>2</sup> /s/
Õhu veeauru erjuhtivus $\delta$	200 ng/msPa
katse kestvus	86400 s

\*Tabelis 4.2 konstandi  $\Delta_p$  leidmiseks teostatud arvutuskäik on ära toodud peatükis 4.8

Katse käigus märgiti üles katsekehade massi muutused iga 24 tunni tagant, katse jooksul teostati 13 mõõtmist. Tabelis 4.26 on ära toodud katsekehade massi muutused kogu veeauru läbilaskvus katse jooksul.

Tabel 4.25 katsekehade massi muutus veeauru läbilaskvuse katse vältel

Keha	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	mass
O	0.000	0.6636	0.7554	0.7560	0.8478	0.6704	0.7906	0.7557	0.7752	0.7974	0.7746	0.8374	0.7758	0.7534	(g)
A	0.000	0.2466	0.3646	0.3576	0.4368	0.3066	0.3404	0.3424	0.3080	0.3636	0.3006	0.4230	0.3320	0.3256	(g)
B	0.000	0.6192	0.7960	0.6968	0.8028	0.7210	0.7134	0.6972	0.7190	0.7352	0.6928	0.9650	0.7476	0.8238	(g)
C	0.000	0.6318	0.6888	0.7060	0.7596	0.6352	0.7142	0.7188	0.7340	0.7716	0.7156	0.7858	0.7292	0.7221	(g)
D	0.000	0.2732	0.3330	0.4162	0.4346	0.2870	0.3758	0.3861	0.4022	0.3776	0.4166	0.4234	0.4102	0.3977	(g)
F	0.000	0.2054	0.2966	0.3106	0.3806	0.2424	0.3262	0.3363	0.3518	0.3344	0.3348	0.3904	0.3440	0.4264	(g)
G	0.000	0.4926	0.5858	0.6072	0.6654	0.5318	0.6148	0.6109	0.6022	0.6252	0.6134	0.6574	0.6012	0.5974	(g)
H	0.000	0.6100	0.7066	0.7000	0.8034	0.6238	0.6676	0.7685	0.7094	0.7426	0.7490	0.7856	0.7212	0.7319	(g)
I	0.000	0.6570	0.7442	0.7372	0.8086	0.6786	0.7716	0.7712	0.7508	0.7992	0.7810	0.8196	0.7568	0.7531	(g)
J	0.000	0.1963	0.2483	0.2643	0.3273	0.2020	0.2993	0.2998	0.2710	0.3063	0.2967	0.3223	0.2849	0.2848	(g)



Joonis 4.25 Katsekehade masside muutused mõõtmispunktidest 1-13

Veeauru osarõhkude leidmiseks kasutati standardit EVS-EN ISO 13788:2012 tabel E.1 andmeid. Küllastunud veeauru osarõhu väärtust, mis 20 °C juures oli 2337 Pa, millest tulenevalt vastab 50% õhuniiskusele osarõhk 1188,5 Pa ja 94% suhelisele õhuniiskusele osarõhk 2248,6 Pa. Veeauru osarõhkude vahe oli seega 2248,6-1188,5 = 1060,1 Pa. Katseskeha erinevate pindade (kaetud ja katmata) osarõhkude vahe ( $\Delta p$ ) oli 1060,1 Pa.

Kaetud katsekeha pinna ja K-nitraadi küllastunud lahuse vahelise õhukihi paksus oli 55 mm. Standardis EV- EN 1015-19: 2005 on antud 10 mm õhukihi veeauru takistus. Arvutustega leiti antud katse jaoks  $R_A$ , suurendades standardi väärtust 5,5 korda. Õhukihi veeauru takistuseks saadi  $0,264 \times 10^9$  (Pam<sup>2</sup>/kg).

Arvutustes kasutatavad konstandid ja nende väärtused on antud tabelis 4.24.

Veeauru difusioonitakistus ( $r$ ) leiti kasutades valemit 3

$$r = \frac{A \times \Delta p}{\left(\frac{\Delta G}{\Delta t}\right)} - R_A \quad (3)$$

Veeauru läbivustegur ( $\Lambda$ ) leiti kasutades valemit 4

$$\Lambda = \frac{1}{\left(\frac{A \times \Delta p}{\left(\frac{\Delta G}{\Delta t}\right)} - R_A\right)} \quad (4)$$

Veeauru läbilaskvus  $W_{vp}$  arvutati vastavalt valemile 5

$$W_{wp} = \Lambda \times t \quad (5)$$

Difusioonitakistuskonstant ( $\mu$ ) arvutati välja ainult katmata katsekehale, kuna difusioonitakistuskonstanti ei saa kasutada liitmaterjali iseloomustamiseks. Difusioonitakistuskonstant näitab mitu korda on materjali difusioonitakistus suurem sama paksu õhukihi difusioonitakistusest. Standard EVS-EN ISO 13788:2001 annab õhu veeauru erjuhtivuseks  $\delta = 200$  ng/msPa.

Difusioonitakistuskonstant arvutati välja valemiga 6

$$\mu = \frac{\delta}{W_{wp}} \quad (6)$$

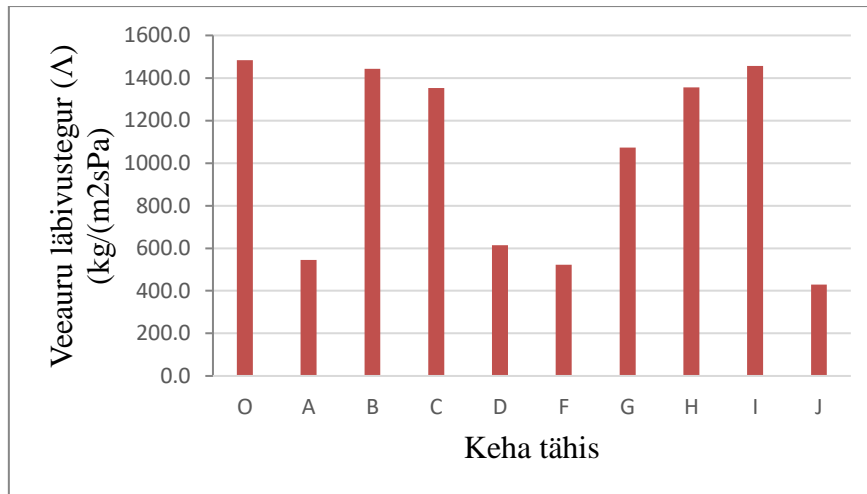
Katsekehade omavaheliseks võrdlemiseks arvutati välja materjali kihi veeauru-takistus ( $S_d$ ) kõigile katsekehaldele valemiga 7. Liitmaterjali (savikrohv + pinnakate) käsitleti ühtsena, kuna ei olnud võimalik eraldi välja tuua pinnakatte difusioonitakistust. (katses osutus võimatuks viimistlusekihi paksuse määramine ja eesmärgiks oli mõju hindamine liitmaterjalina).

$$S_d = r \times \delta \quad (7)$$

Arvutuste tulemused on toodud tabelis 4.27

Tabel 4.26 Veeauru läbilaskvust iseloomustavad arvutatud väärtused

Kate	r	S <sub>d</sub>	Λ	Wvp	μ
	(m <sup>2</sup> sPa/μg)	(m)	(ng/m <sup>2</sup> sPa)	(ng/msPa)	
O	0.67	0.14	1484	40.65	4.96
A	1.83	0.38	546	-	-
B	0.69	0.14	1444	-	-
C	0.74	0.15	1353	-	-
D	1.63	0.33	615	-	-
F	1.91	0.40	523	-	-
G	0.93	0.19	1072	-	-
H	0.74	0.15	1356	-	-
I	0.69	0.14	1457	-	-
J	2.33	0.48	430	-	-



Joonis 4.26 Veeauru läbivustegur ( $\Lambda$ ) väärtused erineva pinnakattega katsekehal

Sarnaselt sorptsiooni/desorptsiooni kasetele oli peale arvutusi võimalik eristada kahte gruppi.

Esimese grupi moodustasid O - katmata katsekeha, B - Akrtit 2, C - Kateks, G - “Heamaja” kaseiinvärv + linaõli, H - “Heamaja” kaseiinvärv ja I - pabertapeet.

Teise grupi moodustasid A - Akrti 7, D – niiskustõke, F - munaõlitempera ja J- linaõli



Esimese grupi katsekehad moodustasid ( $S_d$ ) 0,14 - 0,19 m paksuse õhukihi sarnase veeauru-takistus. Teise grupi materjalide veeauru-takistus ( $S_d$ ) jäi vahemikku 0.33 - 0.48 m.

Katteta katsekeha O veeauru läbivustegur ( $\Lambda$ ) oli 1484 ng/m<sup>2</sup>sPa, seega oli tema veeauru läbilaskuvus kõige suurem.

Esimese grupi kattedega katsekehadest oli kõige parema veeaurus läbivusega katsekeha I – pabertapeet, veeauru läbivustegur ( $\Lambda$ ) 1457 ng/m<sup>2</sup>sPa. Veeauru läbivustegur oli ( $\Lambda$ ) madalaim katsekehal G - “Heamaja” kaseiinvärv + linaõli 10%, mille veeauru läbivustegur oli 1072 ng/m<sup>2</sup>sPa.

Teises grupis oli suurima veeauru läbivusteguriga katsekeha D – niiskustõke 615 ng/m<sup>2</sup>sPa. Mõlema grupi kehadest madalaima veeauru läbivusteguriga 430 ng/m<sup>2</sup>sPa oli katsekeha J – linaõli.

Katse jooksul vahejuhtumeid ei esinenud, katse kulges plaanipäraselt.

Kogu katse kaalumistulemused on lisades (tabel L. 1.6).

## 5 ARUTELU

Savi veesisalduse muutumist olenevalt kasutatud pinnakattest iseloomustab tabel 5.1. Selles on ära toodud veeauru sorptsioon ja desorptsioon savikrohvis (katsekehades) kolme erineva suhtelise õhuniiskuse juures ja arvutused neljas erinevas mõõtepunktis.

Tabel 5.1 Katsekehade sorptsioon/desorptsioon ( $\text{g/m}^2$ ) ning nende vahe suhtelie õhuniiskuses 0-80% juures

Keha	Tunnil 1			Tunnil 24			Tunnil 96			Katse lõppus		
	Sorptsioon $\text{g/m}^2$	Desorptsioon $\text{g/m}^2$	Vahe $\text{g/m}^2$	Sorptsioon $\text{g/m}^2$	Desorptsioon $\text{g/m}^2$	Vahe $\text{g/m}^2$	Sorptsioon $\text{g/m}^2$	Desorptsioon $\text{g/m}^2$	Vahe $\text{g/m}^2$	Sorptsioon $\text{g/m}^2$	Desorptsioon $\text{g/m}^2$	
Pirkond 0-30%	O	23.5	-	-	122.0	-	-	226.7	-	-	234.1	-
	A	4.3	-	-	20.2	-	-	64.7	-	-	78.7	-
	B	17.4	-	-	110.3	-	-	230.5	-	-	242.1	-
	C	17.2	-	-	105.6	-	-	219.7	-	-	231.4	-
	D	5.5	-	-	33.3	-	-	108.8	-	-	129.0	-
	F	6.3	-	-	33.3	-	-	100.1	-	-	118.5	-
	G	13.7	-	-	93.5	-	-	206.5	-	-	220.3	-
	H	17.3	-	-	109.8	-	-	227.7	-	-	239.3	-
	I	14.3	-	-	93.9	-	-	218.2	-	-	235.7	-
	J	5.9	-	-	33.6	-	-	97.9	-	-	114.3	-
Pirkond 30-50%	O	10.4	-11.2	<b>-0.8</b>	71.3	-72.0	<b>-0.7</b>	110.8	-111.0	<b>-0.2</b>	116.6	-113.1
	A	1.5	-0.9	<b>0.6</b>	27.2	-15.2	<b>12.0</b>	86.1	-43.7	<b>42.4</b>	114.9	-51.3
	B	7.4	-6.5	<b>0.9</b>	66.9	-64.7	<b>2.2</b>	116.5	-111.4	<b>5.2</b>	121.2	-114.9
	C	7.5	-7.4	<b>0.1</b>	65.1	-64.2	<b>0.9</b>	113.4	-107.7	<b>5.7</b>	118.7	-111.1
	D	2.8	-1.1	<b>1.6</b>	42.0	-35.0	<b>7.0</b>	131.1	-83.7	<b>47.4</b>	165.6	-92.3
	F	2.8	-1.8	<b>1.0</b>	34.3	-25.0	<b>9.3</b>	108.1	-67.7	<b>40.4</b>	139.2	-75.8
	G	4.9	-4.4	<b>0.5</b>	59.2	-56.1	<b>3.1</b>	113.5	-101.9	<b>11.6</b>	121.3	-106.3
	H	7.0	-8.5	<b>-1.6</b>	66.5	-66.7	<b>-0.2</b>	113.2	-108.4	<b>4.8</b>	118.5	-110.7
	I	5.7	-7.3	<b>-1.6</b>	66.5	-65.1	<b>1.3</b>	129.5	-110.8	<b>18.6</b>	137.7	-114.7
	J	2.5	-2.2	<b>0.3</b>	34.4	-26.3	<b>8.1</b>	100.8	-68.1	<b>32.7</b>	125.9	-75.6
Pirkond 50-80%	O	13.3	-24.5	<b>-11.2</b>	119.1	-129.5	<b>-10.4</b>	196.7	-172.5	<b>24.2</b>	196.7	-173.9
	A	4.5	-2.9	<b>1.6</b>	48.3	-13.5	<b>34.8</b>	156.0	-22.0	<b>134.0</b>	156.0	-24.4
	B	9.8	-15.5	<b>-5.7</b>	108.2	-113.4	<b>-5.2</b>	197.0	-170.4	<b>26.6</b>	197.0	-172.9
	C	10.3	-17.1	<b>-6.8</b>	107.7	-114.7	<b>-7.0</b>	193.4	-169.0	<b>24.4</b>	193.4	-171.4
	D	3.5	-3.3	<b>0.1</b>	60.7	-39.5	<b>21.1</b>	172.0	-86.3	<b>85.7</b>	172.0	-92.8
	F	3.8	-3.4	<b>0.4</b>	48.9	-22.2	<b>26.7</b>	146.5	-49.7	<b>96.8</b>	146.5	-54.4
	G	6.9	-11.8	<b>-5.0</b>	88.8	-92.8	<b>-4.0</b>	180.5	-150.2	<b>30.3</b>	180.5	-154.5
	H	9.8	-18.7	<b>-8.9</b>	109.6	-117.6	<b>-8.0</b>	192.7	-167.6	<b>25.2</b>	192.7	-169.5
	I	11.9	-18.1	<b>-6.2</b>	124.3	-120.2	<b>4.0</b>	208.8	-176.7	<b>32.1</b>	208.8	-178.9
	J	4.8	-4.8	<b>0.0</b>	51.3	-27.2	<b>24.1</b>	136.5	-55.3	<b>81.2</b>	136.5	-60.1

Katsed näitasid, et erinevate pinnakatetega savikrohvi sorptsiooni ja desorptsiooni ulatus olid omavahel seotud siit võib järeldada, et katsekehade sorptsiooni võime korreleerub katsekehade desorptsiooni võimega. Üldiselt katsekehad, mis olid suurema sorptsiooni võimega olid ka suurema desorptsiooni võimega (tabel 5.1).

Kaalumise tulemusi vormistades eristusid tinglikult kaks erineva käitumisega gruppi, seda nii sorptsioonil, desorptsioonil kui ka veeauru läbivus katsetes.

Esimese grupi moodustavad O - katmata katsekeha, B - Akrtit 2, C - Kateks, G - “Heamaja” kaseiinvärv + linaõli, H - “Heamaja” kaseiinvärv ja I - pabertapeet – esimesel tunnil sorbeerunud vee kogus (RH= 30-50%) 4,9–10,4  $\text{g/m}^2$  (tabel 5.1)

Teise grupi moodustavad A - Akrit 7, D - niiskustõke, F - munaõlitempera ja J - linaõli – esimesel tunnil sorbeerunud vee kogus (RH= 30-50%) 1,5–2,8  $\text{g/m}^2$  (tabel 5.1).

**Kotroll, katsekeha (O)**, sorbeeris piirkonnas RH= 0-80% niiskust 116–234 g/m<sup>2</sup> ning desorbeeris niiskust 113–174 g/m<sup>2</sup>. Katmata katsekeha O sorptsiooni ja desorptsiooni kiirused olid kõige suuremad katse esimesel tunnil. Sorptsiooni kiirus oli 10,4–23,5 g/m<sup>2</sup>h ja desorptsiooni kiirus 11,2–24,6 g/m<sup>2</sup>h. Katsekeha O oli katse lõpuks sidunud 1,15% niiskust. Desorptsiooni katse lõpuks oli katsekeha O (30% suhtelise õhuniiskuse juures) niiskuse sisaldus 0,56%. Sorptsiooni katses piirkonnas RH= 0-30% oli katsekeha O niiskuse sisaldus 0,49% (suhtelise õhuniiskuse 30% juures). Veeauru läbilaskvus katteta katsekehal O oli  $W_{wp}=40,65$  (ng/msPa), veeauru läbivustegur  $\Lambda=1484$  (ng/m<sup>2</sup>sPa) veeauru takistus  $S_d=0,14$ m.

**Katsekeha (A – Akrit 7)**, sorbeeris piirkonnas RH= 0-80% niiskust 78,79–155,91 g/m<sup>2</sup> ning desorbeeris niiskust 24,45–51,31 g/m<sup>2</sup>. katsekeha A sorptsiooni ja desorptsiooni kiirused olid kõige suuremad katse esimesel tunnil. Sorptsiooni kiirus oli 1,5–4,5 g/m<sup>2</sup>h ja desorptsiooni kiirus 0,87–2,9 g/m<sup>2</sup>h. Katsekeha A oli katse lõpuks sidunud 0,73% niiskust. Desorptsiooni katse lõpuks oli katsekeha A (30% suhtelise õhuniiskuse juures) niiskuse sisaldus 0,56%. Sorptsiooni katses piirkonnas RH= 0-30% oli katsekeha A niiskuse sisaldus 0,17% (suhtelise õhuniiskuse 30% juures). Süsteemil krohv 2,5 cm + kate A on veeauru läbivustegur  $\Lambda=546$  ng/(m<sup>2</sup>sPa) ning veeauru takistus  $S_d = 0,38$  m. Veeauru takistus oli katsekehal A 2,7 korda suurem kui katsekeha O veeauru takistus.

Värv avaldas olulist mõju savikrohvi sorptsioonile, veeauru läbilaskvusele ja veeauru takistusele.

**Katsekeha (B – Akrit 2)**, sorbeeris piirkonnas RH= 0-80% niiskust 117–234 g/m<sup>2</sup> ning desorbeeris niiskust 115–173 g/m<sup>2</sup>. katsekeha B sorptsiooni ja desorptsiooni kiirused olid kõige suuremad katse esimesel tunnil. Sorptsiooni kiirus oli 7,4–17,4 g/m<sup>2</sup>h ja desorptsiooni kiirus 6,5–15,5 g/m<sup>2</sup>h. Katsekeha B oli katse lõpuks sidunud 1,16% niiskust. Desorptsiooni katse lõpuks oli katsekeha B (30% suhtelise õhuniiskuse juures) niiskuse sisaldus 0,59%. Sorptsiooni katses piirkonnas RH= 0-30% oli katsekeha B niiskuse sisaldus 0,51% (suhtelise õhuniiskuse 30% juures). Süsteemil krohv 2,5 cm + kate B veeauru läbivustegur  $\Lambda=1444$  ng/(m<sup>2</sup>sPa) ning veeauru takistus  $S_d = 0,14$  m, mis oli tinglikult võrdne katsekeha O veeauru läbivusteguri ja veeauru takistusega.

Antud pinnakatte mõju savikrohvi hügrokopsusele ja veeauru läbilaskvusele oli minimaalne. Kõige suurem erinevus sorptsioonil esines katse esimesel tunnil, kus katmata katsekeha O sorbeeris 1,3 korda kiiremini kui katsekeha B. Katse lõpuks oli katsekeha B sorbeerinud sama koguse õhuniiskust ruutmeetri kohta kui katsekeha O.

**Katsekeha (C – Kateks)**, sorbeeris piirkonnas RH= 0-80% niiskust 121–231 g/m<sup>2</sup> ning desorbeeris niiskust 111–171 g/m<sup>2</sup>. Katsekeha C sorptsiooni ja desorptsiooni kiirused olid kõige suuremad katse esimesel tunnil. Sorptsiooni kiirus oli 7,2–17,4 g/m<sup>2</sup>h ja desorptsiooni kiirus 7,4–17,1 g/m<sup>2</sup>h. Katsekeha C oli katse lõpuks sidunud 1,13% niiskust. Desorptsiooni katse lõpuks oli katsekeha C (30% suhtelise õhuniiskuse juures) niiskuse sisaldus 0,56%. Sorptsiooni katses piirkonnas RH= 0-30% oli katsekeha C niiskuse sisaldus 0,49% (suhtelise õhuniiskuse 30% juures). Süsteemil krohv 2,5 cm + kate C veeauru läbivustegur  $\Lambda=1353$  ng/(m<sup>2</sup>sPa) ning veeauru takistus  $S_d = 0,15$  m, mis oli tinglikult võrdne katsekeha O veeauru läbivusteguri ja veeauru takistusega.

Antud pinnakatte mõju savikrohvi hügrokopsusele ja veeauru läbilaskvusele oli minimaalne. Kõige suurem erinevus sorptsioonil esines katse esimesel tunnil, kus katmata katsekeha O sorbeeris 1,35 korda kiiremini kui katsekeha C. Hiljem sorptsiooni ja desorptsiooni kiirused ühtlustusid mõlemal katsekehal.

**Katsekeha (D – Niiskustõke)**, sorbeeris piirkonnas RH= 0-80% niiskust 129–172 g/m<sup>2</sup> ning desorbeeris niiskust 92 g/m<sup>2</sup>. Katsekeha D sorptsiooni ja desorptsiooni kiirused olid kõige suuremad katse esimesel tunnil. Sorptsiooni kiirus oli 2, 8–5,5 g/m<sup>2</sup>h ja desorptsiooni kiirus 1,1–3,3 g/m<sup>2</sup>h. Katsekeha D oli katse lõpuks sidunud 0,97% niiskust. Desorptsiooni katse lõpuks oli katsekeha D (30% suhtelise õhuniiskuse juures) niiskuse sisaldus 0,63%. Sorptsiooni katses piirkonnas RH= 0-30% oli katsekeha D niiskuse sisaldus 0,27% (suhtelise õhuniiskuse 30% juures). Süsteemil krohv 2,5 cm + kate D veeauru läbivustegur  $\Lambda=615$  ng/(m<sup>2</sup>sPa) ning veeauru takistus  $S_d = 0,33$  m. Veeauru takistus oli katsekehal D 2,6 korda suurem kui katsekeha O veeauru takistus.

Katsekeha D kate mõjutas savikrohvi hügrokoopseid omadusi oluliselt. Piirkonnas RH= 0-30%. Sorbeeris katsekeha D (esimesel tunnil) niiskust 4,3 korda aeglasemalt kui katsekeha O. Piisavalt pika perioodi vältel saavutaks katsekeha D võrdse niiskuse sisalduse katsekehaga O.

**Katsekeha (F – munaõlitempera)**, sorbeeris piirkonnas RH= 0-80% niiskust 118–146 g/m<sup>2</sup> ning desorbeeris niiskust 54–76 g/m<sup>2</sup>. Katsekeha F sorptsiooni ja desorptsiooni kiirused olid kõige suuremad katse esimesel tunnil. Sorptsiooni kiirus oli 2,8–6,3 g/m<sup>2</sup>h ja desorptsiooni kiirus 1,8–3,4 g/m<sup>2</sup>h. Katsekeha F oli katse lõpuks sidunud 0,83% niiskust. Desorptsiooni katse lõpuks oli katsekeha F (30% suhtelise õhuniiskuse juures) niiskuse sisaldus 0,61%. Sorptsiooni katses piirkonnas RH= 0-30% oli katsekeha F niiskuse sisaldus 0,25% (suhtelise

õhuniiskuse 30% juures). Süsteemil krohv 2,5 cm + kate F veeauru läbivustegur  $\Lambda=523 \text{ ng}/(\text{m}^2\text{sPa})$  ning veeauru takistus  $S_d = 0,40 \text{ m}$ . Veeauru takistus oli katsekehal F 2,9 korda suurem kui katsekeha O veeauru takistus.

Katsekeha F kate mõjutas savikrohvi hügrokoopseid omadusi oluliselt. Piirkonnas RH= 0-30% sorbeeris katsekeha F (esimesel tunnil) niiskust 3,7 korda aeglasemalt kui katsekeha O. Piisavalt pika perioodi vältel saavutaks katsekeha F võrdse niiskuse sisalduse katsekehaga O.

**Katsekeha (H – “Heamaja” kaseiinvärv)**, sorbeeris piirkonnas RH= 0-80% niiskust 118–239  $\text{g}/\text{m}^2$  ning desorbeeris niiskust 111–169  $\text{g}/\text{m}^2$ . Katsekeha H sorptsiooni ja desorptsiooni kiirused olid kõige suuremad katse esimesel tunnil. Sorptsiooni kiirus oli 7,0–17,3  $\text{g}/\text{m}^2\text{h}$  ja desorptsiooni kiirus 8,5–18,7  $\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ . Katsekeha H oli katse lõpuks sidunud 1,14% niiskust. Desorptsiooni katse lõpuks oli katsekeha H (30% suhtelise õhuniiskuse juures) niiskuse sisaldus 0,58% sorptsiooni katses piirkonnas RH= 0-30% oli katsekeha H niiskuse sisaldus 0,46% (suhtelise õhuniiskuse 30% juures). Süsteemil krohv 2,5 cm + kate H veeauru läbivustegur  $\Lambda=1356 \text{ ng}/(\text{m}^2\text{sPa})$  ning veeauru takistus  $S_d = 0,15 \text{ m}$  on, mis oli tinglikult võrdne katsekeha O veeauru läbivusteguri ja veeauru takistusega

Katsekeha H veeauru läbilaskvus oli tinglikult võrdne katsekeha O veeauru läbilaskvusega. Antud pinnakatte mõju savikrohvi hügrokopsusele ja veeauru läbilaskvusele oli minimaalne. Kõige suurem erinevus sorptsioonil esines katse esimesel tunnil, kus katmata katsekeha O sorbeeris 1,36 korda kiiremini kui katsekeha H. Hiljem sorptsiooni ja desorptsiooni kiirused ühtlusid mõlemal katsekehal. Kaseiinvärvi mõju savikrohvi hügrokoopsetele omadustele sarnanes värvide Akrit 2 ja “Kateks” mõjule.

**Katsekeha (G – “Heamaja” kaseiinvärv + mahult 10% linaõli)**, sorbeeris piirkonnas RH= 0-80% niiskust 121,26–220,32  $\text{g}/\text{m}^2$  ning desorbeeris niiskust 106–154  $\text{g}/\text{m}^2$ . katsekeha G sorptsiooni ja desorptsiooni kiirused olid kõige suuremad katse esimesel tunnil. Sorptsiooni kiirus oli 4,9–13,7  $\text{g}/\text{m}^2\text{h}$  ja desorptsiooni kiirus 4,4–11,8  $\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ . Katsekeha G oli katse lõpuks sidunud 1,07% niiskust. Desorptsiooni katse lõpuks oli katsekeha G (30% suhtelise õhuniiskuse juures) niiskuse sisaldus 0,56% sorptsiooni katses piirkonnas RH= 0-30% oli katsekeha G niiskuse sisaldus 0,46% (suhtelise õhuniiskuse 30% juures). Süsteemil krohv 2,5 cm + kate G veeauru läbivustegur  $\Lambda=1072 \text{ ng}/(\text{m}^2\text{sPa})$  ning veeauru takistus  $S_d = 0,19 \text{ m}$ , mis on 1,4 korda suurem katsekeha O veeauru takistusest.

Siseviimistluses sellise koostisega (kaseiinvärv + linaõli) pinnakatet ei kasutata, aga antud katses valiti selline segu, et hinnata pinnakatte määrdumise mõju savikrohvi hügroskoopsusele.

Nii-öelda “määrdunud” pinnakatte sorptsiooni kiirus langes katse esimesele tunnli 1,2–1,4 korda, desorptsioonil kiirus 1,6–2 korda võrreldes katsekehaga H, nö. “määrdumata” kaseiinvärviga. Samuti suurenes katsekeha G veeauru takistus, olles 1,3 korda suurem pinnakatte H veeauru takistuset. Pinnakatte “määrdumisel” oli märgatav mõju pinnakatte hügrokoopsetele omadustele ja veeauru läbilaskvusele.

**Katsekeha (I – pabertapeet)**, sorbeeris piirkonnas RH= 0-80% niiskust 138–236 g/m<sup>2</sup> ning desorbeeris niiskust 115–179 g/m<sup>2</sup>. Katsekeha I sorptsiooni ja desorptsiooni kiirused olid kõige suuremad katse esimesel tunnil. Sorptsiooni kiirus oli 5,7–14,3 g/m<sup>2</sup>h ja desorptsiooni kiirus 7,3–18,1 g/m<sup>2</sup>h. Katsekeha I oli katse lõpuks sidunud 1,21% niiskust. Desorptsiooni katse lõpuks oli katsekeha I (30% suhtelise õhuniiskuse juures) niiskuse sisaldus 0,62%. Sorptsiooni katses piirkonnas RH= 0-30% oli katsekeha I niiskuse sisaldus 0,50% (suhtelise õhuniiskuse 30% juures). Süsteemil krohv 2,5 cm + kate I veeauru läbivustegur  $\Lambda=1457$  ng/(m<sup>2</sup>sPa) ning veeauru takistus  $S_d = 0,14$  m, mis oli tinglikult võrdne katsekeha O veeauru läbivusteguri ja veeauru takistusega.

Antud pinnakatte mõju savikrohvi hügroskopsusele ja veeauru läbilaskvusele oli minimaalne. Kõige suurem erinevus sorptsioonil esines katse esimesel tunnil, kus katmata katsekeha O sorbeeris 1,6 korda kiiremini, desorptsiooni esimesel tunnil aga 16% aeglasemalt, kui katsekeha I. Hiljem sorptsiooni ja desorptsiooni kiirused ühtlustusid.

**Katsekeha (J – linaõli)**, sorbeeris piirkonnas RH= 0 - 80% niiskust 114–136 g/m<sup>2</sup> ning desorbeeris niiskust 60–76 g/m<sup>2</sup>. Katsekeha J sorptsiooni ja desorptsiooni kiirused olid kõige suuremad katse esimesel tunnil. Sorptsiooni kiirus oli 2,5–5,9 g/m<sup>2</sup>h ja desorptsiooni kiirus 4,8–2,1 g/m<sup>2</sup>h. Katsekeha J oli katse lõpuks sidunud 0,78% niiskust. Desorptsiooni katse lõpuks oli katsekeha J (30% suhtelise õhuniiskuse juures) niiskuse sisaldus 0,54% sorptsiooni katses piirkonnas RH= 0-30% oli katsekeha J niiskuse sisaldus 0,24% (suhtelise õhuniiskuse 30% juures). Süsteemil krohv 2,5 cm + kate J Veeauru läbivustegur  $\Lambda=430$  ng/(m<sup>2</sup>sPa) ning veeauru takistus  $S_d = 0,48$  m. Veeauru takistus oli katsekehal J 3.1 korda suurem kui katsekeha O veeauru takistus.

Katsekeha J kate mõjutas oluliselt savikrohvi hügrokoopseid omadusi ja veeauru läbivust. Piirkonnas RH= 0-30% sorbeeris katsekeha J (esimesel tunnil) niiskust 4 korda aeglasemalt

kui katsekeha O. Piisavalt pika perioodi vältel saavutaks katsekeha J katsekehaga O võrdse niiskuse sisalduse.

Katsekeha veeauru läbivustegur ( $\Lambda$ ) on otseselt seotud pinnakatte sorptsiooni omadustega. Käesolevas tööst kogutud ja analüüsitud andmete põhjal võib järeldada, et mida suurem on pinnakatte veeauru läbivustegur ( $\Lambda$ ) seda väiksemat mõju avaldab pinnakate savikrohvi hügroskoopsusele. Väikese veeauru läbivusteguriga ( $\Lambda$ ) viimistlus kiht aeglustab sorptsiooni ja desorptsiooni. Veeauru läbivus ning sorptsiooni/desorptsiooni kiirus ei avalda mõju savikrohvi niiskuse mahtuvusele.

Tabel 5.2 Veeauru läbivust iseloomustavad väärtused, pinnakatte sorptsiooni ja desorptsiooni vähendav mõju

Kate	Veeauru läbivus			Pinnakatte sorptsiooni vähendav mõju (esimesel tunnil)			Pinnakatte desorptsiooni vähendav mõju (esimesel tunnil)	
	r (m <sup>2</sup> sPa/μg)	Sd (m)	Λ (ng/m <sup>2</sup> sPa)	RH= 0-30% (g/m <sup>2</sup> h)	RH= 30-50% (g/m <sup>2</sup> h)	RH= 50-80% (g/m <sup>2</sup> h)	RH= 80-50% (g/m <sup>2</sup> h)	RH= 50-30% (g/m <sup>2</sup> h)
O	0.67	0.14	1484	0%	0%	0%	0%	0%
A	1.83	0.38	546	-82%	-86%	-66%	-88%	-92%
B	0.69	0.14	1444	-26%	-29%	-26%	-37%	-42%
C	0.74	0.15	1353	-26%	-28%	-23%	-30%	-34%
D	1.63	0.33	615	-77%	-73%	-74%	-86%	-90%
F	1.91	0.40	523	-73%	-73%	-71%	-86%	-84%
G	0.93	0.19	1072	-42%	-53%	-49%	-52%	-61%
H	0.74	0.15	1356	-26%	-33%	-26%	-24%	-24%
I	0.69	0.14	1457	-39%	-45%	-10%	-26%	-35%
J	2.33	0.48	430	-75%	-76%	-64%	-80%	-81%

Standardis toodud ja töös kasutatud niiskuse tasakaalu tingimused ei olnud piisavad, et tagada võrdne niiskuse sisaldus katsekehades mõõtmiste perioodi lõpuks. Sarnast katset tulevikus planeerides, võiks enne katse uues piirkonnas alustamist katsekehade niiskuse sisaldused olla võrdsed (niiskuse sisaldus  $\pm 0.1\%$ ). Piirkonnas RH= 30-50% saavutasid teise grupi katsekehade standardi järgse tasakaalu (katsekehade kaal kolmel järjestikusel kaalumisel ei erinenud rohkem kui 0,1%), aga sorptsiooni kiirused olid teisel grupil veel tõusvas trendis (joonis 4.6 ja 4.8).

Katsete läbiviimisel kasutades kliimakambri meetodit oli puuduseks savikrohvi kiire reaktsioon suhtelise õhuniiskuse muutusele, kõige kiirem oli sorptsioon katse esimesel tunnil. Parimate tulemuste saamiseks tuleks klimakapp paigutada reguleeritud õhuniiskuse ja

temperatuuriga ruumi või vähendada kambri ukseava, et vältida kaalumise jooksul tekkivaid võimalikke soovimatuid niiskuse kõikumisi katsekehades.

RUMED kliimakambris oli ringlev õhuvool ja kapi suhtelist õhuniiskust ja temperatuuri hoidis automaatika. Kapi eripära arvestades võib oletada, et katsekehal (A-5) tekkinud veepiisk oli seotud kliimakapi automaatika töötamise iseärasustega. Katsekehal (A-1) piirkonnas RH= 80-50% mõõdeti umbes kaks korda suurem desorptsiooni kiirus kui teistel sama kattega katsekehadel (joonis 4.20). Katsekehad asusid kliimakambris lähestikku, kliimakambri sisekliimat reguleerivate ventilaatorite ja üleliigset õhuniiskust välja viiva toru juures. Tulevikus läbiviidavate katsete puhul oleks soovitav seda kliimakambri piirkonda vältida.

Antud töö käigus kogutud andmete põhjal tuleks parimaks pinnakatte mõju näitavaks teguriks pidada sorptsiooni kiirust esimestel tundidel.

Savikrohvi kasutamine siseviimistluses ei taga piisavat kaitse õhuniiskuse kõikumiste vastu, mis on tingitud hoone vales konstruktsioonist (sh puudused ventilatsioonisüsteemis), mistõttu siseruumides valitseb pidevalt kas liigniiske või ülemäära kuiv õhk. Savikrohvi, kui puhvermaterjali, kasutamine annab parima efekti ööpäeva jooksul toimuvate ja/või lühiajaliste õhuniiskuse kõikumiste stabiliseerimisel.



## KOKKUVÖTE

Käesoleva magistritöö, “Pinnakatte mõju savikrohvi hügrokoopsusele ja veeauru läbilaskvusele”, aluseks olevad katsed teostati kasutades savikrohvist katsekehi ja kliimakabri meetodit. Kokku valmistati 53 katsekeha, millest 48 katsekeha kaeti erinevat tüüpi pinnaviimistlusmaterjaliga. Viis katsekeha jäid katmata ja olid katses kontrolliks. Hügrokoopsuse määramiseks teostati 54 kaalumist, viies erinevas piirkonnas. Veeauru läbivuse katse jooksul teostati 13 kaalumist 48 katsekehaga.

Katsed hügrokoopsuse määramiseks viidi läbi vastavalt EVS-EN ISO 12571:2013 “*Hygrothermal performance of building materials and products- Determination of hygroscopic properties (ISO 12571:2013)*” standardile kliimakabri meetodil. Veeauru läbivuse katse viidi läbi vastavalt EVS-EN 1015-19:2005 “*Kivistunud krohvimördi veeauru läbilaskuvuse määramine*” standardile.

Magistritöö kogutud andmete põhjal on võimalik teha järgmiseid tähelepanekuid ja järeldusi.

1. Vesialuselised akrüülvärvid võivad olla erinevate omadustega. Akrit 7 ja Akrit 2 osas klapiivad tulemused ka tootja kasutussoovitustega. Nimelt sobib Akrit 7 tootja kodulehe andmetel kasutamiseks ka kõrgendatud niiskusega ruumides, kuid Akrit 2 puhul on kasutusala märgitud ainult kuivad ruumid (Eskaro online tootekataloog, 2017).
  - a. Akrit 7 pole sobiv värv savikrohvi katmiseks, kui on soov säilitada savikrohvi hügrokoopseid omadused. Pinnakate mõjutab sorptsiooni kiirust esimestel tundidel -66% kuni -82% desorptsiooni kiirust -88% kuni -92%.
  - b. Akrit 2 Katab savipinda hästi, on tootja andmetel pestav ning säilitab suures ulatuses savi hügrokoopseid omadusi. Väendab savikrohvi sorptsiooni kiirust esimesel tunnil -26% kuni -29% desorptsiooni kiirust -37% kuni -42%.
2. Värv “Kateks” sobib savikrohvist pinna värvimiseks, kui soov on säilitada värvitava savikrohvi sorptsiooni omadusi. Mõju savikrohvi sorptsiooni kiirusele -23% kuni -28% desorptsiooni kiirusele -37% kuni -42%.
3. Niiskustõke kattena oli teise grupi katsekehade hulgast kõige suurema sorptsiooni ja desorptsiooni võimega ja mõjutas olulisel määral savikrohvi sorptsiooni. Mõju sorptsiooni kiirusele -73% kuni -77% desorptsiooni kiirusele -86% kuni -90%. Teda pole soovitatav viimistluseks või nakke parandamiseks kasutada, kui on vaja säilitada savi hügrokoopseid omadusi.

4. Munaõlitempera on väga hea niiskustõket pakkuv pinnakate. Munaõlitempera mõjutas olulisel määral savikrohvi hügrokoopseid omadusi. Mõju sorptsiooni kiirusele -71% kuni -73% desorptsiooni kiirusele -84% kuni -86%.
5. Kaseiinvärvi “Heamaja”, millele oli lisatud mahult 10% linaõli, kasutati selleks, et välja tuua “määrduvad” pinnakatte mõju savikrohvi hügrokoopsele. Katsetulemused näitasid, et savikrohvi hügrokoopse säilitamiseks tuleb viimistletud pind hoida võimalikult puhas (rasvavaba).
6. “Heamaja” kaseiinvärv ei mõjutanud olulisel määral savikrohvi hügrokoopseid omadusi. Mõju sorptsiooni kiirusele -26% kuni -33% desorptsiooni kiirusele -24%.
7. Savikrohvi hügrokoopseid omadusi pabertapeediga viimistlemine olulisel määral ei mõjutanud. Mõju sorptsiooni kiirusele -10% kuni -45% desorptsiooni kiirusele -26% kuni -35%. Huvitav oleks uurida tapeediliimi mõju savikrohvi taaskasutuse seisukohast. Savikrohvi katmine pabertapeediga on soovitatav juhul, kui on vaja säilitada savi hügrokoopseid omadusi.
8. Linaõli, kui viimistlusmaterjal, ei ole krohvide viimistlemiseks laialt kasutatav. Katse käigus selgus, et linaõli mõju sorptsioonile oli märkimisväärne. Mõju sorptsiooni kiirusele -64% kuni -75% desorptsiooni kiirusele -80% kuni -81%.
9. Vesiemulsioonvärvid ei mõjutanud oluliselt savikrohvi hügrokoopseid omadusi. Võrreldes “Heamaja” kaseiinvärvi katvusvõimega olid Akrit 2 ja “Kateks” tunduvalt parema katvusega. Ükski neist kolmest pinnakattest ei vähendanud oluliselt savikrohvi hügrokoopseid (mõju sorptsiooni kiirusele -23% kuni -33% desorptsiooni kiirusele -24% kuni -42%) ega veeauru läbilaskvust.
10. Edaspidiste katsete planeerimisel võiks sorptsiooni ja desorptsiooni uurimisel kaalumiste intervalle muuta järgmiselt. Esimene mõõtepunkt võiks olla tund peale katse alustamist järgmised neli mõõtimist võiks toimuda kolme tunniste intervallidega. Edasi võiks teostada ühe mõõtmise kahtetistkümnepäevase perioodi järel. Ning sealt jätkata kaalumisi iga 24 tunni tagant, kuni kõik katsekehad on saavutanud taasakaalu niiskuse sisalduse järgi.
11. Antud katsete käigus ei kasutatud toonitud värve. Katset võiks korrata ühe või kahe pinnakattega erinevates toonides, et selgitada välja erinevate pigmentide võimalik mõju savikrohvi hügrokoopsele.
12. Tulevikku silmas pidades oleks huvitav uurida, kas puhvermaterjale (nt savikrohv) siseviimistluses kasutades on võimalik vähendada sisekliimat reguleeriva automaatika töötunde ja energiakulu.

Kogutud andmed ja arvutused näitavad, et kiirel õhuniikuse muutumisel 30% võrra avaldavad pinnakatted savikrohvi sorptsiooni omadustele mõju, mis on omakorda korrelatsioonis katsekehade veeauru läbivusega. Pinnakatetel oli vähendav mõju sorptsiooni kiirusele, näiteks esimesel tunnil oli mõju -26% kuni -82% ja desorptsiooni kiirusele -24% kuni -92%.

Tulemuste põhjal ei ole võimalik teha üldistusi kõikide analoogiliste pinnakatete kohta. Tulevikus oleks huvitav võrdlusena uurida siseviimistluses kasutatavate, kindlaks määratud omadustega viimistlusmaterjalide hügroskoopsust ja veeauru läbilaskvust pinnakatetega, mida kasutati antud töös.

## KASUTATUD KIRJANDUS

Arold, I., Raukas, A., Viiding, H. (1987). Geoloogia alused. Tallinn: Valgus.

Arundel, A. V., Sterling, E. M., Biggin, J. H., Sterling, T. D. (1986). Indirect Health Effects of Relative Humidity in Indoor Environments. – *Environmental Health Perspectives*, 65, 351-361.

Andersen, B., Frisvad, J. C., Sondergaard, I., Rasmussen, I. S., Larsen, L. S. (2011). Associations between Fungal Species and Water-Damaged Building materials. – *Applied and Environmental Microbiology*, 77 (12), 4180-4188.

Bech-Andersen, J. (2005). Sisekliima ja hallitusseened. Tartu: Eesti Mükoloogia Uuringutekeskus SA. (Tõlgitud taani keelest: Bech-Andersen, J. (2004) Indoor Climate and Moulds. 2nd Edition Hussvamp Laboratoriet Publishers Vejdammen 28 DK-2840 Gl. Holte Denmark)

Building Mycology Management of decay and health in buildings (1994). / ed. J. Singh, Taylor & Francis 1994 (This edition published in the Taylor & Francis e-Library, 2005.)

Börlau, K. (1938). Hoonete ehituskonstruksioone. Tallinn: J. Roosileht & Ko.

Christian, J. E. (1994). Moisture control in buildings. Chapter 8: American Society for Testing and Materials (ASTM), Trechsel, H.R. editing. (refereerinud Yang, 2010)

Eluruumidele esitatavate nõuete kinnitamine (Vastu võetud 26.01.1999, redaktsiooni jõustumise kp: 04.02.2005). – Elektrooniline Riigi Teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/846015> (23.05.2017).

Eesti Keele Instituudi terminibaas (ESTERM) [WWW]

<http://termin.eki.ee/mt/esterm/concept.asp?conceptID=22236&term=krohv>. (23.05.2017).

Eskaro online tootekataloog, 2017 [WWW]

<http://eskaro.ee/products/catalog1/paints/> (22.05.2017)

EV- EN 1015-19: 2005. Müürimörtide katsemeetodid osa 19: Kivistunud krohvimördi veeauru läbilaskvuse määramine. s.l.: Eesti Standardikeskus.

EVS-EN ISO 12570:2000. Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of moisture content by drying at elevated temperature. s.l.: Eesti Standardikeskus.

EVS-EN ISO 12571:2013. Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of hygroscopic sorption properties (ISO 12571:2013). s.l.: Eesti Standardikeskus.

EVS-EN ISO 13788:2012. Hygrothermal performance of building components and building elements- Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation- Calculation methods (ISO 13788:2012). s.l.: Eesti Standardikeskus.

Guggenheim, S. and Martin, R. T. (1995). Definition of clay and clay mineral: joint report of the aipea nomenclature and CMS nomenclature committees. – *Clays and Clay Minerals*. 43 (2), 255-256.

Hoone ruumide sisekliima. [WWW]

<http://www.property24.ee/?lang=est&m1=4&m2=58&m3=118> (07. 01. 2017).

Houben, H., Guillaud, H. (1984). *Earth Construction Primer*. Brussels, Belgium. (refereeritud Minke 2006)

Kaila, P. (1999). *Majatohter I osa*. Tallinn: Ehitame.

Kaila, P. (1999). *Majatohter III osa*. Tallinn: Ehitame.

Kaila, P. (1999). *Majatohter IV osa*. Tallinn: Ehitame.

Kaila, P. (1999). *Majatohter V osa*. Tallinn: Ehitaja.

Kaila, P. (1999). *Majatohter VI osa*. Tallinn: Ehitaja.

Kalamees, T. (2004). Niiskus puitkarkasspiiretes [WWW]

[http://www.puuinfo.ee/artiklid/pdf/puuinfo\\_2005\\_1/Targo\\_Kalamees\\_Niiskus\\_puitkarkasspiiretes.pdf](http://www.puuinfo.ee/artiklid/pdf/puuinfo_2005_1/Targo_Kalamees_Niiskus_puitkarkasspiiretes.pdf) (23.05.2017).

Kalamees, T. Konspekt täiendavaks lugemiseks. [WWW]

[http://www.teaduspark.ee/UserFiles/Projektid/empower/Konspekt%20t%C3%A4iendavaks%20lugemiseks\\_Targo%20Kalamees.](http://www.teaduspark.ee/UserFiles/Projektid/empower/Konspekt%20t%C3%A4iendavaks%20lugemiseks_Targo%20Kalamees.) (23.052017).

Latif, E., Lawrence, M., Shea, A., Walker, P. (2015). Moisture Buffer potential of experimental wall assemblies incorporating formulated hemp-lim. – *Building and Environment*, 93, 199-209.

- Liias, R. (2011). Riigi hoonestatud kinnisvara kasutamismatiivide väljatöötamine. Hoone kvaliteedinorm: Lõpparuanne riigihanke (registreerimisnumber: 119479) osale III. Tallinn, Tallinna Tehnikaülikooli Ehitusteaduskond.
- Maripuu, A. (1989). Kodu oma kätega. Tallinn: Valgus.
- Masso, T. (1990). Väikemajad: Tallinn: Valgus.
- Masso, T. (2010). Ehituskonstruktori käsiraamat: Tallinn: Ehitame.
- McGregor, F., Heath, A., Shea, A., Lawrance, M. (2014). The moisture buffering capacity of unfired clay masonry. – *Building and Environment*, 82, 599-607.
- Mendell, M. J., Mirer, A. G., Cheung, K., Tong, M., Douwes, J. (2011). Respiratory and Allergic Health Effects of Dampness, Mold, and Dampness-Related Agents: A Review of the Epidemiologic Evidence. – *Environmental Health Perspectives*, 119 (6), 748-756.
- Mikola, A. (2014). Kortermajade sisekliima ja ventilatsioon. s.l.: TTÜ kortermajade ventilatsiooniuuringud, 2014. a.
- Mikola, A. (2014). Tartu korteriühitute liit. www.tarkyl.ee. [Võrgumaterjal] 2014. a. [Tsiteeritud: 14. Mai 2017. a.] [http://www.tarkyl.ee/wp-content/uploads/2014/04/Uuringu\\_ettekanne\\_Alo\\_Mikola.pdf](http://www.tarkyl.ee/wp-content/uploads/2014/04/Uuringu_ettekanne_Alo_Mikola.pdf).
- Minke, G. (2006). Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture. Basel-Berlin-Boston: Birkhäuser - Publishers for Architecture.
- Mudarri, D. H. (2016). Valuing the Economic Cost of Allergic Rhinitis, Acute Bronchitis, and Asthma from Exposure to Indoor Dampness and mold in the US. – *Journal of Environmental and Public Health*, 2016, 1-12.
- Padfield, T. (1998). The role of absorbent building materials in moderating changes of relative humidity: PhD thesis. Department of Structural Engineering and Materials. The University of Denmark.
- Padfield, T., Jensen, L. A. (2011). Humidity buffering of building interiors by absorbent materials. – *Proceedings of the 9th Nordic Symposium on Building Physics, Tampere, Finland May 2011*, 475 - 482.
- Padfield, T. Humidity buffering by absorbent materials in walls. [WWW] <http://www.conservationphysics.org/wallbuff/wallbuff.php> (14.05.2017).

Pikk, P., Uiga J., Pikk, T. (2012). Tartu linna hoonete energiatarbimise ja sisekliima uuringu teine etapp. Sisekliima mõõtmised Tartu linna haldushoonetes. Tartu, Taastuvate tehnoloogiate Labor, EMÜ Tehnikainstituut.

Puna, P (2011) Eesti savi sobivus krohviks (lühikokkuvõte) [WWW] <http://okomaja.ee/wp-content/uploads/2011/03/Eesti-savi-sobivus-krohviks.pdf> (14.04.2017).

Rahim, M., Douzane, O., Tran Le, A. D., Promis, G., Laidoudi, B., Crigni, A. (2015). Characterization of flax lime and hemp lime concretes: Hygric properties and moisture buffer capacity. – *Energy and Buildings*, 88, 91-99.

Ruus, A., Peetsalu, P., Tohvri, E., Lepasaar, T., Kirsti, K., Muoni, H., Resev, J., Tungel E., Kabanen, T. (2011). Water vapour transmission properties of natural paints. – *Agronomy Reasearch. Biosystem Engeneering Spesial Issue*, 2011, 1, 197-201.

Satio, H. (2005). Review of researches regarding moisture sources in Japan. – *Paper to International Energy Agency (IEA), Energy Conservation in Buildings and Community 196 Systems (ECBCS) Annex 41 working meeting (BRI May 2005 Paper A41-T3-J-05-5), Montreal, May 16-18.* (refereerinud Yang 2010).

Simonson, C. J., Salonvaara, M., Ojanen, T. (2002). The effect of structures on indoor humidity - possibility to improve comfort and percived air quality. – *Indoor Air*, 12, 243-251.

Svennberg, K. (2003). Determination of Moisture Properites for Materials Exposed to Indoor Air: Licentiate thesis. Lund Deparment of Building Physics, Lund Technical Institute.

Svennberg, K. (2006). Moisture Buffering in the Indoors Environment: PhD thesis. Building Physics LTE, Lund University.

Tenwolde, A. and Walker, L.S. (2001). Interior moisture design loads for residences. – *Conference Proceeding of Performance of Exterior Envelope of Whole Buildings, VIII*, [CD-ROM], Clearwater, Florida, December 2-7. (refereerinud Yang, 2010)

Topçuoğlu, Ö. (2004). Sorption and transport of water vapour in acrylic paints: MSci. thesis. Izmir, Izmir Institute of Technology, Turkey.

Vares, O. (2012). Savikrohvi niiskustehniliste nätajate määramine: pinnakatete mõju sorptsioonile ja veearu läbilaskvusele: magistritöö. Tartu, TTÜ Tartu Kolledž.

Viilup, A. (2012). [WWW]

[https://bauroc.ee/uploads/sites/2/2012/03/em\\_y\\_ants\\_viilup\\_06.03.2012.pdf](https://bauroc.ee/uploads/sites/2/2012/03/em_y_ants_viilup_06.03.2012.pdf). <https://bauroc.ee>.

[Võrgumaterjal] 3. june 2012. a. (Tsiteeritud: 12. 05. 2017.)

Weismantel G.E, (1981). Paint Handbook. New-York: McGraw-Hill, Inc., Newyork.  
(refereerinud Topçuolu, 2004)

Topçuolu, Ö. (2004). Sorption and transport of water vapour in acrylic paints: MSci. thesis.  
Izmir, Turkey, Izmir Institute of Technology.

Yang, X. (2010). Investigation on moisture buffering of hygroscopic materials by full-scale  
experiments and HAM simulations: PhD thesis. Montreal, Quebec, Canada, Concordia  
University.



**LISAD**



Tabel L.1.2 Kaalumistulemused piirkonnas RH= 30-50%

(h)	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	144
KEHA	kaal(g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)
0-1	379.908	379.991	380.017	380.043	380.142	380.287	380.491	380.710	380.795	380.833	380.863
0-2	371.877	371.959	371.987	372.013	372.109	372.249	372.448	372.660	372.741	372.774	372.799
0-3	381.187	381.271	381.296	381.321	381.412	381.554	381.749	381.953	382.029	382.056	382.085
0-4	368.727	368.805	368.832	368.857	368.947	369.084	369.265	369.459	369.529	369.555	369.576
0-5	366.427	366.507	366.530	366.553	366.644	366.785	366.972	367.160	367.229	367.261	367.381
A-1	368.661	368.680	368.704	368.725	368.781	368.907	369.071	369.249	369.521	369.628	369.811
A-2	370.044	370.055	370.062	370.070	370.087	370.140	370.229	370.397	370.553	370.703	370.965
A-3	374.032	374.040	374.042	374.053	374.065	374.103	374.172	374.309	374.436	374.562	374.779
A-4	380.290	380.296	380.300	380.310	380.321	380.363	380.439	380.582	380.719	380.853	381.090
A-5	378.290	378.304	378.310	378.319	378.335	378.385	378.475	378.652	378.804	378.952	379.186
B-1	380.529	380.591	380.619	380.639	380.725	380.869	381.073	381.324	381.425	381.479	381.514
B-2	383.868	383.927	383.954	383.977	384.067	384.206	384.411	384.658	384.765	384.821	384.857
B-3	379.220	379.274	379.298	379.323	379.400	379.532	379.718	379.932	380.035	380.086	380.121
B-4	376.136	376.194	376.221	376.243	376.328	376.468	376.666	376.890	376.997	377.047	377.091
B-5	365.876	365.932	365.960	365.979	366.065	366.201	366.387	366.619	366.713	366.772	366.806
C-1	370.017	370.070	370.093	370.108	370.192	370.322	370.500	370.707	370.791	370.835	370.875
C-2	382.146	382.206	382.224	382.254	382.331	382.468	382.658	382.891	382.994	383.048	383.091
C-3	381.473	381.535	381.553	381.578	381.662	381.800	381.993	382.213	382.311	382.360	382.400
C-4	380.778	380.840	380.860	380.886	380.968	381.106	381.310	381.553	381.662	381.725	381.769
C-5	365.647	365.705	365.727	365.752	365.830	365.970	366.158	366.390	366.492	366.548	366.586
D-1	372.383	372.396	372.390	372.399	372.435	372.505	372.645	372.899	373.119	373.313	373.593
D-2	374.478	374.491	374.509	374.524	374.581	374.688	374.890	375.204	375.444	375.605	375.808
D-3	383.722	383.782	383.799	383.809	383.855	383.951	384.125	384.393	384.643	384.843	385.127
D-4	381.550	381.555	381.571	381.580	381.618	381.693	381.845	382.133	382.356	382.553	382.842
D-5	373.907	373.925	373.938	373.944	373.972	374.045	374.183	374.439	374.663	374.874	375.172
F-1	378.171	378.191	378.205	378.216	378.257	378.345	378.490	378.744	378.943	379.103	379.330
F-2	380.953	380.973	380.977	381.002	381.016	381.087	381.206	381.426	381.617	381.780	382.034
F-3	381.937	381.962	381.968	381.976	382.013	382.086	382.215	382.447	382.641	382.800	383.038
F-4	379.549	379.570	379.573	379.581	379.615	379.680	379.798	380.014	380.195	380.353	380.591
F-5	379.212	379.234	379.238	379.247	379.278	379.349	379.460	379.679	379.864	380.030	380.295
G-1	377.793	377.820	377.849	377.837	377.932	378.055	378.230	378.451	378.569	378.638	378.693
G-2	383.054	383.102	383.124	383.145	383.223	383.352	383.540	383.752	383.850	383.900	383.938
G-3	386.422	386.466	386.492	386.512	386.586	386.722	386.914	387.138	387.254	387.308	387.361
G-4	380.023	380.058	380.077	380.097	380.165	380.287	380.477	380.736	380.887	380.979	381.065
G-5	378.873	378.911	378.928	378.946	379.017	379.144	379.329	379.574	379.716	379.798	379.870
H-1	378.579	378.632	378.652	378.675	378.759	378.879	379.065	379.276	379.370	379.417	379.460
H-2	379.292	379.354	379.380	379.404	379.492	379.635	379.836	380.062	380.158	380.210	380.250
H-3	378.706	378.766	378.791	378.818	378.899	379.040	379.229	379.444	379.535	379.584	379.623
H-4	371.393	371.436	371.460	371.490	371.576	371.718	371.912	372.130	372.223	372.270	372.309
H-5	381.537	381.592	381.619	381.647	381.733	381.875	382.075	382.311	382.416	382.472	382.517
I-1	378.593	378.638	378.666	378.695	378.768	378.911	379.129	379.402	379.541	379.622	379.682
I-2	380.413	380.467	380.496	380.521	380.601	380.751	380.967	381.224	381.347	381.419	381.467
I-3	377.132	377.172	377.194	377.219	377.288	377.424	377.644	377.950	378.126	378.226	378.319
I-4	367.204	367.247	367.272	367.296	367.368	367.502	367.721	368.004	368.152	368.236	368.303
I-5	373.415	373.456	373.480	373.503	373.574	373.704	373.907	374.152	374.274	374.338	374.392
J-1	375.170	375.188	375.195	375.209	375.235	375.312	375.429	375.636	375.809	375.946	376.167
J-2	361.063	361.082	361.091	361.104	361.133	361.208	361.318	361.517	361.681	361.819	362.015
J-3	376.353	376.375	376.386	376.403	376.439	376.518	376.649	376.874	377.051	377.197	377.371
Kaalumise	algus	10:00	11:00	12:00	15:00	21:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00
	lõpp	10:16	11:17	12:15	15:15	21:13	9:13	9:12	9:13	9:13	9:12
Toa temperatuur	algus	23.5	24	24	24.5	24	23.5	23	23	23	23
	lõpp	23.5	24	24	24.5	24	23.5	23	23	23	23
Kapi temperatuur	algus	23	22.9	30.1	22.9	23	23	22.9	23	23	23
	lõpp	23	22.9	22.8	22.9	22	22.9	25.6	22.8	22.9	22.9
Kapi rH	algus	30	30.1	29.9	30.1	30.2	30.3	30.4	30.1	29.7	29.8
	Lõpp	26.7	28.1	28.7	29.1	31.4	25.8	25.6	27.1	27.6	27.9
Kuupäev	2/26/2015	2/26/2015	2/26/2015	2/26/2015	2/26/2015	2/26/2015	2/27/2015	2/28/2015	2/1/2015	2/2/2015	2/3/2015

Tabel L. 1.3 Kaalumistulemused piirkonnas RH= 50-80%

(h)	0	1	2	3	6	12	24	48	72	96	120
KEHA	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)	kaal (g)
O-1	380.863	380.987	381.012	381.041	381.224	381.480	381.841	382.222	382.390	382.473	-
O-2	372.799	372.922	372.944	372.977	373.154	373.406	373.760	374.133	374.294	374.370	-
O-3	382.085	382.216	382.239	382.268	382.445	382.693	383.040	383.413	383.576	383.663	-
O-4	369.576	369.701	369.724	369.754	369.926	370.172	370.516	370.868	371.021	371.100	-
O-5	367.381	367.401	367.425	367.456	367.631	367.879	368.225	368.588	368.740	368.822	-
A-1	369.811	369.847	369.859	369.875	369.935	370.077	370.259	370.585	370.841	371.030	-
A-2	370.965	370.991	371.002	371.015	371.068	371.168	371.355	371.708	372.010	372.274	-
A-3	374.779	374.802	374.811	374.826	374.866	374.950	375.108	375.407	375.676	375.914	-
A-4	381.090	381.131	381.125	381.139	381.183	381.273	381.436	381.751	382.036	382.290	-
A-5	379.186	379.238	379.248	379.261	379.303	379.401	379.569	379.885	380.172	380.448	-
B-1	381.514	381.595	381.623	381.647	381.795	382.015	382.355	382.762	382.965	383.082	-
B-2	384.857	384.937	384.969	384.993	385.150	385.382	385.745	386.150	386.344	386.450	-
B-3	380.121	380.197	380.229	380.254	380.396	380.618	380.948	381.339	381.535	381.639	-
B-4	377.091	377.166	377.195	377.221	377.373	377.600	377.946	378.341	378.530	378.632	-
B-5	366.806	366.880	366.907	366.931	367.083	367.309	367.644	368.038	368.218	368.321	-
C-1	370.875	370.956	370.982	371.004	371.159	371.381	371.703	372.077	372.253	372.349	-
C-2	383.091	383.173	383.202	383.221	383.374	383.599	383.927	384.316	384.510	384.610	-
C-3	382.400	382.481	382.510	382.534	382.693	382.929	383.266	383.650	383.839	383.934	-
C-4	381.769	381.849	381.880	381.901	382.063	382.295	382.630	383.025	383.223	383.329	-
C-5	366.586	366.667	366.695	366.715	366.869	367.096	367.425	367.808	367.995	368.092	-
D-1	373.593	373.619	373.626	373.644	373.700	373.808	374.013	374.357	374.630	374.842	-
D-2	375.808	375.835	375.845	375.870	375.951	376.109	376.405	376.829	377.104	377.276	-
D-3	385.127	385.157	385.165	385.186	385.248	385.381	385.615	385.998	386.289	386.504	-
D-4	382.842	382.867	382.874	382.896	382.952	383.070	383.286	383.651	383.941	384.169	-
D-5	375.172	375.200	375.206	375.227	375.281	375.394	375.605	375.968	376.268	376.504	-
F-1	379.330	379.364	379.374	379.387	379.447	379.551	379.743	380.078	380.330	380.530	-
F-2	382.034	382.062	382.066	382.087	382.141	382.233	382.411	382.708	382.963	383.169	-
F-3	383.038	383.067	383.080	383.092	383.149	383.247	383.435	383.752	384.008	384.210	-
F-4	380.591	380.620	380.633	380.643	380.695	380.784	380.948	381.240	381.480	381.684	-
F-5	380.295	380.325	380.335	380.349	380.400	380.490	380.671	380.977	381.234	381.447	-
G-1	378.693	378.740	378.762	378.779	378.893	379.077	379.361	379.729	379.949	380.073	-
G-2	383.938	384.004	384.026	384.050	384.193	384.405	384.722	385.102	385.299	385.404	-
G-3	387.361	387.420	387.445	387.446	387.601	387.812	388.127	388.516	388.727	388.845	-
G-4	381.065	381.113	381.133	381.150	381.261	381.432	381.710	382.084	382.323	382.466	-
G-5	379.870	379.919	379.940	379.955	380.063	380.216	380.494	380.860	381.088	381.226	-
H-1	379.460	379.531	379.555	379.582	379.733	379.965	380.284	380.661	380.837	380.930	-
H-2	380.250	380.329	380.362	380.390	380.555	380.803	381.138	381.528	381.703	381.793	-
H-3	379.587	379.663	379.699	379.718	379.886	380.127	380.455	380.838	381.013	381.103	-
H-4	372.309	372.392	372.420	372.447	372.610	372.851	373.179	373.561	373.738	373.826	-
H-5	382.517	382.593	382.623	382.646	382.806	383.046	383.372	383.764	383.944	384.040	-
I-1	379.682	379.770	379.807	379.823	380.011	380.277	380.653	381.066	381.242	381.335	-
I-2	381.467	381.572	381.608	381.639	381.831	382.093	382.456	382.866	383.040	383.131	-
I-3	378.319	378.412	378.452	378.487	378.681	378.948	379.321	379.735	379.911	380.002	-
I-4	368.303	368.394	368.430	368.463	368.650	368.907	369.275	369.676	369.845	369.928	-
I-5	374.392	374.484	374.516	374.548	374.733	374.986	375.338	375.731	375.897	375.966	-
J-1	376.096	376.123	376.139	376.148	376.221	376.316	376.488	376.765	376.981	377.158	-
J-2	362.015	362.045	362.064	362.073	362.132	362.227	362.391	362.660	362.869	363.040	-
J-3	377.321	377.378	377.364	377.374	377.430	377.581	377.761	378.054	378.275	378.450	-
Kaalumise	algus	10:00	11:00	12:00	15:00	21:00	9:00	9:00	9:00	9:00	-
	lõpp	10:12	11:13	12:12	15:13	21:11	9:12	9:11	9:11	9:11	-
Toa temperatuur	algus	24	24	24	24	24	23	23	23	23	-
	lõpp	24	24	24	24	24	23	23	23	23	-
Kapi temperatuur	algus	22.9	23	23	23	22.9	22.9	22.9	23.2	23.1	-
	lõpp	22.4	22.6	22.7	22.8	22.1	21.7	22.9	21.1	21.2	-
Kapi rH	algus	79.5	80	79.7	79.6	80.3	79.4	80.2	80.3	79.9	-
	lõpp	34.4	37.9	36.3	42.8	45.1	32.7	32.2	31.6	25.9	-
Kuupäev	3/9/2015	3/9/2015	3/9/2015	3/9/2015	3/9/2015	3/9/2015	3/10/2015	3/11/2015	3/12/2015	3/13/2015	3/14/2015







## Lisa 2. Katsekehade mõõtmistulemused

Tabel L. 2.1 Katsekehade keskmised paksused

Keha	Paksuse mõõt 1 (mm)	Paksuse mõõt 2 (mm)	Paksuse mõõt 3 (mm)	Keskmine paksuse mõõt (mm)
A-1	23.0	25.1	24.4	24.2
A-2	25.2	24.8	23.5	24.5
A-3	25.0	25.5	24.3	24.9
A-4	24.8	24.1	24.6	24.5
A-5	24.6	24.5	25.0	24.7
B-1	24.8	24.3	25.2	24.8
B-2	24.9	25.3	24.8	25.0
B-3	25.3	25.1	25.1	25.2
B-4	24.8	24.0	25.4	24.7
B-5	23.9	23.5	23.8	23.7
C-1	24.0	25.0	24.3	24.4
C-2	25.0	25.9	24.5	25.1
C-3	25.9	25.5	25.1	25.5
C-4	25.0	25.3	24.3	24.9
C-5	24.3	23.7	24.2	24.1
D-1	25.5	26.0	24.5	25.3
D-2	24.6	24.5	25.0	24.7
D-3	25.7	25.1	24.3	25.0
D-4	24.4	25.5	25.8	25.2
D-5	24.5	24.5	24.8	24.6
E-1	25.8	25.0	25.3	25.4
E-2	23.9	24.5	24.0	24.1
E-3	25.0	24.9	24.8	24.9
E-4	24.5	25.0	24.2	24.6
E-5	26.0	25.0	24.5	25.2
F-1	24.3	25.0	24.8	24.7
F-2	25.1	25.1	24.0	24.7
F-3	25.8	24.9	24.9	25.2
F-4	25.2	24.5	24.7	24.8
F-5	24.7	25.1	24.8	24.9
G-1	25.0	24.7	25.1	24.9
G-2	25.4	25.3	25.0	25.2
G-3	25.5	26.1	24.5	25.4
G-4	24.9	24.9	24.3	24.7
G-5	24.2	25.0	24.5	24.6
H-1	25.0	25.2	24.7	25.0
H-2	24.2	24.6	24.6	24.5
H-3	24.9	25.1	24.5	24.8
H-4	24.6	24.9	24.0	24.5
H-5	24.5	24.5	24.8	24.6
I-1	24.0	24.5	24.5	24.3
I-2	24.5	25.4	24.5	24.8
I-3	24.8	24.9	24.5	24.7
I-4	24.0	24.3	23.4	23.9
I-5	24.8	25.2	24.8	24.9
J-1	24.3	25.0	24.5	24.6
J-2	24.0	24.0	23.9	24.0
J-3	24.2	23.8	24.0	24.0
Keskmine	-	-	-	24.7