

**VIIMISTLUSKIHI MÕJU PABERKROHVI
NIISKUSTEHNILISTELE OMADUSTELE**

**THE EFFECT OF DIFFERENT FINISHING TO
HYGROTHERMAL PROPERTIES OF PAPER PLASTER**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Ester Hainsalu

Üliõpilaskood: EAKI110537

Juhendaja: Nele Nutt

Tartu 2021

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneriplomit taotletud.

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

"....." 202.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"....." 202.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."202... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina _____ (autori nimi) (sünnikuupäev:)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

_____ ,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on

_____ ,

(juhendaja nimi)

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.

_____ (allkiri)

_____ (kuupäev)

Tartu kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Ester Hainsalu EAKI110537
Õppekava, peeriala: EAKI02/10Tartu - Hoonete sisekliima ja veetehnika
Juhendaja(d): Nele Nutt, vanemlektor, +372 62 04 808

Lõputöö teema:

(eesti keeles) *Viimistlusekihi mõju paberkrohvi niiskustehnilistele omadustele*
(inglise keeles) The effect of different finishing to hygrothermal properties of paper plaster

Lõputöö põhieesmärgid:

1. valmistada paberkrohvist katsekehad ning viimistleda need erinevate viimistluskihtidega
2. määrata erinevate viimistluskihtidega paberkrohvist katsekehade niiskuspuhverdusvõime
3. määrata erinevate viimistluskihtidega paberkrohvist katsekehade veeauru läbilaskvus

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Erialase kirjandusega tutvumine ja uuringu planeerimine	02.02.2020
2.	Paberkrohvist katsekehade valmistamine	23.02.2020/ 23.03.2021
3.	Viimistluseks kasutatavate värvide valmistamine ja hankimine ning katsekehade värvimine	28.02.2020/ 28.03.2021
4.	Niiskuspuhverdusvõime katse läbiviimine ja tulemuste analüüs	13.03.2020
5.	Veeauru läbilaskvuse katse läbiviimine ja tulemuste analüüs	05.04.2021

Töö keel: eesti **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "24" mai 2021a

Üliõpilane: Ester Hainsalu ".....".....202....a
/allkiri/

Juhendaja: Nele Nutt ".....".....202....a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

SISUKORD.....	5
SISSEJUHATUS	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	7
1.1 Hoonete sisekliima	7
1.2 Sisekliima mõju inimesele	8
1.3 Hoone sisekliima parandamine	9
1.4 Paberi ajaloost	9
1.5 Paberi taaskasutamine ja ümbertöötlemine	12
1.6 Paberkrohv	14
1.7 Värvid	15
1.8 Looduslikud värvid	16
1.7.1 Kohupiima- ehk kaseiinvärv	17
1.7.2 Linaõlivärv	19
1.7.3 Munaõlitempera.....	20
1.7.4 Savivärv	20
1.9 Akrülaatvärv ehk lateksvärv	21
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	23
3. MATERJAL JA METOODIKA	24
3.1 Materjal.....	24
3.2 Pinnakate	24
3.3 Meetodika.....	29
3.3.1 Niiskuspuhverdusvõime määramine NORDTEST meetodiga	29
3.3.2 Cup method (märja anuma meetod)	31
3.3.3 Seadmed	33
4. TULEMUSED	36
4.1 Niiskuspuhverdusvõime	36
4.2 Veeauru läbilaskvus.....	38
5. ARUTELU	43
KOKKUVÕTE	46
SUMMARY.....	48
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	50
LISAD	54

SISSEJUHATUS

Tänapäeval veedavad inimesed suure osa oma ajast siseruumides, mistõttu on sealse õhu kvaliteedil suur mõju meie tervisele. Siseõhu kvaliteeti mõjutab sisekliima – õhutemperatuur, suhteline õhuniiskus ja süsinikdioksiidi (CO₂) sisaldus. Kõige olulisemaks sisekliima parameetrikaks peetakse ruumi õhutemperatuuri, kuid sama oluline on ka suhteline õhuniiskus.

Ruumi suhteline õhuniiskus mõjutab suurel määral hoone piirete seisundit ja soojusjuhtivust. Standard näeb ette, et ruumi suhteline õhuniiskus peab olema selline, mis ei kahjustaks ruumis viibivate elusolendite tervist, väldib veeauru kondenseerumist piirtele, ei tekita niiskuskahjustusi ega mikroorganismide kasvu ning rahuldab tehnoloogilistele protsessidele esitatud nõudeid.

Niiskem õhk soodustab madala õhutemperatuuri korral organismi ülejahtumist (külmetumist), kõrge temperatuuri puhul aga ülesoojenemist (kuumarabandust), sest niiske õhk on suurema soojusmahtuvusega ja juhib seeläbi paremini soojust ning ei soodusta vee aurustumist keha pinnalt. Elusorganismid taluvad kuiva õhku paremini. Ruumide õhuniiskust saab reguleerida ruumide õhutamisega, ventileerimisega või õhu konditsioneerimisega.

Paber on üks suurematest majapidamisjäätmete liikidest moodustades Eestis keskmiselt 18% kogu olmejäätmetest. Samast toormest on võimalik paberit või pappi toota kuni 7 korda. Üks populaarne materjal, millest paberkrohvi valmistada, on ajalehepaber, mis on hea viis paberjäätmete taaskasutamiseks. Paberkrohv on hügrokoopne materjal, avaldades seeläbi positiivset mõju hoone sisekliimale.

Käesolev töö käsitleb viimistluskihiga kaetud paberkrohvi niiskustehniliste omaduste määramist ruumi õhuniiskuse reguleerijana.

Töö teoreetilises osas on antud ülevaade hoone sisekliimast ning selle parameetritest, paberkrohvi ja looduslikke värvide ajaloost ning niiskusest ja selle mõjust.

Töö autor tänab juhendaja Nele Nutt'i abivalmiduse ja nõuannete eest katsete teostamisel.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Hoonete sisekliima

Tänapäeval viibivad inimesed, kes elavad keskmisest külmema kliimaga riikides, ligi 90% ööpäevast siseruumides – seda siis kas kodus, tööl või koolis. Sellest tulenevalt on sisekliima inimesele isegi olulisem kui välisõhu oma. (Seppänen et al.,1998)

Tegurid, mis moodustavad sisekliima, on järgmised:

- ruumi õhutemperatuur;
- suhteline õhuniiskus ruumis;
- õhu koostis (gaasid, tolm, aurud);
- piirete pinnatemperatuur;
- õhu liikumiskiirus;
- müra;
- elektromagnetväljad. (Liiske, 2002)

Sisekliima peamiseks kvaliteedinäitajaks on hubasus ehk inimese hea enesetunne. Hubasus on küllaltki suhteline, osad eelpool toodud mõjurid on küll mõõdetavad (nagu näiteks temperatuur, suhteline õhuniiskus, gaasi koostis ja müra), kuid nende mõju hubasusele sõltub inimesest. (Liiske, 2002)

Hubasuse mõjurid on järgimised:

1. Soojuslikud mõjurid:

- a. õhutemperatuur;
- b. õhuniiskus;
- c. piirdepinna temperatuur;
- d. õhu liikumiskiirus.

2. Keemilised mõjurid:

- a. süsinikdioksiidi sisaldus ruumis;
- b. aerosoolide ja gaaside kodus ning nende omadusega;
- c. ebameeldivad lõhnad.

3. Füüsilised mõjurid:

- a. ruumi ehituslik kuju;
- b. ruumi akustika;
- c. müra ruumis;
- d. ruumi väljad (õhu ionisatsioon, elektromagnetkiirgused).

4. Optilised mõjurid:

- a. valgustuse intensiivsus ja värvus;

- b. vaateväli;
- c. ümbruse värvus, esemete värvus.

5. Inimesest endast tulenevad mõjurid:

- a. ruumis läbiviidav tegevus;
- b. üldine psüühiline ja füüsiline seisund;
- c. tervislik seisud;
- d. rõivastus;
- e. vanus;
- f. sugu. (Liiske, 2002)

1.2 Sisekliima mõju inimesele

Inimest ümbritsev keskkond mõjutab oluliselt inimese elutegevust. Ruumis viibimise mugavus sõltub temperatuurist, õhu liikumise kiirusest, õhuniiskusest, kiirgustest ümbritsevatest objektidest ning õhu saasteosakeste sisaldusest ruumis. Kui temperatuurimuudatust tajub ruumis viibiv elusolend koheselt, siis liiga kõrge või liiga madala õhuniiskuse tase pole niivõrd hästi tajutav (Minke, 2006). Kõrget või madalat suhtelist niiskust tunnetatakse ebamääraselt naha, limaskestade ja hingamisorganite kaudu. Madal suhteline niiskus soodustab limaskestade kuivamist ja sellega kaasnevaid ärritusilminguid (Seppänen et al.,1998).

Pidev ja pikaaegne ebamugavus võib põhjustada mitmeid erinevaid tervisehädasid, mis on iseloomulikud nähtusele, mida nimetatakse haige hoone sündroomiks (*Sick Building Syndrome* e. *SBS*). Maailma terviseorganisatsiooni (WHO) andmetel on haige hoone sündroomi sümptomiteks:

- silmade, nina ja kurgu ärritused;
- kuivad limaskestad ja kuiv nahk;
- nahalööve;
- vaimne väsimus ja peavalu;
- iiveldus ja peapööritus;
- halb keskendumisvõime. (WHO infomaterjal)

Haige hoone sündroomi tekke takistamiseks või vähendamiseks peab ruumiõhu saasteallika kõrvaldama. Kõige lihtsamaks näiteks on nõuetekohase ventilatsiooni tagamine ruumis, seda siis kas läbi ventilatsioonisüsteemi rajamise või selle regulaarse hooldamise abil. (Terviseamet)

1.3 Hoone sisekliima parandamine

Tulenevalt vajadusest säästa energiat, on hoonete ehitamisel toimunud suured muudatused. Tänapäeval projekteeritavad ja ehitatavad hooned on õhukindlamad kui kunagi varem. Seoses õhukindlamate hoonete ehitamisega on kasutusele võetud hulgaliselt süsteeme (mehhaanilised kütte- ja ventilatsioonisüsteemid) ja ehitus- ja viimistlusmaterjale, mille tervisemõju pole piisavalt uuritud. Uute süsteemide ja materjalide kasutuselevõtt on loonud küll mugavamad elu- ja tööruumid, mille ehitus- ja hoolduskulud on väiksed, kuid on lisaks loonud ka sisekeskkonna, kus valede ehitusvõtete ja ebapädeva projekteerimise tagajärjel tekivad võimalikud tervise ohutegurid palju kergemini. (Liiske, 2002)

Hoone sisekliima sõltub hoonest ja selles kasutatavatest tehnosüsteemidest. Sisekliimat saab mõjutada erinevate teguritega:

- kütmine tagab hoone kasutamiseks vajaliku temperatuuri;
- ventilatsiooni abil tagatakse hea siseõhu kvaliteet hoones;
- konditsioneerimise abil on võimalik õhku soojendada ja jahutada, puhastada, niisutada ja kuivatada (Seppänen et al.,1998).

Lisaks tõhusatele tehnosüsteemidele on võimalik hoone sisekliimat parandada kasutades ehitus- ja viimistlusmaterjalidena ökoloogilisi viimistlusmaterjale. Ökoloogiliste viimistlusmaterjalide hulka kuuluvad erinevad savikrohvid, lubikrohvi, paberikrohv ja värvid, mille valmistamine ei reosta loodust ja ei mõju halvasti inimestele, kes neis ruumides hiljem viibima peavad. (Reiljan, 2016)

1.4 Paberi ajaloost

Paber on peamiselt taimsest kiudainest sadestamisega valmistatud kangas- või lehtmaterjal. Tänapäeval kasutatav paber pärineb Hiinast, kus Han dünastia valitseja Tsai Lun leiutas 105.a pKr viisi, kuidas uhtuda taimekiudusid vees ja lisada sinna liim. Toormaterjalina kasutati algselt kanepikiude, hiljem ka lina, bambust, mooruspuu koort, puuvillaseid kaltse, riisi- ja nisuõlgi jm. Paberi valmistamiseks peenestati kanepikiud kivist uhmrites, pärast mida segati saadud mass veega ning keedeti läbi. Läbi keedetud mass kallati sõelale, seejärel vildile, kus pressiti välja üleliigne vesi. Pärast õhu käes kuivamist saadi poognad, mis hiljem siluti ja lõigati soovitud mõõtmetesse. (Konsa, 2008)

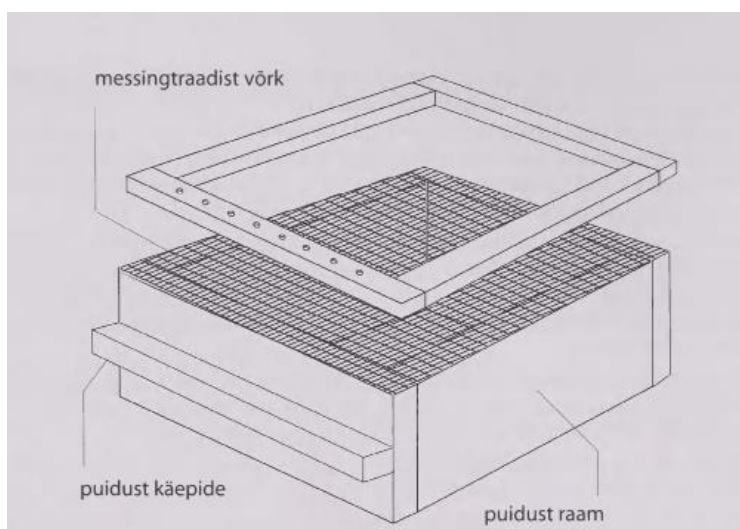
7.sajandil levis paberivalmistamise tehnoloogia Koreasse ja Vietnami ning 610.aastal Jaapanisse. Araablased vallutasid 704.aastal hiinlastele kuulunud Samarkandi linna ja

said seeläbi jälile hiinlaste paberivalmistamise kunstile. Kuna araablaste kontrolli all oli ka Hispaania, siis jõudis paber ka Euroopasse. Aastaks 1000 oli paber laialdaselt kasutusel kogu islamimaailmas. Klassikalisele „araabia“ meetodile lisasid eurooplased omalt poolt hüdraulilised tambiveskid, traadist valamissõelad, vildid paberilehtede eemaldamiseks pressimisel, loomsed liimained (želatiin) liimitamiseks ning võeti kasutusele vesimärgid. (Konsa, 2008)

Paberit toodeti linasest kaltsust, kuna tegemist oli odava ning kõikjal leiduva toorainega. Kaltsudele võidi lisada ka kanepikiude. Paberi valmistamine algas kaltsude sorteerimisega ja lisandite eemaldamisega, seejärel kaltsud tükeldati ja sorteeriti. Saadud tooraine puhastati ja keedeti lubjavees ja pleegitati päikese käes. Pärast pleegitamist viidi kaltsud keldrisse lagunema, et kiud üksteisest kergemini eralduksid. Kiu saamiseks purustati kaltsud tambiveskis. Saadud kiud segati veega poolvedelaks pabermassiks, pärast mida kallati saadud segu neljakandilisele puitraamile pingutatud vask- või messingtraadist sõelale (joonis.1.1). (Konsa, 2008)

Sõel lasti vertikaalselt pütti, tõsteti horisontaalselt välja ning lasti üleliigselt veel läbi võrgu ära voolata. Võrgult võetud paberileht asetati niiskele vildile ning kaeti pealt teise vilditükiga. Niimoodi vaheldumisi laotud paberilehed koos viltidega asetati pressi, kus liigne vesi välja suruti. Pärast seda eemaldati vildid ning paberilehti pressiti uuesti väikse surve all. Paberilehtede kuivatamiseks asetati need 7-8 kaupa hobuse või lehmakarvadest punutud ning mesilasvahaga töödeldud nõõridele. (Konsa, 2008)

Paberi liimitamiseks kasutati kuni 1300.aastani peamiselt tärklist, hiljem asendus see želatiiniga (loomade nahkade, kontide, sarvede ja sõrgade keetmisel saadav liimaine). (Konsa, 2008)



Joonis 1.1. Paberiammutussõel (Konsa, 2008)

Seoses paberi tootmise suurenemisega tekkisid tooraineprobleemid, kuna linaseid kaltse lihtsalt ei jätkunud enam. 18.sajandil tehti mitmeid eksperimente leidmaks uut toorainet, millega linakaltsud asendada. Idee puidu kasutamiseks paberi tootmisel tuli 1719. aastal prantsuse teadlaselt R.-A. Reaumur'ilt, kuid realselt tootmiseni ei jõutud. 1800. aastal sai inglane Matthias Koops patendi õlgedest, puidust ja vanapaberist valmistatud paberile. Sobiva tööstusliku lahenduseni jõudsid aga sakslased F. Keller ja H. Voelter, kes leiutasid puitmassi tootmiseks käiaveski, kus kooritud palgid suruti vastu pöörlevat silindrilist liivakivikäia. Töötlemise ajal niisutati kivi veega, mis üheaegselt jahutas kivi, niisutas puitu ja pesi kivil maha tekkinud puidupuru. Jahvatamise tulemusena saadi puitmass, mida oli võimalik lisada pabermassi. Puitmassi lisamine muuti paberi tootmist odavamaks, kuid kuna puit sisaldab lisaks tselluloosile ka lisandaineid nagu ligniin ja hemitselluloos, siis vähenes paberi mehaaniline kui ka keemiline vastupidavust. (Konsa, 2008)

Lisandainete eemaldamiseks võeti 1851. aastal kasutusele soodaprotsess, kus puidulaaste keedeti alustega kõrgel temperatuuril ja rõhul. 1866.aastal võeti aga kasutusele sulfitiprotsess ja 1884. aastal sulfaatprotsess. (Konsa, 2008)

Koos trükikunsti leiutamiselega 15.sajandil muutus paberi kasutuselevõtt hädavajalikuks. Seni kasutati paberit paralleelselt pärgamendiga, kuid kuna paberi tootmine oli kiirem ja odavam, siis tõrjus see pärgamendi kõrvale. Kuni 17.sajandini esimese veerandini võeti paberitootmises kasutusele suhteliselt vähe uuendusi, kuid kuna raamatute trükkimiseks vajati üha rohkem ja rohkem paberit, siis tuli vajaduste rahuldamiseks asuda paberivalmistamise tehnoloogiat täiustama. (Konsa, 2008)

Esimese muudatusena hakati pabermassi sisaldavaid pütte kuumutama, et vähendada saadud massi viskoossust ja seeläbi kiirendada valmistamisprotsessi ning tagada ühtlasem kvaliteet. 1680. aastal leiutati Hollandis paberkiudaine jahvatamiseks hollender – teradega varustatud keerlev trummel, mis kiirendas pabermassi valmistamist ja aitas ka toorainet kokku hoida. 1799. aastal leiutas prantslane Nicholas Louis Robert paberivalmistamise masin, milles koguti pabermass pidevalt liikuvale lindikujulisele sõelale, nii, et moodustus paberlint. Paberivalmistamismasinate kasutuselevõtt nõudis ka senisest kiiremaid liimitusmeetodite kasutuselevõttu, milleni jõuti 1807.aastal, kui M.F. Illig leiutas liimitamise kampoosiga (Konsa, 2008)

ÜRO Toidu- ja Põllumajanduse organisatsiooni statistika näitab, et 2019. aasta seisuga toodeti maailmas 404 miljonit tonni paberi- ja papitooteid aastas, mida on 1% vähem kui 2018.aastal, kui 25% rohkem kui 2000.aastal. Taaskasutatud paberit valmistati 228 miljonit tonni, mis võrreldes 2018.aastaga on jäänud samale tasemele. Võrreldes

2000.aastaga on taaskasutatud paberi valmistamine suurenenud 59% võrra. (ÜRO statistika A)

Tänapäeval on suurimad pabertoodete tootjad maailmas Hiina (108,6 miljonit tonni), Ameerika Ühendriigid (71,8 miljonit tonni) ja Saksamaa (22,6 miljonit tonni). (ÜRO statistika B)

1.5 Paberi taaskasutamine ja ümbertöötlemine

Taaskasutus on kasutatud esemete, seadmete ja muude toodete, nende jäätmete või nendes sisalduvate materjalide uuesti kasutusele võtmine. Taaskasutuse viisid on jäätmete ringlussevõtt, jäätmetest energia tootmine ja biokäitlus. (Vanapaber)

Paberi taaskasutamine aitab säästa loodusressurssidest puid ja vett. Ühe tonni paberi ümbertöötamisega on võimalik säästa ligikaudu 17 puud, kuni 26 500 liitrit vett, 476 liitrit naftat ja 3000-4000 kW elektrienergiat. (Vanapaber)

Ligikaudu 50% kasutatud kontoripaberist töödeldakse ümber. Taaskasutatud kontoripaberist saab valmistada näiteks joonistuspaberit. Ümbertöödeldud papist ja paberist toodetakse ajalehepaberit, pehmepaberit, lainepappi, soojustusmaterjali, haljastusmaterjali. Ümbertöödeldud ajalehepaberist saab toota uut ajalehepaberit, kõva pappi, tselluvilla või paksu halli värvusega tualettpaberit. (Vanapaber)

Septembris 2020 avaldatud uuringu „Segaolmejäätmete, eraldi kogutud paberi- ja pakendijäätmete ning elektroonikaromu koostise ja koguste uuring“ lõpparuandes on välja toodud, et segaolmejäätmete konteineris leiduva ja seeläbi taaskasutusse mitte jõudva paber ja papp moodustas 17 massiprotsenti kogu kogutud prügist. Sarnane uuring viidi läbi ka aastatel 2008 ja 2012. (Keskkonnaministeerium)

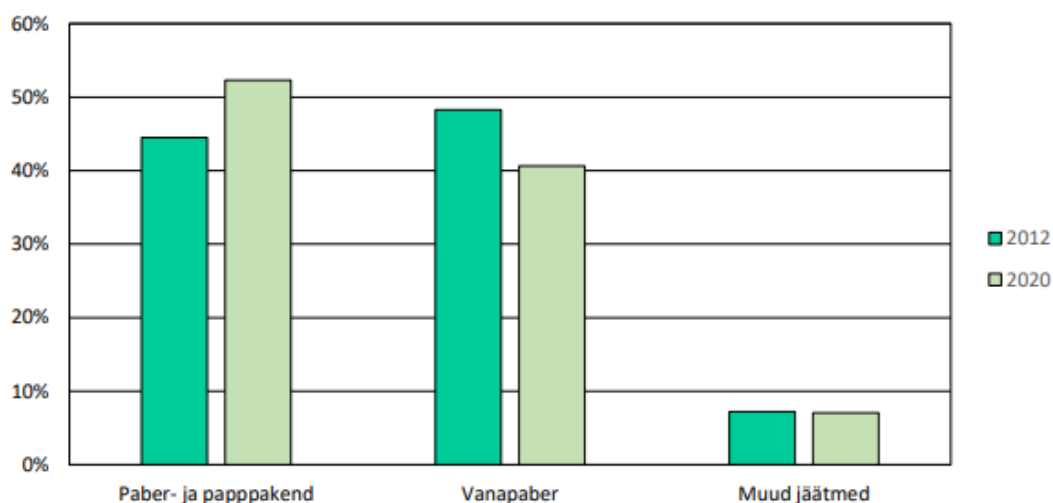
Tabelis 1.1 on toodud 2020.aasta paberi - ja papijäätmete koostis uuringupiirkondade kaupa. Analüüsi tulemused näitavad, et jäätmete koostis sõltub mõnevõrra piirkonna iseloomust – piirkonnas, kus asub rohkem kortermaju (antud uuringud Lasnamäe ja Kesklinna piirkond), oli liigiti kogutud paberi - ja papijäätmete osakaal suurem kui piirkondades, kus on rohkem eramaju (antud uuringus Nõmme ja Rakvere piirkond). (Keskkonnaministeerium)

Tabel 1.1 Paberi- ja papijäätmete koostis uuringupiirkondade kaupa (Keskkonnaministerium)

Jäätmeliik	Tallinn			Muu Eesti	Eesti keskmine*
	Lasnamäe	Kesklinn	Nõmme		
1. Paber- ja papppakend	56.95	55.83	48.71	47.74	52.31
Kartong/papp pakend	6.30	5.69	8.16	7.56	6.93
Lainepapist pakend	45.58	45.73	34.95	36.11	40.59
Paberpakend	4.38	4.18	5.40	3.37	4.33
Joogikartong (mahlad, karastusjoogid)	0.13	0.08	0.08	0.20	0.12
Joogikartong (piimatooted)	0.56	0.15	0.12	0.50	0.33
2. Vanapaber	35.31	36.13	45.01	46.10	40.64
Kontoripaber	5.13	6.99	4.74	3.82	5.17
Ajalehed, ajakirjad, raamatud	24.87	26.77	37.31	39.42	32.09
Pehmepaber	0.81	1.50	2.00	1.33	1.41
Muu paber ja papp (ehituspaber/kartong, tapeet jms)	4.50	0.87	0.94	1.53	1.96
3. Muud jäätmed	7.73	8.04	6.28	6.16	7.05
Plastpakend (kile)	3.46	3.73	2.04	2.61	2.96
Muu (segaolmejäätmed)	4.27	4.31	4.24	3.56	4.09
Kokku	100	100	100	100	100

*Esitatud aritmeetilise keskmisena

Sama uuringu tulemused näitasid, et paber- ja papp-pakend moodustas 2020. aasta uuringus 52,31% kogumahust, vanapaber 40,64% ja muud jäätmed, mis konteinerisse tegelikult ei sobi, 7,05%. Uuringu tulemused näitasid, et paberi- ja papp-pakendi osakaal on võrreldes varasema uuringuga suurenenud, kuid vanapaberi (kontoripaber, ajalehed ja ajakirjad) tarbimine on aastate jooksul vähenenud (joonis 1.2). (Keskkonnaministerium)



Joonis 1.2. Paberi- ja papijäätmete liigiline koostis aastatel 2012 ja 2020 (Keskkonnaministerium)

Enne ümbertöötamist on vaja vanapaber sorteerida, kuna selle hulgas võib olla ka plastikaati, mis võib töötlemisprotsessi häirida. Makulatuuri ümbertöötlemine algab materjali purustamisega, pärast mida lisatakse saadud massile vesi. Seejärel eemaldatakse massist kõvad osad (näiteks niit, teibid, klambrid) ja jätkatakse massi segamist ühtlase poolvedela massi tekkimiseni. Saadud mass pressitakse läbi peene sõela, mis omakorda surutakse läbi mitme sooja võlli, mille ülesandeks on liigse vee välja pressimine ja saadud paberaine kuivatamine. (Vanapaber)

Taaskasutatud paberi tunneb ära hallika värvuse ja „määrdund“ oleku järgi. Ümbertöödeldud paber pole valge, kuna kõiki trükivärvi jääke pole võimalik täielikult eemaldada. Valge paberi saamiseks tuleb saadud paberit kemikaalidega valgendada, kuid selleks kasutatavad kemikaalid on keskkonnale kahjulikud, mistõttu on nende kasutamisest viimastel aastatel loobutud. (Vanapaber)

1.6 Paberкроhv

Paberкроhv on siseviimistlusmaterjal, mis täidab korraga mitut ülesannet – toimib nii soojustusmaterjalina, niiskuspuhverdina kui ka heliisolatsioonina. Valmistamise protsess on suhteliselt lihtne ning ruumis mõjub paberкроhvi kaetud sein ka dekoratiivse elemendina. Paberкроhv kardab niiskust, seega ei ole hea paberкроhvi katta pesu- või duširuumide seinu. Kuna tegemist on siiski paberiga, siis ei ole soovitatav antud кроhvi kasutada küttekehade lähedal. (Pere, 2008)

Kindlat retsepti paberкроhvi valmistamiseks ei ole ning pabermaterjaliks sobivad vanad ajalehed, koopiapaberid, kriitpaberil reklaamtrükised, munarestid jms. Reljeefi andmiseks võib кроhvisegule lisada erinevaid liivaineid (Priilinn, 2007). Samuti võib kasutada erineva paksusega vanapaberit (Metslang, 2012). Lisades saadud segule tselluvilla, booraksit ja boorhapet, muutub paberкроhv tulekindlamaks ja vastupidavamaks erinevate biokahjustuste suhtes. (Pere, 2008)

Paberкроhvi valmistamiseks asetatakse väiksemateks tükkideks rebitud vanapaber kõigepealt vette likku. Leotamiseks kulub aeg sõltub kasutatava paberi paksusest ja koostisest, kuid enamjaolt piisab ööpäevasest leotamisest. Kui on soov paberкроhvi toonida, siis võib selleks kasutada erinevaid värvipigmente, samuti kriiti või savi. Pigment lisatakse juurde enne liimaine lisamist, et värv imenduks paberimassi paremini. Parima tulemuse saavutamiseks võib pigmendi lisada vanapaberi likku panemise ajal, kuid meeles tuleb pidada, et kuivades muutub pabermass heledamaks. Pigmendi lisamisel peaks lisatava pigmendi maht jääma alla 10% mahust (Metslang, 2012). Leotatud pabermassist pigistatakse välja üleliigne vesi, saadud massile

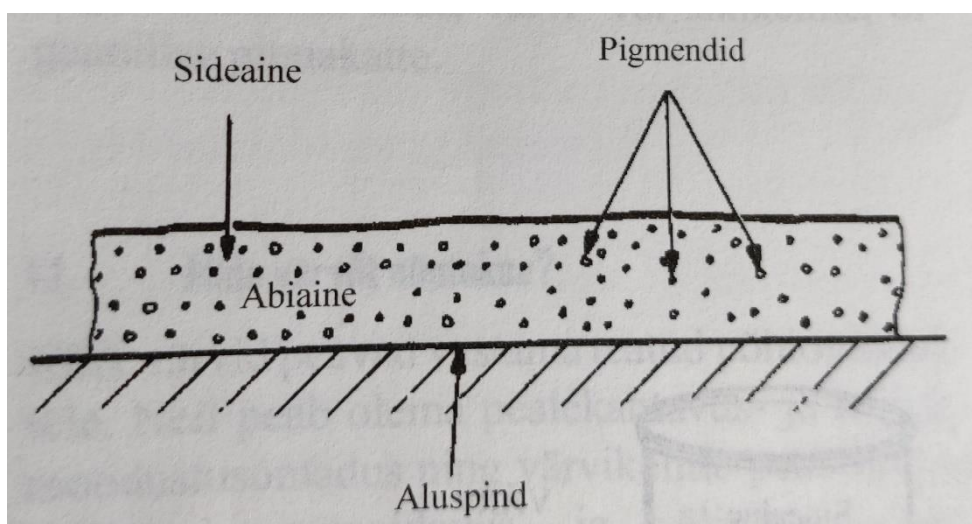
lisatakse metüütselluloosist valmistatud klistri ning vajadusel veidi vett. Tapeediliimi võib asendada ka saviga (Pere, 2008).

Paberkrohv kantakse seina käsitsi. Paberkrohvi soojustusvõime oleneb peale kantud kihi paksusest – mida paksem kiht, seda parem on ruumi soojapidavus. Paberkrohvi kuivamine sõltub ruumi temperatuurist ja niiskusest. Hallituse vältimiseks on soovitatav kuivamisperioodil paberkrohvitud ruumi kütta ja tagada piisav ventilatsioon. (Pere, 2008)

Paberkrohvitud seinu võib täiendavaks viimistlemiseks värvida. Paberkrohvi niiskuspuhverduisvõime säilitamiseks soovitatakse kasutada looduslikke värve või pinnakattevahendeid (nt. kohupiimavärv, munatempera, linaõlivärv jne) (Metslang, 2012). Seinte kergelt puhastamiseks ja hilisemaks pesemiseks, võiks viimistletud pinda kergelt õlitada (Pere, 2008). Samuti on võimalik paberkrohvitud seinale teha reljeefseid kaunistusi või suruda krohvi sisse erinevaid kuivatatud taimi, klaasi, pärleid, kivikesi, teokarpe jms (Reiljan, 2016; Pere, 2008).

1.7 Värv

Värv on pigmenti ja sideainet sisaldav vedel, pastataoline aine, mis pinnale kantuna moodustab keemiliste ja füüsikaliste protsesside tulemusel tahke kihi. Värvide ülesandeks on kaitsta kaetud pinda kahjustavate tegurite eest ja kaunistada aluspinda. Enamik traditsioonilisi värve koosneb sideainest, pigmentidest, lahustist ja lisa- ja täiteainetest (joonis 1.3). (Muinsuskaitseamet, infovoldik nr.14)



Joonis 1.3 Värvikiht ja selle koostis (Alen, 2004)

Sideaine ülesanne on pigmendiosakesed omavahel siduda ja aitab neil aluspinnaga nakkuda. Sideaine lahustatakse lahusti(te)s, pärast mida segatakse saadud lahus kokku pigmentiga. Sideaine moodustab aluspinnale kelme. Moodustunud kelme koosneb pigmentist ja muudest värvi koostisosadest. Kasutatud sideaine määrab värvi keemilised omadused. Sideainena kasutatakse erinevaid ölisid (näiteks linaseemneõli), vahasid (näiteks mesilasvaha), vaike (näiteks merevaiku) ja nii loomseid (näiteks kaseiini) kui ka taimseid valke (näiteks tärklisi). (Analüütilise keemia eripraktikumi õppematerjal)

Pigment on mittelahustuv pulbriline aine, mis toonib värvi ja määrab värvi kattevõime. Pigment ei lahustu vees ega lahustites. Pigmente võib jagada looduslikeks ja kunstlikeks, samuti anorgaanilisteks (muld- ja mineraalpigmendid) ja orgaanilisteks (taimsed ja loomsed). Värvide valmistamisel pigmendi tükikesed hajutatakse ning segatakse kokku sideainega, mis tagab pigmendiosakeste täieliku määrgumise. Pigmente lisatakse värvi sisse kas kuiva pulbri või pasta kujul. Lisatava pigmendi hulgaga saab mõjutada värvi läiget, värvikile püsivust ja nakkumist aluspinnaga ning veeauru läbilaskvust. (Analüütilise keemia eripraktikumi õppematerjal)

Lahustid on lenduvad vedelikud või nende segud, milles värvi sideaine lahustub. Lahusti ülesanne on värvi vedelamaks muutmise, mis omakorda lihtsustab selle tungimist aluspinda (Muinsuskaitseamet, infovoldik nr.14). Lahustid lenduvad värvimise ja kuivamise ajal kelmest. Üks levinumaid lahusteid on vesi. Looduslikes värvides kasutatakse on lahustina tärpentiini. Lahustite järgi liigitatakse värvid veega vedeldavateks ja lahustiga vedeldavateks. (Analüütilise keemia eripraktikumi õppematerjal)

Lisa- ja täiteaineid kasutatakse värvi omaduste parandamiseks – näiteks kasutatakse looduslikes värvide kriiti, mis täiteainena muudab värvi paksemaks ja aitab pigmenti kokku hoida ning tsinkoksiidi pigmendi kasutamine aitab aluspinda kaitsta mädaniku ja hallituse eest. Täiteainete lisamine alandab toodetava värvi hinda. (Muinsuskaitseamet, infovoldik nr.14)

1.8 Looduslikud värvid

Ökoloogilisteks ehk looduslikeks värvideks peetakse värve, mille komponendid on saadud loodusest või mida on võimalik ilma keeruliste sünteesimisprotsessideta valmistada. Ökoloogilised värvid peaksid olema ka loodusesse „tagastatavad“, mis tähendab, et värvijääke võib rahulikult komposteerida. Samuti peab olema võimalik looduslike värve ise valmistada ehk koostisosadest kokku segada. Lihtsamad

töötlemisviisid nagu keetmine ja kuumutamine on muidugi lubatud. Ökoloogilised värvid peavad olema ohutud nii nendega töötavatele spetsialistidele kui ka hiljem ruumi kasutajatele. (Säästva renoveerimise infokeskus)

Tuntuimad eelpool nimetud tingimustele vastavad värviga on näiteks kohupiima- ehk kaseiinvärv, keeduvärv ehk rootsivärv, lubivärv, munatempera, tõrvavärve, savivärv, vahavärv jne. (Säästva renoveerimise infokeskus)

1.7.1 Kohupiima- ehk kaseiinvärv

Kohupiimavärvi ehk kaseiinvärvi (edaspidi kohupiimavärv) ajaloo kohta andmed puuduvad. Teada on, et kaseiinvärvi selle algsel kujul kasutasid meie esivanemad juba ürgajal. Ürgajal kasutati valkainena tol ajal kättesaadavaid aineid – rinnapiima või juba kodustatud loomade piima, mis segati kokku verega. Värvitehnika arenedes ja uusi materjale avastades hakati vere asemel pigmendina kasutama värvimuldasiid. (Elvisto, T; Pere, R, 2006)

Kaseiin on piimas sisalduvate valkude segu, mida leidub eriti palju kohupiimas. Kohupiimavärvis toimib kaseiin liimainena (Muinsuskaitseamet, liimvärv II). Kaseiin on kiirelt kuivav, vesialuseline aine, mis kasutab piimal põhinevat sideainet ja on üks kõige vastupidavamaid aineid, mida inimkond tunneb. (Elvisto, T; Pere, R, 2006)

Kohupiimavärvi valmistamiseks on tänapäeval kaks moodust – kriidipõhine ja lubjapõhine. Lubjapõhise kohupiimavärvi (antud kogusest saab umbes 2-3 liitrit värvi) valmistamiseks kasutatakse:

- 1 kg lahjat kohupiima,
- 1 liiter külma vett,
- 1,5 kg kustutatud lupja.

Laialdasemalt on kasutusel aga kriidipõhine kohupiimavärv, kus on rohkem komponente. Kriidipõhise kohupiimavärvi (antud kogusest saab umbes 1 liitri värvi) valmistamiseks on vaja:

- 250g rasvatut kohupiima,
- 10g booraksit,
- 30ml kuuma vett,
- 25ml linavärnitsat,
- 400g kriiti,
- 100g kaoliini,
- 50g talki,
- 4g tselluloosi,
- 400 ml külma vett.

Lihtsamakoelisem kriidipõhine kohupiimavärvi retsept on järgmine:

- 2,25kg lahjat kohupiima,
- 7kg kriiti,
- 2,5-3 liitrit vett
- 80g booraksit. (Pere, 2009)

Kohupiimavärvi on võimalik erinevaid pigmente kasutades toonida. Kehtib reegel, et pigmenti võib lisada kuni 10% kuivosa kaalust. Tumedama tooni saamiseks võib osa kriidist asendada pigmendiga. Parema tulemuse saavutamiseks on soovitatav teha pigmendist väikese koguse veega pasta ning see värvile lisada. (Elvisto, T; Pere, R, 2006)

Kohupiimavärvid sobivad krohvi-, kivi- ja betoonpindade, pabertapeetide ning kipsplaatide värvimiseks ning on enamjaolt mõeldud kasutamiseks sisetöödel. Kohupiimavärv ei riku aluskrohvi niiskuse reguleerimise võimet, seetõttu on eriti sobilik savi- ja lubikrohvidele. Kohupiimavärv ei sobi niiskete ruumide pindade värvimiseks (Safran). Kohupiimavärv ei ole pestav, kuid kannatab kergelt niiske lapiga puhastamist. Puitpindade värvimisel võib värvile suurema elastsuse saavutamiseks lisada linaõli. (Elvisto, T; Pere, R, 2006)

Enne värvima hakkamist tuleb aluspind niisutada. Kohupiimavärviga viimistlemisel kantakse värvi seinale kaks kihti. Kaseinvärv kuivab ruttu (tolmukuivaks 8 tunniga, lõplik kivistumine 24 tunni möödudes), mistõttu tuleb ühtlase tulemuse saavutamiseks värvida üpriski kiiresti ning paranduste tegemine jätab lõpptulemuse laiguliseks. Värvimise ajal ei tohi unustada värvi aeg-ajalt segada. Valmistatud värv säilib tavatingimustel paar päeva, külmkapis umbes nädala. (Pere, 2009)

Kohupiimavärvi plussideks on värvikomponentide laialdane ja suhteliselt kerge kättesaadavus. Värvitud pinnale ei moodustu kilet, mistõttu laseb pind läbi niiskust ja reguleerides seeläbi ruumide niiskusežiimi. Kohupiimavärvi puhul on tegemist vastupidava ja kauakestva viimistlusega. Lõpptulemuseks on pehmelt valgust peegeldav matt pind. Ühe liitri värviga saab sõltuvalt aluspinnast katta 10-20 m². (Pere, 2009)

Kohupiimavärvi üheks negatiivseks omaduseks on asjaolu, et kuna värv ei ole otseselt pestav, siis viimistletud pinnale tekkinud plekke on raske hilisemalt välja saada. Teise negatiivse omadusena tuuakse tihtipeale välja kohupiimavärvi ebameeldivat lõhna (Pere, 2009). Need, kes on koduseinu selle värviga värvanud, kinnitavad, et lõhn kaob ajapikku. (Reiljan, 2016)

1.7.2 Linaõlivärv

Linaõlivärv on oksüdeerudes kuivav värv, mille sideaineks on linaõlivärnits. Linaõlivärnits on 120-150°C juures keedetud linaõli (Majatohter). Loodusliku viimistlusmaterjalina kasutati linaõlivärvi sisetöödel juba 16.sajandil. Alates 18.sajandi lõpust oli linaõlivärvi kasutatuid värvitööp tiseritoodete, akende-uste värvimiseks ning alates 19.sajandist kasutatakse linaõlivärvi puitfassaadi voodrilaua värvina. (Muinsuskaitseamet B)

Linaõlivärvi peamiseks komponendiks on linaõli. Lina on Eestis kasvatatud linakiu saamiseks juba alates 13.sajandist. Linakasvatuse kõige kiirem kasvuperiood oli 1860ndate aastate lõpul – sel ajal oli ligi 10% Liivimaa kubermangu põldudes just lina all. Lisaks linakiu saamisele on võimalik linaseemnetest pressimise teel saada õli. (Muinsuskaitseamet B)

Linaseemneõli tootmiseks on kaks varianti – külmpressimine ja kuumpressimine. Neist populaarsem on just külmpressimine, sest just sellisel viisil säilitab õli kõik seemnete kasulikud omadused. Külmpressitud linaõli on värvuse poolest heledam ja voolavam ning tungib seetõttu paremini puidu sisse. Oma puhtama koostise tõttu on külmpressitud linaõlil ka paremad kuivamisomadused. (Muinsuskaitseamet B)

Linaõlivärvi valmistamiseks kasutatakse värnitsat, titaandioksiidi, pigmenti, kriiti ja sikatiivi ehk siis värnitsat ja pulberaineid. Ühtset retsepti linaõlivärvi valmistamiseks ei ole ning retsept oleneb suuresti asukoha traditsioonidest. Orienteeruvad kogused on järgmised:

- 1 liiter värnitsat;
- 1,2 kg pulbreid:
 - 200g tsinkoksiidi (tsinkvalget);
 - 500g titaanoksiidi või litopoon valget;
 - 200g kaoliini;
 - 200g kriiti;
 - 10% pigmenti;
- sikatiivi.

Antud retseptis on kriit ja kaoliin ehk valge savi täiteaineteks. Tsinkvalge kaitseb hallituse eest ja sikatiiv kiirendab värvi kuivamist ning seda võib lisada vaid sisetöödel kasutatavale värvile (maksimaalne kogus 2%). (Muinsuskaitseamet B)

Linaõlivärvi plussideks on hea katmis-, imendumis- ja nakkumisvõime (Muinsuskaitseamet, infovoldik nr.14). Linaõlivärvi katvus sõltub aluspinnast, kuid ühe liitri värviga saab katta 15-25 m² (Majatohter). Olenevalt valmistamise retseptist

sobib linaõlivärv nii sise- kui välitöödeks ning värviga võib katta nii puitu, metalli, krohvi, kipsi kui ka klaasi (Muinsuskaitseamet B).

Linaõlivärv kuivab oksüdeerumisprotsessi tagajärjel, mistõttu vajab see kuivamiseks hapniku. Kuivamisprotsessile aitavad kaasa valgus ja soojus, kuid vältida tuleb otsest päikesepaistet, mille tõttu võib värv mullitama hakata. Välitingimustes kasutatav värv kuivab +20°C juures 4-6 ööpäeva. Sisetöödel kasutatav värv kuivab hea ventilatsiooni ja madala õhuniiskusega ruumis 24 tunniga. Värvide kuivamist mõjutavad ka lisatud pigmendid – tumedad toonid kuivavad heledatest kauem. (Muinsuskaitseamet B)

1.7.3 Munaõlitempera

Munaõlitempera on naturaalne õlivärv, mis koosneb munast, linaõlivärnitsast, veest ja soovi korral värvipigmentidest. Looduslikke viimistlusmaterjalidest on munaõlitempera üks kulumiskindlamaid värve ning tema kasuks räägi ka hea katvus. Munaõlitemperat kasutatakse mööbli, seinte ja lagede värvimiseks. 14. ja 15. sajandil oli munaõlitempera levinud maalimisvahend. Aluspindadeks sobib kõige enam puit ja krohv. Munaõlitemperaga pindade katmine on lihtne, kuid kuivamine võtab 2-3 päeva. (Säästva renoveerimise infokeskus, munaõlitempera)

Temperavärv on veega segatav pigemendist ja sideainest koosnev värv. Kuivades muutub munaõlitempera veidi tumedamaks ja kergelt kollakaks. Tulemuseks jääb kaunilt ja eriliselt läbikumav pind (E-Antiik).

Munaõlitempera valmistamiseks on vaja järgmisi komponente:

- 1 mahuosa mune (kollane koos valgega),
- 1 mahuosa keedetud linaõli ehk värnitsat,
- 1 mahuosa vett (Säästva renoveerimise infokeskus, munaõlitempera).

5-st munast saab umbes 1 liitri värvi, millest piisab umbes 12 m² pinna katmiseks (Coloratum).

Munaõlitemperaga värvitud pinnad on niiske lapiga puhastatavad. Sobivad kasutamiseks ka niisketes ruumides, kuid sellisel juhul tuleb pinnad katta lisaks vaha, õli või lakiga. Värvide säilitada lühiajaliselt, suletuna külmkapis. Soovitav on värv valmistada vahetult enne kasutamist (E-Antiik).

1.7.4 Savivärv

Savivärv on viimistlusvärv, mis sisaldab jahvatatud savi, kaoliini, tärklist ja peeneteralist kvartsliaiva. Savivärvi puhul on tegemist hea nakkuvuse ja tekstuurse värviga, mis sobib kõige paremini savikrohvile, aga ka teistele mineraalsetele

krohvidele. Savivärvi loomulikud toonid on savide värvuse tõttu mahedad, kvartslüüva lisamine annab juurde sädelust. (Safran)

Savivärvi plussideks on selle lihtne paigaldamine ja hea katvusvõime. Kuna savivärv on difuusne ehk veeauru liikumisele avatud, siis reguleerib see ka ruumi õhuniiskust. (Safran)

Savivärv sobib erinevate pindade (näiteks puidupinnad, puit-, kips- ja kipskiudplaatide, kiviseinte, tellisseinte, savi-, lubi- ja mineraalkrohvitud seinte) värvimiseks sisetingimustes. Savivärv ei sobi kasutamiseks niisketes ruumides, sest märgumisel tuleb kergesti aluspinnalt lahti. Samuti ei sobi kasutamiseks suure koormusega ruumide pindadel (näiteks köögi töötasapinna taha). (Safran)

Enne värvimist tuleb aluspind korralikult puhastada – eemaldada kõik vanad värvikihid ja tapeediliimijäägid, samuti tuleb eemaldada võimalikud õlilaigud. Toonitud savivärvi puhul soovitatakse kipsplaadi vuugi kohtade läbikumamise vältimiseks värvialune pind eelnevalt lauspahteldada ja kruntida näiteks kaseiinkrundiga. (Safran)

Valmissegatud värv segada ühtlaseks massiks ja jätta paariks tunniks seisma. Värvipigmenti lisamisel peab pigmentist valmistama pasta ja alles seejärel see värvi sisse segada. Pigmenti võib lisada kuni 10% värvi kogusest. 1 kg värviga saab katta 3,3-6,6 m² seinapinda. Värvikulu sõltub aluspinna struktuurist. (Safran)

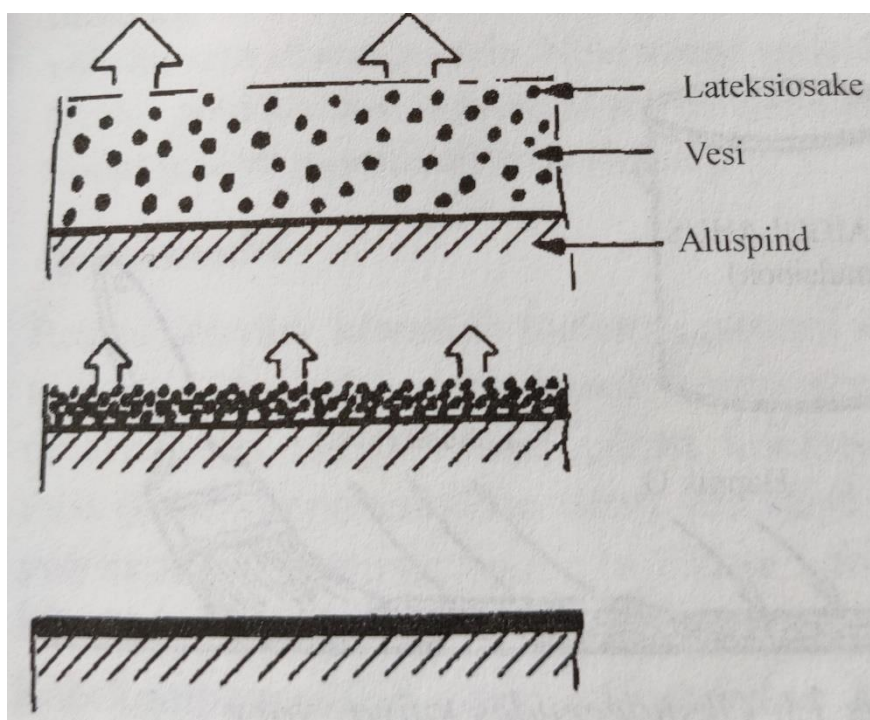
1.9 Akrülaatvärv ehk lateksvärv

Veega vedeldav lateks- ehk dispersioonvärv on füüsikaliselt kuivav värv, mille peamine sideaine on vette dispergeeritud kõrgmolekulaarne polümeer. Tänapäevaste lateksvärvi polümeeriks on polüvinüülatsetaat (PVA-lateks) polüakrülaat (akrülaatlakeks) või nende segupolümeerid polüstüreeni või mõne teise polümeeriga. Lateksvärvi omadused sõltuvad sideaine koostisest ja on mitmeti varieeruvad. (Alen, 2004)

Värvikelme moodustumine sõltub ümbritseva keskkonna niiskussisaldusest ja temperatuurist. Sageli sisaldab tavaline lateksvärv kuivamist aeglustavat ainet, mis lendub veest aeglasemalt (joonis 1.3). Lateksvärvi tarbimis- ja vastupidavusomadusi mõjutavad sideaine kõvadus ja kvaliteet ning pigmenteerituse aste. Moodustunud kelme on termoplastne ning pärast kelme moodustamist seda veega kokkupuutes enam ei lahustu. (Alen, 2004)

Lateksvärve kasutatakse mitmesuguste aluspindade krunt-, vahe- ja viimistlusvärviks. Värv eristatakse käitumise, läikeastme või sideaine järgi. Akrülaatlategs tungib halvasti aluspinda, mistõttu kinnitub ta karedale pinnale paremini. Sile pind nõuab enne värvimistöde algust korralikku kruntimist. (Alen, 2004) Aluspinnaks sobib nii puit, kivi, metall kui ka krohv.

Lateksvärvi plussideks on tugeva lõhna puudumine, kiire kuivamisaeg ja sellega värvitud seinu on kerge puhastada. Lateksvärvid käituvad seinad aluspinna kaitsena, sest ei lase ligi niiskust ja takistavad seeläbi seente ja hallituse teket. Lateksvärvi miinustena võib välja tuua, et värv sobib vaid sisetöödeks, ei kannata suuri temperatuuri muutusi ja tegemist ei ole „hingava“ värviga.



Joonis 1.4 Lateksvärvi kelme moodustumine (Alen, 2004)

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva töö eesmärk on pabermaterjalist valmistatud erinevate viimistluskihtidega kaetud paberkrohvi niiskustehniliste omaduste määramine. Uuritakse erinevate viimistluskihtide mõju paberkrohvi veeauru läbilaskvusele ning niiskuspuhverdusvõimele (*Moisture Buffering Value*). Töö jaguneb teoreetiliseks ja praktiliseks osaks. Teoreetilises osas uuritakse paberkrohvi kasutamise ajalugu viimistlusmaterjalina ning selle mõju hoone sisekliimale. Praktilises osas uuritakse paberkrohvitud pinna veeauru läbilaskvust ning niiskuspuhverdusvõimet pärast viimistluskihi lisamist. Kõik katsed on läbi viidud TTÜ Inseneriteaduskonna Tartu kolledži laboris. Katsed tuginevad Eesti Vabariigis kehtivale standardile EVS-EN ISO 12572:2016 *Hygrothermal performance of building materials and products- Determination of water vapour transmission properties- Cup method* ning NORDTEST metoodile niiskuspuhverdusvõime määramiseks. Katsete läbiviimiseks teostati kaalumisi kindlatel ajavahemikel kindlate suhteliste õhuniiskuste ja -temperatuuride juures. Katsete tulemuste põhjal analüüsitakse erinevate viimistluskihtidega paberkrohvi niiskustehnilisi omadusi.

Uuringu etapid:

1. Erialase kirjandusega tutvumine
2. Uuringu planeerimine
3. Proovikehade valmistamine
4. Proovikehade kuivatamine kuivatuskapis
5. Viimistlusmaterjalina kasutatavate looduslike värvide valmistamine ja proovikehade värvimine
6. Proovikehade aklimatiseerumine
7. Viimistluskihiga kaetud paberkrohvi niiskuspuhverdusvõime määramine NORDTEST metoodiga:
 - a. Proovikehade konditsioneerimine kliimakambris (vastavalt $RH = 33\%$ ja $RH = 75\%$),
 - b. kaalumine kuni nõutud tulemuse saavutamiseni
8. Veeauru läbivuse mõõtmine viimistletud katsekehade kaalumise teel
9. Andmete töötlemine
10. Tulemuste analüüs ning kokkuvõte

3. MATERJAL JA METOODIKA

3.1 Materjal

Katses kasutatud retsept on välja töötatud ja läbi proovitud Nele Nuti poolt Tartu kolledžis (Nutt, N; Kubja, A; Nei, L; Ruus, A, 2020). Paberkrohvisegu valmistamiseks kasutati paberit, vett ja liim. Kuiv ajalehepaber (500 grammi) pandi 24 tunniks 10 liitrise vette likku. Pärast 24 tunni möödumist segati läbi ligunenud paber vees ühtlaseks massiks ning nõrutati välja üleliigne vesi. Liimilahus valmistati 20 grammist Metylan Universal Premium (tootja Henkel) liimi kuivpulbrit, mis lahustati 1 liitris vees. Liimilahus jäeti 24 tunniks paisuma ning lisati seejärel nõrutatud paberimassile. Antud lõputöö raames valmistati paberkrohvi 1,2kg ajalehepaberist (saadud pabermassi kaal 3940 grammi).

Paberkrohvi katsekehade suuruse valimisel lähtuti praktikas kasutatavast paberkrohvi seinapanemise paksusest, mis on keskmiselt 2,0 cm. Seetõttu valiti katsekehade suuruseks paksus 20mm ja Ø120mm. Läbimõõt vastas Nordtesti meetodi kohaselt katsekehade soovituslikule suurusele (pindala vähemalt 0,001 m²).

Kokku valmistati 28 katsekeha. Ühe katsekeha kuivkaal oli keskmiselt 56,44 g. Kasutati ümmargusi katsekehasid, mille niiskusega kokkupuutuva pinna pindala oli keskmiselt 107,0cm². Antud töös jäid katsekehade paksused vahemikku 1,77...2,37cm. Katsekehad kuivatati esmalt 24 tundi toatemperatuuril, seejärel kuivatuskapis (Mimmert UFB-500), kuni kaalu stabiliseerumiseni kahe järjestikuse kaalumise vahe jäi alla 0,1% katsekeha algmassist. Katsekehade kaalu stabiliseerumiseks kulus 96 tundi.

3.2 Pinnakate

Katsekehade pindade katmiseks kasutati laboris valmistatud looduslikke värve ja ühte sünteetilist värvi. Värv kanti peale pintsliga abil ja kahes kihis. Esimese ja teise värvikihi vahepeal lasti katsekehadel tund aega kuivada. Valmistatud ja töös kasutatud värvid olid järgmised:

- kaseiinvärv (kohupiimavärv)
- linaõlivärv;
- munaõlitempera;
- savivärv;
- kulumiskindel poolmatt vesilahuseline seinavärv Akrit 12 (tootja Eskaro Group AB Sweden).

3.2.1 Kohupiimavärv (KV)

Retsepti :

- 50g rasvatut kohupiima (0,5%);
- 2g booraksit;
- 6g keevat vett booraksi lahustamiseks;
- 80ml külma vett;
- 80g kriidipulbrit.

Booraks (2 grammi) lahustati 6 ml kuumas vees. Booraksilahus segati kohupiima ja 40ml külma veega ning jäeti seisma kaseiini eraldumiseni (umbes pool tundi). Samal ajal segati kokku 80g kriidipulbrit 40 ml veega ning jäeti pooleks tunniks paisuma. Poole tunni möödudes segati segud omavahel kokku.



Joonis 3.1 Vasakul – valmistatud kohupiimavärv. Paremalt – 2x värvikihiga kaetud proovikehad (erakogu)

3.2.2 Toonitud kohupiimavärv (RKV)

Retsept :

- 50g rasvatut kohupiima (0,5%);
- 2g booraksit;
- 6g keevat vett booraksi lahustamiseks;
- 80ml külma vett;

- 80g kriidipulbrit
- 16g kroomrohelist (Cr_2O_3).

Retsepti järgi valmistatud kaseiinvärvile (vt. peatükk 3.3.1) lisati 16 grammi kroomrohelist. Kaseiinisegu ja pigmendipasta vahekord sõltub sellest, kui tumedat tooni soovitakse. Kuna lõputöö eesmärgiks on uurida lisatud pigmendi mõju kaseiinvärviga kaetud paberkrohvi niiskustehnilistele omadustele, siis lisati pigmenti 20% retseptis kasutatud kuivaine massist.



Joonis 3.2 Vasakul – valmistatud kroomrohelist sisaldav kohupiimavärv. Paremal – 2x värvikihiga kaetud proovikehad (erakogu)

3.2.3 Linaõlivärv (LÖV)

Retsept:

- 100ml linaõlivärnitsat (tootja Skandian Grupp OÜ)
- 120g kriiti.

120g kriidile lisati 1/3 vajaminevast linaõlivärnitsast (linaõli, mis on kuumutatud keemistemperatuurini). Segu segati ühtlase pasta saamiseni. Seejärel lisati pastale ülejäänud värnits ning segati segu ühtlase tulemuse saavutamiseni.



Joonis 3.3 Vasakul – valmistatud linaõlivärv. Paremal – 2x värvikihiga kaetud proovikehad (erakogu)

3.2.4 Munaõlitempera (MV)

Retsept:

- 2 muna (umbes 80ml);
- 80ml linaõlivärnitsat;
- 80ml vett.

Lahtiklopitud munad suruti läbi sõela. Saadud segule lisati peene joana värnits ja vähehaaval vett. Segu vispeldati kuni kõik koostisosad olid ühtlaselt segunenud.



Joonis 3.4 Vasakul – valmistatud munaõlitempera. Paremal – 2x värvikihiga kaetud proovikehad (erakogu)

3.2.5 Savivärv (SV)

Retsept:

- 1 osa savipulbrit (fraktsioon 0,25)
- 1 osa vett

Värv valmistamiseks segati koostisosad omavahel kokku.



Joonis 3.5 Vasakul – valmistatud savivärv. Paremalt – 2x värvikihiga kaetud proovikehad (erakogu)

3.2.6 Akrülaatvärv Akrit 12 (PV)

Süntheetilise värvina kasutati Akrit 12 akrüülvärvi. Tegemist on poolmati vesialuselise seinavärviga, mida kasutatakse kulumiskindlate pindade saavutamiseks siseruumides. Tootja Eskaro Group AB Sweden.



Joonis 3.6 Vasakul – poolmatt seinavärv Akrit12 . Paremalt – 2x värvikihiga kaetud proovikehad (erakogu)

3.3 Metoodika

3.3.1 Niiskuspuhverdusvõime määramine NORDTEST meetodiga

NORDTEST meetodiga saab määrata niiskuspuhverdusvõimet siseõhuga kokkupuutes olevatel materjalidel jäljendades selleks ööpäevase suhtelise õhuniiskuse muutumist eluruumis (magamistuba). (Rode, 2005)

Katsekehade kuju ja suurus ei ole meetodiga fikseeritud, kuid soovitatakse kasutada ristküliku kujulisi katsekehasid, mille siseõhule avatud külje pindala on minimaalselt 0,01 m² ja paksus tavapärase kasutuskihi paksus.

Katse alguses aklimatiseeritakse katsekehad temperatuuril 23°C suhtelise õhuniiskusega 50% kuni tasakaalupunkti saavutamiseni. Tasakaalupunktiks loetakse seda, kui katsekehade massi muutus kahel järjestikusel kaalumisel jääb 0,1% sisse keha algmassist. Kaalumine toimub iga 24h järel.

Pärast tasakaaluniiskuse saavutamist tõstetakse suhteline õhuniiskus 75%-ni ning katsekehasid kaalutakse kaheksa tunni möödumisel. Seejärel langetatakse suhteline õhuniiskus 33%-ni ning kaalutakse 16h pärast.

Tsükli korraldatakse seni, kuni keskmine massi muutus Δm (g) on vähem kui 5% ning seda vähemalt kolmel järjestikusel päeval. Δm on aritmeetiline keskmine imendunud niiskuse massist ja välja kuivanud niiskuse massist. Iga tsükli imendunud niiskuse ja välja kuivanud niiskuse massi vahe peab olema väiksem kui 5%.

Iga tsükli kohta arvutatakse kaks massimuutust väljendavat suurust : üks massi tõusu ehk niiskuse imendumise kohta ($m_{8 \text{ hours}} - m_0$) ja teine massi languse ehk välja kuivanud niiskuse kohta ($m_{24 \text{ hours}} - m_{8 \text{ hours}}$). Massimuutus arvutatakse ruutmeetri ja ΔRH kohta. Saadud tulemuste põhjal arvutatakse sama tüüpi katsekehade keskmine massimuutus (Δm). Niiskuspuhverdusvõime arvutamisel võetakse arvesse viimase 3 stabiilse tsükli tulemusi.

Praktiline niiskuspuhverdusvõime $MBV_{\text{practical}}$ näitab vee hulka, mis materjali imendub või mille materjal vabastab läbi niiskuseskeskkonnale avatud pinna kui materjali ümbritsevas keskkonnas toimuvad suhtelise õhuniiskuse muutused. Praktilist niiskuspuhverdusvõimet on võimalik väljendada materjalis sisalduva vee massi, niiskuseskeskkonnale avatud pindala ja RH kaudu ning selle ühikuks on $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \%RH)$.

Praktilise niiskuspuhverduisvõime ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \Delta\text{RH}$) arvutamisel võetakse arvesse viimase kolme stabiilse katsetsükli tulemus ning kasutatakse valemit (1) (Janssen, 2009):

$$MBV_{8h} = \frac{m_{max} - m_{min}}{A \cdot (\varphi_{high} - \varphi_{low})} \quad (1)$$

kus m_{min}/m_{max} on minimaalne ja maksimaalne katsekehas olev niiskus, g või kg;

A on niiskuskeskkonnale avatud pindala, m^2 ;

$\varphi_{high}/\varphi_{low}$ on madala ja kõrge suhtelise õhuniiskusega keskkonna RH väärtus.

NORDTEST meetodi kohaselt jagatakse materjalid vastavalt niiskuspuhverduisvõimele ruutmeetri kohta viite erinevasse gruppi. NORDTEST meetodis välja toodud jaotused ja nende väärtused on toodud tabelis 3.1.

Tabel 3.1 MBV klassifikaator (Rode, 2005)

MBV _{practical} klassifikatsioon	MBV väärtus	
	Miinumum väärtus	Maksimum väärtus
	[$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \% \text{RH}) @8/16\text{h}$]	
Ebaoluline	0,00	0,20
Piiratud	0,20	0,50
Mõõdukas	0,50	1,00
Hea	1,00	2,00
Suurepärase	2,00	...

Ruumi päevase hügrokoopse inertsuse indeksi $I_{h,d}$ ($\text{g}/\text{m}^3 \Delta\text{RH}$) leidmiseks kasutatakse valemit (2), mis hindab niiskuspuhverduisvõime mõju ruumi piirdetarinditele:

$$I_{h,d} = \frac{\sum_i^n MBV_i \cdot S_i + \sum_j^m MBV_{obj}}{ach \cdot V \cdot t_g} \quad (2)$$

kus MBV_i ning MBV_{obj} on ruumi objektide ja elementide niiskuspuhverduisvõime;

S_i on elemendi pindala, m^2 ;

ach on õhuvahetusarv, h^{-1} ;

V on ruumi pindala, m^3 ;

t_g on niiskuse tekkimise aeg, h.,

Võttes aluseks hüpoteetilise magamistoa mõõtmetega $4,0 \cdot 3,0 \cdot 2,7\text{m}$ (pikkus · laius · kõrgus) ja võttes selle ruumi ventilatsiooni õhuvooluhulgaks vastavalt Energiatõhususe miinimumnõuetele $1,0 \text{ l} / (\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ning arvestades akende ja uste pindalaks 4m^2 , saame valemi (2) põhjal leida viimistluskihiga kaetud paberkrohvi hügrokoopse inertsuse indeksi $I_{h,d}$.

Õhuvahetusarvu arc leidmiseks korrutame hüpoteetilise magamistoa põrandapindala etteantud ventilatsiooni õhuvooluhulgaga ning saame, et antud näite puhul on toa õhuvahetus tunnis $12 \text{ l/s} = 43,2 \text{ m}^3/\text{h}$. Teisendades selle ruumi ruumala kaudu õhuvahetusarvuks, saame väärtuseks $43,2 / 32,4 = 1,33 \text{ h}^{-1}$.

3.3.2 Cup method (märja anuma meetod)

Standardi EVS-EN ISO 12572:2016 *Hygrothermal performance of building materials and products- Determination of water vapour transmission properties- Cup method* järgi saab määrata ehitusmaterjalide ja – toodete veeauru läbilaskvust konstantse temperatuuriga tingimustes.

Katsekeha kinnitatakse anumale, milles on küllastunud soollahus (nn. märja anuma meetod). Antud lõputöös viidi katsed läbi märja anuma meetodil.

Katsekeha diameeter peab olema vähemalt kaks korda suurem kui katsekeha paksus. Standardi kohaselt peab katsekeha niiskusele avatud pinna pindala olema vähemalt $0,005 \text{ m}^2$ ning niiskusele avatud pinna ning selle vastas asuva pinna pindalade erinevus peab jääma 3% piiresse. Kui niiskusele avatud pinna pindala on väiksem kui $0,005 \text{ m}^2$, siis peab katses kasutama vähemalt 5 katsekeha.

Enne katsega alustamist tuleb katsekehi hoida temperatuuri 23°C ja suhtelise õhuniiskuse 50% juures kuni kaalu stabiliseerub ehk siis kolme järjestikkuse päeva mõõtmistulemistele erinevused jäävad 5% sisse.

Katse kasutatava vedeliku ja katsekeha vahele peab jääma õhkvahe vähemalt 10 ± 5 mm. Katsekehad kaetakse vee- ja aurukindla materjaliga, avatuks jäetakse anumaga seotud tasapind ja selle vastas asuv pind.

Katsekehad asetatakse kliimakambrisse, mis seadistatakse temperatuurile $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ ning RH väärtusega $(50 \pm 5)\%$. Anumas oleva küllastunud vedeliku poolt tekitatud rõhkude erinevuse tõttu toimub niiskuse ülekandmine läbi katsekeha anumast välja. Niiskuse ülekandumise kiirust määratakse kaalumise teel (iga 24h järel).

Katse jätkub seni kuni viie järjestikuse kaalumise tulemusena jääb massi muutus algsest massist $\pm 5\%$ sisse st, et katsekeha läbib ajaühikus konstantne kogus veeauru.

Tulemuste analüüsimiseks leitakse esmalt massi muutus (kg/s) valemiga (3):

$$\Delta m_{12} = \frac{m_2 - m_1}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

kus m_1 on katsekeha mass ajahetkel t_1 , kg;

m_2 on katsekeha mass ajahetkel t_2 , kg;

t_1 ja t_2 on järjestikused kaalumisajad, s.

Saadud tulemuste põhjal arvutatakse G , mis on viimase viie katsetulemuse Δm_{12} keskmine tulemus. Pärast G leidmist saame arvutada veeauru intensiivsuse g (kg/s · m²) valemiga (4):

$$g = \frac{G}{A} \quad (4)$$

kus G on viimase viie katsetulemuse Δm_{12} keskmine tulemus;

A on anumale avatud katsekeha pindala, m².

Veeauru juhtivuse W (kg/(m² · s · Pa)) leidmiseks kasutatakse valemit (5):

$$W = \frac{G}{A \cdot \Delta p} \quad (5)$$

kus Δp standardist määratud rõhk. Antud katses $\Delta p = 1207$ Pa.

Veeaurutakistuse Z ((m² · s · Pa)/kg) määramiseks kasutatakse valemit (6):

$$Z = \frac{1}{W} \quad (6)$$

Veeauru läbilaskvus δ (kg/(m · s · Pa)) leitakse valemiga (7):

$$\delta = W \cdot d \quad (7)$$

kus d on katsekeha paksus, m.

Difusioonitakistuskonstant μ leitakse valemiga (8):

$$\mu = \frac{\delta_{air}}{\delta} \quad (8)$$

kus δ_{air} on õhu veeaurujuhtivus $188 \text{ ng}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$.

Katmata materjalikihi aurutakistuse S_d (m) arvutatakse valemiga (9):

$$S_d = \mu \cdot d \quad (9)$$

Viimistluskihi veeaurutakistuse Z_f ($(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})/\text{kg}$) määramiseks kasutatakse valemit (10):

$$Z_f = Z_t - Z_m \quad (10)$$

kus Z_t on veeaurutakistus viimistluskihiga kaetud katsekehal;

Z_m on viimistlemata katsekeha veeaurutakistus.

3.3.3 Seadmed

Katsete läbiviimisel kasutati järgmiseid seadmeid:

- kliimakambrit Rumed 4101 (joonis 3.8), mis hoiab temperatuuri vahemikus $0 \dots +60^\circ\text{C}$ täpsusega $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ja õhuniiskust vahemikus $20 \dots 95\%$ täpsusega $\pm 2 \dots 3\%$;
- kuivatuskapp Memmert UFB-500 (joonis 3.7), mis töötab vahemikus $+30 \dots +220^\circ\text{C}$ (kuni 100°C täpsusega $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ja sellest kõrgemal temperatuuril täpsusega $\pm 1^\circ\text{C}$);
- digitaalkaalu KERN PLT 1200-3A (joonis 3.9), mille mõõtevahemik on $0 \dots 1200\text{g}$ ja täpsus $\pm 10\text{mg}$.



Joonis 3.7 Kuivatuskapp Memmert UFB-500 (erakogu)



Joonis 3.8 Kliimakamber RUMED 4101 väljast ja seest (erakogu)



Joonis 3.9 Digitaalkaal Kern PLT 1200-3A (erakogu)

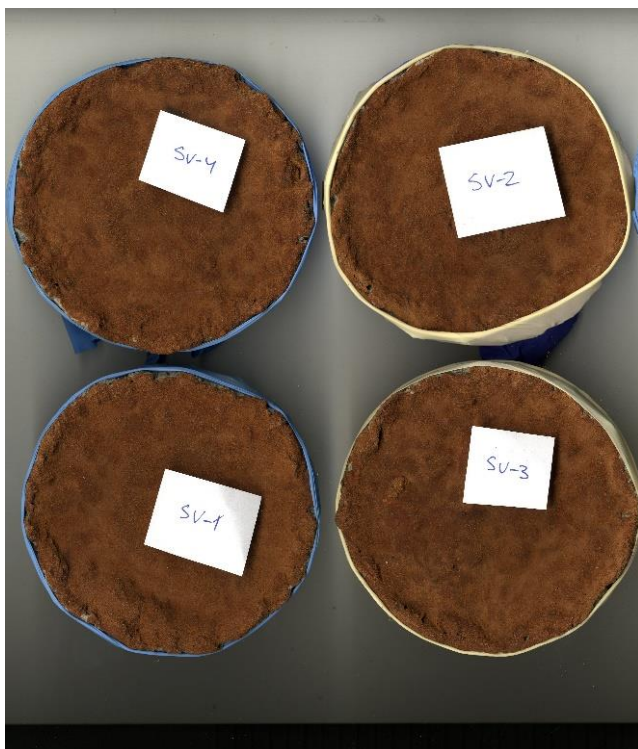
Katsekehade pindala mõõtmine

Kuivatatud katsekehade pindalad skaneeriti (skanner EPSON GT-15000). Skanneeritud piltide (jpg) pindalad mõõdeti pilditöötlemisprogrammiga Adobe Photoshop kasutades Measurement log käsklust. Saadud tulemused (pikslite arv) teisandati cm^2 -teks vastavalt skaalale. Skaalana kasutati katsekehade valmistamise vormi. Katsekehade pindalad on toodud tabelis L.1.

4. TULEMUSED

4.1 Niiskuspuhverdusvõime

Katsekehas paigutati silikoonvutlarisse (antud töös kasutati meditsiinilisi kummikindaid) selliselt, et õhuniiskusele oleks avatud ainult viimistluskihiga kaetud külg katsekehast. Kaalumistulemused on esitatud tabelis L.2.



Joonis 4.1 Vutlarisse asetatud katsekehad (erakogu)

Katse viidi läbi ajavahemikus 05.03.2020 kuni 10.03.2020. Tasakaaluniiskuse saavutamiseks kulus 96h.

Kroomrohelistega toonitud kohupiimavärviga kaetud paberikrohvi (katsekeha RKV-3) praktiline niiskuspuhverdusvõime on (1):

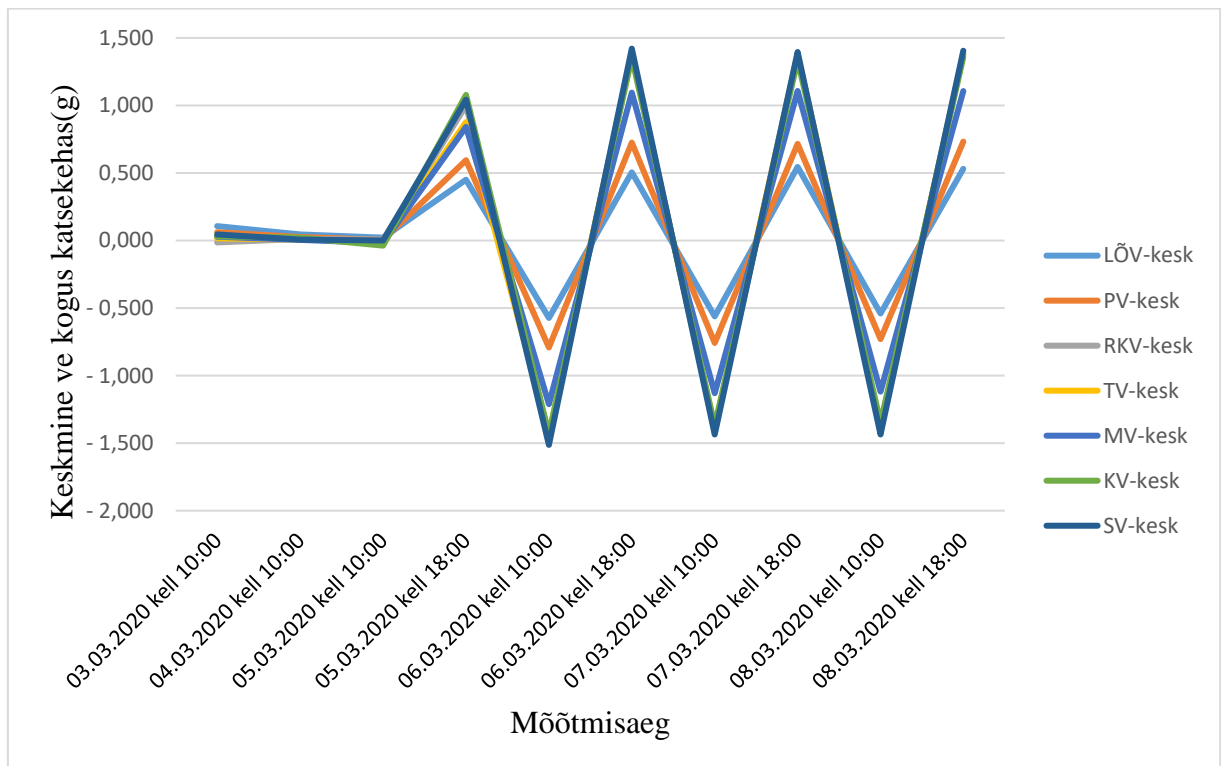
$$MBV_{8h} = \frac{m_{max} - m_{min}}{A \cdot (\varphi_{high} - \varphi_{low})} = \frac{1,015 - (-0,415)}{0,0105 \cdot (75\% - 33\%)} = 3,24g/(m^2 \cdot \Delta RH)$$

Ülejäänud MBV_{8h} tulemused on toodud tabelis L.3.

Kroomrohelistega toonitud kohupiimavärviga kaetud paberikrohvi (katsekeha RKV-3) hügroskoopsuse indeks on (2):

$$I_{h,d} = \frac{\sum_i^n MBV_i \cdot S_i + \sum_j^m MBV_{obj}}{ach \cdot V \cdot t_g} = \frac{3,24 \cdot 33,8 + 0}{1,33 \cdot 32,4 \cdot 8} = 0,318 \text{ g}/(\text{m}^3\%RH)$$

Kõige suurema niiskuspuhverduvõimega oli savivärviga kaetud katsekehad, kuhu imendus märgumistsükli jooksul keskmiselt 1,32 g vett (125,14 g/m²) ja kuivas välja 1,46 g vett (138,41 g/m²). Kõige vähem puhverdasid niiskust linaõlivärviga kaetud katsekehad, mis imasid märgumistsükli jooksul keskmiselt 0,51 g vett (47,24 g/m²) ja katsekehadedest kuivas välja keskmiselt 0,56 g vett (51,87 g/m²) (vt. joonist 4.2, tabel 4.1).

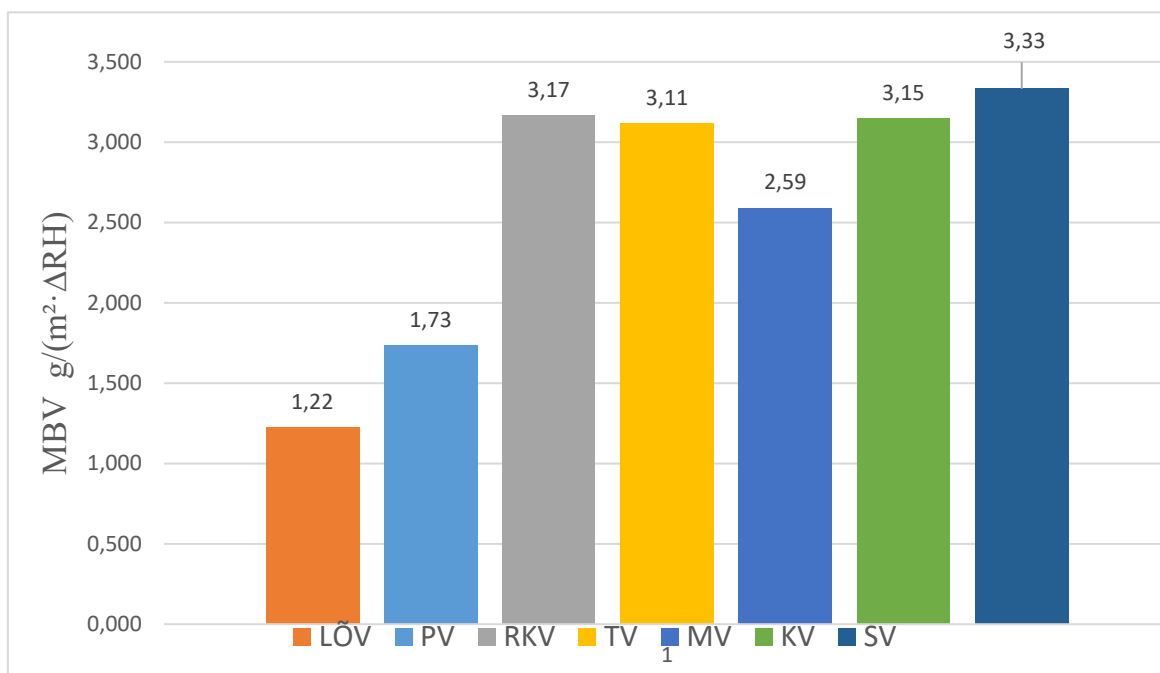


Joonis 4.2 NORDTEST katsekehade gruppide tsükliline muutmine katse vältel (g)

	05.03.2020		06.03.2020		07.03.2020		08.03.2020
	g/m ²	g/m ²	g/m ²	g/m ²	g/m ²	g/m ²	g/m ²
LÕV	41,77	-53,07	46,82	-51,92	50,48	-49,95	49,25
PV	56,08	-74,62	68,28	-71,49	67,46	-68,85	69,03
RKV	94,57	-136,81	130,92	-132,58	130,33	-130,66	130,90
TV	84,07	-138,03	131,31	-133,16	132,33	-132,11	132,30
MV	80,25	-115,68	104,63	-107,94	105,72	-106,68	105,63
KV	103,01	-137,02	129,73	-131,14	127,84	-128,87	129,70
SV	98,92	-143,41	134,69	-136,11	132,39	-136,04	133,22

Erinevate looduslike ja sünteetiliste viimistlusmaterjalidega kaetud paberkrohvi katsekehade praktiline niiskuspuhverduvusvõime jääb vahemikku 1,22...3,33 g/m²ΔRH. Kõige parema tulemuse andis savivärviga kaetud katsekehad (keskmiselt 3,33

g/m²ΔRH). Kõige väiksema tulemused andis linaõlivärviga viimistletud paberkrohvi katsekehad (keskmiselt 1,22 g/m²ΔRH). Kõikide katsekehade niiskuspuhverdusvõime on välja toodud tabelis L.3 ja joonisel 4.3.



Joonis 4.3 Katsekehade keskmine niiskuspuhverdusvõime (g//m² ·ΔRH) katsekeha gruppide kaupa

MBV klassifikatsiooni järgi on savivärvi, toonitud ja toonimata kohupiimavärvi, katmata paberkrohvi ja munaõlitemperaga kaetud paberkrohvi puhul tegemist suurepäraselt niiskust puhverdava pinnakattega. Linaõlivärviga kaetud paberkrohvi ja akrülaatvärviga Akrit 12 kaetud katsekehad on MBV klassifikatsiooni järgi hea niiskuspuhverdusvõimega pinnakatted.

4.2 Veeauru läbilaskvus

Katse viidi läbi ajavahemikus 25.03.2021 kuni 08.04.2021. Kaalumistulemused on esitatud tabelites L.4 ja L.5.

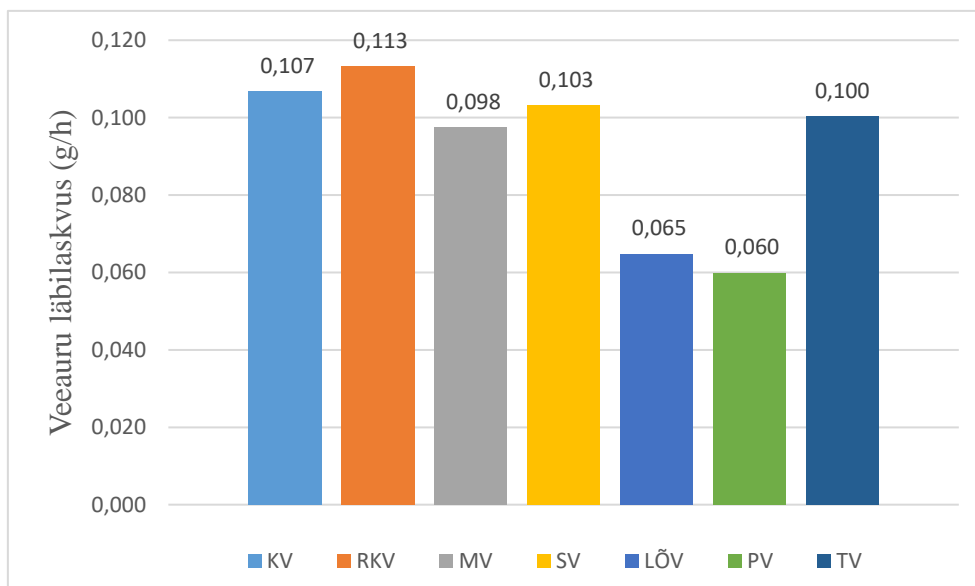
Viimase viie päeva jooksul läbis kõige enam veeauru toonitud kohupiimavärviga kaetud katsekehi (keskmiselt 13,60g) ja kõige vähem veeauru Akrit 12 seinavärviga kaetud katsekehi (keskmiselt 7,19g) (vt. tabel 4.2.).

Katsekehade veeauru voo ΔG/Δt (g/h) järgi eraldasid ajaühiku kohta keskmiselt kõige rohkem veeauru toonitud kohupiimavärviga kaetud katsekehad (keskmiselt 0,113 g/h)

ning kõige vähem Akrit 12 seinavärviga kaetud katsekehad (keskmiselt 0,060 g/h) (vt. joonis 4.4; tabel 4.2.).

Tabel 4.2. Veeauru läbilaskvus viimasel 120 tunnil (g/h) katsekehade kaupa

	Katsekeha läbinud veeaur		Veeauru läbilaskvus			Katsekeha läbinud veeaur		Veeauru läbilaskvus	
	g	g	g/h	g/h		g	g	g/h	g/h
KV-1	13,336	12,815	0,111	0,107	LÖV-1	12,109	7,778	0,101	0,065
KV-2	12,648		0,105		LÖV-2	6,126		0,051	
KV-3	12,491		0,104		LÖV-3	6,202		0,052	
KV-4	12,784		0,107		LÖV-4	6,673		0,056	
RKV-1	12,944	13,597	0,108	0,113	PV-1	6,796	7,192	0,057	0,060
RKV-2	13,304		0,111		PV-2	7,396		0,062	
RKV-3	13,161		0,110		PV-3	7,402		0,062	
RKV-4	14,980		0,125		PV-4	7,173		0,060	
MV-1	11,216	11,701	0,093	0,098	TV-1	13,424	12,036	0,112	0,100
MV-2	11,433		0,095		TV-2	12,559		0,105	
MV-3	13,120		0,109		TV-3	11,983		0,100	
MV-4	11,036		0,092		TV-4	10,177		0,085	
SV-1	12,382	12,382	0,103	0,103					
SV-2	12,582		0,105						
SV-3	12,743		0,106						
SV-4	11,819		0,098						



Joonis 4.4 Katsekehade keskmine veeauru läbilaskvus (g/h) katsekeha gruppide kaupa

Järgnevalt on esitatud meetodikat kirjeldavas alajaotises 3.5 toodud arvutuskäik katsekeha RKV-3 näitel. Tulemustes võeti arvesse viimase viie päeva kaalumistulemusi (04.04.2021 – 08.04.2021).

Katsekeha massi muutuse ajas hindamiseks kasutame valemit (3)

$$\Delta m_{12} = \frac{m_2 - m_1}{t_2 - t_1} = \frac{350,688 \cdot 10^{-3} - 353,237 \cdot 10^{-3}}{86\,400 - 0} = 2,95 \cdot 10^{-8} \frac{kg}{s}$$

Tulemuste analüüsimisel on kasutatud antud väärtuse absoluutväärtust, kuna tegemist on katsekeha läbinud veeauru koguse muuduga. Sama valemiga leitakse järgmiste kaalumistulemuste põhjal katsekehade massimuudud aja suhtes:

$$\Delta m_{23} = 3,06 \cdot 10^{-8} \frac{kg}{s};$$

$$\Delta m_{34} = 3,04 \cdot 10^{-8} \frac{kg}{s};$$

$$\Delta m_{45} = 3,02 \cdot 10^{-8} \frac{kg}{s}.$$

Saadud massimuutudest arvutatakse nende aritmeetiline keskmine G.

$$G = 3,02 \cdot 10^{-8} \frac{kg}{s}.$$

Pärast G leidmist saame arvutada veeauru intensiivsuse g (kg/s · m²) valemiga (4):

$$g = \frac{G}{A} = \frac{3,02 \cdot 10^{-8}}{0,0104} = 2,91 \cdot 10^{-6} \text{ kg}/(s \cdot m^2)$$

Veeauru juhtivuse W (kg/(m² · s · Pa)) leidmiseks kasutatakse valemit (5):

$$W = \frac{G}{A \cdot \Delta p} = \frac{3,02 \cdot 10^{-8}}{0,0104 \cdot 1207} = 2,41 \cdot 10^{-9} \text{ kg}/(m^2 \cdot s \cdot Pa)$$

Δp on standardis etteantud rõhk, mis antud katses on $\Delta p = 1207$ Pa.

Veeaurutakistuse Z ((m² · s · Pa)/kg) määramiseks kasutatakse valemit (6):

$$Z = \frac{1}{W} = \frac{1}{2,41 \cdot 10^{-9}} = 4,14 \cdot 10^8 \frac{m^2 \cdot s \cdot Pa}{kg}$$

Veeauru läbilaskvus δ (kg/(m · s · Pa)) leitakse valemiga (7):

$$\delta = W \cdot d = 2,41 \cdot 10^{-9} \cdot 0,02 = 48,28 \text{ ng (m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa)}$$

Difusioonitakistuskonstant μ leitakse valemiga (8):

$$\mu = \frac{\delta_{air}}{\delta} = \frac{188}{48,28} = 3,89$$

Katmata materjalikihi aurutakistuse S_d (m) arvutatakse valemiga (9):

$$S_d = \mu \cdot d = 3,89 \cdot 0,02 = 0,078 \text{ m}$$

Kõikide katsekehade arvutustulemused on esitatud tabelis L.6.

Difusioonitakistuse μ väärtused jäid vahemikku 3,42...7,78. Kõige väiksema takistusega olid kroomroheline pigmendiga toonitud kohupiimavärviga kaetud katsekehad (3,42) ja Kõige suurema difusioonitakistuse väärtuse andis akrülaatvärviga Akrit 12 kaetud paberkrohvi katsekehad, kus keskmine difusioonitakistus oli 7,78.

Võrreldes difusioonitakistuse näitajaid teiste ehitusmaterjalide või viimistlusmaterjalidega on näha, et looduslike viimistlusmaterjalidega viimistletud paberkrohv juhib väga hästi veeauru. Näiteks on kuusepuidu difusioonitakistus 40 ehk 5...11 korda suurem, kui viimistletud paberkrohvil.

Viimistluskihi veeaurutakistuse Z_f ((m²·s·Pa)/kg) määramiseks kasutatakse valemit (10):

$$Z_f = Z_t - Z_m = 4,14 \cdot 10^8 - 4,87 \cdot 10^8 = -0,73 \cdot 10^8 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}}{\text{kg}}$$

Z_m väärtusena kasutame viimistluskihita katsekehade keskmist veeaurutakistust. Antud lõputöös on selleks väärtuseks $4,87 \cdot 10^8 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}}{\text{kg}}$. Ülejäänud viimistluskihiga kaetud katsekehade viimistluskihi veeaurutakistused Z_f on toodud tabelis 4.3.

Tabel 4.3. Viimistluskihiga kaetud katsekehade viimistluskihi veeaurutakistused Z_f

	Z_f		Z_f		Z_f
	$m^2 \cdot s \cdot Pa/kg$		$m^2 \cdot s \cdot Pa/kg$		$m^2 \cdot s \cdot Pa/kg$
	(10^{-8})		(10^{-8})		(10^{-8})
KV-1	-0,55	MV-1	0,36	LÖV-1	-0,61
KV-2	-0,94	MV-2	0,36	LÖV-2	3,41
KV-3	-0,36	MV-3	-0,28	LÖV-3	3,64
KV-4	-0,40	MV-4	0,55	LÖV-4	3,15
RKV-1	-0,85	SV-1	0,10	PV-1	3,84
RKV-2	-0,93	SV-2	-0,62	PV-2	2,81
RKV-3	-0,73	SV-3	-0,64	PV-3	2,89
RKV-4	-1,37	SV-4	-0,37	PV-4	3,22

5. ARUTELU

Lõputöö tulemusena selgus, et katsekehade praktiline niiskuspuhverdusvõime jääb vahemikku 1,22...3,33 g/(m² ·Δ RH). Parima tulemuse saavutasid savivärviga kaetud katsekehad (3,33 g/(m² ·Δ RH)) ja kõige halvema tulemuse linaõlivärviga kaetud katsekehad (1,22 g/(m² ·Δ RH)). Tulemus on seletatav asjaoluga, et savi- ja kohupiimavärvide puhul on tegemist veepõhiste värvidega, mis tagab selle, et värvikiht on veeauru liikumisele avatud ehk difuusne. Linaõlivärvi ja munaõlitempera puhul on tegemist õlibaasil värvidega (sideaineks linaõlivärnits), kus pärast värvikihi kuivamist tekib aluspinnale värvikelme, mis ei seo niiskust. Lõputöös kasutatud sünteetilise värvi (akrülaatvärv Akrit 12) puhul on tegemist lateksvärviga, mis ei ole „hingav“ värv ja seetõttu ei puhverda niiskust.

2020.aastal valmis uurimustöö „The Effects of Natural Paints on the Moisture Buffering Ability of Paper Plaster“ (Nutt, Kubjas, Nei, Ruus, 2020), kus uuriti erinevate looduslike värvide mõju paberkrohvi niiskuspuhverdusvõimele. Katse läbiviimiseks valmistati 24 katsekeha, mis kaeti seitsme eri tüüpi loodusliku värviga. Paberkrohvi valmistamiseks kasutati sama retsepti nagu antud lõputöös. Üks grupp katsekehi jäeti katmata. Kasutati järgmisi looduslike värve: kohupiimakrunti, kohupiimavärvi, kollase raudoksiidiga toonitud kohupiimavärvi, linaõlivärvi, munaõlitemperat, savivärvi ja akrülaatvärvi Akrit 7. Iga värvigrupi kohta värviti 3 katsekeha ning kõik katsekehad kaeti 2 kihi värviga. Tulemuste kohaselt saavutas parima tulemuse värvimata paberkrohvi katsekeha, mille praktiline niiskuspuhverdusvõime oli 2,88 g/(m² ·Δ RH). (Nutt, Kubjas, Nei, Ruus, 2020).

Kõik antud uurimustöös saadud praktilised niiskuspuhvedusvõimed on toodud tabelis 5.1.

Tabel 5.1 Katsekehade praktilised niiskuspuhverdusvõimed (Nutt, Kubjas, Nei, Ruus, 2020).

Katsekeha kirjeldus	MBV g/(m ² ·Δ RH)	MBV klassifikatsioon	I _{h,d} g/(m ³ ·Δ RH)
Katmata paberkrohvi katsekeha	2,88	suurepärase	0,51
Toonitud kohupiimavärv (Fe ₂ O ₃)	2,70	suurepärase	0,48
Kohupiimakrunti	2,63	suurepärase	0,47
Savivärv	2,61	suurepärase	0,46
Kohupiimavärv	2,42	suurepärase	0,43
Munaõlitempera	2,34	suurepärase	0,41
Linaõlivärv	1,96	hea	0,35
Alkülaatvärv Akrit 7	0,59	keskmise	0,10

Uurimustöö käigus leiti, et viimistluskihiga katmine mõjutab paberkrohvi niiskustehnilisi omadusi. Võrreldes saadud tulemusi antud lõputöös saadud väärtustega, siis suurimaks erinevuseks on see, et antud lõputöös paranes kohupiimavärviga (nii toonimata kui ka kroomrohelistega toonitud) ja savivärviga viimistletud paberkrohvi praktiline niiskuspuhverdusvõime. Üldine praktiliste niiskuspuhverdusvõime järjestus on sarnane antud lõputöös saadud tulemustega – parima tulemuse saavutasid veepõhised looduslikud värvid ja neile järgnesid õlibaasil valmistatud värvid ning sünteetiline akrülaatvärv.

2020.aastal avaldatud uurimustöös „The Effects of Natural Paints on the Moisture Buffering Ability of Paper Plaster“ (Nutt, Kubjas, Nei, Ruus, 2020) uuriti viimistluskihtide arvu mõju paberkrohvi niiskuspuhverdusvõimele. Viimistlusmaterjalina kasutati kohupiimavärvi ja savivärvi. Uuringu tulemusel leiti, et mida väiksem on viimistluskihtide arv, seda parem on paberkrohvi niiskuspuhverdusvõime. Näiteks kohupiimavärvi puhul oli kahekordselt kaetud paberkrohvi praktiliseks niiskuspuhverdusvõimeks $2,26 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{ RH})$ ja ühekordselt kaetud paberkrohvi puhul $2,70 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{ RH})$. (Nutt, Kubjas, Nei, Ruus, 2020)

Samuti on TTÜ Tartu kolledžis uuritud sideaine koguse muutmise mõju paberkrohvi niiskustehnilistele omadustele (Tearu, 2018) ja paberkrohvi tootmisviiside mõju paberkrohvi niiskustehnilistele omadustele (Soolepp, 2019). Käesolevas lõputöös kasutati paberkrohvi valmistamiseks ajalehepaberit ja 20g liimi. Sama retsepti kasutati mõlemas eelpool mainitud uurimustöös.

2018. aastal Maia-Liisa Tearu poolt kaitstud magistritöös oli katmata paberkrohvi praktiline niiskuspuhverdusvõime $2,00 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{ RH})$. Sama grupi katsekehi läbis 120h jooksul keskmiselt 10,43g veeauru ehk veeauru läbilaskvus oli 0,087 g/h. Difusioonitakistuskonstant μ oli 3,23 ja aurutakistus S_d oli 0,07m. (Tearu, 2018)

2019. aastal Mihkel Soolepa poolt kaitstud magistritööd oli katmata paberkrohvi (mis oli valmistatud ajalehepaberist ja purustamiseks kasutati magistritöö raames valmistatud paberipurustit) praktiline niiskuspuhverdusvõime $2,54 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{ RH})$. (Soolepp, 2019)

Võrreldes saadud tulemusi antud lõputöös saadud väärtustega, siis on antud lõputöös saadud katmata paberkrohvi praktiline niiskuspuhverdusvõime suurem ($3,118 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{ RH})$). Katmata katsekehi läbis antud lõputöös 120 h jooksul suurem hulk veeauru (12,04g) ja katsekeha veeauru läbilaskvus oli seetõttu samuti suurem (0,100 g/h).

Lisaks on TTÜ Tartu kolledžis varasemalt koostatud magistritöodes uuritud pinnakatte mõju savikrohvi niiskustehnilistele omadustele (Vares, 2012; Soosaar, 2017) ning viimistluskihi mõju lubikrohvi niiskustehnilistele omadustele (Puustusmaa, 2016).

2012. aastal Olgerd Varese poolt kaitstud magistritöös kasutati savikrohvi katmiseks 6 erinevat viimistluskihti: tselluloosiga savi peenviimistluskrohvi, tselluloosita savi peenviimistluskrohvi, kohupiimavärvi, tsellulooskrunti, lubivärvi ja kohupiimakrunti. Üks grupp katsekehi jäeti tulemuste võrdlemiseks katmata. Viimistlemata savikrohvi difusioonitakistuskonstant μ oli 5,3 ja aurutakistus S_d oli 0,12m. Sarnaselt antud lõputööle suurendas savikrohvi veeauru läbilaskvust katsekeha viimistlemine kohupiimavärvi ja kohupiimakrundiga (9%). (Vares, 2012)

2017.aastal Hannes Soosaare poolt kaitstud magistritöös kasutati savikrohvi katsekehade katmiseks 10 erinevat viimistlust: sünteetiline värv Akrit 7, sünteetiline värv Akrit 2, polümeeralusel vesidispersioonvärv Kateks, niiskustõke, naatriumvesiklaas, munaõlitempera, kohupiimavärv + 10% linaõli, kohupiimavärv, pabertapeet ja linaõli. Üks grupp katsekehi jäeti katmata. Katmata katsekeha difusioonitakistuskonstant μ oli 4,96 ja aurutakistus S_d 0,14m. Sarnaselt antud lõputööle mõjutab veeauru läbilaskvust kõige enam munaõlitempera ja linaõliga katmine (läbilaskvus vähenes ligi 3 korda). Kohupiimavärviga katmine savikrohvi niiskustehnilisi omadusi oluliselt ei muutnud. (Soosaar, 2017)

2016.aastal Liisa Puustusmaa poolt kaitstud magistritöös uuriti erinevate pinnakatete mõju lubikrohvi niiskustehnilistele omadustele. Viimistluskihina kasutati: lubi viimistluskrohvi, lubi peenviimistluskrohvi, kohupiimavärvi, lubi-kaseiinvärvi, lubivärvi, liimainet metüülselluloos ja silikaatvärvi. Ühe grupi katsekehad jäeti viimistlemata. Katmata lubikrohvi difusioonitakistuskonstant μ oli 7,9 ja aurutakistus S_d 0,16m. Kõige parema tulemuse saavutas lubivärviga kaetud katsekehad, kuid töö autor pidas tulemusi ebatõenäoliseks ning leidis, et see oli tingitud katsekehades jätkuvast karboniseerumisprotsessist. Kaseiinvärviga katmine lubikrohvi niiskustehnilisi omadusi oluliselt ei muutnud. (Puustusmaa, 2016)

Antud lõputöös leiti, et paberkrohvi looduslike värvidega viimistlemine mõjutab paberkrohvi niiskustehnilisi omadusi. Mõju oleneb viimistluskihi sideaine valikust. Kõige parema tulemuse saamiseks tuleks kasutada veepõhiseid looduslikke värve.

KOKKUVÕTE

Antud lõputöös hinnati kuue erineva viimistlusmaterjaliga kaetud paberkrohvi niiskuspuhverdusvõimet ja veeauru läbilaskvust. Viimistlusmaterjalidena kasutati 5 isevalmistatud looduslikku värvi ja ühte sünteetilist akrülaatvärvi. Kokku valmistati 28 katsekeha, mis jagati seitsmesse gruppi (4 katsekeha igas grupis) ja kaeti 2 kordse viimistlusmaterjali kihiga.

Katsetulemuste põhjal on võimalik teha järgmisi järeldusi:

1. Viimistluskihiga katmine mõjutas paberkrohvi praktilist niiskuspuhverdusvõimet. Katmata paberkrohvi niiskuspuhverdusvõime oli $3,12 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{ RH})$. Viimistluskihiga kaetud paberkrohvi praktiline niiskuspuhverdusvõime jäi vahemikku $1,22...3,33 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{ RH})$.
2. Paberkrohvi praktiline niiskuspuhverdusvõime suurenes, kui paberkrohvi katsekeha kaeti kroomrohelistega toonitud kohupiimavärviga ($3,165 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{ RH})$), toonimata kohupiimavärviga ($3,148 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{ RH})$) ja savivärviga ($3,332 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{ RH})$).
3. Kroomrohelse pigmendi lisamine kohupiimavärvi parandas paberkrohvi praktilist niiskuspuhverdusvõimet $0,54\%$ võrra (võrreldes toonimata kohupiimavärviga).
4. Paberkrohvi praktiline niiskuspuhverdusvõime vähenes, kui viimistluskihina kasutati õlibaasil valmistatud looduslike värve. Näiteks linaõlivärviga kaetud paberkrohvi praktiline niiskuspuhverdusvõime oli $1,222 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{ RH})$ ja munaõlitemperaga kaetud paberkrohvil $2,592 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{ RH})$.
5. Sünteetilise akrülaatvärviga Akrit 12 kaetud katsekeha praktiline niiskuspuhverdusvõime oli $1,734 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{ RH})$.
6. Paberkrohv, mille viimistlemiseks kasutati kroomrohelse pigmendiga toonitud kohupiimavärvi, toonimata kohupiimavärvi, savivärvi ja munaõlitemperat, liigitub suurepäraselt niiskust puhverdavate materjalide hulka. Linaõlivärvi ja sünteetilise akrülaatvärviga kaetud paberkrohv liigitub hästi niiskust puhverdavate materjalide hulka.
7. Viimistluskihiga katmine mõjutas paberkrohvi veeauru läbilaskvust. Katmata paberkrohvi veeauru läbilaskvus 120h jooksul oli $0,100 \text{ g}/\text{h}$. Viimistluskihiga

kaetud paberkrohvi veeauru läbilaskvus 120h jooksul jäi vahemikku 0,060...0,113 g/h.

8. Paberkrohvi veeauru läbilaskvus paranes, kui paberkrohvi katsekeha kaeti kroomrohelisega toonitud kohupiimavärviga (0,113 g/h), toonimata kohupiimavärviga (0,107 g/h) ja savivärviga (0,103 g/h).
9. Viimistluskihiga kaetud paberkrohvi veeauru läbilaskvus vähenes, kui paberkrohvi kaeti munaõlivärviga (0,098g/h), linaõlivärviga (0,065 g/h) ja sünteetilise värviga Akrit 12 (0,060 g/h).
10. Viimistletud paberkrohvi difusioonitakistus μ väärtused jäid vahemikku 3,42...7,78. Kõige väiksema takistusega olid kroomrohelise pigmendiga toonitud kohupiimavärviga kaetud katsekehad (3,42) ja kõige suurema difusioonitakistuse väärtuse andis akrülaatvärviga Akrit 12 kaetud paberkrohvi katsekehad, kus keskmine difusioonitakistus oli 7,78.
11. Viimistluskihiga kaetud paberkrohvi niiskustehnilised omadused (praktiline niiskuspuhverdusvõime ja veeauru läbilaskvus) muutusid halvemaks, kui paberkrohvi viimistlemiseks kasutati õlibaasil valmistatud värve või sünteetilisi värve. Veepõhiste värvide kasutamine parandas paberkrohvi niiskustehnilisi omadusi.

SUMMARY

In this thesis, the effect of different finishing to paper plaster moisture buffering ability and water vapor permeability were studied. Five self-made natural paints and one synthetic acrylate paint were used as finishing materials on the paper plaster specimens. Each paint was applied to one specimen group that consisted of four specimens, one group of specimens was left untreated. In total twenty-eight specimens were made.

Based on the study, the following conclusions can be made:

1. The finishing material affected the practical moisture buffering ability of the paper plaster. The paper plaster without the finishing material had a moisture buffering value of $3,12 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{RH})$. The paper plaster with different finishing materials had a practical moisture buffering value in between 1,22 to 3,33 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{RH})$.
2. The practical moisture buffering ability of the paper plaster increased when it was finished with casein paint that was tinted with chrome green pigment (3,165 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{RH})$), casein paint (3,148 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{RH})$) and clay paint (3,332 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{RH})$).
3. By adding chrome green pigment to the casein paint, the practical moisture buffering ability was improved by 0,54% in comparison to the casein paint without any pigmentation.
4. The practical moisture buffering ability decreased when oil-based natural colors were used as a finishing material on the paper plaster. For example, the practical moisture buffering ability of the paper plaster finished with linseed oil paint was 1,222 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{RH})$ and the paper plaster finished with egg tempera was 2,592 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{RH})$.
5. The practical moisture buffering ability of the paper plaster finished with synthetic acrylate paint Akrit 12 was 1,734 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \Delta \text{RH})$.
6. The paper plaster finished with casein paint and tinted with chrome green pigment, casein paint, clay paint, or with egg tempera, classifies as an excellent moisture buffering material. The paper plaster that is finished with linseed oil paint or with synthetic acrylate paint Akrit 12 classifies as a good moisture buffering material.

7. The paper plaster water vapor permeability was affected by the finishing materials. The paper plaster without any finishing materials had a water vapor permeability of 0,100 g/h during the period of 120 hours. The paper plaster with different finishing materials had a water vapor permeability from 0,060 to 0,113 g/h during the period of 120 hours.
8. The paper plaster water vapor permeability was improved when the paper plaster specimens were finished with the casein paint that was tinted with chrome green pigment (0,113 g/h), casein paint (0,107 g/h) and clay paint (0,103 g/h).
9. The paper plaster water vapor permeability was reduced when the paper plaster specimens were finished with egg tempera (0,098g/h), linseed oil paint (0,065 g/h) and synthetical acrylate paint Akrit 12 (0,060 g/h).
10. The values of the water vapor resistance factor μ on the finished paper plaster ranged from 3,42 and 7,78. The smallest resistance factors were the paper plaster specimens that were finished with the casein paint tinted with chrome green pigment (3,42) and the biggest resistance factors were the specimens that were finished with synthetical acrylate paint Akrit 12 (7,78).
11. The hygrothermal properties of paper plaster specimens that were finished with oil based natural paint or synthetical acrylate paint were worsened. In contrary, the usage of water based paints increased the hygrothermal properties of paper plaster specimens.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

Alen, H. (2004). Värvid ja nende kasutamine. Eesti: Ehitame Kirjastus. 119lk.

Coloratum OÜ kodulehekül. Munaõlitempera valmistamine. Kättesaadav: <http://www.coloratum.ee/munaotildelitempera.html> (06.04.2021)

E-antiik Grupi kodulehekül. Munaõlitempera. Kättesaadav: <https://www.e-antiik.ee/blog/artiklid-1/post/munaolitempera-47> (06.04.2021)

Elvisto, T., Pere, R. (2006). Säästva renoveerimise põhitõed. Kodu vanas majas. Tallinn: AS Ajakirjade Kirjastus. 120 lk.

EVS-EN ISO 12572:2016. Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of water vapour transmission properties – Cup Method. Eesti Standardikeskus.

Keskkonnaministeeriumi jäätmete sortimisuuring. „Segaolmejäätmete, eraldi kogutud paberi- ja pakendijäätmete ning elektroonikaromu koostise ja koguste uuring“. Kättesaadav:

https://www.envir.ee/sites/default/files/sortimisuuringu_lopparuanne.pdf
(04.04.2021)

Konsa, K. (2008). Arhivaalide ja trükiste säilitamine. Tartu: Ajalookirjanduse Sihtasutus Kleio. 134lk.

Ivo Leito analüütilise keemia eripraktikumi õppematerjal. Lühiülevaade maalimaterjalidest: värvidest, pigmentidest ja sideainetest. Kättesaadav: http://tera.chem.ut.ee/~ivo/tech_anal/Varvid.doc (02.05.2021)

Jantunen, M., Jaakkola, J.J.K., Krzyzanowski, M. Assessment of exposure to indoor air pollutants. WHO Regional Publications European Series, No. 78, Kopenhaagen, 1997

LabWrench koduleht. Memmert UFB-500 tooteinfo. Kättesaadav: <http://www.labwrench.com/?equipment.view/equipmentNo/7501/Memmert/UFB-500/> (20.03.2020)

Liiske, M. (2002). Sisekliima. Tartu: Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus. 188lk.

Maailma Terviseorganisatsiooni (WHO) infomaterjal. Sick Building syndrome. Kättesaadav:

<https://www.wondermakers.com/Portals/0/docs/Sick%20building%20syndrome%20by%20WHO.pdf> (01.05.2021)

Majatoher kodulehekülg. Kvaliteetsest linaõlivärvist. Kättesaadav: <https://majatohter.ee/kvaliteetsest-linaolivarvist/> (05.05.2021)

Metslang, J. 2012. Vana maamaja käsiraamat. Tallinn: Tammeraamat. 296 lk

Minke, G.(2006). Building with Earth, Design and Techology of a Sustainable Architecture. Birkhäuser. 200lk

Muinsuskaitseameti infovoldik nr. 14 „Hoonete värvimine. Ajalugu, värvitüübid ja ettevalmistustööd“.Kättesaadav:

<http://www.nokitse.ee/failid/pdf/hoonete%20varvimine%20ajalugu%20ettevalmistamine.pdf> (10.04.2021)

Muinsuskaitseameti kodulehekülg A. Liimvärvid II. Kaseiin- ehk kohupiimavärv. Kättesaadav:<https://www.muinsuskaitseamet.ee/et/liimvarvid-ii-kaseiin-ehk-kohupiimavarv> (05.04.2021)

Muinsuskaitseameti kodulehekülg B. Linaõlivärvi kasutamine puitpindadel. Kättesaadav: <https://www.muinsuskaitseamet.ee/et/kasiraamat/linaolivarvi-kasutamine-puitpindadel> (05.05.2021)

Nutt, N; Kubjas, A; Nei, L; Ruus, A. (2020). The Effects of Natural Paints on the Moisture Buffering Ability of Paper Plaster. Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 57(5), 51-60.

Pere, R. (2009). Kohupiimavärv ja savikrohv. Tallinn: AS Ajakirjade Kirjastus. 96 lk.

Pere, R. (2008). Looduslikud ehitusmaterjalid. Seinad, põrand, katused ja siseviimistlus. Tallinn: AS Ajakirjade Kirjastus. 96 lk.

Priilinn, K. (2007). „Paberkrohv aitab heli summutada.“ Äripäev. Kättesaadav: <https://www.aripaev.ee/uudised/2007/08/14/paberkrohv-aitab-heli-summutada> (20.04.2021).

Puustusmaa, L. (2016). Mittetäielikult karboniseerunud lubikrohvi niiskustehniliste omaduste uurimine: pinnakatete mõju sorptsioonile ja desorptsioonile ning veeauru läbilaskvusele (Magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledž, Tartu: TTÜ. 116lk.

Reiljan, K. (2016). „Lustlik paberkrohvimine“. Lääne Elu: Ehitusleht. Kättesaadav: <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=leehitusleht20160512.2.2> (20.04.2021).

Reiljan, K. (2016). „Ehituspoe asemel võib minna ka toidupoodi“. Lääne Elu: Ehitusleht. Kättesaadav: <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=leehitusleht20160512.2.4> (20.04.2021).

Rode, C. (2005). Moisture Buffering of Building Materials. Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark. 78 lk

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.

Safrani kodulehekülg. Savivärvi tooteleht. Kättesaadav: https://static1.squarespace.com/static/5044730ee4b0991b726b4df3/t/5704ce7545bf21f7ce2d00d7/1459932790390/Saviv%C3%A4rv+_2015_.pdf (10.05.2021)

Safrani kodulehekülg. Värvid. Kättesaadav: <https://www.safran.ee/varvid> (05.04.2021)

Seppänen, O., Seppänen, M. (1998). Hoone sisekliima kujundamine. Tallinn: Koolibri. 272 lk

Soolepp, M. (2019). Paberkrohvi tootmisviiside mõju paberkrohvi niiskustehnilistele omadustele (Magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledž, Tartu: TTÜ. 76lk.

Soosaar, H. (2017). Pinnakatte mõju savikrohi hügrokoopsusele ja veeauru läbilaskvusele

(Magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledž. Tartu: TTÜ. 80lk.

Säästva renoveerimise infokeskus. Looduslikest värvidest. Kättesaadav: <https://renoveeri.net/postitus/looduslikest-v%C3%A4rvidest> (05.04.2021)

Säästva renoveerimise infokeskus. Munaõlitempera, õlle-, konjaki- ja veinilasuur. Kättesaadav: <https://renoveeri.net/postitus/muna%C3%B5litempera-%C3%B5lle-konjaki-ja-veinilasuur> (06.04.2021)

Tearu, M. L. (2018). Paberkrohvi niiskustehniliste omaduste määramine: sorptsioon, veeauru läbilaskvus ning niiskuspuhverdus-võime (Magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledž, Tartu: TTÜ. 93lk.

Verben OÜ kodulehekülg. Paberi taaskasutus. Kättesaadav: <https://vanapaber.ee/paberi-taaskasutus/> (04.04.2021)

Vares, O. (2012). Savikrohvi niiskustehniliste omaduste määramine: pinnakatete mõju sorptsioonile ja veeauru läbilaskvusele (Magistritöö). Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledž, Tartu: TTÜ. 97lk.

ÜRO statistika A. Forest products statistics. Kättesaadav: <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/> (10.05.2021)

ÜRO statistika B. *Pulp and paper capacities*. Kättesaadav: <http://www.fao.org/3/ai7585t.pdf> (10.05.2021)

LISAD

Tabel L.1 Katsekehade üldandmed

Katsekeha tähis	Diameeter	Keskmine diameeter	Läbimõõt	Keskmine läbimõõt	Katsekeha algkaal	Keskmine katsekeha algkaal	Katsekeha pindala
	mm	mm	mm	mm	g	g	m ²
LÖV-1	111,52	112,62	18,33	19,75	64,93	68,88	0,0098
LÖV-2	111,37		20,00		63,85		0,0097
LÖV-3	113,47		19,33		71,08		0,0101
LÖV-4	114,10		21,33		75,65		0,0102
PV-1	120,18	118,99	20,33	19,50	55,19	54,05	0,0113
PV-2	117,72		20,33		53,75		0,0109
PV-3	118,87		17,67		51,90		0,0111
PV-4	119,19		19,67		55,37		0,0112
RKV-1	112,65	113,45	22,33	21,58	54,01	53,68	0,0100
RKV-2	113,17		20,33		49,97		0,0101
RKV-3	114,80		20,00		54,34		0,0104
RKV-4	113,19		23,67		56,39		0,0101
TV-1	118,93	118,93	19,33	20,25	46,77	51,17	0,0111
TV-2	117,15		20,00		51,14		0,0108
TV-3	119,85		20,67		52,06		0,0113
TV-4	119,77		21,00		54,69		0,0113
MV-1	119,81	120,81	18,67	19,92	51,27	54,78	0,0113
MV-2	120,55		19,67		54,16		0,0114
MV-3	122,25		18,67		54,35		0,0117
MV-4	120,65		22,67		59,36		0,0114
KV-1	119,84	116,52	19,67	20,08	54,26	53,00	0,0113
KV-2	110,91		20,67		55,06		0,0097
KV-3	117,75		20,33		50,72		0,0109
KV-4	117,57		19,67		51,98		0,0109
SV-1	122,64	116,26	22,33	21,08	63,46	59,49	0,0118
SV-2	114,02		21,67		57,73		0,0102
SV-3	114,52		19,67		54,45		0,0103
SV-4	113,84		20,67		62,32		0,0102

Tabel L.2 Niiskuspuhverdusvõime katsetulemused

Õhuniiskus	RH=50%	RH=75%	RH=33%	RH=75%	RH=33%	RH=75%	RH=33%	RH=75%	RH=33%
Kuupäev	05.03.2020		06.03.2020		07.03.2020		08.03.2020		09.03.2020
Kellaaeg	10:00	18:00	10:00	18:00	10:00	18:00	10:00	18:00	10:00
LÕV-1	58,759	59,221	58,57	59,126	58,526	59,102	58,514	59,086	58,508
LÕV-2	61,936	62,413	61,816	62,371	61,796	62,343	61,784	62,347	61,778
LÕV-3	63,928	64,387	63,853	64,303	63,715	64,275	63,802	64,271	63,796
LÕV-4	63,514	63,92	63,41	63,871	63,392	63,889	63,352	63,875	63,337
PV-1	50,996	51,568	50,831	51,499	50,796	51,467	50,79	51,473	50,791
PV-2	48,928	49,584	48,716	49,548	48,672	49,466	48,645	49,469	48,658
PV-3	49,794	50,419	49,549	50,325	49,509	50,297	49,496	50,304	49,495
PV-4	49,265	49,792	49,1	49,722	49,083	49,693	49,07	49,685	49,065
RKV-1	51,065	52,096	50,614	52,014	50,593	52	50,592	51,992	50,586
RKV-2	56,187	57,138	55,743	57,08	55,726	57,048	55,725	57,041	55,718
RKV-3	50,981	51,977	50,514	51,927	50,496	51,895	50,497	51,897	50,491
RKV-4	51,18	52,2	50,756	52,141	50,742	52,124	50,729	52,147	50,731
TV-1	48,351	49,241	47,781	49,168	47,762	49,164	47,763	49,167	47,759
TV-2	45,575	46,487	44,998	46,414	44,976	46,405	44,981	46,4	44,976
TV-3	44,544	45,369	44,005	45,305	43,988	45,292	43,989	45,3	43,985
MV-1	53,374	54,183	52,996	54,044	52,926	54,014	52,916	53,995	52,903
MV-2	50,392	51,188	50,048	51,082	50,021	51,061	50,013	51,05	50,003
MV-3	50,768	51,672	50,387	51,569	50,364	51,544	50,354	51,54	50,348
MV-4	51,25	52,103	50,869	51,988	50,85	51,971	50,838	51,961	50,834
KV-1	51,569	52,642	51,153	52,565	51,152	52,531	51,145	52,521	51,141
KV-2	51,5	52,562	51,12	52,498	51,111	52,487	51,116	52,486	51,111
KV-3	53,971	54,99	53,58	54,908	53,558	54,874	53,552	54,868	53,547
KV-4	51,637	52,793	51,401	52,711	51,374	52,652	51,339	52,704	51,342
SV-1	52,284	53,321	51,816	53,224	51,806	53,2	51,649	53,038	51,653
SV-2	53,773	54,835	53,293	54,749	53,295	54,71	53,297	54,715	53,292
SV-3	52,923	53,96	52,465	53,876	52,446	53,827	52,446	53,84	52,442
SV-4	52,183	53,221	51,712	53,12	51,679	53,075	51,68	53,1	51,677

Tabel L.3. Viimistluskihiga kaetud paberkrohvi praktiline niiskuspuhverdusvõime [g/(m²%RH)] ja ruumi hügrokoopse inertsuse indeks [g/(m³%RH)]

Katsekeha	Katsekehade massiuutused						Pindala m ² 10 ⁻³	MBV _{8h}		I _{h,d}	
	06.03.2020		07.03.2020		08.03.2020			g/m ² %RH		-	
	g	g	g	g	g	g					
LÖV-1	0,48	-0,07	0,46	-0,12	0,44	-0,13	10,94	1,332	1,222	0,131	0,120
LÖV-2	0,61	0,05	0,58	0,03	0,59	0,02	11,01	1,270		0,125	
LÖV-3	0,58	0,13	0,55	-0,01	0,55	0,08	10,50	1,136		0,111	
LÖV-4	0,56	0,10	0,58	0,08	0,56	0,04	10,74	1,151		0,113	
PV-1	0,60	-0,07	0,57	-0,10	0,57	-0,11	10,96	1,540	1,734	0,151	0,170
PV-2	0,70	-0,14	0,61	-0,18	0,62	-0,21	10,71	2,008		0,197	
PV-3	0,61	-0,16	0,59	-0,20	0,59	-0,21	10,55	1,871		0,183	
PV-4	0,57	-0,05	0,54	-0,07	0,54	-0,08	10,22	1,519		0,149	
RKV-1	0,81	-0,59	0,79	-0,61	0,78	-0,62	10,77	3,143	3,165	0,308	0,310
RKV-2	0,94	-0,39	0,91	-0,41	0,90	-0,41	10,26	3,143		0,308	
RKV-3	1,02	-0,40	0,98	-0,42	0,98	-0,41	10,50	3,242		0,318	
RKV-4	1,00	-0,38	0,98	-0,40	1,01	-0,41	10,74	3,130		0,307	
TV-1	0,84	-0,55	0,83	-0,57	0,84	-0,57	10,61	3,152	3,118	0,309	0,306
TV-2	0,86	-0,56	0,85	-0,58	0,84	-0,58	10,58	3,224		0,316	
TV-3	0,78	-0,52	0,76	-0,54	0,77	-0,54	10,52	2,978		0,292	
MV-1	0,69	-0,36	0,66	-0,43	0,64	-0,44	10,57	2,542	2,592	0,249	0,254
MV-2	0,70	-0,33	0,68	-0,36	0,67	-0,37	10,36	2,457		0,241	
MV-3	0,81	-0,37	0,79	-0,39	0,78	-0,40	10,57	2,737		0,268	
MV-4	0,77	-0,35	0,75	-0,37	0,74	-0,38	10,40	2,634		0,258	
KV-1	1,04	-0,37	1,01	-0,37	1,00	-0,38	10,38	3,258	3,148	0,319	0,309
KV-2	1,05	-0,32	1,04	-0,33	1,04	-0,33	10,32	3,189		0,313	
KV-3	0,99	-0,34	0,96	-0,36	0,95	-0,37	10,36	3,117		0,306	
KV-4	0,97	-0,34	0,91	-0,37	0,96	-0,40	10,79	3,028		0,297	
SV-1	1,00	-0,41	0,97	-0,42	0,81	-0,58	10,35	3,624	3,332	0,355	0,327
SV-2	1,03	-0,43	0,99	-0,42	1,00	-0,42	10,32	3,349		0,328	
SV-3	1,00	-0,41	0,95	-0,43	0,97	-0,43	10,48	3,249		0,319	
SV-4	0,99	-0,42	0,95	0,45	0,97	-0,45	11,04	3,104		0,304	

Tabel L.4. Veeauru läbilaskvuse kaalumistulemused vahemikus 25.03.2021 – 31.03.2021 (g)

Kuupäev	25.03.2021	26.03.2021	27.03.2021	28.03.2021	29.03.2021	30.03.2021	31.03.2021
Aeg (h)	0	24	48	72	96	120	144
KV-1	373,505	372,12	369,348	366,231	363,597	360,613	357,528
KV-2	372,92	371,589	369,049	366,386	363,81	361,293	358,656
KV-3	376,025	374,715	372,257	369,759	367,188	364,675	362,125
KV-4	376,575	374,886	372,344	369,835	367,304	364,802	362,302
RKV-1	374,845	373,433	370,882	368,336	365,694	362,998	360,323
RKV-2	377,997	376,604	373,873	371,138	368,303	365,603	362,977
RKV-3	379,402	378,199	375,404	372,668	369,833	367,008	364,212
RKV-4	383,307	382,18	378,819	375,817	372,398	369,115	365,508
MV-1	381,828	380,481	378,256	376,034	373,765	371,565	369,315
MV-2	390,202	388,81	386,469	384,134	381,833	379,356	376,929
MV-3	381,192	380,037	377,575	375,368	373,098	370,522	367,955
MV-4	397,088	395,99	393,658	391,288	388,948	386,676	384,417
SV-1	391,182	389,514	386,952	384,402	381,875	379,397	376,954
SV-2	384,86	382,831	380,287	377,8	375,255	372,735	370,219
SV-3	391,494	389,801	387,188	384,666	382,102	379,587	377,059
SV-4	391,548	388,861	386,208	383,81	381,382	378,995	376,623
LÖV-1	377,762	375,941	374,379	371,91	369,606	367,857	365,746
LÖV-2	395,975	394,966	393,73	392,502	391,225	390,025	388,788
LÖV-3	405,049	402,982	401,697	400,383	399,056	397,815	396,555
LÖV-4	405,942	401,498	399,915	398,437	397,052	395,721	394,385
PV-1	363,514	362,085	360,706	359,319	357,925	356,593	355,228
PV-2	380,586	379,363	377,823	376,278	374,764	373,269	371,748
PV-3	372,185	370,308	368,709	367,269	365,763	364,305	362,795
PV-4	382,017	381,182	379,761	378,353	376,911	375,5	374,058
TV-1	375,457	373,821	371,131	368,235	365,222	362,475	359,504
TV-2	367,775	366,115	363,575	361,027	358,503	355,957	353,389
TV-3	375,425	374,185	371,771	369,35	366,943	364,54	362,094
TV-4	389,482	388,538	386,489	384,437	382,381	380,328	378,222

Tabel L.5. Veeauru läbilaskvuse kaalumistulemused vahemikus 01.04.2021 – 08.04.2021 (g)

Kuupäev	01.04.2021	02.04.2021	03.04.2021	04.04.2021	05.04.2021	06.04.2021	07.04.2021	08.04.2021
Aeg (h)	168	192	216	240	264	288	312	336
KV-1	354,733	352,124	349,159	346,71	343,822	341,21	338,505	335,823
KV-2	356,091	353,528	350,963	348,581	345,907	343,369	340,825	338,315
KV-3	359,484	356,711	354,152	351,739	349,285	346,757	344,189	341,661
KV-4	359,785	357,265	354,742	352,102	349,515	346,998	344,447	341,958
RKV-1	357,736	355,129	352,567	349,966	347,323	344,724	342,133	339,623
RKV-2	360,327	357,523	354,757	352,105	349,464	346,832	344,141	341,453
RKV-3	361,541	358,806	355,974	353,237	350,688	348,046	345,42	342,813
RKV-4	362,447	359,404	356,522	353,539	350,433	347,521	344,534	341,542
MV-1	367,116	364,811	362,602	360,389	358,123	355,865	353,624	351,386
MV-2	374,579	372,277	370,04	367,714	365,504	363,193	360,895	358,607
MV-3	365,286	362,468	360,026	357,589	355,11	352,563	349,705	346,906
MV-4	382,165	379,9	377,496	375,26	373,196	370,898	368,645	366,46
SV-1	374,422	371,934	369,523	367,053	364,612	362,2	359,652	357,141
SV-2	367,633	365,069	362,585	360,03	357,538	355,035	352,504	350,003
SV-3	374,492	371,8	369,286	366,699	364,215	361,691	359,13	356,543
SV-4	374,195	371,813	369,485	367,11	364,776	362,421	360,054	357,666
LÖV-1	363,575	360,476	357,584	355,04	353,177	350,553	348,025	345,475
LÖV-2	387,534	386,254	385,021	383,806	382,597	381,375	380,133	378,895
LÖV-3	395,279	393,996	392,731	391,487	390,239	389,001	387,771	386,529
LÖV-4	392,991	391,661	390,327	388,975	387,642	386,314	384,963	383,654
PV-1	353,85	352,493	351,133	349,769	348,421	347,042	345,678	344,337
PV-2	370,214	368,564	367,053	365,57	364,093	362,604	361,112	359,657
PV-3	361,279	359,742	358,321	356,885	355,382	353,9	352,401	350,919
PV-4	372,624	371,189	369,725	368,309	366,873	365,421	363,98	362,552
TV-1	356,84	354,154	351,443	348,689	346,003	343,325	340,704	338,019
TV-2	350,814	348,281	345,79	343,329	340,854	338,356	335,855	333,231
TV-3	359,638	357,268	354,869	352,465	350,071	347,672	345,27	342,886
TV-4	376,085	374,068	372,015	369,992	367,921	365,902	363,849	361,838

Tabel L.6. Katsekehade arvatatud parameetrid veeauru läbilaskvuse kohta

	A	G	g	W	Z	δ	μ	S_d
	m ²	kg/s	kg/(s·m ²)	kg/(m ² ·s·Pa)	m ² ·s·Pa/kg	ng/(m·s·Pa)	-	m
	(10 ⁻³)	(10 ⁻⁸)	(10 ⁻⁶)	(10 ⁻⁹)	(10 ⁻⁸)			
KV-1	11,28	3,15	2,79	2,31	4,32	45,51	4,13	0,08
KV-2	9,66	2,97	3,07	2,55	3,93	52,64	3,57	0,07
KV-3	10,89	2,92	2,68	2,22	4,51	45,12	4,17	0,08
KV-4	10,86	2,94	2,70	2,24	4,46	44,05	4,27	0,08
RKV-1	9,97	2,99	3,00	2,49	4,02	55,56	3,38	0,08
RKV-2	10,06	3,08	3,06	2,54	3,94	51,62	3,64	0,07
RKV-3	10,35	3,02	2,91	2,41	4,14	48,28	3,89	0,08
RKV-4	10,06	3,47	3,45	2,86	3,50	67,65	2,78	0,07
MV-1	11,27	2,61	2,31	1,91	5,22	35,74	5,26	0,10
MV-2	11,41	2,64	2,31	1,91	5,23	37,62	5,00	0,10
MV-3	11,74	3,09	2,63	2,18	4,58	40,73	4,62	0,09
MV-4	11,43	2,55	2,23	1,85	5,42	41,82	4,50	0,10
SV-1	11,81	2,87	2,43	2,01	4,97	44,92	4,19	0,09
SV-2	10,21	2,90	2,84	2,35	4,25	51,01	3,69	0,08
SV-3	10,30	2,94	2,85	2,36	4,23	46,49	4,04	0,08
SV-4	10,18	2,73	2,68	2,22	4,50	45,97	4,09	0,08
LÖV-1	9,77	2,77	2,83	2,35	4,26	43,04	4,37	0,08
LÖV-2	9,74	1,42	1,46	1,21	8,27	24,17	7,78	0,16
LÖV-3	10,11	1,43	1,42	1,18	8,51	22,72	8,27	0,16
LÖV-4	10,23	1,54	1,51	1,25	8,02	26,61	7,06	0,15
PV-1	11,34	1,57	1,39	1,15	8,71	23,34	8,05	0,16
PV-2	10,88	1,71	1,57	1,30	7,68	26,48	7,10	0,14
PV-3	11,10	1,73	1,56	1,29	7,76	22,77	8,26	0,15
PV-4	11,16	1,67	1,49	1,24	8,09	24,32	7,73	0,15
TV-1	11,11	3,09	2,78	2,30	4,34	44,52	4,22	0,08
TV-2	10,78	2,92	2,71	2,25	4,45	44,92	4,19	0,08
TV-3	11,28	2,77	2,46	2,04	4,91	42,07	4,47	0,09
TV-4	11,27	2,36	2,09	1,74	5,76	36,44	5,16	0,11