

Polymeerien hyödyntäminen hygroσκοoppisissa eristeissä

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Muovitekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyö
Syksy 2017
Jussi Nieminen

Lahden ammattikorkeakoulu
Muovitekniikan koulutusohjelma

NIEMINEN, JUSSI:

Polymeerien hyödyntäminen
hygrokooptisissa eristeissä

Muovitekniikan opinnäytetyö, 29 sivua

Kevät 2017

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Geoanalyysi Oy, joka on erikoistunut materiaalitutkimuksiin ja niiden hyödyntämiin eri sovelluksissa. Työn ohjaajana toimi Geoanalyysi Oy:n toimitusjohtaja, dosentti Pertti Nieminen.

Eistemateriaalit voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään: hygrokooptisiin eristeisiin ja höyrytiivisiin eristemateriaaleihin. Höyrytiivit eristemateriaalit voidaan jakaa puolestaan kahteen ryhmään: itsessään höyrytiivisiin eristemateriaaleihin, kuten polyuretaanieristeet, sekä höyrynsulkumuovin vaativiin eristemateriaaleihin, kuten kivivilla. Tässä opinnäytetyössä keskitytään pääsääntöisesti hygrokooptisiin eristeisiin sekä niiden ominaisuuksiin.

Hygrokooptisesta eli kansankielellä hengittävistä eristeistä puhuttaessa tarkoitetaan huokoisen eristeen kykyä sitoa ja luovuttaa kosteutta. Hygrokooptinen eriste pystyy näin ollen tasaamaan ilmankosteuden vaihteluja esimerkiksi asuintiloissa. Myös kaasut, kuten hiilidioksidi, pääsevät johtumaan hygrokooptisen eristeen lävitse diffuusiolla.

Levy muodossa olevissa hygrokooptisissa eristeissä käytetään usein muovia sideaineena. Tämän jättää kertomatta moni valmistaja tuotetiedoissaan. Muovin käyttämistä eristeissä tutkittiin Tampereen teknillisen yliopiston materiaalitekniikan laitoksella pyyhkäisyelektronimikroskoopilla.

Hygrokooptisten eristemateriaalien eriste- ja kosteuskäyttämisen ominaisuuksiin vaikuttaa materiaalien mikrorakenne. Moni hygrokooptinen luonnonmateriaali, esimerkiksi puukuitu, on hyvä vaihtoehto nykyään usein käytetyille mineraalivilloille.

Asiasanat: rakenteen hengittävyys, hygrokooptisuus, muovisideaine, eristemateriaali, materiaalin huokosrakenne, korjausrakentaminen

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Plastics Engineering

NIEMINEN, JUSSI: Making use of polymers in hygroscopic insulations

Bachelor's Thesis in Plastics Engineering

29 pages

Autumn 2017

ABSTRACT

This thesis was assigned by Geoanalyysi Oy. The company is specialized in material studies, aiming to develop practical applications in different fields. The thesis was mentored by docent Pertti Nieminen, the general manager of Geoanalyysi Oy.

The insulation materials can be divided roughly into two groups: Hygroscopic insulators (open cell) and vapor retarder insulation materials. Furthermore, the vapor retarder insulation materials can be divided into two groups: Vapor proof insulation materials like polyurethane, and insulation materials which need a layer of vapor proof plastic like rock and glass wool. In this work, the focus was mainly on the qualities of hygroscopic insulators.

Hygroscopic - commonly known also as breathable - insulators are usually referred to as insulator materials which have the ability to store and release moisture. Therefore, the hygroscopic insulators are able to compensate the changes in the air moisture for example in the house apartments. Also, the gases like carbon dioxide can penetrate hygroscopic insulations by diffusion.

Plastic is commonly used as an adhesive material in the structured panels of hygroscopic insulators. However, many manufacturers do not bring this information out in their product data. The usage of plastic was confirmed by scanning electron microscope in the Department of Material Science at the Tampere University of Technology.

The micro structure of the material is connected to the insulation and moisture capacities of the hygroscopic insulators. Many hygroscopic natural materials, for example wood fiber, are good alternatives for mineral wool and other commonly used insulators - especially when striving for a stable air quality without the usage of plastic layers or air conditioners.

Key words: breathable structure, open cell structure, vapor proof, hygroscopic, adhesive material, insulation material, vapor retarder, material porosity, renovation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	MUOVIEEN KÄYTTÖ HYGROSKOOPPISISSA ERISTEISSÄ	3
3	HENGITTÄMÄTTÖMÄT POLYMEERIERIERISTEET	6
3.1	Paisutettu polystyreeni (EPS)	6
3.2	Suulakepuristettu polystyreeni (XPS)	7
3.3	Polyuretaanieristeet	7
4	TYÖSSÄ KÄYTETYT TUTKIMUSMENETELMÄT	9
4.1	Mikrorakennetutkimukset	9
4.2	Puun kosteuden mittaus	9
5	TYÖSSÄ KÄYTETYT MATERIAALIT	10
5.1	Puukuitu	10
5.1.1	Puun mikrorakenne	11
5.1.2	Puukuidun lämmöneristysominaisuudet	11
5.1.3	Orgaanisten eristeiden kosteuskäyttäytyminen	12
5.2	Selluvilla	13
5.2.1	Selluvillan ominaisuudet	14
5.2.2	Selluvillan käyttö eristeenä	15
5.3	Pellavaeristeet ja niiden ominaisuudet	16
5.4	Turve ja sammal	17
6	ALAPOHJAN ERISTYS PUUKUITULEVYERISTEELLÄ	20
6.1	Eistemateriaalin valinta	20
6.2	Lattialankkujen kuivumisen seuranta	21
6.3	Työn suoritus	22
7	YHTEENVETO	26
	LÄHTEET	28

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella polymeerien hyödyntämistä rakentamisessa nykypäivänä käytetyissä eristemateriaaleissa, etenkin hygroskooppisissa eristeissä. Opinnäytetyössä otettiin mukaan vertailun vuoksi vanhoja, perinteisiä eristemateriaaleja, joita on vielä monesti rakennuksissa käytössä.

Rakenteellisen hengittävyuden eli hygroskooppisuuden termi on monelle epäselvä. Hengittävästä rakenteesta puhuttaessa tarkoitetaan kosteutta sitovaa ja vapauttavaa rakennetta eikä ilmavuodollista rakennetta, kuten toiset ihmiset asian ymmärtävät. Hygroskooppisessa rakenteessa vesihöyry sitoutuu eristemateriaaliin ilman suhteellisen kosteuden noustessa ja vapautuu ympäröivään ilmaan ilmankosteuden laskiessa. Myös kaasut, muun muassa hiilidioksidi, pääsevät kulkeutumaan dynaamisen rakenteen läpi diffuusiolla pitäen ilmanlaadun tasaisempana, toisin kuin käyttämällä höyrytiivitä rakenteita.

Aiheen valintaan vaikutti mielenkiintoni materiaalitekniikkaa kohtaan sekä vanhan hirsitaloni korjausrakentaminen. Tutkittuani tuotteistettuja hygroskooppisia eristeitä sekä niissä käytettäviä raaka-aineita kävi selväksi, että lähes jokainen niistä sisälsi muovia, varsinkin levy- ja nauhamuotoon valmistetut. Asiasta keskusteltuani monien ammattirakentajien ja omakotitalon remontoijien kanssa ei monikaan tätä seikkaa tuntunut tietävän.

Opinnäytetyö jakautuu teoreettiseen, kokeelliseen ja käytännön osuuksiin. Kokeelliset työt suoritettiin Tampereen teknillisen yliopiston materiaalitekniikan laboratoriossa tutkimalla eristemateriaaleja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla. Käytännön osuudessa selvitän olohuoneen lattiarakenteen täydellisen remontin ja eristämisen Huntonin valmistamalla muovisideaineisella hygroskooppisella mäntykuitueristeellä.

Yllätykseni huomasin, että suurimmalla osalla hygroskooppisia eristeitä valmistavista yrityksistä on puutteita tuotetiedoissaan valmistuksessa käytetyistä raaka-aineista. Yleensä polymeerien käytöstä sideaineena levyristeen tai eristenauhan koossapitämiseksi ei ole mitään mainintaa tai sen käyttöä yritetään peitellä tuotteessa. Tuoteselosteessa saattaa olla pieni maininta tuotteessa käytetystä uusiokuidusta tai lämpökuidusta, mutta muovi-sanaa vältetään. Tämä johtunee muovin saamasta huonosta maineesta joissakin rakentaja- ja remontointipiireissä. Varsinkin vanhaa taloa kunnostaville tämä ”muovittomuus” tuntuu olevan todella tärkeää. Rakenteista halutaan hygroskooppisia eli kansankielellä hengittäviä ja muovittomia, aivan kuten alkujaan taloissa on ollut.

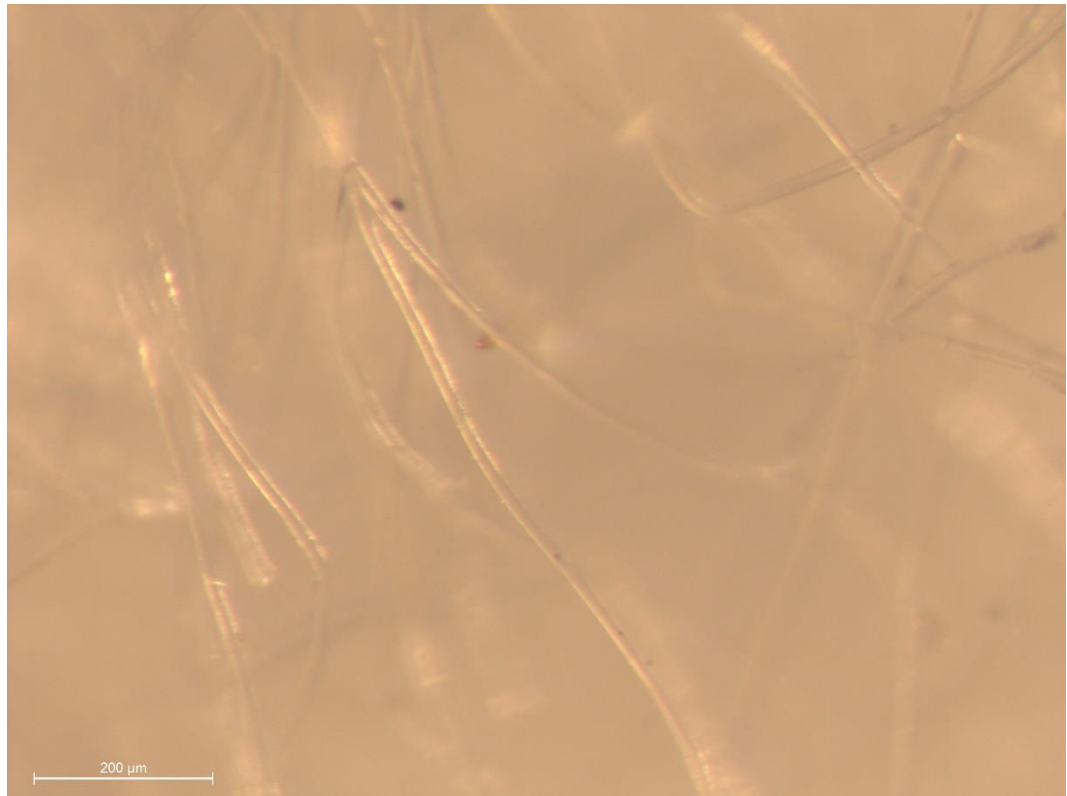
2 MUOVIEEN KÄYTTÖ HYGROSKOOPPISISSA ERISTEISSÄ

Rakenteet voidaan jakaa hygroskooppisiin rakenteisiin ja kaasutiiviisiin, vesihöyryä läpäisemättömiin rakenteisiin. Aikaisemmin rakennuksissa käytettiin eristeinä luonnosta saatavia materiaaleja, kuten pellavaa, sammalta ja turvetta. Nämä orgaaniset eristeet pystyvät sitomaan vettä huokosiinsa ja luovuttamaan sen tarvittaessa. Tämä sama ominaisuus on nykyaikana käytettävillä hygroskooppisilla eristeillä, kuten puukuitueristeillä.

Rakenteiden eri kerrosten vesihöyrynvastusten tulisi pienentyä sisältä ulospäin mentäessä. Tällöin sisältä tuleva vesihöyry pääsee liikkumaan tiivistymättä rakenteiden läpi. Kosteuden tiivistyminen rakenteeseen on riski, sillä pitkään kosteudelle altis paikka on otollinen kasvuympäristö terveydelle ja rakenteille haitallisille mikrobeille.

Polyuretaanieriste on esimerkki vesihöyryä läpäisemättömästä, hengittämättömästä eristeestä. Se ei pysty huokosrakenteensa vuoksi mukautumaan vaihteleviin kosteusolosuhteisiin sitomalla huokosiinsa kosteutta ja vapauttamaan sitä ilman suhteellisen kosteuspitoisuuden laskiessa, kuten hygroskooppiset eristeet. Eristävyysarvoiltaan polyuretaani on puolestaan huomattavasti nykyajan hygroskooppisia eristeitä parempi.

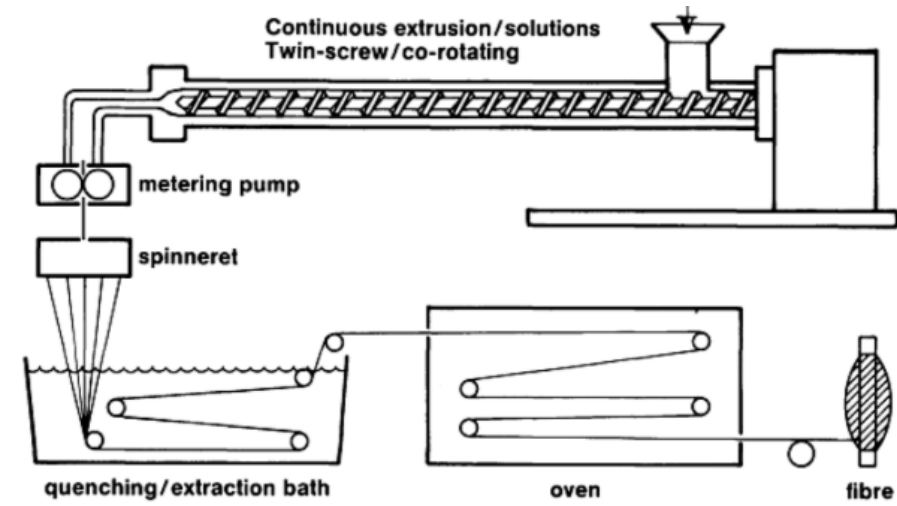
Termoplastisia polymeerikatkokuituja käytetään lujitteena ja sideaineena monissa sovelluksissa rakennusteollisuudessa, kuten esimerkiksi puukuitueristelevyissä. Kuidut ovat usein ohuita ja pitkiä polyolefiinikuituja kuten esimerkiksi Hunton Flex -eristeessä käytettävä kuitu (kuva 1). Valmistuksen yhteydessä prosessilämpöä nostetaan niin korkealle, että kuidut sulavat osittain tai kokonaan ja jäähtyessään sitovat eristemateriaalin yhtenäiseksi puukuitupolymeerikomposiittirakenteeksi.



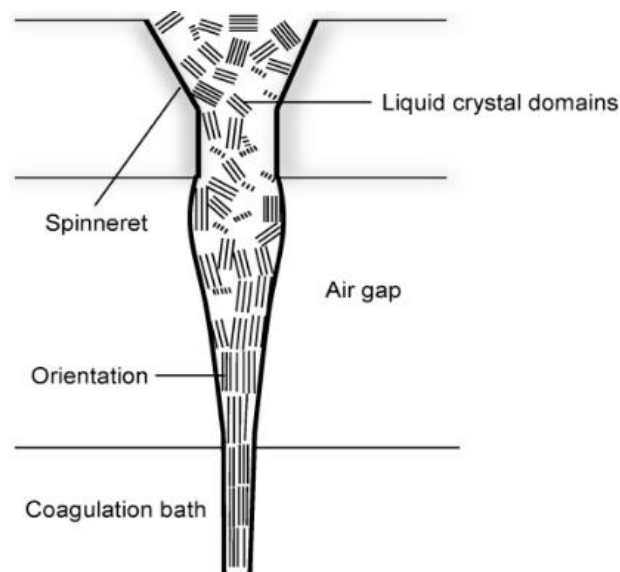
KUVA 1. Polyolefiinikuitu suurennettuna

Yleisimmät kuidutettavat termoplastiset polymeerit ovat polyesteri (PET eli polyeteenitereftalaatti on yleisin käytetty polyesteri), polypropeeni (PP) ja polyamidi (PA). Valmistusprosessissa termoplastiset polymeerikuidut kehrätään polymeerisulasta tai liuoksesta. (American Fiber Manufacturers Association Inc. 2017.)

Termoplastisia polymeereja kuidutettaessa saadaan niiden pinta-alaa kasvatettua ja mekaanisia ominaisuuksia parannettua merkittävästi. Molemmilla on merkitystä, kun polymeerikuituja käytetään rakennuseristeissä sideaineena. Tyypillinen termoplastisten polymeerien kuidutusprosessi on esitetty kuviossa 1. Laitteisto koostuu ekstruuderista, annostelupumpusta, kehrupäästä, jäähdytyskylvystä ja uunista. (Yao, Bastiaansen & Peijs 2014.)



KUVIO 1. Kuitujen sulakehruuprosessi (Yao ym. 2014)



KUVIO 2. Polymeeriketjujen orientoituminen sulakehruuprosessissa (Yao ym. 2014)

Sulakehruuprosessissa polymeeriketjut orientoituvat voimakkaasti, kuten kuvio 2 esittää. Polymeeriketjujen orientoituminen vaikuttaa mekaanisiin ominaisuuksiin, ja esimerkiksi vetolujuus kasvaa orientoitumisen seurauksena. (Yao ym.2014.)

3 HENGITTÄMÄTTÖMÄT POLYMEERIERIERISTEET

3.1 Paisutettu polystyreeni (EPS)

EPS-eriste valmistetaan kestumuvia olevasta polystyreenista vesihöyryn avulla paisuttamalla. Umpisoluinen solurakenne saadaan aikaan ponneaineena käytettävän pentaanin avulla. Ponneaine korvautuu valmistuksen yhteydessä ilmalla. Lopullisessa EPS-eristeessä muoviraaka-aineen määrä on vain 2 - 5 tilavuusprosenttia. (Hoikkala 2017, 705 - 707.)

EPS-eristeitä käytetään laajasti rakennusteollisuudessa. Ne soveltuvat moniin eri kohteisiin edullisen hintansa, kestävyytensä ja lämmöneristävyytensä ansiosta. EPS-eristeiden eristysominaisuudet johtuvat umpisoluisen rakenteen sisään jäävästä ilmasta, joka alhaisen lämmönjohtavuutensa ansiosta eristää tehokkaasti.

Käyttökohteita seinä-, lattia- ja kattopintojen eristyksien lisäksi ovat routaeristykset. EPS-eristeillä onkin hyvä kuormituskestävyys, mutta pitkäaikainen altistus vedelle huonontaa eristeen ominaisuuksia. Tämän vuoksi EPS-levyjen käyttöä routaeristeenä tulisi mielestäni harkita tarkoin. Kuivissa tai lähes kuivissa lattia-, seinä- ja kattorakenteissa EPS-eristeen vettyvyys on vähäistä. Kosteusteknisesti vaativissa olosuhteissa (esim. routaeristykset) tulee käyttää tiiviydeltään parempia EPS-laatuja. EPS-eriste on vesihöyryn läpäisevyydeltään muita muovieristeitä hengittävämpi materiaali. EPS-eriste ei siten toimi varsinaisena höyrynsulkuna. (Hoikkala 2017, 705 - 707.)

3.2 Suulakepuristettu polystyreeni (XPS)

Suulakepuristetun polystyreenin käyttö rakennusteollisuudessa on kasvanut. Se korvaa monessa tapauksessa EPS-levyt parempien ominaisuuksiensa vuoksi. Valmistusmenetelmän ansiosta levyeristeeseen saadaan yhtenäinen ja suljettu rakenne, joka ei näin ollen vety kuten EPS-eristeet. XPS-levyt ovat myös täysin höyrytiiviitä.

Täysin yhtenäinen solurakenne saavutetaan valmistusmenetelmällä, jossa korkeassa paineessa sulaan polystyreeniin liuotetaan hiilidioksidia. Hiilidioksidi kaasuuntuu tullessaan suuttimesta normaaliin ilmanpaineeseen. Solurakenteen modifiointiaineilla ja koneen asetuksilla soluista tehdään halutun kokoisia ja muotoisia riippuen siitä, millaisia ominaisuuksia halutaan. Valmistuksessa syntyy levyn pinnalle yhtenäinen niin sanottu pintanahka, jossa solujen sijasta on yhtenäinen polystyreenikerros. Tämä yhtenäinen pintanahka hylkii vettä. Levyn molemmilla puolilla olevat pintanahat ja keskellä oleva solurakenne tekevät rakenteesta kerroslevyrakenteen, joka lisää entisestään levyn jämäkkyyttä. (Finnfoam Oy 2017.)

3.3 Polyuretaanieristeet

Polyuretaanieristeiden käyttö energiatehokkaiden rakenteiden saamiseksi on kasvanut energiavaatimusten tiukentumisen vuoksi. Niiden hyvät eristysominaisuudet johtuvat suljetusta umpisolurakenteesta ja valmistuksessa rakenteen sisään jäävästä kaasusta, jonka lämmönjohtavuus on vain kolmasosa ilman lämmönjohtavuudesta.

Polyuretaanin pääraaka-aineet ovat polyoli, isosyanaatti ja punneaine. Rakennuspolyuretaanituotteiden punneaineena käytetään ympäristölle haitattomia hiilivetyjä, polyuretaanieristelevyissä ja -elementeissä pentaania sekä polyuretaanisaumaeristeessä propaani/butaani-seosta. Rakennuspolyuretaanituotteiden valmistus tapahtuu yksittäisvalumenetelmällä (prässitekniikka) tai jatkuvavalumenetelmällä (laminaattoritekniikka). Eristelevyjen ja elementtien

pintakerrosmateriaalina käytetään tuotteesta riippuen muovipinnoitettua paperia, alumiinifoliota, teräsohutlevyä tai rakennuslevyä. (Pullola 2017, 703 - 704.)

Polyuretaanieristelevyt ovat täysin höyrytiivitä. Niinpä erillistä höyrinsulkua ei vaadita, toisin kuin esimerkiksi EPS-levyjä käytettäessä. Polyuretaanilevyt sopivat eristyisen hyvin kohteeseen, jossa eristetila on rajallinen hyvien eristysominaisuuksiensa vuoksi. (Pullola 2017, 703 - 704.)

4 TYÖSSÄ KÄYTETYT TUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Mikrorakennetutkimukset

Näytteiden mikrorakennetta tutkittiin pyyhkäisyelektronimikroskoopilla Tampereen teknillisen yliopiston materiaaliteknikan laboratoriossa. Tutkimuksen suoritti DI Jarmo Laakso.

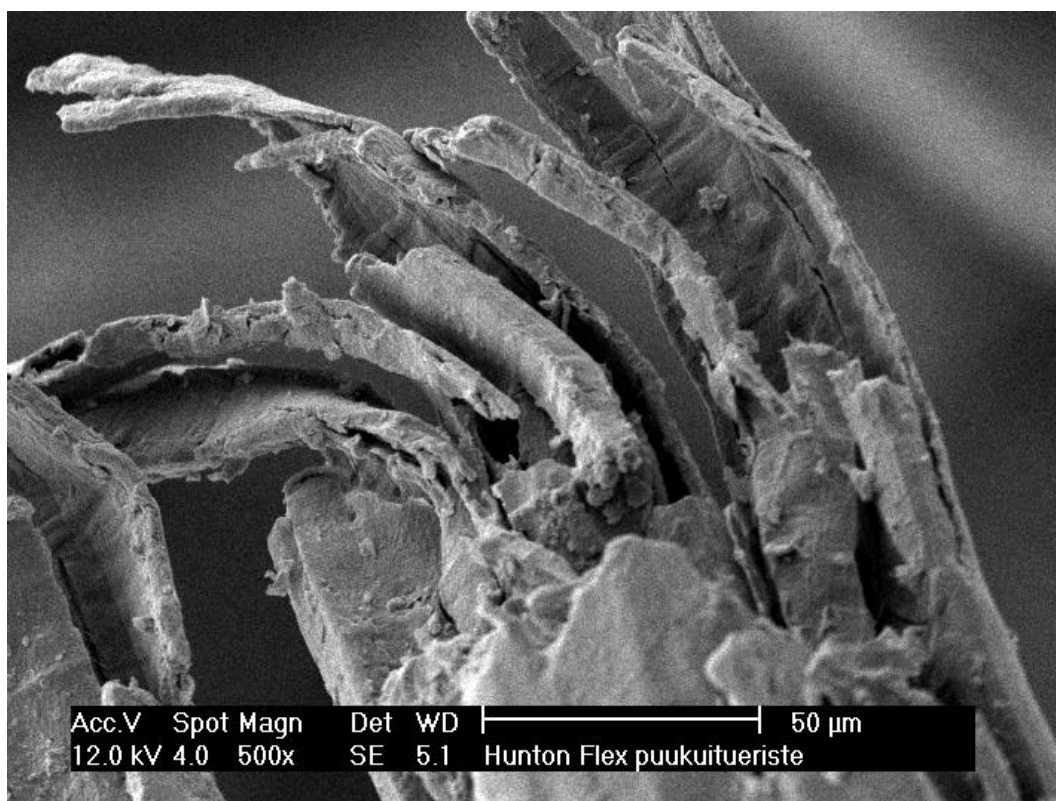
4.2 Puun kosteuden mittaaminen

Lattiamateriaalin kosteutta mitattiin kaksipiikkisellä piikkianturilla (Protimeter Digital). Mittari oli kalibroitu puulle, joten se näytti puun todellisen kosteuspitoisuuden. Tällä mittarilla mitattaessa pääsin seuraamaan kuivumisen edistystä vertailemalla saatuja arvoja toisiinsa. Mittavirheet pyrittiin eliminoimaan lukuisilla mittauskerroilla. Mittaustapa perustuu materiaalin sisältämän veden aiheuttaman sähkönjohtavuuden muutokseen muutaman senttimetrin syvyydessä, riippuen kuinka syväle piikit lyödään mitattavaan materiaaliin. Mittari näyttää materiaalin kosteuden suoraan painoprosentteina.

5 TYÖSSÄ KÄYTETYT MATERIAALIT

5.1 Puukuitu

Puukuidut kattavat suurimman osan puuaineksen soluista. Puukuidut antavat puulle sen mekaanisen lujuuden ja sitkeyden. Puukuidut koostuvat selluloosasta, hemiselluloosasta ja ligniinistä. Puukuidun pituus on puulajista riippuen yleensä 1–5 mm ja halkaisija 0,01–0,05 mm. Kuidun seinän paksuus on enintään muutamia mikrometrejä. Kaikki soluseinän hienorakenteet on punottu 3–4 nanometrillä levyisestä selluloosasaieestä. Jotta ohuet selluloosasaieet eivät takertuisi toisiinsa, solut rakentavat niitä erottamaan hemiselluloosien ja ligniinin muodostaman väliaineen. (Lepistö 2014, 7.)



KUVA 2. Hunton Flex -mäntykuitueriste

5.1.1 Puun mikrorakenne

Puu rakentuu soluista, joilla on eri tehtäviä: kasvu, ravinteiden ja nesteiden kuljetus sekä mekaanisen lujuuden ja muodon ylläpito. Kaikille niille on yhteistä se, että puun solut rakentuvat selluloosamolekyyleistä, noin 5 mikronin pituisista polymeeriketjuista. Selluloosamolekyylit sitoutuvat toisiinsa kuitukimpuiksi, mikrofibrilleiksi, jotka edelleen kiertyvät makrofibrilleiksi ja muodostavat lamiineja. Näiden selluloosakuitujen lujittamasta amorfisista lamiineista koostuvat puolestaan monikerroksiset laminaatit. Puusolun seinämät ovat näistä selluloosamolekyyliketjuista ”kudottuja” lamellilevyjä ja yksittäiset puusolut kasvavat kiinni toisiinsa siten, että ne muodostavat hunajakennostoa muistuttavan rakenteen. Kennoston ontot osat suuntautuvat puolestaan puun pituussuunnan mukaisesti. (Nieminen 2017.)

5.1.2 Puukuidun lämmöneristysominaisuudet

Puun lämmöneristysominaisuudet perustuvat sen solurakenteeseen. Puun soluontelossa oleva ilma toimii lämmöneristeenä hieman samalla periaatteella kuin solumuovien ontelossa oleva kaasu. Tosin puu ei ole niin tiivistä kuin solumuovit, vaan pienimolekyylisiä kaasuja ja vesihöyryjä pääsee solurakenteen seinämien kautta hitaasti kulkeutumaan puussa. Puu on kaasuja ja vettä läpäisevä hygroskooppinen, niin sanottu ”hengittävä” materiaali. (Nieminen 2017.)

Huokoisessa materiaalissa lämmönsiirto tapahtuu johtumalla materiaalin kautta, siirtymisenä ilman välityksellä tai säteilyenergiana. Puussa lämmönjohtuminen on merkittävä sekä lämmöneristyksen että kosteuden siirtymisen kannalta. Lämpö johtuu ensisijaisesti puun solukkorakenteen kautta. Puun syiden suunnassa lämmönjohtavuus on yli kaksinkertainen verrattuna kohtisuorassa puunsyitä vastaan. (Palonheimo 2000, 62.)

5.1.3 Orgaanisten eristeiden kosteuskäyttäytyminen

Rakenteiden eri kerrosten vesihöyryvastuksen tulisi pienentyä sisältä ulospäin rakennetta mietittäessä. Tällöin sisältä tuleva vesihöyry pääsee vapaasti rakenteen läpi tiivistymättä.

Esimerkiksi mineraalivilla läpäisee paremmin vesihöyryä kuin sen kylmällä puolella käytettävä tuulensuojakerros, jolloin kosteuden tiivistymisvaara on olemassa. Kosteuden pääsy rakenteeseen on tällöin estettävä erillisellä muovisella höyrysulkukerroksella.

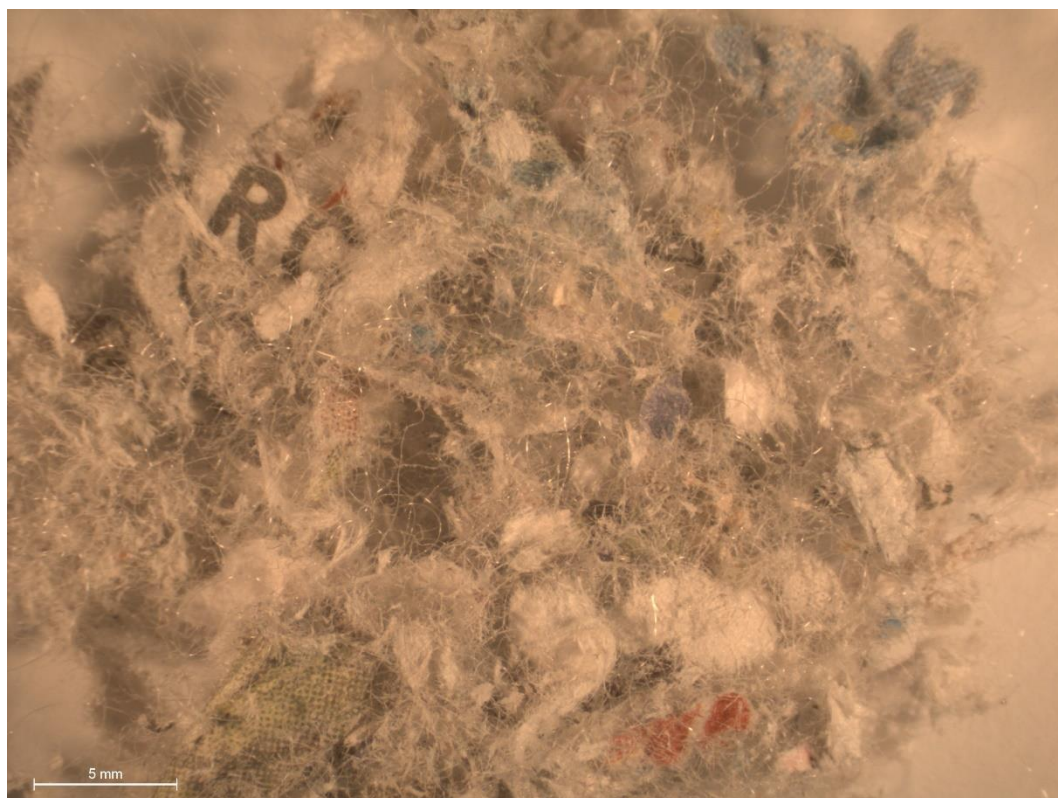
Eristeen kosteuspitoisuuden noustessa 1% on todettu, että mineraalivillan lämmöneristävyys voi laskea jopa 14%, kun vastaavasti orgaanisten eristeiden, kuten sahanpurun ja turpeen, eristävyys laskee vain noin 1,5%. Tästäkään syystä orgaanisia eristeitä käytettäessä ei höyrysulkua tarvita. (Westermarck, Heuru & Lundten 1998, 71.)

Puukuidut ovat onttoja, eivätkä ne johda lämpöä, toisin kuin kivi- ja lasivilla. Heikko lämmönjohtokyky tuottaa paremman eristyskyvyn, koska lämpö jää onttoihin puukuituihin. Vasta kun ympäristön lämpötila laskee, hygroskooppinen materiaali luovuttaa lämpöä esimerkiksi asuintilaan, jolloin lämpö jakaantuu tasaisemmin ja lämpötila paranee. Puukuidut eristävät yleisesti ottaen 25 – 30 % mineraalivillaa paremmin. (Nieminen 2017.)

Puukuidun ominaisuuksien ansiosta rakenteisiin ei tarvita höyrysulkua. Puukuidut ovat hyväksi talon rakenteille, sillä ne pystyvät imemään ja haihduttamaan kosteutta tarpeen vaatiessa. Rakenteeseen päästessä kosteutta on hyvä, että eriste pystyy imemään ja luovuttamaan kosteutta. Hygroskooppisuus vaihtelee paljon eri materiaaleilla. Puupohjaisilla materiaaleilla hygroskooppisuus on suuri ja esimerkiksi mineraalivillalla erittäin pieni. (Nieminen 2017.)

5.2 Selluvilla

Selluvillaa on käytetty eristeenä jo yli 50 vuotta. Se onkin maailman vanhin teollisesti valmistettu eristemateriaali. Selluvilla valmistetaan pääosin (80 %) kierrätetystä sanomalehdestä. Valmistuksen yhteydessä siihen lisätään apuaineita, kuten esimerkiksi booria tai sen yhdisteitä palonestoaineiksi. Muovikuitua käytetään levyeristeessä sideaineena noin 10 prosenttia pitämään levyt koossa (kuva 3).

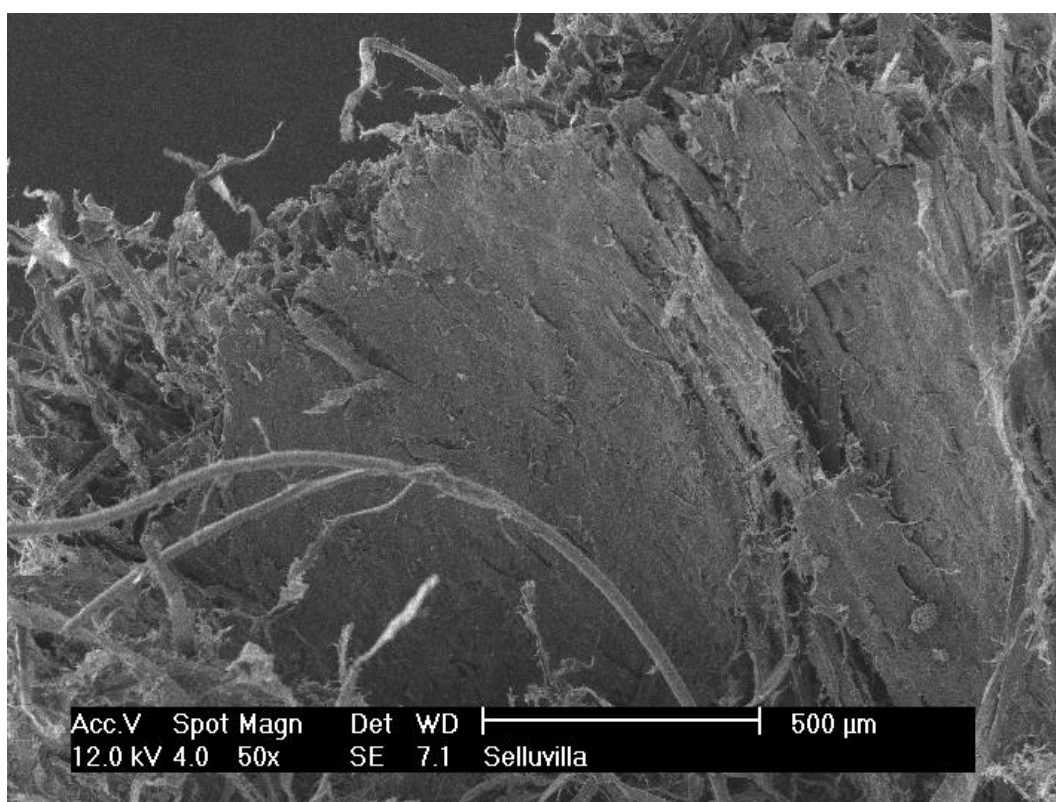


KUVA 3. Selluvillaeristelevy suurennettuna

Selluvilla on saanut vahvan markkina- aseman hygroskooppisista eristeistä puhuttaessa. Tämä johtunee siitä saatujen hyvien käyttökokemusten lisäksi tehokkaasta markkinoinnista. Selluvillaeristeet ovat kuitenkin saaneet runsaasti kilpailijoita hygroskoopisten eristeiden markkinoilla.

5.2.1 Selluvillan ominaisuudet

Selluvillalla on muiden puukuitueristeiden mukaan samankaltaiset hygroskooppiset ominaisuudet kuin puulla. Se pystyy näin ollen sitomaan ja luovuttamaan kosteutta. Selluvillalla on hyvä kyky sitoa kosteutta; se pystyy sitomaan kosteutta jopa 10-kertaisen määrän kuivapainoonsa nähden. Tästä ominaisuudesta voi olla etua esimerkiksi vesivahingon sattuessa. Vesi ei pääse kastelemaan laajalti rakenteita eikä näin ollen aiheuttamaan suuria vahinkoja, kuten esimerkiksi mineraalivillojen kanssa voisi käydä.



KUVA 4. Selluvillan rakennetta

Selluvillan ilmanläpäisevyys vaihtelee asennustavasta riippuen. Se on noin 50 - 80% pienempi kuin mineraalivillalla, mutta se tarvitsee silti ilmansulkukerroksen parantamaan eristysominaisuuksia ja vähentämään selluvillan sisältämien ihmiselle haitallisten aineiden johtumisen sisätiloihin. (Kaila 1997, 506-507.)

Kuvassa 4 nähdään elektronimikroskoopilla otetusta kuvasta, että selluvillan rakenne vaihtelee. Se muodostuu pääosin tiivistä materiaalista, sisältäen myös huokoisempaa materiaalia.

5.2.2 Selluvillan käyttö eristeenä

Selluvillaeristettä löytyy sekä puhallettavana että levymuotoisena eristeenä. Valinta näiden kahden välillä riippuu eristettävästä kohteesta ja työsuorittajan mieltymyksistä. Pystysuoria seiniä voidaan eristää levyeristeellä tai märkäpuhalluksena veden kanssa. Märkäpuhalluksen etuna on villan kulkeutuminen pieniinkin rakoihin, kun taas levyeristeellä eristettäessä pitää levyjen mitoitus tehdä tarkasti, ettei eristävyttä heikentäviä ilmakehityksiä jää eristeen ja rungon väliin. Levyeristeellä eristettäessä kannattaa mielestäni suosia kahta levykerrosta, jolloin eristelevyjen saumat saadaan limitettyä päälle tulevalla eristelevykerroksella. Näin rakenteesta saadaan tiiviimpi.

Selluvillaa käytettäessä tarvitaan ilmansulkukerros, aivan kuin muillakin hygroskooppisilla eristeillä. Näin estetään ilmavuodot eristekerrosten läpi. Ulkopuolinen ilmansulkukerros on usein tuulensuojalevy, jota vasten villa asennetaan. Sisäpuolisessa ilmansulkukerroksessa käytetään yleensä ilmansulkupaperointia.

Selluvillaeristelevyjä käytettäessä ongelmia saattaa tulla niiteistä, joita ei valmistuksen yhteydessä ole saatu poistettua. Ne tylsyttävät sahan hyvin nopeasti, mikä hidastaa eristystyötä. Sahan teroittaminen lähes jokaisen leikkuun jälkeen on suotavaa, jotta leikkuupinnoista saadaan tasaiset. Teroituksen olen huomannut olevan puutteellista monella rakennusalan ammattilaisella. Tämän seurauksena työn laatu kärsii eivätkä eristelevyt asetu tiiviisti.

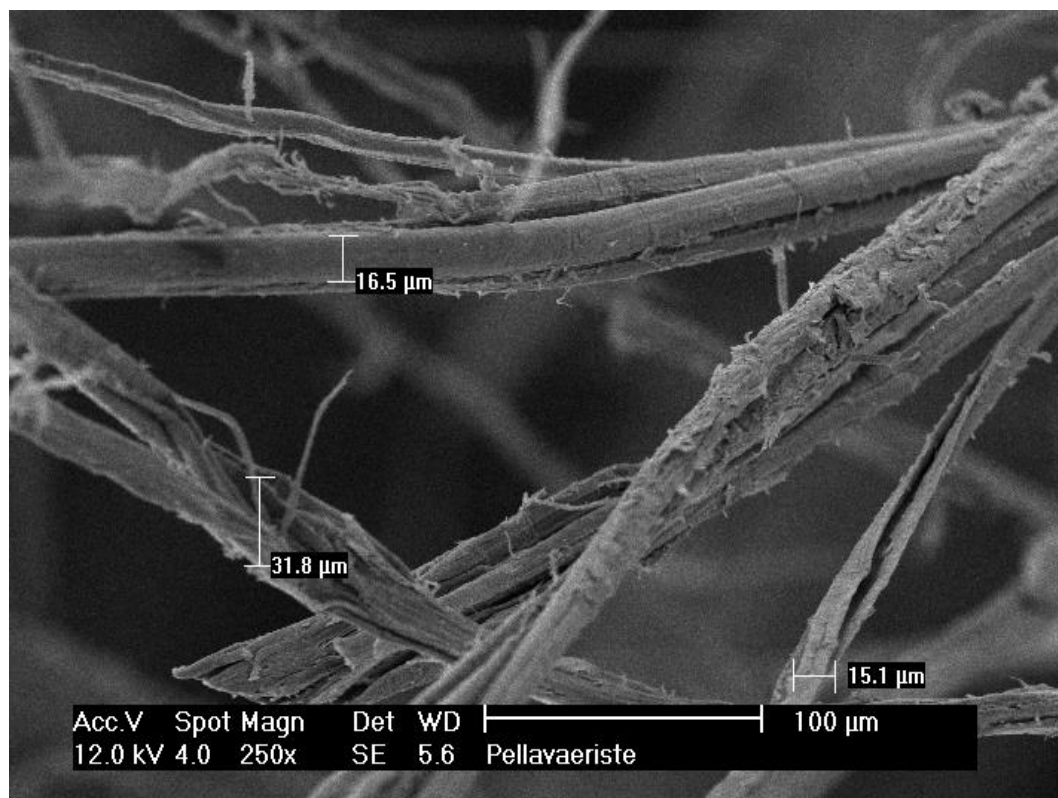
Selluvillaa käsiteltäessä on syytä käyttää hengityssuodatinta, sillä selluvilla pölyä paljon. Siinä on palonestoaineena käytetyn booraksin lisäksi myös muun muassa painomustekemikaaleja, joiden haitallisuudesta ihmiselle tai ympäristölle ei ole juurikaan tietoa saatavilla. Valmistajat ilmoittavat

selluvillan soveltuvan laimennettuna käytettäväksi maanparannusaineena elinkaarensa lopussa, mutta tutkimuksia esimerkiksi painomusteiden imeytymisestä ja haitallisuudesta ravintokasveille ja sitä kautta ihmisille ei löytynyt. Selluvillassa käytetty booraksi eli dinatriumtetraboraattidekahydraatti on haitallinen vesieliöille, joten suositus selluvillan käytöstä maanparannusaineeksi käyttöajan loputtua on mielestäni hyvin kyseenalainen. (WHO -asiantuntijaryhmä 2007.)

5.3 Pellavaeristeet ja niiden ominaisuudet

Pellavan käytöllä eristemateriaalina on pitkät perinteet. Suomalaisessa hirsirakentamisessa pellavaa on ryhdytty käyttämään rakennusten tilkkeenä 1850-luvun jälkeen. Pellavaeristeen raaka-aineena käytetään kuivattua pellavankortta, joka mekaanisesti ilman lisäaineita muokataan kuiduksi. Pellavaeristeisiin lisätään valmistuksen yhteydessä lisäaineita, kuten polyolefiinikuitua sideaineeksi pitämään pellavaeristenauha sekä levyeriste kasassa sekä palonestoaineita, kuten booraksia.

Pellavakuitu on suurimmaksi osaksi selluloosaa. Rasva- ja vaha-aineet ovat tasaisesti jakaantuneet koko kuituun, joten kuidun vedenimukyky on suuri, ja se kuivuu myös nopeasti. Se kestää kastumisen muutamia kertoja päästessään kuivumaan sen jälkeen, mutta jatkuvassa kosteudessa ominaisuudet heikkenevät, eivätkä kuidut palaudu enää entiselleen. Kuitujen vetolujuus on hyvin suuri, mutta murtovenymä hyvin pieni. (Nieminen 2017.)



KUVA 5. Pellavaeristettä suurennettuna

Pellavakuidun ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa esikäsittelymenetelmillä. Tekstiiliteollisuuden tarpeisiin tarvitaan ohutta, tasalaatua kuitua kun taas eristekäyttöön ilmava- ja hyvä rakenne saavutetaan kuitukimpuilla ja eri vahvaisilla kuiduilla. (Westermarck ym. 1998, 9.)

Pyyhkäisyelektronimikroskooppikuvasta (kuva 5) nähdään, että yksittäisten ehjien pellavakuitujen halkaisija vaihtelee 15 – 16 mikronin välillä.

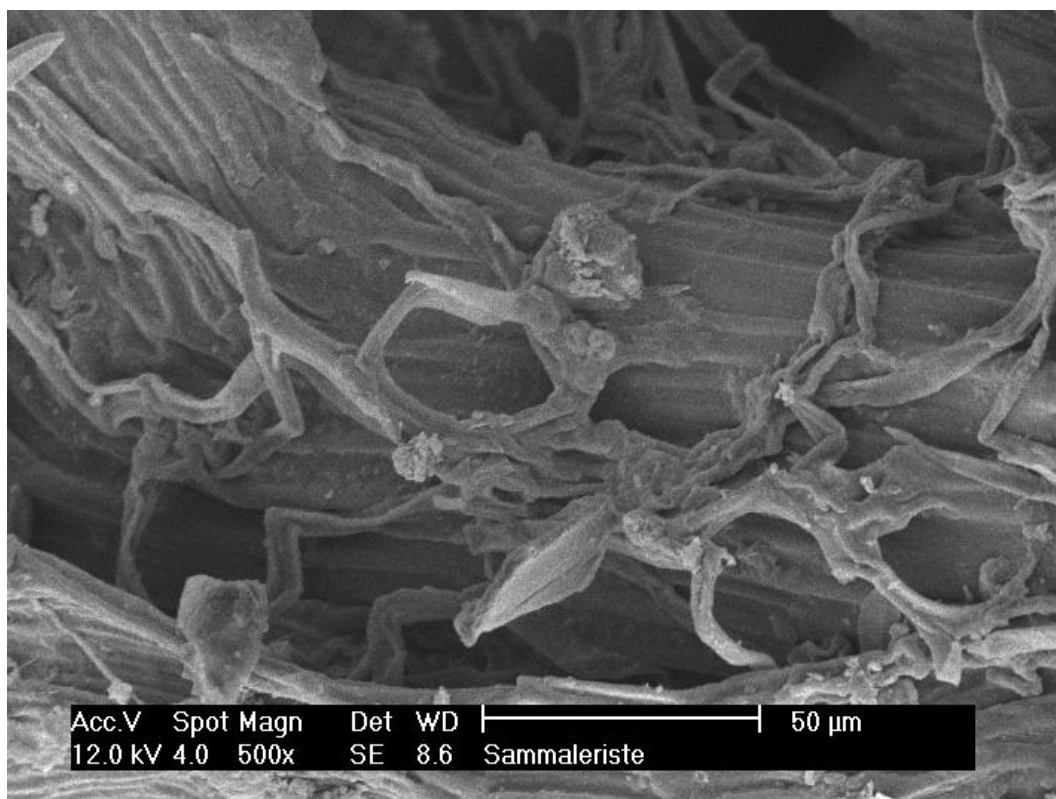
5.4 Turve ja sammal

Turve ja sammal ovat vanhoja lämmöneristemateriaaleja. Niitä on käytetty muun muassa rakennusten ylä- ja alapohjissa, joko eristekerrosten osana tai esimerkiksi yläpohjassa lämmöneristeenä. Turvetta alettiin nostaa 1800-luvun lopulla kaupalliseen tarkoitukseen. Heikosti maatonutta turvetta kuivattiin ja siitä valmistettiin turvepehkuu, jota käytettiin eristemateriaalina. Turvepehkuu kyllästettiin myös asfalttitervallalla ja siitä

valmistettuja Silenda-kappaleita tuli myyntiin 1920-luvulla. Turpeesta bitumilla kyllästetty Wisu-levy tuli markkinoille 1949, mutta mineraalivilla syrjäytti turvelevyt 1950-luvulla. (Kaila 1997, 519-521.)

Turve on antibakteerinen luonnonmateriaali happamuutensa vuoksi. Turpeen hyvät eristysominaisuudet perustuvat sen kuitujen ominaisuuksiin; ne ovat keveitä, huokoisia ja suurimmaksi osaksi onttoja. Eristekäytössä turvetta pitäisi mielestäni suosia enemmän hyvien ominaisuuksiensa vuoksi. Nykyään on saatavilla kaupallisia turvelevyjä eristeinä käytettäväksi. (Vapo 2017.)

Sammal on eräs vanhimmista hirsien väleissä käytetyistä eriste- ja tilkemateriaaleista. Eristekäytössä käytettyjä sammallajeja on useita. Yleensä rakennuksien tilkkeenä ja eristeenä on käytetty sammalta, jota on löytynyt rakennuspaikan läheisyydestä. Eri lajien ominaisuudet eristeenä käytettäessä poikkeavat toisistaan. Tietoa tästä on kuitenkin vaikeaa löytää, sillä sammaleiden ominaisuuksia eristekäytössä ei ole kokeellisesti tutkittu.



KUVA 6. Sammaleristettä suurennettuna

Kuivattua sammalta on käytetty rakennusten yläpohjan lämmöneristysmateriaalina sekä vanhojen rakennusten alapohjassa eristeen osamateriaalina. Hirsien tilkkeenä ja salvoksissa sammal on osoittanut toimivan myös hyvin. Sammal on huokoinen, kevyt ja ilmava materiaali. Sammal on turpeen tavoin hapanta, joten siinä eivät viihdy lahottajasienet eivätkä haitalliset mikrobit. Kuvassa 6 nähdään vanhasta hirsirakennuksesta poistetun sammaleristeen rakennetta. (Halttunen & Kuusisto 2011, 15.)

6 ALAPOHJAN ERISTYS PUUKUITULEVYERISTEELLÄ

Opinnäytetyön käytännön osaan liittyvä, vuonna 1938 rakennettu massiivihirsitalo haluttiin tulevaisuudessakin jättää toimimaan painovoimaisella ilmanvaihdolla sen yksinkertaisuuden ja toimintavarmuuden vuoksi. Eristävyydestä ja asumisviihtyvyydestä ei haluttu tinkiä.

Käytettyihin eristemateriaaleihin päädyttiin laajan selvitys- ja tutkimustyön jälkeen. Tehtyihin valintoihin vaikuttivat muun muassa eristemateriaalin toimivuus kyseisessä kohteessa, eristeessä käytetyt raaka-aineet sekä asennuksen helppous. Tarkoitus oli tehdä työt pääsääntöisesti itse ilman palkattua ulkopuolista apua.

Kohde oli ollut muutamat vuosikymmenet ainoastaan vähäisenä kesäpaikkana käytettynä ja osin todella huonossa kunnossa. Ensimmäinen perusteellista remonttia vaativa kohde oli olohuoneen lattia ja sen huonokuntoiset tukirakenteet. Rossipohjaan oli kerääntynyt vuosien saatossa reilusti orgaanista maa-ainesta. Oli alusta asti selvää, että koko lattia tukirakenteineen puretaan ja lattia tehdään alusta asti uusiksi maankaivuiden jälkeen. Yksi alimmista lattian kannattajahirsistä oli suoraan maassa kiinni, ja lahovaurioita oli myös muutamassa muussakin alahirressä, jotka päätettiin samalla vaihtaa.

6.1 Eristemateriaalin valinta

Jo ennen purkutöiden aloitusta oli selvää, että käytettävän eristemateriaalin tulee olla hengittävä ja terveydelle vaaraton käsitellä. Luonnonkuituinen, polyolefiinikuiduilla vahvistettu Hunton Flex -levyeriste tuntui järkevimmältä valinnalta omaan kohteeseeni. Valintaan vaikutti hyvä rakennusfysikaalinen toimivuus rossipohjaisessa hirsitalossa, painumattomuus puhallettaviin eristeisiin verrattuna sekä asentamisen helppous yksinasennuksessa. Pölyämisen vähäisyyden katsottiin olevan suuri etu sisätiloissa talvipakkasissa työskenneltäessä.

Myös eristeessä käytetyt raaka-aineet, varsinkin palonsuoja-aineet, vaikuttivat sen valintaan. Valitsemassani eristeessä palonsuoja-aineena käytetään ammoniumfosfaattia. Yleisesti palonsuoja-aineena käytettyä booria tai sen yhdisteitä pyrin välttämään mahdollisien terveysriskien minimoimiseksi.

Hunton Flex -levyeriste on valmistettu suurimmaksi osaksi puuteollisuuden ylijäämäisestä mäntykuidusta. Näin ollen se on huomattavasti kemikaalivapaampaa kuin alkuun suunnitelmissa ollut jätepaperista valmistettu selluvilla.

Hunton ilmoitti myös tuotteessaan käytetystä polyolefiinikuidusta, minkä valitettavan harva valmistaja ilmoittaa.

6.2 Lattialankkujen kuivumisen seuranta

Lattian pintamateriaaliksi valikoitui paikallisesta, erinomaisesti palvelevasta rakennustarvikeliikkeestä tilattu ja mittojen mukaan höylätty 145 x 38mm:n kuusilattialankku. Kylmimpään vuodenaikaan lattiaa tehdessä puulattian rakoilu on vähäisimmillään ilman suhteellisen kosteuden ollessa alhaisimmillaan. Näin puu on kuivimmillaan, mikäli ei päädytä käyttämään uunikuivattua materiaalia.

Alkutilanteessa lankut olivat olleet kuivassa varastossa ulkolämpötilassa. Syksyn korkean ilmankosteuden vuoksi lattialankuissa oli liikaa kosteutta suoraan lattiaan asennettaviksi, joten päätin taapeloida lankut olohuoneeseen lattian tukirakenteiden teon ja eristystyön jälkeen. Käytössäni oli ilmankuivain, jolla sain ylimääräisen kosteuden pois työn alla olevasta olohuoneesta. Koko rakennus oli ollut vuosia kylmillään, joten kuivain ja tehokas lämmitys olivat välttämättömiä rakenteiden ja lankkujen tehokasta kuivumista ajatellen. Olohuoneeseen oli lisäksi päässyt nousemaan maaperästä kosteaa ilmaa, sillä olin purkanut lattian ja sen tukirakenteet jo vuotta ennen lattiaremontin alkamista.



KUVA 7. Kosteuden mittausta lattialankusta

Aloitin lattian teon tammikuussa, kun ilmankosteus oli alhainen kovien pakkasten ansiosta. Puunkosteusmittarilla mitattaessa lattialankuissa oli jäljellä 10,1 - 11,2% (kuva 7) kosteutta asennettaessa. Tämä on mielestäni hyvä arvo, eikä lattiassa ole valmistumisen jälkeen juurikaan rakoilua tapahtunut.

6.3 Työn suoritus

Vanhan lattian täydellisen purkamisen ja maankaivuiden jälkeen pääsin aloittamaan lattian teon puhtaalta pöydältä.

Tein lattian tukirakenteen 48 x 173 ja 48 x 148 mitallistetusta puutavarasta ristiinkoolaten k600 jaolla. Tukirakenteen päät kiinnitin alahirsiin palkkikengillä, jotka laitoin kiinni seinän alimpiin hirsiiin vahvoilla 120 millimetrisillä kansiruuveilla. Näin järeiden kiinnitystarpeiden käyttämiseen päädyin alahirsissä olevien luonnollisten puunhalkeamien vuoksi. Tavoitteena oli tehdä lattiasta kestävä ja pitkäikäinen. Eristekerrosta kannattavana aluslaudoituksena käytin höylättyä 23 x 95 kuusi-raakaponttia, paremmin kosteutta kestävä höylätty pinta alaspäin.

Kyseisen materiaalin etuna yleisesti käytettävään tuulensuojalevyyn verrattuna on hyvä kantavuus ja kestävyys kosteusolojen mahdollisen muuttumisenkin seurauksena.

Lattian alimman tukirakenteen ja aluslaudoituksen jälkeen paperoin alapohjan ilmansulkupaperilla, jonka tarkoituksena on estää haitalliset ilmavuodot rakenteiden ja eristekerroksen läpi huoneilmaan. Lattian paperoinnissa käytin kustannussyistä tavallista muovitonta rakennussuojapaperia, joka ajaa saman asian kuin monta kertaa kalliimmat ilmansulkupaperina myytävät tuotteet. Suojapaperissa ei ole minkäänlaista vahviketta, kuten ilmansulkupapereissa käytettävä muovi tai lasikuitu, joten asennuksessa pitää olla huolellisempi repeämien välttämiseksi. Hyvä ilmatiiviyys on oleellinen asia hyvää ja lämmintä lattiarakennetta tehdessä, joten tässä työssä käytin paljon aikaa.

Laitoin alimmaksi eristekerrokseksi 100 mm:n levyristeen, jonka päälle panin alimpien eristelevyjen saumat limittäen 80 mm:n levyristekerroksen. Ristiinkoolattujen 148 mm:n juoksujen väliin tuli 160mm:n paksuinen eriste ideana saada lattiasta mahdollisimman tiivis ja vedoton. Levyristeen määrämittaan leikkauksessa käytin siihen varta vasten suunniteltua, hampaatonta sahaa. Leikkaus onnistui hyvin sahalla, kun vain muisti teroittaa tarpeeksi usein. Tästä levyristeestä puuttuivat sahan terää tylsyttävät niitit, joita ainakin joidenkin selluvillaeristevalmistajien tuotteista harmillisesti löytyy.

Eristeiden laiton jälkeen tuli vielä sisäpuolinen paperointi, jotta eristeet saatiin kahden ilmansulkukerroksen väliin tiiviisti. Näin ollen ei pääse syntymään haitallisia ilmavuotoja, jotka huonontaisivat sisäilmaa ja aiheuttaisivat vedon tunnetta. Tässä käytin samaa rakennuspaperia kuin alapohjan paperoinnissa.

Päällimmäisen ilmansulkupaperoinnin nostin hieman seinälle ja laitoin sen seinään tulevan puukuitulevytyksen alle. Näin seinän ja lattian yhtymäkohdasta saa ilmatiiviin eikä haitallista ilmavuotoa pääse syntymään.



KUVA 8. Lattialankkujen asennusta



KUVA 9. Kertaalleen maalattua valmista lankkulattiaa

Lattian ilmansulkupaperointien jälkeen tuli kuivumassa olleiden lattialankkujen asennuksen vuoro (kuva 8). Asennuksen jälkeen maalasinkin lattian pellavaöljymaalilla (kuva 9).

Olohuone on ollut käytössä nyt reilun vuoden verran, ja olen ollut lattiaan todella tyytyväinen.

7 YHTEENVETO

Muoveja käytetään rakennusteollisuudessa hyvin paljon. Moni ihminen haluaa kuitenkin omaan taloonsa samalla periaattella toimivia kuin ennenkin käytetyt hygroskooppiset eristemateriaalit. Ajatellaan, että nykypäivänä kovasti julkisuudessa olleista homeongelmista päästään eroon välttämällä rakennettaessa muoveja.

Perinnerakentamisesta kiinnostuneiden keskuudessa arvostettu arkkitehtuurin professori emeritus Panu Kaila toteaa mielestäni melkoisesti yleistäen muun muassa Ylen uutisessa: ”Mummonmökissä on hyvä hengittää”(Peiponen 2016). Monessa tapauksessa tämä pitäneeikin paikkansa, mutta asia ei kuitenkaan ole niin yksinkertainen. Suomesta löytyy runsain mitoin asuinkäytössä olevia vanhoja, alkuperäiskuntoisia mummonmökkejä, joissa on vakavia puutteita sisäilmanlaadussa. Tällaiset kommentit voivat vaikuttaa suuresti esimerkiksi monen vanhan talon ostajan päätöksiin. Seuraukset tästä voivat olla terveydelle hyvin haitalliset.

Mielestäni rakentamisessa olisi syytä palata osin vanhoihin, toimiviin ja hyväksi havaittuihin rakenteisiin unohtamatta nykytietämystä ja nykyajan materiaaleja. Yksi hyvä esimerkki on mielestäni tutkimani puukuitueristelevy, jossa on hyödynnetty muovia sideaineena. Rakennefysikaalinen toiminta on samanlainen kuin esimerkiksi vanhassa turve- ja sammaleristeisessä hirsitalossa, vaikkakin tuotteessa käytetään muovia.

Hengittämättömien eristemateriaalien käyttämättä jättämiselle on mielestäni monia hyviä syitä. Nykyään yleisimmin käytetty ohut polyeteenistä valmistettu höyrynsulkumuovi vanhenee ajan kuluessa. Polymeeriketjut pilkkoutuvat, ja vesihöyryä alkaa vuotaa. Monesti nykyään käytettävät ei- hygroskooppiset eristemateriaalit eivät välttämättä kestä sisältäpäin tulevaa kosteuskuormaa. Tästä seuraa kastepisteen

muodostuminen väärään kohtaan rakennetta, ja ongelmia saattaa ilmetä esimerkiksi homevaurioiden muodossa.

Nykyään käytettävän höyrynsulkumuovin tiiviys on ollut käytännössä hankala toteuttaa. Höyrynsulkumuovi kiinnitetään runkoon useimmiten niittaamalla ja teippaamalla. Teippisaumojen tiiviyteen ja sen kestävyYTEEN vaikuttavat monet asiat, kuten teipissä käytetyt liima-aineet, teipin ja liimattavan pinnan yhteensopivuus, pintojen kosteuspitoisuus sekä asentajan huolellisuus. Vesihöyry löytää aina tiensä ulos, jos on pienikin mahdollisuus. Mitä pienempi vuoto, sitä suurempi osapaine kohdistuu tämän vuotokohdan kautta. Tästä voi olla vakavat seuraukset rakenteelle.

Eristemateriaalivalmistajat pyrkivät välttämään muovi- sanan käyttöä tuotteissaan, vaikka sitä olisi eristeessä käytettykin. Mielestäni tätä asiaa ei tarvitse eikä saa peitellä. Joillekin ihmisille muovin käyttämättä jättämiselle voi olla ideologisia syitä, vaikka muovi tai sitä sisältävä tuote toimisikin rakennefysikaalisesti oikein rakenteessa. Jokaisen omakotitalorakentajan ja remontoijan tulisi saada tietää helposti mitä raaka-aineita tuotteessa on käytetty.

LÄHTEET

- American fiber manufacturers association, inc. 2017. Polyester [viitattu 24.11.2016]. Saatavissa: <http://www.fibersource.com/f-tutor/polyester.htm>
- Finnfoam Oy 2017. Koostumus ja rakenne. Yrityksen kotisivu [viitattu 9.10.2017]. Saatavissa: <https://www.finnfoam.fi/tuotteet/finnfoam-eristelevyt/koostumus-ja-rakenne/>
- Hoikkala, S. 2017. Muovit rakentamisessa- EPS-eristeet [viitattu 6.10.2017]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s705.pdf>
- Jian Yao, Cees W.M. Bastiaansen, Ton Peijs 2014. High strength and high modulus electrospun nanofibers. Julkaisu [viitattu 8.9.2016]. Saatavissa: <http://www.mdpi.com/2079-6439/2/2/158/htm>
- Kaila, P. 1997. Talotohtori. Helsinki: WSOY.
- Kuusisto, J. & Halttunen, M. 2011. Puurakenteiden tilkemateriaalit. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö [viitattu 24.10.2017]. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29676/Kuusisto_Jussi.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lepistö, T. 2014. Luonnonkuitukomposiitit. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Tutkimuksia ja raportteja [viitattu 22.10.2017]. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80141/ISBN9789515884329.pdf?sequence=1>
- Nieminen, P. 2017. Dosentti, Tampere. Haastattelu 14.9.2017.
- Palonheimo, E. 2000. Metsä ja puu II, Tukista tuotteeksi. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Peiponen, P. 2016. Rähjä vai unelma - haluaisitko asua hirsitalossa Pielisen katolla? Ylen uutinen [viitattu 6.11.2017]. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-8563033>

Pullola, J. 2017. Muovit rakentamisessa- rakennuspolyuretaanituotteet [viitattu 6.10.2017]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s703.pdf>

Vapo fibers 2017. Eristeet. Yrityksen kotisivu [viitattu 19.11.2017]. Saatavissa: <https://www.vapo.com/tuotteet-ja-palvelut/vapo-fibers/eristeet>

Westermarck, M. Heuru, E-R. Lundten, B. 1998. Luonnonmukaiset rakennusaineet/ Nide 46/ Arkkitehtiosaston julkaisuja/ Teknillinen korkeakoulu. Helsinki: Rakennustieto Oy.

WHO:n IPCS-ohjelman kansainvälinen asiantuntijaryhmä 1997. Kansainväliset kemikaalikortit ICSC: 0567 [viitattu 12.11.2017]. Saatavissa: <http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/khtml/nfin0567.htm>

