

Eräiden kutterinlastutuotteiden rakennusfysikaaliset materiaaliominaisuudet

Ilkka Tuurala, Eero Tuominen ja Juha Vinha
Tampereen yliopisto, rakennustekniikka, rakennusfysiikka

Tiivistelmä

Tutkimus on osa ECOSAFE-hanketta. Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia ECOSAFE-hankkeen hankkeen rakennekokeissa käytettyjen neljän kutterinlastutuotteen materiaaliominaisuudet niissä tiheyksissä, missä ne ovat hankkeen rakennekokeissa. Toisena tavoitteena oli tutkia, onko eri tuottajien kutterinlastujen ominaisuuksissa eroja. Kolmantena tavoitteena oli tutkia savetuksen vaikutusta kutterinlastun ominaisuuksiin.

Materiaaliominaisuuksista tutkittiin lämmönjohtavuus, tasapainokosteus, vesihöyrynläpäisevyys, kapillaarinen vedenimeytymiskerroin ja ilmanläpäisevyys. Tässä artikkelissa esitellään lyhyesti koemenetelmät ja tulokset.

1. Johdanto

Puurakentamisen ja puupohjaisten tuotteiden käyttö nostaa yhä vahvemmin päätään rakentamisessa. Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi tarvitaan tuotteita, jotka sitovat hiiltä ja menetelmiä, joiden hiilijalanjälki on pieni. Kutterinlastun ja sahanpurun tuotanto sahateollisuuden sivutuotteena on hiilijalanjäljeltään käytännössä neutraalia. Ainoan päästölähteen muodostavat varastointi ja kuljetus.

Materiaalina kutterinlastu on puuta. Puu on hygroskooppinen materiaali, kuten esimerkiksi betoni. Se eroaa kuitenkin betonista siinä, että kun betonissa kosteus liikkuu ainoastaan huokosissa, puussa kosteus liikkuu paitsi solujen välissä olevissa huokosissa, myös soluonteloissa vapaana vetenä ja vesihöyrynä, että soluseinämissä vesihöyrynä [1].

Sahanpurun ja kutterinlastun materiaaliominaisuuksia on mitattu suhteellisen vähän. Tähän on syynä, että ei ole ollut kaupallista toimijaa, joka olisi laboratoriotutkimuksia teettänyt. Tampereen teknillisessä yliopistossa on aiemmin mitattu osana FRAME-hanketta tutkittu myös kutterinlastun ja sahanpurun ominaisuuksia. Tässä tutkimuksessa kokeet tehtiin pääosin samoilla menetelmillä, osin samoilla laitteistoillakin.

Materiaaliominaisuuksia tässä tutkimuksessa on tutkittu neljälle kutterinlastutuotteelle. Tuotteet ovat samat, joita on käytetty ECOSAFE-projektissa seinärakenne- ja yläpohjakokeissa. Kokeet on tämän vuoksi tehty pääosin siinä tiheydessä kuin kyseistä materiaalia on käytetty rakennekokeissa. Tuotteista Ehta on kuusesta valmistettu kutterinlastu, josta on hienoaines erotettu. Ehta-tuote on käytössä yläpohjakokeissa, joten tässäkin tutkimuksessa kokeet on sille pääosin tehty ns. yläpohjatiheydellä. Toinen yläpohjakokeissa käytettävä tuote on tavanomaista satunnaista purua, jota voi olettaa saatavan höyläämöltä kuin höyläämöltä. Tätä on tutkimuksessa kutsuttu Nimettömäksi kutteriksi. Seinärakennetiheyksissä kokeet on tehty Pölkky- ja tästä jatkojalostetulle savetetulle Pölkky-purulle. Savetuksen osalta tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita, parantaako savetus entisestään purun kosteusominaisuuksia.

2. Materiaaliominaisuuskokeet

Materiaaliominaisuuksista tutkittiin lämmönjohtavuus, tasapainokosteus, vesihöyrynläpäisevyys, kapillaarinen vedenimeytymiskerroin ja ilmanläpäisevyys.

2.1 Materiaalitiheydet kokeissa

Kokeet pyrittiin tekemään siinä tiheydessä missä kyseinen materiaali oli käytössä ECOSAFE-projektin rakennekokeissa. Pölkky-materiaalille tiheydessä n. 170 kg/m^3 , Pölkky-Savetetulle 266 kg/m^3 , Ehdalle 100 kg/m^3 ja jokamiehen purulle $66,5 \text{ kg/m}^3$ tiheydessä. Koska Pölkky-Savetettu koostuu paino-osissa 2:1 Pölkystä ja savijauhosta, kutterin osuudet Pölkky ja Pölkky-savetettu materiaaleissa vastaavat toisiaan. Osuudet eivät ole täysin tiedossa sen vuoksi, että kutteri ja savi ovat olleet tuntemattomassa kosteudessa sekoitettaessa. Samoin elementtejä puhallettaessa materiaalin suhteellinen kosteus on tuntematon. Voi kuitenkin olettaa, että sekä savetusta tehdestä, että elementtejä puhallettaessa kosteusolosuhteet ovat olleet samankaltaiset.

Materiaalikokeissa käytetyt erät tasapainotettiin ennen kokeita 50 % RH kosteudessa ja $23 \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa. Hygroskooppien tasapainokosteuskoe tehtiin irtotiheydessä ripottelemalla kutteri koeastioihin tasaiseksi kerrokseksi. Tässä yhteydessä Pölkyn irtotiheydeksi 50 % RH kosteudessa mitattiin Pölkylle 141 kg/m^3 , Ehdalle 101 kg/m^3 , Pölkky-savetetulle 169 kg/m^3 ja jokamiehen kutterille $66,5 \text{ kg/m}^3$. Kaikki kokeet tehtiin laboratorio-olosuhteissa (23 ± 2) $^\circ\text{C}$ lämpötilassa pois lukien lämmönjohtavuuskoe, joka tehtiin laitteiston säätämässä lämpötilassa.

2.2 Lämmönjohtavuus

Lämmönjohtavuuskokeet suoritettiin FOX304 lämpövirtalevyllaitteella. Mittaukset suoritettiin standardin SFS EN 12667 ”Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden lämmönvastuksen määrittäminen kuumalevy- ja lämpövirtalevyllaitteella. Kuivat ja kosteat tuotteet, joilla on korkea tai suhteellisen korkea lämmönvastus.” (SFS-12667, 2001) [3] mukaisesti. Suositeltavaa hygroskooppiselle materiaalille on testata se siten, että alalevy on kylmä levy ja pienentämällä levyjen välistä lämpötilaeroa. Tällöin mahdollinen kosteuden kondensoituminen kylmän levyn pintaan vaikuttaa koetulokseen vähemmän. Lämmönjohtavuuskokeet tehtiin adsorptiossa ja desorptiossa 11 %RH, 50 % RH 94 %RH kosteuksissa tasapainotetuille koekappaleille $10 \text{ }^\circ\text{C}$ keskilämpötilassa ja $10 \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilaerolla. Jokamiehen kutterin osalta koe tehtiin ainoastaan tavanomaisesti käytetyssä 50 % RH kosteusolosuhteessa,

2.3 Ilmanläpäisevyys

Tutkimuksessa käytetty ilmanläpäisevyyskoe perustuu standardeihin SFS-EN ISO 9053:2018 [5] ja SFS-EN ISO 12114. Koelaitteistossa materiaalin ylä- ja alapuolelle luodaan positiivinen tai negatiivinen paine-ero, joka mitataan. Paine-ero katsotaan positiiviseksi, kun materiaalin ulkopinnaksi tarkoitettulla puolella on suurempi paine kuin sisäpuolella.

Kutterinlastu voidaan olettaa homogeeniseksi materiaaliksi, jolloin koetta ei ollut tarvetta toistaa eri suunnissa. Tasapainottunutta irtomateriaalia punnittiin erä, joka vastaa tavoitetiheyttä, kun ilmanläpäisylaitteen sivumitat ja näytekorkeus tunnetaan. Välittömästi punnituksen jälkeen erä sullottiin suoraan koelaitteistoon tavoitetiheyteen. Ilmavirtaa kasvatettiin viiden yksikön hyppäyksin aloitustasosta 10 litraa minuutissa tasosta 60 litraa minuutissa tasoon asti. Taulukkoon merkittiin paine-eromittarin lukema (mBar).

2.4 Hygroskooppinen tasapainokosteus

Hygroskooppisessa tasapainokosteuskokeessa määritettiin standardin SFS-EN ISO 12571 [4] mukaisesti materiaalinäytteen kosteuspitoisuus hygroskooppisella alueella eri kosteuksilla ja näiden perusteella materiaalin tasapaino-kosteuskäyrä. Materiaalin tasapainokosteus laskettiin 13 %RH, 39 %RH, 50 %RH, 75 %RH, 95 %RH suhteellisissa kosteuksissa laboratoriolämpötilassa. Tasapainokosteuskäyrä määritettiin erikseen materiaalille adsorptiossa ja desorptiossa. Kosteuspitoisuus laskettiin punnitsemalla kolmen koekappaleen erä kosteusolosuhteissa. Koekappaleen kuivamassa määritettiin kuivaamalla yksi erä materiaaleja (105 ± 2) °C lämpötilassa. Tasapainotila kussakin kosteudessa tulkittiin saavutetuksi, kun kappaleen massa muuttui korkeintaan 0,1 % kolmessa perättäisessä 24 tunnin välein tehdyssä punnituksessa sekä tarkistamalla tasaantuminen graafisesti kuvaajasta.

2.5 Vesihöyrynläpäisevyys

Rakennusmateriaalin vesihöyrynläpäisevyys δ_v [kg/m³] tai δ_p [kg/kgPa] määritettiin kahdella märkäkuppikokeella standardin SFS-EN ISO 12572:2016 [6] mukaisesti. Koe suoritettiin kahdella kosteusparilla 50–94 % RH ja 11–50 % RH siten, että kupissa oli suurempi suhteellinen kosteus.

Vesihöyrynläpäisykokeen osalta tutkimuksessa kehitettiin myös tutkimusmenetelmää. Irtomateriaalilla käytetään koekupissa tukilevyä tai verkkoa (grid). Kosteusparilla 50–94 % RH käytettiin tukilevynä 12,5 mm Fermacell-kipsilevyä tavanomaisen kipsilevyn sijaan. Tämän johdosta koekuppiin ei jäänyt standardin vaatimaa 100 mm materiaalikorkeutta, vaan ainoastaan 33,5 mm. Hyvin läpäisevällä materiaalilla on lisäksi mahdollista, että 12,5 mm kipsilevy vaikuttaa tuloksiin, etenkin standardinmukaisen reunavirhevähennyksen osalta. Tämän vuoksi koemenetelmää kehitettiin siten, että 11–50 % RH kokeessa käytettiin muoviverkkoa ja koekupissa korotettua tiivistä muovikaulusta. Kummassakin tapauksessa koe toistettiin myös kolmella tyhjällä kupilla tukilevyn vesihöyrynvastuksen määrittämiseksi. Muoviverkon tapauksessa tarkistettiin höyrynsulkuteipillä tiivistetyllä kupilla, että reunavuoto ei vaikuta merkittävästi tuloksiin. Vertailuna Ehta-eristeellä toteutettiin myös 50–94 % RH koe muoviverkkoa tukilevynä käyttäen. Jokamiehen kutterin osalta molemmissa kosteuspareissa käytettiin muoviverkkoa tukilevynä.

2.6 Kapillaarinen vedenimukerroin

Standardi SFS-EN ISO 15418:2002 [7] määrittelee menetelmän vedenimeytymiskertoimen määrittämiseen osittaisessa upotuksessa. Kokeessa mitataan kappaleen massanmuutosta, kun kappaleen alapinta on kosketuksissa veteen. Tavoitteena kokeessa on punnita kappaletta vähintään 24 tunnin ajan.

Irtoteriste asetettiin koeastiaan, jonka sisähalkaisija oli 186,6 mm ja näytekorkeus astiassa 70 mm. Astian pohja valmistettiin metalliverkosta (silmäkoko n. 0,5 mm x 0,5 mm). Olosuhdehuoneessa tasaannutettu irtomateriaali sullottiin materiaaliikohtaiseen tavoitetiheyteen. Kokeessa koekappale oli jatkuvassa punnituksessa laitteistossa, jossa vaaka punnitsi kappaleen 50 sekunnin välein (Kokeen alussa ja lopussa 5 sekunnin välein). Koekappaleen roikkuessa vaaka vesipinta nostettiin siten että kappaleen pohja oli tasaisesti vesiupotuksessa. Alkutilanteessa koekappale oli noin 1 cm vesiupotuksessa mahdollisimman tasaisesti. Kutterinlastu imee niin nopeasti kosteutta, että kokeen aikana upotussyvyys pieneni. Tämä vaikuttaa hieman nosteeseen, mutta tällä ei katsottu olevan merkitystä.

3. Tulokset

3.1 Lämmönjohtavuus

Taulukossa 1 on esitetty lämmönjohtavuuskokeiden tulokset adsorptiossa ja desorptiossa mitattujen tulosten keskiarvona. Tulokset olivat loogisia ja odotusten mukaisia. Lämmönjohtavuus kasvaa suhteellisen kosteuden kasvaessa. Tämä selittyy materiaalin kosteuspitoisuudella.

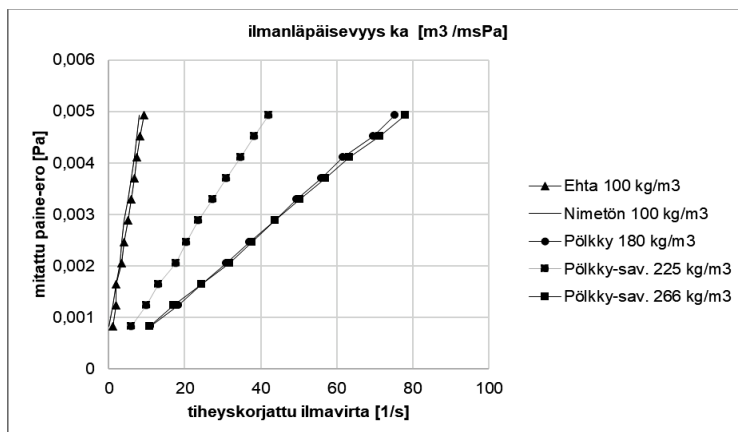
Taulukko 1 Lämmönjohtavuudet

Materiaali	λ [W/(mK)]		
	13 % RH	50 % RH	94 %RH
Pölkky-savetettu	0,055	0,059	0,065
Ehta	0,052	0,055	0,063
Pölkky	0,052	0,058	0,065
Nimetön kutteri		0,054	

Tiheydellä sen sijaan ei näyttäisi olevan suurta vaikutusta, mutta johdonmukaisesti tiheyden kasvaessa myös lämmönjohtavuus kasvaa. Lämmönjohtavuuskokeissa saadut arvot vastaavat hyvin sekä aiemmissa tutkimuksissa saatuja tuloksia, että kirjallisuudessa yleisesti esiintyviä arvoja. Vertailuarvona on RIL-255-1-2014 sahanpuru-kutterinlastu-eristeelle 149 kg/m³ saatu 0,054–0,060 W/mK [2].

3.2 Ilmanläpäisevyys

Kuvassa 1 on esitetty eri materiaalien mitatut paine-erot ilmavirran funktiona. Ilmanläpäisykerroin on näiden käyrien lineaarisen regressiosovitteen kulmakerroin. Käytännössä ilmanläpäisevyydessä ei materiaalien välillä ole eroavaisuuksia. Nimettömän kutterin osalta tiheys 66,5 kg/m³ osoittautui liian harvaksi, eikä riittävää paine-eroa syntynyt, jotta sille olisi saanut tuloksia. Nimettömän kutterin osalta koe toistettiin tiheydellä 100 kg/m³. Tiheydellä 100 kg/m³ Nimettömän ja Ehdan tulokset olivat samat. Savetetun Pölkyn osalta savi lisää materiaalin massaa, mutta savetus ei vaikuta ilmanläpäisevyyteen. Eri kutterinlastuilla ei ole eroa havaittavissa, vaan kutterinlastusta riippumatta tiheys on määrittävä tekijä.



Kuva 1. Ilmanläpäisevyys k_a [m³ /msPa]

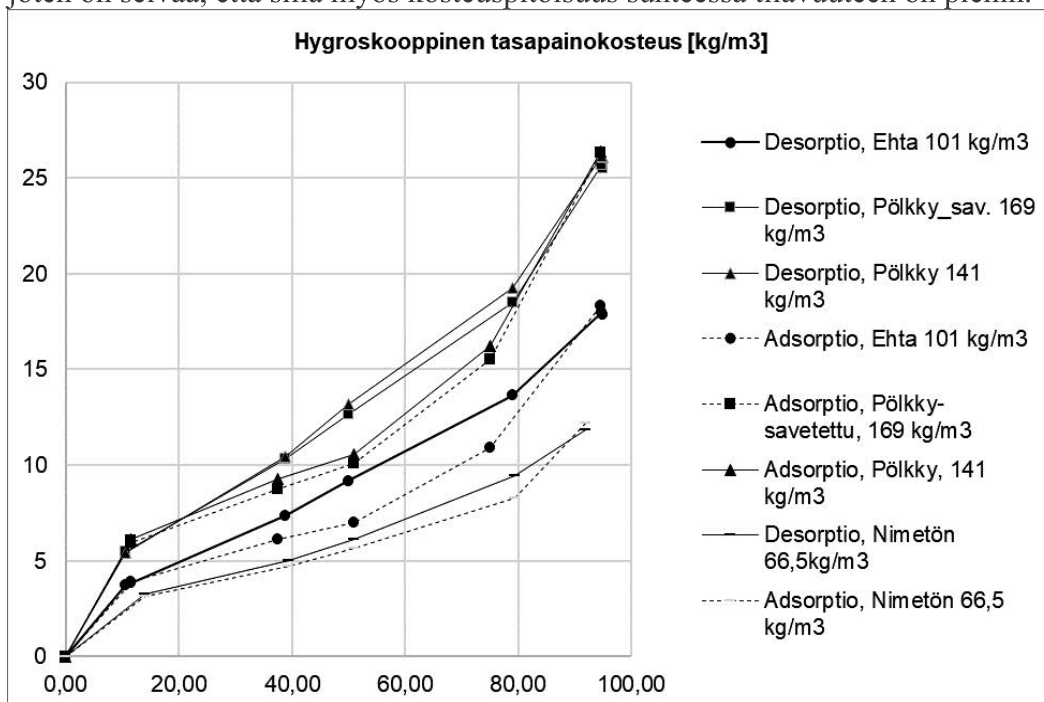
Taulukossa 2 on esitetty ilmanläpäisevyysskoekiden tulokset. Vertailuna mukaan on otettu RIL-255-1-2014 oppaasta [2] otettuihin kivivilla ja puhallettava puukuitueriste arvot.

Taulukko 2 Ilmanläpäisevyys

Tuote	Ilmanläpäisevyys*10 ⁻⁴ [m ³ /(msPa)]
Pölkky 180,0 kg/m ³ , 50 %RH	0,64
Pölkky-savetettu 220,1 kg/m ³ , 50 %RH	1,15
Pölkky-savetettu 266 kg/m ³ , 50 %RH	0,62
Ehta 100,0 kg/m ³ , 50 %RH	4,87
Nimetön 100,0 kg/m ³ , 50 %RH	5,16
RIL-255-1-2014 puhallettava kivivilla [2]	2,8
RIL-255-1-2014 puhallettava puukuitueriste [2]	2,4
Nimetön 66,5 kg/m ³ 50 %RH	17,39 (luotettavan mitta-alueen ulkopuolella)

3.3 Hygrokooppinen tasapainokosteus

Kuvassa 2 on esitetty tasapainokosteuskäyrät ja kosteuspitoisuus [kg/m³] eri suhteellisissa ilmankosteuksissa. On huomattava, että tiheydet ovat ns. irtotiheyksiä ja näytteet ainoastaan tasattiin painelematta koeastioihin. Pölkky ja Pölkky-savetettu kulkevat samaa käyrää. Ehta-eristeellä irtotiheys on pienempi kuin Pölkyllä. Nimettömällä kutterilla tiheys on pienin, joten on selvää, että sillä myös kosteuspitoisuus suhteessa tilavuuteen on pienin.



Kuva 2. Kutterinlastueristeiden adsorptio- ja desorptiokäyrät [kg/m³]

3.4 Vesihöyrynläpäisevyys

Taulukossa 3 on esitetty vesihöyrynläpäisykoekiden tulokset. Ehdan, Pölkyn ja Pölkky-savetettu osalta taulukon 50–94 % RH tuloksissa suluissa on esitetty fermacell-kipsilevyllä ja 33,5 mm materiaalikerroksella saadut tulokset. Ehdalle tehtiin 50–94 koe menetelmien tulosten vertailun

vuoksi myös käyttäen muoviverkkoa. Nimettömän kutterin koe tehtiin molemmilla kosteuspareilla muoviverkkoa käyttäen. Molemmilla menetelmillä on saatu lähellä toisiaan olevat tulokset. Samoin tulokset ovat johdonmukaisia siten, että tiheämmällä materiaalilla on alhaisempi vesihöyrynläpäisevyys.

Taulukko 3 Vesihöyrynläpäisevyys

Materiaali	Vesihöyrynläpäisevyys				Diff.vast.kerroin		
	suure -> yksikkö ->	δ_v [m ² /s]	δ_p [kg/(msPa)]	δ_v [m ² /s]	δ_p [kg/(msPa)]	μ	μ
	olosuhde ->	11-50 %RH	11-50 %RH	50-93 %RH	50-93 %RH	11-50 %RH	50-93 %RH
Pölkky kutteri, 180 kg/m ³		1,29E-05	9,51E-11	(2,36E-05)	(1,74E-10)	2,07	(1,19)
Ehta kutteri, 100 kg/m ³		1,81E-05	1,33E-10	(2,73E-05) 2,50E-05	(2,01E-10) 1,84E-10	1,48	(1,02) 1,07
Pölkky-savetettu, 266 kg/m ³		9,61E-06	7,08E-11	(2,43E-05)	(1,79E-10)	2,79	(1,16)
Nimetön, 66,5 kg/m ³		2,27E-05	1,67E-10	2,63E-05	1,94E-10	1,18	0,97

Näyttäisi siis olevan, että samoin kuin muissakin kokeissa, tiheys on määrittävä tekijä. Eri kutterinlastujen välillä ei ole havaittavissa eroja. Myöskään Pölkky ja Pölkky-savetettu välillä ei ole havaittavia eroja, joten savetuksella ei näyttäisi vesihöyrynläpäisevyyden osalta olevan vaikutusta.

3.5 Kapillaarinen vedenimukerroin

Taulukossa (Taulukko 4) on esitetty kokeissa saadut kapillariteettikertoimet $A_{w,24}$ [kg/m²s²] ja kyllästyskosteus w_{cap} [kg/m³]. On huomattava, että samalla tiheydellä noin 100 kg/m³ Pölkyn ja Ehdan tulokset ovat samat, samoin kuin Pölkyn ja Pölkky-savetettu tulokset seinärakennetiheyksillä.

Taulukko 4 Kapillariteettikerroin ja kyllästyskosteus

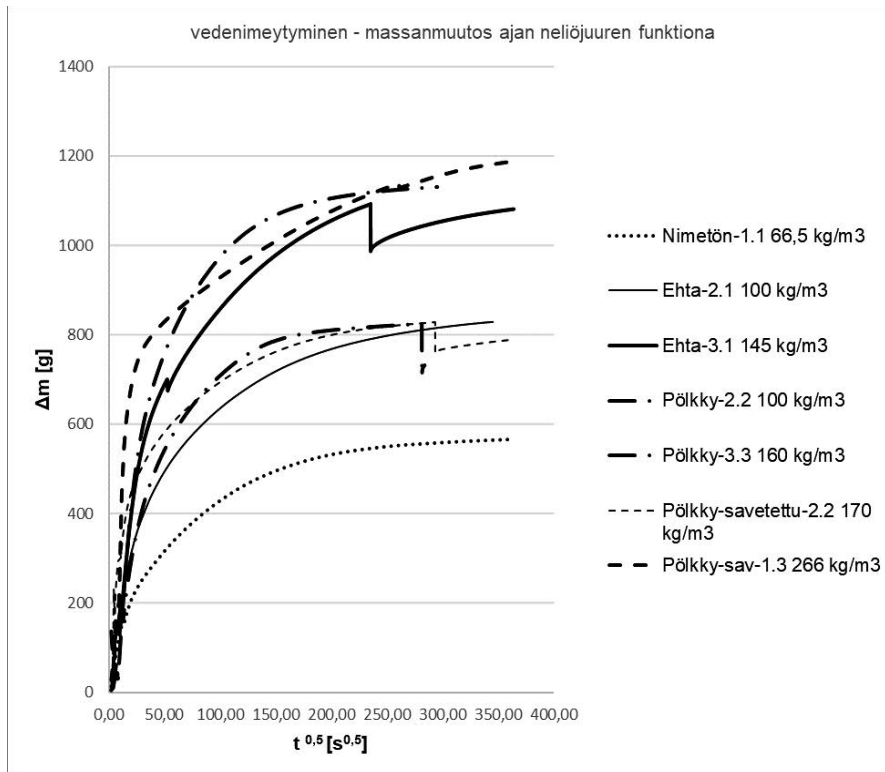
Materiaali	$A_{w,24}$ [kg/m ² s ²]	w_{cap} [kg/m ³]
Nimetön 66,5 kg/m ³	0,070	293,529
Ehta 100 kg/m ³	0,091	319,345
Ehta 150 kg/m ³	0,131	350,736
Pölkky 105 kg/m ³	0,090	376,513
Pölkky 160 kg/m ³	0,144	465,446
Pölkky-savetettu 266 kg/m ³	0,144	605,504

Kuvassa 3 on esitetty vedenimeytyminen ajan neliöjuuren funktiona. Kuvaajista näkyy, että kutterinlastueristeen vedenimeytymiskokeessa ei ole selkeää lineaarista jaksoa alussa, eikä taitekohtaa, ajanhetkellä kun kosteus on saavuttanut koekappaleen yläpinnan.

Vedenimeytyminen materiaalissa on niin nopeaa, että kosteus ehtii saavuttaa kappaleen yläpinnan nopeasti, kun kutterinlastujen solut ovat vielä kyllästymättä vedellä. Kosteus leviää ensin tasaisesti kutterinlastujen pintoihin, sen jälkeen kutterinlastuissa soluväleihin ja soluseinämiin ja lopulta solut sisältä alkavat täyttyä vedellä.

Kuvasta näkyy myös, että vedenimeytymisen määrittelee käytännössä tiheys. Nimetön, jonka tiheys kokeessa on alhaisin, imee vähiten vettä itseensä, kun taas Pölkky-savetettu imee yli

kaksinkertaisen määrän. Kuvasta myös näkyy, että Pölkky-savetettu tasatulla irtotiheydellä 170 kg/m³ imee saman määrän kosteutta kuin Pölkky tasatulla irtotiheydellä 100 kg/m³, ja vastaavasti ne imevät seinärakennetiheyksillä saman määrän. Tämän perusteella savetuksella ei näyttäisi olevan vaikutusta vedenimeytymiseen.



Kuva 3. Vedenimeytymiskerroin

4. Yhteenveto

Tutkimuksen tuloksena saatiin johdonmukaiset tulokset tarkastelluille kutterinlastumateriaaleille. Tutkimuksessa ollut Ehta-eriste on kuusta, josta on hienoainesta seulottu pois. Pölkky on tehty sekapuusta, jossa voi olla mäntyä ja kuusta sekaisin. Nimetön kutteri edusti kokeissa ns. jokamiehen purua, jota voinee olettaa saavansa suoraan piensahalta. Kokeissa olleesta Nimettömästä kutterista on todettava, että se oli isompilastuista kuin Ehta ja Pölkky. Nimettömän kutterin osalta ei ole tiedossa, onko materiaali mäntyä vai kuusta, Värin perusteella se oli todennäköisesti mäntyä. Kokeiden perusteella voidaan ainoastaan arvella, että kuusen ja männyn välillä ei ole eroja, mutta tällaista johtopäätöstä ei voi vetää.

Lämmönjohtavuuden osalta tulokset olivat kaikille mitatuille tuotteille välillä 0,054–0,065 W/mK siten että kosteuden pysyessä normaaleissa olosuhteissa alle 50 % RH erot ovat pieniä. Suhteellisen kosteuden kasvaessa lämmönjohtavuus kasvaa erityisesti suurilla kosteuksilla. Erot tuotteiden välillä olivat pieniä. Erot määräytyivät tiheyden perusteella, mutta tutkituilla tiheyksillä erot olivat marginaalisia.

Myös ilmanläpäisevyyden osalta myös tiheys oli ainoa määrittävä tekijä. Eri kutterinlastujen välillä ei ollut havaittavissa eroja. Johtuen koemenetelmästä Nimettömän kutterin osalta ei 66,5 kg/m³ saatu luotettavaa tulosta, mutta 100 kg/m³ tiheydellä tulos oli sama kuin Ehdalla vastaavalla tiheydellä. Vastaavasti Pölkyn (170 kg/m³) ja Pölkky-savetetun (266 kg/m³) osalta ilmanläpäisevyydet olivat samat.

Hygroskooppinen tasapainokosteus mitattiin materiaaleille irtotiheyksillä Nimetön kutteri 66,5 kg/m³, Ehta 100 kg/m³, Pölkky 141 kg/m³ ja Pölkky-savetettu 170 kg/m³. Tasapainokosteuskäyrissä näkyy materiaalin hygroskooppisuus tasapainokosteuskäyrien erotessa toisistaan adsorptiossa ja desorptiossa. Odotettavasti tilavuuteen nähden tiheämmillä materiaaleilla tasapainokosteuspitoisuudet ovat suurempia. Irtotiheyksillä Pölkky ja Pölkky-savetettu välillä ei ole nähtävissä eroja. Irtotiheydellä Pölkky ja Pölkky-savetettu näyttävät sitovan yhtä paljon kosteutta. Puhalletussa tiheydessä rakenteessa Pölkky-savetettu on suhteessa irtotiheyteen tiiviimmässä kuin Pölkky ja laskettaessa kosteus suhteessa kuivamassaan näkyy, että rakennetiheydessä Pölkky-savetetulla on suurempi tasapainokosteus.

Vesihöyrynläpäisevyydessä ei myöskään ole havaittavissa eroja kutterinlastutuotteiden välillä. Tulokset määräytyvät johdonmukaisesti tiheyden perusteella. Vesihöyrynläpäisevyyden osalta kehitettiin samalla tutkimusmenetelmää irtomateriaalin vesihöyrynläpäisevyyden mittaamiseksi. Koemenetelmillä saadut tulokset ovat riittävän samankaltaisia ja johdonmukaisia, mutta saadut tulokset vaativat vielä tarkempaa analysointia, jota käsitellään tutkimuksesta tehtävässä diplomityössä.

Vedenimeytymiskoe tehtiin materiaaleille sekä edellä mainituilla irtotiheyksillä, että rakennekoetiheyksillä. Irtotiheyksillä mitatut vedenimukäyrät ovat lähellä toisiaan ja vastaavasti seinärakennetiheyksillä käyrät ovat lähellä toisiaan. Kuvaajissa ei ole nähtävissä alussa selkeää lineaarisuutta, kapillaarisen kosteuden etenemistä alhaalta ylös ja tasaantumista kosteuden saavuttaessa yläpinnan. Tämä on odotettavaa kutterinlastulle, jossa yksittäisten lastujen syysuunta vaihtelee ja kosteus leviää materiaalissa tasaisesti joka suuntaan. Kosteus saavuttaa myös kappaleen yläpinnan ennen 24 tunnin aikarajaa. Tämän vuoksi standardinmukaista A_w ja w_{cap} ei voi kutterinlastuille määrittellä vaan 24 tunnin ajalta laskettavan $A_{w,24}$ arvon.

Lähdeluettelo

- [1] Kärkkäinen, M., 2007. *Puun rakenne ja ominaisuudet*. Hämeenlinna: Metsä kustannus.
- [2] RIL, 2014. *Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset*. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- [3] SFS-12667, 2001. *SFS-EN 12667. Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden lämpötekniset ominaisuudet. Lämmönvastuksen määrittäminen kuumalevy- ja lämpövirtalevyllä. Tuotteet, joilla on korkea tai suhteellisen korkea lämmönvastus*. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.
- [4] SFS-12571, 2014. *SFS-EN ISO 12571. Hygrothermal performance of building materials and products. Determination of hygroscopic sorption properties*. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.
- [5] SFS-9053, 2018. *SFS-EN ISO 9053-1:2018. Acoustics. Determination of airflow resistance. Part 1: Static airflow method (ISO 9053-1:2018)*. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.
- [6] SFS-12572:2016, S.-E. I., 2016. *Hygrothermal performance of building materials and products. Determination of water vapour transmission properties. Cup method (ISO 12572:2016)*. s.l.:s.n
- [7] SFS-15148, 2003. *SFS-EN ISO 15148. Hygrothermal performance of building materials and products -Determination of water absorption coefficient by partial immersion (ISO 15148:2002)*. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.