



PAIBIRA-HANKKEEN YHTEISJULKAISU

Paikalliset biopohjaiset rakennusmateriaalit

KIRJOITTANEET LASSE ARO, KIMMO ILLIKAINEN, MARJA JALLINOJA, JERE KANGAS, ILKKA LEINONEN, PETRI LUUKKONEN, KYLLIKKI MAARANTO, RISTO VÄYRYNEN.

TOIMITTANUT KALLE PARVIAINEN.

YHTEISJULKAISU TOIMII HANKKEEN LOPPURAPORTTINA.

OAMK
OULUN AMMATTIKORKEAKOULU

ehta eriste
100% puuta.

Luke
LUONNONVARAKESKUS

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
European Union



POHJOIS-POHJANMAA
Council of Oulu Region

metsäkeskus



VAARA



VAPO

Sisällys

1	Johdanto.....	4
2	Biopohjaisista materiaaleista on mistä valita	6
2.1	Rahkasammalen keruukohteet	7
2.2	Rahkasammalen potentiaalikartoituksen toteutus	7
2.3	Rahkasammalen potentiaalikartoituksen tulokset.....	9
2.4	Potentiaalikartoituksen haasteet.....	11
2.5	Materiaalikortit	12
2.6	Jatkotoimenpiteitä.....	12
3	Materiaalien soveltuvuus eristekäyttöön vaatii pitkäjänteistä tutkimusta	14
3.1	Materiaalien vaatimukset.....	14
3.2	Rakennusfysikaaliset mittaukset ja mallintaminen	15
3.2.1	Mallintamisen alkuarvojen ja laskentaparametrien määrittäminen	15
3.2.2	Mitattujen materiaaliarvojen toimivuus mallissa	17
3.2.3	Materiaalien käyttäytyminen ulkoseinärakenteen osana tulevaisuuden ilmastossa	17
3.3	Päätelmiä mittauksesta ja mallintamisesta	20
3.4	Nykyinen eristetarjonta ja materiaalien soveltuvuus käyttöön	20
3.5	Asenteet biopohjaisiin materiaaleihin	21
4	Ovatko biopohjaisten materiaalien positiiviset ympäristövaikutukset itsestäänselvyys?.....	22
4.1	Johdanto ympäristövaikutusten selvittämiseen.....	22
4.2	Elinkaarianalyysi.....	23
4.2.1	Ympäristövaikutukset	23
4.2.2	Toiminnallinen yksikkö ja systeemin rajaus.....	24
4.2.3	Tietolähteet ja elinkaarilaskennan toteutus	25
4.2.4	Tuotteen käytöstä poistaminen ja loppukäsittely	26
4.2.5	Vertailutuotteet	26
4.3	Elinkaarianalyysin tulokset.....	27
4.3.1	Ympäristövaikutukset "kehdestä tehtaan portille"	27
4.3.2	Tuotteiden hiilivarasto ja käytöstä poistaminen	32
4.4	Johtopäätökset elinkaarianalyysistä	33
5	Haaveet todeksi, materiaalit tuotteiksi	37
5.1	Turve / turvesekoite	37

5.2	Kutterilastu.....	40
5.3	Rahkasammal.....	43
5.4	Liiketoiminnallisia mahdollisuuksia selvittävän kyselyn tulokset ja loppupäätelmät.....	44
6	Yhteenveto	47
7	Hankkeeseen liittyvät julkaisut.....	49
8	Viitteet.....	50

1 Johdanto

Paikalliset biopohjaiset rakennusmateriaalit (PaiBiRa) -hankkeessa tutkittiin, miten biopohjaiset materiaalit soveltuvat rakentamiseen ja erityisesti talonrakennuksen yläpohjan ja ulkoseinän eristeiksi. Hankkeessa selvitettiin, voidaanko luonnonmukaisilla raaka-aineilla korvata paljon energiaa sitovia, ympäristölle haitallisia tai huonosti kierrätettäviä rakennusmateriaaleja. Tavoitteena oli luoda Pohjois-Pohjanmaan alueelta saataville biopohjaisille materiaaleille käyttömuotoja entisten rinnalle sekä kehittää uusia liiketoimintamalleja ja -edellytyksiä alan toimijoille.

Uusien materiaalien hyödyntäminen rakennusalalla vaatii erilaisten selvitysten tekemistä, eli käytettävien materiaalien ominaisuuksien tutkimista. Esimerkiksi materiaalien lambda-arvon selvittäminen kuuluu tähän. Toimenpiteillä tuotetaan lisätietoa muun muassa viranomaisille rakennusluvitukseen sekä yrittäjille tuotteistamiseen ja suunnittelijoille suunnitteluun. Pitkällä aikavälillä hanke edistää uusien rakennusmateriaalien käyttöönottoa ja resurssitehokasta rakentamista. Nostamalla paikallisten, vähän hyödynnettyjen biomateriaalien jalostusastetta luodaan myös edellytyksiä uudelle yritystoiminnalle ja sitä kautta voidaan vaikuttaa alueen työllisyysasteeseen. Uutta yritystoimintaa on mahdollista perustaa biomateriaalien arvontuotantoketjun eri vaiheisiin.

Hankkeen käytännön toimenpiteet jaoteltiin neljään työpakettiin. Niillä kartoitettiin biopohjaisten materiaalien maakunnallista potentiaalia sekä teknistä ja rakennusfysikaalista soveltuvuutta simulointimallien, kentätestien ja materiaalien laatuokitteluiden avulla. Ensimmäisen työpaketin toimenpiteillä selvitettiin paikallisten, nykyisellään alhaisen jalostusasteen biopohjaisten materiaalien potentiaali, saatavuus ja kerättävyys. Näitä materiaaleja ovat metsäteollisuuden sivuvirrat, pelto- ja metsäbiomassat, järviruoko, turve, lampaanvilla, sammal sekä mahdolliset muut biopohjaiset materiaalit. Muiden työpakettien toimenpiteet kohdennettiin ensimmäisessä työpaketissa kartoitettuihin materiaaleihin.

Hankkeessa tutkituista materiaaleista kutterilastu ja selluvilla ovat jo vakiintuneita kaupallisia eristeitä, joita valmistetaan Suomessa. Vaikka rahkasammalta ja turvetta on käytetty rakentamisessa eristeinä jo pitkään, ei teollisen mittakaavan tuotantolaitoksia ei ole vielä olemassa näistä materiaaleista valmistettaville eristeille. Tällä hetkellä muun muassa Vapo Oy kehittää materiaaleista eristeitä. Kutterilastueristettä puolestaan tehdään höylätyn sahatavaran valmistuksen sivutuotteena syntyvästä kutterilastusta, ja eristettä valmistaa EHTA Talot Oy. Tutkimusta varten valmistettiin turpeesta ja rahkasammalesta irtomateriaalina käytettävää eristettä, joiden lisäksi sekä turpeesta että turpeen ja rahkasammalen sekoituksesta valmistettiin myös levyeristeitä, joskin jälkimmäisiin lisättiin sidosaineksi muovikuitua, eli ne eivät ole täysin biopohjaisista aineista koostuvia.

Rakentamisen sektorilla on merkittävä rooli ilmastonmuutoksen hillinnässä. Esimerkiksi Euroopassa rakennusten osuus kokonaisenergiankulutuksesta on 40 prosenttia. Tutkimusten mukaan suuri osa rakennusten elinkaaren aikaisista kasvihuonepäästöistä aiheutuu rakennusmateriaaleista, joten niillä on merkittäviä suoria ja välillisiä vaikutuksia. Esimerkiksi energiatehokkaiden uudisrakennusten käytön aikainen hiilijalanjälki on pienentynyt (Ahola ja Liljeström, 2018). Tässä rakennusmateriaalien merkitys on ollut suuri. Biopohjaisia rakennusmateriaaleja on tutkittu ja käytetty jonkin verran ulkomailla. Esimerkiksi Keski-Euroopassa on saatu hyviä kokemuksia paikallisesti tuotetun kutterinlastun savikäsitteilyllä lämmöneristeinä ja hamppukomposiitin käytöstä rakennuksissa (Rintala, 2018). Asiasta tarvitaan kuitenkin vielä lisää tutkittua tietoa ja näyttöä.

Pitkällä aikavälillä hanke edistää uusien rakennusmateriaalien käyttöönottoa ja resurssitehokasta rakentamista. Hanke tukee Pohjois-Pohjanmaan biotalousstrategian jalkauttamista. Lisäksi sen teemat noudattavat

uuden kansallisen energia- ja ilmastostrategian linjauksia sekä edistävät EU:n energia- ja ilmastotavoitteiden toteutumista.

Tämä hankkeen yhteisjulkaisu koostuu kuudesta pääluvusta. Johdannon jälkeen esitellään työpaketeittain hankkeen tuloksia. Työpaketissa yksi selvitettiin biopohjaisten materiaalien saantoa ja potentiaalia Pohjois-Pohjanmaan alueella. Lisäksi työpaketissa tehtiin materiaalikortteja ja rahkasammaleen potentiaalikartoitus. Toisessa työpaketissa tutkittiin materiaalien rakennusfysikaalisia ominaisuuksia laboratoriotutkimusten, olosuhdetestausten ja simuloinnin avulla. Kolmannessa työpaketissa tutkittiin hankkeessa aiemmin testattujen materiaalien ympäristöystävällisyyttä elinkaarianalyysillä (LCA). Neljännen työpaketin tuloksissa kerrotaan materiaalien tuotteistamisesta ja turpeen, kutterinlastun ja rahkasammalen kaupallisesta hyödyntämisestä. Työpaketissa toteutettiin myös kysely alan toimijoille. Tämä yhteisjulkaisu päättyy lyhyeen yhteenvetoon hankkeesta sekä potentiaalisista jatkotutkimusaiheista.

Hanketta rahoittivat Euroopan unionin aluekehitysrahaston (EAKR) Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020 -ohjelma sekä Pohjois-Pohjanmaan liitto. Yritysrahoittajina toimivat EHTA Talot Oy, Vaaran Aihkitalot sekä Vapo. Hankkeen toteutusaika oli 1.9.2017—31.12.2020.

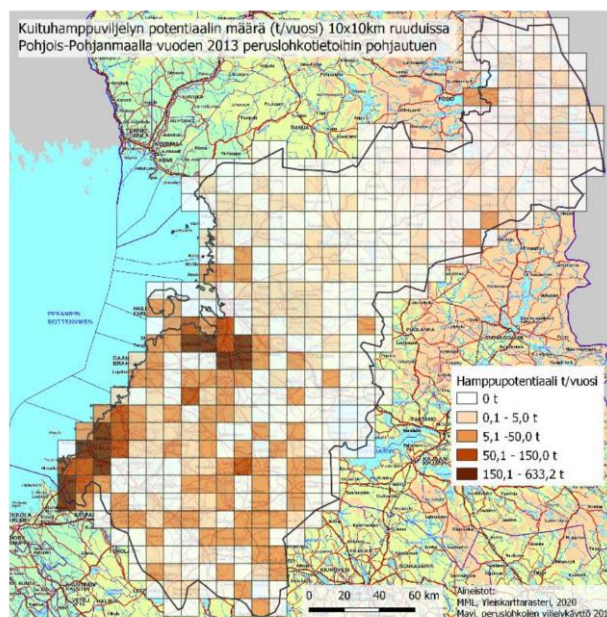
Tämä yhteisjulkaisu toimii myös hankkeen loppuraporttina.

2 Biopohjaisista materiaaleista on mistä valita

Tässä osiossa käydään läpi hankkeen ensimmäisen työpaketin toteutusta ja tuloksia. Työpaketin tehtävänä oli selvittää erilaisten paikallisten biopohjaisten materiaalien potentiaalia ja pohjustaa muiden työpakettien sisältöä valikoimalla jatkotutkimuksiin parhaiten soveltuvia materiaaleja. Kuten johdannossa mainittiin, on rakentamisen sektori merkittävässä roolissa ilmastonmuutoksen hillinnässä. Rakennusmateriaalit muodostavat suuren osan rakennuksen koko elinkaaren aikaisista päästöistä ja niillä on tutkimusten mukaan merkittävät suorat ja välilliset vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin. Täten paikallisesti tuotetuilla biopohjaisilla materiaaleilla voidaan mahdollisesti parantaa rakennusten ympäristöystävällisyyttä merkittävästikin.

Työpaketin tuloksiin kuuluvat Oulun ammattikorkeakoulussa RET-osastolla toteutetut materiaalikortit, joihin on kerätty tietoa eri biopohjaisten materiaalien alueellisesta saannosta, materiaaliominaisuuksista sekä käytöstä rakennusmateriaalina. Raaka-ainekorteista on luettavissa muun muassa miten materiaali käyttäytyy sekä käyttötarpeista ja -kohteista, miten sitä voidaan mahdollisesti kerätä, ja onko materiaalille nykyisin millaista käyttöä tai käyttötarpeita. Erityisesti saannon perusteella tehty paikkatietoaineisto on materiaalien jatkokäyttöä varten arvokasta dataa. Materiaalikorttien avulla pyrittiin poissulkemaan materiaaleja niihin liittyvien ominaisuuksien, kuten huonon saannon tai vaikean kerättävyyden takia, ja toisaalta valitsemaan kaikkein potentiaalisimmat materiaalit jatkotutkimuksiin. Esimerkiksi lampaanvillan volyyymi on hyvin vähäinen, eikä sitä valittu jatkokäyttäväksi muihin työpaketteihin tästä syystä. Hankkeen verkkosivuilla on luettavissa järviruo'on, kuituhampun, kutterilastun, sahanpuru, oljen, saven, turpeen, pellavan, lampaanvillan ja rahkasammalen materiaalikortit.

Yhtenä työpaketin painopisteenä oli rahkasammal. Metsäkeskus edisti rahkasammalen keräämistä ja sitä kautta käytettävyyttä luomalla Metsäkeskuksen verkkosivuille kaikille avoin tarinakartta, jossa kerrottiin PaiBiRa-hankkeesta ja esitettiin kartalla kohteet, jotka täyttivät kuvioiden valintakriteerit. Hankkeesta uutisoitiin myös Metsäkeskuksen sisäisessä verkossa ja lisättiin näin metsäammattilaisten tietoisuutta rahkasammalen käyttömahdollisuuksista rakentamisessa. Hankkeessa määritetyillä metsikkökuvioiden valintakriteereillä onnistuttiin kartoittamaan rahkasammaleen potentiaaliset keruukohteet suhteellisen hyvin.



Kuva 1 Ote kuituhampun materiaalikortista. Kuvassa kartta alueellisesta saatavuudesta.

2.1 Rahkasammalen keruukohteet

Kirjoittanut: Kyllikki Maaranto (Metsäkeskus).

Hankkeen tuloksena Metsäkeskus kartoitti metsävaratiedon perusteella mahdolliset rahkasammalen keruukohteet yksityismetsissä Pohjois-Pohjanmaalla. Kartoituksen perustana oli Aarni-metsävaratietokanta, josta metsikkökuvioiden kasvupaikka- ja puustotietojen pohjalta valittiin annetut kriteerit täyttävät kuviot. Niistä poimittiin vielä tiestön ja kohteiden koon puolesta valintaehto mukaisen alueet. Nämä Potentiaaliset rahkasammalen keruukohteet julkaistiin avoimena aineistona Metsäkeskuksen internet-sivuilla. Metsäomistajat ja mahdolliset toimijat voivat hyödyntää kartta-aineistoa etsiessään mahdollisia rahkasammalen keruukohteita. Kartoituksen tulosta ja tarinakarttaa voidaan hyödyntää ja niistä tiedottaa edelleen Metsästä monituotebisnestä -hankkeessa, jossa haetaan uusia metsien hyödyntämisen mahdollisuuksia ja tulonmuodostusta luvanvaraisista keruutuotteista metsänomistajille.

2.2 Rahkasammalen potentiaalikartoituksen toteutus

Kartoituksen perustana oli Metsäkeskuksen metsävara- ja luontotiedon ylläpitoon ja hallintaan kehitetty tietojärjestelmä Aarni. Metsäkeskus kerää metsätietoa yksityisten henkilöiden tai tahojen omistamista metsistä. Esimerkiksi valtion, kuntien ja seurakuntien omistamat metsät eivät kuulu tiedonkeruun piiriin. Laatu-kriteerit täyttävä metsävaratieto kattaa lähes 90 % yksityismetsien metsätalousmaan pinta-alasta. Metsävaratiedon ylläpito käsittää sekä uuden tiedon keruun että jo kerätyn tiedon ajantasaistamisen. Tiedon keruu perustuu kaukokartoitukseen, jossa hyödynnetään laserkeilausta, ilmakeilausta, koealamittausta ja maastotarkastuksia. Metsävaratieto esitetään metsikkökuviointain, jolloin kuviolla tarkoitetaan toimenpidetarpeitaan, kasvupaikaltaan ja puustoltaan yhtenäistä metsän osaa. Metsikkökuviot erotetaan toisistaan mm. kasvupaikan ravinteisuuden, maalajin, puuston kehitysluokan ja pääpuulajin perusteella. Metsävaratiedoista selviää myös luonnonsuojelullisesti arvokkaat kohteet, kuten luonnonsuojelualueet ja metsälain tarkoittamat erityisen tärkeät sekä muut arvokkaat elinympäristöt, joita ei otettu rahkasammalen potentiaalikartoitukseen mukaan.

Metsävaratieto sisältää tietoa metsätalousmaan jakaumasta metsä-, kitu- ja joutomaahan. Samoin löytyy tietoa kasvupaikan laadusta, puuston määrästä ja kasvusta sekä kehitysluokkajakaumasta. Rahkasammalkohteiden kartoituksessa merkitystä on kasvupaikan laadulla ja puuston määrällä, joiden perusteella Aarni-tietojärjestelmästä voidaan etsiä potentiaalisia rahkasammalen keruualueita.

Rahkasammalkohteiden valinta kohdistettiin vain kitu- ja joutomaan soille, joiden vesitaloutta on joskus muutettu ojituksilla. Metsämaaksi luokitelluilla alueilla puuston ja varvuston määrä on niin suuri, että koneellinen sammalen keruu on vaikeaa. Rahkasammalten esiintymisen todennäköisyys voidaan päätellä suon ravinteisuustasosta, jota kuvataan metsävaratiedoissa kasvupaikkaluokalla. Turvemaiden kasvupaikat luokitellaan kangasmaiden ravinteisuustasojen mukaan. Tuoretta kangasta vastaavilla ja sitä rehevimmillä turvemaiden sara- ja varpukasvillisuutta esiintyy yleensä runsaasti ja rahkasammalia on vähemmän, mikä vaikeuttaa sammalen hyödyntämistä. Karummilta turvemaiden, missä ojituksella ei ole ollut puuston kasvua edistävää vaikutusta ja missä varpuja on vähän ja puusto on yleensä harvaa, löytyy potentiaalisia rahkasammalen keruukohteita. Luokittelu on rahkasammalten esiintyvyyden kannalta sikäli ongelmallinen, että ravinteisuustasoltaan kuivahkoa kangasta vastaaviin (ravinteisuusluokka 4) suotyyppeihin sisältyy rämeitä ja nevoja, joilla on yleensä vain vähän rahkasammalta. Potentiaalisten rahkasammalkohteiden poiminnassa vertailtiin useampia valintoja ja tarkastettiin kohteita maastossa, minkä perusteella lopulliseen valintaan otettiin mukaan ravinteisuustasoltaan kuivahkoa, kuivaa ja karukkokangasta vastaavat kasvupaikat (luokat 4–6).

Metsävaratiedoista ilmenee myös turvemaiden kuivatustilanne, jolla ilmaistaan, onko kuvio ojitettu ja miten ojitus on kuivattanut aluetta. Valinta kohdistettiin ojitetuille alueille ja luonnontilaiset ojittamattomat suot

jätettiin kohdevalinnan ulkopuolelle. Laaja-alaiset ojittamattomat kitu- ja joutomaan suot eivät ole metsälain nykytulkin mukaan arvokkaita elinympäristöjä, joten niiden käyttö sammalen keruuseen olisi periaatteessa mahdollista, mutta ne ovat kuitenkin muuten luonnonsuojelullisesti ja maisemallisesti arvokkaita ja elinympäristötyyppinä vähentyneitä. Metsäsertifiointi edellyttää lisäksi, että ojittamattomia soita ei uudisojiteta ja että soiden ja kankaiden vaihettumisvyöhykkeet säästetään riistalle tärkeinä elinympäristöinä. Näillä perusteilla ojittamattomat suot jätettiin kohdevalinnan ulkopuolelle.

Metsikkökuvion puuston määrän perusteella valittiin kohteet, jotka ovat vähäpuustoisia ja soveltuvat metsäkasvatukseen huonosti. Valintaan sisällytettiin vain sellaiset metsätalousmaan kitu- ja joutomaan ojitetut suot, joilla puuston määrä on pienempi tai yhtä suuri kuin 5 m³/ha.

Paikkatiedon kriteerit, joilla potentiaaliset rahkasammalen keruukohteet valittiin Aarnin ominaisuustietokoodeina:

Mvj-kuviolaji:

- kuviolaji 4101 sisältää metsätalousmaan metsikkökuviot. Mukana ei ole metsälain tarkoittamia eikä muita arvokkaita elinympäristöjä tai suojelualueita.

Kasvupaikka ja puusto

- pääryhmä: kitumaa 2, joutomaa 3,
- alaryhmä: räme 3, neva 4
- kasvupaikkaluokka: kuivahko 4, kuiva 5, karukko 6
- maalaji: 60–67 = turvemaa
- kuivatustilanne: ojikko 7
- puuston määrä $\leq 5 \text{ m}^3/\text{ha}$

Kerättävyyden kannalta rahkasammalen keruukohteeksi soveltuvan kuvion tulee sijaita korkeintaan noin 100 metrin etäisyydellä rekalla ajettavasta tiestä. Kohteiden valinnassa käytettiin hyväksi Digiroad-tiestöaineistosta. Digiroad on Väyläviraston ylläpitämä kansallinen tie- ja katutietojärjestelmä, joka sisältää teiden ja katujen keskilinjageometrian sekä liikenteeseen liittyviä ominaisuustietoja, joista yksi on toiminnallinen luokka. Toiminnallisella luokalla ilmaistaan liikenneväylän liikenteellistä tärkeyttä.

Potentiaalisia rahkasammalen keruukohteita valittaessa tiestöaineistosta jätettiin pois toiminnalliset luokat 7 ja 8 eli ajopolut ja kevyenliikenteen väylät. Kasvupaikan ja puuston perusteella valituista rahkasammalen potentiaalisista keruukohteista valittiin kohteet, jotka sijaitsivat korkeintaan 100 metrin etäisyydellä teistä, joiden toiminnallinen luokka on 1–6. Luokkaan 6 kuuluvat tiet, muut yksityistiet, ovat tosin kunnoltaan vaihtelevia.

Kohteen koko tulisi olla vähintään noin 10 ha, jotta rahkasammalen keruu olisi kannattavaa. Alueen ei kuitenkaan tarvitse olla yhtenäinen, vaan riittää, että noin yhden kilometrin etäisyydellä olevien kohteiden yhteispinta-ala on vähintään noin 10 ha. Metsävaratiedoissa alueiden kuviointi on pienipiirteistä metsiköiden puuston sekä hakkuu- ja hoitotarpeiden vaihtelusta johtuen. Myös tilanrajat pilkkovat yhtenäisiäkin metsiköitä pieniin kuvioihin. Jotta potentiaalisia rahkasammalen keruukohteita saatiin esille, täytyi pieniä kuvioita yhdistää. Pieniä erillisiä, alle 0,5 ha kuvioita, jotka eivät kytkeydy isompiin kuvioihin, ei otettu huomioon kartoituksessa.

2.3 Rahkasammalen potentiaalikartoituksen tulokset

Rahkasammalkohteiden määrään vaikuttaa huomattavasti, sisältyvätkö ravinteisuustasoltaan kuivahkoa kangasta vastaavat suot poimintaan. Ravinteisuustasoltaan kuivahkoja kankaita vastaaviin soihin sisältyy suotyyppejä (korporäme, kangasräme, varsinainen sararäme- ja neva), joilla esiintyy rahkasammalta yleensä vähän tai se on heikosti hyödynnettävissä runsaan sara- ja varpukasvillisuuden johdosta. Samaan ravinteisuusluokkaan kuuluvia suotyyppejä ovat myös pallosararäme ja tupasvillasararäme, jotka ovat hieman karumpia ja ne olisivat potentiaalisia rahkasammalen keruukohteita. Kohteiden valinta kohdistettiin soille, joiden ravinteisuustaso on kuivahkoa kangasta vastaava tai sitä heikompi.

Lisäksi rahkasammalkohteiden määrään vaikuttaa erittäin paljon se, että otetaanko Digiroad-aineiston teistä mukaan toiminnallinen luokka 7 eli ajopolut. Monin paikoin kangasmailla ne olisivat rekalla ajokelpoisia sulan maan aikana, mutta luokkaan sisältyy myös turvemaille tehtyjä piennarteita. Lopullisessa laskennassa ajopolut on jätetty pois ja mukaan on otettu luokka 6 (muu yksityistie) ja sitä paremman luokan tiet.

Edellä kuvattujen valintakriteerien tuloksena Pohjois-Pohjanmaan yksityismetsistä löytyi Metsäkeskuksen metsävaratietojen perusteella noin 8 500 ha rahkasammalen keruuseen soveltuvia alueita.

Kartoituksen tulokset on esitetty Metsäkeskuksen internet-sivuilla tarinakarttana, jonka www-osoite on <https://metsakeskus.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=e572bf8d4a244525a28a79a59a9b4e68>

Kartasta näkee potentiaaliset rahkasammalen keruukohteet Pohjois-Pohjanmaan yksityismetsien alueelta. Pohjois-Pohjanmaalla on paljon myös Metsähallituksen, yhtiöiden, kuntien ja muiden yhteisöjen metsiä, joiden metsävaratietoja ei ole Metsäkeskuksen metsävara-aineistossa.

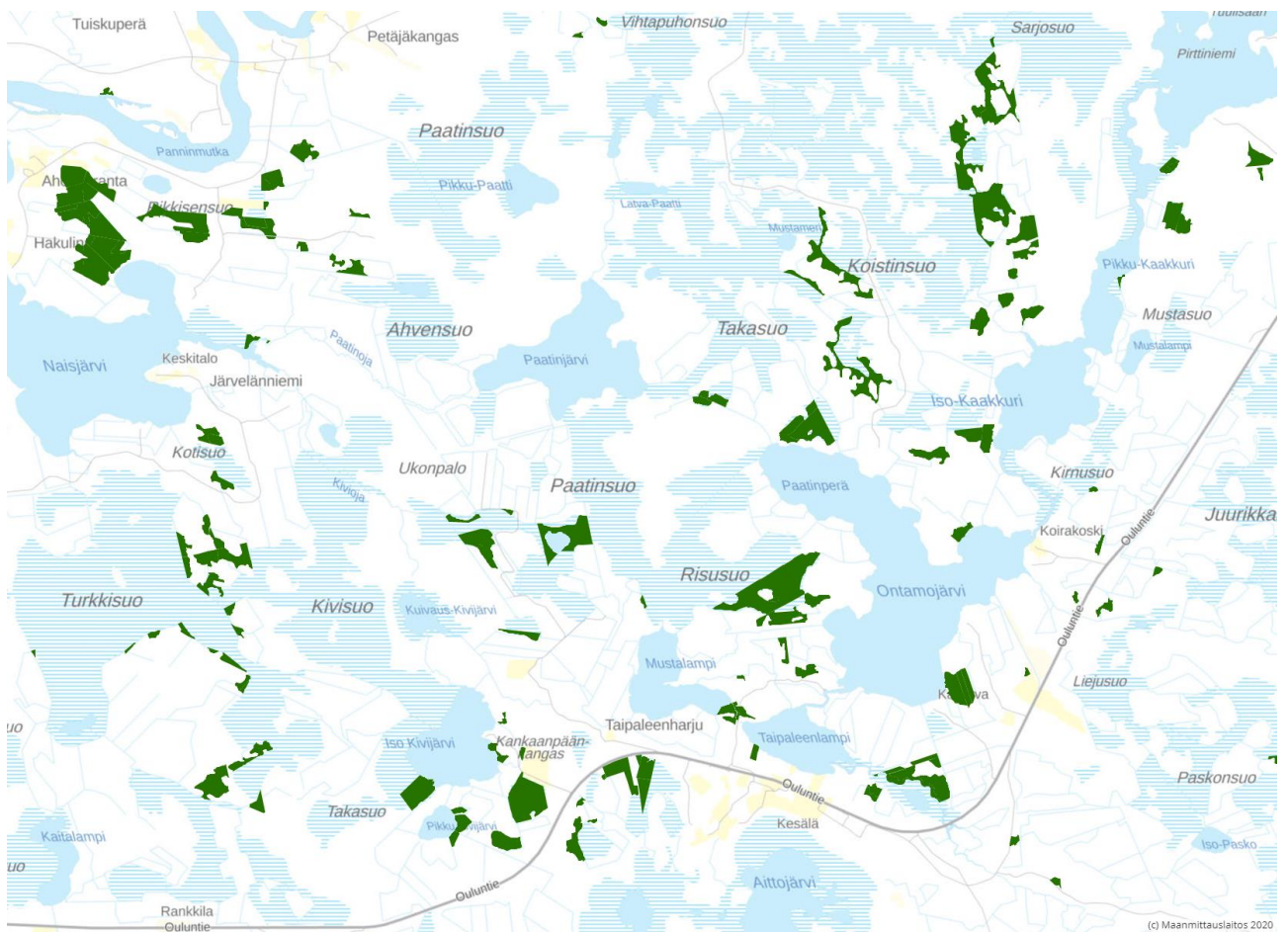
Rahkasammalen potentiaalinen keruukohde. Vähäpuustoinen kitumaan rämeojikko, jossa ojituksella ei ole ollut vaikutusta puuston kasvuun ja joka sijaitsee tien varressa.



Kuva 2 Kuvakaappaus Metsäkeskuksen verkkosivuilta.

Laskelmat kohteiden määrästä tehtiin ArcMap 9.7.1. -versiolla. Lisäksi työstettiin FME:n työkaluilla kohteiden haun automaattimalli, jolla metsä- ja luontotiedon mahdollisesti päivittyessä voidaan tehdä uusi kohdehaku. Malli sopii myös käytettäväksi muilla alueilla.

Potentiaalisten rahkasammalen keruukohteiden kartoituksen luotettavuus riippuu suureksi osaksi metsävaratiedon paikkansa pitävyydestä ja tarkkuudesta. Metsävaratieto on tuotettu lähinnä puuntuotantoa varten, joten kitu- ja joutomaiden tiedot eivät ole olleet niin keskeisessä roolissa kuin metsämaan tiedot. Kitu- ja joutomaan soilla ei ole ollut tarvetta erotella eri suotyyppiä olevia alueita omiksi kuvioikseen eikä niiden kasvupaikkaluokitukseen ole siksi panostettu yhtä tarkasti kuin metsämaiden luokitukseen. Aarni-tietojärjestelmästä ei käy tarkemmin selville suotyyppi, joten valintaan saattoi tulla mukaan myös soita, joilla rahkasammalta esiintyy niukasti ja pintakasvillisuus muodostuu pääasiassa sara- ja heinäkasvustosta. Toisaalta kartoituksesta on voinut jäädä potentiaalisia kohteita pois, jos kasvupaikkaluokka on arvioitu todellisuutta rehevämmäksi tai puuston määrä on arvioitu liian suureksi. Yksittäisiä valintaan tulleita alueita voidaan tarkastella ilmakuvilta, joilta heinäiset ja rahkaiset suot saattavat erottua toisistaan. Varsinkin vääräväri-ilmakuvilta, joissa lehtivihreä näkyy punaisena, voivat runsaasti saraa ja heinää kasvavat suot erottua selvästi.



Kuva 3 Kuvakaappaus Metsäkeskuksen verkkosivuilta. Kartalla näkyy rahkasammalen esiintymistä ja potentiaalisia keruukohteita Pudasjärven louhaspuolelta.

Metsäkeskus inventoi metsät noin 10 vuoden välein. Inventointi tapahtuu nykyään kaukokartoituksen avulla. Laserkeilauksen avulla saadaan tarkkaa tietoa puuston rakenteesta kuvaushetkellä ja tietoja ajantasaistetaan jatkuvasti kasvumallien ja toimenpideilmoitusten perusteella. Puustotiedot ovat tarkimpia järeissä, tasaikäisissä metsiköissä, mutta vähäpuustoisilla kohteilla, kuten kitumaan soilla, kuutiomäärissä saattaa olla virhettä. Puustoltaan epätasaisten kuvioiden maastotarkastukset kohdistetaan metsämaalle.

Maapohjatiedot ovat peräisin vanhoista maastossa inventoidusta metsävaratiedoista, joiden keruusta on saattanut kulua pitkäkin aika. Kuivatustilanne on saattanut muuttua vuosien myötä, jos ojitus oli tehty maastoinventoinnin jälkeen.

Rahkasammalkohteisiin on saattanut tulla mukaan kohteita, jotka on raivattu lähivuosina pelloksi. Varsinkin maakunnan eteläosissa pellonraivaus on ollut viime vuosina vilkasta.

Kartoituksessa käytetty Digiroad-aineiston toiminnallinen luokka 6 eli muu yksityistie aiheuttaa myös virhemahdollisuuksia kartoituksen tuloksissa. Jotkut luokkaan kuuluvat tiet eivät sovellu kesäaikana raskaalle liikenteelle. Teiden luokituksessa ei myöskään käy kaikkien teiden osalta ilmi mahdolliset painorajoitukset, heikot sillat tai rummut.

Rahkasammalen potentiaalikartoitukseen liittyy em. epävarmuustekijöitä, koska Metsäkeskuksen metsävaratietojärjestelmä on kehitetty puuntuotantoa ja metsänhoitoa varten ja kitu- ja joutomaat ovat jääneet siksi vähemmälle huomiolle. Aarni-metsävaratietojärjestelmän valinnalla saatuja potentiaalisia rahkasammalkohteita kannattaa tarkastella myös Maanmittauslaitoksen Paikkatietoikkunasta ilmakuvilta, joilta saa lisäinformaatiota mm. puuston tiheydestä, kasvillisuudesta ja oijen kunnosta.

Metsistä löytyy jatkuvasti uusia hyödykkeitä ja Aarni-järjestelmään pystyisi jatkossa lisäämään mukaan näitä kuvaavia osioita. Aarni-järjestelmästä metsävaratiedot siirtyvät Metsään.fi-palveluun, josta metsänomistajat saavat oman metsän tiedot käyttöönsä.

2.4 Potentiaalikartoituksen haasteet

PaiBiRa-hankkeen yhteistyötahot olivat eri paikkakunnilla ja aikaisemmin vähän käytetyt videopalaverit ja -neuvottelut tulivat osaksi käytännön toimintaa. Metsäkeskuksen työpanos sisältyi lähinnä työpakettiin 1, joka käsitti materiaalien potentiaalikartoituksen. Metsäkeskuksen osalta työ kohdistui aivan uuteen metsän tuottamaan hyödykkeeseen, rahkasammaleeseen. Metsäkeskuksen metsävaratiedot on kerätty metsätaloutta varten ja oli mietittävä, miten paikkatiedosta saadaan esille potentiaaliset rahkasammaleen keruuseen soveltuvat alueet. Kohteiden poiminnassa hyödynnettiin metsävaratiedon maapohja- ja kasvupaikkaluokitusta sekä puuston määrätietoja. Poimintojen laskenta edellytti myös paikkatieto-ohjelmiston (Arcmap) työkalujen opiskelua.

Metsävara-aineisto käsiteltiin ensin Arcmapin versiolla 9.7.1. ja se päivitettiin hankkeen aikana uuteen versioon 10.7.1. Päivityksen jälkeen aineistojen liitokset perustuen kohteiden sijaintiin eivät toimineet. Vähintään 10 hehtaaria käsittävien rahkasammalkohteiden alueiden laskeminen ei enää onnistunut. Lopulliset tulokset tehtiin FME-laskentana.

Yksi rahkasammalen käytön haasteista liittyy alueiden sijaintiin sekä käytössä olevaan kalustoon. Rahkasammalen potentiaaliset keruukohteet sijaitsevat pehmeillä turvemaidella, mikä tuo oman haasteensa kaluston kantavuudelle. Kihniöläinen yritys Ecomoss Oy on kehittänyt sammalen keruuseen soveltuvaa kalustoa metsätraktorin alustalle. Traktorin teloja on levennetty ja koneen päälle on asennettu laite, joka puristaa kauhoilla nostettavasta sammalesta veden pois ja siirtää sammalen suursäkkeihin tai siirtolavalle.



Kuva 4 Sammalen nosto käynnissä. Biolan.fi.

2.5 Materiaalikortit

Kirjoittanut: Kalle Parviainen

Hankkeessa tutkittavat materiaalit määriteltiin hankesuunnitelmassa, ja niitä käsiteltiin hankkeen työpaketissa 1. Osana tätä prosessia Oulun ammattikorkeakoulun opiskelijat Liisa Heino ja Sally Sirviö toteuttivat kirjallisuuskatsauksen tutkittavista materiaaleista ja kokosivat katsauksen pohjalta tietoa materiaalikortteihin. Lisäksi haastateltiin perinnerakentamisen asiantuntijoita, ja heiltä kysyttiin käyttökokemuksia ja kommentteja tutkittavista materiaaleista ja heidän suhtautumistaan niihin. Kirjallisuuskatsausta täydennettiin haastatteluista saadulla aineistolla. Sahaustoiminnan sivuvirtojen saatavuuden osalta kysyttiin suoraan alueen sahaiteollisuuden toimijoilta. Kyselyn tuloksia on käsitelty Sally Sirviön opinnäytetyössä Puutuoteteollisuuden sivuvirrat (2019). Tiivistelmät materiaalikorteista ovat saatavilla hankkeen verkkosivuilla.

Edellä mainittujen toimenpiteiden pohjalta saatiin lisää lähtötietoja paikkatietoaineistoon ja materiaalmääriin, ja näiden pohjalta valittiin jatkotutkimukseen parhaiten soveltuvat ja sopivat materiaalit. Näitä tutkittiin hankkeen työpaketissa kaksi.

2.6 Jatkotoimenpiteitä

PaiBiRa-hankkeessa biopohjaisten materiaalien selvitykset, kartoitukset ja saantoon liittyvät tutkimukset rajattiin ainoastaan Pohjois-Pohjanmaan alueelle, mutta samoilla kriteereillä tulokset voidaan laskea myös valtakunnallisesti. Tämä voidaan toteuttaa kohteiden haun automaattimallilla, joka työstettiin hankkeessa FME:n työkaluilla. Tuotettu aineisto on julkaistu avoimena aineistona Metsäkeskuksen internet-sivuilla, mistä se on kaikkien saatavissa.

Metsistä löytyy jatkuvasti uusia hyödykkeitä ja Metsäkeskuksen metsä- ja luontotieto-järjestelmään pystyisi jatkossa lisäämään mukaan näitä kuvaavia osioita. Järjestelmästä metsävaratiedot siirtyvät Metsään.fi-

palveluun, josta metsänomistajat saavat oman metsän tiedot käyttöönsä. Näin saataisiin tieto metsien tuottamista uusista hyödykkeistä metsänomistajien tietoon. Kartoituksen tulosta ja tarinakarttaa voidaan hyödyntää ja niistä tiedottaa edelleen Metsästä monituotebisnestä -hankkeessa, jossa haetaan uusia metsien hyödyntämisen mahdollisuuksia ja tulonmuodostusta luvanvaraisista keruutuotteista metsänomistajille. Hankkeessa tehtyjä kartoituksen kriteerejä ja määritteitä on mahdollista hyödyntää jatkotutkimuksissa myös muilla maantieteellisillä alueilla. Pohjois-Pohjanmaan alueen osalta kartoituksen ollessa valmis on senkin jatkohyödyntäminen myöhemmissä, esimerkiksi lähes valtakunnallisissa tutkimuksissa mahdollista.

Oulun ammattikorkeakoulun luonnonvara-alalla tehtyä aineiston keruuta voidaan niin ikään hyödyntää tulevaisuudessa. Hankkeen verkkosivuilla saatavana olevat materiaalikorttien tiivistelmät, tuotekartoitus sekä perinnerakentajilta kerätty tieto ja erityisesti materiaalien käyttöön liittyvät kirjallisuuslähteet ovat helposti hyödynnettävissä jatkotutkimuksissa ja -selvityksissä. Tutkittuja materiaaleja ei ole aiemmin lähestytty nimenomaan rakentamisen ja eristekäytön näkökulmasta, joten hankkeessa on tuotettu uutta ja jatkohyödynnettävää tietoa varsinkin tähän tarkoitukseen.

3 Materiaalien soveltuvuus eristekäyttöön vaatii pitkäjärjenteistä tutkimusta

Tässä osiossa käydään läpi projektin toisen työpaketin tuloksia. Työpaketissa kaksi tutkittiin materiaalien teknisiä ja rakennusfysikaalisia ominaisuuksia, kuten niiden sopivuutta rakennusvaipan eristämiseen ja muuhun rakentamiseen. Tutkimusta tehtiin laboratoriotestausten, simulointimallien ja olosuhdetestauksien avulla. Tarkoituksena oli selvittää biopohjaisten materiaalien tekninen ja rakennusfysikaalinen soveltuvuus rakennusvaipan eristämiseen ja mahdolliseen muuhun rakentamiseen.

3.1 Materiaalien vaatimukset

Kirjoittanut: Kimmo Illikainen, Sanna Alitalo, Risto Väyrynen, Filip Fedorik, Aleksi Littow ja Jukka-Pekka Savolainen (kaikki kirjoittajat Oulun ammattikorkeakoulusta).

PaiBiRa-hankkeessa rakennusten lämpöeristekäyttöön suunniteltuja eristemateriaaleja testattiin alustavilla testisarjoilla niiden lämpö- ja kosteusteknisten ominaisuuksia selvittämiseksi. Eristemateriaalien osalta varsinaisia minimi- tai maksimivaatimuksia ei ole asetettu lämpö- tai kosteusteknisille ominaisuuksille. Mittauksilla selvitettiin, kuinka eristemateriaalit käyttäytyvät erilaisissa lämpö- ja kosteusoloissa. Rakennusten vaipparakenteet ovat koko ajan dynaamisessa tilassa, jolloin on oleellisen tärkeää tuntee eristeen materiaaliominaisuudet vaihtuvissa olosuhteissa.

Lämpö- ja kosteusteknisiä materiaaliominaisuuksia käytetään, kun simuloidaan ja analysoidaan rakenteisen rakennusfysikaalista toimintaa. Erityisesti lämmöneristysmääräysten kiristymisten vuoksi eristepaksuudet ovat kasvaneet ja rakenteet muuttuneet oleellisesti aiempiin säädöksiin verrattuna. Tämä kehitys on johtanut vaatimukseen tarkemmista analyyseistä rakenteiden toiminnasta sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Kasvaneiden eristepaksuuksien on arvioitu lisäävän rakennusfysikaalisia riskejä, erityisesti ennustetun ilmastolämpenemisen vuoksi.

Keskeisimpiä testattuja materiaaliominaisuuksia olivat huokoisuus, ominaisuuslämpökapasiteetti, kosteuskapasiteetti, vesihöyryn diffuusiovastuskerroin sekä lämmönjohtavuus kosteudesta ja lämmöstä riippuvaisena. Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot (λ_{design}) määritellään yhdessä vakioämpötilassa. Todellisessa rakenteessa lämpötilat vaihtelevat koko ajan, kuten kosteuskin. Lämmönjohtavuuden todellinen arvo on riippuvainen sekä ilman lämpötilasta että suhteellisesta kosteudesta. Tästä syystä vakioämpötilassa mitattuja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja ei voida käyttää tarkoissa rakenteiden riskianalyyseissä, koska ne eivät ole todellisia materiaaliominaisuuksia.

Teollisesti valmistettava rakennusmateriaali on pääsääntöisesti sertifioidun tai tyyppihyväksynnän alainen. PaiBiRa-hankkeessa testatut materiaaliominaisuudet sellaisenaan eivät riitä esimerkiksi CE-hyväksyntään johtavissa testauksessa, koska ne tehdään eri EN-standardien mukaan. Tutkittujen materiaalien osalta lisätutkimusta tarvitaan muun muassa paloteknisten ominaisuuksien sekä homeutumisherkkyyden selvittämiseksi.

Paloteknisten ominaisuuksien testaaminen ei ole välttämätöntä, jos eristeen käyttö ei kohdistu paloluokiteltuihin rakenteisiin. Esimerkiksi pientalot kuuluvat keveimpään paloluokkaan P3, jolloin tyyppillisissä rakennusratkaisuissa ei ole esimerkiksi yläpohjarakenteille paloteknistä osastointivaatimusta eikä näin ollen vaatimusta lämmöneristeen paloluokitukselle.

Ns. herkästi syttyvien eristemateriaalien palonkestävyyttä ja syttymisherkkyyttä voidaan muuttaa erilaisilla käsittelyillä. Esimerkiksi Saksassa on myynnissä kutterilastueriste, jonka palonkesto-ominaisuuksia on parannettu savihöyry-käsittelyllä. Kutterinlastueriste on muuten säilyttänyt vastaavat lämpö- ja kosteustekniset ominaisuutensa.

3.2 Rakennusfysikaaliset mittaukset ja mallintaminen

Tutkittavat materiaalit olivat kutterinlastu, puukuitueriste, rahkasammal, irtoturve ja kolme erilaista turveristelevyä. Vertailueristeenä oli markkinoilla paljon käytetty ja tutkittu kivivilla. Hankkeen alussa mukana oli myös hammppubetoni, mutta siitä ei saatu tuotettua sopivaa materiaalia mittaustarkoitukseen materiaalisekoitteen epähomogeenisuudesta johtuen.

Tutkittavaksi valikoituneiden materiaalien rakennusfysikaaliseen mallintamiseen tarvittavat ominaisuudet (tiheys, lämmönjohtavuus, lämmönjohtavuuslämpötilan funktiona, lämmönjohtavuus suhteellisen kosteuden funktiona, sorptiokäyrät, vesihöyryn diffuusiovastuskerroin, huokoisuus, ominaislämpökapasiteetti) mitattettiin Brno University of Technologyssä. Mittaustulokset ovat saatavilla hankkeen verkkosivuilla. Mittaustulokset ovat kaikille mitatuille materiaaleille samankaltaiset ja lähellä vertailumateriaali kivivillan arvoja. Mittaustulokset tullaan julkaisemaan vertaisarvioidussa tieteellisessä julkaisusarjassa.

Kesällä 2019 rakennettiin testiympäristö Utajärvellä sijaitsevaan kenttämittausrakennukseen (kuva 5). Rakennus on suunnattu siten, että pitkät sivut avautuvat etelään ja pohjoiseen. Pitkille sivuille on eristekerroksen paikalle asennettu tutkittavat eristemateriaalit vierekkäin, 550 mm leveydeltä kutakin. Eristekerroksen sisä- ja ulkopinnoille sekä eristeen keskelle asennettiin lämpötilan ja suhteellisen kosteuden (RH) mittausturrit. Lisäksi lämpötila- ja RH-anturit asennettiin myös sisä- ja ulkoilman olosuhteisiin. Anturien paikat näkyvät kuvassa 9. Kenttämittaus tehtiin yhden vuoden mittaiselta ajanjaksolta (20.6.2019–30.7.2020).



Kuva 5 Utajärven kenttämittausrakennus

3.2.1 MALLINTAMISEN ALKUARVOJEN JA LASKENTAPARAMETRIEN MÄÄRITTÄMINEN

Mallintaminen tehtiin Wufi Pro 5.3 -ohjelmalla. Kunkin eristemateriaalin ominaisuudet syötettiin Wufi-ohjelmiston materiaalikirjastoon Brnon laboratorio-testausten mittaustulosten mukaisina. Kosteuskapasiteettifunktiossa käytettiin kosteus määränä adsorptio- ja desorptioarvojen keskiarvoa. Utajärven kenttämittaustuloksista muodostettiin yhden vuoden eli 8760 tunnin ilmasto-olosuhteet (1. heinäkuuta 2019–30. kesäkuuta 2020) kunkin eristekerroksen ulko- ja sisäpinnalle erikseen.

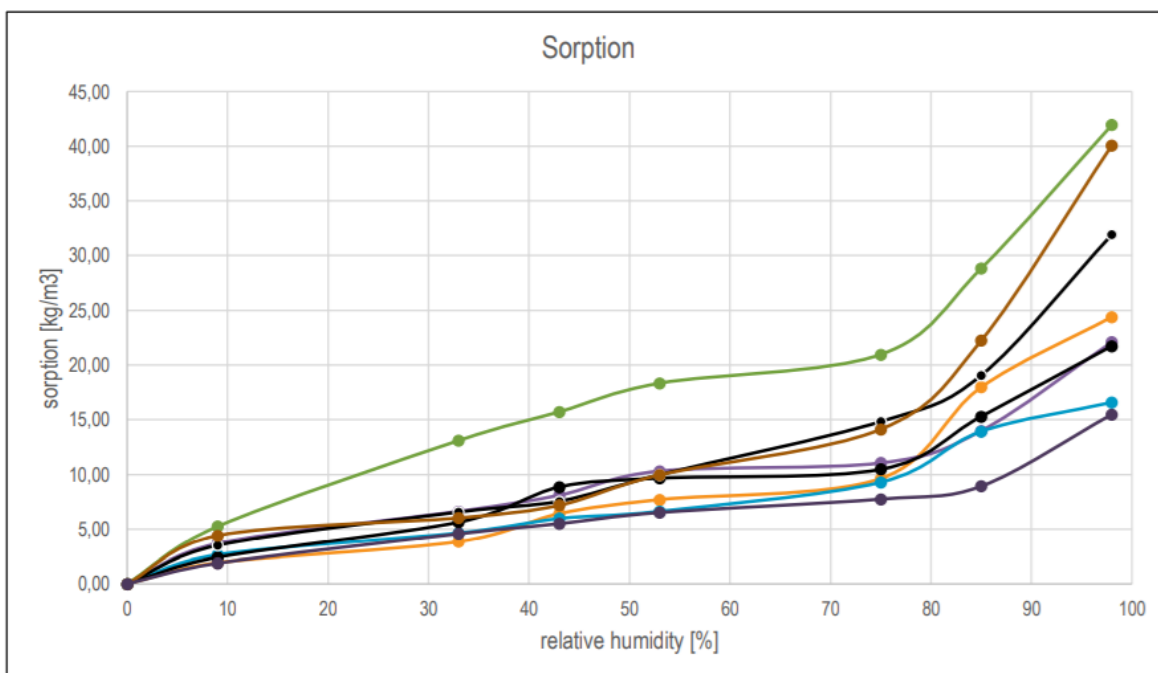
Kenttämittausrakennuksen ulkoseinän eristevahvuus oli 200 mm. Mallintamisen ensimmäisen vaiheen tavoitteena oli verrata mitattuja ja simuloituja, kunkin eristemateriaalin keskellä (100 mm syvyydellä) vallitsevia tunnittaisia olosuhteita toisiinsa. Tarkastellut suureet olivat lämpötila, suhteellinen

kosteus sekä niistä johdettu absoluuttinen vesihöyryn määrä.

Pelkän eristekerroksen laskennassa käytettiin sisä- ja ulkopinnan pintavastuksena arvoa 0,01 m² K/W. Kunkin eristemateriaalin alkutilanteen suhteellinen kosteus ja lämpötila saatiin vastaavan eristekerroksen keskellä olleen mittausanturin mittaustuloksesta. Laskenta-aika oli kolme vuotta ja vertailuun valittiin laskennan tulosten viimeinen eli kolmas vuosi.

Moisture capacity function, EN ISO 12571, kg/m³

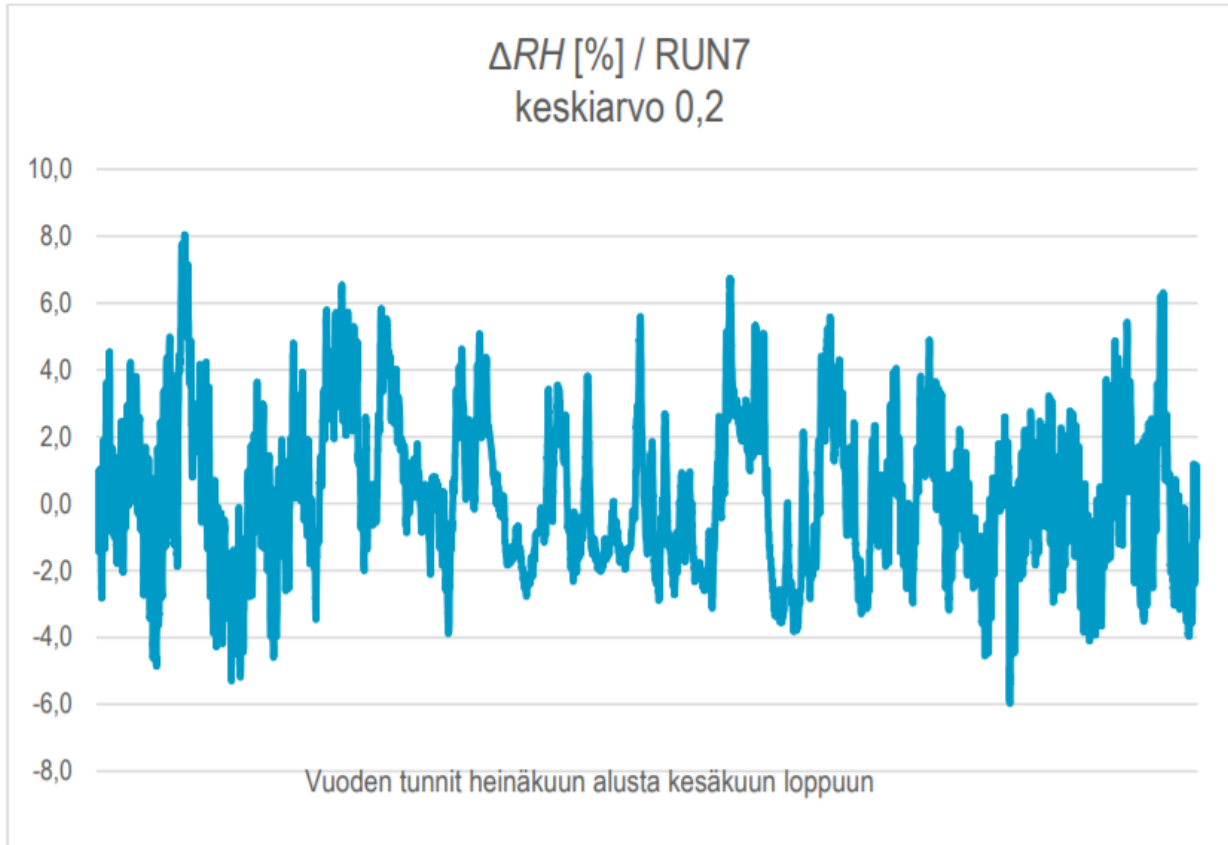
	turvelevy run7	turvelevy run10	turvelevy run24	irtoturve	kutterin- lastu	rahka- sammal	puukui- tueriste	hamppubetoni
Relative humidity	sorption	sorption	sorption	sorption	sorption	sorption	sorption	sorption
	w [kg/m ³]	w [kg/m ³]	w [kg/m ³]	w [kg/m ³]	w [kg/m ³]	w [kg/m ³]	w [kg/m ³]	w [kg/m ³]
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	1,93	3,68	2,65	5,24	2,42	3,51	1,87	4,40
33	3,85	6,63	4,65	13,10	5,64	6,56	4,57	6,02
43	6,42	8,10	5,97	15,72	8,86	7,55		7,18
53	7,71	10,31	6,64	18,35	9,66	9,98	6,52	9,96
75	9,63	11,05	9,29	20,97	10,47	14,84	7,74	14,13
85	17,98	14,00	13,94	28,83	15,30	19,06	8,93	22,24
98	24,40	22,10	16,59	41,93	21,74	31,92	15,49	40,08



Kuva 6 Tutkittujen materiaalien kosteuskapasiteettifunktio. Irtoturpeen käyrä (vihreällä) eroaa jonkin verran muista tutkituista materiaaleista.

3.2.2 MITATTUJEN MATERIAALIARVOJEN TOIMIVUUS MALLISSA

Eristeen keskeltä tunneittain mitattua lämpötilaa ja suhteellista kosteutta verrattiin vastaavan kohdan simulointitulokseen vähentämällä simulointituloksesta mitattu arvo ($\Delta T = T_{\text{simuloitu}} - T_{\text{mitattu}}$). Vastaavat erotukset laskettiin myös suhteelliselle kosteudelle ja kosteuspitoisuudelle. Saaduista erotuksista laskettiin keskiarvot ja luotiin kuvaajat, jolloin tulosten arviointi helpottui. Ideaalitapauksessa tulokseksi olisi saatu nolla-akselin päällä lepäävä suora viiva. Positiiviset arvot kertovat simulointituloksen virheestä yläkanttiin, negatiiviset virheestä alakanttiin, ks. kuva 7.



Kuva 7 Simuloidun ja mitatun RH:n tunnitaiset erotukset RUN7-eristemateriaalin keskellä yhden vuoden aikana.

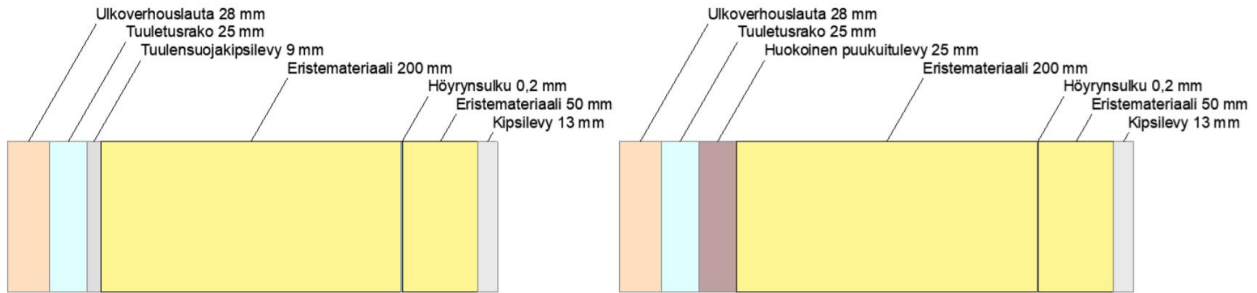
Maksimikosteuspitoisuus V_{max} johdettiin pelkästään mitatusta ja simuloimalla saadusta lämpötilasta (V_{max} , mitattu ja V_{max} , simuloitu), joista edelleen johdettiin mitattu ja simuloitu kosteuspitoisuus mitatun RH:n ja simuloidun RH:n avulla.

Eri eristemateriaalien erotusvertailujen tulokset luonnollisesti vaihtelivat, mutta ne osoittivat eristemateriaalin toimivan riittäväällä tarkkuudella laboratoriossa mitattujen ominaisuuksien mukaisesti. Näin ollen simuloinnissa edettiin tarkastelemaan kunkin eristemateriaalin käyttäytymistä ulkoseinärakenteen osana tulevaisuuden ilmastossa (kts. kohta 3.2.3).

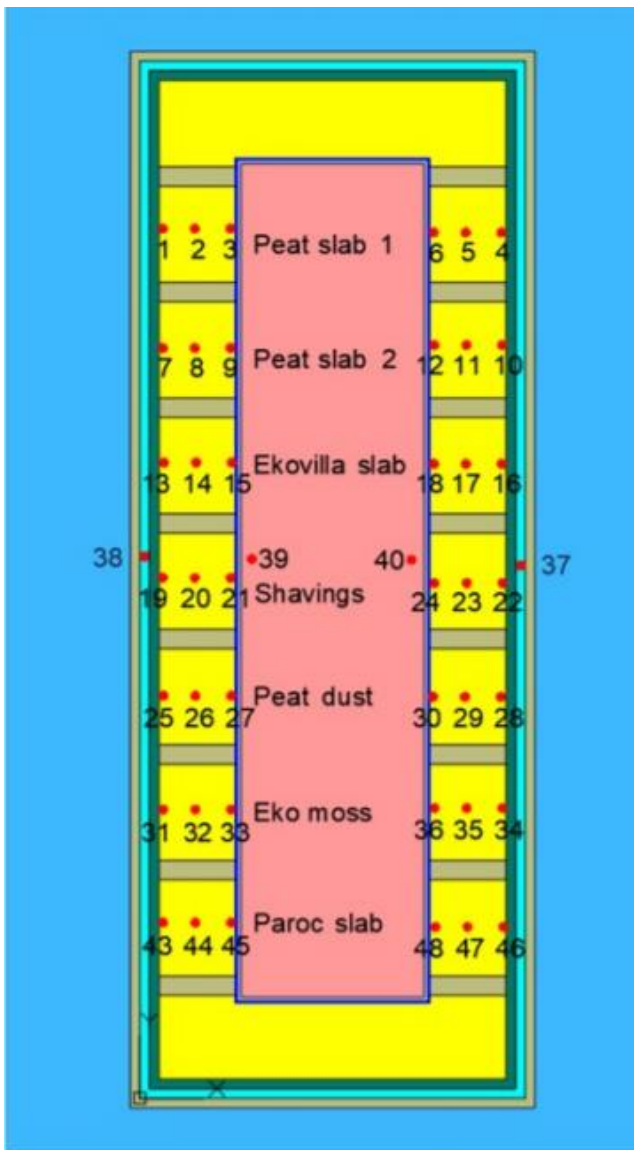
3.2.3 MATERIAALIEN KÄYTTÄYTYMINEN ULKOSEINÄRAKENTEEN OSANA TULEVAISUUDEN ILMASTOSSA

Toisessa vaiheessa kukin eristemateriaali sijoitettiin vuorollaan kahteen erilaiseen ulkoseinärakenteeseen (kuva 8). Ulkoseinärakenteet poikkesivat toisistaan vain tuulensuojamateriaalin osalta: ensin tarkasteltiin ulkoseinää, jossa tuulensuojana oli tuulensuojakipsilevy (9 mm). Toisessa laskennassa tuulensuojakipsilevy vaihdettiin huokoiseen puukuitulevyyn (25 mm). Seinissä eristettä oli yhteensä 250 mm, 50 mm höyrynsulun

(S_d -arvo = 89 m) sisäpuolella ja 200 mm höyrynsulun ulkopuolella. Ulkoverhouksena käytettiin 28 mm vaaleksi öljymaalattua lautaa ja sisäverhouksena 13 mm:n maalattua kipsilevyä.



Kuva 8 Mallinnetut ulkoseinärakenteet.



Kuva 9 Kenttämittausrakennuksen mittausanturit.

Tarkastelluista rakennetyypeistä tehtiin ajasta riippuva yksiulotteinen lämmön- ja kosteudensiirtymisen laskentamalli Wufi Pro 5.3 -ohjelmalla. Ulkoseinärakenne sijoitettiin kohti pohjoista tulevaisuuden ilmastoon käyttäen säädätänä Jokioisten ilmastoa vuonna 2050 (rakennusfysiikallinen testivuosi). Sisäilman vakioilämpötilaksi asetettiin 21 °C. Sisäilman peruskosteuspitoisuus määräytyi ulkoilman mukaan ja sisäilman kosteusliä oli 2–5 g/m³ (kosteusluokka 2) ulkoilman lämpötilasta riippuen. Tuuletusraon ilmanvaihtoarvona oli 100 1/h. Laskennassa käytettiin lyhytaaltoisen säteilyn huomioivaa eksplisiittinen säteilytase-toimintoa.

Laskennassa oletettiin, ettei rakenteiden läpi virtaa ilmaa, ts. rakenne on ehjä, virheetön ja ilmatiivis. Tämä tarkoittaa, että luonnollisen konvektion vaikutusta rakenteen kosteuskäyttäytymiseen ei tutkittu, vaan rakenteiden tarkastelu perustui vesihöyryn diffuusion sisä- ja ulkoilmasta. Laskenta-aika oli 5 vuotta.

Laskentatuloksista laskettiin valituista monitorointipisteistä homeindeksi Suomalaisella homemallilla (<https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka/suomalainen-homemalli/>). Homeindeksi laskettiin koko viiden vuoden tuloksesta. Monitorointipisteet sijaitsivat tuulensuojamateriaalin ulkopinnalla, ulomman eristekerroksen ulkopinnalla ja sisemmän eristekerroksen ulkopinnalla. Ulkoseinässä kriittisimmät olosuhteet vallitsivat tyypillisesti tuulensuojamateriaalin sisäpinnalla, koska suhteellinen kosteus kasvaa rakenteen ulko-osia lähestyttäessä.

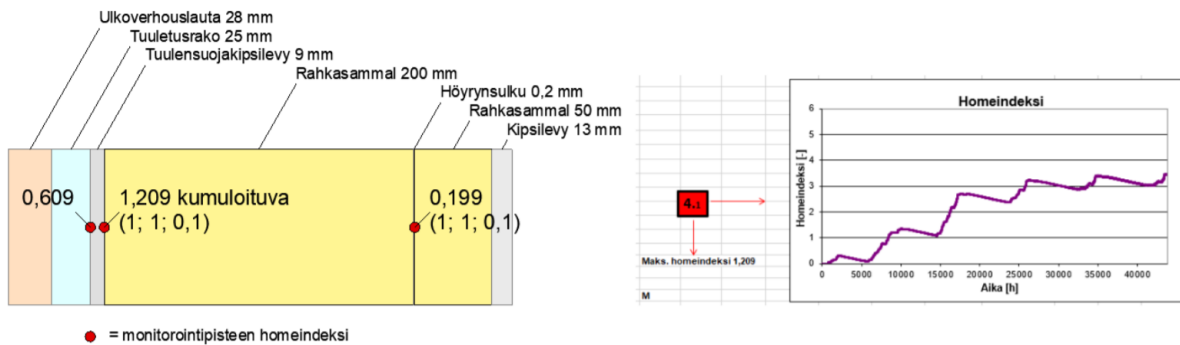
Koska kaikkien tutkittujen orgaanisten materiaalien tarkat homeen kasvunopeuden ja maksimimäärän

herkkyysluokat sekä taantumaluokat eivät olleet tiedossa, asetettiin homeindeksivertailussa em. luokat samoiksi kaikille eristemateriaaleille. Tästä johtuen homeindeksilaskuria käytettiin työkaluna materiaalien rakennusfysikaalisen toiminnan arvioimiseksi ja vertailemiseksi, eivätkä lasketut homeindeksiarvot kuvaa todellista homeutumiseriskiä materiaalissa. Tulos kuitenkin kertoo materiaalien rakennusfysikaalisten ominaisuuksien (tiheys, lämmönjohtavuus, lämmönjohtavuuslämpötilan funktiona, lämmönjohtavuus suhteellisen kosteuden funktiona, sorptiokäyrät, vesihöyryn diffuusiovastuserroin, huokoisuus, ominaislämpökapasiteetti) monimutkaisen yhteisvaikutuksen eroista materiaalien lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan.

Homeindeksiarvoja vertailtiin kahdella tavalla asettamalla herkkyys-, kasvunopeus- ja taantumaluokat seuraavasti: 1) homeen kasvunopeuden ja maksimimäärän herkkyysluokka 1, taantumaluokka 0,1 2) homeen kasvunopeuden ja maksimimäärän herkkyysluokka 2, taantumaluokka 0,25.

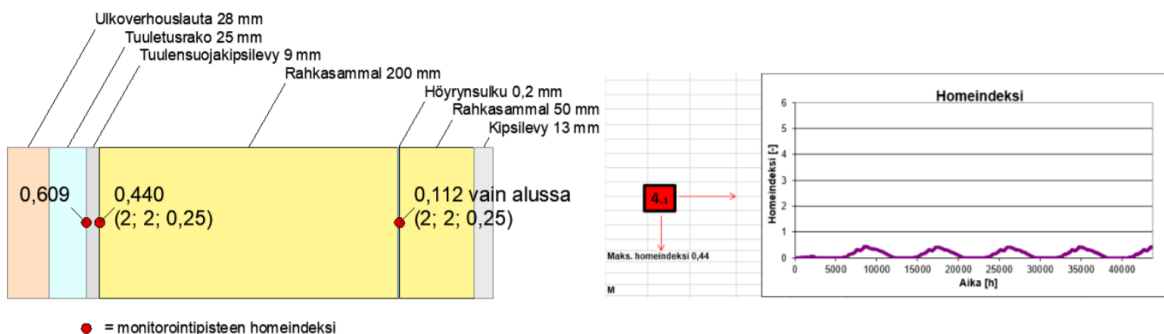
Alla olevista kuvista (kuvat 10 ja 11) käy ilmi käytettyjen homeutumisherakkyys- ja taantumaluokkien selkeä vaikutus homeindeksiin. Esimerkkimateriaalina on rahkasammal, mutta kaikki materiaalit käyttäytyvät samankaltaisesti. Kuvissa oikealla oleva kuvaaja kuvaa homeindeksin muutosta viiden vuoden aikana pääeristerroksen ulkopinnalla (toinen monitoripiste vasemmalta).

US1 / Rahkasammal / Jokioinen 2050 (tuulensuojakipsilevyn homeindeksiluokat 2; 2; 0,25)



Kuva 10 Homeutumisherakkyys- ja taantumaluokkien vaikutus homeindeksiin (lämmöneristeenä rahkasammal).

US1 / Rahkasammal / Jokioinen 2050 (tuulensuojakipsilevyn homeindeksiluokat 2; 2; 0,25)



Kuva 11 Homeutumisherakkyys- ja taantumaluokkien vaikutus homeindeksiin (lämmöneristeenä rahkasammal).

3.3 Päätelmiä mittauksesta ja mallintamisesta

Tarkastelujen perusteella voidaan todeta, että kaikki tutkitut eristemateriaalit toimivat myös tulevaisuuden ilmastossa, jos niiden homeutumisherkkyys saadaan kyllin pieneksi. Orgaanisista materiaaleista rahkasammal vaatisi tarkastelun mukaan eniten jatkotuotekehitystä. Myös rakenneratkaisulla – käytetyllä tuulensuoja- ja höyrynsulkumateriaalilla – on suuri vaikutus eristeen ulkopinnan homeutumisherkkyteen.

Tutkitut eristemateriaalit voidaan laskentatulosten perusteella luokitella seuraavaan paremmuusjärjestykseen:

- RUN7-turve ja puukuitueriste
- kutterinlastu ja RUN24-turve
- irtoturve ja RUN10-turve
- rahkasammal
- kivivilla

Yllä oleva järjestys saatiin käyttämällä homeindeksilaskennassa kaikille materiaaleille samoja herkkyys-, kasvunopeus- ja taantumaluokkia. Tulos kuvaa homeen kasvulle suotuisten lämpö- ja kosteusolosuhteiden esiintymistä ja niiden suhteellisia eroja eri materiaaleissa, ei siis materiaalien todellista homeutumisalttiutta.

Verrattaessa kenttämittaustuloksia pelkän eristekerroksen simulointitulokseen vastasi laskentatulos mitattuja arvoja vaihtelevasti. Esimerkiksi kutterinlastun simulointitulokseksi oli lähes yhtenevä mitattuun dataan verrattuna, kun taas irtoturpeen ja rahkasammalen simulointitulokset poikkesivat mitatuista arvoista selvästi enemmän. Virhettä voivat aiheuttaa esim. asennuksen epätarkkuudet, kuten mitta-anturin epätarkka paikka, mitta-anturin mittaustarkkuus, ilmavuodot eristekerroksessa sekä lähtökosteuden poikkeavuudet sekä luonnollisesti epätarkkuudet laboratoriomittauksissa. Kenttämittausjakso kesti vain vuoden ja pidempi mittausjakso antaisi todennäköisesti tarkempia tuloksia (rakennuskosteuden tasaantuminen). Jatkotutkimuksissa tulisi selvittää tutkittujen materiaalien todelliset homeutumisen herkkyys-, kasvunopeus- ja taantumaluokat.

3.4 Nykyinen eristetarjonta ja materiaalien soveltuvuus käyttöön

Testatuista materiaaleista kutterinlastu (Ehta-eriste) on jo markkinoilla oleva tuote, joten sen käyttö on ollut mahdollista jo aikaisemminkin lämmöneristeenä. Myös irtoturvetta on myyty perinnerakentamisen ammatillisille. Muut testatut eristeet ovat vielä tuotekehitysvaiheessa ja markkinoille tulon aikataulua ei ole tiedossa. Testien perusteella tutkituissa eristemateriaaleissa on potentiaalia rakennuseristekäyttöön, koska tutkittujen biopohjaisten aineiden rakennusfysikaaliset ominaisuudet ovat kilpailukykyisiä.

Nyt testattujen irtoeristeiden (Ehta-eriste ja irtoturve) lisäksi tuotevalikoiman laajentaminen levymäisiin eristetuoitteisiin laajentaisi käyttökohteita käsittämään varsin kattavasti kaikki vaipparakenteet (seinät, alapohjat ja yläpohjat) pois lukien maanvaraiset alapohjarakenteet. Myytävän tuotteen tulee täyttää rakennustuotteille asetetut tekniset vaatimukset. Eristeen käyttötarkoitus asettaa lopulliset vaatimukset mm. palonkestolle. Näiden ominaisuuksien selvittäminen tulee tehdä erikseen jokaisen tuotteen osalta erikseen käyttökohde huomioiden. Jo markkinoilla olevista tuotteista kutterinlastu (Ehta-eriste) ja irtoturve soveltuvat hyvin vaakarakenteiden – kuten yläpohja ja alapohja – eristeiksi. Niitä myös käytetään nykyisellään erityisesti perinnerakentamisessa vanhan rakennuskannan korjaamisessa.

3.5 Asenteet biopohjaisiin materiaaleihin

Puurakentaminen ja erityisesti massiivipuurakentaminen hirs- ja CLT-rakenteiden (Cross Laminated Timber) osalta on kasvattanut suosiotaan viime vuosina (Oiva, 2019). Hankkeessa tutkitut biopohjaiset materiaalit näyttävät soveltuvan hyvin puurakenteiden eristemateriaaleiksi.

Vähähiilinen rakentaminen on tulossa ohjaavana elementtinä nopealla aikataululla rakentamiseen. Ympäristöministeriön julkaiseman tiekartan mukaan vuonna 2025 mennessä Suomessa otetaan käyttöön rakennusten elinkaaren hiilijalanjäljen huomioiminen rakentamisessa. Ohjausmalli tulee kattamaan rakennuksen koko elinkaaren rakennustuotteiden valmistuksesta kuljetuksiin ja työmaatoimintoihin, käyttöön ja korjauksiin sekä elinkaaren lopulla tapahtuvaan purkamiseen ja kierrätykseen.

Biopohjaiset, paikallisista raaka-aineista tuotetut materiaalit ja puutuoteteollisuuden sivuvirtoja hyödyntävät materiaalit ovat vahvoilla lähtökohtaisesti pienen hiilijalanjälkensä ansiosta. Kasvanut ympäristötietoisuus on myös lisännyt kuluttajien kiinnostusta ympäristön kannalta kestävien rakennusmateriaalien käyttöön.

Seuraavassa osiossa käydään läpi hankkeessa tutkittujen biopohjaisten materiaalien ympäristövaikutuksia.

4 Ovatko biopohjaisten materiaalien positiiviset ympäristövaikutukset itsestäänselvyys?

Tässä osiossa käydään läpi hankkeen kolmannen työpaketin toteutusta ja elinkaarilaskennan tuloksia.

4.1 Johdanto ympäristövaikutusten selvittämiseen

Kirjoittanut: Marja Jallinoja, Lasse Aro, Ilkka Leinonen (Luonnonvarakeskus).

Työpaketissa 3 selvitettiin kutterinlastusta, selluvillasta, rahkasammalesta, turpeesta ja kahden viimeksi mainitun seoksesta valmistettujen materiaalien elinkaarisia ympäristövaikutuksia.

Tutkimuksessa tehtiin kuudelle erilaiselle eristeelle elinkaarianalyysit (LCA, Life Cycle Analysis). Elinkaarianalyysillä tarkoitetaan tuotteen ympäristövaikutusten arvioimista tuotteen koko elinkaaren ajalta aina raaka-aineen hankinnasta tuotteen käytöstä poistamiseen ja loppukäsittelyyn asti. Tutkittavat eristemateriaalit olivat irtotuotteista kutterinlastu, selluvilla, turve ja rahkasammal sekä levyeristeistä turve- ja turve-rahkasammalsekoite.

Lähtökohtana elinkaarilaskennalle oli työpaketissa 2 tehdyt eristävyystutkimukset sekä olosuhdetestit. Taulukkoon 1 on koottu oleellimmat eristävyystutkimuksessa saadut tulokset materiaalien ominaisuuksista. Olosuhdetesteissä ei käynyt ilmi mitään sellaista, mikä muodostaisi toiminnallisen esteen materiaalien käytölle rakennusten eristeinä.

Taulukko 1. Eristemateriaalien ominaisuuksia.

Eristemateriaali	Tiheys** kg/m ³	Lämmönjohtavuus W/(Km)
Kutterinlastu, irtto	80,5	0,044
Selluvilla, irtto	40,8	0,038
Rahkasammal, irtto	89,9	0,037
Turve, irtto	131,0	0,043
Turve, levy	64,2	0,040
Turve-rahkasammal, levy	66,4	0,038
Lasivilla (Isover)*	14,0	0,037
Polystyreeni (Finnfoam)*	35,0	0,034

*vertailutuote, ominaisuudet perustuvat tuotteiden ympäristöselosteissa julkaistuihin tietoihin

**käyttökosteudessa 10–20 %

Tutkituista materiaaleista kutterinlastu ja selluvilla ovat jo vakiintuneita kaupallisia eristeitä, joita valmistetaan Suomessa. Turpeesta ja rahkasammalesta valmistetut eristeet sen sijaan ovat vasta kokeellisella asteella eikä niiden valmistamiseen ole vielä olemassa teollisen mittakaavan tuotantolaitoksia. Näitä eristeitä kehittää Vapo Oy. Rahkasammalta ja turvetta on toki käytetty rakentamisessa eristämiseen pitkään ja käytetään yhä perinnerakentamisessa, mutta kaupallisesti tuotteita ei valmisteta.

Kutterinlastueriste tehdään höylätyn sahatavaran valmistuksen sivutuotteena syntyvästä kutterinlastusta. Kutterinlastueristettä valmistaa Ehta-Talot Oy. Selluvilla valmistetaan kierrätetystä sanomalehtipaperista ja sitä valmistaa Suomessa useampikin yritys. Tässä hankkeessa selluvillan valmistajista yhteistyökumppanina oli Ekovilla Oy. Selluvillasta käytetään myös nimitystä puhallusvilla. Selluvillasta tehdään myös levyeristeitä, mutta tässä työssä tutkittiin irtotavarana seinärakenteisiin puhallettavaa eristettä.

Turpeesta ja rahkasammalesta valmistettiin irtomateriaalina käytettävää eristettä. Turpeesta sekä turpeen ja rahkasammalen sekoituksesta valmistettiin myös levyeristeitä, joihin lisättiin sidosaineeksi muovikuitua, eli ne eivät ole täysin biopohjaisista materiaaleista koostuvia kuten irtomateriaalina käytettävät eristeet.

Vertailutuotteiksi valittiin ei-biopohjaisista eristemateriaaleista lasivillasta valmistettu Isover ja polystyreenistä valmistettu Finnfoam. Vertailutuotteille ei tehty tässä työssä elinkaarianalyysia, vaan vertailutietojen lähteenä käytettiin valmistajien julkaisemia ympäristöselosteita, minkä vuoksi vertailuarvoja ei ole käytettävissä vesijalanjäljestä, jota ei ympäristöselosteessa ole laskettu.

LCA-laskennan tuloksia arvioitaessa on huomioitava, ettei rahkasammal- ja turve-eristeitä vielä valmisteta tehdasmittakaavassa kuten selluvillaa ja kutterinlastua, vaan laskennassa käytetyt lähtötiedot perustuvat koetuotannosta kerättyihin tietoihin.

4.2 Elinkaarianalyysi

Elinkaarianalyysi (LCA) on standardoitu menetelmä, jolla pyritään laskemaan eri tuotteiden ympäristövaikutuksista mahdollisimman vertailukelpoista tietoa tuotteen koko elinkaaren ajalta aina raaka-aineen hankinnasta tuotteen käytöstä poistoon ja loppukäsittelyyn asti. Kattavimmillaan elinkaarianalyysi käsittää tuotteen raaka-aineen hankinnan, tuotteen valmistuksen, tuotteen käytön ja käytön aikaiset korjaukset tai kunnostukset, käytöstä poiston ja loppukäsittelyn sekä kaikissa vaiheissa tarvittavat kuljetukset. Kuljetuksiin sisältyy itse tuotteen kuljetuksen lisäksi myös tuotteen valmistukseen tarvittavien raaka- ja polttoaineiden sekä syntyvien jätteiden tarvitsemat kuljetukset. Koko elinkaaresta käytetään usein ilmaisua ”kehdosta hautaan”. Hyvin tyypillistä on myös laskea elinkaari ns. ”kehdosta tehtaan portille”, jolloin se kattaa vain raaka-aineiden hankinnan ja tuotannon, raaka-aineiden kuljetukset sekä tuotteen valmistuksen. Tämä laskentatapa on perusteltu silloin, kun tuotteen loppukäytön käyttötarkoitukset ovat hyvin moninaiset (esim. sahatavara) tai kun vertaillaan tuotteita, jotka eivät eroa toisistaan käyttövaiheen osalta, kuten esim. eristeet.

Koska eristeet ovat rakennusmateriaaleja, noudatettiin elikaarilaskennassa ja -analyysissa soveltuvin osin rakennustuotteiden ympäristöselosteen (The Norwegian EPD Foundation 2020, Environmental Product Declaration) laatimisen standardia (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019:en).

4.2.1 YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Elinkaarianalyysissä erilaiset päästökomponentit tai energian ja raaka-aineiden kulutukset yhdistetään ympäristövaikutusluokiksi standardissa määritellyillä karakterisointikertoimilla. Ympäristövaikutusluokkia ovat esim. syntyneitä päästöjä kuvaavat ilmaston lämpenemistä voimistavat, vesistöä rehevöittävät ja maaperää happamoittavat päästöt sekä luonnonvarojen kulutusta kuvaavat uusiutumattomien mineraalivarojen ja uusiutumattomien fossiilisten energiavarojen ehtyminen. Projektisuunnitelman mukaisesti tässä tutkimuksessa mukaan valittiin parhaiten hiilijalanjälkeä sekä energian ja luonnonvarojen kulutusta kuvaavat vaikutusluokat, jotka olivat:

- fossiilinen ilmastovaikutus eli hiilijalanjälki
- primäärienergian kulutus
- orgaanisen materiaalin kulutus raaka-aineena
- vesijalanjälki (AWARE).

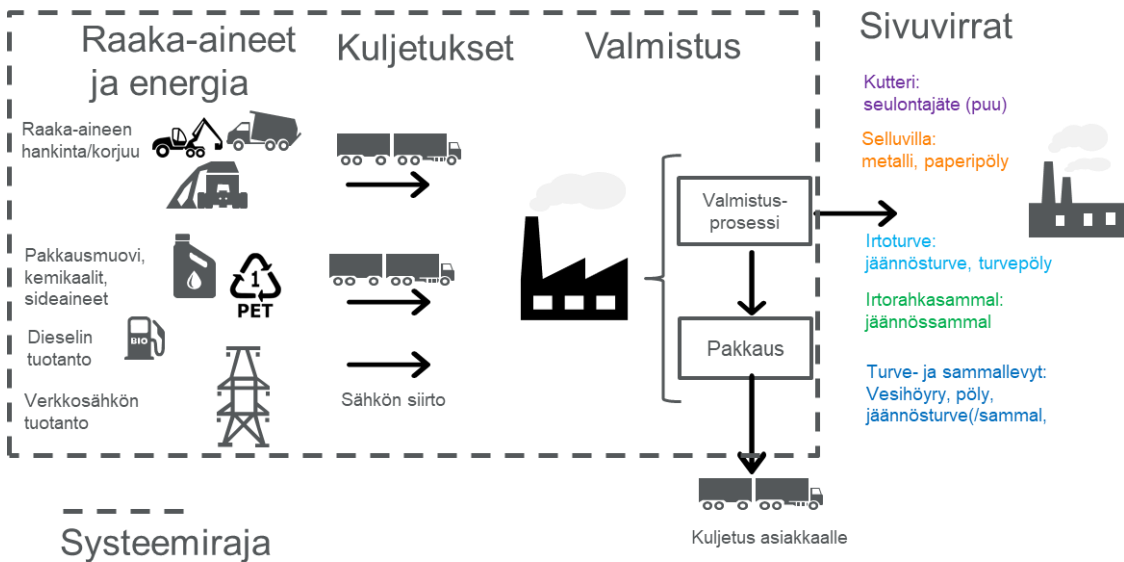
4.2.2 TOIMINNALLINEN YKSIKKÖ JA SYSTEEMIN RAJAUS

Toiminnalliseksi yksiköksi valittiin neliö eristettä, jonka lämmönläpäisykerroin on $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Lämmönläpäisykerroimen valinnan perustana on Ympäristöministeriön asetus (Ympäristöministeriö 2008) rakennusten lämmöneristyksessä, jossa ulkoseinän kertoimen vertailuarvoksi on asetettu $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Systeemi rajattiin kattamaan tuotteen elinkaari raaka-aineen hankinnasta tehtaan portille. Prosessi ja siihen sisältyvät rajaukset on esitetty kuvassa 12. Tuotantolaitteiden ja -rakennusten sekä ajoneuvojen valmistusta eikä muuta infrastruktuuria ole otettu laskennassa huomioon.

Ns. käyttövaiheen jättäminen tarkastelun ulkopuolelle oli perustelua, koska materiaalien toiminnallisuus rakennuksessa on toiminnallisella yksiköllä asetettu samaksi eikä materiaaleihin myöskään liity käytönaikaisia kunnostus- tai huoltotoimenpiteitä. Toisin sanoen materiaalit eivät käyttövaiheessa eroa toisistaan.

Eristeiden tuotannossa syntyy myös joitakin sivuvirtoja, jotka ovat kuitenkin arvoltaan huomattavasti päätuotetta halvempia. Tämän vuoksi ympäristövaikutusten allokoinnissa pää- ja sivutuotteille on käytetty taloudellista allokointia, eli ympäristövaikutukset on pääasiassa kohdistettu tuotteille niiden taloudellisen arvon mukaan. Poikkeuksena oli turve, jonka ympäristövaikutusten allokoinnissa päätuotteelle (kasvuturve eristekäytössä) ja sivutuotteelle (kasvuturve kasvualustana) käytettiin massajakaumia.



Kuva 12 Eristeiden tuotannon prosessikaavio ja LCA-laskennan systeimirajaus.

Käytöstä poiston osalta materiaalien ympäristövaikutukset eroavat toisistaan, joten eristeiden käytöstä poiston ja loppukäsittelyn tarkastelu on sisällytetty tutkimukseen, mutta käsitellään muusta LCA-laskennasta erillisenä. Tulosten luotettavuuden kannalta ei ole järkevää yhdistää nykyhetken todennettuihin päästöihin liittyviä ympäristövaikutuksia tulevaisuuden ennustettuihin ympäristövaikutuksiin, joihin liittyy erittäin suuria epävarmuuksia.

Toiminnalliseen yksikköön tarvittava eristemäärä laskettiin työpaketissa 2 tehdyissä laboratorio- ja kenttätesteissä saatujen tulosten perusteella. Eri materiaaleilla tarvittava eristepaksuus on esitetty taulukossa 2, jossa mukana ovat myös vertailutuotteet Isoverilta ja Finnfoamilta.

Taulukko 2. Eristekerroksen paksuus ja neliöpaino lämmönläpäisykerroimella (U-arvo) 0,17 W/m²K.

Eristemateriaali	Eristepaksuus cm	Neliöpaino** kg
Kutterinlastu, irtto	25,9	20,8
Selluvilla, irtto	22,4	9,1
Rahkasammal, irtto	21,8	19,6
Turve, irtto	25,3	33,1
Turve, levy	23,5	15,1
Turve-rahkasammal, levy	22,4	14,8
Lasivilla (Isover)*	21,8	3,0
Polystyreeni (Finnfoam)*	20,0	7,4

*Vertailutuote, ominaisuudet perustuvat tuotteiden ympäristöselosteissa julkaistuihin tietoihin

**Käyttökosteudessa 10–20 %

4.2.3 TIETOLÄHTEET JA ELINKAARILASKENNAN TOTEUTUS

Kutterinlastueristeen tuotantoprosessin tiedot saatiin Ehta-Talot Oy:ltä ja ne kuvaavat todellista tuotantolaitosta. Selluvillan valmistuksen ympäristövaikutukset pohjautuvat Ekovilla Oy:n puhallusvillan ympäristöselosteeseen (VTT 2020), jonka tulokset on muokattu vastaamaan tässä tutkimuksessa muille tuotteille tehtyä elinkaarilaskentaa. Rahkasammal- ja turvepohjaisia eristeitä ei vielä valmisteta tuotantomittakavassa, vaan ne ovat vasta kehitysasteella. Kehitystyötä tekee Vapo Oy, joka toimitti laskennassa käytetyt lähtötiedot niiltä osin kuin niitä oli saatavissa. Rahkasammalen korjuun tiedot energiankulutuksen osalta saatiin EcoMoss Oy:ltä. Rahkasammaleristeen valmistuksen energiankulutus oletettiin samaksi kuin irtoturve-eristeen valmistuksessa. Vastaava oletus rahkasammalelle ja irtoturpeelle tehtiin valmiin eristeen pakkausmateriaalien kulutuksen osalta.

Kutterinlastueristeen raaka-aineena käytetyn höyläyksen sivutuotteena syntyvän kutterinlastun tuotannon ympäristövaikutukset perustuvat Luonnonvarakeskuksessa kerättyihin tietoihin seitsemän eri sahatavaranvalmistajan tuotannosta. Kutterinlastun arvo on vähäinen, joten sille kohdistuu hyvin pieni osa sahatavaran valmistuksen ympäristövaikutuksista.

Kasvuturpeen nostotyön ilmastovaikutuksen arvioimisessa käytettiin Kirkisen ym. (2007) esittämiä arvoja, jotka muunnettiin CO₂-ekvivalenteiksi (IPCC 2007). Kasvuturpeen energiasisältönä käytettiin 19,05 MJ/kg (pinta- ja väliturve, Pohjois-Pohjanmaa; Virtanen ym. 2003).

Yhden eristeyksikön raaka-aineen tuottamiseen tarvittava tuotantopinta-ala oli rahkasammalella 3,56 m², irtoturpeella 22,31 m², turve-tupasvillasekoitteella 6,04 m² ja turve-tupasvilla-rahkasammalsekoitteella 5,11 m². Rahkasammalen osalta taustatiedot sammalen saannosta saatiin EcoMoss Oy:ltä. Materiaalien tiheydet eri kosteustiloissa ja valmistusprosessin eri vaiheissa saatiin EcoMoss Oy:ltä ja Vapo Oy:ltä. Tuotantoalueella kasvuturpeen tiheytenä ennen nostoa käytettiin 77 kg_{dw} m⁻³, joka laskettiin Pohjois-Pohjanmaan soiden pinta- ja väliturpeelle Virtasen ym. (2003) tulosten perusteella. Koko Suomen kasvuturpeen tuotanto oli keskimäärin 1,715 Mm³/vuosi vuosina 2010–2019 (Luke 2020) ja tuotantoala 5000 ha (2016, Turveinfo 2020). Suurimmat kasvuturvevarat ovat Länsi- ja Lounais-Suomen rannikkoalueilla (Virtanen ym. 2003). Kasvuturvetuotannon osuus oli keskimäärin 9,6 % turvetuotannon kokonaismäärästä vuosina 2010–2019 (Luke 2020). Koska kasvuturpeen saantoluvun arvioimisessa käytettiin turpeen keskimääräisiä tuotantomääriä ja –pintaaloja koko maan osalta, ovat yhden eristeyksikön tarvitsemat turvetuotantopinta-alat todennäköisesti yliarvioita.

Verkkosähkön tuotannon ympäristövaikutukset perustuvat Suomen sähköntuotannon keskimääräiseen tuotantojakaumaan vuosilta 2015–2019 (Energiateollisuus ry). Voimalaitoskohtaiset hiilidioksidin ominaispäästöt perustuvat hiili-, kaas- ja turvesähkön tuotannon osalta näiden tuotantomuotojen todelliseen polttoaineen kulutukseen Suomessa vuonna 2019 (Tilastokeskus 2019). Muilta osin eri energiamuotojen ympäristövaikutukset perustuvat Ecoinvent 3 -tietokannan tietoihin.

Muiden raaka-aineiden, kuten dieselin, muovien ja kemikaalien ympäristövaikutukset perustuvat Ecoinvent 3 -tietokantaan. Rahkasammal-, irtoturve- ja turvelevyeristeissä ei käytetty palonestoaineita. Eri kuljetusmuotojen päästölaskenta on mallinnettu VTT:n Lipasto-tietokannan tietojen pohjalta.

Eristeiden elinkaari mallinnettiin ja ympäristövaikutukset laskettiin SimaPro LCA-laskentatyökalulla (versio 9.1.1.1).

4.2.4 TUOTTEEN KÄYTÖSTÄ POISTAMINEN JA LOPPUKÄSITTELY

Rakennustuotteiden käytöstä poistamisen ympäristövaikutuksien arvioimiseen liittyy suuria epävarmuuksia. Merkittävä tekijä on rakennuksen oletettu elinikä, joka siis tyypillisesti on sama kuin eristeen käyttöikä. Usein rakennusten elinikäksi on laskelmissa oletettu 50 vuotta, mutta rakennuksen elinikä voi olla huomattavasti pidempikin. Ympäristönäkökulmasta rakennuksille tulisi tavoitella mahdollisimman pitkää käyttöikää.

Jo 50 vuotta on niin pitkä aika, että on käytännössä mahdotonta sanoa, miten rakennuksen purkamisessa syntyviä materiaaleja silloin tullaan käsittelemään. Onko esim. energiantuotanto rakennusjätteitä polttamalla silloin enää käytännössä edes toteutettavissa ja jos on, niin mitä polttoainetta jäte-eristeen voidaan olettaa korvaavan?

Selluvilla on valmistajan mukaan mahdollista ottaa talteen purettavasta rakennuksesta ja käyttää sellaisenaan uudelleen. Tämä voisi olla mahdollista myös muille eristeille, jolloin eristeen käyttöikä voisi olla selvästi pidempi kuin rakennuksen elinikä ja eristeen käytöstä poistaminen siirtyisi vielä kauemmas tulevaisuuteen.

Tässä työssä on lähdetty siitä, ettei eri eristeillä ole niiden ominaisuuksien perusteella eroa käyttöiässä, vaan se on oletettu kaikille samaksi, jolloin vertailun kannalta sen pituudella ei ole vaikutusta. Käytöstä poiston jälkeen eri eristemateriaaleilla voi kymmenien vuosien kuluttua olla uusia käyttökohteita, jotka poikkeavat toisistaan, mutta vertailu on tehty tämänhetkisen todennäköisimmän käsittelytavan mukaan, eli eristeet käytetään polttoaineena energiatuotannossa (Tilastokeskus Jätetilasto).

Vertailussa otetaan huomioon energiasisältö sekä fossiiliset ja biogeeniset kasvihuonekaasupäästöt. Substitutiivaikutusta ei ole tarpeen tarkastella, sillä kaikki eristemateriaalit ovat poltto-ominaisuuksiltaan niin samankaltaisia, että niiden voidaan perustellusti olettaa korvaavan samoja polttoaineita.

4.2.5 VERTAILUTUOTTEET

Tutkituille eristeille valittiin vertailumateriaaleiksi eristemarkkinoilla hyvin tunnetut uusiutumattomiin raaka-aineisiin perustuvat polystyreeni ja lasivilla. Polystyreenistä valittiin vertailutuotteeksi Finnfoam XPS (Rakennustietosäätiö 2016) ja lasivillasta Isover Standard (The Norwegian EPD Foundation 2020). Vertailuarvot laskettiin näiden tuotteiden ympäristöselosteiden tietojen perusteella. Ympäristöselosteissa julkaistujen tietojen pohjalta oli mahdollista laskea vertailuarvot fossiiliselle ilmastovaikutukselle sekä energiankulutukselle. Vertailuarvojen osalta on kuitenkin huomioitava, että ne perustuvat yksittäisen valmistajan yksilöllisiin tuotantotietoihin, kun tutkittujen tuotteiden kohdalla ympäristövaikutukset on laskettu geneerisesti. Tämän vuoksi vertailua tulee pitää vain suuntaa antavana.

4.3 Elinkaarianalyysin tulokset

4.3.1 YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET ”KEHDOSTA TEHTAAN PORTILLE”

Taulukkoon 3 on koottu LCA-laskennan tulokset. Tulokset on käsitelty ympäristövaikutusluokittain seuraavissa kappaleissa. Fossiilien ilmastovaikutuksen, primäärienergian kulutuksen ja orgaanisten luonnonvarojen käytön raaka-aineena osalta on kuvissa 2, 4 ja 5 esitetty myös vertailuarvot Finnfoamin polystyreenieristeestä ja Isoverin lasivillaeristeestä, mutta koska nämä arvot eivät perustu tähän tutkimukseen vaan yritysten omiin ympäristöselosteisiin, ei tuloksia ole selitetty tai perusteltu tarkemmin.

Taulukko 3. Tutkittujen eristemateriaalien ympäristövaikutukset eristeneliötä kohti (lämmönläpäisevyyskerroin $U=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$).

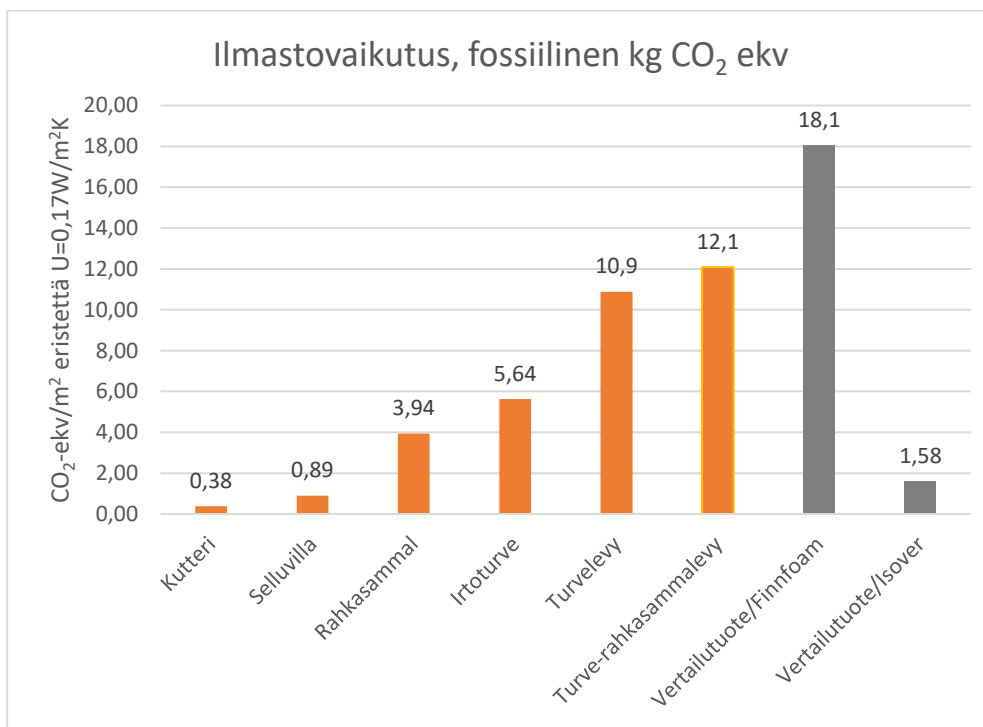
Ympäristövaikutus	Yksikkö	Kutteri	Selluvilla	Rahkasammal	Irtoturve	Turvelevy	Turvesammal-levy
Ilmastovaikutus -fossiilinen	kg CO ₂ eq	0,38	0,89	3,94	5,64	10,9	12,1
Luonnonvarojen käyttö							
Uusiutuva energia	MJ	33,2	2,98	51,1	57,0	55,6	58,6
Uusiutumaton energia	MJ	9,69	22,7	49,9	52,8	262	266
Energiankulutus yhteensä	MJ	42,9	25,7	101	110	318	324
Uusiutuvat luonnonvarat raaka-aineena	MJ	396	162	390	25,7	59,5	105
Uusiutumattomat luonnonvarat raaka-aineena	MJ	4,24	2,28	20,2	655	382	286
Luonnonvarojen käyttö raaka-aineena yhteensä	MJ	400	164	411	680	442	391
Vesijalanjälki, AWARE	m ³	1,15	0,134	0,628	0,701	0,397	0,424

4.3.1.1 Fossiilinen ilmastovaikutus

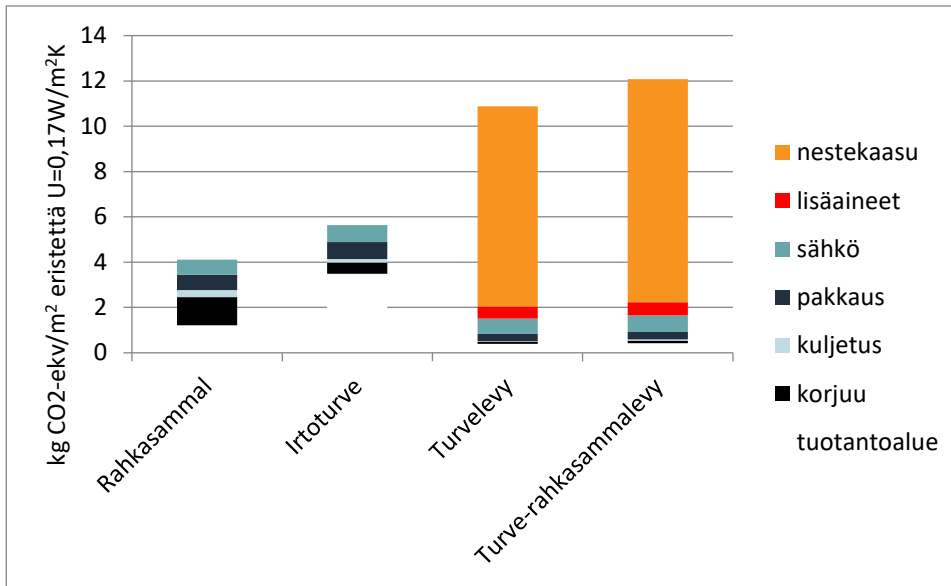
Tutkittujen eristeiden sekä vertailutuotteiden fossiiliset ilmastovaikutukset on esitetty kuvassa 13. Kutterieriste ja selluvilla erottuvat hyvin pienellä ilmastovaikutuksellaan. Suurimmat syyt tähän ovat raaka-aineen hankinnan vähäiset ympäristövaikutukset, raaka-aineen kuivuus sekä kevyt prosessointi. Kuivuuden ja kevyen prosessoinnin vuoksi valmistuksen energiankulutus on pientä, minkä seurauksena myös fossiilisten kasvihuonekaasupäästöjen määrä on pieni. Selluvilla on myös kaikista materiaaleista painoyksikköä kohti lasketuna tehokkain eriste, joten sen neliöpainokin on selvästi alhaisin, esim. alle puolet kutterieristeen painosta (taulukot 1 ja 2). Selluvillan ja kutterieristeen fossiilinen ilmastovaikutus syntyy sähköenergian tuotannon sekä kuljetusten päästöistä.

Kutterieristeen fossiilinen ilmastovaikutus on kaikkein pienin, sillä sen valmistus vaatii vain raaka-aineen seulonnan, johon kuuluu hyvin vähän energiaa. Tilojen lämmitys hoidetaan sivuvirtana syntyvällä puutähteellä, joten fossiilisia päästöjä ei synny. Myös raaka-aineen eli sahatavaran valmistuksen sivutuotteena syntyvän kutterinlastun valmistuksessa suuri osa kulutettavasta energiasta tuotetaan uusiutuvalla puupolttoaineella.

Turve- ja rahkasammaleristeiden valmistuksen fossiilinen ilmastovaikutus on huomattavasti suurempaa kuin kutterieristeen. Näiden eristeiden ilmastovaikutuksen muodostuminen on esitetty tarkemmin kuvassa 14. Turpeen ja rahkasammalen tuotantoketjussa kasvihuonekaasupäästöjä syntyy myös tuotantoalueella. Rahkasammalen osalta tässä työssä huomioitiin korjuun vaikutus turvekerrokseen kertyvän hiilivaraston kasvun pienenemiseen rahkasammalen keruun seurauksena (esim. Punkka 2019). Heti rahkasammalen korjuun jälkeen suon kasvihuonekaasupäästöt lisääntyvät jonkin verran, mutta tilanne saattaa palautua korjuuta edeltäneeseen tilaan alle viidessä vuodessa (Silvan ym. 2017). Turvetuotannossa kasvipeitteetön tuotantosuo puolestaan toimii erityisesti hiilidioksidin lähteenä (Alm ym. 2007, IPCC 2007), ja tämä päästö kohdistettiin kasvuturpeelle kasvu- ja energiaturpeiden tuotantomäärien suhteessa. Tässä tutkimuksessa turvetuotantoalue katsottiin olemassa olevaksi tuotantokoneistoksi, joten ilmastovaikutuksiin huomioitiin vain tuotantoalueen maankäyttövaikutus, mutta ei maankäytön muutoksen vaikutusta.



Kuva 13 Eristemateriaalien fossiilinen ilmastovaikutus (sisältää myös LULUC-päästöt, eli maankäytön, maankäytön muutosten ja metsätalouden päästöt). Vertailutuotteiden tiedot on laskettu kyseisten tuotteiden ympäristöselosteiden pohjalta.



Kuva 14 Turve- ja rahkasammaleristeiden fossiilinen ilmastovaikutus toiminnoittain jaoteltuna.

Koska irtoturve on tutkituista materiaaleista tiheintä ja eristävydeltään heikointa, tarvitaan raaka-ainetta esim. turpeesta tehtyyn levyeristeeseen verrattuna yli kaksi kertaa enemmän saman eristävyuden saavuttamiseen. Osittain tämän seurauksena tuotantoalueen päästöt muodostuvat irtoturpeella hallitseviksi. Noin kaksi kolmasosaa fossiilisesta ilmastovaikutuksesta muodostuu turpeen korjuun seurauksena tuotantoalueelta eli suolta vapautuvista kasvihuonekaasupäästöistä. Muut valmistuksen päästöt ovat varsin pienet, vain noin kaksinkertaiset esim. selluvillaan verrattuna, sillä kuivaamisen ja pakkaamisen lisäksi irtoturvetta ei tarvitse juurikaan prosessoida.

Irtorahkasammalen tuotantoalueelta syntyvät päästöt ovat noin kolmasosa irtoturpeen vastaavista päästöistä. Korjuun päästöt toisaalta ovat noin kaksinkertaiset turpeeseen verrattuna ja muodostavat merkittävän osan rahkasammaleristeen fossiilisista ilmastovaikutuksista.

Turvelevyeristeiden fossiilisia ilmastovaikutuksia hallitsee prosessissa käytetty nestekaasu, jota kuluu runsaasti. Prosessissa syntyvä vesihöyry käytetään muualla tilojen lämmitykseen. Vesihöyryn sisältämä lämpöenergia on taloudellisesti arvokasta, joten huomattava osa prosessin ympäristövaikutuksista kohdistetaan vesihöyrylle. Teollisen mittakaavan tuotannossa vesihöyryn sisältämä lämpö kierrätettäisiin takaisin prosessiin, mikä tehostaisi huomattavasti prosessin energiatehokkuutta ja vähentäisi nestekaasun kulutusta.

Koska levyeristeet ovat keveitä ja eristävydeltään irtoeristeitä parempia, kutistuu tuotantoalueen, korjuun ja kuljetusten fossiiliset ilmastovaikutukset pieniksi irtomateriaaleihin verrattuna. Levyeristeisiin kuluvan turpeen ja sammalen määrää pienentää jonkin verran myös sideaineena käytetty muovi, jonka fossiilinen ilmastovaikutus on suhteellisen suuri turve- ja sammalraaka-aineisiin verrattuna.

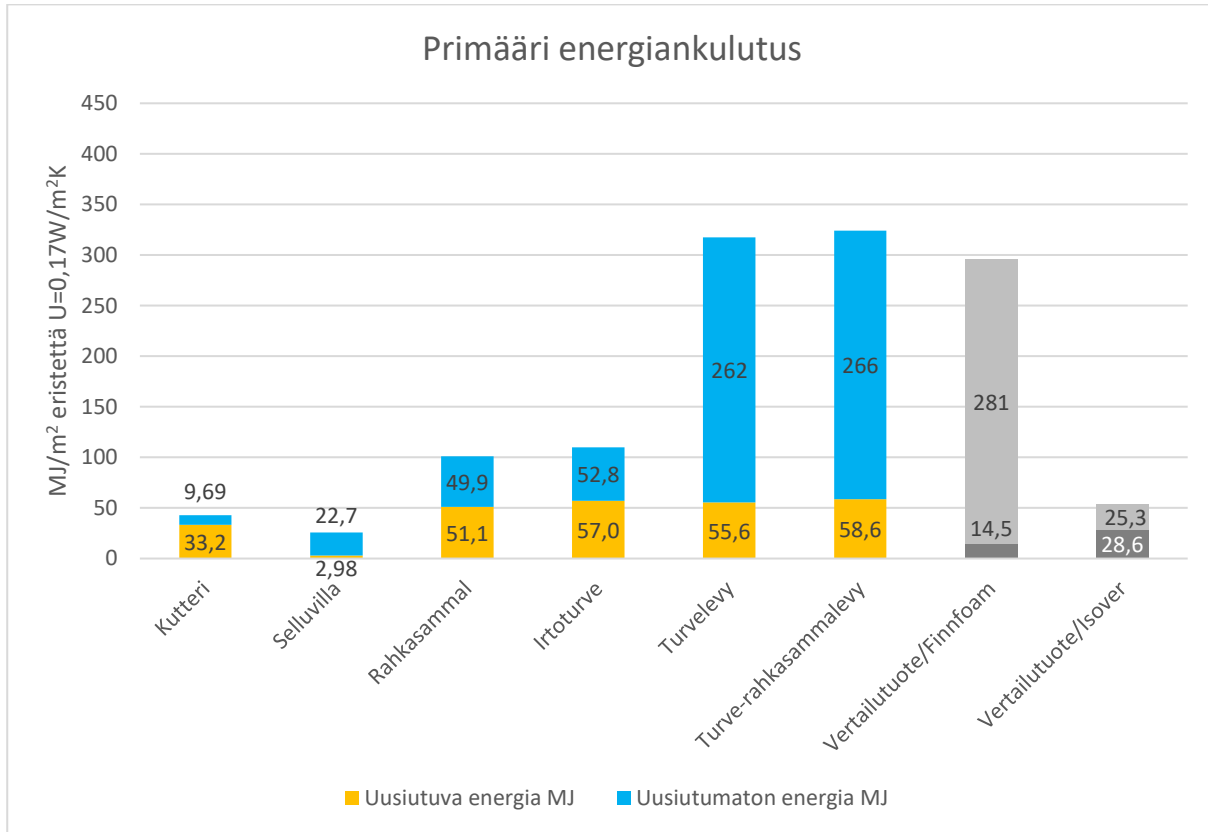
4.3.1.2 Luonnonvarojen kulutus – primäärienergian kulutus

Primäärienergian kulutus eristeiden valmistuksessa on esitetty kuvassa 15. Energiankulutus usein korreloi hyvin fossiilisen ilmastovaikutuksen kanssa, niin tässäkin tapauksessa. Tulokset poikkeavat fossiilisen ilmastovaikutuksen tuloksista eniten irtoturpeen osalta, jonka primäärienergiankulutus on turve- ja sammalpohjaisista eristeistä pienin. Tämä johtuu korjuun ja kuljetusten suhteellisen pienestä energiankulutuksesta.

Kutterieriste, joka oli ilmastovaikutuksiltaan pienin, kuluttaa energiaa kuitenkin melkein kaksinkertaisesti selluvillaan verrattuna. Tämä on seurausta siitä, että kutterinlastulle kohdistuu osa sahatavaran valmistuksen

ympäristövaikutuksista ja siten siellä kulutetusta energiasta, kuten puutavaran kuivaukseen kuluva energiasta, joka on lähes kokonaan uusiutuvalla energialla tuotettua.

Kutterinlastua lukuun ottamatta muiden tuotteiden kuluttama uusiutuva energia on pääasiassa kulutetun verkkosähkön uusiutuvan energian osuutta. Uusiutumaton energia koostuu verkkosähkön uusiutumattomasta osuudesta sekä työkoneissa ja kuljetusajoneuvoissa kuluva dieselistä. Levyeristeillä suurin osa uusiutumattomasta energiasta on prosessienergianlähteenä käytettävää nestekaasua.



Kuva 15 Eristeiden tuotantoketjun primäärienergian kulutus. Vertailutuotteiden tiedot laskettu kyseisten tuotteiden ympäristöselosteiden pohjalta.

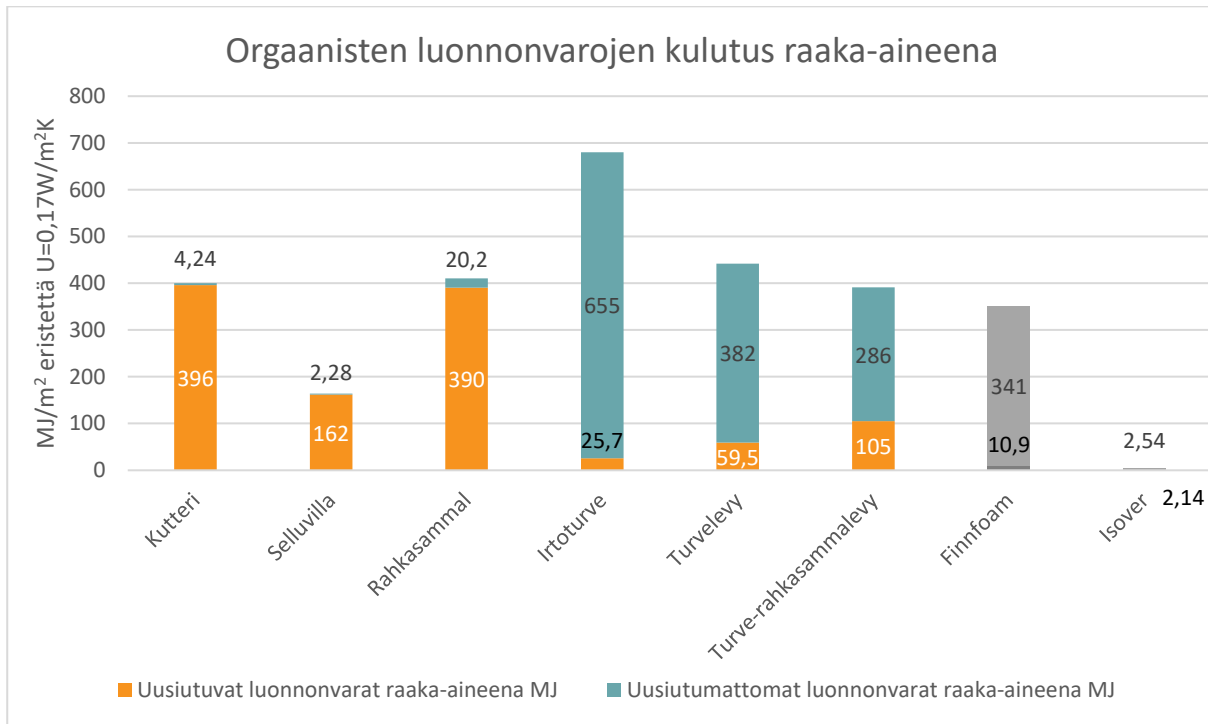
4.3.1.3 Luonnonvarojen kulutus – orgaanisten raaka-aineiden käyttö materiaalina

Orgaanisten raaka-aineiden käyttö materiaalina on esitetty kuvassa 16. Raaka-aineiden kulutus korreloi luonnollisesti voimakkaasti tuotteen massan kanssa. Mitä kevyempi tuote sitä vähemmän kulutetaan luonnonvaroja. Kutterinlastu, selluvilla ja rahkasammal ovat uusiutuvia luonnonvaroja, joten niistä valmistettu eriste kuluttaa uusiutumattomia raaka-aineita ainoastaan pienen määrän pakkausmateriaalina käytetyn muovin muodossa.

Turve on uusiutumaton luonnonvara, joten siitä valmistetut tuotteet kuluttavat pääasiassa uusiutumattomia luonnonvaroja. Turpeen ja rahkasammalen sekoitteesta valmistetussa eristelevyissä uusiutumattomia luonnonvaroja kuluu silti selvästi vähemmän kuin muissa turvetta sisältävissä eristeissä, koska tuote on turve- ja sammaleristeistä kevein ja osa siitä on uusiutuvaa rahkasammalta. Turvepohjaisten tuotteiden valmistuksessa uusiutuvia raaka-aineita kuluu jonkin verran myös pakkausmateriaalina, sillä ne pakataan puisille kuormalavoille.

Selluvilla keveimpänä eristeenä on luonnonvarojen kulutuksen kannalta selvästi materiaalitehokkain. Muista uusiutuvista materiaaleista rahkasammal kuluttaa raaka-aineita noin kaksinkertaisesti ja kutterinlastu yli kaksinkertaisesti selluvillaan verrattuna. Turvepohjaisista tuotteista irtoturpeeseen kuluu raaka-aineita jo

nelinkertaisesti selluvillaan verrattuna. Levyeristeissä raaka-aineiden kulutus on noin kaksinkertainen selluvillaan verrattuna ja samalla tasolla tai hieman alempana kuin kutterinlastulla ja rahkasammalella.

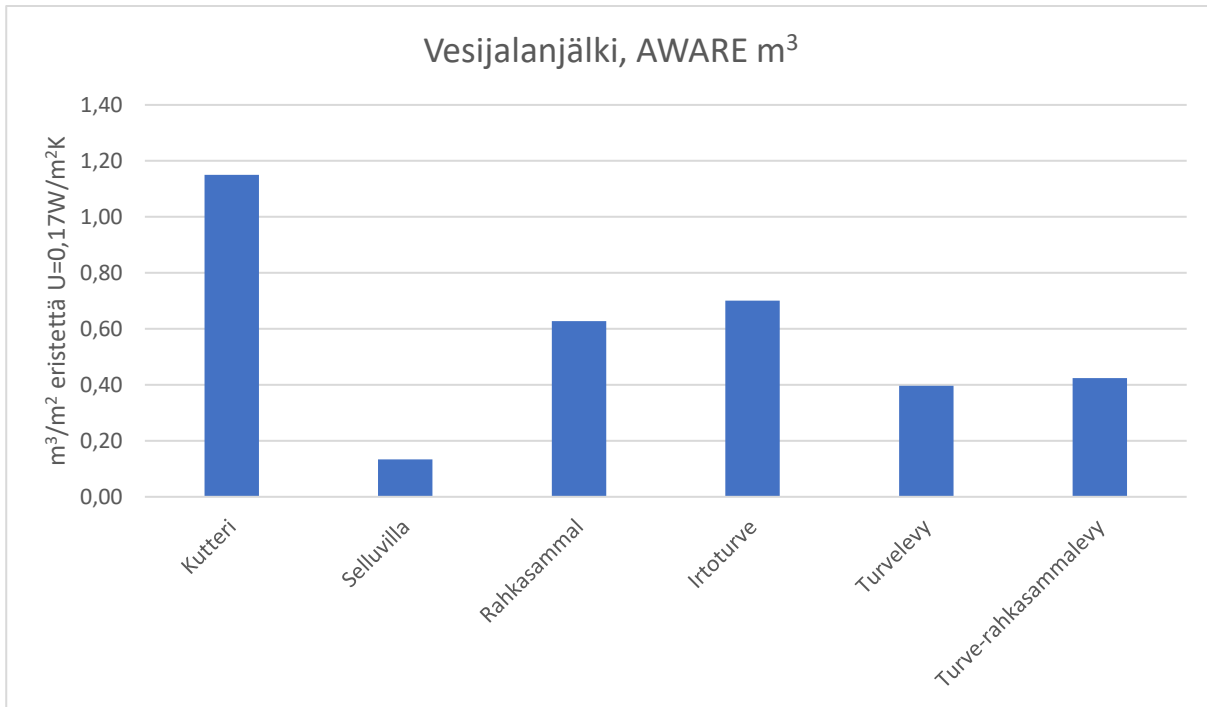


Kuva 16 Eristeiden valmistuksen orgaanisten luonnonvarojen kulutus raaka-aineena. Vertailutuotteiden tiedot laskettu kyseisten tuotteiden ympäristöselosteiden pohjalta.

4.3.1.4 Luonnonvarojen kulutus – vesijalanjälki

AWARE- menetelmällä lasketut vesijalanjäljet on esitetty kuvassa 17. Vaikka suhteelliset erot vesijalanjäljessä ovat eristeillä suuret, on kaikkien eristeiden vesijalanjälki absoluuttisesti pieni. Vesivarojen niukkuuden huomioiva AWARE-menetelmä antaa Suomessa käytetylle vedelle pienen kertoimen, koska Suomessa vesivaroista ei juuri ole niukkuutta.

Vesivarojen niukkuuden huomioimisen vuoksi AWARE-menetelmä asettaa tiukat vaatimukset käytettävän tiedon laadulle. Keskiarvoihin perustuva tietokanta-aineisto, jota käytetään laskennassa sellaisille raaka-aineille, joille ei ole saatavilla todelliseen tuotantoon perustuvia lähtötietoja, ei usein täytä näitä vaatimuksia. Tällaisia ovat tässä tutkimuksessa mm. muovit, polttoaineet ja erilaiset kemikaalit. Koska AWARE-menetelmä on hyvin herkkä sille, missä vedenkulutus maantieteellisesti tapahtuu, saattaa jokin tällainen keskiarvotieto vaikuttaa suhteellisesti huomattavan paljon lopputulokseen, kun valtaosa vedenkulutuksesta tapahtuu Suomessa. Selittävät tekijät eristeiden välisille eroille löytyvät siten enemmän tausta-aineiston laadusta kuin todellisista eroista vedenkulutuksessa.



Kuva 17 Eristeiden vesijalanjälki AWARE-menetelmällä laskettuna.

4.3.2 TUOTTEIDEN HIILIVARASTO JA KÄYTÖSTÄ POISTAMINEN

Orgaanisina materiaaleina tutkimuksessa mukana olleet eristeet sitovat itseensä hiiltä ja pitävät sen poissa ilmakehästä ainakin niin kauan kuin ne ovat rakennuksessa eristeenä. Uusiutumattomana materiaalina turpeen hiilen katsotaan pysyvän poissa ilmakehästä, mutta turve-eriste ei muodosta uutta hiilivarastoa. Uusiutuvat materiaalit eli puupohjaiset kutterinlastu ja selluvilla sekä rahkasammal sen sijaan muodostavat eristeenä uuden hiilivaraston pitämällä sisältämänsä hiilen pidempään poissa ilmakehästä verrattuna tilanteeseen, jossa näistä materiaaleista ei valmistettaisi eristettä. Eristeen muodostama hiilivarasto on luonnollisesti sitä suurempi, mitä enemmän materiaalia eristeeseen kuluu, eli mitä materiaalitehokkaampi eriste, sitä pienempi hiilivarasto. Luonnonvaroja säästävän käytön näkökulmasta ei voida pitää tavoiteltavana mahdollisimman suurta tuotteen muodostamaa hiilivarastoa, vaikka pelkkää tuotteen hiilitasetta tarkastelemalla voisi tällaiseen johtopäätökseen tulla.

Kuten osiossa 4.2.4 on todettu, ei tuotteiden käsittelystä niiden käytöstä poiston jälkeen voi sanoa mitään varmaa. Rakennusten elinikä voi olla hyvin pitkä ja lyhimmilläänkin niin pitkä, että tällä hetkellä on mahdoton ennustaa, millä tavoin rakennusten purkumateriaaleja silloin käsitellään. Selluvillan valmistaja ilmoittaa, että selluvilla on sellaisenaan uudelleen käytettävissä uuden rakennuksen eristämiseen, mikä vielä pidentää tuotteen käyttöikää lisää. Uudelleen käyttö ei ole poissuljettu mahdollisuus muidenkaan materiaalien kohdalla. Ympäristön kannalta paras ratkaisu on tuotteiden uudelleen käyttäminen samassa käyttötarkoituksessa.

Vertailussa on lähdetty siitä, että hyödyntäminen käytöstä poiston jälkeen tapahtuu energiantuotannossa, joten vertailtavaksi on valittu poltosta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt ja tuotteen energiasisältö. Tulokset on esitetty taulukossa 4. Uusiutuvasta materiaalista valmistettujen tuotteiden biogeeninen hiilivarasto vapautuu poltossa, jolloin laskennallisesti katsotaan, että polton päästö on nolla, sillä materiaalin oletetaan hajoavan myös luonnollisessa kierrossa Turpeen kohdalla näin ei ole, vaan sen poltossa vapautuva hiilidioksidi lisää ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuutta. Materiaalien energiasisältö on laskettu niiden alemman lämpöarvon mukaan, joka turpeella, rahkasammalella ja kutterinlastulla arvioitiin olevan käyttökosteudessa 17 MJ/kg (Tilastokeskus 2019, Alakangas 2017) ja selluvillalla sama kuin sanomalehtipaperilla

käyttökosteudessaan eli 18,5 MJ/kg (Alakangas 2017). Levytuotteiden sideaineen lämpöarvona käytettiin polyeteenin lämpöarvoa 46,5 MJ/kg (Alakangas 2017).

Taulukko 4. Eristemateriaalien biogeeninen hiilivarasto ja energiasisältö.

	Biogeeninen hiilivarasto	Polton päästö	Energiasisältö	Ominaispäästö
Materiaali	kgCO ₂ ekv/m ²	kgCO ₂ ekv/m ²	MJ/m ²	gCO ₂ /MJ
Kutterilastu, irto	-37,5	37,5	354	0
Selluvilla, irto	-12,2	12,2	152	0
Turve, irto	0	59,6	563	106
Rahkasammal, irto	-35,2	35,2	333	0
Turve, levy	0	29,3	302	97,0
Turve-rahkasammal, levy	-4,63	24,3	298	81,4

Levytuotteiden energiasisältöä kasvattaa sidosaineena käytetty muovi, jonka energiasisältö on hyvin korkea. Öljypohjaisena materiaalina se on uusiutumaton, joten se lisää myös polton fossiilisia päästöjä.

Mikäli eristeet käytöstä poiston jälkeen poltetaan, aiheutuu siitä uusiutumattomien materiaalien kohdalla huomattavan suuri fossiilinen ilmastovaikutus, joka on selvästi suurempi kuin tuotteen valmistuksen ilmastovaikutus. Uusiutuvien materiaalien nettoilmastovaikutus katsotaan nolllaksi. Lopullinen eristeiden käytöstä poiston ympäristövaikutus riippuu siitä, mitä polttoainetta korvataan.

4.4 Johtopäätökset elinkaarianalyysistä

Tässä tutkimuksessa selvitettiin elinkaarianalyysimenetelmää (LCA) käyttäen kuuden eri eristemateriaalin tuotantoketjun ympäristövaikutuksia ns. kehdosta tehtaan portille, eli pitäen sisällään kaikkien raaka-aineiden hankinnan ja valmistuksen sekä näiden kuljetukset ketjun eri vaiheissa, kulutetun verkkosähkön ja muun energian tuotannon, tuotannossa syntyvien jätteiden käsittelyn sekä itse tuotteen tuotantoprosessin tehtaan portille asti.

Tutkittavina eristemateriaaleina olivat jo tuotannossa olevat ja pitkään käytetyt selluvilla ja kutterinlastu sekä uusina Vapon koetuotannossa rahkasammalesta ja turpeesta valmistetut irtoeristeet sekä kaksi levyeristettä, joista toisessa pääraaka-aine oli turve ja toisessa turve ja rahkasammal. Eristeissä käytettävä selluvilla valmistetaan kierrätysraaka-aineesta, eli keräyspaperista, kutterinlastua syntyy höylätyn sahatavaran valmistuksen sivutuotteena ja turve on puolestaan kasvu- ja energiaturpeen tuotannon sivuvirtaa. Ainoastaan rahkasammal on käytetyistä raaka-aineista neitseellinen eli sitä korjataan tätä käyttötarkoitusta varten.

Ympäristövaikutuksista laskettiin fossiilinen ilmastovaikutus, jota voi kutsua myös hiilijalanjäljeksi, sekä luonnonvarojen käyttöä kuvaavat primäärienergian kulutus, orgaanisen materiaalin kulutus sekä vesijalanjälki. Toiminnalliseksi yksiköksi valittiin neliö eristettä, jonka lämmönläpäisykerroin on 0,17 W/m²K. Lämmönläpäisykerroimen valinnan perustana on Ympäristöministeriön asetus rakennusten lämmöneristyksestä, jossa ulkoseinän kertoimen vertailuarvoksi on asetettu 0,17 W/m²K.

Laskennan tulokset on koottu taulukkoon 5., josta ympäristövaikutusten lisäksi löytyvät myös eristeiden dimensiot asetetulla toiminnallisella yksiköllä.

Pienin fossiilinen ilmastovaikutus on kutterinlastulla, mutta myös selluvillan ilmastovaikutus on hyvin pieni. Molempien tuotteiden raaka-aine on valmiiksi kuivaa ja sen prosessointi eristeeksi vähän energiaa kuluttavaa. Lisäksi raaka-aineen tuotannon ympäristövaikutukset ovat pienet, sillä selluvilla valmistetaan keräyspaperista eikä sille laskennassa kohdisteta lainkaan alkuperäisen paperin valmistuksen ympäristövaikutuksia. Vastaavasti kutterinlastulle, joka on höyläyksen vähäarvoinen sivutuote, kohdistetaan taloudellisen allokoinnin mukaisesti vain hyvin pieni osa höyläsahatavaran tuotannon ympäristövaikutuksista.

Turve- ja rahkasammaleristeiden fossiiliset ilmastovaikutukset ovat selvästi suuremmat kuin kutterinlastulla ja selluvillalla. Levytuotteiden osalta tämä johtuu ensisijassa energiatuotannossa käytetystä nestekaasusta, jota kuluu suhteellisen runsaasti. Tätä tulosta arvioitaessa on otettava huomioon, että prosessitiedot on kerätty koetuoannosta, joten energiankäyttöä ei ole tässä vaiheessa vielä pyritty optimoimaan. Hyvällä prosessisuunnittelulla energiankulutusta on mahdollista vähentää merkittävästi.

Irtoeristeiden valmistus turpeesta ja sammalesta on huomattavasti vähemmän energiaintensiivistä kuin levytuotteiden, mutta näiden ilmastovaikutusta kasvattaa erityisesti tuotantoalueelta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt ja suon pitkäaikaisen hiilensidonnan mekanismien häiriintyminen. Irtoeristeiden ilmastovaikutuksia kasvattaa myös niiden tiheys ja suhteellisen heikko eristävyys, eli raaka-ainetta tarvitaan paljon asetetun eristävyystason saavuttamiseksi.

Primäärienergian kulutuksen osalta tulokset ovat samankaltaiset kuin fossiilisessa ilmastovaikutuksessa. Selvästi vähiten energiaa kuluu selluvillan ja kutterieristeen valmistamiseen. Levyeristeiden valmistuksen energiankulutus on suurinta, mutta myös turpeesta ja sammalesta valmistettujen irtoeristeiden tuotantoketjun energiankulutus on 2–4-kertaista kutterinlastuun ja selluvillaan verrattuna.

Taulukko 5. LCA-laskennan tulokset tutkituille eristemateriaaleille toiminnallista yksikköä kohti. Toiminnallinen yksikkö on neliö eristettä, jonka lämmönläpäisykerroin on 0,17.

	Ominaisuudet		Ympäristövaikutukset			
	Eristepak- suus	Neliöpaino	Fossiilinen il- mastovaikutus	Primääri- energian ku- lutus	Luonnonvarojen käyttö raaka-ai- neena	Vesijalanjälki
Eristemateriaali	cm	kg/m ²	CO ₂ ekv	MJ	MJ	m ³
Kutterinlastu, irto	25,9	20,8	0,380	42,9	400	1,15
Selluvilla, irto	22,4	9,12	0,894	25,7	164	0,134
Turve, irto	25,3	33,1	5,64	110	680	0,701
Rahkasammal, irto	21,8	19,6	3,94	101	411	0,628
Turve, levy	23,5	15,1	10,9	318	442	0,397
Turve-sammal, levy	22,4	14,8	12,1	324	391	0,424

Orgaanisen materiaalin kulutus raaka-aineena riippuu suoraan tuotteen massasta eli mitä painavampi tuote, sitä suurempi materiaalikulutus, joten tällä mittarilla selluvilla erottuu selvästi parhaana ja painava ja eristävyydeltään melko huono irtoturve heikoimpana materiaalina. Levyeristeiden orgaanisten materiaalien kulutusta lisää niissä sideaineena käytetty muovi, joten vaikka ne ovat irtorahkasammalta kevyempiä, kuluu niiden valmistamiseen silti yhtä paljon tai enemmän raaka-aineita energiasisältönä tarkasteltuna.

Vesijalanjälki on kaikilla eristeillä hyvin pieni, sillä jalanjäljen laskennassa käytetty AWARE-menetelmä ottaa huomioon vesivarojen niukkuuden. Koska Suomessa niukkuutta ei ole, antaa menetelmä Suomessa kulutulle vedelle hyvin pienen kertoimen. Erot eri eristeiden välillä selittyvät luultavimmin joillakin laskennassa käytetyillä keskiarvoihin perustuvilla tietokantatiedoilla kuin todellisilla eroilla eristeiden tuotantoketjujen vedenkulutuksessa.

Uusiutuvista raaka-aineista eli puusta ja rahkasammalesta valmistetut eristeet muodostavat biogeenisen hiilivaraston, joka pitää tuotteeseen sitoutuneen hiilen poissa ilmakehästä elinikänsä ajan. Tuotteen muodostaman hiilivaraston tuottama hyöty ei ole yksiselitteinen, sillä ei ole itsestään selvää, että hiili säilyy tuotteessa pidempään kuin mitä se olisi säilynyt raaka-aineessa. Ei siis ole varmaa, kasvaako hiilivarasto sen seurauksena, että tuote on valmistettu. Uusiutumattomana materiaalina turpeen ei katsota missään tilanteessa kasvattavan hiilivarastoa, sillä turpeen sitoma hiili pysyy poissa ilmakehästä myös siinä tapauksessa, kun turpeen annetaan olla suossa. Puut ja sammaleet sen sijaan kuolevat ja hajoavat jollain aikajänteellä vapauttaen sitomansa hiilen ilmakehään riippumatta siitä, onko niistä valmistettu tuotteita.

Tuotteen hiilivarasto on sitä suurempi, mitä enemmän raaka-ainetta siihen on kulunut, eli tässä tutkimuksessa pienin hiilivarasto on selluvillalla, joka on eristeistä kevein. Luonnonvarojen säästävän käytön näkökulmasta tuotteen keveys on tavoiteltava ominaisuus ennemmin kuin tuotteeseen sitoutuneen hiilen mahdollisimman suuri määrä.

Eristeiden käytöstä poiston ympäristövaikutuksia ei ole kovin hyödyllistä arvioida, sillä tuotteiden käyttöikä on vähintään 50 vuotta, joten on mahdoton ennustaa, miten rakennusjätettä käsitellään, kun tuotteiden käytöstä poisto tulee ajankohtaiseksi.

Selluvilla ja kutterinlastu erottuivat rahkasammal- ja turvepohjaisista eristeistä selvästi pienemmällä ympäristövaikutuksillaan, mikä on suurelta osin seurausta siitä, että kierrätysmateriaalina ja sivuvirtana näiden tuotteiden raaka-aineen hankinnan ympäristövaikutukset ovat hyvin pienet. Lisäksi turve- ja sammaleristeitä valmistettiin koetuantona, eikä prosessia siten vielä ole optimoitu energiankäytön suhteen. Erityisesti turpeesta ja rahkasammalesta tehtyjen levyeristeiden ympäristövaikutuksia on mahdollista pienentää kehittämällä valmistusprosessia.

Tutkituista materiaaleista vain rahkasammal oli primääriraaka-aine. Kutterieristeen valmistamisen edellytyksenä on, että kutterinlastua syntyy höyläyksen sivutuotteena. Selluvillan valmistus edellyttää, että saatavilla on riittävän laadukasta keräyspaperia. Eristeturpeen tuotanto edellyttää kasvu- ja energiaturpeen nostoa. Vaikka kaikkia näitä raaka-aineita on nykyisin saatavilla, voi niiden saatavuus tulevaisuudessa heikentyä. Energiaturpeen käyttö vähenee voimakkaasti ja loppunee kokonaan lähitulevaisuudessa. Sanomalehtipaperin kulutus vähenee lehtien digitalisoitumisen myötä ja on mahdollista, että selluvillan raaka-aineen saatavuus heikkenee vähitellen. Puun sivuvirroille etsitään jatkuvasti korkeamman jalostusarvon jatkojalostustuotteita. Jokin uusi innovaatio voi syrjäyttää kutterieristeen kannattavampana kutterin jatkojalostusmuotona.

Työpaketissa 3 tehdyn vertailun tulokset olisivat hyvin erilaiset, jos kaikkien eristeiden raaka-aine olisi primääriä. Osaa tuotteista, kuten kutterieristettä ei varmasti olisi siinä tapauksessa lainkaan. Toisaalta markkinoille voi tulla myös aivan uusia sivuvirtoihin tai jätemateriaaleihin pohjautuvia eristeitä. Yksi potentiaalinen materiaali on esimerkiksi broilerinlihan tuotannon sivuvirtana syntyvä höyhen, jolla on erittäin hyvät

eristävyysominaisuudet ja jota syntyy broilerinlihan kulutuksen kasvun myötä yhä suurempia määriä, eikä toimivia hyötykäyttötapoja sille vielä ole.

5 Haaveet todeksi, materiaalit tuotteiksi

Kirjoittanut: Petri Luukkonen (Oulun ammattikorkeakoulu).

PaiBiRa-hankkeen neljännen työpaketin osalta oli tavoitteena toteuttaa analyysi siitä, miten hankkeessa tutkittavat raaka-aineet soveltuvat kaupalliseen toimintaan ja millä reunaehdoilla kaupallistaminen ja kannattava liiketoiminta niiden osalta olisi mahdollista toteuttaa. Aiemmissa työpaketeissa jatkokäsittelyyn valittuja materiaaleja, eli turvetta ja turvesekoitetta, rahkasammalta ja kutterilastua tarkasteltiin kutakin yhteismittailisesti kuitenkin siten, että jo tarkastelun alkuvaiheessa potentiaalisimpia voitaisiin painottaa.

Jokaisen materiaalin kohdalta käytiin läpi tärkeimmät yhteistyökumppanit, prosessit, resurssit, asiakassegmentit, jakelukanavat, tarvittavat investoinnit, sekä vaikuttavuus.

Työpaketti 4:n osalta oltiin yhteydessä hankkeessa mukana oleviin sidosryhmien edustajiin ja asiantuntijoihin. Eräs huomioitava piirre näiden raaka-aineiden laajemman käytön ja kannattavuuden selvittämisessä on se, että nyttemmin marginaaliin ajautuneet luonnonmateriaalit olivat vielä 1950-luvulla varsin yleisiä. On mahdollista, että lähitulevaisuudessa nähdään näiden materiaalien uusi tuleminen. Vahvat megatrendit, kuten ympäristötietoisuuden kasvu, myrkyttömyys, fossiilisten jalosteiden (esimerkiksi muovin) korvaaminen luonnonmateriaaleilla voivat vaikuttaa alan teollisuuden parissa kiinnostuksen heräämiseen.

Toisaalta energian säästö ja vallitsevat toimintaprosessit ja asenteet rakennustuoteteollisuudessa voivat toimia hidasteena. Aika paljon on kiinni siitä, miten loppukäyttäjät, ts. kuluttaja-asiakkaat näkevät asian – ainakin asuntorakentamiseen ja asuntojen korjausrakentamiseen liittyen avoimena kysymyksenä on, onko käyttäjällä maksuhalukkuutta ja luottamusta luonnonmateriaalien käyttöön nykyaikaisessa rakentamisessa etenkin, jos kyse on oman kodin rakentamisesta.

Tällä hetkellä markkinoilla ei toimi markkinaehtoista toimijaa, joka vahvasti edistäisi näiden materiaalien käyttöä lämpöeristeenä. Toiminta on pilotointivaiheessa, yritystoiminta on sivutoimista tai sen merkitys yrityksen kokonaisliikevaihtoon on suhteellinen vähäinen. Tuotekehitys- ja pilotointivaiheesta pääsy markkinoille vaatisi resursseja tavalla, joita pienillä yrityksillä ei haastateltujen yritystoimijoiden mukaan välttämättä ole.

5.1 Turve / turvesekoite

Nykyisellään turpeen lämpöenergia käyttö on Suomessa vahvasti politisoitunut. Nähtävästi se vaikeuttaa turpeen käyttöä myös muissa käyttökohteissa. Täten rakennusmateriaalina (eli pääasiallisesti lämpöeristeenä) turpeen ja turvesekoitteen käytössä tulisi mahdollisesti pystyä näyttämään huomattavasti alhaisempaa volyyymiä ja parempaa jalostusarvoa, jotta siihen ei kohdistuisi yhtä suuria paineita yhteiskunnan taholta kuin turpeen energiakäyttöön.

Tällä hetkellä turpeen käyttö lämpöeristeenä on vielä tuotekehitysvaiheessa. Potentiaalinen tarve voidaan arvioida suhteessa vuosittain rakennettavien hirsitalojen määrään, sekä perinne- ja korjausrakentamisessa tarvittavaan määrään. Vapon edustajan kanssa käytyjen keskustelujen perusteella markkinan nykyinen koko on kohtuullisen pieni mahdollistaen rakennusten eristeitä asentaville yrityksille lisäansiomahdollisuuden. Vapon Kekkilän yksikkö kykenee toimittamaan hyvälaatuista turvemateriaalia joko irtotavarana tai säkitettynä. Keskustelussa tuli ilmi myös, että turpeen täytyy olla juuri tähän tarpeeseen soveltuvaa ja sitä on saatavissa tietyiltä turvesoilta.

Turpeen onnistunut kaupallistaminen eristeenä edellyttää ainakin seuraavia asioita: tulisi löytyä ennakkoluu-
loton, jo toimiva yrittäjä, joka on valmis myös tekemään loppuvaiheen tuotekehitystä asiassa, raaka-ainetta
on saatavissa. Sopiva yrityksen toimiala olisi rakennusten eristeiden asennus, kuljetuskapasiteettia omaava
toimija ja rakentamiseen liittyvä yritystoiminta.

Tällä hetkellä esteitä ja hidasteita turpeen käytölle eristeenä on muutamia. Rakennuslupaprosessit eivät
mahdollista isompien kohteiden lämpöeristämistä turpeella/turvesekoiteella. Sen sijaan yksittäisen omako-
titalon ja perinnerakentamiskohteen lämpöeristäminen turpeella on jo tätä nykyä mahdollista. Asennepuo-
lolla esteitä ovat rakennusliikkeiden toimijoiden asenteet, loppuasiakkaalle korkeampi hinta ja epävarmuus
lämmöneristykseen riittävydestä. Turpeen käyttö eristemateriaalina toisi lisäarvoa loppuasiakkaalle ja ympä-
ristölle. Tarvittavat käyttömäärät huomioiden turve on ekologinen, luonnonmukainen lämpöeristemateri-
aali, josta ei elinkaaren aikana ja poistettaessa aiheudu merkittäviä ympäristöhaittoja (verrattuna lasi- ja ki-
vivillaan). Työpaketissa 3 kävi ilmi, että nämä tarkasteltavat materiaalit ovat varsin kilpailukykyisiä vertailluilla
tekijöillä.

Kriittistä olisi saada selkeät näytöt eristemateriaalin ekologisuudesta, lämmöneristysominaisuuksista ja ter-
veellisyydestä. Riittävän tietoisuuden saavuttaminen loppukäyttäjien keskuudessa. Juuri nämä tekijät, joita
tutkittiin erityisesti työpaketti 3:ssa tulisi saada laajemmin tietoisuuteen, jotta loppuasiakas ostopäätöstä
tehdessään saisi riittävän tiedon päätöksenteon tueksi ja varmuuden siitä, että tekee turvallisen valinnan
ostopäätöstä tehdessään.

Turpeen lämpöeristekäyttöön liittyen merkittävin yhteistyökumppani ja raaka-aineen toimittaja on tällä het-
kellä Vapo Oyj. Vapo linjaa liiketoimintaansa parhaillaan voimakkaasti lämpöturvetuotannosta erilaisiin kas-
vualustoihin, aktiivihiihtotuotantoon ja muihin jalosteisiin. Lämpöeristekäyttöön soveltuvaa turvelajiketta ja
tuotantoa saadaan vain tietyiltä turvesoilta. Kuten aiemmin on mainittu, tällä hetkellä turvetta ei prosessoida
eristemateriaaliksi laajalla kaupallisella skaalalla. Täysin markkinoilla toimivaa kokonaisuutta ei vielä ole ole-
massa lukuun ottamatta erilaisia pilotointeja. Valmius tarjota turvetta lämpöeristekäyttöön on olemassa so-
pivien yhteistyökumppanuuksien kautta. Vapon rooli on selkeästi tuottaa raaka-ainetta, jolloin myyntiin,
markkinointiin ja jakeluun tarvitaan toimintaan erikoistunut toimija/yritys. Raaka-aineen saatavuus on tällä
hetkellä suhteellisen hyvä. Rakentamisessa kysynnän vähäisyys on kuitenkin seikka, joka hidastaa liikkeelle-
lähtöä asiassa. Sitä ei oikeastaan ole olemassa, kun ei ole markkinointia, eikä täten tietoa tämän tuotteen
tarjonnasta. Resursseja tarvittaisiin siten erityisesti markkinointiin.

Asiakassegmenttinä arvioidaan käytyjen haastatteluiden perusteella olevan seuraava: tiedostava, koulutettu,
ympäristöstä ja perinnerakentamisesta kiinnostunut puisen tai hirsisen omakotitalon rakennuttaja Etelä-Suo-
messä. Vaihtoehtoisesti asiakkaana voisi olla myös korjaus- ja perinnerakentamiseen ryhtyvä yksityishen-
kilö/perhe. Myrkyttömyys, hyvä loppukäyttöratkaisu ja ekologisuus ovat ostopäätökseen vaikuttavia seik-
koja, samoin kuin kokonaishiihtälän jälki pitkällä aikavälillä. Turpeella on ns. imagohaitta, joka oletettavasti
leimaa materiaalin käyttöä myös lämpöeristämisessä ainakin osittain. Samoin loppuasiakas miettii ja punta-
roi materiaalia suhteessa näihin muihin luonnollisiin eristemateriaaleihin. Esimerkiksi kutterinlastulla ei näh-
tävästi ole vastaavaa imagorasitetta kuin turpeella. Tuotteena se on mekaanisen puunjalostuksen sivuvirtaa,
jonka hyödyntäminen vain parantaa materiaalihokkuutta ja nostaa sen jalostusarvoa.

Rakennusten eristeitä asentava yritys voisi markkinoida tuotetta suoraan loppuasiakkaalle, mikä kuitenkin
vaatii merkittäviä rahallisia panostuksia sekä työresursseja. Ongelmana on esimerkiksi uudisrakentamista
suunnittelevien asiakassegmentin mukaisten perheiden löytäminen. Tarkoituksenmukaisempi markkinointi-
ja jakelukanava on olemassa, mikäli alan rakennustoimijat ottavat tuotteen valikoimiinsa, sitoutuvat siihen
ja ovat vakuuttuneita turpeen sopivuudesta lämpöeristemateriaaliksi. Myös turvelevyjen asentamisen täytyy
olla työmääränä sopivassa suhteessa muihin eristemateriaaleihin verrattuna. Imagollisesti turve perinteis-
enä, luonnonmukaisena eristemateriaalina sopii hyvin yhteen puu- ja hirsirakentamisen kanssa. Todennä-
köisesti turpeen pääasiallinen markkinointi- ja jakelukanava löytyy käsinveistettyjen hirsirakentajien piiristä

(Suomen hirsitaito ry) tai joidenkin massiivihirttä teollisesti tuottavien hirsitalotehtaiden parista (esimerkiksi Vaaran Aihkitalot). Hirsitaloteollisuus yleensä voi olla asiasta kiinnostunut. Sen sijaan se ovatko ne motivoituneita suosittelemaan eristemateriaalia nykyaikaisten kivi- ja lasivilla valmisteiden sijaan ei ole luultavaa ainakaan tällä hetkellä. Mikäli voidaan esittää uskottavaa tietoa eristeen lämmöneristävyydestä, muista ominaisuuksista (esim. paloturvallisuus), rakennuslupaviranomaisten asennoitumisesta, hiilijalanjäljestä, turpeen hyväksyttävyydestä eristekäytössä ja sen hinnasta suhteessa muihin materiaaleihin, voi suhtautuminen olla laajemminkin positiivista. Tämä lienee siis ehtona turpeen laajemmalle hyödyntämiselle eristekäytössä.

Pienimuotoisempina toimintana turpeella lämpöeristekäytössä löytyy omat pienet ja erikoistuneet markkinansa. Tällöin suppeampikin tietoisuus tarjonnasta voi riittää yksittäiselle toimijalle. Optimaalinen sijainti tämäntyyppiselle lämpöeristeasennusyritykselle olisi eteläinen Suomi, jolloin logistiset kulut ja ajankäyttö optimoituu paremmin. Nykyisillä lähtötiedoilla pelkästään Pohjois-Pohjanmaalla toimivan yrityksen ei voida ennakoida saavuttavan kannattavan toiminnan kynnystä.

Taulukko 6. Kulurakenne lämpöeristepuhallusyritykselle

Kalusto	€
Kuljetuskalusto	100 000
Puhalluskalusto	50 000
Muu tarvikkeisto	50 000
Käytettynä hankittuna investointitarve n. 30–50 % vastaavasta uudesta kalustosta.	

Lähde: KTC Kierrätyspalvelut Oy:n perustaja Olli Kuivamäki.

Yhden n. 120 m² omakotitalon yläpohjan eristäminen on kustannukseltaan noin 4 000 €. Hinta on n. 20 % korkeampi kuin mineraalivillalla tehtäessä. Tällä hetkellä Suomessa tehdään vuosittain noin 2 000 hirsiomakotitaloa. Siten jo 5 % markkinaosuudella näistä voidaan saavuttaa 400 000 € vuotuinen liikevaihto. Vuosittain 25 omakotitalon yläpohjan lämpöeristäminen tarkoittaisi noin 100 000 € liikevaihtoa.

Markkinan koko on oletettavasti kuitenkin hyvin pieni ja epävarmuustekijöitä on niin paljon, ettei uusinvestointina markkinoille lähteminen ole tarkoituksenmukaista. Realistisin vaihtoehto on nivoa toiminta muun lämpöpuhallusyritystoiminnan oheen, ja tarjota turvetta tai turvesekoitetta vaihtoehtoisena materiaalina. Tällöin jo olemassa olevan kulurakenteen (henkilöstö-, ym. kulut) ja aiemmin jo hankitun kaluston resursseilla voitaisiin luoda uusi liiketoiminnan linja ja mahdollisesti saada lisäkysyntää aiemman liiketoiminnan oheen.

Turpeen ja turvesekoitteen lämpöeristekäytön vaikuttavuus valtakunnallisesti on luultavasti kohtuullisen vähäistä. Alueellisesti sillä voi olla vaikutusta, koska materiaalin hyödyntäminen toisi pienimuotoisesti lisätarjontaa perinteisten luonnon eristemateriaalien markkinoille.



Kuva 18 Turpeen/turvesekoitteen business model canvas.

5.2 Kutterilastu

Tässä osiossa käydään läpi kutterilastun käyttöä eristeenä nimenomaan kaupallisesta näkökulmasta.

Kutterilastun tuotannossa tärkeimmät yhteistyökumppanit ovat sahateollisuuslaitokset, joiden höyläyksen tuotannosta syntyy sopivaa kuusi- tai mäntypohjaista kutterilastua. Muita yhteistyökumppaneita ovat hirsija puutaloteollisuus, jotka erikoistuvat luonnonmukaiseen, ilmastoystävälliseen toimintaan, käsin veistävät hirsitaloja rakentavat pienyritykset, ja korjaus- ja perinnerakentamiseen erikoistuneet toimijat. Täysin markkinoilla toimivia yrityksiä löytyy yksittäisiä; mm. Ehta Eriste Oy Oulussa ja Laatulastu (Kainuun lastu Oy) Kuhmossa.

Raaka-aineen saatavuus on tällä hetkellä hyvä. Rakentamisessa kysynnän vähäisyys on seikka, joka hidastaa liikellelähtöä asiassa. Kutterinlastulla on kilpailevina käyttökohteina poltto pelletöinnin kautta ja kuivikekäyttö. Kysyntä vaihtelee vuodenaikojen mukaan ja lämpöeristekäytön kapasiteettia parantaisi se, jos varastoja voisi kasvattaa hiljaisempina aikoina. Tärkeimmät resurssitekijät liittyvät tietoisuuden puutteeseen markkinoilla, markkinointiresurssien niukkuus, sekä ajallisen resurssin pienuus, henkilöstöresurssien vähäisyys ja markkinoilla toimivien yritysten vähäisyys. Olettama on, että markkinoilla olisi potentiaalia huomattavasti suuremmillekin määriille ja asiakaskysyntäpotentiaalia voisi myös olla, mutta toimintaresurssien vähäisyys on nykytilanteessa selkeästi kehitystä jarruttava tekijä.

Aivan kuten turpeen ja turvesekoitteen käytön osalta, kutterilastun eristekäytön asiakassegmenttinä arvioidaan käytyjen haastatteluiden perusteella olevan: tiedostava, koulutettu, ympäristöstä ja perinnerakentamisesta kiinnostunut puisen tai hirsisen omakotitalon rakennuttaja Etelä-Suomessa tai vaihtoehtoisesti korjaus- ja perinnerakentamiseen ryhtyvä yksityishenkilö/perhe/yhteisö. Myrkyttömyys, hyvä loppukäyttöratkaisu ja ekologisuus ovat ostopäätökseen vaikuttavia seikkoja samoin kuin kokonaishiilijalanjälki pitkällä aikavälillä.

Markkinoilla toimivat yritykset eivät markkinoi tuotetta/palvelua kovinkaan aktiivisesti, vaan asiakkaat pikemminkin etsivät ja löytävät tämän vaihtoehdon lämpöeristämiseen. Tällä hetkellä kutterinlastu lämpöeristäminen ei ole ainoa, eikä merkittävin liiketoiminnan osa-alue, vaan se täydentää muuta toimintaa ja tarjontaa. Nähtävästi näkyvä tiedottaminen ja markkinointi voisi lisätä kysyntää huomattavastikin. Markkinointipanosien tulisi olla kuitenkin merkittävät ja suhteessa markkinoilla toimivien liiketoiminnan volyyymiin se ei välttämättä ole liiketaloudellisesti järkevää. Tietoisuuden lisäyksen tulisi tapahtua yhteistyössä isompien hirsitaloteollisuudessa toimivien vahvojen brändien kanssa. Toki tietoisuutta voi maltillisesti kasvattaa hyödynämällä alan mediaa: tuotteen imago tulisi saattaa tähän päivään ja voida vakuuttaa markkinat kutterin olevan eristekäytössä aivan kilpailukykyinen vaihtoehto.

Jakelukanavat vaativat kehittämistä. Rakennusten eristeitä asentava yrittäjä voisi markkinoida tuotetta suoraan loppuasiakkaalle, joka kuitenkin vaatisi merkittäviä rahallisia ja työpanostuksellisia resursseja. Mistä löytää uudisrakentamista suunnittelevia, asiakassegmentin mukaisia perheitä? Tarkoituksenmukaisempi markkinointi- ja jakelukanava on, mikäli alan rakennustoimijat ottavat tuotteen valikoimiinsa, sitoutuvat siihen ja ovat vakuuttuneita kutterilastun soveltuvuudesta lämpöeristemateriaaliksi. Myös asentamisen täytyy olla työmääränä oikeassa suhteessa muihin eristemateriaaleihin verrattuna. Imagollisesti kutterinlastu perinteisenä, luonnonmukaisena eristemateriaalina sopii hyvin yhteen puu- ja hirsirakentamisen kanssa. Todennäköisesti kutterilastun pääasiallinen markkinointi- ja jakelukanava löytyy käsinveistettyjen hirsirakentajien piiristä (Suomen hirsitaito ry) tai joidenkin massiivihirttä teollisesti tuottavien hirsitalotehtaiden parista (esimerkiksi Vaaran Aihkitalot).

Hirsitaloteollisuus yleensä on kutterilastun eristekäytön kehittämisestä kiinnostunut. Sen sijaan se, ovatko alan toimijat motivoituneita suosittelemaan eristemateriaalia nykyaikaisten kivi- ja lasivilla valmisteiden sijaan ei ole selvää ainakaan tällä hetkellä. Mikäli voidaan esittää uskottavaa tutkittua tietoa eristeen lämmöneristävyvyydestä, muista ominaisuuksista (esim. paloturvallisuus), rakennuslupaviranomaisten asennoitumisesta, hiilijalanjäljestä ja materiaalin hinnasta suhteessa muihin materiaaleihin, voi suhtautuminen olla positiivinen laajemminkin. Kysymys kuuluu, mitä etua hirsitaloja tuottava ja markkinoiva yritys saa siitä, että se käyttäisi kutterieristettä? Vahvistaako se myönteistä brändiä, tuoko se liikevaihdon ja kannattavuuden kasvua, vai voiko se nostaa kynnyistä ostopäätökselle esimerkiksi korkeamman hinnan vuoksi? Koska markkinoilla ei ole vahvasti kutterilämpöeristettä suosivaa hirsitalotoimijaa, voisi se olla markkinoinnillisesti ja brändiarvoltaan merkittävä erilaistava ja kilpailukykyä tuova tekijä hirsitalotoimittajalle.

Pienimuotoisempina toimintana kutterilastulla lämpöeristekäytössä löytyy oma pienet ja erikoistuneet markkinansa. Tällöin suppeampikin tietoisuus tarjonnasta voi riittää yksittäiselle toimijalle. Optimaalinen sijainti tämällyypiselle lämpöeristeasennusyritykselle olisi eteläinen Suomi, jolloin logistiset kulut ja ajankäyttö optimoituu paremmin. Pelkästään Pohjois-Pohjanmaalla ei voi ennakoida saavuttavan kannattavan toiminnan kynnyistä pidemmällä aikajänteellä.

Tarvittavat investoinnit riippuvat siitä, mihin toimitusketjun osa-alueeseen yritystoiminnassa keskitytään. Kohdassa 5.1 kuvattiin turpeen kohdalla lämpöeristeen asennusyrityksen edellyttämiä investointeja, jotka tietyistä ominaispiirteistään huolimatta ovat pääsääntöisesti samaa luokkaa kutterilastulle:

Taulukko 7. Kulurakenne kutterilastun hyödyntämiseen erikoistuvalla yrityksellä.

Kalusto	€
Kuljetuskalusto	100 000
Puhalluskalusto	50 000
Muu tarvikkeisto	50 000
Käytettynä hankittuna investointitarve n. 30–50 % vastaavasta uudesta kalustosta.	

Lähde: KTC Kierrätyspalvelut Oy:n perustaja Olli Kuivamäki

Mikäli yritys keskittyy tuotantoon, on tarvittavien investointien osuus huomattavan suuri, esimerkiksi tarvittavien seulojen osalta. Jos yritys taas keskittyy tuotteen brändäykseen, myyntiin ja markkinointiin, ovat sen investoinnit hyvin erilaiset: vaaditaan markkinointi-investointeja, panostamista osaamiseen markkinoinnissa (henkilöt) ja esimerkiksi digitaaliseen markkinointiin satsaamista (hakukonemarkkinointi, hakukoneoptimointi ja sosiaalinen media). Tärkeää tietenkin on, että alalla toimivien kesken on olemassa toimiva työnjako, jokaisella ketjun toimijalla on yhteinen luottamus markkinoiden kehittymiseen ja tätä kautta motivaatio panostaa toimintaan. Toimijoiden yhteisen intressin ja yhdessä toimimisen lopputuloksena voisi parhaimmillaan olla tunnettu, arvostettu ja haluttu tuote markkinoilla, joka tuo lisätuloa myös puun myyjälle, höylääjälle ja rakennusten eristeitä asentavalle yrittäjälle. Toisin sanoen, tätä sivuvirtaa pidemmälle jalostamalla voidaan koko arvoketjun tasoa nostaa.

Yhden n. 120 m² omakotitalon ylläpohjan eristäminen on kustannukseltaan noin 4 000 €. Hinta on n. 20 % korkeampi kuin mineraalivillalla tehtäessä. Tällä hetkellä Suomessa tehdään vuosittain n. 2 000 hirsiomakotitaloa vuosittain. Siten jo 5 % markkinaosuudella näistä voidaan arvioida saavutettavan 400 000 € vuotuinen liikevaihto. Vuosittain 25 omakotitalon ylläpohjan lämpöeristäminen tarkoittaisi noin 100 000 € liikevaihtoa.

Markkinan koko on oletettavasti kuitenkin hyvin pieni ja epävarmuustekijöitä on niin paljon, ettei uusinvestointina markkinoille lähteminen ole tarkoituksenmukaista. Realistisin vaihtoehto on nivoa toiminta muun lämpöpuhallusyritystoiminnan oheen ja tarjota kutterilastua vaihtoehtoisena materiaalina. Tällöin jo olemassa olevan kulurakenteen (henkilöstö-, ym. kulut) sekä jo aiemmin hankitun kaluston resursseilla voitaisiin luoda uusi liiketoiminnan linja ja mahdollisesti saada lisäkysyntää aiemman liiketoiminnan oheen.

<p>AVAINKUMPPANIT</p> <p>Rakennusliikkeet Perinnerakentajat ja -korjaajat Hirsitalotehtaat Hirsitalojen käsiveistäjät</p>	<p>KRIITTISET RESURSSIT</p> <p>Raaka-aineresurssin puunjalostusteollisuuden sivuvirtojen riittävyys (vrt. kuivikekäyttö ja poltto) Markkinointiresurssi rajallinen. Tuotanto riittää nyt kysyntään</p> <p>KRIITTISET TEHTÄVÄT</p> <p>Tietoisuuden lisäys eristeestä (tekninen tieto, uskottavuus, hinta) avainkumppaneille ja loppuasiakkaille.</p>	<p>ARVOLUPAUS</p> <p>Luonnonmukainen Myrkytön Hiilijalanjäljeltään ja kierrätettävyydeltään erinomainen</p> <p>Lämpöarvoltaan riittävä, kun eristepaksuudet riittävät (± 10 % vrt. mineraalivillan)</p> <p>Hinnaltaan selkeästi korkeampi, mutta ei yleensä ostopäätöstä estävä verrattuna omakotitalon kokonaishintaan (± 20 %)</p> <p>Perinteitä kunnioittava Soveltuu organisaatioon</p>	<p>ASIAKASSUHTEET</p> <p>Vakiintuneet yhteistyökumppanit ja asiakkuudet Uusien asiakassuhteiden osalta kyselyt, vms asiakasymmärryksen lisäämiseksi</p> <p>ASIAKKAIDEN TAVOITTAMINEN</p> <p>Tällä hetkellä kumppaniyhteyksien kautta, veturiyhteyksien sitoutuessa mahdollisuus tavoittaa loppuasiakkaat paremmin ja uskottavammin</p>	<p>ASIAKASSEGMENTIT</p> <p>Hirsi omakotitalojen rakentajat / rakennuttajat, B2C-segmentti erityisesti Etelä-Suomessa, jotka arvostavat em. arvolupauksia.</p> <p>Perinnerakentajat ja korjaajat, museovirasto</p> <p>Erityisryhmänä kemikaaliherkkä väestö</p>
<p>KULURAKENNE</p> <p>Raaka-aineesta on jonkin verran kilpailevaa käyttöä, jonka vuoksi raaka-aine muodostaa merkittävän kuluosan. Normaalit lämpöpuhallus urakointi toiminnan edellyttämät investoinnit asennuksessa. Kasvu edellyttää henkilöstöresurssien lisäämistä → henkilöstökulut</p>		<p>KASSAVIRTA</p> <p>Kysyntä ja myynti on tasaista ympäri vuoden, lievästi loppuvuotta kohden painottuen. Materiaalin ostoilla kesäaikaan voisi kasvattaa varastoa lisääntyvään kysyntään varauduttaessa. Maksuehdot ovat kohtuullisen lyhyet, joten pääomien kiertonopeus on hyvä.</p>		

Kuva 19 Kutterilastun business model canvas.

5.3 Rahkasammal

Rahkasammalen käyttöä kasvaturpeena on tutkittu sekä Suomessa että etenkin Kanadassa. Markkinapotentiaali on merkittävä. Rahkasammalen käyttö eristemateriaalina voisi kytkeytyä pienimuotoisempaan liiketoimintaan kasvaturvekäytön ohien, kuten Pohjois-Pohjanmaan liiton julkaisussa Turpeen uudet jalostusmahdollisuudet (2015) todetaan.

Tärkeimmät yhteistyökumppanit rahkasammalen jalostuksessa olisivat muun muassa VAPO-konserniin kuuluva Kekkilä Oy ja Biolan, sekä Vapo Oy. Alan pioneiryhtiä on Ecomoss Oy, jonka osalta toteutettiin yrityskauppa vuonna 2020 Biolanin ostaessa Ecomoss Oy:n osakkeet yrittäjä Heikki Rantaselta.

Rahkasammaleen keruussa turvetuotantoon liittyvät prosessit, osaaminen ja laitteistot helpottavat jo olemassa olevana infrana keruuta. Kuitenkaan varsinaista rahkasammalen keruulaitetta ei ole ollut olemassa. Ecomoss Oy tuotekehitti laitteen, joka valmistui vuonna 2020 ja mahdollistaa suurempien määrien keruun. Kyse on metsäkoneeseen liitettävästä lisälaitteesta.

Suomessa on huomattavat rahkasammalen raaka-ainevarat, soveltuvaa suopinta-alaa ja rahkasammalen uusiutumiskyky on niin hyvää tasoa, että raaka-aineen riittävyys mahdollistaa teollisen tuotannon. Kuitenkaan rahkasammalta ei ole pilotoitu rakentamisessa lämpöeristekäytössä viime vuosina. Ecomoss Oy:n Heikki Rantasen käsitys on, että se soveltuisi erittäin hyvin eristekäyttöön, mikäli raaka-aineen kuivaus onnistuttaisiin toteuttamaan järkevällä ja kustannustehokkaalla tavalla. Lämpöeristekäytössä rahkasammal olisi jalostettu pidemmälle kuin kasvualustana. Rahkasammalen asiakassegmentit olisivat oletettavasti pääpiirteittäin samat kuin turpeen ja kutterilastun osalta.

Rahkasammaleristeen tuotanto soveltuisi uudeksi elinkeinotoiminnaksi esimerkiksi turvealan yrittäjälle. Mikäli rahkasammalen markkinat konkretisoituvat ja kasvavat, mahdollistaa se sulan maan aikaisen toiminnan keruussa, jolloin luontevaa olisi metsäkonekäyttö puunkorjuussa talviaikaan täydentäen siten kokonaisliiketoimintaa. Keruun lisäksi tarvitaan rakennusten eristeitä asentava yritys. Markkinoinnin ja myynnin hoitaa joko rahkasammalen kerääjät/tuotteistajat, eristeitä asentava yritys, tai jokin muu markkinointi-/myyntiyhtiö. Olisikin ehkä mahdollista, että tulevaisuudessa jokin yritys erikoistuisi hankkeessa tarkemmin tutkittuihin eristemateriaaleihin eli turpeeseen/turvesekoitteeseen, kutterilastuun ja rahkasammaleeseen, ja niiden laajempaan kaupalliseen hyödyntämiseen. Rahkasammalen viljelystä ja tuotosta per hehtaari muodostuu huomattava tulonlähde isommilla pinta-aloilla. Eristekäytössä rahkasammalen keruu, kuivaus ja tuotteistaminen on vielä kokeilematta.

Rahkasammalen keruu eroaa huomattavasti turpeen nostosta. Rahkasammalta kerätään n. 30 cm syvyydeltä ja keruussa jätetään uusiutumisen kannalta tarpeellinen määrä sammalta jäljelle. Rahkasammalella voisi täten olla positiivinen brändimielikuva ekologisenä, aitona luonnontuotteena, joskin noston ympäristövaikutukset vaativat jatkoselvitystä. Tällä hetkellä rahkasammalen suunniteltu käyttö on erityisesti kasvualustana, mutta korkeamman jalostusasteen tuotteena lämpöeristeenä sitä ei ole kunnolla pilotoitu ja analysoitu. Rahkasammalen eristekäytön kulurakenteen ja kassavirran arvioimiseksi olisi tarpeen päästä tuotekehityksessä eteenpäin siten, että näitä osa-alueita voitaisiin arvioida paremmin.

5.4 Liiketoiminnallisia mahdollisuuksia selvittävän kyselyn tulokset ja loppupäätelmät

Osana työpaketti 4:n toimenpiteitä toteutettiin loppuvuodesta 2020 kysely Suomen hirsitaito ry:n jäsenyrityksille sekä muutamille valituille yrityksille teemaan liittyen. Tausta-ajatuksena oli, että näillä toimijoilla on omakohtaista monivuotista kokemusta ko. eristeiden käytöstä, sekä asiakasymmärrystä kohderyhmänä olevista kuluttaja-asiakkaasta. Kyselyyn vastanneet Suomen hirsitaito ry:n jäsenyritykset olivat pääasiassa pk-yrityksiä, joilla on kokemusta perinnerakentamisesta. Kyselyn tarkemmat tulokset löytyvät hankkeen verkkosivuilta.

Tiivistäen esiin voi nostaa seuraavat merkityksellisimmät pullonkaulat tutkittujen biopohjaisten materiaalien eristekäytön laajemmalle hyödyntämiselle:

- 1) Saatavuus: Useissa vastauksissa saatavuuden ongelma tuotiin esille ilmeisesti tarkoittaen tasalaatuista, toimitusvarmaa ja kattavaa jakeluverkostoa.
- 2) Tietoisuus: Liittyä edelliseen saatavuusongelmaan, joka on osin tiedon puutetta tarjonnasta. Kuitenkin sekä alan toimijoilla että etenkin loppuasiakkaalla ei ole tietoa näiden eristemateriaalien saatavuudesta eikä ominaisuuksista.
- 3) Uskottava tutkimustieto: Nykyisenä tiedon tulvan aikakautena tärkeää ei ole pelkkä tieto sinänsä vaan myös se, keneltä tieto tulee ja ketä uskoa. Objektiivinen tieto rakennuseristemateriaalin ominaisuuksista voi olla loppuasiakkaalle hankala hahmottaa. Toisaalta näiden materiaalien osalta ei ole ollut paljoa tutkittua tietoa olemassa aiemmin huolimatta niiden pitkästä historiasta suomalaisessa rakentamisessa. Vallitsevien mineraalivillatoimijoiden resurssit tutkimukseen ja markkinointiviestintään ovat ylivoimaiset verrattuna biopohjaisia eristemateriaaleja potentiaalisesti tarjoaviin yrityksiin. Kuitenkin PaiBiRa-hankkeessa kerätty ja tutkimuksen kautta saatu objektiivinen tieto näiden tutkittujen materiaalien ominaisuuksista osoittaa tutkitut materiaalit kilpailukykyisiksi lämpöeristeiksi omakotitalorakentamisessa. Mikäli nämä tiedot ovat ostopäätöstään tekevän kuluttaja-asiakkaan käytössä, monen osalta vaakakuppi

voisi jo kääntyä biopohjaisiin materiaaliin. Niin pitkään, kun kyse on erittäin pienestä markkinaosuudesta, ne kamppailevat kuitenkin tätä uskottavuusongelmaa vastaan.

Kaikkien hankkeessa tutkittujen materiaalien osalta tilanne prosessien, asiakassegmenttien ja myyntiargumenttien osalta on samankaltainen. Kyselyn perusteella suosituimmuus jakautuu näiden materiaalien kesken kohtalaisen tasaisesti. Kuitenkin merkittävä riski yleisestä hyväksyttävyydestä koskee erityisesti turpeen käyttöä myös lämpöeristekäytön osalta ja on merkkejä siitä, että rahkasammalen osalta on olemassa samaa ongelmaa. Tähän megatrendiin liittyen yksittäiset pk-yritykset eivät voi riskinhallinnan näkökulmasta hallita enakoimatonta riskiä materiaalin käytön hyväksyttävyydestä. Tämän riskin realisoituminen turpeen politisoitumisen kautta on osittain nähty viime vuosien aikana.



Kuva 20 Kyselyn perusteella alan toimijat kaipaavat lisää tutkittua tietoa biopohjaisten materiaalien valmistamisesta. Kuva olosuhdetestausympäristöstä.

Näin ollen turvallisin tutkituista materiaaleista riskinhallinnan näkökulmasta on kutterilastu. Se on hankkeen työpaketissa 3 tehtyjen tutkimusten perusteella rakennusten eristeeksi soveltuva ja materiaaliin liittyy myönteistä assosiaatiota kohderyhmässä yleensäkin (kuten puhtaus, hyvä tuoksu, ja puumateriaali puutalossa). Materiaali on myös esillä olleista materiaaleista ainoa, jolla on jo alkavat kaupalliset markkinat ja osa-aikaisia toimijoita tässä liiketoiminnan osa-alueessa.

Päätoimisia kutterilastun lämpöeristeen myyntiä harjoittavia yrityksiä ei ole. Kuitenkin työpaketissa 3 saatujen tulosten perusteella ja alan toimijoille tehdyn kyselyn perusteella materiaalin osalta olisi nähtävästi merkittävää kasvupotentiaalia olemassa. Uskottavan tutkimustiedon tulosten laajempi tiedostaminen

asiakaskunnassa voisi lisätä kysyntää huomattavasti, joka markkinoiden toimintamallin mukaisesti edesauttaisi tarjonnan kasvua ja toimijoiden motivaatiota erikoistua ja vahvistaa tuotantomääriään. Haaste on siis pääasiassa markkinoinnillinen – markkinapotentiaali voi näiden reunaehtojen täytyessä olla huomattavasti suurempi kuin aiemmin on arvioitu. Toisaalta kasvun tulisi tapahtua kohtuullisen rauhallisesti, jotta toimituskyky näillä yrityksillä kasvaisi kysynnän kasvun mukana ja/tai markkinoille alkaisi tulla useampia toimijoita. Paras katalysaattori kehitykselle on toiminnan hyvä kannattavuus ja kuluttaja-asiakkaan kyky ja halu maksaa tuotteesta korkeampaa hintaa.

6 Yhteenveto

Paikalliset biopohjaiset rakennusmateriaalit -hanke toteutui kokonaisuudessaan odotetusti. Hankkeen neljässä työpaketissa tehtyjen selvityksien, testien ja tutkimuksien tuloksina tuotettiin selkeitä, tutkittuja materiaaleja ja niiden jatkotutkimusta sekä -käyttöä tukevia tuloksia. Lisäksi hankkeessa toteutetut toimet vastasivat hankesuunnitelmassa esitettyihin tavoitteisiin ja osoittivat selkeitä jatkotutkimustarpeita tutkittuihin biopohjaisiin materiaaleihin ja niiden tuotteistamisiin liittyen.

Työpaketin 1 tuloksina julkaistuista biopohjaisten materiaalien materiaalikorrttien tiivistelmistä hyötyvät niissä olevien tietojen osalta esimerkiksi biopohjaisten materiaalien hyödyntämistä tutkivat tahot, kuten rahkasammaleen tai turpeen jalostamisesta mahdollista liiketoimintaa suunnittelevat yritykset. Hankkeen työpaketissa 1 tuotetusta tiedosta on hyötyä myös perinnerakentajille sekä muille metsistä ja luonnosta kiinnostuneille, jotka hyötyvät esimerkiksi hankkeessa tuotetusta rahkasammaleen tarinakartasta. Hankkeen työpaketin 1 toteutuksen aikana yhdeksi jatkotutkimustarpeeksi nousi turpeen nostokaluston hyödyntämismahdollisuudet rahkasammaleen keruussa ja voidaanko siten mahdollisesti työllistää turvealan toimijoita tulevaisuudessa.

Hankkeessa tutkitut biopohjaiset irtomateriaalit ovat tunnettuja eristemateriaaleja mm. hirsirakentamisen parista. Vaikka materiaaleja on ollut eristekäytössä vuosikymmeniä, on käsitys materiaalien soveltuvuudesta eristekäyttöön muodostunut pitkälti käyttäjien omakohtaisten havaintojen pohjalta. Varsinaisia rakennusfysikaalisia tutkimuksia kyseisille materiaaleille ei ole laajamittaisesti tehty. Hankkeen työpaketissa 2 tehdyillä laboratorio- ja olosuhdetestauksilla sekä niistä kerättyä dataa simuloimalla jalostettiin tietoa mm. tutkittujen materiaalien lämmönjohtavuuteen, kosteudensitomiskykyyn ja homehtumisherkkyyteen liittyen. Lisäksi hankkeessa tuotettuja tutkimustuloksia verrattiin markkinoilla oleviin verrokkieristemateriaaleihin. Hankkeessa tutkittujen materiaalien testi ja simulointitulosten perusteella tehdyt johtopäätökset olivat tutkittujen materiaalien osalta pääosin rakennusten eristekäyttöön rohkaisevia. Hankkeen työpaketissa 2 tuotettua tutkimustietoa voidaan jatkossa hyödyntää vaikkapa materiaalien luvituksiin ja tuotteistamisiin liittyvissä tutkimuksissa esimerkiksi mahdollisiin materiaalien CE-hyväksyntäprosesseihin liittyen. Lisäksi hankkeen työpaketissa 2 tutkittujen materiaalien sisäilmavaikutukset ja paloturvallisuus ovat hyviä jatkotutkimuskohteita.

Työpaketissa 3 toteutetun elinkaarilaskennan (LCA-laskennan) ja tiedonhankinnan avulla laskettiin tutkittujen materiaalien ympäristön kuormittavuutta aina materiaalien syntysijoilta tehtaan portille saakka. Työpaketissa hankittu tieto auttaa osaltaan havaitsemaan tutkittuihin materiaaleihin liittyviä ympäristökysymyksiä. Elinkaarilaskennan tuloksien perusteella hankkeessa tutkituista biopohjaisista materiaaleista kutterilastu erottui rahkasammal- ja turvepohjaisista materiaaleista pienemmällä ympäristövaikutuksellaan. Ympäristövaikutuksien ero selittyy osaltaan sillä, että sivuvirtana kutterinlastun hankinnan ympäristövaikutukset ovat rahkasammal- ja turvepohjaisia materiaaleja pienemmät. Tutkimustuloksia tulkittaessa on huomioitava, että turve- ja sammaleristeitä valmistettiin hankkeen tutkimuksiin koetuantona, eikä prosessia siten vielä ole optimoitu energiankäytön suhteen. Erityisesti turpeesta ja rahkasammalesta tehtyjen levyeristeiden ympäristövaikutuksia on mahdollista pienentää jatkokehittämällä tuotteiden valmistusprosessia.

Työpaketissa 4 Suomen hirsitaito ry:n jäsenyrityksiin sekä muihin valikoituihin yrityksiin suunnattujen liiketoimintaedellytysten ja markkinakysyntään liittyvien kyselyiden sekä -haastatteluiden perusteella tehtyjen liiketoimintaselvityksien mukaan voidaan todeta, että alalla toimivilla yrittäjillä on kiinnostusta hyödyntää hankkeessa tutkittuja biopohjaisia materiaaleja ja käyttää olemassa olevaa kalustoa tuotteistamaan eri materiaaleja. Lisäksi havaittiin, että yrityksillä on halua hyödyntää useampaa materiaalia toistensa rinnalla ja siten lisätä uusia tuotteita heidän nykyiseen tuotetarjontansa mikäli biopohjaisten materiaalien hinnoittelu on kohtuullisella tasolla suhteessa kilpailijoihin.

Hankkeessa tehtyjen tutkimuksien yhtenä tavoitteena oli luokitella tutkitut materiaalit niiden tutkittujen ominaisuuksiensa mukaan parhaiten rakennusten eristekäyttöön soveltuviksi niin materiaalimäärien, kerätävyyden, materiaaliominaisuuksien kuin ympäristökuormituksen ja -markkinoinninkin osalta. Tehtyjen tutkimusten perusteella kutterilastu vaikuttaisi parhaiten eristekäyttöön sopivalta materiaalilta. Erityisesti kutterilastun saatavuus ja käytettävyys sellaisenaan sahateollisuuden sivutuotteena on kokonaisuuden kannalta tärkeä ominaisuus. Ympäristön kannalta on lisäksi hyvä huomioida, että kutterilastua ei tarvitse erikseen kuivata, jolloin säästetään energiaa; erityisesti mikäli laskelmissa jätetään huomiotta sahaukseen liittyvä energiaketju. Turve ja rahkasammal toimivat myös sekä levymäisinä sekoitetuotteina, että irtomateriaaleina eristekäytössä hyvin. Turpeen ja rahkasammaleen osalta niiden ympäristöystävällisyyttä heikentää kuitenkin materiaalien kuivaustarve ja toisaalta levymäisten tuotteiden valmistuksessa käytettyjen sideaineiden valmistuksessa vapautuneet päästöt. Mahdollisissa jatkotutkimuksissa olisikin tärkeää selvittää, miten turvetta ja rahkasammalta pystyttäisiin kuivaamaan mahdollisimman energiatehokkaasti. Esimerkiksi hukkalämmön käyttö osana kuivausprosessia olisi yksi potentiaalinen jatkotutkimuskohde.

Hankkeen toteutuksen aikana luotiin toimintamalli biopohjaisten materiaalien testaukselle. Toimintamalli on jatkossa hyödynnettävissä eri materiaalien ominaisuuksien tutkimuksissa. Samaa toimintamallia voidaan käyttää biopohjaisten materiaalien lisäksi esimerkiksi erilaisten teollisuuden sivutuotteiden ja jätemateriaalien tuotteistamiseen liittyvissä tutkimuksissa.

Uusien materiaalien hyödyntäminen rakennusalalla vaatii pitkällistä ja perusteellista tutkimus- ja testaus-työtä. Paikalliset biopohjaiset materiaalit hankkeessa tehdyillä toimenpiteillä tuotettiin hankkeessa tutkittujen materiaalien osalta lisätietoa muun materiaalitutkimuksen ja markkinoinnin tueksi muun muassa viranomaisille, yrittäjille ja tutkijoille. Toivottavasti hankkeen tulokset ovat jatkossa osaltaan edistämässä uusien rakennusmateriaalien käyttöönottoa sekä resurssitehokasta rakentamista ja siten välillisesti mukana luomassa Pohjois-Pohjanmaan alueelle uusia työpaikkoja jo olemassa olevien rinnalle.

7 Hankkeeseen liittyvät julkaisut

Tähän osioon on koostettu hankkeesta tehdyt julkaisut sekä suurimmat mediaosumat.

Sirviö S. 2019. Puutuoteteollisuuden sivuvirrat: Sivuvirtojen käytön nykytilanne ja mahdollisuudet Pohjois-Pohjanmaalla. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu.

Sirviö, S. & Alitalo, S. 2020. Ekoteko? Mitä luonnosta talon rakenteisiin? Telulainen - Oulun ammattikorkeakoulun tekniikan ja luonnonvara-alan lehti. 1/2020.

Illikainen K., Väyrynen R. ja Alitalo S. 2020. Homehtuuko? Rakenteiden toimivuuden arviointi mallintamalla. Telulainen - Oulun ammattikorkeakoulun tekniikan ja luonnonvara-alan lehti. 1/2020.

Kangas, J & Sirviö, S. 2020. Puutuoteteollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen Pohjois-Pohjanmaalla. Puumies-lehti 9/2020.

Luonnonvarakeskus, 25.1.2021: Rakennuseristeiden ekologisuus kiinnostaa markkinoilla – luonnonmateriaalien ympäristövaikutukset vertailussa

Rakennuslehti, 25.1.2021: Turve ja rahkasammal ovat kelpo eristeitä – Luke, Metsäkeskus ja Oulun amk tutkivat

Maaseudun tulevaisuus, 25.1.2021: Rahkasammalesta ja turpeesta tehdyt eristeet kiinnostavat hirsirakentajia – ympäristövaikutukset toistaiseksi suuremmat kuin kutterilla ja selluvillalla

Päivän lehti, 25.1.2021: Eristäisitkö talosi rahkasammaleella tai turpeella? – Rakennuseristeiden ekologisuus kiinnostaa

Kaleva, 8.2.2021: Oamkin vetämä tutkimus: Kutterinlastu, rahkasammal ja turve näyttäisivät sopivan hyvin rakennusten eristeeksi

Lapin Kansa, 8.2.2021: Tutkimus: Kutterinlastu, rahkasammal ja turve näyttäisivät sopivan hyvin rakennusten eristeeksi

Yle Radio Suomi Oulu, 9.2.2021: Luonnonmateriaalit toimivat hyvin rakennusten eristeinä, kertoo tutkimus

Yle Uutiset, 10.2.2021: Perinteiset eristeet tekevät paluuta: kutterinlastu, rahkasammal ja turve ovat ympäristöystävällisiä sekä kilpailukyisiä

Maaseudun tulevaisuus, 24.2.2021: Tutkijat vertailivat uusia rahkasammalesta ja turpeesta valmistettuja eristetuotteita perinteiseen selluvillaan ja kutterinlastuun: Hiilijalanjäljen ero pahimmillaan yli 30-kertainen

8 Viitteet

Luku 1: Johdanto

Ahola R. & Liljeström K. 2018. Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen pienentäminen kustannustehokkaasti vuokratilakohteessa. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen raportteja 08/2018. ARA.

Rintala, H. 2018. Hamppukomposiitista vaikka kokonainen talo. Rantalakeus, 28.11.2018.

Luku 2: Biopohjaisista materiaaleista on mistä valita

Hankkeessa toteutetut julkaisut.

Luku 3: Materiaalien soveltuvuus eristekäyttöön vaatii pitkäjänteistä tutkimusta

Sirviö S. 2019. Puutuoteteollisuuden sivuvirrat: Sivuvirtojen käytön nykytilanne ja mahdollisuudet Pohjois-Pohjanmaalla. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu.

Sirviö S. ja Alitalo S. 2020. Ekoteko? Mitä luonnosta talon rakenteisiin?

https://issuu.com/telu_oamk/docs/oamk_telulainen. 2020.

Kangas J. 2020. Puutuoteteollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen Pohjois-Pohjanmaalla. Artikkelit Puumieslehti. 9/2020.

Illikainen K., Väyrynen R. ja Alitalo S. 2020. Homehtuuko? Rakenteiden toimivuuden arviointi mallintamalla.

https://issuu.com/telu_oamk/docs/oamk_telulainen.

Fedorik F, Zach J, Jallinoja M, Kymäläinen HR, Kuisma R, Illikainen K, Alitalo S. 2020. Hygrothermal performance of new bio-based insulation materials. Luonnos.

Oiva, A. 2019. CLT:n hyödyntäminen kerrostalorakentamisessa. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu.

Luku 4: Ovatko biopohjaisten materiaalien positiiviset ympäristövaikutukset itsestänselvyy?

Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Technology 258, 229 s. + liitt. 30 s.

Alm, J., Shurpali, N. J., Minkkinen, K., Aro, L., Hytönen, J., Laurila, T., Lohila, A., Maljanen, M., Martikainen, P.J., Mäkiranta, P., Penttilä, T., Saarnio, S., Silvan, N., Tuittila, E.-S. & Laine, J. 2007. Emission factors and their uncertainty for the exchange of CO₂, CH₄ and N₂O in Finnish managed peatlands. Boreal Environment Research 12: 191-209.

- Boulay A-M, Bare J, Benini L, Berger M, Lathuillière MJ, Manzardo A, Margni M, Motoshita M, Núñez M, Pastor AV, Ridoutt B, Oki T, Worbe S, Pfister S (2017) The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *Int J Life Cycle Ass* 23:368-378, <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8>
- Hotanen, J.-P. 2000. Tupasvilla. Teoksessa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.) *Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa*. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki. s. 170–171.
- IPCC 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 s.
- Kasvuturpeen ja turvepohjaisten kasvualustojen laatuohje 2009. Kauppapuutarhaliitto ry, Turveteollisuusliitto ry & Viherympäristöliitto ry, Helsinki. 12 s.
- Kirkinen, J., Hillebrand, K. & Savolainen, I. 2007. Turvemaan energiakäytön ilmastovaikutus: maankäyttöskenaario. VTT Tiedotteita 2365. 49 s.+ liitteet 2 s.
- LIPASTO. Calculation system for traffic exhaust emissions and energy consumption in Finland. <http://lipasto.vtt.fi/en/index.htm>
- Luke 2020. Natural Resources Institute Finland. Statistics database. <http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/en/LUKE/>. Luettu: 28.10.2020.
- Näkkilä, J., Silvan, N., Jokinen, K., Särkkä, L. & Tahvonen, R. 2015. Rahkasammalen tuotanto ja käyttö kasvihuonekasvien kasvualustana. Sphagnum moss production and use as growth substrate in greenhouse crops. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, Loppuraportti 27.3.2015. 16 s.
- Pohjala, M. 2014. Mikä on energia- ja kasvuturpeen elinkaaren ympäristövaikutus. Pro gradu tutkielma, Helsingin yliopisto. 70 s.
- Pohjois-Pohjanmaan liitto 2015. Turpeen uudet jalostusmahdollisuudet. Pohjois-Pohjanmaan liitto, Julkaisu B81, 51 s.
- Punkka, E. 2019. Rahkasammalen keruun ilmastovaikutukset. Maisterintutkielma, Helsingin yliopisto, Metsätieteiden maisteriohjelma, Metsien ekologia ja käyttö. 44 s.
- Rakennustietosäätiö 2016. RTS EPD, No. 2 Finnfoam XPS.
- Silvan, N., Jokinen, K., Näkkilä, J. & Tahvonen, R. 2017. Swift recovery of Sphagnum carpet and carbon sequestration after shallow Sphagnum biomass harvesting. *Mires and Peat* 20(1): 1–11.
- Silvan, N., Sarkkola, S. & Laiho, R. 2019. Rahkasammalbiomassa ja sen korjuuseen soveltuvat suot Suomessa. Summary: Peatlands suitable for harvesting of renewable Sphagnum moss biomass in Finland. *Suo* 70(2-3): 41-53.
- Statistics Finland 2020. GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN FINLAND 1990 to 2018. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. 566 s. Saantitapa: <https://unfccc.int/documents/219060>.

Suomen Standardisoimisliitto Ry, 2019. 3. painos, SFS-EN 15804:2012 + A2:2019:en Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products.

The Norwegian EPD Foundation 2020. Environmental product declaration ISOVER Standard, ISOVER Standard Roll, Declaration number: NEPD-2096-948-EN.

Tilastokeskus 2020. Jätetilasto 2019.

Tilastokeskus 2019. Polttoaineluokitus 2019.

Turveinfo 2020. <http://turveinfo.fi/turve/turvetuotanto/turpeen-tuotanto/>; luettu 21.8.2020.

Virtanen, K., Hänninen, P., Kallinen, R., Vartiainen, S., Herranen, T. & Jokisaari, R. 2003. Suomen turvevarat vuonna 2000. Geological Survey of Finland. Report of investigation 156. Espoo. 205 s.

VTT 2020. Ympäristöseloste, Puhallusvilla, Ekovilla Oy, Asiakasraportti VTT-CR-00123-20

Ympäristöministeriö 2008. Rakennetun ympäristön osasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriön asetus rakennusten lämmöneristyksestä

Luku 5: Haaveet todeksi, materiaalit tuotteiksi

Haastattelut Jorma Kautto / VAPO

Haastattelu Haikki Rantanen / Ecomoss Oy

Haastattelu Olli Hautala / Ehta Eriste Oy

Haastattelu Jani Appelgren / Kainuun lastu Oy

Haastattelu Seppo Romppainen / Hirsiteollisuus Ry

Haastattelu Tom Polamo / Suomen hirsitaito Ry

Haastattelu Matti Vaara / Vaaran aihkitalot Oy

Sirviö S. 2019. Puutuoteteollisuuden sivuvirrat: Sivuvirtojen käytön nykytilanne ja mahdollisuudet Pohjois-Pohjanmaalla. Opinnäytetyö. OAMK.

Turpeen uudet jalostusmahdollisuudet. Pohjois-Pohjanmaan liiton julkaisu. 2015.

Työpakettien 1–3 materiaalit.


OAMK
OULUN AMMATTIKORKEAKOULU

ehta eriste
100% puuta.
Käsitöitä, laatuja ja
kestävää kestävyyttä.
Päämateriaali:
Metsästä Suomessa

Luke
LUONNONVARAKESKUS

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



POHJOIS-POHJANMAA
Council of Oulu Region
metsäkeskus  **VAARA**

 **VAPO**