

Kevysavielementin prototyyppi | loppuraportti

Juha Päätaló | Arkkitehtitoimisto Päätaló Oy | 28.8.2023



Euroopan unionin rahoittama –
NextGenerationEU

Loppuraportti: Kevytsavielementin prototyyppi

Juha Päätaalo, Arkkitehtitoimisto Päätaalo Oy
29.9.2023

Hankkeemme ”Kevytsavielementin prototyyppi” on saanut saanut tukea ympäristöministeriöltä Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelmasta, jonka rahoitus tulee EU:n kertaluonteisesta elpymisvälineestä (RRF).

1. Tiivistelmä

Tämä hanke tutki mahdollisuutta esivalmistaa rakennuselementti kevytsavesta ja sen tuloksena syntyi koerakennus – 12 m² kokoinen puolilämmin varasto. Seinärakenteessa käytettiin kevytsaven runkoaineena kuituhampun päistärettä, jolla saavutettiin lupaava lambda-arvo 0,077 W/mK. Elementtien täyttäminen saviseoksella onnistui hyvin, mutta niiden kuivuminen kesti odotettua kauemmin, mikä vaatii konseptin muutosta jatkohankkeissa. Sen sijaan elementtien kuljetus ja asennus sujui ongelmitta. Elementin hiilijalanjälki on verrokkirakenteita pienempi, sen hiilikädenjälki päistäreen muodossa rakenteeseen sitoutuneen hiilen ansiosta moninkertainen muihin puurakenteisiin elementteihin verrattuna.

Summary

This project studied the possibility of prefabricating a timber-based building element filled with light clay and included a 12 square meter experimental building out of the elements. In the wall structure, hemp shives were used as filling material with clay, resulting in a promising lambda value of 0,077 W/mK. Filling the timber element with clay - hemp shive mixture worked well, only the drying out took longer than expected, making a concept change necessary for the follow-up project. The transport and assembly of the element, however, showed no problems. The carbon footprint of the element is smaller than the value of competing elements, and the carbon handprint is – thanks to the embodied carbon in the hemp shives – many times higher than in any other timber-based elements.

2. Hankkeen tausta ja tavoitteet

Hankkeen taustalla on huomio siitä, että savirakentamisessa on hiilineutraalilla aikakaudella valtava potentiaali, mutta sen käyttöä estää lähinnä se, että savesta voidaan tehdä ulkoseiniä paikalla rakentaen ainoastaan kesällä, jotta ne ehtivät kuivua ennen kuin talvi tulee ja pakkanen murentaa vielä kosteita seiniä. Tämä taas johtaa siihen, että kukaan ei elä savirakentamisesta, vaan se jää harrastustoiminnaksi. Tämä on sääli, sillä savi on käytännössä hiilineutraali rakennusmateriaali, jota on saatavilla runsaasti ja edullisesti. Esivalmistetut elementit olisivat paitsi keino tehdä savirakenteita vuoden ympäri, myös mahdollisuus luoda savirakentamisesta teollista toimintaa.

Esivalmistettuja elementtejä ei kuitenkaan ole tehty vielä missään maailmassa. Siksi tämän hankkeen tavoite oli tutkia, onko sellaisen valmistaminen ylipäättään mahdollista ja taloudellisesti järkevää. Tätä varten kehitettiin elementin prototyyppi, jolla testattiin elementtirakentamista projektin hallitsemisen kannalta tarpeeksi pieneen kohteeseen, tässä tapauksessa 12 m² varastorakennukseen. Elementtityypiksi valittiin tyyppinen, rankarakenteinen puuelementti, joka täytetään villan sijasta

kevytsaviseoksella. Tässä hankkeessa elementin paksuudeksi määriteltiin 20 cm. Pidemmän aikavälin tavoitteena on kuitenkin kehittää esivalmistettu elementti, josta voidaan rakentaa myös asuinrakennuksia. Oli tiedossa, että tällaisen elementin tulisi olla noin 40 cm paksu, joten tämä lopputavoite määritteli koko hankkeen suunnittelua ja toteutusta. Hanke koostui seuraavista osista:

1. Kevytsaviseoksen kehittäminen niin, että se toimii elementtinä, mutta on eristyskyvyltään riittävä myös asuinrakennukseen
2. Itse elementin ja elementtien liitosten kehittäminen niin, että ne soveltuvat esivalmistukseen, kuljetukseen ja asentukseen.
3. Kevytsavimassan sekoittaminen ja sullominen elementtiin niin, että prosessi soveltuu teolliseen valmistukseen hallissa.
4. Elementin kuivumisen tarkkailu ja hallinta.
5. Elementin kuljetus ja asennus.

Hankkeen toteutukseen valittiin kevytsaven runkoaineeksi kuituhampun päistäre, sillä Pohjois-Saksassa on yritys (Hanffaser Uckermark eG), joka myy vanhojen talojen sisäpuoliseen eristykseen saven ja hampun päistäreiden sekoitusta ja sillä on erinomainen lämmöneristyskyky (λ -arvo 0,068 W/mK).¹

3. Hankeen osapuolet ja menetelmät

Hankkeen osapuolet olivat Arkkitehtitoimisto Pääatalo Oy, joka toimi hankkeen suunnittelijana ja materiaalin kehittäjänä. Hemka Oy, jolla on kuituhampun tuotantoa Suomessa, toimi hampun päistäreiden materiaalitoyittajana hankkeessa. Sen lisäksi tmi Mikael Westermarck vastasi hiilijalanjäljen laskennasta hankkeessa.

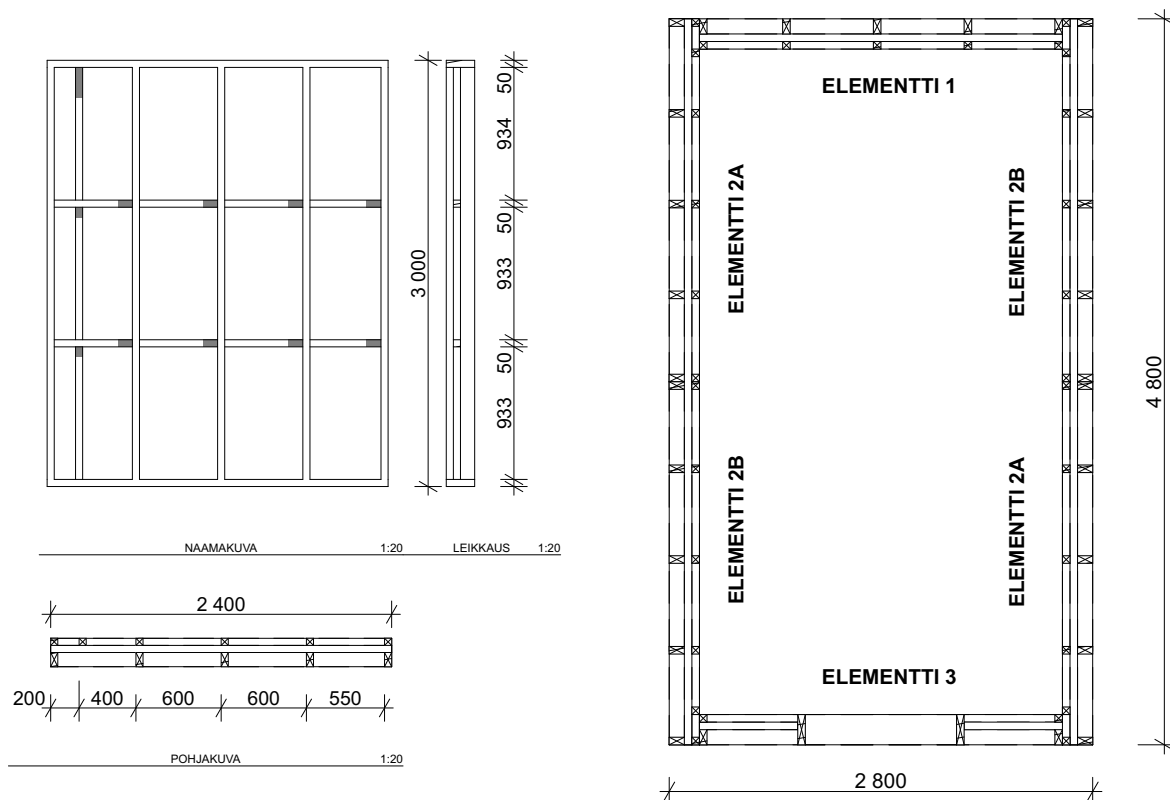
Hankkeen menetelmä oli yritys ja erehdys, sillä verrokkia ei ole olemassa. Hampun päistäreiden ja saven oikean sekoitussuhteen löytämiseen tarvittiin useita kokeiluja. Sekoituksen haastavuutta lisäsi se, että seoksen tuli hyvän lämmöneristävyys saavuttamiseksi olla kevyt – sen tuli sisältää mahdollisimman paljon päistärettä ja mahdollisimman vähän savea. Savea tuli kuitenkin olla tarpeeksi, jotta se liimaa päistäreet toisiinsa ja muodostaa elementissä yhtenäisen rakenteen. Myös veden määrä pyrittiin minimoimaan, jotta elementin kuivumisaikaa ei turhaan pitkitettäisi.

Elementit rakennettiin puutolppien osalta kerrokselliseksi siten, että ulkopuolella oli kantava 98x48 mm tolppa, sisäpuolella 48x48 mm tolppa, kumpikin k600, ja niiden välissä vaakatasossa 48x48 mm rima, joka sitoi sisä- ja ulkokuoren yhteen (kuva 1). Näin vältettiin puurakenteen kylmäsilta, mutta samalla luotiin rakenteeseen koloja, jotka auttavat savirakenteen kiinnittymistä runkoon.

Elementit asetettiin kuivumaan vaakatasoon, jotta kevytsavelle tyypillinen materiaalin painuma ei aiheuttaisi rakoa elementin yläosaan, vaan tapahtuisi seinän syvyysuunnassa, missä sillä ei ole mitään käytännön merkitystä.

Elementtien kuivuttua niiden kuljetus työmaalle ja asennus valmiiksi rakennukseksi oli tyypillistä elementtitekniikkaa. Ero on korkeitaan elementin painossa. Elementin prototyypin koolla – 2,4 x 3 m – yhden elementin paino oli kuitenkin maltilliset 400 kg.

¹ <https://www.hanffaser.de/uckermark/index.php/produkte/lis-wanddaemmung>



Kuva 1: Elementtipiirustus ja rakennuksen kaikki elementit. Ei mittakaavassa.

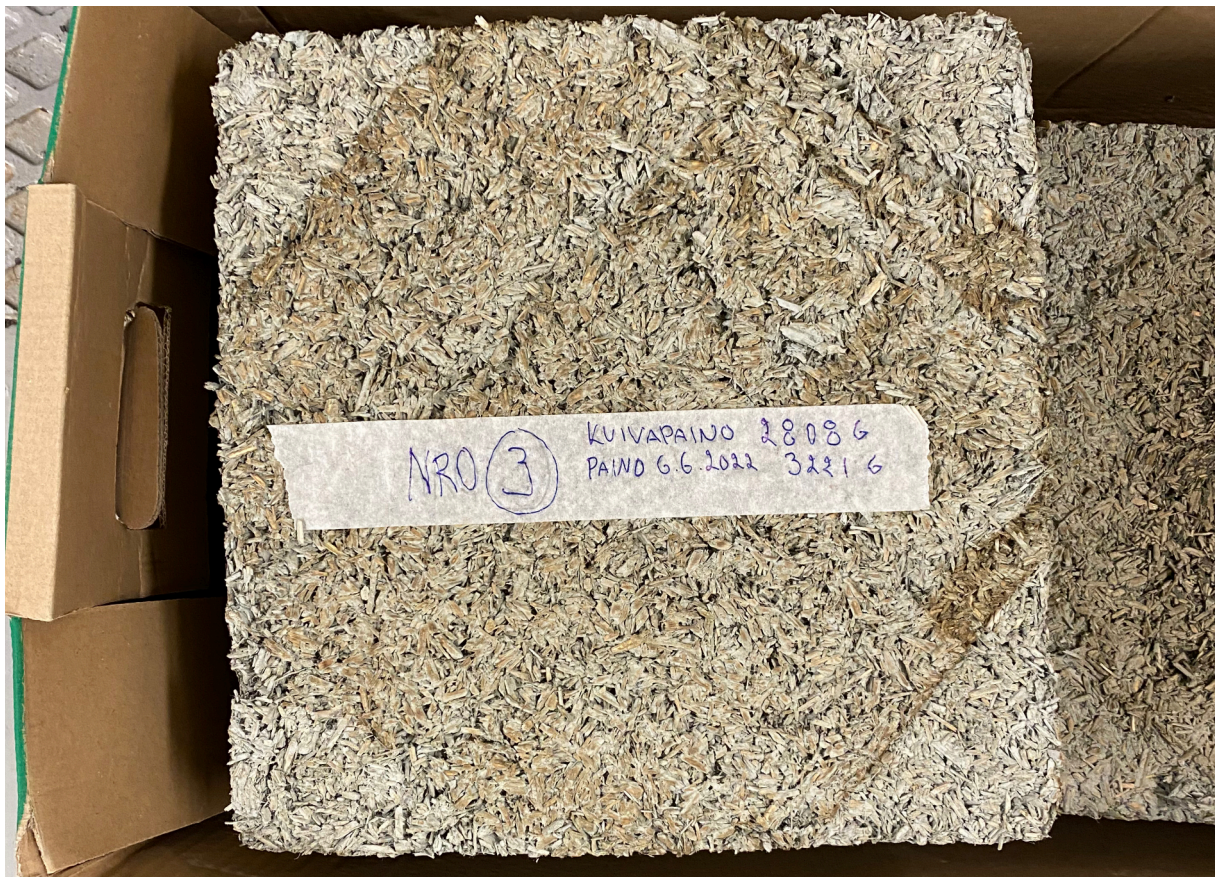
4. Hankkeen tulokset

Suurelta osin hanke täytti asetetut tavoitteet, jopa ylitti ne.

Savihamppuseoksen kehittämisen voidaan katsoa onnistuneen, sillä alustavissa testeissä Tampereen yliopiston rakennusfysiikan laitoksen laboratoriossa seoksen lambda-arvoksi mitattiin $0,077 \text{ W/mK}$ (kuva 2). Tulos on tässä kehitysvaiheessa erinomainen, sillä seos on vasta ensimmäisten kokeilujen tulos, eikä varsinaista tuotekehitystä ole vielä edes tehty. Jo arvolla $0,070 \text{ W/mK}$ olisi mahdollista päästä 40 cm paksulla seinärakenteella Suomessa normina pidettyyn seinän U-arvoon $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tämän parannuksen saavuttaminen tuotekehityksessä tuntuu realistiselta, mutta jo nyt saavutettu lambda-arvo mahdollistaa normi-U-arvon, mikäli seinäpaksuutta kasvatetaan 45 cm :iin.

Elementtien puurakenne toimi hyvin. Sekä pysty- että vaakatoilppien käyttö loi kolmiulotteisen tilavuuden, joka muodosti savimassalle ”kynnet” pysyä rungossa erinomaisen hyvin. Myös massan sullominen elementtiin onnistui kohtuullisessa ajassa, mikä oli erityisesti hihnakuljettimien käytön ansiota. Itse sullomiseen käytetty tekniikka myös kehittyi. Kun ensimmäiset massat sullottiin elementtiin vielä käsin (kuva 4), käytettiin toisen massan kanssa jo vesivanerista rakennettua tärylevyä, jolla massan sullominen koko elementtiin onnistui erinomaisesti. Sullominen oli paitsi huomattavasti nopeampaa, myös työntekijälle vähemmän rasittavaa, koska käsityötä tuli paljon vähemmän.

Sullominen tapahtui vaakatasossa, valmiiksi rakennetun kuivaustelineen päällä.



Kuva 2: Testimateriaalia lämmönjohtavuustestiin.

Kuivausteline oli puukehikko, jonka päälle oli pingotettu pienisilmäinen (9 mm) metalliverkko tiheän (k200) rimoituksen varaan. Kuivaustelineen rakenne päätettiin koekuivausten perusteella. Pienisilmäisyys oli avainasia, jotta materiaali ei sulloessa pursu verkosta läpi. Elementti siis makasi kuivaustelineen päällä ja kuivaustelineen verkko muodosti muotin, jota vasten massa sullottiin (kuva 3).

Kuivaustelineen verkon tulisi kuitenkin olla hyvin kireällä. Elementteihin tuli kuivausverkon puolelle pullistumia, jotka johtuivat siitä, että verkko antoi vähän periksi. Koska seinät rapataan, pullistumat eivät ole tämän prototyypin kannalta kriittinen ongelma, mutta asiaan tulee jo mittatarkkuuden nimissä kiinnittää tulevaisuudessa enemmän huomiota. Yksi ratkaisu voisi olla se, että käytetään kahta verkkoa: hyvin jäykkää ja isosilmäistä (esimerkiksi 19 mm minkkiverkko) kuivaustelineen tasaisuuden takaavana alustana ja sen päällä pienisilmäistä, ohuemmassa teräslangasta tehtyä verkkoa, joka estää materiaalin pursumisen läpi.

Elementtien kuivuessa saven ja puurungon väliin muodostui myös muutaman millimetrin leveitä rakoja. Rakenteen kolmiulotteisen muodon ansiosta ne eivät kuitenkaan ulotu ulkoseinärakenteen läpi, vaan ovat ainoastaan runkopuun syvyisiä. Lisäksi ne saadaan rappauksella umpeen.

Suurin yllätys oli elementtien pitkä kuivumisaika. Se kesti useita kuukausia. Aikaa pidensi se, että teollisuushalli, jossa elementit kuivuivat, oli osan kuivumisajasta käyttämättä, jolloin siellä oli vain ylläpitolämpö eikä lainkaan ilmanvaihtoa. Joka tapauksessa prosessi opetti, että elementin kuivuminen on yksi mahdollinen uhka kevytsavielementin tulevaisuudelle. Elementin pitkä kuivumisaika johti myös siihen, että hankkeen kestoa piti jatkaa vuoden 2023 puolelle.



Kuva 3: Prototyypielementti kuivaustelineen päällä. Kuivaustelineen verkko toimii muottina savimassan sullomiselle.

Selvin syy kuivumisen hitaudelle on se, että jo 20 cm paksu elementti, jonka sisään on "leivottu" eristävä materiaali, pysyy sisältä pitkän märkänä juuri siksi, että se on tehty eristävästä materiaalista. Edes lämpö ei silloin auta kosteuden ajamiseksi pois rakenteesta.

Tämä prototyypin jälkeen rakennettujen (ja tähän projektiin kuulumattomien) väliseinäelementtien prototyypin kanssa kuitenkin huomattiin, että runsas ilmanvaihto, joka pyyhkii elementtien pintoja, kuivaa kevytsavielementtiä erittäin tehokkaasti. Tämän perusteella erittäin runsas ilmanvaihto ilman lämpöä voisi edistää kuivausta merkittävästi.

Toinen ongelma kuivumisen kannalta on suuri veden määrä. Elementtien kuivumista tarkkailtiin punnitsemalla ne säännöllisin väliajoin. Juuri valettuina elementit painoivat 812 kg, elementtien kuivuttua 400 kg. Kussakin 7,2 m² elementissä oli siis yli 400 litraa vettä. Ensimmäisissä materiaalikoeksissa huomattiin, että tämä vesimäärä myös tarvittiin, sillä pienempi vesimäärä ei tehnyt savesta tarpeeksi tehokasta liima-ainetta päistäreille, koska vesi ei kyennyt liettämään savihiukkasia tarpeeksi.

Kevytsaven kanssa on yleisesti käytetty soodaa tai vesilasia, joskus molempia, koska ne muuttavat savilietteen viskositeettia niin, että vettä tarvitaan vähemmän. Myös tässä hankkeessa käytettiin soodaa, mutta sen ei huomattu juurikaan vaikuttaneen seoksen viskositeettiin. Myöhemmin kävi ilmi, että tämä johtuu ilmeisesti hankkeessa käytetystä valmiista savijauheesta, jota on polttokuivattu. Tämän selvittyä tehtiin testi, jossa soodaa sekoitettiin luonnonsavesta tehtyyn lietteeseen, jossa viskositeetin muutos oli selvästi havaittavissa. Soodan käytöllä veden vähentäminen olisi tulevaisuudessa siis mahdollista, kun käytetään luonnonsavea. Veden määrä voidaan kirjallisuuden mukaan parhaassa tapauksessa jopa puolittaa. Kuivumisajan lyhenemisen lisäksi soodan käyttö vähentää myös kuivumiskutistumaa.¹

¹ Franz Volhard, *Bauen mit Leichtlehm*, 2012, s. 65.



Kuva 4: Savimassaa sullotaan elementin sisään.

Kolmas keino elementin kuivumisajan lyhentämiseksi on sen tekeminen ohuissa, esimerkiksi vain 10 cm paksuissa siivuissa, jotka yhdistetään kuivumisen jälkeen toisiinsa. Tällöin päästään oletettavasti vain muutamien viikkojen kuivumisaikaan. Erityisen tärkeää tämä on, kun ryhdytään tekemään asuinrakennuksen kevytsavielementtiä, jonka dimensio on 40 cm.

Elementtien kuljetus ja asennus eivät tuottaneet yllätyksiä (kuvat 6,7). Elementit kestivät kuljetuksen erinomaisesti. Savimassaa ei varissut pois elementeistä kuljetuksen aikana lainkaan ja elementtien nostoissakin ainoastaan hieman, jos ne osuivat noston aikana joko toiseen elementtiin tai kuorma-autoon. Tällöinkin pois varisseen materiaalin määrä oli hyvin vähäistä. Elementtien kiinnityksissä toisiinsa elementtien puurungot vinoruuvattiin niin, että ruuvi painui savimateriaalin sisään. Tämänkään johdosta materiaalia ei varissut kuin ruuvatusista kohdasta. Elementtien välissä käytettiin 15 mm paksua pellavanauhaa, joka mahdollisti tiiviit elementtiliitokset. Elementtien kuljetus ja asennus tapahtui kesäkuussa 2023. Viimeisenä käsiteltynä elementit saavat vielä rappauksen, mutta se ei ehtinyt tämän hankkeen aikaraameihin.

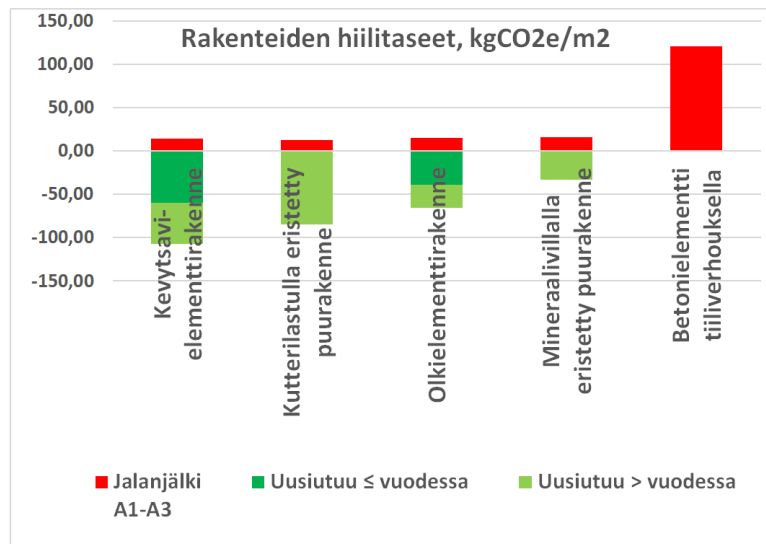
5. Hankkeen vaikuttavuus

Hankkeen vaikuttavuus perustuu siihen, että se osoittaa luonnonmukaisen rakentamisen potentiaalin. Elementin hiilijalanjälki on alhaisempi kuin millään muulla markkinoilla olevalla rakennuselementillä, mutta ennen kaikkea sen hiilikädenjälki on kilpailijoihinsa verrattuna suurempi. Hampun päistäre on kuituhampun viljelyn sivuvirtaa, jota yleensä käytetään eläinten kuivikkeena, jonka jälkeen sen maatuu ja sen sisältämä hiili palautuu luonnon kiertokulkuun. Rakennuselementissä se sen sijaan sidotaan ideaalitapauksessa vähintään sadaksi vuodeksi pois ilmakehän kierrosta.

Materiaali	Rakenteen paksuus mm	Rakenteen hiilisisällöt kgCO ₂ e/m ²			
		Jalanjälki A1-A3	Käden jälki	Uusiutuu ≤ vuodessa	Uusiutuu > vuodessa

Kerrostalon ulkoseinärakenteet, U = 0,17 W/m²K

Kevytsavi-elementtirakenne	427	14,35	-107,1	-59,96	-47,14
Kutterilastulla eristetty puurakenne	457	12,47	-85,30		-84,89
Olkielementtirakenne	327	15,17	-65,91	-39,10	-26,80
Mineraalivillalla eristetty puurakenne	303	16,07	-33,38		-33,38
Betonielementti tiiliverhouksella	515	120,41			



Kuva 5: Elementin hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki verrattuna muihin rakennuselementteihin. Lähde: Mikael Westermarck, Tampereen yliopisto 2023.

Hiilijalanjälkilaskelmaa tehdessä kävi ilmi, että hampun viljelyyn tarvittavan typpilannoituksen osuus koko elementin hiilijalanjäljestä on merkittävä, yli puolet. Hankkeeseen ryhtyessä tämä ei ollut tiedossa. Typen hiilijalanjälkeä on kuitenkin mahdollista pudottaa sillä, että sikojen ja lehmien virtsaa ja lantaa hyödynnetään typen lähteenä. Saksalaisen tutkimuksen perusteella näin typen hiilijalanjälkeä kuituhampun viljelyssä on mahdollista pudottaa noin 20 prosenttia.¹

Silti elementin hiilijalanjälki oli Tampereen yliopiston vertailussa kutterinlastueristettyä rakennetta lukuunottamatta pienempi kuin vertailurakenteilla. Lisäksi hiilikädenjälki oli verrokeita suurempi, ja vuoden aikana uusiutuva osuus sen hiilikädenjäljestä oli myös suurin (kuva 5). Vertailussa oli kustakin elementtityypistä kerrostalo-rakentamiseen sovellettu ratkaisu, jonka U-arvo on 0,17 W/m²K. Rakenne on siis erilainen kuin tässä prototyypissä, johtuen siitä, että kerrostaloelementti vaati ulkopuolelleen palamattoman, mineraalivillasta valmistetun tuulensuojalevyn, mutta tämä tarkastelu tekee rakenteista myös keskenään vertailukelpoisia. Tarkemmat tiedot rakenteista ovat tämän raportin liitteenä.

6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Hankkeeseen liittyvä viestintä keskittyi lähinnä somealustoille (Instagram, Facebook ja LinkedIn) sekä KiraHubin tilaisuuksiin, jotka striimattiin verkkoon. Aiheeseen liittyviä Facebook-, Instagram- ja LinkedIn-tiedotteita oli kutakin kolme, LinkedIn-kanavalla julkaistiin lisäksi kolme kertaa linkki KiraHubin tilaisuuksiin, joissa hankkeesta kerrottiin. Pääasiallinen sisältö oli tiedon jakaminen hankkeen edistymisestä ja sen seuraavista vaiheista. Kohderyhminä olivat pääasiassa rakennusalan ammattilaiset.

¹ <http://eiha.org/media/2019/03/19-03-13-Study-Natural-Fibre-Sustainability-Carbon-Footprint.pdf>

Viestintä poiki mahdollisuuksia kertoa hankkeesta enemmänkin. Juha Päätaalo oli NordicBIM-Finlandin webinaarissa kertomassa hankkeesta maaliskuussa 2023, ja syyskuussa 2023 pohjoismaisessa webinaarissa, jonka järjesti ruotsalainen Northway Partners. Myös Yle kiinnostui aiheesta ja heidän uutistoimituksensa oli tarkoitus tulla seuraamaan elementtien asennusta, mutta toimittajan kesäloman takia se ei toteutunut. Mahdollisesti ohjelma toteutetaan myöhemmin.

7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

Tämän hankkeen tulos oli, että esivalmistettu kevytsavielementti on mahdollinen, eristyskyvyltään riittävä, valmistusprosessin osalta tarpeeksi yksinkertainen ja kuljetus- ja asennusominaisuuksiltaan erinomainen. Suurin ongelma koski elementin kuivumista. Tämä prototyyppi on kuitenkin vain välivaihe. Varsinainen tavoite on valmistaa elementti, jota voidaan käyttää asuinrakennuksissa. Vaikka kaikki tämän hankkeen tulokset eivät ole täysin siirrettävissä suoraan kaksi kertaa paksumpaan elementtiin, samaa periaatetta voidaan hyödyntää myös siinä.

Käytännön toteutuksen suhteen kuivumisongelman voisi ratkaista elementin valmistus osissa siten, että yksittäisen esivalmistetun siivun paksuutta rajataan. Mahdollista olisi, että elementistä tehdään sisä- ja ulkokuori ja niiden väliin valetaan erillinen sisus, joka voisi olla eristyskyvyltään kuorikerroksia parempi, eli kevyempi, mutta puristuslujuudeltaan heikompi, koska sen ei tarvitse pysyä samalla tavalla koossa kuin pinnoitettavien sisä- ja ulkokerrosten. Tämän tarkempi hahmottelu on kuitenkin jo seuraavan hankkeen tehtävä.

Teknisen ja taloudellisen kehitystarpeen suhteen ensimmäinen asuinrakennuksen elementti voidaan vielä toteuttaa pitkälti samalla tavalla kuin tässä hankkeessa, eli olemassa olevan puuelementtitehtaan kapasiteettia hyödyntäen, mutta tulevaisuudessa täytyisi löytää tuotantolinja, jossa massojen säilytys, sekoitus ja sullonta tapahtuisi mahdollisimman yksinkertaisesti ja tehokkaasti, mielellään automaatiota hyödyntäen. Tätä varten tarvitaan jo kattavampaa rahoitusta ja teollista yhteistyökumppania.

Lainsäädännöllisesti hankkeelle ei ole esteitä. Sen sijaan hanke on pyrkinyt tuottamaan alkion tuotteeseen, joka sopeutuu olemassa olevaan lainsäädäntöön ja rakennusmääräyksiin esimerkiksi ulkoseinän U-arvon suhteen.

Joka tapauksessa tämä hanke saa jatkoa, sillä jatkohanketta on jo rahoitettu Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelman 4. vaiheessa.

8. Talousraportti

Hankkeen budjetin luominen oli varsin haastavaa ilman aiempaa kokemusta vastaavasta hankkeesta. Alun perin tarkoitus oli tilata elementit paikalliselta rakennusyritykseltä ja tehdä ne savirakentajan autotallissa pieninä elementteinä. Hankkeen kuluessa elementeille löytyi kuitenkin teollinen valmistaja, joka suostui tekemään elementit omassa teollisuushallissaan. Tämä nosti jonkin verran elementtien kustannuksia ja etenkin rahtikustannuksia, ja johti siihen, että hankkeen budjetti ylittyi. Tämä oli kuitenkin hankkeen kokonaisuuden kannalta järkevä



Kuva 6: Elementin asennusta nosturilla.

toimenpide, koska elementin teollistamisessa päästiin pidemmälle kuin hankkeen alkuvaiheessa ajateltiin.

9. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Kuten edellä mainittiin, tälle hankkeelle on jo muodostettu jatkohanke (asuinrakennus koerakennuksena esivalmistetuista kevytsavielementeistä), joka on myös jo saanut rahoituksen. Sikäli seuraavaa askelta ollaan jo toteuttamassa ja sitä seuraavia askelia on hahmoteltu. Toinen mahdollinen suunta on väliseinäelementtien suunnittelu ja valmistus. Koska väliseinien ohuempi dimensio käytännössä ratkaisee kuivumisen ongelman, on tämä kehityssuunta varsin lupaava. Tätä on myös jo suunniteltu yksityisen tilaajan rahoittamana.

Vastaavissa hankkeissa kannattaa keskittyä siihen, että kaikki suunnitellaan ajallaan ja pidetään prosessi mahdollisimman yksinkertaisena. Yllätyksiä varten on jo hyvä laatia lista suurimmista riskeistä ja laatia suunnitelma sen varalta, että jokin vaihe ei onnistukaan. Silti tämän hankkeen perusteella ei voi kuin suositella sitä, että ideoita ryhdytään toteuttamaan, koska prosessi on ollut hyvin rikastuttava ja opettavainen.



Kuva 7: Valmiiksi asennettu kehikko.

10. Yhteenveto

Tässä hankkeessa pyrittiin selvittämään sitä, onko esivalmistettu kevytsavielementti kehityskelpoinen tuote lämmöneristävyyden, tuotantoprosessin, asennettavuuden ja hiilijalanjäljen suhteen. Tätä tutkittiin valmistamalla prototyyppi elementistä ja asentamalla elementit pieneksi varastorakennukseksi. Hankkeen perusteella voidaan sanoa, että esivalmistettu kevytsavielementti on erittäin kehityskelpoinen konsepti. Tulokset ovat olleet jopa odotettua paremmat. Seinärakenteen eristävyys on riittävällä tasolla, sen valmistaminen ei ole kohtuuttoman vaikeaa ja asennettavuus on kuin millä tahansa muulla puurakenteisella elementillä. Ainoastaan elementin kuivuminen vaatii tulevaisuudessa uutta konseptia, jota jatkohankkeessa tullaan testaamaan.

Outline

The purpose of this project was to find out if a prefabricated light clay building element is a possible product in terms of insulation properties, manufacturing process, ease of assembly and carbon footprint. The project was carried out by manufacturing the elements and assembling them into a small 12 square meter storage building. As a result, you can say that the prefabricated light clay building element is a very promising concept. The results were partly even better than expected. The insulation properties are on a sufficient level, the manufacturing is easy enough and the assembly is comparable to any other timber-based elements. Only the drying out needs a new concept for the future that will be tackled in the follow-up project.

Liite 1: Tampereen yliopiston vertailun rakenteet

Rakenteiden hiilitaseiden laskelmia ja vertailua

				Tuotteiden hiilitase kgCO ₂ e/kg				Tiheys
Materiaali	Paksuus mm	Tarkennus	Yritys/yhteisö /lähde	Jalanjälki A1-A3	Kädenjälki	Uusiutuu ≤ vuodessa	Uusiutuu > vuodessa	
Ulkoseinä, kutterilastulla eristetty puurakenne								
Kipsilevy	13	EK kipsilevy	tyypillinen	0,230				875,0
Ristiinkoolaus /	44	Sahattu puu 2x	CO2data tyypillinen	0,069	-1,600		-1,600	474,0
Havuvaner	15		CO2data tyypillinen	0,300	-1,600		-1,600	480,0
X5	300	Norm. kartonki. 0,2	Cartesar, Greenpap	0,255	-0,413		-0,413	850,0
Pystyrunko		kerto-S 45x300 k600	CO2data tyypillinen	0,300	-1,600		-1,600	440,0
Kutterilastu			Ehta/LUKE	0,018	-1,569		-1,569	70,0
Mineraalivilla	30	Tuulensuojalevy	CO2data tyypillinen	1,200				61,0
Tuuletusrako	32	Pystylaudoitus	CO2data tyypillinen	0,069	-1,600		-1,600	474,0
Palokatko		Pinnoitettu. 1*100	Ruukki Oy	2,740				7800,0
Ulkoverhouslauta	23	Höylätty puu	CO2data tyypillinen	0,073	-1,600		-1,600	474,0
Yhteensä	457							

Ulkoseinä, olkielementtirakenne

Sisäverhous	22	Savilevy	Lemix	0,082	-0,070	-0,035	-0,035	1450,0
Olkielementti	220		Ecococon	0,306	-1,608	-1,448	-0,160	119,3
Ilmansulku muovi	0	PE	CO ₂ data	3,100				925,0
Mineraalivilla	30	Tuulensuojalevy	CO ₂ data tyypillinen	1,200				61,0
Tuuletusrako	32	Pystylauditus	CO ₂ data tyypillinen	0,069	-1,600		-1,600	474,0
Palokatko		Pinnoitettu. 1*100	Ruukki Oy	2,740				7800,0
Ulkoverhouslauta	23	Höylätty puu	CO ₂ data tyypillinen	0,073	-1,600		-1,600	474,0
Yhteensä	327							

Ulkoseinä, mineraalivillalla eristetty puurakenne

Sisäverhous	13	EK kipsilevy	tyypillinen	0,230				875,0
Koolaus	48	48x48 k 600	CO ₂ data tyypillinen	0,069	-1,600		-1,600	474,0
Mineraalivilla		Seinävilla	CO ₂ data tyypillinen	1,200				30,0
Höyrynsulkumuovi	0	PE	CO ₂ data	3,100				925,0
Koolaus	148	48x148 k 600	CO ₂ data tyypillinen	0,069	-1,600		-1,600	474,0
Mineraalivilla		Seinävilla	CO ₂ data tyypillinen	1,200				30,0
Kipsilevy	9	Tuulensuojalevy	tyypillinen	0,290				745,0
Mineraalivilla	30	Tuulensuojalevy	CO ₂ data tyypillinen	1,200				61,0
Tuuletusrako	32	Pystylauditus	CO ₂ data tyypillinen	0,069	-1,600		-1,600	474,0
Palokatko		Pinnoitettu. 1*100	Ruukki Oy	2,740				7800,0
Ulkoverhouslauta	23	Höylätty puu	CO ₂ data tyypillinen	0,073	-1,600		-1,600	474,0
Yhteensä	303							

Ulkoseinä, betonielementti tiiliverhouksella

Teräsbetonielementti	150	Sisäelementti. 150	YM	0,193				2420,0
Lasivillaeriste	200	Normaali	CO ₂ data	1,200				20,0
Tuuletusrako	30							
Tiili + muurauslaasti	135	Poltettu savi.	YM	0,241				1400,0
Yhteensä	515							

Kerrostalon ulkoseinä rakenne kevytsavielementistä. Hiilisisältöjen laskelmia ja vertailua

Ulkoseinä, kevytsavielementtirakenne				Tuotteiden hiilitase kgCO ₂ e/kg				Tiheys
Materiaali	Paksuus mm	Tarkennus	Yritys/yhteisö /lähde	Jalanjälki A1-A3 kgCO ₂ e/kg	Kädenjälki	Uusiutuu ≤ vuodessa	Uusiutuu > vuodessa	
Sisäverhous	22	Savilevy	Lemix	0,082	-0,070	-0,035	-0,035	1450,0
Kevytsavielementti	320		Päätalo	0,073	-0,771	-0,544	-0,227	338,0
Mineraalivilla	30	Tuulensuojalevy	CO ₂ data tyypillinen	1,200				61,0
Tuuletusrako	32	Pystylauditus	CO ₂ data tyypillinen	0,069	-1,600		-1,600	474,0
		32x100 k600						
Palokatko metallinen k 3000		Pinnoitettu. 1*100 mm	Ruukki Oy	2,740				7800,0
Ulkoverhouslauta	23	Höylätty puu	CO ₂ data tyypillinen	0,073	-1,600		-1,600	474,0
Yhteensä	427							