

Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelma

Toimintamalli hiilineutraaleihin kerrostalohankkeisiin

Loppuraportti

27.03.2024

Hankeemme ”Toimintamalli hiilineutraaleihin kerrostalohankkeisiin” on saanut tukea ympäristöministeriöltä Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelmasta, jonka rahoitus tulee EU:n kertaluonteisesta elpymisvälineestä (RRF)

Sisällysluettelo

1. Tiivistelmä	3
1.1 Suomeksi	3
1.2 In English	4
2. Hankkeen tausta ja tavoitteet	5
3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät	6
3.1 Hankkeen osapuolet.....	6
3.2 Käytetyt menetelmät.....	6
4. Hankkeen tulokset	8
4.1 Vaihe 1, nykytilanteen tarkastelu.....	8
4.2 Vaihe 2, työmaavaiheen päästötarkastelu	9
4.3 Vaihe 3, rakenteiden vähäpäästöiset ratkaisut.....	10
4.4 Vaihe 4, talo- ja energiatekniikan vähäpäästöiset ratkaisut.....	11
4.5 Vaihe 5, kokonaiskuva vähäpäästöisistä ratkaisuista koko elinkaarelle	14
5. Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset	16
6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset	17
7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen	18
8. Talousraportti	19
9. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten	20
10. Yhteenveto hankkeen päätuloksista	21
11. Liitteet	23

1. Tiivistelmä

1.1 Suomeksi

Toimintamalli hiilineutraaleihin asuinkerrostalohankkeisiin -hanke on osa Ympäristöministeriön vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelmaa.

Hankkeen tavoitteena oli kehittää toimintamalli, joka

1. tuottaa kattavan kokonaiskuvan eri suunnitteluratkaisujen kustannus- ja päästövaikutuksista
2. huomioi korkean esivalmistusasteen ja nopeutetun läpimenoajan päästö- ja kustannusvaikutukset
3. mahdollistaa jatkuvan kehittymisen hankkeesta seuraavaan kohti hiilineutraaliutta ja nettonollapäästöjä

Hanke toteutettiin COfLOW Oy:n johtamana ja toteutuksen pääkumppanina toimi Ramboll Finland Oy. Tutkimuksen kohteena toimi todellinen hanke KOY Järvenpään Myllytie 14. Yhteistyöhön osallistui myös COfLOW:n kehittämän ja kokoaman ASSI-EKOsystemin mukaisia kumppanuusyhtiöitä.

Toteutus vaiheistettiin siten, että ensin tarkasteltiin COfLOW:n kehittämän asuntotuotteen nykytilaa hyödyntämällä Ympäristöministeriön kehittämää vähähiilisuuden arviointimenetelmää, seuraavassa vaiheessa keskityttiin arvioimaan jo mainitun menetelmän mukaisesti nopealla läpimenoajalla rakennettavan hankkeen työmaa-aikaisia päästöjä, tämän jälkeen määritettiin joukko mahdollisia vaihtoehtoisia toteutustapoja ja arvioitiin niiden käyttämisen vaikutus hiilijalanjälkeen niin rakenteellisten kuin talo- ja energiateknistenkin vaihtoehtojen osalta ja lopuksi muodostettiin edellisten perusteella suositukset tulevien hankkeiden toteutusta ja tehostamista koskien.

Vaihtoehtoisten toteutustapojen suuren ratkaisumäärän hallitsemiseksi toteutettiin simulointi Rambollin kehittämällä Zero By Ramboll -palvelumallilla, joka mahdollistaa jatkossa nopean ja tehokkaan tavan arvioida vähillä lähtötiedoilla kunkin tulevan hankkeen optimaalisen toteutusratkaisun tässä hankkeessa tehtyihin laskemiin perustuen.

Tuloksena todettiin COfLOW:n suunnitteluratkaisun olevan elinkaaren kokonaispäästöjen ja kustannusten kannalta hyvällä tasolla jo sellaisenaan. Kehitystä voi jatkossa kuitenkin tehdä hyödyntämällä hybridirakenteita ja vähäpäästöisempiä materiaaleja, kiinnittämällä entisestään huomiota työmaa-aikaisiin päästöihin ja lyhentämällä rakentamiseen kuluva aikaa. Tuloksia on mahdollista parantaa myös tarkentamalla käytettävissä olevia laskentatietoja ja eri tuotteiden päästöarvoja sekä suorittamalla kohdetta koskevat simuloinnit ja laskelmat entistäkin kattavampina ja tarkempina.

Kustannusten näkökulmasta voidaan asiaa tarkastella joko elinkaarikustannusten lisäksi myös investointikustannuksen näkökulmasta. Nykyinen ratkaisu on osoittautunut tehokkaaksi myös investoinnin näkökulmasta, mikä näkyy esimerkiksi siinä, että hanke on valtion tukemaa kohtuuhintaista asuntotuotantoa. Nopea läpimenoaika on merkittävin investointikustannuksen kohtuullisuuteen vaikuttanut tekijä.

1.2 In English

Process to design and build carbonneutral apartment buildings -project is part of the carbonneutral built construction -program of the ministry of environment.

The target of the project was to develop a process that,

1. creates a inclusive picture of the cost- and emission impact of the different desing solutions
2. notice high prefabrication level and the fast lead time in emissions and costs
3. makes it possibly to continuously develop the concept towards carbonneutral zero emission targets

The project was executed by COfLOW and the main partner was Ramboll Finland. Calculations and research work was done on the basis of the real project: KOY Järvenpään Myllytie 14. There was also many other companies that includes to the ASSI-Ekosysteemi created by COfLOW, that took part in this project

Implementation was divided in separate phases. At first we considered the housing product developed by COfLOW on the basis of low carbon evaluation method developed by the ministry of environment. On the second phase the focus was in emissions of the construction phase and site facilities. In the next phase we defined the alternative solutions both in constructs but also in technical systems and their effect to the emissions. And in the fourth phase we formulated recommendations for the future projects and product development.

To handle the high amount of the possible solutions we fulfilled the simulation phase by utilizing the Zero By Ramboll servicemodel developed by Ramboll. The model makes it easy in the future to find the optimal solutions with low amount of data and calculations in the early phase of the construction project.

Main results of this project can be crystallized so that the product created by COfLOW is already in good level what comes to the lifecycle emissions (CO₂) and construction costs. The development work can be continued towards hybrid structures and choosing materials with low emissions and by lowering emissions during the construction phase also by shortening the construction phase. In the future it can be beneficial to use even more exact emission calculations and to make clever choices between materials. It is recommended also to make more exact simulations and calculations in the future concerning the usage-phase.

From the cost-aspect it is possibly also focus on investment costs. The product developed by COfLOW seems to be very effective also from that point of view. The project in Järvenpää is so called reasonable priced production funded by the state and because of that the production cost (investment price) cannot be too high.

2. Hankkeen tausta ja tavoitteet

Tällä hetkellä lähes kaikki asuinkerrostalohankkeet toteutetaan Suomessa ilman kokonaisvaltaista ymmärrystä siitä, miten eri suunnitteluratkaisut vaikuttavat rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen, investointi- ja elinkaarikustannuksiin sekä sisäilmaston laatuun. Asuntotuotantoprosessit ovat perinteisesti kustannusohjauspainotteisia ja edellyttävät suunnitteluvaiheen nopeaa läpimenoaikaa. Elinkaariarviot ja energia-analyysit toteutetaan usein vain toteavina, koska hankkeissa ei ehditä toteuttamaan aikaa vieviä optimointi- ja iterointikierroksia. Tällöin myös menetetään mahdollisuudet todelliseen vaikuttavuuteen ja jatkuvaan kehittymiseen.

COFLOW on 2020 perustettu rakennusliike, jonka tavoitteena on uudistaa asuinrakentamisan toimintamalleja kohti hiilineutraaliutta ja sujuvampaa toteutusprosessia. COFLOW on kehittänyt ASSI® (asuntoallianssi) konseptin palvelemaan asiakkaitaan rakennushankkeen toteutuksessa suunnitteluohjauksesta kohteen rakentamiseen ja takuuajaksi asti.

Kehityshankkeen tavoitteena on jatkokehittää ASSI® konseptin toimintamalleja ensimmäisistä hankkeista saatujen kokemusten perusteella kohti hiilineutraaliutta ja nettonollapäästöjä.

Kehityshankkeen tavoitteena on kehittää toimintamalli, joka

4. tuottaa kattavan kokonaiskuvan eri suunnitteluratkaisujen kustannus- ja päästövaikutuksista
5. huomioi korkean esivalmistusasteen ja nopeutetun läpimenoajan päästö- ja kustannusvaikutukset
6. mahdollistaa jatkuvan kehittymisen hankkeesta seuraavaan kohti hiilineutraaliutta ja nettonollapäästöjä

3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät

3.1 Hankkeen osapuolet

Hankkeessa on ollut useampia tärkeitä toteutukseen osallistuvia osapuoлия. Hankkeen päävastuullisena vetäjänä toimi COFLOW Oy.

Päävastuulliselle vetäjälle projektin toteutukseen liittyviä palveluja tarjosivat lähinnä Bravery Oy sekä NTKT Consult Oy, jotka tarjosivat COFLOW Oy:lle projektinjohtopalveluja sekä erilaisia asiantuntijapalveluja.

Varsinaista suunnittelupalvelua ja siihen liittyvää konsultointia hankkeeseen toi Ramboll Finland Oy. Kyseinen toimija on toiminut COFLOW:n Ekosysteemikumppanina kaikissa toteutetuissa kohteissa muun suunnittelun kuin arkkitehtuurin ja GEOsuunnittelun osalta.

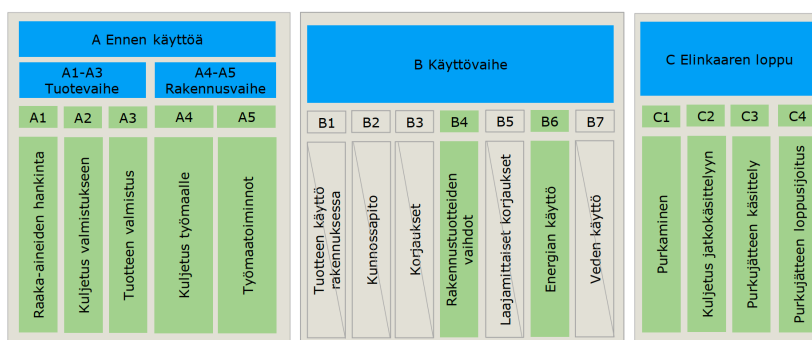
Lisäksi hankkeen toteutuksessa on satunnaisesti ollut mukana muita ASSI – Ekosysteemiin kuuluvia toimijoita. Näiden toimijoiden osallistumisesta hankkeeseen ei ole syntynyt projektille kuluja, mutta heidän osallistumisensa on osaltaan edesauttanut lopputulokseen pääymistä.

3.2 Käytetyt menetelmät

Kehityshanke toteutettiin vaiheistettuna prosessina joulukuun 2022 ja kesäkuun 2023 välillä. Raporttia täydennettiin vielä loppuvuodesta 2023.

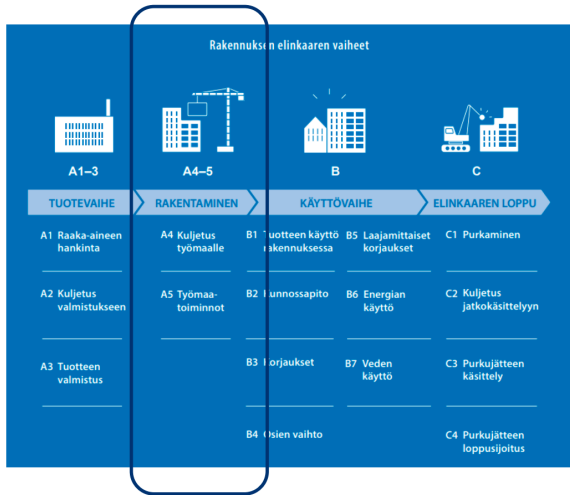


Vaiheessa 1 – Nykytilanteen tarkastelu, tarkasteltiin Järvenpään Myllytien elinkaaren aikaisia päästöjä verraten niitä vastaaviin hankkeisiin. Nykytilanteen tarkastelu tehtiin hyödyntäen Ympäristöministeriön julkaisemaa vähähiilisuuden arviointimenetelmää. Tarkastelun kestoksi rajattiin 50 vuotta ja tarkastelu suoritettiin määrittäen tuotesidonnaiset päästöt tärkeimmille rakenneosille, tilaosille ja taloteknisille järjestelmille.



Kuva. Rakennuksen elinkaaren vaiheet standardin EN15978 mukaisesti ja Ympäristöministeriön rakennusten vähähiilisuuden arviointimenetelmän hiilijalanjälkilaskentaan sisältyvät elinkaaren vaiheet

Vaiheessa 2 keskityttiin tarkastelemaan työmaavaiheen päästöjä. Työmaavaiheen päästöiksi lasketaan rakentamisen hiilijalanjälki eli kuljetukset työmaalle sekä työmaan toimintojen aiheuttamat päästöt.



Vaiheessa 3 suoritettiin kattavat vertailutarkastelut käytetyistä ja mahdollisista vähäpäästöisistä rakenneteknisistä ratkaisuista. Vertailutaso määritettiin esimerkkikohteen suunnitelmien perusteella. Kohteelle määritettiin rakenneosakohtainen hiilijalanjälki mukaan lukien perustukset, kantavat ja täydentävät rakenteet sekä talotekniikan keskeiset osat ja järjestelmät. Työmaavaiheen päästöt (=hukka) määritettiin CO2data.fi oletusarvojen perusteella. Lopuksi toteutettiin rakennusosakohtaiset vertailut valituille vaihtoehdoille kokonaisratkaisuille.

Vaiheessa 4 keskityttiin suorittamaan kattavat optimointitarkastelut talo- ja energia-tekniikan vähäpäästöisistä ratkaisuista sekä vertaamaan niitä käytettyihin ratkaisuihin.

Vaiheessa 5 yhdistettiin edellisten kohtien tulokset ja muodostettiin parannusehdotuksia nykyiseen toimintamalliin ja tuoteratkaisuun liittyen.

4. Hankkeen tulokset

4.1 Vaihe 1, nykytilanteen tarkastelu

Järvenpään Myllytien osalta laskettiin hiilijalanjälki Ympäristöministeriön julkaiseman vähähiilisuuden arviointimenetelmän mukaisella jaolla ja tulokset esitettiin seuraavasti:

Elinkaaren vaihe	Ilmaston lämpeneminen, rakennus (kgCO ₂ e/m ² /a) *
A1-A3	7,99
A4	0,39
A5	1,04
B4	1,14
B6	3,18
C1-C4	0,79
Hiilijalanjälki yhteensä	14,53

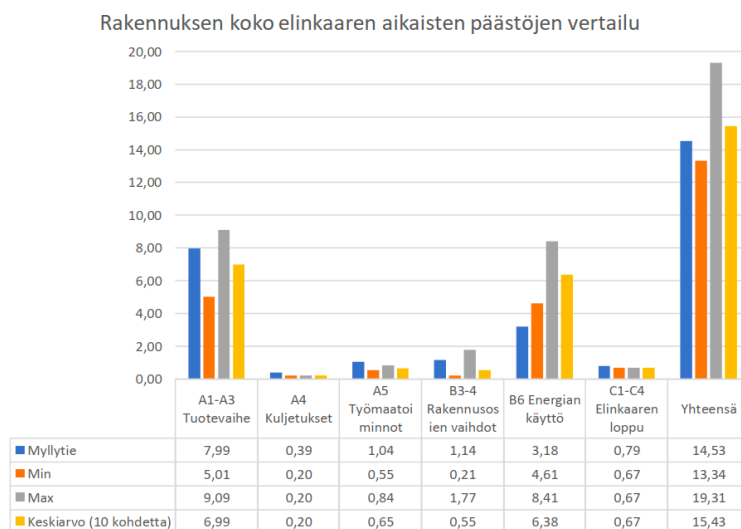
* ei sisällä biogeenisen hiilen sitoutumista

Saatuja tuloksia verrattiin muihin Rambollin laskemiin vertailukelpoiisiin asuinkerrostalokohteisiin ja voitiin todeta, että kohde on käytönaikaisen energiankulutuksen päästöjen osalta vertailuryhmän paras. Sen sijaan tuotesidonnaisten päästöjen osalta kohteen arvot ovat keskimääräistä korkeammalla tasolla.

Tähän löytyi kuitenkin selviä selittäviä tekijöitä kuten

- vaakarakenteisiin käytetyn Superlaatan suurempi hiilijalanjälki verrattuna esimerkiksi vähähiilisiin ontelolaattoihin (superlaattaa ei vielä toistaiseksi saa vähähiilisenä)
- talotekniikan päästöt kohollaan johtuen aurinkopaneelien suuresta määrästä
- ympäristöministeriön laskentamenetelmässä vuosien 2019 ja 2021 välillä tapahtuneet laskentatapojen muutokset
- COFLOW ei ole vielä valinnut tuotteeseen erityisen vähähiilisiä tuotteita

Vertailun tulokset esitetty seuraavassa kuvaajassa:



4.2 Vaihe 2, työmaavaiheen päästötarkastelu

Työmaalla oli tarkoitus pitää yllä kuormakohtaista kirjanpitoa, joka olisi mahdollistanut taulukkotarkastelua tarkemman hiilijalanjälkilaskennan työmaalle tuotuja materiaaleja koskien. Valitettavasti materiaalivirranhallinta ja kuormien seuraaminen ja kirjaaminen ei työmaaoiloissa osoittautunut yhtä helpoksi tehtäväksi kuin teoriassa oli ajateltu. Näin ollen A4 – tase jouduttiin määrittämään pelkästään laskennallisesti.

Työmaan toimintojen (A5) osalta tilanne oli sikäli helpompi, että jälkikirjanpito oli helpommin ja luotettavammin mahdollista energiankulutuksen osalta ja se suoritettiin loppuvuodesta 2023 vertaamalla työmaan todellisia kulutustietoja laskennallisesti määritettyihin tietoihin.

Työmaavaiheen toteutuneet päästöt ovat saatujen tulosten osalta jopa 86 %:ia taulukkoarvoja paremmalla tasolla. Vaikutus elinkaarenaikaisiin kokonaispäästöihin on jopa 5,7 %:ia.

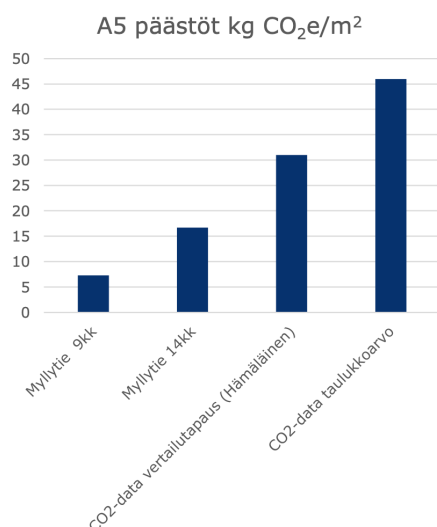
Tulokset ovat mahdollisia johtuen erittäin nopeasta läpimenoajasta ja työmaavaiheen aikana käytetyistä energiamuodoista, joista merkittävintä etua ovat tuottaneet kohteen lämmittäminen aurinkosähkön ja lopullisen maalämpöjärjestelmän keinoin jo rakentamisaikana.

Tutkimuksessa voitiin todeta, että sikäli kuin rakennusaika olisi vastannut tavanomaista (9 kuukauden sijasta noin 14 kk), olisivat energiankäytön päästöt olleet 44 %:ia suuremmat ja kokonaispäästöt 1,5 %:ia nyt toteutuneita suuremmat.

Johtuen siitä, että toteutuneissa kustannuksissa ei onnistuttu luotettavasti raportoimaan työmaalla käytettyjä polttoaineita eikä jätteiden kuljetukseen kuluneita kuljetuksia päädyttiin työryhmässä lopulta kuitenkin siihen, että edellä esitettyjä vaikutuksia ei sellaisinaan viedä tässä raportissa raportoitaviin tulostaulukoihin vaan raportointi suoritetaan taulukkoarvojen perusteella myös A5 osalta.

Kustannusnäkökulmasta voidaan todeta, että jokainen kuljettamatta jätetty kuorma olisi laskenut investointikustannuksia sen lisäksi että se merkittävästi vaikuttaa hiilijalanjälkeen. Energiankulutus ja uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen jo kohteen rakentamisvaiheessa pienensi merkittävästi kyseisten kuluerien määrää hankkeen käyttö- ja yhteiskustannuksissa (ns. 8-9-kustannukset).

CO₂LOW kehittää tiedonkeruuprosessiaan seuraavan rakennushankkeen osalta siten, että siellä kaikki olennaiset erät pystytään myös todentamaan ja siinä yhteydessä voidaan varmentaa saavutetut tulokset sekä sen pohjalta ottaa luotettavasti huomioon kyseiset toteutumatiedot kohteen hiilijalanjälkitason esittämisessä.



4.3 Vaihe 3, rakenteiden vähäpäästöiset ratkaisut

Rakenteiden osalta määritettiin tutkittavaksi erilaiset ratkaisut, jotka voisivat olla tutkimuksen kannalta ja tulevien kohteiden osalta mielenkiintoisia ja toteutuskelpoisia.

Tarkasteltaviksi ratkaisuksi valittiin:

- Betonirunko nykyisten suunnitelmien osalta
- Puu-hybridirunkoratkaisu, jossa ei-kantavat julkisivut, ei-kantavat väliseinät ja parvekkeet mallinnettiin puupohjaisina
- Puurunko, jossa pääosa rakenteista mallinnettiin puupohjaisina

Kussakin tarkasteltavassa ratkaisussa kiinnitettiin huomiota seuraaviin rakenteisiin:

Väliohjat	Ulkoseinät (0.17W/M2K)	Kantavat väliseinät	Ei-kantavat väliseinät (vertailtavuus tarkennettava ensimmäisen laskennan jälkeen)	Yläpohjaratkaisu	Yläpohjan eriste (0.09W/M2K)	Yläpohjan katemateriaali	Parveke
-----------	---------------------------	---------------------	---	------------------	---------------------------------	--------------------------	---------

Saavutetut tutkimustulokset on koottu seuraavaan vertailutaulukkoon jonka mukaisesti voidaan todeta, että kyseessä olevan kohteen toteuttaminen hybridi-rakenteilla pienentäisi hiilijalanjälkeä noin 5 %:a ja puurakenteilla yli 20 %:a.

Eri rakenteissa on kuitenkin mahdollista myös betonirakenteisella ratkaisulla merkittäviä päästösäästöjä käyttämällä vähähiilistä betonia sekä ”keventämällä” rakenteita järkipäristämällä niiden kokoa ja siten materiaalimenekkejä.

Tehdyn tarkastelun tulokset on viety Rambollin kehittämään ”Tableua-online” -järjestelmään jossa voidaan helposti simuloida erilaisten valintojen yhdistelmiä ja niiden mahdollistamia säästöjä.

4.4 Vaihe 4, talo- ja energiatekniikan vähäpäästöiset ratkaisut

Myös talo- ja energiatekniikan osalta määritettiin tutkittavaksi erilaiset ratkaisut, jotka voisivat olla tutkimuksen kannalta ja tulevien kohteiden osalta mielenkiintoisia ja toteutuskelpoisia.

Näissä ratkaisuissa simuloitiin ja laskettiin

- Rakennuksen investointi- ja elinkaarikustannukset
- Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki (YM menetelmän mukainen B6)
- Tavoite-energiankulutus ja E-luku
- Sisälämpötilaolosuhteet

Valituista suunnitteluratkaisuista muodostuu yhteensä noin 16800 kombinaatiota eli erilaista tapaa toteuttaa asuinkerrostalon talotekniset ratkaisut.

Jotta suuri ratkaisujen määrä pystyttiin hallitsemaan, toteutettiin simulointi Rambollin kehittämällä Zero By Ramboll -palvelumallilla.

Optimointiprosessi toteutettiin kolmessa päävaiheessa:

Energialaskenta

- o Referenssikohteesta rakennettiin energiasimulointimalli IDA ICE -ohjelmistolla
- o Energiamalli sisältää rakennuksen kaikkine tiloineen, talotekniset järjestelmät, energiantuotantjärjestelmät, ohjaukset ja automatiikan, rakenneratkaisut jne.
- o Simuloinnit ovat dynaamisia, ja ne tehtiin tunnin tarkkuustasolla yhden vuoden tarkastelujaksolle.
- o E-luku ja kesäajan olosuhdesimulointi Hki-Vantaa TRY2012 säädataa käyttäen
- o Tavoite ja S2-luokan olosuhdesimulointi Vantaa TRY2020 säädataa käyttäen
- o Simulointien tuloksena saatiin kaikille tarkasteltaville vaihtoehdoille:
 - ✓ E-luku
 - ✓ Energiankulutuksen CO₂ -päästöt
 - ✓ Energiantarve (lämmitys, viillennys, sähkö)
 - ✓ Energiantuotannon rakenne
 - ✓ Ostoenergian kulutukset
 - ✓ Lämpötilaolosuhteet

Kustannuslaskenta

- o Kustannuslaskenta perustuu eri muuttujien välisiin investointi- ja käyttökustannuksiin.
- o Kustannustiedot on kerätty useista eri lähteistä siten, että muuttujien keskinäiset kustannukset ovat vertailukelpoisia.
- o Eri järjestelmien investointikustannukset perustuvat joko teknologiatuottajilta saatuihin budjettihintoihin tai Rambollin omaan kustannustietokantaan.
- o Tableau-ympäristössä on mahdollista herkkyytstarkastella lukuja muuttamalla esimerkiksi sähkönhintaa, laskentakorkoa ja eri inflaatioita.
- o Tuloksena saatiin eri suunnitteluratkaisujen:
 - ✓ Vaikutukset investointikustannuksiin
 - ✓ Vaikutukset elinkaarikustannuksiin

Tulosten visualisointi

- o Jokainen prosessin osa tuottaa suuren määrän dataa (tuloksia)
- o Kaikki data yhdistetään yhdeksi suureksi tietokannaksi, joka sisältää kaikki tarkastelun tulokset (tuhansia tietopisteitä)
- o Tietokanta luetaan Tableau -ohjelmistoon, jossa data muokataan helposti ymmärrettävään muotoon.
- o Tableau-ohjelman visualisoinneilla voidaan tehokkaasti analysoida ja tulkita tuloksia.
- o Visualisoinnit jaetaan pilvipalvelun kautta ja ne ovat keskeisin työkalu tulosten analysointiin.

Tehdyssä tarkastelussa voitiin huomata, että rakennuslupavaiheen E-lukulaskennan ja tarkemman järjestelmäsimoionnin välillä oli eroa maalämpöjärjestelmän energiapeitossa. Tarkennetun simuloionnin jälkeen alkuperäinen hiilijalanjälki muodostuikin seuraavasti:

Elinkaaren vaihe	Ilmaston lämpeneminen, rakennus (kgCO ₂ e/m ² /a) *
A1-A3	7,99
A4	0,39
A5	1,04
B4	1,14
B6	2,62
C1-C4	0,79
Hiilijalanjälki yhteensä	13,97

Varsinaisessa tarkastelussa kiinnitettiin huomiota seuraaviin muuttujiin:

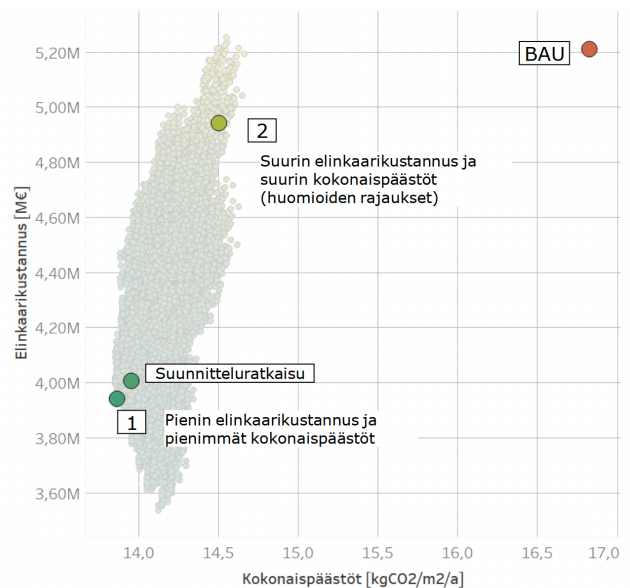
§	Ikkunoiden koko	Ikkunoiden tekniset ominaisuudet	Julkisivurakenteet	Lämmön- ja jäähdytyksen tuottojärjestelmä	Viihennys asunnoissa	Ilmanvaihtokone PRSH	Aurinkovoimala	Märkätilöiden mukavuus-lämmitys	Energiaohjaus
---	-----------------	----------------------------------	--------------------	---	----------------------	----------------------	----------------	---------------------------------	---------------

Kun kaikki halutut ratkaisut oli simuloitu, syntyi niistä jo edellä mainittu noin 16.800 vaihtoehtoista tapaa toteuttaa asuinkerrostalo.

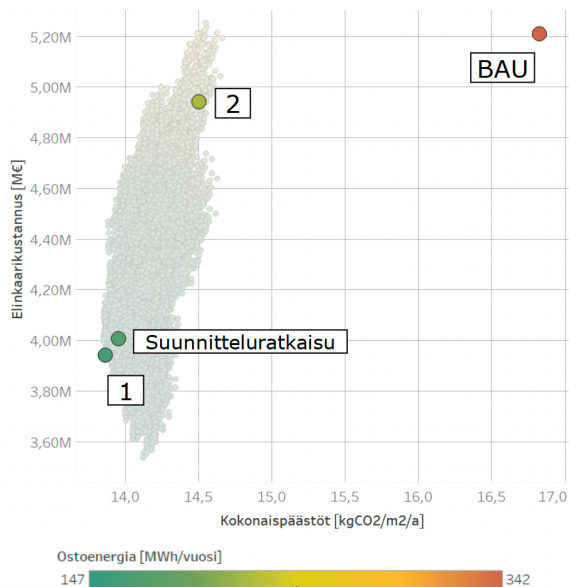
Saadun tulokset vietiin tietokantaan, josta niitä voi tarkastella erilaisilla valinnoilla. Tulosten analysointi ja saatujen tulosten hyödyntäminen edellyttääkin rakennetun tietokannan työstämistä ja tulosten huolellista analysointia aina uuden kohteen ratkaisuvaihtoehtojen yhteydessä.

Seuraavassa on esitetty muutamia näkökulmia tietokannasta:

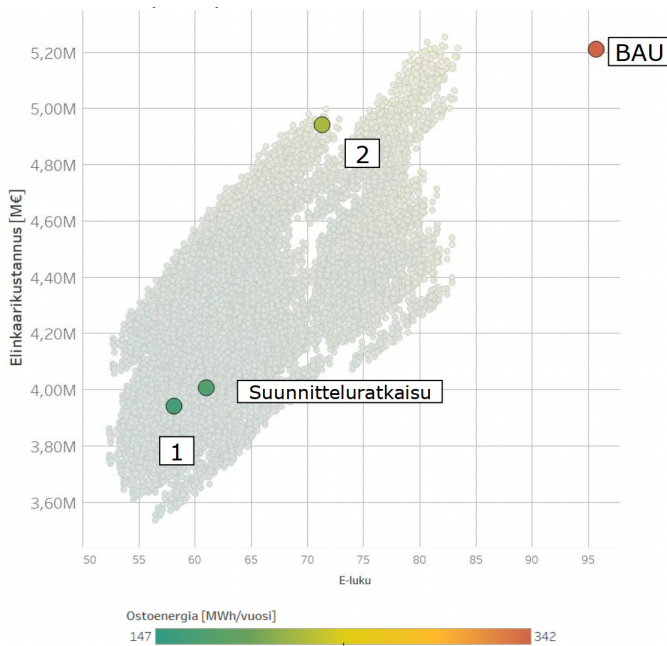
Muuttuja/Vaihtoehto	1	2	Suunnitteluratkaisu	BAU tilanne
Skenaario	667	16750	10222	16801
Skenaariokuvaus	Pienin elinkaarikustannus ja pienemmät CO2 päästöt	Suurin elinkaarikustannus ja suurimmat CO2 päästöt	Suunnitteluratk.	Business-asuusal
Asuinkerrostalojen ikkunoiden koko	53 %	140 %	100%	100%
Ikkunoiden tekn. ominaisuudet	0.8 / 53 %	0.65 / 27 %	1.0 / 52 %	1.0 / 52%
Ulkoseinä/Yläpohja	0.17 / 0.09	0.35 / 0.29	0.17 / 0.09	0.17 / 0.09
Lämmitysjärjestelmä	Maalämpö suunnitteluratk.	VILP+ Kaukolämpö	Maalämpö+sähkökattila	Kaukolämpö
Tilajäähdytys	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
PRSH ilmanvaihtokone	LTO	Poistoilmapuhallin	Poistoilmapuhallin	LTO
Aurinkovoimala	Katto 41 kWp	E-luku (A-luokka) 30 kWp	Katto 41 kWp	0 kWp
Märkätilöiden mukavuuslattialämmitys	Neste	Sähkö	Sähkö	Sähkö
E-luku [kWhE/m ² /vuosi] (tavoite A-luokka 75 kWhE/m ² /a)	53	71	61	96
S2-luokan olosuhteen pysyvyys (tavoite 80 %)	100,0%	100,0%	99,8%	80,0%
Kesäajan astetunnit, pahin tila (määräystaso <150 °Ch)	0	0	0	748,2
Kokonaispäästöt [kgCO ₂ e/m ² /a]	13,86	14,48	13,85	16,83
Investoinnit [€]	1,45M	1,29M	1,41M	1,16M
Elinkaarikustannus 50v. [€]	3,94M	4,94M	4,01M	5,21M
Elinkaarikustannus vrt. suunnitteluratkaisu	98 %	123 %	100 %	130 %



Elinkaarikustannus / Kokonaispäästö -näkökulma

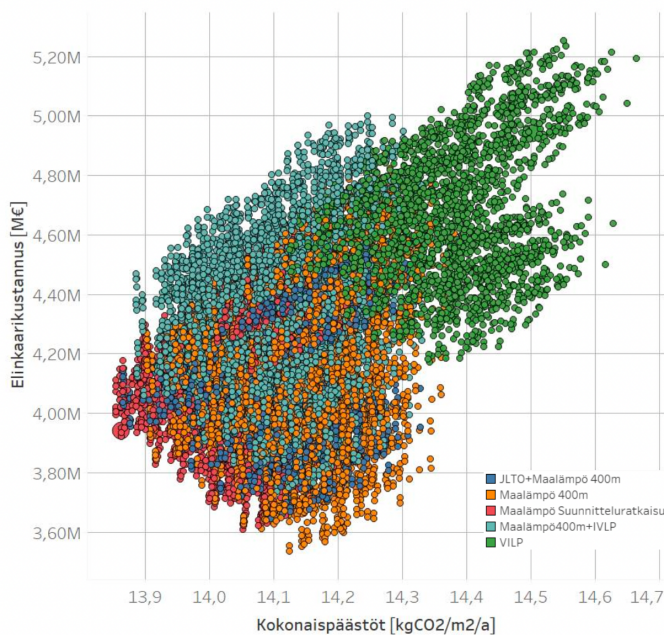


Elinkaarikustannus / E-luku – näkökulma

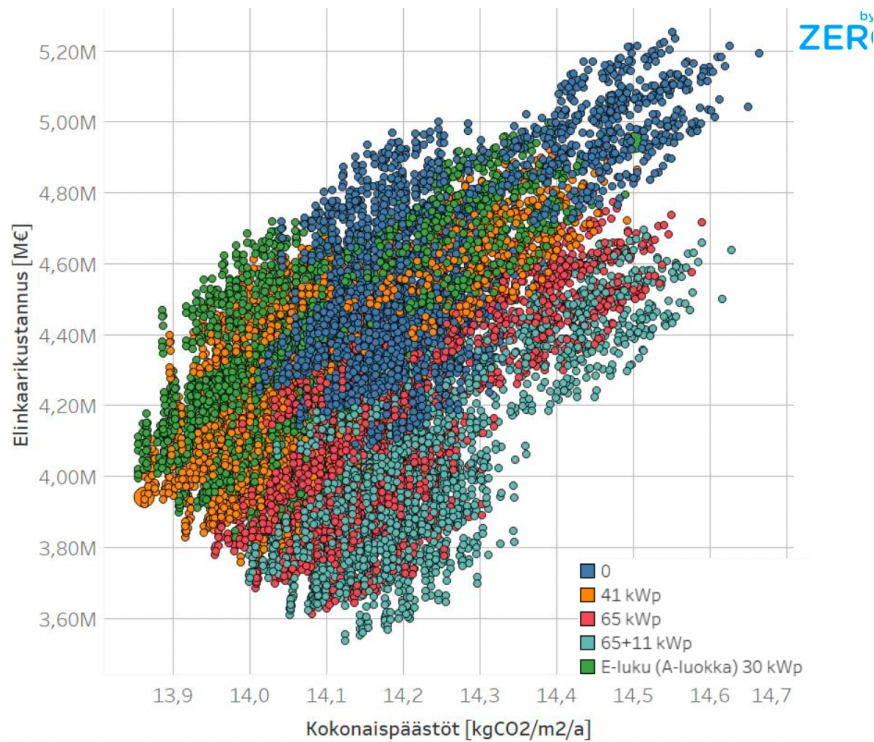


Järjestelmästä voi myös tulostaa yksittäisiä muuttujia koskevia pistepilviä. Seuraavassa voi hyvin havaita, kuinka nestekiertoinen kylpyhuoneen lattialämmitys on investoinneiltaan kalliimpi mutta olisi kuitenkin päästöjen kannalta järkevämpi. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että lattialämmityksellä varustetussa talossa (kuten suunnitteluratkaisu) olisi järkevää varustaa KPH nestekiertoisella lattialämmityksellä (nykyisin sähköinen).

Seuraavassa vertailtu erilaisia päälämmitysmuotoja:



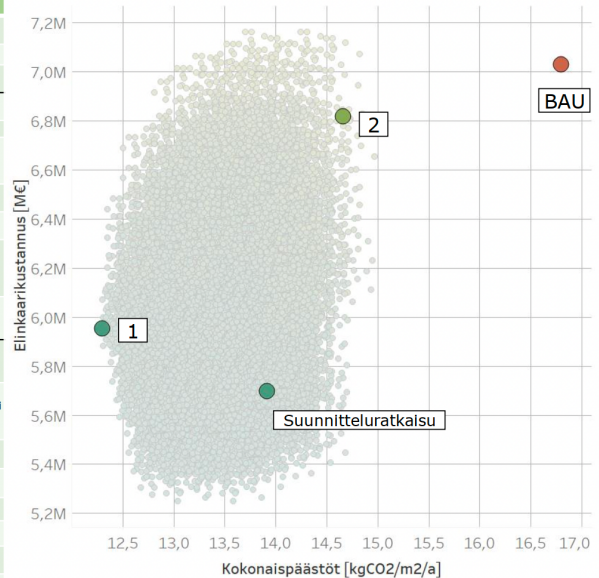
Seuraavassa kuvaajassa puolestaan arvioitu erilaisten aurinkosähköjärjestelmien vaikutusta kokonaispäästöihin.



4.5 Vaihe 5, kokonaiskuva vähäpäästöisistä ratkaisuista koko elinkaarelle

Lopulta tehtiin kokonaistarkastelu tietyillä valituilla muuttujilla. Esitys tästä seuraavassa:

Muuttuja/Vaihtoehto	1	2	Suunnitteluratkaisu	BAU tilanne
Skenaario	25205	2400	37	26881
Skenaarion kuvaus	Plenin EKK&CO ₂	Suurin EKK&CO ₂	Suunnitteluratk.	Business-as-usual
Asuinrakennusten ikkunoiden koko	53 %	140 %	100 %	100 %
Ikkunoiden tekn. ominaisuudet	0.8 / 38 %	0.65 / 27 %	1.0 / 52 %	1.0 / 52 %
Yläpohja	0.09	0.09	0.09	0.09
Lämmitysjärjestelmä	Maalämpö suunnitteluratk.	VILP+ Kaukolämpö	Maalämpö+ sähkökattila	Kaukolämpö
Aurinkovoimala	E-luku (A-luokka) 30 kWp	E-luku (A-luokka) 30 kWp	Katto 41 kWp	0 kWp
Märktilöiden mukavuuslattialämmitys	Neste	Sähkö	Sähkö	Sähkö
Kantavat väliseinät	Vähähillinen betonielementti	Betonielementti (sis. 120 mm betoniväliseinät)	Betonielementti (sis. 120 mm betoniväliseinät)	Betonielementti (sis. 120 mm betoniväliseinät)
Parveke	Betonilaatta -20 %; pilarit; parvekelasitus	Betonilaatta -20 %; pilarit; parvekelasitus	Betonilaatta; Parvekepieli; parvekelasitus	Betonilaatta; Parvekepieli; parvekelasitus
Ulkoseinä	Vähähillinen sisäkuori+puuverhoilu	Sandwich-Elementti US	Sandwich-Elementti US	Sandwich-Elementti US
Välipohja	Vähähillinen ontelolaatta +massiivilaatta+ontelolaatta	Superilaatta+massiivilaatta+ontelolaatta	Superilaatta+massiivilaatta+ontelolaatta	Superilaatta+massiivilaatta+ontelolaatta
Yläpohjalaatta ja kattomuoto	Superilaatta; harjakatto	Superilaatta; tasakatto	Superilaatta; harjakatto	Superilaatta; harjakatto
Yläpohjan eriste	Ekovilla (harjakatto)	Papueriste (Tasakatto)	Ekovilla (harjakatto)	Ekovilla (harjakatto)
Yläpohjan kate	Bitumikermi	Bitumikermi	Bitumikermi	Bitumikermi
E-luku [kWhE/m ² /vuosi]	62	68	61	96
Kokonaispäästöt [kgCO ₂ e/m ² /a]	12,30	14,66	13,92	16,80
Investoinnit [€]	3,46M	3,36M	3,25M	2,98M
Elinkaarikustannus 50v. [€]	5,95M	6,82M	5,70M	7,03M
Elinkaarikustannus vrt. suunnitteluratkaisu	104 %	120 %	100 %	123 %



65

Kuvaajan perusteella voidaan hyvin päätellä, että COfLOW:n suunnitteluratkaisu on ratkaisuna elinkaaren kokonaispäästöjen ja kustannusten kannalta hyvällä tasolla.

Kokonaispäästöjen kannalta on kuitenkin vielä paljon mahdollisuuksia jäljellä:

- hybridirakenteet ja vähähiilisten materiaalien käyttö
- rakennustuotteiden laskentatietojen täsmentäminen tuotekohtaisilla arvoilla
- todellisten toteumatietojen täydentäminen etenkin rakennusaikaisia päästöjä koskien mutta myös materiaalien todellista määrää ja hukkaa koskien
- vielä tehtyäkkin tarkemmat simuloinnin ja toteumatiedot talo- ja energiateknisten järjestelmien toimivuudesta käytön aikana

Kustannusten näkökulmasta päästöleikkauksissa on kuitenkin hyvä olla tarkka ja huolellinen. Kustannustason ollessa jo tässä vaiheessa varsin optimaalisella tasolla on olemassa riski sille, että väärillä valinnoilla kustannustaso ei säily yhtä optimaalisena. Laadittujen työkalujen avulla asiaa on kuitenkin helppo analysoida niin hanke- kuin talosuunnitteluvaiheissakin.

5. Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset

Hanke on sellaisenaan merkittävästi lisännyt COfLOW:n ymmärrystä omaa tuotettaan ja sen hiilijalanjälkeä koskien. Vaikka yrityksen tuottamien asuntojen määrä sen olemassaolon aikana on vasta 231 asuntoa, voidaan olettaa tämän ymmärryksen jatkossa merkittävästi lisäävän yrityksen panostuksia ja pyrkimyksiä kohti vähähiilisempää tuotetta ja projekteja.

Työn yhteydessä siihen on osallistunut myös suuri joukko COfLOW:n kumppanuusyhtiöitä, jotka osaltaan vaikuttavat merkittävästi COfLOW:n rakentaman ympäristön vähähiilisyteen mutta sen lisäksi myös monien muiden rakentajien vastaavaan tuotantoon.

Näin ollen voidaan arvioida, että hanke on vaikuttanut jo Järvenpään CASE-kohteessa jonkin verran, mutta että se tulee vaikuttamaan merkittävästi jatkossa COfLOW:n tuottamassa asuntotuotannossa ja sen kerrannaisena myös muiden toimijoiden tuotannossa rakennettavan uudistuotannon vähähiilisyteen.

Kyseinen hanke on vaikuttanut myös siinä mukana olevien henkilöiden osaamiseen vähähiilisyysasioihin liittyen sekä nostanut heidän innostustaan jatkaa osaamisen kehittämistä ja vähähiilisten hankkeiden kehittämistä jatkossa.

6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Hankkeen pääviestintäkanava on ollut COfLOW:n LinkedIn – profiili. Yritys on siellä tiedottanut hankkeesta mutta myös sen tuottamista tuloksista suunnitellulla tavalla. Yrityksellä on hieman toistatuhatta sen toiminnasta kiinnostunutta seuraajaa, jotka pääosin operoivat rakennusklusterissa ja pystyvät siten hyödyntämään saamaansa tietoa monin eri tavoin. Samaa tietoa on edellisten lisäksi jaettu myös yrityksen Facebook-sivuilla.

Hanke on edellisten lisäksi ollut pysyvästi mukana myös yrityksen esittely- ja myyntikalvoilla ja se on herättänyt paljon keskustelua monissa sidosryhmätapaamisissa. Analysointityökalun valmistuttua yritys on esitellyt myös sen toimintaa ja ominaisuuksia useammille asiakkailleen.

Edellisten lisäksi hanke on osallistunut Ympäristöministeriön Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelman yhteisiin viestintätilaisuuksiin sovitulla tavalla ja jakanut siellä tietoa projektin tavoitteista, etenemisestä ja tuloksista. On sovittu, että hankkeen päättämisen jälkeen hanke vielä esitellään kyseisen foorumin seuraavassa esittelytilaisuudessa.

Viestintä olisi voinut olla hankkeen aikana vielä systemaattisempaa ja toistuvampaa. Valitettavasti pienessä yrityksessä ei kuitenkaan ole riittänyt resurssia viestinnän laajempaan suunnitteluun ja toteutukseen vaan on pyritty yhdistämään se muuhun viestintään mahdollisimman tehokkaalla tavalla. Laadittua viestintäsuunnitelmaa voidaan kuitenkin katsoa noudatetun mahdollisimman hyvin.

7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

Hankkeesta saadut tulokset ovat olleet varsin konkreettisia ja helposti ymmärrettäviä. On hyvin todennäköistä, että COfLOW pystyy hyvinkin suurelta osin ja tehokkaasti hyödyntämään saatuja tuloksia heti seuraavien hankkeidensa suunnittelussa ja kerrostalotuotteensa kehittämisessä.

On myös osoittautunut, että hanke on ajallisesti osunut erittäin hyvään hetkeen. Rakennusalan investorimarkkina, jossa COfLOW tuotetaan markkinoi, on yhä voimallisemmin suunnannut kohti vähähiilisempien rakennusten tuottamista ja siten on ollut ilahduttavaa huomata, että varsin monien potentiaalisten asiakkaiden kanssa on syntynyt varsin hyvää ja syvällistä keskustelua hankkeeseen ja tuotteen vähähiilisyyteen liittyen.

Vaikka markkinassa juuri tällä hetkellä on paljon heiluntaa, on hyvin todennäköistä, että hankkeen tulokset ovat kestäviä ja niitä voidaan hyödyntää tulevana vuosina hyvinkin tehokkaasti ilman että ne vanhenisivat tai muuttuisivat millään tavalla hyödyntämiskelvottomiksi.

Tulokset ovat myös sillä tavalla hyödyllisiä, että niiden pohjalta tullaan käynnistämään monenlaisia kehityshankkeita ekosysteemikumppaneiden tuotteita ja tuotantoa koskien. Tämä tulee tuottamaan niin heille kuin COfLOW:llekin uusia liiketoimintamahdollisuuksia, kun vähähiilisyyteen liittyvät tavoitteet ja vaatimukset entisestään tulevana vuosina tiukkenevat ja ohjaavat alan toimintaa ja ostokäyttäytymistä kohti vähähiilisempää tulevaisuutta.

8. Talousraportti

Jo hankkeen budjettia rakennettaessa tiedettiin hankeinvestoinnin olevan COFLOW:lle sen lyhyen olemassaolon merkittävin kehitysinvestointi. Tämä on erityisesti korostunut rajusti supistuvassa asuntorakentamismarkkinassa, jossa hankkeita ei ole ollut saatavilla suunnitellulla tavalla.

Hanke ylitti hieman hankebudjetissa asetetut raamit siten, että investointi on keskitetty pääkonsultti Rambollin ja sitä tukevien projektia johtavien toteutusresurssien Bravery Oy ja NTKT Consult Oy kuluihin ja suoritteisiin. Koska budjetoitu kustannus ylittyi, ei COFLOW ole lähtenyt esittämään edellä esitettyjen lisäksi mitään muita sille hankkeesta syntyneitä kustannuksia joiden määrä ei sinällään kokonaisuuden kannalta kovinkaan merkittäviä olisikaan.

Tarkempi kuvaus syntyneistä kuluista tämän raportin liitteenä.

9. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Kokonaisuutena voidaan todeta, että tämä hanke ja koko Vähähiilisen rakentamisen ohjelma on ainakin tässä hankkeessa mukana olleille toimijoille ollut erittäin hyödyllinen mahdollisuus päästä syventymään aihealueeseen. Ilman kyseistä ohjelmaa ja rahoituksellista tukea ei näin pienellä yrityksellä olisi ollut varaa vastaavaan investointiin pelkällä omalla rahoituksella.

Onkin suositeltavaa jatkaa vastaavaa toimintaa ja ohjata vastaavaa tukea etenkin pienille ja keskisuurille yrityksille, joiden kehitysresurssit eivät ole samalla tasolla kuin suuremmissa yrityksissä.

Hanke on myös saanut hyvää sparrausta ja tukea sitä ohjaavilta tahoilta. Ehkäpä itse raportointiin olisi vielä hyvä saada lisää apua ja konkreettisia neuvoja, jotta siitä ei muodostuisi sellaista kokemusta, ettei vastaaviin hankkeisiin enää uskalleta resurssien puutteen vuoksi ryhtyä.

Vaikka markkina ja ajat ovat haastavat, on hyvä jatkossakin vastaavanlaisia kehitysohjelmia rakentaa ja kannustaa myös pieniä yrityksiä mukaan toimintaan.

10. Yhteenveto hankkeen päätuloksista

Hankkeen päätulokset voidaan kiteyttää seuraavaan:

- COfLOW:n suunnitteluratkaisu on elinkaaren kokonaispäästöjen ja kustannusten kannalta hyvällä tasolla. Sama koskee investointikustannusten tasoa.
- Hybridirakenteet sekä vähäpäästöiset materiaalit tarjoavat jatkossa lisämahdollisuuksia vähentää elinkaaren aikaisia päästöjä nykytasosta
- Useiden rakennustuotteiden laskenta on toteutettu tyyppiarvoilla todellisten ympäristöselostetietojen puuttuessa
 1. todellisuudessa useiden tuotteiden päästöt voivat olla nykytilannetta pienempiä tai ympäristöselosteen laadintaprosessi voi auttaa tuotevalmistajia löytämään tuotteistaan päästövähennysmahdollisuuksia
 2. On erittäin tärkeää luoda kulttuuria ja toimintamalleja, jotka kannustavat tuotetoimittajia yksilöimään tuotteidensa ympäristöselosteita ja tekemään valintoja, jotka pienentävät aiheutettua hiilijalanjälkeä
- Talo- ja energiatekniikan kannalta tulevissa hankkeissa suositellaan toteutettavan tarkemmat energiajärjestelmän ja aurinkoenergiaratkaisun simuloinnit järjestelmän todellisen potentiaalin huomioimiseksi
 1. Tarkempia tavoitekulutuslaskentoja on mahdollista hyödyntää kohteen energiajärjestelmän toiminnan käytönaikaisessa optimoinnissa ja varmistaa asetettujen kulutustavoitteiden toteutuminen
 2. Olisi myös hyödyllistä olla toteuttajana läsnä kiinteistön käyttö- ja ylläpitovaiheessa, jotta voidaan todentaa miten asetetut tavoitteet käytännössä toteutuvat.

In English

Main results of this project can be crystallized in following points:

- The product created by COfLOW is in good level what comes to the lifecycle emissions (CO₂) and construction costs. Also investment costs are in quite reasonable level.
- Hybrid structures and materials with low emissions can offer more opportunities to cut the lifecycle emissions from the present state in the future.
- In many cases and materials the emission calculations in this project have been executed with typical values instead of real ones because there is not exact calculations and values concerning all the materials and solutions
 1. In reality emissions could be lower in many materials and also the careful calculation of the emissions can help the producers to find more or better possibilities to lower the emissions of their own products
 2. It is very important to create processes and culture that encourages suppliers to personalize the environmental descriptions and emission calculations and at the same time make the choices that lower the emission levels.
- What comes to the technical systems and energytechnic it is recommendable to make even more precise simulations and calculations to observe the real potential in energy systems and solar energy solutions
 1. More precise calculations can be utilized in optimizing the usage-phase and to make sure that set targets in consumption are correct

2. It would also be beneficial if the producers could be responsible for the maintenance in usage and maintenance phase just to make sure that the set targets come true in real environment.

11. Liitteet

Liite 1 Ramboll loppuraportti

Liite 2 Kustannuserittelyraportti