



YM - Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelma

SorviCO2 – Loppuraportti

Sisällysluettelo

1. Tiivistelmä	2
2. Hankkeen tausta ja tavoitteet	2
3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät.....	3
4. Hankkeen tulokset.....	3
5. Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset	7
6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset.....	7
7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen	8
8. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten	8
9. Yhteenveto hankkeen päätuloksista	8
LIITE 1. Käyttäjäkysely.....	9



1. Tiivistelmä

Rakennusalan ilmastovaikutuksiin pystytään vaikuttamaan tehokkaimmin, kun tunnistetaan rakentamisprosessin eri vaiheiden päätöksentekoa eniten ohjaavat seikat. Vähähiilisyiden edistämisen kannalta yhtenä tärkeimpänä läpileikkaavana toimintana koko rakennushankkeessa on suunnittelu. Tässä hankkeessa on luotu rakennesuunnitteluun toimintamalli, jolla rakennuksen suunnittelussa tehtyjen valintojen ilmastovaikutusten läpinäkyvyys lisääntyy, joka puolestaan mahdollistaa hankkeen ohjaamisen kohti mahdollisimman vähähiilistä kokonaisratkaisua. Toimintamallia on konkretisoitu kehittämällä suomalaisten rakennusalan toimijoiden vapaaseen käyttöön digitaalinen suunnittelutyökalu välipohjan mitoittamiseen.

The climate impacts of the construction sector can be most effectively affected by identifying the factors that most guide decision-making in the various stages of the construction process. From the point of view of promoting low-carbon construction, one of the most important cross-cutting activities is the planning. This project has created an operating model for structural design to increase the transparency of the climate impacts of choices made in the design of the building. The operating model has been concretized and demonstrated by developing a digital design tool for design of intermediate floor for the free use of Finnish construction stakeholders.

2. Hankkeen tausta ja tavoitteet

Hankkeen päätavoitteena on havainnollistaa konkreettisella tavalla rakennusprosessin eri osapuolille tehtävien suunnitteluratkaisujen vaikutuksia rakentamisen vähähiilisyyteen ja ilmastovaikutuksiin. Hankkeen taustalla on tietoisuus siitä, että valitettavan usein erikoisosaamista tarvittavissa suunnittelupäätöksissä eri vaihtoehtojen valinnan vaikutusta vähähiilisyyteen on hankala viedä hankkeen kaikkien osapuolien tietoon. Tällöin hiiliviisaan rakentamisen kannalta isotkin päätökset voivat rajautua merkittävästi yhden erikoissuunnittelijan subjektiivisen näkemyksen mukaan. Hankkeen keskeinen idea on tehdä yhden keskeisen erikoissuunnittelua vaativan rakenneosan suunnitteluvalintojen vaikutus läpinäkyväksi rakennushankkeen kaikille sidosryhmille. Havainnollistamiskohteeksi on valittu kerrostalo- ja toimistorakentamisessa käytettävä välipohja siihen liittyvien monimutkaisten suunnittelua vaikeuttavien ilmiöiden vuoksi. Välipohja on koko rakennushankkeessa hyvin keskeinen rakennusosa koko rakennuksen materiaali- ja samalla vähähiilisyiden kannalta. Suuremmin kärjistämättä voidaan sanoa, että jos rakennusprojektin luonnosvaiheessa todetaan, että vain betoninen ontelolaattavälipohja täyttää vaadittavat tekniset kriteerit, se predestinoidi myös rakennuksen rungon betoniseksi.

Hankkeessa on tehty rakennusalan toimijoiden vapaaseen käyttöön välipohjan luonnossuunnitteluun työkalu, joka ehdottaa erityyppisiä rakenneratkaisuja käyttäjän määrittelemään suunnittelukohteeseen. Suunnittelutyökalu hyödyntää tietokantoja nykyisin yleisessä käytössä olevista puisista sekä betonisista välipohjaratkaisuisista huolehtien samalla käyttökohteen värähtely-,



ääneneristys- sekä palonkestovaatimuksien täyttymisestä. Suunnittelutyökalu mitoittaa eurokoodi EC5 mukaisesti annetuilla lähtötiedoilla optimaalisen CLT-runkoisen sekä viilupuuta (LVL) hyödyntävän avokotelotyypin välipohjarakenteen pintakerroksineen. Lisäksi ohjelma vertaa näitä puuvälipohjia optimaalisesti valittuun ontelolaataan.

Hanke on toteutettu aikavälillä 1.10.2022 - 30.9.2023. Hankkeemme on saanut tukea ympäristöministeriöltä Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelmasta, jonka rahoitus tulee EU:n kertaluonteisesta elpymisvälineestä.

3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät

Hankkeen toteuttajana on ollut Sorvimo Optimointipalvelut Oy. Suunnittelutyökalun toiminnallisuuden määrittelyssä on hyödynnetty toteuttavan yrityksen laajoja yhteistyöverkostoja (kts. Liite 1) sekä alan tuoreimpia tutkimustuloksia.

4. Hankkeen tulokset

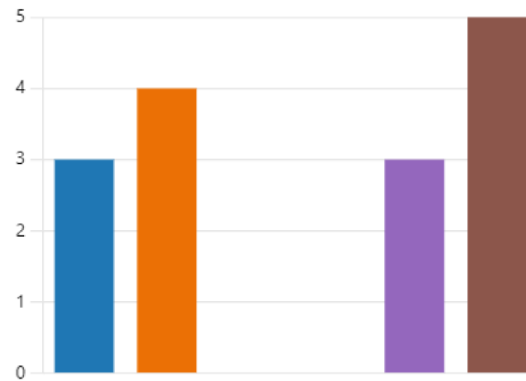
Hankkeessa tavoiteltiin verrattain yksinkertaisen suunnitteluohjelman tekemistä. Jo ennen hankkeen alkua oli kuitenkin selvää, että elinkaarilaskennan uudistuvien käytäntöjen sekä hankkeen paremman vaikuttavuuden vuoksi olisi käsiteltävä yhden rakenneosan sijaan monimutkaisempaa kokonaisuutta. Tämän vuoksi hankkeessa päädyttiin toteuttamaan monikerrosrakentamisessa käytettävän välipohjan suunnittelutyökalu, joka on kaikkien vapaasti ja helposti käytettävissä nettisivun kautta (www.sorvimo.com/tools).

Jo hankesuunnitelmassa tunnistettiin tarve vaikuttaa nykyisiin rakennusprojektien tyypillisiin toimintatapoihin. Tuomalla läpinäkyvästi kaikkien osapuolien tietoon erilaisten rakenneratkaisujen ilmastovaikutukset pystyttäisiin parhaiten vaikuttamaan koko rakennusalaan. Tätä taustaa vasten edellä kuvattu hankkeessa tehty suunnittelutyökalu on tarkoitettu minkä tahansa hankeosapuolen käytettäväksi, eikä sitä pidä käsittää vain rakennesuunnittelijan työkaluksi. Työkalua voi käyttää esimerkiksi arkkitehti, joka saa työkalun avulla selvitettyä miten tilasuunnitelman tuottamat jännevälit vaikuttavat materiaalivalintoihin, ja sitä kautta koko hankkeen hiilijalanjälkeen. Suunnittelutyökalu on nähtävä myös esimerkkinä helppokäyttöisestä, läpinäkyvästä ja avoimesta työkalusta, jollaisia rakennusalan toimijat voisivat tuottaa moneen muuhunkin suunnittelukohteeseen.

Hankkeen aikaisten tulosten mittaamiseksi toteutettiin laajahko käyttäjäkysely, joka lähetettiin 160 puurakentamisen sektorilla työskenteleville asiantuntijoille (arkkitehdit, rakennuttajat, tuoteteollisuus, suunnittelijat). Käyttäjäkysely on esitetty Liitteessä 1, ja muutamia sen keskeisiä tuloksia on esitetty kuvissa 1-3 sekä taulukoissa 1 ja 2. Käyttäjäkyselyyn saatiin kirjallista palautetta 14 henkilöltä sekä suullista palautetta 5 henkilöltä.

1. Missä roolissa toimit puurakentamisessa (0 piste)

● Arkkitehti	3
● Rakennesuunnittelija	4
● Rakennuttaja	0
● Rakentaminen	0
● Tuotetoimittaja	3
● Jokin muu	5



2. Puurakentamiseen liittyvä kokemuksesi vuosina (0 piste)

● Alle 1 vuosi	0
● 1-5 vuotta	5
● 6-10 vuotta	2
● Yli 10 vuotta	7



3. Kuinka hyvin tunnet puurakenteisten välipohjien rakenneratkaisuja? (0 piste)

● En lainkaan	0
● Jonkin verran	4
● Hyvin	6
● Tunnen ne erittäin monipuolisesti	4



4. Kuinka hyvin tunnet puurakenteisten välipohjien rakennesuunnittelun mitoitusmenetelmiä? (0 piste)

● En tunne lainkaan	3
● Jonkin verran	5
● Monipuolisesti	2
● Erittäin kattavasti	4



Kuva 1. Kyselyyn kirjallisesti vastanneiden taustatiedot.

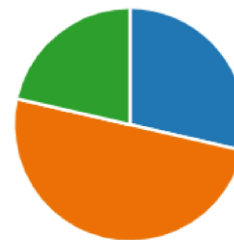
5. FLOOR DESIGN -työkalu on tarkoitettu esisuunnittelun apuvälineeksi, jolla voidaan tuoda vertailuun jännevälisiä riippuen erilaisia puuvälipohjaratkaisuja perinteisen ontelolaatan rinnalle. Kuinka hyödyllisenä koet ohjelman tätä käyttötarkoitusta silmälläpitäen?

● Erittäin hyödyllisenä	5
● Hyödyllisenä	7
● Vain vähän hyödyllisenä	2
● En lainkaan hyödyllisenä	0



12. Millaisena koet ohjelman toiminnallisuuden? (0 piste)

● Erittäin hyvänä	4
● Melko hyvänä	7
● Kesinkertaisena	3
● Melko huonona	0



Kuva 2. Ohjelman hyödyllisyys sekä toiminnallisuus testikäyttäjien vastausten perusteella.

10. Ohjelmassa voi valita muutaman tyyppillisen pintarakenteen. Onko pintarakenteiden valikoima riittävä esisuunnittelua varten?

● On	8
● Ei	6



Kuva 3. Pintarakennevalikoiman riittävyys testikäyttäjien näkemyksen perusteella.

Taulukko 1. Testikäyttäjien palaute ohjelman hyödyllisiksi koetuista ominaisuuksista.

<i>Primääripalkkien huomioon ottaminen on erinomainen ominaisuus!</i>
<i>Selkeä ja helppo käyttää</i>
<i>CO2 data on hyödyllinen, sillä välipohja on puukerrostalon toistuvissa kerroksissa päästöintensiivisin rakennusosa. Näiden päästöjen ymmärtäminen hankkeen alkuvaiheessa sekä vertailu muihin välipohjaratkaisuihin ja niiden päästöihin auttavat hankkeen kokonaispäästöjen ymmärtämisessä ja ilmastaselvityksen laatimisessa luvanvaraisissa hankkeissa.</i>
<i>Hienoa että kehitetään työkalua joka nopeuttaa eri vaihtoehtojen vertailua</i>
<i>Yhtäaikainen mitoitus usealle ratkaisulle</i>
<i>Rakennekorkeus, sen voisi vielä eritellä selkeämmin kuuluvatko pintarakenteet ilmoitettuun korkeuteen</i>
<i>Hyvä ja tehokas käyttöliittymä, selkeät tulokset.</i>
<i>Aika nopeasti pääsee jonkinlaiseen käsitykseen välipohjan vaatimasta korkeudesta.</i>
<i>Olin ilahtunut siitä että päästöt olivat mukana sillä välipohjien osuus päästöistä on huima.</i>

Taulukko 2. Testikäyttäjien palaute ohjelman kehityskohteista.

<i>Primääripalkin materiaalivalinta ei jostain syystä toimi, mutta on hyvä ajatus että palkkityyppiä pystyy vaihtamaan. Lisätkää LVL-palkki myös vaihtoehdoksi. Toivottavasti jatkossa tulisi mahdollisuus esimitoittaa myös CLT-betoniliittolaatta.</i>
<i>Matalataajuuslattioiden mitoitus. Systemivärähtelyn huomioiminen.</i>
<i>Voisi olla hyödyllistä saada valittua rakennustavaksi tasoelementti tai tilaelementti (toki tilaelementillä tehtynä voi sisäkatto olla monella eri tavalla toteutettu, ehkä voisi antaa palkki ja CLT sisäkattovaihtoehdot ja niiden tuottamat kokonaispaksuudet välipohjalle)</i>
<i>Selkeitä kehityskohteita ohjelmassa on: - Lattia on tuettu primääripalkeilla - ei voi valita muuta kuin liimapuupalkin, vaikka alusvetovalikossa on muitakin vaihtoehtoja. - Vertailtavaan ontelolaattaprofiiliin ei voi vaikuttaa (oletuksena O37 mikä on tarpeettoman korkea laatta... O27 tai O32 riittää kapasiteetin puolesta jo sellaisiin jänneväleihin, että puurakenteella on on vaikea vastaavaan päästä. - Ontelolaatasta voisi olla vertailuna myös vähähiilinen vaihtoehto (esim. Parman vähähiilinen ontelolaatta) - Työkaluun kannattaisi lisätä vaihtoehto CLT-betoni-liittolaatasta. Erityisesti värähtelyn näkökulmasta puu-betoniliittolaatta on huomattavan kustannustehokas ratkaisu verrattuna puhtaaseen puulaattaan. - Vaihtoehtojen väliset kustannusindeksit olisivat myös hyvä tieto</i>
<i>Kaikki C tai L kerrokset ovat saman paksuisia. esim 30-20-20-20-30 ei tarjota vaihtoehdoksi.</i>
<i>Laskennasta raportti</i>
<i>Matalavälipohjatpalkit?</i>
<i>Moniaukkoiset rakenteet</i>
<i>määrävä mitoistustekijä olisi kiinnostava nähdä, samoin puumäärä m3 / m2 olisi hyvä tunnusluku</i>
<i>Primääripalkin tyypin muuttaminen (ilmeisesti tulossa oleva ominaisuus?)</i>
<i>Liittolaatan analysointi, eli esimerkiksi CLT+rakenteellinen pintavalu.</i>
<i>Värähtelyanalyysi 9 Hz rajalla johtaa herkästi hyvin konservatiivisiin ratkaisuihin, erityisesti liittolaatoilla kiihtyvyyseroilla pääsee huomattavasti kustannustehokkaampiin ratkaisuihin.</i>
<i>Ohjelma hyppää heti olennaisiin oletuksiin kertomatta mihin ne perustuvat. Esim. kuormat, pinnat, käyttöluokat ym. syötteet vaativat ennakkotietoa, perusteluja ja reunaehtoja. Arkkitehtina en pysty käyttämään tätä työkalua suoralta kädeltä. Lisäksi palosuunnittelu ja akustiset vaatimukset vaikuttaa päätöksiä. Varmasti jos syötteiden valinnan prosessi olisi paremmin avattu se olisi sekä hyvä opetusta että arviointityökalu. Nyt täytyy vain olettaa että työkaluun voidaan sokeasti luottaa.</i>
<i>Kantavan rakenteen vaihtoehdot meillä pientalopuolella liian vähäiset.</i>

Saadussa palautteessa korostuu tehdyn ohjelman hyödyllisyys sekä myös toteutuksen onnistuminen käyttäjäkokemuksen kannalta. Lisäksi esille nostetut kehityskohteet ovat sellaisia, jotka vievät ohjelman toiminnallisuutta eteenpäin. Taulukon 2 kommentteista suurin osa on otettu huomioon ohjelman lopullisessa versiossa, mutta osa on jätetty toteuttamatta, koska ne eivät palvele ohjelman alkuperäistä käyttötarkoitusta hankesuunnitteluvaiheen yleiskäyttöisenä työkaluna.

5. Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset

Hankkeen välittömät vaikutukset vähähiilisyteen rakentamisessa näkyvät alan toimijoiden tietoisuuden lisääntymisenä. Hankkeen periaatteellinen tarkoitus on demystifioida erittäin monimutkaista suunnittelutehtävää, ja näyttää siitä vain lähtötietojen ja lopputulosten väliset relaatiot. Tämä lisää läpinäkyvyyttä rakennushankkeen suunnittelun valintojen osalta ja helpottaa vähähiilisten valintojen tekemistä. Hankkeen pitkäaikaisemmat vaikutukset tulevat näkymään vastaavien avoimien suunnittelutyökalujen lisääntymisenä, joka puolestaan näkyy vähähiilisempänä rakentamisena.

6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Hankkeesta on viestitty aktiivisesti erilaisissa tapahtumissa sekä lehdissä. Rakennusalan laajalevikkisin viikkolehti *Rakennuslehti* teki hankkeesta ja sen tuloksista jutun 27.9.2023 numeroonsa otsikolla ”Uusi työkalu kertoo eri välipohjaratkaisujen hiilipäästöt – käyttö on tehty hyvin yksinkertaiseksi” (Linkki: [Uusi työkalu kertoo eri välipohjaratkaisujen hiilipäästöt - käyttö on tehty hyvin yksinkertaiseksi | Rakennuslehti](#)). Puurakentamisen tärkein ammattilehti *PUU*-lehti puolestaan julkaisi 12.10.2023 numerossaan hankkeesta jutun otsikolla ”Suunnittelun automatisointi edistää hiiliviisasta rakentamista”. Näiden kahden lehden lukijakunta kattaa erittäin laajasti rakentamisen parissa työskentelevät ammattilaiset Suomessa. Hankkeen ollessa vielä kesken sen välituloksia on esitelty Ympäristöministeriön ja Green Building Council Finlandin 9.5.2023 järjestämässä Vähähiilisen rakentamisen vuosiseminaarissa (Linkki: [Vähähiilisen rakentamisen vuosiseminaarin 2023 kooste - Green Building Council Finland \(figbc.fi\)](#)). Hankkeen ollessa jo lähes valmis, hankkeen tuloksia on esitelty KIRAHubin Livestriimi tietoisuudessa 15.9.2023 (Linkki: [SorviCO2- optimointityökalu - YouTube](#)). Lisäksi hanketta tullaan esittelemään #KIRAilmastotulostilaisuudessa 1.11.2023 (Vähähiilinen suunnittelu ja rakentaminen).

Näiden lisäksi kommunikointi hankkeen toteuttaneen yrityksen sidosryhmien kanssa on ollut aktiivista ja herättänyt kiinnostusta hanketta sekä sen tuloksia ja aihepiiriä kohtaan. Koska hankkeessa kehitetty Floor Design -ohjelma on täysin vapaasti käytettävissä, sitä on jo käytetty esimerkiksi Tampereen Yliopiston rakennustekniikan maisterivaiheen opintojen opetuksessa.

Edellisen perusteella voidaan todeta, että hankkeen aikana tehty viestintä on ollut erittäin onnistunutta. Hankkeen lyhyen kestoajan vuoksi viestintä luonnollisesti jatkuu hankkeen loputtuakin.



7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

Hankkeen tulokset ovat konkreettisia, ja jo sellaisenaan hyödynnettävissä rakennusalalla. Kuten edellä on todettu, hankkeen tulokset jäävät elämään vapaassa käytössä olevan suunnitteluohjelman muodossa (www.sorvimo.com/tools). Vastaavilla, mutta kattavammilla suunnittelutyökaluilla on potentiaalia tulla hyödynnetyksi minkä tahansa alalla toimivan yrityksen toimesta. Sidosryhmät ovat osoittaneet kiinnostuksensa hankkeessa esitettyyn toimintatapaan. Hankkeen tuloksena tehty työkalu voidaan nähdä myös modernina vastineena perinteiselle ”taulukkomitoitukselle”, jonka avulla myös esimerkiksi rakennusvalvonta tai muu viranomaisen pystyy etsimään nopeasti tukea esitetyille laskelmille.

8. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Tulevissa rahoitusohjelmissa pitäisi mielestämme entisestäänkin korostaa tulosten konkretiaa sekä avointa hyödynnettävyyttä. Lisäksi rahoituspäätöksissä voisi olla hyvä painottaa hakijatahon edellisten hankkeiden todennettua vaikuttavuutta.

9. Yhteenveto hankkeen päätuloksista

Hankkeen päätuloksena on kehitetty toimintamalli, jonka avulla rakennusprojektin kaikki osapuolet saavat helposti tietoa eri suunnitteluratkaisujen käypyydestä sekä niiden ilmastovaikutuksista jo hankesuunnitteluvaiheessa. Toimintamallia on havainnollistettu hankkeessa kehitetyssä välipohjan suunnittelutyökalussa.

The main result of the project is a developed operating model that allows the stakeholders of a construction project to get valid and transparent information about the feasibility of various design solutions and their climate impacts already at the pre-planning phase of the project. The operating model has been demonstrated in the developed intermediate floor design tool.



LIITE 1. Käyttäjäkysely

Alla on esitetty saatekirje, joka lähetettiin 160 puurakentamisen parissa toimivalle asiantuntijalle 20.3.2023, sekä Kuvassa L1 tarkemmin saatekirjeessä mainitun käyttäjäkyselyn sisältö.

Tervehdys,

Olemme Sorvimo Optimointipalvelut Oy:ssä kehittäneet vähähiilisen rakentamisen kehityshankeessamme puurakenteisten välipohjien suunnittelutyökalun, joka on kaikkien vapaassa käytössä [verkkosivuillamme](#). Lähestymme nyt teitä siihen liittyvällä käyttäjäkyselyllä.

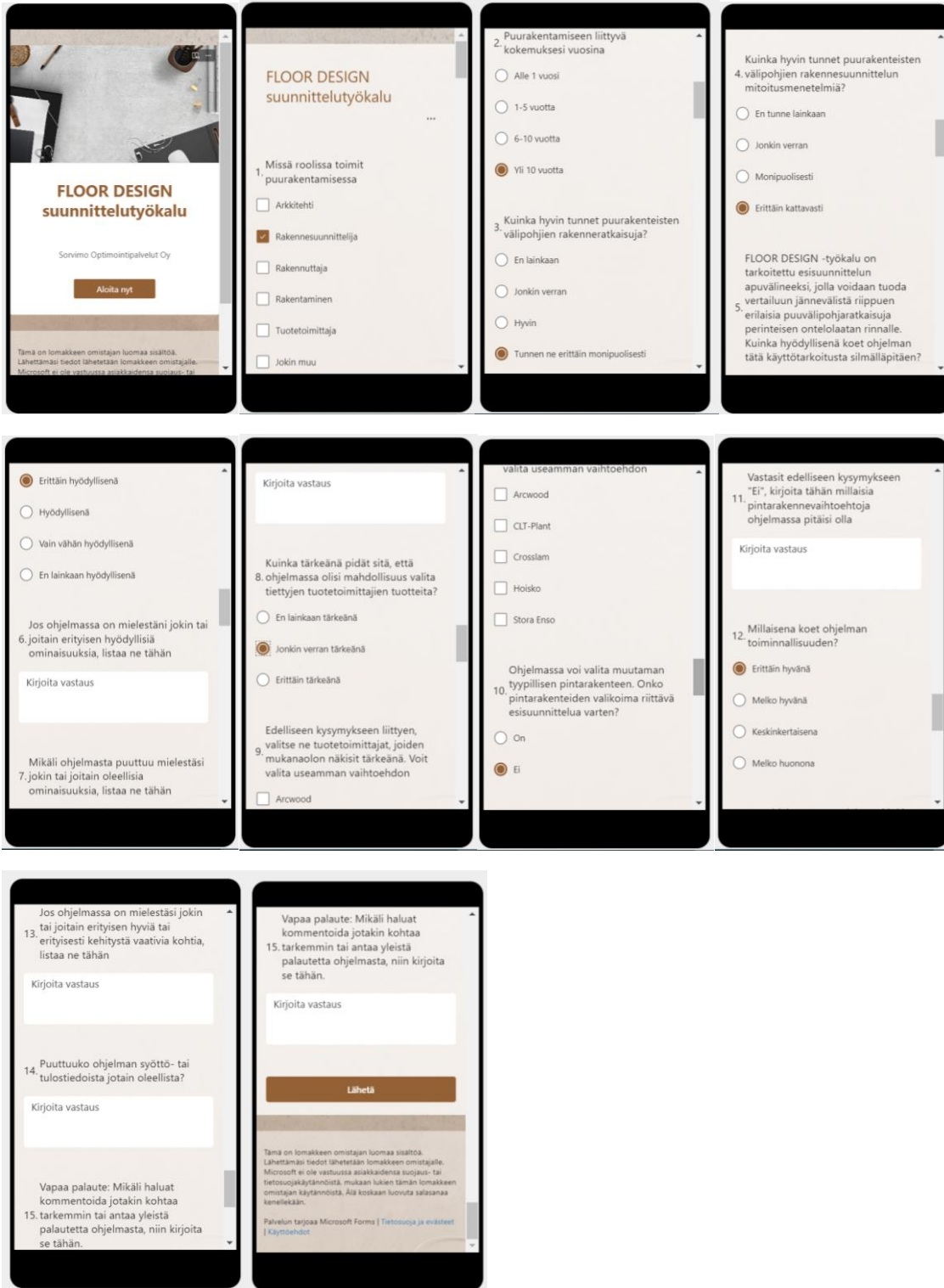
Työkalu on suunniteltu kaikkien rakennushankkeen osapuolten käyttöön etenkin hanke- ja ehdotussuunnittelun vaiheeseen. Työkalun pääasiallinen tarkoitus on havainnollistaa osapuolille, miten hankesuunnittelussa tehdyt periaatteelliset ratkaisut eri rakennevaihtojen suhteen vertautuvat hiiliviisaaseen rakentamiseen. Sorvimo Optimointipalvelut Oy on saanut kehityshankeeseen tukea Ympäristöministeriön Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelmasta, jonka rahoitus tulee EU:n kertaluonteisesta elpymisvälineestä.

Toivomme teidän lyhyesti tutustuvan työkaluun ja täyttämään siihen liittyvän käyttäjäkyselyn, jonka tuloksia käytetään työkalun kehittämiseen. Ohjelmaan tutustuminen sekä kyselyyn vastaaminen vie aikaa n. 15 minuuttia. Käyttäjäkysely tehdään Microsoft Formsin kautta, ja vastauksenne käsitellään täysin nimettömänä sekä poistetaan kaikista palveluista kehityshankkeen päätyttyä.

Välipohjan suunnittelutyökalu löytyy osoitteesta www.sorvimo.com/tools työkalujen joukosta nimellä FLOOR DESIGN.

Kyselytutkimus löytyy osoitteesta <https://forms.office.com/e/KJXR8Gcws9>.

Mikäli haluatte esittää työkaluun tai tähän kyselyyn liittyviä tarkentavia kysymyksiä, voitte olla suoraan yhteydessä minuun. Kiitos etukäteen vastauksistanne!



Kuva L1. Käyttäjäkyselyn toteutus.