

Ympäristöministeriö
Vähähiilisyden arviointimenetelmän testaus
3.12.2021



RAKENNUKSEN VÄHÄHIILISYYDEN ARVIOINTIMENETELMÄN TESTAUS 2021

Case: **Lohjan asuntomessukohteiden
elinkaartilaskennat**

Granlund Oy
Malminkaari 21, PL 59
00701 Helsinki

Puhelin 010 759
etunimi.sukunimi@granlund.fi
www.granlund.fi

Y-tunnus 1704694-5
Kotipaikka Helsinki

Tiivistelmä

Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmän testaus 2021. Case: Lohjan asuntomessukohteiden elinkaarilaskennat

2021

28 sivua, 12 kuvaa, 11 taulukkoa, 3 liitettä

Laatijat: Anni Viitala, Tytti Bruce-Hyrkäs, Granlund Oy

Laadunvarmistus: Ulla Nykter, Granlund Oy

Vähähiilisyden arviointimenetelmän testaus ja arviointi: Tatu Tikkanen, Otto Haapio, Emma Väliaho, Tiina Pekonen Granlund Oy

Elinkaarikustannuslaskenta: Victoria Grönlund, Juuso Suhonen, Jari Salmi, Tuula Okkola Granlund Oy

Rakennusten vähähiilisyden säädösohjausta valmistellaan osana Kaavoitus- ja rakentamislakiuudistusta. Ympäristöministeriö julkaisi kesäkuussa 2021 asetusluonnoksen rakennuksen ilmastaselvityksestä ja päivitetyn version rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmästä. Asetusluonnoksen ilmastaselvityksen laadinnassa hyödynnettävää arviointimenetelmää pilotoitiin Lohjan asuntomessukohteissa keväällä 2021. Arvioinnin toteutti Granlund Oy Lohjan kaupungin ja Ympäristöministeriön toimeksiannosta. Lisäksi Granlund laati kohteille investointi- ja elinkaarikustannuslaskennat.

Raportissa on esitetty suositukset arviointimenetelmän käytettävyyden parantamiseksi ja yhdenmukaisen arvioinnin varmistamiseksi. Testausprojektin tuloksena voidaan todeta, että arviointimenetelmä on pääosin selkeä arviointia aiemmin tehneelle henkilölle. Arvioinnin systeemirajauksiin sisältyy kuitenkin merkittäviä selkeyttämistarpeita erilaisten kohteiden yhdenmukaisen arvioinnin varmistamiseksi. Suosituksia menetelmän kehittämiseksi ovat esimerkiksi; arviointiin sisällytettävien rakennusosien ja järjestelmien selkeyttäminen, rakennuksen ja rakennuspaikan jaon selkeyttäminen sekä rakennuksen arvioinnin taserajan yhtenäistäminen e-lukulaskennan taserajan kanssa. Testauksen perusteella suositellaan myös pätevyysvaatimusten asettamista arviointia tekeville henkilöille yhdenmukaisen ja luotettavan arvioinnin varmistamiseksi. Lisäksi menetelmätestauksessa havaittiin kehitystarpeita SYKE-tietokannan oletusarvoihin ja tietosisältöön liittyen.

Testauksessa arvioitiin menetelmän mukainen hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki 16 pientalolle ja kolmelle kerrostalolle. Keskimääräinen rakennuksen hiilijalanjälki tulos pientaloille oli noin $14 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{n-m}^2/\text{a}$ ja asuinkerrostaloille noin $21 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{n-m}^2/\text{a}$. Tutkituissa kohteissa kerrostalojen hiilijalanjälki oli noin 30 % pientaloja suurempi. Tutkituissa pientalokohteissa puurunkoisten kohteiden keskimääräinen hiilijalanjälki oli noin 14, betonirunkoisissa 16 ja teräsrunkoisissa $17 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{n-m}^2/\text{a}$. On huomattava, että suurin osa kohteista, noin 70 % tutkituista kohteista, oli puurunkoisia kohteita, jolloin betoni- ja teräsrunkoisten kohteiden otokset olivat selkeästi pienempiä. Rakennuksen elinkaaren päästöjen osuus rakennuksen ja rakennuspaikan yhteenlasketuista kokonaispäästöistä oli pientaloissa noin 77 % ja kerrostaloissa noin 90 %.

Pientalojen investointikustannusten ja rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen välille ei muodostunut tilastollisesti merkittävää riippuvuutta. Tämä tarkoittaa, että pieni hiilijalanjälki ei suoraan tarkoita suurempia tai pienempiä investointikustannuksia, vaan kustannusten muodostumiseen rakennushankkeessa vaikuttavat useat eri tekijät. Pientalojen elinkaarikustannusten ja rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen välille ei muodostunut tilastollisesti merkittävää riippuvuutta korkokannan ollessa 3 %, mutta 0 % korkokannalla voitiin havaita tilastollisesti melkein merkittävä positiivinen korrelaatio eli kohteissa, joissa oli pieni hiilijalanjälki, myös elinkaarikustannukset olivat keskimäärin pienemmät. Käyttövaiheen hiilijalanjäljen ja elinkaarikustannusten välillä havaittiin olevan tilastollisesti erittäin merkittävä riippuvuus, eli kohteissa, joissa käyttövaiheen hiilijalanjälki on pieni, on tyyppillisesti myös keskimääräistä pienemmät käyttövaiheen kustannukset.

Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen ja E-luvun välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta. Tämä johtuu rakenne ja materiaaliratkaisujen merkittävä osuudesta kokonaispäästöissä sekä siitä, että E-luvun

laskennassa käytettävät primäärienergiakertoimet eivät ole saman suuntaiset eri energiamuotojen päästökertoimien kanssa.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	Johdanto	3
2.	Työmenetelmät	3
3.	Menetelmän testaus	4
4.	Vähähiilisyden arviointi	15
	Liite 1. Vähähiilisyden arvioinnin tekninen tausta	29
	Liite 2. Vähähiilisyden arviointiin pyydetyt lisätiedot	35
	Liite 3: Elinkaarikustannuslaskennan yleiset lähtötiedot	36

1. Johdanto

1.1 Tausta

Ympäristöministeriö on valmistellut rakennusten elinkaaren vähähiilisyiden arvioinnin säädösohjausta vuodesta 2016 lähtien, jolloin aloitettiin vähähiilisen rakentamisen tiekartan kehittäminen. Tiekartan tavoitteena on ollut ottaa käyttöön sääntely rakennusten elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Tämä ulottaa rakentamisen sääntelyn koskemaan kuluvaan vuosikymmenen aikana energiatehokkuuden lisäksi myös rakennusmateriaalien kasvihuonekaasupäästöjä. Tiekartan yhtenä esitettyä toimenpiteenä oli rakennusten elinkaaren hiilijalanjäljen arviointi osana rakennuslupaa. Lisäksi yhdeksi toimenpiteeksi esitettiin elinkaaren hiilijalanjäljen raja-arvo-ohjausta.

Rakennusten vähähiilisyiden säädösohjausta valmistellaan osana Maankäyttö ja rakennuslain kokonaisuudistusta. Ympäristöministeriö julkaisi elokuussa 2019 luonnoksen rakennuksen vähähiilisyiden arviointimenetelmästä (2019:22). Arviointimenetelmän pilotointi jatkui kesäkuuhun 2020 saakka, jonka jälkeen hankkeen pilotointiin osallistuneilta tahoilta kerättiin kommentit pilotoinnista arviointimenetelmän jatkokehittämiseksi. Kesäkuussa 2021 julkaistiin päivitetty versio arviointimenetelmästä asetusluonnosversiona. Ympäristöministeriö pyysi lausuntoja ehdotukseen ympäristöministeriön asetukseksi rakennuksen ilmastoselvityksestä 27.8.2021 saakka.

Asetusluonnoksen ilmastoselvityksen laadinnassa hyödynnettävää arviointimenetelmää pilotoitiin Lohjan asuntomessukohteissa keväällä 2021. Arvioinnin toteutti Granlund Oy Lohjan kaupungin ja Ympäristöministeriön toimeksiannosta. Arviointimenetelmän testauksesta ja kohteiden laskentatulosten arvioinnista muodostettiin testausraportti, jota ympäristöministeriö voi hyödyntää arviointimenetelmän ja vähähiilisen rakentamisen säädösohjauksen jatkokehityksessä.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena oli muodostaa asuntomessukohteiden vähähiilisyiden arvioinnin testauksen perusteella suositukset ympäristöministeriölle arviointimenetelmän jatkokehitykseen. Lohjan asuntomessukohteiden arviointien perusteella koostettiin keskeisimmät havainnot seuraavista:

- Arviointimenetelmän selkeys, puutteet ja avoimet kysymykset liittyen menetelmän tulkinnallisuuteen
- Arviointimenetelmän systeemirajauksien, taulukkoarvojen ja käytettävien lähtötietojen toimivuus kohteiden arvioinnissa
- Ilmastoselvitykseen vaaditun raportoinnin havainnollisuus ja selkeys
- Lisäksi tavoitteena oli arvioida menetelmän tulkinnallisuutta eri arviointia tekevien asiantuntijoiden välillä.

Yhteenveto menetelmätestauksesta on esitetty luvussa 3.

Lisäksi arvioinnin tulosten perusteella oli tavoitteena muodostaa johtopäätökset seuraavista tekijöistä:

- korrelaatiot elinkaaren päästöjen, elinkaarikustannusten ja energiatehokkuusluvun välillä
- Analyysi rakennuspaikan ja rakennusten päästöjen suhteesta

Yhteenveto menetelmän arvioinnista on esitetty luvussa 4.

2. Työmenetelmät

2.1 Testausprojektin kulku

Case-kohteiden vähähiilisyiden arviointi suoritettiin pääosin toukokuussa 2021, jonka jälkeen laskentaa tarkennettiin yhä kesäkuussa 2021. Toukokuussa case-kohteiden arviointi suoritettiin menetelmätestausprojektin

käyttöön saadun asetusluonnostekstin ja perustelumuistion avulla. Asetusluonnos rakennuksen ilmastaselvityksestä ja arviointimenetelmäohje julkaistiin 4.6.2021. Taulukossa on esitetty yhteenveto case-kohteista, joille vähähiilisyden arviointi suoritettiin.

Taulukko 1. Arvioitavat kohteet

Rakennustyyppi	Kohteiden lukumäärä
Pientalot	15
Paritalot	1
Asuinkerrostalot	2
Palvelurakennukset	1 (palvelurakennus ja päiväkot)

Vähähiilisyden arvioinnin kohdekohtaiset lähtötiedot perustuivat pääosin rakennuslupa-aineistoon, joka haettiin Lupapiste.fi -alustalta. Tämän lisäksi kohteiden rakennuttajille annettiin mahdollisuus toimittaa päivitettyjä ja tarkempia kohdetietoja (ks.liite 2). Lisätietoja toimitettiin yhteensä yhdeksästä kohteesta.

Arviointimenetelmän testausprojektin aikana arviointia tekevät henkilöt ylläpitivät yhteistä projektipäiväkirjaa, johon koottiin testauksen aikana ilmenneitä huomioita esimerkiksi kohteiden lähtötiedoista ja kohdekohtaisista erityispiirteistä, menetelmän selkeydestä ja tulkinnallisuudesta sekä nousseista tulkintakysymyksistä. Projektipäiväkirjan pohjalta laadittiin yhteenvetoraportti arviointimenetelmän testauksesta (ks. luku 3). Yhteenveto testausprojektiin osallistuneista arvioijista on esitetty alla.

Taulukko 2. Arvioinnin suorittaneet testaajat.

Testaajat	Arvioitavien kohteiden lukumäärä	Kokemus elinkaarilaskennasta (vuodet)
Arvioija a	7	1
Arvioija b	6	2
Arvioija c	3	5
Arvioija d	2	2
Arvioija e	1	5
Laadunvarmistaja		10
Laadunvarmistaja		10

Hankkeiden investointi- ja elinkaarikustannuslaskenta laadittiin vähähiilisyden arvioinnin jälkeen heinä-syyskuussa 2021. Tämän jälkeen suoritettiin menetelmän arviointi ja luvussa 3 esitetyt analyysit.

3. Menetelmän testaus

Tässä luvussa on esitetty yhteenveto rakennuksen ilmastaselvityksen laadinnan ja vähähiilisyden arviointimenetelmän testauksesta. Raportissa arvioidaan systeemirajauksien, taulukkoarvojen ja käytettävien lähtötietojen toimivuus, tiedonkeruun sujuvuus sekä mahdolliset arviointimenetelmän lisätarkennustarpeet ja menetelmän tulkinnallisuus.

3.1 Systeemirajaukset

Rakennuksen ja rakennuspaikan arviointi

Arvioitavat rakennusosat on esitetty lähtökohtaisesti selkeästi menetelmäohjeessa ja arvioitavien rakennusosien kattavuus on korkea. Menetelmäversion mukaisesti arvioitava hanke jaetaan rakennukseen ja rakennuspaikkaan. Menetelmätestauksessa ilmeni laskentatilanteita, joissa rakennusosien jakaminen rakennukseen ja rakennuspaikan rakenteisiin oli tulkinnallista. Alla olevaan taulukkoon on koottu testauksen myötä nousseita

esimerkkejä, joihin voi herkästi liittyä rakennuksen ja rakennuspaikan rajaukseen liittyviä Talo 2000 luokituksen vastaisia tulkintoja.

Taulukko 3. Huomiot arviointiin sisällytettävistä rakennusosista.

Rakennusosa	Huomiot tulkinnallisuudesta
Alapohjarakenteet	Alapohjan rakennetyyppi koostuu tyypillisesti pintarakenteesta, betonilaatasta, eristyksestä ja alapohjan alussorasta. Testausprojektissa huomattiin virhetulkintoja sille, mitkä alapohjan materiaalit sisältyvät rakennukseen ja mitkä rakennuspaikkaan, esimerkiksi jos alapohjarakenne on tuulettuva alapohja tai sisältää erityisiä palkkirakenteita.
Terassi	Talo 2000 luokittelun luokka 1150 Alueen rakenteet ja 1250 Ulkotasot luokittelun välillä tehdään helposti virhetulkintoja. Arviointimenetelmään voi olla hyvä koostaa esimerkkejä, milloin esimerkiksi terassirakenne sisällytetään luokkaan 1250 ja siten rakennuksen hiilijalanjälkeen ja milloin alueen rakenteisiin 1150. Tässä testausprojektissa rakennukseen kiinteästi yhteydessä oleva terassi sisällytettiin rakennukseen.
Autokatos	Talo 2000 luokittelun luokka 1150 Alueen rakenteet ja 1250 Ulkotasot luokittelun välillä tehdään helposti virhetulkintoja. Arviointimenetelmään voi olla hyvä koostaa esimerkkejä, milloin katosrakenne sisällytetään luokkaan ulkotaso 1250 ja siten rakennuksen hiilijalanjälkeen ja milloin alueen rakenteisiin 1150. Tässä testausprojektissa rakennukseen kiinteästi yhteydessä oleva autokatos sisällytettiin rakennukseen.
Erilliset, kiinteästi rakennukseen yhteydessä olevat tilat, joihin kuljetaan ulkokautta	Saunarakennus, johon käveltiin terassin kautta, mutta jolla oli rakennukseen kiinteästi yhteydessä oleva vesikatto, sisällytettiin tässä rakennuksen arviointiin.
Talotekniikkaosat	Uusiutuvan energianjärjestelmät eivät sisälly SYKE-tietokannan sisältämiin neliöpohjaisiin järjestelmiin. On suositeltavaa tehdä tarkennuksia menetelmäohjeeseen, mitkä uusiutuvan energianjärjestelmät tulee sisällyttää arviointiin. Yleisesti on suositeltavaa avata menetelmäohjeessa, mitkä tiedot on jo sisällytetty SYKE-arvoihin ja mitä mahdollisia lisäkomponentteja tulee sisällyttää erikseen laskentaan. Testausprojektissa huomattiin, että talotekniikan osien vaihtoja B4-vaiheessa ei ole mahdollista eriyttää kokonaistuloksista neliöpohjaisilla SYKE-tietokannan oletusarvoilla. Lisäksi elinkaaren lopun ja hiilikädenjäljen arviointia ei ole mahdollista laatia tämän hetken taloteknisten järjestelmien lähtöarvoilla.
Kellarirakenteet	Arvioitavat kohteet eivät sisältäneet kellarirakenteita. Maanalaiset rakenteet ja tilat sisältäen niihin kuuluvat kantavat ja kevyet rakennusosat kuuluvat menetelmäohjeen mukaan rakennuspaikan hiilijalanjälkeen. On huomioitavaa, että kellarirakenteet voivat sisältyä YmA uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017 mukaiseen energiatehokkuusluvun laskentaan.

Päivitettävään asetukseen on hyvä eritellä hankekohtaisia erityispiirteitä, mitkä rakennusosat Talo 2000 -luokituksen mukaan kuuluvat rakennukseen ja rakennuspaikkaan. Lisäksi menetelmäohjeen liitteeksi voi olla suositeltavaa lisätä Talo 2000 -hankenimikkeistön viralliset selitystekstit, jota arvioinnin laatijan tulisi noudattaa virhetulkintojen välttämiseksi. Talo 2000 nimikkeistö ei ole Suomessa yleistynyt määrä- ja kustannuslaskennassa, minkä vuoksi virhetulkintoja voi syntyä myös kokeneille laskennan ammattilaisille.

Erityisten tonttien ja monikäyttöisten rakennusten tulkintakysymykset

Rakennus- ja rakennuspaikka jakoon liittyi tulkinnallisia kysymyksiä erityisesti tilanteissa, joissa samalla tontilla oli useita rakennuksia. Erityispiirteitä on käsitelty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 4. Huomiot rakennuspaikan ja rakennusten arvioinnista.

Tapaus	Huomiot tulkinnallisuudesta
<p>Yhteisellä tontilla kolme toisistaan erillä olevaa rakennusta</p>	<p>Laskentatapauksesta nousi seuraavia tulkintakysymyksiä:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Onko kolmella rakennuksella yhteinen rakennuspaikan hiilijalanjäljen arviointi • Onko kolmella rakennuksella erillinen rakennuspaikan arviointi, ja mikäli on, niin miten rakennuspaikan pinta-ala määritetään • Miten Talo 2000 luokittelun 1150 Ulkoiset rakenteet tontilla - luokkaan kuuluvat ulkoiset rakenteet tontilla jakautuvat rakennuspaikkaan, jos jokaisella rakennuksella on oma rakennuspaikan arviointi • Miten rakennuspaikan arviointi laaditaan, jos olemassa olevalle tontille rakennetaan myöhemmin uusia luvanvaraisia rakennuksia? <p>Tulkinta ja testausprojektissa pilotoitu ratkaisu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rakennuspaikan pinta-ala jaettiin huoneistoalan suhteessa rakennuksille, sillä tarkkoja määrajoukkoja rakennuksille ei ollut esitetty asemapiirroksessa. Samoin jätekatos ja autokatos jaettiin huoneistoalojen suhteessa. • Kerrostaloille, jotka olivat omilla tonteillaan, mutta joissa autopaikat olivat yhdellä tontilla ja paikat oli osoitettu kullekin rakennukselle, autohallin rakenteet jyvitetiin kohteiden rakennuspaikoille suhteessa autopaikkamääriin. <p>Suositus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Säädosohjauksen kannalta tulee harkita, mikä on rakennuspaikan hiilijalanjälkilaskennan tavoite ja tarkoitus. Asia on tulkinnallinen myös kustannuslaskentapuolella, jossa jako menee yleensä rakennuttajan tavoitteiden ja laskennan tarkoituksen kautta. • On suositeltavaa harkita, onko tontin vähäisille esim. jätekatoksille ja muille erityisille esim. putkikeräysjärjestelmille selkeää määrittää rakennuskohtainen, neliöpohjainen vakioarvo, jota hyödynnetään kohteiden rakennuspaikan laskennassa. • Laajoille tontin rakenteille kuten autohalleille on syytä määrittää tarkka laskentatapa, kuinka usealle kohteelle yhteiset tilat ja rakenteet jyvitetään kohteiden kesken rakennuspaikkojen arviointiin. • Rakennuspaikan pinta-alan määrittelyä tulee tarkentaa tonteille, jossa on useita rakennuksia, esimerkiksi asuinkerrostalokortteli, jossa rakennuksille haetaan omia rakennuslupia.
<p>Yhteisellä tontilla kiinteästi toisiinsa yhteydessä olevia erikäyttötarkoitukseluokan tiloja</p>	<p>Testausprojektissa hiilijalanjälki laskettiin kohteelle, joka koostui päiväkotia ja palvelurakennuksesta. Rakennuksille, joilla on erikäyttötarkoitus, määritetään omat käyttötarkoitukseluokan mukaiset energiaselvitykset ja E-lukulaskennat.</p> <p>Tulkinta ja testausprojektissa pilotoitu ratkaisu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Samaa rakennusmassaa oleville eri käyttötarkoitukseluokan rakenteille määritettiin yhteinen tuotesidonnainen hiilijalanjälki

	<ul style="list-style-type: none"> E-lukuun perustava energian hiilijalanjälki laskettiin yhteisesti rakennuksille energiatodistuksiin perustuen. <p>Suositus:</p> <ul style="list-style-type: none"> Raja-arvo-ohjauksen kannalta on tärkeää, että eri rakennustyyppien energiatehokkuus tulee huomioitua raja-arvojen asetannassa. Menetelmän ja säädösohjauksen kehityksessä tulee harkita, mikä on laskennan tarkoitus ja tavoite. Samaa rakennusmassaa olevien rakennusten erottaminen omikseen aiheuttaisi todennäköisesti virheellisiä laskentatuloksia johtuen rakennusosien jakamisesta eri rakennusten kesken. Rakennusten erottaminen ei todennäköisesti ole arvioinnin sujuvoittamisen ja realistisuuden kannalta järkevää. Toisaalta rakennuksille määritetty yhteinen tuotesidonnainen hiilijalanjälki ei anna todellista kuvaa rakennuksen hiilijalanjäljestä, jos eri rakennusten rakenteet eroavat merkittävästi Menetelmän ja säädösohjauksen kehityksessä hybridirakennuksia voitaisi tarkastella erikseen omana rakennustyyppinä ja muodostaa rakentamista ohjaavat raja-arvot perustuen esim. eri rakennustyyppien suhteellisiin osuuksiin.
--	--

Vastaavien tapauksien menetelmämukaisuutta on suositeltavaa tarkentaa arviointimenetelmäohjeeseen.

Arviointiin sisällytettävät elinkaarin vaiheet

Laskennassa huomioitavat elinkaaren vaiheet eivät suuresti eroa aiemmasta menetelmäversiosta (2019:22). Arvioitavat elinkaaren vaiheet olivat lähtökohtaisesti selkeästi tulkittavista. Testaajien näkemyksen mukaan on perusteltua, että kaikkia EN 15987 standardin mukaisia elinkaaren vaiheita ei ole sisällytetty arviointiin. Alla olevassa taulukossa on esitetty elinkaaren vaiheita koskevat huomiot. Elinkaarilaskentaa ja taulukkoarvojen käyttöön liittyvä arviointi esitetään edellä osioissa *Elinkaaren hiilijalanjälki ja Elinkaaren hiilikädenjälki*.

Taulukko 5. Huomiot elinkaaren vaiheiden sisällyttämisestä arviointiin.

Elinkaaren vaihe	Huomiot
B1 Tuotteiden käyttö	Sementtipohjaisten tuotteiden karbonatisoitumisessa ei huomioida vaihetta B1. Arviointiin voi menetelmäohjeen mukaan sisällyttää karbonatisoitumisen, joka tapahtuu vasta rakennuksen elinkaaren jälkeen. Tämän voisi perustella ja kirjata selkeämmin menetelmäohjeeseen.
B4 Osien vaihdot ja korjaukset	Arviointimenetelmässä on epäselvästi kuvattu, huomioidaanko korjausten energiankulutusta. Tieto puuttuu myös SYKE-tietokannasta. Mikäli tämä tulee arvioida, tarvitaan oletusarvo B3-4 vaiheelle. Testausprojektissa tämä katsottiin hyvin vähäiseksi, eikä vaihetta sisällytetty arviointiin.

3.2 Lähtötietojen hankinta ja hyödyntäminen

Rakennusluvan suunnitelma-aineistot

Menetelmätestaus tehtiin lähtökohtaisesti rakennusluvan suunnitelma-aineistolla, joista oleellisimpia suunnitteludokumentteja olivat arkkitehdin tietomalli, pohjakuvat ja leikkauskuvat, rakennetyypit ja asemapiirros

sekä perustusleikkaukset ja muut rakennepiirustukset. Valmis määrälaskenta-aineisto oli saatavilla osittain vain neljästä kohteesta. Arviointi pyrittiin tekemään mahdollisimman kattavasti hankekohtaisilla tiedoilla johtaen määrä- ja materiaalitietoa saatavilla olleista suunnitelmista. Yleisimpiä puuttuvia lähtötietoja olivat

- vakiokiintokalusteet
- lattioiden, seinien ja sisäkattojen pintamateriaalit
- pihan päällysteet
- perustukset
- maanrakentamisen soratäytöt
- yleisesti tuotetiedot ja jossain tapauksissa myös materiaalitiedot (esim. mineraalieriste voi tarkoittaa lasivillaa tai kivivillaeristettä)

Näille päädyttiin tekemään oletuksia perustuen muihin alueen kohteisiin, joista tietoja oli saatavilla tai aiempiin referenssikohteisiin.

Testausprojektissa huomattiin, että erityisesti kalusteiden ja pintamateriaalien määrittäminen on aikaa vievää, mikäli tietoja ei ole saatavilla. Näille rakennusosille voisi olla vakiona pinta-alaan perustuvat oletusarvot (vertaa E-lukulaskennassa huomioitavat taulukkoarvot) joita tulisi käyttää, mikäli tarkempaa tietoa ei ole saatavilla.

Testausprojektin aikana arviointia tekevät nostivat kysymykseksi myös betonirakenteiden arviointiin liittyvät epävarmuustekijät. Betonirakenteiden päästöihin vaikuttavat suuresti betonilaatu, sementin määrä betonissa ja raudoitus. Betonin lujuusluokka ilmeni useissa tapauksissa suunnitelma-aineistosta, mutta raudoitusmäärien arviointiin tehtiin konservatiivisia oletuksia, jotka johdettiin referenssihankeista. Yhdeksi kysymykseksi nousi, miten jatkossa määriin perustuvat oletukset huomioidaan ja hyväksytään ilmastaselvityksen laadinnassa, ja miten tähän liittyviä käytäntöjä eri laskijoiden välillä voitaisiin yhdenmukaistaa. Rakentamisen päästötietokantaan olisi suositeltavaa tehdä konservatiiviset vakiorakenteet eri rakennusosille (alapohja, yläpohja, välipohjat, elementit jne.), joita tulee hyödyntää, jos tarkempaa tietoa ei ole saataville rakennuslupavaiheen arviointiin. Näiden betonirakenteiden karbonatisoitumisen arvot tulisi myös määrittää tietokantaan.

Testauksen aikana huomattiin, että laskennan työmäärään vaikuttaa suuresti, kuinka paljon rakennusosien ja materiaalien määrälaskentaa, lähtötietojen käsittelyä, tulkintaa ja rakennusosien rakenteiden avaamista arviointia suorittavan tarvitsee tehdä tuotteiden hiilijalanjälkilaskentaa varten. On hyvä huomioida myös lähtötietoihin liittyvien epävarmuustekijöiden vaikutus arvioinnin tuloksiin ja miten näitä voidaan minimoida. Elinkaariarvioinnin suorittamisen sujuvoittamiseksi on tärkeää edistää tietomallien laadun kehitystä osana MRL:n kokonaisuudistusta ja ottaa tiivistä mallien ohjauksessa huomioon myös hiilijalanjälkilaskennan tietotarpeet. Myös avoimuus määrätietojen luovuttamiseen rakentajien, määrälaskijoiden ja elinkaariasiiantuntijoiden välillä voi olla suositeltavaa alleviivata.

Tarvittavat tuotetiedot ja ympäristöselosteet

Tuotetietoja ja tuotteiden ympäristöselosteita ei ollut suuressa määrin saatavilla testikohteissa. EPD-tietojen hyödyntämisessä nousi seuraavia huomioita:

- Onko mahdollista hyödyntää EPD tietoja, kun EPD:n voimassaoloaika on päättynyt
- Hyväksytäänkö teollisuuden alan generiset EPD:t
- Tuleeko EPD:n olla verifioitu tai julkaistu
- Kun tietoa ei ole päästötietokannassa, hyödynnetäänkö mahdollisimman lähellä olevaa tuotetta päästötietokannassa vai mahdollisimman läheistä EPD tietoa vai muiden tietopankkien tietolähteitä
- Millä tasolla EPD-tieto hyväksytään rakennustason laskennassa (vertaa betonielementin vai sementin EPD-tieto)
- Hyväksytäänkö EN 15804+A1 mukaiset EPD-tiedot vai +A2 EPD:t?

Vain EN 15804 + A2 mukaisten EPD:iden hyväksyminen on siirtymävaiheessa ongelmallista, sillä EN 15804 + A1 mukaisia EPD:itä on mahdollista tuottaa vielä tämän vuoden loppuun asti ja ne voivat olla voimassa seuraavat 5 vuotta. Käytännössä tällä hetkellä lähes kaikki rakennustuotteiden EPD-data noudattaa aiempaa standardiversiota

ja niitä ei näin ollen voisi käyttää arvioinnissa. Tämän vuoksi menetelmään tulisi luoda selkeät säännöt sille, kuinka siirtymäaikana arviointeja laaditaan ja millä edellytyksillä +A1 mukaisia EPD:itä voidaan käyttää. Yksi vaihtoehto olisi, että EN 15804 + A1 mukaiset EPD:t kelpaavat, jos niihin tuotetaan GWP:n osalta uudet GWP-kategorioiden mukaan laskettu lisälehti, jolloin koko EPD:tä ei olisi pakko uusia välittömästi. Tietojen puutteen vuoksi GWP LULUC päästöjä ei tässä huomioitu.

Lisäksi kaikissa kohteissa oletettiin, että puutavara on tuotettu kestävästi hoidetusta metsästä, jolloin oletetaan, että metsän hiilinielu eli hiilen sidonta ei heikkene puun hyödyntämisen myötä ja rakennuksen puutavara ja puumateriaalit voidaan käsitellä hiilivarastona. Eloperäisen hiilen käsittely laskennassa vaatii, että kestäväälle metsälle on määritelmä ja kriteerit. Vaatimukset kestävästi hoidetulle metsälle olisi hyvä selkiyttää kirjaamalla ne suoraan arviointimenetelmään.

Tuotteiden käyttöikäoletukset

Testausprojektin yhteydessä huomattiin myös, ettei SYKE-tietokannassa ollut käyttöikäoletuksia taloteknisille laitteille. Nämä arvioitiin RT-kortin mukaisilla tiedoilla.

Energiatodistus

Energiatodistuksissa ei ollut tietoja ylimääräisestä uusiutuvasta energiasta, joten tietoa ei voitu hyödyntää D3 moduulin laskennassa.

Arviointijakson pituus

Arviointimenetelmässä arviointijakson pituus on normitettu 50 vuoteen, mikä on myös olennainen muutos edelliseen menetelmäversioon.

Testausprojektin aikana huomattiin, että lähtötiedoksi olisi ollut tarpeen saada myös rakennuksen rungon ja julkisivun suunnittelukäyttöikä pitkäikäisten eloperäisten tuotteiden hiilikädenjäljen arviointiin. Useista kohteista suunnittelukäyttöikä tieto oli saatavilla lupa-aineistosta. Kohteista, joissa tietoa ei ollut saatavilla, käyttöikäksi jouduttiin olettamaan 50 vuotta. Suunnittelukäyttöiän määrittäminen ja sisällyttäminen osaksi rakennuslupa-aineisto voi olla suositeltavaa alleviivata, jossa pitkäikäisten eloperäisten tuotteiden hiilikädenjälki voidaan sisällyttää arviointiin.

3.3 Laskentamenetelmän arviointi: Hiilijalanjälkilaskenta

Alla olevassa taulukossa on kuvattu hiilijalanjäljen arvioinnin laskentatekniset huomiot, joita ilmeni testausprojektin aikana. Arviointimenetelmän selkeyttämistarpeet liittyvät lähinnä käytettäviin tietolähteisiin. Rakentamisen päästötietokanta ei toistaiseksi mahdollista kattavaa arviointia, vaan menetelmää testattaessa oli laadittava skenaarioita esimerkiksi elinkaaren lopun päästöjen sekä hiilikädenjäljen määrittämiseksi. Lisäksi eloperäisen hiilen käsittely ei selkeästi ilmene menetelmäohjeesta.

Taulukko 6. Huomiot elinkaaren vaiheiden arvioinnista.

Vaihe	Kuvaus
A1-3 Tuotteiden valmistus	Eloperäisen hiilen sitoutumista ei ole avattu menetelmäohjeessa. Biogeenisten ja LULUCF-päästöjen määrittämiseen olisi suositeltavaa lisätä tarkennuksia. Menetelmäohjeen mukaan nämä tulisi huomioida kuten EN 15804+ +A2-standardin mukaan.
A4 Kuljetukset työmaalle	Menetelmätestauksen aikana SYKE-tietokannasta puuttui vakiotaulukkoarvot kuljetuksille, mihin on viitattu menetelmäohjeessa. Tietojen puuttuessa hyödynnettiin One Click LCA LEVELS työkalun oletuksia kuljetusmatkoille ja kalustolle. Polttoainetiedot haettiin SYKE-tietokannasta.

	SYKE tietokantaan voisi olla suositeltavaa lisätä materiaalikohtaiset oletuskilometrit, joita voi hyödyntää esimerkiksi yhden koko moduulia koskevan taulukkoarvon sijaan.
A5 Työmaa toiminnot	SYKE-tietokantaan tarvitaan tarkemmat kuvaukset arviointiin sisällytettävien työmaatoimintojen käytöstä. Jätteiden käsittelyä hiilijalanjäljen määrittämisessä voi myös tarkentaa.
B4 Osien vaihdot ja korjaukset	Arviointimenetelmän osien vaihtosyklejä käsittelevää kaavaosiota on mahdollista yksinkertaistaa.
B6 Energia	Energiankäytön hiilijalanjälki arvioitiin SYKE-tietokannan tiedoilla. Energiaverkon päästövähennemä oletettiin lineaariseksi. Arvioinnin aikana nousi kysymys, miten energian päästöprofiilin määrittämiseen tarvittava aloitusvuosi määritetään.
C1 Purkutytöt	Rakennuspaikan moduulia C1 ei huomioitu testausprojektin kohteissa tuloksen ollessa vähäinen. Rakennuspaikan hiilijalanjälkilaskennassa voi olla hyvä tarkentaa, miten SYKE-tietokannan neliöpohjaiset vakioarvot tulee huomioida.
C2 Kuljetukset käsittelyyn	C2 moduuliin olisi hyvä määrittää oletusarvot kuljetusmatkoille (km), joita voi tarvittaessa tarkentaa.
C3 Jätteen käsittely	<p>Materiaalien elinkaaren lopun skenaarioiden määrittämiseen eli elinkaaren lopun käsittelyyn ja elinkaaren jälkeisen hyödyntämistavan määrittämiseen hyödynnettiin SYKE tietokannan materiaaleille laadittuja skenaarioita. Nämä tiedot oli suurelta osin sisällytetty rakentamisen päästötietokantaan. Menetelmätestauksen aikana SYKE-tietokannasta puuttui arvot esim. muovien ja betonituotteiden käsittelylle.</p> <p>Testausprojektissa elinkaaren lopun laskentaan muodostettiin C2-4 päästökertoimet perustuen rakennusmateriaalien massoihin.</p> <p>Pienen määränsä vuoksi merkitysettömiksi arvioidut tuotteet jätettiin elinkaaren lopun arvioinnin ulkopuolelle. Tällaisia materiaaleja olivat kupari, alumiini, sandwich-paneelit ja kuitusementtilevyt.</p> <p>Talotekniikan elinkaaren lopun päästövaikutuksia ei sisällytetty arviointiin, sillä rakentamisen päästötietokannan oletusarvoa hyödyntäessä ei materiaalien massaosuuksia ei ollut tarkasti tiedossa arviointia varten.</p>
C4 Loppusijoitus	Menetelmätestauksen aikana SYKE-tietokannasta puuttui arvot esim. muovien ja betonituotteiden käsittelylle

3.4 Laskentamenetelmän arviointi: Hiilikädenjälkilaskenta

Rakentamisen päästötietokannassa ei pääosin ollut valmiita päästötietoja D-moduulien päästöhyötyjen arviointiin. Puuttuvilta osin arvioinnissa hyödynnettiin tietokannan tausta-aineistoja, ja materiaaleille muodostettiin tätä arviointia varten päästökertoimet. Päästökertoimet huomioivat elinkaaren lopun skenaariot. Alla olevassa taulukossa on kuvattu hiilikädenjäljen arvioinnin laskentatekniset huomiot, joita ilmeni testausprojektin aikana.

Taulukko 7. Huomiot hiilikädenjäljen arvioinnista.

Vaihe	Kuvaus
Rakennusosien uudelleenkäytön tai materiaalien kierrätyksen kautta vältetyt kasvihuonekaasupäästöt (D1)	<p>Rakentamisen päästötietokannassa ei pääosin ollut valmiita päästötietoja D-moduulin päästöhyötyjen arviointiin. Puuttuvilta osin arvioinnissa hyödynnettiin tietokannan tausta-aineistoja, ja materiaaleille muodostettiin tätä arviointia varten päästökertoimet.</p> <p>Uudelleenkäytön ja kierrätyksen hyötyjen laskennassa joudutaan tekemään merkittäviä oletuksia siitä, mitä tuotetta kierrätettävä materiaali korvaa, kuinka suuret päästöt sen jatkokäsittelystä syntyvät ja kuinka paljon materiaalin laatu laskee. Tämän vuoksi näille skenaarioille tarvitaan kansalliset oletusarvot materiaalityypeittäin.</p>
Materiaalien hyödyntäminen kierrätyspolttoaineena tai energiana (D2)	<p>Rakentamisen päästötietokannassa ei pääosin ollut valmiita päästötietoja D-moduulin päästöhyötyjen arviointiin. Puuttuvilta osin arvioinnissa hyödynnettiin tietokannan tausta-aineistoja, ja materiaaleille muodostettiin tätä arviointia varten päästökertoimet.</p> <p>Kierrätyspolttoaineen hyötyjen laskennassa joudutaan tekemään merkittäviä oletuksia kierrätysprosessista sekä esimerkiksi kierrätyspolttoaineen energiasisällöstä. Tämän vuoksi näille skenaarioille tarvitaan kansalliset oletusarvot materiaalityypeittäin.</p>
Rakennuksessa tai sen tontilla tuotettu ylimääräinen uusiutuva energia (D3)	<p>Arvioinnin lähtötietojen perusteella kohteissa ei tuotettu ylimääräistä uusiutuvaa energiaan.</p> <p>Uusiutuvan ulosvietävän energian määrittämiseen tarvitaan tulevaisuudessa yhtenäinen arviointitapa ja tarkennus sille, että määrä tulee ilmoittaa energiatodistuksessa tai muussa lupamateriaalissa.</p>
Pitkäikäisten rakennustuotteiden sisältämä eloperäinen tai tekninen hiili (D4)	<p>D4 Eloperäisten tuotteiden hiilivarasto huomioitiin osana hiilikädenjälkeä siltä osin, kun eloperäiset materiaalit uudelleen käytetään SYKE:n oletusten perusteella (hirsirakenne) tai oli tiedossa, että rakennus on suunniteltu sadan vuoden käyttöiälle. Tällöin hiilivarasto huomioitiin niille materiaaleille, jotka kestävät rakennuksen käyttöiän SYKE-tietokannan käyttöikäoletusten perusteella.</p>
Sementtipohjaisiin tuotteisiin karbonatisoitumisen kautta sitoutuva ilmakehän hiilidioksidi (D5)	<p>Tiedot arviointiin puuttuivat SYKE tietokannasta.</p> <p>D5 Karbonatisoitumisen laskennassa huomioitiin menetelmän mukaisesti karbonatisoituminen, joka tapahtuu rakennuksen elinkaaren jälkeen silloin, kun materiaali on ilman kanssa tekemisissä. Murskeen tyyppilliseksi käyttökohteeksi arvioitiin maarakennus ja tien aluskerrokset, jolloin murske ei ole ilman kanssa tekemisissä. Näin ollen huomioitavaa karbonatisoitumista tapahtuu valmiin murskeen ollessa säilytettävänä ennen käyttöä, kun murske on ohittanut end-of-waste tilan ja sillä on kaupallinen arvo.</p> <p>Karbonatisoituminen laskentaoletukset pohjautuvat Ruduksen Betoroc-murskeen EPD:n arviointimalliin. Säilytysajaksi kentällä arvioitiin 6 kk.</p>

3.4 Tulosten raportoinnin kattavuus

Arvioinnin tulosten ja arvioinnissa hyödynnettävien lähtötietojen raportointi tehtiin menetelmäohjetta kattavammissa laajuudessa. Arvioinnin tuloksista muodostettiin kohderaportit jokaisella arvioitavalle kohteelle, jossa tulokset esitettiin elinkaaren vaiheittain, pääresurssiryhmittäin sekä päämateriaaliluokkien mukaisella jaolla. Laskennan läpinäkyvyyden varmistamiseksi laskentaprosessi, huomioitujen elinkaaren vaiheet ja elinkaaren

vaiheisiin tehdyt oletukset ja skenaariot sekä hyödynnetyt lähtötiedot koottiin lisäksi arvioinnin taustaraportteihin. Esimerkki taustaraportista on esitetty tämän raportin liitteessä 1.

Testausprojektin aikana vuoropuhelua tulosten ja lähtötietojen raportoinnista käytiin arviointien tilaajan eli Lohjan kaupungin ja ympäristöministeriön kanssa. Projektin tuloksena voidaan todeta, että olisi suositeltavaa sisällyttää seuraavien arvioinnissa käytettyjen lähtötietojen tiedot menetelmän yleisiin raportointivelvoitteisiin:

- Arvioinnissa käytetyt EPD-tiedot tuotekohtaisesti
- Lähdeviittaukset lähtöaineistoon pääpiirteittäin (tietomalli, kustannusarvion tai rakennusosa-arvion määräluettelo)
- Tulosten kannalta merkittävimmät oletukset, joita on hyödynnetty arvioinnissa

Yllä mainittujen tietojen raportointi mahdollistaa tarvittaessa arviointien luotettavan tarkastamisen, auditoinnin ja arviointien jatkokehityksen.

3.5 Laskennan sujuvuus ja arviointiin vaadittu aika

Arviointiin vaadittu aika

Asetusluonnoksen mukaan pääsuunnittelijan, rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti arvioitava uuden rakennuksen tai laajamittaisesti korjattavan rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki. Keskimäärin pientalon ilmastaselvityksen mukaiseen vähähiilisuuden arviointiin ja raportointiin käytetty aika oli 2-4 työpäivää ja kerrostalon noin 3-5 työpäivää. Keskimääräiseen aikaan ei ole sisällytetty tulosten analysointia tai päästöihin vaikuttavien ratkaisujen muodostamista. Arvioinnin sujuvuutta heikensivät lisäksi SYKE-tietokannan puutteelliset tiedot elinkaaren lopun skenaarioiden ja hiilikädenjälkeen tarvittavien päästötietojen osalta. Lisäksi arvioinnin tehokkuutta heikensivät aiemmin kuvatut tulkinnalliset kohdat liittyen systeemirajauksiin.

Kokemuksen vaikutus vähähiilisuuden arvioinnissa

Testausprojektin tuloksena voidaan todeta, että arviointimenetelmä on pääosin selkeä arviointia aiemmalla menetelmäversiolla tai EN15978 standardin mukaisesti tehneelle arvioitsijalle. Työssä havaittiin kuitenkin, että vain usean vuoden kokemus LCA-laskennasta mahdollistaa laskennan laadun arvioinnin ja varmistuksen. Arvioinnin vastuuhenkilön on testausprojektin perusteella omattava riittävä ymmärrys sekä LCA-laskennasta ja laskentamenetelmästä että käytössä olevista lähtötiedoista ja niihin liittyvistä epävarmuuksista, jotta laskennan laadusta ja tulosten oikeellisuudesta voidaan varmistua ja laskentatulosten avulla mahdollistetaan päästöjen vähentäminen rakennushankkeissa. Hankkeiden yhdenmukaisen arvioinnin varmistamiseksi olisikin tärkeää, että laskijoiden osaamiselle asetettaisiin selkeät vaatimukset.

Testausprojektin perusteella todettiin myös, että arvioinnin suorittaminen vain asetusluonnoksen tekstin perusteella ilman laskentatyökalua on käytännössä mahdollista vain hyvin syvällisesti EN 15978 ja 15804 standardien metodologiaan perehtyneelle henkilölle. Haasteeksi voi siten muodostua eri laskentatyökalujen yhdenmukaisen laskentatavan varmistaminen, mikäli menetelmä jättää tulkintavaraa esimerkiksi huomioitaviin rakennusosiin tai hyödynnettäviin päästötietoihin liittyen, tai jos standardin mukaista laskentatapaa ei selkeästi painoteta. Tämän vuoksi käytettävien laskentaohjelmien menetelmän mukaisuus on tärkeää voida varmistaa osana menetelmän ja säädösohjauksen kehitystä. Lisäksi arvioinnin epävarmuutta voidaan poistaa kehittämällä SYKE:n tietokantaa erityisesti elinkaaren lopun prosessin osalta, joiden laskemiseksi vaadittuja tietoja jouduttiin testaushetkellä suurelta osin täydentämään muista tietolähteistä.

Tyypilliset virhelähteet

Testausprojektissa havaittiin, että tyypilliset ja merkittävimmät virhemahdollisuudet sisältyvät useaan laskentavaiheeseen arvioinnin aikana:

- **Laskentaraajas:** menetelmässä huomioitavien rakennusosien sisällyttäminen arviointiin oikeassa

laajuudessa sekä rakennusosien oikea luokittelu ja oikea jako rakennuksen ja rakennuspaikan välille

- **Määrätiedon käsittely** rakennusosien määrätiedon ja materiaalitiedon hallinta.
- **Päästötiedot:** Rakentamisen päästötietokannan hyödyntäminen ja tarvittavan EPD-tiedon valinta, kun ympäristöselosteita on saatavilla eri EN standardiversioilla.
- **Tuotesidonnaisten päästöjen laskenta:** rakennusosien määrä- ja materiaalitiedon yhdistäminen oikeaan päästötietoon. Osien vaihtoihin liittyvien oletuksien menetelmän ja SYKE tietokannan mukainen huomiointi. Elinkaaren lopun skenaarioiden käsittely ja tulkinta. Eloperäisen hiilen käsittely EN15804 +A2 standardin mukaisesti
- **Energian hiilijalanjälki:** Menetelmän mukaisen energiamuodon päästöprofiilin hyödyntäminen ja energiatodistustietojen hyödyntäminen.

3.6 Johtopäätökset menetelmätestauksesta

Arviointimenetelmän testaus

Arviointimenetelmän testaus aloitettiin ennen arviointimenetelmäohjeen julkaisua kesäkuussa 2021. Testausprojektiin sisältyi eri käyttötarkoitukseluokan kohteita, jotka vaihtelivat runkoratkaisuiltaan ja energiatehokkuudeltaan. Lisäksi arviointiin sisältyi erilaisia rakennuspaikkoja. Tämän johdosta testausprojektissa muodostettiin hyödyllistä tietoa menetelmän tulkinnallisuudesta vaihtelevissa hankkeissa. Lähtötietoina hyödynnettiin rakennuslupa-aineistoa, mikä vastaa myös tulevaisuudessa ilmastaselvityksen laadinnassa hyödynnettävää tasoa.

Suosituksia arviointimenetelmän käytettävyyden parantamiseksi ja yhdenmukaisen arvioinnin varmistamiseksi:

- Rakennuksen ja rakennuspaikan menetelmän mukaisen rajauksen selkeyttäminen erityisten rakenteiden osalta: alapohjat, terassit, katokset, ulkoiset rakennukset. Näiden osalta tulisi selkeyttää, mitkä rakenteen osat sisältyvät rakennukseen ja mitkä rakennuspaikkaan.
- Yleisesti arviointiin sisällytettävien talotekniikkaosien määrittäminen. Nykyinen määrittely tasolla pääosat jättää paljon tulkintavaraa. Suosituksena on, että näiden osalta viitataan yleisesti käytettävään luokitukseen. Lisäksi tulisi selvästi määrittää, mitkä osat sisältyvät SYKE:n tietokannan keskimääräisiin arvoihin ja mitkä osat tulee arvioida erikseen (esim. uusiutuvan energiantuotanto)
- Kellariosien arviointi ja rajausta on suositeltavaa kehittää siten, että kellaritilat huomioidaan osana rakennuksen hiilijalanjälkeä. Tämä selkeyttäisi arviointia ja yhdenmukaistaisi sen e-lukulaskennan taserajauksen kanssa. Ei myöskään ole tarkoituksenmukaista, että rakennuksen tilojen sijoittelu vaikuttaa sen raja-arvossa huomioitavaan hiilijalanjälkeen: Myös tämä tukisi kellarirakenteiden sisällyttämistä rakennuksen arviointiin.
- Rakennuspaikan määrittelyä on suositeltavaa selkeyttää huomioiden tontin rakenteiden jyvitystapa jaetuilla tonteilla tai korttelihankkeissa, joissa rakennuksilla on yhteinen tontti. Olisi esimerkiksi hyvä pohtia erilaisten pysäköintiratkaisujen vaikutusta hiilijalanjälkeen erityisesti raja-arvojen näkökulmasta. Nyt pysäköinnin ilmastovaikutukset näkyvät joka rakennuksen tai rakennuspaikan arvioinnissa tai eivät näy ollenkaan riippuen siitä, miten pysäköinti on toteutettu.
- Eri jakajan käyttäminen rakennuspaikan ja rakennuksen hiilijalanjäljen arvioinnissa hankaloittaa rakennuksen kokonaistuloksen hahmottamista ja eri osien suhteuttamista toisiinsa sekä lisää selvityksen monimutkaisuutta. Tämän vuoksi olisi suositeltavaa käyttää molemmille samaa jakajaa.
- Ohjeessa olisi tarpeen selkeyttää arviointia seuraavissa tilanteissa: Hybridirakennukset, joissa yhteisellä tontilla on kiinteästi toisiinsa yhteydessä olevia erikäyttötarkoitukseluokan tiloja tai kortteli muodostuu useasta kiinteästi toisiinsa yhteydessä olevista rakennuksista.
- Ohjeessa on erittäin suositeltavaa määrittää ylijäämä uusiutuva energian arviointimenetelmäksi

energiaselvityksen mukainen arviointi sekä määrittää, missä rakennusluvan lähtötietoaineistossa rakennuksessa tai sen tontilla tuotettu ylimääräinen uusiutuva energia (D3) tulee dokumentoida.

- Ohjeessa olisi hyvä avata hieman enemmän eloperäisten (GWP bio), fossiilisten (GWP fossil) ja maankäytön muutoksista (GWP luluc) johtuvien päästöjen käsittelyä laskennassa, sillä niiden arviointi on vielä valtaosalle toimijoista uutta.
- Sellaisia hankkeita varten, jotka pyrkivät merkittäviin päästövähennyksiin, on hyvä luoda tarkat ohjeet tuoteratkaisujen hankekohtaisesta arvioinnista. Esimerkiksi voidaanko laskentaa laajentaa kattamaan rakennustuotteiden päästöt laskennassa ja millä pelisäännöillä eritasoisia EPD:itä voidaan hyödyntää (vertaa tieto betonielementin vai sementin tasolla)
- Ohjeessa tulisi olla säännöt B6 vaiheen energian päästöprofiilin aloitusvuoden määrittämiseen. Koska päästöt vähenevät nopeasti, hankkeen oletetulla valmistumisvuodella on merkittävä vaikutus energia hiilijalanjälkeen.
- Testauksen perusteella suositellaan pätevyysvaatimusten asettamista arviointia tekeville henkilöille yhdenmukaisen arvioinnin varmistamiseksi. Arvioinnissa joudutaan tekemään monialaista osaamista vaativia asiantuntija-arvioita ja valintoja, jotka vaikuttavat laskennan luotettavuuteen ja lopputulokseen. Lisäksi suositellaan menettelyä käytettävien laskentatyökalujen luotettavuuden arvioimiseksi.
- Koska ohjetta hyödynnetään jo markkinaehtoisesti jo ennen ilmastaselvityksivaatimuksen astumista voimaan, olisi hyvä, että ohjeessa määritettäisiin siirtymäsäännöt EN15804 +A1 version mukaisten EPD-tietojen hyödyntämiseen siirtymävaiheen aikana. Tämä tukisi markkinaehtoisesti tapahtuvaa päästöjen vähentämistyötä.

On huomattava, että testausprojektiin ei sisällynyt peruskorjaushankkeita eikä muita rakennustyyppisiä, joiden testaus olisi tuonut hyödyllistä tietoa menetelmän käytettävyydestä erilaisten kohteiden arviointiin.

SYKE Rakentamisen päästötietokannan arviointi

SYKE- rakentamisen päästötietokanta mahdollistaa aiempaa yhtenäisemmän arvioinnin ja tietokannan hyödyntäminen on pääpiirteittäin selkeää silloinkin, kun päästölaskennasta ei ole merkittävää aiempaa kokemusta. Menetelmän mukaisen arvioinnin laatiminen tullee yksinkertaistumaan, kun arviointimenetelmässä hyödynnettävä SYKE rakentamisen päästötietokanta tulee päivittymään ja täydentymään oletusarvojen ja elinkaaren lopun C- ja D-moduulin tietojen osalta. Rakentamisen päästötietokanta ei toistaiseksi mahdollista kattavaa arviointia, vaan menetelmää testattaessa oli laadittava muihin tietokantoihin pohjautuvia skenaarioita esimerkiksi elinkaaren lopun päästöjen sekä hiilikädenjäljen määrittämiseksi.

Tarvittavia lisätietoja SYKE-tietokantaan, jotka havaittiin testauksen aikana, olivat:

- Talotekniikan oletusarvoille tulisi olla saatavilla erikseen A1-3 ja B4 tiedot sekä kuljetusten ja elinkaaren lopun ja hiilikädenjäljen päästölaskennan mahdollistavat massa- ja materiaalitiedot.
- Tietokantaan tulisi määrittää taloteknisten järjestelmien osienvaihtovälit
- Talotekniset järjestelmien oletusarvot olisi suositeltavaa sisällyttää tietokantaan vähintään järjestelmätasolla.
- Kattavammat tiedot C3-C4 moduulien arviointiin eri materiaaleille määritettyjä elinkaaren lopun skenaarioita vastaavasti (energiahyödyntäminen, materiaalihyödyntäminen, loppusijoitus).
- Betonituotteiden karbonatisoitumiselle hiilikädenjäljessä tulisi määrittää oletusarvot.
- Eri materiaalien hyötykäyttöskenaarioiden päästöhyödyt (hiilikädenjälki/moduuli D) tulisi sisällyttää tietokantaan.
- Rakennuspaikan A5 työmaan energiankäytön oletusarvo tulisi selkeyttää jakajana käytetyn pinta-alatiedon osalta. Olisi hyvä
- Olisi hyvä, että tietokannassa annettaisiin eri materiaalityypeille tyypilliset kuljetusmatkat A4 -moduulille ja C2-moduulille
- Rakennuspaikan C1 moduulin oletusarvo olisi hyvä lisätä tietokantaan
- Yleisesti tietokannassa olisi hyvä olla oletusarvot kaikille käyttötarkoituksiluokille.

- Tietokantaan tulisi lisätä materiaalien päästöjen yksikkömuunnostiedot, jotka ovat kriittisen tärkeitä laadukkaiden arviointien varmistamiseksi.

4. Vähähiilisyden arviointi

Tässä luvussa on esitetty vähähiilisyden arvioinnin tulokset sekä menetelmän arviointi ja analyysi suhteessa energiatehokkuuteen ja elinkaari- ja investointikustannuksiin.

Esitetyt tulokset on lähtökohtaisesti rajattu koskemaan rakennuksen elinkaaren aikaisia ilmastovaikutuksia, mikäli rakennuspaikan arvioinnin tuloksia ei ole erikseen mainittu. Rakennuksen hiilijalanjälki- ja elinkaarikustannusten arvioinnissa ei ole siten huomioitu tontin rakentamiseen liittyviä materiaaleja tai toimintoja.

4.1 Rakennuksen vähähiilisyden arvioinnin tulokset

Taulukossa on esitetty arviointikohteiden vähähiilisyden arvioinnin tulokset sekä rungon päämateriaali ja lämmitetty nettoala. Tulokset on esitetty elinkaaren vaiheiden yhteenlaskettuina vertailulukuina eli huomioiden rakennuksen hiilijalanjälki, rakennuksen hiilikädenjälki, rakennuspaikan hiilijalanjälki sekä rakennuspaikan hiilikädenjälki. Tulokset esitetään anonymisti ja rakennusten numerointi ei ole rinnastettavissa messukohteiden numerointiin. Arvioitavien rakennusten kohdetunnisteita ei ole tuotu raporttiin. Rakennukset 1.-16. ovat pientaloja. Rakennukset 17.-19 ovat kerrostaloja.

Taulukko 8. Yhteenveto vähähiilisyden arvioinnin kokonaistuloksista rakennukselle ja rakennuspaikalle kohdekohtaisesti.

Kohde	Rungon päämateriaali	Lämmitetty nettoala (m ²)	Rakennuksen hiilijalanjälki (kg CO _{2e} /n-m ² /a)	Rakennuksen hiilikädenjälki (kg CO _{2e} /n-m ² /a)	Rakennuspaikan hiilijalanjälki (kg CO _{2e} /rp-m ² /a)	Rakennuspaikan hiilikädenjälki (kg CO _{2e} /rp-m ² /a)
Pientalo 1.	Puu	129	13	-1	0,7	-0,1
Pientalo 2.	Puu	156	14	-1	0,9	-0,1
Pientalo 3.	Puu	114	16	-1	0,7	-0,1
Pientalo 4.	Puu	129	13	-2	0,4	-0,03
Pientalo 5.	Puu	124	15	-1	1,0	-0,01
Pientalo 6.	Puu	158	13	-0,4	0,6	-0,05
Pientalo 7.	Betoniharkko	186	18	-1	1,6	-0,02
Pientalo 8.	Betoni	229	14	-1	1,1	-0,2
Pientalo 9.	Hirsi	206	15	-10	1,0	-0,1
Pientalo 10.	Puu	197	12	-1	1,0	-0,2
Pientalo 11.	Puu ja teräs	118	19	-1	1,3	-0,1
Pientalo 12.	Puu	130	13	-0,4	1,3	-0,1
Pientalo 13.	Puu	168	11	-0,4	1,3	-0,1
Pientalo 14.	Betoniharkko	152	16	-1	0,5	-0,04
Pientalo 15.	Puu	171	13	-1	0,6	-0,1
Pientalo 16.	Teräs	160	14	-6	0,3	-0,1
Palvelutalo ja päiväkot	Teräsbetoni	2828	28	-2	2,0	-0,3
Asuinkerrostalo 1	Teräsbetoni	2448	21	-1	7,3	-1,7
Asuinkerrostalo 2	Teräsbetoni	2788	21	-1	4,3	-0,6

Taulukossa 9 on lisäksi esitetty rakennusten elinkaaren hiilijalanjälkitulokset elinkaaren vaiheittain.

A. Ennen käyttöä

- **A1-A3 Tuotevaihe** = rakennustuotteiden raaka-aineiden hankinnasta, niiden kuljetuksista ja valmistuksesta aiheutuvat päästöt sekä eloperäisen hiilen sitoutuminen ilmasta kestävästi hoidetusta metsästä hankittuihin eloperäisiin materiaaleihin. Arvioinnissa oletettiin, että eloperäiset tuotteet ovat kestävästi tuotetusta metsästä eikä maankäytön muutokseen liittyviä päästöjä synny
- **A4 Kuljetukset työmaalle** = rakennustuotteiden kuljetuksista valmistuspaikalta rakennustyömaalle
- **A5 Työmaan toiminnot** = Työmaan energiankulutuksesta aiheutuvat päästöt

B. Käytön aikana

- **B4 Osien vaihdot** = Rakennustuotteiden osien vaihdoista ja korjauksista aiheutuvat päästöt
- **B6 Käytönajan energiankulutus** = Rakennuksen käytönaikaisesta energiankulutuksesta (verkkosähkö, kaukolämpö, lämmityksen polttoaineet) aiheutuvat päästöt

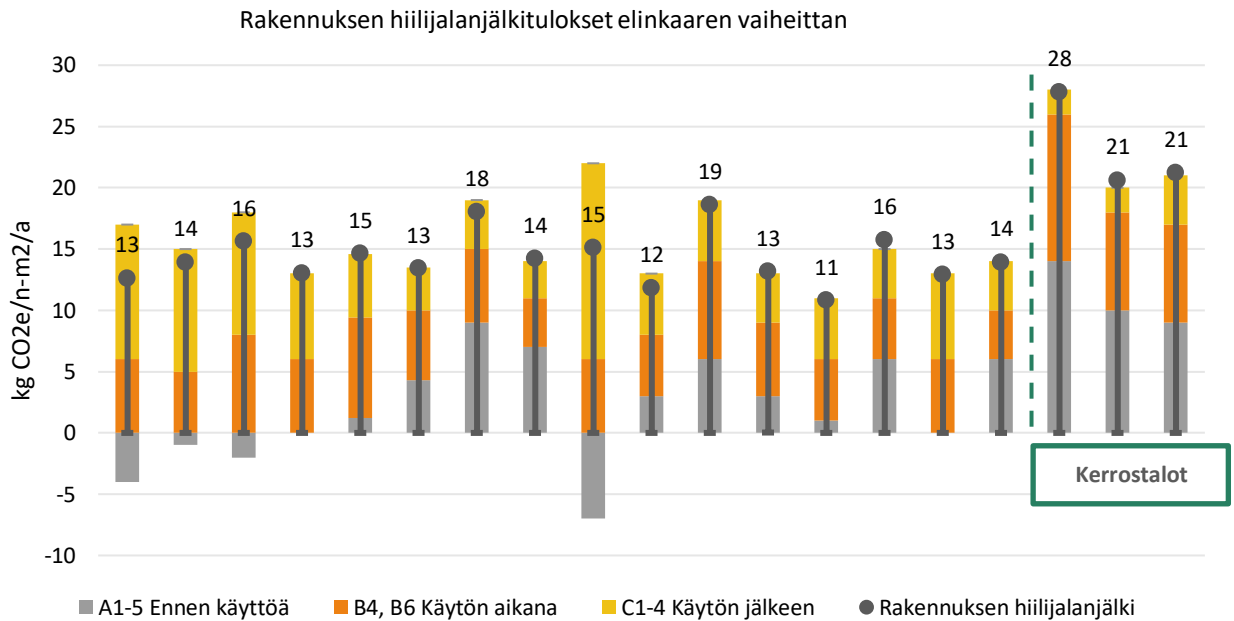
C. Käytön jälkeen

- **C1-C4 Elinkaaren loppu** = Purkutyömaan toiminnoista, jättemateriaalien kuljetuksesta, käsittelystä ja loppusijoituksesta aiheutuvat päästöt sisältäen eloperäisen hiilen vapautumisen elinkaaren lopussa.

Taulukko 9. Yhteenveto vähähiilisyiden arvioinnin tuloksista elinkaaren vaiheittain.

Kohde	A. Ennen käyttöä (kg CO _{2e} /n-m ² /a)	B. Käytön aikana (kg CO _{2e} /n-m ² /a)	C. Käytön jälkeen (kg CO _{2e} /n-m ² /a)
Pientalo 1.	-4	6	11
Pientalo 2.	-1	5	10
Pientalo 3.	-2	8	10
Pientalo 4.	0	6	7
Pientalo 5.	1	8	5
Pientalo 6.	4	6	4
Pientalo 7.	9	6	4
Pientalo 8.	7	4	3
Pientalo 9.	-7	6	16
Pientalo 10.	3	5	5
Pientalo 11.	6	8	5
Pientalo 12.	3	6	4
Pientalo 13.	1	5	5
Pientalo 14.	6	5	4
Pientalo 15.	0	6	7
Pientalo 16.	6	4	4
Palvelutalo ja päiväkot	14	12	2
Asuinkerrostalo 1	10	8	2
Asuinkerrostalo 2	9	8	4

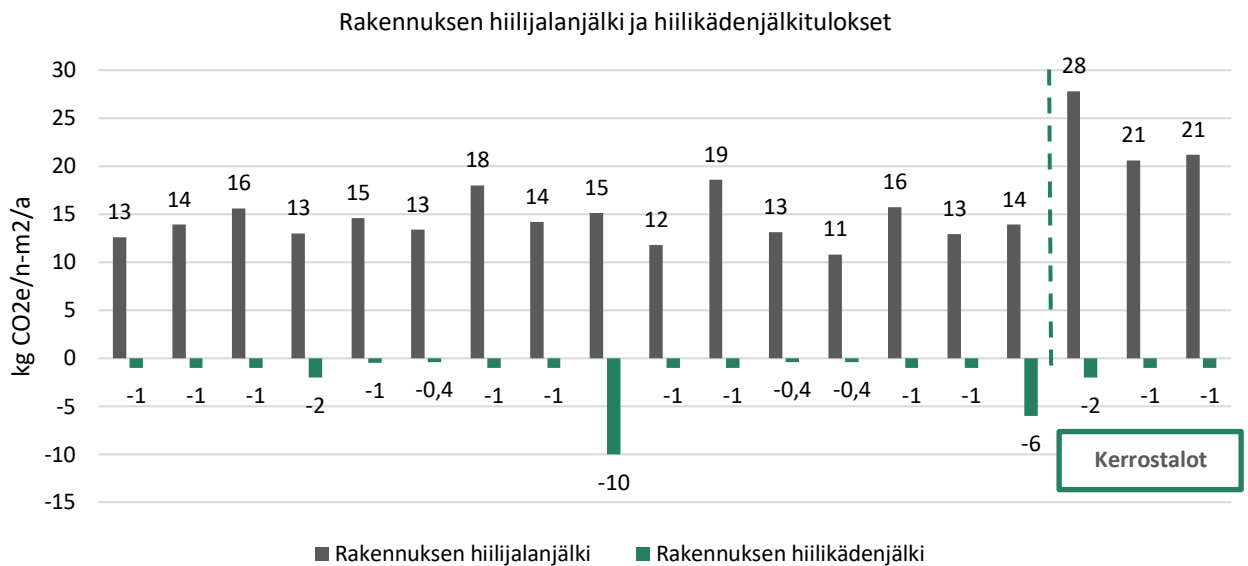
Rakennuksen vähähiilisyiden arvioinnin tulokset on esitetty myös alla olevassa kuvassa.



Kuva 1. Yhteenveto vähähiilisyiden arvioinnin tuloksista elinkaaren vaiheittain.

Tuloksista huomataan EN 15804:2012 + A2:2019 mukaisesti eloperäisen hiilen käsittelyn vaikutus arvioinnissa elinkaaren alun ja elinkaaren lopun tuloksiin. Arvioinnissa tehtiin kaikkien kohteiden osalta yksinkertaistettu oletus, että käytetyt eloperäiset materiaalit ovat kestävästi hoidetusta metsästä. Tällöin puurunkoisissa kohteissa elinkaaren alun tulokset ovat monessa kohteessa hyvin pieniä tai negatiivisia arvoja, mikä johtuu eloperäisen hiilivaraston sitoutumisesta A1 modulissa GWP biogeenisen ollessa suurempi kuin GWP fossiilinen A1-3 vaiheessa. Eloperäisen hiilen vapautuminen vaiheessa C3 nostaa vastaavasti elinkaaren lopun laskentatuloksia.

Pientalojen keskimääräinen hiilijalanjälki on noin 14 kgCO_{2e}/n-m²/a. Kuvan kohteet, joiden kokonaishiilijalanjälki on yli 20 kgCO_{2e}/n-m²/a ovat kerrostaloja. Tuloksista huomataan, että kerrostalojen rakennuksen hiilijalanjälki ennen käyttöä ja käytön aikana on merkittävästi suurempi kuin pientaloilla. Kuvassa 2 on rakennuksen kokonaishiilijalanjäljen (A-C) lisäksi esitetty kohteiden hiilikädenjälkitulokset (D1-5)



Kuva 2. Yhteenveto vähähiilisuuden arvioinnin kokonaistuloksista.

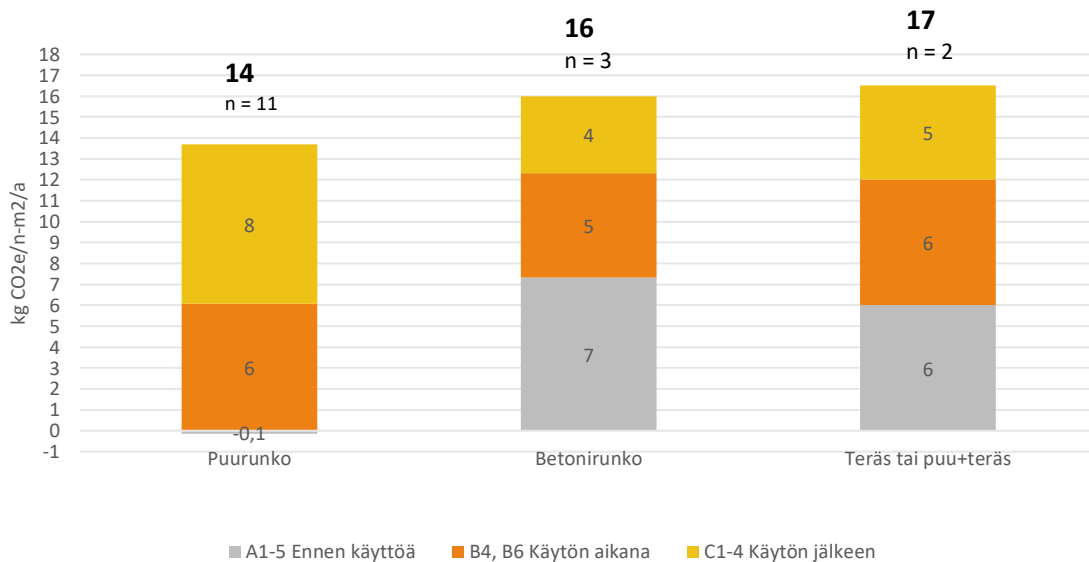
Hiilikädenjälkeen on sisällytetty menetelmäohjeen mukaisesti:

- **D1 Uudelleenkäyttö ja kierrätys** = Rakennusosien uudelleenkäytön tai materiaalien kierrätyksen kautta vältetyt kasvihuonekaasupäästöt elinkaaren ulkopuolella
- **D2 Energiahyödyntäminen** = Materiaalien hyödyntäminen kierrätyspolttoaineena tai energiana käytön jälkeen
- **D3 Ulosviety uusiutuva energia** = Rakennuksessa tai sen tontilla tuotettu ylimääräinen uusiutuva energia (Huom. ei huomioitu kohteissa)
- **D4 Eloperäinen ja tekninen hiilivarasto** = Pitkäikäisten rakennustuotteiden (väh. 100 vuotta rakennuksessa) sisältämä eloperäinen tai tekninen hiili.
- **D5 Karbonatisoituminen** = Sementtipohjaisiin tuotteisiin karbonatisoitumisen kautta rakennustuotteiden elinkaaren lopun jälkeen sitoutuva ilmakehän hiilidioksidi, kun materiaali on kosketuksissa ilmakehän kanssa

Asetusluonnoksen mukaisesti eloperäinen hiilivarasto huomioidaan vain rakennusosille, joiden on suunniteltu pysyvän rakennuksessa 100 vuoden ajan. Useimmissa tutkituissa kohteissa suunnittelukäyttöikä oli 50 vuotta tai käyttöikä tietoa ei ollut saatavilla, jolloin eloperäistä hiilivarastoa ei arvioitu syntyväksi. Hiilikädenjälkitulokset ovat tästä johtuen lähes vastaavan suuruisia päärunkomateriaalista riippumatta. Hirsirunkoisessa kohteessa hirsirakenteisiin sitoutunut eloperäinen hiili lisättiin D1 moduuliin, siltä osin, kun hirsi SYKE:n tietokannan mukaan katsotaan uudelleenkäytettäväksi. Tämä näyttyy tuloksissa suurena hiilikädenjälkenä kohteelle. Lisäksi yhdessä pientalossa rakennuksen rungon suunnittelukäyttöikäksi oli asetettu 100 vuotta, mikä näkyy suurena D4 arvona ja suurena hiilikädenjälkenä. Muilta osin kohteiden hiilikädenjälki muodostuu D1 Uudelleenkäytön ja kierrätyksen hyödyistä ja D2 energiahyödyntämisestä sekä betonin karbonatisoitumisesta elinkaaren jälkeen.

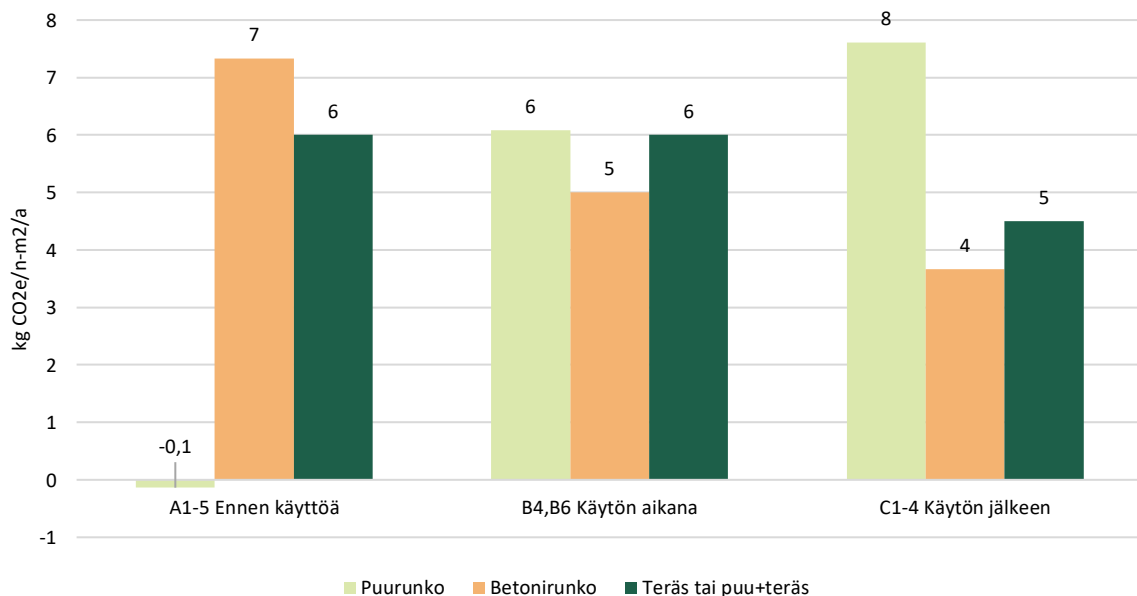
Kuvassa 3 on esitetty pientalojen keskimääräiset rakennuksen hiilijalanjälkitulokset puurunkoisista, betonirunkoisista ja teräs tai teräs/puuhybridi -runkoisista kohteista. Kuvassa on esitetty myös kohteiden lukumäärä (n). Puurunkoisia kohteista oli 11, betoni- tai betoniharkkorunkoisia kivitaloja 3 ja teräs ja teräs/puu -hybridirunkoisia 2. Tulosten perusteella puurunkoisten kohteiden hiilijalanjälki on noin 15 % pienempi kuin betonirunkoisissa kohteissa ja noin 18 % kuin teräsrunkoisissa kohteissa.

Rakennuksen hiilijalanjälki, keskimääräinen tulos runkomateriaalityypeittäin (vain pientalot)



Kuva 3. Pientalojen keskimääräiset tulokset runkorakennetyypeittäin.

Rakennuksen hiilijalanjälki, keskimääräinen tulos runkomateriaalityypeittäin

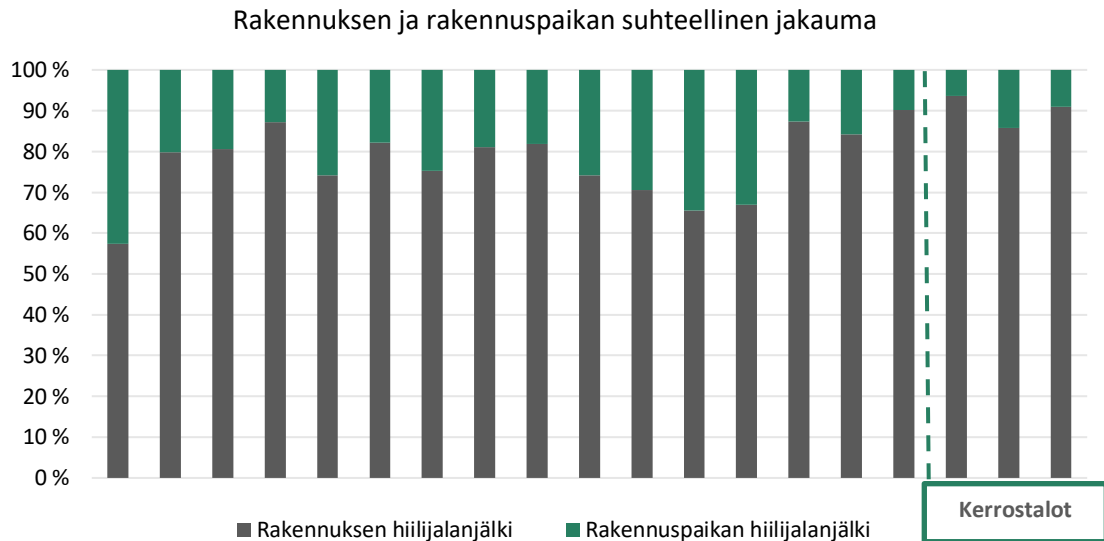


Kuva 4. Pientalojen keskimääräiset tulokset runkorakennetyypeittäin.

Kuvasta 4 huomataan, että elinkaaren päästöjen jakauma elinkaaren vaiheittain vaihtelee merkittävästi eri runkoratkaisuissa. Merkittävin ero on puurunkoisten kohteiden pieni elinkaaren alun A1-5 tulos ja vastaavasti suuri elinkaaren loppuvaiheen C1-4 tulos betoni- ja teräsrunkosiin kohteisiin verrattaessa. Erot johtuvat eloperäisen hiilivaraston sitoutumisesta A1-vaiheessa ja vapautumisesta C3 -vaiheessa silloin, kun eloperäisen materiaalin oletetaan tulevan kestävästi hoidetusta metsästä. Kuvasta huomataan, että vähäisimmät erot syntyvät rakennuksen käyttövaiheen aikana. Suurin osa käytön aikaisista päästöistä muodostuu rakennuksen energiankäytön vaikutuksesta.

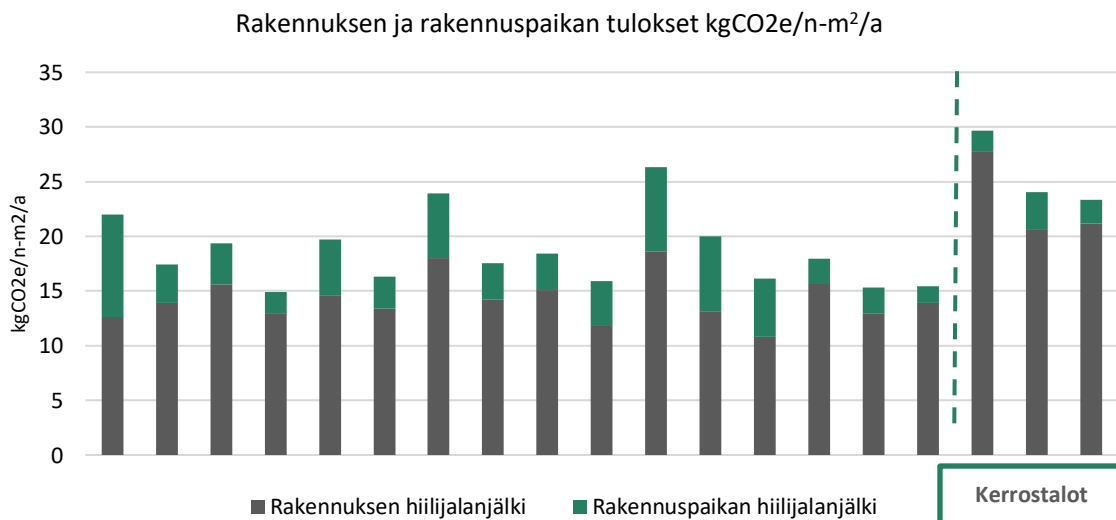
Rakennuksen ja rakennuspaikan suhteellinen jakauma

Rakennuksen ja rakennuspaikan elinkaaren päästöjen suhdetta kokonaispäästöihin on vertailtu alla. Kuvassa 5 on esitetty päästöjen jakautuminen kaikissa arvioitavissa hankkeissa.



Kuva 5. Arvioitavien kohteiden kokonaispäästöjen jakauma rakennuksen ja rakennuspaikan mukaisesti

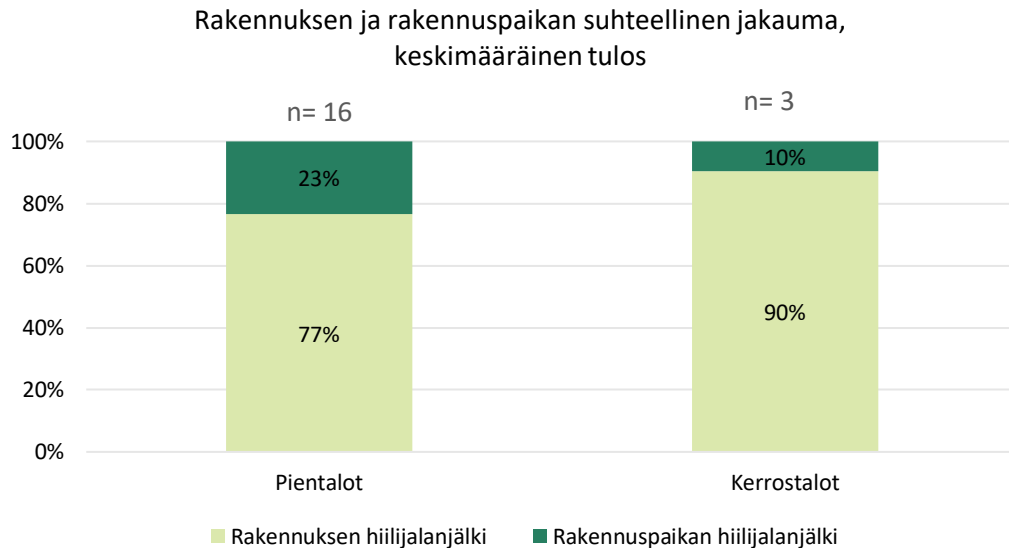
Rakennuksen päästöjen osuus oli arvioitavissa kohteissa noin 57 % - 94 % kohteen kokonaispäästöistä. Vaihtelua päästöjen jakautumisessa on siten huomattavasti. Kuvassa 6 on esitetty vastaavat rakennuksen ja rakennuspaikan arviointitulokset lämmitettyä nettoalaa kohden.



Kuva 6. Arvioitavien kohteiden kokonaispäästöjen jakauma rakennuksen ja rakennuspaikan mukaisesti

Kohteet, joissa rakennuspaikan päästöjen osuus on suuri, päästöihin vaikutti erityisesti suuri terassirakenne, rakennuksesta erillinen autokatos tai piharakennus tai teräspaalaus perustustapana. Lisäksi kohteilla, joilla rakennuksen hiilijalanjälki on pieni, perustusten suhteellinen osuus päästöihin kasvaa. Kuvassa 7 on esitetty keskimääräinen tulos rakennuksen ja rakennuspaikan suhteellisesta jakaumasta kokonaispäästöihin erikseen

pientaloilla ja kerrostaloille (sisältää myös palvelurakennuksen).



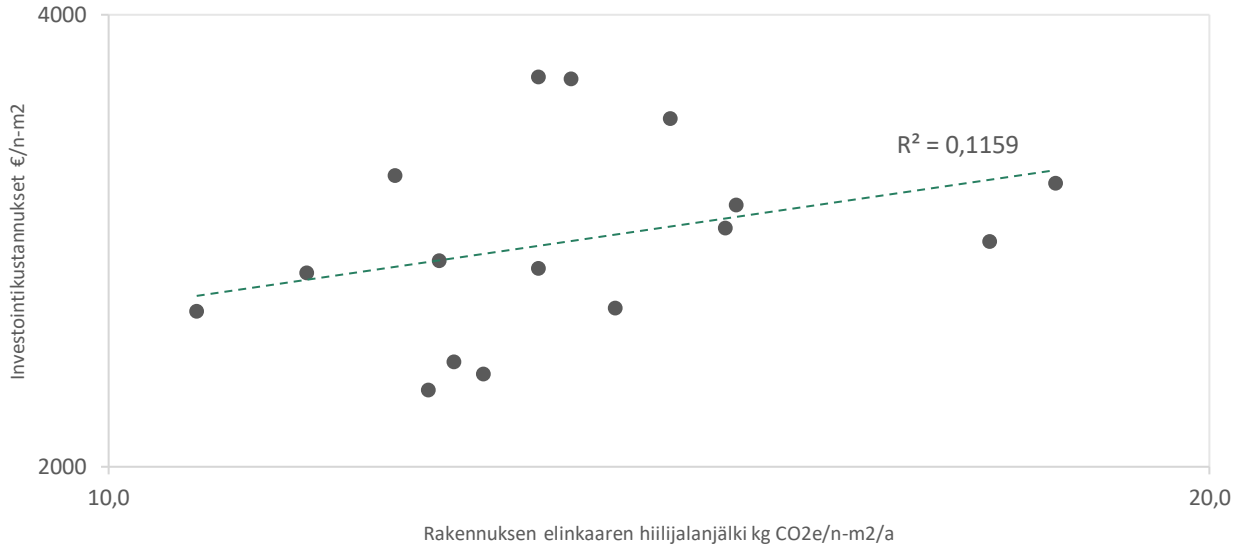
Kuva 7. Arvioitavien kohteiden keskimääräinen kokonaispäästöjen jakauma.

Pientaloissa keskimäärin 77 % kohteen kokonaispäästöistä muodostuu menetelmäohjeen rajauksen mukaisesta rakennuksen arvioinnista ja noin 23 % rakennuspaikan vaikutuksesta. Kerrostaloissa vastaavat osuudet ovat rakennukselle 86 % ja rakennuspaikalle 14 %. Kerrostaloissa rakennukset olivat paaluperusteisia, kun pientaloissa perustustapana oli usein maanvarainen tai tuuletettu alapohja anturaperustuksella. Rakennuspaikan päästöjen suuruuteen vaikuttikin pientaloissa pihan ja alueen ulkopuoliset rakennukset ja tontin päällysteet. On toisaalta huomattava, että rakennuspaikan osalta arvioinnissa käytetyt lähtötiedot olivat osittain vajavaiset eikä esimerkiksi tontin maatyötistä tai sorastuksista tai mahdollisista stabiloinneista ollut tarkkoja lähtötietoja.

4.2 Elinkaarikustannuslaskennan tulokset

Kohteiden investointikustannukset eli tässä rakentamiskustannukset määritettiin selvitystä varten rakennusosa-arviomenetelmällä perustuen rakennuslupa-aineistoon kuten vähähiilisyden arviointi. Kustannusten arvioinnissa noudatettiin samaa rajausta kuin rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen arvioinnissa, eli arvioinnissa huomioitiin rakennuksen maanpäälliset kevyet ja täydentävät rakenteet sekä talotekniset järjestelmät. Kerrostalojen investointikustannustiedot perustuvat kohteen rakennuttajalta saatuihin tietoihin. Seuraavassa kuvassa on esitetty rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen ja investointikustannuslaskennan tulosten suhde. Tarkastelussa on huomioitu vain pientalot muiden rakennustyyppien otannan ollessa hyvin vähäinen. Investointikustannuksia ei esitetty taulukoituna kohdetasolla kohteiden anonyymiteetin takaamiseksi.

Elinkaaren hiilijalanjälki ja Investointikustannukset suhde



Kuva 8. Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki ja investointikustannukset

Investointikustannusten ja elinkaaren hiilijalanjälkitulosten välillä ei voida tämän selvityksen perusteella osoittaa tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta. Tarkastelussa ei huomioitu kerrostaloja rakennusten vähäisen otannan vuoksi. Tämä tarkoittaa, että päästöjen vähentäminen ei suoraan merkitse kustannusten kasvua tai laskua. Tutkitusta joukosta havaittiin, että kustannusten muodostumiseen rakennushankkeessa vaikuttavat useat eri tekijät. Kohteet, joissa on erityisiä varusteluja tai esimerkiksi epätyypillisiä tai erityisiä rakenteita tai liitoksia lisäävät hankkeen kustannusarvioita. Tämän vuoksi kustannusarvio ei ole aina suoraan verrannollinen rungon materiaalityyppeihin ja rakennusosien määrään ja laajuuteen.

Elinkaarikustannuslaskenta toteutettiin käyttäen nykyarvomenetelmää, jossa kustannukset on diskontattu nykyhetkeen. Elinkaarikustannuksissa on huomioitu rakentamiskustannukset, kiinteistövero, jätehuollon kustannukset, laajamittaiset korjaukset ja energiakustannukset. Investointi ja elinkaarikustannuslaskennan lähtötietoina on käytetty pääosin lupapiste.fi tietoja. Elinkaarikustannuslaskenta on toteutettu standardin ISO 15686-5:2008 mukaisesti. Laskenta tehtiin kahdella korkokannalla; 0 % ja 3 %.

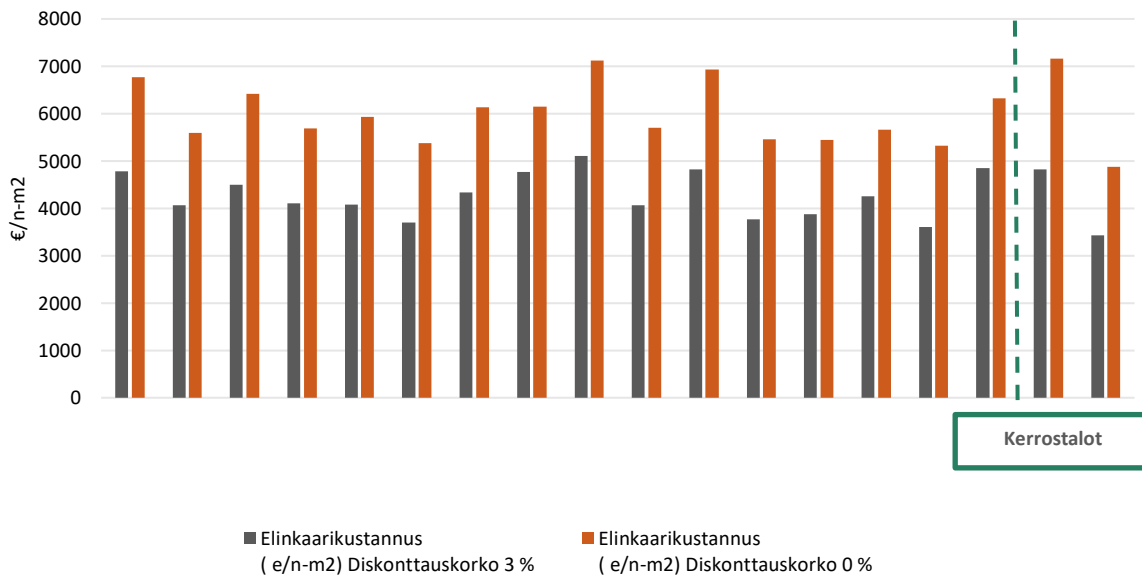
Laskennan tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 10. Elinkaarikustannuslaskennan tulokset.

Kohde	Rakennuksen hiilijalanjälki (kg CO _{2e} /n-m ² /a)	Elinkaarikustannus (€/n-m ²) Diskonttauskorko 3 %	Elinkaarikustannus (€/n-m ²) Diskonttauskorko 0 %
Pientalo 1.	13	4783	6767
Pientalo 2.	14	4060	5588
Pientalo 3.	16	4501	6419
Pientalo 4.	13	4109	5689
Pientalo 5.	15	4073	5927
Pientalo 6.	13	3696	5380
Pientalo 7.	18	4337	6137
Pientalo 8.	14	4764	6145
Pientalo 9.	15	5112	7124

Pientalo 10.	12	4066	5695
Pientalo 11.	19	4822	6932
Pientalo 12.	13	3768	5464
Pientalo 13.	11	3880	5441
Pientalo 14.	16	4257	5658
Pientalo 15.	13	3612	5319
Pientalo 16.	14	4856	6319
Asuinkerrostalo 1	21	4076	7163
Asuinkerrostalo 2	21	3429	5802

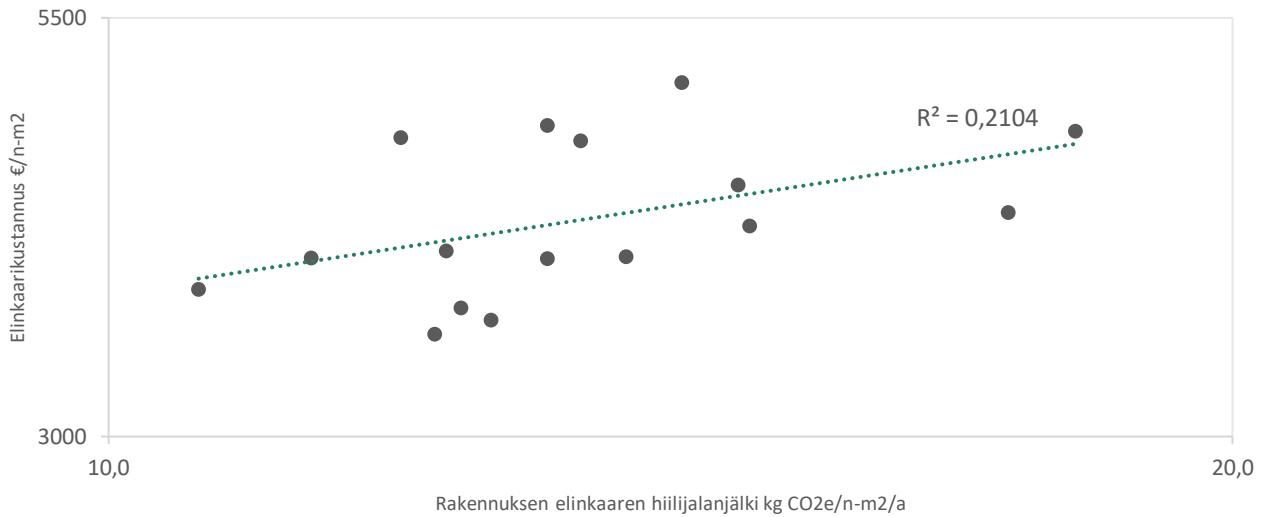
Elinkaarikustannukset 50 vuoden aikana 0 % ja 3 % korkokannoilla



Kuva 9. Rakennuksen elinkaarikustannukset 50 vuoden aikana 0 % ja 3 % diskonttaus korkokannoilla.

Seuraavassa kuvassa on esitetty rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen ja elinkaarikustannusten suhde diskonttauskoron ollessa 3 %.

Elinkaaren hiilijalanjälki ja Elinkaarikustannukset suhde
(Diskonttaus korko 3 %)

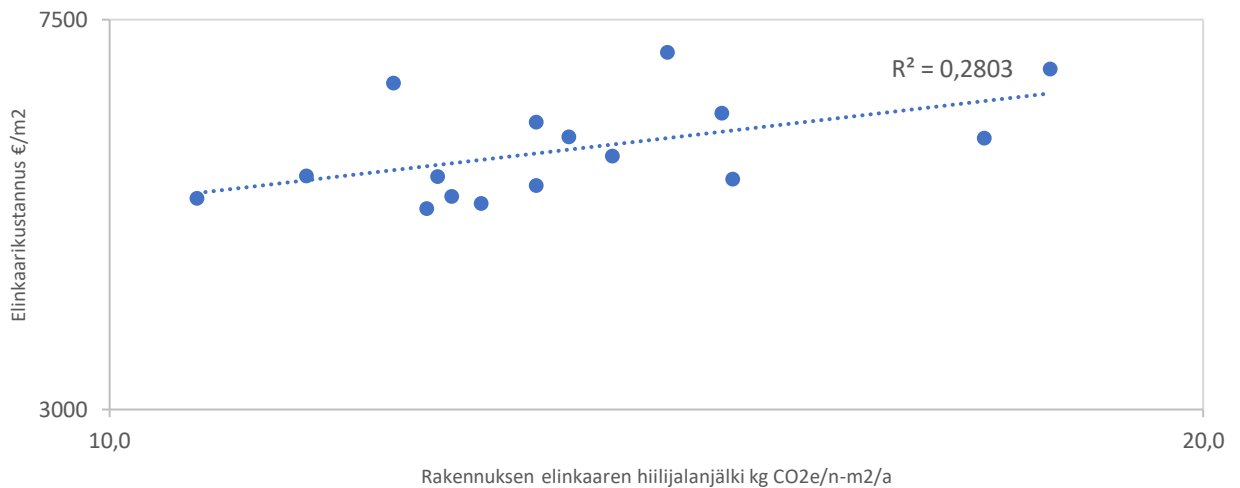


Kuva 10. Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki ja elinkaarikustannukset (Diskonttaus korko 3 %)

Kolmen prosentin korkokannalla elinkaarikustannusten ja hiilijalanjälkituloksen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta. Tulokseen vaikuttaa investointikustannusten merkittävä osuus elinkaarikustannuksista, joka on keskimäärin 70 % korkokannan ollessa 3 %. Kuten edellisessä kappaleessa todettiin, kohteiden investointikustannusten ei havaittu korreloivan hiilijalanjäljen kanssa.

Kuvassa 11 on esitetty myös elinkaarikustannukset ja hiilijalanjälkitulokset elinkaarikustannuslaskennan diskonttauskoron ollessa 0 %. Tuloksissa havaittiin melkein merkittävä riippuvuus riippumattomien suureiden t-testillä 3 % riskitasolla. Tulos eroaa 3 % korkokannasta, mikä johtuu käyttövaiheen kustannusten suuremmasta painoarvosta suhteessa investointikustannuksiin korkokannan ollessa 0 %.

Elinkaaren hiilijalanjälki ja Elinkaarikustannukset suhde
(Diskonttaus korko 0 %)



Kuva 11. Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki ja elinkaarikustannukset (Diskonttaus korko 0 %)

Lisäksi työssä tutkittiin käyttövaiheen hiilijalanjäljen (B) suhde käyttövaiheen elinkaarikustannuksiin 0 % ja 3 % korkokannalla. Tutkittujen suureiden välillä havaittiin molemmissa tapauksissa tilastollisesti erittäin merkittävä riippuvuus; t-testillä riskitaso oli molemmissa tapauksissa selkeästi alle 0,001 %. Tulos tarkoittaa, että kohteessa, jossa on pieni käyttövaiheen hiilijalanjälki, on todennäköisesti myös pienet käyttökustannukset. Tulos myös tukee aiempia havaintoja siitä, että elinkaarikustannusten ja koko elinkaaren päästöjen välillä ei ole riippuvuutta ennen kaikkea sen vuoksi, että investointikustannukset eivät riipu hiilijalanjäljestä.

4.3 Analyysi energiatehokkuusluvun korrelaatiosta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen kanssa

Energiatehokkuusluku eli E-luku kuvaa rakennuksen laskennallista ostoenergiankulutusta, jossa eri energiamuotojen ostoenergiankulutukset on painotettu primäärienergiakertoimilla. Primäärinenergiakertoimet kuvaavat energiamuodon energiantensiteettiä. Energiatodistus tulee esittää uudisrakennukselle rakennuslupaa haettaessa sekä olemassa olevalle rakennukselle myynnin tai vuokrauksen yhteydessä.

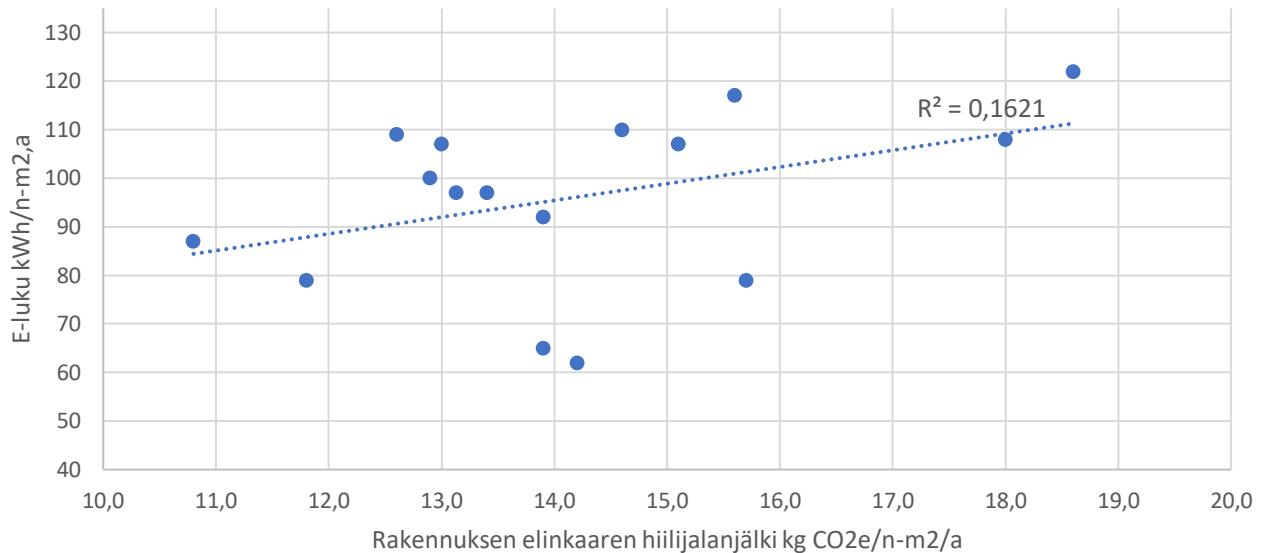
Taulukossa 11 on esitetty rakennuksen hiilijalanjälki ja E-lukutulokset.

Taulukko 11. Kohteiden E-luku arvot.

Kohde	Rakennuksen hiilijalanjälki (kg CO _{2e} /n-m ² /a)	E-luku (kWh/m ² ,a)
Pientalo 1.	13	109
Pientalo 2.	14	92
Pientalo 3.	16	117
Pientalo 4.	13	107
Pientalo 5.	15	110
Pientalo 6.	13	97
Pientalo 7.	18	108
Pientalo 8.	14	62
Pientalo 9.	15	107
Pientalo 10.	12	79
Pientalo 11.	19	122
Pientalo 12.	13	97
Pientalo 13.	11	87
Pientalo 14.	16	79
Pientalo 15.	13	100
Pientalo 16.	14	65
Palvelutalo ja päiväkot	28	133
Asuinkerrostalo 1	21	90
Asuinkerrostalo 2	21	73

Kuvassa 12 on esitetty rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki ja E-lukutulokset. Rakennuksen hiilijalanjälkitulos sisältää rakennuksen maanpäälliset rakennusosat menetelmäohjeen mukaisella rajauksella.

Elinkaaren hiilijalanjälki ja E-luku suhde



Kuva 12. Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkitulosten ja E-luvun suhde.

E-luvun ja elinkaaren hiilijalanjälkitulosten välillä ei voida tämän selvityksen perusteella osoittaa tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta. Tulos johtuu materiaalisidonnaisten päästöjen merkittävästä osuudesta elinkaaren kokonaispäästöissä sekä siitä, että E-luvun laskennassa käytettävät primäärienergiakertoimet eivät ole saman suuntaiset hiilijalanjäljen laskennassa käytettävien päästökerrointen kanssa. Toisaalta yhdistävänä tekijänä on energiatehokkuus, jota parantamalla saadaan pienennettyä sekä hiilijalanjälkeä että E-lukua.

4.4 Johtopäätökset

Tulosten arviointi

Vähähiilisyysarviointi, elinkaarikustannusten arviointi ja investointikustannuslaskenta perustuivat pääosin rakennuslupavaiheen suunnitteluaineistoon. Toteumaan perustuvia määrätietoja ei lähtökohtaisesti ollut saatavilla. Lähtötietojen ollessa puutteelliset arvioinnissa tehtiin oletuksia rakennusmateriaaleista ja niiden määrätiedoista. Arvioinnin tulosten luotettavuuteen on todennäköisesti merkittävimmin vaikuttanut lähtötietojen tarkkuus ja lähtötietojen käsittely. Käytössä olevan suunnitelma-aineiston tarkkuustaso vaihteli, minkä johdosta myös arvioinnin tarkkuustaso on voinut vaihdella. Tämä tarkoittaa, että joissain kohteissa vähähiilisyysarvioinnin ja kustannusten arviointi on suoritettu yksityiskohtaisia suunnitelma-aineistoa tai määrätietoja hyödyntämällä, kun taas osassa kohteita puuttuvien tietojen osalta on hyödynnetty keskiarvoja, yleisiä referenssitietoja ja benchmark arvoja muista kohteista.

Tulosten kannalta merkittävimmät virhelähteet liittyvät yleensä hiili-intensiivisiin rakennusosiin. Tuloksiin todennäköisesti merkittävimmin vaikuttavia oletuksia jouduttiin tekemään esimerkiksi betonirakenteiden betonilaadun ja rauditusmäärien osalta. Toisaalta pientaloissa myös esimerkiksi lattioiden pintamateriaaleilla voi olla suuri vaikutuspäästöihin. Pintamateriaaleista ei ollut useissa kohteissa lähtötietoja. Myös talotekniikan hiilijalanjälki ja kustannukset on arvioitu karkeasti. Pientalojen ja kerrostalojen talotekniikan hiilijalanjälki arvioitiin rakennustyyppikohtaisella (asuinkerrostalojen) oletusarvolla. Talotekniikan järjestelmien kustannukset on arvioitu tila- ja toimintapohjaisilla oletusarvoilla. Tuloksiin on voinut vaikuttaa myös se, että testausprojektiin osallistui viisi eri arviointijaa erilaisella kokemuspohjalla. Toisaalta arviointi on tehty hyvin yhtenevillä laskentatavoilla, työkaluilla ja käytänteillä hyödyntäen yhteneviä oletuksia sekä tulosten laadunvarmistuskäytäntöjä, jolloin arviointien voidaan olettaa olevan hyvin yhdenmukaisesti laadittu.

Johtopäätökset arviointituloksista

Menetelmän arvioinnissa tarkasteltiin rakennuksen vähähiilisyiden arviointimenetelmällä laadittuja tuloksia ja niiden suhdetta investointikustannukset, elinkaarikustannukset sekä E-luku. Arvioinnin tärkeimmät johtopäätökset ovat seuraavat:

- Pientalojen keskimääräinen rakennuksen hiilijalanjälki oli **14 kgCO_{2e}/n-m²/a**. Asuinkerrostalojen keskimääräinen hiilijalanjälki oli **21 kgCO_{2e}/n-m²/a**. Kerrostalojen hiilijalanjälki kg CO_{2e}/n-m²/a on merkittävästi, noin 30 % pientaloja suurempi. Ero tulosten välillä johtuu ennen kaikkea siitä, että kerrostaloissa hyödynnettiin hiili-intensiivimpiä ja raskaampia rakennevaihtoehtoja pientaloihin verrattuna. Lisäksi kerrostalojen hiilijalanjälkeä kasvattavat yhteisten tilojen rakenteet, kuten kulut, portaat ja kattoterassit sekä esimerkiksi asuparvekkeet.
 - Pientaloissa hiilijalanjälki keskimäärin A1-5 ennen käyttöä oli **2 kgCO_{2e}/n-m²/a**, Käytön aikana noin **6 kgCO_{2e}/n-m²/a** ja Käytön jälkeen C1-4 noin **6 kgCO_{2e}/n-m²/a**.
 - Kerrostaloissa vastaavat keskimääräiset tulokset olivat A1-5: **10 kgCO_{2e}/n-m²/a**, B4, B6: **8 kgCO_{2e}/n-m²/a** ja C1-4: **3 kgCO_{2e}/n-m²/a**
 - Suuri ero pientalojen ja kerrostalojen hiilijalanjälkituloksista ennen käyttöä ja käytön jälkeen syntyy runkomateriaaleista ja eloperäisen hiilen (GWP Biogenic) käsittelystä laskennassa. Pientaloista suurin osa oli puurunkoisia, kun taas yksikään kerrostalo ei ollut puurunkoinen.
- Menetelmäohjeen mukaisen itse rakennuksen elinkaaren päästöt olivat pientaloissa noin 77 % ja kerrostaloissa (asuin- ja palvelurakennus) noin 90 % rakennuksen ja rakennuspaikan yhteenlasketuista kokonaispäästöistä. Nämä prosenttiosuudet kuvaavat sitä osuutta rakennusten kokonaishiilijalanjäljestä, mikä ympäristöministeriön suunnitelmien mukaan sisällytettäisiin raja-arvo-ohjauksen piiriin. Rakennuksen osuus kuitenkin vaihteli merkittävästi kohteiden välillä ollen pientaloissa 58 % -90 % ja kerrostaloissa 85 %-93 %.
- Tutkituissa pientalokohteissa puurunkoisten kohteiden keskimääräinen hiilijalanjälki oli noin **14**, betonirunkoisissa **16** ja teräsrunkoisissa **17 kgCO_{2e}/n-m²/a**. Puurunkoisten kohteiden keskimääräinen elinkaaren hiilijalanjälki oli siten noin -15 % betonirunkoisia pienempi ja -18 % teräsrunkoisia pienempi. On huomattava, suurin osa pientalokohteista oli puurunkoisia.
 - Kun tarkastellaan päästöjä ilman käyttövaihetta (B), puurunkoisessa kohteessa hiilijalanjälki on keskimäärin 8 kgCO_{2e}/n-m²/a, betonirunkoisessa kohteessa 11 kgCO_{2e}/n-m²/a ja teräsrunkoisessa kohteessa 11 kgCO_{2e}/n-m²/a.
- Arviointimenetelmällä laaditut tulokset eroavat suuresti aiemmalla arviointimenetelmäversiolla lasketuista kohteista johtuen EN 15804 +A2 standardin mukaisesta eloperäisen hiilivaraston käsittelystä laskennassa, kun eloperäisten materiaalien oletetaan olevan kestävästi hoidetusta metsästä. Puurunkoisissa kohteissa elinkaaren alun hiilijalanjälki voi olla jopa negatiivinen, mikäli rakenteisiin sitoutunut eloperäinen hiili (GWP biogenic) on suurempi kuin hankkeen sitoutunut fossiilinen hiili (GWP fossil). Vastaavasti biogeenisen hiilen vapautuminen näkyy elinkaaren lopussa vastaavasti suurempina päästöinä. Tämä selittää myös suuren eron päästöjen muodostumisessa elinkaaren vaiheittain, kun tarkastellaan eri runkojärjestelmiä
- Pientalojen investointikustannusten ja rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen välille ei muodostunut tilastollisesti merkittävää riippuvuutta. Tämä tarkoittaa, että päästöjen pienentymisen ei voida sanoa johtavan investointikustannusten kasvuun tai laskuun.
 - Arvioinnin keskeinen johtopäätös oli, että kustannusten muodostumiseen rakennushankkeessa vaikuttavat useat eri tekijät. Kohteet, joissa on erityisiä varusteluja tai esimerkiksi epätyypillisiä tai erityisiä rakenteita tai liitoksia lisäävät hankkeen kustannusarvioita. Tämän vuoksi kustannusarvio ei ole suoraan verrannollinen esimerkiksi rungon materiaalityyppeihin ja rakennusosien määrään ja laajuuteen.

- Pientalojen elinkaarikustannusten ja rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen välille ei muodostunut tilastollisesti merkittävää riippuvuutta korkokannan ollessa 3 %, mutta 0 % korkokannalla voitiin havaita tilastollisesti melkein merkittävä positiivinen korrelaatio eli kohteissa, joissa oli pieni hiilijalanjälki, myös elinkaarikustannukset olivat keskimäärin pienemmät.
 - Eri korkokantojen välinen ero selittyy ennen kaikkea erolla investointikustannusten ja käyttövaiheen kustannusten osuuksissa. 3 % diskonttauskorolla käyttövaiheen kustannusten osuus suhteessa investointikustannuksiin on pienempi, jolloin investointikustannusten vaikuttavuus tulokseen on suurempi. Tätä tukee havainto siitä, että käyttövaiheen (B6) hiilijalanjäljen ja elinkaarikustannusten välillä havaittiin olevan tilastollisesti erittäin merkittävä riippuvuus. Kuten edellä todettiin, investointikustannusten ja rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen välille ei muodostunut tilastollisesti merkittävää riippuvuutta.
- Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen ja E-luvun välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta. Tämä johtuu rakenteen ja materiaalityyppien merkittävä osuudesta kokonaispäästöissä sekä siitä, että E-luvun laskennassa käytettävät primäärienergiakertoimet eivät ole saman suuntaiset eri energiamuotojen päästökertoimien kanssa.

Liite 1. Vähähiilisyden arvioinnin tekninen tausta

Arvioinnin perustiedot

Elinkaariarvioinnin perustiedot	
Menetelmä	Rakennuksen hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki ympäristöministeriön arviointimenetelmän (MRL lausuntoversio 2021) mukaisesti.
Arviointijakson pituus	50
Laskennan ajankohta, suunnitteluvaihe	Rakennuslupa-aineisto. Arviointi laadittu 5/2021
Yleiset huomiot rajauksista	Kaikki menetelmäohjeen mukaiset elinkaaren vaiheen ja arvioitavat rakennusosat on huomioitu.
Laskennan kohdat, joissa käytetty taulukkoarvoja	Elinkaaren vaiheet A5, C1, talotekniikan materiaalipäästöt (SYKE rakentamisen päästötietokannan vakio-oletusarvot)
Laskennan kohdat, joissa tehty hankekohtainen arviointi	A1-3, A4, B4, B6, C2-4, D-moduuli (laskenta kuvattu edellä)
Käytetyt laskentaohjelmat	One Click LCA (A1-3, A4 vaiheet)
Tietojen luotettavuutta koskevat huomiot	Laskelmat perustuvat laskentahetkellä käytössä olleisiin suunnitelmiin. Tietojen ollessa puutteelliset on tehty oletuksia rakennusmateriaaleista tai niiden määrätiedoista.

Lähtötiedot ja laskennan rajaukset

Alla on käsitelty laskennassa käytettyjä lähtötietoja rakennuksen elinkaaren vaiheille.

Hiilijalanjälki ennen käyttöä (A1-5)

A1-A3 Tuotevaihe = rakennustuotteiden raaka-aineiden hankinnasta, niiden kuljetuksista ja valmistuksesta aiheutuvat päästöt sekä eloperäisen hiilen sitoutuminen ilmasta kestävästi hoidetusta metsästä hankittuihin eloperäisiin materiaaleihin

A4 Kuljetukset työmaalle = rakennustuotteiden kuljetuksista valmistuspaikalta rakennustyömaalle

A5 Työmaan toiminnot = Työmaan energiankulutuksesta aiheutuvat päästöt

Rakennustuotteiden ja materiaalien hiilijalanjäljen arvioinnissa käytetyt materiaalien laajuus-, määrä- ja tuotetiedot perustuivat pääosin rakennuslupa-aineistoon.

Rakennustuotteiden ja materiaalien hiilijalanjäljen laskennassa hyödynnetyt päästötiedot perustuvat pääosin tyypilliseen tietoon Suomen olosuhteissa, jonka määrittämisessä on hyödynnetty 1.3.2021 koekäyttöön julkaistua Suomen Ympäristökeskuksen rakentamisen päästötietokantaa. Kansallinen päästötietokanta liittyy MRL:n vähähiilisen rakentamisen säädösohjauksen kehitykseen. Ilmastoselvityksen laadinnassa tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään kansallista päästötietokantaa, joka sisältää geneeristä, Suomen markkinaa edustavaa päästötietoa rakennustuotteille, rakentamisen toiminnoille, energialle ja käyttöikäoletuksille. Rakennustuotteiden ja – materiaalien päästöarvoihin on lisätty +20 % konservatiivisuuskerroin. Geneeristä, konservatiivista tietoa on tarkoitettu tulevaisuudessa hyödyntämään silloin, kun tuotekohtaista EPD-tietoa ei ole saatavilla.

SYKE tietokannan lisäksi hankkeen laskennassa on hyödynnetty standardin EN 15804 mukaisten ympäristöselosteiden päästöarvoja suunnitelmissa määritetyille tuotteelle ja arviointia varten toimitettujen

lisätietojen perusteella. Koska menetelmän mukaisia standardiversion EN 15804 + A2 mukaan toteutettuja ympäristöselosteita on saatavilla vielä hyvin rajallisesti, arvioinnissa on hyväksytty myös EN 15804 + A1 mukaiset selosteet, joiden on oletettu antavan riittävän hyvä kuva päästöistä, kun on oletettu, että eloperäiset tuotteet ovat kestävästi tuotetusta metsästä eikä maankäytön muutokseen liittyviä päästöjä synny. Ympäristöselosteiden tietoja on tarvittaessa täydennetty eloperäisen hiilen määrällä tuotteissa laskentaohjelmiston oletusten mukaisesti.

Rakennustuotteiden materiaalihukka työmaalla määritettiin SYKE tietokannan tietojen perusteella vaikuttavimmille rakennustuotteille (betoni, teräs, kipsi, eristeet, puumateriaalit). Muiden materiaalien osalta hyödynnettiin One Click LCA -ohjelmiston oletusarvoja materiaalien hukkaprosenteille. Hukkamateriaalien valmistuksen hiilijalanjälki on sisällytetty arviointiin moduulissa A1-A3.

Kuljetukset tehtaalta työmaalle (A4) arvioitiin One Click LCA:n LEVELS laskentatyökalun oletuskuljetuskalustolla. Kuljetusmatkojen arvoiksi valittiin työkalun oletusparametrien mukaiset skenaarit Pohjoismaille. Kuljetuskalustot muutettiin arvioinnissa vastaamaan SYKE -tietokannan päästötietoja vastaavalle kalustotyypille.

Työmaan aikainen energiankulutus (A5) määritettiin SYKE-tietokannan oletusarvolla. Rakennuspaikan työmaan energiankulutus määritettiin vastaavasti SYKE:n oletusarvolla maa- ja pohjarakentamiselle. Työmaan hukka- eli jättemateriaalin kuljetukset ja käsittely on tässä arvioinnissa jätetty huomioimatta. Jättemateriaalin kuljetuksen ja käsittelyn vaikutus arvioinnin kokonaistulokseen katsottiin erittäin vähäiseksi.

Hiilijalanjälki käytön aikana (B4, B6)

B4 Osien vaihdot = Rakennustuotteiden osien vaihdoista ja korjauksista aiheutuvat päästöt

B6 Käytönajan energiankulutus = Rakennuksen käytönajaisesta energiankulutuksesta (verkkosähkö, kaukolämpö, lämmityksen polttoaineet) aiheutuvat päästöt

Rakennusosien vaihdot elinkaaren aikana on huomioitu SYKE 2021 päästötietokannan oletusvaihtoväleillä. Osien vaihdoista syntyvän hukkamateriaalin vaikutus oletettiin merkityksettömäksi ja sitä ei sisällytetty arviointiin. Uusittavien osien purkujätteen kuljetus ja käsittely on huomioitu pääosin SYKE rakentamisen päästötietokannan mukaisilla oletusarvoilla (ks. laskennan oletukset ja rajaukset kuten Hiilijalanjälki käytön jälkeen C1-C4 -osio)

Rakennuksen energiankäytön hiilijalanjälki määritettiin rakennuksen energiatodistuksen tietojen perusteella. Energian ominaispäästökerroin määritettiin SYKE-tietokannan päästötietojen mukaisesti. Energiaverkon päästövähennämisen oletettiin kehittyvän lineaarisesti. Arvioinnissa huomioidaan energian ominaispäästöt ja päästöprofiilien kehitys vuosille 2021-2070.

Hiilijalanjälki käytön jälkeen (C1-4)

C1-C4 Elinkaaren loppu = Purkutyömaan toiminnoista, jättemateriaalien kuljetuksesta, käsittelystä ja loppusijoituksesta aiheutuvat päästöt sisältäen eloperäisen hiilen vapautumisen elinkaaren lopussa.

Hiilijalanjälki elinkaaren lopussa on arvioitu SYKE-päästötietokannan tietojen avulla sekä tätä arviointia varten muodostettujen laskentamäärittysten avulla. SYKE tietokantaa hyödynnettiin

- purkutyömaan toimintojen (C1) arviointiin: SYKE-tietokannan neliöperustainen vakio-oletusarvo purkutyömaan toiminnoille.
- mineraali-, teräs- ja puupohjaisten jätteen käsittelyn päästöjen määritykseen (C3). Nämä tiedot oli arviointihetkellä sisällytetty rakentamisen päästötietokantaan.
- Loppusijoituksen päästöjen määritykseen (C4) (poltettavan sekajätteen määrää ei ole eroteltu)
- Materiaalien elinkaaren lopun skenaarioiden määritykseen eli elinkaaren lopun käsittelyn ja elinkaaren jälkeisen hyödyntämistavan määritykseen, eli hyödynnettiin materiaaleille laadittuja skenaarioita. Nämä

tiedot oli arviointihetkellä sisällytetty rakentamisen päästötietokantaan.

Jätteen kuljetukset työmaalta käsittelyyn (C2) määritettiin rakentamisen päästötietokannan kuljetuskalustoille määritettyjen päästötietojen avulla. Kuljetusetäisyydeksi työmaalta käsittelyyn oletettiin 100 km ja kalustoksi puoliperävaunuyhdistelmä, kuorma 50% (katuajo).

Laskennan loppuun saattamiseksi muodostettiin elinkaaren lopun skenaariot ja jätteen käsittelyn päästökertoimet siltä osin, kuin tiedot puuttuivat rakentamisen päästötietokannasta. Käytännössä rakennuksessa käytettävistä materiaaleista muodostettiin seuraavat materiaalityypit, jolle määritettiin elinkaaren lopun päästökertoimet (C2-C4) kg CO₂e/kg materiaalia. Käytetyt oletukset on esitetty alla taulukossa.

Materiaalityyppi	C3 skenaario	
Valmisbetoni ja betonielementit	SYKE, C3 mineraaliset aineet	SYKE C4, sekajätteen poltto (polttokelpoisen jätteen määrä ei eroteltu)
Metallit ja terästuotteet	SYKE C3 metallit	
Tiili	SYKE, C3 mineraaliset aineet	
Keramiikka	SYKE, C3 mineraaliset aineet	
Laasti	SYKE, C3 mineraaliset aineet	
Kipsipohjainen jäte	SYKE, C3 mineraaliset aineet	
Muovit ja muovieristeet	Oekobau.dat, muovipohjaisten eristeiden poltto	
Mineraalieristeet	SYKE, C3 mineraaliset aineet	
Orgaaniset eristeet	SYKE C3: puupohjaiset materiaalit	
Lasi	SYKE, C3 mineraaliset aineet	
Lattiapäällysteet	SYKE C3: puupohjaiset materiaalit	
Kiintokalusteet	SYKE C3: puupohjaiset materiaalit	
Ikkunat, ovet	SYKE C3: mineraaliset aineet, metallit ja puupohjaiset materiaalien suhteessa	
Puutuotteet	SYKE C3: puupohjaiset materiaalit	
Maa, maa-aines	SYKE, C3 mineraaliset aineet	
Kivet	SYKE, C3 mineraaliset aineet	
Bitumikermikate	SYKE, C3 mineraaliset aineet, energiakäyttö oletettu merkityksettömäksi	

Pienen määrän vuoksi merkityksettömiksi arvioidut tuotteet jätettiin elinkaaren lopun arvioinnin ulkopuolelle. Tällaisia materiaaleja olivat kupari, alumiini, sandwich-paneelit, kuitusementtilevyt. Talotekniikan elinkaaren lopun päästövaikutuksia ei sisällytetty arviointiin, sillä rakentamisen päästötietokannan oletusarvoa hyödyntäessä ei materiaalien massaosuuksia ei ollut tarkasti tiedossa elinkaaren lopun arviointia varten.

Elinkaaren ulkopuoliset päästövaikutukset (Moduuli D)

Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset muodostuvat niistä ilmastohyödyistä, joita ei voida kohdistaa muihin elinkaaren vaiheisiin A-C. Nämä rakennuksen elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset rajataan tarkastelussa erilliseen moduuliin D. Ympäristöministeriön asetusluonnoksen mukaisesti arvioinnissa huomioidaan:

D1 Uudelleenkäyttö ja kierrätys = Rakennusosien uudelleenkäytön tai materiaalien kierrätyksen kautta vältetyt kasvihuonekaasupäästöt elinkaaren ulkopuolella

D2 Energiahyödyntäminen = Materiaalien hyödyntäminen kierrätyspolttoaineena tai energiana käytön jälkeen

D3 Ulosviety uusiutuva energia = Rakennuksessa tai sen tontilla tuotettu ylimääräinen uusiutuva energia

D4 Eloperäinen ja tekninen hiilivarasto = Pitkäikäisten rakennustuotteiden sisältämä eloperäinen tai tekninen

hiili.

D5 Karbonatisoituminen = Sementtipohjaisiin tuotteisiin karbonatisoitumisen kautta rakennustuotteiden elinkaaren lopun jälkeen sitoutuva ilmakehän hiilidioksidi

SYKE-tietokantaa hyödynnettiin materiaalien elinkaaren lopun skenaarioiden eli elinkaaren lopun jälkeisen hyödyntämistavan määrittämiseen. Rakentamisen päästötietokannassa ei pääosin ollut valmiita päästötietoja D-moduulien päästöhyötyjen arviointiin. Puuttuvilta osin arvioinnissa hyödynnettiin tietokannan tausta-aineistoja, ja materiaaleille muodostettiin tätä arviointia varten päästökertoimet. Päästökertoimet huomioivat elinkaaren lopun skenaariot. D-moduulin arvioinnissa hyödynnetyt tiedot on esitetty alla:

Yhteenvedo hiilikädenjäljen laskennan oletuksista ja päästötiedoista D1 ja D2-moduuleissa.

Materiaaliryhmä	D1 uudelleenkäyttö ja kierrätys ja D2 energiahyödyntäminen
Valmisbetoni ja betonielementit	D1: Betoni korvaa soraa ja hiekkaa, jänneteräs kierrätetään, raudoitus oletettu nollassi Päästötietojen lähde: SYKE/Betoni
Metallit ja terästuotteet	D1: Korvaa terästä, raudoitusta ei huomioitu (100 % kierrätettyä) Päästötietojen lähde: SYKE/Teräsrakenne
Tiili	D1: Korvaa soraa ja hiekkaa, Päästötietojen lähde: SYKE/Betoni
Keramiikka	D1: Korvaa soraa ja hiekkaa, Päästötietojen lähde: SYKE/Betoni
Kipsipohjainen jäte	D1: Korvaa kipsiä, lähde: Gyproc PED
Muovit ja muovieristeet	D2: Korvaa lämmön ja sähkön yhteistuotantoa, lämpöarvo 9,8 MJ/kg, hyötysuhde 90 %, rakennusaste 50%, korvattavan energian päästöt: SYKE
Mineraalieristeet (ei relevantti)	
Orgaaniset eristeet	D2: Korvaa lämmön ja sähkön yhteistuotantoa, lämpöarvo 9,8 MJ/kg, hyötysuhde 90 %, rakennusaste 50%, korvattavan energian päästöt: SYKE
Lasi (ei relevantti)	
Lattiapäällysteet	D2: Korvaa lämmön ja sähkön yhteistuotantoa, lämpöarvo 9,8 MJ/kg, hyötysuhde 90 %, rakennusaste 50%, korvattavan energian päästöt: SYKE
Kiintokalusteet	D1: Korvaa terästä Päästötietojen lähde: SYKE/Teräsrakenne
Ikkunat, ovet	D1: Alumiinin kierrätys, Päästötietojen lähde: SYKE/Teräsrakenne
Puutuotteet	D2: Korvaa lämmön ja sähkön yhteistuotantoa, lämpöarvo 9,8 MJ/kg, hyötysuhde 90 %, rakennusaste 50%, korvattavan energian päästöt: SYKE
Maa, maa-aines	D1: Korvaa soraa ja hiekkaa, Päästötietojen lähde: SYKE/Betoni
Kivet	D1: Korvaa soraa ja hiekkaa, Päästötietojen lähde: SYKE/Betoni
Talotekniikka (metallit)	D1: Korvaa terästä Päästötietojen lähde: SYKE/Teräsrakenne

D3 ylimääräinen uusiutuva energia: Arvioinnin lähtötietojen perusteella kohteissa ei tuoteta ylimääräistä uusiutuvaa energiaan.

D4 Eloperäisten tuotteiden hiilivarasto huomioitiin osana hiilikädenjälkeä siltä osin, kun eloperäiset materiaalit uudelleen käytetään SYKE:n oletusten perusteella (hirsirakenne) tai oli tiedossa, että rakennus on suunniteltu sadan vuoden käyttöille. Tällöin hiilivarasto huomioitiin niille materiaaleille, jotka kestävät rakennuksen käyttöä SYKE käyttöikäoletusten perusteella.

D5 Karbonatisoitumisen laskennassa huomioitiin menetelmän mukaisesti karbonatisoituminen, joka tapahtuu rakennuksen elinkaaren jälkeen silloin, kun materiaali on ilman kanssa tekemisissä. Murskeen tyyppilliseksi käyttökohteeksi arvioitiin maarakennus ja tien aluskerrokset, jolloin murske ei ole ilman kanssa tekemisissä. Näin ollen huomioitavaa karbonatisoitumista tapahtuu valmiin murskeen ollessa säilytettävänä ennen käyttöä, kun murske on ohittanut end-of-waste tilan ja sillä on kaupallinen arvo. Karbonatisoituminen laskentaoletukset pohjautuvat Ruduksen Betoroc-murskeen EPD:n arviointimalliin. Säilytysajaksi kentällä arvioitiin 6 kk.

Tietojen laadunarviointi

Taulukko. Tietojen laadunluokittelu YM 2019 Menetelmän mukaisesti. Numerointi on selitetty seuraavalla sivulla.

Elinkaaren vaiheet	Vähimmäisvaatimukset					Yhteensä	Vähimmäisvaatimukset
	Teknologinen edustavuus	Maantieteellinen edustavuus	Ajallinen edustavuus	Epävarmuus			
A1-3 Tuotteiden valmistus	2	3	2	2	9	Tiedot vähintään tasoa 2.	
A4 Kuljetus työmaalle	2	3	3	2	10	Maantieteellinen edustavuus oltava tasoa 3.	
A5 Rakennustyömaa	2	3	3	2	10	Maantieteellinen edustavuus vähintään tasoa 2.	
B3-4 Korjaukset ja osien vaihdot	2	3	3	2	10	Maantieteellinen edustavuus vähintään tasoa 2.	
B6 Energiankulutus	3	3	3	2	10	Tiedot vähintään tasoa 2.	
C1 Purkutyöt	2	2	2	2	8	Ei vähimmäisvaatimuksia.	
C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn	2	2	2	1	6	Ei vähimmäisvaatimuksia.	
C3 Jätteen käsittely	2	2	2	1	6	Ei vähimmäisvaatimuksia.	
C4 Loppusijoitus	2	2	2	1	6	Ei vähimmäisvaatimuksia.	
D Elinkaaren ulkopuoliset/hiilikädenjälki	2	3	2	2	9	Hiilivarastoja tai hiiltä sitovien tuotteiden tiedot vähintään tasoa 2. Muuten ei vähimmäisvaatimuksia.	

Taulukko. Selitys tietojen laadun luokituksesta.

	0	1	2	3
Teknologinen edustavuus	Ei arvioitu.	Tieto ei vastaa tyydyttävästi tuotteen teknisiä ominaisuuksia.	Tieto vastaa osittain tuotteen teknisiä ominaisuuksia.	Käytetty tieto vastaa hyvin tuotteen teknisiä ominaisuuksia
Maantieteellinen edustavuus	Ei arvioitu.	Tieto viittaa täysin erilaiseen maantieteelliseen kontekstiin (esim. Italia Suomen sijaan).	Tieto viittaa samankaltaiseen maantieteelliseen kontekstiin (esim. Norja Suomen sijaan).	Käytetty tieto viittaa tiettyyn maantieteelliseen kontekstiin
Ajallinen edustavuus	Ei arvioitu.	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on yli 6 vuotta.	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on 2–4 vuotta.	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on alle 2 vuotta.
Epävarmuus	Ei arvioitu.	Käytetään mallinnettua tai vastaavaa tietoa. Paikkansapitävyys ja täsmällisyys on arvioitu laadullisesti (esim. toimittajan ja prosessin operaattorin asiantuntija-arvio).	Käytetään mallinnettua tai vastaavaa tietoa, joka on arvioitu tyydyttävän paikkansapitäväksi ja täsmälliseksi, ja sitä tukee määrällinen epävarmuusarvio.	Käytetään hankekohtaista ja validoitua tietoa, jota voidaan pitää tyydyttävän paikkansapitävänä ja täsmällisenä (esim. tehty ja vahvistettu ympäristöseloste).

Liite 2. Vähähiilisuuden arviointiin pyydyt lisätiedot

Aineisto		Lisätiedot
1	Rakennusosien määräluettelo	Kustannus- tai rakennusosa-arvio, rakennuksen massaluettelo. Myös tiettyä osaa rakennuksesta koskevia tietoja voidaan hyödyntää (esim. perustukset, maarakentaminen)
2	Tietomalli	Rakennuksen tietomalli IFC (Arkkitehti- tai rakennemalli)
3	Tuote- ja materiaalityömittajat	Tieto/Tiedot rakennuksessa käytetyistä tuotteista valmistajatasolla. Voit mainita useita valmistajia tai vain tietyn rakennustuotteen valmistajan. (Esim. kipsituotteet, eristeet, raudotteet, puutuotteet, tiilituotteet, harkkotuotteet, muovit, kalvot, terästuotteet, pintamateriaalit jne.).
4	Käyttöönottovaiheen päivitetty energiatodistus	Mikäli rakennuksen käyttöönottovaiheessa laadittua päivitettyä energiaselvitystä ei ole saatavilla, hyödynnetään lupapiste.fi tietoja rakennuslupavaiheessa. Jos käyttöönottovaiheessa päivitettyä energiaselvitystä ei ole laadittu, voit toimittaa lisätietona aurinkopaneelien toteutuneet laajuudet (m ²).
5	Pintamateriaalisuunnitelmat	Tiedot rakennuksessa käytetyistä pintamateriaaleista, mitkä eivät sisälly rakennuslupa-aineistoon
6	Maisemasuunnitelmat	Maisema/pihasuunnitelmat, mitkä eivät sisälly rakennuslupa-aineistoon
7	Erityiset ympäristömyönteiset valinnat	Voit kertoa kohteessa tehdyistä ympäristömyönteisistä valinnoista

Lisäksi arvioinnissa voidaan hyödyntää seuraavia tietoja, mikäli näitä on kerätty rakentamisen aikana:

8	Rakennustyömaan energiankulutustiedot	Rakennustyömaan ajalta kulutustiedot: - Työmaan sähkön ja kaukolämmönkulutus (kWh). Työmaan polttoaineet (esim. kaasut, diesel, kevyt polttoöljy, uusiutuvat polttoaineet) (kg/litrat)
9	Kerätyt tuotteiden ympäristöselosteet	Rakennustuotteiden ympäristöselosteet (EPD=Environmental Product Declaration)

Liite 3: Elinkaarikustannuslaskennan yleiset lähtötiedot

Korkotekijät	
Diskonttauskorko	3,0 % / 0 %
Energian hinnannousu	4,6 %

Resurssi	Lähtötiedot	Lähde
Sähkön ja kaukolämmön kulutus	E-lukulaskennan mukaan	Rakennusten energiatodistukset
Rakennusten kiinteistövero	0,23 €/m ² /kk	Indeksitalon kiinteistöverot ja maksut 2020, Kiinteistöliitto [viitattu: 29.9.2019] https://www.kiinteistoliitto.fi/media/5358/indeksitalo2020_perustaulukot_final.pdf
Jätehuollon kustannukset, pientalot	7,33 €/kk	Rosk'n roll -seka-jäteastioiden tyhjennyshinnat, Lohja [viitattu: 29.9.2019] https://www.roskroll.fi/hinnat/kunta-ja-jateasemakohtaiset-hinnastot/jateastioiden-tyhjennyshinnat/
Jätehuollon kustannukset, muut rakennukset	0,19 €/m ² /kk	Indeksitalon kiinteistöverot ja maksut 2020, Kiinteistöliitto [viitattu: 29.9.2019] https://www.kiinteistoliitto.fi/media/5358/indeksitalo2020_perustaulukot_final.pdf
Kaukolämmön hinta (energia + tehomaksu)	Pientalot: 104,34 €/MWh Muut rakennukset: 88,55 €/MWh	Kaukolämmön hinnat 1.7.2021: Lohjan Energiahuolto Oy Loher, Kaukolämmön hintatilasto, Energiategollisuus [viitattu: 29.9.2019] https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukolammon_hintatilasto.html#material-view
Sähkön hinta	150 €/MWh	Tilasto: Energian hinnat [verkkajulkaisu]. ISSN=1799-7984. 3. Vuosineljännes 2020, Liitekuvio 5. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin . Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 30.9.2021]. http://www.stat.fi/til/ehi/2020/03/ehi_2020_03_2020-12-10_kuv_005_fi.html



Granlund

» granlund.fi