

Vähähiilisyiden arviointi – vertailu

Jämerä Kivitalot Oy

10/2022

SISÄLLYSLUETTELO

TOIMEKSIANNOSTA	2
TIIVISTELMÄ TULOKSISTA	2
ARVIOINTIMENETELMÄ JA LÄHTÖTIEDOT	3
LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT, RAKENNUS	5
RAKENNUKSEN ELINKAAREN VAIHEET	6
VERTAILURATKAISUT.....	7
Kevytbetoni	7
Hirsi 205mm	7
Hirsi 270mm	7
CLT.....	7
LASKENNASSA KÄYTETYT RAKENNETYYYPIT	8
TULOKSET.....	9
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja kustannukset	9
Vähähiilisyden arviointi	10
YHTEENVETO	11

TOIMEKSIANNOSTA

Arvioinnin tilaaja: Jämerä Kivitalot Oy

Arvioinnin toteuttaja: Insinööritoimisto Vesitaito Oy

Päiväys: 17.10.2022

Arvioinnin tarkoitus: Toimeksiannon tavoitteena on vertailla erilaisten yksiaineisten ja massiivisten runkorakenneratkaisuiden vaikutusta vakioidun rakennuksen hiilijalanjälkeen ja hiilikädenjälkeen. Lisäksi selvitetään myös ratkaisujen vaikutus erikseen rakennuksen laskennalliseen ostoenergiankulutukseen sekä ostoenergian kustannuksiin.

TIIVISTELMÄ TULOKSISTA

Erilaisille runkoratkaisuille toteutettiin vähähiilisyiden sekä laskennallisten energiankulutuksen arviointi. Osa rakenneratkaisuista vakioitiin perusratkaisun mukaisiksi. Vertailuratkaisuilla eroja eri tarkasteluiden välille luotiin ulkoseinä- ja välipohjarakenneratkaisuilla. Näillä on vaikutusta rakennuksen hiilijalanjäljen muodostumiseen sekä energiankulutukseen, että materiaalisidonnaisten päästöjen osalta.

Vähähiilisyiden arvioinnissa sovellettiin Ympäristöministeriön ilmastaselvityksen asetusluonnoksen 9/2022 mukaista arviointimenetelmää. Elinkaaren arviointijaksona on 50 vuotta.

Arvioinnin tulokset vertailuratkaisuineen on esitetty alla taulukossa.

VERTAILURATKAISU	hiilijalanjälki, kg CO ₂ e/m ² /a	hiilijalanjäljen muutos, %	ostoenergiankulutus, kWh/vuosi	ostoenergiankulutuksen muutos, %	E - luku ja energialuokka	ostoenergian hinta, € / vuosi	ostoenergian hinnan muutos, €
kevytbetoni (US KB 400mm, VP KB)	13,54		13 734		85, B ₂₀₁₈	5 768,3	
hirsi 205mm * (US hirsi 205mm, VP puu)	12,89	- 4,8	16 815	+ 22,4	104, B ₂₀₁₈	7 062,3	+ 1 294,0
hirsi 205mm LTO77% (US hirsi 205mm, VP puu)	12,83	- 5,2	16 612	+ 21,0	103, B ₂₀₁₈	6 977,0	+ 1 208,7
hirsi 270mm (US hirsi 270mm, VP puu)	12,69	- 6,3	15 712	+ 14,4	97, B ₂₀₁₈	6 600,3	+ 832,0
CLT (US CLT 240mm, VP CLT)	12,84	- 5,2	16 166	+ 17,7	100, B ₂₀₁₈	6 789,7	+ 1 021,4

* = ratkaisu ei täytä rakennuksen lämpöhäviövaatimuksia suunnitteluratkaisulla

Tulosten muodostumiseen vaikuttavat mm. käytetyt päästötiedot, huomioon otavat elinkaaren vaiheet ja rakennusosat. Laskennassa on käytetty osissa elinkaaren vaiheista neliöperusteisia taulukkoarvoja, jolla myös on vaikutusta tulosten muodostumiseen. Hankekohtaisesti päästöjä voidaan tarkentaa ja pienentää yksityiskohtaisemmalla hankekohtaisella datalla.

Kaikki tarkasteltavat rakenneratkaisut asettuvat rakennushankkeen hiilijalanjäljeltään n. 6 %:n eroavaisuuksiin. Tulosten perusteella massiivipuisten rakenneratkaisujen voidaan nähdä pienentävän rakennuksen kokonaishiilijalanjälkeä, samalla kuitenkin kasvattaen energiankulutusta ja sen kustannuksia. Tuloksista voidaan huomioda se, että erilaisilla rakenneratkaisuilla voidaan vaikuttaa energiankulutukseen ja materiaalien ominaisuuksien kautta hyvinkin monin tavoin.

ARVIOINTIMENETELMÄ JA LÄHTÖTIEDOT

Arviointimenetelmä: Laskenta on suoritettu soveltaen Ympäristöministeriön ilmastaselvityksen asetusluonnoksessa (9/2022) esitettyä rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmää.

Arviointijakso: 50 vuotta, arviointimenetelmän mukaisesti.

Arvioinnin laatija: Anniina Pienimäki, Insinööri AMK, rakennustekniikka

Laskentaohjelma: Vähähiilisuuden arviointi on suoritettu One Click LCA-ohjelmalla. Kolmas osapuoli on verifioinut sen standardin EN 15978 mukaiseksi. Työkalun materiaalitietokannan päästötiedot perustuvat pääosin standardin EN 15804 mukaisiin ympäristöselosteisiin.

Määrä- ja lähtötiedot: Käytettävät rakennusmateriaalit määrätietoisuuteen on arvioitu rakennuksen arkkitehtikuvien ja rakennetyyppien perusteella. Vertailtavien rakenneratkaisujen materiaalit on koostettu vakioidulla rakenneosien pinta-aloilla alkuperäisen rakennuksen perusteella, hyödyntäen tyypillisiä rakenneratkaisuja. Laskennassa käytetyt rakenneratkaisut on eritelty raportissa kohdassa ”Laskennassa käytetyt rakennetyypit”.

Vähähiilisuuden arvioinnissa käytetty laskennallinen ostoenergiankulutus on määritelty kullekin vertailuratkaisulle voimassa olevan uudisrakennuksen energiatehokkuuden laskentaperusteiden mukaisesti. Laskennassa on huomioitu mahdolliset rakennekohtaiset erot laskentamääreissä.

Tietolähteet: Laskennan päästötiedot perustuvat One Click LCA:n tietokantaan.

Rakennusmateriaalien päästötietoina on käytetty Suomen kansallisen päästötietokannan geneerisiä arvoja sen laajuudessa. Vaihtoehtoisesti päästöjen arviointi on toteutettu laskentaohjelmissa saatavilla olevin tiedoin. Kevytbetonirakenteiden (Bauroc) päästötietoina on hyödynnetty tuotteiden voimassa olevia ympäristöselosteita, standardissa EN 15804 + A2.

Talotekniikan osalta laskennassa on käytetty rakennuksen käyttötarkoituksen mukaista kansallisen päästötietokannan taulukkoarvoa ja laskentaperusteita. Kansallinen päästötietokanta ei tarjoa arviointihetkellä talotekniikan taulukkoarvoa pientaloille, joten laskennassa on käytetty asuinkerrostalon neliöperusteista taulukkoarvoa.

Energiankulutuksen päästötietona on käytetty rakennuksen laskennallista ostoenergiankulutusta sekä kansallisen päästötietokannan päästökertoimia ja laskentaperusteita. Rakennuksen energiankulutus on laskettu alkavaksi vuodesta 2022.

Moduuleissa A5 ja C1 (työmaatoiminnot) sekä A4 ja C2 (kuljetukset) on käytetty kansallisen päästötietokannan neliöperusteisia taulukkoarvoja.

Moduuleissa B4 (rakennustuotteiden vaihdot) ja A5 (materiaalihävikki) on käytetty kansallisen päästötietokannan materiaali- ja rakennusosakohtaisia tietoja.

Hiilikädenjäljen arvioinnissa on käytetty materiaalienkohtaisia arvioita kansallisesta päästötietokannasta sen laajuudessa tai laskentaohjelman arvioihin perustuen.

Kevytbetonirakenteiden potentiaaliset ilmastohyödyt on määritelty ympäristöselosteiden perusteella.

Tehdyt rajaukset: Rakennuspaikan rakenteet (mm. perustukset, pihan rakenteet) elinkaaren vaiheiden päästöineen on rajattu tarkastelun ulkopuolelle tulosten ollessa oletettavasti vakioidut kullekin vertailuratkaisulle.

Hiilikädenjälki on arvioitu rajatusti. Karbonatisoitumisen, ylimääräisen uusiutuvan energian ja istutettavan puuston potentiaaliset ilmastohyödyt on rajattu tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Osa pienimassaisista rakennusosista, kuten katon varusteet, on rajattu tarkastelun ulkopuolelle arviointimenetelmän rajauksen mukaisesti. Laskennassa ei huomioida myös mm. raivauksia ja kaivantoja, alueen varusteita, tilaopasteita sekä savunpoistorakenteita.

Tehdyt oletukset, arviot: Betoniraudoitukset ovat laskentaohjelman ohjeellisilla määrillä. Tilojen pintamateriaalit on arvioitu tyyppillisillä ratkaisuilla, vakioidusti kullekin rakenneratkaisulle.

Puun on oletettu olevan kestävästi hoidetusta metsästä ja hiilivaraston säilyvän rakennuksessa 100 vuoden ajan.

Puumateriaalien eloperäisen hiilen sitoutuminen ja vapautuminen on huomioitu elinkaaren moduuleissa A1-A3 ja C3. Tällä ei ole vaikutusta hankkeen kokonaishiilijalanjälkeen.

LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT, RAKENNUS

Kohde: OKT- kohde, Jämerä Kivitalot Oy

Lämmitetty nettoala: 195,2 m² – 2 krs

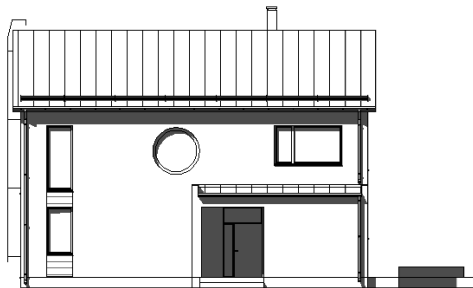
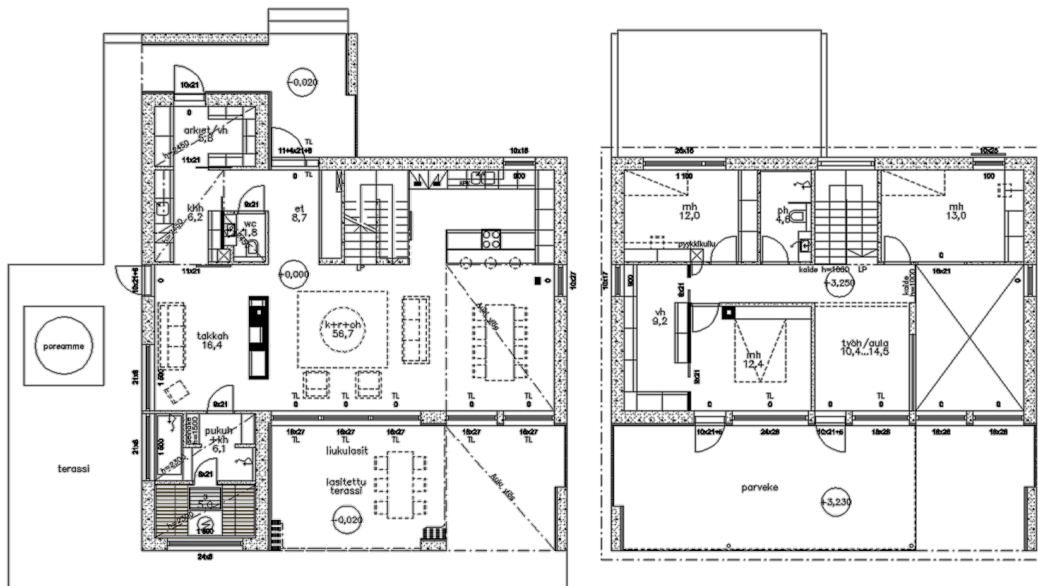
Käyttötarkoitus: Pientalo, yhden asunnon talot

Arvioitu käyttöönottovuosi: 2022

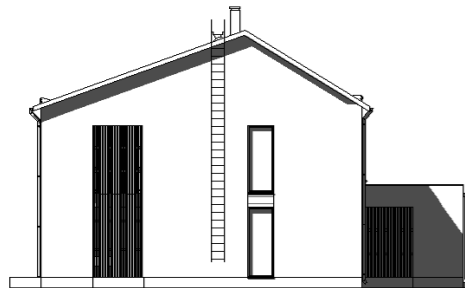
Ilmanvuotoluku – q₅₀: 2,0 (rakennuslupalaskelmissa käytettävä arvo, päivitetään tiiveysmittauksen mukaiseksi)

Ilmanvaihto: Koneellinen lämmöntalteenotolla, LTO 75%

Lämmitysmuoto ja lämmönjakotapa: Maalämpöpumppu, vesikiertoinen lattialämmitys



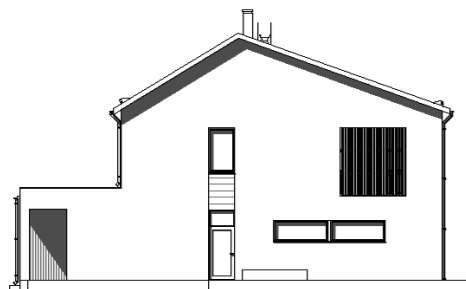
JULKISIVU KOLLISEEN



JULKISIVU KAAKKOON



JULKISIVU LOUNAASEEN



JULKISIVU LUOTEeseen

RAKENNUKSEN ELINKAAREN VAIHEET

Ennen käyttöä

A1-A3 Rakennustuotteiden valmistus: Rakennusmateriaalin valmistusketju eli raaka-aineen hankinta, valmistukseen kuljetus sekä tuotteen valmistusprosessi.

A4 Kuljetukset: Rakennustuotteiden, materiaalien ja maamassojen kuljetus työmaalle.

A5 Työmaatoiminnot: Työkoneiden ja rakennustöitä varten mahdollisesti tarvittavien väliaikaisten tilojen tai muiden prosessien energiankulutus.

Työmaalla syntyvä materiaalihävikki.

Käytön aikana

B4 Rakennustuotteiden vaihdot: Rakennuksen käytön aikana tehtävät rakennustuotteiden vaihdot.

B6 Energian käyttö: Rakennuksen käytönaikainen energiankulutus.

Käytön jälkeen

C1 Purkaminen: Purkutyömaan energiankulutus.

C2 Purkuvaiheen kuljetukset: Rakennus- ja purkujätteen kuljetus jätteenkäsittelyyn.

C3 Jätteenkäsittely: Hyödynnettävän rakennus- ja purkujätteen käsittely.

C4 Loppusijoitus: Hyödyntämiskelvottoman rakennus- ja purkujätteen loppusijoitus.

Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset

D1 Uudelleenkäyttö ja kierrätys: Rakennusosien ja -tuotteiden tai siirtokelpoisten rakennusten uudelleenkäyttö tai materiaalikierrätys elinkaaren ulkopuolella.

D2 Hyödyntäminen energiana: Materiaalin hyödyntäminen kierrätyspoltoaineena tai polttolaitoksessa elinkaaren ulkopuolella.

D3 Ylimääräinen uusiutuva energia: Rakennuksessa tai rakennuspaikalla tuotettu ylimääräinen uusiutuva energia.

D4 Hiilivarastovaikutus: Rakennustuotteiden pitkäaikainen eloperäinen tai tekninen hiilivarasto.

D5 Karbonatisoituminen: Sementtipohjaisten materiaalien karbonatisoitumisen seurauksena ilmakehästä poistunut hiilidioksidi.

D6 Istutettu puusto: Asemakaava-alueella rakennuspaikalle tai rakennukseen istutetun puuston sitoma hiilidioksidi.

VERTAILURATKAISUT

Vähähiilisyysarviointi toteutettiin erilaisille vertailuratkaisuille, joiden toisistaan eroavat rakenneratkaisut ovat lueteltuna alla.

Talotekniset ratkaisut ja täydentävät rakennusosat vakioitiin kullekin vertailuratkaisulle samanlaisiksi. Lisäksi vertailuratkaisuihin vakioitiin alapohja- (maanvarainen, $U = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$), yläpohja- (puu, $U = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$) ja väliseinärakenteet (kevytbetoni, 200/100mm). Rakennetyypit ja ominaisuudet näissä edellä mainituissa vakioiduissa rakennusosissa ovat aiemmin toteutetun tarkastelun (10/2021) mukaiset.

Alla mainitut kevytbetoni- sekä hirsiratkaisut ovat rakenneratkaisuiltaan kuten jo aiemmin (10/2021) toteutetussa vähähiilisyysarvioinnissa. Nämä ratkaisut on päivitetty tähän tarkasteluun käytettyjen päästötietojen osalta. CLT- rakenneratkaisua ei ole vertailtu aiemmissä tarkasteluissa.

Kevytbetoni

Vertailuratkaisussa ulkoseinärakenteena on käytetty 400mm paksua Baurocin kevytbetonirakennetta ($U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$). Välipohjarakenteena on Baurocin kevytbetonielementti täydentävine rakenteineen.

Muut rakenneratkaisut on vakioitu yllä olevan mukaisesti.

Hirsi 205mm

Tässä vertailuratkaisussa ulkoseinärakenteena on käytetty 205mm paksua lamellihirsiseinärakennetta ($U = 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$). Välipohjarakenteena on tyypillinen puurakenteinen välipohja.

Muut rakenneratkaisut on vakioitu yllä olevan mukaisesti.

Hirsi 270mm

Tässä vertailuratkaisussa ulkoseinärakenteena on käytetty 270mm paksua lamellihirsiseinärakennetta ($U = 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$). Välipohjarakenteena on tyypillinen puurakenteinen välipohja.

Muut rakenneratkaisut on vakioitu yllä olevan mukaisesti.

CLT

Tässä vertailuratkaisussa ulkoseinärakenteena on käytetty 240mm paksua CLT- rakennetta ($U = 0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$). Välipohjarakenteena on tyypilliseksi arvioitu CLT- välipohja.

Muut rakenneratkaisut on vakioitu yllä olevan mukaisesti.

LASKENNASSA KÄYTETYT RAKENNETYYPIT

Tässä raportissa mainitut vakioidut rakennetyypit (maanvarainen alapohja, puurakenteinen yläpohja, väliseinärakenteet) on eritelty raportissa, joka on valmistunut 10/2021.

US kevytbetoni =	rappaus 20mm kevytbetoni (Bauroc) 400mm + kutistumaraudoitus tasoite + maali
US hirsi =	ulko- + sisämaali lamellihirsi 205/270mm
US CLT =	ulko- + sisämaali CLT 240mm
VP kevytbetoni =	pintamateriaali – lattiatasoite 50mm betonilaatta (+ raudoitus) 50mm pakkasmatto tmv. 250mm kevytbetonielementti sisämaali
VP puu =	pintamateriaali – lattiatasoite 50mm betonilaatta (+ raudoitus) 18mm OSB- levy 51x260 k600 LVL 100mm mineraalivilla höyrynsulku 48x48 k400 koolaus 13mm kipsilevy + sisämaali
VP CLT =	pintamateriaali – lattiatasoite 50mm betonilaatta (+ raudoitus) 18mm OSB- levy 130mm CLT 48x48 k400 koolaus 13mm kipsilevy + sisämaali

TULOKSET

Laskennallinen ostoenergiankulutus ja kustannukset

Laskennallinen ostoenergiankulutus on määritelty erikseen kullekin vertailuratkaisulle. Erot eri rakenneratkaisuiden energiankulutuksille syntyvät käytännössä rakenteiden U-arvoista sekä viivamaisien kylmäsiltojen lisäkonduktanssien vaikutuksista eri rakenneratkaisuille.

Yksi vertailuratkaisuista, hirsiratkaisu 205mm paksulla lamellihirsiseinällä, ei täytä lämpöhäviövaatimuksia suunnitteluratkaisulla. Vaatimusten täyttymiseksi, on ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta nostettu arvosta 75%, arvoon 77%. Tällä on pienentävä vaikutus ko. vertailuratkaisun energiankulutukseen.

Ostoenergian (sähkö) kustannukset on arvioitu olevan 0,42 € / kWh (sis. siirron, verot). Arvio perustuu laskentahetkellä olevaan erään energiayhtiön sähkön hintaan.

	sähkö - kWh / vuosi	€ / vuosi
Kevytbetoni	13 734	5 768,3
Hirsi 205mm *	16 815	7 062,3
Hirsi 205mm (LTO 77%)	16 612	6 977,0
Hirsi 270mm	15 712	6 600,3
CLT	16 166	6 789,7

* = EI TÄYTÄ RAKENNUKSEN LÄMPÖHÄVIÖVAATIMUKSIA SUUNNITTELURATKAISULLA

Vähähiilisyden arviointi

Alla on esitetty diagrammissa rakennusten hiilijalanjälki ja sen muodostuminen elinkaaren vaiheittain. Ratkaisun hiilijalanjälki on merkitty pylvään yläpuolelle vahvistettuna, yksikössä kg CO₂e/m²/a. Huomionarvoista on se, että diagrammeissa on esitetty elinkaaren vaiheiden A1-A3 ja C3 eloperäisen hiilen sitoutuminen ja vapautuminen. Tämä siis muokkaa hieman elinkaaren vaiheiden päästöjen muodostumista, joka on luettavissa diagrammeista, mutta ei vaikuta rakennuksen kokonaishiilijalanjälkeen.



Rakennusten potentiaaliset ilmastohyödyt eli hiilikädenjäljet on esitetty alla hiilikädenjäljen moduuleittain D1-D2 (uudelleenkäyttö ja kierrätys, hyödyntäminen energiana) ja D4 (hiilivarastovaikutus). Näihin hiilikädenjäljen moduuleihin vaikuttavat vain materiaalisidonnaiset arvioidut ilmastohyödyt.

	D1 – D2, kg CO ₂ e/m ² /a	D4, kg CO ₂ e/m ² /a
Kevytbetoni	- 0,98	- 0,20
Hirsi 205mm	- 2,54	- 4,03
Hirsi 270mm	- 3,02	- 5,17
CLT	- 3,20	- 5,04

YHTEENVETO

Rakennusten suurimmat päästöt syntyvät energiankulutuksen ja materiaalien valmistuksen kesken (pl. eloperäisen hiilen sitoutuminen ja vapautuminen). Kevytbetoniratkaisu tuottaa materiaalien valmistuksella energiankulutusta suuremmat päästöt. Puolestaan massiivipuoratkaisuissa pääsääntöisesti energiankulutus tuottaa materiaalien valmistusta suuremmat päästöt. On syytä huomioida, että näiden elinkaaren vaiheiden päästöjen muodostumiseen on mahdollista vaikuttaa hanketasolla.

Vertailuratkaisujen energiankulutuksen muodostumiseen vaikuttavat mm. rakenteiden U-arvot ja rakennekohtaisten laskennallisten kylmäsiltojen muodostuminen lisäkonduktansseineen. Ratkaisuista pienin laskennallinen ostoenergiankulutus on kevytbetonilla ja suurin puolestaan ulkoseinältään 205mm paksulla hirsirakennerratkaisulla. Laskennallisella ostoenergiankulutuksella on luonnollisesti lineaarinen vaikutus myös sen perusteella laskettuihin energian kustannuksiin sekä energiankulutuksen aiheuttamiin kasvihuonekaasupäästöihin.

Tässä tarkastelussa kaikki eri rakenneratkaisujen hiilijalanjäljen tulokset asettuvat vaihteluväliltään n. 6 %:n rajoihin.

Rakentamisvaiheella, kuljetuksilla, rakennusosien vaihdolla sekä rakennuksen purkamisella (pl. eloperäisen hiilen vapautuminen) on kohtalaisen pieni osuus kokonaispäästöistä. Laskennassa on käytetty näissä elinkaaren vaiheissa osittain neliöperusteisia taulukkoarvoja, mikä vaikuttaa tulosten muodostumiseen. Tällä on vähäinen vaikutus rakennushankkeen hiilijalanjälkeen kokonaisuutena. Hankkeen datan tarkentuessa laskentaa on mahdollista suorittaa tältä osin yksityiskohtaisemmalla tasolla.

Rakennuksessa käytettävistä materiaaleista muodostuu potentiaalisia ilmastohyötyjä, jotka on huomioitu hiilikädenjäljessä. Hiilikädenjäljen arviointi perustuu pitkälti olettamuksiin tulevaisuuden skenaarioista ja tulokset saattavat vaihdella arviointitavasta ja taustaoletuksista riippuen. Tässä hiilivaraston on oletettu säilyvän rakennuksessa 100 vuoden ajan, joka käsittää käytännössä runkorakenteen. Mikäli runkorakenteet säilyisivät rakennuksessa tai rakennuspaikalla alle 100 vuotta, ilmastaselvityksen asetusluonnoksen 9/2022 mukaan tällaista hiilivarastoa ei rakennuksessa huomioitaisi.

Hiilijalan- ja hiilikädenjälki ovat arvioita, jotka perustuvat parhaaseen arviointihetkellä saatavilla olevaan tietoon. On huomioitava myös, että Ympäristöministeriön rakennusten vähähiilisyyden arviointimenetelmä on kehitysvaiheessa. Tästä syystä myös laskentamenetelmät saattavat päivittyä ja tarkentua, myös käytetyn laskentaohjelman taustaoletusten osalta. Rakennusten ilmastovaikutusten arviointi kehittyy jatkuvasti ja täten tulokset hieman muovautuvat päästötietojen kehittyessä.