

KEKRI – Kestävät kriteerit rakennusten
vähähiilisyden arviointiin

Rakennusten hiilijalanjälkitarkastelut

PÄIVITYS

Ympäristöministeriön ilmastaselvityksen asetusluonnoksen 9/2022
mukainen esitys rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmästä

25.10.2022

SISÄLLYSLUETTELO

Päivityksen tausta ja tarkoitus	2
Keskeiset muutokset vuoden 2021 arviointiin	3
Tarkasteltavat kohteet	4
Asuinkerrostalo	5
Päiväkoti	6
Koulu.....	7
Hoivakoti.....	8
Erillistarkastelu, asuinkerrostalo sähkölämmityksellä	9
Erillistarkastelu, päiväkoti vesi-ilmalämpöpumpulla	10
Erillistarkastelu, koulu aurinkopaneeleilla	11
Erillistarkastelu, koulu kennoharkoilla	12
Erillistarkastelu, betonin ääripäävertailu	13
Erillistarkastelu, nykypäästöt	14
Erillistarkastelu, 100 vuoden tarkastelujakso	15
Erillistarkastelu, tarkastelujakson ja energian päästökertoimen vaikutus	16
Yhteenveto.....	17

Päivityksen tausta ja tarkoitus

KEKRI-hankkeen alkuperäinen raportti julkaistiin 26.8.2020. Alkuperäiset hiilijalanjälkiarvioinnin laskelmat toteutettiin soveltaen Ympäristöministeriön arviointimenetelmää *YM 2019:22 Rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä*.

Raportti päivitettiin ensimmäisen kerran lokakuussa 2021. Tällöin arvioinnissa sovellettiin *Ympäristöministeriön Rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmää 6/2021 (luonnos)*.

Tämä raportin tarkastelut puolestaan on toteutettu soveltaen viimeisintä julkistettua arviointimenetelmää *Ympäristöministeriön ilmast selvityksen asetuksessa 9/2022 (luonnos)*. Tämän tarkastelun tarkoitus on esitellä arviointimenetelmän päivityksen sekä päästötietojen kehityksen mukanaan tuomia muutoksia ja niiden vaikutuksia laskelmiin ja tuloksiin edelliseen päivitykseen verrattuna. Tässä vertailun kohteena ovat alkuperäisen raportin mukaiset rakennusmateriaaleihin ja energiankulutukseen liitetyt rakennustyyppikohtaiset vertailut sekä niiden erillistarkastelut.

Johdanto hankkeen taustoihin ja tarkemmat tarkastelukohtaiset lähtötiedot löytyvät alkuperäisestä raportista. Tässä päivitysraportissa tullaan käsittelemään vain rakennusten hiilijalanjälkeä edellisten tarkasteluiden mukaisesti eli hiilikädenjälki on jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Tässä raportissa ei huomioida myös sellaisia suunnitteluratkaisuja, jotka eivät täyttäneet E-luku- tai huonelämpötilatarkastelua alkuperäisissä laskelmissa.

Arviointimenetelmän mukaisesti rakennus ja rakennuspaikka tuloksineen jaetaan erikseen. Tässä rakennuspaikan hiilijalanjäljen oletetaan olevan vakioitu kullekin rakennustyyppille, vertailuratkaisujen vaikuttaessa vain rakennuksen osan tuloksiin. Rakennuspaikan tuloksia ei eritellä tässä raportissa.

Eloperäisen hiilen sitoutumista ilmakehästä (elinkaaren moduulit A1-A3) ja vapautumista ilmakehään (elinkaaren moduuli C3) ei ole huomioitu tulosten esittämisessä. Tällä ei ole vaikutusta hankkeen hiilijalanjäljen suuruuteen.

Hiilijalanjälkilaskennan päivitys toteutettiin edellisten laskelmien mukaisen OneClick LCA-laskentaohjelman raportintekohetkellä saatavilla olevalla uusimmalla versiolla.

Keskeiset muutokset vuoden 2021 arviointiin

Päivitettyssä ilmastaselvityksen asetusluonnoksessa (9/2022) esitelty rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä koki muutoksia edelliseen nähden vain kohtalaisesti. Pääasiallinen osa muutoksista ei kosketa näitä tarkasteltavia rakennuksia hankkeiden olosuhdeolettamuksien vuoksi.

Päivitettyssä asetusluonnoksessa esitellyssä arviointimenetelmässä linjataan rakennuksen ja rakennuspaikan raja-asetus siten, että rakennuspaikan, jonka voidaan olettaa tarkoittavan rakennuksen tonttia, rakennusosiin kuuluvat mm. maaosat, perustukset, tuennat ja vahvistukset, tontin päällysteet ja alueen rakenteet (kuten pihavarastot). Täten kellaritilat ja kiinteästi rakennukseen yhteydessä olevat rakennuksen osat luetaan osaksi rakennusta. Tällä ei ole tässä vaikutusta tarkasteltavien rakennusten systeemirajaukseen rakennusten ollessa kellarittomia, eivätkä ne sisällä muita käyttötarkoituksiluokkia palvelevia tiloja.

Lisäksi arviointimenetelmän päivityksen myötä arviointia koskevat rakennuksen tieltä purettavat rakenteet tulisi huomioida päästöineen niiden elinkaaren käytön jälkeiseltä ajalta. Hiilikädenjäljessä puolestaan voitaisiin asetusluonnoksen mukaan arvioida asemakaava-alueella rakennuspaikalle tai rakennukseen (esim. kattoterassille) istutettavan puuston hiilivaraston aiheuttama hiilikädenjälki. Sekä purettavien rakenteiden, että istutettavan puuston vaikutusten arvioinnin osalta kansalliseen päästötietokantaan on odotettavissa arviointia tukevia tietoja. Tässä tarkastelussa oletetaan, että rakentamisen aloittaminen ei vaadi aiempien rakenteiden purkua sekä lisäksi hiilikädenjälki rajataan arvioinnin ulkopuolelle.

Asetusluonnoksessa esitetty päivitetty arviointimenetelmä asettaa lisäksi vaatimuksia raportoinnille. Aiempaan raportointitapaan tarkennuksena, tulokset tulisi kohdistaa rakennuksen osalta käyttötarkoituksiluokittain tietyin pinta-alarajauksin. Tällä voidaan tulevaisuudessa varmistaa kyseisen käyttötarkoitukseluokan hiilijalanjäljen raja-arvon alittuminen. Kuten aiemmin mainittu, tässä raportissa tarkasteltavat rakennukset eivät sisällä muita käyttötarkoitukseluokkia.

Suurimmat muutokset tämän tarkastelun hiilijalanjäljen muodostumisessa liittyvät käytettäviin materiaali- ja rakennusosatietoihin. Laskentaohjelman ja kansallisen päästötietokannan kehittyessä hankkeiden päästöjen arviointia on mahdollista suorittaa päivittynein päästötiedoin.

Moduuleissa A1-A3 (materiaalien valmistus) ja C3-C4 käytetään kansallisen päästötietokannan tietoja sen laajuudessa. Moduulit A4, C2 (kuljetukset) ja A5, C1 (työmaatoiminnot) arvioidaan kansallisen päästötietokannan neliöperusteisella taulukkoarvolla. Kansallisen päästötietokannan arvioita käytetään myös moduulien A5 (materiaalihävikki) ja B4 (rakennusosien vaihto) osalta. Talotekniikan materiaalien valmistuksen ja osien vaihdon osalta käytetään kansallisen päästötietokannan neliöperusteista taulukkoarvoa käyttötarkoitukseluokittain. Energiankulutus arvioidaan kansallisen päästötietokannan päästökertoimilla ja laskentaperusteilla vuodesta 2022 alkaen.

Tarkasteltavat kohteet

ASUINKERROSTALO

betoni, CLT, ranka, CLT + villa

kaukolämpö, maalämpö

PÄIVÄKOTI

betoni, hirsi, ranka

kaukolämpö, maalämpö

KOULU

betoni, CLT, ranka

kaukolämpö, maalämpö

HOIVAKOTI

betoni, CLT, ranka

kaukolämpö, maalämpö

ERILLISTARKASTELUT

betonirakenteinen kerrostalo sähkölämmityksellä

rankarakenteinen päiväkotiväestövesilämpöpumppulämmityksellä

rankarakenteinen koulu aurinkopaneeleilla

kenoharkkoulukoseinärakenteella oleva koulu

betonirakenteisten kerrostalojen ääripäävertailu

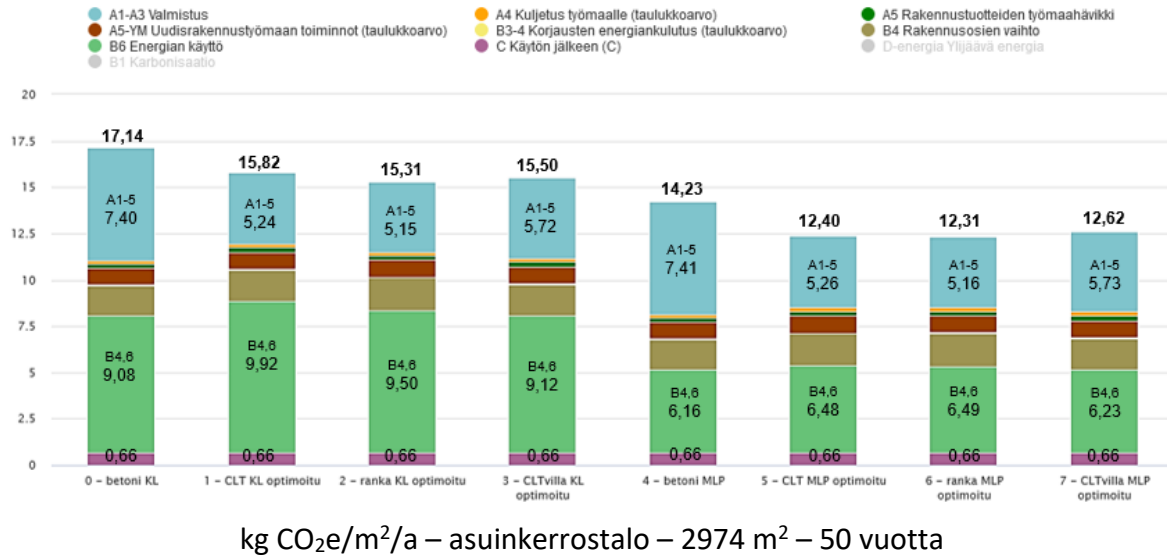
kerrostalo 100 vuoden arviointijaksolla

kerrostalo nykypäästöillä

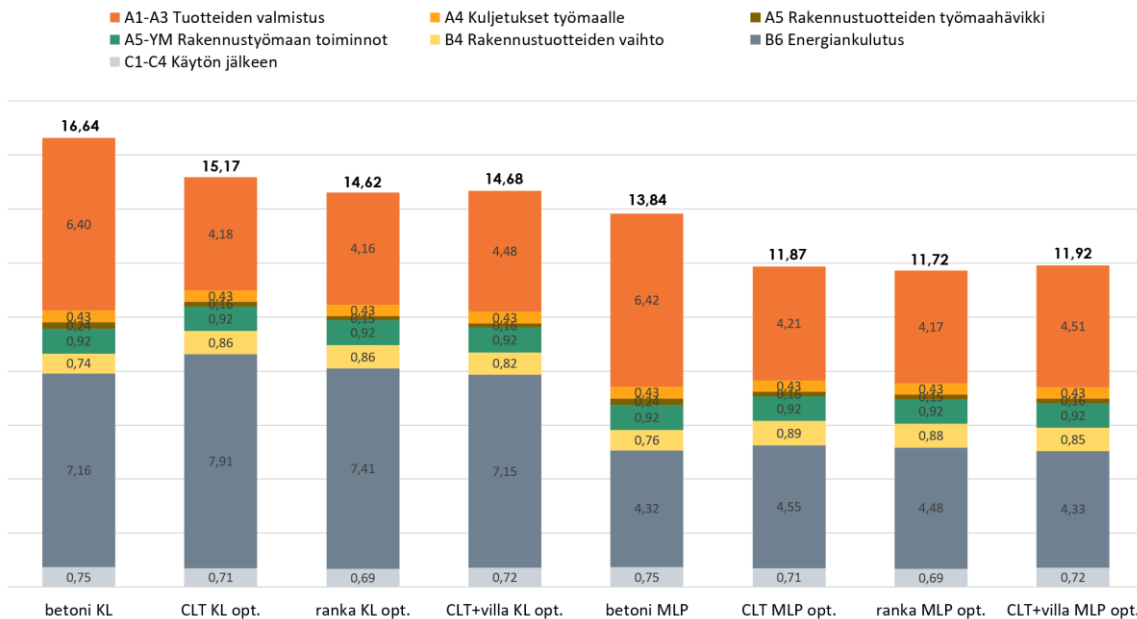
tarkastelujakson ja energian päästökertoimen vaikutus

Asuinkerrostalo

YM 6/2021



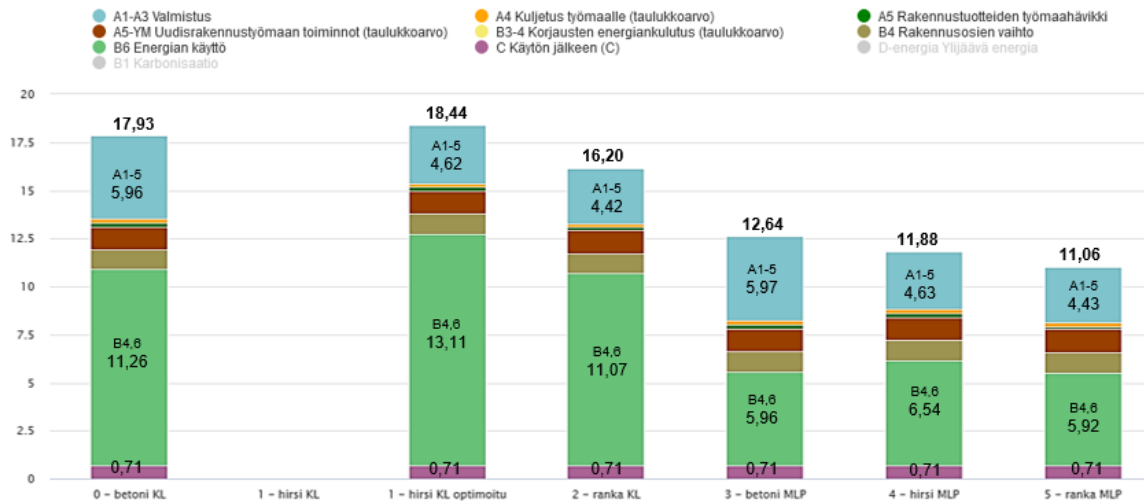
YM 9/2022



Kokonaisuutena vertailuratkaisuiden hiilijalanjäljet ovat pienentyneet edellisestä tarkastelusta. Tämä on seurausta pääasiassa rakennusosien vaihdon ja energiankulutuksen päästöjen pienentymisestä, jotka aiheutuvat päästötietojen ja energiankulutuksen alkamisvuoden muutoksista. Ennen käyttö- aikaiset päästöt (A1-A5) ovat puolestaan kasvaneet pääasiassa valmistuksen ja kuljetusten osalta. Valmistuksen päästöihin suurin vaikutus on talotekniikan päästötietojen päivittymisellä. Puurakenteisissa vertailuratkaisuissa on huomioitu betonirakenteisesta poiketen, myös sprinklerjärjestelmän ja jäähdytyksen talotekniikan neliöperusteiset taulukkoarvot.

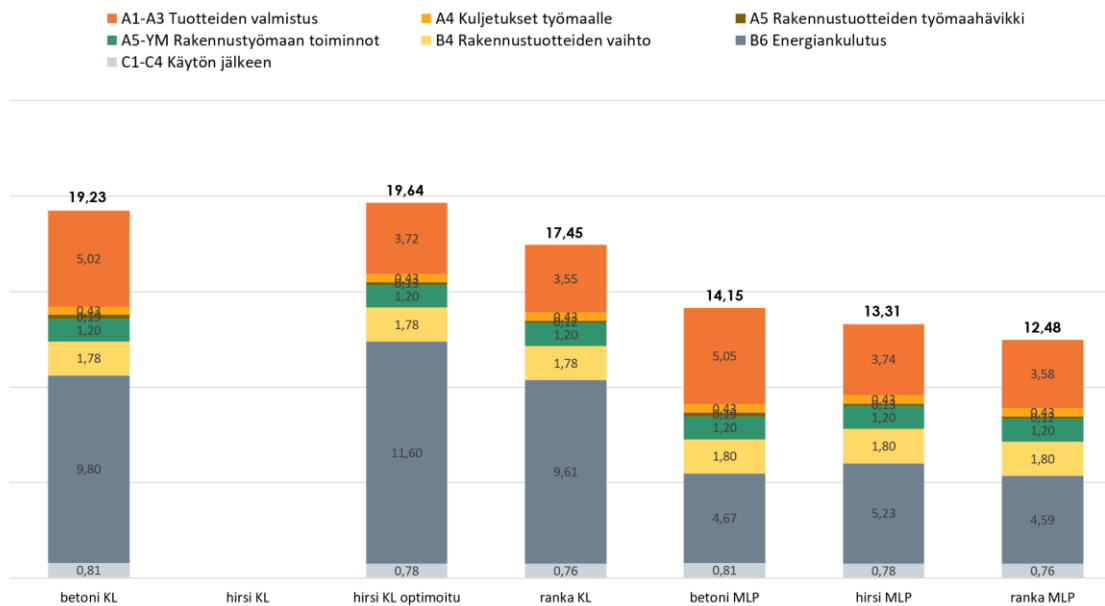
Päiväkoti

YM 6/2021



kg CO₂e/m²/a – päiväkoti – 646 m² – 50 vuotta

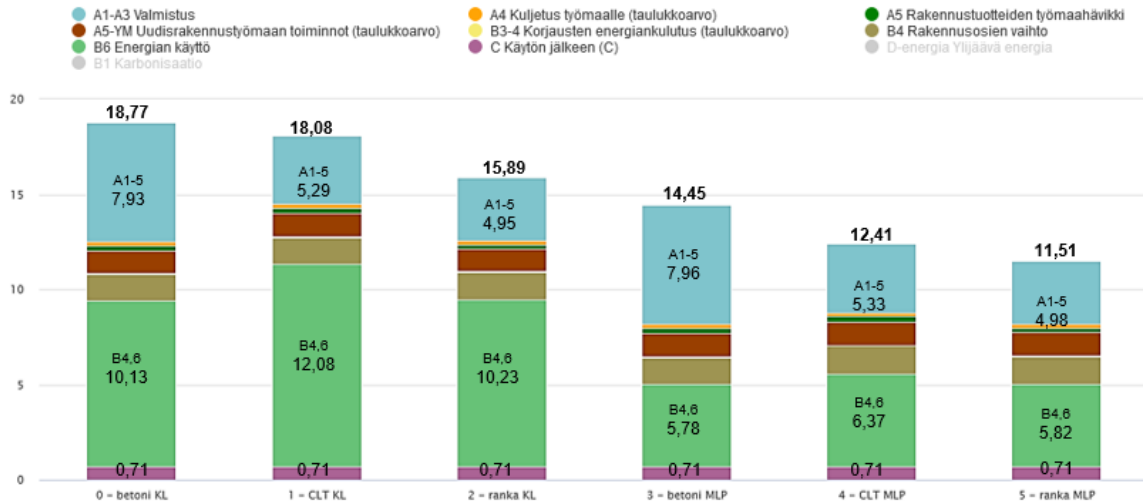
YM 9/2022



Diagrammeista voidaan huomata, että rakennusten hiilijalanjäljet ovat kasvaneet aiempaan tarkasteluun verrattuna. Tämä on seurausta pääasiassa talotekniikan päästötietojen päivittämisestä (A1-A3, B4) sekä rakennusosien vaihdon arviointitavan kehittymisestä, jossa huomioidaan myös rakennuksen käyttötarkoituksen vaikutus rakennusosien oletettuun käyttöikään. Energiankulutuksen päästöt ovat pienentyneet edellisestä, arvioinnin alkaessa vuodesta 2022.

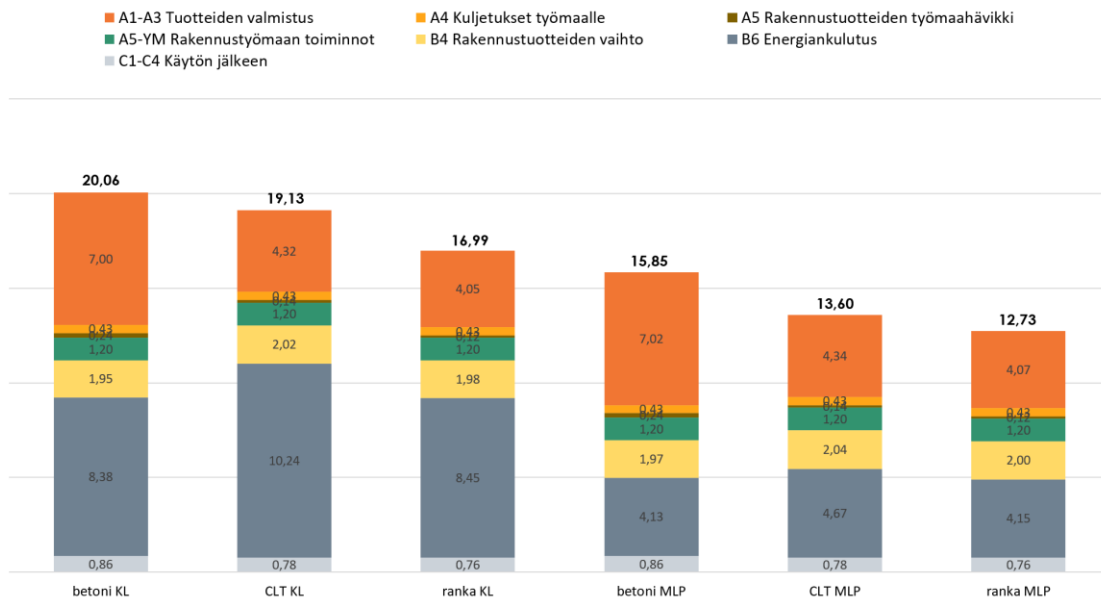
Koulu

YM 6/2021



kg CO₂e/m²/a – koulu – 1862 m² – 50 vuotta

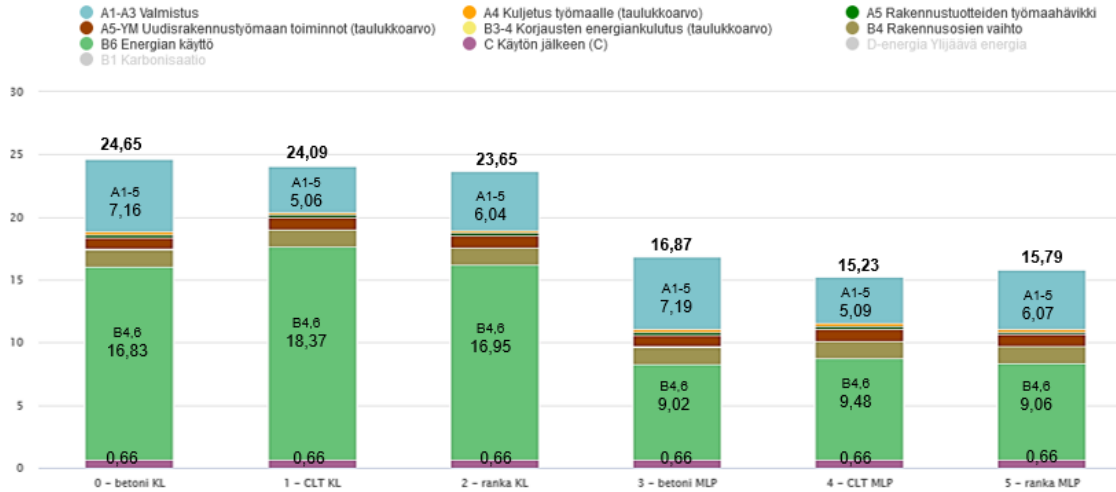
YM 9/2022



Tarkastelussa rakennusten hiilijalanjäljet ovat kasvaneet aiempaan tarkasteluun verrattuna. Tämä on seurausta pääasiassa talotekniikan päästötietojen päivittämisestä (A1-A3, B4) sekä rakennusosien vaihdon arviointitavan kehittymisestä, jossa huomioidaan myös rakennuksen käyttötarkoituksen vaikutus rakennusosien oletettuun käyttöikään. Energiankulutuksen päästöt ovat pienentyneet edellisestä, arvioinnin alkaessa vuodesta 2022.

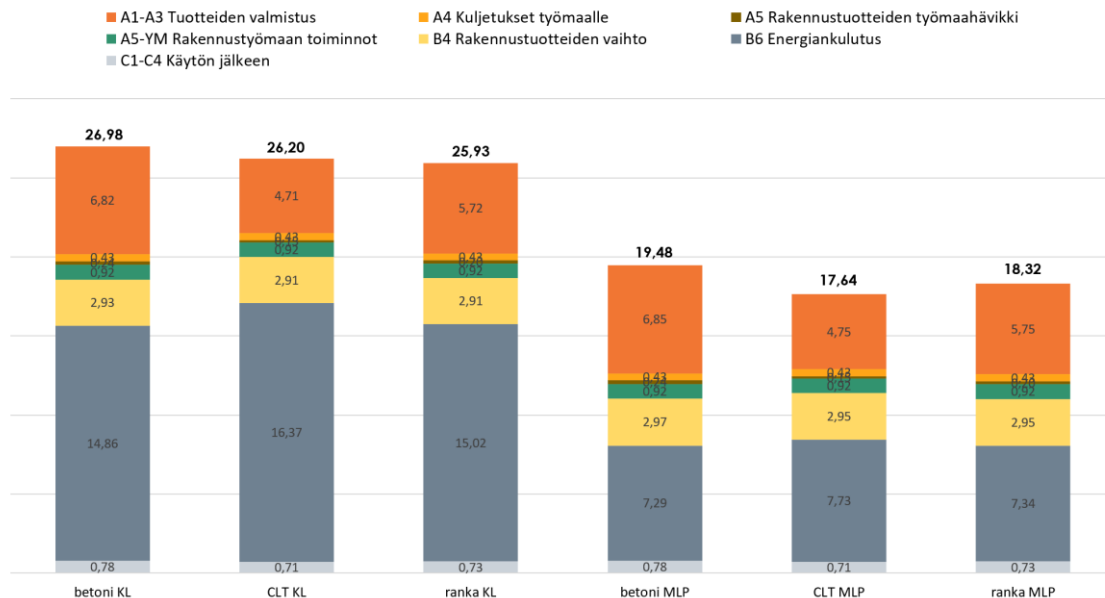
Hoivakoti

YM 6/2021



kg CO₂e/m²/a – hoivakoti – 2791 m² – 50 vuotta

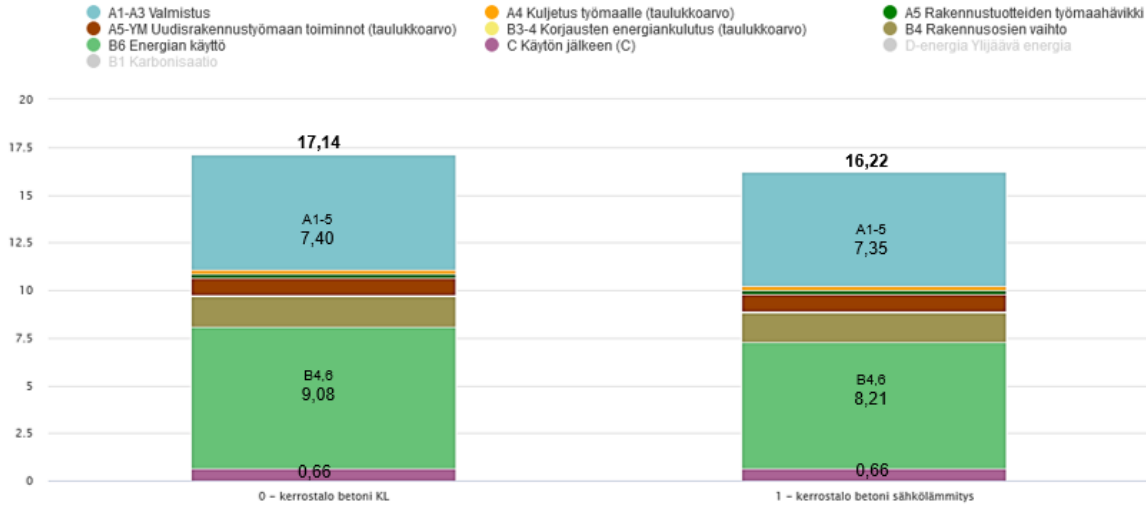
YM 9/2022



Tuloksista voidaan huomata, että kaikkien vertailuratkaisuiden hiilijalanjäljet ovat suurentuneet aiemmasta tarkastelusta. Valmistuksen (A1-A3) päästöt ovat suurentuneet pääasiassa talotekniikan päästötietojen päivittyessä kansallisen päästötietokannan neliooperusteiseen taulukkoarvoon. Lisäksi käytönaikaiset rakennusosien vaihdot (B4) ovat päästöiltään suurentuneet, käytönaikaisen energiankulutuksen päästöjen pienentyessä päästökertoimien myötä. Hoivakoti on tarkasteltu näissä käyttötarkoituseräluokkaan majoitusliikerakennus, mikä on linjassa puolestaan energialaskennan käyttötarkoituseräluokittelussa.

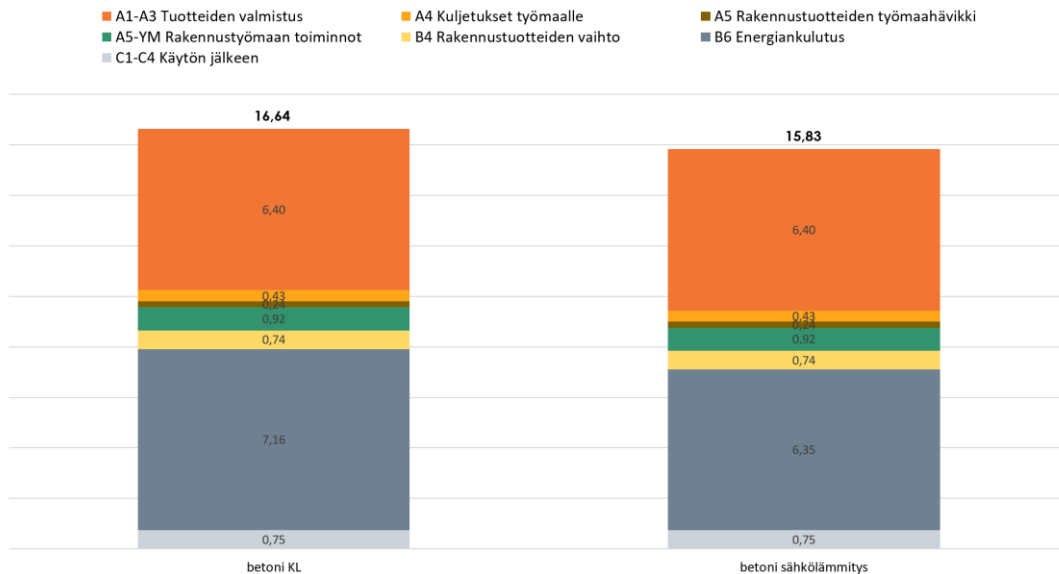
Erillistarkastelu, asuinkerrostalo sähkölämmityksellä

YM 6/2021



kg CO₂e/m²/a – asuinkerrostalo – 2974 m² – 50 vuotta

YM 9/2022

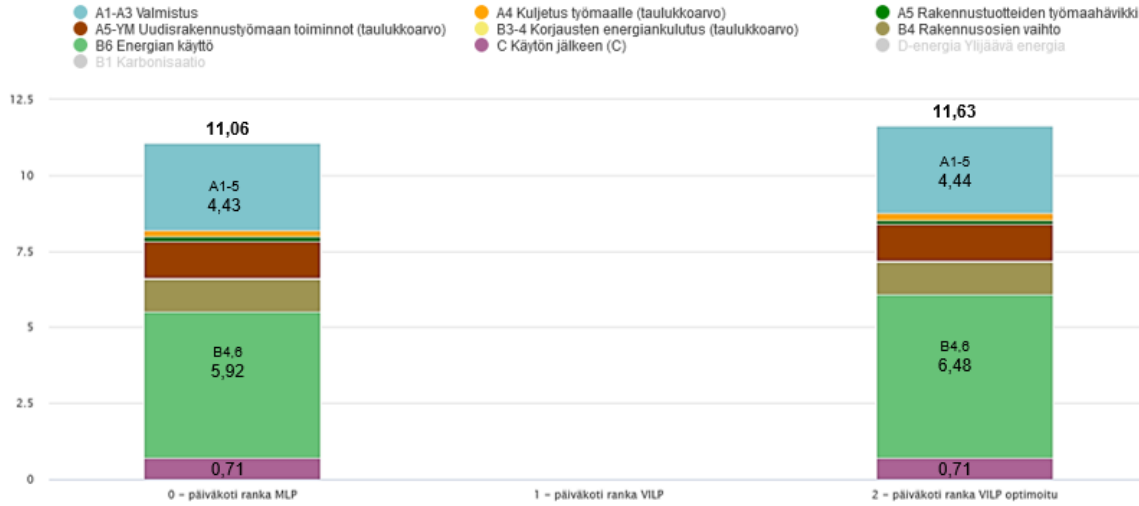


Tuloksista voidaan huomata, että myös tässä tarkastelussa sähkölämmitteisen kerrostalon hiilijalanjälki on pienempi kuin kaukolämmitteisen. Molempien vertailuratkaisuiden energiankulutus on pienentynyt aiemmasta tarkastelusta energiankulutuksen arvioidusta alkamisvuodesta johtuen. Energiamuotojen päästökertoimet eivät ole päivittyneet edellisestä tarkastelusta.

Sähkölämmitteinen kerrostalo ei kuitenkaan täytä energiatehokkuuden vertailuluvun eli E-luvun vaatimusta. Energialaskennassa sähkön energiamuodon kerroin on 1,2. Kaukolämmön tämä kerroin puolestaan on 0,5 ja täyttää tällä E-lukuvaatimuksen.

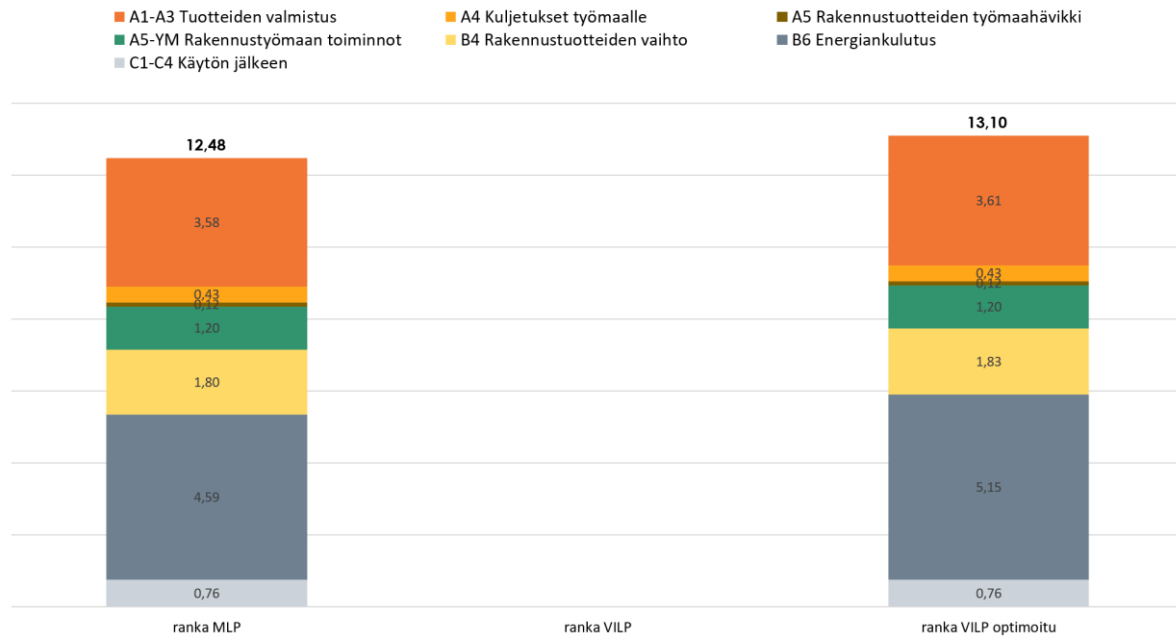
Erillistarkastelu, päiväkoti vesi-ilmalämpöpumpulla

YM 6/2021



kg CO₂e/m²/a – päiväkoti – 646 m² – 50 vuotta

YM 9/2022

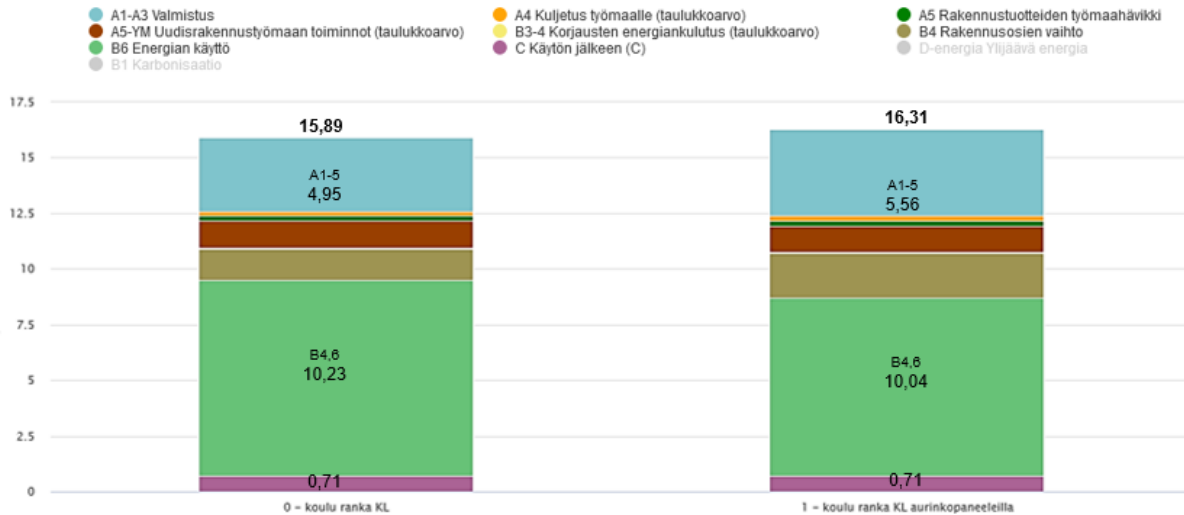


Tuloksista voidaan huomata, että vertailuratkaisuiden hiilijalanjäljet ovat kasvaneet hyvin samassa linjassa edelliseen tarkasteluun verrattuna.

Käytännössä erot eri vertailuratkaisuiden välillä syntyvät energiankulutuksen aiheuttamista päästöistä sekä talotekniikan päästöjen arvioinnista. Erityisesti lämpöpumppujen arviointiin liittyy epävarmuuksia johtuen niin päästötietojen arvioinnista kuin tietolähteistä. Lämpöpumppujen laitepäästöjen ei katsota sisältyvän talotekniikan neliöperusteiseen taulukkoarvoon.

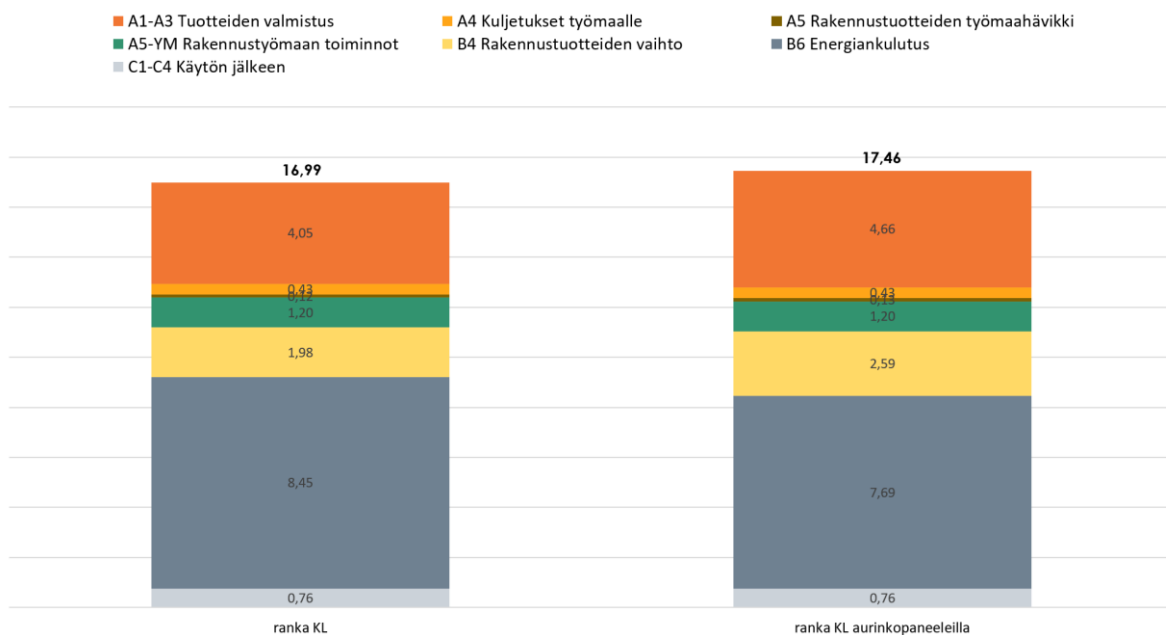
Erillistarkastelu, koulu aurinkopaneeleilla

YM 6/2021



kg CO₂e/m²/a – koulu – 1862 m² – 50 vuotta – paneeleita 200 m²

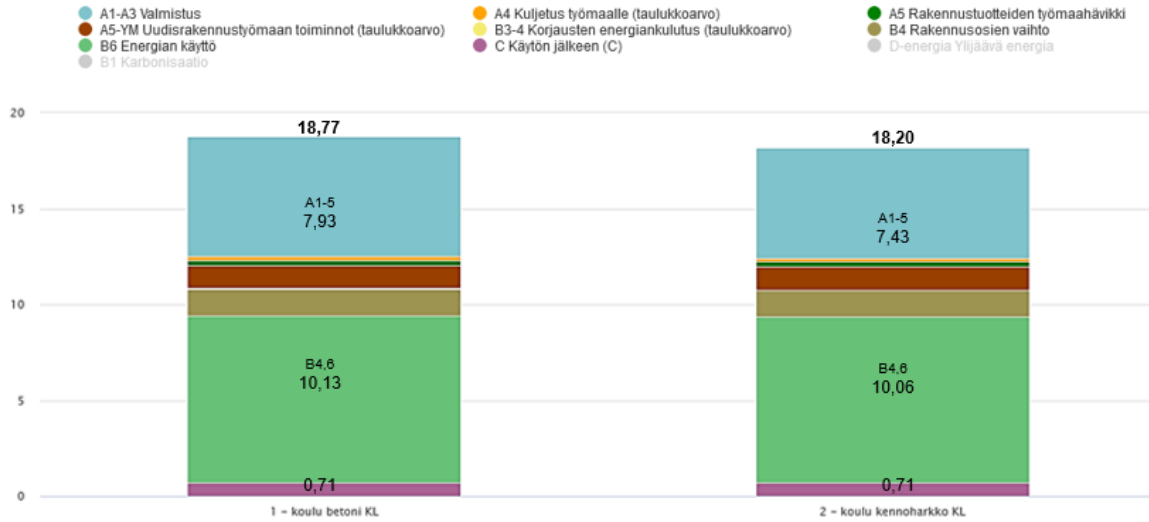
YM 9/2022



Tässä erillistarkastelussa vertailuratkaisuiden hiilijalanjäljet ovat kasvaneet verrattuna edellisiin laskelmiin aiemmin mainituista päästöpäivityksistä johtuen. Aurinkopaneelit huomioidaan erillisinä komponentteina talotekniikan neliöperäisen taulukkoarvon lisäksi, joka aiheuttaa tässä päivityksessä eroavaisuuksia ratkaisuiden välille. Aurinkopaneelit pienentävät rakennuksen energiankulutuksen hiilijalanjälkeä, mutta puolestaan kasvattavat sitä valmistuksen ja arviointijakson aikana oletetun vaihdon myötä.

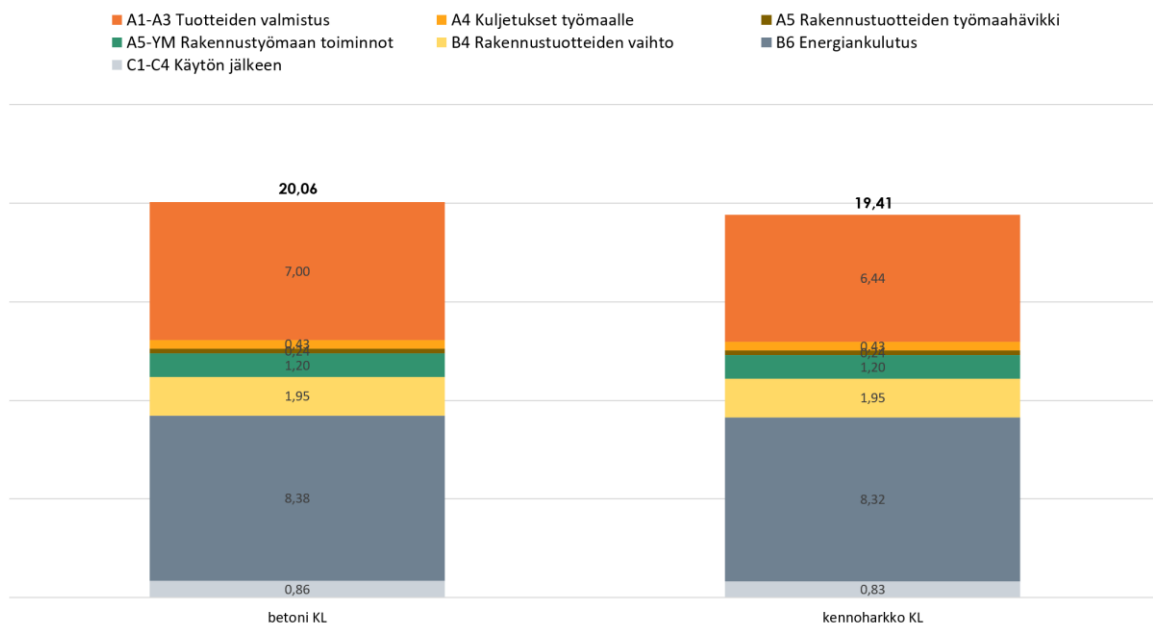
Erillistarkastelu, koulu kennoharkkoilla

YM 6/2021



kg CO₂e/m²/a – 1862 m² – 50 vuotta

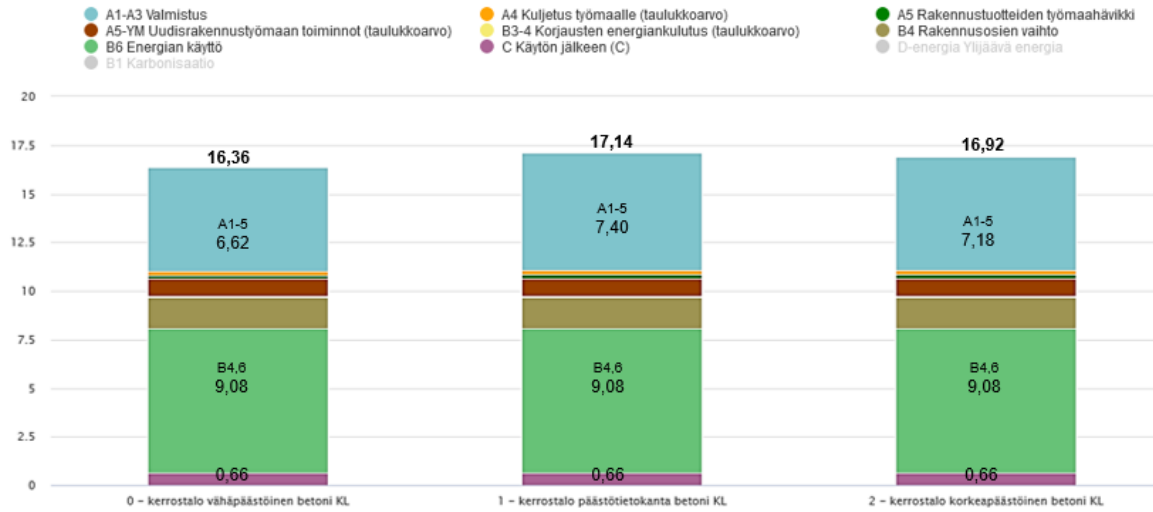
YM 9/2022



Tässä erillistarkastelussa vertailuratkaisuiden kokonaishiilijalanjäljet ovat kasvaneet verrattuna edelliseen päivitykseen jo aiemmin mainituista syistä. Kennoharkkoratkaisun hiilijalanjälki on kuitenkin noussut vähemmän, kuin betoniratkaisun. Tämä on seurausta siitä, että kennoharkon päästötiedot päivitettiin käyttäen uusinta saatavilla olevaa ympäristöselostetta. Tällä on vaikutusta mm. moduuleihin A1-A3 sekä käytönjälkeiselle ajalle.

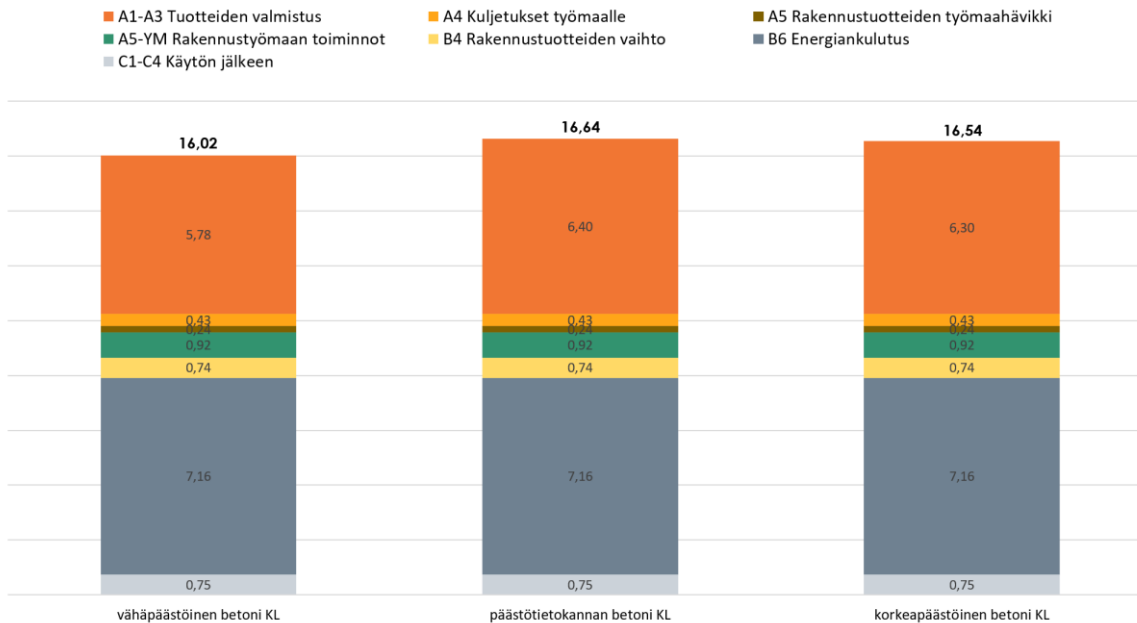
Erillistarkastelu, betonin ääripäävertailu

YM 6/2021



kg CO₂e/m²/a – asuinkerrostalo – 2974 m² – 50 vuotta

YM 9/2022



Betonien ääripäävertailussa voidaan havaita, että vertailuratkaisut noudattelevat samaa linjaa aiemman tarkastelun kanssa.

Valmistuksen A1-A3 päästöarvot ovat pysyneet vakiona aiemmasta tarkastelusta. Muiden materiaalisidonnaisten ominaisuuksien oletetaan pysyvän perusratkaisun mukaisena.

Erillistarkastelu, nykypäästöt

YM 6/2021

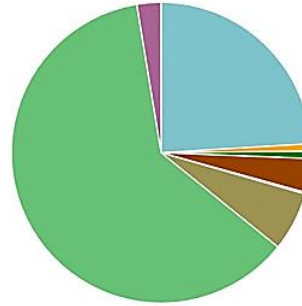
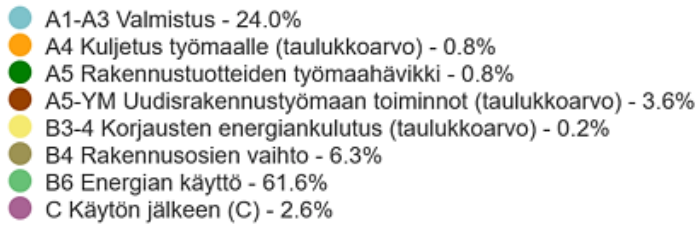
Hiilijalanjälki **25,27** kg CO₂e/m²/a

Kokonaispäästöt **3 758** t CO₂e

Käytetyt päästökertoimet:

Kaukolämpö **148** g CO₂e/kWh

Sähkö **131** g CO₂e/kWh



Asuinkerrostalo – betoni – kaukolämpö – 2974 m² – 50 vuotta

YM 9/2022

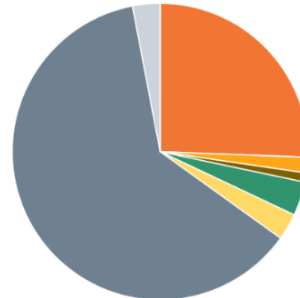
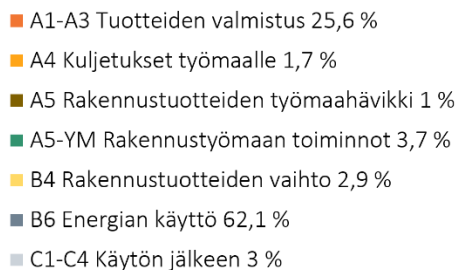
Hiilijalanjälki **25,04** kg CO₂e/m²/a

Kokonaispäästöt **3 723** t CO₂e

Käytetyt päästökertoimet:

Kaukolämpö **148** g CO₂e/kWh

Sähkö **131** g CO₂e/kWh



Kansallisen päästötietokannan tietojen mukaisesti energiankulutuksen päästöjen oletetaan pienenevän Suomen energia- ja ilmastostrategian toimenpiteiden mukaisesti. Tässä tarkastelussa energiankulutuksen päästöjen oletettiin kuitenkin pysyvän vakiona koko arviointijakson ajan. Päästökertoimina käytettiin aiemmasta tarkastelusta vakioituja päästökertoimia, jotka ovat sähkölle 131 g CO₂e/kWh ja kaukolämmölle 148 g CO₂e/kWh. Lähteenä käytettiin Motivan/Tilastokeskuksen hyödynjakomenetelmän kolmen vuoden keskiarvoa lokakuulta 2021.

Eron näiden kahden tarkastelun välille tuottavat rakennuksen muissa elinkaaren vaiheiden päästöjen arvioinnissa käytettävät päästötiedot ja niiden päivittyminen.

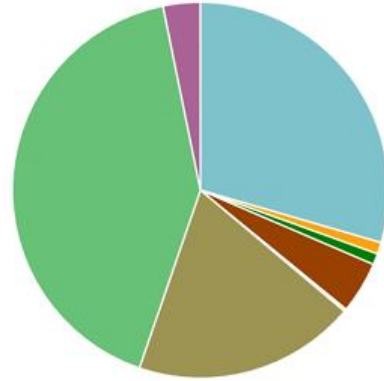
Erillistarkastelu, 100 vuoden tarkastelujakso

YM 6/2021

Hiilijalanjälki **10,29** kg CO₂e/m²/a

Kokonaispäästöt **3 061** t CO₂e

- A1-A3 Valmistus - 29.5%
- A4 Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo) - 1.0%
- A5 Rakennustuotteiden työmaahävikki - 1.0%
- A5-YM Uudisrakennustyömaan toiminnot (taulukkoarvo) - 4.5%
- B3-4 Korjausten energiankulutus (taulukkoarvo) - 0.2%
- B4 Rakennusosien vaihto - 19.1%
- B6 Energian käyttö - 41.5%
- C Käytön jälkeen (C) - 3.2%



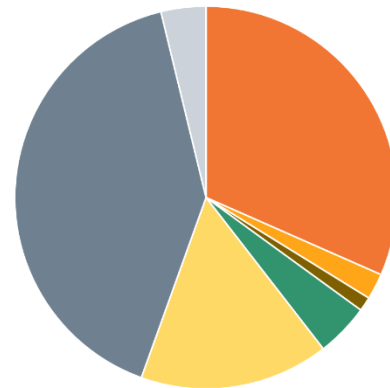
Asuinkerrostalo – betoni – kaukolämpö – 2974 m² – 100 vuotta

YM 9/2022

Hiilijalanjälki **10,07** kg CO₂e/m²/a

Kokonaispäästöt **2 995** t CO₂e

- A1-A3 Tuotteiden valmistus 31,8 %
- A4 Kuljetukset työmaalle 2,2 %
- A5 Rakennustuotteiden työmaahävikki 1,2 %
- A5-YM Rakennustyömaan toiminnot 4,6 %
- B4 Rakennustuotteiden vaihto 15,5 %
- B6 Energian käyttö 40,9 %
- C1-C4 Käytön jälkeen 3,9 %

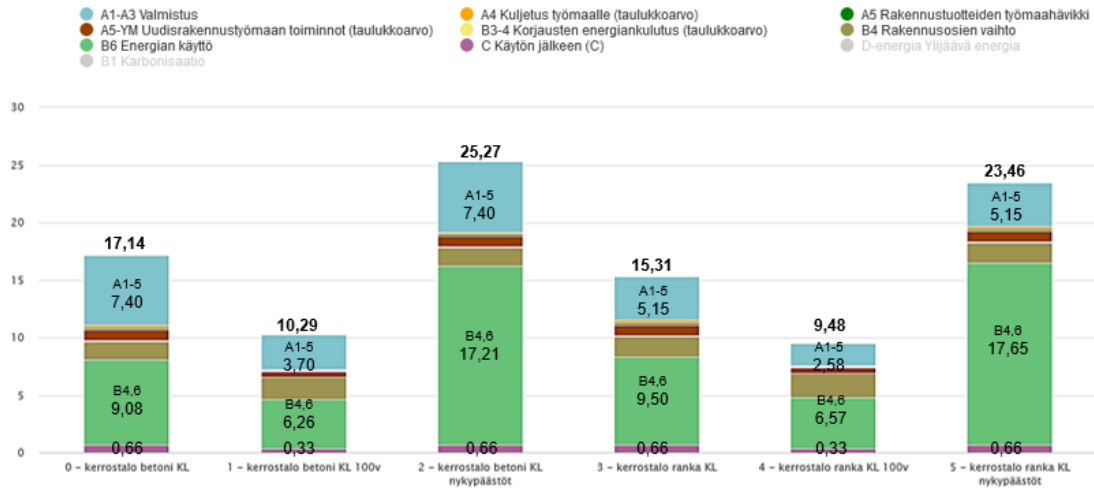


Päivitettyssä laskelmissa 100 vuoden tarkastelujaksolla kaukolämmitteisen betoniasuinkerrostalon hiilijalanjälki on kokonaisuutena hieman pienentynyt verrattuna edelliseen päivitykseen. Tämä tarkastelu kuitenkin näillä lähtötiedoin sisältää kohtalaisen paljon arvioinnin epävarmuuksia. Kansallinen päästötietokanta tarjoaa päästötietoja pääasiassa vain 50 vuoden tarkastelujaksolle. Esimerkiksi rakennusosien käyttöiät ja talotekniikan neliöperusteisen taulukkoarvon vaihdosta (B4) aiheutuvat päästöt on arvioitu vain 50 vuoden aikajaksolle. Lisäksi energiankulutuksen päästökertoimet ovat määritelty vuoteen 2120 asti, jolloin seuraavien vuosien päästökertoimet perustuvat laatijan arvioon.

Tässä tarkastelussa esitetyt päästöt erityisesti arviointijakson vaihtojen aiheuttamien päästöjen osalta ovat puutteelliset johtuen kansallisen päästötietokannan lähtötietojen tasosta, niiden ollessa määritelty pääosin vain 50 vuoden arviointijaksolle.

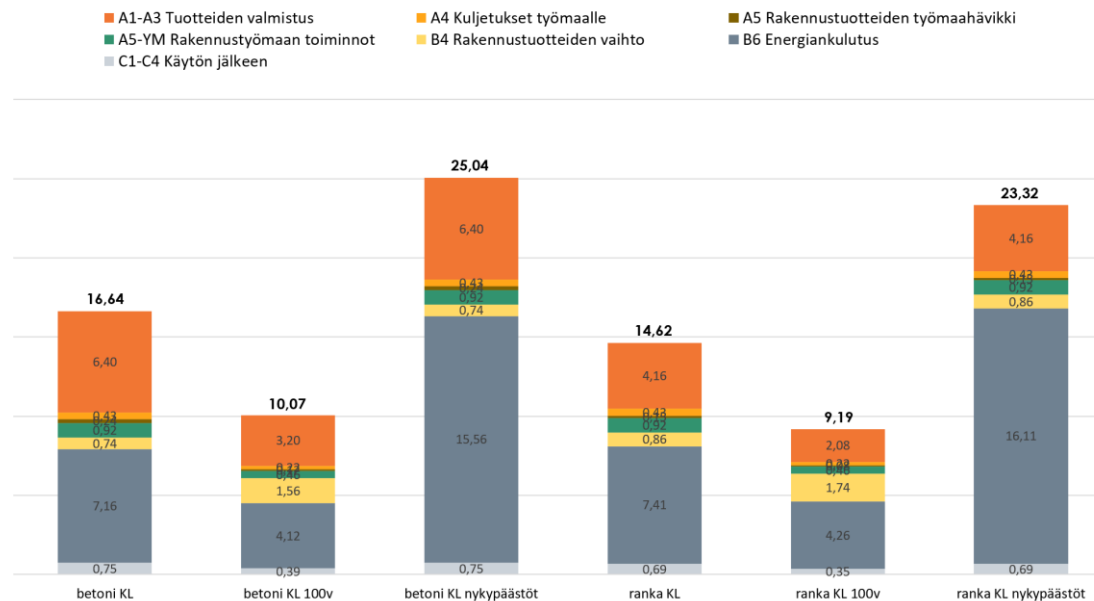
Erillistarkastelu, tarkastelujakson ja energian päästökertoimen vaikutus

YM 6/2021



Asuinkerrostalo – kaukolämpö – 2974 m²

YM 9/2022



Pylväsdiagrammeihin on koottu eri laskelmien tulokset kaukolämpölämmitteisen betoni- ja rankarunkoisen asuinkerrostalon osalta sekä 100 vuoden tarkastelujaksolla, että nykypäästöillä. Diagrammeista voidaan huomata, että kokonaisuutena vertailuratkaisut noudattelevat samaa linjaa edellisen tarkastelun kanssa. Pääsääntöisesti erot syntyvät päivitettyjen päästötietojen kuten kuljetusten, talotekniikan, rakennusosien vaihdon ja materiaalisidonnaisten ominaisuuksien johdosta.

Yhteenveto

Yhteenvetona tämän ja edellisen tarkastelun välillä voidaan todeta, että rakennuksen elinkaaren kannalta merkittävimmät päästöjen aiheuttajat ovat pysyneet samana. Rakennuksen elinkaaren suurimmat päästöt syntyvät rakennusmateriaalien valmistuksesta (pl. mahdollinen eloperäisen hiilen sitoutuminen) ja energiankulutuksesta.

Näihin vaikuttavat oleellisesti päästöarvot niin rakennusosien, kuin energiankulutuksen päästökertoimien osalta. Materiaalien päästöjen arviointi tarkentuu ja päivittyy jatkuvasti johtuen kansallisen päästötietokannan ja arviointityökalujen kehittymisestä. Käytettävien materiaalien sekä energiankulutuksen ja energiamuodon valinnoilla voidaan ohjata ja vaikuttaa rakentamiseen ja sen aiheuttamiin päästöihin.

Arviointijakson pituus on myös edelleen merkittävä tekijä päästöjen jakautumisessa rakennuksen elinkaaren ajalle, mutta aiheuttaa pitkittyessään suurempia epävarmuuksia arviointiin.

Rakennustuotteiden vaihdon, työmaatoimintojen ja talotekniikan aiheuttamat päästöt eri käyttötarkoituksiluokkien välillä korostuvat käytettäessä kansallisen päästötietokannan käyttötarkoitukseluokkaan perustuvia taulukkoarvoja ja konservatiivisia käyttöikiä. Tämä on syytä huomioida vertailtaessa eri käyttötarkoitukseluokkien rakennusten hiilijalanjälkeä keskenään.

Toteutettaessa arviointia neliöperusteisilla taulukkoarvoilla, näiden elinkaaren vaiheiden arviointiin epävarmuuksia aiheuttavat systeimirajaus rakennuksen ja rakennuspaikan välillä. Tulokinnanvaraista on, miten päästöt ohjataan rakennuksen osan ja rakennuspaikan tuloksiin.

Kokonaisuudessaan ilmastoselvityksen asetusluonnoksen 9/2022 esittämä rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä noudattelee pitkälti aiempaa luonnosversioista arviointimenetelmää. Tässä tarkastelussa suurimmat vaikutukset rakennusten hiilijalanjäljessä muodostuivat käytettyjen päästötietojen päivittymisen osalta.

Yleisesti rakennuksen vähähiilisyyden arviointi edellyttää huolellista perehtymistä arvioinnin menetelmään sekä kansallisen päästötietokannan tarjoamiin tietoihin. On lisäksi huomioitava, että mm. lähtötietojen taso, käytetyt päästötiedot ja tarkasteltavat rakennusosat vaikuttavat rakennuksen hiilijalanjäljen muodostumiseen. Vakioidulla menetelmällä suoritettu arviointi soveltuu hyödylliseksi työkaluksi esimerkiksi vastaavanlaisten rakennusten vähähiilisyyden vertailuun optimaalisen ratkaisun löytämiseksi.