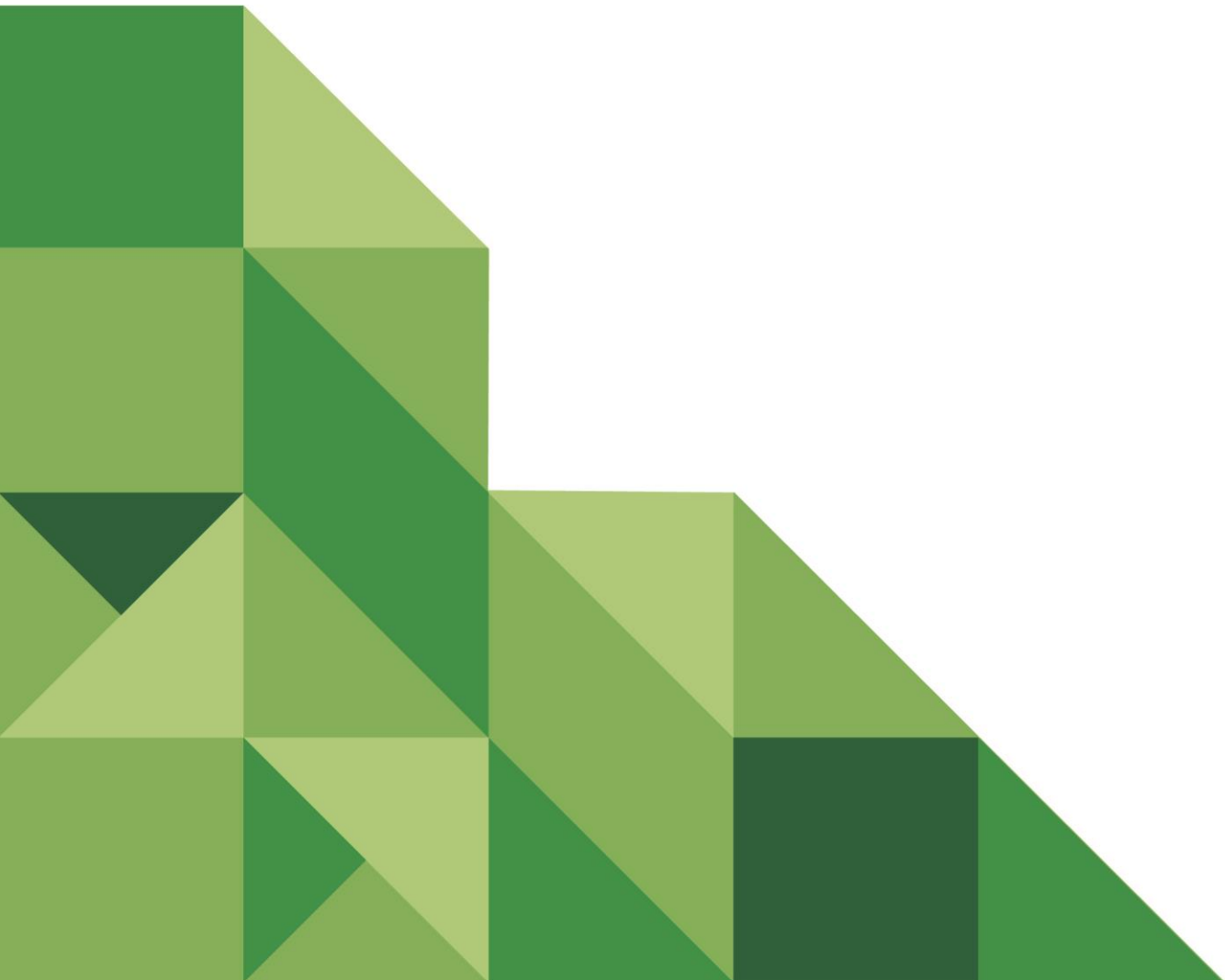


Juuso Kokkonen

Pilari-palkkirunkoisen liikerakennuksen päästöt

Case-kohteen ja eri suunnitteluvaihtoehtojen
elinkaaren ympäristövaikutusten (LCA)
arviointiraportti



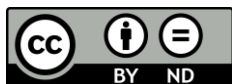
Julkaisusarja

Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja C: Raportteja, 90

Tekijä

Juuso Kokkonen, Karelia-ammattikorkeakoulu

© Tekijät ja Karelia-ammattikorkeakoulu



Tämä julkaisu on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiMuutoksia 2.0 Kansainvälinen -lisenssillä.

ISBN 978-952-275-359-5

ISSN 2323-6914

Karelia-ammattikorkeakoulu 2022



POHJOIS-KARJALA
Maakuntaliitto

**BUSINESS
JOENSUU**



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014-2020

Projektia rahoitetaan osana Euroopan unionin COVID-19-pandemian vuoksi toteuttamia toimia

Sisällys

Johdanto.....	5
1 Tutkimuksen tarkoitus ja rakennuksen tiedot	6
1.1 Arvioinnin perustiedot	6
1.2 Arvioitu rakennus, yleistiedot	7
1.3 Arvioidun rakennuksen energiankulutus	8
2 LCA-arvioinnin tavoite ja järjestelmän rajaus	9
3 Arvioidut vaikutuskategoriat.....	12
4 Arvioinnin laajuus.....	13
4.1 Sisältyvät rakennusosat	13
4.2 Ympäristötietolähteet.....	14
4.3 Projektin tietolähteet ja oletukset	15
4.4 Tietojen luotettavuuden arviointi ja oletukset laskennassa	16
5 Tulokset.....	19
5.1 Tulokset rakennetyypeittäin ja materiaaleittain	20
5.2 Eniten päästöjä aiheuttavat materiaalit	22
5.3 Arviointi ilman pysäköintihallia	23
5.4 Pelti-villa-pelti-elementtien päästövertailu.....	25
5.5 Yläpohjaratkaisujen vertailu	27
5.6 Aurinkopaneelien elinkaarivaikutukset – pelkät paneelit	28
5.7 Aurinkopaneelien elinkaarivaikutukset – rakennuksen tasolla	29
6 Tulosten luotettavuus.....	31
Lähteet	32

Liitteet..... 34

Liite 1. Keskimääräiset rauditusmäärät.

Liite 2. Käytetyt tietolähteet.

Johdanto

Rakennusmateriaalien tuotannon ja rakentamisvaiheen osuus rakennusten elinkaaren hiilijalanjäljestä nykyisellään on noin puolet. Toinen puoli syntyy rakennusten käytönai-
kaisesta energian kulutuksesta. Rakentamisen päästöjen suhteellinen merkitys osana
rakennusten elinkaaren päästöjä näyttää kasvavan tulevaisuudessa. Tähän vaikuttaa
erityisesti rakennusten energiatehokkuuden kehittyminen ja energian tuotannosta syn-
tyvien päästöjen pieneneminen.

Ympäristöministeriö on ehdottamassa rakennuksen ilmastaselvitystä osaksi kaavoitus-
ja rakentamislakia. Käytännössä ilmastaselvityksellä tarkoitetaan rakennuksen elinka-
aren hiilijalanjäljen sekä -kädenjäljen arviointia määritetyn laskentamenetelmän mu-
kaan. Ministeriön tavoitteena myös, että rakennusten elinkaaren enimmäispäästöille
asetetaan raja-arvot rakennustyypeittäin, jotka toimivat osaltaan ehtona rakennuslu-
van myöntämiselle. Säädoskehityksen perimmäisenä tarkoituksena onkin vähentää ra-
kentamisen materiaalisidonnaisia päästöjä energiatehokkuusvaatimusten rinnalla.

Voidaankin todeta, että rakennusala on tältä osin muutoksen edessä. Materiaali- ja
tuoteosavalmistajien tulee löytää keinoja tuotantonsa ja tuotteidensa päästöjen vä-
hentämiseksi. Rakennuttajien ja suunnittelijoiden täytyy tulevaisuudessa ymmärtä-
mään eri suunnitteluratkaisujen päästövaikutukset yhtenä suunnitteluparametrina.
Myös rakennusliikkeet joutuvat miettimään keinoja työmaiden päästöjen vähentä-
miseksi, esimerkiksi toteutustapojen tai syntyvän hukan osalta.

Vastatakseen osaltaan tähän tarpeeseen, Karelia-ammattikorkeakoulu käynnisti syk-
syllä 2021 Rakentamisen vihreä siirtymä -projektin. Yhtenä keskeisenä projektin toimen-
piteenä toteutetaan elinkaariarviointeja erityyppisille rakennuskohteille. Näiden case-
kohteiden avulla pyritään ymmärtämään eri suunnittelu- ja toteutusratkaisujen vaiku-
tuksia osana rakennusten elinkaaren päästöjä. Tavoitteena on, että projektin aikana
tuotettu aineisto pystyisi tarjoamaan myös rakennuttajille, suunnittelijoille ja rakennus-
alan yrityksille uusia näkökulmia pyrkimyksissään rakentamisen päästöjen vähentä-
miseksi.

Joensuussa 8.6.2022

Mikko Matveinen

projektipäällikkö, Karelia-ammattikorkeakoulu

1 Tutkimuksen tarkoitus ja rakennuksen tiedot

1.1 Arvioinnin perustiedot

Kohteen nimi: Motonet Kuopio

Osoite: Teollisuuskatu 9, 70620 Kuopio

Arvioija ja arvioijan koulutus: Juuso Kokkonen, Insinööri (AMK)

Työn tilaaja: Rakentamisen vihreä siirtymä -hanke

Päiväys: 01.06.2022



Kuva 1. Kohteen julkisivu.

Tutkimuksen tarkoitus	Tutkimuksen tarkoituksena oli laskea rakennuksen ympäristövaikutukset koko elinkaarelle. Vaihtoehtoisena skenaariona rakennus arvioitiin ilman pysäköintihallia ja maanalaisia osia. Lisätietona arvioitiin aurinkopaneelien ympäristövaikutuksia, sekä rakennuksen rakennustyyppisiä yläpohjien, sekä pelti-villa-pelti sandwich-elementtien osalta eri eristysratkaisuilla.
Hankkeen tyyppi	Uudisrakennus
Arviointimenetelmä	Ympäristöministeriön vähähiilisuuden arviointimenetelmä
Kieli	Suomi
Tutkimuksen lähtötiedot (tyyppi)	Lähtötietoina suunnitteludokumentit: 2D-dokumentit, asiakirjat sekä IFC-mallit.
Tiedot varmennettu jälkiseurannalla	Ei
Rakennuksen elinkaari	Keskeneräinen

1.2 Arvioitu rakennus, yleistiedot

Rakennuskohteen suunnittelijoiden tiedot

Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtitoimisto ON Oy

Rakennesuunnittelu: A-Insinöörit Suunnittelu Oy

Perustiedot

Rakennustyyppi	Myymläarakennus
Rakennus- tai peruskorjausvuosi	2022-2023
Pinta-ala (lämmin)	5405 m ²
Pinta-ala (puoli-lämmin/kylmä)	82 m ² (arvio)
Päärakennusmateriaali	Teräsbetoni
Ilmastovyöhyke	<i>Finland zone 5</i>
Rakennuksen toiminnot ja palvelut	Myymlä-, autokorjaamo- ja katsastuspalvelut
Rakennuksen käyttömäärät	N/A
Bruttoala b-m ² /h-m ²	5965 m ²

Kerroslukumäärä ja kuvaus	3-kerroksinen myymälärakennus
Lämmitys/jäähdytysjärjestelmä	Maalämpö
Energiatohokkuusluokka (E-luku)	130 (2018)
Muut relevantit käyttäjän asettamat tai asetetut rakennusmääräykset	N/A
LCC-laskenta-aika	N/A
LCA- laskenta-aika	50 vuotta, YM-menetelmän mukaisesti
Rakennuksen suunniteltu käyttöikä	50 vuotta

1.3 Arvioidun rakennuksen energiankulutus

Vakioidulla käytöllä oleva ostoenergia, sähkö (käytetty laskennassa)	582767 kWh
Vakioidulla käytöllä oleva ostoenergia, kaukolämpö (käytetty laskennassa)	0 kWh

2 LCA-arvioinnin tavoite ja järjestelmän raja

Arvioinnissa seuraavat elinkaaren vaiheet huomioitiin EN 15804:2012 mukaisesti. Merkattu (x):

Tuotevaihe			Rakentaminen		Käyttövaihe							Elinkaaren loppu				Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat		
Raaka-aineen hankinta	Kuljetus valmistukseen	Tuotteen valmistus	Kuljetus työmaalle	Työmaatoiminnot	Tuotteen käyttö rakennuskunnossapito	Korjaus	Osien vaihto	Laajamittaiset korj.	Energian käyttö	Veden käyttö	Purkaminen	Kuljetukset	Purkujätteen käsittely	Purkujäte loppusijoitus	Uudelleenkäyttö	Talteenotto	Kierrätys	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	D	D
	X		X	X			X	X		X			X				X	

Taulukko 1. Arvioidut kohdat.

Kuvaus elinkaarivaiheista ja analyysin laajuudesta:

A1-A3 Rakennus- materiaalit	Raaka-ainehuolto (A1) sisältää päästöt, jotka syntyvät, kun raaka-aineet otetaan luonnosta, kuljetetaan teollisuusyksiköihin jalostettavaksi ja jalostetaan. Raaka-aine- ja energiahäviöt otetaan myös huomioon. Kuljetusvaikutuksiin (A2) sisältyvät pakokaasupäästöt, jotka johtuvat kaikkien raaka-aineiden kuljettamisesta toimittajilta valmistajan tuotantolaitokselle, sekä polttoaineiden tuotannon vaikutukset. Tuotantovaikutukset (A3) kattavat koneiden käyttämien tuotantomateriaalien ja polttoaineiden valmistuksen, samoin kuin tuotantoprosesseissa syntyvän jätteen käsittelyn valmistajan tuotantolaitoksissa jätteen loppuun asti.
A4 Kuljetus työ- maalle	A4 sisältää pakokaasupäästöt, jotka johtuvat rakennusalan tuotteiden kuljetuksesta valmistajan tuotantolaitokselta rakennuspaikalle, sekä käytetyn polttoaineen tuotannon ympäristövaikutukset.
A5 Rakennus- ja asennuspro- sessi	A5 kattaa pakokaasupäästöt, jotka aiheutuvat energian käytöstä työmaalla, polttoaineen, energian ja veden tuotantoprosessien ympäristövaikutukset sekä jätteiden käsittely jätteen loppuun asti.
B1-B5 Huolto ja ma- teriaalien vaihto	Kunnossapidon ja materiaalien vaihtamisen ympäristövaikutukset (B1-B5) sisältävät ympäristövaikutukset, jotka aiheutuvat rakennustuotteiden vaihtamisesta niiden käyttöiän päättyessä. Päästöt kattavat raaka-ainetoimituksista, kuljetuksesta ja korvaavan uuden materiaalin tuotannosta aiheutuvat vaikutukset sekä korvaavan materiaalin valmistuksen ja jätteiden käsittelyn vaikutukset jätteen loppuun asti.
B6 Energian käyttö	Harkittuihin käyttövaiheen energiankulutuksen (B6) vaikutuksiin sisältyvät pakokaasupäästöt kaikesta rakennustason energiantuotannosta sekä polttoaineen ja ulkoisesti tuotetun energian tuotantoprosessien ympäristövaikutukset. Myös energiansiirtotappiot otetaan huomioon.
B7 Veden käyttö	Harkittuihin käyttövaiheen vedenkulutuksen (B7) vaikutuksiin sisältyvät makean veden tuotantoprosessien ympäristövaikutukset ja jäteveden käsittelyn vaikutukset.
C1-C4 Purkaminen	Purkamisen vaikutuksiin sisältyy kierrätettävien rakennusjätevirtojen prosessoinnin vaikutukset kierrätykseen (C3) jätteen loppupäähän saakka tai esikäsittelyn ja kaatopaikalle sijoittamisen vaikutukset

	jätevirtoihin, joita ei voida kierrättää (C4), materiaalityypin perusteella. Lisäksi dekonstruktiovaikutuksiin sisältyvät jätteiden energian talteenotosta aiheutuvat päästöt.
D Ulkoiset vaikutukset/käyttöään lopun edut	Ulkoisiin etuihin sisältyy kierrätettävän rakennusjätteen kierrätyksestä aiheutuvat päästöedut. Uudelleenkäytettyjen tai kierrätettyjen materiaalityyppien etuihin sisältyy neitsytpohjaisen materiaalin korvaamisen kierrätetyllä materiaalilla myönteinen vaikutus ja hyötyä materiaaleille, jotka voidaan ottaa talteen energian avulla, katettava positiiviset vaikutukset muiden energiavirtojen korvaamisessa energiantuotannon keskimääräisten vaikutusten perusteella.

Taulukko 2. LCA-vaiheiden kuvaukset.

3 Arvioidut vaikutuskategoriat

Vaikutuskategoria	Yksikkö	Kuvaus
Lämmityspotentiaali GWP-Global warming potential	kgCO ₂ eq	Eri kaasuja vertailtaessa yksikkönä käytetään lämmityspotentiaalia (global warming potential, GWP), joka mittaa kaasun aiheuttamaa lämmitysvaikutusta hiilidioksiidiin verrattuna massayksikköä kohti 20 tai 100 vuoden aikana. Tässä tarkastelussa käytössä GWP100.

Taulukko 3. Arvioitu vaikutuskategoria.

4 Arvioinnin laajuus

4.1 Sisältyvät rakennusosat

LCA-analyysi sisälsi seuraavat rakennusosat:

Rakennusosa	Sisältyy laskentaan	Kommentit
Kantavat rakenteet ja vaippa	KYLLÄ	
Perustukset	EI	
Runko	KYLLÄ	
Välipohjat	KYLLÄ	
Katto	KYLLÄ	
Portaat	KYLLÄ	Laskettu geneerisellä tiedoilla
Ulkoseinät	KYLLÄ	
Ikkunat ja ovet (ulko)	KYLLÄ	Ei sisällä erillisiä detaljiosia mm. kiinnitysosat
Sisäseinät ja väliseinät	KYLLÄ	
Ovet (sisä)	KYLLÄ	Ei sisällä erillisiä detaljiosia mm. kiinnitysosat
Pintakäsittelyt	EI	
Seinäpinnat	KYLLÄ	
Lattiapinnat	KYLLÄ	
Sisäkatot (sisältäen pintakäsittelyt)	KYLLÄ	Laskettu geneerisellä tiedoilla
Kosteussulut ja höyrynsulut	KYLLÄ	
Rakennuslaitteet ja kalusteet	EI	
Palokatkot/mansetit ja palokatko-massat	EI	
Kiintokalusteet ja laitteet	EI	
Märkätilojen ja WC-tilojen kalusteet	EI	
Palvelu- ja huoltokalusteet	EI	
Jätehuolto	EI	
LVI-tekniikka, vesi	KYLLÄ	Käytetty Sykkeen neliökohtaista arvoa
LVI-tekniikka, lämmitys	KYLLÄ	Käytetty Sykkeen neliökohtaista arvoa
LVI-tekniikka, ilmanvaihto	KYLLÄ	Käytetty Sykkeen neliökohtaista arvoa
Sähköjärjestelmät	KYLLÄ	Käytetty Sykkeen neliökohtaista arvoa
Kaasujärjestelmät	EI	
Hissi	KYLLÄ	
IT-tekniikka, valvonta CCTV	EI	

IT-tekniikka, viestintä ja tietoverkot	EI	
Muut järjestelmät	EI	
Tontti	EI	
Piha-rakenteet, kaivut ja täytöt	EI	
Viemäri ja sadevesijärjestelmät	EI	
Ulkorakennukset	EI	Autopesula rajattu tarkastelun ulkopuolelle

Taulukko 4. Sisällytetyt rakennusosat arvioinnissa.

Betonirakenteiden päästöt on laskettu Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämän päästötietokannan elementtirakenteiden päästötiedoin sopivan tiedon ollessa saatavilla, eli esimerkiksi jännebetonipalkit jännebetonipalkin tiedolla. Mikäli sopivia elementtirakenteen päästötietoja ei ollut saatavilla, huomioitiin betonin, raudoituksien ja kiinnitysosien päästötiedot erikseen. Tällöin betonirakenteiden teräsosien määrä on arvioitu Kareliammattikorkeakoulussa tehdyn keskimääräisten raudoitusmäärät-taulukon pohjalta (ks. liite nro 1). Taulukossa raudoitusmääriä on laskettu useammasta rakennuksesta ja niiden käyttöä voidaan pitää luotettavana ja riittävän tarkkana myös tässä kohteessa, kun kaikkia suunnitelmia ei arviointihetkellä vielä ollut saatavilla.

Arvioinnissa rakennuksen perustukset, muut tontin rakenteet ja maanrakennus on jätetty arvioinnin ulkopuolelle, sillä ne kuuluvat rakennuspaikan arviointiin. Rakennuspaikan arviointi on arviointihetken tiedon perusteella jäämässä Ympäristöministeriön vähähiilisuuden arviointimenetelmässä päästöjen raja-arvojen ulkopuolelle. Arvioitavassa kohteessa rajaus rakennukseen ja rakennuspaikkaan tehtiin arviointimenetelmän mukaisesti siten, että puoliksi maan pinnalla oleva alin kerros, jossa pysäköintihalli, auto-
korjaamo ja katsastusasema sijaitsevat, ovat osa rakennuksen arviointia. Jako tehtiin Talo 2000 -hankenimikkeistön pohjalta. Rakennuksen arviointi rajautuu alapohjan alapintaan.

4.2 Ympäristötietolähteet

One Click LCA työkalua käytettiin elinkaariarvioinnin laskemiseen. Ohjelmaan on integroitu useimpien rakennuksen päästölaskentamenetelmien parametrit. One Click LCA:n tietokannasta löytyy sekä EN 15804 -standardin mukaisia rakennustuotekohtaisia ympäristöselosteita, että yleistä päästödataa. Listaus laskennassa käytetyistä datalähteistä on kuvattu liitteissä.

Ensisijaisena rakennustuotteiden päästötietojen lähteenä käytettiin Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämän tietokannan arvoja. Päästötietokannan tuotteet vastaavat hyvin suomessa useimmin käytettyjä rakennustarvikkeita, mutta päästöiltään ne edustavat markkinoiden korkeapäästöisempiä tuotteita, sillä niissä on 20 prosentin varmuuskerroin. Vaihtoehtoisesti käytettiin tuotekohtaisia ympäristöselosteita tai muuta geneeristä tietoa. Päästötietojen valinnassa painotettiin rakennusmateriaalien vastaavuutta, tietojen tuoreutta ja maantieteellistä edustavuutta.

4.3 Projektin tietolähteet ja oletukset

LCA-laskenta suoritettiin kohteelle käyttäen One Click LCA ohjelmistoa perustuen suunnittelutietoon ja kohteen tietomallista saatuun materiaaliluetteloon. Tulokset kuvaavat koko elinkaaren aikaisia vaikutuksia 50 vuoden rakennuksen käyttöiällä, joka on Ympäristöministeriön vähähiilisyysarviointimenetelmän mukainen tarkastelujakso [1].

Arviointitulokset perustuvat arviointihetkellä kohteesta saatavilla olleisiin tuoreimpiin suunnitteluasiakirjoihin. Materiaalien ja tuotteiden keskimääräiset tuotteiden vaihtovälit perustuvat RT-korttiin 18-10922. Arvioitaessa tuotteiden vaihtoväliä rasisluokat määritettiin normaaliin tai vaikeaan rasisluokkaan, riippuen siitä millaisessa rasisuksessa kyseinen tuote on rakennuksessa. Materiaalimenekit on arvioitu suunnittelutietojen, ympäristöselosteiden, tuotevalmistajien tietojen tai omien arvioiden perusteella. Hukat, eli moduuli A5, on arvioitu One Click LCA työkalun keskimääräisillä oletusarvoilla niille tuotteille, jotka on laskettu tuotekohtaisella ympäristöselosteella. Elementtirakenteille työmaahukkaa ei ole laskettu, eikä Suomen päästötietokannan arvoilla lasketuille tuotteille.

Pääasiassa projektin lähtötietodokumentit ovat tietomallista saatu materiaaliluettelo, 2D-kuvat ja muut asiakirjat, kuten rakennejärjestelmäkuvaus ja luettelo rakennetyypeistä. Tietomallista saadun määräluettelon pohjalta tarkennettiin elinkaarilaskelmaan tekemiseen paremmin sopiva luettelo, jossa jokainen osa oli jäsenelty Talo 2000 -hankenimikkeistöön. Määräluettelossa jokainen osa massoiteltiin tai määritettiin laskeamiseen tarvittava pinta-ala. Tiedot määritettiin rungon osalta pääasiassa RAK-kuvista.

Laskelmasta pois jätettiin arviointimenetelmässä ulkopuolelle jätettäväksi määritellyt osat, kuten listat, talovarusteet, kalusteet, savunpoistorakenteet ja kiinnikkeet [1]. Lisäksi ulkopuolelle jätettiin muita vaikeasti arvioitavia pieniä osia, joiden yksittäinen vaikutus kokonaispäästöihin on korkeintaan prosentin. Tällaisia on esimerkiksi tuulikaapin

lasikatos, jonka suunnitelutietoja ei ollut saatavilla. Ulkopuolelle jätettiin myös pintakäsittelyt sekä rakennetyyppi VPx, jota ei ole tarkemmin määritelty ja jonka pinta-ala on alle 10 neliometriä. Ulkopuolelle rajattujen osien yhteenlaskettu vaikutus on alle 5 % kokonaispäästöihin.

Analyysialue	Datalähteet
Materiaalimäärät (A1-A3)	ARK-tietomalli (1.2.22 julkaistu versio), 2D- dokumentit (ARK-RAK-kuvat) sekä asiakirjat mm. rakennusselostukset.
Rakennusmateriaalin kuljetusetäisyydet (A4)	Laskettu arviointimenetelmän taulukkoarvolla.
Rakennus ja asennusprosessi (A5)	Laskettu arviointimenetelmän taulukkoarvolla. Työmaahävikit One Clickin oletusarvoilla, pl. elementtirakenteet ja Sykkeen tiedot.
Materiaalin käyttöikä (B1-B5)	Rakennusosien käyttöiät RT 18-10922 "Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot" mukaan.
Energian kulutus (B6)	Laskettu energiatodistuksen kulutustiedoilla. Sähkön päästökerroin 50 vuoden käyttöiälle on 0,0591 kgCO ₂ e/kWh [2].
Veden kulutus (B7)	Ei mukana arvioinnissa.
Elinkaaren loppu ja purkuvaihe (C)	Laskettu arviointimenetelmän taulukkoarvoilla.
Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat (D)	One Click LCA:n oletusskenaariot ja ympäristöselosteet.

Taulukko 5. Analyysialue ja kuvaus.

4.4 Tietojen luotettavuuden arviointi ja oletukset laskennassa

Kohteen pääasiallinen runkojärjestelmä on pilari-palkkirunko. Betonirakenteet muodostavat merkittävän osan rakennuksen massasta ja siten materiaalisidonnaisista päästöistä. Elementtirakenteiden laskennassa käytettiin ensisijaisesti valmiita päästöarvoja, jotka sisältävät kiinnitysosien, betonin ja raudotteiden ympäristövaikutukset laskettuna keskiarvallisesti elementtityypeittäin. Jos sopivan elementtirakenteen tietoja ei ollut

saatavilla, kuten esimerkiksi sisäkuorielementeille, laskettiin päästöt osassa 4.1 kuvatulla tavalla erikseen, huomioiden eri osat ja lujuusluokat.

Päästöt laskettiin eri rakenteille suunnitelmien mukaisilla betonin lujuusluokilla. Kaikkia tarvittavia rakennesuunnitelmia ei ollut vielä saatavilla, jolloin näiden rakenteiden osalta lujuusluokat arvioitiin kyseiseen kohteeseen yleisesti sopivana. Deltapalkkien juotosvalun menekki arvioitiin tukietäisyyksien ja tuotteiden 3d -mallien avulla määritetyn tilavuuden kautta. Ontelolaattojen juotosvalujen menekki määritettiin tyypeittäin internetistä löytyneiden saumattujen painojen avulla. Portaiden osalta täydellisten suunnitelmien puuttuessa päästöt laskettiin geneerisellä betoniportaiden päästöarvolla. Geneerinen arvo arvioi automaattisesti betonin ja raudoituksen määrän portaikon korkeuden perusteella. Kaikista teräsrakenteista, kuten teräspilareista ja huoltoportaikon kuilun seinistä ei ollut vielä rakennesuunnitelmissa materiaalivahvuuksia, seinämävahvuudet määritettiin silloin mittaamalla 2D-dokumenteista.

Kohteessa on useita erilaisia ovityyppejä, kuten palo-, lasi-, metalliovia. Erilaiset ovityypit laskettiin sopivalla päästötiedolla huomioiden vastaavuuden mahdollisimman hyvin. Huoltoluukut laskettiin päästöjen osalta metalliluukkuna ja niiden paino katsottiin tuotevalmistajilta, mikäli se oli ilmoitettu. Jos tarkempia tietoja ei ollut saatavilla, laskettiin ovet, luukut ja ikkunat käyttäen laskentaohjelmiston oletus neliökohtaista painoa. Julkisivujärjestelmälasitukset on laskettu Suomen ympäristökeskuksen tietokannan mukaisesti lasialumiinijulkisivuna. Pintapeltejä, heloituksia tai kiinnitysosia ei huomioitu.

Arviointiaikana tietomallissa kaikkia rakennetyyppejä ei ollut vielä määritelty. Esimerkiksi lastauslaiturissa esiintyi geneerisiä rakennetyyppejä, jolloin nämä laskettiin teräsbetonirakenteena. Geneeristen rakennetyyppien osuus arvioinnissa ja niiden epätarkkuuksien vaikutukset ympäristövaikutuksiin ovat pienet. Jos rakennetyypiluettelosta ei löytynyt jotakin tietomallissa esiintyvää rakennetyyppiä tai esimerkiksi paksuutta ei ollut ilmoitettu, arvioitiin rakenne tietomallin tietojen perustella. Alumiinisten julkisivulevyjen paino on katsottu Suomalaisen tuotevalmistajan katalogista edustaen keskiverto-tuotetta.

Lattian materiaali on arvioitu epoksimaalaukseksi, linoleumiksi tai laatoitukseksi tilan käyttötarkoituksen mukaan, mikäli tietoja ei ollut saatavilla esimerkiksi rakennetyypiluettelossa tai muissa suunnitelmissa. Seinien pintakäsittelyjen vaikutus päästöihin on pieni, eikä niitä ole huomioitu, pois lukien muurattujen väliseinien tasoitus.

Tilanteessa, jossa esimerkiksi eristysratkaisua ei oltu suunnitelmissa määritelty ja tuotteelta vaaditut ominaisuudet täytyisivät useammalla tuotteella, päästötiedon valinnassa on painotettu usein käytettyjä tuotteita ja tuotteita joiden vaikutukset saadaan tarkimmin laskettua. Jos rakennetyypissä on määritelty vaihteluväli paksuudelle, kuten kevytsorabetonikallistus yläpohjassa, on käytetty keskiarvoa.

5 Tulokset

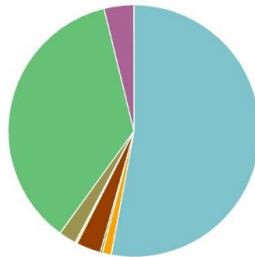
Kuopion Motonetin kokonaispäästö elinkaarelle on 4775 tonnia hiilidioksidiekvivalenttia. Arviointitulokset perustuvat kohteesta saatuihin lähtötietoihin sekä luonnosvaiheen suunnitteluasiakirjoihin. Tämä tarkoittaa hiilipäästön olevan 17,6 kg CO₂e / m² / vuosi. Tulos on jaettu lämmitetyllä nettoalalla sekä laskentajaksolla.

Tuloskategoria		Ilmaston lämpeneminen kg CO ₂ e/m ² /a
■ A1-A5	Päästövaikutukset ennen käyttöä (moduulit A1-5)	10,11
A1-A3	Valmistus	9,31
A4	Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0,2
A5	Rakennustuotteiden työmaahävikki	0,05
A5-YM	Uudisrakennustyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0,55
■ B3-B4,B6	Päästövaikutukset käytön aikana (moduulit B3-4, B6)	6,81
B3-4	Korjausten energiankulutus (taulukkoarvo)	0,04
B4	Rakennusosien vaihto	0,4
B6	Energian käyttö	6,37
■ C	Päästövaikutukset käytön jälkeen (moduuli C)	0,67
C1	Purkutyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0,16
C2	Kuljetus jatkokäsittelyyn (taulukkoarvo)	0,2
C3-4	Jätteenkäsittely ja loppusijoitus (taulukkoarvo)	0,31
A-C	Hiilijalanjälki (elinkaaren moduulien A-C summa)	17,6
■ A-D	Hiilikädenjälki (elinkaaren moduulien A-D summa)	-5,91

Taulukko 6. Ympäristövaikutukset elinkaaren vaiheittain, rakennus.

5.1 Tulokset rakennetyypeittäin ja materiaaleittain

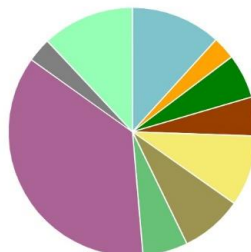
Ilmaston lämpeneminen kg CO₂e/m²/a - Elinkaaren vaiheet



Kuvio 1. Päästöjen muodostuminen rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa.

Merkittävin päästö muodostuu rakennusmateriaalien valmistamisesta (52,9%). Toiseksi isoimman osuuden päästöistä muodostaa 36,2 prosentilla vaihe B6, eli energian käyttö. Energiankulutuksen päästöissä on huomioitu energiantuotannon päästöjen pieneneminen tulevaisuudessa skenaarioiden mukaisesti, 50 vuoden laskennallisen käyttöiän aikana. Muiden elinkaaren vaiheiden vaikutus on pienempi.

Ilmaston lämpeneminen kg CO₂e/m²/a - Rakennuksen osat

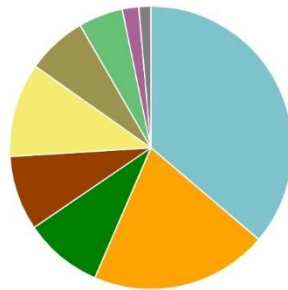


Kuvio 2. Päästöjen muodostuminen rakennuksen eri osien mukaan.

Rakennusosista isoimman päästön muodostavat rakennuksen rungon vaakarakenteet, eli ala-, väli- ja yläpohjat. Luokittelemattomia osio tarkoittaa muita pienemmän osuuden nimikkeistöjä, kuten ikkunoita, ovia, runkoportaita, ulkotasoja, vesikattoja ja sisäkat-
torakenteita.

Ilmaston lämpeneminen kg CO₂e/m²/a - Resurssityypit

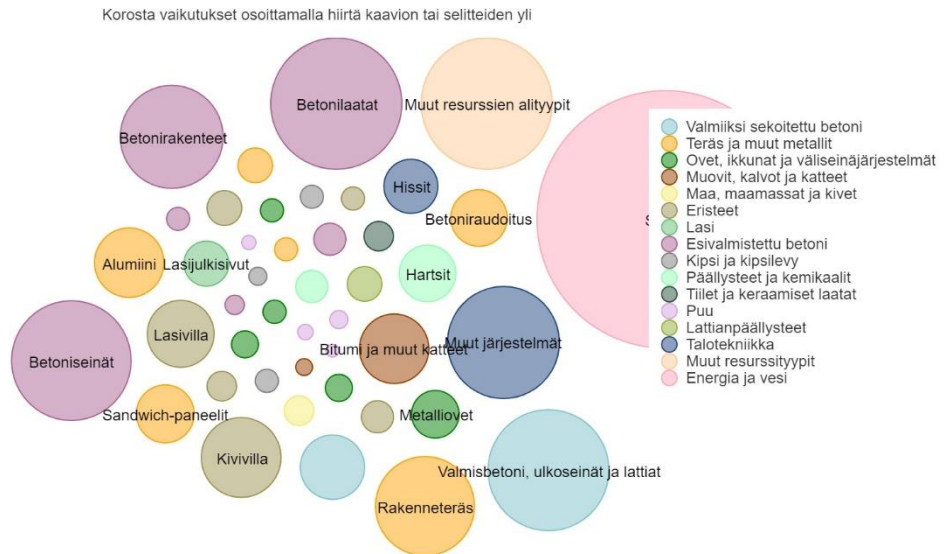
Napsauta kaavion osiota nähdäksesi sen yksityiskohdat



Kuvio 3. Päästöjen muodostuminen resurssityyppien mukaan.

Resurssityypeittäin tarkasteltuna isoimman osuuden päästöistä muodostavat betonituotteet, eli runkoon ja pintarakenteisiin käytettävät betonituotteet, elementti- ja paikallavalettavissa rakenteissa. Teräs muodostaa reilun kymmenyksen osuuden kaikista päästöistä. Teräksen osuus muodostuu erityisesti teräsbetonirakenteissa olevista harjateräksistä, kiinnitysosista, sekä kohteen suorakaide- ja putkiprofiilipilareista. Taloteknisten järjestelmien osuus on 6,9 %. Huomattavaa on, että kohteen talotekniset järjestelmät on laskettu Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämän tietokannan arvolla. Taulukkoarvot on ilmoitettu erilaisille rakennustyypeille ja pitää sisällään ilmanvaihto-, sähkö- ja lämmitysjärjestelmät [2]. Muiden resurssityyppien 10,7 prosentin osuus koostuu muiden, kuin materiaalisidonnaisten elinkaaren vaiheiden päästöistä, eli arviointimenetelmän taulukkoarvoilla laskettavista vaiheista A4-A5, B3-4 ja C1-C4.

Kuplakaavio, elinkaaren kokonaisvaikutus resurssien tyyppin ja alatyypin mukaan, Ilmaston eminen



Kuvio 4. Kuplakaavio eri rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksista rakennuksen elinkaaren aikana. Isoimmat yksittäiset kuplat ovat sähköllä, betonirakenteilla, taloteknisillä järjestelmillä ja terästuotteilla.

5.2 Eniten päästöjä aiheuttavat materiaalit

Materiaaleittain tarkasteltuna isoimman yksittäisen osan ympäristövaikutuksista muodostavat ontelolaatat. Kohteessa on ensimmäisen ja toisen kerroksen väli- ja alapohjassa 500 mm paksuisia ontelolaattoja, sekä kevyimmin kuormitetuissa välipohjissa 270 mm paksuja ontelolaattoja. Taulukon numero viisi, eli slim-floor composite steel beam, tarkoittaa Peikon valmistamia deltapalkkeja.

No.	Resurssi	Vaikutukset kehdestä portille (A1-A3)	Kehdestä portille (A1-A3)
1.	Ontelolaatta	338 tonnia CO ₂ e	13.4 %
2.	Muu myymälätalo - talotekniikan keskiarvo per m ²	279 tonnia CO ₂ e	11.1 %
3.	Valmisbetoni	262 tonnia CO ₂ e	10.4 %
4.	Ripalaatta, TT-laatta	221 tonnia CO ₂ e	8.8 %
5.	Slim-floor composite steel beam, painted	153 tonnia CO ₂ e	6.1 %
6.	Jännebetonipalkki	100 tonnia CO ₂ e	4.0 %
7.	Alumiinilevy seiniin ja kattoihin, romu 0%	88 tonnia CO ₂ e	3.5 %
8.	Kivivillaeriste ulkoseiniin, tiheys 61 kg/m ³	87 tonnia CO ₂ e	3.4 %
9.	Betonivalmisosat, pilari	77 tonnia CO ₂ e	3.1 %
10.	Glass wool insulation	75 tonnia CO ₂ e	3.0 %
11.	Valmisbetoni	72 tonnia CO ₂ e	2.9 %
12.	Sandwich panel, with double steel facing and mineral w	58 tonnia CO ₂ e	2.3 %
13.	Teräsraudoite betonirakenteisiin	52 tonnia CO ₂ e	2.1 %
14.	Väliseinäelementti	52 tonnia CO ₂ e	2.1 %
15.	Ontelolaatta	49 tonnia CO ₂ e	2.0 %
16.	Betonivalmisosat, pilari	49 tonnia CO ₂ e	1.9 %
17.	Väliseinäelementti	43 tonnia CO ₂ e	1.7 %
18.	Bitumikermikate, aluskermi TL2/TL3	41 tonnia CO ₂ e	1.6 %
19.	Betoni C30/37	36 tonnia CO ₂ e	1.4 %
20.	Kivivillaeriste kattoihin, tiheys 63 kg/m ³	36 tonnia CO ₂ e	1.4 %
21.	Betoni C35/45	32 tonnia CO ₂ e	1.3 %
22.	Kiinteä lasijulkisivu alumiinikehyksillä	29 tonnia CO ₂ e	1.2 %
23.	Teräslevy katteisiin ja seiniin, kuumasinkitty, maalattu t	29 tonnia CO ₂ e	1.2 %
24.	Solvent-free polyurethane-based reactive resin	25 tonnia CO ₂ e	1.1 %
25.	Hissi, kapasiteetti 2500 kg, 3 kerrosta	25 tonnia CO ₂ e	1.0 %

Taulukko 7. Eniten päästöjä aiheuttavat materiaalit.

Päästöt korreloivat usein massan kanssa ja taulukosta onkin nähtävissä erityisesti massiivisten betonirakenteiden vaikutus päästöihin. Muita isoimpia yksittäisiä päästöjen aiheuttajia ovat deltapalkit, talotekniset järjestelmät, alumiinilevyt julkisivuissa ja lämmöneristeet.

5.3 Arviointi ilman pysäköintihallia

Lisätietona arvioitiin vaihtoehtoinen skenaario, jossa maanalaista pysäköintihallia ei olisi. Arvioissa kantavat alapohjat sekä kellarikerroksen ja ensimmäisen kerroksen välinen välipohja toteutettaisiin maanvaraisilla laatoilla. Autokorjaamo, katsastusasema ja muut maanalaiset tilat toteutettaisiin silloin rakennuksen yhteyteen maan pinnalle. Näiden tilojen seinät tehtäisiin silloin pelti-villa-pelti -sandwich elementeistä.

Skenaariossa materiaalien päästöjä pienensi se, että pois jäi alimman kerroksen pila-reita, maanpaineeseiniä sekä väliseiniä maan alta.

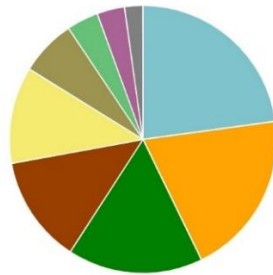
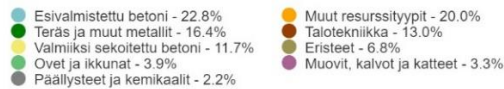
Tuloskategoria		Ilmaston lämpeneminen kg CO ₂ e/m ² /a ⓘ
■ A1-A5	Paästävaikutukset ennen käyttöä (moduulit A1-5)	7,99
A1-A3	Valmistus	7,19
A4	Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0,2
A5	Rakennustuotteiden työmaahävikki	0,04
A5-YM	Uudisrakennustyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0,55
■ B3-B4,B6	Paästävaikutukset käytön aikana (moduulit B3-4, B6)	6,79
B3-4	Korjausten energiankulutus (taulukkoarvo)	0,04
B4	Rakennusosien vaihto	0,38
B6	Energian käyttö	6,37
■ C	Paästävaikutukset käytön jälkeen (moduuli C)	0,67
C1	Purkutyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0,16
C2	Kuljetus jatkokäsittelyyn (taulukkoarvo)	0,2
C3-4	Jätteenkäsittely ja loppusijoitus (taulukkoarvo)	0,31
A-C	Hiilijalanjälki (elinkaaren moduulien A-C summa)	15,46
■ A-D	Hiilikädenjälki (elinkaaren moduulien A-D summa)	-5,18

Taulukko 8. Ympäristövaikutukset elinkaaren vaiheittain, ilman pysäköintihallia.

Rakennuksen ympäristövaikutukset elinkaarelle ilman pysäköintihallia on 4177 tonnia hiilidioksidiekvivalenttia, eli 12,5 % vähemmän kuin pysäköintihallilla. Tulee huomioida, että rakennuksen arviointi ei sisällä esimerkiksi pysäköintihallin päällysterakenteita, kuten asfalttia, koska ne kuuluvat rakennuspaikan arviointiin. Arvioinnissa lämmitetty pinta-ala, sekä energiatehokkuus pysyi samana, joten kgCO₂e/m²/a luvut ovat vertailukelpoisia.

Ilmaston lämpeneminen kg CO₂e/m²/a - Resurssityypit

Napsauta kaavion osiota nähdäksesi sen yksityiskohdat



Kuvio 5. Rakennuspaikan ympäristövaikutukset materiaaleittain.

5.4 Pelti-villa-pelti-elementtien päästövertailu

Lisäksi arvioitiin rakennuskohteen ulkoseinissä käytettävien sandwich-elementtien ympäristövaikutuksia eri valmistajilta ja eristysratkaisuilla. Kohteen varsinainen laskenta on tehty alustavien suunnitelmien mukaisesti Ruukin SPA E-Life 230 elementeillä, joiden eristys on lasivillaa ja U-arvo 0,16 W/m²K. Verrokiksi otettiin Ruukin, Parocin ja Arecon polyuretaanilla (PIR) ja kivivillalla eristettyjä elementtejä. Vertailuun pyrittiin ottamaan lämmöneristävyydeltään mahdollisimman hyvin vastaavia tuotteita ja kaikkien vertailtavien sandwich elementtien U-arvot oli välillä 0,15–0,18 W/m²K. Elementtien paksuudet ovat välillä 120–240mm. [3–6]. Ratkaisut on järjestetty hiilijalanjäljen mukaiseen järjestykseen. Huomioitavaa on, että elinkaaren lopun vaiheet C1–C4 on nyt EPD:n mukaisesti, jotta tarkkuus vertailussa olisi mahdollisimman korkea. Varsinaisessa rakennuksen laskelmassa elinkaaren loppu on laskettu taulukkoarvoin.

	Ruukki SP2E F-PIR	Ruukki SP2E F-PIR	Paroc AST S	Ruukki SPA E Life	Areco Spirit Panel	Ruukki SPA 230E
Eristysmateriaali	PIR	PIR	Kivivilla	Lasivilla	Kivivilla	Kivivilla
Paksuus (mm)	120	140	240	230	240	230
Paino (kg/m ²)	13,1	13,9	32	22,4	35	34,4
U-arvo (W/m ² K)	0,18	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17
Jänneväli vaaka/pysty EI60 (m)	—	—	11,0/11,0	7,5/-	Ei tiedossa	9/8,8
Jänneväli vaaka/pysty EI30 (m)	7,5/7,5	7,5/7,5	12,0/12,0	7,5/-	Ei tiedossa	9/8,8
GWP A1-A3 (kgCO ₂ e/m ²)	34,06	36,14	38,755	40,7	60,8	66,6
GWP C1-C4 (kgCO ₂ e/m ²)	1,21	1,39	0,96	0,86	0,34	1,23
GWP Yht. (kgCO ₂ e/m ²)	35,27	37,53	39,71	41,56	61,14	67,83
Päästötiedon lähteet	[2,4]	[2,4]	[2,5]	[2,3]	[2,6]	[2,3]

Taulukko 9. Sandwich-elementti eri eristevaihtoehdoilla.

Yllä olevista tuloksesta havaitaan, että PIR-ratkaisuiden ympäristövaikutukset ovat pienimmät. PIR-eristeen päästöt ovat sinällään korkeammat kuin mineraalivillan, kun tarkastellaan yhtä kilogrammaa eristettä, sillä Sykkeen tietokannan mukaisesti PIR:n A1-A3 päästö on 4,2 kgCO₂e/kg, lasivillan 1,2kg CO₂e/kg ja kivivillan 1,5 kgCO₂e/kg [2]. Kuitenkin PIR-ratkaisuiden lambda-arvo on pienempi kuin mineraalivillalla, joten ohuemmalla rakenteella päästään samaan U-arvoon kuin mineraalivillalla. Paloteknisestä näkökulmasta tarkasteltuna ei kuitenkaan välttämättä olisi mahdollista vaihtaa suoraan eristysmateriaalista toiseen, sillä polyuretaaniratkaisuilla pystyy tehdä vain EI30 -palonkestoluokan rakenteita [7].

Vertailun tuotteiden ympäristövaikutukset on laskettu tuotteiden omilla ympäristöselosteilla. Tuotteen ympäristövaikutuksiin vaikuttaa valmistuspaikan energian päästökertoimet. Ruukin SP2E F-PIR tuotteet valmistetaan Puolassa, Ruukki mineraalivillalla eristetyt SPA-elementit Suomessa tai Puolassa, Areco Spirit Panel Suomessa ja Paroc AST S Suomessa [3-6]. Mineraalivillaeristettyjen Ruukki SPA-elementtien ympäristöselosteessa ei ole eritelty erikseen eri tuotantolaitoksien päästöjä, vaan todennäköisesti ympäristövaikutukset on keskiarvo Puolassa ja Suomessa valmistettujen tuotteiden vaikutuksista. Korkeimman päästön tuotteella, eli Ruukki SPA 230E:llä ja pienimmän päästön SP2E F-PIR:illä on päästöissä eroa yli 30 kgCO₂e/m². Kohteessa on sandwich-elementtejä hieman alle 2900 neliötä, jolloin vaikutus näiden välillä olisi jopa yli 90 tonnia kgCO₂e/m², eli kokonaispäästöihin vaikutus olisi n. 2 %.

Lisäksi arvioitiin sandwichien ympäristövaikutukset Sykkeen tietokannan päästöarvoilla. Tietokannan päästöarvoissa ei ole eritelty lasi- ja kivivillaisten sandwich-elementtien päästöarvoja, vaan ainoastaan mineraalivillalle. Sykkeen tietokannan arvo polyuretaanilla eristetyille sandwichille on 3,1 kgCO₂e/kg ja mineraalivillalla 2,4 kgCO₂e/kg [4].

Eristys	Paksuus (mm)	Paino (kg/m ²)	U-arvo (W/m ² K)	GWP A1-A3 (kgCO ₂ e/m ²)	Päästötiedon lähteet	
Ruukki SP2E F-PIR	PIR	120	13,1	0,18	40,9	[2]
Ruukki SP2E F-PIR	PIR	140	13,9	0,15	43,4	[2]
Ruukki SPA E Life	Lasivilla	230	22,4	0,16	53,8	[2]
Paroc AST S	Kivilla	240	32,0	0,16	76,8	[2]
Ruukki SPA 230E	Kivivilla	230	34,4	0,17	82,6	[2]
Areco Spirit Panel	Kivivilla	240	35,0	0,16	84,0	[2]

Taulukko 10. Sandwich-elementti Sykkeen tietokannan päästöarvoilla.

5.5 Yläpohjaratkaisujen vertailu

Kohteessa on loivakattoinen yläpohja ja rakenne on alhaalta ylöspäin kuvattuna TT-laatta, höyrynsulkukermi, lamellilämmöneristys 380 mm, lämmöneriste 30 mm, vastakallistukset, aluskermi ja pintakermi. Jotta yläpohjalle on mahdollista asentaa aurinkopaneeleita, on ohuemmalle pintavillalle asetettu vaatimus puristusjännitykselle 100 kPa. Ilman aurinkopaneelien tuomaa lisäkuormaa vaatimus on tavallisesti luokkaa 60 kPa. Yläpohjaratkaisuille laskettiin ympäristövaikutukset eri eristemateriaalein, kantavammalla villalla ja ilman. U-arvo kaikissa ratkaisuissa on 0,09 W/m²K [8-11]. Huomioitavaa on, että alla olevassa vertailussa eristemateriaali viittaa nimenomaan muuttujana olevaan paksumpaan 380 mm eristeeseen, ylempi villa on kaikissa Paroc ROB 100 30 mm. Tulokset on laskettu tuotekohtaisilla EPD:llä eristeiden osalta. Varsinaisen rakennuksen päästölaskennan osalta laskenta on tehty käyttäen geneeristä kivivillaa pintavillan osalta, sekä lasivillaa alemman paksumman villan osalta, koska ratkaisuja ei laskentahetkellä oltu lyöty lukkoon.

	A1-A3	B3-B4	C1-C4	GWP yht.		Päästötiedon lähteet
Isover OL-P lasivillalla	97,2	6,7	1,6	105,5	kgCO ₂ e/m ²	[2,12]
Finnfoam EPS:llä	89,2	6,7	12,4	108,3	kgCO ₂ e/m ²	[2,13]
Paroc ROL 50 kivivillalla	109,6	6,7	1,6	117,9	kgCO ₂ e/m ²	[2,14]
Finnfoam PIR:llä	96,1	6,7	20,6	123,5	kgCO ₂ e/m ²	[2,15]

Taulukko 11. Yläpohja eri eristeratkaisuilla, 100 kPa pintavillalla.

Yllä olevista tuloksista havaitaan, että lasivillalla on pienimmät päästöt yläpohjassa. Kohteessa on kyseistä yläpohjatyyppejä n. 3500 neliötä ja ero rakennuksen tasolla korkeimman sekä pienimmän päästön ratkaisulla olisi noin 70 tonnia CO₂e. B3-4 vaiheen päästö muodostuu arvioinnissa kermien vaihdosta 30 vuoden käyttöiän kuluttua.

Ilman aurinkopaneelien lisäkuormaa vaatimus yläpohjan puristuslujuudelle on usein 60 kPa. Elinkaariarviointi tehtiin kivi- ja lasivillalla kevyemmälle kuormitusvaatimukselle.

Kivivillaratkaisun lämmöneristeet ovat Paroc ROB 60 30 mm, sekä Paroc ROL 50 375 mm. Lasivillaratkaisun eristys on Isover OL-TOP 30 mm ja Isover OL-LAM 380 mm.

	A1-A3	B3-B4	C1-C4	GWP yht.		Päästötiedon lähteet
ROB 60 + ROL 50	92,5	6,7	1,5	100,7	kgCO ₂ e/m ²	[2,14]
OL-TOP 60 + OL-P	108,1	6,7	1,5	116,4	kgCO ₂ e/m ²	[2,12,16]

Taulukko 12. Yläpohja eri eristeratkaisuilla, 60 kPa pintavillalla.

Pienemmän kuormituksen kestäväällä pintavillalla elinkaaren ympäristövaikutukset ovat lasivillalla 4,8 kgCO₂e/m² ja kivivillalla 1,5 kgCO₂e/m² pienemmät, kuin 100 kPa pintavillan ratkaisussa. Tarkastelu on tehty nyt yläpohjan materiaalien osalta, eikä sisällä aurinkopaneelien mahdollisia vaikutuksia.

5.6 Aurinkopaneelien elinkaarivaikutukset – pelkät paneelit

Kun mukaan arviointiin laajennetaan katolle asennettavat aurinkopaneelit, aiheutuu niistä ympäristövaikutuksia aurinkopaneelien valmistamisesta aiheutuvien materiaalisidonnaisien päästöjen muodossa. Toisaalta aurinkopaneelit tuottavat sähköä. Jotta vertailtavuus rakennetarkasteluihin säilyy, arviointi on rajattu yhteen neliometriin paneelia, vaikka paneelit ovat usein todellisuudessa isompia.

Aurinkopaneelin käyttöikä on 25 vuotta ja tarkastelujakso on nyt rajattu siihen paneelien osalta [2]. Arviointia ei jatkettu aurinkopaneelien osalta rakennuksen elinkaarilaskennan viimeiselle 25 vuodelle, koska siinä vaiheessa paneelit ovat varmasti kehittyneet sekä energiatehokkuuden ja materiaalisidonnaisten päästöjen osalta.

Materiaali	Paino (kg/m ²)	GWP A1-A3	GWP C1-C4	GWP yht.		Lähde
Aurinkopaneeli, monocryalline	12,2	282,0	0,5	282,5	kgCO ₂ e/m ²	[2]

Taulukko 13. Aurinkopaneeli neliökohtaiset päästöt elinkaarelle, 25 vuoden tarkastelujaksolla.

Tarkastellessa yhtä neliometriä aurinkopaneelia, piikkiteho on 0,20 kWp/m². Suomessa paneelien vuosituotannon arvoksi käytetään usein arvoa 850 kWh/kWp. Koko vuoden tuotto on tällöin 0,20 kWp*850 kWh/kWp=170 kWh/m²/a. Sähkön päästökerroin 25 vuoden käyttöajalle on 0,083 kgCO₂e/kWh, huomioiden tulevan päästöjen vähenemän. [2, 17]. Aurinkopaneelien tuottaman sähkön voidaan ajatella vähentävän suoraan verkosta ostettavaa energiaa. Vuodessa hiilisästö on 0,0832 kgCO₂e/kWh*170 kWh/m²/a=14,1

kgCO₂e/m²/a. 25 vuoden aikana hiilisästö on $25 \text{ a} \cdot 14,1 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a} = 353,6 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2$. Jos tästä vähennetään valmistamisen päästöt, nettohyöty on $353,6 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2 - 282,5 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2 = 71,1 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2$. Huomioitavaa on, että varsinaisessa laskennassa ei ole huomioitu aurinkopaneeleita.

Jos arviointi laajennetaan vastaamaan koko rakennuksen aurinkopaneelijärjestelmään, koostuu se 360 kappaleesta Jinko Solar JKM360M-6TL3-V/3 aurinkopaneeleita, joiden koko on yhteensä 627 m² ja paino 6948 kg. Paneelien vuosituotto on 110160 kWh/a. Paneelien sähköntuotannon aiheuttama hyöty paneelin elinkaaren vaiheeseen B6 on näin ollen $110160 \text{ kWh/a} \cdot 0,0832 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh} \cdot 25 \text{ a} = 229132,8 \text{ kgCO}_2\text{e}$. Aurinkopaneelijärjestelmän tiedot on vastaavasta rakennusprojektista, mutta kokoluokka on vertailuun oikea.

Materiaali	Paino (kg)	GWP A1-A3	GWP C1-C4	GWP yht.	Lähde
Aurinkopaneeli, monocrySTALLINE	6948,0	160748,9	284,8	161033,7	kgCO ₂ e/m ² [2]

Taulukko 14. Aurinkopaneelijärjestelmän päästöt elinkaarelle, 25 vuoden tarkastelujaksolla.

Aurinkopaneelijärjestelmän valmistuksesta ja elinkaaren lopusta aiheutuvat päästöt ovat 161033,7 kgCO₂e. Paneelien nettohyöty 25 vuoden elinkaarella on siis $229133 \text{ kgCO}_2\text{e} - 161034 \text{ kgCO}_2\text{e} = 68099 \text{ kgCO}_2\text{e}$.

5.7 Aurinkopaneelien elinkaarivaikutukset – rakennuksen tasolla

Vaikka rakennuksen energiatodistuksessa ja varsinaisessa päästölaskennassa ei olekaan huomioitu aurinkopaneelijärjestelmää, niin arviointia laajennettiin huomioimaan vaikutukset rakennuksen elinkaariarvioinnin tuloksiin. Niiden tuottama energia vähennettiin suoraan ostoenergiankulutuksesta, eli $582767 \text{ kWh/a} - 110160 \text{ kWh/a} = 472\,607 \text{ kWh}$. Paneelien materiaalisidonnaiset A1-A3 vaiheiden päästöt, eli n. 161 tonnia kgCO₂e, kohdennettiin menetelmän mukaisesti rakennuksen arvioinnin vastaaviin vaiheisiin. Paneelit vaikuttivat elinkaaren vaiheisiin seuraavasti:

- A1-A3: $9,31 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a} \rightarrow 9,91 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$
- B4: $0,04 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a} \rightarrow 0,99 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$ (osien vaihto, paneelin käyttöikä 25 vuotta)
- B6: $6,37 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a} \rightarrow 5,17 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$

- D: $-5,91 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a} \rightarrow -6,06 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$
- A-C hiilijalanjälki $17,6 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a} \rightarrow 17,58 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$

Nettohyöty rakennuksen 50 vuoden elinkaarella on siis $0,02 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2/\text{a}$, eli 4 tonnia kgCO_2e . Todellisuudessa hyöty on varmasti isompi, sillä kun noin 25 vuoden käyttöön kuluttua paneelit vaihdetaan, on paneelien tuotto todennäköisesti parantunut ja materiaalisidonnaiset päästöt pienentyneet.

6 Tulosten luotettavuus

LCA-toteutuksen kokonaisarvosana: B. One Click LCA-ohjelmisto löysi huomautettavaa laskennan tässä vaiheessa alla olevista kohdista:

- Vesikaton bitumikatteiden massa on tavallista korkeampi.
- Pintojen viimeistelyjen massa on tavallista matalampi.
- Kipsilevyjen massa on tavallista matalampi.

Yllä mainitut kohdat on tarkistettu oikein syötetyiksi. Tarkistus perustuu vertailuun kooltaan ja runkotyypiltään vastaavien rakennuksien syötettyihin tietoihin.

Lähteet

- [1] Ympäristöministeriö. 2021. Rakennuksen vähähiilisyiden arviointimenetelmä 2021. <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentid=15860>.
- [2] Syke. 2021. Rakentamisen päästötietokanta. <https://co2data.fi/>.
- [3] Ruukki. 2020. Environmental product declaration - Sandwich-paneelit mineraalivillaytimellä. https://www.ruukki.com/docs/default-source/b2b-documents/epd/rts_epd_51-20_rc_sandwich-paneelit_mw_fi.pdf?sfvrsn=12637576361405630000.
- [4] Ruukki. 2020. Environmental product declaration - Sandwich-paneelit PIR-ytimellä. https://www.ruukki.com/docs/default-source/b2b-documents/epd/rts_epd_50-20_rc_sandwich-paneelit_pir_fi.pdf?sfvrsn=8637371290633970000.
- [5] Paroc Panel System. 2021. Environmental product declaration - Paroc AST S and AST S+ fire proof panels. https://www.epd-norge.no/getfile.php/1321470-1636378511/EPDer/Byggevare/Byggningsplater/NEPD-3213-1852_Paroc-AST-S-and-AST-S--fire-proof-panels.pdf.
- [6] Areco. 2022. Environmental product declaration - Areco Spirit Panel RW. https://www.arecoprofiles.fi/media/5627/rts_171_22-areco-epd-27_1_2022-fi.pdf.
- [7] Ruukki. 2022. Ruukki SP2E F-PIR. <https://www.ruukki.com/fin/building-envelopes/products/wall-structures/sandwich-paneelit-PIR/sandwich-panel-detail/sandwich-paneeli-sp2e-f-pir-fi#ominaisuudet>.
- [8] Elementtisuunnittelu. 2013. Yläpohjat. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/24019/YL%C3%84POHJAT.pdf>.
- [9] Finnfoam. 2021. FF-EPS rakennekortti YP05. https://www.finnfoam.fi/files/rakennekuvat/ff-eps/2021/FF-EPS_YP05_rakenteellinen_energiatehokkuus_betonirunko_2021_fi.pdf.
- [10] Finnfoam. 2021. FF-PIR rakennekortti YP01. https://www.finnfoam.fi/files/rakennekuvat/ff-pir/2021/FF-PIR_YP01_loiva,_betonirunko_2021_fi.pdf.
- [11] Paroc. 2018. YP-FR-10.3. <https://img.materialbank.net/NiboWEB/paroc/get-File.do?uuid=13214070&cartUuid=3484832&page=1&ticket=857092&downloadDialog=true&type=original>.

- [12] Isover. 2019. Environmental product declaration – Isover OL-P. https://www.epd-norge.no/getfile.php/1311870-1576573937/EPDer/Byggevarer/Isolasjon/NEPD-1965-869_ISOVER-OL-P.pdf.
- [13] Finnfoam. 2021. Environmental product declaration – Finnfoam EPS. https://www.finnfoam.fi/application/files/9416/2547/2574/finnfoameps_rts-epd_FF-EPS_115-21.pdf.
- [14] Paroc. 2020. Environmental product declaration – Paroc stone wool thermal insulation (extra). <https://www.paroc.fi/dokumentit-ja-tyokalut/-/media/0f68996b0d1340bf83d20dd69957673b.ashx>.
- [15] Finnfoam. 2021. Environmental product declaration – Finnfoam PIR. <https://www.finnfoam.fi/application/files/6216/3291/0513/FF-PIR-epd-29092021.pdf>.
- [16] Isover. 2019. Environmental product declaration – Isover OL-TOP 60. https://www.epd-norge.no/getfile.php/1311882-1576574887/EPDer/Byggevarer/Isolasjon/NEPD-1967-869_ISOVER-OL-TOP-60.pdf.
- [17] Helen. 2022. Aurinkopaneelien hankintaopas. https://www.helen.fi/globalassets/aurinko/aurinkopaneeleiden_hankintaopas.pdf.

Liitteet

Liite 1. Keskimääräiset raudoitusmäärät.

betonirakennusosa tai elementti	raudoitusmäärien kuutiokohtaiset määrät
	1. harjateräkset+ raudoitusverkko kg/m ³
	2. kiinnitysosat kg/m ³
	3. kaikki yhteensä kg/m ³
alapohjat	1. 26-55 kg/m ³ , keskiarvo 40 kg/m ³
	2. 0-4 kg/m ³
	3. 26-55 kg/m ³ , keskiarvo 41 kg/m ³
välipohjat, ontelolaataston pintavalut	1. 48-52 kg/m ³ , keskiarvo 50 kg/m ³
	2. 0-17 kg/m ³ , keskiarvo 9 kg/m ³
välipohjat, ontelolaataston sauma- ja riipustusraudoitus	1. 6-8 kg/m ³ , keskiarvo 6 kg/m ³
	2. 0 kg/m ³
	3. 6-8 kg/m ³ , keskiarvo 6 kg/m ³
antura+anturakaulat	1. 18-37 kg/m ³ , keskiarvo 26 kg/m ³
	2. 0-1 kg/m ³ , keskiarvo 0 kg/m ³
	3. 18-37 kg/m ³ , keskiarvo 26 kg/m ³
sokkelielementit (an/sn), ulkokuori	1. 27-41 kg/m ³ , keskiarvo 37 kg/m ³
	2. 0-12 kg/m ³ , keskiarvo 4 kg/m ³
	3. 29-58 kg/m ³ , keskiarvo 42 kg/m ³
sokkelielementit (an/sn), sisäkuori	1. 27-96 kg/m ³ , keskiarvo 60 kg/m ³
	2. 0-14 kg/m ³ , keskiarvo 8 kg/m ³
	3. 32-103 kg/m ³ , keskiarvo 67 kg/m ³
us-elementti (sk), sisäkuori	1. 92-100 kg/m ³ , keskiarvo 96 kg/m ³
	2. 6-10 kg/m ³ , keskiarvo 8 kg/m ³
	3. 102-106 kg/m ³ , keskiarvo 104 kg/m ³
väliseinäelementit (v)	1. 50-80 kg/m ³ , keskiarvo 66 kg/m ³
	2. 5-13 kg/m ³ , keskiarvo 8 kg/m ³
	3. 54-86 kg/m ³ , keskiarvo 74 kg/m ³
pilarit-ele (p)	1. 155-232 kg/m ³ , keskiarvo 187 kg/m ³
	2. 38-121 kg/m ³ , keskiarvo 78 kg/m ³

ruutuelementti/julkisivuelementti (ei kantava) (r/rt)	3. 213-353 kg/m ³ , keskiarvo 265 kg/m ³
	1. 41-50 kg/m ³ , keskiarvo 46 kg/m ³
	2. 9-13 kg/m ³ , keskiarvo 11 kg/m ³
	3. 55-60 kg/m ³ , keskiarvo 57 kg/m ³
ruutuelementti (kantava) (s)	1. 37 kg/m ³
	2. 9 kg/m ³
	3. 46 kg/m ³
sisäkuorielementti (ei kantava) (rk)	1. 58 g/m ³
	2. 13 kg/m ³
	3. 70 kg/m ³
paikallavaluseinät tb (b=200 mm)	1. 69 kg/m ³
	2. 0 kg/m ³
	3. 69 kg/m ³
väestönsuoja seinät (vss)	1. 57-130 kg/m ³ , keskiarvo 87 kg/m ³
	2. 0 kg/m ³
	3. 57-130 kg/m ³ , keskiarvo 87 kg/m ³
väestönsuoja alapohja (vss)	1. 36- 64 kg/m ² , keskiarvo 46 kg/m ³
	2. 0 kg/m ³
	3. 36- 64 kg/m ² , keskiarvo 46 kg/m ³
väestönsuoja holvi (vss)	1. 64-148 kg/m ³ , keskiarvo 113 kg/m ³
	2. 0 kg/m ³
	3. 64-148 kg/m ³ , keskiarvo 113 kg/m ³

Liite 2. Käytetyt tietolähteet.

Tietolähde	Tekniset ominaisuudet	Tuote	Valmistaja	EPD-ohjelma	EPD:n numero	Tietolähde	Standardi	Verifiointi	Vuosi	Maa	Päästötietokanta	Tiheys	Tuoteryhmäsäännöt (PCR)	Huomiot PCR:stä
Alasiaskettu sisäkatto, mineraalivillalevyillä	20 mm			One Click LCA		One Click LCA generic construction definitions				europa	Other			
Alumiinilevy seinin ja kattolohin, romu 0%	2700 kg/m3			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	2700.0	-	-
Betoni C30/37				One Click LCA	-	OneClickLCA	EN15804	Sisäisesti verifioidut	2017	finland	ecoinvent	2296.0	EN15804	-
Betoni C35/45				One Click LCA	-	OneClickLCA	EN15804	Sisäisesti verifioidut	2017	finland	ecoinvent	2296.0	EN15804	-
Betonilaatta	220 mm, 533 kg/m2			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-		-	-
Betonirauhoitus, yleinen	90% recycled content, A615			One Click LCA	-	One Click LCA	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2018	LOCAL	ecoinvent	7850.0	EN15804+A1	-
Betoniset portaat, per korkeusmetri				One Click LCA		One Click LCA generic construction definitions				LOCAL	Other			
Betonivalmisosat, pilari	280 x 280 mm, 194 kg/rm			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-		-	-
Betonivalmisosat, pilari	480 x 480 mm, 572 kg/rm			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-		-	-
Betonivalmisosat, pilari	580 x 580 mm, 816 kg/rm			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-		-	-
Betonivalmisosat, terasbetonipalkki	580 x 380 mm, 561 kg/rm			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-		-	-

Bitumikermikate, aluskermi TL2/TL3	TL2/TL3, 1833 kg/m3			SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	1833.0	-	-
Bitumikermikate, pintakermi TL2	TL2, 1389 kg/m3			SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	1389.0	-	-
Cement board	12.5mm, 15 kg/m2, 1200 kg/m3	AQUAPANEL Indoor	KNAUF	INIES	INIES_IPLA20111010_123124_1643, 24084	FDES		EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifiointi (ISO 14025 mukainen)	2017	france	ecoinvent	1200.0	EN15804+A1	EN15804+A1
Coated steel hatch door	11.67kg/m2	DONNEE PAR DEFAULT	DED	INIES	INIES_DTRA20191023_075349, 12703	MDEGD_FDES		EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifiointi (ISO 14025 mukainen)	2019	france	ecoinvent		EN15804+A1	EN15804+A1
EPS-eriste	L = 0.031 W/mK, R = 1 Km2/W, 31 mm, 16 kg/m3			SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	16.0	-	-
Epoksimaali, lattiamaaali sisäkäyttöön	1.6 kg/l, 6 – 7 m2/l			SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	1600.0	-	-
Galvanized steel joists for drywall	Steel type: X51D+ Z 100 g/m2, steel sheet: 0.5 mm	Gypsteel ELPR, ELR, GK, GKC, SLIM, SK, SKP, SKF, SKE, SKT, ATR, XR.	Lundell	EPD Norge	NEPD-1904-832-EN	EPD Gypsteel profiles		EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifiointi (ISO 14025 mukainen)	2019	finland	ecoinvent		NPCR 013: 2019 Part B for Steel and Aluminium Construction Products, ver. 3.0	Only with EN15804
Galvanized steel joists for drywall, load bearing	t: 0.7 - 2 mm	S350+Z HTL, HTLRuode, HTLN, HTLUNR, HTLR, HTLP, XHTML, RY, SKY, ZR, RL, FR, VHR, LR, SK, Purins (C, Z, U), ProfAL	Lundell	EPD Norge	NEPD-1905-832-EN	EPD Load bearing steel profile S350+Z		EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifiointi (ISO 14025 mukainen)	2019	finland	ecoinvent		NPCR 013: 2019 Part B for Steel and Aluminium Construction Products, ver. 3.0	Only with EN15804
Geotekstiili, PP	0.89 – 0.92 g/cm3, N1-N5 (0.136 - 0.568 kg/m2), avg. weight 0.352 kg/m2			SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-		-	-

Glass wool insulation	39 mm, R = 1.0 m ² K/W, 2.067 kg/m ³ , 53 kg/m ³ Lambda=0.039 W/(m.K)	ISOVER OL- LAM	Saint-Gobain Finland	EPD Norge	NEPD-1966-869-EN	EPD ISOVER OL-LAM Saint- Gobain Finland Oy / ISOVER	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifoima (ISO 14025 mukainen)	2019	finland	ecoinvent	53.000000000000001	NPCR 012:2018 Part B for Thermal insulation products	Only with EN15804
Glass wool, acoustic ceiling panel	20 mm, 4.0 kg/m ²	Master Rigid Dp	Ecophon	International EPD System	S-P-00891	EPD for Ecophon Master Rigid	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifoima (ISO 14025 mukainen)	2016	sweden	ecoinvent	200.0	PCR 2012:01 Construction products and Construction services, ver. 2.0, 03/03/2015, with the appendix SUB PCR Acoustic ceilings	Only with EN15804
Gypsum plasterboard, wetroom	12.5x000/1200 mm, 10 kg/m ²	Glasroc H OceanTM, GHOE/GHO13	Gyproc (2020)	International EPD System	S-P-00393, v.3	EPD Glasroc® H Ocean™ – Wetroom Board, version 3	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifoima (ISO 14025 mukainen)	2020	sweden	ecoinvent	800.0	PCR 2012:01 Construction Products and Construction services, ver. 2.2	Only with EN15804
Hissi, kapasiteetti 2500 kg, 3 kerrosta	2.5 m x 1.8 m x 2.6 m	TranSys™, TranSys™ DX	KONE	RTS	RTS_43_19	EPD KONE TranSys™, TranSys™ DX	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifoima (ISO 14025 mukainen)	2019	finland, germany, italy, poland, czechRepublic, austria, china, OCLEPD	ecoinvent		RTS PCR menetelmäohje (englanninkielinen versio, 14.6.2018).	Only with EN15804
Höyrynsulku, PE	0.2 mm, 0.40 kg/m, 925 kg/m ³			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021- 08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifoidut	2020	finland	-	925.0	-	-
Jännebetonipalkki	680 x 380 mm, 656 kg/m			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021- 08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifoidut	2020	finland	-		-	-
Keraamiset seinälaatat	300 mm x 600 mm x 10 mm, 16 kg/m ²			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021- 08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifoidut	2020	finland	-	1600.0	-	-
Kevytbetoni, höyrykarkaistu, raudoittamaton	425 kg/m ³			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021- 08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifoidut	2020	finland	-	425.0	-	-
Kiinteä lasijulkisivu alumiinikehyksillä	36.5 kg/m ²			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021- 08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifoidut	2020	finland	-		-	-
Kipsilevy	12.5 mm, 9.90 kg/m ² , 792 kg/m ³	Gyproc GEK 13 ERIKOISKOVA – Impact Board	Saint Gobain	RTS	RTS_25_19	EPD Gyproc GEK 13 ERIKOISKOVA – Impact Board	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifoima (ISO 14025	2019	finland	ecoinvent	792.0	RTS PCR protocol: EPDs published by the Building Information Foundation RTS sr (2016)	Only with EN15804

Kivivillaaeriste kattoihin, tiheys 63 kg/m ³	L = 0.036 W/mK, R = 1 m ² K/W, 38 mm, 63 kg/m ³		SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifoidut	2020	finland	-	63.0	-	-
Kivivillaaeriste ulkoseiniin, tiheys 61 kg/m ³	L = 0.035 W/mK, R = 1 m ² K/W, 35 mm, 61 kg/m ³		SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifoidut	2020	finland	-	61.0	-	-
Kivivillaaeriste, yleinen matalatiheyksinen rakennuseriste, tiheys 29.5 kg/m ³	L = 0.036W/mK, R = 1 m ² K/W, 36 mm, 29.5 kg/m ³		SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifoidut	2020	finland	-	29.5	-	-
Kuumabitumisively perustuksiin		EWA	EPD Norge	NEPD00268E		Single layer mechanically fastened modified bitumen roof waterproofing system, Bitumen Waterproofing Association (2014)	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2014	europa, belgium, denmark, finland, germany, italy, netherlands, sweden	ecoinvent	1250.0	NPCR 022 Roof Waterproofing, rev1	Only with EN15804
LVL, viilupuu, pilari- ja palkkirakenteisiin	510 kg/m ³ , moisture content at delivery 10%		SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifoidut	2020	finland	-	510.0	-	-
Laakaovi, per m ²	100 cm x 210 cm x 4 cm, 26 kg/unit		SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifoidut	2020	finland	-	-	-	-
Lasinen ulko-ovi, per m ²	123 cm x 218 cm, 160 kg/unit		SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifoidut	2020	finland	-	-	-	-
Lasinen väliseinä alumiinikehyksellä, per m ²	240 cm x 270 cm x 1.038 cm, 110 kg/unit		SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifoidut	2020	finland	-	-	-	-
Lastulevy, meiamiinipinnoitettu	720 kg/m ³ , moisture content 7%		SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifoidut	2020	finland	-	720.0	-	-
Levelling compound, for floors, walls and overhead application, modified	800-1700 kg/m ³	PCI Pericret®	FEICA	IBU	EPD-FEI-PCI-20200214-IBG1-EN	EPD Levelling compound PCI Pericret® for	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima	2016	europa	GaBi	800.0	PCR Mineral factory-made mortar, 07.2014	Only with EN15804

Linoleumilattia	2.25 mm, 2.9 kg/m2	ERFMI	IBU	EPD-ERF-2013811-E	EPD ERFMI - European Resilient Flooring Manufacturers' Institute - Linoleum	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioma (ISO 14025 mukainen)	2013	europa	GaBi	1288.89	PCR for Floor coverings, 09/07/2012/Version 1/1: 29/10/2012	Only with EN15804	
Metallinen palo-ovi, per m2	99 cm x 210 cm x 10 cm, 60 kg/unit		SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioit	2020	finland	-		-	-	
Muovimatto	2.25 mm, 2.9 kg/m2	ERFMI	IBU	EPD-ERF-2013811-E	EPD Specification for plain and decorative linoleum according to EN ISO 24011, ERFMI	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioma (ISO 14025 mukainen)	2013	europa	-	1280.0	PCR Floor coverings, 09/07/2012/ver 1/1: 29/10/2012	Only with EN15804	
Muu myymälärakennus	A1-A3		SYKE		SYKE, CO2data.fi, conservative values	EN15804	Sisäisesti verifioit	2020	finland	-		-	-	
Muurauslaasti	15 mm		SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioit	2020	finland	-		-	-	
Ontelolaatta	265 mm, 350 kg/m2		SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioit	2020	finland	-		-	-	
Ontelolaatta	500 mm, 579 kg/m2		SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioit	2020	finland	-		-	-	
PIR-eriste	L = 0.023 W/mK, R = 5 m2K/W, U = 0.2 W/m2K, 115 mm, 31 kg/m3		SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioit	2020	finland	-	31.0	-	-	
Palokipsilevy	15 mm, 12.8 kg/m2, 853 kg/m3	Gyproc GFL 15 Fire Line	Saint Gobain	RTS	RTS_34_19	EPD Gyproc GFL 15 Fire Line - Fire board	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioma (ISO 14025 mukainen)	2019	finland	ecoinvent	853.0	RTS PCR protocol: EPDs published by the Building Information Foundation RTS sr (2016)	Only with EN15804
Puu-alumiini-ikkuna kolminkertaisella lasilla, per m2	99 cm x 99 cm x 17 cm, 43 kg/unit		SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioit	2020	finland	-		-	-	

Ripalaatta, TT-iaatta	C50/60, 360 kg/m ²			SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	-	-	
Sahatavara	474 kg/m ³			SYKE	-		SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	474.0	-	
Sand-lime masonry blocks	1850 kg/m ³	KAHI® masonry units	Saint-Gobain Finland Oy	EPD Norge	NEPD-2831-1462-EN		EPD KAHI® masonry units	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2021	finland	ecoinvent	1850.0	NPCR Construction products and services – Part A and PCR – Part B for Concrete and concrete elements.	Only with EN15804
Sandwich panel, with double steel facing and mineral wool insulation	U = 0.16 W/m ² K, L = 0.037 W/mK, 230 mm, 22.4 kg/m ² , Lambda=0.0368 W/(m.K)	SPA 230E LIFE, SPA 230E LIFE ENERGY	Ruukki	RTS	RTS_51_20		EPD Sandwich panels with mineral wool insulation core	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2020	poland	ecoinvent	74.6666666666667	RTS PCR 14.6.2018 RTS PCR protocol: EPDs published by the Building Information Foundation RTS sr. PT 18 RT EPD Committee. (English version)	Only with EN15804
Siveltävä bitumiliuos			EWA	EPD Norge	NEPD00268E		Single layer mechanically fastened modified bitumen roof waterproofing system, Bitumen Waterproofing Association (2014)	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2014	europa, belgium, denmark, finland, germany, italy, netherlands, sweden	ecoinvent	1250.0	NPCR 022 Roof Waterproofing, rev1	Only with EN15804
Sliding door	790 x 2240 mm, 1.75 m ² , 593.50 kg/unit	Sliding Door 80	KONE	IBU	EPD-KON-20160132-IBA1-EN		EPD	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2016	finland	GaBi		PCR Automatic doors, automatic gates, and revolving door systems 2014	Only with EN15804
Slim-floor composite steel beam, painted	7850 kg/m ³ , linear density 50-800 kg/m	DELTABEAM® Composite Beam, Painted	Peikko Finland Oy	RTS	RTS_131_21		EPD DELTABEAM® COMPOSITE BEAM, PAINTED PEIKKO FINLAND OY	EN15804+A1, EN15804+A2	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2021	finland	ecoinvent	7850.0	RTS PCR (English version 26.8.2020)	Only with EN15804
Solvent-free polyurethane-based reactive resin	1.00 - 1.45 g/cm ³ .	MasterTop BC 325N, MasterTop BC 325NFLR, MasterTop BC 327FLR, MasterTop BC 361N, MasterTop BC 375N, MasterTop BC 375NAS	BASF Construction Chemicals Europe AG	IBU	EPD-BAS-20130093-IBE1-DE		Oekobau.dat 2017-I, EPD Master Builders Solutions from BASF MasterTop BC 325N MasterTop BC 325NFLR MasterTop BC 327FLR MasterTop BC 361N MasterTop BC	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2013	germany	GaBi		PCR Reaktionsharzprodukte, 10/2012	Only with EN15804

Sora ja hiekka	1500 kg/m3			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	1500.0	-	-
Steel frame glass door, fireproof	38.316kg/m2, Uw<2.8W/m2.K		UNION DES METALLIERS	INIES	INIES_CPOR20191210_135806, 12994	FDES	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2019	france	ecoinvent		EN15804+A1	EN15804+A1
Steel roller shutters	23.4 kg/m2	Rolltore SB, Rolltore TGT, Rolltore DD	Hörmann KG Dissen	ift Rosenheim	EPD-RR-0.4.1	EPD Rolltore und Rollgitter Rolltore und Rollgitter aus Stahl oder Aluminium	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2017	germany	GaBi		PCR Türen und Tore – PCR-TT-1.1:2013	Only with EN15804
Teräs, liitososat, elementti- ja paikallavalurakentamiseen			Peikko	RTS	RTS EPD 8	EPD Connecting parts, peikko, OneClickLCA Oy, 2015	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2017	finland, slovakRepublic, germany, OCLEPD	ecoinvent	7850.0	EN15804+A1	-
Terästevy katteisiin ja seinisiin, kuumasinkitty, maalattu tai maalaamaton tai COR-TEN pinnalle	7850 kg/m3			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	7850.0	-	-
Teräsrakenne, kantava rakenne, pinnoitettu tai COR-TEN pinta	Truss, beam, column, pile, 7850 kg/m3			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	7850.0	-	-
Teräsradoite betonirakenteisiin	7850 kg/m3			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	7850.0	-	-
Thin steel sheet beams for joists and studs	Z, Sigma, C - shaped		CTICM	INIES	INIES_CPOU20170125_155303, 9056	FDES	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2016	france	ecoinvent	7850.0	EN15804+A1	EN15804+A1
Tile adhesive	binder 30-50%, aggregate 30-45%, filler 10-30%	Rex Fix	Weber	EPD Norge	NEPD-1889-826-EN	EPD weber rex fix	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2019	finland	ecoinvent		EN15804+A1	-
Valmisbetoni	C30/37, 2363 kg/m3			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	2363.0	-	-
Valmisbetoni	C25/30, 2353 kg/m3			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	2353.0	-	-

Valmisbetoni, normaali lujuus, ylieinen	C30/37 (4400/5400 PSI), 10% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m3 / 18.72 lbs/ft3)			One Click LCA	-	One Click LCA	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2018	LOCAL	ecoinvent	2400.0	EN15004+A1	-
Vaneri, havuvaneri, pinnoitettu	480 kg/m3, moisture content 8%			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	480.0	-	-
Vaneri, havuvaneri, pinnoittamaton	480 kg/m3, moisture content 8 %			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	480.0	-	-
Väliseinäelementti	200 mm, 493 kg/m2			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	-	-	-
Väliseinäelementti	250 mm, 611 kg/m2			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	-	-	-
Väliseinäelementti	150 mm, 347 kg/m2			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	-	-	-
Waterproof protective coating	1000-1500 kg/m3	PCI Lastogum®	FEICA	IBU	EPD-FEI-PCI-20200212-IBG1-EN	EPD Water resistant, flexible Protective Coating PCI Lastogum® under ceramic tiles in showers and bathrooms	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2016	europa	GaBi	1000.0	PCR Coatings with organic binders, 07.2014	Only with EN15804
XPS-eriste	32 kg/m3			SYKE	-	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2020	finland	-	32.0	-	-
dummy				One Click LCA		One Click LCA generic construction definitions				LOCAL	Automatically assign Ecoinvent or other alternative based on inputs			