

**Elinkaariarvioinnin (LCA) tulokset**  
**Toteutettu EN 15978 mukaisesti**



**Kohteen nimi:** Kontioniemen koulu  
**Osoite:** Jääkärintie 2, 80790 Kontioranta (SUOMI)  
**Arvioija ja arvioijan koulutus:** Mika Keskiäsalö, Insinööri (AMK)  
**Työn tilaaja:** Kohti vähähiilistä rakentamista- Joensuu Wood City -projekti  
**Päiväys:** 01.02.2019  
**Versionumero:** 1.0

# Sisältö

## Käytetyt termit ja lyhenteet

1	Tutkimuksen tarkoitus ja rakennuksen tiedot .....	3
1.1	Arvioinnin perustiedot.....	3
1.2	Arvioitu rakennus, yleistiedot .....	3
1.3	Arvioidun rakennuksen käyttökustannukset (vesi/sähkö/huolto).....	4
2	LCA-arviointitulosten yhteenveto.....	4
3	LCA-arvioinnin tavoite ja järjestelmän rajausta .....	5
4	Arvioidut vaikutuskategoriat.....	7
5	Arviointiin sisältyvät rakennusosat.....	7
6	Ympäristötietolähteet .....	8
7	Projektin tietolähteet ja oletukset.....	8
8	Yksityiskohtaiset arviointitulokset GWP .....	10
9	Carbon Heroes vertailuarvot .....	14
10	GWP ehdotetut vähennystoimenpiteet.....	17
10.1	”A1-A3 Tuotteiden valmistus” GWP vähennystoimenpiteet .....	17
10.2	”A4-A5 Rakentaminen” GWP vähennystoimenpiteet.....	18
10.3	”B1-B5 Käyttövaihe” GWP vähennystoimenpiteet.....	19
10.4	”B6 Energian kulutus” GWP vähennystoimenpiteet .....	19
10.5	”C1-C4 Elinkaaren loppu” GWP vähennystoimenpiteet ja kustannuksien vähentäminen .....	20
11	One Click LCA laskentatyökalun kuvaus.....	20
	Liitteet .....	24
	Liite 1, Bill of Materials (materiaaliluettelo) full .....	24
	Liite 2, Bill of Materials (materiaaliluettelo) simple .....	24
	Liite 3, EPD sources.....	24
	Liite 4, LCA-results full.....	24
	Liite 5, LCA-results simple.....	24
	Liite 6, LCC-results simple.....	24
	Liite 7, Kontioniemen koulu-budjetoidut kustannukset.....	24

## Käytetyt termit ja lyhenteet

Käytettyjen termien selostus löydettävissä <https://www.lifecycleinitiative.org/resources/life-cycle-terminology-2/>

## 1 Tutkimuksen tarkoitus ja rakennuksen tiedot

### 1.1 Arvioinnin perustiedot

Tutkimuksen tarkoitus:	Tutkimuksen tarkoituksena on laskea kohteen GWP-arviot sekä verrata saatuja arvoja Carbon Heroes benchmark-arvoihin
<i>Hankkeen tyyppi:</i>	Uudisrakennus
Arviointimenetelmä:	EN 15978:2011
Kieli	Suomi
Tutkimuksen lähtötiedot (tyyppi)	Lähtötietoina suunnitteludokumentit: 2D-dokumentit sekä asiakirjat.
Tiedot varmennettu jälkiseurannalla	EI
Rakennuksen elinkaari	Keskeneräinen

### 1.2 Arvioitu rakennus, yleistiedot

Rakennustyyppi	Koulurakennus, varhaiskasvatus
Rakennus- tai peruskorjausvuosi	2018
Pinta-ala (lämmin)	1669 m <sup>2</sup>
Pinta-ala (puoli-lämmin/kylmä)	1250 m <sup>2</sup>
Päärakennusmateriaali	Betoni
Ilmastovyöhyke	<i>Finland zone 5</i>
Rakennuksen toiminnot ja palvelut	Opetustoiminnot
Rakennuksen käyttömäärät	96 kouluopiskelijaa, 16 esikoululaista sekä 15 opetushenkilöä. Yhteensä 127 henkeä.

Bruttoala b-m <sup>2</sup> /h-m <sup>2</sup>	2919 m <sup>2</sup> /2469 m <sup>2</sup>
Kerroslukumäärä ja kuvaus	2-kerroksinen oppilaitos
Lämmitys/jäähdytysjärjestelmä	Kaukolämpö, vesikiertoiset patterit ja koneellinen ilmanvaihto
Energiatohokkuusluokka (E-luku)	B (2018) ≤ 100 kWh <sub>E</sub> / (m <sup>2</sup> vuosi)
Muut relevantit käyttäjän asettamat tai asetetut rakennusmääräykset	Ei muita erityisvaatimuksia
LCI-laskenta-aika	50 years
LCA- laskenta-aika	60 years
Rakennuksen suunniteltu käyttöikä	100 years

### 1.3 Arvioidun rakennuksen käyttökustannukset (vesi/sähkö/huolto)

Energian kulutus, vuotuinen	159225 kWh
Veden kulutus, vuotuinen	800 m <sup>3</sup>
Vuotuinen korjausbudjetti	kts.liite
Huolto- ja ylläpitokustannukset, vuotuinen	kts.liite
Jätehuoltokustannukset, vuotuinen	kts.liite
Kiinteistöverot tai kiinteistövuokat	kts.liite
Rakennuksen kustannusarvio	5,4 M€ alv 0%

Jos tietoja ei ole saatavilla käytetään N/A merkintää kyseisillä kohdilla.

## 2 LCA-arviointitulosten yhteenveto

LCA- arviointi suoritettiin käyttämällä One Click LCA-ohjelmaa. Tulokset on koottu alla oleviin taulukoihin sekä kuvaajiin. Tulokset kuvaavat elinkaaren aikaisia vaikutuksia 60 vuoden rakennuksen käyttöiällä (EU Level(s) mukainen tarkastelujakso).

### 3 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 rakennus-	Kunnossapito	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 alla:

<b>A1-A3 Construction Materials</b>	Raw material supply (A1) includes emissions generated when raw materials are taken from nature, transported to industrial units for processing and processed. Loss of raw material and energy are also taken into account. Transport impacts (A2) include exhaust emissions resulting from the transport of all raw materials from suppliers to the manufacturer's production plant as well as impacts of production of fuels. Production impacts (A3) cover the manufacturing of the production materials and fuels used by machines, as well as handling of waste formed in the production processes at the manufacturer's production plants until end-of-waste state.
<b>A4 Transportation to site</b>	A4 includes exhaust emissions resulting from the transport of building products from manufacturer's production plant to building site as well as the environmental impacts of production of the used fuel.
<b>A5 Construction/installation process</b>	A5 covers the exhaust emissions resulting from using energy during the site operations, the environmental impacts of production processes of fuel and energy and water as well as handling of waste until the end-of-waste state.
<b>B1-B5 Maintenance and material replacement</b>	The environmental impacts of maintenance and material replacements (B1-B5) include environmental impacts from replacing building products after they reach the end of their service life. The emissions cover impacts from raw material supply, transportation and production of the replacing new material as well as the impacts from manufacturing the replacing material as well as handling of waste until the end-of-waste state.
<b>B6 Energy use</b>	The considered use phase energy consumption (B6) impacts include exhaust emissions from any building level energy production as well as the environmental impacts of production processes of fuel and externally produced energy. Energy transmission losses are also taken into account.
<b>B7 Water use</b>	The considered use phase water consumption (B7) impacts include the environmental impacts of production processes of fresh water and the impacts from waste water treatment.
<b>C1-C4 Deconstruction</b>	The impacts of deconstruction include impacts for processing recyclable construction waste flows for recycling (C3) until the end-of-waste stage or the impacts of pre-processing and landfilling for waste streams that cannot be recycled (C4) based on type of material. Additionally deconstruction impacts includes emissions caused by waste energy recovery.
<b>D External impacts/end-of-life benefits</b>	The external benefits include emission benefits from recycling recyclable building waste. Benefits for re-used or recycled material types include positive impact of replacing virgin based material with recycled material and benefits for materials that can be recovered for energy cover positive impact for replacing other energy streams based on average impacts of energy production.

*Taulukko 2 LCA- vaiheiden kuvaukset*

## 4 Arvioidut vaikutuskategoriat

Vaikutuskategoria	Yksikkö	Kuvaus
Lämmityspotentiaali Global warming potential	GWB- kgCO <sub>2</sub> eq	Eri kaasuja vertailtaessa yksikkönä käytetään lämmityspotentiaalia (global warming potential, GWP), joka mittaa kaasun aiheuttamaa lämmitysvaikutusta hiilidioksidiin verrattuna massayksikköä kohti 20 tai 100 vuoden aikana.
Primary energy	MJ	

Taulukko 3 Arvioidut vaikutuskategoriat

## 5 Arviointiin sisältyvät rakennusosat

The LCA analyysi sisälsi seuraavat rakennusosat. (TALO2000-luokitus käytössä tarvittaessa):

Rakennusosa	Sisältyy laskentaan	Kommentit
<b>Kantavat rakenteet ja vaippa</b>		
Runko	KYLLÄ	Sisältää raudotteet RAK-kuvien mukaan
Väliohjat	KYLLÄ	Sisältää ontelolaattojen raudoitukset
Katto	KYLLÄ	Sisältää ristikoiden reivaukset
Portaat	KYLLÄ	Sisältää massat, ei kaiteita ja varusteluita
Ulkoseinät	KYLLÄ	
Ikkunat ja ovet (ulko)	KYLLÄ	Ei sisällä erillisiä detaljiosia mm.kiinnitysosat
Sisäseinät ja väliseinät	KYLLÄ	Ei sisällä erillisiä detaljiosia mm.kiinnitysosat
Ovet (sisä)	KYLLÄ	Ei sisällä erillisiä detaljiosia mm.kiinnitysosat
Pintakäsittelyt		
Seinien pintakäsittelyt	KYLLÄ	Määrät arvioitu
Lattioiden pintakäsittelyt	KYLLÄ	Määrät arvioitu
Sisäkatot (sisältäen pintakäsittelyt)	KYLLÄ	Määrät arvioitu
Kosteussulut ja höyrynsulut	KYLLÄ	Määrät arvioitu
<b>Rakennuslaitteet ja kalusteet</b>		
Palokatkot/mansetit ja palokatkomassat	EI	
Kiintokalusteet ja laitteet	EI	tarvitsisi urakoitsijan tiedot, eivät sisälly Levels
<b>Palvelut</b>		
Märkätilojen ja WC-tilojen kalusteet	EI	tarvitsisi urakoitsijan tiedot, eivät sisälly Levels
Palvelu- ja huoltokalusteet	EI	
Jätehuolto	KYLLÄ	Käytetty b-m2 ja tälle keskiarvo ohjelmasta
LVI-tekniikka, vesi	KYLLÄ	Käytetty b-m2 ja tälle keskiarvo ohjelmasta
LVI-tekniikka, lämmitys	KYLLÄ	Käytetty b-m2 ja tälle keskiarvo ohjelmasta
LVI-tekniikka, ilmanvaihto	KYLLÄ	Käytetty b-m2 ja tälle keskiarvo ohjelmasta
Sähköjärjestelmät	KYLLÄ	Käytetty b-m2 ja tälle keskiarvo ohjelmasta
Kaasujärjestelmät	EI	
Hissit	KYLLÄ	Käytetty ohjelman default tietoja
IT-tekniikka, valvonta CCTV	EI	

IT-tekniikka, viestintä ja tietoverkot	KYLLÄ	Käytetty b-m2 ja tälle keskiarvo ohjelmasta
Muut järjestelmät	EI	
Tontti		
Piha-rakenteet, kaivut ja täytöt	KYLLÄ	AP-täytöt sekä vierustäytöt. Sisältää rouaeristeet.
Viemäri ja sadevesijärjestelmät	EI	
Ulkorakennukset	EI	

Taulukko 4 Sisällytetyt rakennusosat arvioinnissa

## 6 Ympäristötietolähteet

One Click LCA LCA EN-15978 työkalua käytettiin arvioinnissa. Työkalu tukee CML- metodologiaa ja kaikkia arvioituja vaikutuskategorioita. Kaikki aineistot työkalussa ovat yhteneviä EN 15804 standardin kanssa. Listaus datalähteistä on kuvattu liitteissä.

## 7 Projektin tietolähteet ja oletukset

LCA-laskenta suoritettiin kohteelle käyttämällä One Click LCA ohjelmaa perustuen suunnittelutietoon, joka oli kohteesta saatavilla. Pääasiassa dokumentit olivat 2D-DWG sekä PDF-asiakirjoja, mutta kohteesta ei ollut saatavilla tietomallia. Huom! Arviointiin ulkopuolelle jätettävät rakennusmateriaalit saavat kattaa alle 1 % rakennuksen kokonaisuudesta tai energian kulutuksesta, mutta tarkastelun ulkopuolelle jätetyt materiaalit kokonaisuudessaan eivät saa silti ylittää 5% rakennuksen kokonaisenergian kulutuksesta tai massasta (EN15804/EN 15978). Materiaalien rajausta ei saa kuitenkaan käyttää tulosten salailuun tai peittämiseen, joka on mainittu standardissa lauseella ” “all inputs and outputs to a (unit) process shall be included in the calculation, for which data are available”

Analyysialue	Datalähteet
<b>Materiaalimäärät (A1-A3)</b>	2D- dokumentit (ARK-RAK-kuvat) sekä asiakirjat mm.rakennusselostukset
<b>Rakennusmateriaalin kuljetustäisyydet (A4)</b>	Erillistä tietoa ei ollut, joten kuljetusmatkana käytetty 300 km. Pois lukien valmisbetoni, jolle 70 km. Todellisuudessa kuljetusmatka voi olla suurempi, jos tuote ei ole tullut suoraan tehtaalta työmaalla vaan kulkenut välivarastojen kautta. (Lähde: www.eebguide.eu)
<b>Rakennus ja asennusprosessi (A5)</b>	Käytetty laskennassa oletusarvoja
<b>Materiaalin käyttöikä (B1-B5)</b>	Rakennusosien käyttöiät RT 18-10922 ”Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajakset” mukaan.
<b>Energian kulutus (B6)</b>	Energiankulutuksen arvot saatu energiaselvityksestä (selvityksen antaja: Johanna Kinnunen, Rakennuttajatoimisto Protiimi Oy)
<b>Veden kulutus (B7)</b>	Veden kulutuksen arvio saatu: Kontiolahden kunnalta

Taulukko 5 Analyysialue ja kuvaus



Elinkaaren vaiheet	Teknologinen edustavuus	Maantieteellinen edustavuus	Ajallinen edustavuus	Epävarmuus	Vähimmäisvaatimukset
A1-3	2	2	2	2	Tiedot min.tasoa 2
A4	0	3	0	0	Maantieteellinen edustavuus oltava tasoa 3
A5	0	2	0	0	Maantieteellinen edustavuus min. tasoa 2
B3-4	2	2	1	1	Maantieteellinen edustavuus min. tasoa 2
B6	3	3	3	3	Tiedot min. tasoa 2
C1	0	1	1	1	Ei minimitasoja
C2	1	1	1	1	Ei minimitasoja
C3	1	1	1	1	Ei minimitasoja
C4	1	1	1	1	Ei minimitasoja
D	1	1	1	1	Ei minimitasoja

Taulukko 6 Lähtötietojen arviointi (Lähde: [Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen arviointityökalu](#); Ympäristöministeriö)

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

### Muut oletukset laskennassa:

Laskettaessa LCI-kustannuksia on vuotuisina huoltokustannuksina käytetty Kontiolahden kunnan budjetoimia arvoja. Materiaalien osalta on käytetty saatavilla olevia EPD-tietoja tuotteille. Pääasias-

sa käytetyt tietokannat ovat RTS (<https://epd.rts.fi/fi>) tai Norjaan hyväksytyt EPD :t. Laatoille ja tiililaatoille on käytetty Ranskan, Italian ja Saksan tietokantoja. Pääasiallisen valintakriteeriä toimivat tuotteen teknisten ominaisuuksien samankaltaisuus. One Click LCA käyttää tietokantoina eri maiden tietokantojen yhdistelmiä mm. Ecoinvent sekä Gabi. Halutessaan käyttäjä voi syöttää myös itse tietokantaan materiaalien sekä tuotteiden EPD-tietoja jos niitä ei ole tietokannoissa (vaatii erillisen lisenssin).

## 8 Yksityiskohtaiset arviointitulokset GWP

**LCA checker overall grade: A.** Tulosten edustettavuus on tällöin riittävä eikä laskennasta ole jätetty materiaaleja tai rakennusosia liikaa laskennan ulkopuolelle.

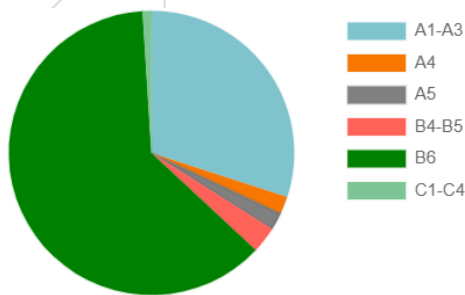
### Building life-cycle carbon footprint for Level(s) in compliancy with EN 15978

Incomplete life-cycle.

Sector	Global warming kg CO2e
A1-A3 Construction Materials	834 830,24
A4 Transportation to site	42 394,58
A5 Construction/installation process	54 151,13
B4-B5 Material replacement and refurbishment	77 669,56
B6 Energy use	1 717 286
C1-C4 Deconstruction	37 449,33
D External impacts (not included in totals)	-4 363 573,61
<b>Total</b>	<b>2 763 780,83</b>
	<a href="#">Show graph</a>

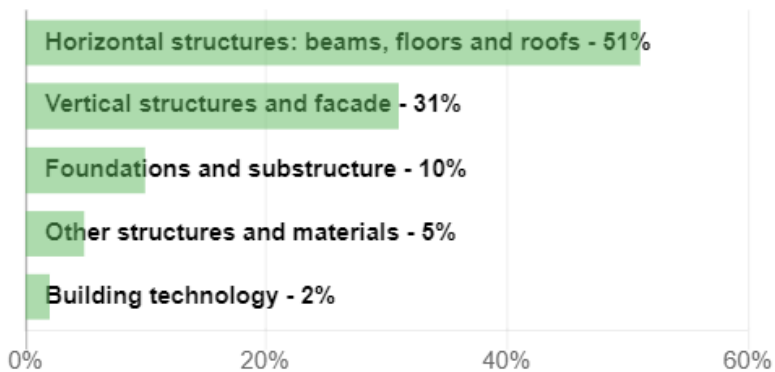
#### Results per denominator

Per gross internal floor area m2 / year	18,94
Per gross internal floor area m2	946,82



LCA-laskentamenetelmänä käytettiin yksinkertaistettua laskentaa. Tuloksista voidaan päätellä, että elinkaaren vaiheiden jakaumat ovat linjassa verrattaessa niitä muihin kansainvälisiin tutkimuksiin. Merkittävimpana hiilijalanjälkeen vaikuttavana elinkaaren vaiheena on ”B6 Energian kulutus” ja toiseksi merkittävin vaihe on ”A1-A3 Tuotteiden valmistus”. Näiden elinkaaren vaiheiden optimoinnilla on mahdollisuus saada aikaan suurimpia GWB (kgCO<sub>2</sub>e) vähennyksiä (kts. kappale 9).

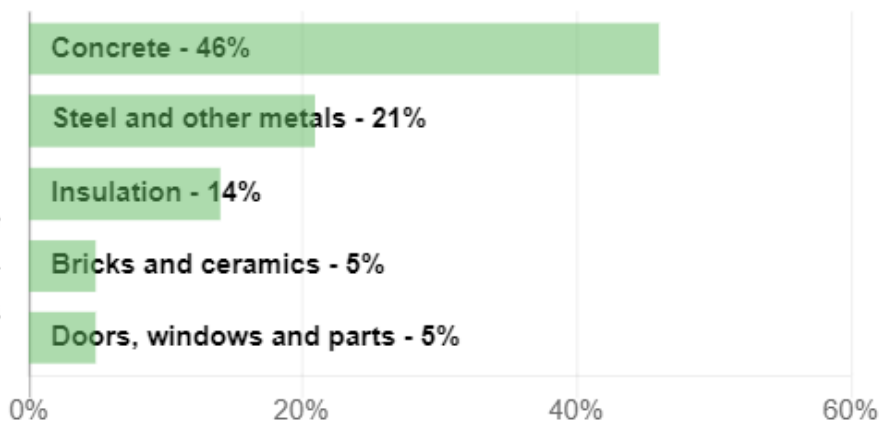
A1-A3 elinkaarivaiheiden osalta jätettiin pois tietoja, jotka eivät olleet suoraan saatavilla RAK-dokumenteista (Pilaanit sekä detaljit). Tällaisia tietoja olivat rakennuskiinnikkeiden määrät (naulat sekä ruuvit) näiden osuus olisi ollut massaltaan merkityksetön ja määrät olisivat perustuneet osaltaan laskijan henkilökohtaisiin arvioihin. (Nauloille ei ollut vielä EPD- hyväksyntää tietokannassa, mutta ruuveille löytyi kuitenkin tiedot OKOBAUDAT-tietokannasta.)



Kuva 1 Most contributing building elements (GWP) - A1-A3

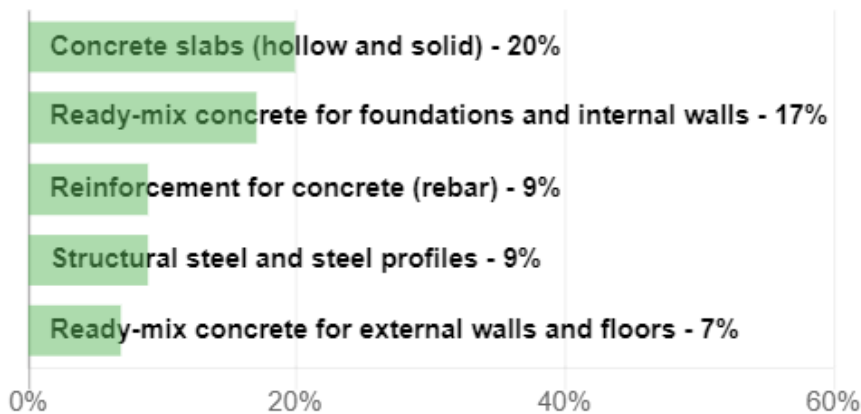
Vaakarakenteet kattavat 51 % rakennusosien GWP-osuudesta ja näiden osuudesta suurin osuus tulee DELTA-palkkien sekä ontelolaattojen hiilijalanjäljestä (Kuva 1). Kuvasta 2 voidaan havaita, että vaikka raudoitusteräksen sekä muiden teräsosien osuus rakennuksen kokonaispainosta on alhainen päämateriaaliin betoniin verrattuna, ovat niiden suhteelliset GWP (kgCO<sub>2</sub>e) päästöt suuremmat kuin kilo kohden suuremmat kuin betonilla (”Neitseelliset” materiaalit, jotka eivät sisällä kierrätettyjä materiaaleja. Betoni C30/37 0,093 kgCo<sub>2</sub>e/kg vs. raudoitusteräs 2,89 kgCO<sub>2</sub>e/kg päästöt

raudoitusteräksellä noin 30 kertaiset). Tällöin esim. raudoitussuhteen tarkastelu sekä betonirakenteiden optimointi ovat merkittäviä keinoja vähentää päästöjä jo suunnitteluvaiheessa.

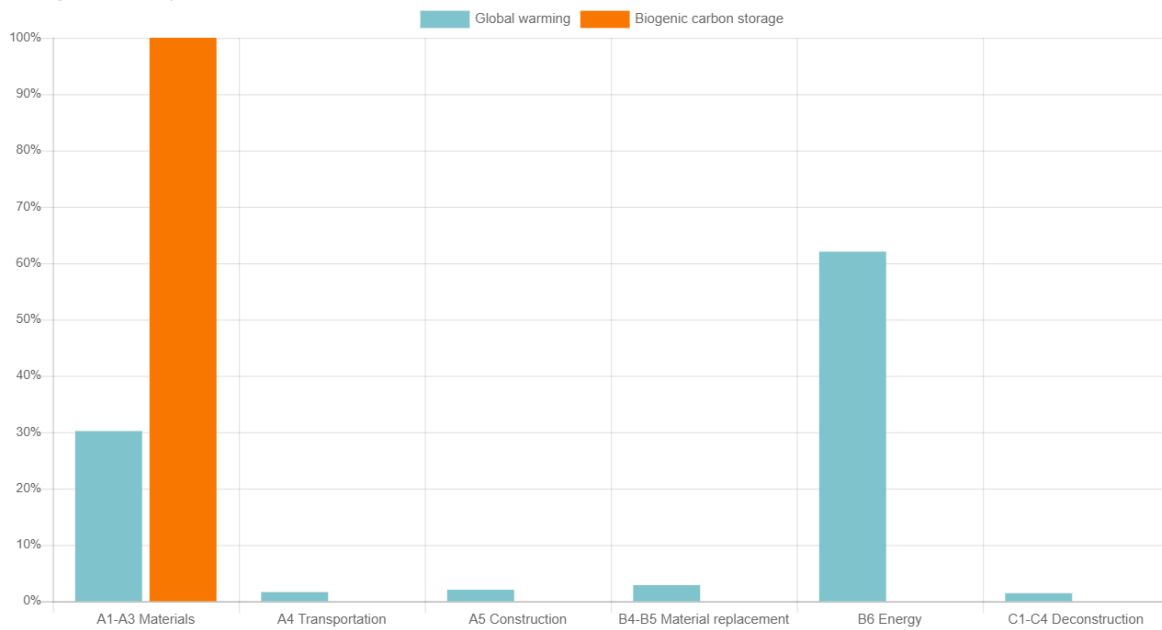


Kuva 2 Most contributing material types (GWP) - AI-A3

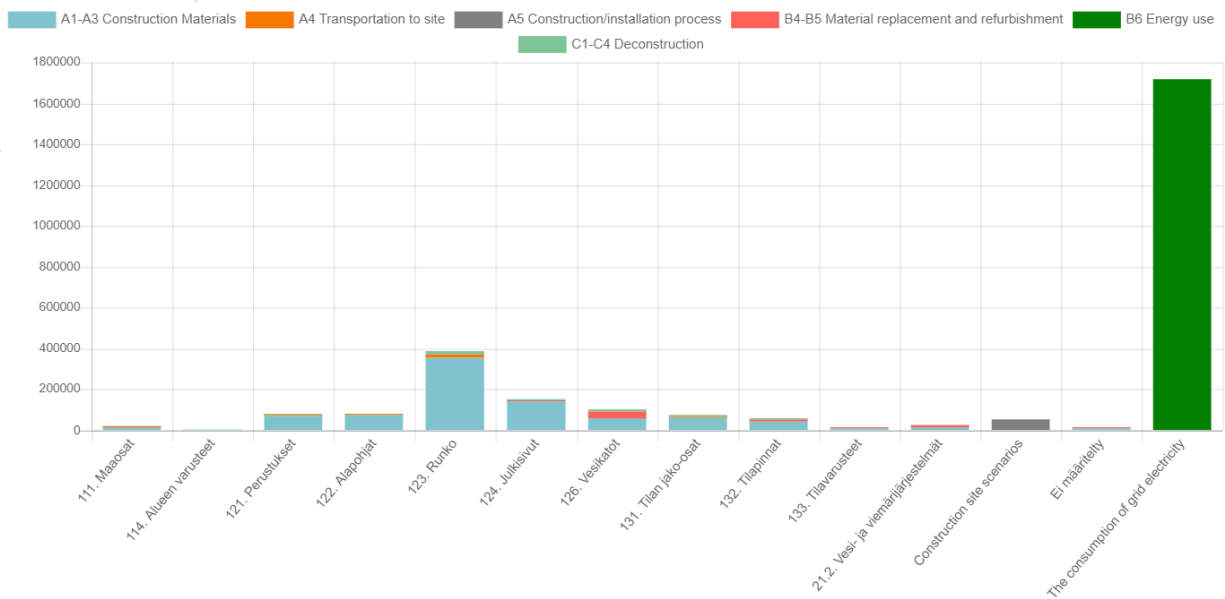
Myös lämmöneristeiden osuus rakennuksen päästöistä on yllättävän suuri (14 % GWP), joka johtuu osaltaan mm. YP-rakenteen lämmöneristyksestä. Lämmöneristeillä esim. Paroc kivivilla (pehmeä, tiheys alle 35 kg/m<sup>3</sup>) on GWP 1,22 kg CO<sub>2</sub>e/kg. Tämä johtuu pääosin valmistusprosessista, jonka aikana muodostuu 60 % kyseisen tuotteen kokonaispäästöistä.



Kuva 3 Most contributing material subtypes (GWP) - AI-A3



Kuva 4 Results distribution by life-cycle stage

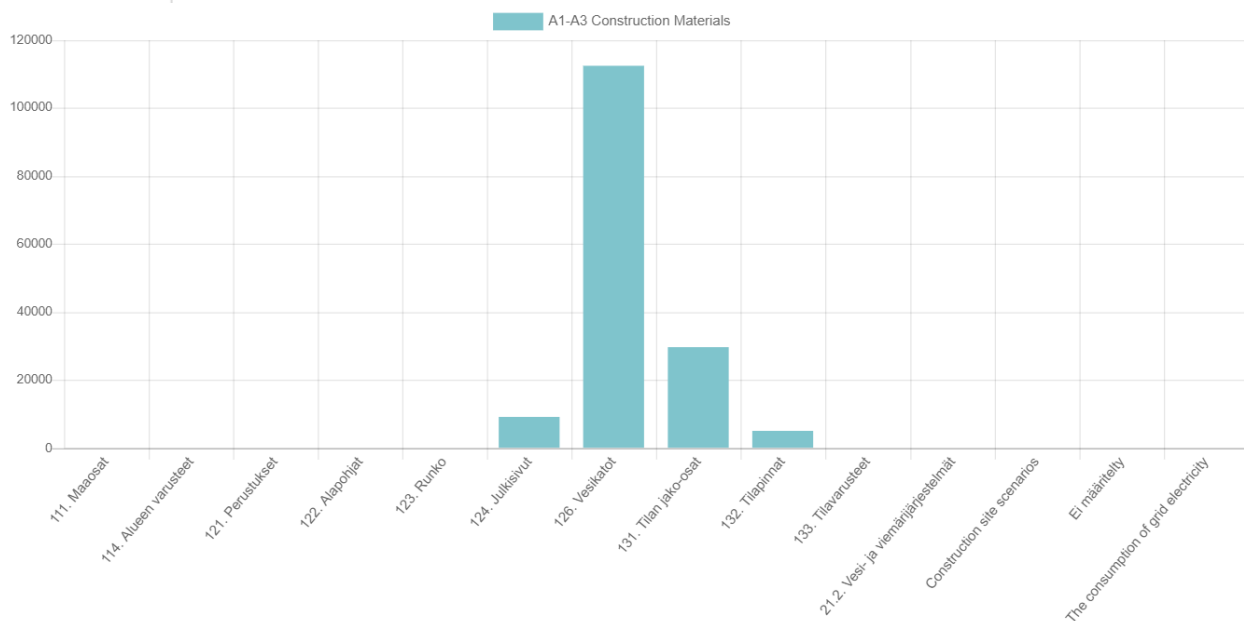


Kuva 5 Global warming (GWP), grouped by Rakennusosa breakdown

Hankenimikkeistön (TALO-2000) mukaisesti tarkasteltaessa ”123. Runko” muodostaa suurimman osuuden jo yksinään GWP-päästöistä. On kuitenkin huomattava, että One Click LCA ohjelma ei erittele hankenimikkeistössä rakennusosia alanimikkeistöön vaan tarkastelu sisältää päänimikkeen mukaiset rakennusosat. ”131. Tilan jako-osat” ovat myös osuudeltaan suuresti edustettuina, johtuen muuratuista väliseinien KH-väliseinäharkoista (tasoitukset sisällytetty 132.Tilapintoihin).

Rakennusosien ja materiaalien hiilinieluja/hiilivarastoja ei huomioida GWP:tä alentavina tekijöinä vaan niiden vaikutukset rajataan laskennan ulkopuolelle. Nämä hiilinielut/hiilivarastot voidaan kuitenkin ilmoittaa elinkaarivaiheessa D (Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat). Kyseisiä päästökompensointeja onkin useissa EU-jäsenvaltioissa ollut tarkoitus käyttää tulevaisuudessa osana rakentamisen ohjausta haluttaessa lisätä ympäristöystävällisempien materiaalien käyttöä.

Vesikattorakenteet sekä ullakkorakenteet muodostavat Kontioniemen koulussa suurimmat hiilivarastot. Vesikattorakenteiden osalta rakenteet ristikkorakenteet ja reivaukset mallinnettiin sekä laskettiin käyttäen tarkkuustasona RAK-leikkauksien sekä vesikattokuvien tarkkuutta. Laskelmissa ei oltu huomioituna naulauslevykeitä tai kiinnikkeitä, koska saatavilla ei ollut laskentahetkellä ristikkokaavioita ristikoiden valmistajalta.



Kuva 6 Biogenic carbon storage (Bio-CO<sub>2</sub> storage), grouped by Rakennusosa breakdown

## 9 Carbon Heroes vertailuarvot

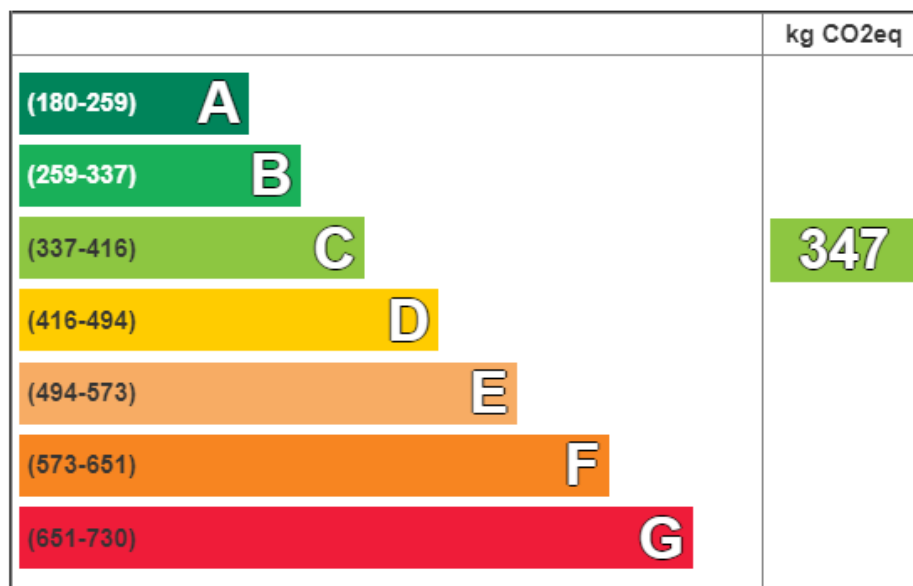
Vertailuarvot perustuvat elinkaarivaiheiden A1-A4, B4-B5 sekä C1-C4 aiheuttamien GWP-päästöjen (kgCO<sub>2</sub>eq) mukaan. Rakennuksille ei ole tässä vaiheessa olemassa vielä energiatodistuksen tapaista selkeää kansallista tasoa, mutta Bionova on yhdessä useiden toimijoiden kanssa ajanut tason asettamista rakennuksille (<https://www.oneclicklca.com/construction/carbonheroes/>). Carbon

Heroes tasot perustuvatkin kohteiden toteutettuihin hiilitaselaskelmiin. Tällöin on kuitenkin vaarana, että vertailutaso vääristyy kun vertailukohteiksi valikoituu rakennuksia joissa on ollut tavoitteena kenties jo suunnitteluvaiheessa GWP-päästöjen osalta alhainen taso. Carbon Heroes taso on ISO ja CEN- standardien yhtenevä ja onkin nähtävissä EU LEVEL(s) hankkeen jatkotoimenpiteenä.

Vertailuarvoina on käytetty ”Carbon Heroes Nordic 11/2018 (kuva 7)” sekä Carbon Heroes Global-educational 11/2018 (kuva 8)”, joissa vertailuarvona toimivat GWP- raja-arvoja (kgCO<sub>2</sub>eq). On kuitenkin huomattava, että kyseiselle ”benchmerkkaukselle” on oletettava käytetyksi GWP arvona kokonaismäärä/b-rm<sup>2</sup>.

Performance metric Carbon Heroes Benchmark (A1-A4, B4-B5, C1-C4)

⚠ Embodied carbon only



Kuva 7 Carbon Heroes Nordic 11/2018

## Performance metric Carbon Heroes Benchmark (A1-A4, B4-B5, C1-C4)

⚠ Embodied carbon only

	kg CO <sub>2</sub> eq
(200-290) <b>A</b>	
(290-380) <b>B</b>	<b>347</b>
(380-470) <b>C</b>	
(470-560) <b>D</b>	
(560-650) <b>E</b>	
(650-740) <b>F</b>	
(740-830) <b>G</b>	

Kuva 8 Carbon Heroes Global-educational 11/2018

**Tarkasteltaessa Nordic (C-luokka) sekä Global (B-luokka) tuloksia tarkasteltaessa on muistettava, että käytettäessä Bionovan One Click LCA ohjelmaa:**

- A1-A3 arvot ovat käyttäjän itsensä syöttämiä, tietojen luotettavuusasteeseen vaikuttaa tällöin mm. lähtötiedot, laskijan kokemus, käytettävissä oleva aika sekä asetettu laskennan tarkkuustaso
- A4 vaihtoehdolle voidaan käyttää ohjelman ehdottamia arvoja tai syöttää käyttäjän asettamat tiedot
- B4-B5 vaiheille voidaan käyttää tuotekohtaisia tietoja tai kansallisia arvoja (Rakennusosien käyttöiät RT 18-10922 “Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot” mukaan.)
- C1-C4 nämä tiedot ovat ohjelman itsensä syöttämiä ja käyttäjä ei voi itse vaikuttaa näihin. Eli jos tiedetään, että tulevaisuudessa materiaalin hyödynnettävyys on todennäköisesti suurempi kuin nykyhetkellä sitä ei pysty ohjelman nykyversioon syöttämään.

Maakohtaiset rakentamismääräykset sekä rakentamiskulttuuri voivat erota paljonkin. Tällöin tulisi aina vertailla maantieteellisesti lähellä sijaitseviin maihin, joilla on vastaavan tasoiset rakentamismääräykset ei esim. Carbon Heroes Eastern Europe joka olisi A-tasolla Kontioniemen koulun tapauksessa.



Kunnat ja kaupungit voivat myös itse asettaa raja-arvoja tai tavoitearvoja rakennusten päästöille. Tähän liittyen on myös tehty ”Sustainable Building Alliance”- projekti, jonka tuotoksena on julkaistu opas “Sustainability and performance assessment and benchmarking of buildings.2012: VTT”. Kyseisessä dokumentissa annetaan keinot ja suuntaviivat, miten raja-arvojen asettaminen olisi toteutettavissa. Varsinaisia suosituksia tai raja-arvoja GWP-osalta dokumentti ei kuitenkaan suoraan anna.

## **10 GWP ehdotetut vähennystoimenpiteet**

Jäljempänä mainitut toimenpiteet ovat vain osa monista vähennystoimenpiteistä, joilla olisi saatu kohteessa vähennettyä rakennuksen GWB (kgCO<sub>2</sub>e) kokonaismäärää suunnittelu- sekä työmaavaiheessa. Tärkeimpänä vähennystoimenpiteenä voidaan kuitenkin pitää vähähiilisen rakentamisen tavoitearvojen asettamista jo tarvesuunnitteluvaiheessa. Tällöin tavoitearvot voidaan ottaa jo osaksi jo tilaohjelman valmistelua sekä suunnittelutyötä jo alkuvaiheessa. Alkuvaiheen vähähiilisten arvojen mukaanotolla voidaan myös estää osaltaan lisäkustannuksien syntyminen hankkeelle sekä edistää rakenteiden optimointia sekä kustannustehokasta rakentamista osaltaan.

Vaativalla elinkaarikustannuksien laskentaa hankkeelle tulee asetettua myös vaatimuksia parantuneelle dokumentoinnille mm. tietomallien käyttö. Tällä voidaan estää työmaa-aikaisten lisätöiden aiheuttamia kustannuksia sekä lyhentää rakentamisaikaa. Tämä vaatii kuitenkin sitä, että tavoitteet mallinnuksen tarkkuustasolle asetetaan riittävän korkeaksi (YTV2012, vähintään tarkkuustaso 2). Jotta laskentamallit olisivat hyödynnettävissä suunnittelun ohjauksessa sekä urakka/päästölaskennassa on noudatettava yhteisiä tietomallivaatimuksia hankkeen kaikkien osapuolten kesken.

### **10.1 ”A1-A3 Tuotteiden valmistus” GWB vähennystoimenpiteet**

1. Miettimällä onko rakennukselle tarvetta, onko olemassa olevia rakennuksia mahdollista hyödyntää, onko sijainti viisas myös tulevaisuutta ajatellen, ovatko tilat muunneltavissa myös tulevia käyttötarkoituksia tai oppilasmäärän lisäämistä ajatellen

2. Vähentämällä fossiilipohjaisten eristeiden käyttöä esim. XPS ja SPF. MUTTA huomioitava materiaalien käyttöiät sekä tarkoituksenmukainen käyttö ympäristöolosuhteiden näkökulmasta mm. routaeristeet
3. Muuntojoustavuus sekä rakennuksen muodon optimointi. Tilat voidaan sijoittaa järkevästi eikä muodostu ylimääräisiä käytäviä sekä rakennuksen muoto on ”minimalistinen”.
4. Materiaalitehokkuus ja rakennusosien optimointi: onko rakenteet tehty ”yhdellä” muotilla vai onko rakenteiden paksuuksia sekä materiaalien käyttöä tehostettu vallitsevien kuormien mukaisesti
5. Rakennusosien uudelleenkäyttö mm. purkukohteista. Muistettava kuitenkin, että kierrätettyjen rakennusosien tulee täyttää rakenteelliset sekä visuaaliset vaatimukset.
6. Kierrätysmateriaalien suosiminen esim. raudoitusteräksen käyttö, joka sisältää kierrätettyä materiaalia (ei ole neitseellistä) tai betonin käyttö jossa on käytetty kierrätettyjä sideaineita
7. Piha-alueiden täyttömaina esim. purkukohteen betonimurske, jolla säästetään luonnollisia kivi- ja maa-ainesvaroja. Muistettava kuitenkin, että murskeen käyttö vaatii ympäristöluvan esim. lasten leikkipuistoissa.
8. Vähintään 10 % materiaaleista uusiutuvia tai kierrätettyjä
9. Käytetyt uusiutuvat ja kierrätetyt materiaalit raportoidaan, jolloin voidaan todentaa toimenpiteiden vaikutukset.

## 10.2 ”A4-A5 Rakentaminen” GWB vähennystoimenpiteet

1. Käyttämällä kuljetuksia, joissa täyttöaste rekoilla olisi lähellä 100 % sekä yhdistelemällä kuljetuksia.
2. Työmaan aloituksen ajoittaminen kesäkaudelle mm. lämmityskustannukset
3. Työmaa-aikainen kosteudenhallinta sekä suojaus (Kuivaketju10) mahdollisuus vähentää kuivauksen sekä lämmityksen päästöjä.
4. Rakennusaikaisen hukan vähentäminen tilaamalla mm. kipsilevyt oikean mittaisena
5. Työmaan energiankulutus mitataan sekä arvioidaan mahdolliset parannustoimenpiteet jo työmaavaiheen aikana.
6. Työntekijöille energiakoulutus. Vaikutus rakennustyön laatuun mm. tiiveys.
7. Seuraamalla syntyvää työmaajätteen määrää sekä lajittelemalla se asiaankuuluvasti. Mahdollisuus arvioida hukan vähentämisen vaikutuksia tulevissa kohteissa.

### 10.3 ”B1-B5 Käyttövaihe” GWB vähennystoimenpiteet

1. Valitsemalla materiaaleja ja tuotteita, joilla on hyvä kulutuksenkestävyys sekä tekninen käyttöikä. Suositetaan pitkiä takuuajkoja
2. Ajoittamalla huollot oikea-aikaisesti (ajatuksella tehty huoltokirja). Toteuttamalla suunnitellut huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet oikeassa laajuudessa ja oikeaan aikaan.

### 10.4 ”B6 Energian kulutus” GWB vähennystoimenpiteet

**Voisivat toimia mm. energiatehokkuuden lisääminen sekä ympäristöystävällisemmän energian käyttö, joka voidaan tehdä useammalla tavalla:**

1. Lämmöneristyksen lisääminen ja rakenteiden U-arvon parannukset nykyiseen RAKMK-vaatimustasoon verrattuna. 10-20 % määräyksiä parempi energiatehokkuus MUTTA tämä lisää toisaalta elinkaarivaiheiden A1 ja A3 päästöjä, joten vaikutukset tulee arvioida kokonaisuutena.
2. Tiiveyden parantaminen rakenteissa ja kylmäsiltojen välttäminen (esim. kaikki ikkunat eivät ole lattiatasoon asti auki).
3. Ikkunoiden ja ovien valinta painottamalla U-arvoa. Varustelun miettiminen mm. sälekaihtimet, jotka olisi viisainta olla seisokkiaikoina kesäkausina kiinni.
4. Valitsemalla ikkunoiden ja suurien lasijulkisivujen sijainnit sekä koot ilmansuuntien mukaan. Fiksut aukotukset vaipparakenteessa.
5. Valitaan energiatoimittajia, jotka käyttävät energiantuotannossa uusiutuvia energialähteitä tai tehokkaita sähköntuotantoprosesseja
6. Parantamalla LTO:n suhdetta pääilmanvaihtokoneissa. Muistettava tietenkin koneen kustannukset vs. takaisinmaksuaika energiansäästön näkökulmasta.
7. Tila-kohtainen ilmanvaihto sekä valaistus. Huomioiden tiloissa järjestettävän opetuksen sekä hetket jolloin tyhjillään (esim. ilmanvaihdon pienennys ja valaistus kytketty pois automaattisesti)
8. Suosimalla pitkiä takuuajkoja
9. Varmistamalla, että huoltoa vaativille koneille ja laitteille on vapaa pääsy sekä laitteet on merkattu selkeästi. Vaikutusta mm. ilmanvaihtokoneiden suodatinten vaihtoon.

## 10.5 ”C1-C4 Elinkaaren loppu” GWB vähennystoimenpiteet ja kustannuksien vähentäminen

1. Suunnittelemalla rakenteet helposti purettavaksi, uudelleenkäytettäväksi ja kierrätettäväksi
2. Rakenneosat ovat selkeästi eroteltavissa purkuvaiheessa.
3. Rakennusaikaiset dokumentit ovat myös taltioituna mm. asennusjärjestys sekä asennussuunnitelmat, jotka ovat hyödynnettävissä rakennuksen elinkaaren loppuvaiheessa.

## 11 One Click LCA laskentatyökalun kuvaus

Laskenta suoritettiin käyttämällä One Click LCA laskentatyökalua. Työkalu on täysin yhteensopiva EN 15978 standardin kanssa. One Click LCA on kolmannen osapuolen varmistama ITB:n toimesta seuraaville LCA-standardeille: EN 15978, ISO 21931-1 ja ISO 21929 ja data vaatimuksille ISO 14040 ja EN15804. Viralliset dokumentit ovat löydettävissä tästä linkistä:

<https://www.oneclicklca.com/wp-content/uploads/2016/11/360optimi-verification-ITB-Certificate-scanned-1.pdf>.

### ITB-organisaatiokuvaus

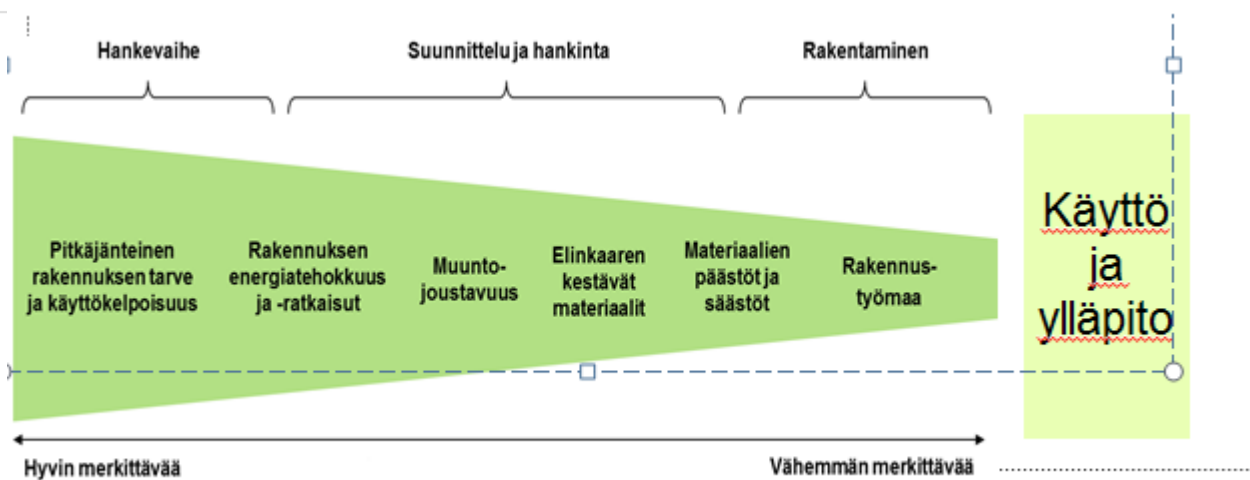
“ITB is a certification organization and a Notified Body (EC registration nr. 1488) to the European Commission designated for construction product certification. Polish Accreditation Board assures the independence and impartiality of ITB services (Accreditation Certificates are: AB 023, AC 020, AC 072, AP 113). ITB activities are conducted in accordance to the requirements of the following assurance standards: ISO 9001, ISO/IEC 27001, ISO/IEC 17025, EN 45011, and ISO/IEC 17021.”

## 12 Pohdinta kohteen LCA-laskennasta

Vertailutietojen saamiseksi One Click LCA-ohjelmasta saadut materiaalien kilomäärät syötettiin myös Ympäristöministeriön lausuntokierroksella olleeseen suppean hiilijalanjäljen laskentamenetelmää tukevaan Exceliin. Vertailu suoritettiin elinkaaren vaiheille A1-A3, suurimpana erona oli, että materiaalien tietokantana oli käytetty Excelissä VTT-keskiarvoja materiaaleille (kg CO<sub>2</sub>e/kg). Tämä poikkesi Bionovan One Click LCA ohjelmasta, jossa käytettiin tuotekohtaisia EPD-arvoja. Tuloksissa olikin osaltaan myös tästä johtuen lähes 30 % ero A1-A3 vaiheiden osalta (One Click LCA 843 902 kgCO<sub>2</sub>e ja YM:n Excel 1 089 987 kgCO<sub>2</sub>e). Muilta osin Excel oli vielä keskeneräinen eikä se ollut varsinaisella lausuntokierroksella vielä.

Kontioniemen koulun lähtötietojen osalta on todettava, että pelkät 2D-dokumentit sekä suunnitteluasiakirjat lisäävät osaltaan työmäärää elinkaaren hiilitaselaskelmien osalta. Käytettyjen tuotteiden jäljitys ja määrien saaminen vaivalloista 2D-kuvista. Myös ARK- ja RAK-kuvien osalta oli huomattavissa eroavaisuuksia keskenään ja tällöin laskijan on tehtävä oletuksia syötettäessä tietoja ohjelmaan. Tällöin on mietittävä myös tietojen luotettavuusastetta sekä tuloksien oikeellisuutta. Tämä tulee kyseeseen etenkin pohdittaessa mikä on lopullinen toteutus työmaalla sitten aikanaan. Toteutuvatko suunnitellut toimenpiteet käytännön toteutuksessa ja ovatko rakennukseen päätyvät materiaalit samoja kuin esim. mitä rakennetyypeissä on mainittu?

Nykyisellään toteutettaessa LCA-laskennasta muodostuu yksi kuluerä lisää rakentamiseen, ellei sitä integroida jo alkuvaiheessa osaksi hankkeen suunnittelua. Tällöin vaikuttamismahdollisuudet hiilijalanjäljen pienentämiseksi ovat laajemmat ja kustannukset näiden toteuttamiselle ovat myös alhaisemmat (kuva 9.) Tämä vaatii tilaajalta kuitenkin enemmän toimenpiteitä sekä halua vaatia hiilijalanjäljen huomiointia rakennushankkeen koko prosessin aikana.



Kuva 9 Lähde: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/>

Vaativalla suunnittelulta BIM-tietomallien hyödyntämistä sekä käyttöä voidaan edistää paitsi hiilijalanjäljenlaskennan kustannuksia (lyhyempi laskenta-aika verrattuna 2D-dokumenttien pohjalta tehtyyn laskentaan) myös vähentää suunnittelu-aikaa sekä työmaavaiheen kestoa. Tämä saadaan aikaan edistämällä dokumentoinnin laatua sekä tehostamalla suunnitelmien keskinäistä tarkastelua.

Uuden toimintavan käyttöönotto vaatii kuitenkin laajempaa yhteistyötä ja avoimuutta tietojen jakamiselle hankkeen osapuolten kesken: vältetään kahteen kertaan tekeminen.

Hiilijalanjäljen laskenta on tällä hetkellä eri konsulttien sekä asiantuntijoiden suorittamaa erillistä työtä, joka ei ole suoraan sidottu suunnittelun toteutukseen. Kyseinen tapa ei ole kuitenkaan oikea pitkällä aikavälillä. Tavoitteena tulisi olla tilanne, jossa jokainen suunnittelija pystyy jo alkuvaiheessa itsenäisesti arvioimaan eri vaihtoehtojen hiilijalanjälkeä sekä vaikutusta kokonaisuutena rakennuksen hiilijalanjälkeen. Tähän tavoitteeseen päästäänkin lisäämällä suunnittelijoiden, viranomaisten sekä rakennushankkeeseen osallistuvien osapuolien koulutusta sekä tarjoamalla yksinkertaisia toimintatapoja hiilijalanjäljen huomioimiseen.

## Lähdeluettelo

Trine D.Pettersen, Construction Products Norway.2016. Nordic guide to sustainable materials.

[http://ngbc.no/wp-content/uploads/2016/05/Nordic-Guide-to-Sustainable-Materials\\_report\\_WP3\\_final.pdf](http://ngbc.no/wp-content/uploads/2016/05/Nordic-Guide-to-Sustainable-Materials_report_WP3_final.pdf)

Karin Flury, Rolf Frischknecht.2012. Life Cycle Assessment of Rock Wool Insulation : Flumroc AG (tilaaja).

EeBGuide: Operational guidance for Life Cycle Assessment studies of the Energy Efficient Buildings Initiative: <https://www.eebguide.eu/>

Sustainability and performance assessment and benchmarking of buildings.2012:VTT.

[https://www.oegut.at/downloads/pdf/bi\\_superbuildings-final-report.pdf](https://www.oegut.at/downloads/pdf/bi_superbuildings-final-report.pdf)

ILCD Handbook. Institute for Environment and Sustainability in the European Commission Joint Research Centre (JRC). <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ilcdHandbook.html>

Jouni Punkki.Rakentamisen ekologisuus.

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030305.pdf>

Rakennusteollisuus.Kestävä rakentaminen. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/>

**Liitteet****Liite 1, Bill of Materials (materiaaliluettelo) full****Liite 2, Bill of Materials (materiaaliluettelo) simple****Liite 3, EPD sources****Liite 4, LCA-results full****Liite 5, LCA-results simple****Liite 6, LCC-results simple****Liite 7, Kontioniemen koulu-budjetoidut kustannukset**