

Vastaanottaja

Combient Pure, NCC & Stora Enso

Asiakirjatyyppi

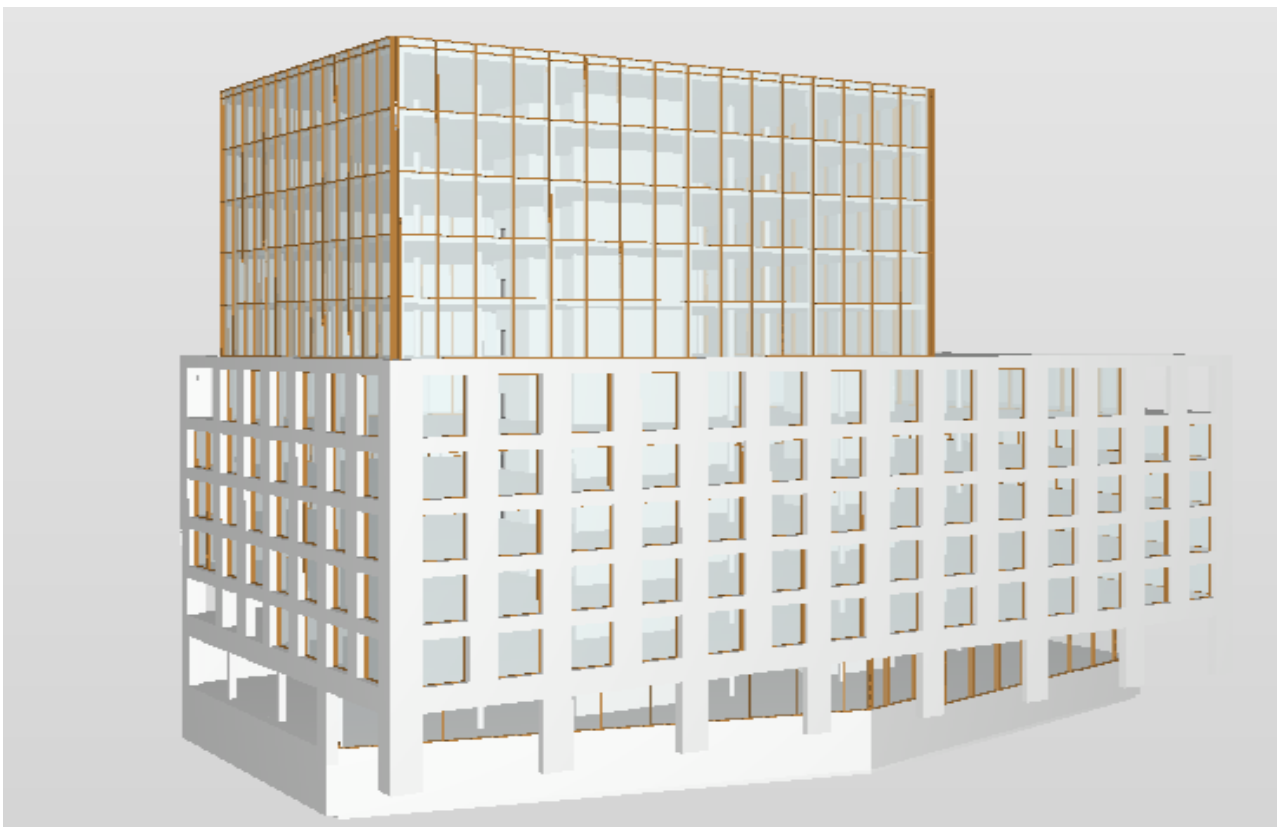
Raportti

Päivämäärä

13.5.2022

COMBIENT PURE

VÄHÄHIILISEN RAKENTAMISEN PÄÄSTÖVERTAILULASKELMAT - TOIMISTO



**COMBIENT PURE
VÄHÄHIILISEN RAKENTAMISEN
PÄÄSTÖVERTAILULASKELMAT - TOIMISTO**

Projekti **Vähähiilisen rakentamisen päästövertailulaskelma - toimisto**
Vastaanottaja **Combient Pure, NCC & Stora Enso**
Asiakirjatyyppi **Hiilijalanjäljen laskentareportti**
Versio **13.05.2022**
Laatija **Henna Näsänen**
Tarkastaja **Sanni Reijonen**
Kuvaus **Rakennuksen ilmast selvitys – Ympäristöministeriön rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä (versio 2021)**

Ramboll
PL 25
Itsehallintokuja 3
02601 ESPOO

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
<https://fi.ramboll.com>

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	2
1.1	Arviointikohteen perustiedot	2
2.	Rakennuksen vähähiilisyiden arviointimenetelmä 2021	4
2.1	Elinkaaren vaiheet ja systeemirajaus	4
3.	Rakennuksen elinkaaren ilmastovaikutukset – Tulokset	7
3.1	Betonirakenteinen toimistorakennus	7
3.1.1	Tulosten tulkinta – betoninen toimistorakennus	10
3.2	Puurakenteinen toimistorakennus	10
3.2.1	Tulosten tulkinta – puurakenteinen toimistorakennus	13
	Liite 1 - Käytetyt ympäristöselosteet	15

1. JOHDANTO

NCC, Stora Enso, Combient Pure ovat tehneet yhteistyötä puurakentamisen kehittämiseksi. Osana kehitystyötä laskettiin hiilijalanjäljet betonielementeistä rakennettavalle toimistorakennukselle sekä kohteesta mukautetulle CLT-betoni-puurakenteiselle kohteelle, jossa on hyödynnetty vähähiilisiä materiaaliratkaisuja. Tässä raportissa käydään läpi lasketut ilmastovaikutukset näillä kahdella eri suunnitteluratkaisulla.

Ilmastovaikutukset arvioitiin elinkaariarviointimenetelmällä (LCA, Life Cycle Assessment) hyödyntäen Ympäristöministeriön julkaisemaa rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmää (versio 2021). Laskennan käyttötarkoituksen ja käytettävissä olevien lähtötietojen takia laskennan rajausta mukautettiin tarvittavin osin menetelmän mukaisesta. Kyseinen menetelmä pohjautuu Euroopan komission laatimaan Level(s)-menetelmään sekä kestävästä rakentamisesta koskeviin standardeihin (mm. EN 15643, EN 15978, EN 15804 ja EN ISO 14067).

Rakennuksen elinkaaren ilmastovaikutukset arvioitiin OneClickLCA-laskentatyökalulla. Elinkaariarviointimenetelmän lopputuloksena saatiin, että betonirakenteisen toimistorakennuksen elinkaaren ilmastovaikutukset 50 vuoden arviointiajanjaksolla ovat lämmitettyyn nettoalaan ja arviointiajanjaksoon suhteutettuna 17,43 kg CO₂e/m²/a. Puurakenteisen toimistorakennuksen hiilijalanjälki on vastaavalla ajanjaksolla 14,82 kg CO₂e/m²/a. Betoni- ja puurakennuksen rakennuspaikan hiilijalanjälki on jätetty Ympäristöministeriön vähähiilisyyden arviointimenetelmästä poiketen arvioinnin ulkopuolelle.

1.1 Arviointikohteen perustiedot

Arviointikohteen perustiedot molemmissa tarkastelluissa tapauksissa on koottu taulukkoon 1. Betonirakennus on tyypillinen teräsbetonirakenteinen rakennus, jossa rakennuksen syvärunkoisen alaosan ulkoseinät ovat betonielementtejä ja rakennuksen torniosan ulkoseinät termorankaseiniä. Väli- ja yläpohjat ovat ontelolaattarakenteisia, alapohja maanvarainen teräsbetonilaatta sekä kantavat seinät teräsbetonisia.

Puurakenteisen toimistorakennuksen ulkoseinät, kantavat seinät ja alapohja ovat vastaavat kuin betonirakenteisessa toimistossa ja ensimmäisten kerrosten osalta kohde vastaa betonista toimistorakennusta. Erot rakenteissa ovat ylemmissä kerroksissa, joissa pilarit ovat liimapuupilareita, palkit liimapuu- ja teräspalkkeja, välipohjat CLT-laattaa sekä yläpohja LVL-kotelolaattaa.

Molemmissa suunnitteluratkaisuissa ostoenergiankulutus on oletettu samaksi. Betoni- ja puurakenteisen toimiston pinta-alat ovat lähes vastaavat ja laskennan laajuus ja sisällytettävät rakenneosat ovat arvioinneissa samat. Molemmissa rakennuksissa on torniosa, mutta puurakenteisessa toimistorakennuksessa se on laajuudeltaan betonirakenteista toimistorakennusta aavistuksen pienempi rakenteellisista syistä.

Taulukko 1. Arviointikohteen perustiedot.

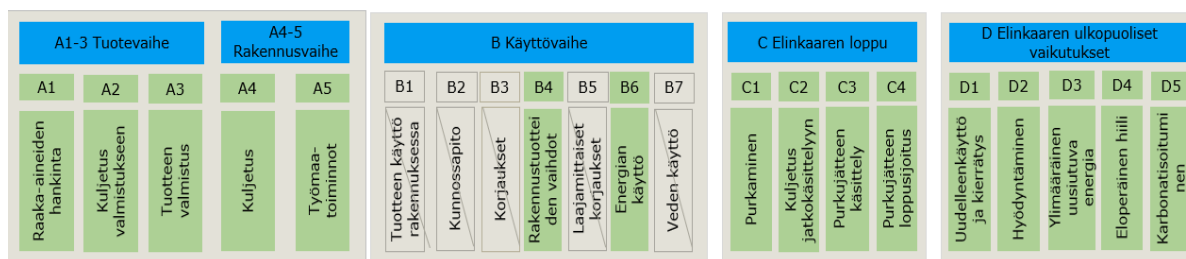
Rakennuskohteen nimi	
Rakennustunnus	-
Osoite	-
Rakennustyyppi	Toimisto
Rakennusvuosi	2022
Bruttoala	16600 brm ²
Kerrosala	
Lämmitetty nettoala	15 091 m ²
Kerrosten lukumäärä	11
Kellarikerrosten lukumäärä	-
Runkorakenteiden käyttöikä	Betonikohde:100 vuotta Puukohde: 100 vuotta
Pääasiallinen runkomateriaali	Betonikohde: teräsbetonirakenteinen Puukohde: CLT & LVL (1.-2.krs betonirakenteinen)
Lämmitysmuoto	Maalämpö + kaukolämpö
Perustus	Ei sisällytetty arviointiin. Ei tiedossa.
Julkisivu	Betoni ja puu: Alaosa julkisivutiili, torniosa julkisivulevy
Energialuokka	A
Laskennallinen ostoenergian kulutus	Sähkö: 768 MWh Kaukolämpö: 493 MWh Kaukojäähdytys: 102 MWh
Tontin pinta-ala	Rakennuspaikka ei tiedossa.
Arvioinnin laatija	
Nimi	Henna Näsänen
Koulutus	DI
Ilmastaselvityksen laadinnan pvm	2.5.2022, päivitetty 13.5.2022
Ilmastaselvityksen päivityksen pvm	-
Arvioinnissa käytetyt tiedot	
Tieto missä laskennan kohdissa on käytetty taulukkoarvoja ja missä tehty tarkka laskenta	Esitetty taulukossa 2.
Käytetyt ympäristöselosteet	Käytetty ensisijaisesti rakentamisen päästötietokannan tyypillisiä GWP-arvoja. Materiaalit, joille on käytetty tuotekohtaisia EPD-selosteita, on esitetty liitteessä 1.
Arvioinnin tekovaihe (rakennuslupa / käyttöönotto)	-
Käytetty laskentaohjelmisto	OneClickLCA
Mahdolliset tietojen luotettavuutta koskevat huomiot	Laskenta rajattiin koskemaan rakenteet alapohjasta ylöspäin.

2. RAKENNUKSEN VÄHÄHIILISYYDEN ARVIOINTIMENETELMÄ 2021

Laskennassa käytetty Ympäristöministeriön rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä määrittää laskennassa käytetyt rajaukset ja oletukset (versio 2021). Arvioinnissa huomioidaan yleensä koko rakennus, tontin rakenteet sekä taloteknisten järjestelmien pääosat, pois lukien tontilla oleva kasvillisuus sekä maaperän tai rakentamisen aikaiset väliaikaiset telineet ja suojaukset. Nyt tarkastelussa rajattiin arviointimenetelmästä poiketen myös tontin rakenteet.

2.1 Elinkaaren vaiheet ja systeemirajaus

Arviointi tehdään rakennuksen koko elinkaaren ajalle huomioimalla alla kuvassa 1 esitetyt elinkaaren vaiheet. Arviointiajanjakson pituus on 50 vuotta.



Kuva 1. Rakennuksen elinkaaren vaiheet.

Tuotteiden valmistus A1-A3

Hiilijalanjälkilaskennassa tuotteiden valmistusvaihe koostuu rakentamisessa käytettävien tuotteiden, materiaalien ja kokoonpanojen valmistamisen päästövaikutuksista. Laskentaan sisällytetyt materiaalivirrat pohjautuvat betoni- ja puutoimistorakennusten tietomalleihin, alustaviin rakennetyyppeihin sekä NCC:n raudoite- ja teräsmääräarvioihin. Päästötiedot on valittu seuraavin periaattein:

1. Ensisijaisesti käytettiin tuotekohtaista ympäristöselostetta niille materiaaleille, joille valittava materiaali ja valmistaja on tiedossa (Stora Enso CLT ja Stora Enso LVL & kotelolaatta).
2. Toissijaisesti ja laskentatapauksessa pääasiallisesti, kansallisen rakentamisen päästötietokannan (co2data.fi) tyypillisin GWP-arvoin (kgCO₂e/kg), koska tarkat tuotevalinnat eivät ole tiedossa.
3. Muutamissa poikkeuksissa, kun ensisijaista tai toissijaista tietoa ei ollut saatavilla, on lisäksi käytetty vastaavien tuotteiden ja tietokantojen ympäristötietoa (Väliseinä- ja termorankarungot Aulis Lundell, deltapalkit Peikko)

Käytetyt päästötiedot on esitetty tarkemmin Liitteessä 1.

Kuljetukset työmaalle A4

Kuljetusmatkojen etäisyyksiä ei arvioitu erikseen tuotteittain. Kuljetusten vaikutus hiilijalanjälkeen on arvioitu käyttämällä kansallisen päästötietokannan rakennuksen lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua arvoa 27 kg CO₂e/m².

Työmaan toiminnot A5

Työmaan päästöt aiheutuvat rakentamisen ja aputoimintojen energiakäytöstä. Päästöjä ei ole arvioitu todellisen kulutuksen mukaan vaan työmaan vaikutukset on arvioitu kansallisen päästötietokannan mukaisesti, joka on toimistolle 78 kg CO₂e/m². Osana työmaa toimintaa on

lisäksi arvioitu materiaaleista työmaalla syntyvä ylijäämä ja hukka rakentamisen päästötietokannan mukaisina prosentuaalisina osuuksina materiaalin määrästä.

Rakennustuotteiden vaihdot B4

Tarkasteluun on sisällytetty tuotteiden vaihdot elinkaaren aikana perustuen rakenneosien arvioituihin käyttöikiin. Tuotteiden käyttöiät on arvioitu rakentamisen päästötietokannan käyttöikäoletuksin. Tuotteet oletetaan vaihdettavan käyttöiän päässä, jos käyttöikä on koko rakennuksen suunniteltua käyttöikää lyhyempi. Päästöt arvioidaan samoin kuin rakentamisvaiheessa (vaihe A1-A3).

Energian käyttö B6

Energiankulutus rakennuksen käyttöjaksolla on arvioitu hankkeen alustavan energiaselvityksen mukaisesti. Energian tuotannon päästöt on laskettu rakentamisen päästötietokannan esittämän hyödynjakomenetelmälaskennan mukaisina (SYKE). Laskennassa käytetyt energian yksikköpäästöt on esitetty Taulukossa 2. Tietokannassa eri vuosina käytetyllä energialla on määritetty oma yksikköpäästönsä. Päästötietokannan kertoimissa on huomioitu fossiilisten polttoaineiden polton hiilidioksidipäästöjen lisäksi polttoaineiden polton metaani- ja typpidioksidipäästöt sekä polttoaineiden tuotannon ja voimalaitosten rakentamisessa syntyvät hiilidioksidi-, metaani- ja typpidioksidipäästöt.

Taulukko 2. Energialähteiden yksikköpäästöt (Rakentamisen päästötietokanta, 02/2022).

kgCO ₂ e/MWh	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
Sähkö	153	89	59	45	34	22	15
Kaukolämpö	147	114	82	54	29	21	15
Kaukojäähdytys	42	26	18	13	10	7	5

Elinkaaren loppu C1-C4

Purkamisen (C1) vaikutuksia ei ole arvioitu hankekohtaisesti vaan sille on käytetty kansallisen päästötietokannan neliöpohjaista arviota, joka on toimistorakennukselle 14 kg CO₂e/m². Elinkaaren loppuvaiheen kuljetukset (C2) on arvioitu oletetuilla kuljetustyypeillä ja -etäisyyksillä hyödyntäen rakentamisen päästötietokannan yksikköpäästötietoja. Jätteenkäsittelyn (C3) ja loppusijoituksen (C4) päästöt pohjautuvat päästötietokannan jätteenkäsittelyn ja loppusijoituksen prosessien yksikköpäästöjen arvoihin materiaalityypeittäin.

D muut vaikutukset

Arviointiin sisällytetään rakennuksen elinkaaren arviointirajauksen ulkopuolisia nettomääräisiin ilmastohyötyihin vaikuttavia tekijöitä, joita ei ilman hanketta syntyisi. Hiilikädenjäljen laskentaan luetaan seuraavat:

- Rakennusosien uudelleenkäytön tai materiaalien kierrätyksen kautta vältetyt päästöt (D1):
 - Betoni, metallit, sora ja laastit: kierrätyshyöty
 - CLT: uudelleenkäyttö ja kierrätyshyöty
- Materiaalien hyödyntäminen kierrätyspolttoaineena tai energiana (D2):
 - EPS-eriste, bitumikatteet, suodatinkankaat: muovin poltto
 - CLT: energiana hyödyntäminen
- Rakennuksessa tai sen tontilla tuotettu ylimääräinen uusiutuva energia (D3). Ei ylimääräistä uusiutuvan energiantuotantoa tässä hankkeessa
- Pitkäaikaisten rakennustuotteiden sisältämä eloperäinen hiili tai tekninen hiili (D4, puupohjaisiin materiaaleihin varastoitunut hiili). Arviointiin voidaan sisällyttää vain ne rakennusosat ja -tuotteet, jotka on suunniteltu pysyväksi rakennuksessa (vähintään 100 vuoden käyttöikä).

- Sementtipohjaisiin tuotteisiin karbonatisoitumisen kautta sitoutuva ilmakehä hiilidioksidi (D5). Karbonatisoitumista ei huomioida tässä hankkeessa, koska betonin sisältämän sementin määrä ja tulevat hyötykäyttöprosessit eivät ole tiedossa.

Taulukossa 3 esitetään betoni- ja puurakenteisten toimistojen arviointiin sisällytetyt rakenneosat ja niiden kuvaukset. Kaikkia arviointimenetelmään lukeutuvia rakenneosia ei ole sisällytetty toimistorakennusten arviointiin, sillä laskennan tarkkuus ja laajuus haluttiin pysyvän samana betoni- ja puukohteella ja kaikkia ratkaisuja ei ollut vielä määritelty laskentoja tehdessä. Niiden ei myöskään arvioitu vaikuttavan ratkaisujen vertailtavuuteen. Laskennan ulkopuolelle on rajattu tontin rakenteet, perustukset, kiintokalusteet, ovet sekä tilapinnoista alas lasketut katot ja kattojen pintamateriaalit.

Taulukko 3. Laskennassa tarkasteltavat rakenneosat (harmaalla maalatut rakenneosat kuuluvat rakennuspaikan hiilijalanjälkeen, muut rakenneosat rakennuksen hiilijalanjälkeen).

Laskennassa tarkasteltavat rakenneosat (YM versio 2021)		Sisällytetty laskentaan	Betonirakenteinen toimisto	Puurakenteinen toimisto
Tontin rakenteet	111 Maatyöt	-		
	112 Tuennat ja vahvistukset	-		
	113 Päälysteet	-		
	115 Alueen rakenteet	-		
Kantavat rakenteet	121 Perustukset	-		
	122 Alapohjat	x	Maanvarainen laatta	vähähiilinen betoni (-20 % tavanomaiseen)
	1231 Väestönsuoja	-		
	1232 Kantavat seinät	x	Teräsbetoni	Vähähiilinen betonielementti
	1233 Pilarit	x	Betonipilarit	1-2 krs. pidetty samana, 3.krs→LVL-pilarit
	1234 Palkit	x	Deltapalkit	1-2 krs. pidetty samana (deltapalkki vihreä). 3krs →LVL-palkit + WQ-palkit
	1235 Välipohjat	x	Ontelolaatta	CLT-laatta, Ontelolaatat vähähiilisiä, pintavalu vähähiilinen
	1236 Yläpohjat	x	Ontelolaatta	LVL-kotelolaatta
	1237 Runkoportaat	x	Betoniporaat	Pidetty samana
	1241 Ulkoseinät	x	Betonielementti (alaosa) Termorankaelementti (yläosa)	Vähähiilinen betonielementti alaosassa
	1242 Ikkunat	x	Puu-alumiini-ikkunat	Pidetty samana
	1243 Ulko-ovet	-		
	1250 Ulkotasot	-		
1260 Vesikatot	x	Viherkatto	Viherkatto	
Kevyet rakenteet	131 Tilan jako-osat	x	Teräsrakaväliseiniä	Pidetty samana
	132 Tilapinnat (lattiat, sisäkatot, seinät)	x (lattiat, seinät)	Alas laskettuja kattoja ja kattojen pintamateriaaleja ei huomioitu arvioinnissa.	Pidetty samana
	1331 Kiintokalusteet	-		
	134 Hormit ja tulisijat	-		
	135 Tilaelementit	-		
Talo-tekniikka	Lämmitys-, vesi-, viemäri-, ilmastointi-, jäähdytys- ja sähköjärjestelmät	x	Neliöpohjainen arvio talotekniikalle	
	2511 Hissit	x	Lukumäärän perusteella arvioitu	Pidetty samana

3. RAKENNUKSEN ELINKAAREN ILMASTOVAIKUTUKSET – TULOKSET

3.1 Betonirakenteinen toimistorakennus

Betonirakenteisen toimistorakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki on yhteensä 13 150 t CO₂e, kun arviointiajanjaksona on 50 vuotta ja arviointiin on sisällytetty Taulukossa 3 esitetyt rakenneosat. Taulukossa 4 esitetään betonirakenteisen toimistorakennuksen elinkaaren ilmastovaikutukset huomioiden pelkästään rakennuksen ilmastovaikutukset (ei rakennuspaikan). Rakennuksen ilmastovaikutukset esitetään Ympäristöministeriön rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmän (versio 2021) vertailulukuna, eli lämmitettyyn nettoalaan ja arviointiajanjaksoon suhteutettuna.

Taulukossa 4 on esitetty laskettu hiilijalanjälki sekä hiilikädenjälki. Hiilijalanjälki lasketaan moduulien A-C negatiivisten ilmastovaikutusten summana ja se kuvaa sitä, kuinka paljon rakennuksen elinkaaren aikana aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä hiilidioksidiekvivalentteina. Hiilikädenjäljellä taas tarkoitetaan sellaisia ilmastohyötyjä, joita rakennuksen elinkaaren aikana voidaan saavuttaa ja joita ei syntyisi ilman rakennushanketta ja siihen lasketaan yhteen moduulin D mukaiset tekijät, hiilikädenjäljen laskentaa ei hankkeessa voitu toteuttaa kaikkien tekijöiden osalta tarkkojen lähtötietojen puuttuessa.

Taulukko 4. Betonirakenteisen toimistorakennuksen elinkaaren ilmastovaikutuksen tulokset 50 vuoden arviointiajanjaksolla.

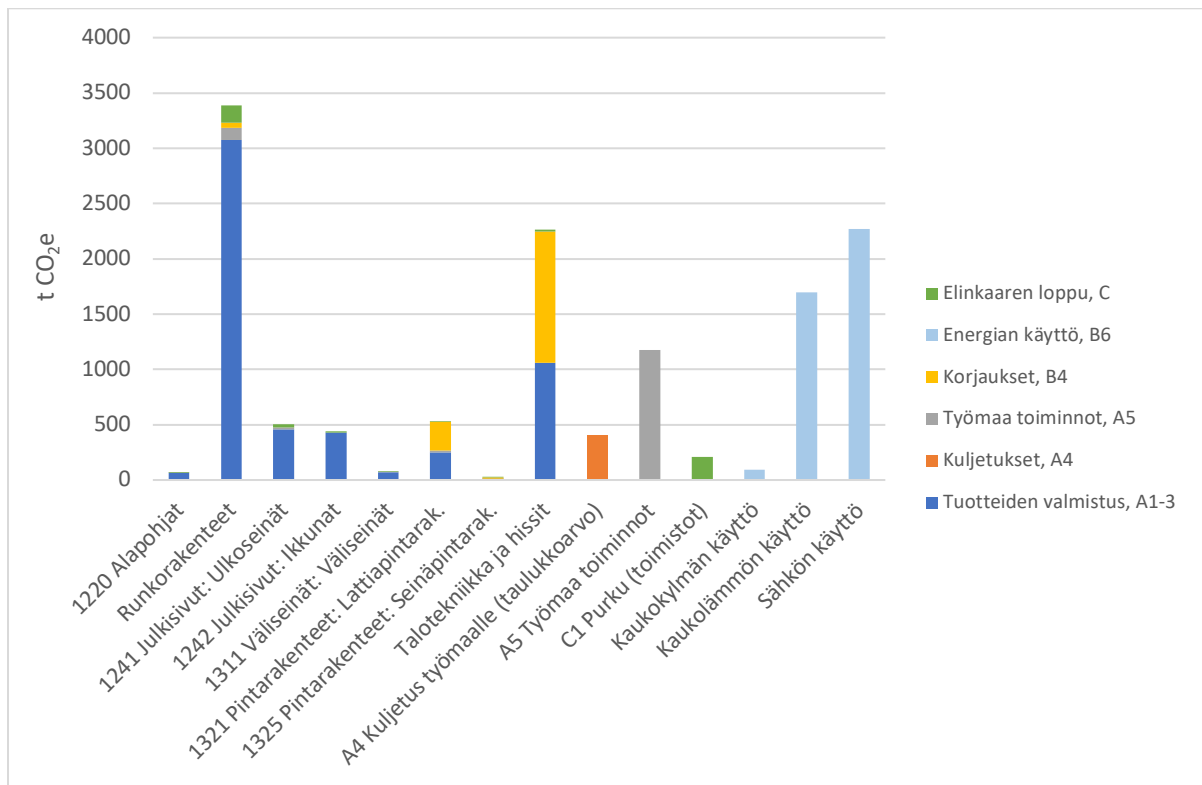
	Rakennus kg CO ₂ e/m ² /a*
A. Ennen käyttöä	9,47
B. Käytön aikana	7,38
C. Käytön jälkeen	0,58
Hiilijalanjälki yhteensä	17,43
D1 & D2 uudelleenkäyttö, kierrätys ja hyödyntäminen energiana	<i>Ei voitu määrittää</i>
D3. Ylimääräinen uusiutuva energia	-
D4. Hiilivarastovaikutus	0
D5. Karbonatisoituminen	<i>Ei voitu määrittää</i>
Hiilikädenjälki yhteensä	0

*tulokset on esitetty suhteessa rakennuksen lämmitetty nettoalaan 15 091 m² ja arviointiajanjaksoon 50 vuotta.

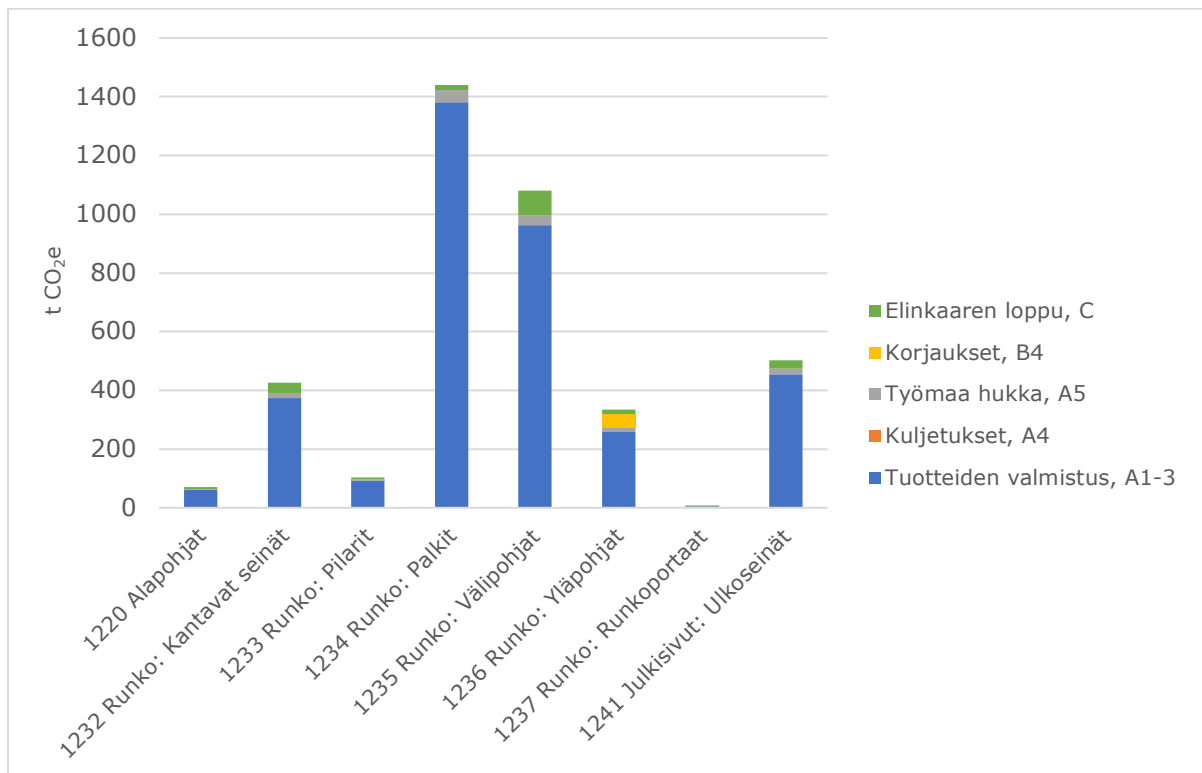
Taulukossa 5 ja kuvassa 2 esitetään betonirakenteisen toimiston elinkaaren ilmastovaikutukset, jotka aiheutuvat eri rakenteista, järjestelmistä ja energiamuodoista. Kuvassa 3 on esitetty tarkemmin alapohjan, runkorakenteiden ja ulkoseinien ilmastovaikutukset elinkaaren eri vaiheissa.

Taulukko 5. Teräs-betonirakenteisen toimistorakennuksen elinkaaren ilmastovaikutukset eli hiilijalanjälki.

	Ennen käyttöä A1-A5	Käytön aikana B4 +B6	Käytön jälkeen C	Hiilijalanjälki kg CO ₂ e/m ² /a	Hiilijalanjälki t CO ₂ e
1220 Alapohjat	0,09	0,00	0,01	0,09	70
1232 Runko: Kantavat seinät	0,52	0,00	0,05	0,56	426
1233 Runko: Pilarit	0,13	0,00	0,01	0,14	103
1234 Runko: Palkit	1,89	0,00	0,02	1,91	1439
1235 Runko: Välipohjat	1,32	0,00	0,11	1,43	1080
1236 Runko: Yläpohjat	0,36	0,06	0,02	0,44	334
1237 Runko: Runkoportaat	0,01	0,00	0,00	0,01	6
1241 Julkisivut: Ulkoseinät	0,63	0,00	0,04	0,67	502
1242 Julkisivut: Ikkunat	0,57	0,00	0,01	0,58	438
1311 Väliseinät: Väliseinät	0,10	0,00	0,00	0,10	76
1321 Pintarakenteet: Lattiapintarak.	0,35	0,35	0,00	0,71	533
1325 Pintarakenteet: Seinäpintarak.	0,02	0,02	0,00	0,03	25
Talotekniikka	1,32	1,48	0,03	2,83	2133
2511. Hissit	0,02	0,02	0,00	0,05	34
S212. Sähkön tuotantojärj. ja -laitteistot	0,07	0,07	0,00	0,13	99
A4 Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0,54			0,54	407
A5 Työmaa toiminnot	1,56			1,56	1177
C1 Purku (toimistot)			0,28	0,28	211
Kaukokylmän käyttö		0,12		0,12	91
Kaukolämmön käyttö		2,25		2,25	1698
Sähkön käyttö		3,01		3,01	2271
Yhteensä rakennuksen hiilijalanjälki, kgCO₂e/m²/a	9,47	7,38	0,58		
Yhteensä rakennuksen hiilijalanjälki, t CO₂e	7147	5567	439		
Osuus kokonaishiilijalanjäljestä	54 %	42 %	3 %		



Kuva 2. Betonisen toimistorakennuksen elinkaaren ilmastovaikutukset (ei sisällä rakennuspaikan päästöjä).



Kuva 3. Betonisen toimistorakennuksen runkorakenteiden ilmastovaikutukset elinkaaren eri vaiheissa.

3.1.1 Tulosten tulkinta – betonirakenteinen toimistorakennus

Arvioinnin perusteella betonirakenteisen toimiston rakennusmateriaalien valmistaminen aiheuttaa merkittävän osan (41 %) koko rakennuksen elinkaaren ilmastovaikutuksista. Suurin vaikutus valmistamisen päästöihin on rakennuksen runkorakenteilla (26 % elinkaaren ilmastovaikutuksista) ja talotekniikalla (17 %). Runkorakenteiden päästöjä kasvattavat käytetyt betoni- ja terästuotteet, joiden valmistaminen on hiili-intensiivistä. Talotekniikan päästöjä kasvattaa osaltaan laitteissa käytettävien terästuotteiden hiili-intensiivinen valmistaminen.

Energian käytön päästöt aiheuttavat merkittävän osan käyttövaiheen päästöistä ja 31 % rakennuksen koko elinkaaren ilmastovaikutuksista. Päästöjen arvioinnissa on huomioitu energiantuotannon oletettu vähähiilistyminen tulevaisuudessa. Lisäksi käyttövaiheessa päästöjä aiheutuu korjauksista ja osien vaihdoista, mutta näiden osuus jää energiankäytön päästöihin verrattuna hieman vähäisemmäksi, niiden muodostaessa 11 % koko elinkaaren ilmastovaikutuksista. Korjauksien ja osien vaihtojen päästöjä kasvattaa merkittävästi talotekniikan uusiminen sekä vähäisemmissä määrin lattia- ja seinäpintojen sekä vesikatteen uusiminen.

Kuljetusten, työmaatoimintojen ja elinkaaren loppuvaiheen päästöt jäävät edellä esitettyihin vaiheisiin verrattuna vähäisiksi. Rakentamisen päästötietokannan arvioihin pohjautuvassa työmaavaiheen laskennassa uudistyömaan toimintojen osuus hiilijalanjäljestä on kuitenkin yllättävän suuri lähes 9 %.

3.2 Puurakenteinen toimistorakennus

Puurakenteisen toimistorakennuksen laskennan tulokset eli rakennuksen koko elinkaaren ilmastovaikutukset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Puurakenteisen toimistorakennuksen elinkaaren ilmastovaikutusten tulokset 50 vuoden arviointiajanjaksolla Ympäristöministeriön vertailuvulla.

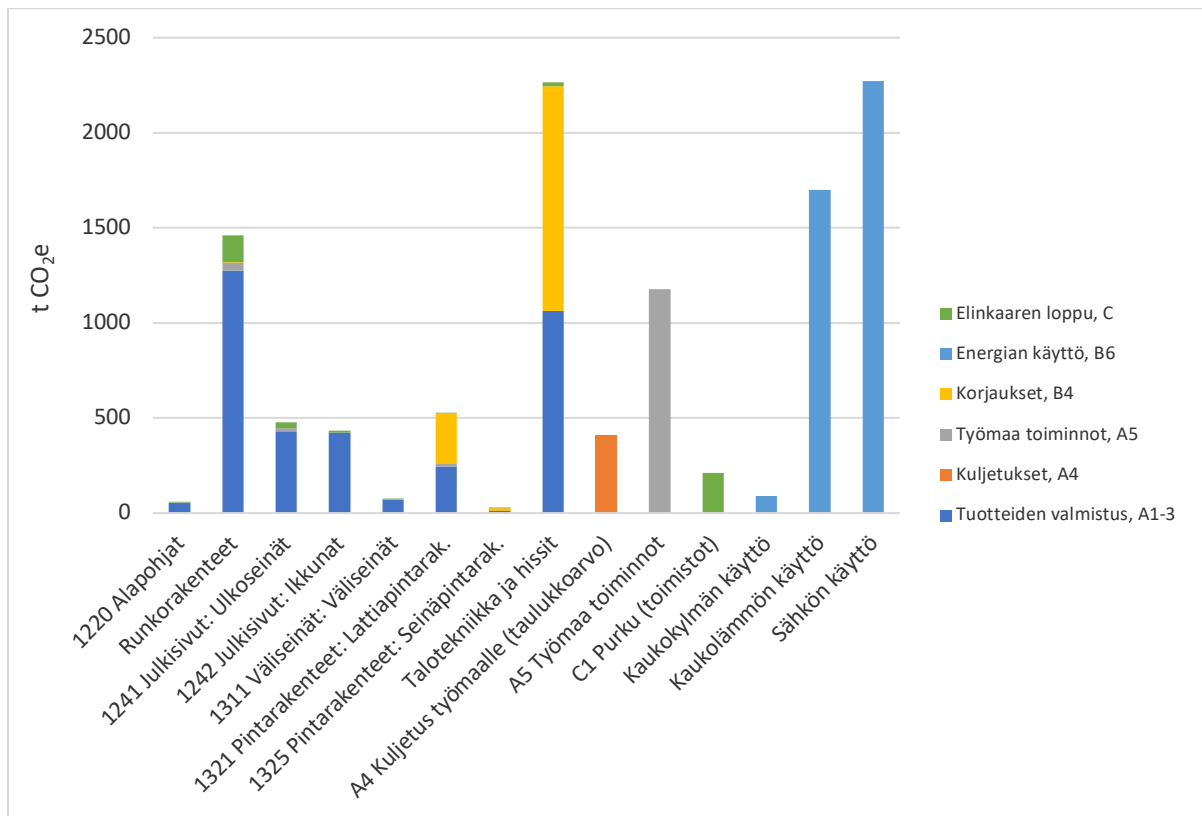
	Rakennus kgCO ₂ e/m ² /a*
A. Ennen käyttöä	6,93
B. Käytön aikana	7,32
C. Käytön jälkeen	0,56
Hiilijalanjälki yhteensä	14,82
D1 & D2 uudelleenkäyttö, kierrätys ja hyödyntäminen energiana	<i>Ei voitu määrittää</i>
D3. Ylimääräinen uusiutuva energia	-
D4. Hiilivarastovaikutus	-3,75
D5. Karbonatisoituminen	<i>Ei voitu määrittää</i>
Hiilikädenjälki yhteensä	-3,75

*tulokset on esitetty suhteessa rakennuksen lämmitetty nettoalaan 15 091 m² ja arviointiajanjaksoon 50 vuotta.

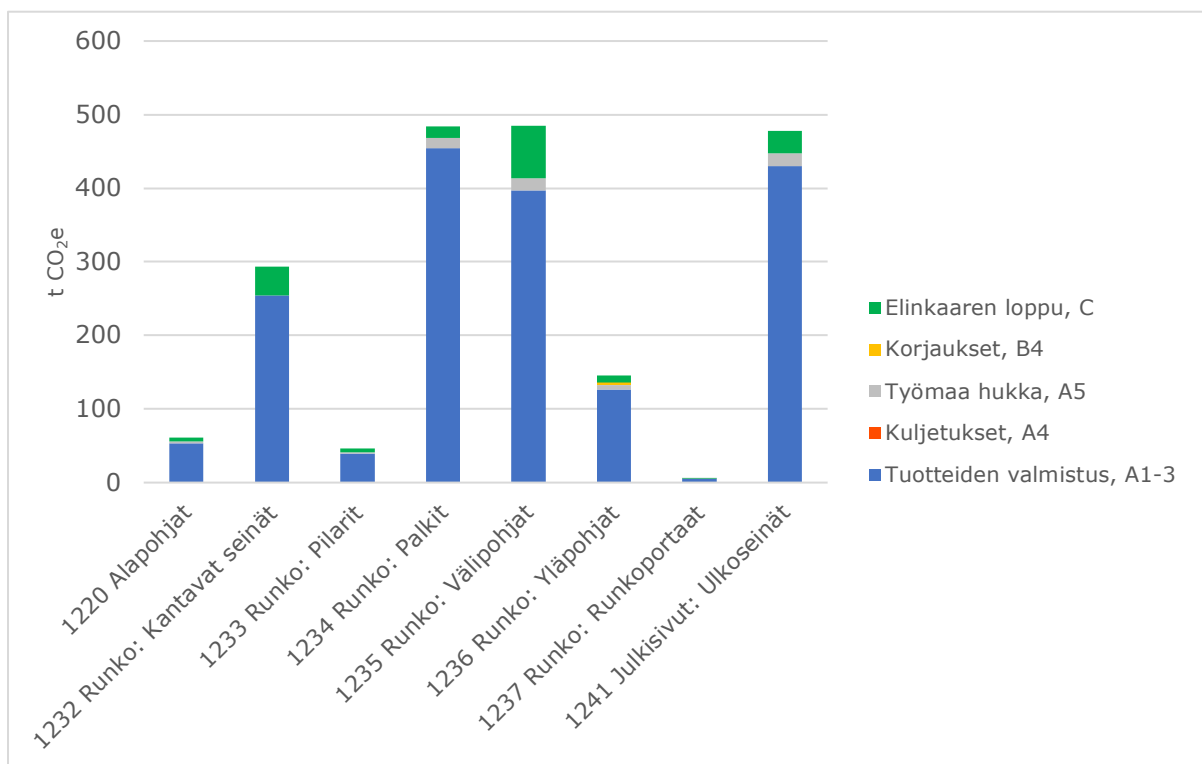
Taulukossa 7 on esitetty ilmastovaikutusten jakautuminen Talo2000-nimikkeistön mukaisiin rakennusosiin, energiankäyttöön, työmaatoimintoihin sekä prosesseihin. Kuvassa 4 on esitetty puurakennuksen ilmastovaikutukset rakenteittain, järjestelmittäin ja energiankäyttöittäin. Kuvassa 5 on esitetty tarkemmin runkorakenteiden elinkaaren ilmastovaikutukset.

Taulukko 7. Puutoimistorakennuksen elinkaaren ilmastovaikutukset eli hiilijalanjälki.

	Ennen käyttöä A1-A5	Käytön aikana B4 +B6	Käytön jälkeen C	Hiilijalanjälki kg CO ₂ e/m ² /a	Hiilijalanjälki t CO ₂ e
1220 Alapohjat	0,07		0,01	0,08	61
1232 Runko: Kantavat seinät	0,34		0,05	0,39	293
1233 Runko: Pilarit	0,05		0,01	0,06	47
1234 Runko: Palkit	0,62		0,02	0,64	484
1235 Runko: Välipohjat	0,55		0,09	0,64	485
1236 Runko: Yläpohjat	0,18	0,01	0,01	0,19	145
1237 Runko: Runkoportaot	0,01		0,00	0,01	6
1241 Julkisivut: Ulkoseinät	0,59		0,04	0,63	478
1242 Julkisivut: Ikkunat	0,56		0,01	0,57	432
1311 Väliseinät: Väliseinät	0,10		0,00	0,10	76
1321 Pintarakenteet: Lattiapintarak.	0,34	0,35	0,00	0,70	527
1325 Pintarakenteet: Seinäpintarak.	0,02	0,02	0,00	0,03	25
Talotekniikka	1,32	1,48	0,03	2,83	2133
2511. Hissit	0,02	0,02	0,00	0,05	34
S212. Sähkön tuotantojärj. ja -laitteistot	0,07	0,07	0,00	0,13	99
A4 Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0,54			0,54	407
A5 Työmaa toiminnot	1,56			1,56	1177
C1 Purku (toimistot)			0,28	0,28	211
Kaukokylmän käyttö		0,12		0,12	91
Kaukolämmön käyttö		2,25		2,25	1698
Sähkön käyttö		3,01		3,01	2271
Yhteensä rakennuksen hiilijalanjälki, kgCO₂e/m²/a	6,93	7,32	0,56		
Yhteensä rakennuksen hiilijalanjälki, t CO₂e	5232	5525	423		
Osuus kokonaishiilijalanjäljestä	47 %	49 %	4 %		



Kuva 4. Puutoimistorakennuksen elinkaaren ilmastovaikutukset (ei sisällä rakennuspaikan päästöjä).

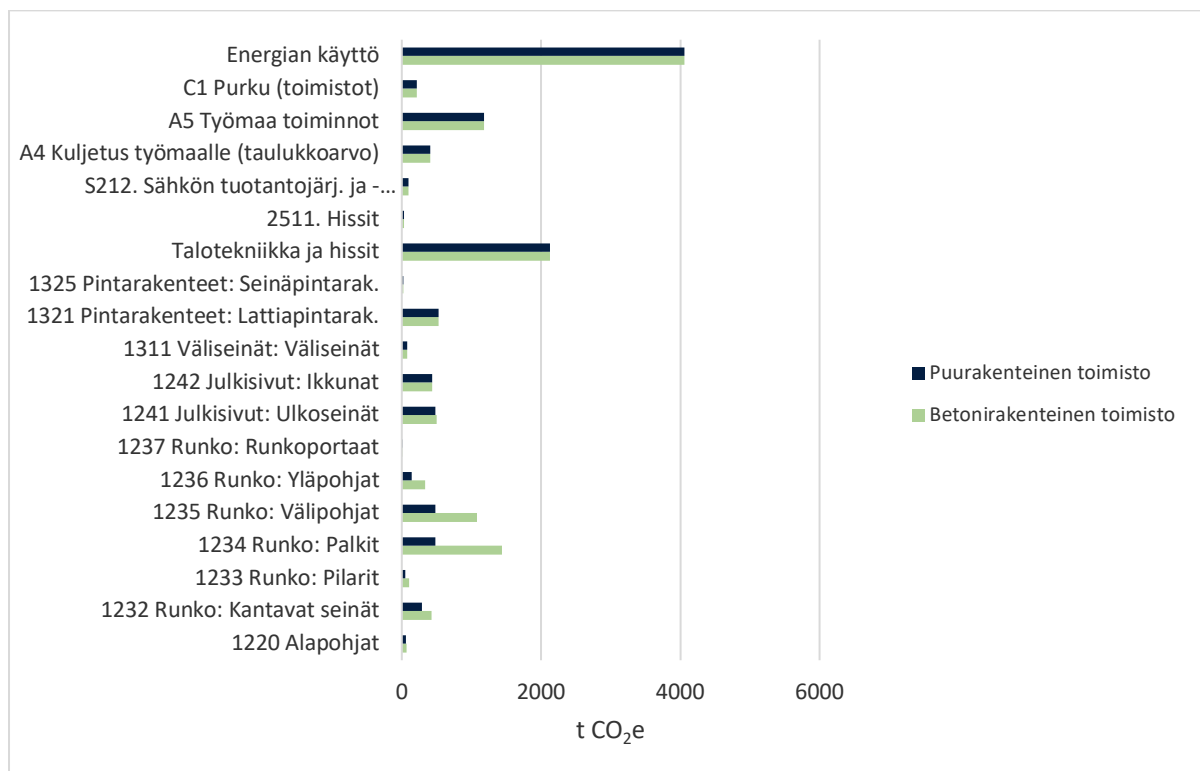


Kuva 5. Puutoimistorakennuksen runkorakenteiden ilmastovaikutukset elinkaaren eri vaiheissa.

3.2.1 Tulosten tulkinta – puurakenteinen toimistorakennus

Puurakenteisen toimistorakennuksen hiilijalanjälkeä on pienennetty betoniseen toimistorakennuksen hiilijalanjälkeen verrattuna vähemmän hiili-intensiivisen materiaalien käytöllä. Suunnitteluratkaisussa on hyödynnetty puuta, ensimmäisissä kerroksissa vähähiilisiä teräspalkkeja ja vähähiilistä betonia ja pintabetonoinneissa vähähiilisiä betonituotteita. Merkittävin vaikutus hiilijalanjäljen pienentämiseksi on vähähiilisen deltapalkin ja liimapuupalkin käyttö, joilla voidaan vähentää puukohteen hiilijalanjälkeä noin 7 % betonirakenteisen toimiston hiilijalanjälkeen verrattuna. Lisäksi hiilijalanjälkeä vähentää merkittävästi ontelolaattarakenteisten välipohjien korvaaminen CLT-rakenteisilla välipohjilla sekä vähähiilisen betonin käyttäminen välipohjarakenteissa (-20 % vähäpäästöisempi tavanomaiseen betoniin verrattuna). CLT-rakenteisilla välipohjilla ja vähähiilisellä pintabetonilla saadaan 5 % vähennys betonisen toimistorakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen verrattuna. Betonipilarien korvaaminen liimapuupilareilla vähentää puutoimistorakennuksen hiilijalanjälkeä noin vajaan prosentin betonirakenteisen toimiston hiilijalanjälkeen verrattuna. Kantavien seinien korvaaminen vähähiilisellä betonilla sekä yläpohjan toteuttaminen LVL-kotelolaatalla puukohteessa vähentävät molemmat noin prosentin verran hiilijalanjälkeä betoniseen toimistorakennuksen verrattuna. Vähähiilisen paikallavalu betonin käyttäminen alapohjarakenteissa vähentää 0,1 % verran puurakenteisen toimiston hiilijalanjälkeä betonirakenteisen toimiston hiilijalanjälkeen verrattuna. Ulkoseinien, ikkunoiden ja lattian pintarakenteiden aiheuttama hiilijalanjäljen ero betoni- ja puurakenteisen toimiston välillä aiheutuu betonirakenteisen toimiston torniosan hieman suuremmasta laajuudesta. Energiankulutuksen päästöt on oletettu molemmissa kohteissa pysyvän samana. Kokonaisuudessaan puurakenteisen toimiston elinkaaren ilmastovaikutukset ovat 15 % pienemmät kuin betonirakenteisen toimiston elinkaaren ilmastovaikutukset ovat.

Kuvassa 6 ja taulukossa 8 esitetään puurakenteisen toimiston hiilijalanjäljen ero betonirakenteisen toimiston hiilijalanjälkeen verrattuna. Taulukossa on esitetty hiilijalanjäljen erotus niille rakenteille, jotka betoni- ja puurakennuksissa eroavat.



Kuva 6. Betoni- ja puurakenteisen toimiston elinkaaren ilmastovaikutukset.

Taulukko 8. Betoni- ja puurakenteisen toimiston hiilijalanjälkien erot.

	Betoninen toimistorakennus		Puurakenteinen toimisto		Hiilijalanjäljen erotus		% -ero
	kgCO ₂ e/m ² /a	tCO ₂ e	kgCO ₂ e/m ² /a	t CO ₂ e	kgCO ₂ e/m ² /a	tCO ₂ e	
1220 Alapohjat	0,09	70	0,08	61	-0,01	-8,53	-12 %
1232 Runko: Kantavat seinät	0,56	426	0,39	293	-0,18	-132,24	-31 %
1233 Runko: Pilarit	0,14	103	0,06	47	-0,07	-55,94	- 55 %
1234 Runko: Palkit	1,91	1439	0,64	484	-1,27	-954,96	- 66 %
1235 Runko: Välipohjat	1,43	1080	0,64	485	-0,79	-595,50	-55 %
1236 Runko: Yläpohjat	0,44	334	0,19	145	-0,25	-188,83	- 57 %
1241 Julkisivut: Ulkoseinät	0,67	502	0,63	478	-0,03	-23,83	-5 %
1242 Julkisivut: Ikkunat	0,58	438	0,57	432	-0,01	-6,36	-1 %
1321 Pintarakenteet: Lattiapintarak.	0,71	533	0,70	527	-0,01	-6,16	-1 %
1325 Pintarakenteet: Seinäpintarak.	0,03	25	0,03	25	0,00	-0,01	0 %
Muuttumattomat rakenteet ja energiankäyttö	10,87	8204	10,87	8204			
Yhteensä	17,43	13 153	14,82	11 180	-2,61	-1972	-15 %

LIITE 1 - KÄYTETYT YMPÄRISTÖSELOSTEET

Betoni- ja puurakennuksen elinkaaren ilmastovaikutusten arvioinnissa on käytetty rakentamisen päästötietokannan kertoimia poikkeuksena taulukossa 9 ja 10 esitetyt materiaalit, joiden osalta laskennassa käytettiin tuotekohtaisia ympäristöselosteita.

Taulukko 9. Käytetyt ympäristöselosteet betonirakenteisen toimiston ilmastovaikutusten arvioinnissa.

Betonirakenteisen toimiston laskennassa käytetyt EPD:t	EPD	EPD-numero
Deltapalkki	EPD Deltabeam, Peikko Group Oy Deltabeam - Finland & Slovak Republic, EN 15804 Environmental product declaration, OneClickLCA Oy, 2015	RTS EPD 10
Termorankarunko	EPD Load bearing steel profile S350+Z	NEPD-1905-832-EN
Väliseinärangat ja -kiskot	EPD Gypsteel profiles	NEPD-1904-832-EN

Taulukko 10. Käytetyt ympäristöselosteet puurakenteisen toimiston ilmastovaikutusten arvioinnissa.

Puurakenteisen toimiston laskennassa käytetyt EPD:t	EPD	EPD-numero
Deltapalkki	EPDDELATABEAM® Green, Painted	RTS_61_20
Termorankarunko	EPD Load bearing steel profile S350+Z	NEPD-1905-832-EN
Väliseinärangat ja -kiskot	EPD Gypsteel profiles	NEPD-1904-832-EN
Ontelolaatta	EPD LOW CARBON HOLLOW CORE SLAB CONSOLIS PARMA	RTS_116_21
CLT-laatta	EPD CLT (Cross Laminated Timber)	S-P-02033
LVL-laatta	EPD LVL (Laminated Veneer Lumber)	S-P-01730
LVL-ripalaatta	EPD LVL kotelolaatta	S-P-01732
Ulkoseinän sisäkuorielementti ja väliseinäelementit (kantavat)	EPD SOLID WALL CONSOLIS PARMA	RTS_151_21
Yläpohja eriste	EPD PAROC Stone Wool Thermal Insulation (eXtra) PAROC Building Insulation	NEPD-2392-1128-EN