PUUINFO

Teollinen puurakentaminen

Ninni Westerholm

Arkkitehti
”Kestävän rakentamisen
jokapaikanhöylä”

Tutkin, suunnittelen, rakennan, opetan ja kuvitan kaikenlaista kestävään rakentamiseen liittyvää

Puh. 0400861347
Ninni.westerholm@tuni.fi

Johdan tällä hetkellä YM:n toimeksiannosta YK:n Kestävän rakentamisen ohjelmalle tehtävää hanketta, jossa kartoitetaan ***kestävien paikallisten rakennus-materiaalien käyttöä kaupungistuvassa Afrikassa sekä luodaan uusi kerrostalokonsepti***

Teen väitöskirjaa Tampereen Yliopiston Teollisen Puurakentamisen Tutkijakouluun. ***Tutkin rakentamisen kiertotaloutta ja miten teollinen puurakentaminen voisi olla osa siirtymää kestävään rakentamiseen***

HELST Arkkitehdeillä ***suunnittelen puurakennuksia, vastaan elinkaariarvioinnista ja autan asiakkaita löytämään kestävämpiä ratkaisuja***

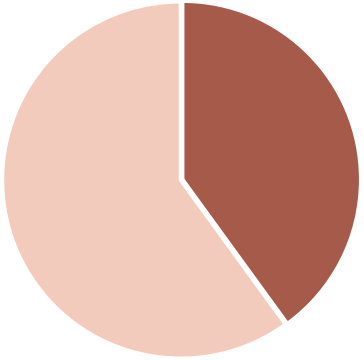
Vastasin tietomalliin kytketyn ***elinkaarilaskenta-työkalu LASKE****:n kehittämisestä. Työkalu ohjaa vähähiiliseen rakentamiseen.*

RAKENTAMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET PÄHKINÄNKUORESSA

Planeetan…

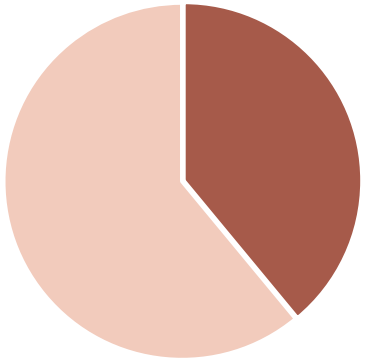
ENERGIA

Rakennusten ja rakentamisen osuus energiankulutuksesta on **36%**[1]



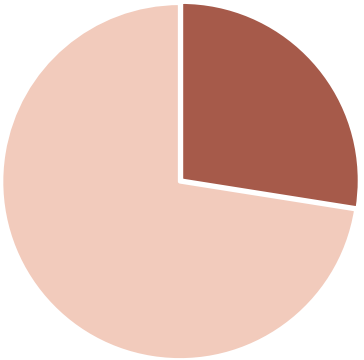
PÄÄSTÖT

Rakennukset ja rakentaminen aiheuttavat **39%** kaikista päästöistä[1]



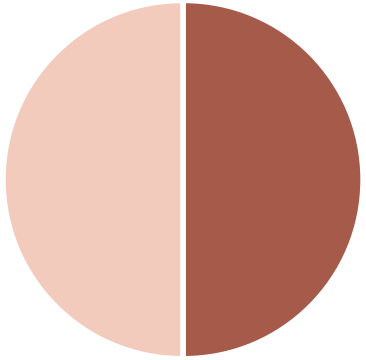
JÄTTEET

Rakentaminen aiheuttaa **40%** jätteistä ja on näin ollen suurin jätteiden aiheuttaja[2]



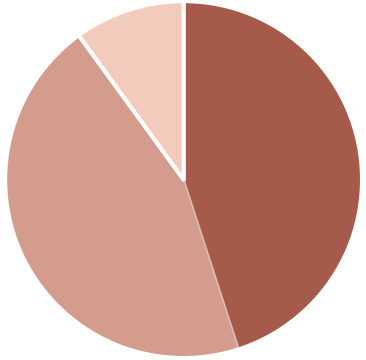
LUONNONVARAT

Rakentaminen ja rakennukset käyttävät **50%** kaikista luonnonvaroista[1]



BIODIVERSITEETTI

Luonnonvarojen louhinta ja prosessointi aiheuttaa **90%** luonnon moni-muotoisuuden kadosta[3]. Rakentamisen osuus kadosta on n. **45%**

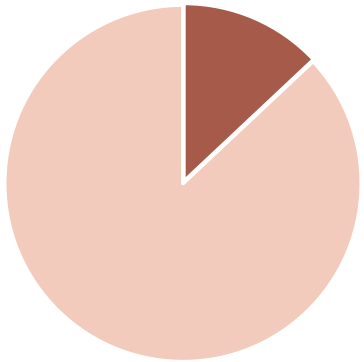


Lähteet: 1. European Commission (EC) 2020, 2. EC 2019, 3. Global ABC 2020, 4. UNEP 2019

Planeetan…

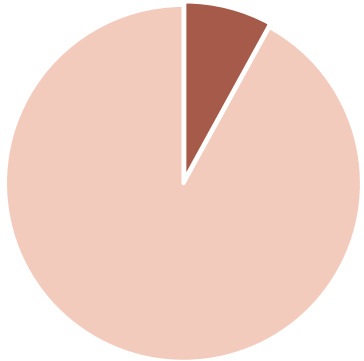
BRUTTOKANSANTUOTE

Rakentamisen osuus bruttokansantuotteesta on **13%**[1]



TYÖLLISTÄVYYS

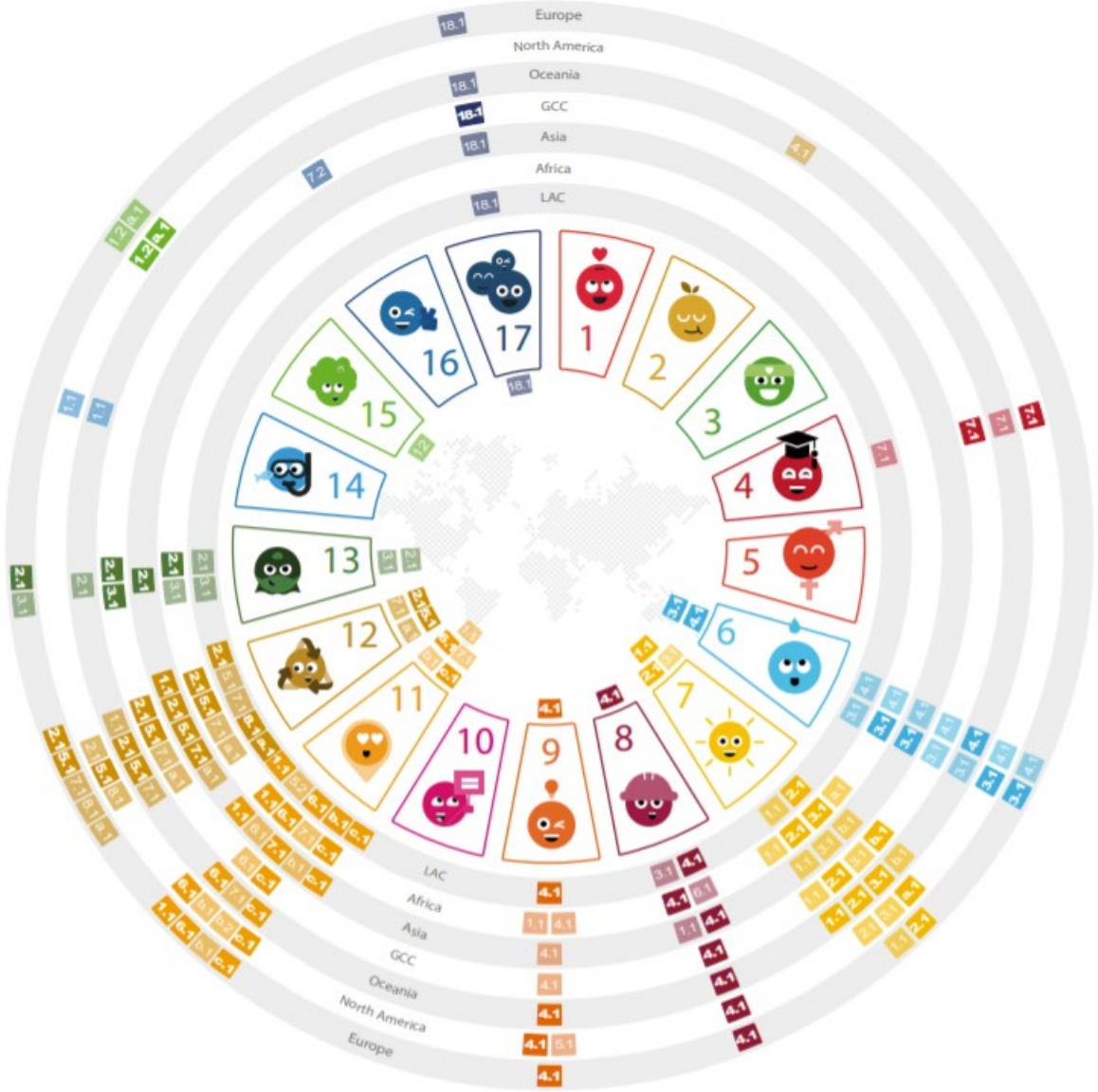
Rakennusala työllistää **8%** väestöstä[2]



Lähteet: 1. UNEP 2019, 2. Oxford Economics 2021

YK:N KESTÄVÄN KEHITYKSEN TAVOITTEET

KESTÄVÄN KEHITYKSEN TAVOITTEET
1 EI KÖYHYYTTÄ
2 EI NÄLKÄÄ
3 TERVEYTTÄ JA HYVINVOINTIA
4 HYVÄ KOULUTUS
5 SUKUPUOLTEN TASA-ARVO
6 PUHDAS VESI JA SANITAATIO
7 EDULLISTA JA PUHDASTA ENERGIAA
8 IHMISARVOISTA TYÖTÄ JA TALOUSKASVUA
9 KESTÄVÄÄ TEOLLISUUTTA, INNOVAATIOITA JA INFRASTRUKTUUREJA
10 ERIARVOISUUDEN VÄHENTÄMINEN
11 KESTÄVÄT KAUPUNGIT JA YHTEISÖT
12 VASTUULLISTA KULUTTAMISTA
13 ILMASTOTEKOJA
14 VEDENALAINEN ELÄMÄ
15 MAANPÄÄLLINEN ELÄMÄ
16 RAUHAA JA OIKEUDEN-MUKAISUUTTA
17 YHTEISTYÖ JA KUMPPANUUS



Yhdistyneiden kansakuntien (YK:n) **kestävän rakentamisen ohjelman** (Sustainable Buildings and Construction programme) teettämän tutkimuksen tulokset siitä, **mitkä kestävän kehityksen indikaattorit ovat tärkeimpiä rakennetussa ympäristössä**.

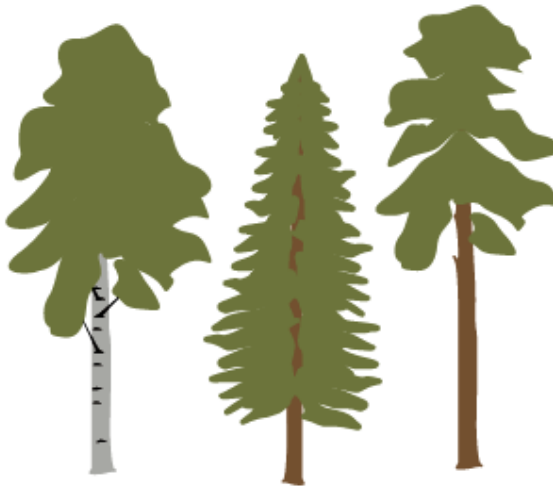
Tummat kentät ovat ensisijaisia indikaattoreita ja haaleammat ovat toissijaisia indikaattoreita. Jokainen kehä edustaa yhtä maanosaa.

Tutkimuksen perusteella on rakennettu **SDG House**, eli kestävän kehityksen tavoitteista rakennettu talo, joka viestii **mitkä kestävän kehityksen tavoitteet ovat oleellisimpia rakennetussa ympäristössä**

TÄRKEÄÄ TERMINOLOGIAA

Hiilinielu

- Hiilinielu on mekanismi tai ekosysteemi, joka **kerää ja varastoi** jotakin hiiltä sisältävää kemiallista yhdistettä, yleensä hiilidioksidia
- Tärkeimmät hiilinielut ovat meret ja metsät
- Metsät ovat puiden ja maaperän sitoutumiskyvyn ansiosta erinomaisia hiilinieluja. Suomen metsien nielu vastaa vuositasolla keskimäärin reilua kolmannesta maan kokonaispäästöistä[1]



1: Maa- ja metsätalousministeriö, 2021

Hiilivarasto

- Hiilen muoto, jossa se **on varastoituneena** esimerkiksi puussa tai muussa biomassassa, eikä siis ole vapaana ilmakehässä
- 1 m^3 puuta on sitonut itseensä n. 1 000 kg hiilidioksidia
- Puun käyttö pitkäikäisissä tuotteissa esimerkiksi rakentamisessa, tekee rakennuksista oivia hiilivarastoja

Hiilijalanjälki

- Hiilijalanjälki kuvastaa jostakin, esim. rakennuksesta, aiheutuvat ilmastohaitat.
- Hiilijalanjäljen arviointi kattaa rakennuksen koko elinkaaren.
- Siihen kuuluvat rakennustuotteiden valmistus, kuljetus ja työmaa, rakennuksen käyttö ja huolto sekä rakennuksen purku ja kierrätys.

Hiilikädenjälki

- Hiilijalanjälki kuvastaa jonkin, esim. rakennuksen, mahdollisia ilmastohyötyjä.
- Hiilikädenjäljen arviointiin sisältyvät sellaisten ilmastovaikutusten nettohyödyt, joita ei syntyisi ilman rakennushanketta. Näitä voivat olla rakennuksen hiilivarastot tai -nielut, rakennuksen elinkaaren aikana tuotettu ylimääräinen uusiutuva energia sekä rakennustuotteiden uudelleenkäytön tai kierrätyksen myötä syntyvät hyödyt.

Hiilidioksidiekvivalentti

- Hiilijalan- ja kädenjäljen yksikkö (CO2e), jossa eri kasvihuonekaasujen ilmastopäästöt on muunnettu hiilidioksidin vastaavaksi vaikutukseksi ilmakehässä

Hiilineutraali

- Palvelu, toiminto tai materiaali, jonka koko elinkaaren aikana tuottamat ilmastopäästöt ovat yhtä suuret kuin sen ilmakehästä poistamat kasvihuonepäästöt
- Hiilijalanjälki - hiilikädenjälki = 0

Hiilinegatiivinen

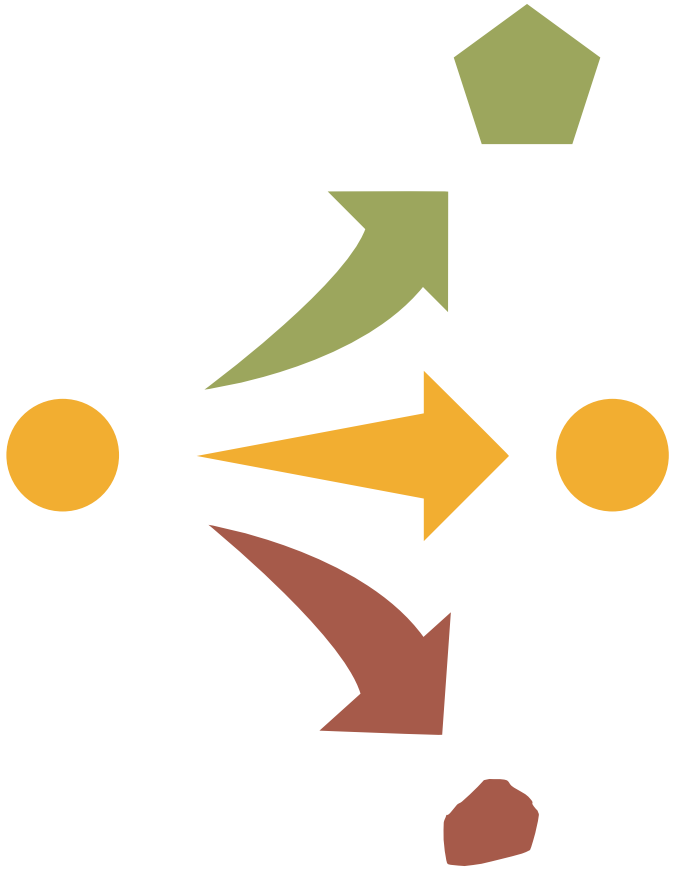
- Palvelu, toiminto tai materiaali, jonka koko elinkaaren aikana tuottamat ilmastopäästöt ovat pienempiä kuin sen ilmakehästä poistamat kasvihuonepäästöt
- Hiilijalanjälki - hiilikädenjälki < 0

Kiertotalous

- Talousjärjestelmä, jossa pyritään toimimaan ympäristömme kantokyvyn rajoissa
- Materiaaleihin / tuotteisiin / yms. sitoutunutta arvoa pyritään säilyttämään tai jopa kohottamaan ajan kuluessa samalla kun pyritään estämään hukkamateriaalien, päästöjen ja jätteiden syntymiset
- Kiertotalouden keinoja ovat mm. tarkoitustaan palvelevien materiaalien ja tuotteiden elinkaarten pidentäminen, korjaaminen ja uudelleenkäyttö

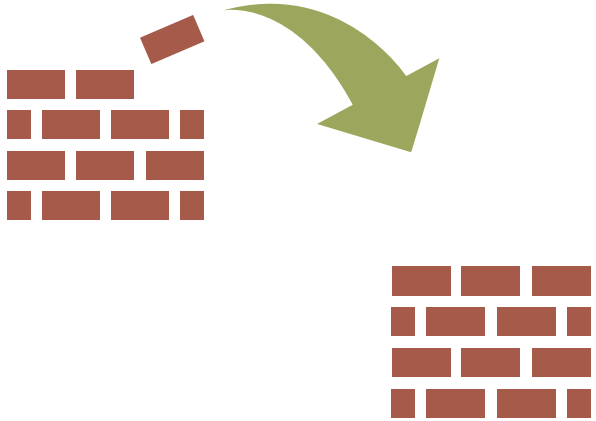
Kierrätys

- Materiaalin / tuotteen käyttäminen sen alkuperäisestä käyttötarkoituksesta poistumisen jälkeen joko uusiokäytön tai uudelleenkäytön kautta. Suomenkielinen termi ei ota kantaa arvon muutokseen, jonka toimenpide aiheuttaa
- Englanniksi kierrätys on jaettu kolmeen kategoriaan riippuen siitä, säilyykö arvo samana, pieneneekö se vai kasvaako se kierrätysprosessin jälkeen: recycling, downcycling, upcycling



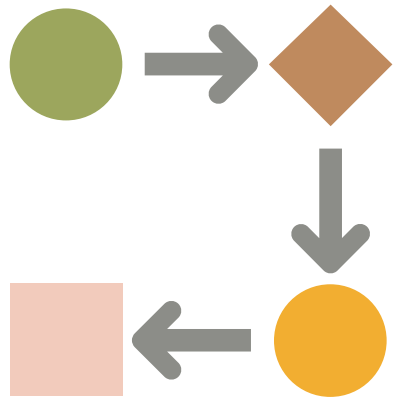
Uudelleenkäyttö

- Alkuperäisestä käyttötarkoituksestaan poistetun hyödykkeen käyttö uudelleen joko sellaisenaan tai korjattuna, samassa tai eri käyttötarkoituksessa
- Esimerkiksi puretun talon tiilien käyttö uuden talon muuraukseen tai ikkunan käyttö puretusta rakennuksesta uudestaan ikkunana tai osana lasijulkisivujärjestelmää toisessa rakennuksessa



Uusiokäyttö

- Alkuperäisestä käyttötarkoituksestaan poistetun materiaalin / tuotteen hyödyntäminen esimerkiksi toisen tuotteen valmistuksessa
- Esimerkiksi puretun massiivipuupalkin työstäminen lastuiksi ja niiden käyttö lastulevyn valmistuksessa



ELINKAAREN VAIHEET JA SIIHEN VAIKUTTAJAT

Tuotteiden valmistus

Materiaalien toimittajat ja tuotteiden valmistajat

Suunnittelu

Asiakkaat, arkkitehdit, suunnittelijat, insinöörit, projektinjohtajat, muut konsultit

Rakennus

Sijoittajat, kiinteistökehittäjät, urakoitsijat, rakentajat, toimittajat, valvojat

Käyttö & ylläpito

Omistajat, käyttäjät, kiinteistönhoito-yhtiöt

Korjaus

Omistaja, urakoitsijat, rakentajat, toimittajat, työnjohtaja, arkkitehdit, suunnittelijat

Purku & kierrätys

Purkamis-, kierrätys- ja jätteenkäsittelyyritykset

Tuotteiden valmistus

Terveellisiä vähäpäästöisiä tuotteita, joilla on pitkä käyttöikä ja joita on helppo huoltaa, korjata ja vaihtaa

Suunnittelu

Kestävä ja mukautuva suunnittelu, joka vastaa omistajien, käyttäjien ja yhteiskunnan tarpeisiin. Design for disassembly, eli ”suunnittelu purettavaksi ja jälleenrakennettavaksi/ kierrätettäväksi”.

Rakennus

Resurssitehokas, jätteetön, tehokas kokoonpano

Käyttö & ylläpito

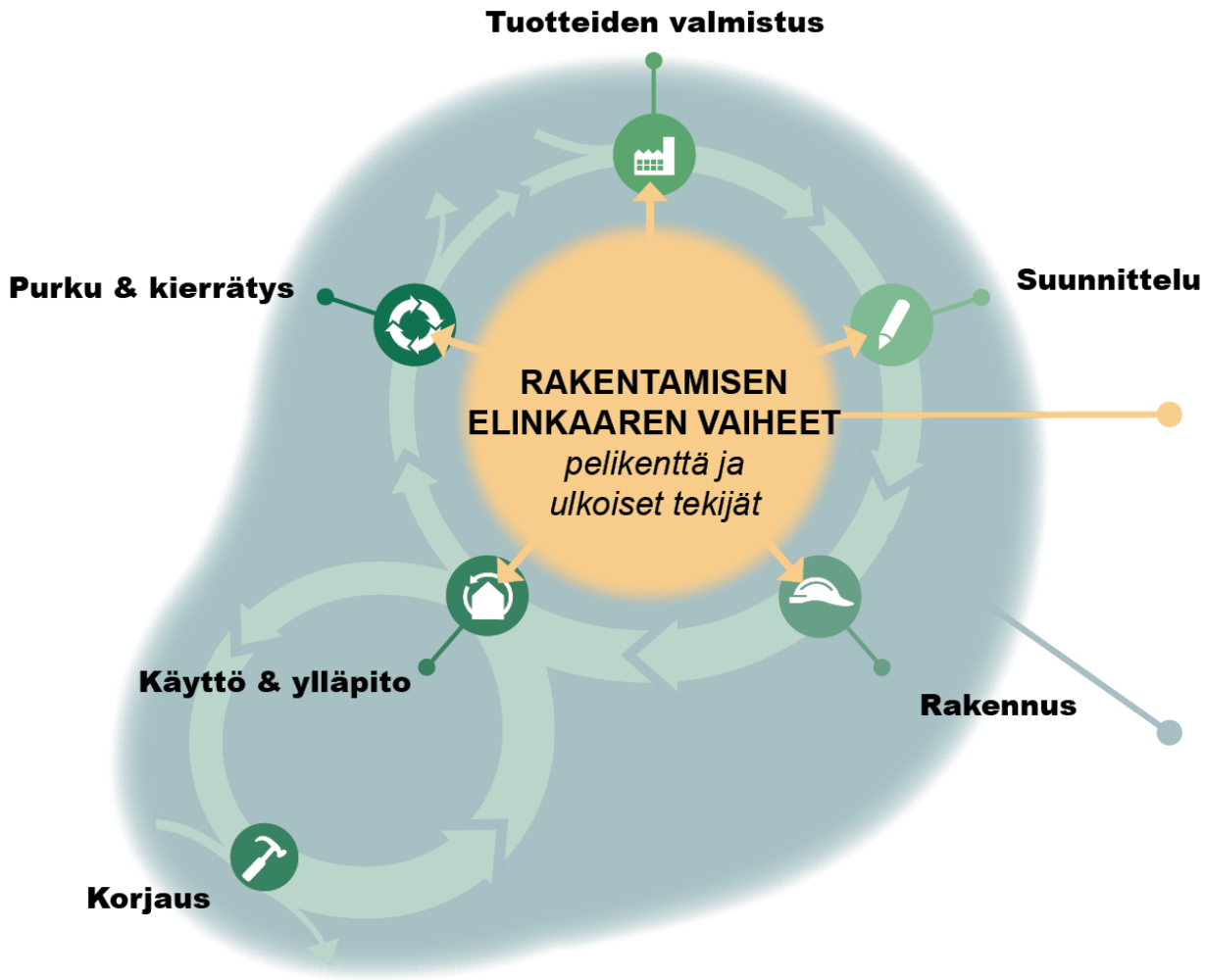
Suorituskyvyn ja päästöjen seuranta, huolellinen huolto, rakennuksen arvon säilyttäminen ja kasvattaminen

Korjaus

Resurssitehokas ja jätteetön korjaaminen, toimitusajassa pysyminen

Purku & kierrätys

Käytettyjä tuotteita, käsiteltyä jätettä



Säännöt, käytännöt ja kannustimet
Paikalliset, alueelliset, kansalliset ja globaalit

Toimivuuden varmistaminen
Suunnittelijat ja urakoitsijat

Logistiikka
Logistiset toimijat

Pätevyys
Kaikki osallistuvat osapuolet

Kaavoitus
Kaupunkisuunnittelijat, sääntelijät, rakennuttajat, kansalaiset

Kiinteistömarkkinat
Vihreät rahastot, pankit, sijoittajat

Rahoitus
Vihreät rahastot, pankit, sijoittajat

ELINKAARIARVIOINTI

Elinkaariarviointi

- Elinkaariarviointi (**LCA**, Life Cycle Assessment) on menetelmä, jolla *arvioidaan tuotteiden/palveluiden ympäristövaikutuksia, luonnonvarojen kulutusta sekä sosiaali- ja talousvaikutuksia.*
- Elinkaariarviointia käytetään myös rakennusalalla, jossa sillä on tärkeä rooli rakennusten *ekologisen kestävyyden arvioinnissa*
- Elinkaariarvioinnissa huomioidaan rakennuksen *koko elinkaari*
  - Raaka-aineiden hankinta & rakennustuotteiden valmistus
  - Kuljetukset & rakentaminen
  - Käyttö & ylläpito
  - Korjaukset
  - Purkaminen & materiaalien kierrättäminen tai loppusijoitus kaatopaikalle
- Elinkaariarviointi sisältyy myös moniin kestävän rakentamisen sertifiointijärjestelmiin

Elinkaariarviointi lakisääteiseksi Suomessa

- Rakennusten elinkaariarviointi on hiilijalanjäljen arvioinnin muodossa tulossa osaksi Suomen rakennusmääräyksiä 2020-luvulla.
- Elinkaariarviointi on Suomen Kaava- ja rakennuslain (KRL) kokonaisuudistuksen yksi keskeinen uusi asiakokonaisuus
- Rakennustypologioille annetaan hiilibudjetit, joita ei saa ylittää. Elinkaariarvioinnilla on osoitettava, että rakennus pysyy annetussa hiilibudjetissa, jotta voi saada rakennusluvan.
- Arviointimenetelmän pohjana ovat Euroopan komission Level(s)-menetelmä sekä EN-standardit.

Elinkaariarviointi lakisääteiseksi muualla

- Rakennusten elinkaariarviointi on Ruotsissa lakisääteistä vuoden 2022 tammikuusta lähtien ja Tanskassa 2023 lähtien.
- Rakennusten elinkaariarviointi on jo lakisääteistä mm. Hollannissa ja Ranskassa.
- Euroopan Unionin energiatehokkuusdirektiiviluonnos (julkaistu joulukuussa 2021) sisältää elinkaariarviointia ja hiilijalanjälkilaskentaa Level(s)-kehyksen mukaan.
    - On hyvin todennäköistä, että EU asettaa vaatimukseksi elinkaariarvioinnin rakennusten kohdalla.

Level(s)

- Level(s) on Euroopan Komission laatima menetelmä rakentamisen resurssitehokkuuden mittaamiseen.
- Se on kehitetty, jotta olisi standardoitu ja globaali tapa arvioida ja verrata rakentamisen resurssitehokkuutta ja muita ekologisuuden mittareita.
- Se on kehitetty yhteistyössä jäsenmaiden ja rakentamisen ammattilaisten kanssa.
- Level(s) on tärkeä osa EU:n muutosta lineaarisesta taloudesta kiertotalouteen.

Level(s) – päätavoitteet (6) ja mittarit (16)

Hiilijalanjälki
1.1 Käytön energiakulutus
1.2 Koko elinkaaren hiilijalanjälki

1.

Resurssitehokkaat materiaalikierrot
2.1 Materiaaliluettelo
2.2 Rakennus- ja purkujäte
2.3 Muuntojoustavuus
2.4 Uusiokäytön/kierrätyksen mahdollistava suunnittelu

2.

Veden kulutus
3.1 Käytön vesitehokkuus

3.

Terveet ja viihtyisät tilat
4.1 Sisäilman laatu
4.2 Lämpöviihtyvyys
4.3 Valaistus ja visuaalinen viihtyvyys
4.4 Akustiikka ja melu

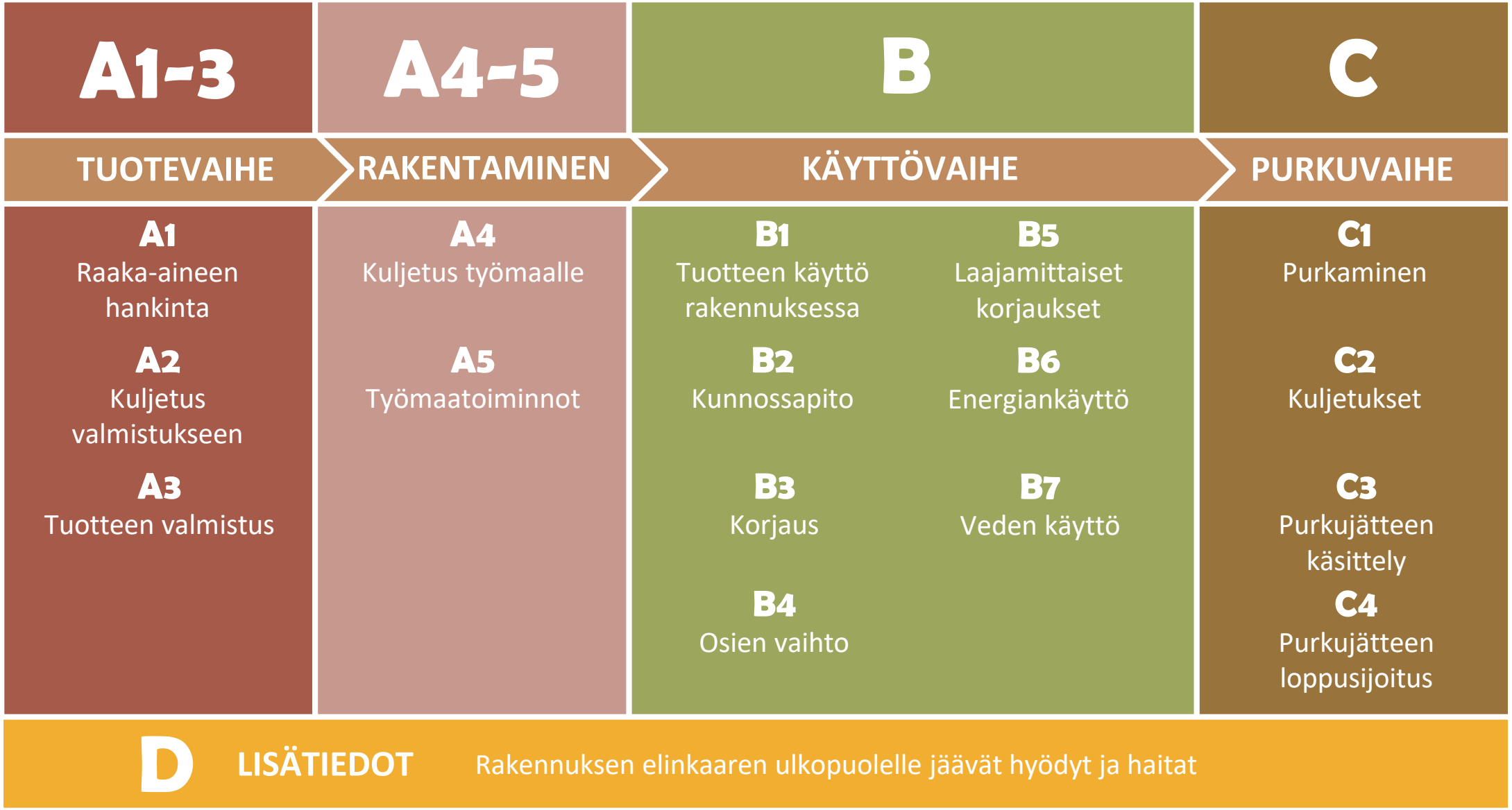
4.

Sopeutuminen ilmastonmuutokseen
5.1 Terveyden ja lämpöviihtyvyyden turvaaminen
5.2 Lisääntyvät sään ääreisilmiöt
5.3 Kestävä viemäröinti

5.

Elinkaarikustannukset- ja arvo
6.1 Elinkaaren kustannukset
6.2 Arvonmuodostus ja riskitekijät

6.


A1-3
A4-5
B
C
TUOTEVAIHE
RAKENTAMINEN
KÄYTTÖVAIHE
PURKUVAIHE
A1
Raaka-aineen hankinta
A2
Kuljetus valmistukseen
A3
Tuotteen valmistus
A4
Kuljetus työmaalle
A5
Työmaatoiminnot
B1
Tuotteen käyttö rakennuksessa
B2
Kunnossapito
B3
Korjaus
B4
Osien vaihto
B5
Laajamittaiset korjaukset
B6
Energiankäyttö
B7
Veden käyttö
C1
Purkaminen
C2
Kuljetukset
C3
Purkujätteen käsittely
C4
Purkujätteen loppusijoitus
D
LISÄTIEDOT
Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt ja haitat

Ympäristöministeriön arviointimenetelmä

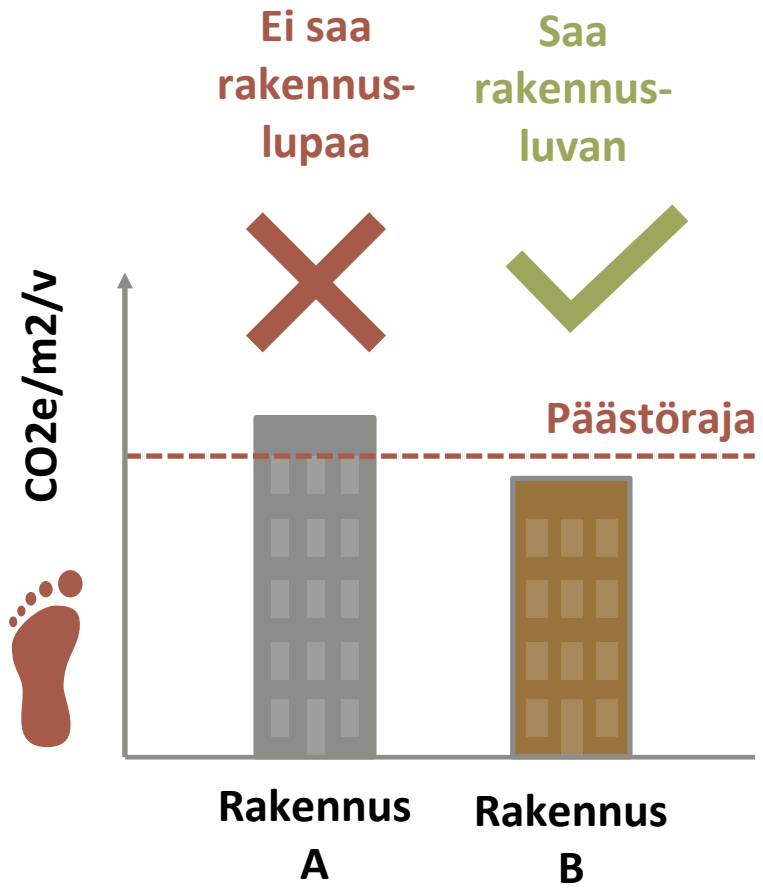
- Pyrkii arvioimaan rakennusten ilmaston lämpenemispotentiaalia, eli hiilijalanjälkeä, sekä rakennuksen mahdollisia ilmastohyötyjä, eli hiilikädenjälkeä.
- Menetelmän pohjana ovat Euroopan komission Level(s)-menetelmä sekä EN-standardit.
- Arviointi kattaa rakennuksen koko elinkaaren. Siihen kuuluvat rakennustuotteiden valmistus, kuljetus ja työmaa, rakennuksen käyttö ja huolto sekä rakennuksen purku ja kierrätys.
- Menetelmä soveltuu uudisrakentamisen sekä korjausrakentamisen arviointiin.

Ympäristöministeriön arviointimenetelmä

- Arvioitavat rakennustyypit:
  1–2. Asuinrakennus
  3. Toimisto ja terveyskeskus
  4. Liikerakennus, teatteri, kirjasto, museo
  5. Majoitusliikerakennus, hotelli, asuntola, palvelutalo, vanhainkoti, hoitolaitos
  6. Opetusrakennus ja päiväkoti
  7. Liikuntahalli (lukuun ottamatta uimahallia ja jäähallia)
  8. Sairaala
  9 . Muu rakennus

Ympäristöministeriön arviointimenetelmä

- Rakennustyypeille on suunnitteilla hiilibudjetit, joita ei saa ylittää.
- Hiilikädenjäljelle ei tule minimivaatimuksia
- Rakennuslupaa haettaessa on tehtävä YM:n metodin mukainen elinkaarilaskenta, jonka avulla todentaa, että päästöt ovat sallitun budjetin sisällä, jotta voi saada rakennusluvan.
- Elinkaarilaskennasta tulee pakollista vuoteen 2025 mennessä.



Ympäristöministeriön arviointimenetelmä

- Hyödyntää co2data.fi tietokantaa
  - Tietokantaan on koottu yleisimpien/tyypillisimpien rakennustuotteiden keskimääräisiä tietoja, eikä palvelu sisällä yksittäisten tuotteiden ympäristöselosteita.
  - Sisältää tiedot:
    - rakennustuotteiden haitallisista ja hyödyllisistä ilmastovaikutuksista
    - kierrätyksen ja hyödyntämisen vaihtoehdoista elinkaaren lopulla
    - työmailla syntyvän hävikin määrästä
    - usein vaihdettavien tuotteiden teknisestä käyttöiästä
    - yleisimpien rakentamisen prosessien ja palveluiden, kuten kuljetuksen, rakentamisen ja jätteenkäsittelyn, päästötietoja

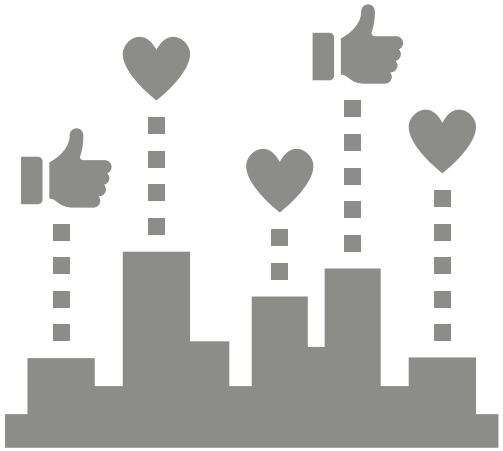
Ympäristöministeriön arviointimenetelmä

- Menetelmä huomioi koko rakennuksen, rakennelmat tontilla, sekä talotekniikan karkealla tasolla.
- Menetelmä ei sisällä mm. kasvillisuutta, maaperää, väliaikaisia rakennustelineitä, rakentamisen aikaisia suojarakennelmia tai uuden rakennuksen tieltä purettavia rakennuksia/rakennelmia.
- Hiilijalanjäljen arviointiajanjakso on 50 vuotta tai tavoitekäyttöikä, jos sellaista on käytetty suunnittelun lähtökohtana.
- Hiilikädenjäljen arviointijakso on 100 vuotta. Mukaan lasketaan vain ne osat, joita ei tarvitse vaihtaa tässä ajassa.
- Vertailuyksikkö on 1m2 rakennuksen lämmitettyä nettoalaa.

	Tontti	Kantavat rakenteet	Täydentävät rakenteet	Talotekniikka	Työmaa
Sisältyy arviointiin	Maatyöt, tuennat ja vahvistukset, päällysteet, alueen rakenteet	Perustukset, alapohjat, runko, julkisivut, ovet ja ikkunat, ulkotasot, vesikatot	Väliseinät, ovet, portaat, pintarakenteet, kiintokalusteet, hormit ja tulisijat, tilaelementit	Energiajärjestelmät, vesi- ja viemäri-järjestelmät, ilmastointi-järjestelmät, sähkön jakelu- ja käyttö-järjestelmät, aurinko-paneelit ja -keräimet, hissit	Kulutettu energia
Ei sisälly arviointiin	Alueen varusteet, kasvillisuus, maaperä ja vesistöt	Erilliset kiinnikkeet	Listat, pintamateriaalit ja -käsittelyt, erilliset kiinnikkeet	Tietotekniset järjestelmät, varavirta, liukuportaat, erilliset koneet ja laitteet	Telineet ja suojaukset, väliaikaiset rakenteet, muotit, työmaatilojen elinkaari, työmaan henkilöliikenne

Lähde: Ympäristöministeriö 2020

Vähähiilinen rakennus



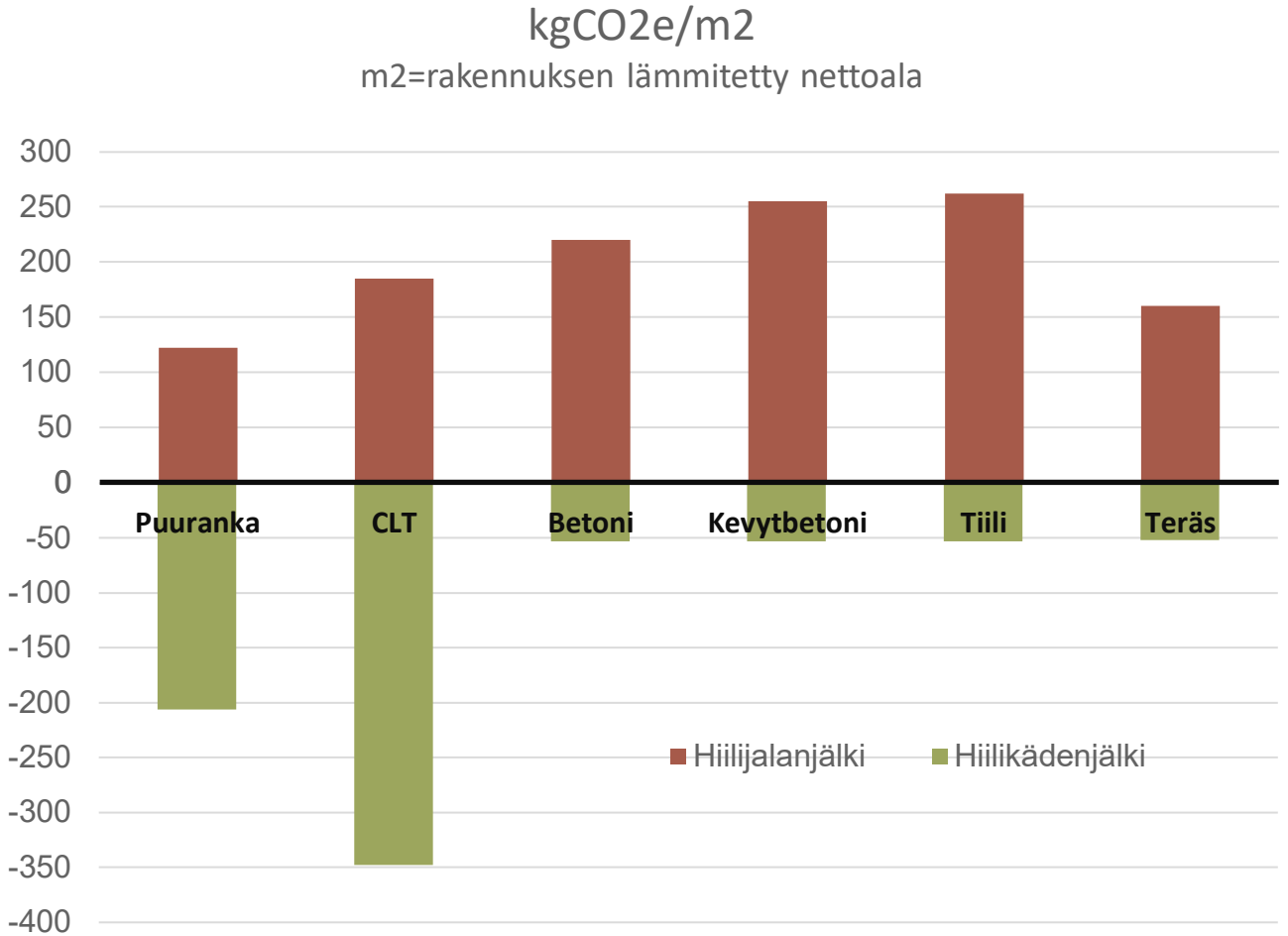
Vähähiilisellä rakennuksella on **pieni hiilijalanjälki** ja **suuri hiilikädenjälki.**

Tarkastelussa sama rakennus eri materiaaleista

Kuva: Takano et al 2014

Rakennusmateriaalien vertailu

Hiilijalan- ja kädenjälki

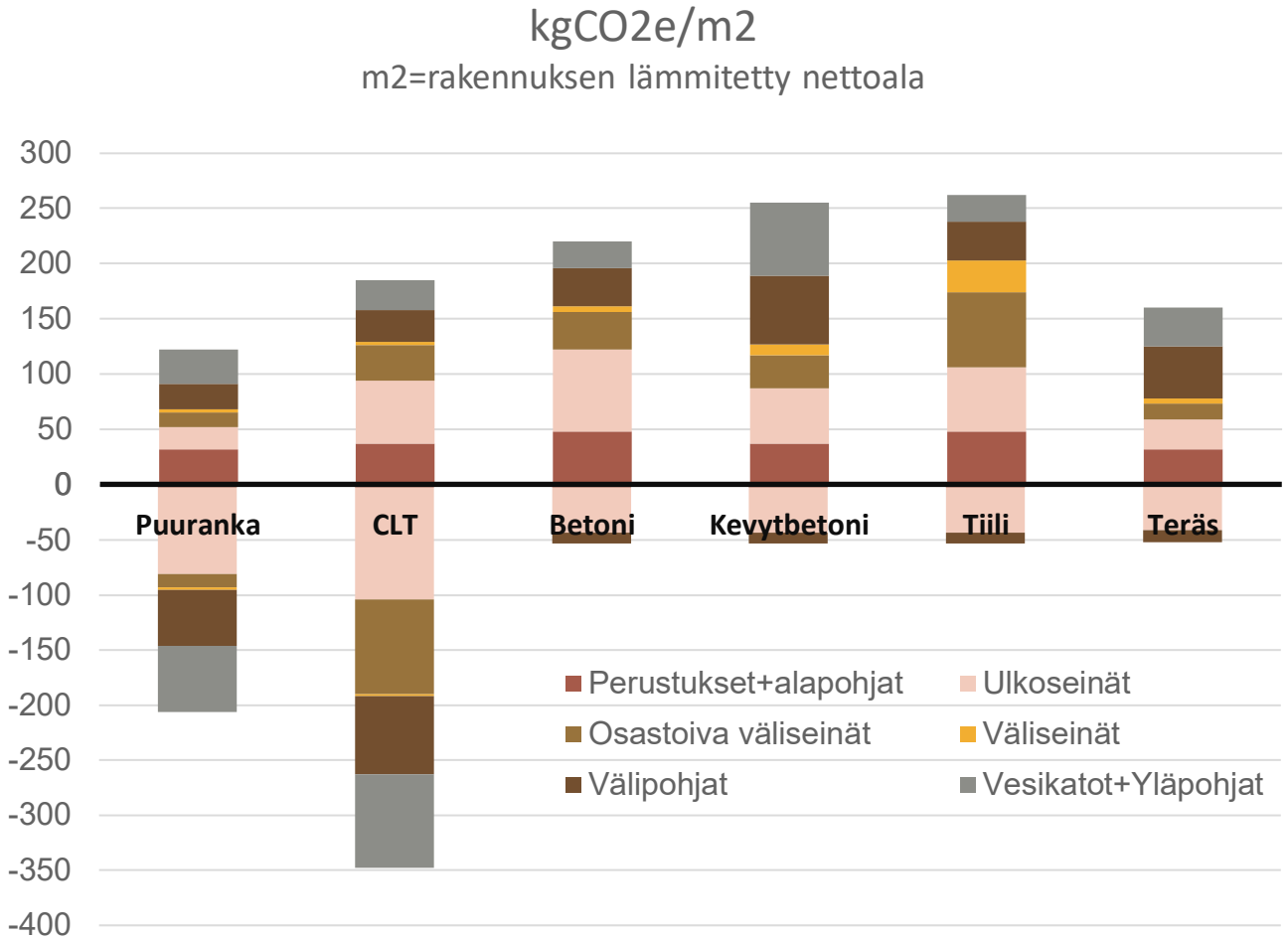


HUOM:
Betoni-, kevytbetoni-, tiili- ja terässeinä-rakenteiden hiili-kädenjälki johtuu lähinnä puisesta julkisivusta

Data: Takano et al 2014. Kuvitus: Ninni Westerholm

Rakennusmateriaalien vertailu

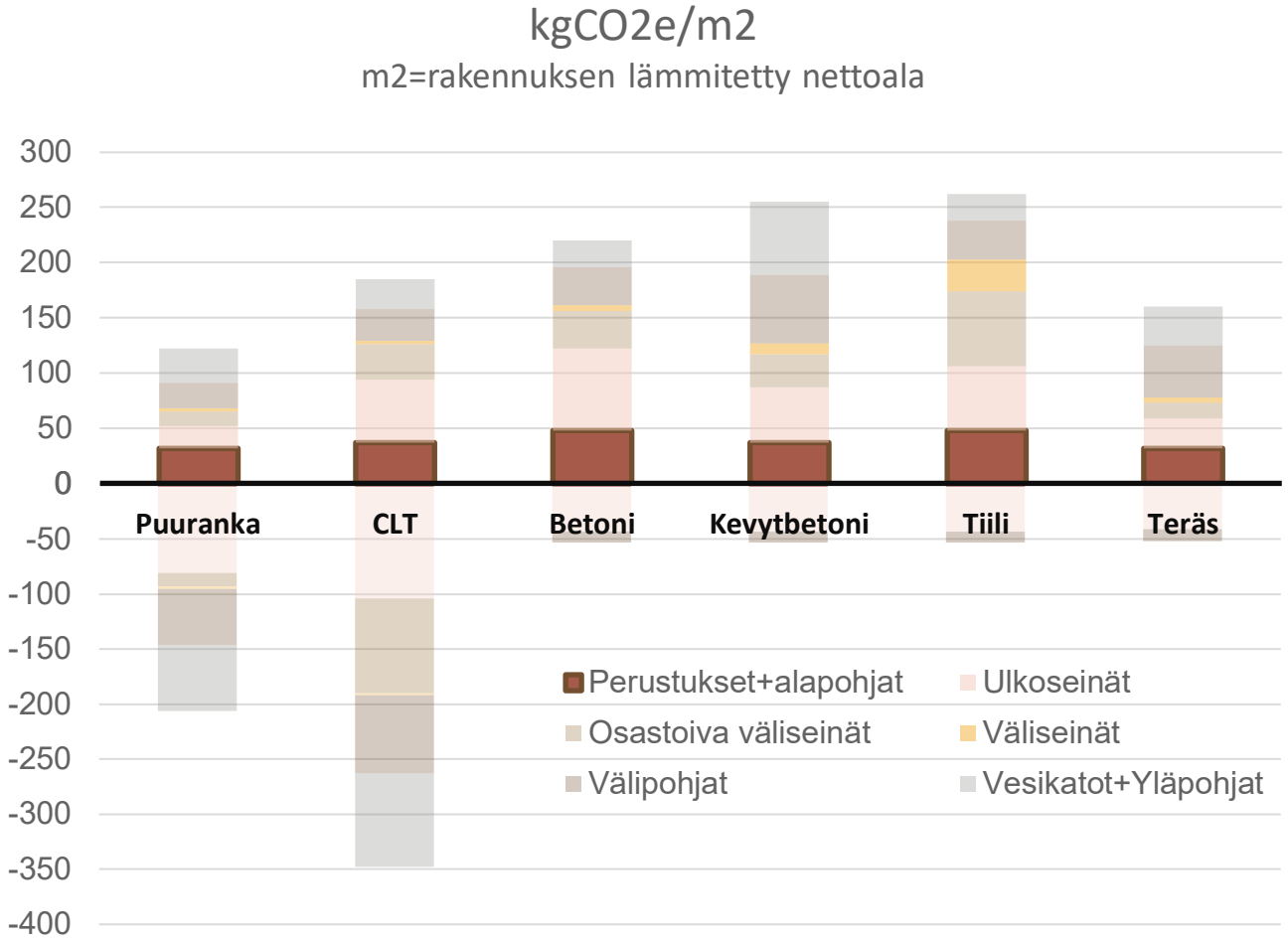
Mistä hiilijalan- ja hiilikädenjäljet koostuvat?



Data: Takano et al 2014. Kuvitus: Ninni Westerholm

Rakennusmateriaalien vertailu

Perustukset

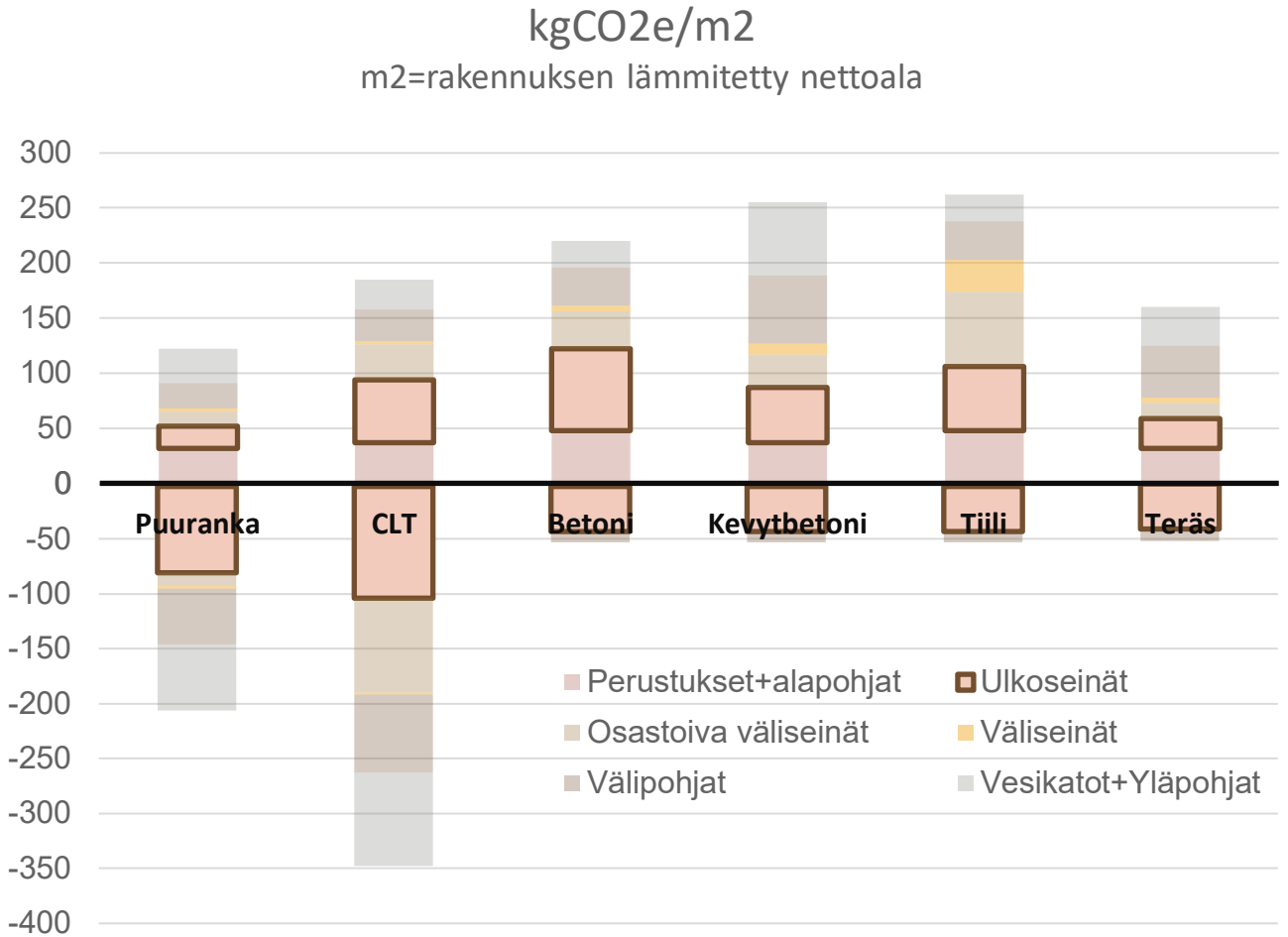


***Perustuksien hiilijalanjälki on suuri**, mutta se pysyy **suhteellisen samankokoisena vaikka kantava rakenne muuttuu**. Mainitsemisen arvoista on kuitenkin, että **kevyempi rakenne** (puu, kevytbetoni tai teräs) **pärjää kevyemmällä perustuksella**, jolloin perustuksen hiilijalanjälki pienenee.*

Data: Takano et al 2014. Kuvitus: Ninni Westerholm

Rakennusmateriaalien vertailu

Ulkoseinät

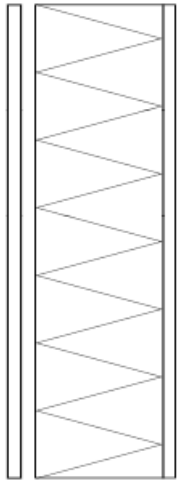


Ulkoseinien vaikutus hiilijalan- ja kädenjälkeen on suuri ja myös vaihtelu on suurta.

Data: Takano et al 2014. Kuvitus: Ninni Westerholm

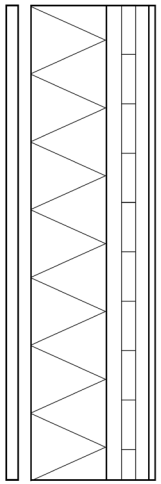
Ulkoseinien vertailu

HUOM:
Kaikilla ulkoseinillä on U-arvo 0,16 W/m2K sekä puu-ulkoverhous sekä neutraali sisäpinta



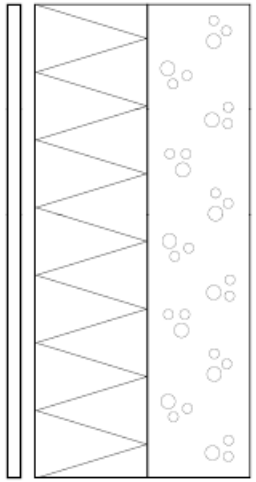
Puuranka

Kipsilevy	25
Kivivilla	270
Ranka	270
Höyrynsulku	0,1
Koolaus	30
Laudoitus	28



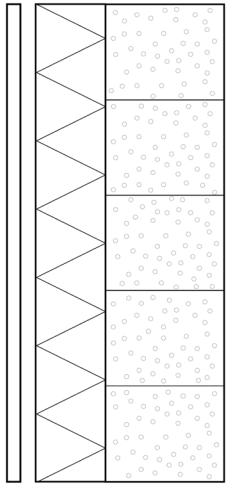
CLT

Kipsilevy	15
CLT	100
Kivivilla	180
Koolaus	30
Laudoitus	28



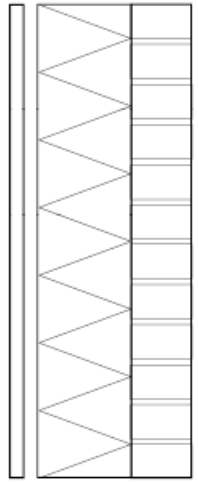
Betoni

Betoni	220
Kivivilla	240
Koolaus	30
Laudoitus	28



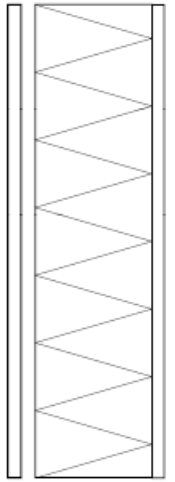
Kevytbetoni

Kevytbetoni	250
Kivivilla	150
Koolaus	30
Laudoitus	28



Tiili

Kalkkilaasti	10
Tiili	130
Kivivilla	200
Koolaus	30
Laudoitus	28

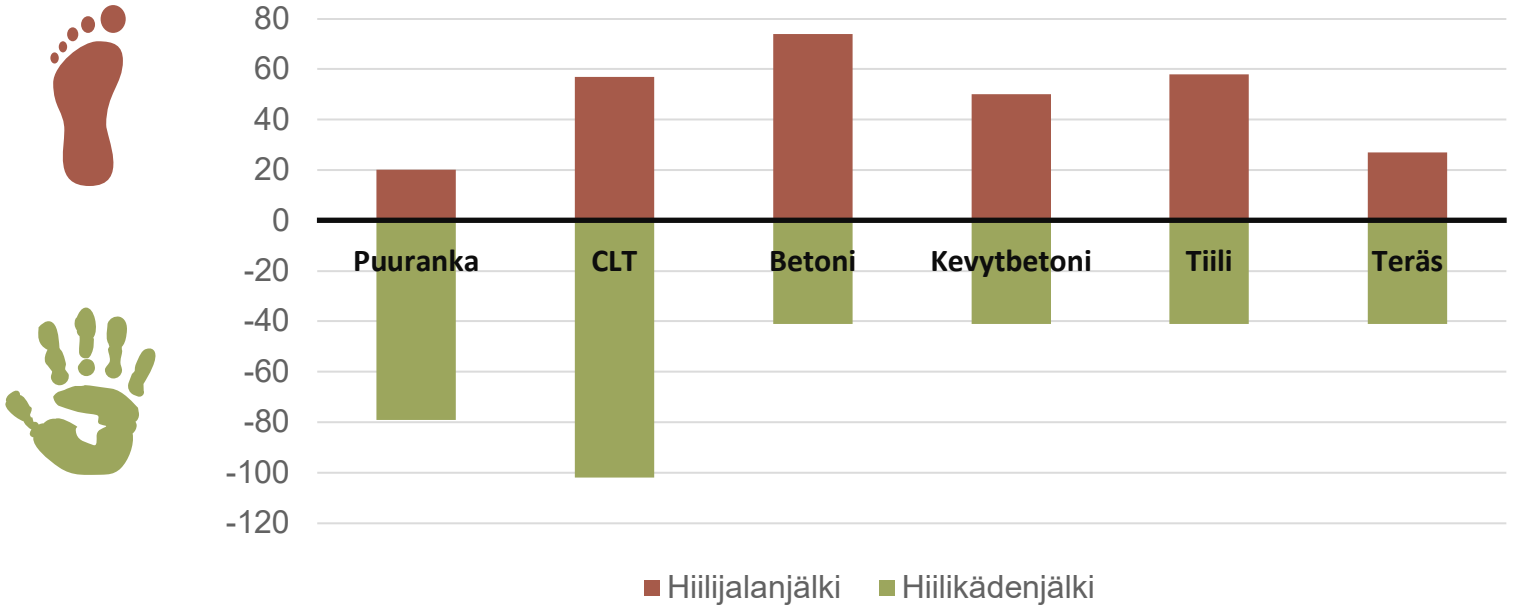


Teräs

Kipsilevy	22
Kivivilla	250
Teräsranka	250
Koolaus	30
Laudoitus	28

Data: Takano et al 2014. Kuvitus: Ninni Westerholm

Ulkoseinien vertailu

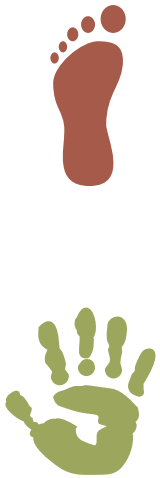


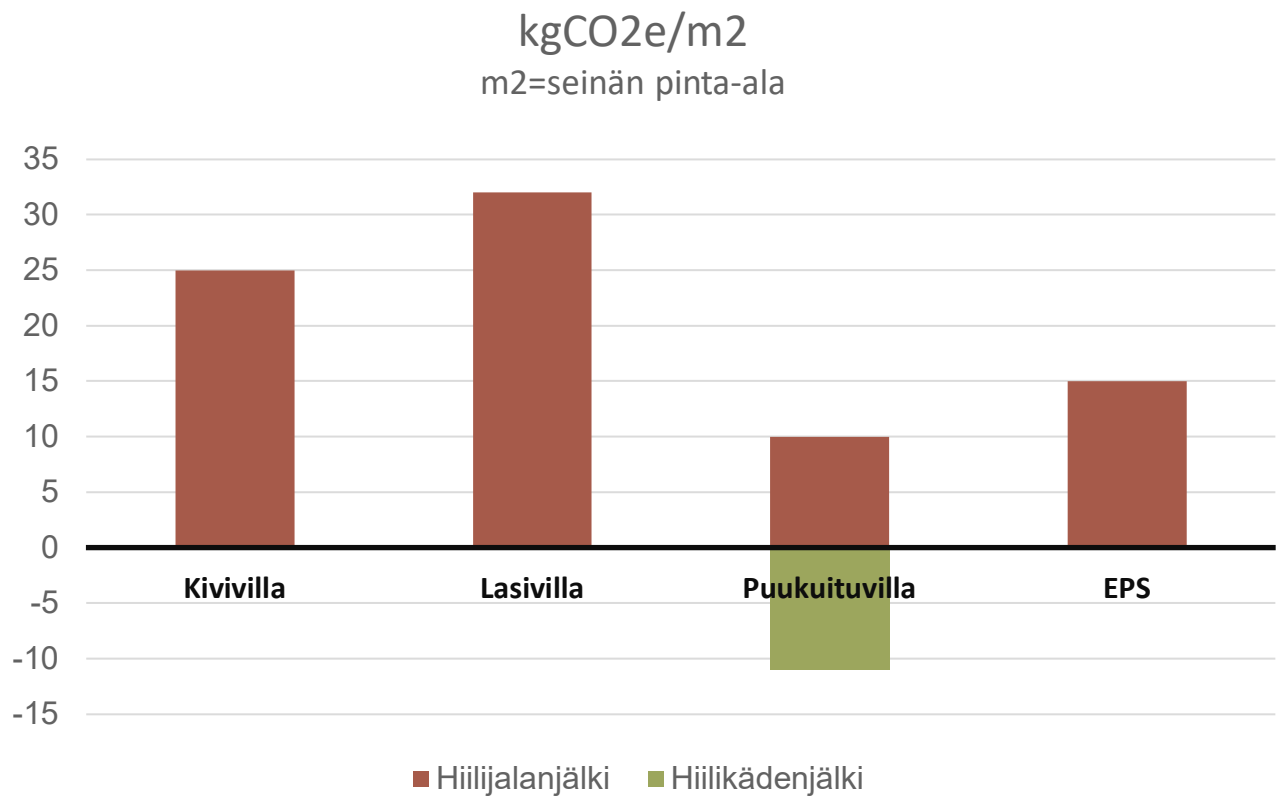
HUOM:
Betoni-, kevytbetoni-, tiili- ja terässeinä-rakenteiden hiili-kädenjälki johtuu lähinnä puisesta julkisivusta

Data: Takano et al 2014. Kuvitus: Ninni Westerholm

Lämmöneristeen vertailu

Lämmöneristeiden vertailu puurankaseinässä



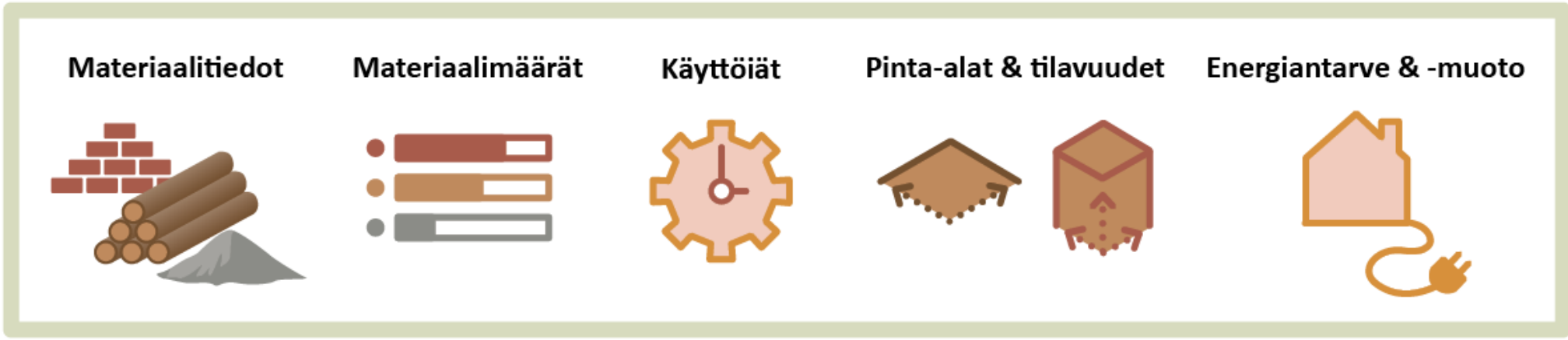


Puukuitueriste on vähähiilisin

Laskennassa käytetty päästödata: CO2data.fi. Kuvitus: Ninni Westerholm

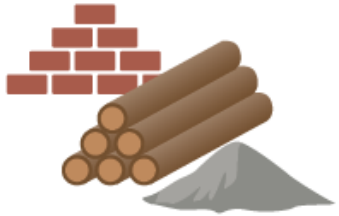
Mitä elinkaariarviointiin tarvitaan?

RAKENNUKSEN TIEDOT



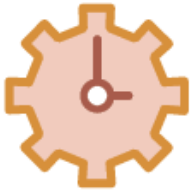
RAKENNUKSEN TIEDOT

Materiaalitiedot

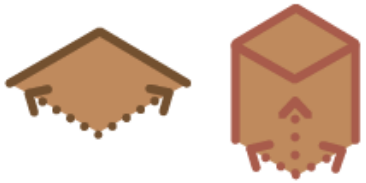


Materiaalimäärät

Käyttöiät



Pinta-alat & tilavuudet



Energiantarve & -muoto

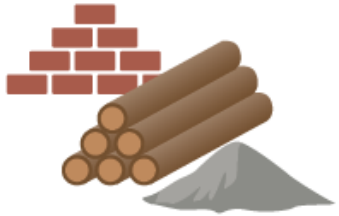
VÄLINEET

Tietokannat ympäristö-vaikutuksista/tuoteselosteet

Laskentatyökalut

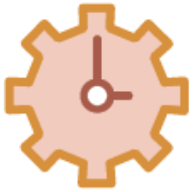
RAKENNUKSEN TIEDOT

Materiaalitiedot

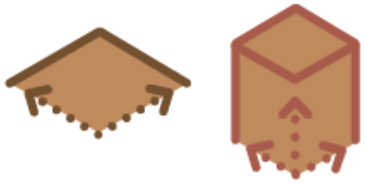


Materiaalimäärät

Käyttöiät



Pinta-alat & tilavuudet



Energiantarve & -muoto

VÄLINEET

Tietokannat ympäristö-vaikutuksista/tuoteselosteet

Laskentatyökalut

RAJAUKSET

Elinkaarivaiheet & indikaattorit

Standardit ja arviointimenetelmät

Elinkaariarvioinnin menetelmä yleisesti

- **EN ISO 14040 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework**

  Tässä standardissa kuvataan elinkaariarvion laatimisen periaatteet, esimerkiksi tiedon läpinäkyvyyden vaatimukset.
- **EN ISO 14044 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and Guidelines**

  Tässä standardissa kuvataan elinkaariarvioinnin toteuttamisen vaatimukset. Se toimii elinkaariarvioinnin toteutuksen tukena ja siihen tavallisesti viitataan.

Rakennusten elinkaariarviointi

- **EN 15643-2 Sustainability of construction works. Assessment of buildings. Part 2 Framework for the assessment of environmental performance**
  Tässä standardissa kuvataan rakennuksen ympäristövaikutusten vaatimukset ja arviointi.
- **EN 15978 Sustainability of construction works. Assessment of the environmental performance of buildings. Calculation method**
  Tässä standardissa kuvataan rakennusten elinkaariarvioinnin laskentamenetelmä.
- **EN 15804 Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products**
  Tässä standardissa kuvataan rakennustuotteiden ympäristötuoteselosteiden rakenne, sisältö ja periaatteet. Tällä varmistetaan, että selosteet laaditaan ja esitetään yhtenevällä tavalla.

Käyttöikä ja käyttöikäsuunnittelu

Käyttöikäsuunnittelun tavoitteet

- Asettaa käyttöikätavoite
    - Runkorakenteen toiminnallinen kestoikätavoite on yleensä 100 vuotta
- Varmistaa rakenteiden toimivuus
- Varmistaa rakenteiden säilyvyys

Käyttöikäsuunnittelun tavoitteet

- Rakenteet tulee suunnitella ja mitoittaa tavalla, jolla niiden käyttöikä saavuttaa tavoitetun käyttöiän
    - Oleellista on huomioida materiaalien vanheneminen sekä turmeltumisriski
        - Huomioitavaa:
            - Sijainti
                - Ilmastosta johtuvat rasitteet (makso/meso/micro)
                - Vedestä (meri yms) johtuvat rasitteet
                - Puustosta ja maastosta johtuvat rasitteet
            - Detaljit ja liitymäkohdat
                - Riittävä suojaus, esim pinnoitteet tai uhrilaudat

Rakennusten ohjeelliset vähimmäiskestoiät

ISO 15686-1

Rakennuksen suunnitteluikä	Kantavat rakenne-osat tai luokse-pääsemättömät rakenteet	Rakenneosat, joiden uusiminen on kallista tai hankalaa	Suurehkot vaihdettavat rakennusosat	Laitteet, installaatiot ja ulkopuoliset työt
Rajoittamaton	Rajoittamaton	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

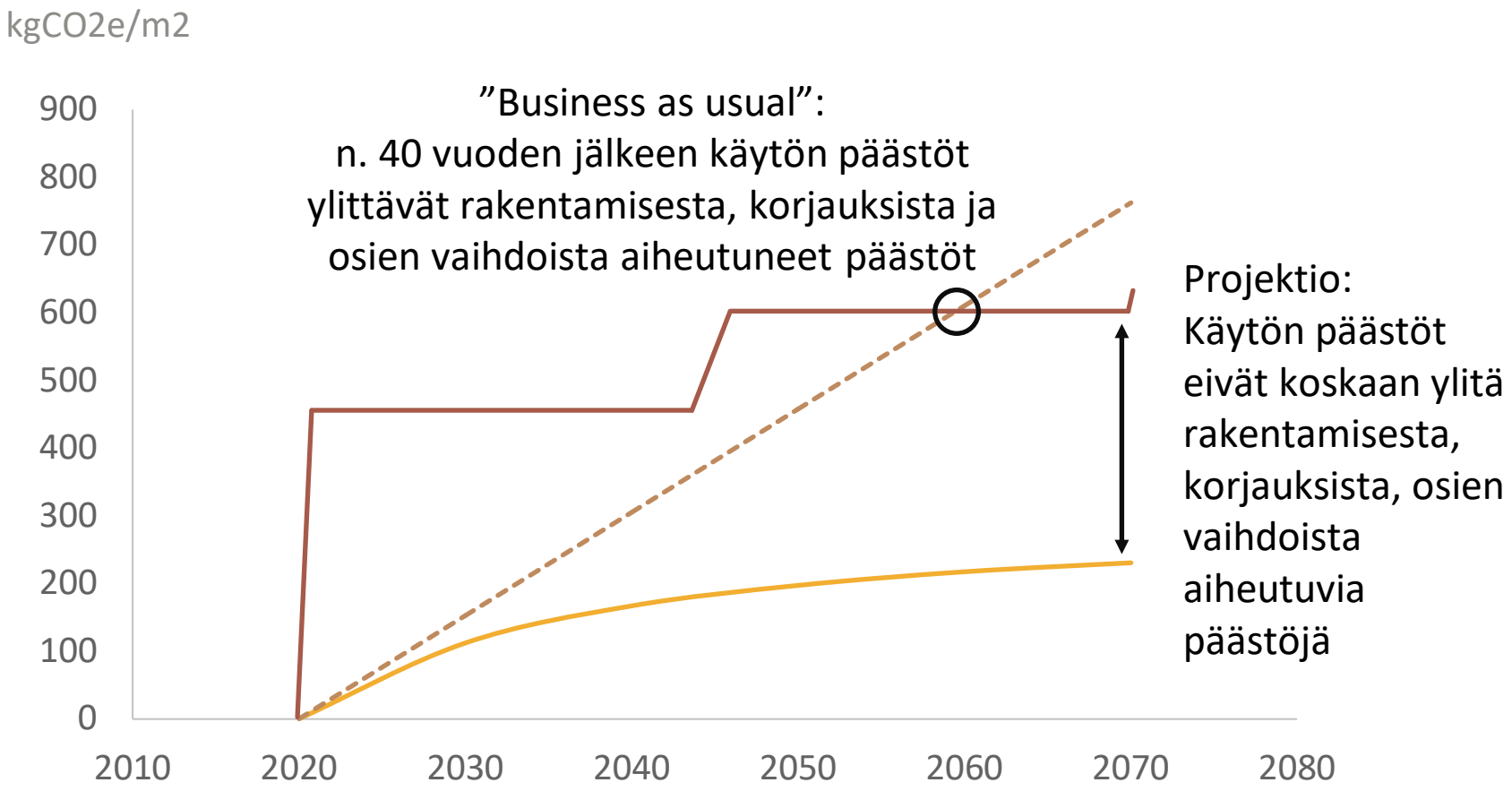
Pitkäikäisiä puurakennuksista Suomessa

Rakennus / rakenne	Sijainti	Rakennettu	Ikä (vuosina)
Puuvallilan talot	Helsinki	1910 -	112
Hvittäskin Suurtupa	Kirkkonummi	1901-1903	119
Juuan Kirkko	Juva	1850-1851	171
Helsingin Vanha Kirkko	Helsinki	1825-1826	196
Petäjäveden Vanha Kirkko	Petäjävesi	1763-1765	257
Vanhan Rauman puutalot	Rauma	n. 1756	n. 266
Karunan Kirkko	Seurasaari, Helsinki	1685-1685	337

RAKENNUKSEN PÄÄSTÖT

Rakennuksen kumulatiiviset päästöt

Tarkastelussa perinteinen Suomalainen kerrostalo
Arviointiajanjakso: 50 vuotta



- Rakentaminen, korjaaminen + osien vaihdot, purkaminen
- Käyttö - Business as usual
  Oletuksena että energiatuotanto pysyy muuttumattomana
- Käyttö - Projektio
  Oletuksena että energiatuotanto muuttuu ennusteiden mukaisesti

Kestävä rakentaminen

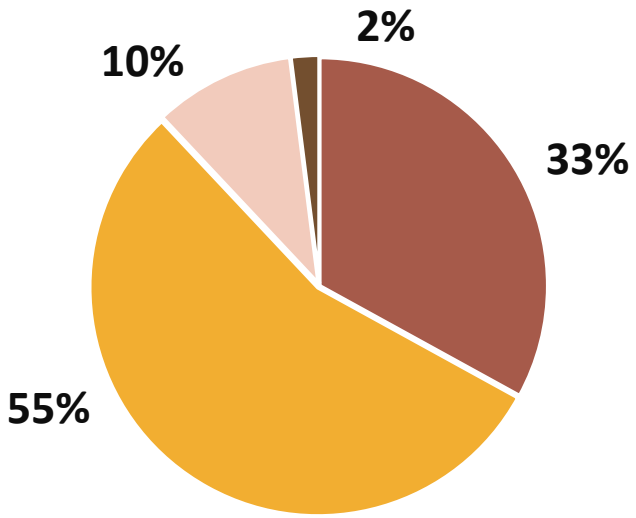
Lähde: Rakentaminen, korjaukset ja osien vaihdot, purkaminen, energiankulutus, VTT 2018, Energiakulutuksen päästöt: CO2data.fi. Kuvitus: Ninni Westerholm

Rakentamisen ja materiaalivalintojen merkitys kasvaa

Tarkastelussa perinteinen Suomalainen kerrostalo
Arviointiajanjakso: 50 vuotta

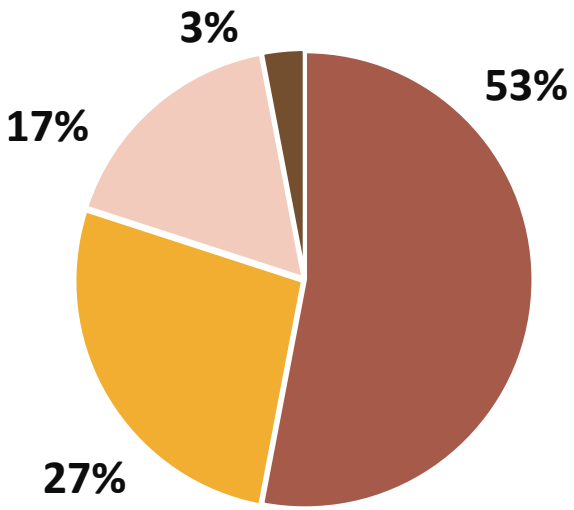
”Business as usual”

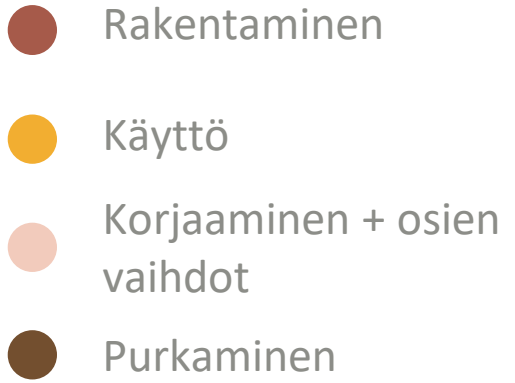
Energiatuotanto pysyy sellaisena kuin on



Projektio

Energiatuotanto muuttuu ennusteiden mukaisesti





Lähde: Rakentaminen, korjaukset ja osien vaihdot, purkaminen, energiankulutus, VTT 2018, Energiakulutuksen päästöt: CO2data.fi. Kuvitus: Ninni Westerholm

ELINKAARILASKENTA ESIMERKKI

As Oy Puukulma
Puukerrostalo Mustasaaressa
21 asuntoa, n. 2 800 brm2

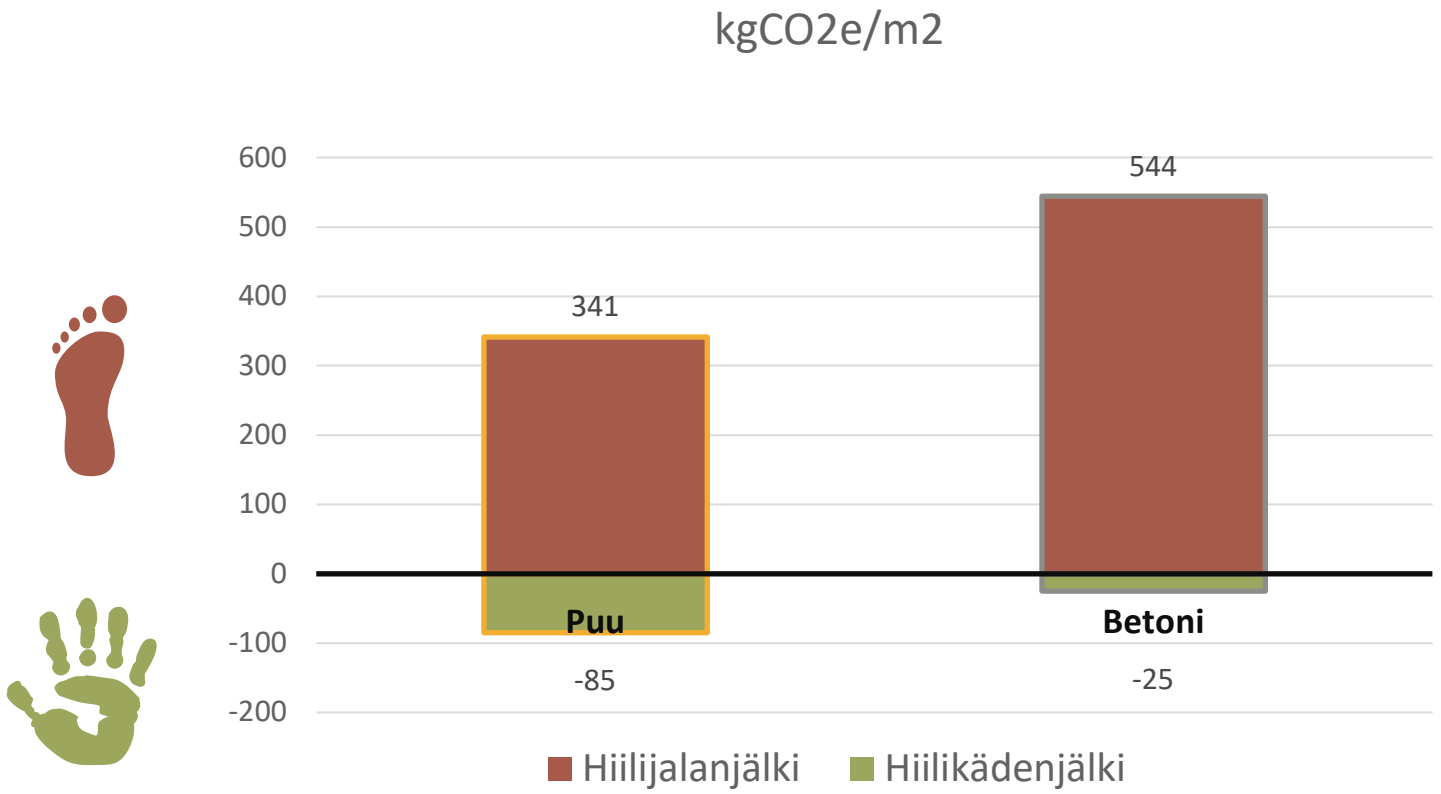
Kellari + 1. krs betoni
2-5. krs puuranka + ulkoseinät CLT+puuranka kombielementeistä

Verrataan betonirunkoiseen vaihtoehtoon

HUOM: *Perustuksia ei ole otettu laskennassa huomioon, sillä ne ovat hyvin tonttisidonnaisia.*

Rakentamisen ilmastovaikutukset

HUOM: *sisältää talotekniikan*



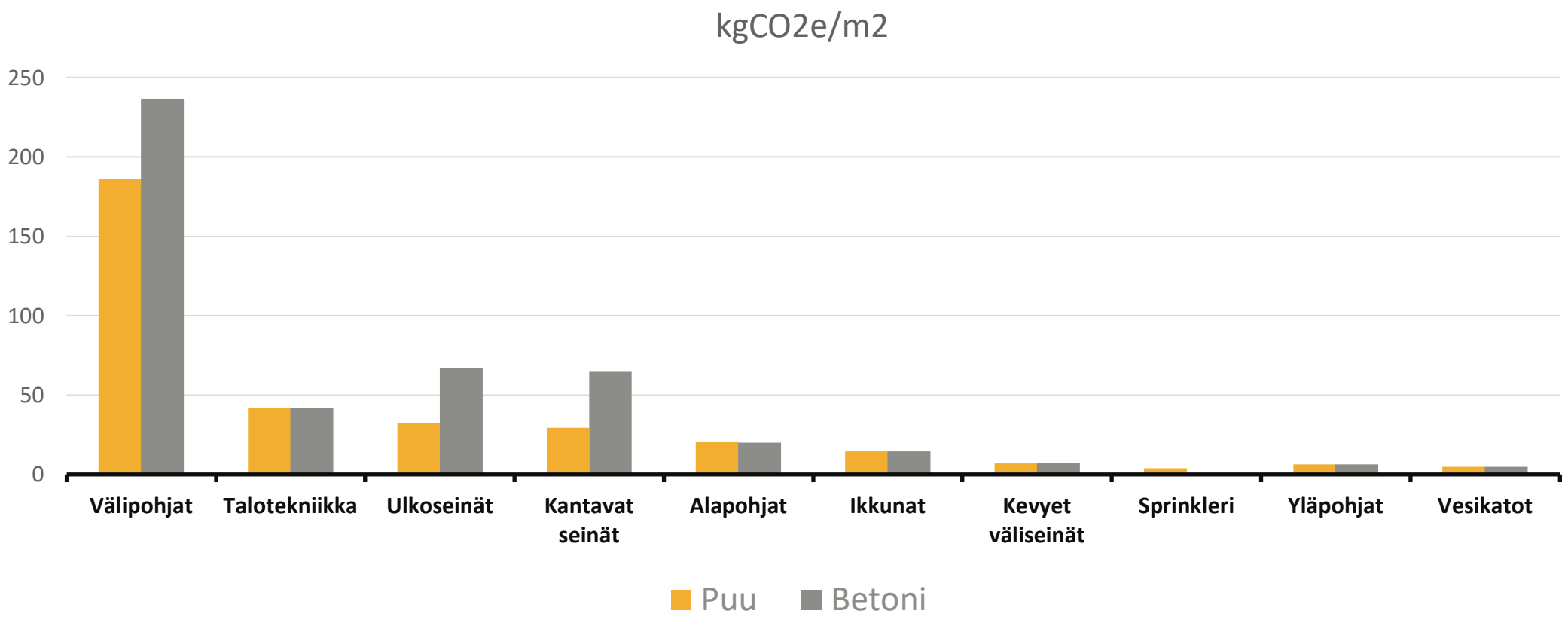
Puurunkoisen rakennuksen rakentamisen **hiilijalanjälki on 37 % pienempi.**

Puurunkoisen rakennuksen rakentamisen **hiilikädenjälki on 240 % suurempi.**

Lähde: Westerholm, 2021

Rakentamisen hiilijalanjälki

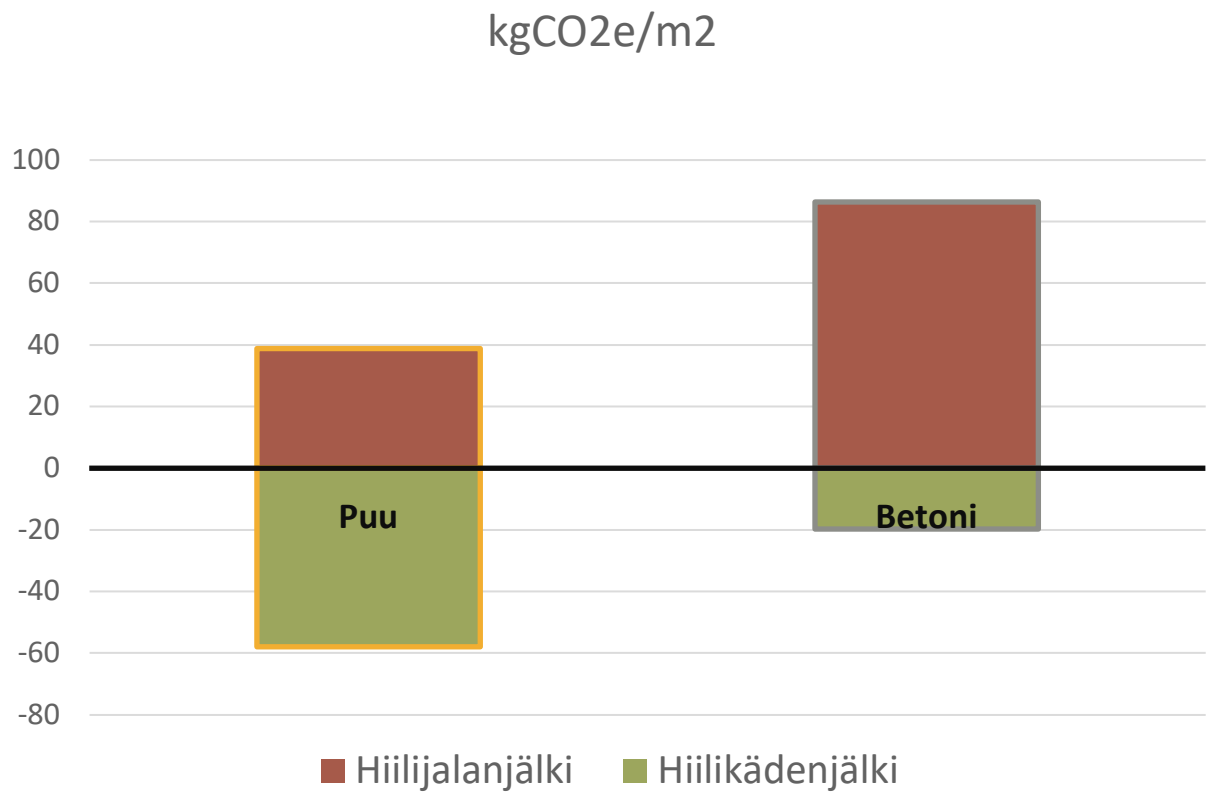
kymmenen suurinta päästönaiheuttajaa



Lähde: Westerholm, 2021

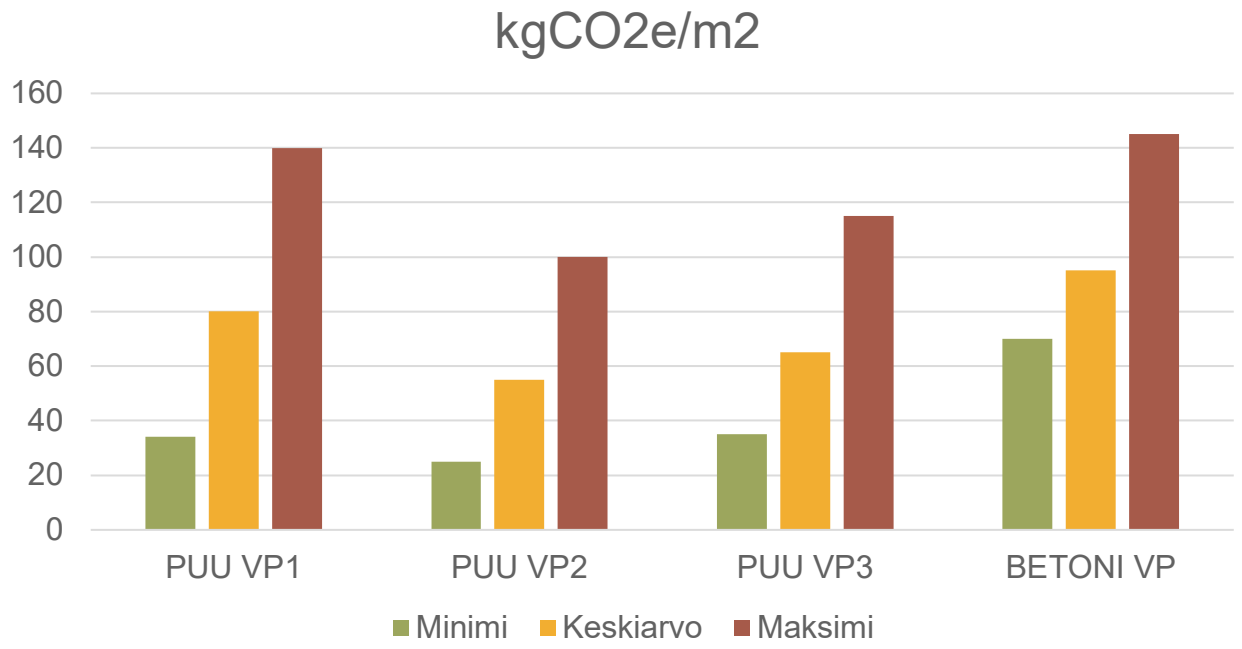
Välipohjien vertailu

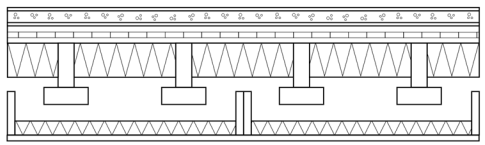
puinen vs betoninen välipohja

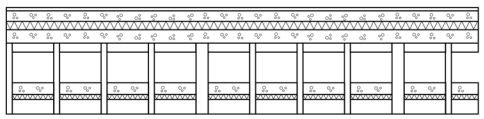


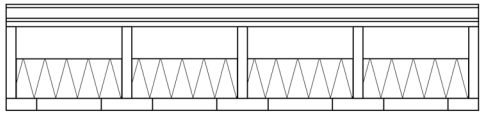
Samalla rakenteella voi olla eri päästöt

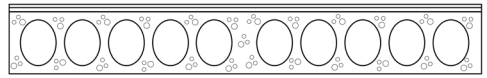
välipohjavertailu eri toimittajien tuotteilla





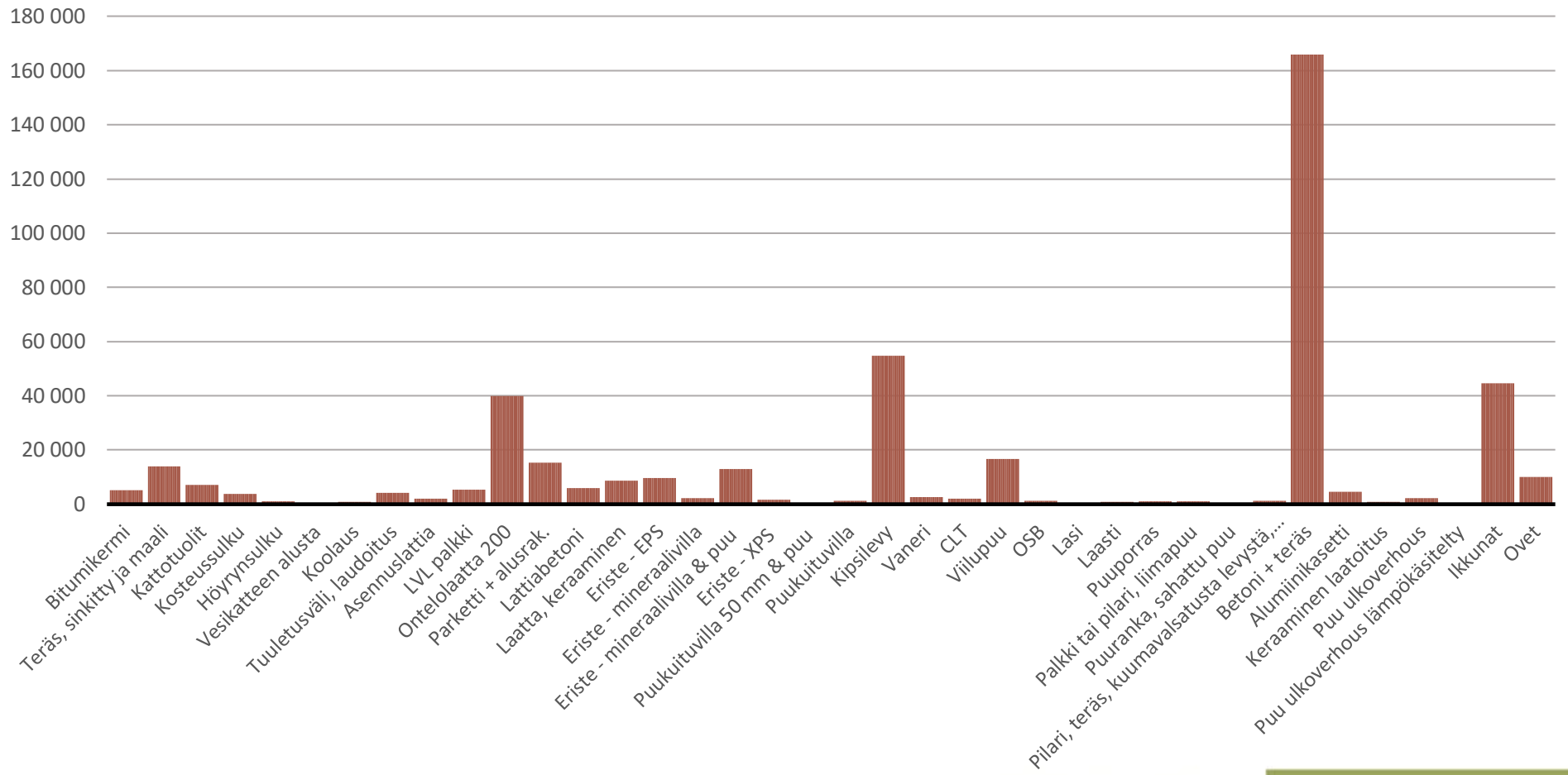




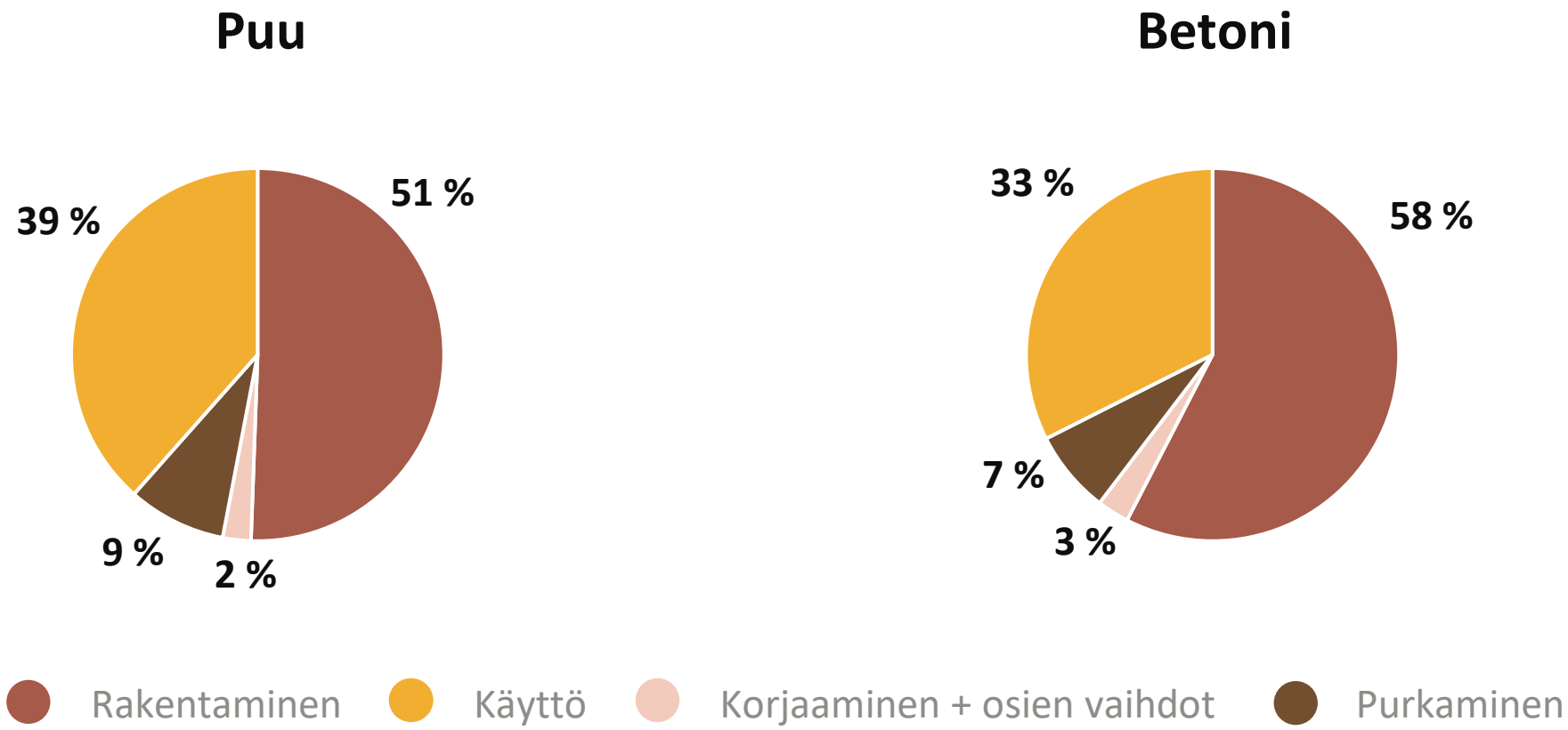


Rakentamisen hiilijalanjälki

materiaalit

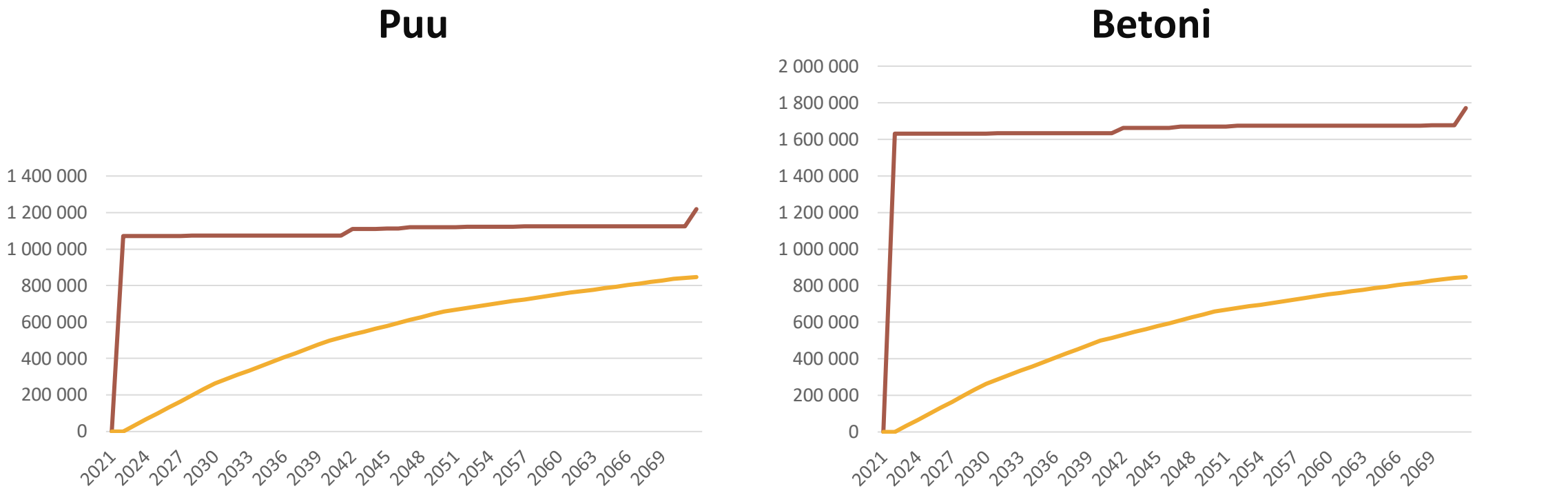


Mistä rakennuksen hiilijalanjälki koostuu?



Lähde: Westerholm, 2021

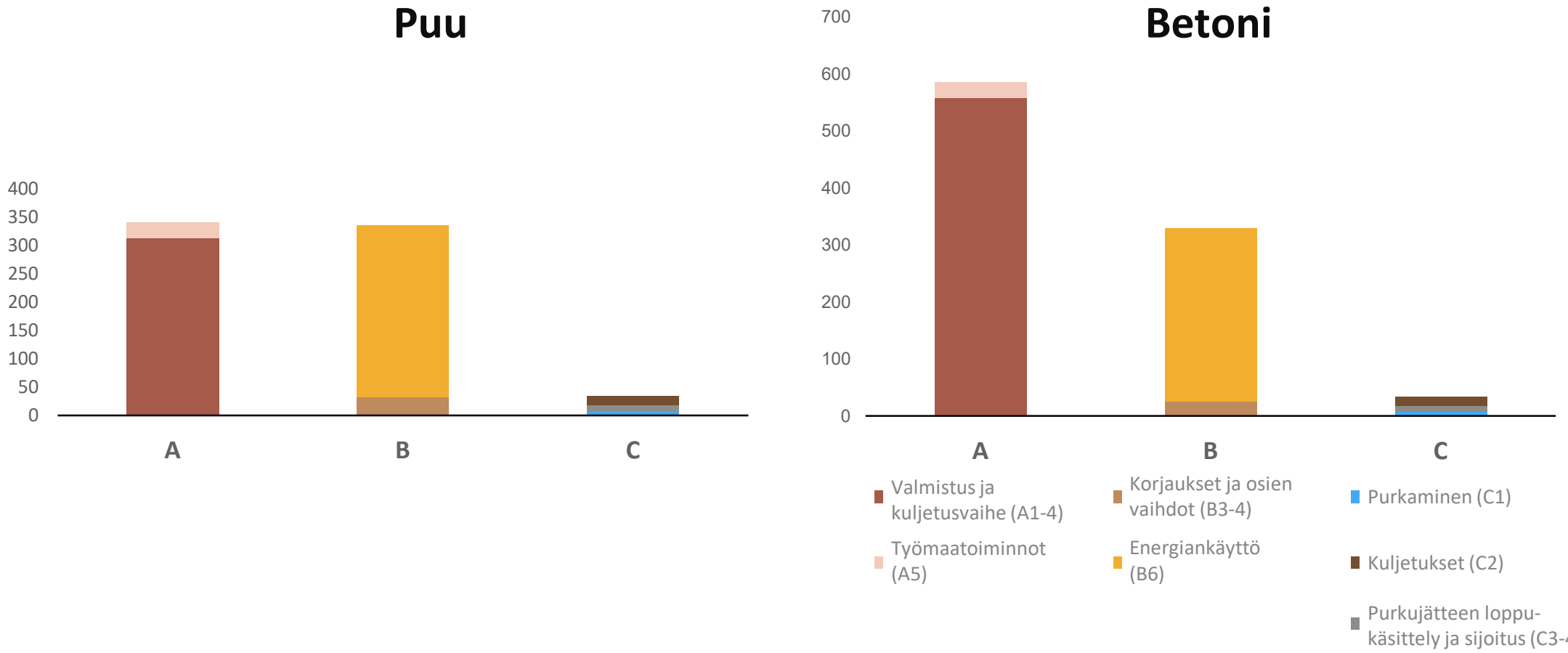
Rakennuksen kumulatiiviset päästöt



Lähde: Westerholm, 2021

Rakennuksen päästöt vaiheittain

(A1-5, B3-4, B6, C1-4)

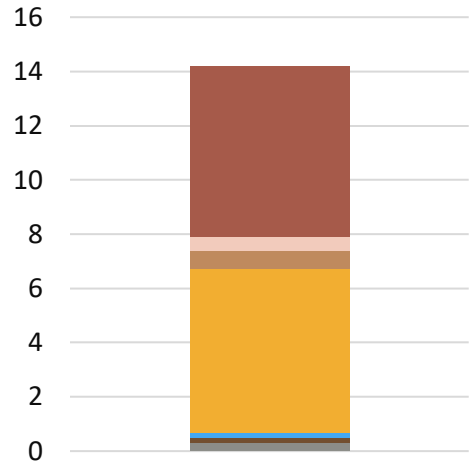


Lähde: Westerholm, 2021

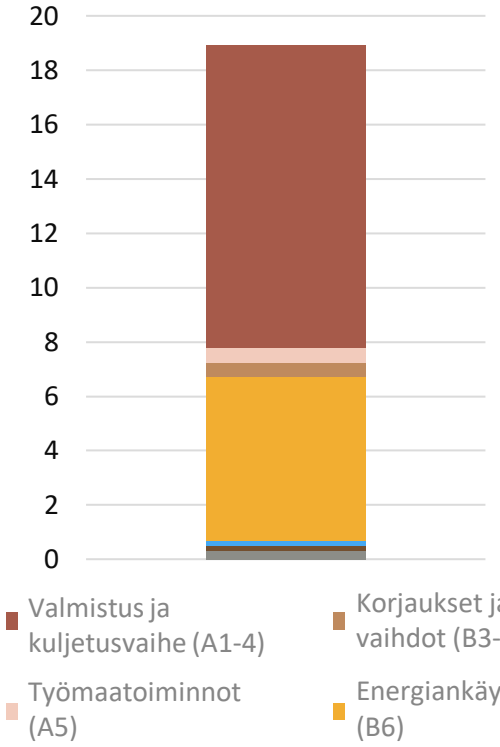
Rakennuksen päästöt / m2 / v

(A1-5, B3-4, B6, C1-4)

Puu



Betoni



Lähde: Westerholm, 2021

Hiilen kierto

Hiilen kierron nykyiset haasteet

Tällä hetkellä suuri ongelma on se, että poraamme/kaivamme esiin luonnollisesti kierrosta poistunutta hiiltä öljyn ja turpeen muodossa takaisin kiertoon, josta se myöhemmin vapautuu hiilidioksidin muodossa ilmakehään ja kiihdyttää ilmastonmuutosta.

Hiilen kierron nykyiset haasteet

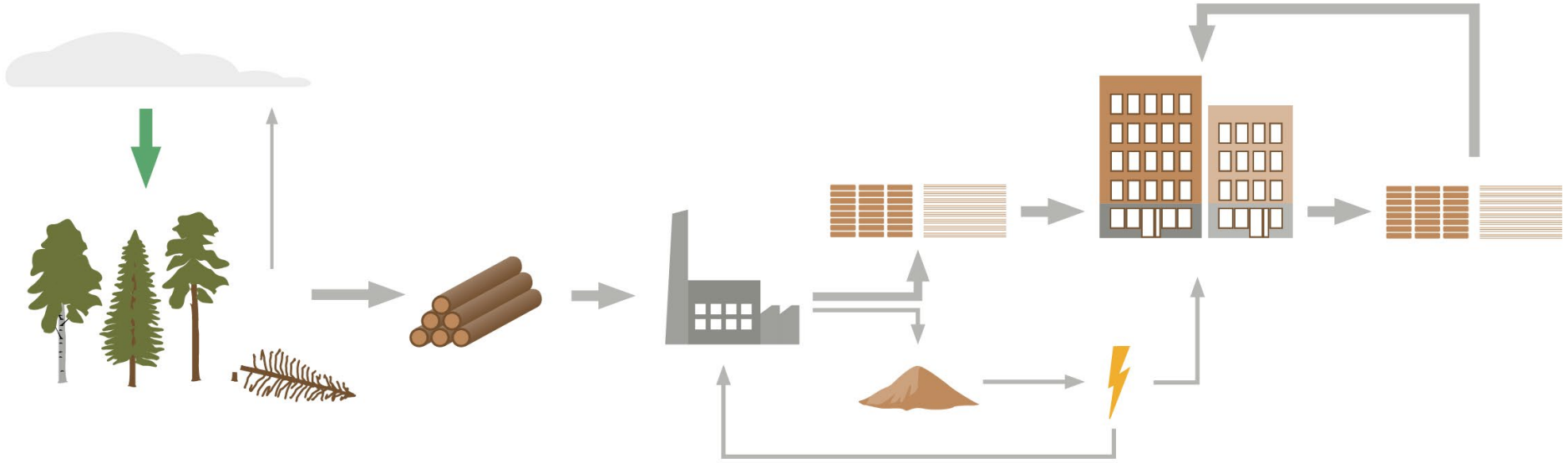
Samalla tuhotaan todella tehokkaita luonnollisia hiilinieluja ja –varastoja kaatamalla metsää kestämättömästi sekä ojittamalla soita. Myös tämä kiihdyttää ilmastonmuutosta ja luontokatoa.

Hiilen kierron nykyiset haasteet

Samalla tuotamme puusta pääsääntöisesti lyhytikäisiä tuotteita, jolloin emme kunnolla hyödynnä puun potentiaalia toimia **hiilivarastona**. Tänä päivänä ainoastaan 20 % puusta käytetään pitkäikäisiin tuotteisiin.

Optimaalinen hiilen kierto

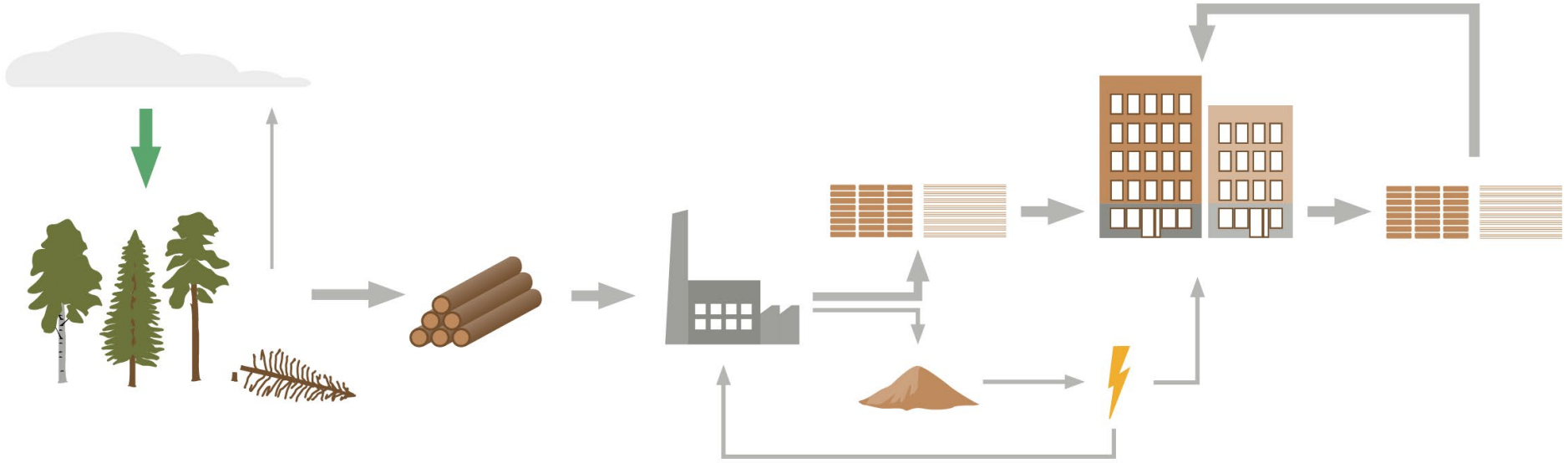
Kasvaessaan **puu sitoo ilmasta hiilidioksidia** (CO2) ja **tuottaa happea** (O2). Kuutio puuta on puu sitonut kasvaessaan ilmakehästä 700-1000 kg hiilidioksidia. Metsät ovat puiden ja maaperän sitoutumiskyvyn ansioista erinomaisia **hiilinieluja**. Suomen metsien nielu vastaa vuositasolla keskimäärin reilua kolmannesta Suomen kokonaispäästöistä[1].



1: Maa- ja metsätalousministeriö, 2021

Optimaalinen hiilen kierto

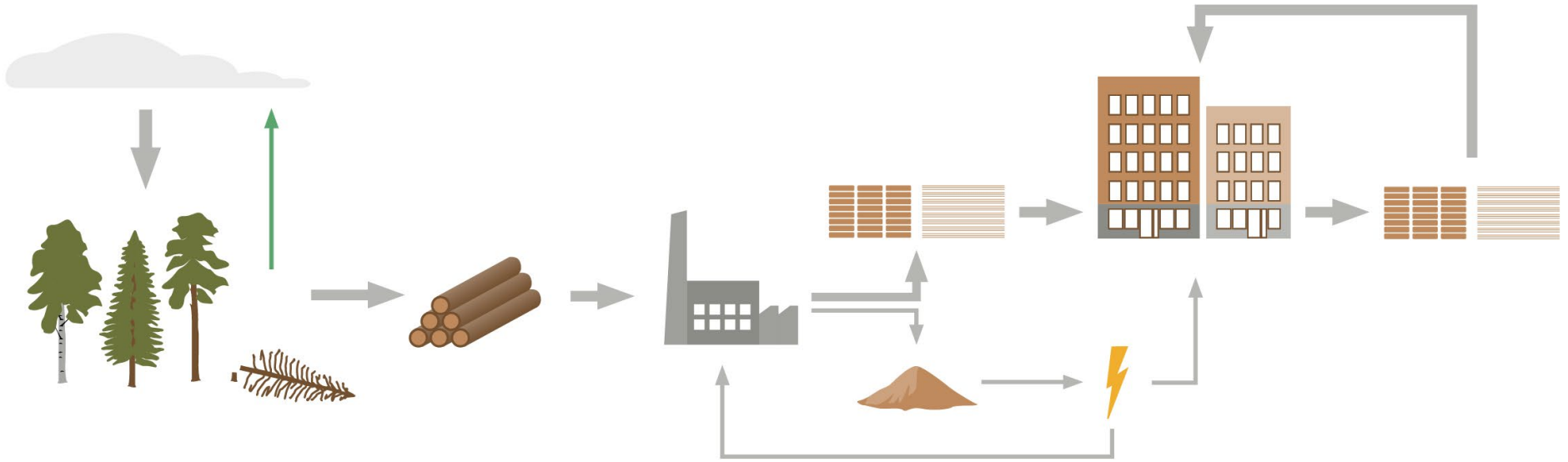
Suomen metsät kasvoivat vuonna 2021 noin 103 milj. m3 runkopuuta ja poistuma oli 92 milj. m3, eli noin 89 %[1]. Puun käyttöä voitaisiin lisätä (enintään 11 milj. m3/v)[3] ilman että runkopuun määrä metsissämme vähenisi.



1: Luonnonvarakeskus, 2022

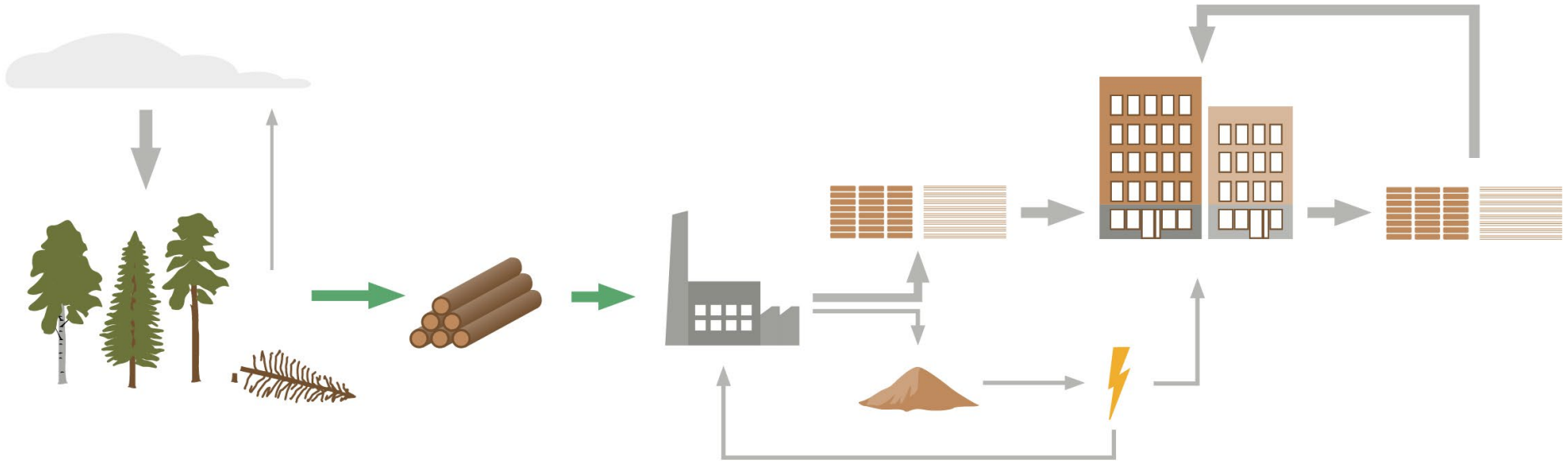
Optimaalinen hiilen kierto

Puun lahotessa hiilidioksidia vapautuu ilmakehään. Lahosta aiheuttavat päästöt ovat kuitenkin pieniä ja lahopuut ovat luonnon monimuotoisuuden kannalta oleellisia.



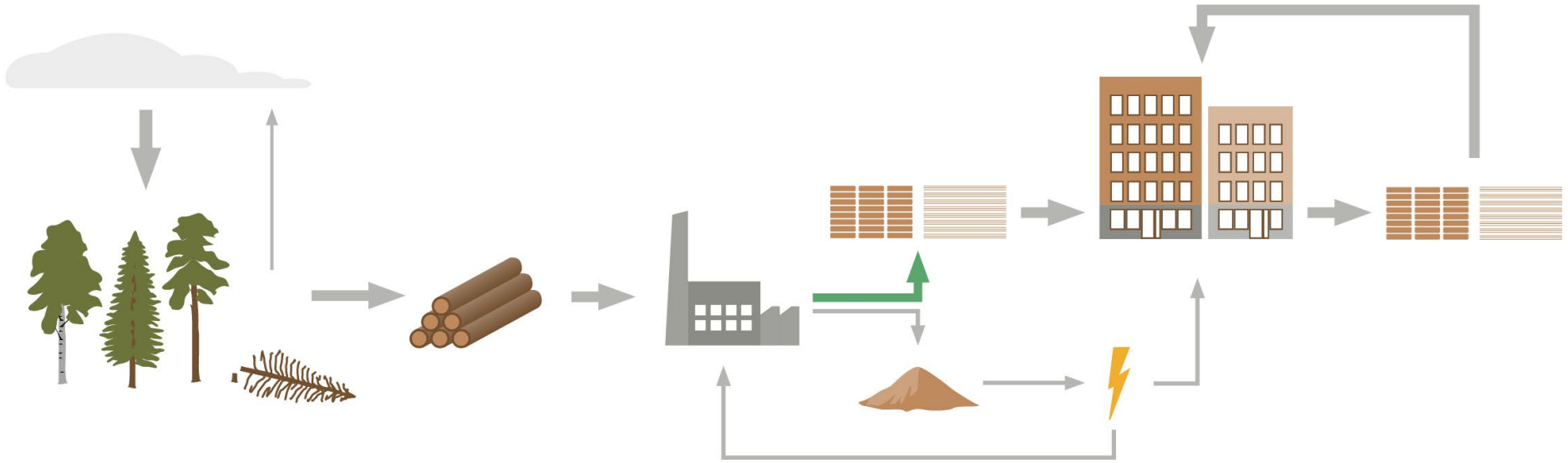
Optimaalinen hiilen kierto

Puita kaadetaan kestävästi hoidetuista metsistä ja ne kuljetetaan tehtaalle mahdollisimman vähäpäästöisesti.



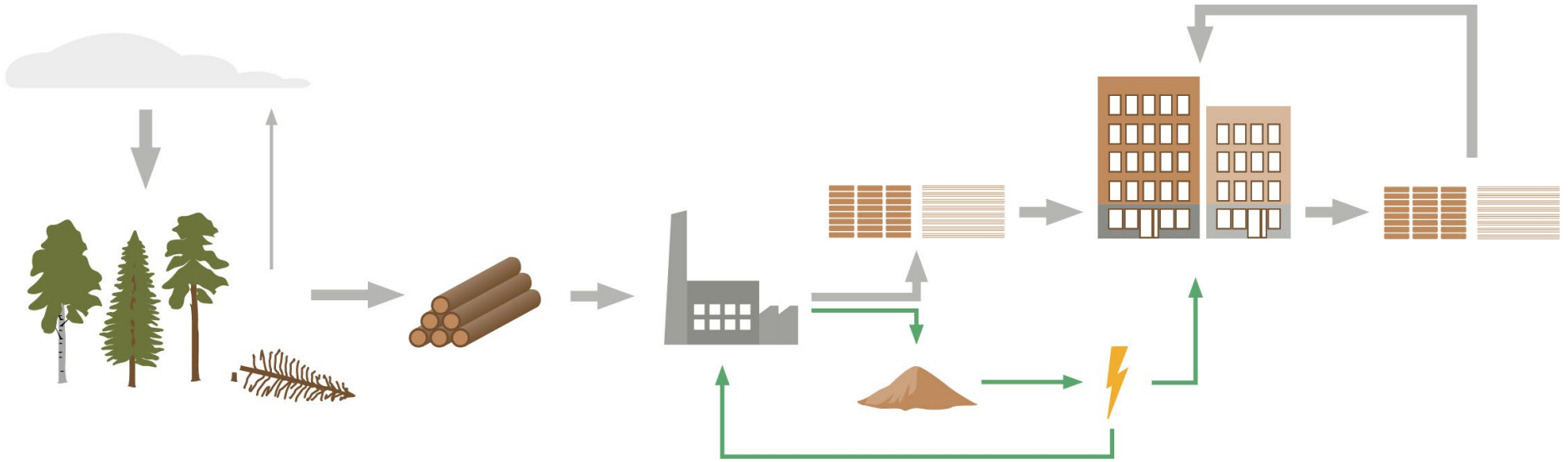
Optimaalinen hiilen kierto

Tehtaalla puusta valmistetaan mahdollisimman pitkäikäisiä terveydelle haitattomia tuotteita.



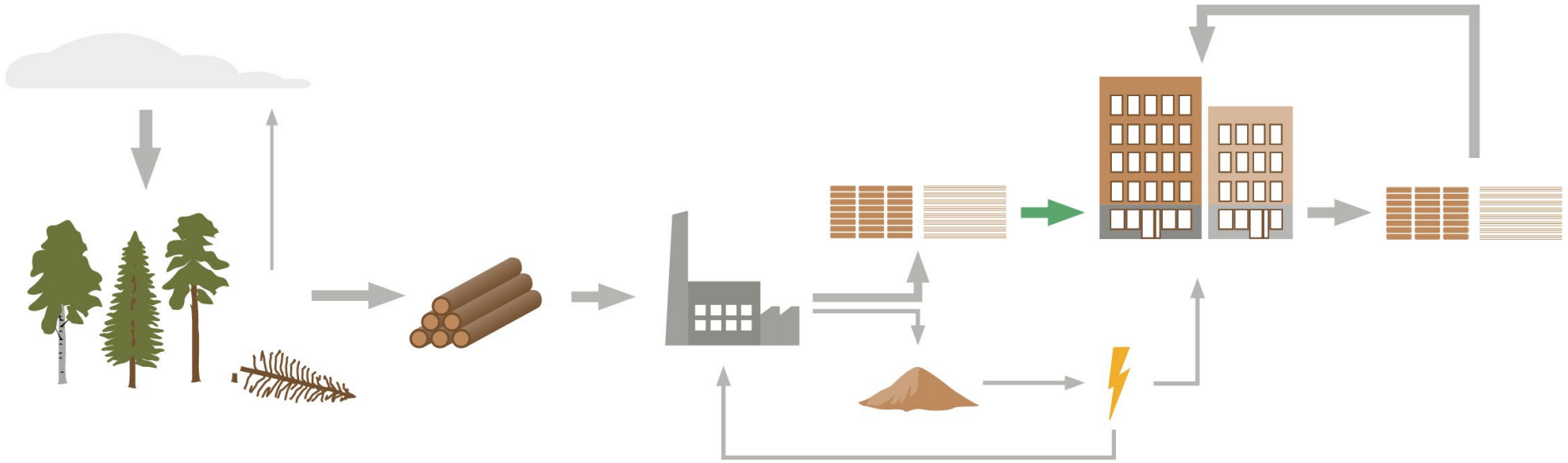
Optimaalinen hiilen kierto

Tuotantoprosesseista syntyvästä ylijäämästä tuotetaan CSS-bioenergiaa (Carbon dioxide Capture and Storage), joka estää hiilidioksidin vapautumisen takaisin ilmakehään.



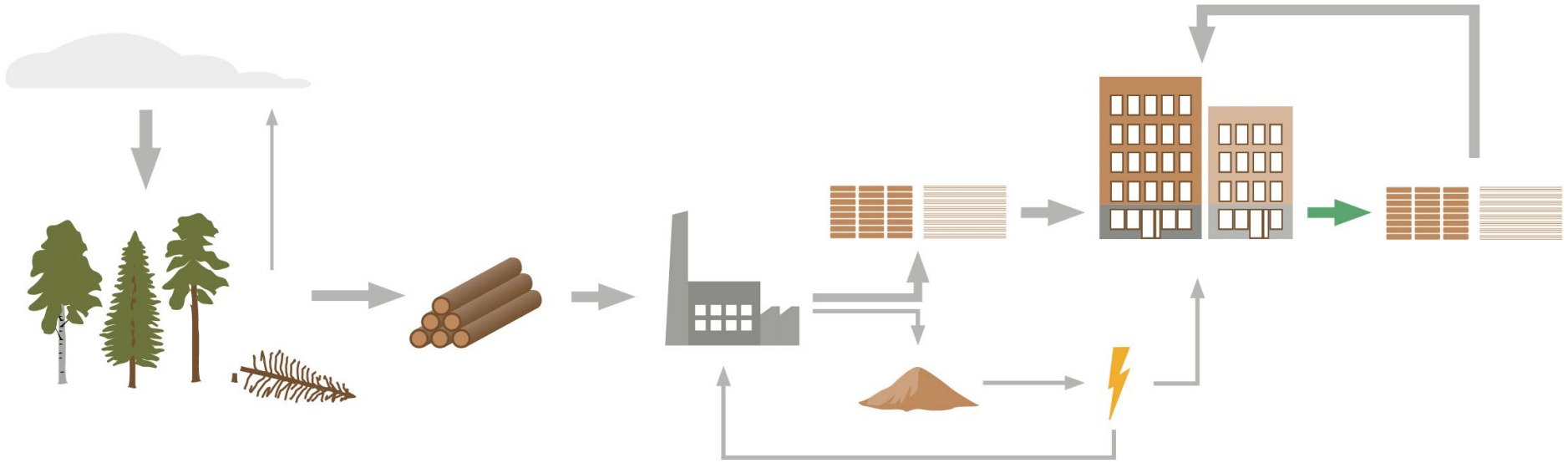
Optimaalinen hiilen kierto

Tuotteista valmistetaan pitkäikäisiä, terveellisiä ja muunto-joustavia rakennuksia, joita on helppo korjata ja ylläpitää. Puiset pitkäikäiset rakennukset toimivat erinomaisina **hiilivarastoina.**



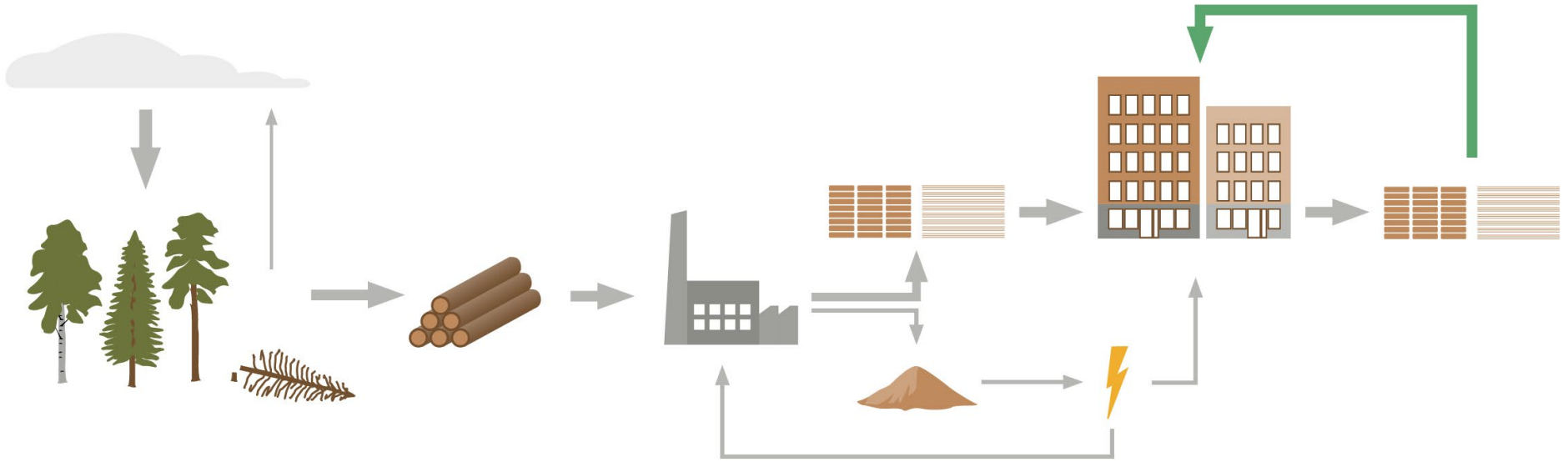
Optimaalinen hiilen kierto

Jos rakennukselle ei ole enää tarvetta, se puretaan järjestelmällisesti osiin niitä rikkomatta.

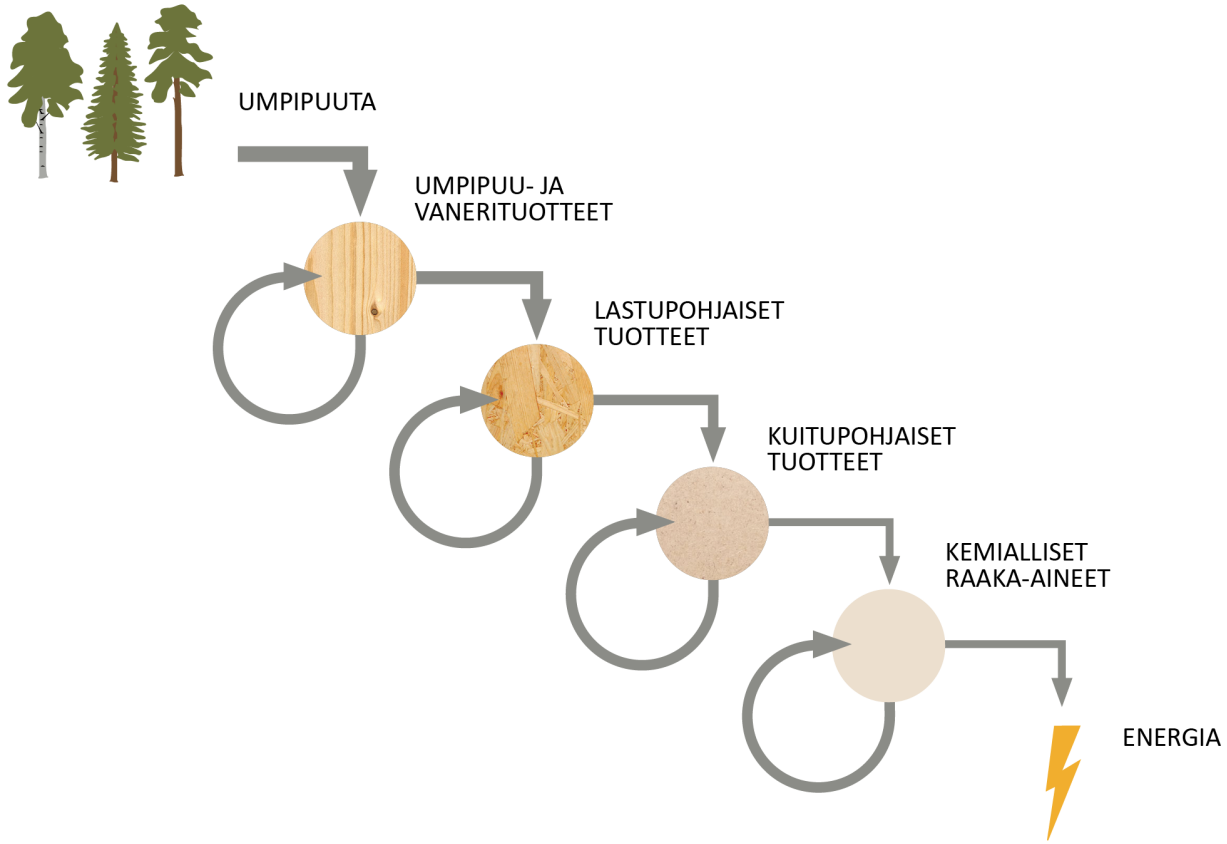


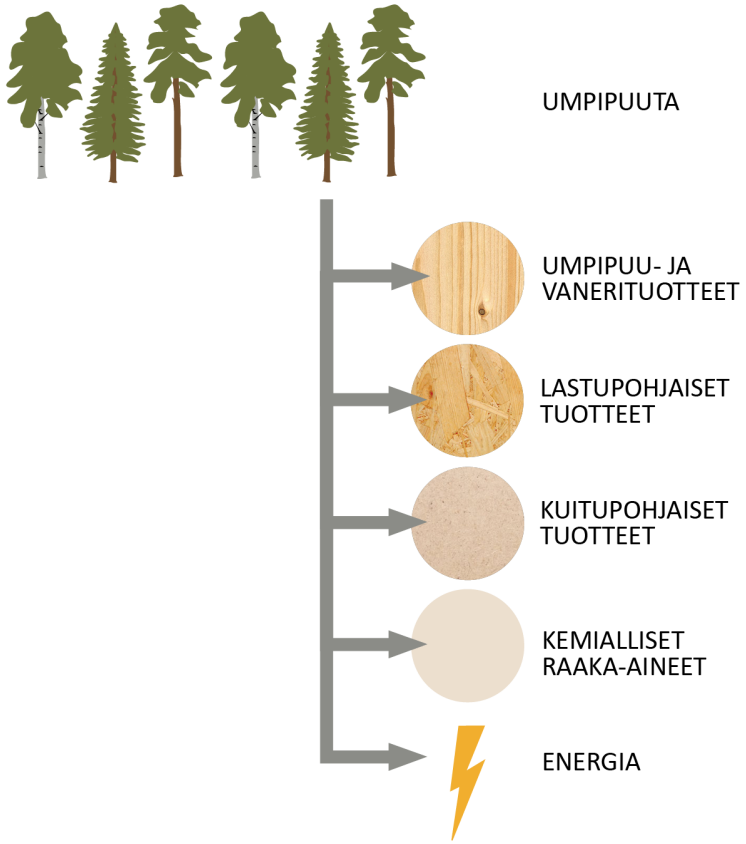
Optimaalinen hiilen kierto

Puretut osat pyritään käyttämään uudestaan sellaisenaan tai sitten ne kierrätetään mahdollisimman tehokkaasti.



Puun kierto ja elinkaaren aikainen arvo



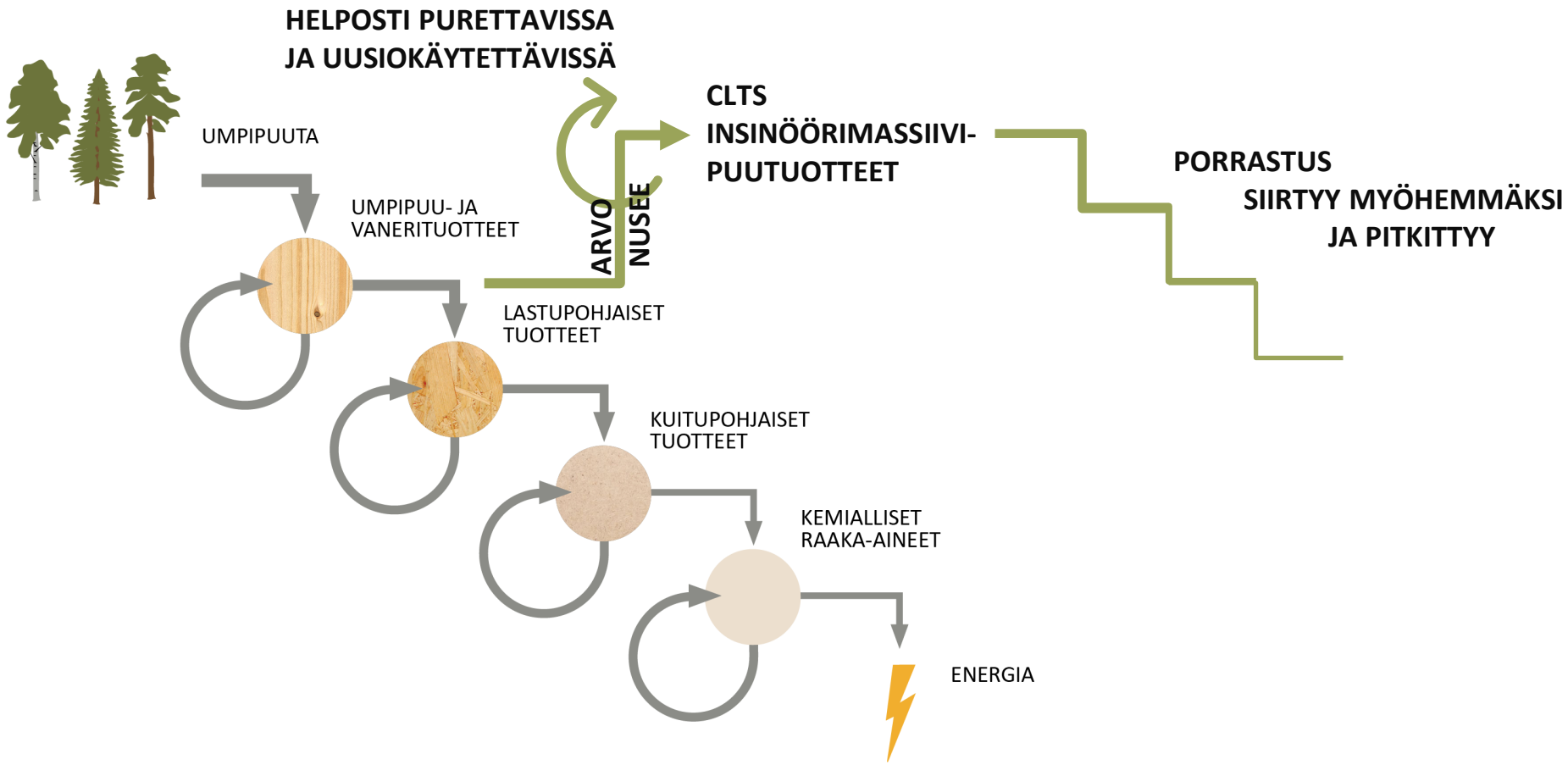


CLST – kierrätyspuusta tehty CLT

- Rakennusteollisuudessa syntyy merkittäviä määriä jätepuuta, jonka arvo laskee merkittävästi tai katoaa kokonaan perinteisillä jätteenkäsittelymenetelmillä.
- Suuri osa jätepuusta on jollain tavalla vioittunutta tai likaantunutta, esimerkiksi ruuvinreiät, halkeamat tai maalinrippeet ovat yleisiä.
- Tällä hetkellä etenkin Iso-Britanniassa tutkitaan ristiinlaminoidun sekundääripuun, eli CLST:n, mahdollisuuksia korvata tavanomainen CLT:n tai teräsbetonin käyttöä.
- CLTS olisi todella tehokas keino nostaa jätepuun arvoa, saada puu takaisin kiertoon, vähentää jätteiden määrää sekä uusiomateriaalin käyttöä.

Colin et al, 2018

CLST – kierrätyspuusta tehty CLT



CLST – kierrätyspuusta tehty CLT

- CLTS:n valmistusprosessia ja mekaanisia ominaisuuksia on alettu tutkimaan.
  - Tyypilliset jämäpuun viat koko CLTS-levyyn ovat suhteellisen pienet ja valmistusprosessi ei juurikaan poikkea tavallisen CLT-levyn valmistuksesta.
  - Jämäpuun viat vaikuttavat enemmän taivutusjäykkyyteen kuin puristusjäykkyyteen.
    - Lupaavalta vaikuttaa CLTS-levy, jossa yhdistetään jämäpuuta ja neitseellistä puuta ottamalla kummankin puun rakenteelliset ominaisuudet parhaalla tavalla huomioon.

Colin et al, 2018

KIERTOTALOUS

Kiertotalous

- Kiertotalouteen perustuvassa talousjärjestelmässä pyritään toimimaan ympäristömme kantokyvyn rajoissa.
- Siinä materiaaleja ei poisteta kierrosta, vaan niitä hyödynnetään mahdollisimman pitkään ja tehokkaasti.
- Materiaalien ja tuotteiden kierrätys maksimoidaan ja päästöt eliminoidaan (tai minimoidaan).
- Kiertotalouteen siirtyessämme tavoitteena on, että materiaalit käytetään sellaisenaan uudelleen, jolloin ne myös säilyttävät arvonsa mahdollisimman pitkään.

Se, millä tavalla materiaali kiertää, vaikuttaa myös sen arvoon.

- Parhaassa tapauksessa materiaalin arvo jopa nousee kierrätysprosessissa toiselle käyttökierrokselle (**upcycling**).
- Huonommassa tapauksessa materiaalin arvo laskee huomattavasti toisella kierroksella (**downcycling**).
  Nykyään rakennusmateriaaleja on totuttu kierrättämään tavoilla, jossa arvonlasku on merkittävää, esimerkiksi käyttämällä betonielementeistä tehtyä mursketta tienpohjissa.
- Kaikki kierrätysmuodot ovat lähtökohtaisesti parempia vaihtoehtoja, kuin materiaalin käyttö energiantuotantoon tai sen vieminen kaatopaikalle, jolloin materiaalit poistuisivat kokonaan kierrosta.

Missä mennään?

- Kiertotalousajattelu modernissa rakentamisessa on vielä lapsen kengissä.
  - Tietyt materiaalit kiertävät, mutta yleisesti ottaen rakennusosien arvo laskee merkittävästi tai katoaa purun yhteydessä.
- Koko rakennusala tarvitsee pikaisesti muutoksen, sillä rakennettu ympäristö aiheuttaa Suomessa yli kolmasosan päästöistä, minkä lisäksi rakennusteollisuus käyttää noin puolet neitseellisistä raaka-aineista ja tuottaa kolmasosan jätteistä.
- Euroopassa yksi suuri ongelma on se, että vanhaa rakennuskantaa on paljon eikä sitä ole rakennettu kiertotaloutta silmällä pitäen. Rakennukset ovat muuntojoustavuuden näkökulmasta jäykkiä ja rakenteellisesti sellaisia, että niissä käytettyjen materiaalien tehokas kierrättäminen on haastavaa.

Missä mennään?

- Asuinrakennukset puretaan Suomessa keskimäärin 58 vuoden iässä ja muut rakennukset keskimäärin 43 vuoden iässä.[1]
  - Mitä uudempi rakennus on kyseessä sitä aikaisemmin se puretaan[2]
- Riittämätön lainsäädäntö ja standardoinnin puute tekee rakennusjätteen uudelleenkäytöstä tällä hetkellä hyvin hankalaa mutta muutosta on luvassa kun End-of-Waste-menettely selkeytyy.[3]

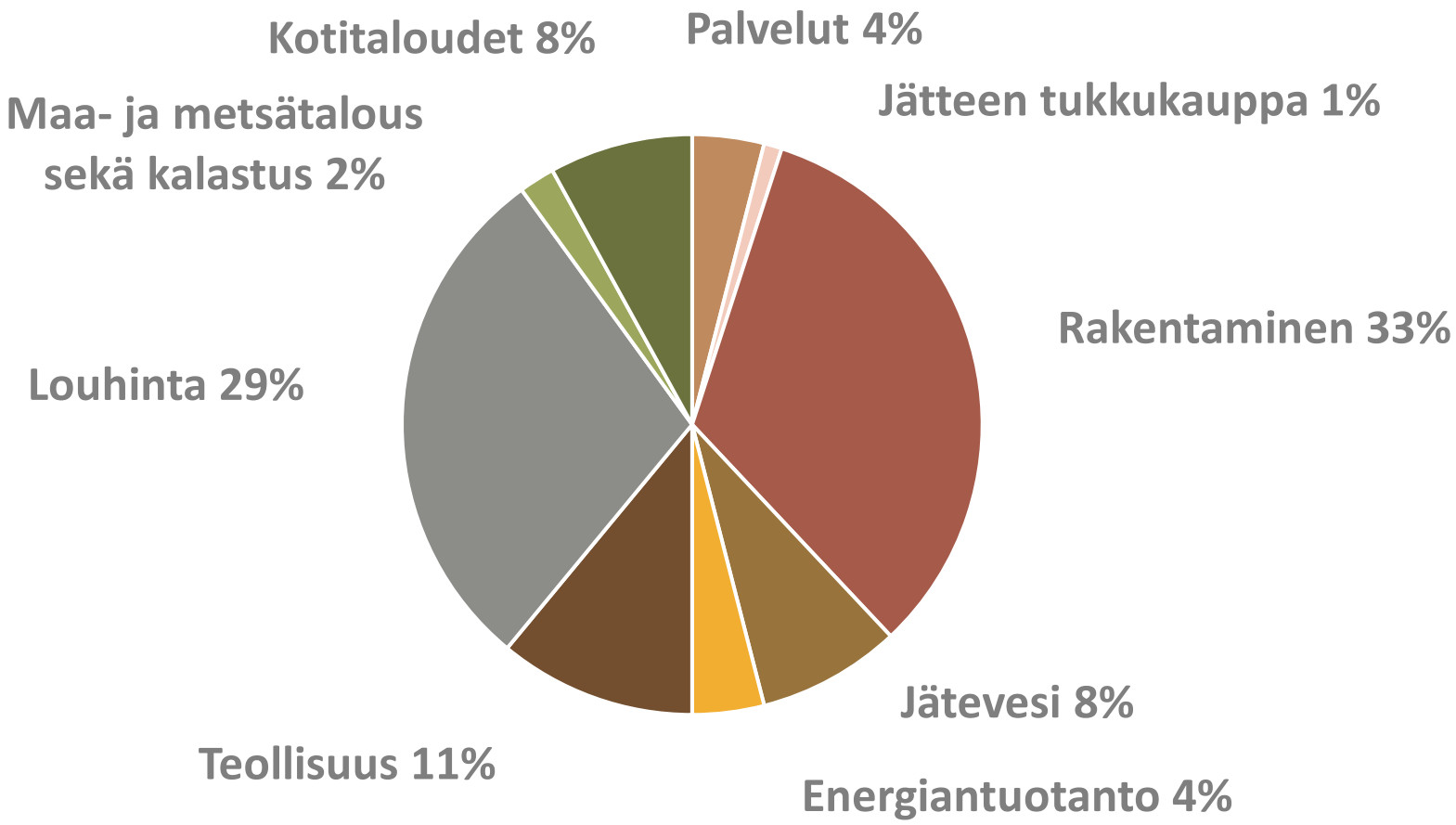
1. Huuhka & Lahdensivu 2016, 2. Hassler 2009, 3. Westerholm 2020

End of Waste

- Tällä hetkellä rakennuksesta purkamisen yhteydessä otettu materiaali luokitellaan jätteeksi ja sen käyttöä rakentamiseen säännellään eri lainsäädännöllä kuin uusia rakennusmateriaaleja, mikä vaikeuttaa uudelleenkäyttöä rakentamisessa. *Purkamisen yhteydessä materiaali siirtyy siis tuotelainsäädännön piiristä jätelainsäädännön piiriin, jolloin se myös menettää laatuleimansa.*
- Kierrätyksen tehostamiseksi purkujätteet luokittelemaan uudelleen. Niille voidaan antaa *”End of Waste”-status*, jolloin jätteistä tulee taas tuotteita ja ne palaavat näin ollen tuotelainsäädännön piiriin.
- Puretuille rakennusten ehjille rakennusosille ja materiaaleille myönnetään uusien rakennustuotteiden kaltainen CE-merkintä ja niitä voidaan nykyisestä poiketen käyttää uudisrakentamisessa uudelleen rakennusosina.

Mistä jätteet syntyvät?

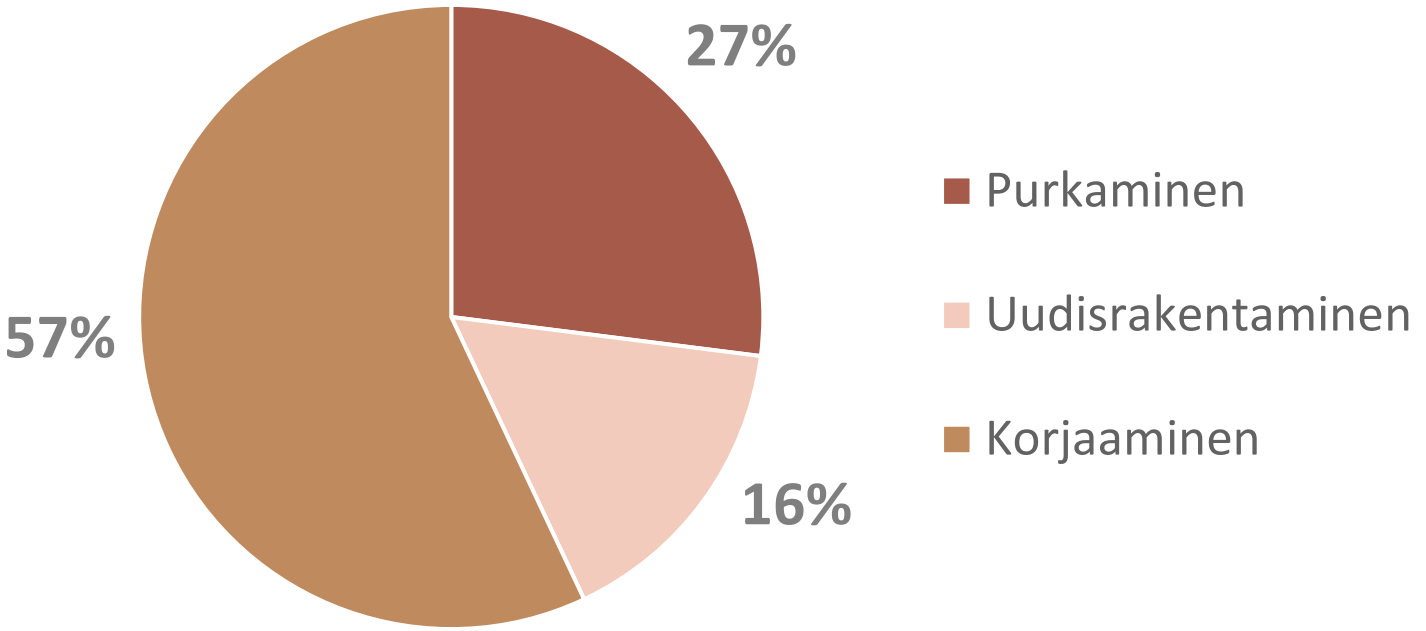
Osuudet jaettu painon mukaan



Lähde: Eurostat 2016

Milloin rakennus- ja purkujätteet syntyvät?

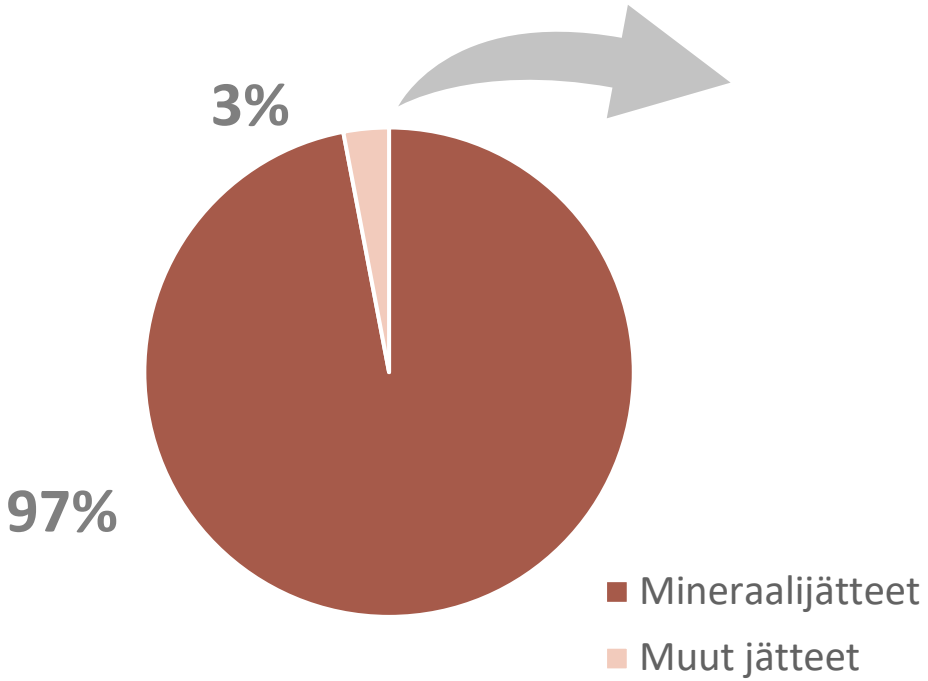
Osuudet jaettu painon mukaan. Ei sisällä infrarakentamista.

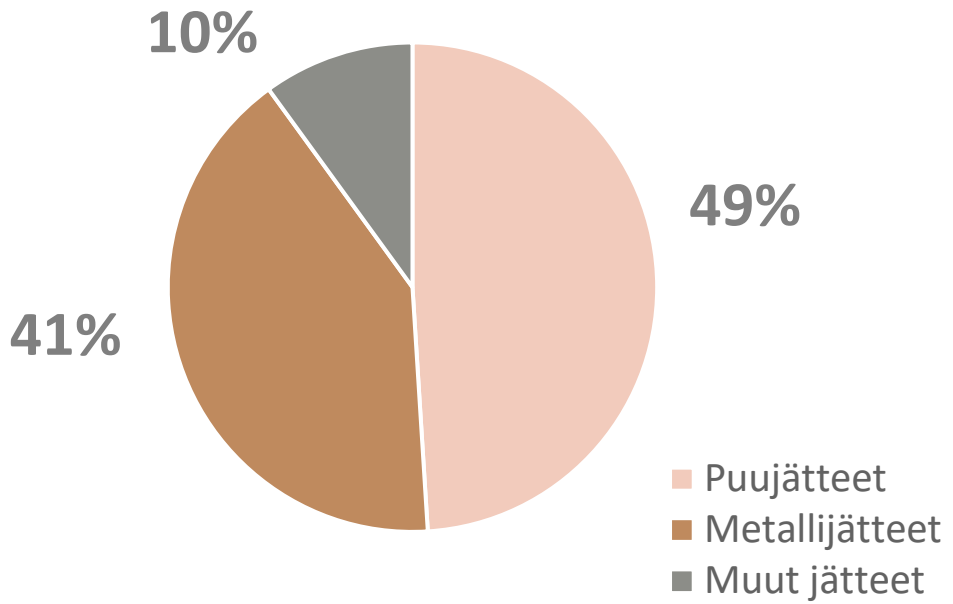


Lähde: Tilastokeskus 2011

Mistä rakennus- ja purkujätteet koostuvat?

Osuudet jaettu painon mukaan. Ei sisällä infrarakentamista.





Lähde: Tilastokeskus 2018

EU:n jätedirektiivi (2008/98/EY)

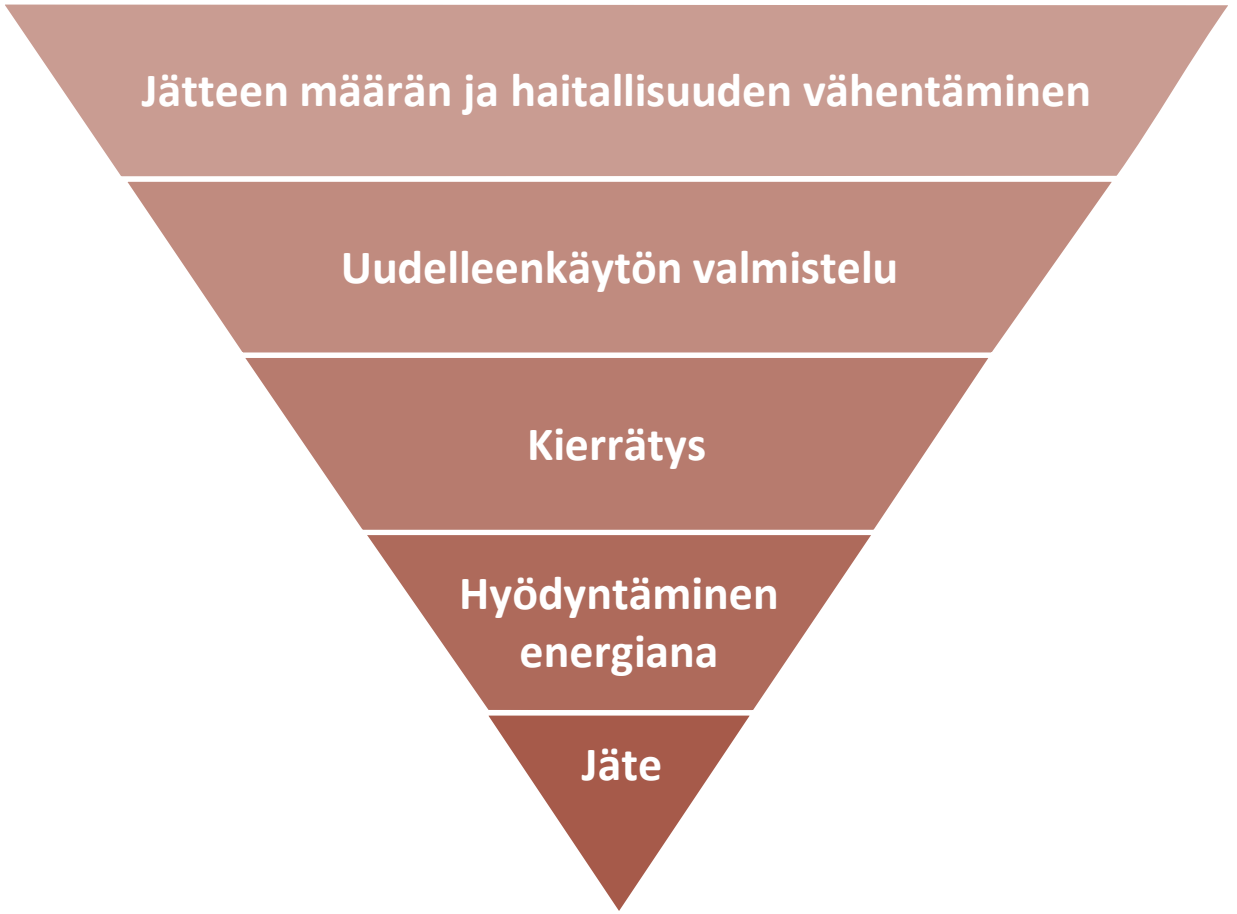
- EU:n jätedirektiivillä pyritään edistämään jätteen synnyn ehkäisyä, uudelleenkäyttöä ja kierrätystä
- Jäsenmaat velvoitetaan edistämään rakennus- ja purkujätteen kierrätystä niin, että vuonna 2020 vähintään 70 % jätteistä hyödynnetään materiaalina lukuun ottamatta maa-aineksia ja vaarallisia jätteitä.
  - *Suomi ei ole päässyt tavoitteeseen ja raportoi kierrättävänsä vain noin puolet rakennus ja purkujätteestä*[1]. Tästäkin valtaosa on kierrätystä, jossa arvonlasku on merkittävää, esimerkiksi betonimurskan käyttöä teiden alustana.

Lähde: Eurostat 2020

Keinoja edistää kiertotaloutta

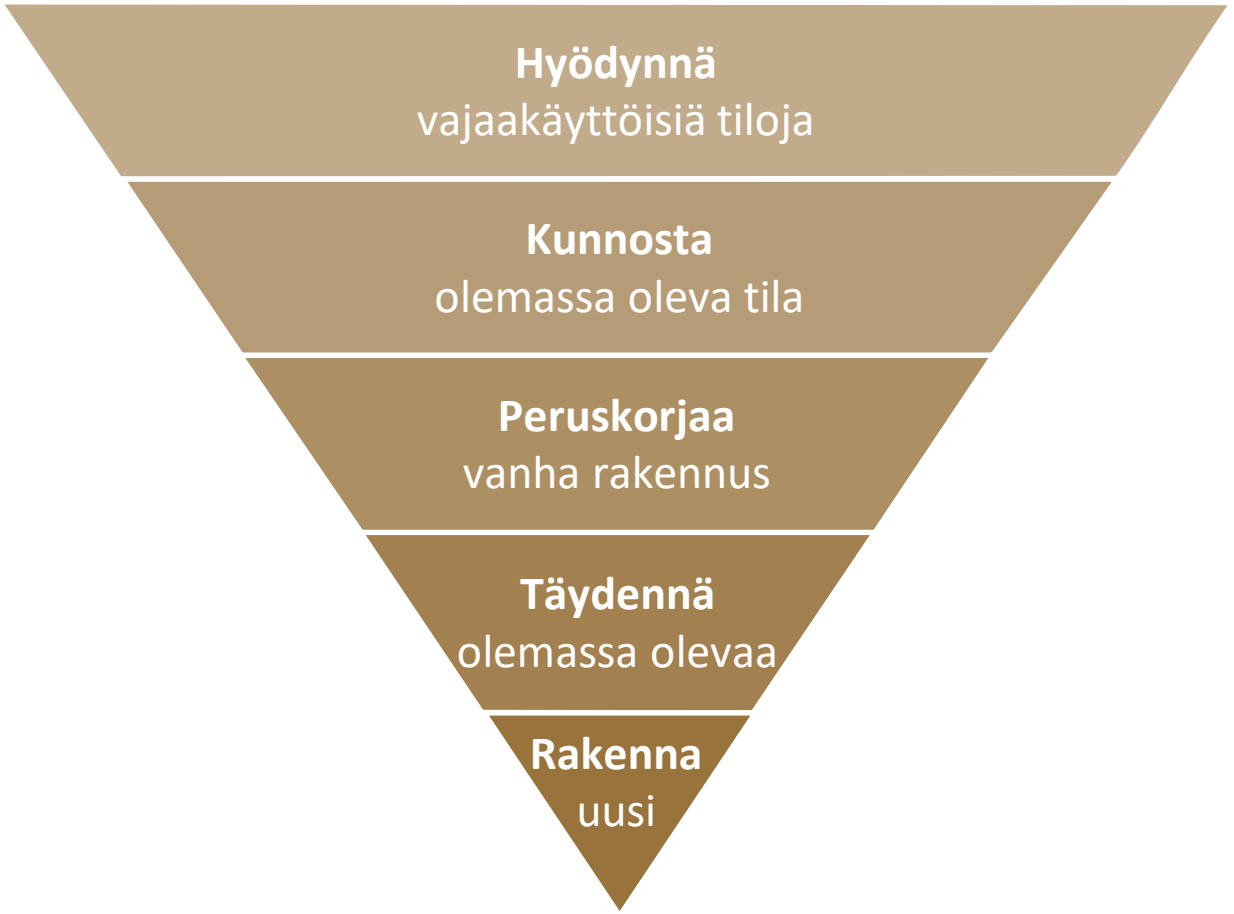
- Suhtautumisemme rakennusmateriaaleihin sekä niistä koostuviin rakennuksiin on muututtava. **Lähtökohdaksi** täytyy ottaa **rakennusten ylläpito ja korjaaminen**.
- Uudisrakentamista tehdään vain, jos muita vaihtoehtoja ei ole.
- Tarpeelliseksi katsotussa uudisrakentamisessa noudatetaan kiertotalousperiaatteita ja siinä suositaan jo käytössä olleita materiaaleja: ensisijaisesti harjoitetaan ns. **urbaania kaivostoimintaa** (**urban mining**) rakentamalla jo kaupungissa käytössä olleista materiaaleista.
- Jos käytettyjä materiaaleja ei ole tarjolla, käytetään neitseellisiä **vähäpäästöisiä uusiutuvia materiaaleja/tuotteita** siten, että ne ovat jatkossa helposti **korjattavissa, vaihdettavissa ja kierrätettävissä**.

Jätehierakia



EU-direktiivin 2008/98/EY mukainen jätehierarkia

Rakentamisen hierakia



Mukailee Häkkisen ja Kuittisen (2020) vähähiilisen rakentamisen hierarkiaa

Mitä suunnittelijan tulisi huomioida?

- **Materiaalipaletti muuttuu staattisesta huomattavasti elävämmäksi**, sillä kierrätettyjen materiaalien saatavuus ja laatu vaihtelee jatkuvasti. Tämä asettaa suunnittelulle uusia haasteita, kun on opittava taito yhdistää tietyllä hetkellä saatavilla olevia materiaaleja niin teknisesti kuin esteettisestikin toimiviksi kokonaisuuksiksi.
- Suunnittelijalle tämä tarkoittaa **yksinkertaisten rakenteiden ja helposti avattavien liitosten suosimista**.
- Rakennukset on suunniteltava **modulaarisuus** ja **muuntojoustavuus huomioiden.**

Design for Disassembly (DfD)

- **Uusiokäytön ja kierrätyksen mahdollistava suunnittelu** (esimerkkejä: helppo purettavuus, yksinkertaiset valmistusmateriaalit, kierrätettävien ja kierrätettyjen materiaalien käyttö; komponenttien hyödyntäminen suljettuun kiertoon perustuvan uudelleenvalmistuksen avulla sekä sekundääriset sovellukset). Toisin sanoen: suunnitellaan rakennus purettavaksi, jotta se/sen osat voidaan käyttää uudelleen
- DfD **edellyttää yksityiskohtaisen purkamissuunnitelman luomista**, joka sisältää ohjeet elementtien purkamiseen sekä rakennuskomponenttien ja -materiaalien tarkastelun ja sen, kuinka ne tulisi käyttää uudelleen, kierrättää tai regeneroida

Esimerkkikohteita

Kiertotaloushankkeita puusta

Resurssitehokkaan rakentamisen hierarkian järjestystä mukaillen

ELYS – kauppa- ja kulttuuritalo

Basel, *Sveitsi, 2016-2020*

© Martin Zeller / Baubüro in Situ

© Martin Zeller / Baubüro in Situ

© Martin Zeller / Baubüro in Situ

Suunnittelu: Baubüro in situ

Asiakas: Immobilien Basel-Stadt

Laajuus: 32 000 m2

Rakenne: Olemassa oleva betonirunko + tehtaalla valmistetut kierrätyspuurankaelementit

COOPin jakelukeskuksena ja suurleipomona käytetty rakennus muutettiin kauppa- ja kulttuuritaloksi.

Suunnittelun painopisteinä olivat purkutyön vuoksi välttämättömät uudet ulkoseinät.

Uudet seinät luotiin kierrätysmateriaaleista ja ympäröivän rakennusmateriaali-teollisuuden jäännöksistä.

© Martin Zeller / Baubüro in Situ

- Ikkunat ovat alueen eri valmistajien jäänteitä
- Puurunkorakenteen lamellit sahattiin puretuista puurakenteista
- Eristykseen käytettiin pääosin muiden rakennustyömaiden mineraalivillajätettä
- Julkisivun alumiinilevyt ovat kierrätettyjä.

Näin tehokas kierrättäminen vähentää hiilidioksidipäästöjä huomattavasti.

Arkkitehtitoimisto Baubüro in situ on jo 20 vuoden ajan ollut edelläkävijä uudelleen-käytettyjen materiaalien ja tuotteiden käytössä niin uudisrakentamisessa kuin luovassa korjausrakentamisessakin.

Östis – loftasuntoja

Loviisa, *Suomi, ~2022*

© HELST Arkkitehdit

Suunnittelu: Helst Oy

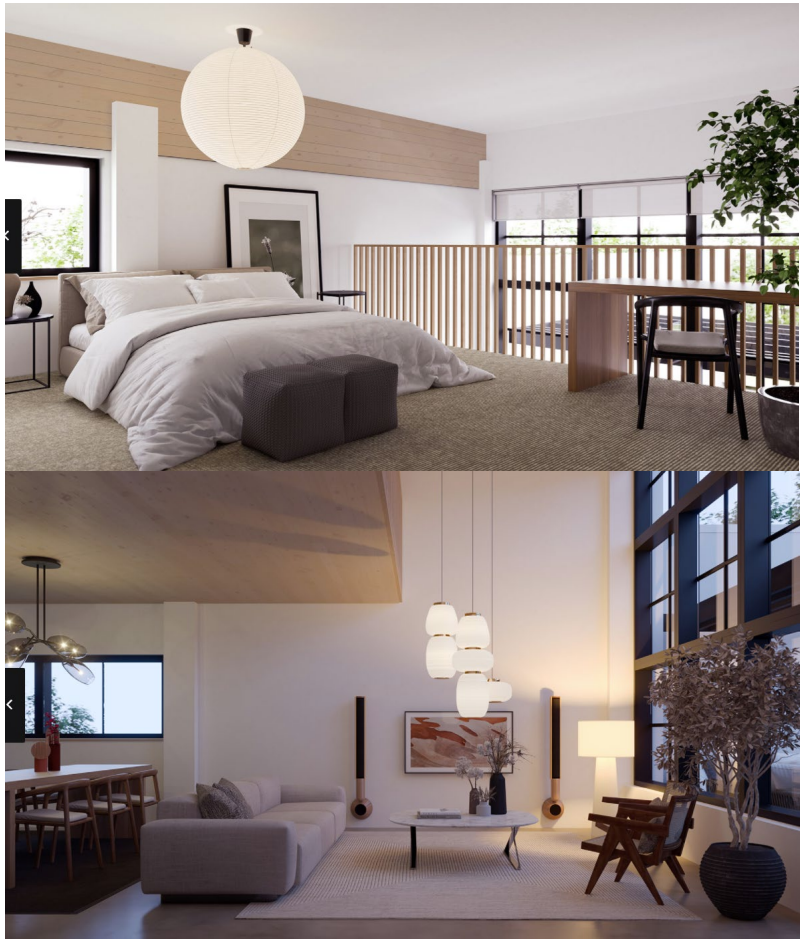
Laajuus: XX m2

Rakenne: Olemassa oleva betonirunko + puiset välipohjat ja uudet seinät

Tavoitteena on **säilyttää hyvin vaatimaton** ja jopa rumaksi haukutun **tehtaan runko** ja muuttaa se trendikkäiksi loftasunnoiksi käyttämällä mahdollisimman **vähäpäästöisiä luonnonmateriaaleja**, kuten puuta ja savea.

Östis on oiva esimerkki kiertotaloudesta koska:

- On päätetty säilyttää rakennus, joka tyypillisesti purettaisiin uuden tieltä
- Suunnitteilla on todella merkittävä kasvojenkohotus.



© HELST Arkkitehdit

Biological House

Middelfart, Tanska, 2017

© Een til Een

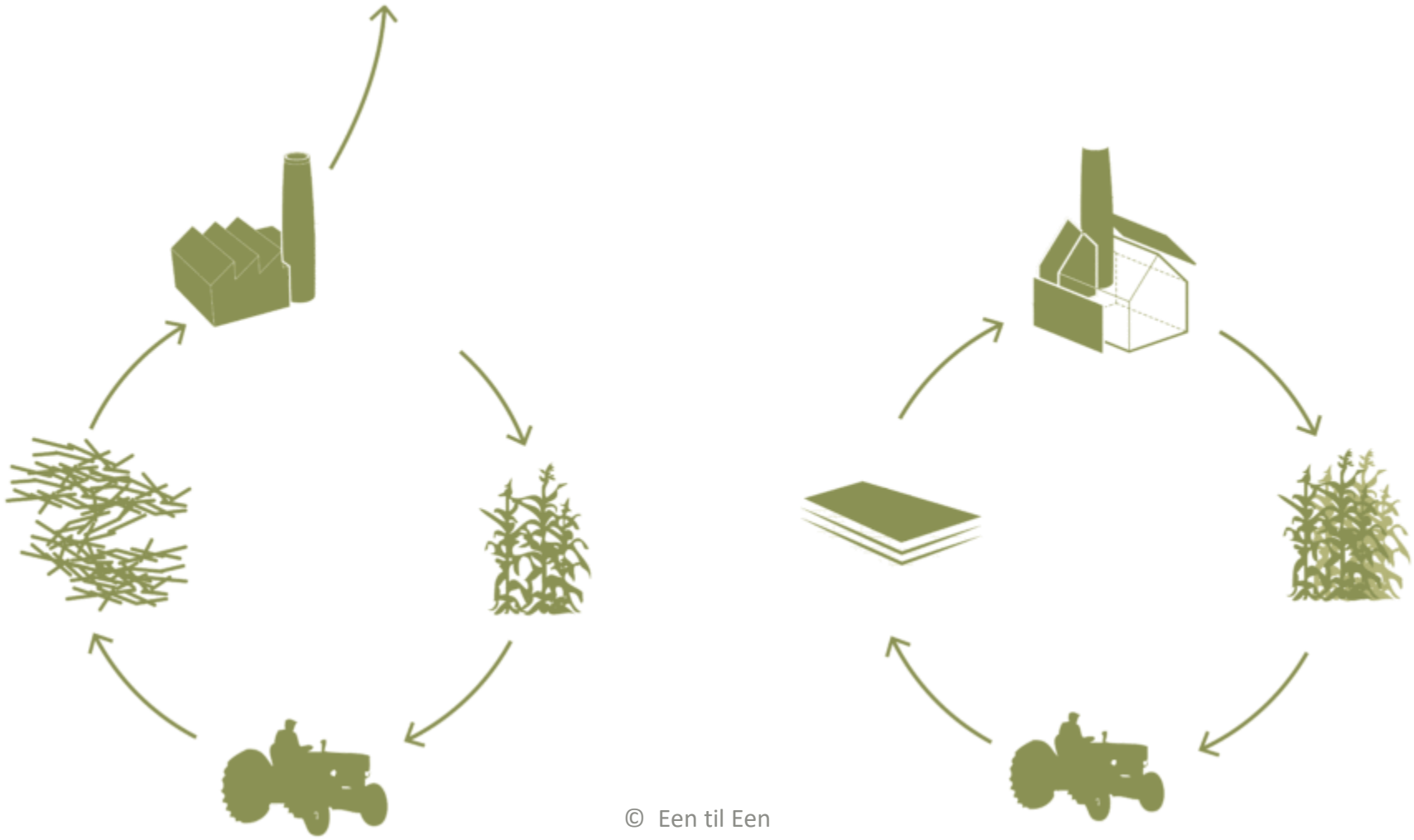
© Een til Een

Suunnittelu: Een til Een

Rakenne: Maatalousjätteistä tehdyt moduulit

Pientalo koostuu pääsääntöisesti entisistä **maatalousjätteistä**.

Rakennusta varten hankittiin maatalouden jäämiä. Talteen otettiin ruohoa, olkia ja merilevää, aineita, jotka normaalioloissa poltettaisiin. Näistä jalostettiin rakennusmateriaaleja. Raaka-aineita ei siis vain kierrätetty, vaan niiden käytön avulla vältyttiin myös niiden polttamisesta aiheutuvista päästöistä. Materiaalin jalostus myös nosti raaka-aineen arvoa huomattavasti (**upcycling**).



© Een til Een

© Een til Een

Käytetyt materiaalit:

1. Rakenne: Puristetut olkilevyt
2. Eristys: Meriheinä, pellava ja puukuidut
3. Katto: Kasvipohjainen kumikalvo
4. Julkisivu: Biokyllästetty puu
5. Ikkunat: Tuuletusikkunat
6. Energia: aurinkokennot + suolavesiakut varastointiin
7. Jätevesi: Biologinen käsittelyjärjestelmä
8. Perustus: Ruuvipaaluperustus

Circular Pavilion

Pariisi, 2015

© Cyrus Cornut for Encore Heureux Architectes

Suunnittelu: Encore Heureux Architectes

Laajuus: 70 m2

Rakenne: Kierrätetty puuranka

Paviljonki koostuu pääsääntöisesti **kierrätysmateriaaleista**.

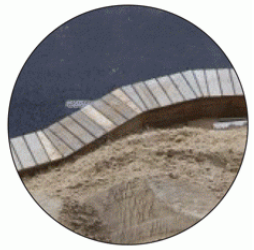
Rakennus edustaa ”**design for disassembly**” lähestymistapaa, eli se on suunniteltu purettavaksi ja siirrettäväksi

Alkuperäisessä paviljongissa järjestettiin näyttelyitä, työpajoja, luentoja ja keskustelutilaisuuksia. Vuonna 2016 paviljonki **purettiin ja siirrettiin** lopulliseen sijaintiinsa, jossa se toimii urheiluseuran kerhotilana.

© Cyrus Cornut for Encore Heureux Architectes

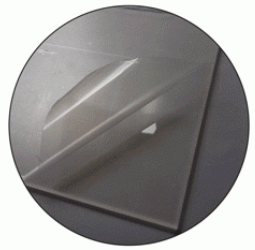
Oak entrance doors
Renovation of a housing building owned by Paris-Habitat

Isolating mineral wool
Dismantling of a supermarket roof



Duckboards
Paris-Plage organization

Oak battens
Overorder from an office building



Plexiglass
Erroneous order from Paris' City Hall

Douglas pine rafters
Carpenter's stock

Wooden chairs
Collected from Paris' bulky waste

Plywood boards
Used exhibition walls

Lighting
Public lighting storage

© Encore Heureux Architectes

Wooden framework

Insulation

Cladding + impermeability

© Encore Heureux Architectes

© Encore Heureux Architectes

© Cyrus Cornut for Encore Heureux Architectes

Brummenin Kaupungintalo

Brummen, 2013

© Petra Appelhof

Suunnittelu: RAU Architects

Asiakas: Brummenin kaupunki

Laajuus: 3 000 brm2

Rakenne: Hybridi, pääsääntöisesti puuta

Oiva esimerkki kiertotalouden mukaisesta **hankintamallista** ja suunnittelusta. Brummenin kaupunki tarvitsi uuden kaupungintalon ainakin 20 vuodeksi, joten tavallisen hankintasopimuksen sijaan valittiin joustavampi, taloudellisesti sekä ekologisesti kestävämpi sopimus. **Rakennus ”leasattiin”** 20 vuoden sopimuksella. Projekti on suunniteltu **DfD periaatteilla**, eli rakennus on helposti purettavissa osiin ja osat uudelleen käytettävissä.

Kestävä rakentaminen

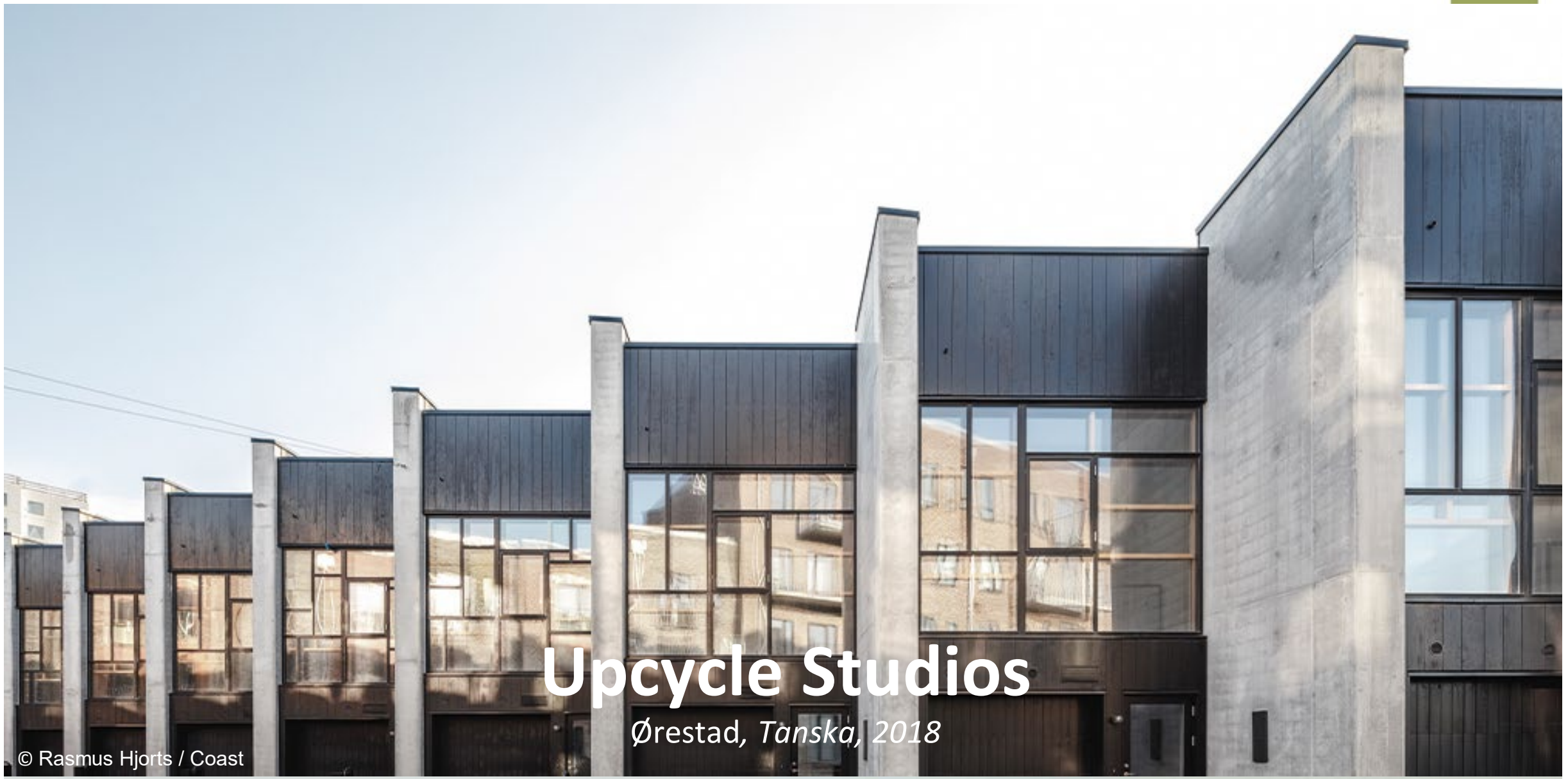
© Petra Appelhof

Rakennusosien toimittajat ovat purun yhteydessä sitoutuneet ostamaan takaisin 90% materiaaleista ja maksamaan niistä 20% alkuperäishinnasta.

Helposti avattavat liitokset ovat jätetty näkyviin ja ne ovat vahva osa estetiikkaa.

Rakennuksen **elinkaarikustannukset ovat arvioitu 30 % halvemmiksi** kuin muilla samankaltaisilla rakennuksilla kyseisellä alueella.

Lisätietoja projektista täällä



Upcycle Studios

Ørestad, *Tanska, 2018*

© Rasmus Hjorts / Coast

Suunnittelu: Lendager Group

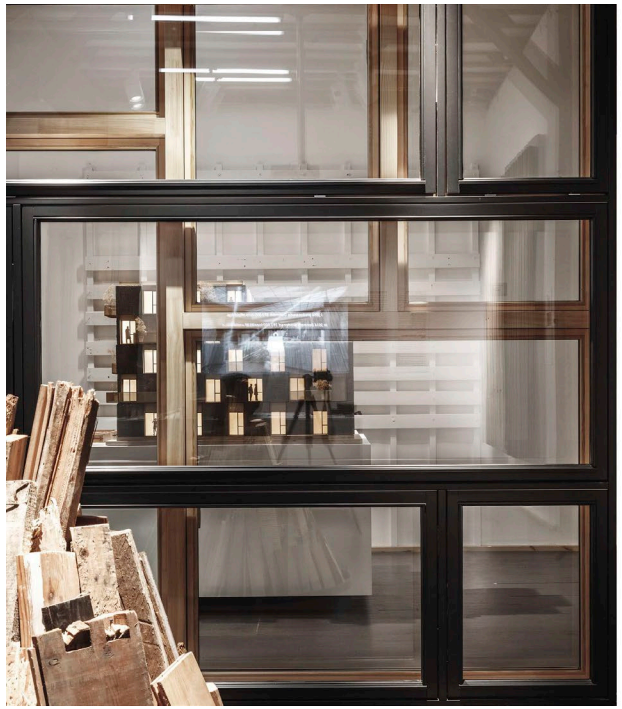
Asiakas: NREP Arkitektgruppen

Laajuus: 70 m2

Rakenne: Kierrätetty betoni + kierrätetyt ikkunat ja pintamateriaalit

Upcycle Studios on townhousekokonaisuus, joka koostuu 22 asunnosta, jotka ovat **pääosin kierrätysmateriaaleista rakennettu**.

Valtaosa rakennuksen materiaaleista olisivat päätyneet kaatopaikalle tai polttolaitokseen, jos niitä ei olisi kierrätetty ja käytetty rakentamisessa. **Tämä auttaa vähentämään rajusti rakennuksen koko elinkaaren hiilijalanjälkeä.**



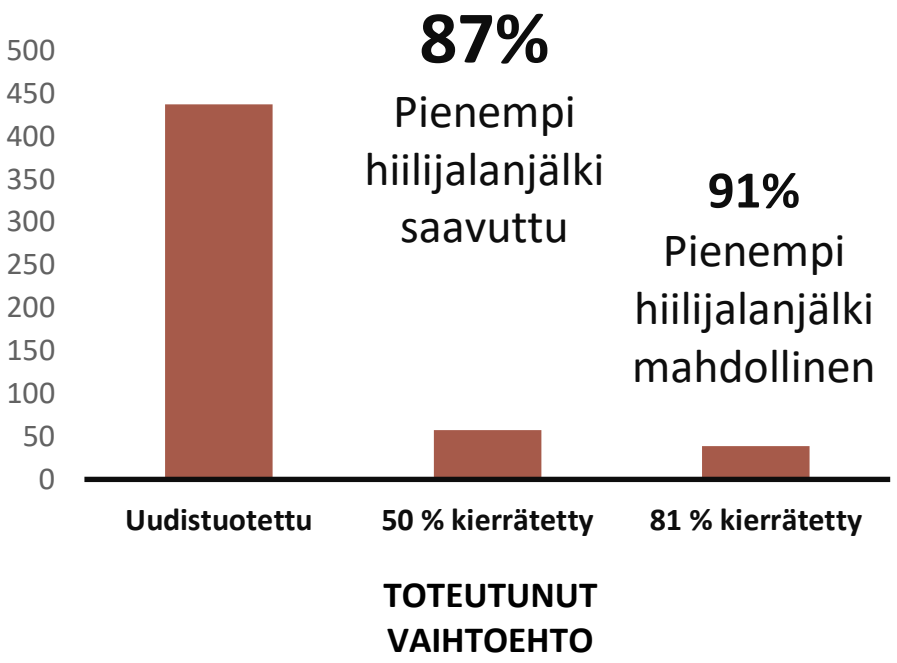
© Rasmus Hjorts / Coast

Upcycle Studiosin **kokonaishiilidioksidi-päästöt ovat 50 vuoden tarkasteluajan-jaksolla 60% pienemmät** verrattuna siihen, jos sama rakennus olisi tuotettu uusiomateriaaleista.

- Betonijätteet Kööpenhaminan metron kaivauksista
- Lattiakivet ja ikkunalasit hylätyistä kodeista eri puolilla Tanskaa
- Ylijäämäpuuta paneeleihin ja lattioihin paikallisilta puunvalmistajilta

Laskijulkisivujärjestelmien hiilijalanjälki

kgCO2e/m2
m2=ikkunan pinta-ala



Yksi suuri oivallus on projektin lasijulkisivu-järjestelmä. Siinä hyödynnetään ikkunoita, joita on poistettu rakennuksista energia-tehokkuuden nimissä, koska kyseiset ikkunat eivät täytä päivän energiatehokkuus-vaatimuksia.

Näistä ikkunoista on luotu lasiseinä, joka taas täyttää nykyvaatimukset. Ikkunalasit on valtaosin kierrätettyjä ja karmit ovat uusia puukarmeja. **Lasijärjestelmän päästöt vähenevät 87% verrattuna tyypilliseen lasijulkisivujärjestelmään.**

Lisätietoja projektista täällä.

Lisbjerg Hill

Aarhus, 2014-2018

Suunnittelu: Vandkunsten Architects

Asiakas: AL2bolig

Laajuus: 4 100 brm2

Rakenne: Hybridi, pääsääntöisesti puuta

Projekti on suunniteltu **DfD periaatteilla**, eli rakennukset ovat helposti purettavissa osiin ja osat uudelleen käytettävissä. Tämän lisäksi rakennukset ovat **muuntojoustavia**, joten tilat kykenevät muuttumaan tarpeiden muututtua. Yllä mainittujen saavutusten lisäksi projekti on **vähähiilinen**.

Lisätietoja projektista täällä

Hoppet - esikoulu

Göteborg, 2020

© LINK Arkitektur / Felix Gerlach

© LINK Arkitektur / Felix Gerlach

Suunnittelu: LINK Arkitektur

Asiakas: Göteborgin kaupunki

Laajuus: 1 850 brm2

Rakenne: CLT

Esikoulu on Ruotsin ensimmäinen lähes **fossiilivapaa koulurakennus**. Tämä tarkoittaa, että ollaan vältetty öljyä sisältäviä tuotteita sekä tuotteita tai prosesseja, joihin kuluu öljyä. Fossiilittomuus on huomioitu kaikissa elinkaaren vaiheissa.

Tämän lisäksi rakennus on **vähähiilinen**.

© LINK Arkitektur / Felix Gerlach

Tärkeä päätös ilmastohaittojen pienentämiseksi on, että esikoulu rakennettiin pääosin puusta. Lisäksi perinteinen betoniperustus korvattiin ”koljern”-perustuksella, jossa hyödynnetään vaahtolasia, joka koostuu suurelta osin kierrätetystä lasista ja jolla on puolet pienempi hiilijalanjälki kuin betoniperustuksella.

Esikoulun hiilijalanjälki on 70 % pienempi verrattuna tavanomaiseen ratkaisuun.

Lisätietoja projektista täällä.

Svartlamon – kaupunkilaboratorio

Trondheim, 2017

© Ninni Westerholm

Suunnittelu: Nøysom arkitekter

Asiakas: Svartlamon Asuntoliitto

Laajuus: 5 asuntoa

Rakenne: Puuranka

Ryhmärakentamishanke, joka sijaitsee **kaupunkilaboratorioksi kaavoitetulla alueella**, joka mahdollistaa kokeellisen rakentamisen. Arkkitehdit suunnittelivat yhdessä asuntojen tulevien asukkaiden kanssa mahdollisimman helposti toteutettavan rivitalokonseptin, jonka asukkaat rakensivat ilman aiempaa rakentamiskokemusta. Rakentamisessa käytettiin runsaasti **kierrätysmateriaaleja** ja asukkailla oli toteutuksen suhteen hyvin vapaat kädet. **Rakennusten neliöhinta oli noin viidennes markkinahinnasta**.