

# TIEKARTTA YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN PIENENTÄMISEKSI

CASE: RAKENTAMINEN

  
Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto



# KOHTI KESTÄVÄÄ RAKENTAMISTA

Elinkaariarvioinnilla on tärkeä rooli rakennusten ekologisen kestävyysarvioinnissa. Arvioinnissa kiinnitetään huomiota rakennuksen koko elinkaareen eikä vain valmiiseen rakennukseen liittyviin tekijöihin.

Rakennuksen suunnitteluvaiheessa arvioidaan rakennusosien ja rakennuksen elinkaaren eri vaiheiden merkitys ympäristön kannalta. Tämä ohjaa rakennusten ympäristöystävälliseen suunnitteluun ja tulosten dokumentointiin.

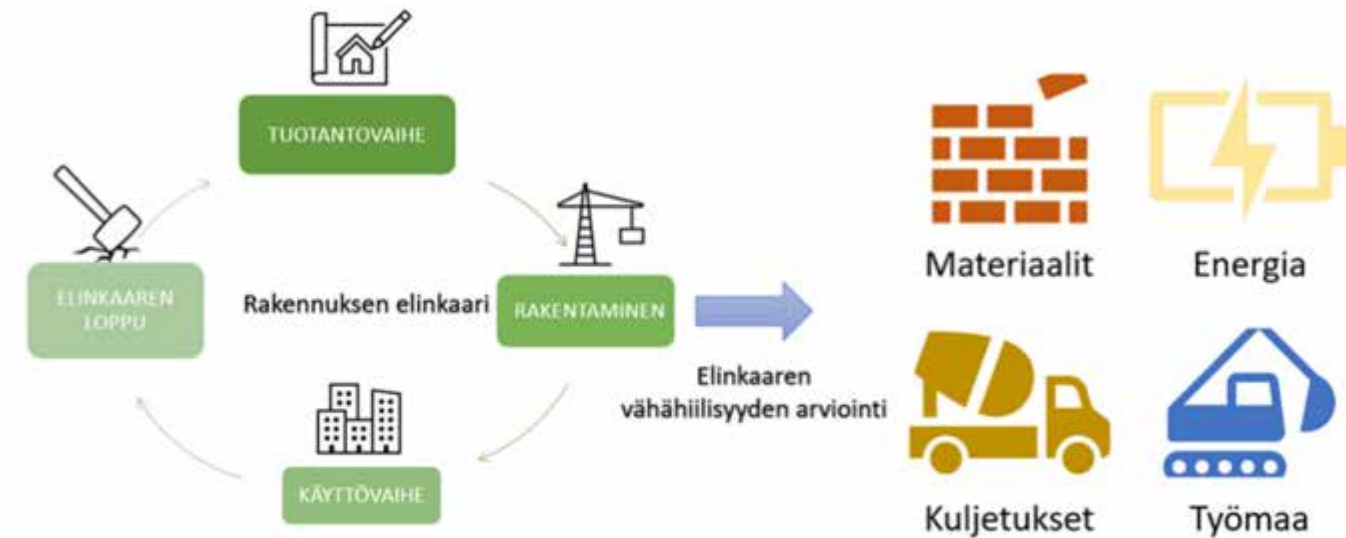
Rakennuksille on olemassa päästöihin liittyviä ISO-standardeja:

EN 15643-2 Sustainability of construction works. Assessment of buildings. Part 2 Framework for the assessment of environmental performance

EN 15978 Sustainability of construction works. Assessment of the environmental performance of buildings. Calculation method

EN 15804 Sustainability for construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products

Lähde: [elinkaarilaskenta.fi](http://elinkaarilaskenta.fi)



[Juho Vinkki 2021 OAMK Journal](#)



RAKENNUSTEN HIILIJALANJÄLJEN ARVIOINTI ON TULOSSA  
OSAKSI RAKENNUSMÄÄRÄYKSIÄ 2020-LUVULLA

# TYÖVÄLINEITÄ JA KÄSITTEITÄ YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOIMISEEN

## Life Cycle Assessment / Elinkaariarviointi

menetelmä tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten analysointiin ja arviointiin. Elinkaariarviointia toteutetaan erilaisin rajauksin, joissa voidaan ottaa huomioon

- kaikki suorat päästöt, jotka ovat yrityksen hallinnassa
- myös epäsuorat päästöt, joihin lukeutuvat muiden tuottamat hyödykkeet ja tarvikkeet
- sekä muut epäsuorat päästöt, jossa luetaan mukaan myös yrityksen toiminnasta ja tuotteista aiheutuvat, mutta epäsuorasti hallittavissa olevat päästöt.

ISO14040-sarjan standardit: "Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework"

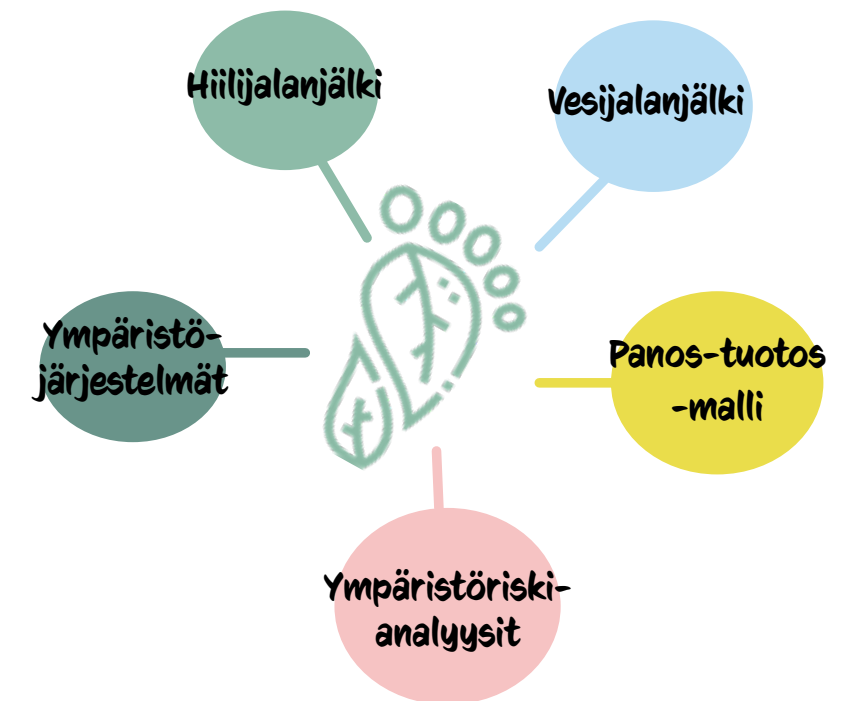
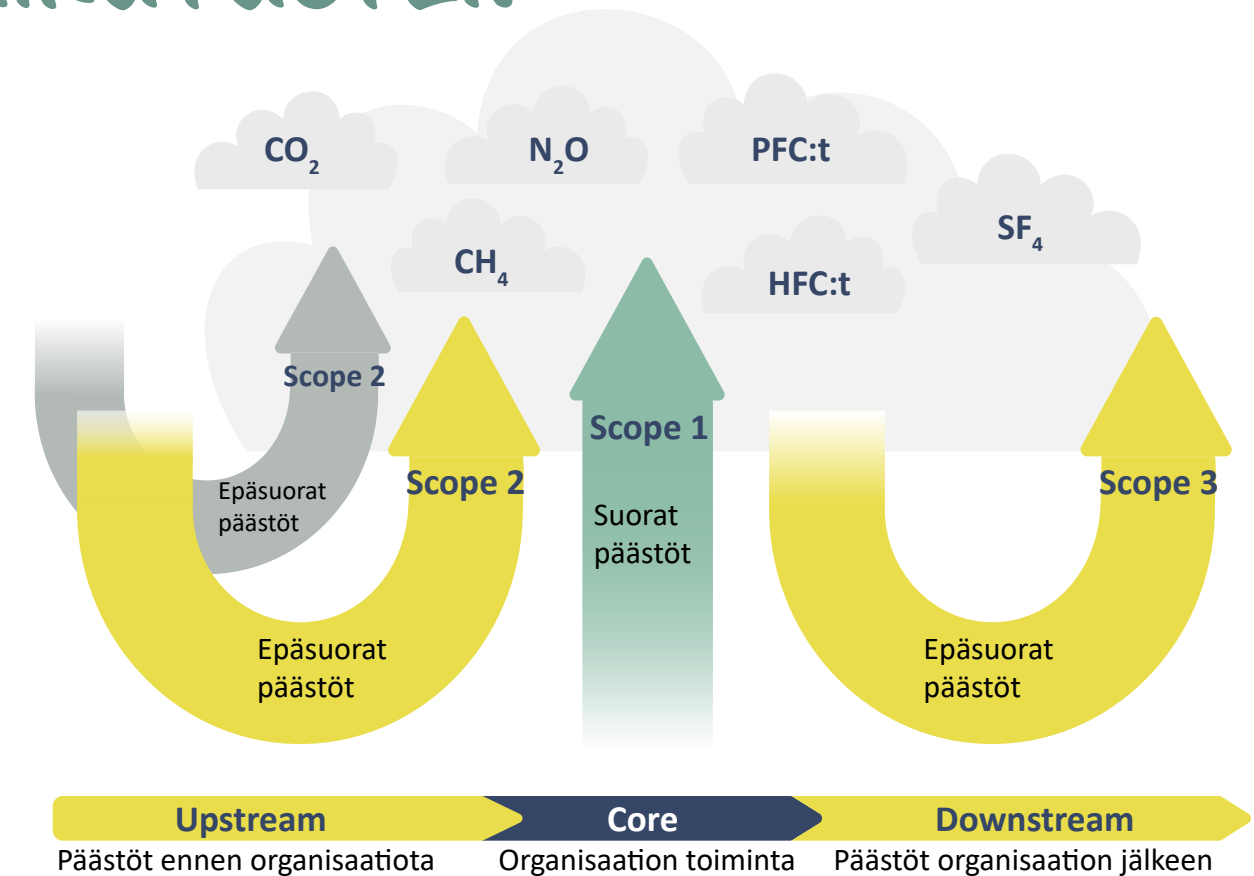
## Global Warming Potential / GWP

= indeksi / kerroin, joka kertoo aineen kasvihuonehaitallisuuden. Muiden aineiden arvoja verrataan hiilidioksidiin / CO<sub>2</sub>, jonka GWP-arvo on 1.0. GWP lasketaan tietyllä aikavälillä, yleensä 100 vuoden ajalle laskettuna arvona. Asteikko on 0:sta ylöspäin.

(Kylmäaineiden ympäristövaikutusten tunnusluvut : ODP, GWP, TEWI • Darment)

## Hiilidioksidiekvivalentti CO<sub>2</sub>ekv

Kasvihuonekaasut ilmaistaan hiilidioksidiekvivalenteina. Hiilidioksidin ekvivalenttipäästöihin lasketaan hiilidioksidipäästöt sellaisenaan, metaanipäästöt (CH<sub>4</sub>) kerrottuna luvulla 25 ja typpioksiduulipäästöt (N<sub>2</sub>O) kerrottuna luvulla 298. Nämä kertoimet kuvaavat kyseisten yhdisteiden vaikuttavuutta kasvihuoneilmiöön hiilidioksidiin verrattuna (LIPASTO ([vtt.fi](http://vtt.fi)))





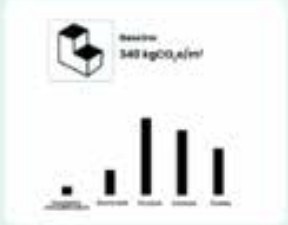

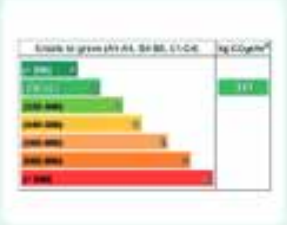



# ONECLICK LCA-OHJELMA

Rakennuksen elinkaari jaetaan viiteen vaiheeseen

1. Tuotevaihe
2. Rakennusvaihe
3. Käyttövaihe
4. Elinkaaren loppuvaihe
5. Järjestelmän rajojen ulkopuoliset hyödyt ja haitat

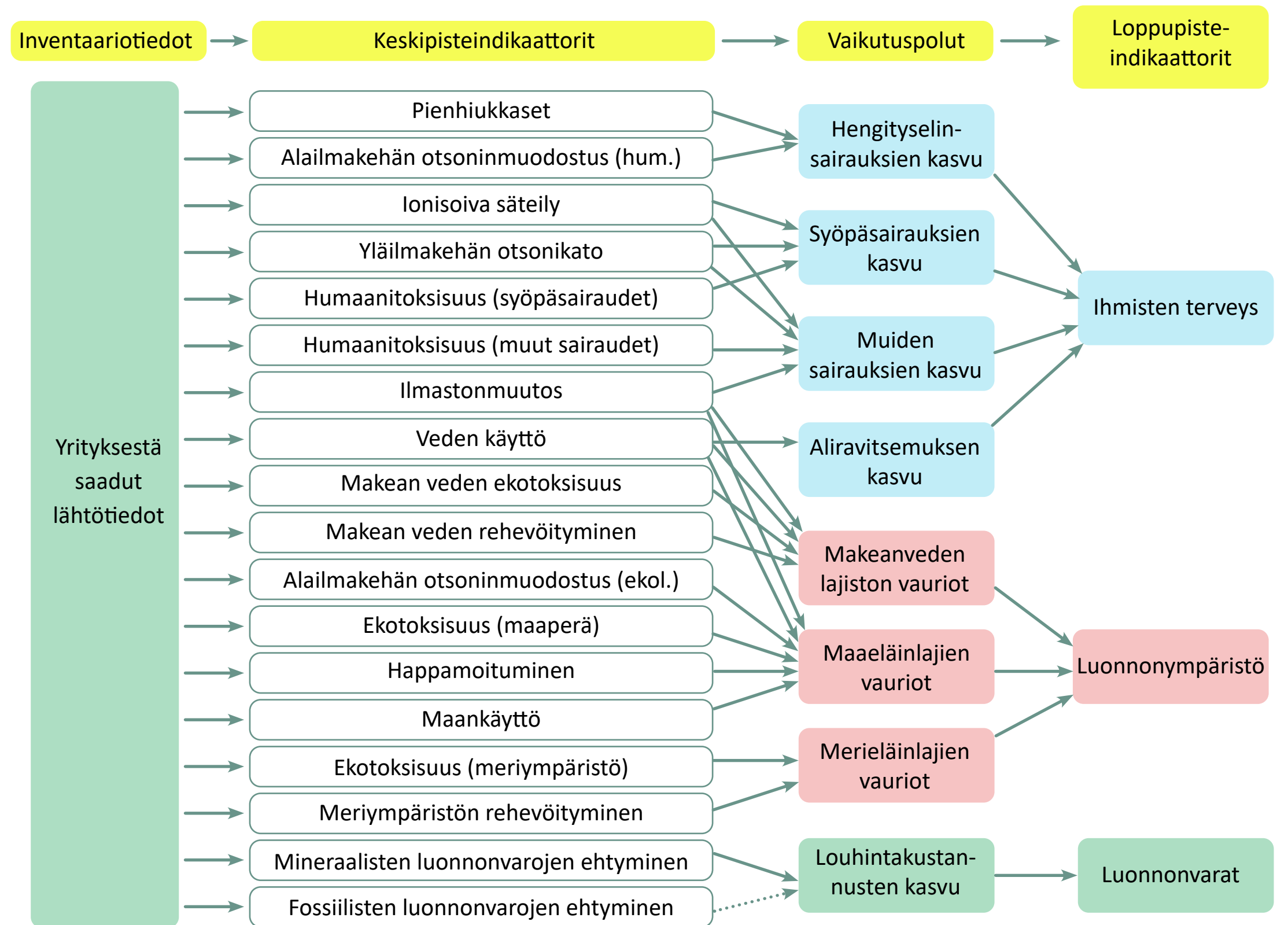
ANTAA YLEISKÄSITYKSEN ERI RAKENNUSOSIEN  
MERKITYKSESTÄ KOKONAISYMPÄRISTÖVAIKUTUKSISSA

	CONCEPT DESIGN	DETAILED DESIGN	PROCUREMENT	USE STAGE
Construction stages	Sketch or concept 	BIM model 	Building in construction 	Building in use and adaptation 
Material quantities	Data can be obtained from cost estimation tools or early design tools like Rhinoceros 3D, Tekla Structural Designer. Alternatively, model can be generated with Carbon Designer.	Detailed design drawings or BIM models.	Construction drawings, BIM models and cost plans of final materials.	Actual quantities.
One Click LCA workflow	Carbon Designer baseline 	Compare designs 	Benchmarking Select best products from manufacturers EPDs 	Interior fit outs and refurbishments 

Esimerkki, miten OneClick LCA-ohjelmisto toimii eri elinkaariarviointin vaiheissa. Lähde: [One Click LCA \(drift.click\)](https://www.drift.click/)

ELINKAAREN AIKAISIA YMPÄRISTÖVAIKUTUKSIA VOIDAAN TODENTAA NUMEERISIKSI ARVOIKSI SIMULOINTIOHJELMIEN AVULLA.

OSA ELINKAARIANALYYSIN TULOKSINA SAADUISTA ARVOISTA KUVAAA KESKIPISTEINDIKAATTOREITA ELI VAIKUTUSLUOKKIA (TOIMINNAN VAIKUTUKSIA YMPÄRISTÖLLE) JA OSA LOPPUPISTEINDIKAATTOREITA ELI HAITTOJA (JOS TOIMINTA TOTEUTUU)



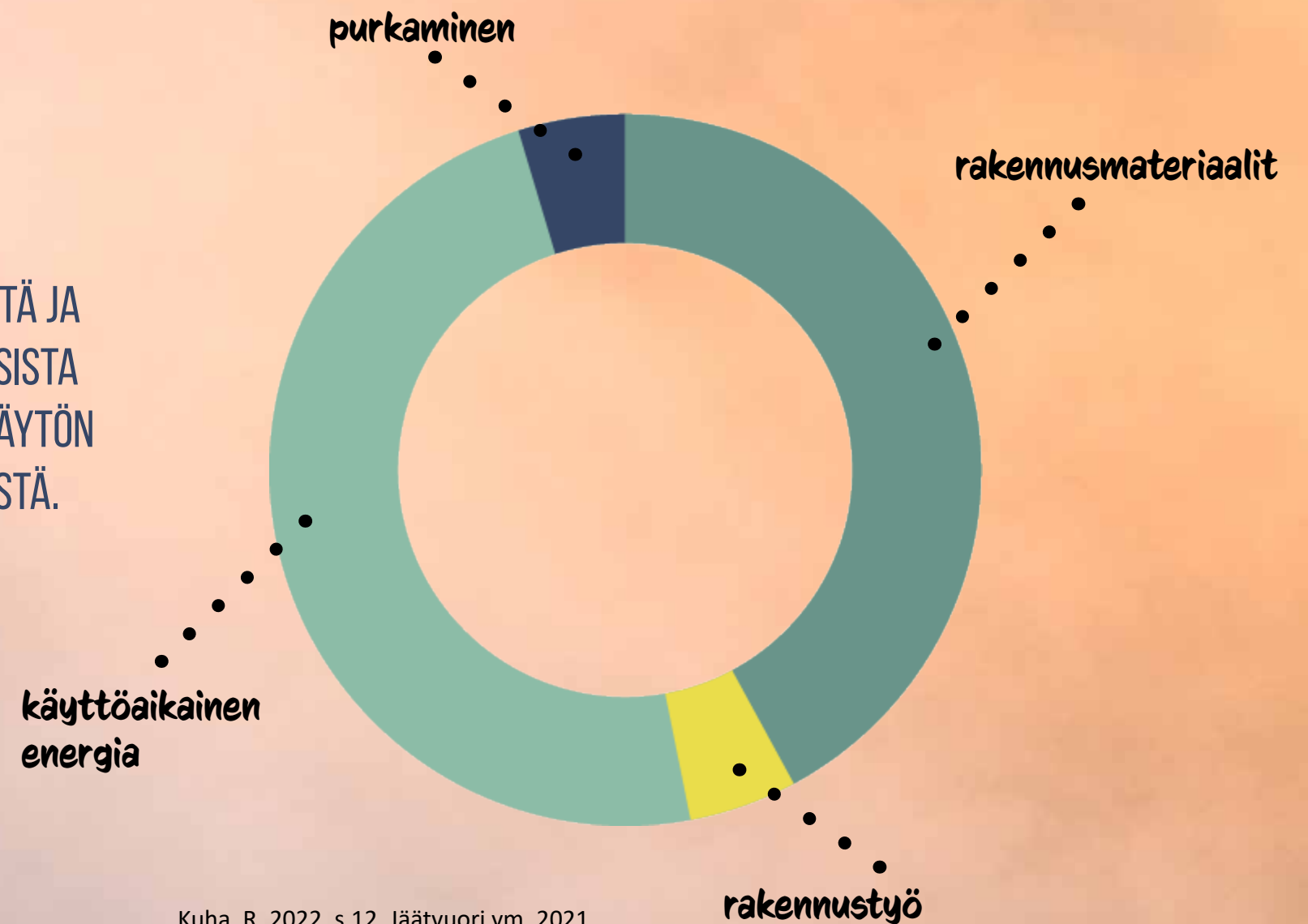


# PÄÄSTÖJEN JAKAUTUMINEN RAKENNUKSEN ELINKAAREN AIKANA

TULEVAISUUDESSA ON ODOTETTAVISSA, ETTÄ RAKENNUSTEN KÄYTTÖVAIHEEN ENERGIANKULUTUS LASKEE JA ETTÄ ENERGIAA TUOTETAAN UUSIUTUVISTA LÄHTEISTÄ.

SUURIN OSA HIILIJALANJÄLJESTÄ JA ASUMISEN ELINKAAREN AIKAISISTA KUSTANNUKSISTA KOOSTUU KÄYTÖN AIKAISESTA ENERGIAN KÄYTÖSTÄ.

## UUDISRAKENTAMINEN





# PUU RAKENNUSMATERIAALINA

Suomen metsät tuottavat puuta huomattavasti enemmän kuin mitä käytämme. Keskikokoisen puukerrostaloon tarvittava puuaines kasvaa metsissämme alle puolessa minuutissa.

Rakennuksen hiilijäljen pienentäminen edellyttää, että puurakenteinen runko suunnitellaan pitkäikäiseksi ja huollettavaksi.

[Miksi puu? Ramboll](#)

Puisten tuotteiden ja rakennusten korjaus ja ylläpito on helppoa ja rakenteet ovat helposti muunneltavia.

Puuta hyödyntämällä tuotteet ja rakenteet voidaan toteuttaa keveinä ja se sopii hyvin myös täydennysrakentamiseen.

Puun käyttö korvaa muiden, ympäristön kannalta haitallisempien materiaalien käyttöä. Käytön substituutiovaikutukset pitää huomioida kierrätystavoitteissa ja lainsäädännössä.

[Puutuoteteollisuus](#)



Ympäristöministeriön johtamassa Puurakentamisen ohjelmassa on tavoitteena lisätä vuosina 2016-2023 puun käyttöä niin kaupunkien rakentamisessa, julkisessa rakentamisessa kuin suurissa rakenteissa, kuten halleissa ja silloissa.

Vuonna 2022 puurakentamisen tavoiteltu markkinaosuus on 31 % kaikesta julkisesta rakentamisesta ja 45 % vuonna 2025.

[mmm.fi](#)

Puutuotteet toimivat hiilivarastoina ja mitä pidempään puutuotteet ovat käytössä, sitä pidempään hiili on poissa ilmakehästä. Hiilen varastointiaika puutuotteissa vaihtelee sen mukaan, mikä puutuote on kyseessä, miten se käytetään ja mihin puutuote päättyy elinkaarensa lopussa.

PUISEN TALON RAKENTEISSA HIILI SÄILYY PARHAIMMILLAAN SATOJA VUOSIA. YHTEEN KUUTIOMETRIIN (1 M<sup>3</sup>) KOTIMAISTA HAVUPUUTA ON SITEN SITOUTUNUT ILMAKEHÄSTÄ KESKIMÄÄRIN 715 KILOA HIILIDIOKSIDIA.

[Puutuotteet hiilivarastona: mmm.fi](#)

# BETONI RAKENNUSMATERIAALINA

Valmisbetonia käytetään erityyppisten rakennusten ja rakenteiden sekä kantavina että ei-kantavina rakenneosina. Betonirakenteen käyttöikä riippuu valitusta betoniraudoitteen betonipeitteen paksuudesta. Normaali tekninen käyttöikä on 100 vuotta, mutta materiaali- ja betonin suhteutusvalinnoilla tätä voidaan edelleen kasvattaa.

Betonimassan ja kovettuneen betonin ominaisuuksia voidaan säätää muuttamalla betonin koostumusta eli eri aineosien suhteellisia osuuksia. Betoni toimitetaan määriteltyjen ominaisuuksien mukaisena. Betoni on kierrätettävä tuote, jota voidaan käyttää jatkokäsiteltyinä (murskaus & seulonta) korvaamaan luonnonkiviainesta maarakennusmateriaalina tai runkoaineena betonin valmistuksessa.

[Betonituotteen elinkaariarviointi](#)

Betonin valmistuksen aiheuttamat suuret hiilidioksidipäästöt ovat vieneet kokonaan huomion pois siitä faktasta, että betonirakenteet toimivat huomattavana hiilinieluna elinkaarensa aikana. Valmistuksen aikana syntyvistä hiilidioksidipäästöistä suurin osa kompensoituu betonin käyttö- ja kierrätysvaiheen aikana.

(Xi Davis et al. 2016)

LÄHES YHDEKSÄN PROSENTTIA KOKO MAAILMAN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖISTÄ ON LÄHTÖISIN BETONIN VALMISTUSPROSESSISTA.

(Pulkkinen 2013; Miller ym. 2016)



# VIHREÄ BETONI RAKENNUSMATERIAALINA

## Perinteiseen betoniin verrattuna:

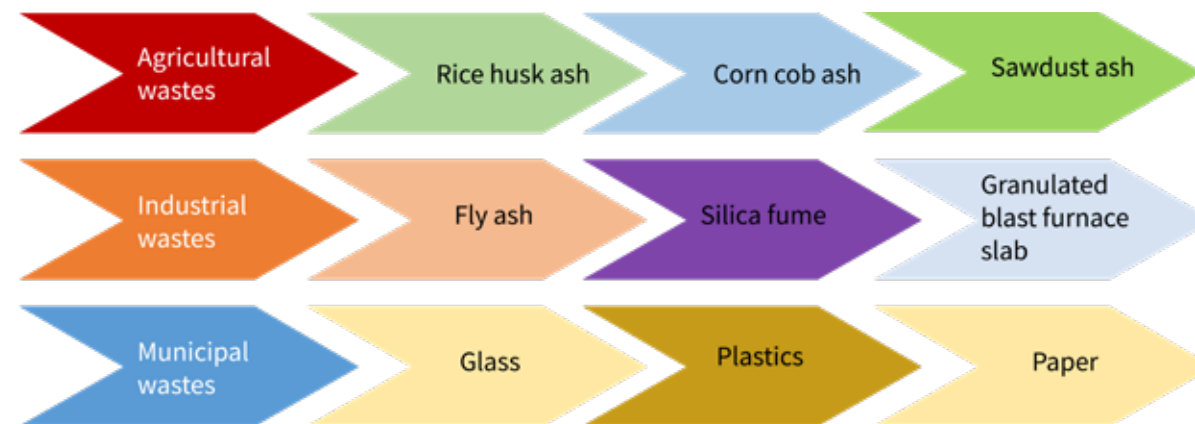
- Pidempi kestävyys (kestää korroosiota paremmin, on tulenkestävämpi)
- Hyödyntää teollisuuden sivuvirtoja
- Vähemmän energian kulutusta jo valmistusvaiheessa. Vihreästä betonista rakennettu rakennus kestää paremmin lämpötilamuutoksia
- CO<sub>2</sub>-päästöt jopa 80% pienemmät valmistusvaiheessa

(Agarwal ja Garg, 2018)

## Vihreään betoniin käytettäviä sivuvirtoja saadaan:

- Maataloudesta
- Teollisuudesta
- Kunnallisesta keräyksestä

(Liew et al. 2017)



Vihreässä betonissa käytettyjä jätelajeja. (Liew et al. 2017)

## Vihreä betoni –määritelmä täyttyy jos:

- vähintään yksi betonin ainesosista on korvattu sivuvirtamateriaalilla
- tai betonin tuotanto ei johda ympäristöhaittojen lisääntymiseen
- tai sillä on pitkäaikainen kestävyys ja elinkaari

(Obla, K.H. (2009). "What is Green Concrete ?". The Indian Concrete Journal, April, 26-28.)

SUURIN OSA BETONIN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖISTÄ TULEE SEMENTISTÄ. PÄÄSTÖJÄ PYRITÄÄN PIENENTÄMÄÄN KORVAAMALLA SEMENTTIÄ MUUN TEOLLISUUDEN SIVUVIRROISTA SAATAVILLA SIDEAINEILLA, ESIMERKIKSI LASILLA, LENTOTUHKALLA JA MASUUNIKUONALLA.

[A research on green concrete](#)

[Vähähiilinen betoni tulee vauhdilla](#)

# ILMASTOINDIKAATTORI-HANKKEEN TULOKSIA

## Massiivipuun (CLT-rakenne) elinkaariarviointi Simaprolla

Elinkaariarviointi kattaa raaka-aineen hankinnan (sisältäen mm. metsän kasvatuksen), puun kaadon, kuivauksen, puutavaran valinnan, rakenteen kokoamisen, liimaamisen, kuivaamiseen ja viimeistelyleikkauksen, kuljetuksen tehtaalle, tuotantovaiheen tehtaalla ja pakatun CLT-rakenteen kuljetuksen rakennuspaikalle.

Tuotantojärjestelmän ympäristövaikutuksia arvioidaan jokaisen elinkaaren vaiheen osalta materiaalien ja energiankäytön sisäänmeno- ja ulostulovirtojen perusteella yhtä tuotteen toiminnallista yksikköä kohti. Massiivipuun toiminnallinen yksikkö elinkaariarvioinnissa on yksi kuutiometri, m<sup>3</sup>.

Suurimmat ympäristövaikutuspotentiaalit ”kehdesta tehtaan portille”-tyyppisessä elinkaarianalyysissä tunnistettiin tuotantoprosessin alkuun, mikä sisältää metsätaloustoiminnot, puolivalmiin ristiinliimatun massiivipuukurakenteen valmistamisen ja hartsin/liiman valmistamisen.

**-517 kg**  
CO<sub>2</sub>-EQ/M<sup>3</sup>

RISTIINLIEMATUN MASSIIVIPUUN ILMASTONLÄMPENEMISPOTENTIALI  
ON NEGATIIVINEN PUUN KASVUNAIKAISEN HIILENSIDONNAN ANSIOSTA

# ELINKAARIARVIOINTIEN TULOKSIA

## Eri runkovaihtoehtojen elinkaariarviointia 50 vuoden tarkastelujaksolla

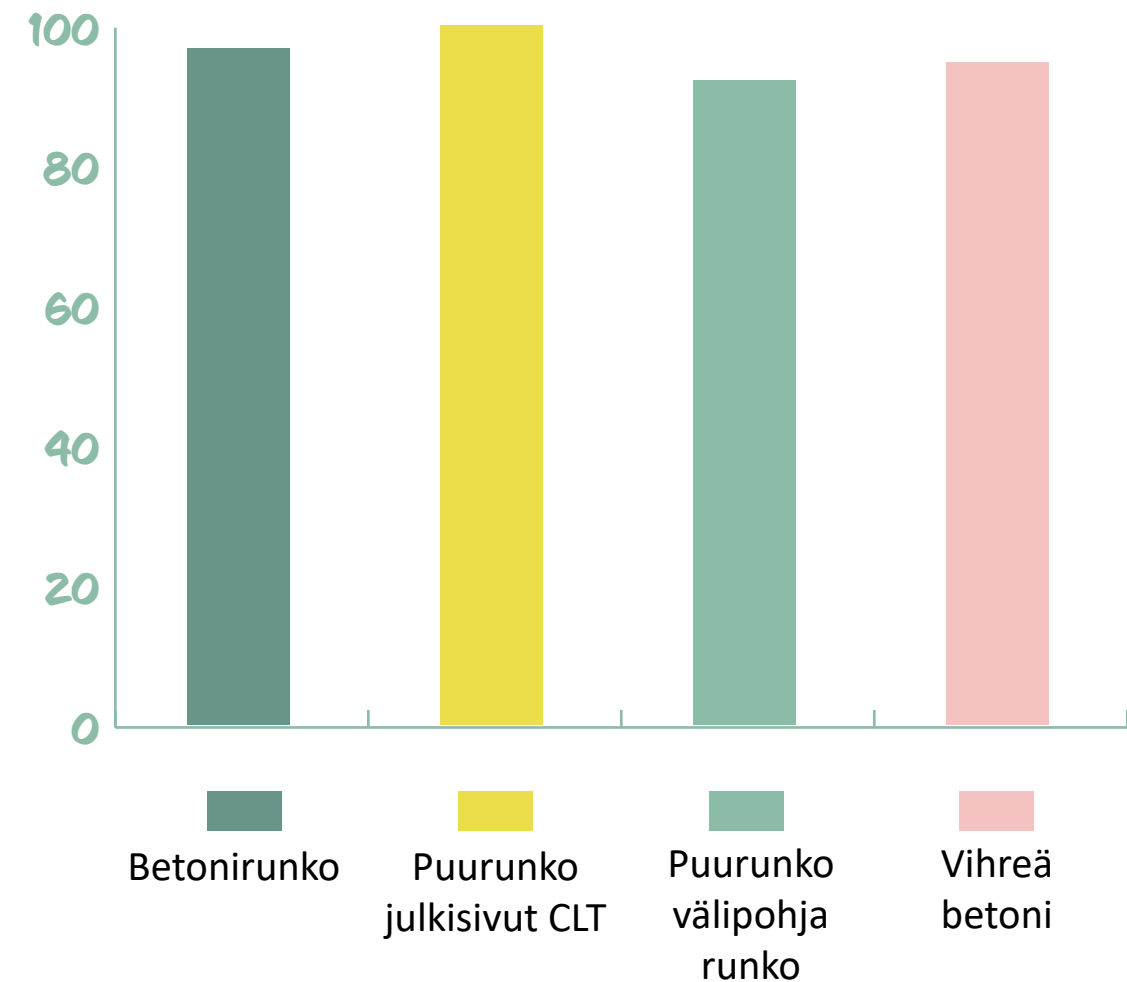
Materiaalien hiilipäästöjen laskemisessa lähtötietoina käytettiin OneClick-ohjelmiston tietokantaa. Laskettava tutkimuskohde on kahdeksankerroksinen asuinkerrostalo, jossa on tarkasteltu eri runkovaihtoehtoja: teräsbetonirakenteinen, CLT, puurunko ja viherbetoni.

Mallinnus on tehty rakennusten 3D-tietomallista saadusta määräluettelosta, joka syötettiin ohjelmistoon. Kullekin määräriville syötettiin manuaalisesti materiaalitieto OneClickin tietokannasta. Materiaalitieto sisältää hiilipäästöt.

Laskettavan kohteen arviointijaksona käytettiin 50 vuoden jaksoa, joka on ympäristöministeriön ohjeen mukainen ja vastaa asuinrakennuksen tavoitekäyttöikää normaaliolosuhteissa. Tuotteiden vaihto, ylläpito ja energian kulutus laskettiin tälle jaksolle.

Materiaali	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /a
Betonirunko	19.09
Puurunko julkisivut CLT	19.74
Puurunko välipohja runko	18.17
Vihreä betoni	18.69

## Ilmaston lämpenemispotentiaali eri rakennusmateriaaleilla (%)





# JOHTOPÄÄTÖKSET

ELINKAARIARVIOINNISSA RAKENNUSVAIHEEN MATERIAALIVALINNOILLA EI OLE SUURTA VAIKUTUSTA HIILIJALANJÄLKEEN, VAAN SUURIMMAT VAIKUTUKSET TULEVAT KÄYTÖSTÄ JA VALITUN LÄMMITYSMUODON ENERGIAN PÄÄSTÖISTÄ.

Tulos tukee aiemmin saatuja tuloksia:

”Rakentamisen tuottamia kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää useilla erityyppisillä tuote- ja toteutusratkaisuilla materiaalien perusvalinnasta riippumatta”

[Kivifaktaa.fi](http://Kivifaktaa.fi)

CLT-rungon vaikutus hiilidioksidipäästöihin on vuositasolla 9,5 prosenttia pienempi kuin vastaavan betonirunkoisen kerrostalon päästöt. Puu varastoi kuutiometriä kohden noin 750 kilogrammaa hiilidioksidia, mutta laskelmissa ei ole otettu huomioon betonin käytön aikana ilmasta sitomaa hiilidioksidia eli betonin karbonisoitumista. Betonipinnat siis sitovat ilman kanssa kosketuksissa ollessaan ilmasta hiilidioksidia.

[Pitsinki & Vinkki - OAMK journal](#)

# LÄMMITYSMUODON ILMASTOVAIKUTUKSET

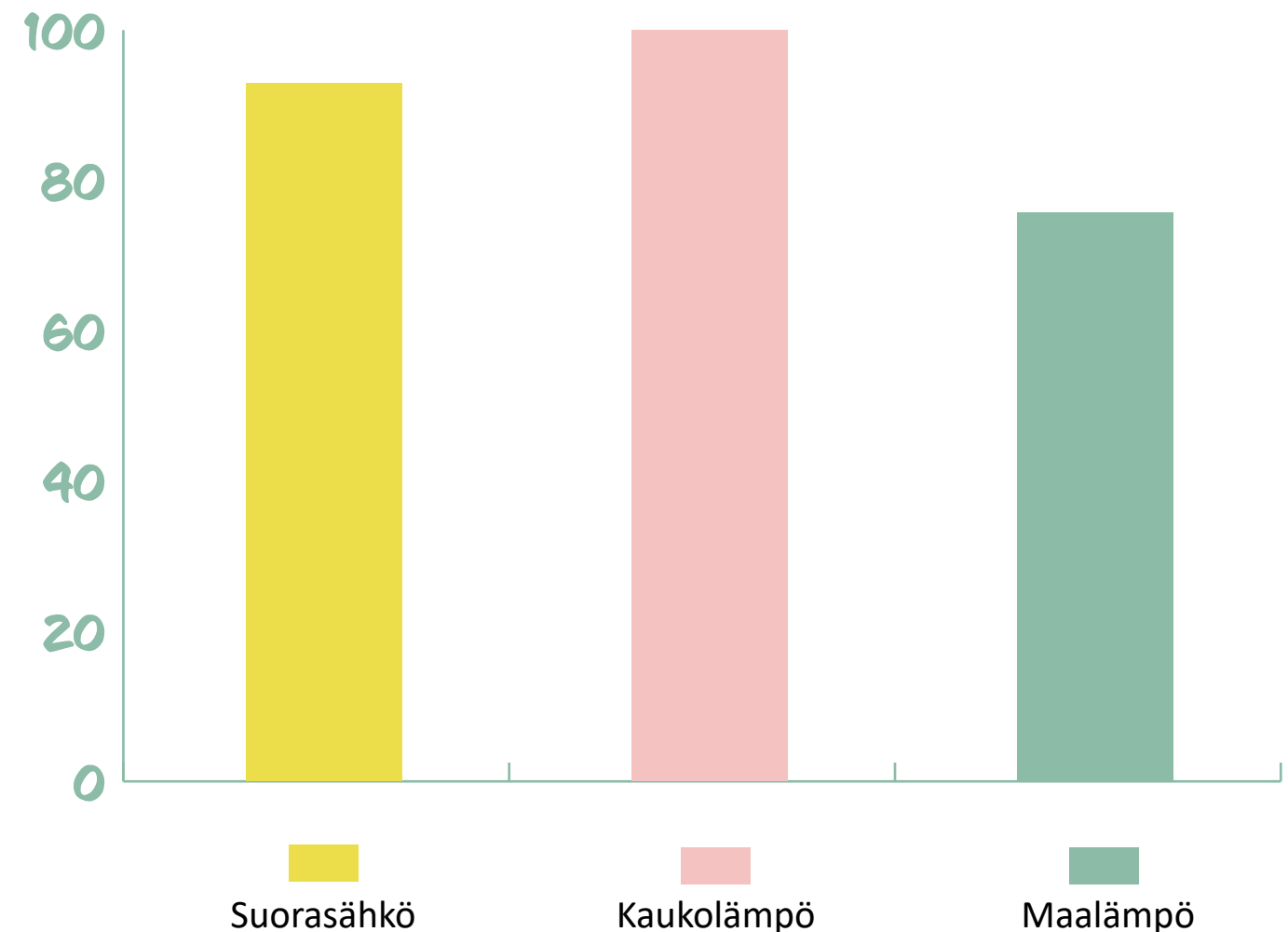
## Uuteen betonirunkoiseen kerrostaloon valittavan lämmitysmuodon ilmastovaikutukset 50 vuoden arviointijaksolla

Lähtötiedot: Rakennus on betonirunkoinen, ja siinä on kahdeksan maanpäällistä kerrosta ja kaksi kellarikerrosta. Lämmitetty nettoala on 3908,7 m<sup>2</sup>. Laskentaan käytetty OneClick-ohjelmistoa

Laskelmassa on käytetty Ympäristöministeriön laatiman rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän mukaisia taulukkoarvoja. Päästökertoimissa on huomioitu, että arviointijakson aikana energian päästöjen odotetaan laskevan Suomen energia- ja ilmastostrategian toimenpiteiden mukaisesti. Laskennassa käytetään hyödynjakomenetelmän mukaisia hiilidioksidipäästöarvoja. Polttoaineen keräys-, käsittely-, kuljetus- ja jalostuspäästöt ovat mukana kokonaisvaikutuksissa.

Lämmitysmuoto	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /a
Suorasähkö	12.92
Kaukolämpö	13.9
Maalämpö	10.52

## Ilmaston lämpenemispotentiaali eri lämmitysmuodoilla (%)



# JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakentamisen aikaiset päästöt ovat lähes yhtä suuret erilaisten lämmitysmuotojen osalta. Maalämmön osalta päästöt ovat hieman suuremmat kuin suorasähkön tai kaukolämmön.

Energian käytöllä on suurin vaikutus hiilidioksidipäästöihin:  
maalämmön hiilidioksidipäästöt ovat 62 % kaukolämpöä pienemmät ja 58 % suorasähköä pienemmät.

Maalämmöllä lämmitettävä rakennus on runkomateriaalista riippumatta hiiliystävällisempi kuin kaukolämmöllä lämmitettävä. Teknologiakehitys tuonee tulevaisuudessa toimenpiteitä, joiden avulla energiantuotantoketju kehittyy hiilineutraalimmaksi. Tällöin rakennuksen materiaalivalintojen painoarvo kasvaa hiilijalanjälkeä laskettaessa.

5,98

Sähköllä lämmitetyn rakennuksen  
hiilidioksidipäästöt  
CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi

6,62

Kaukolämmöllä lämmitetyn rakennuksen  
hiilidioksidipäästöt  
CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi

2,53

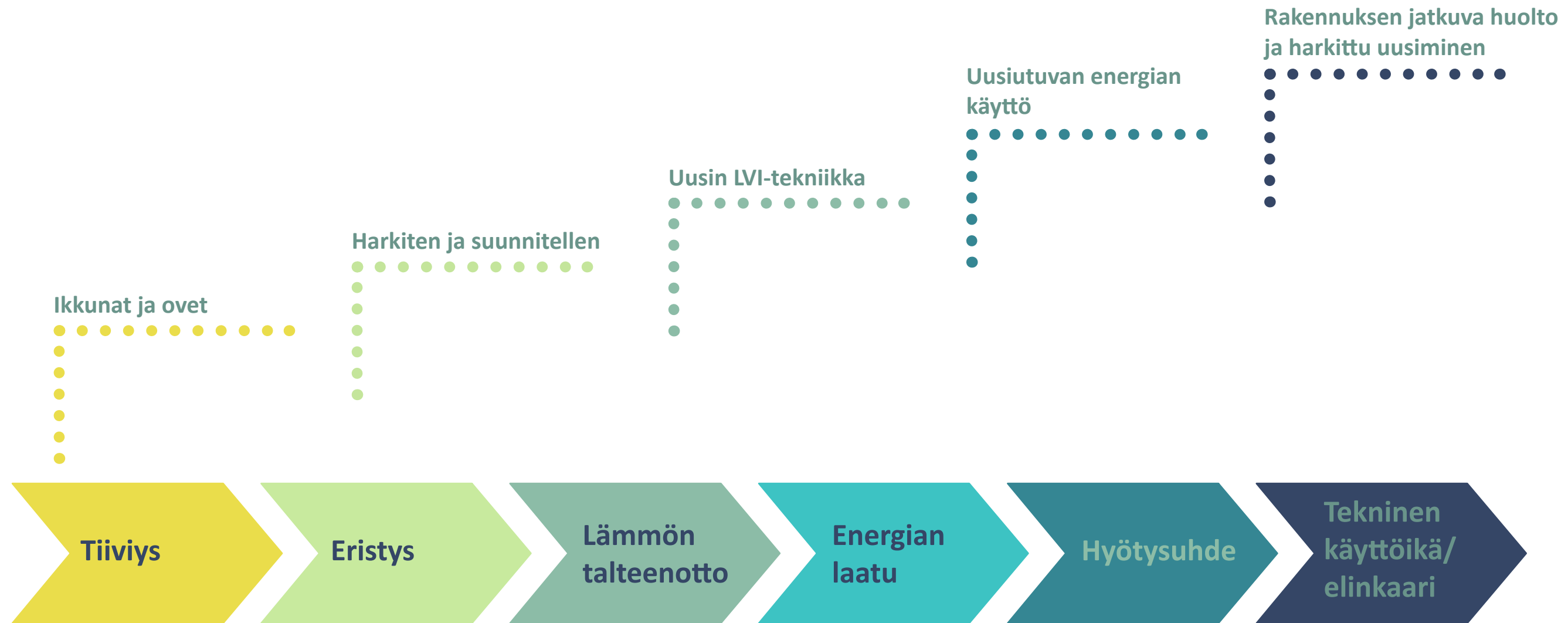
Maalämmöllä lämmitetyn  
rakennuksen hiilidioksidipäästöt  
CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi



ILMASTO  
INDIKAATTORI



# ENERGIATEHOKKUUS TUO ENITEN SÄÄSTÖJÄ ELINKAAREN AIKANA



# TIEKARTAN TOTEUTUS

**CENTRIA**  
ammattikorkeakoulu

**OAMK** OULUN AMMATTIKORKEAKOULU

Materiaali- ja energiatehokkuutta hiilijalanjäljen ja elinkaarikustannusten minimoimisella - ILMASTOINDIKAATTORI -hanke

<https://net.centria.fi/hanke/ilmastoindikaattori/>

Toteutusaika: 3/2021 - 5/2023

Rahoitus: Euroopan aluekehitysrahasto, Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

**Vipuvoimaa**  
EU:lta  
2014–2020