



BETONIPÄIVÄ 1.2.2023

Carbon free and Recycled Concrete
in the future

MITÄ VÄHÄHIILINEN BETONI EDELLYTTÄÄ SUUNNITTELIJALTA

Heidi Merikukka
Tapio Aho
Jukka Lahdensivu

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

SISÄLTÖ

1. Yleistä
2. Vaikutus rakennesuunnitteluun
3. Betonin vähähiilisyysluokitus
4. Vähähiilisen betonin kehitystarpeita
5. Elementit
6. Rakenneratkaisut
7. Vähähiilisen betonin laskelmia
8. Aikatauluvaikutus
9. Yhteenvedo



YLEISTÄ

- Tulevassa Rakentamislaisissa tullaan asettamaan rakennuksille lupavaiheessa raja-arvo elinkaaren aikaisille ilmastovaikutuksille. Ensimmäiset sallitut arvot tulee voimaan viimeistään 2025, joita tullaan tämän jälkeen kiristämään määrävälein.
- Rakennusmateriaalien hiilidioksidipäästöt voidaan esittää ympäristöselosteella (EPD) tai käyttää CO2data.fi sivustolla esitettyjä arvoja.
- Betonin hiilidioksidipäästöjen tarkasteluun on julkaistu BY-Vähähiilisyysluokitus. BY-vähähiilisyysluokituksesta vastaa Betoniyhdistys ry.
- Betonilaadut on jaoteltu luokkiin hiilidioksidipäästöjen perusteella, joka käsittää yhteensä 16 eri betonilaatua ja yhteensä 5 eri vähähiilisyysluokkaa.
- Betonin vähähiilisyyslaskenta tehdään betonireseptin mukaan, mutta siinä huomioidaan raaka-aineiden kuljetus, betonin valmistuksessa tarvittava energian kulutus sekä valmistuksessa muodostuva hukka (A1-A3).
- Betonin vähähiilisyysluokitusta vastaava betoniresepti on betoniasemakohtainen.



BETONIN VÄHÄHIILISYYS LUOKITUS

BY-Vähähiilisyysluokitus on yksinkertaistettu tapa esittää eri betonilaatujen hiilidioksidipäästöarvo

Tyypilliset talonrakentamisessa käytettävät betonilaadut ovat mukana luokituksessa

- **Rakennesuunnittelu voidaan tehdä samoilla periaatteilla kuten tähän asti**
- **Suunnitelma-asiakirjoihin lisätään GWP-luokitus soveltuviin betonilaatuihin**
- **Neuvottelu asiasta ennakkoon tilaajan kanssa**

Luokituksesta voi nopeasti nähdä eri betonilaatujen ja lujuusluokkien tyypillisen vaikutuksen rakenteen päästöihin

Taulukko 1
BY-Vähähiilisyysluokituksen betonilaadut sekä vähähiilisyysluokkien raja-arvot.
Arvot ovat GWP_{total}-arvoja sisältäen moduulit A1...A3. Arvojen yksikkönä on kg (GWP_{total}) / m³-betonia.

CEM I
CEM II
CEM III
CEVO

BETONI	Ref.taso				
	GWP.REF	GWP.85	GWP.70	GWP.55	GWP.40
C20/25 - Ei huokostettu	210	180	145	115	85
C25/30 - Ei huokostettu	230	195	160	125	90
C30/37 - Ei huokostettu	255	215	180	140	100
C35/45 - Ei huokostettu	285	240	200	155	115
C45/55 - Ei huokostettu	320	270	225	175	130
C50/60 - Ei huokostettu	340	290	240	185	135
C30/37 - Huokostettu	290	245	205	160	115
C35/45 - Huokostettu	330	280	230	180	130
C45/55 - Huokostettu	375	320	265	205	150
C50/60 - Huokostettu	395	335	275	215	160
C30/37 P0	270	230	190	150	110
C30/37 P30	300	255	210	165	120
C35/45 P0	300	255	210	165	120
C35/45 P30	330	280	230	180	130
C35/45 P50	340	290	240	185	135
C45/55 P50	375	320	265	205	150

BETONIN VÄHÄHIILISYYS LUOKITUS

- Useimmat julkisivut ja parvekkeet (XF1 ja XF3) voidaan tehdä GWP.85 luokan betonista
- Vähähiilisten betoneiden (GWP.55 ja GWP.40) käyttö on turvallista rasitusluokissa X0, XC1 ja XC2, eli säältä suojassa olevissa rakenteissa ja perustuksissa
 - Saatavuustaulukko on oleellinen
 - Jos ei ole ns. vakiotuotannossa, pitää laatia ennakkokesuunnitelma, jolla varmistetaan betonitoimittajan kyky valmistaa tarvittavaa betonilaatua
 - Usein arvosteluikä 91 vrk, joka on tehtävä selväksi hankkeen alusta kaikille osapuolille, koska voi vaikuttaa oleellisesti aikatauluihin. Voidaan tehdä kokeet 7 vrk ja 28 vrk kohdalla, jolloin saadaan tieto todellisesta lujuuden kehityksestä.

BETONILAATUJEN SAATAVUUS

Vähähiilisten betonilaatujen saatavuustaulukko

- Vähähiilisyysluokan GWP.85 betonia on yleisesti saatavilla lähes kaikilta betoniasemilta.
- GWP.85 betonin käyttö ei vaadi erityistoimenpiteitä
- Muiden GWP-luokkien saatavuus on varmistettava tapauskohtaisesti.

Taulukko 2

Eri päästöluokkien arvioitu saatavuus vuonna 2022.

BETONI	Ref.taso				
	GWP.REF	GWP.85	GWP.70	GWP.55	GWP.40
C20/25 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C25/30 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C30/37 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C35/45 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C45/55 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C50/60 - Ei huokostettu	Green	Green	Green	Yellow	Red
C30/37 - Huokostettu	Green	Green	Yellow	Red	Red
C35/45 - Huokostettu	Green	Green	Yellow	Red	Red
C45/55 - Huokostettu	Green	Green	Yellow	Red	Red
C50/60 - Huokostettu	Green	Green	Yellow	Red	Red
C30/37 P0	Green	Green	Yellow	Red	Red
C30/37 P30	Green	Green	Yellow	Red	Red
C35/45 P0	Green	Green	Yellow	Red	Red
C35/45 P30	Green	Green	Yellow	Red	Red
C35/45 P50	Green	Green	Yellow	Red	Red
C45/55 P50	Green	Green	Yellow	Red	Red

Legend:

- Green: Todennäköisesti yleisesti saatavilla
- Light Green: Todennäköisesti saatavissa useilta valmistajilta¹
- Yellow: Todennäköisesti saatavilla joiltakin valmistajilta¹
- Red: Todennäköisesti saatavilla vain projektikohtaisena erikoistuotteena¹

¹ Saatavuus varmistettava etukäteen

VÄHÄHIILISEN BETONIN KEHITYSTARPEITA

Suunnittelussa kiinnitettävä huomiota seuraaviin asioihin:

- Vähähiilisten betoneiden kuivuminen päällystyskosteuteen ei ole tiedossa
 - Oleellinen tieto mm. kosteudenhallinnan ja aikataulutuksen kannalta
 - Asian selvittäminen vaatii vielä alan toimijoiden kehitystoimintaa ja asiaa tutkitaan Aalto Yliopistossa parhaillaan.
- Vähähiilisten betoneiden pakkasenkestävyyden kehittäminen
 - Saatavuustaulukon mukaan huokostettuja betoneita saa yleisesti vain luokassa GWP.85 ja joiltakin valmistajilta luokassa GWP.70
 - P-lukubetoneiden saatavuus eri GWP-luokissa on huomattavasti heikompaa kuin talonrakentamisen betoneiden. Siltojenkin tulee olla vähähiilisiä
- Vähähiilisten betoneiden lujuudenkehitys on nyt hidasta ja tulee saada nopeammaksi. Olosuhde on lujuudenkehitykselle suuressa roolissa. Valittaessa CEM II-III-luokat 28 vrk lujuudenkehitys saavutetaan normaalisti.



CEVO faktaa

- hiilidioksidipäästö on jopa 70 prosenttia tavanomaista pienempi.
- sijoittuu uuden vähähiilisyysluokituksen haastavimpaan GWP.40-päästöluokkaan lujuusluokassa C30/37.
- kovettuu yhtä nopeasti tai jopa nopeammin kuin tavanomainen betoni.
- muotipurkulujuus saavutetaan pääosin vuorokaudessa.
- tällä hetkellä saatavilla asiakkaiden koekäyttöön ei-kantavissa rakenteissa, rasisusluokissa X0 ja XC1.
- soveltuvia kohteita ovat mm. sisäseinät ja pintabetonit.
- pienet hiilidioksidipäästöt johtuvat vähäisestä sementin määrästä.

VÄHÄHIILISET ELEMENTIT

Vähähiiliset ontelolaatat

- Saatavilla koot P20-P37
- Hiilidioksidipäästöt jopa 40 % pienemmät tavanomaisiin verrattuna

Vähähiiliset seinäelementit

- Hiilidioksidipäästöt jopa 40 % pienemmät tavanomaisiin verrattuna

Vähähiiliset runkoelementit

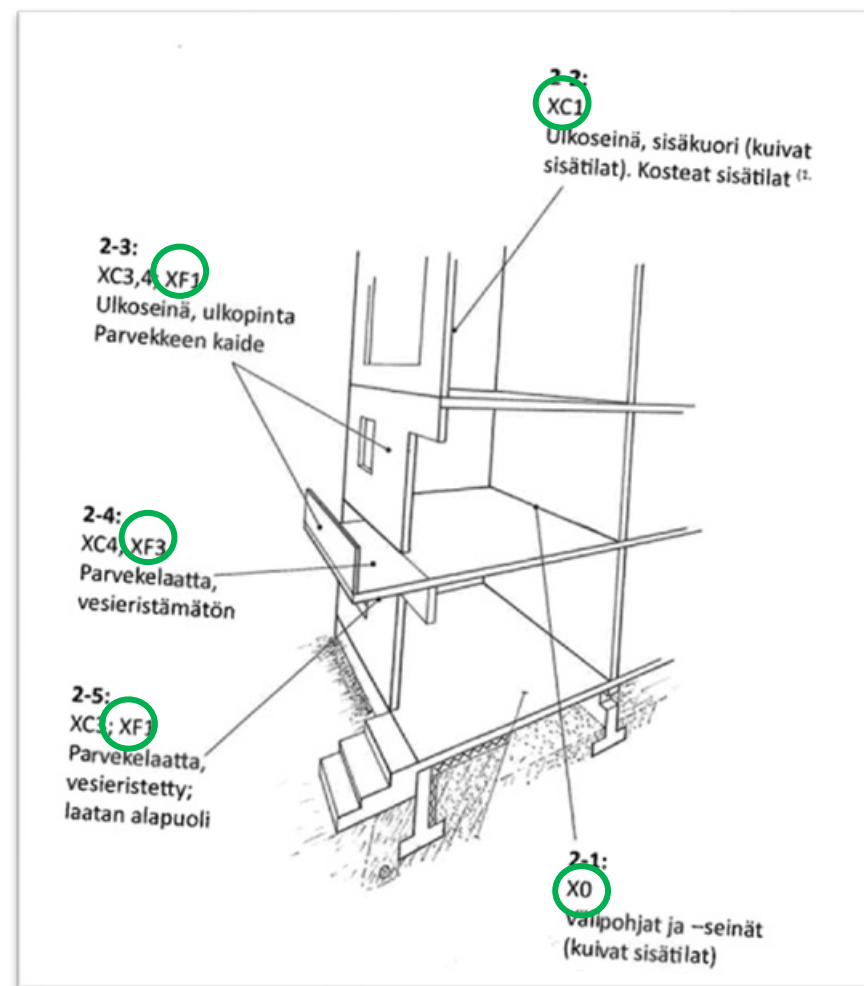
- Hiilidioksidipäästöt jopa 50 % pienemmät tavanomaisiin verrattuna



RAKENNERATKAISUT

Asuinkerrostalon betonin luokitukset:

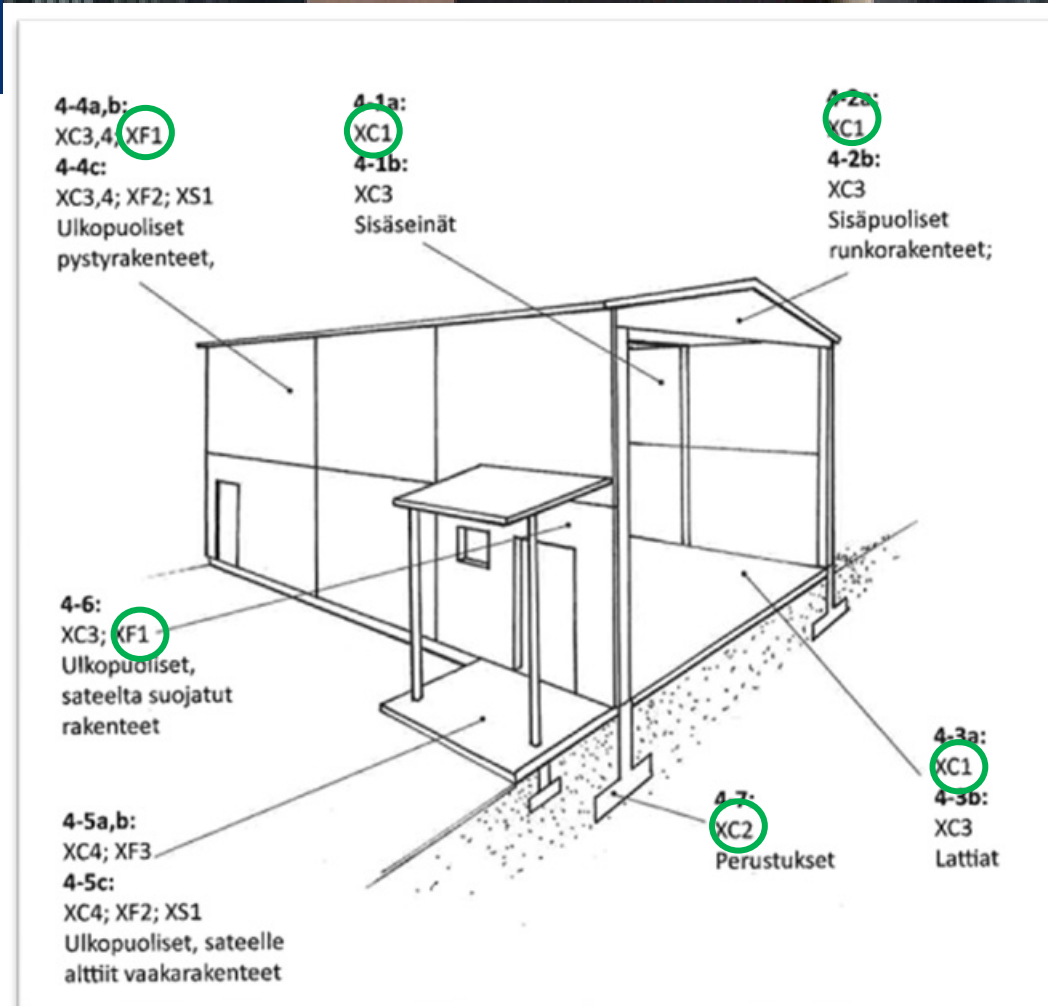
- Julkisivut XF1: GWP.85 luokan betoni
- Parvekkeet XF3: GWP.85 luokan betoni
- Kuivat sisätilat XC0: GWP.55 ja GWP.40 luokan betoni
- Ulkoseinä (kuivat sisätilat) XC1: GWP.55 ja GWP.40 luokan betoni



RAKENNERATKAISUT

Hallit- ja teollisuusrakennukset betonin luokitukset:

- Julkisivut XF1: GWP.85 luokan betoni
- Sisäpuoliset runkorakenteet XC1: GWP.55 ja GWP.40 luokan betoni
- Lattiat XC1: GWP.55 ja GWP.40 luokan betoni
- Perustukset XC2: GWP.55 ja GWP.40 luokan betoni



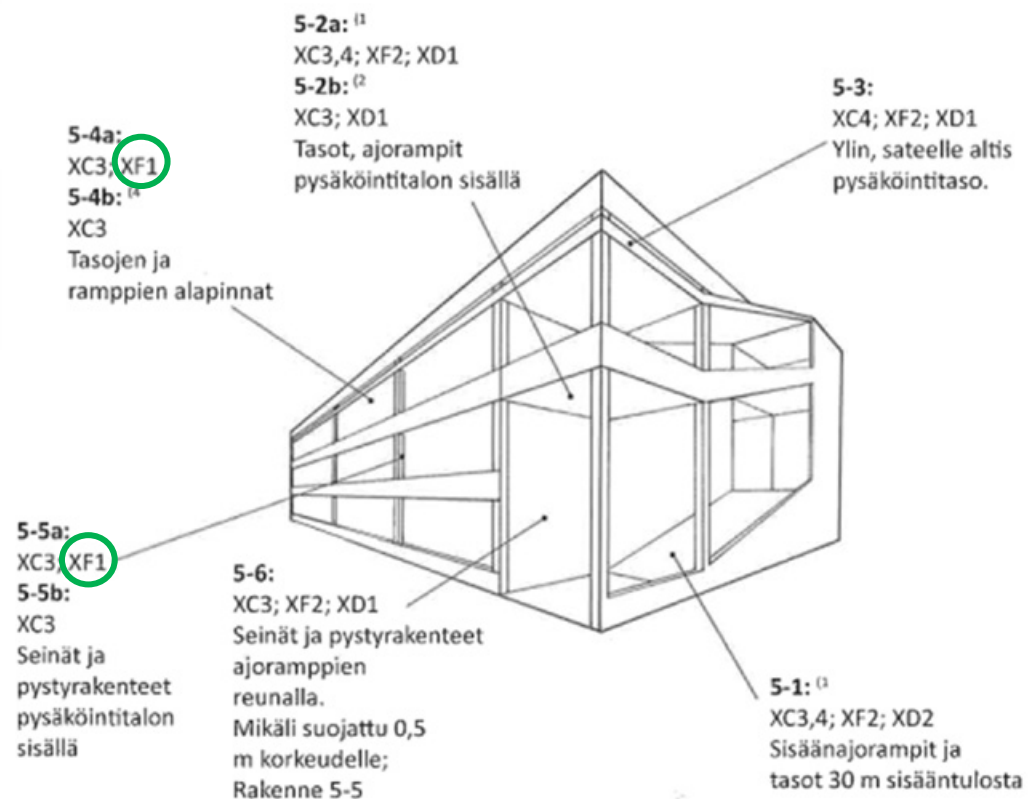
RAKENNERATKAISUT

Pysäköintitalo betonin luokitukset:

- Tasojen ja ramppien alapinnat XF1: GWP.85 luokan betoni
- Seinät ja pystyrakenteet hallin sisällä XF1: GWP.85 luokan betoni
- Perustukset XC2: GWP.55 ja GWP.40 luokan betoni

a) Kylmä pysäköintitalo

b) Lämmin pysäköintitalo



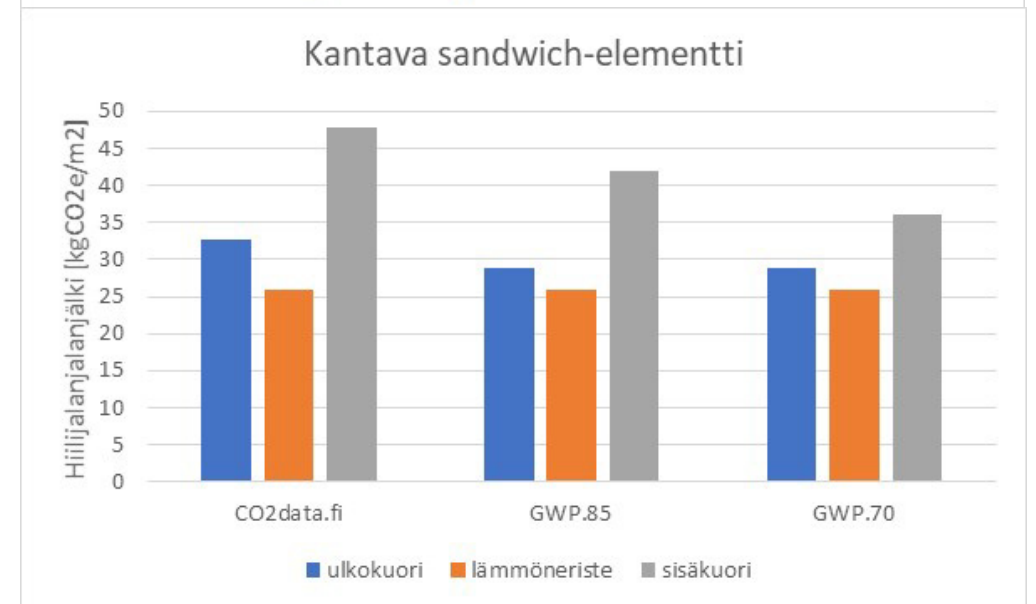
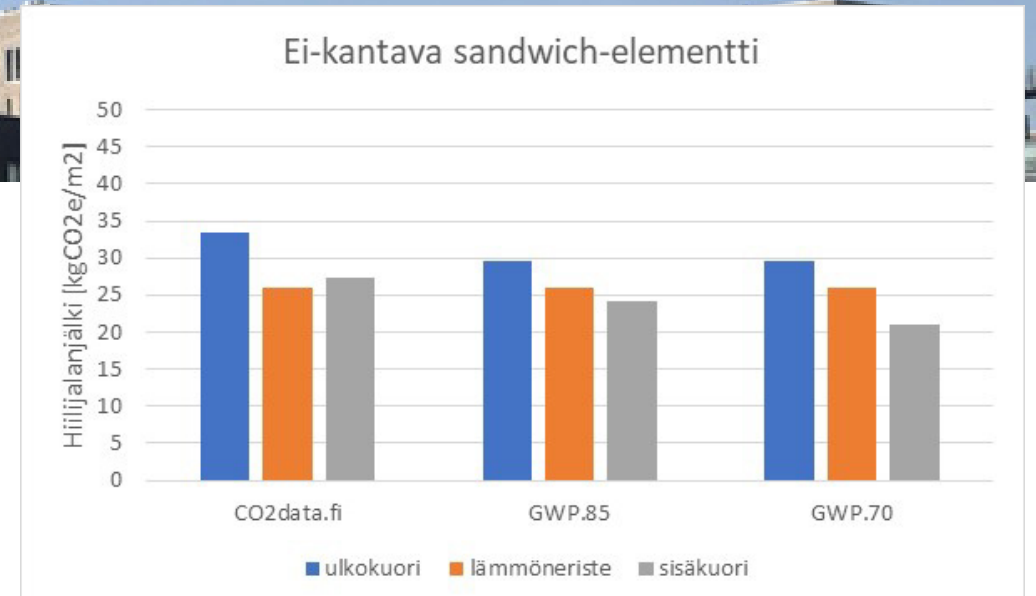
VÄHÄHIILISEN BETONIN LASKELMIA

Betonisandwich-elementin hiilijalanjälki koostuu:

- Betonista
- Raudoitteista
- Lämmöneristeistä

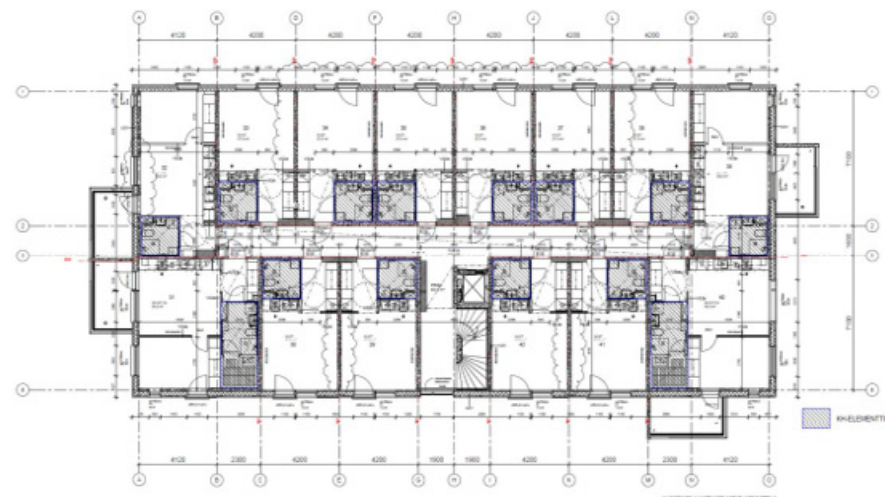
Betoni-sandwichelementin hiilijalanjälki (A1-A4, C1-C4) [kgCO₂e/m²]

	Ei-kantava	Kantava
CO2data.fi	87	106
GWP.85	80	97
GWP.70	77	91



VÄHÄHIILISEN BETONIN LASKELMIA

- Betonielementtikerrostalo
- 7 kerrosta
- Kokonaispinta-ala 4583 m²
- Kerrosala 3962 m²
- Tarkasteltu vain rakenteisiin sitoutunutta hiilijalanjälkeä
 - Puuttuu märkätilat, portaat ja hormit
- Tarkasteltu rakennesuunnittelijan vaikutusmahdollisuuksia



VÄHÄHIILISEN BETONIN LASKELMIA

Top 3 rakennetta, joilla suurin hiilijalanjälki

VP 1 Ontelolaatta

15 mm PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY HUONESELOSTUKSEN MUKAAN
5...20 mm TASOITE
370 mm ONTELOLAATTA
PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY HUONESELOSTUKSEN MUKAAN

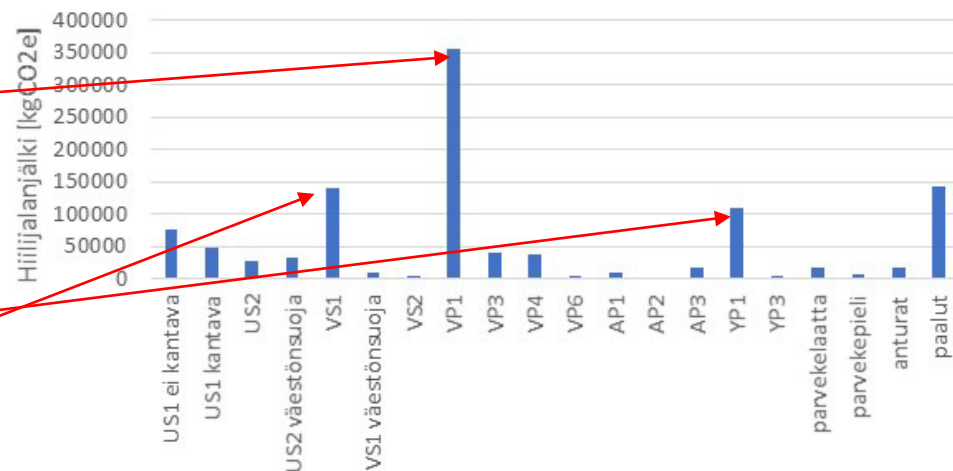
YP 1 Ontelolaatta Kevytsoraeriste

KUMIBITUMIKERMIKATE
40 mm PINTABETONI
900 mm LÄMMÖNERISTE, KEVYTSORA; tuuletettu, kallistus > 1:80 myös jilireissä
MODIFIOITU BITUMIKERMI
265 mm ONTELOLAATTA

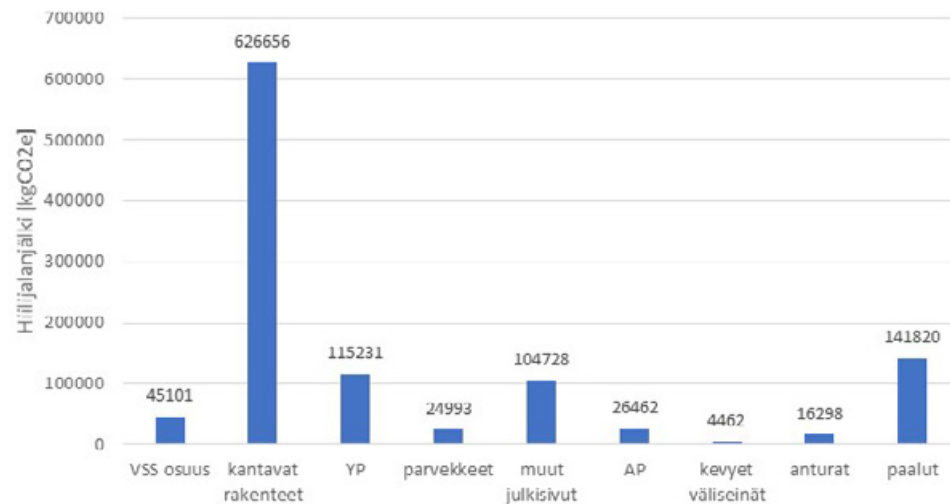
VS 1 Kantava betoni

200 mm PINTAKÄSITTELY HUONESELOSTUKSEN MUKAAN
TERÄSBETONI
PINTAKÄSITTELY HUONESELOSTUKSEN MUKAAN

Uusi kerrostalo, hiilijalanjälki rakennetyypeittäin



Hiilijalanjälki jaoteltuna eri rakennusosiin

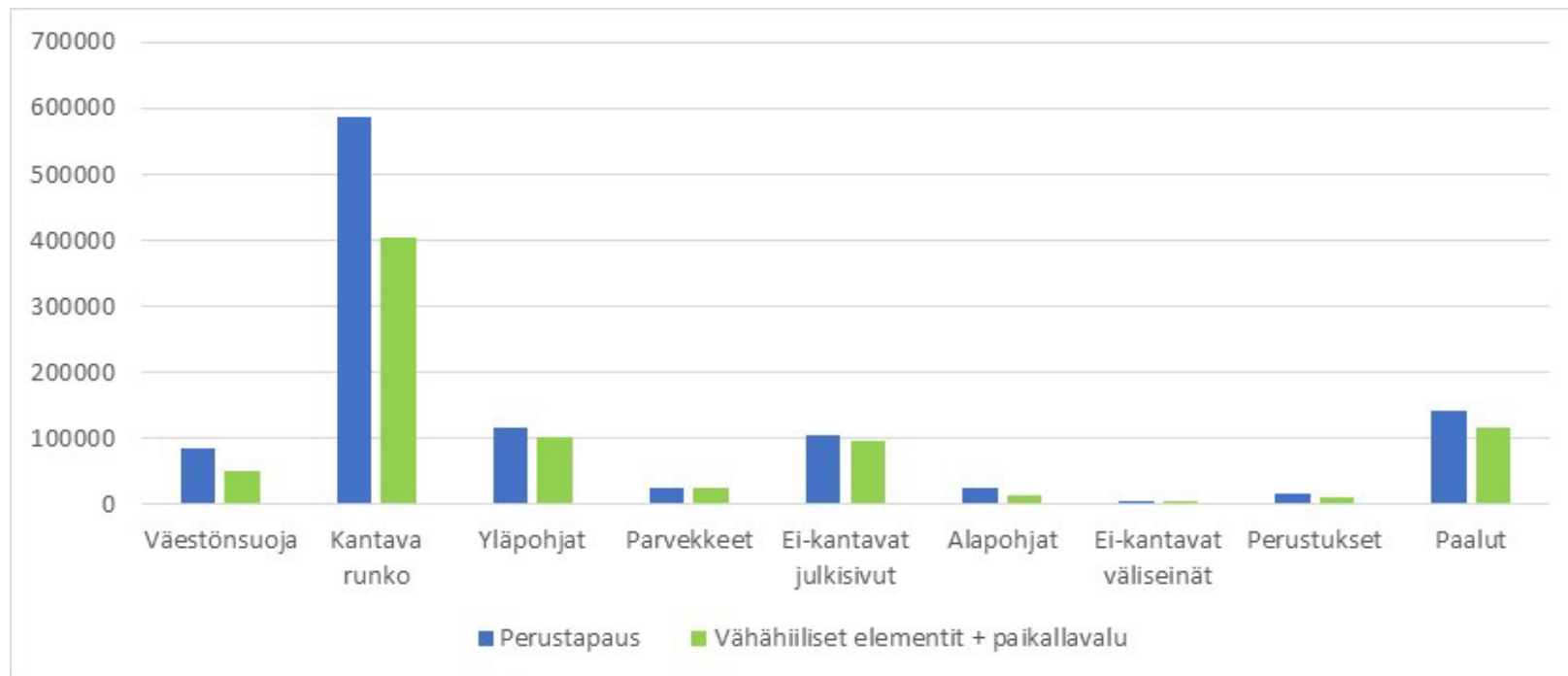


VÄHÄHIILISEN BETONIN LASKELMIA

Vähähiiliset ontelolaatat ja muut sisällä olevat elementit sekä paikallavalut toteutettuna tällä hetkellä markkinoilla olevilla vähähiilisillä betonituotteilla. Näillä ratkaisuilla päästään samaan tasoon puukerrostalon kanssa.

- Hiilijalanjälki kerrosalaa kohden 209 kgCO₂e/m² (4,2 kgCO₂e/m²a)
- Vähennys perustapaukseen 25,0 %

- Vähähiiliset rakennetyypit:
 - US1, US1 kantava (sisäkuori)
 - US2 (kellarin sisäkuorielementti)
 - VS1
 - VP1, VP4, VP6
 - YP1
 - US2 (VSS), VS1
 - VP3
 - AP1, AP2, AP3
 - Anturat ja betonipaalut





AIKATAULUVAIKUTUS

- Vähähiilisten betonien käytössä on huomioitava niiden vaikutus hankkeen aikatauluun.
- Aikatauluvaikutus koskee sekä paikallavalurakenteiden että elementtirakenteiden käyttöä, koska molemmissa vaihtoehdoissa betonin CO₂-päästöarvojen vähentäminen vaikuttaa suoraan betonin käytettävyyteen.
 - Paikallavalurakenteiden osalta betonin hidas lujuudenkehitys (91 vrk) vaikuttaa työmaan toteutusaikatauluun. Käyttämällä CEMII tai CEMIII-luokkia 28 vrk lujuudenkehitys saavutetaan normaalisti.
 - Elementtirakenteiden osalta betonin hidas lujuuden kehitys vaikuttaa elementtisuunnittelun –ja hankinnan aikatauluun.
- Joissakin kohteissa mahdollinen keino on myös rakenteiden mitta- ja lujuusoptimointi. Eli valitaan kaikkiin käyttökohteisiin ensisijaisesti pienimmän mahdollisen lujuusluokan betoni. Myös poikkileikkauskokoja saattaa olla mahdollista optimoida tämän suhteen. Toki monissa tapauksissa rakenteiden dimensiot tulevat muualta kuin lujuusvaatimuksista.

AIKATAULUVAIKUTUS

- Rakennesuunnittelijan tarkkaankin laskettu vähähiilisten rakenteiden mitta- ja lujuusoptimointi voi juuri talvivaluissa vesittyä, jos sitä ei ole jo toteutuksen ja aikataulun suunnittelussa huomioitu.
 - Säsuojauksesta/lämmityksestä on talvibetonoinnin osalta etua ja ainakin talvella se lisää työmukavuuttakin.
- Loppupäätelmänä vähähiilisillä ratkaisulla on vaikutusta hankkeen aikatauluun ja vähähiilisyyttä tavoiteltaessa on mietittävä koko rakennusprojektin kokonaisuus uudella tavalla, mikäli tavoitellaan luokkia GWP55 tai GWP40.
- Kaikkien hankkeen osapuolten tulee sitoutua vähähiilisyystavoitteisiin.



YHTEENVETO

- Betonin vähähiilisyysluokitus ohjaa rakennesuunnittelijaa valitsemaan reunaehtoihin sopivan betonilaadun kohteeseen.
- Betoni palaa jälleen "sallituksi" kaikkiin hankkeisiin, myös niihin missä on asetettu kunnianhimoisia tavoitteita hiilijalanjäljen suhteen.
- Voidaan valita kohteisiin teknisesti parhaiten sopiva rakennusmateriaali. Vähähiilisen betonin hiilijalanjälki on saman suuruinen puurakenteiden kanssa eli ei automaattisesti ajauduta pohtimaan puurakenteiden käyttöä hankkeissa, joissa tavoitellaan pientä hiilijälkeä.
- Hitaampi lujuudenkehitys voi vaikuttaa elementtien suunnittelu- ja hankinta-aikatauluun.
- Elementtirakenteisissa kohteissa vähähiilisen betonin käyttö ei vaikuta työmaan aikatauluun.

KIITOS

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.