

Betonin vähähiilisyysoimet

Prof. Jouni Punkki
Aalto-yliopisto

VBR 2021 – 31.3.2022

Vähähiilinen betoni

- Mitä se on?

- Ei virallista määritelmää, mutta voisi olla: ***”Betoni jonka CO₂-päästöt ovat selvästi keskimääräistä tasoa alhaisemmat”***
- Haasteena:
 - Päästöt vaihtelevat betonilaaduittain
 - Päästöt vaihtelevat betonivalmistajien kesken
 - Mitä lasketaan; betoni, betonirakenne, rakennus
- **Vähähiiliselle betonille ei voida antaa yhtä raja-arvoa**
 - Esim. kg-CO₂/m³ tai kg-CO₂/tn)
 - Betoneita voidaan kyllä luokitella päästöjen mukaan

Vähähiilinen betoni

- Miksi?

- **Ilmeinen tarve vähentää betonin CO₂-päästöjä :**
 1. Ilmaston muutoksen hillitseminen ja betonin merkittävä rooli CO₂-päästöjen aiheuttajana
 2. Kustannusvaikutukset: CO₂-päästöjen hinta on voimakkaassa nousussa
 - Vaikutukset sementin -> betonin -> rakentamisen kustannuksiin
 3. Uudisrakennuksille tulossa päästökatto (YM – Ilmastaselvitys)
 - Energiankulutusmääräyksistä rakennusmateriaalien päästöjen ohjaamiseen

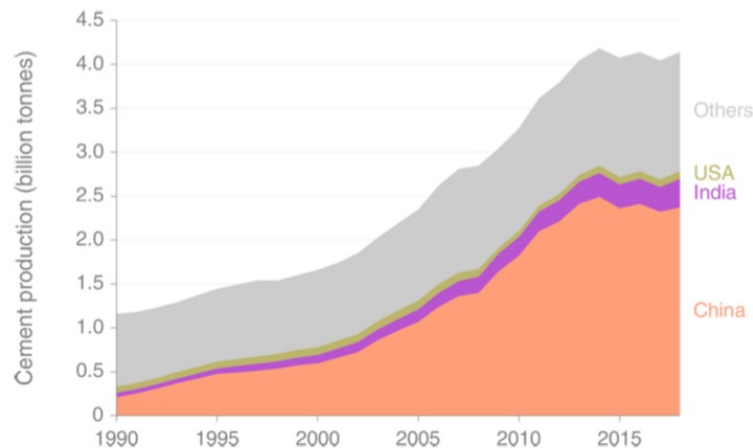
Betonin valmistuksen CO₂-päästöt

- **Betonin aiheuttamat päästöt ovat globaalisti merkittäviä**

- Globaalisti 5...8% CO₂-päästöistä aiheutuu sementin valmistuksesta
- Suomessa vastaava luku on <2%
- Sementin päästöt samaa luokkaa kuin lentoliikenne

- **Rakennusmateriaalien rooli korostuu entisestään, kun siirrytään vähäpäästöiseen energiaan**

- **Sementin ja betonin ominaispäästöt (kg-CO₂/kg), ovat varsin kohtuullisia**



Lähde: R. M. Andrew: Global CO₂ emissions from cement production, 1928–2018

Ominaispäästöt

Betoni vs. muut rakennusmateriaalit

CO2data.fi tietokannassa olevat rakennusmateriaalit / -tuotteet

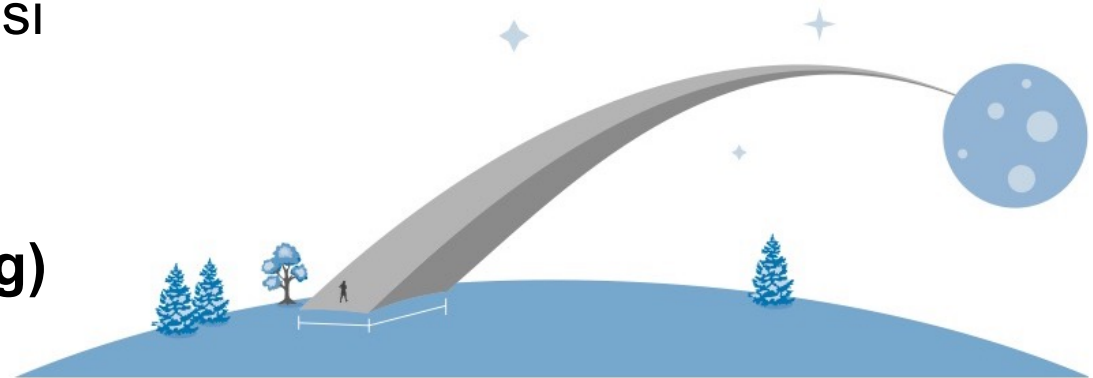
Tuote / tuoteryhmä	n	Keskiarvo kg-CO ₂ e/kg	Minimiarvo kg-CO ₂ e/kg	Maksimiarvo kg-CO ₂ e/kg
Kaikki tuotteet	202	1,48	0,004	19
CO2data-luokka: Betonituotteet	57	0,24	0,006	3,8
CO2data, Betonivalmisosat	28	0,16	0,14	0,20
CO2data, Valmisbetonit	10	0,10	0,06	0,16
CO2data-luokka: Puutuotteet	13	0,40	0,07	1,0
CO2data-luokka: Teräs- ja metallituotteet	17	3,7	0,50	12

Huom. Tuotteiden ominaispäästöt eivät ole suoraan vertailukelpoisia. Vertailut tulee tehdä rakennustasolla ja koko elinkaari huomioiden.

Betonin valmistuksesta aiheutuvat CO₂-päästöt

- **Betonin suuret päästöt johtuvat sen valtavista käyttömääristä**
 - Maailmassa
n. 10 000 000 000 m³ / vuosi
 - > 1 m³ / henk. vuosi
- **Suomessakin vuosittain lähes 1 m³ / henk. (≈ 2500 kg)**

Maailman vuosittaisella betonituotannolla voitaisiin rakentaa poikkileikkaukseltaan 5*5 m² silta maasta kuuun



If the global concrete production of an year is used for building a bridge between the earth and moon, the bridge would have dimensions of 5*5m².

Lähde: Aalto University
Cvijeta Miljak and Jouni Punkki

Betonin päästöjen vähentäminen

Betonin päästöjen vähentämismahdollisuudet

- a) Betoni korvaaminen muilla materiaaleilla
- b) Betonin määrään vähentämisessä rakenteissa
- c) Sementin määrän vähentäminen betonissa
- d) Betonin ominaispäästöjen alentaminen, käytännössä lähinnä sideaineen ominaispäästöjen alentaminen

Betonin päästöjen vähentäminen

Sideaineiden ominaispäästöjen alentaminen

- **Menetelmät sideaineiden päästöjen vähentämiseksi:**

- A. Seossementit
- B. Vaihtoehtoiset sideaineet
- C. Vähäpäästöinen sementin valmistus

- A. Seossementit**

- Sideaineet normien mukaisia, voivat sisältää jopa 95% kuonaa, kuonasementtejä on jo markkinoilla
- Voidaan ottaa käyttöön nopeasti
- Haasteena betonin alkulujuus, osin säilyvyysominaisuudet sekä mahdollisesti saatavuusongelmat
- Aiheuttaa muutoksia valmistus- ja rakentamisprosesseihin

Betonin päästöjen vähentäminen

Sideaineiden ominaispäästöjen alentaminen

B. Vaihtoehtoiset sideaineet

- Ei portland-klinkkeripohjaisia
- Tuttuja Suomessakin, esim. F-sementti jo 80-luvulla
- Erilaisia raaka-aineita, haasteena niiden saatavuus
- Eivät ole standardien mukaisia, käyttö kantavissa rakenteissa vaikeaa. Ei tunneta ominaisuuksia tarkkaan
- Voidaan saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä tuotetasolla, mutta käyttömäärät jäävät vähäisiksi

C. Vähäpäästöinen sementin valmistus

- CO₂:n talteenotto ja sähköinen kalsinointi
- Sementistä tulisi hyvin vähäpäästöinen (nollapäästöinen)
- Betonin päästöt jopa negatiivisia, kun huomioidaan myös betonin karbonatisoituminen
- Tekniikka on pääosin olemassa, mutta tarvitaan vielä tutkimusta sekä suuria investointeja
- Norjassa ensimmäinen systeemi rakenteilla

Betonin päästöjen vähentäminen

Sideaineiden ominaispäästöjen alentaminen

A. Seosaineet

- **Käyttö lisääntyy koko ajan**
- Vähähiilisiä sementtejä (CEM III) on tullut ja tulee markkinoille
- Betonin valmistajat tarjoavat vähähiilisiä ratkaisuja

B. Vaihtoehtoiset sideaineet

- **Kehitysasteella**
- Paljon kehitystoimintaa Suomessa ja maailmalla
- Yksittäisiä ratkaisuja tarjolla
- Voluomit toistaiseksi hyvin pieniä

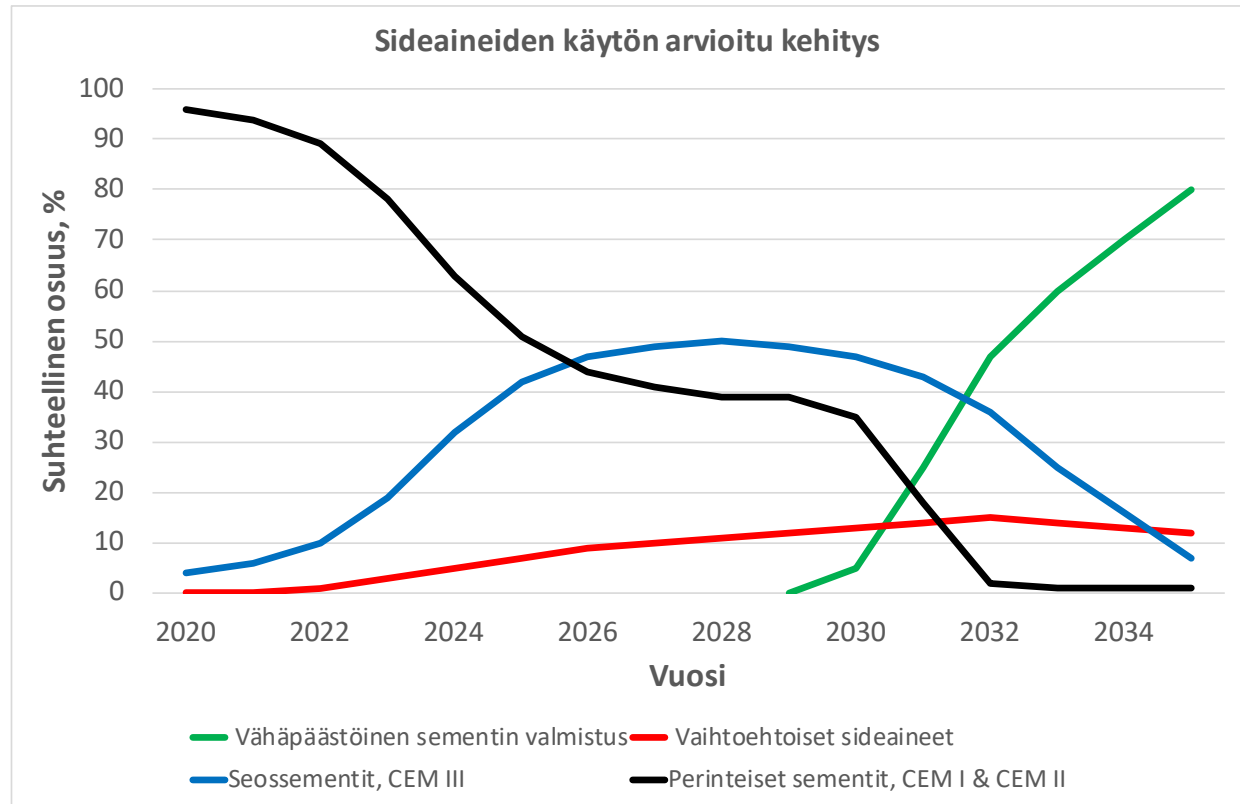
C. Vähäpäästöinen sementin valmistus

- **Suunnitteluasteella**
- Suomessa tutkimusta
- Maailmassa ensimmäiset laitokset rakenteilla

Betonin päästöjen vähentäminen

Sideaineiden ominaispäästöjen alentaminen

- Seossideaineet ovat nopein ja kustannustehokkain vaihtoehto
- Täytyy kuitenkin hyödyntää kaikki olemassa olevat mahdollisuudet
- Olennaista on saada mahdollisimman suuri osuus betonituotannosta mukaan
 - *Yritysten rooli on ensisijaisen tärkeä*
 - *Jos vain 10% yrityksistä vähentää päästöjä 50%, kokonaisvaikutus: -5%*



Lähde: Punkki, J. Betonin sideaineet tulevaisuudessa. Betoni 04-21.

[Linkki](#)

Hanke betoni päästöjen puolittamiseksi

- **Tavoitteena puolittaa betonin valmistuksen CO₂-päästöt**
 - Kokonaisuutena n. 600 000 tn päästövähennys vuodessa
 - Päästövähennys vuoteen 2028 mennessä
- **Lähtökohtana vähähiilisten sideaineiden laajamittainen käyttö**
 - Ensisijaisesti kuonasideaineet
- **LOIKKA-hanke koostuu**
 - Aalto-yliopiston tutkimushankkeesta
 - 5 yrityshankkeesta
 - *Finnsementti Oy*
 - *Elematic Oyj*
 - *Lammin Betoni Oy*
 - *Betolar Oyj*
 - *Joutsenon Elementti Oy*
 - Tutkimusyhteistyötä Norjan Teknillisen Yliopiston kanssa (NTNU)

Jos Suomen kerrostaloista 50% rakennettaisiin puurakenteisina, päästövähennys olisi 200 000 tn/v (Kuninkaantammi, Helsinki: ero = 93 kg-CO₂/m²)

Rahoitus ja aikataulu

- **Rahoitus**

- Business Finland
 - *Co-Innovation hanke*
 - *RRF-Haku, Vähähiilinen rakennettu ympäristö*
- Yritysten oma rahoitus
- Aallon tutkimushankkeessa rahoittajina myös:
 - *Betoniteollisuus ry*
 - *Talonrakennusteollisuus ry*
 - *Väylävirasto*

- **Aikataulu:**

- 1.3.22 – 29.2.24

- **Kokonaiskustannukset**

- n. 3,4 Milj.€

- **Aallon tutkimushanke**

- n. 0,7 M€



Euroopan unionin rahoittama –
NextGenerationEU

Tavoitteet

- **Päästöjen puolittaminen tulee edellyttämään useita toimenpiteitä**
 - Vähähiilisten sideaineiden laajamittainen käyttöönotto
 - Betonin valmistuksen optimointia CO₂-päästöjen kannalta
 - Kehitystä betonirakentamisessa
- **Tarvitaan systeeminen muutos koko betonirakentamisessa**

- A. Uusien sideaineiden laajamittaiseen käyttöönotto**
 - Varhaislujuuden kehitys
 - Betonin säilyvyys
- B. Betonin optimointi CO₂:n kannalta**
 - Merkittävää potentiaalia vähentää CO₂-päästöjä
 - Kiviainesten vaikutus
- C. Rakentamisprosessien optimointi vähähiiliselle betonille**
 - Vaikutukset elementti- ja paikallavalurakentamiseen
 - Muottikierto / alkulujuus

BY-Vähähiilisyysluokittelu



- **Kansallinen järjestelmä betonien luokitteluun CO₂-päästöjen perusteella**
- **Avoin, läpinäkyvä järjestelmä**
- **Luokittelu julkaistaan keväällä 2022. Käyttö pienellä viiveellä**
- **Norjassa on käytössä vastaava luokitus**
 - Arvioitu vähentäneen päästöjä n. 20%
- **Päästöluokka esim. GWP.85**
 - Päästö tällöin max. 85% referenssibetonin päästöistä

Vähähiilisyysluokittelun toiminta käytännössä

- Tilaaja / suunnittelija valitsee luokan
- Betonin valmistajat ilmoittavat mihin luokkiin pääsevät eri betonilaaduilla
- Urakoitsija tilaa luokan mukaista betonia

Linkki Betoni-lehden artikkeliin, [Betoni 01-22](#)

BY-Vähähiilisyysluokittelu

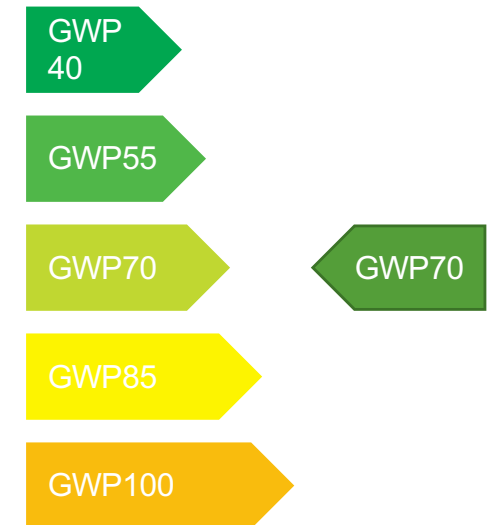


Päästöarvot: kg-CO₂e/m³ (EPD: A1...A3)

Ref.taso

BETONI	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

Kaikki luokkia ei ole alkuvaiheessa saatavilla, saatavuus varmistettava betonin valmistajilta



Yhteenveto:

- Betonin CO₂-päästöt merkittävät johtuen betonin suuresta käyttömäärästä
- Betonin laajamittainen korvaaminen muilla materiaaleilla on erittäin haastavaa
- Tehokkaimmin päästöjä vähennetään alentamalla sideaineiden ominaispäästöjä
 - Useampia vaihtoehtoja hyödynnettävissä
- Merkittäviä aktiviteetteja käynnissä Suomessa
 - Yritysten kehitystoimenpiteet
 - LOIKKA-hanke
 - BY-Vähähiilisyysluokitus