

Hiilipihi valmistus- ja betoniteknologia

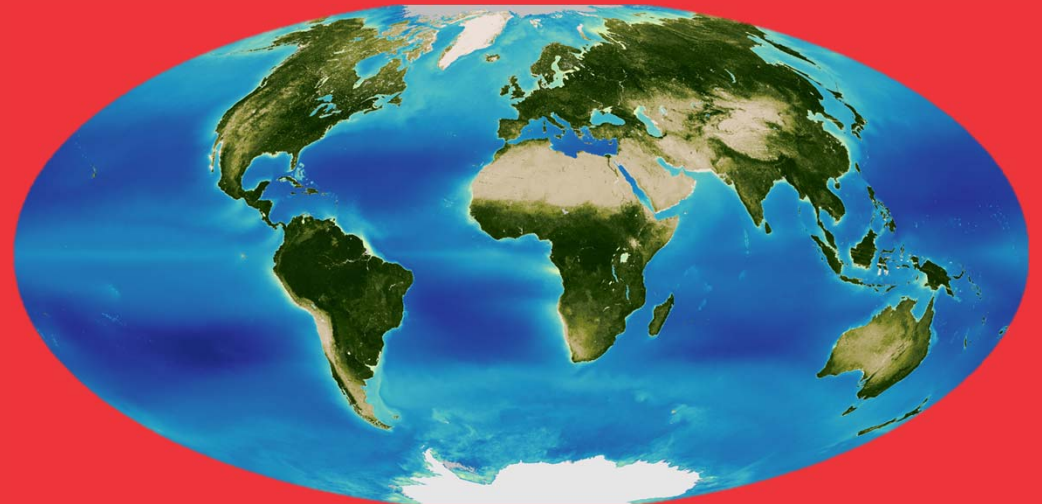
Betoniteollisuuden Kesäseminaari

Jouni Punkki

23.8.2019

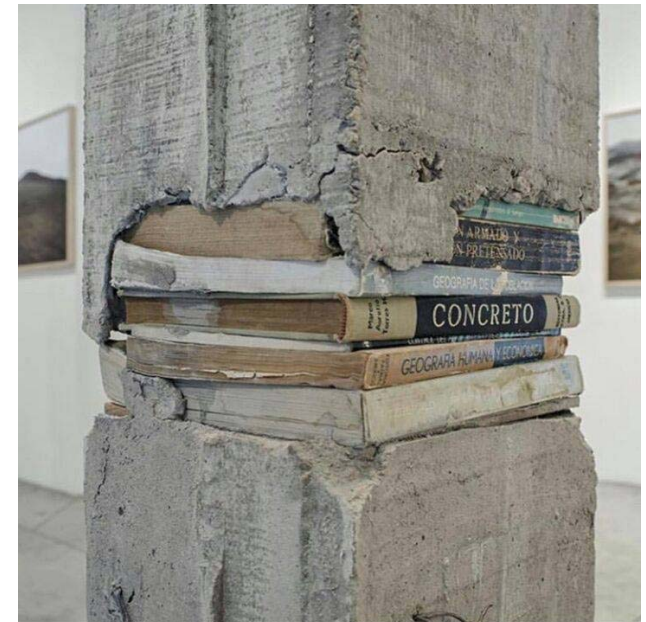


Aalto-yliopisto
Aalto-universitetet
Aalto University



Sisältöä

- Elinkaariajattelun peruseriaatteet
- Muutokset rakennusten ympäristökuormituksissa
- Betonin CO₂-päästöt
- Case esimerkki
- Hiiliphihi betoni: Nykytilanne ja mahdollisuudet tulevaisuudessa
- Betonirakentamisen tulevaisuus hiilipihissä maailmassa
- Kehitysehdotus



Elinkaariajattelun perusperiaatteet

Sääntö #1

- **Tarkastellaan rakennuksen (tai infrarakenteen) koko elinkaarta**
 - Rakentamisvaihe
 - Käyttövaihe
 - Energian kulutus
 - Huolto ja korjaus
 - Purkuvaihe

Sääntö #2

- **Tarkastellaan koko rakennusta**
 - Voidaan tarkastella myös rakenteita, jos niillä vastaavat toiminnalliset ominaisuudet
 - Rakennusmateriaalien ympäristöselosteet (EPD) ovat tärkeitä, mutta eri tuotteiden selosteet eivät ole vertailtavissa.

Elinkaaren vaiheet

- **Käytännössä tarkastellaan usein vain rakennusvaihetta ja käyttövaiheen energian kulutusta**
 - Huolto & korjaukset sekä purkuvaiheen kuormitukset vaikeasti arvioitavissa
 - Energian kulutus voidaan arvioida, mutta energian päästöt muuttuvat
- **Rakentamis- ja käyttövaiheen osuudet muuttumassa merkittävästi**

Perinteisesti käyttövaihe on dominoinut ympäristökuormituksia



Tilanne muuttuu:

1. *Käyttövaiheen energian kulutus pienenee*
2. *Ostoenergian osuus pienenee*
3. *Energian ominaispäästöt pienenee*



Jatkossa rakentamisvaiheeseen tullaan kiinnittämään entistä enemmän huomiota

Betonin CO₂-päästöt

- **Sementti on CO₂-intensiivinen materiaali** (n. 0,7 kg-CO₂/kg)
 - Energian kulutus
 - Kalsinointi ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$)
- **Klinkkerin valmistus aiheuttaa valtaosan päästöistä (>95%)**
- **Toisaalta betonin osa-aineista n. 80% hyvin vähäpäästöisiä**
- **Betonin haasteena suuret käyttömäärät**
- **Kalsinoinnin aiheuttama päästö on palautuva (karbonatisoituminen)**
 - Toistaiseksi ei huomioida laskelmissa

Betonirakenteiden tyypillisiä CO₂-päästöjä:

0,1...0,2 kg-CO₂/kg-betonia

100...200 kg-CO₂/tn

200...400 kg-CO₂/m³

Merkittävimmät tekijät:

- Sementin määrä ja laatu (75...95%)
- Raudoituksen määrä ja laatu
- Kuljetusmatka, myös raaka-aineiden kuljetus
- Energian kulutus valmistuksessa

Case-esimerkki

– Asuinrakennuksen välipohjan CO₂-päästöt

Mittari:

- **Rakentamisen päästöt m² kohden**
 - Täyttäen toiminnalliset ominaisuudet
 - Kantokyky
 - Ääneneristävyys
 - (Pitkäikäisyys / korjattavuus)
- **Betonirakenteilla hieman yksinkertaistaen:**
 - Klinkkerimäärä m² kohden (kg/m²)
 - Raudoituksen määrä voi myös olla olennainen

Välipohjan klinkkerimäärään vaikuttavat tekijät:

1. **Betonin määrä (kg_{bet}/m²)**
2. **Sideaineen määrä betonissa (kg_{sem}/m³)**
3. **Klinkkerin osuus sideaineessa (%)**
 - Tai sideaineen ominaispäästö (kg-CO₂/kg)

Klinkkerimäärän vähentäminen

1. Betonin määrä

- Rakenteen optimointi
 - Välipohjan osalta rajalliset mahdollisuudet
 - Ontelolaatta on hyvä esimerkki
 - Ei saisi olla vaatimuksia kuten 500 kg/m^2 , vaan suora ääneneristävyysvaatimus
 - Rakenteiden optimoinnin taloudellinen kannattavuus?

2. Sideaineen määrä betonissa

- Optimaalisen betonin valinta
 - Vaatimuksia tulee määräysten kautta
 - Suunnittelija valitsee betonilaadun
- Reseptioptimointi
 - Raaka-aineiden laatu
 - Valmistustekniset haasteet

3. Klinkkerin osuus sideaineessa (tai ominaispäästöt)

- Sementtityyppi / seosaineiden käytön lisääminen
 - Valmistustekniset haasteet
 - Seosaineiden saatavuus
 - Seosaineisiin liittyvä tutkimus ja kehitys
- Sementin valmistuksen energiatehokkuus
 - Vaikuttaa ominaispäästöihin, mutta ei klinkkerimäärään

Hiilipihi betoni

Nykytilanne ja mahdollisuudet tulevaisuudessa

Hiilipihi betoni

- Nykytilanne

”Aika vähän on tehty”

- **Sementtiteollisuus on ollut aktiivisin**
 - Seossementtien kehitys
 - Sementin valmistuksen energiantehokkuuden parantaminen
 - Valmistusprosessi
 - Vaihtoehtoiset polttoaineet

TAUSTALLA:

- **Rakenteiden optimointi (betonin määrä) ei yleensä ole kenenkään intressi**
 - *Elementtiteollisuudessa joissakin tuotteissa*
 - *Ei yleensä taloudellisesti kannattavaa*
- **Sementin määrä betonissa on kasvanut viime vuosina**
 - *Määräysten vaikutus*
 - *Rakentamisen nopeus*
 - *Tutkimuksen vähäisyys*
- **Seossementtien käytöstä ei välttämättä saada täyttä hyötyä Suomen olosuhteissa**

Hiilipihi betoni

- Mahdollisuudet tulevaisuudessa

”Evoluutio”:

- Rakenteiden optimointi: -10%
- Betonin optimointi: -10%
 - Suunnittelija – Betonin valmistaja
- Sementin seostaminen / seosaineiden hyödyntäminen: -15%
 - Saattaa vaatia muutoksia valmistustekniikkaan
 - Tutkimusta seosaineiden osalta
- Karbonatisoitumisen ottaminen huomioon: -15% (50...100 v)

”Revoluutio”:

- Vaihtoehtoiset sideaineet: -10% -> -50%
 - Suurena haasteena raaka-aineiden riittävä saatavuus sekä betonin ominaisuudet
 - Tulevat, mutta hitaasti: 10% / 10 v
- CO₂:n talteenotto: -10% -> -30%
 - Kallista tekniikkaa, CO₂:n päästökaupan hinta?
 - Mitä CO₂:lla tehdään, minne se sijoitettaisiin?

Betonirakentamisen tulevaisuus hiilipihissä maailmassa

Betonirakentamisen tulevaisuus

- **CO₂-päästöt ovat merkittävä haaste betonille**
 - Päästöjä voidaan vähentää, mutta näköpiirissä ei ole teknologiaa, joka suuressa mittakaavassa mahdollistaisi ”päästöttömän” betonin
 - Toisaalta betonin raaka-aineiden läheisyys voi osin kompensoida korkeat päästöt
- **Tulevaisuudessa rakentamisvaiheen CO₂-päästöihin tullaan kiinnittämän yhä enemmän huomiota**
 - Vie jossain määrin betonin markkinaosuutta, mutta useissa käyttökohteissa betonia on vaikea korvata
 - Jatkossa kilpailutilanteeseen vaikuttavat:
Hinta + Päästöt + (Ominaisuudet)
 - *”Enää ei riitä että betoni on teknisesti paras materiaali”*

KEHITYSEHDOTUS

”Hiilipihi-betoni”

- **Tarjotaan asiakkaille myös selvästi vähäpäästöisempiä vaihtoehtoja**
 - Betoneista 5...20% voisi olla vähäpäästöisempiä
 - Vähäpäästöinen betoni ei sovellu kaikkiin käyttökohteisiin
 - Markkinoidaan hyvin
 - Hinta verrattuna ”normaalilaatuun”?
- **Alan yhteinen järjestelmä**
 - Läpinäkyvä ja uskottava
- **Kriteerinä: $\text{kg-CO}_2 / \text{m}^3_{\text{bet}}$**
 - Raja-arvo esim. tasolla $< 200 \text{ kg-CO}_2 / \text{m}^3$
 - Raja-arvo riippuisi rasitusluokasta ja ehkä myös lujuusluokasta
 - Sisärakenteet
 - Pakkasrasitetut
 - Pakkas-suolarasitetut?
 - Tulevaisuudessa myös useampia tasoja

— Kiitos

jouni.punkki@aalto.fi

23.8.2019



Aalto-yliopisto
Aalto-universitetet
Aalto University

