

# Hiilidioksidin hyötykäyttö ja varastointi esivalettujen betonituotteiden valmistuksessa

14/11/2022 VTT – beyond the obvious

# Johdanto

## Hiilidioksidi ja betoni

- Hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>) on ollut yleisesti ongelma betoniteollisuudessa.
- Sementin valmistus aiheuttaa vuosittain 6-7% maailman CO<sub>2</sub> päästöistä.
- Betonin karbonisoituminen on tunnettu hajoamismekanismi.
- Hiilidioksidi potentiaali betonin valmistuksessa on ymmärretty vasta viime vuosina.



# Hiilidioksidin hyötykäyttö ja luonnollinen karbonoituminen

- Hiilidioksidin hyötykäytössä betoni altistetaan hiilidioksidille ennen kovettumista.
- Luonnollinen karbonisoituminen etenee kovettuneessa rakenteessa.
- Kemiallisesti CO<sub>2</sub> altistus ennen kovettumista nähdään sementin ja hiilidioksidin välisenä reaktiona.
- Luonnollinen karbonisoituminen on taas sementin hydrataatiotuotteiden ja hiilidioksidin välinen reaktio.

Luonnollinen karbonisoituminen:



CO<sub>2</sub> hyötykäyttö:





# Hiilidioksidin hyödyntämisen edut

- Kiihdytetty lujuudenkehitys
  - Kiteytymiseen ja sementin liukenemisen parantumiseen perustuvat päällekkäiset mekanismit
- Pienempi hiilijalanjälki
- Suurempi loppupuluujus
  - Erihausten karbonaattien muodostuminen.
  - Mikrorakenteen tiivistyminen.
- Uudet side- ja seosaineet
  - Beliitti ja wollastoniitti.
  - Kalsiumoksidipitoiset sivuainevirrat .

Reduced  
carbon  
footprint

Accelerated  
strength  
development

Increased final  
strength

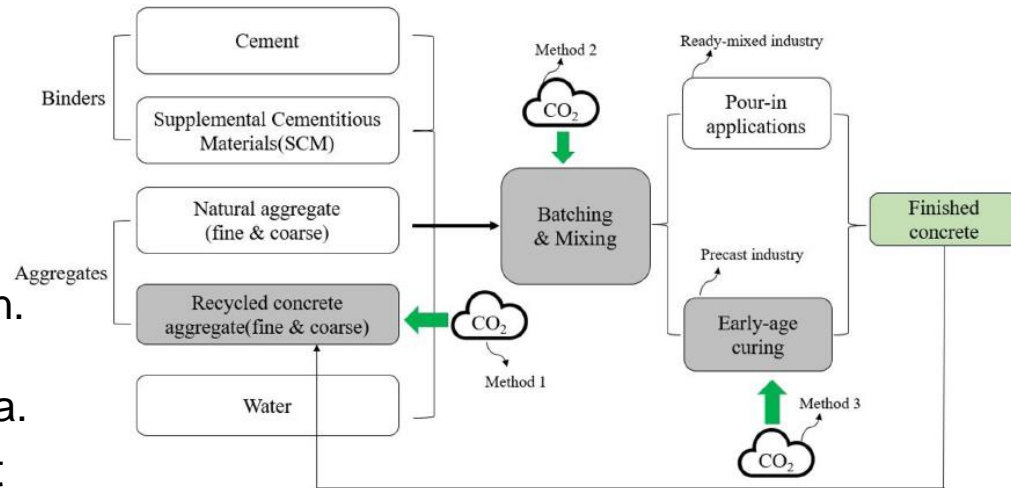
New SCM's  
and binders

Reduced  
efflorescence

Increased  
stability

# Hiilidioksidin hyödyntämisprosessit

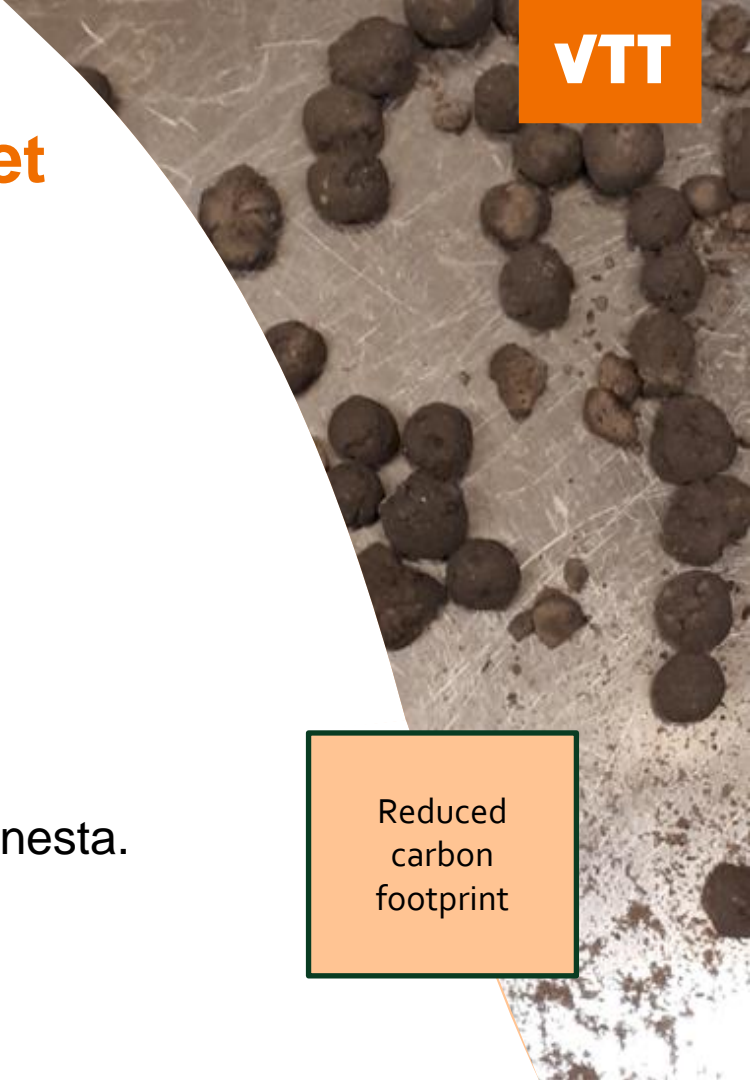
- Hiilidioksidia voidaan Mineralisoida betoniin eri vaiheissa:
  - Raaka-aineisiin:
    - Karbonisoidut keinokiviainekset.
  - Sekoitusvaiheessa:
    - Ruiskutus joko myllyyn tai autoon.
  - Jälkihoitona
    - CO<sub>2</sub> altistus kovettumisen aikana.
- Jokaisella menetelmällä on omat etunsa ja rajoituksensa.



[17] T. Lim, B.R. Ellis, S.J. Skerlos, Mitigating CO<sub>2</sub> emissions of concrete manufacturing through CO<sub>2</sub>-enabled binder reduction, *Environ. Res. Lett.* 14 (11) (2019).

# Karbonisoidut keinokiviainekset

- Keinokiviainesten voivat olla esimerkiksi
  - Tuhkista hiilidioksidin avulla valmistettuja.
  - Betonimursketta.
- Etuja keinokiviaineksilla:
  - Helppo käyttöönotto
  - Voidaan soveltaa myös sementin karbonisointimenetelmien kanssa.
- Heikkouksia keinokiviaineksilla:
  - Korvaa pienen hiilijalanjäljen omaavaa kiviainesta.
  - Taloudellinen kannattavuus.



Reduced  
carbon  
footprint

# Sekoitusvaiheen karbonisointi

- Sekoitusvaiheen karbonisointi tapahtuu ruiskuttamalla hiilidioksidia joko myllyyn tai autoon.
  - Alan markkinajohtajan käyttämä menetelmä.
- Etuja sekoitusvaiheen karbonisoinnilla:
  - Voidaan soveltaa koko betonivalmistukseen.
  - Yksinkertainen menetelmä.
  - Kiihdyttää hydrataatiota.
- Heikkouksia sekoitusvaiheen karbonisoinnilla :
  - Pieni vaikutus betonin hiilijalanjälkeen.



Accelerated  
strength  
development

# Hiilidioksidijälkihoito

- Hiilidioksidijälkihoidossa betoni altistetaan sitoutumisen ja kovettumisen aikana hiilidioksidille.
  - VTT:n tutkima menetelmä.
- Hiilidioksidijälkihoidon etuja:
  - Korkeat karbonisointiasteet.
  - Sementin säästö / tuotantoprosessin tehostuminen.
  - Laajempi seosainevalikoima
- Hiilidioksidijälkihoidon heikkouksia:
  - Soveltuu betonituotteisiin.
  - Prosessitekniset haasteet.

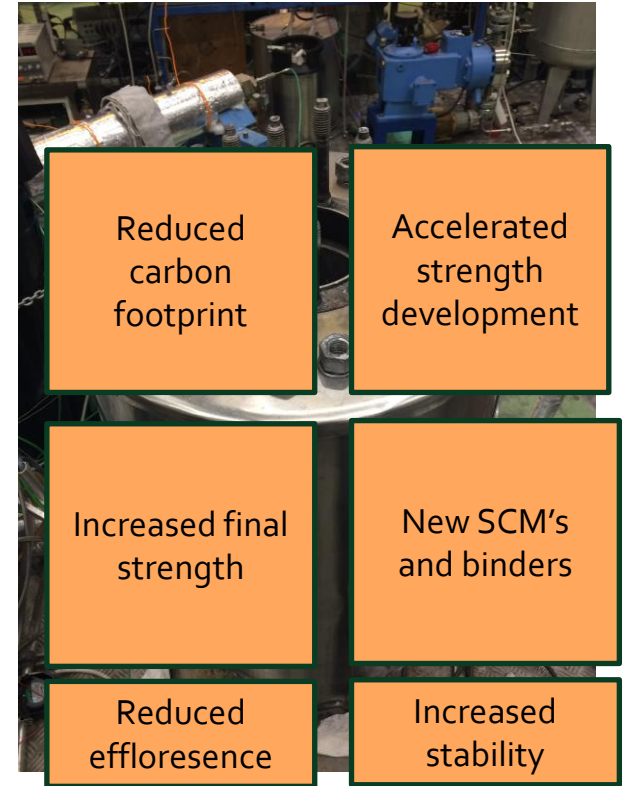


VTT:n autoklaavi.



# Hiilidioksidijälkihoito

- Hiilidioksidijälkihoidossa betoni altistetaan sitoutumisen ja kovettumisen aikana hiilidioksidille.
  - VTT:n tutkima menetelmä.
- Hiilidioksidijälkihoidon etuja:
  - Korkeat karbonisointiasteet.
  - Sementin säästö / tuotantoprosessin tehostuminen.
  - Laajempi seosainevalikoima
- Hiilidioksidijälkihoidon heikkouksia:
  - Soveltuu betonituotteisiin.
  - Prosessitekniset haasteet.



VTT:n autoklaavi.

# Carbonaide Oy

- Carbonaide offers *effective* and *inexpensive* technology for precast concrete manufacturers to utilise CO<sub>2</sub> in the concrete production.
- Precasted concrete products are exposed to CO<sub>2</sub> during curing phase. The process is also known as “Carbon Curing”.
- Curing phase is typically 2-24 hours, depending on the production parameters.
- The technology is compatible with Portland cement based processes but enables use of alternative binders that makes possible to produce “Carbon negative concrete” .

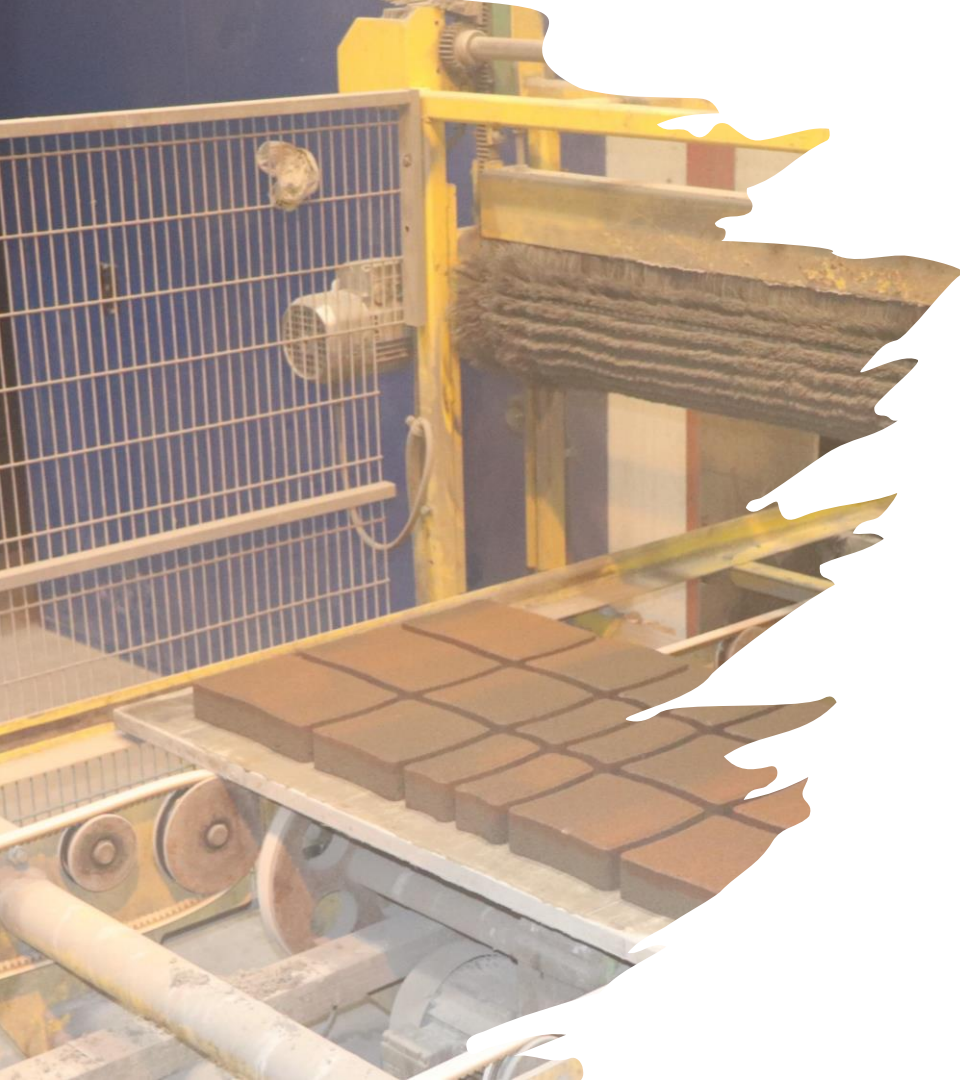


# Carbonaide technology

---

- Carbonaide uses process to maximize CO<sub>2</sub> penetration during the hardening phase of concrete.
- Pilot unit experiments with various products and materials.
- Scaling up to factory production during 2023.





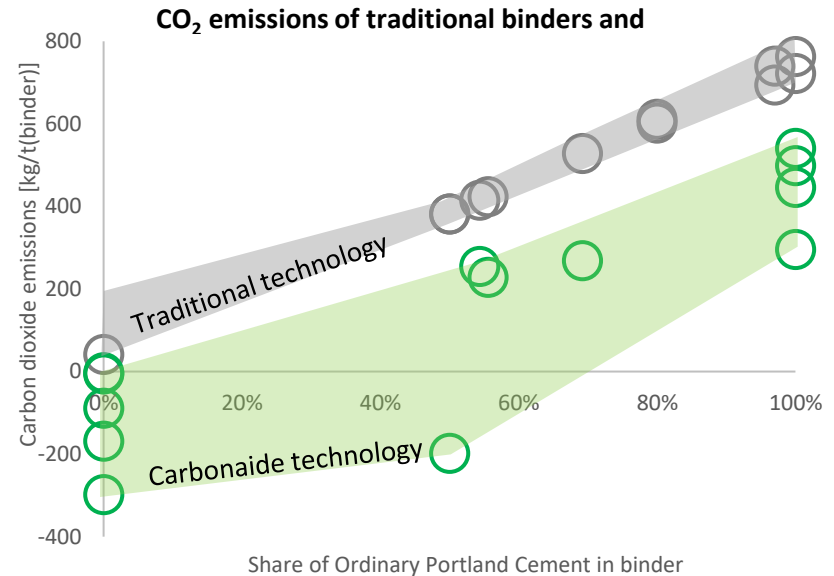
# Climate impact Concrete industry

- Carbonaide's CCUS technology is capable to halve CO<sub>2</sub> emissions of traditional precast concrete.
- In combination of blended cements and/or new supplementary cementitious materials, the carbon footprint of concrete is close to zero.
- When non-Portland cement binders are used, CCUS technology is capable to negative CO<sub>2</sub> emissions.



# Vaikutus hiilijalanjälkeen

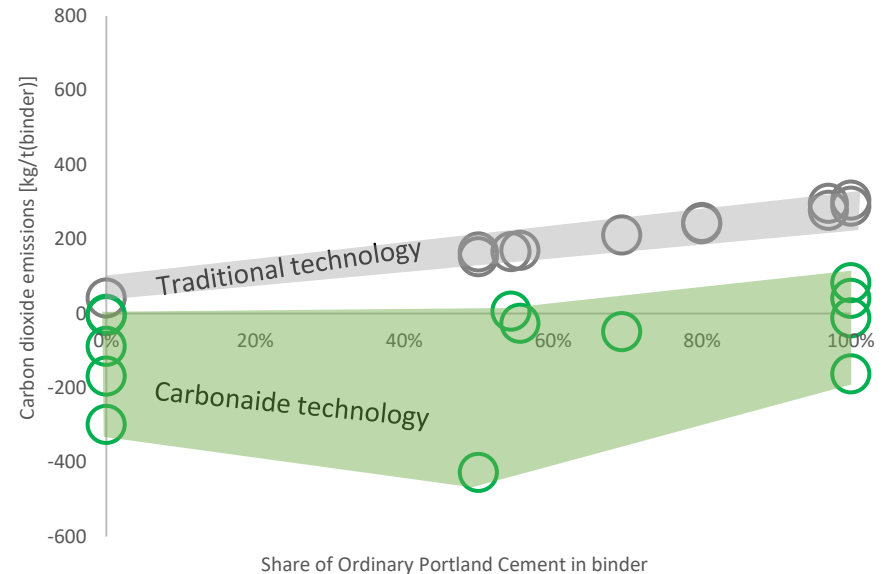
- Hiilidioksidijälkihoiton keskeisin etu on tuotteen hiilijalanjäljen alentaminen.
- Yhdistämällä hiilijalanjäljen alentaminen seossementteihin /sementtivapaisiin sideaineisiin, saadaan tuotteen hiilijalanjälki laskennallisesti negatiiviseksi.



# Tulevaisuuden visio

- Hiilidioksidijälkihoidon, seosaineiden ja sementin CCU teknologioiden yhdistelmä mahdollistaa betoniteollisuuden muutoksen yhdeksi ilmastonmuutoksen ratkaisuista.
- Massiivisen tuotantonsa vuoksi, betoni on optimaalinen materiaali hiilidioksidin sidontaan.
- Teknologinen pohja muutokselle on olemassa.

CO<sub>2</sub> emissions of clinker with 40% emissions, supplementary cementitious materials and CarbonAide technology



# KIITOS!

[tapio.vehmas@vtt.fi](mailto:tapio.vehmas@vtt.fi)  
[tapio.vehmas@carbonaide.com](mailto:tapio.vehmas@carbonaide.com)



14/11/2023 VTT – beyond the obvious

