

# LOIKKA

---

## PUOLIVÄLIWEBINAARI – 14.3.2023

TUOMAS ALAPIETI



Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

# LOIKKA

# Osaprojekti 5: Tulevaisuuden mahdollisuudet betonin hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi



Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

**LOIKKA**

# Osaprojekti 5

**LOIKKA**

**A?** Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

- **LOIKKA-projektin lähtökohtana masuunikuonan hyödyntäminen**
- **Osaprojekti 5: Kirjallisuuskatsaus tulevaisuuden mahdollisuuksista betonin hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi**
- **Arvioitu valmistumisaika kesällä 2023**

# Betonin hiilidioksidipäästöt

LOIKKA

**A?** Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

- **Betonista aiheutuu 7-8 % maailman hiilidioksidipäästöistä**
- **Veden jälkeen käytetyin hyödyke**
- **Kalkkikiven kalsinointi päästöjen keskeinen aiheuttaja**
- **Mahdollisia päästövähennyskeinoja**
  - Sementtiklinkkerin korvaaminen
  - Hiilidioksidin talteenotto
  - Karbonatisoitumisen hyödyntäminen

# Kirjallisuuskatsauksen sisältö

LOIKKA

**A?** Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

- **Seossementit**
  - Perinteiset seosaineet
  - Uudet seosaineet
- **Vaihtoehtoiset sideaineet**
  - Ei-Portlandklinkkeri pohjaiset sementit
  - Alkaliaktivoitunut sideaineet ja geopolymeerit
- **Vähäpäästöinen sementinvalmistus**
  - CCS & CCU
- **Betonin karbonatisoituminen**
  - Betonin valmistuksessa
  - Käytön aikana ja jälkeen

# Seossementit

LOIKKA

A? Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

- **Globaalisti seosaineiden osuus keskimäärin ~20 % käytetystä sementistä**
  - Pääasiassa masuunikuonaa, lentotuhkaa ja kalkkikiveä
- **Masuunikuonan ja lentotuhkan saatavuus 15-25 % sementinkulutuksesta**
  - Tuotantotapojen muutokset teräs- ja energiateollisuudessa
  - Päästöjen allokointi, kasvava kysyntä
- **Pozzolaanien ja kalsinoitujen savien tutkimus lisääntynyt**
  - Pozzolaaneilla paikallinen saatavuus
  - Kalsinoitujen savien (esim. metakaoliini) osalta lupaavia tuloksia
- **Tutkimuksia myös biopohjaisista tuhkista ja kuonista**

# Vaihtoehtoiset sideaineet

- **Ei-Portland-klinkkeri pohjaiset sementit**
  - Useita erilaisia vaihtoehtoja:
    - *Kalsiumsilikaattipohjaiset sementit (Solidia)*
    - *Magnesiumpohjaiset sementit (Novacem)*
    - *Kalsiumaluminaattipohjaiset sementit (Ciment fondu)*
  - Päästövähennykset perustuvat kalkkikiven korvaamiseen
  - Mahdollista valmistaa perinteisissä sementtiuuneissa
- **Alkali-aktivoitunut materiaalit ja geopolymeerit**
  - Lähtöaineen aktivointi klinkkerin sijasta alkalisella aineella
  - Samoja lähtöaineita kuin seossementeissä:
    - *Esim. masuunikuona, lentotuhka, metakaoliini*
  - Myös samoja haasteita
  - Aktivaattoreiden päästöt ja kustannukset huomioitava

# Hiilidioksidin talteenotto

LOIKKA

**A?** Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

- **Useita teknologioita, joista osa jo käytössä**
  - Oxyfuel calcination
  - Sorbent scrubbing
  - Electric calcination
- **Teknologia kallista ja energiantensiivistä**
  - Talteenoton kustannukset laskevat ja päästöjen nousevat
- **Hiilidioksidin varastointi (CCS)**
  - Hiilidioksidi nesteytetään ja varastoidaan esim. tyhjiin öljy- tai kaasulähteisiin
  - Toteutus kallista
- **Hiilidioksidin hyötykäyttö (CCU)**
  - Hiilidioksidista jalostetaan mm. polttoaineita
  - Hankkeita myös suomessa esim. ST1 P2X



# Betonin karbonatisoituminen

LOIKKA

**A?** Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

- **Hiilidioksidin sitoutuminen takaisin betoniin**
- **Karbonatisoituminen jälkihoidossa**
  - Jälkihoitokammioiden aiheuttamat rajoitukset
  - Mm. VTT hanke tähän liittyen
- **Karbonatisoituminen käytön aikana**
  - Hyödyntäminen esim. sisätiloissa
- **Karbonatisoituminen käytön jälkeen**
  - Betonin murskaamisella kiihdyttävä vaikutus
  - Onko mahdollisuuksia tehostaa karbonatisoitumista?

# Alustava yhteenveto

LOIKKA

**A?** Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

- **Edellytyksiä tulevaisuuden ratkaisuille**
  - Riittävä saatavuus ja tasalaatuisuus raaka-aineille
  - Ratkaisujen tulee olla toimivia esim. seosaineet tarpeeksi reaktiivisia
  - Määräysten mukaisia
- **Oletettavasti päästövähennyksiin tarvitaan useiden ratkaisujen hyödyntämistä**