

# LOIKKA

## Betonin CO<sub>2</sub>-päästöjen puolittaminen

---



Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

Jouni Punkki, prof.

25.1.2024

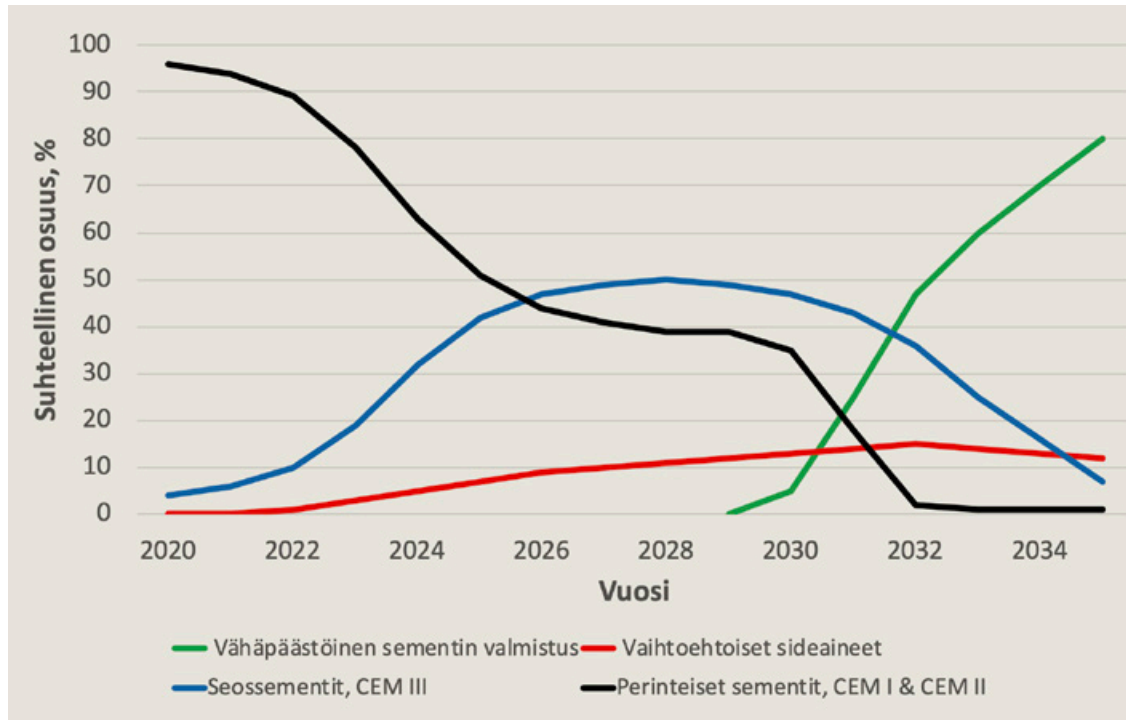
## Projektin taustaa

- **Betonin valmistus aiheuttaa Suomessa n. 1,2 Milj. tn CO<sub>2</sub>-päästöt vuosittain**
  - Valta-osa (n. 85%) päästöistä aiheutuu sementistä
- **Haasteena betonin suuret käyttömäärät**
  - Betonia ei voi korvata, täytyy alentaa päästöjä
- **Uusia, vähäpäästöisempiä sideaineita on tullut ja tulee markkinoille**
  - Vähäpäästöisten sementtien päästöt jopa <50% perinteisen sementin päästöistä
- **Uudet sideaineet vaikuttavat betonin ominaisuuksiin**

## Hankkeen tavoitteet ja rakenne

- **Tavoitteena puolittaa betonin valmistuksen CO<sub>2</sub>-päästöt**
  - Kokonaisuutena n. 600 000 tn päästövähennys vuodessa
  - Päästövähennys vuoteen 2028 mennessä
- **Lähtökohtana vähähiilisten sideaineiden laajamittainen käyttö**
  - Erityisesti masuunikuona / kuonasementit (CEM III)
- **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)

## Hanke nojaa vahvasti masuunikuonaan



Betoni 04/2021

## 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 – 28.2.24

- **Kokonaiskustannukset**

- n. 3,4 Milj.€



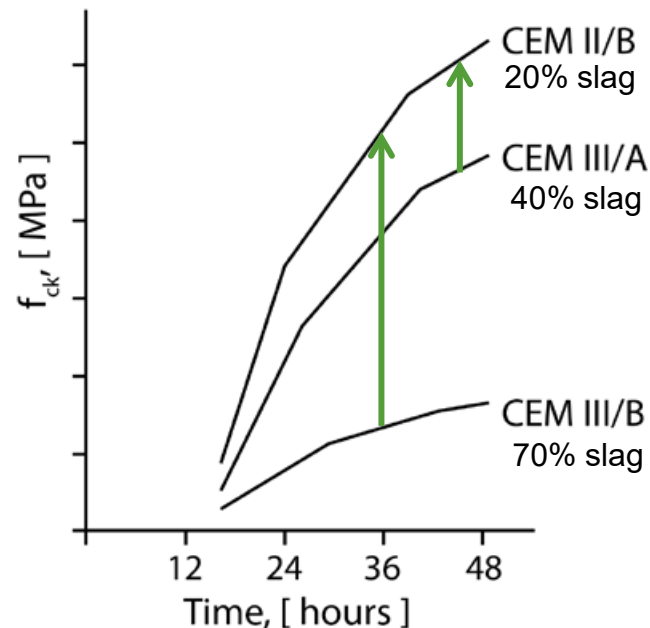
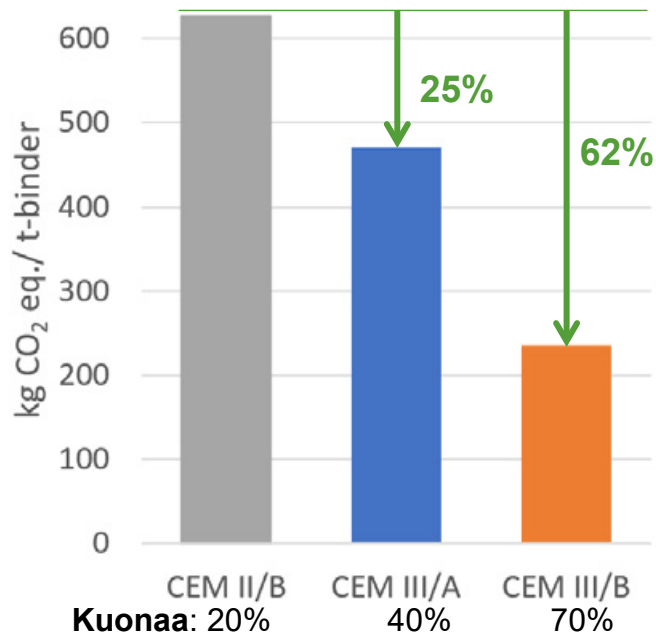
Euroopan unionin rahoittama –  
NextGenerationEU

## Aallon tutkimushankkeen sisältö

- **Aallon tutkimushanke koostuu viidestä alaprojektista**

1. Vähähiilisten betonien lujuudenkehitys
2. Vähähiilisten betonien säilyvyysominaisuudet
3. Betonien optimointi CO<sub>2</sub>-päästöjen kannalta
4. Vähähiilisten betonien tuotantotekniikka
5. Tulevaisuuden ratkaisut betonin CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämiseksi

# Alkulujuuden kehitys



**Tavoite:** Kiihdyttää kuonasementtien (CEM III) lujoudenkehitys Oiva-sementin tasolla CEM II/B.

# Kuonan hydrataatiomekanismi

**Sementti:** Nopea liukeneminen  
(15 min)

**Kuona:** Hidas liukeneminen



**Kiteytyminen**  
(< 3 h)

Ionit kuonan pinnalla,  
estävät liukenemista



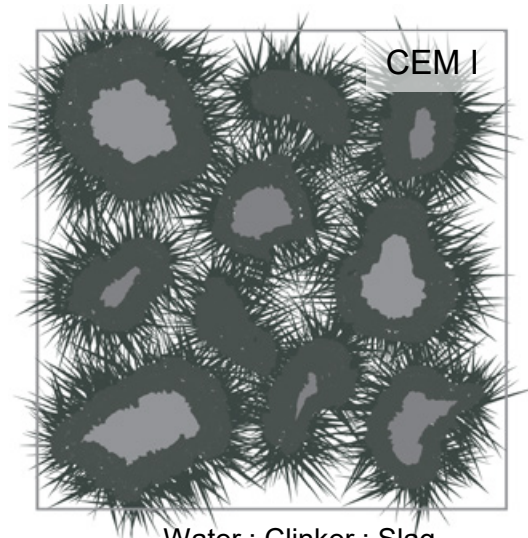
**Kasvu**  
(24 h)

Hidas kiteytyminen  
ja kasvu

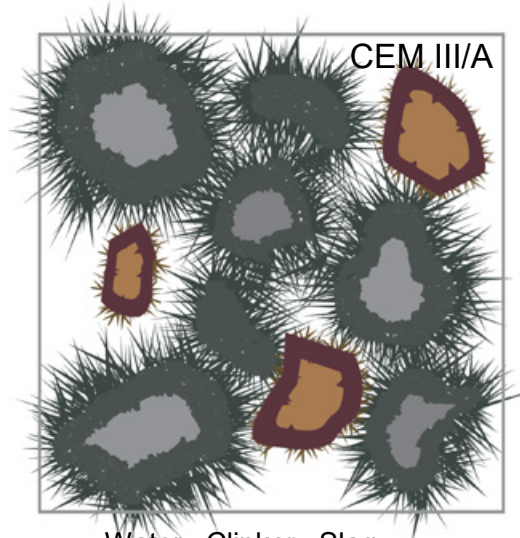


**Kasvu**  
(> 28 d)

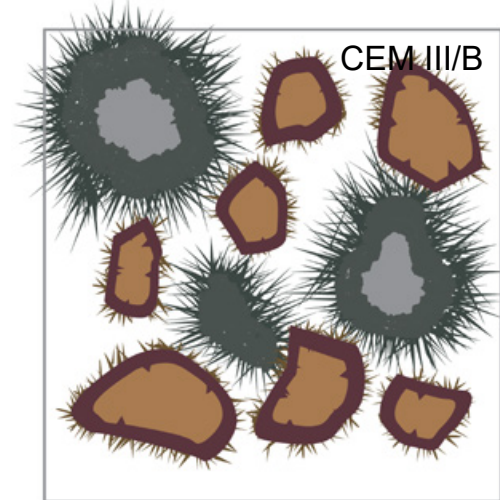
Kasvu



Water : Clinker : Slag  
**Volume** 50% : 50% : 0%



Water : Clinker : Slag  
50% : 30% : 20%



Water : Clinker : Slag  
50% : 15% : 35%

Olennaista kuonan **LIUKENEMINEN** sekä **KITEYTYMINEN**



# Kuonasementtien aktivointi



## Terminen aktivointi:

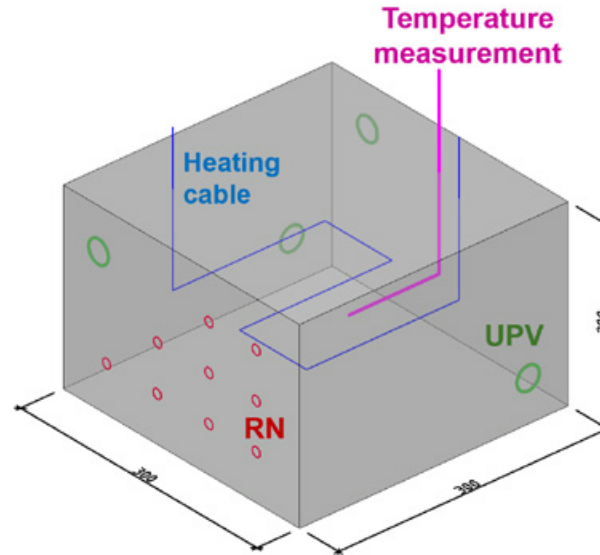
**Lämpö = Energia**  
kiihdyttää kemiallisia  
reaktioita



Liukeneminen  
Kiteytyminen

## Lämmitys:

- Kaapelit betonin sisällä
- Lämmitysaika: 0 - 10/15 h
- Lämmitysteho: 5 - 30 W
- Lämmitysenergia: 2.8...16.7 kWh/m<sup>3</sup>



## Kemiallinen aktivointi:

Lisätään ioneja liuoksen  
pH:n kasvattamiseksi



Liukeneminen  
Kiteytyminen

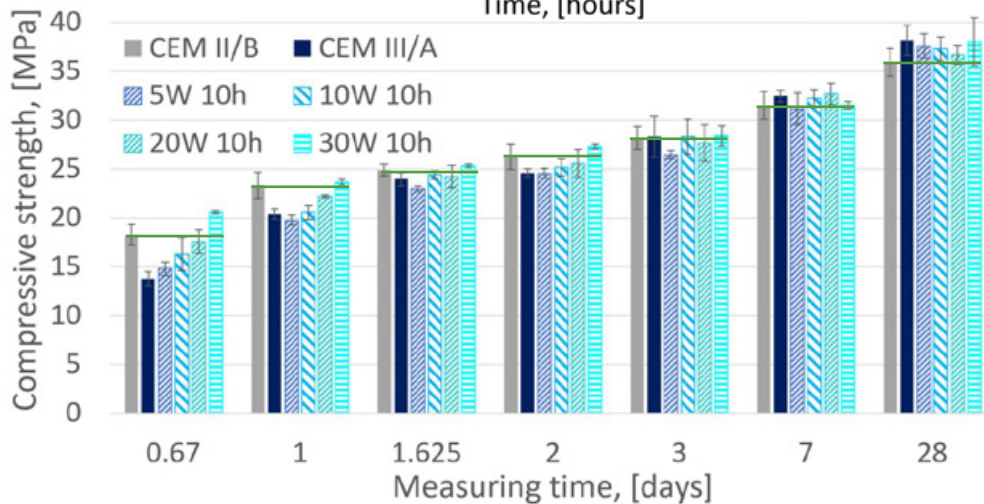
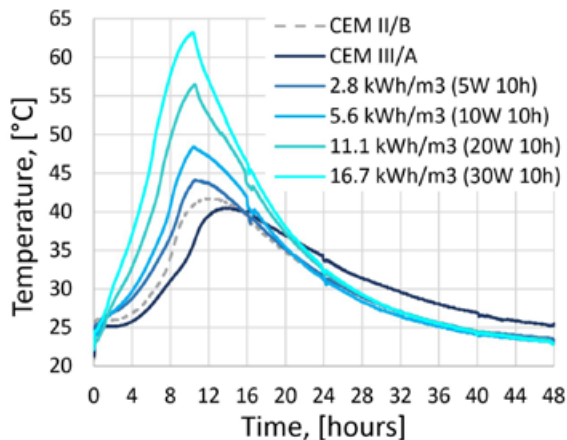
## Aktivaattorit:

- NaOH
- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

# CEM III/A:n aktivointi (40% kuonaa)

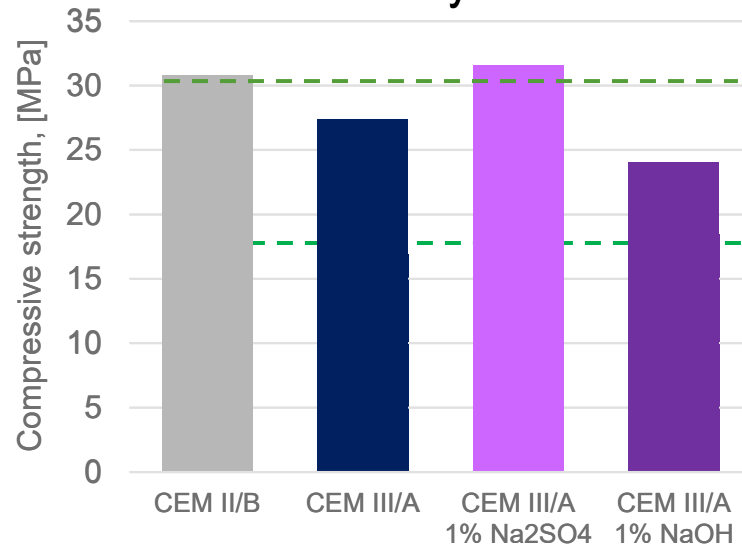


## Terminen aktivointi:



## Kemiallinen aktivointi:

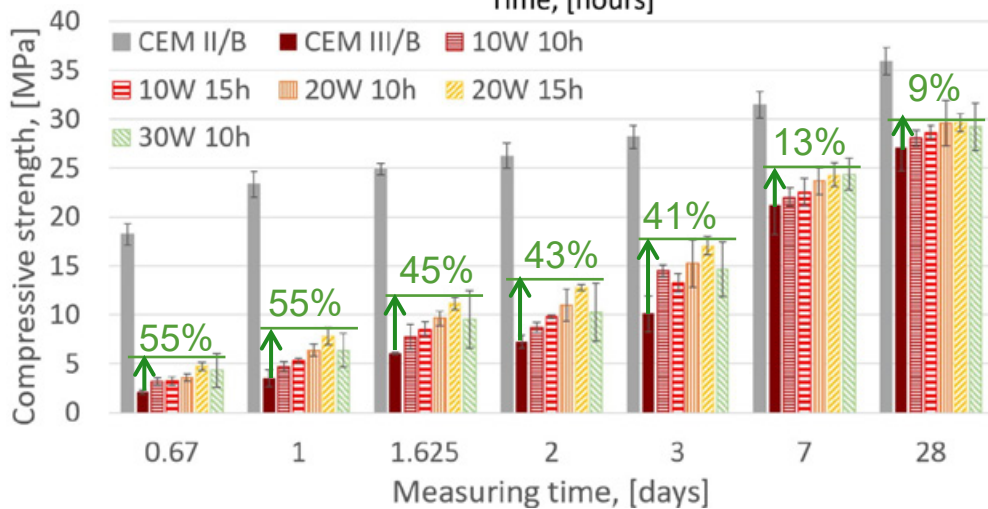
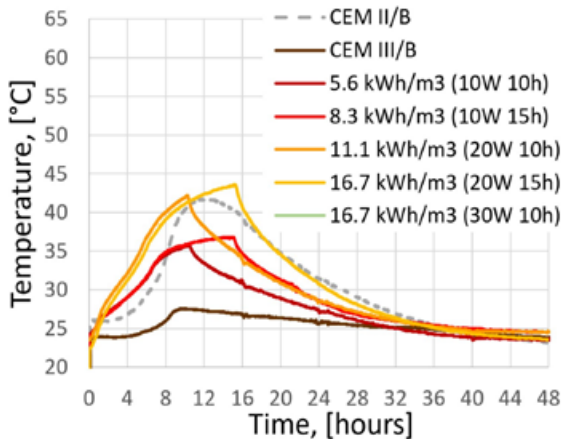
2 day



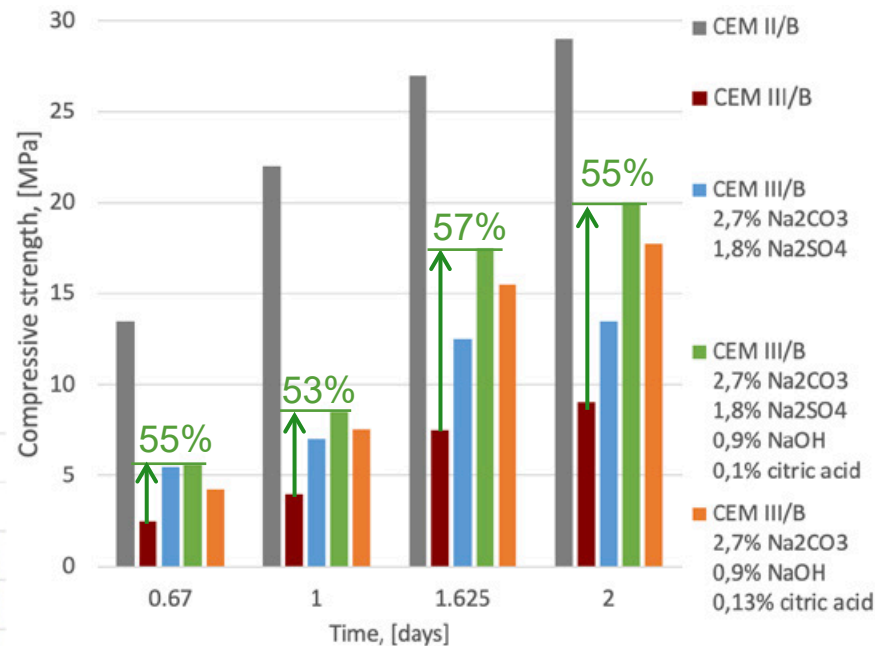
- Terminen aktivointi oli riittävä; 20 - 30 W, 10 h (11.1...16.7 kWh/m<sup>3</sup>).
- Kemiallinen aktivointi oli riittävä; 1% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (sementtipastakoheet)

# CEM III/B:n aktivointi (70% kuonaa)

## Terminen aktivointi:



## Kemiallinen aktivointi:



- Terminen tai kemiallinen aktivointi ei ollut riittävä kiihdyttämään CEM III/B-sementtiä CEM II/B:n tasolle

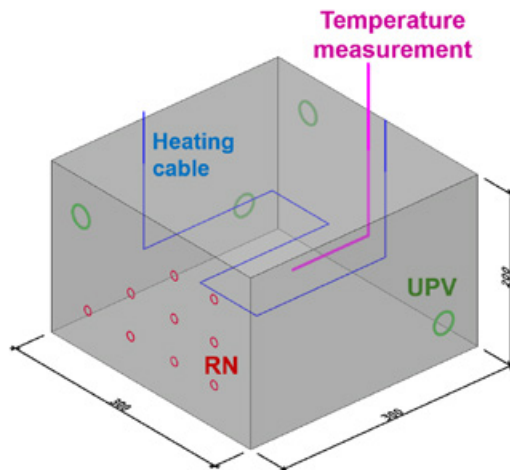
# Kuonasementtien aktivointi - Yhteenveto



## Terminen aktivointi:

**Lämpö = Energia**  
kihdyttää kemiallisia  
reaktioita

↓  
Liukeneminen  
Kiteytyminen



## Kemiallinen aktivointi:

Lisätään ioneja liuoksen  
pH:n kasvattamiseksi

↓  
Liukeneminen  
Kiteytyminen

### Tulokset:

**CEM III/A: OK**

- 20 W, 10 h (11.1 kWh/m<sup>3</sup>)

**CEM III/B: EI RIITTÄVÄ**

**YHDISTELMÄ**

### Tulokset:

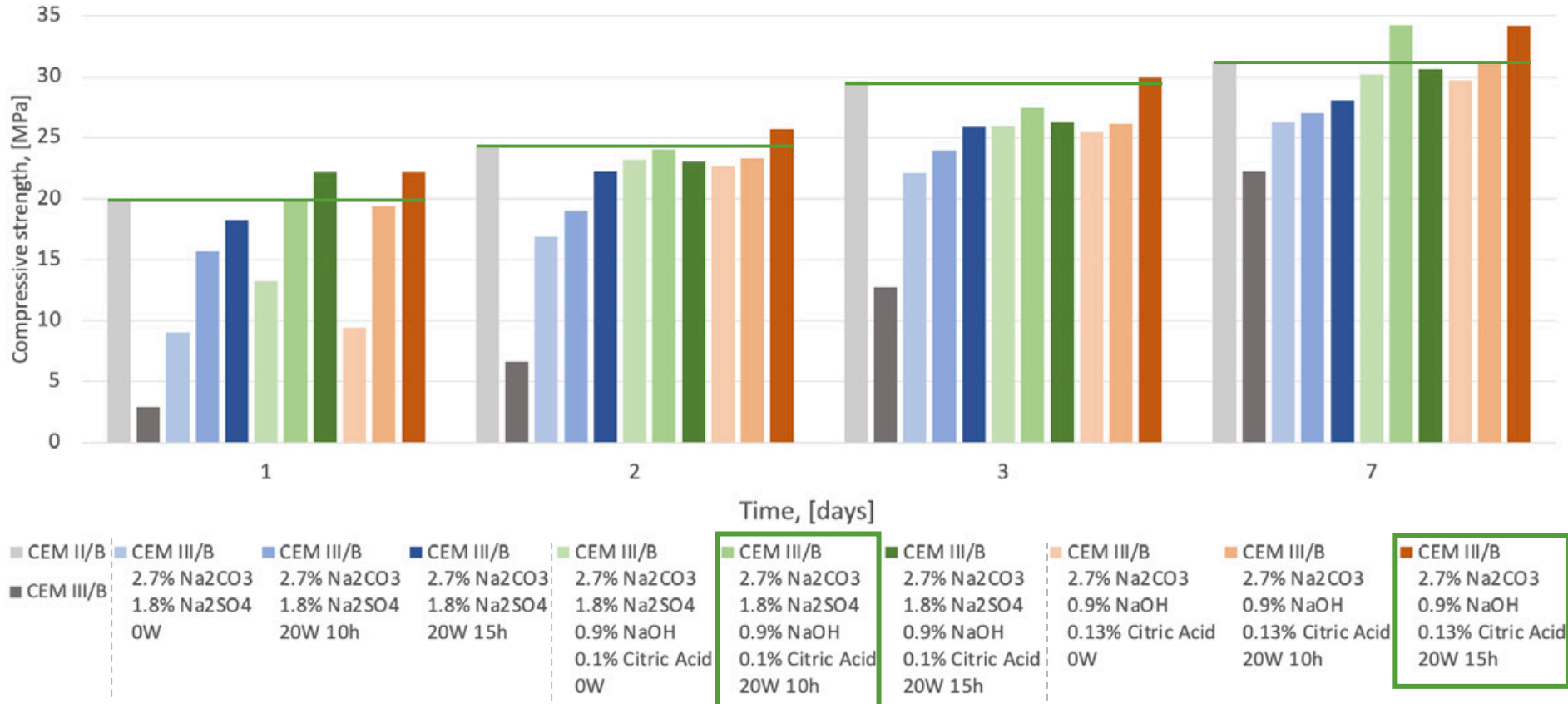
**CEM III/A: OK**

- 1% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**CEM III/B: EI RIITTÄVÄ**

# CEM III/B:n aktivointi - #2

## Termisen ja kemiallisen aktivoinnin yhdistäminen



# Vähähiilisen betonin säilyvyysominaisuudet

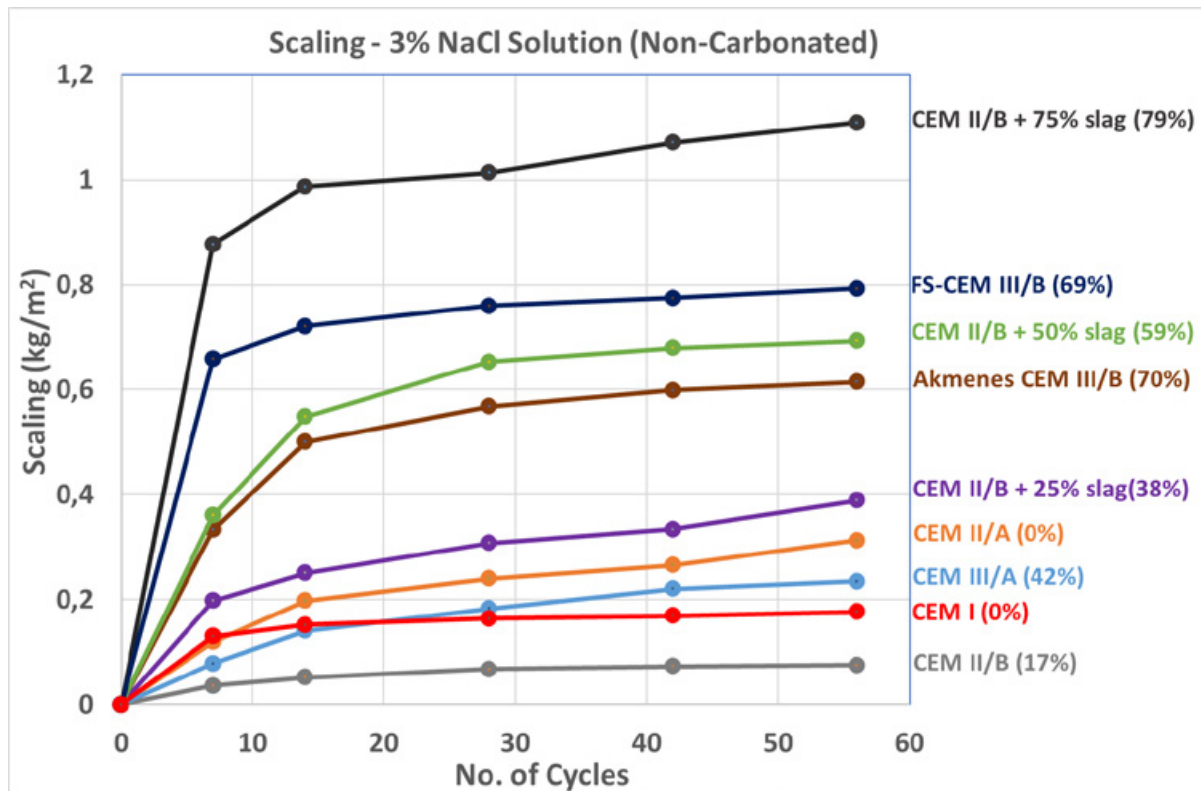
## Pakkas-suolakestävyys

**A”**

Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

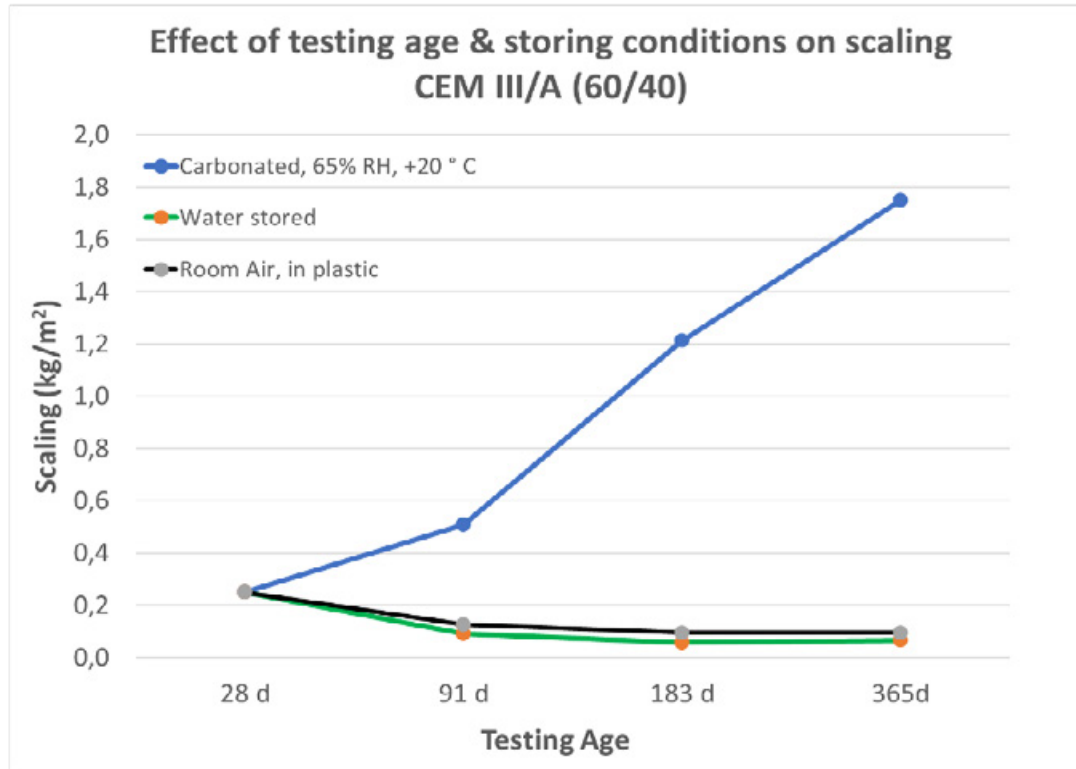
**LOIKKA**

## Kuonabetonien pakkas-suolakestävyys



- Masuunkuonan määrällä lähes lineaarinen vaikutus rapauma-arvoon
- 50% kuonamäärää on pidetty kriittisenä rajana

## Karbonatisoitumisen ja testausiän vaikutus



- Karbonatisoituminen kasvattaa voimakkaasti rapauma-arvoa
- Myöhempi testausaika puolittaa rapauma-arvon
- Nykyisin testataan:
  - Ei-karbonisoitunutta pintaa, 28 vrk ikäisenä
  - Ruotsissa karbonatisoituminen otetaan huomioon



## Tutkimustarpeet hankkeet päätyttyä

### A. Alkulujuuden kehitys

- *Aallossa tutkimus jatkuu (väitöskirjatutkimus; E. Illarionova + A. Antonova)*
- *Teollisuuden oma kehitystyö*

### B. Vähähiilisten betonin säilyvyysominaisuudet

- *Pakkas-projektissa kuonabetonit mukana*
- *Uusi väitöskirjaprojekti liittyen pakkasenkestävyyteen*
- *D-työ liittyen aktivoitujen betonien säilyvyysominaisuuksiin*

### C. Vähähiilinen betoni ilman masuunikuonaa

- *Tarkasteltu Loikan osaprojektissa 5*
- *Ei yhtä ratkaisua, uusien ratkaisujen löytäminen haastavaa*
- *Tarvitaan ” Vähähiilisen betonin tiekartta”*

# LOIKKA

## Kiitos

[jouni.punkki@aalto.fi](mailto:jouni.punkki@aalto.fi)



Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

25.1.2024