

Pakkasprojekti25:n tulokset

Teemu Ojala

Post-doc tutkija, Aalto-yliopisto

Betonivartti

2.3.2026

A!

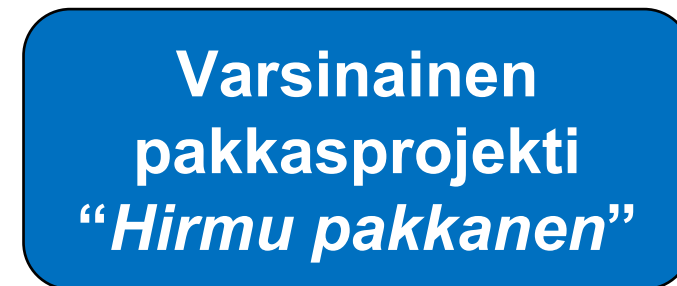


betoni
vartti

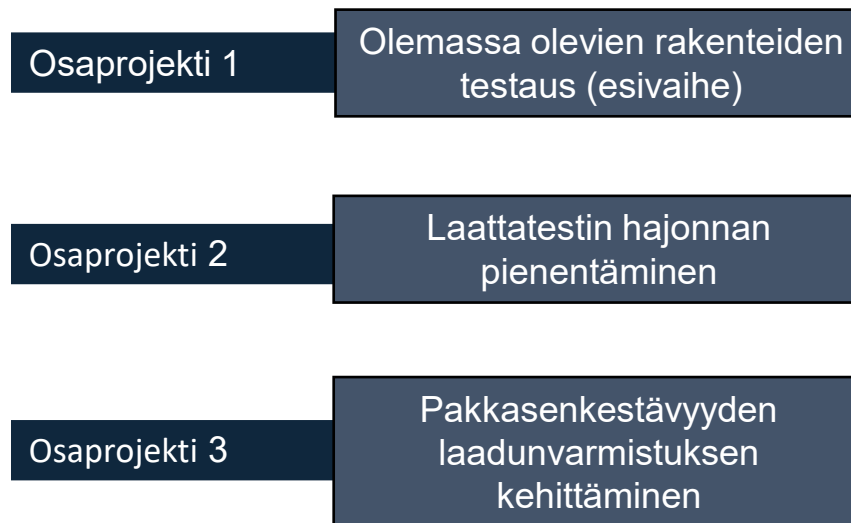
Kansallisen Pakkasprojektin rakenne

2023 – 2024

2025



- Potentiaaliset testimenetelmät
- Vaatimustasot eri maissa
- Alustava tutkimussuunnitelma *“Hirmu pakkaseen”*



- Kattava koeohjelma
- Vaatimustasojen tarkistus ja mahdollinen päivittäminen

Osaprojektien tausta ja tavoitteet

OP 1 Olemassa olevien rakenteiden testaus

- Selvitetään olemassa olevien rakenteiden rapautumistasoa laattakokeessa
- Miten näiden rakenteiden valinta ja poraus tulisi käytännössä tehdä?
- Kannattaako olemassa olevia rakenteita tutkia jatkossa enemmän?

OP 2 Laattakokeen hajonnan pienentäminen

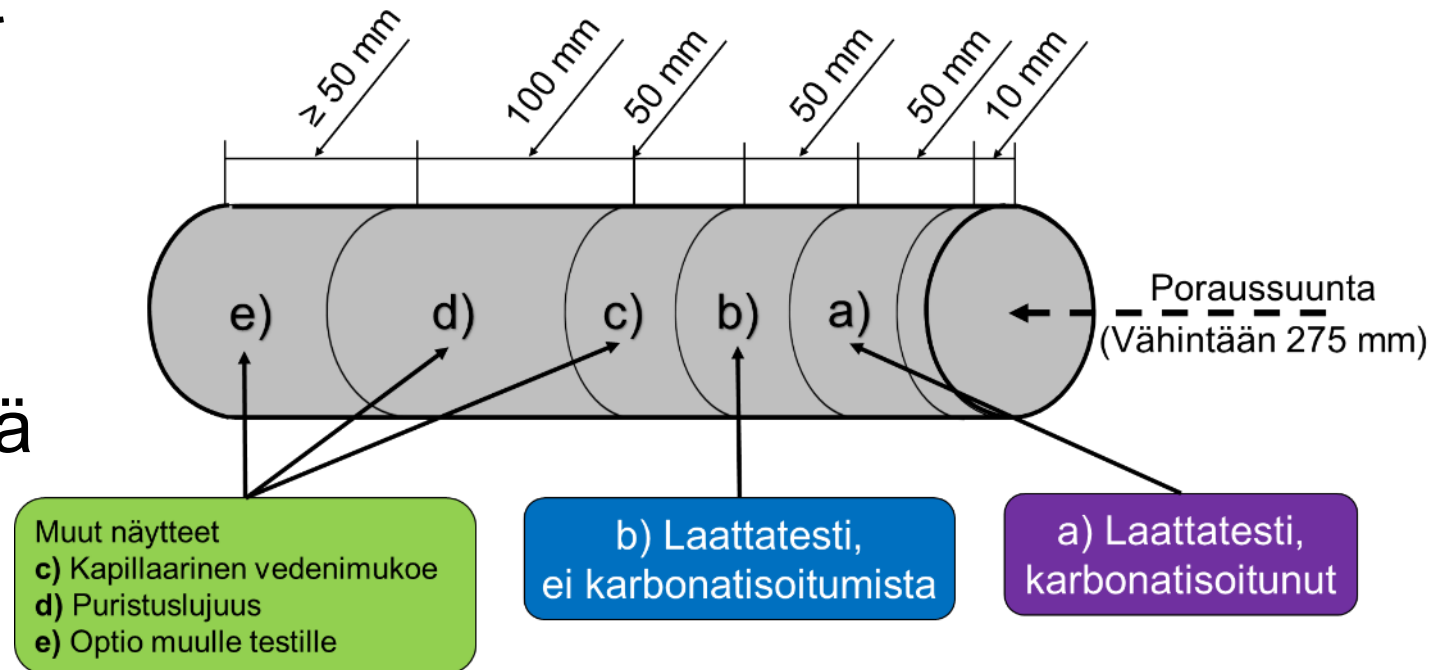
- Tarkennetaan ja yhtenäistetään testaamista niin, että hajonta saadaan kohtuulliselle tasolle
- Tehdään laboratorioden kanssa yhteistyössä kansallinen tarkennettu ohje
- Järjestetään uusi tasokoe, jolla tarkistetaan ohjeen soveltuvuus ja vaikutus tarkkuuteen

OP 3 Pakkaskestävyyden laadunvarmistuksen kehittäminen

- Nykyinen järjestelmä pohjautuu sekä betonin koostumusvaatimuksiin että testaaminen
- Nykyiset testimenetelmät eivät sovellu tähän kovin hyvin
- Pakkaskestävyyden testauskäytäntöjen kehittäminen nykyistä tehokkaimmiksi

Osaprojektin 1 tulokset

- Selvitettiin, kuinka paljon hyvin säilyneet rakenteet rapautuvat laattakokeessa
- Porattiin näytteet viidestä eri rakenteesta (yhteensä kolme siltaa)
- Sillat 1960–2001

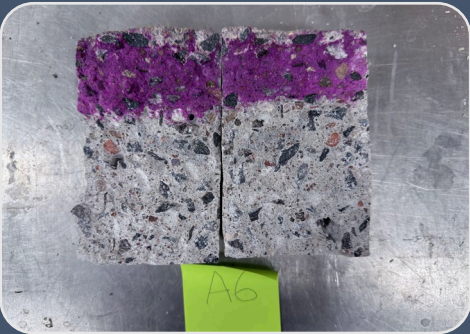


Osaprojektin 1 tulokset



Kuinka hyvin laattakoe kertoo rakenteen todellisesta pakkasenkestävyydestä?

- Tiedettävästi huonokuntoinen rakenne antoi suurimman rapauman
- Visuaalisesti samantasoiset rakenteen antoivat hyvin erilaisia tuloksia



Onko karbonatisoitumisen vaikutus sama laattakokeessa kuin todellisissa rakenteissa?

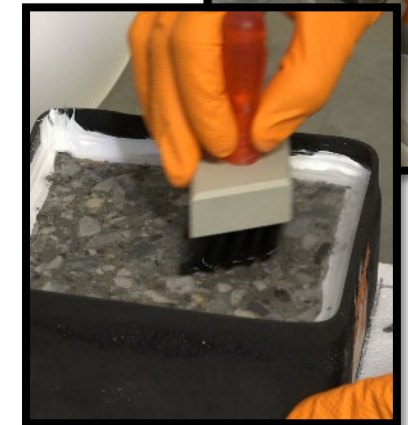
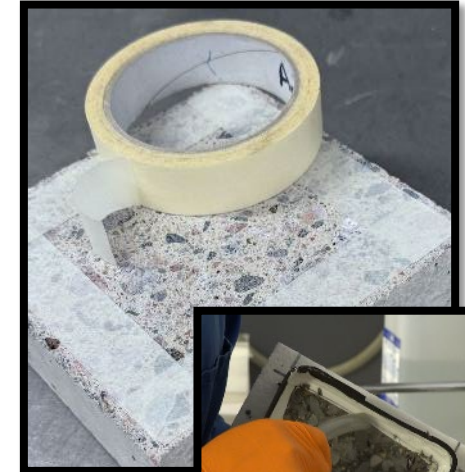
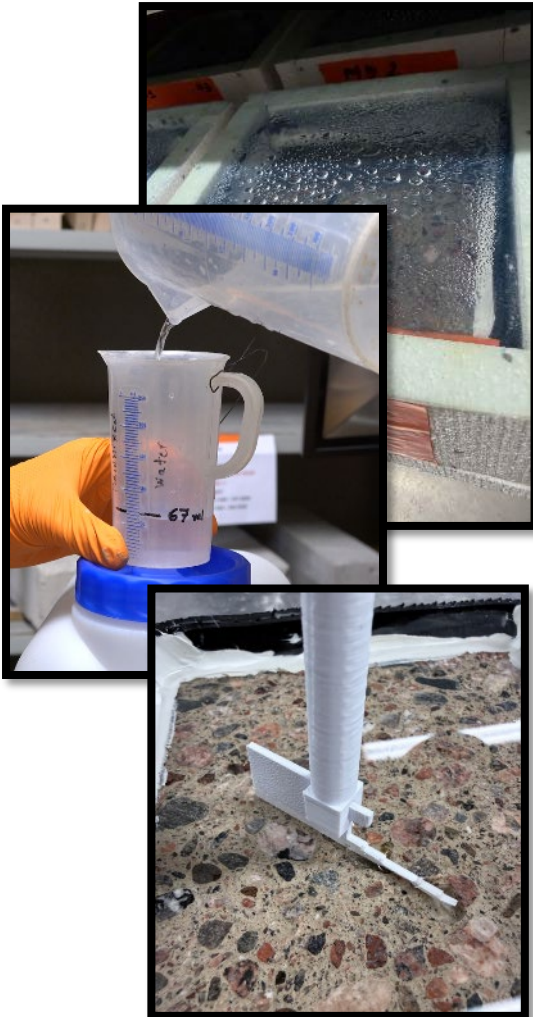
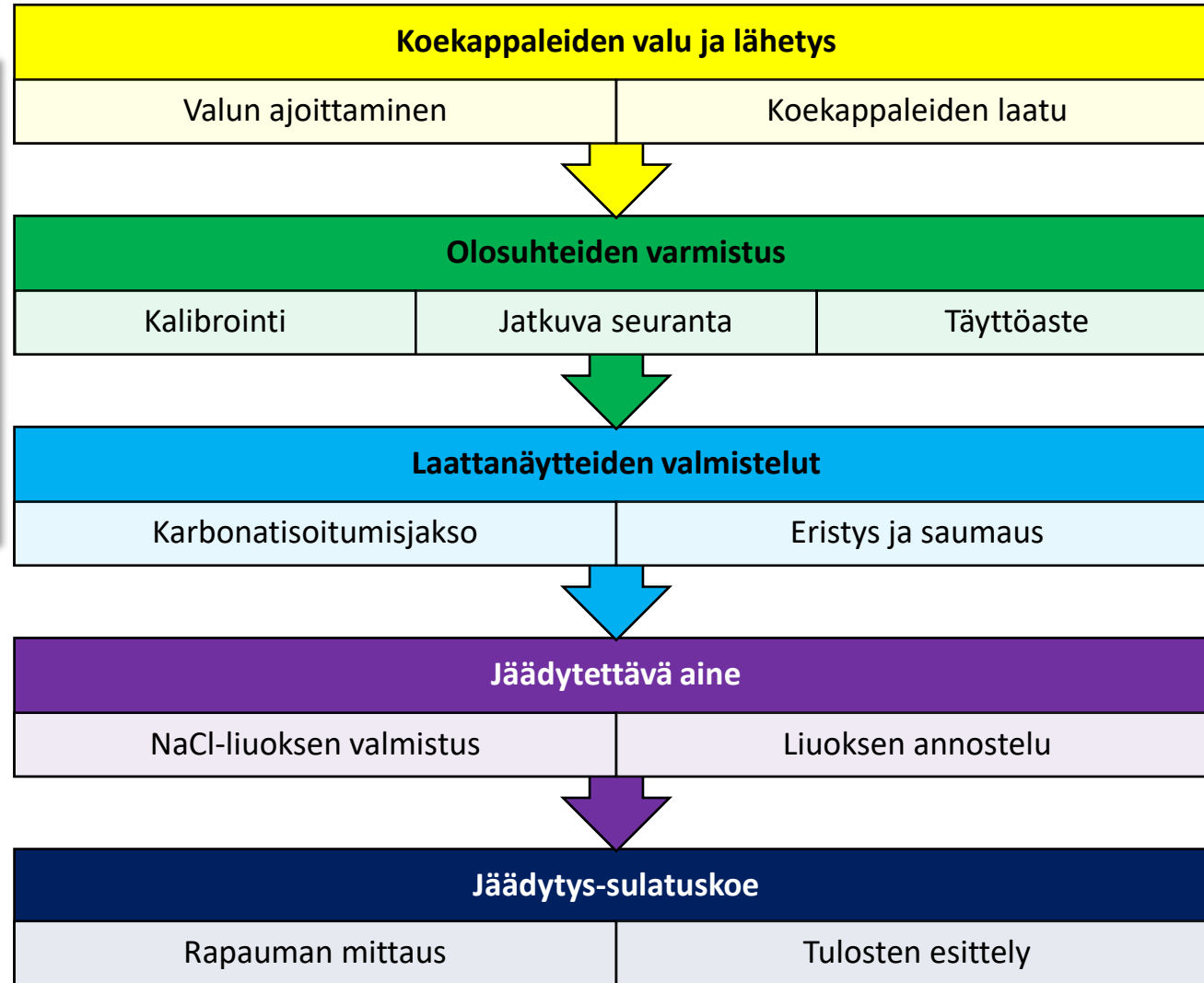
- Betoneista ei havaittu karbonatisoitumista
- Lähempänä muottipintaa saatiin keskimäärin pienempi rapauma, tosin käytetyt sementit ovat olleet erilaisia

Osaprojektin 2 tulokset

- Löydettiin eroavaisuuksia testauskäytännöissä ja sääolosuhteissa (suurin osa TS:n sisällä)
- Laadittiin 30-sivuinen tarkennettu ohje, joka julkaistaan piakkoin
- Uusittavuus parantui 48 %-yks aikaisemmasta vuodesta eli hajonta saatiin kuriin

Tunnusluku	Yksikkö	Tasokoe 2024	Tasokoe 2025		CEN/TS
Yleiskeskisarvo $\overline{x_{tot}}$	(g/m ²)	220	209	97	200
Toistettavuus s_r	(g/m ²)	39	32	18	–
Uusittavuus s_R	(g/m ²)	181	70	41	–
CV(s_r)	(%)	18	15	19	25
CV(s_R)	(%)	82	34	42	45

Osaprojektin 2 tulokset



Osaprojektin 3 tulokset

- **Tavoitteena osaprojektissa on ehdottaa muutoksia, jotta betonin pakkasenkestävyyden laadunvarmistus voidaan tehdä nykyistä tehokkaammin, kuitenkin tinkimättä luetettavuudesta**
- **Pääkohdat**
 - Infrarakentamisen betonit
 - Rasitusluokkien XF1 ja XF3 betonit
 - Talo- ja infrapuolen yhtenäistämismahdollisuudet
 - Säilyvyysluokat
- **Mahdolliset päätökset muutoksista tehdään myöhemmin, osaprojekti tekee vain ehdotuksia**

Osaprojektin 3 tulokset

Infrabetonit

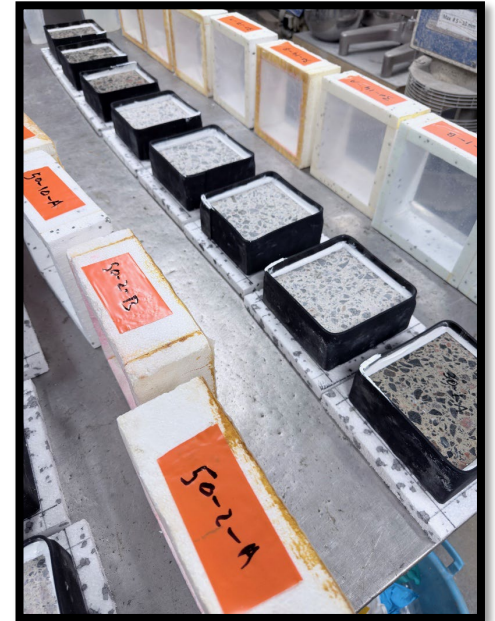
- **Painopistettä testaamisesta P-luvun laskentaan**
 - Betonin valmistajat testaa vähemmän, sementtejä testataan keskitetysti
- **Arvosteluerät infrabetoneihin**
 - Helpottaa uusien betonien käyttöönottoa
- **P-luvun laskentaa tai laattakokeen vaatimustasoa ei tässä vaiheessa muuteta**

• Rasitusluokat XF1 ja XF3

- XF1: Huokosjakovaatimus rasitusluokassa jää pois, huokostusvaatimus säilyy
- XF3: Ei merkittäviä muutoksia
- Talo- ja infrapuolen yhtenäistämisen mahdollisuudet ja säilyvyysluokat
 - Yhdistämisestä sekä etuja että haittoja
 - Ehdotetaan kahta vaihtoehtoa
 - Yhtenäiset käytännön betoniasemalla
 - Vain lujuustarkastelut yhtenäiset

Nousseet tutkimustarpeet

- Nykyisten vaatimustasojen tarkistamiseen tarvitaan laajempia koeohjelmia (betonilaadut, pidennetyt testausproseduurit)
- Suositellaan karbonatisoitumisen tutkimista nykyisillä seossementeillä ja sideainekohtaisten kertoimien kehittämistä
- Suomessa Pakkaskestävyyden toteamiseksi käytännössä vain kaksi testimenetelmää: laattakoe ja huokosanalyysi
 - Molempien testimenetelmien hajonta saatava kuriin



Pakkasprojekti25 –webinaari



Aika: 09.03.2026 klo 09.00-12.00

Ohjelma:

09:00	Pakkasprojekti25:n esittely ja tavoitteet. Olemassa olevien rakenteiden pakkasenkestävyys - tulosten esittely, Jouni Punkki, Aalto Yliopisto
09:30	Laattatestin hajonnan pienentäminen – tulosten esittely, Teemu Ojala, Aalto Yliopisto
10:30	Pakkasenkestävyyden laadunvarmistuksen kehittäminen – tulosten esittely, Jouni Punkki, Aalto Yliopisto
11:00	Jatkotoimenpiteet sekä yleisön kysymykset ja keskustelu, Jouni Punkki, Teemu Ojala ja Johanna Tikkanen

Webinaari on maksuton.

Ilmoittaudu mukaan:

https://www.lyyti.in/Pakkasprojekti_0586



Aikaa kysymyksille!

Lisätietoa

Teemu Ojala, Post-doc tutkija

teemu.ojala@aalto.fi

Aalto-yliopiston Rakennustekniikan laitos,
Rakentajanaukio 4, 02150, Espoo

Rahoittajat

- Väylävirasto
- Betoniyhdistys ry
- Betoniteollisuus ry
- Finnsementti Oy
- Schwenk Suomi Oy
- XAMK, KymiLabs Oy
- Betonialan
Ohuthiekeskus FCM Oy
- Mitta Group Oy
- Suomen GPS-Mittaus Oy
- Eurofins Contesta Oy

A!

betoni
vartti 