

Pikku pakkanen – Betonin pakkasenkestävyyden toteaminen

Teemu Ojala, Väitöskirjatutkija, Aalto-yliopisto
3.6.2024

Miksi Pakkasprojektia tarvitaan?

Muutokset betoneissa

- Sideaineet
- Lisäaineet
- Työstettävyyden ominaisuudet

Testimenetelmien toimivuus

- Hajontaa tuloksissa (virhelähteet)
- Pitkä kesto (havainnointiviiveet, kustannukset)

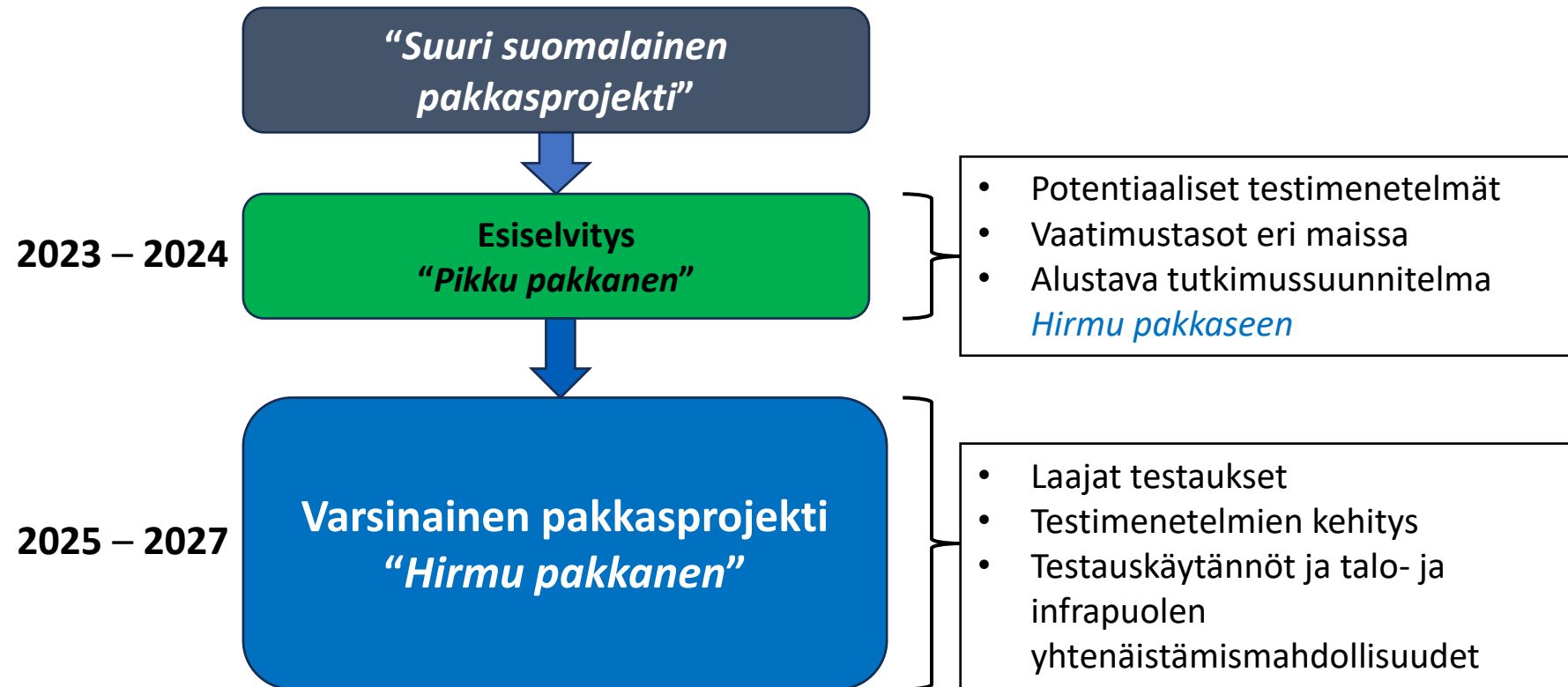
Vaatimustasojen oikeellisuus

- Pakkaskestävyyden vaatimukset (SFS 7022 ja BY65) perustuvat pääosin 1980-luvuilla tehtyihin testauksiin

Projektin tavoitteet

1. Päivitetään pakkasenkestävyyden vaatimukset nykyisille raaka-aineille ja betonilaaduille
 - Nykyiset ja tulevat muutokset
 - Kansainvälinen tutkimus ja standardointi
2. Kehitetään pakkasenkestävyyden testauskäytäntöjä
 - Testausmenetelmiä sekä pakkasenkestävyyden laadunvalvonnan kokonaisuutta
 - Talo- ja infrapuolen yhtenäistämismahdollisuudet

Pakkasprojektin rakenne



A!

Esiselvityksen tärkeimmät havainnot – Potentiaaliset testimenetelmät



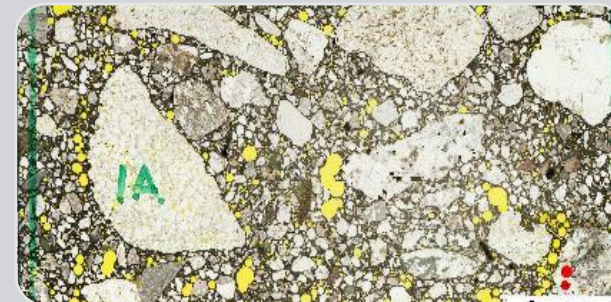
Laattatesti

- Referenssimenetelmä (CEN/TS 12390-9)
- Pääasiallisesti testataan rapaamaa (suolaliuos)
- Pohjoismaissa laajasti käytetty ja hyvät valmiudet tehdä testejä
- Hidas ja hajontaa tuloksissa



Sveitsiläinen laattatesti

- Vastaa eniten laattatestiä (SIA 262/1-C, Q-slab Test)
- Tarkoitettu rapauman testaamiseen
- Käytetty vain Sveitsissä, joten vähän tietoa saatavilla
- Nopeampi ja yksinkertaisempi testi



Huokosanalyysi

- Digitaalinen analyysi parantamaan ja tehostamaan perinteistä huokosanalyysiä (By 72, Osa 1)
- Digitalisointi tukee koneälyratkaisuja
- Voidaan analysoida myös volyymeita
- Pääosin vain tutkimuskäytössä

A!

vartti

Esiselvityksen tärkeimmät havainnot – Vaatimustasot eri maissa

XF2 ja XF4, Infrabetonit

- Poikkeavuudet
 - Suomessa kattavat ennakkokokeet
 - Laattatestin vaatimukset $\approx 200 \text{ g/m}^2$ vs. 500 g/m^2
 - Jatkuva laadunvalvonta, työmaakoekappaleet ja puristuslujuus
- Samankaltaisuudet
 - Vesi-sementtisuhteet (vaikka Suomessa P-luku)
 - Ilmamäärämittaukset ja mittaustaajuus
 - Sementtien ennakkotestaus (osin)
- Rakenteiden testaustarve (Ruotsi poikkeaa)

XF1:

- Poikkeavuudet
 - Ilmamäärälle ei vaatimusta muissa maissa
 - Laattakoetta (puhtaalla vedellä) ei käytetä Suomen ulkopuolella
- Samankaltaisuudet
 - Vesi-sementtisuhteet tyypillisesti: 0,60 (Islanti, Itävalta: 0,55)

A!

Varsinaisen pakkasprojektin alustava tutkimussuunnitelma – Koeohjelman sisältö

1. Uusittavuuskokeet

- **Betoniparametrit**
 - 3–4 yleisintä sideainetta
 - 2 v/s-suhdetta
 - 1 ilmamäärätaso
- **Potentiaaliset testimenetelmät**

2. Varsinaiset betonikokeet

- **Betoniparametrit**
 - 7–12 sideainetta
 - 4 v/s-suhdetta (prim.)
 - 3 ilmamäärätasoa (prim.)
- **Valikoidut testimenetelmät**

3. Tutkimusosuus

- **Betoniparametrit**
 - 2–5 yleisintä sideainetta
 - 2 v/s-suhdetta
 - 3 ilmamäärätasoa
- **Uusien testimenetelmien kehitys**






4. Rakenteiden testaus

- **Kuusi kohdetta**
 - Rakenteen ikä
 - Kuntotaso
- **Poranäytteet**
 - Puristuslujuus
 - Laattakoe
 - Huokosanalyysi
 - Muut testaukset

A!

Varsinaisen pakkasprojektin alustava tutkimussuunnitelma – Koeohjelman aikataulu

- Projektin valmistelut syksy 2024
- Laboratorioiden kapasiteetti
- Koulutustarve
- Osallistuminen projektiin

	2025	2026	2027
1 Uusittavuuskokeet			
2 Varsinaiset betonikokeet 2.1 Primääriseementit 2.2 Sekundaarseementit			
3 Tutkimusosuus			
4 Rakenteiden testaus			

A!

Aikaa kysymyksille!

Lisätietoa

Teemu Ojala, Väitöskirjatutkija

teemu.ojala@aalto.fi

Puh. +358 41 454 6303

Rakennustekniikan laitos, Rakentajanaukio 4,
02150, Espoo

A!

betoni
vartti 