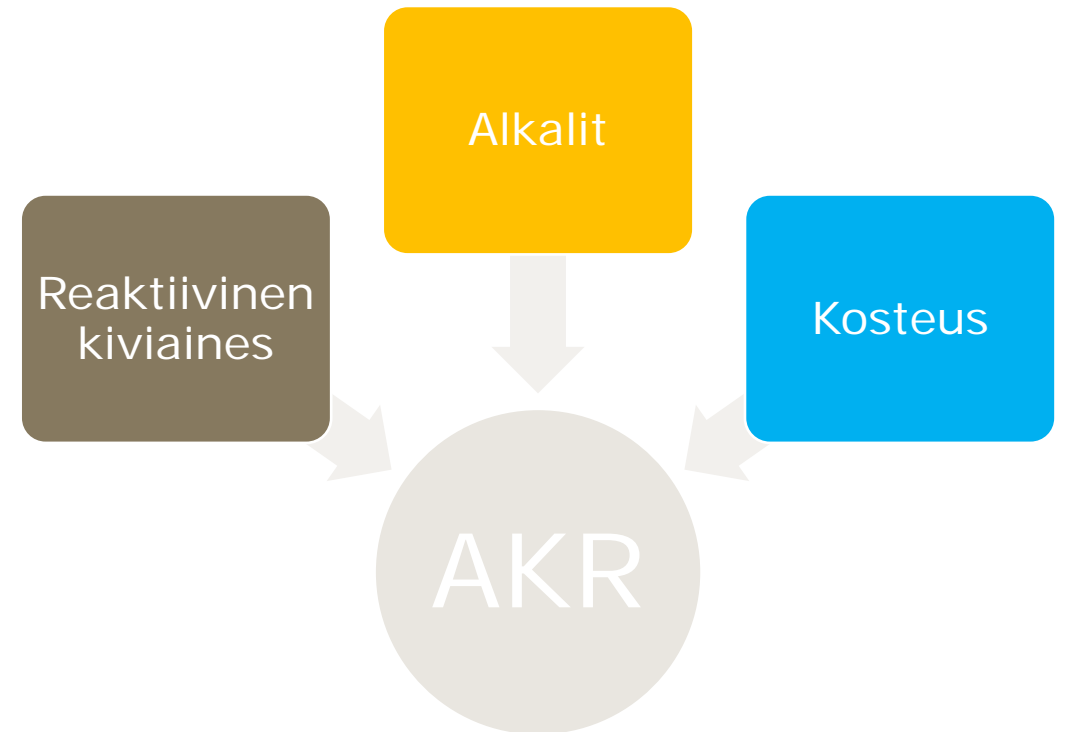


BETONITEKNOLOGIASEMINAARI 14.11.2023

# Käytännön tutkimuksia ja ratkaisuja alkalikiviainesreaktion hallintaan rakenteissa

# Alkali- kiviainesreaktio lyhyesti

- Alkali-kiviainesreaktiossa (AKR) on kyse betonissa käytettyjen kiviainesten, sementtikiven sisältämien alkalien sekä veden välisestä kemiallisesta reaktiosta, jossa reaktion lopputuotteena syntyy geeliä
- Toteutuakseen AKR vaatii reaktiivista kiviainesta, betonin suhteellisen korkeaa alkalisuutta sekä yli 80-85% RH:n rakenteessa



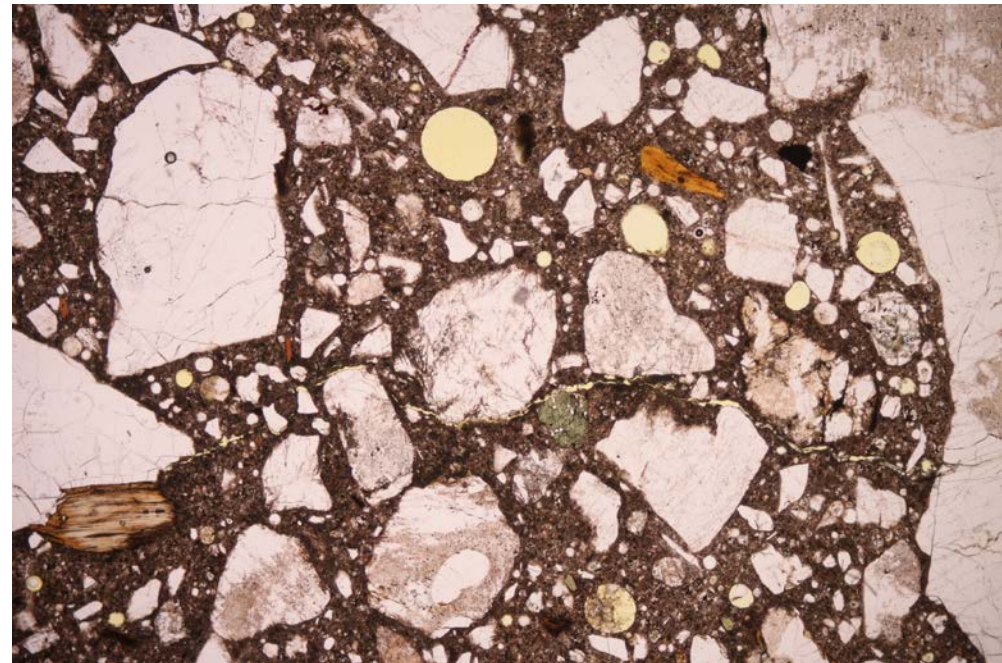
# Mitä AKR aiheuttaa rakenteille?

AKR:n aiheuttaa pääosin muutoksia:

- Rakenteen huollettavuuteen
- Rakenteelliseen eheyteen
- Rakenteen pitkäaikaiskestävyyteen
  - AKR:n aiheuttama halkeilu edistää kloridien pääsyä syvemmälle rakenteisiin ja nopeuttaa näin ollen mahdollista raudoituksen kloridikorroosiota
  - Halkeamat edistävät betonin karbonatisoitumisen etenemistä
  - AKR vähentää jäätymis-sulamisrasituksen vaikutuksen alaisen rakenteen kestävyyttä pakkasrapautumista vastaan.

# Alkali- kiviainesreaktion "hallintaprosessi"

1. Rakenteiden arviointi "ensi-oireiden" perusteella
  - Onko kyseessä AKR?
2. Tutkimukset
  - Varmistetaan, että kyseessä on AKR
  - Tutkitaan, mikä on rakenteen kunto ja mahdollisen vaurioitumisen merkitys rakenteelle
3. Korjausvaihtoehdot
  - Mitkä ovat korjausvaihtoehdot?
  - Seuranta



# Onko kyseessä AKR?

## 1. Aistinvaraiset havainnot "ensioireista":

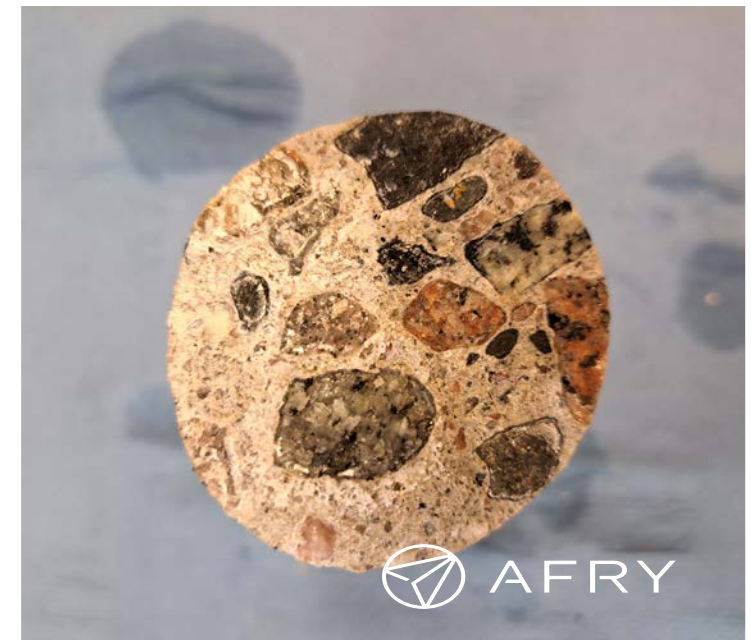
- I. Muodonmuutokset, halkeilu, pinnan "värjäytymät", geelivalumat, pintavauriot

Havaintoja tehdessä tulee huomioida, että em. Vaurioille voi olla myös useita muita syitä.

## 2. Toimenpiteet, joilla mekanismin olemassaolo varmistetaan

### I. Näytteenotto ja laboratoriotutkimukset

- a) Ohuthietutkimus (V0-V2 luokitus, BY74)
- b) Muilla analyyseillä ja koestuksilla arvioidaan AKR:n vaikutusta betoniin, esim. mekaanisten ominaisuuksien tilanne



# Vaurioiden merkitys rakenteen korjattavuuteen

A) Mitä AKR on aiheuttanut olemassa oleville rakenteille?

a) Muodonmuutoksia, halkeilua, värjäytymiä, geelivalumia, pintarakenteiden vaurioita?

b) Raudoitteiden korroosio ja korroosioriski?

a) Onko korjattavissa kevyin toimenpitein?

c) Onko AKR aiheuttanut betonin rapautumista?

a) Onko vaikutusta raudoitteiden toimintaa?

b) Betonin rapautuminen estää pintaan asennettavat kerrokset (tartuntavetolujuus)

d) Sulkeeko em. jonkin korjausvaihtoehdon pois?

B) Rakenteiden tila tulevan käyttöiän puitteissa

a) Kuinka vanha tutkittava rakenne on?

I. Mikäli rakenne on yli 30 vuotta vanha, jatkuuko reaktio?

b) Kuinka pitkä rakennuksen suunniteltu käyttöikä on peruskorjauksen jälkeen?



# Korjausvaihtoehdot

# Tavanomaisimmat korjausvaihtoehdot

## Kustannukset

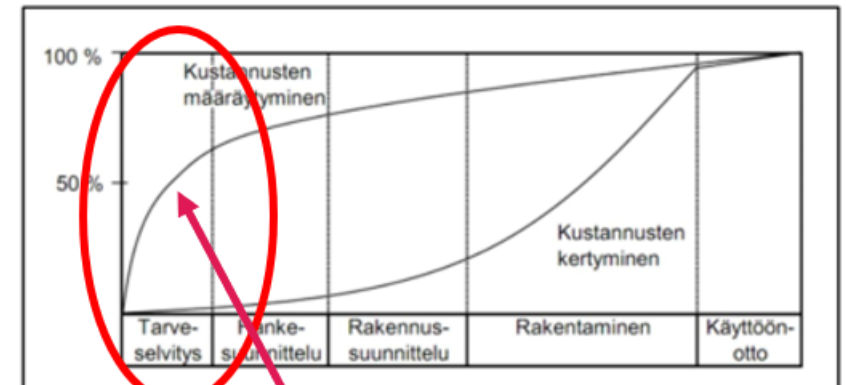
### 1. Kosteustason alentaminen ja seuranta

- Vedeneristäminen
- Rakenteen kuivaaminen
- Injektointi
- Impregnointi

### 2. Mekaaniset korjaustavat

- Rakenteen vahvistaminen (raudoitus, hiilikuitu)
- Manttelointi

### 3. Rakenteen uusiminen



Kustannusten määräytyminen ja kertyminen

Kuntotutkimus



# Käytännön havainnot

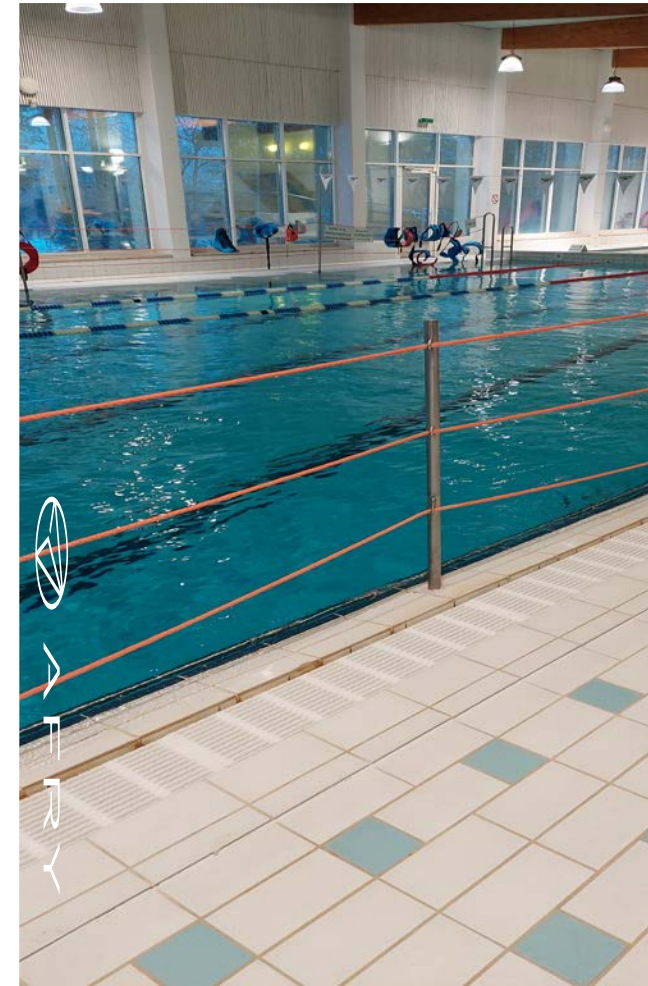
# Käytännön havainnot betonirakenteiden tutkimuksista 2014-2023

- Tutkitut rakennusosat kosteusrasitettuja (RH yli 80 %)
  - Kohteiden iät 6 – 100 vuotta (21 kpl)
    - Rakenteet pääosin vedeneristämättömiä
    - AKR "löytyi" sekä vanhimmasta että nuorimmasta tutkimuskohteesta

Tutkimukseen sisältyi noin 300 kpl ohuthieanalyysiä

- Joissa AKR havainnot n. 120 kpl
- Vetokokeita tehtiin myös noin 300 kpl
  - Kaikista näytteistä 3 kpl alle 0,5 Mpa (~ 1 %)
  - Ja noin 15 kpl 0,5-1,5 Mpa (~ 5 %)
  - AKR näytteiden veto ka. 1,89 Mpa

**Käytännössä voidaan todeta jo aiemmin todettu, eli  
AKR ja veto eivät korreloi**

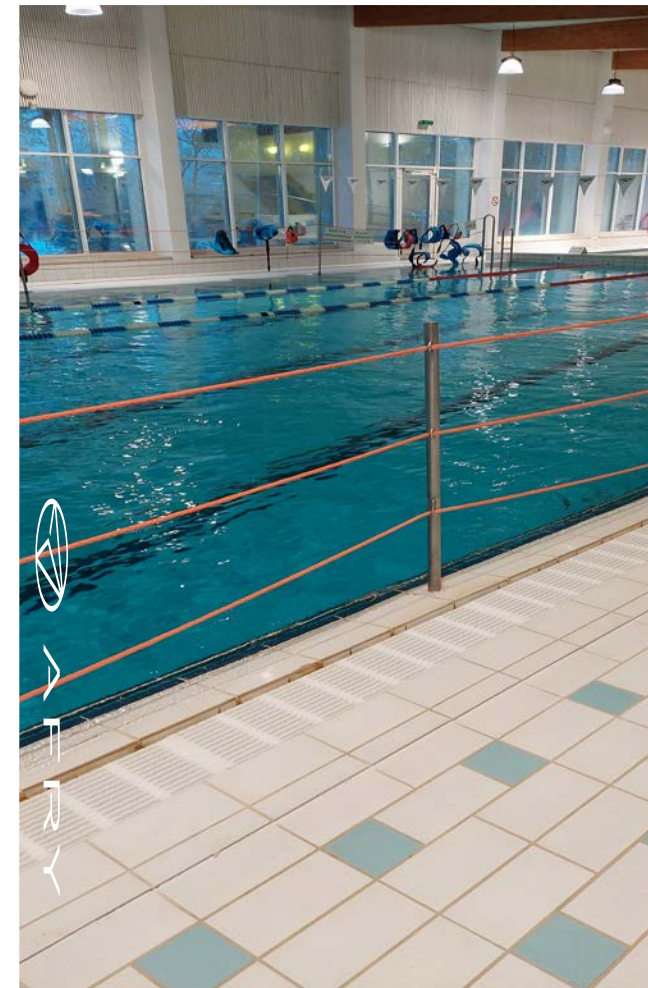


# Muut havainnot tutkimuksista 2014-2023

Tyypillisesti betonin vaurioituminen voitiin johtaa muuhun syyhyn kuin alkali-kiviainesreaktioon:

- Tyypillisesti suunnittelu- ja toteutuspuutteet
  - Suunnitteluohjeistuksen "vanhanaikaisuus"
- Materiaalien vanheneminen
- Muut rasitukset

Vaurioita tai vaurioitumista, joka estäisivät kevyet korjaukset, ei havaittu.



# Kirjallisuutta vaurioitumisen arvioinnista sekä korjausmenetelmistä

- Structural effects of alkali-silica reaction; Technical guidance on the appraisal of existing structures (The Institution of Structural Engineers, 1992/2010)
- Alkali-Aggregate Reaction in Concrete: A World Review (2017)
  - Chapter 5, Diagnosis, Appraisal, Repair and Management (Bruno Godart & Mario R de Rooij)
- BY74, Betoniyhdistys ry (2022)

Alkali-Aggregate Reaction in Concrete

— A World Review —



The Institution of  
Structural Engineers

lan S  
**Structural effects of  
alkali-silica reaction**

# Toteutuneet korjaussuositukset

- Noin 85 % kohteista soveltui korjauskohteeksi, joissa rakenteen kosteusrasitusta alennetaan.
- Pääosan rakenteista rakennusosista on mahdollista korjata ja rakenteen käyttöikää jatkaa asentamalla toimiva vedeneriste sekä korjaamalla ja/tai parantamalla vedenohjausta
- Kohteet, joissa ei ollut mahdollisuutta estää kosteuden pääsyä rakenteisiin
  - Maanvastaiset rakenteet, joissa kosteuden pääsyä rakenteisiin ei ole mahdollista estää -> riskiarviointi

**Korjausten jatkotoimenpiteenä myös rakenteiden kunnon seuranta.**

# Yhteenveto

# Yhteenveto

- Noin 50 %:ssa tutkituista kohteista viitteitä AKR:sta
  - Kyseessä on melko tavanomainen mekanismi kosteusrasitetussa betonissa
- Alle 5 %:ssa näytteistä AKR:lla oli vaikutusta betonin vetolujuuteen
- Mikäli rakenteen tai rakennusosan vaurioituminen
  - ei ole edennyt välittömiä korjaustoimenpiteitä vaativalle tasolle
  - mekanismin eteneminen voidaan pysäyttää
  - tai korjauksella voidaan jatkaa rakenteen käyttöikäEi ole kustannustehokasta suorittaa laajoja purkavia toimenpiteitä
- Mekaaninen korjausvaihtoehto tai rakenteen uusiminen tulee yleensä kysymykseen siinä vaiheessa, kun rakenteen mekaaniset ominaisuudet ovat heikenneet, eivätkä ne enää täytä rakenteelle esitettyjä vaatimuksia



# Yhteenveto

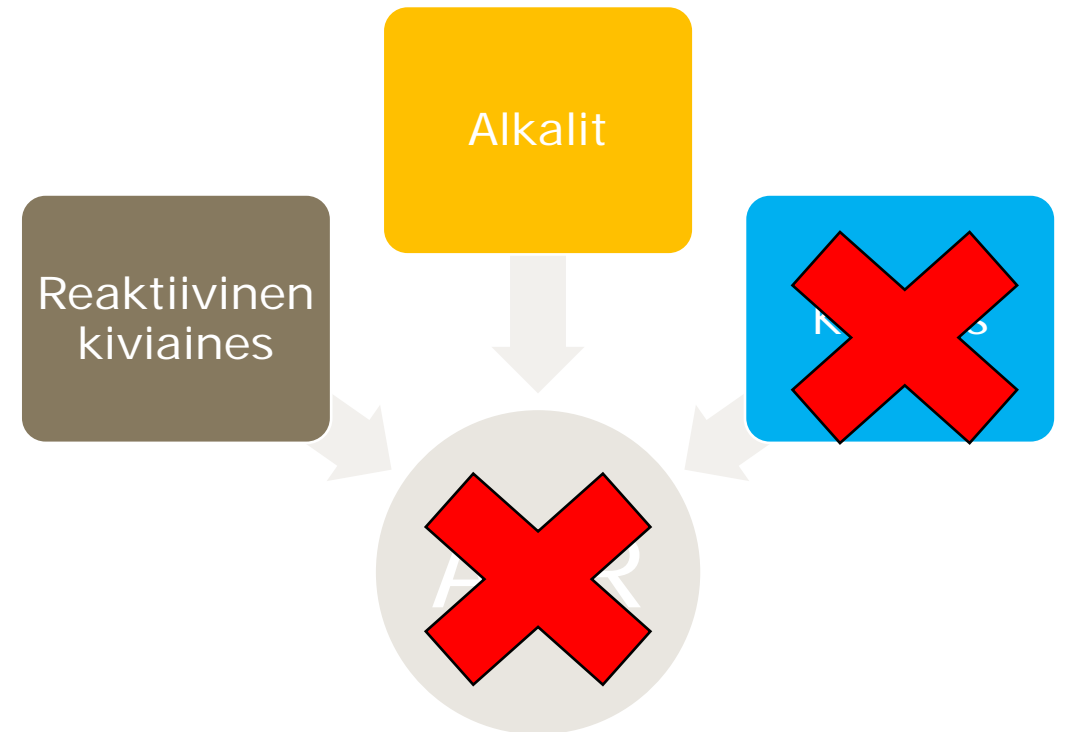
Käytännössä alkalikiviainesreaktiota on mahdollista "hallita".

## Vanhoissa rakenteissa

- Riittävän laajalla sekä tarkalla kuntotutkimuksella on mahdollista saada riittävät tiedot korjauslaajuutta sekä -toimenpiteitä varten
- Riittävän tiheällä kuntotutkimusvälillä voidaan korjaavia toimenpiteitä tehdä riittävän ajoissa
- **Vedeneristämällä rakenne**

## Uusissa rakenteissa

- Betonin kiviaines + alkalit (by74)
- **Vedeneristys**





# Kiitos

