

---

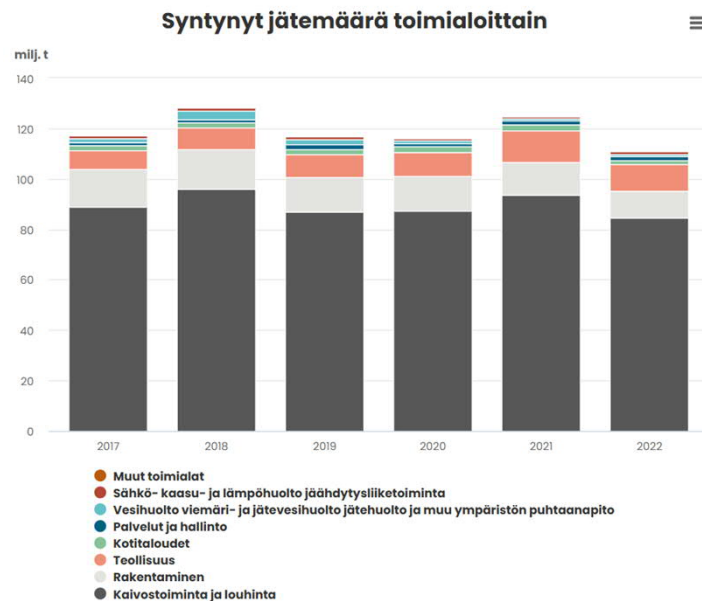
# Saven stabilointi alkaliaktivoituilla rikastushiekkapohjaisilla sideaineilla

Tohtoriopiskelija Elis Kivi  
Vastuuprofessori Sanandam Bordoloi

Pohjanvahvistuspäivä 2025  
21.8.2025

# Motivaatio 1: Jättemäärä Suomessa

- Vuonna 2022 kaivostoiminnan mineraalijätteiden osuus Suomessa syntyvistä jätteistä oli 76 %
- Noin 85 % kaivannaisjätteistä sijoitetaan kaatopaikoille ja kaivannaisjätteiden jätealueille



Talvivaaran kaivoksen kipsisakka-altaan vuoto vuonna 2012. Kuva: Yle



Kaivosten kokonaisnosto 2022



A!

# Motivaatio 2: Suomen kestäväan rakentamisen tavoitteet

- Elinkaarianalyysien mukaan alkaliaktivoitujen materiaalien CO<sub>2</sub>-päästöjen vähennykset ovat yleensä 40–80 % verrattuna perinteisiin sideaineisiin (Habert et al., 2011; McLellan et al., 2011).

## Vuoden alussa voimaan tullut Rakentamislaki..

### Työkaluja ilmastonmuutoksen hillintään

Suurin muutos nykyiseen maankäyttö- ja rakentamislakiin on ilmastonmuutoksen hillinnän tuominen osaksi rakentamisen lainsäädäntöä. Laki ohjaa rakentamaan vähähiilisesti, eli huomioimaan rakennuksen koko elinkaaren aikana syntyvät ilmastohaitat ja -hyödyt.

Käytännössä tämä tapahtuu uuden lain nojalla myöhemmin annettavilla asetuksilla. Asetukset rakennuksen ilmastaselvityksestä, materiaaliselosteesta ja hiilijalanjäljen raja-arvoista tulevat osaksi Suomen rakentamismääräyskokoelmaa.

Laki vahvistaa rakentamisen kiertotaloutta. Uusien olennaisten teknisten vaatimusten mukaan rakennukset on suunniteltava pitkäikäisiksi ja muunneltaviksi. Uusista ja purettavista rakennuksista on selvitettävä käytetyt ja vapautuvat materiaalit sekä rakennuspaikalta pois kuljetettava maa- ja kiviaines ja vaarallisten jätteiden määrä.

#### Valtioneuvoston asetus

##### uuden rakennuksen hiilijalanjäljen raja-arvoista (luonnos)

Valtioneuvoston päätöksen mukaisesti säädetään rakentamislain (751/2023) 38 a §:n 4 momentin nojalla, sellaisena kuin se on laissa 897/2024:

#### 1 §

##### Soveltamisala

Tässä asetuksessa säädetään tarkemmin rakentamislain (751/2023) 38 a §:ssä tarkoitettua uuden rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen käyttötarkoitussuokittaisista raja-arvoista. Jos rakennuksessa on tiloja, jotka palvelevat eri käyttötarkoituksia, on kunkin tilan alitettava sen käyttötarkoitussuokalle tässä asetuksessa säädetty raja-arvo.

#### 2 §

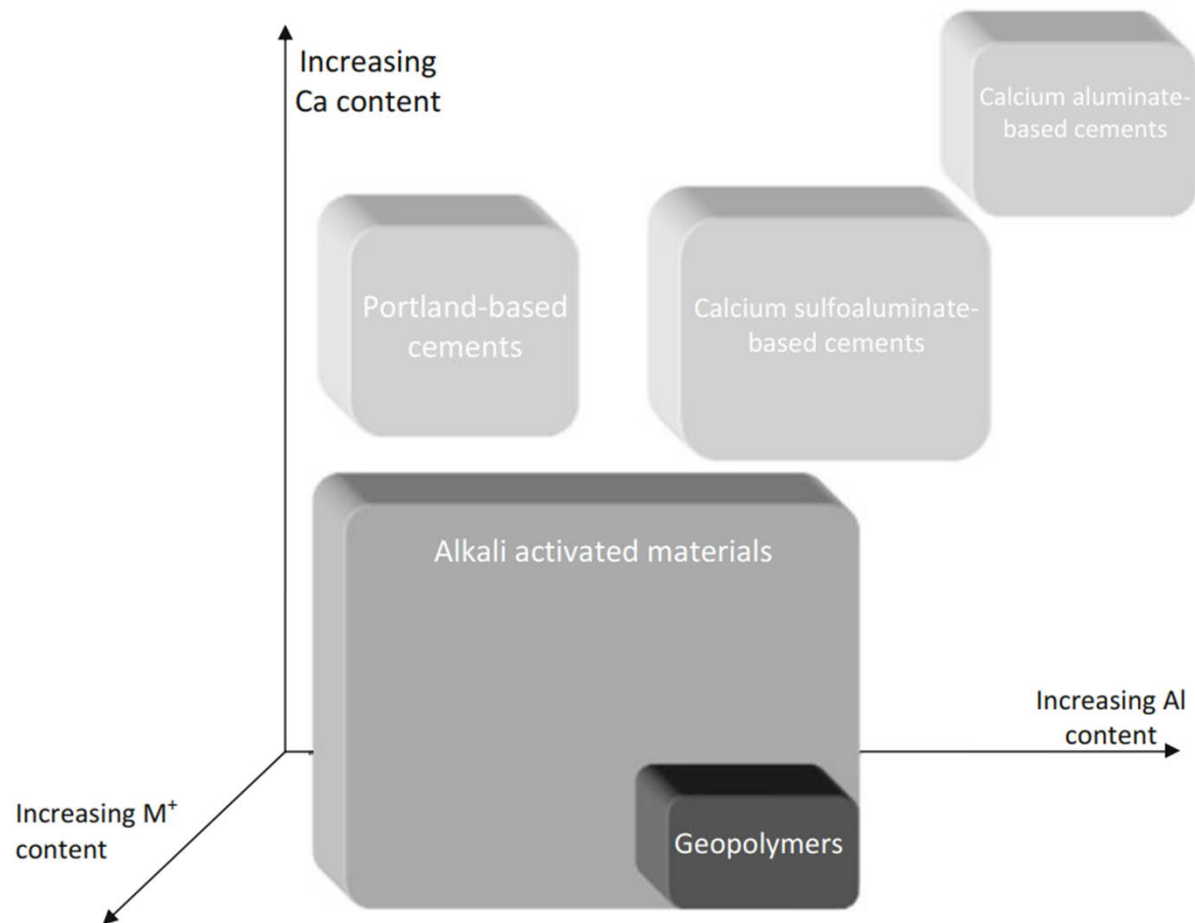
##### Rakennuksen hiilijalanjäljen raja-arvot vuosien 2026 ja 2027 aikana

Rakentamislain 38 a §:n tarkoittamat hiilijalanjäljen raja-arvot ovat sellaisen uuden rakennuksen, jonka rakentamislupahakemus on tullut vireille 1 päivän tammikuuta 2026 ja 31 päivän joulukuuta 2027 välisenä aikana, osalta seuraavat:

| Käyttötarkoitussuokka                                                                                                                                                                     | Hiilijalanjäljen raja-arvo (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Rivitalo                                                                                                                                                                                  | 16,0                                                               |
| Asuinkerrostalo                                                                                                                                                                           | 16,0                                                               |
| Toimistorakennus ja terveyskeskus                                                                                                                                                         | 20,0                                                               |
| Liikerakennus, tavaratalo, kauppa- ja palveluskeskus, myymälä, teatteri, ooppera-, konsertti- ja kongressitalo, elokuvateatteri, kirjasto, arkisto, museo, taidegalleria ja näyttelyhalli | 22,0                                                               |
| Majoitusliikerakennus, hotelli, asuntalo, palvelutalo, vanhainkoti ja hoitolaitos                                                                                                         | 25,0                                                               |
| Opetusrakennus ja päiväkot                                                                                                                                                                | 20,0                                                               |
| Liikuntahalli                                                                                                                                                                             | 21,0                                                               |
| Sairaala                                                                                                                                                                                  | 29,0                                                               |
| Lämmitettyä nettoalaltaan yli 1 000 neliömetrin suuruinen varistorakennus, liikenteen rakennus, uimahalli ja jäähalli                                                                     | 24,0                                                               |

Tulevaisuudessa myös infrarakentamiseen?

# Sideaineiden kemiallinen luokittelu



\* Tummempi laatikko merkitsee suurempaa alkalimetallin pitoisuutta seoksessa

A!

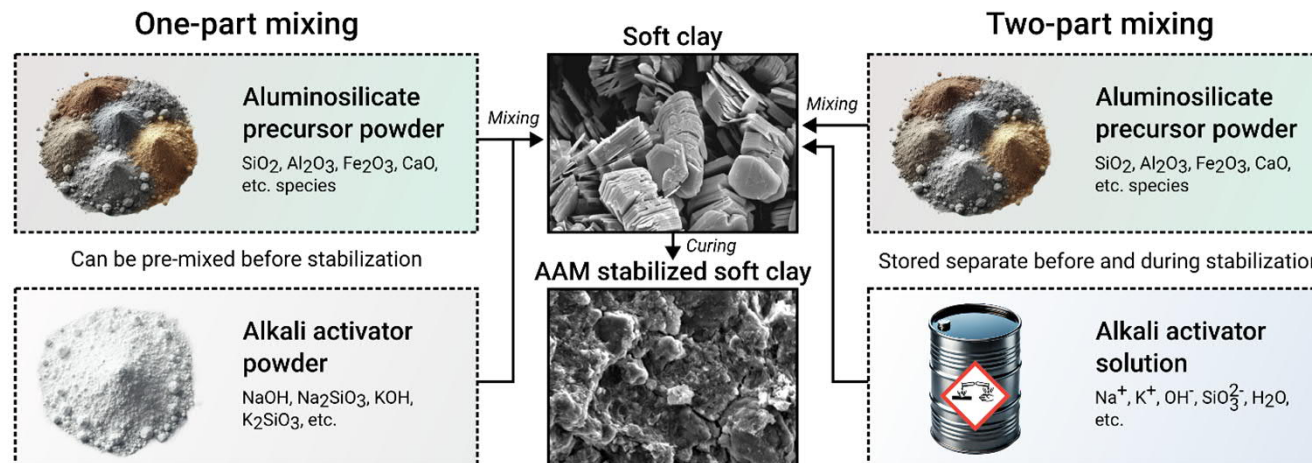
# Alkaliaktivoitujen sideaineiden osat

## Aluminosilikaattiset lähtöaineet

- Yleisimmät: Lentotuhka, masuunikuona ja metakaoliini
- Muita esimerkkejä: Erilaiset metallurgiset kuonat (rauta- ja ei-rautametalleista), rautapitoiset savet, vedenkäsittelyn savilietteet, punamuta, jauhettu kivihiilen pohjatuhka, maatalouden jätetuhkat, lasijauhe, sementtiunipöly, kananmunankuorijauhe

## Alkaliaktivaattorit

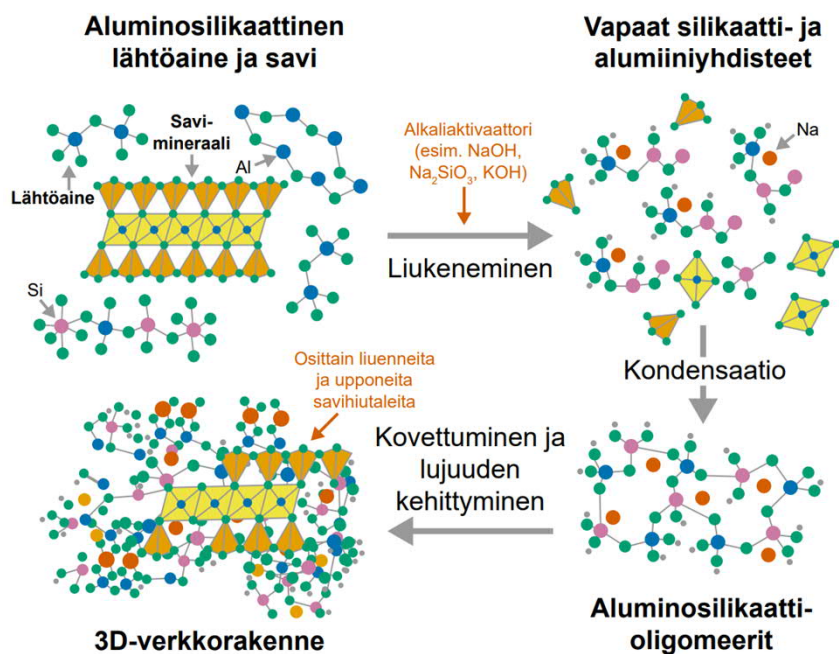
- Yleisimmät: Natrium- tai kaliumhydroksidin ja -silikaattien seokset
- Vaihtoehtoisia aktivaattoreita: Kalsiumkarbidin jäännös, jäännöspuhdistusliuokset (esim. teollisuuden pesuliuokset)



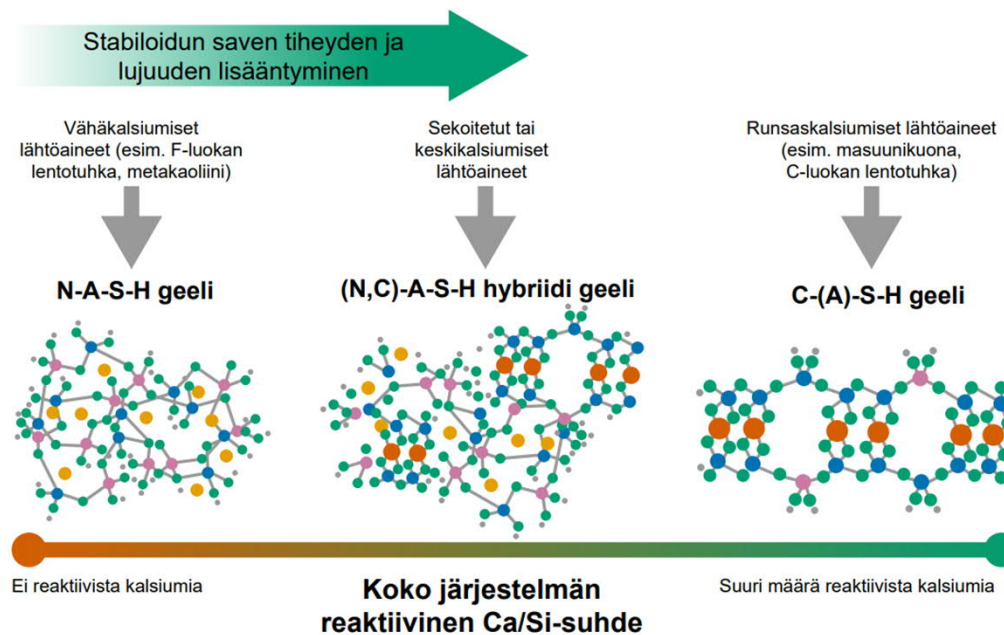
A!

# Alkaliaktivoitujen sideaineiden reaktio ja reaktiotuotteet

## Reaktio



## Reaktion tuotteet



A!

# Stabiloitavuuskokeet 1/2

## Savi

- Alkuperä: Ossilampi, Espoo
- Vesipitoisuus 73,7 %
- Orgaaninen osuus 3,9 %
- Leikkauslujuus 11.1 kPa (häirittynä <1 kPa)

## Sideaine

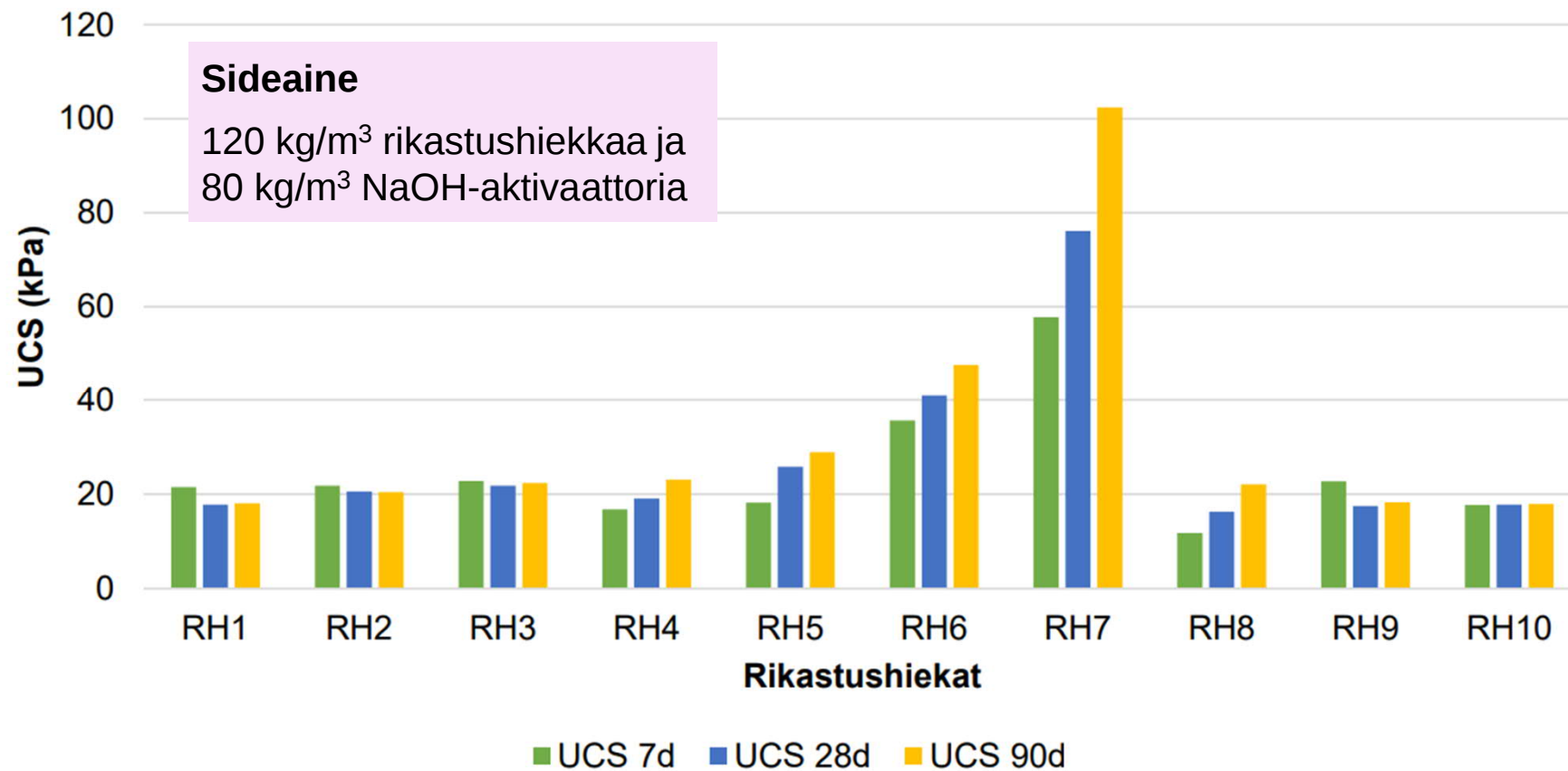
- Rikastushiekat
  - 10 eri tyyppiä eri puolilta Suomea
  - Mekaanisesti aktivoidut (jauhettu tärylevymyllyssä)
- Aktivaattori
  - Rakeinen natriumhydroksidi (NaOH)

Esimerkkejä rikastushiekoista



# Stabiloitavuuskokeiden tulokset

Stabiloitavuuskokeet tehty Liikenneviraston "Syvästabiloinnin suunnittelu" -ohjeen (17/2018) liitteen 1 mukaisesti



A!



—

Kiitos  
**aalto.fi**

[elis.kivi@aalto.fi](mailto:elis.kivi@aalto.fi)

+358 44 236 0805