

## Uusiosideaineet syvästabiloinneissa - kokemuksia ja kehitysajatuksia

Juha Forsman, Ramboll Finland Oy



savi...siltti

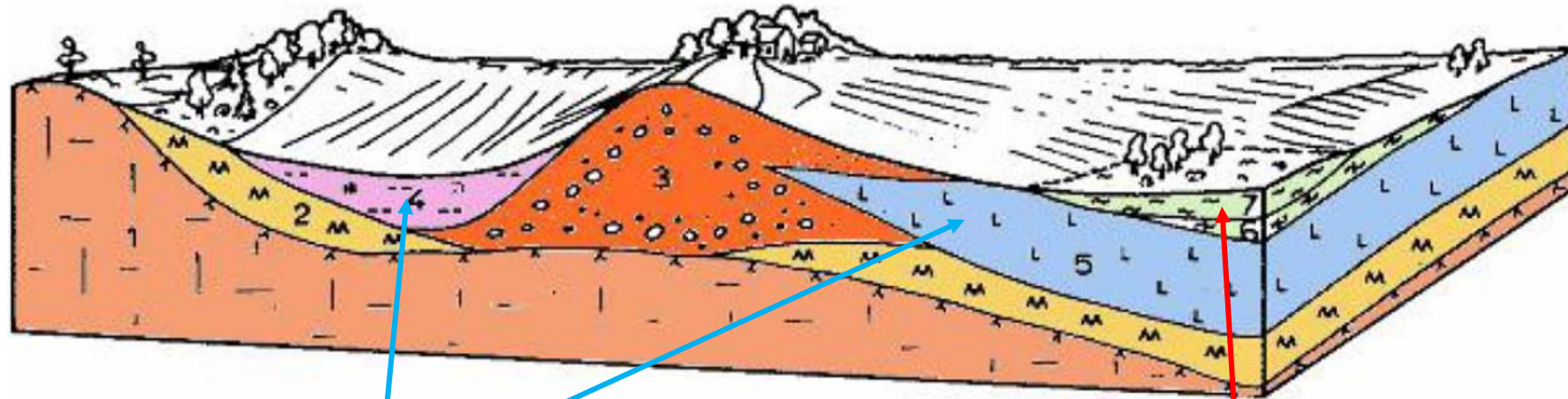


sideaine



stabiloitu maa

# Suomalainen (pohjoismainen) geologia ja syvästabilointi pohjanvahvistusmenetelmänä



-  turve
-  savi
-  siltti

Pilaristabilointi



Massastabilointi



# Syvästabiloinnin toteutuksen vaiheet

-**nykyisin** julkisessa hankinnassa tyypillisesti käytetty "prosessi"



Lähtötiedot

Esisuunnittelu

Suunnittelu

Sideainereseptointi

## 1. Suunnittelu

Urakkalaskenta

## 2. Hankinta

Toteutus

Laadunvalvonta

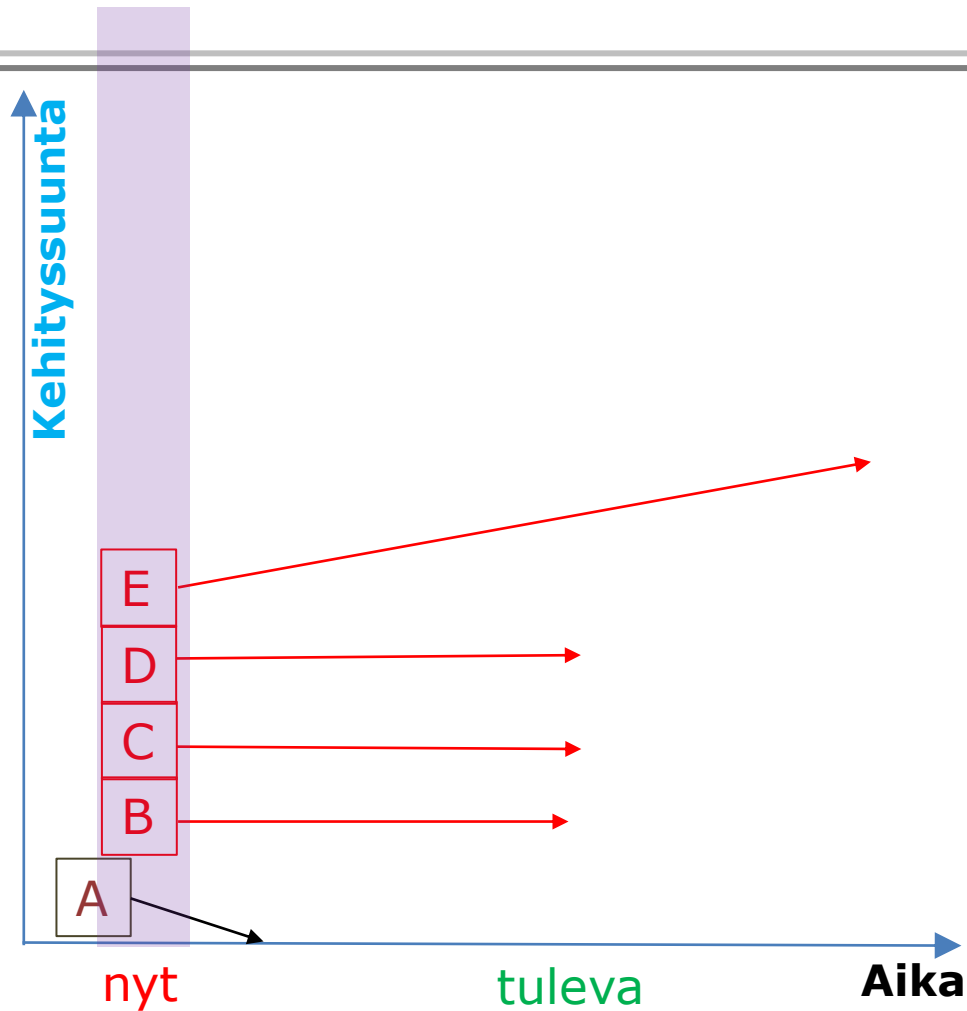
## 3. Toteutus

Dokumentointi

Seurantamittaukset (mahd.)

## 4. Käyttöönotto ja käyttö

# Syvästabiloinnin nykytilanne



- E. Tuotteistetut uusiosideaineet tuotantokäytössä
- D. Uusiosideaineet koestabiloinneissa
- C. Uusiosideaineet ruoppausmassojen stabiloinneissa ympäristöluvitettuna
- B. Stabilointi tilaajan sideainereseptillä
- A. Kalkkisementti "hallitseva" sideaine



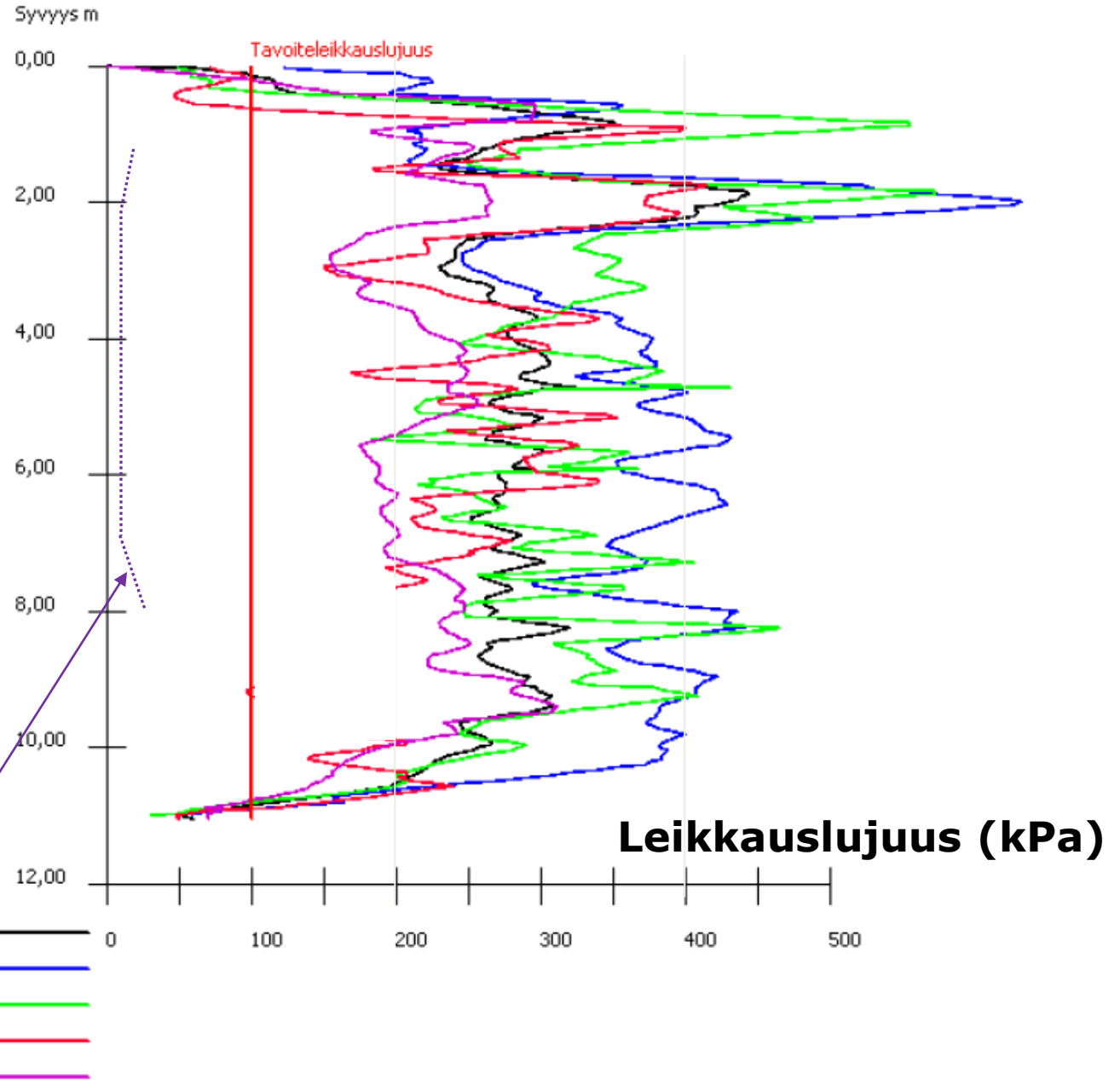
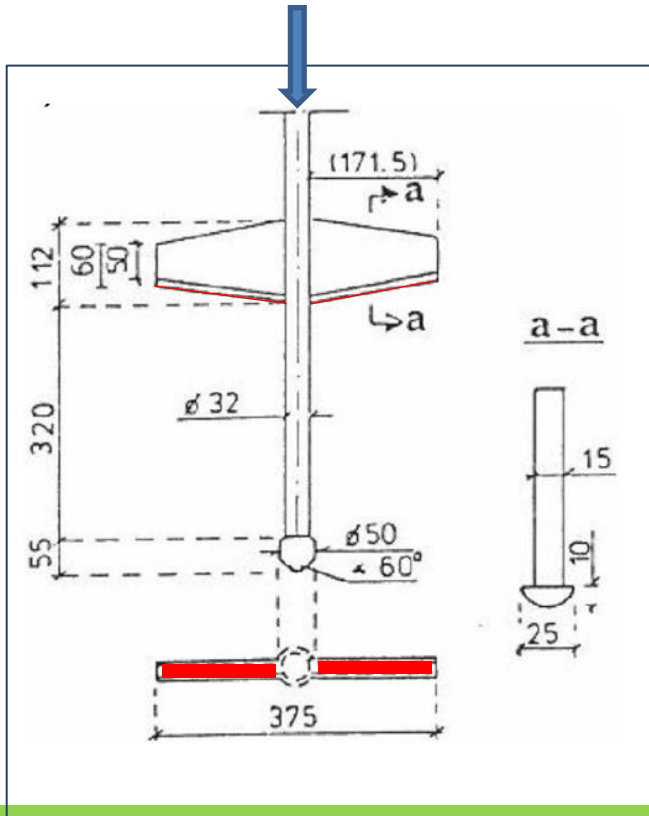
- Syvästabiloinnin sideaineena käytettiin 1970-80 -luvulla kalkkia ja 1980-90-luvulta alkaen kalkkisementtiä (LC tai KS). Kipsin käyttöä sideaineena selvitettiin jo 1980-luvulla.
- Lentotuhkaa sisältäviä Lohjamix-sideaineseoksia käytettiin lähes koko 1990-luku Suomessa ja Ruotsissa (tarjonta loppui 00-luvulla).
- Nordkalk toi 1990-luvulla markkinoille sideaineseokset POZ ja FTC (FCT => GTC:ksi 2007). Nämä tuotteet ovat käytössä ja niitä käytetään ilman ympäristöluvitusta tms.
- Kaikissa Suomessa valmistetuissa syvästabiloinnin sideaineissa on uusiomateriaaleja (EU:n ulkopuolelta tuodussa kalkkisementissä ei ollut).

# Kokemuksia koestabiloinneista



**Syvyys (m),**

Kairan lavan alapinnan syvyys  
kairauksen aloitustasosta (pilareiden  
yläpinnan taso yleensä)



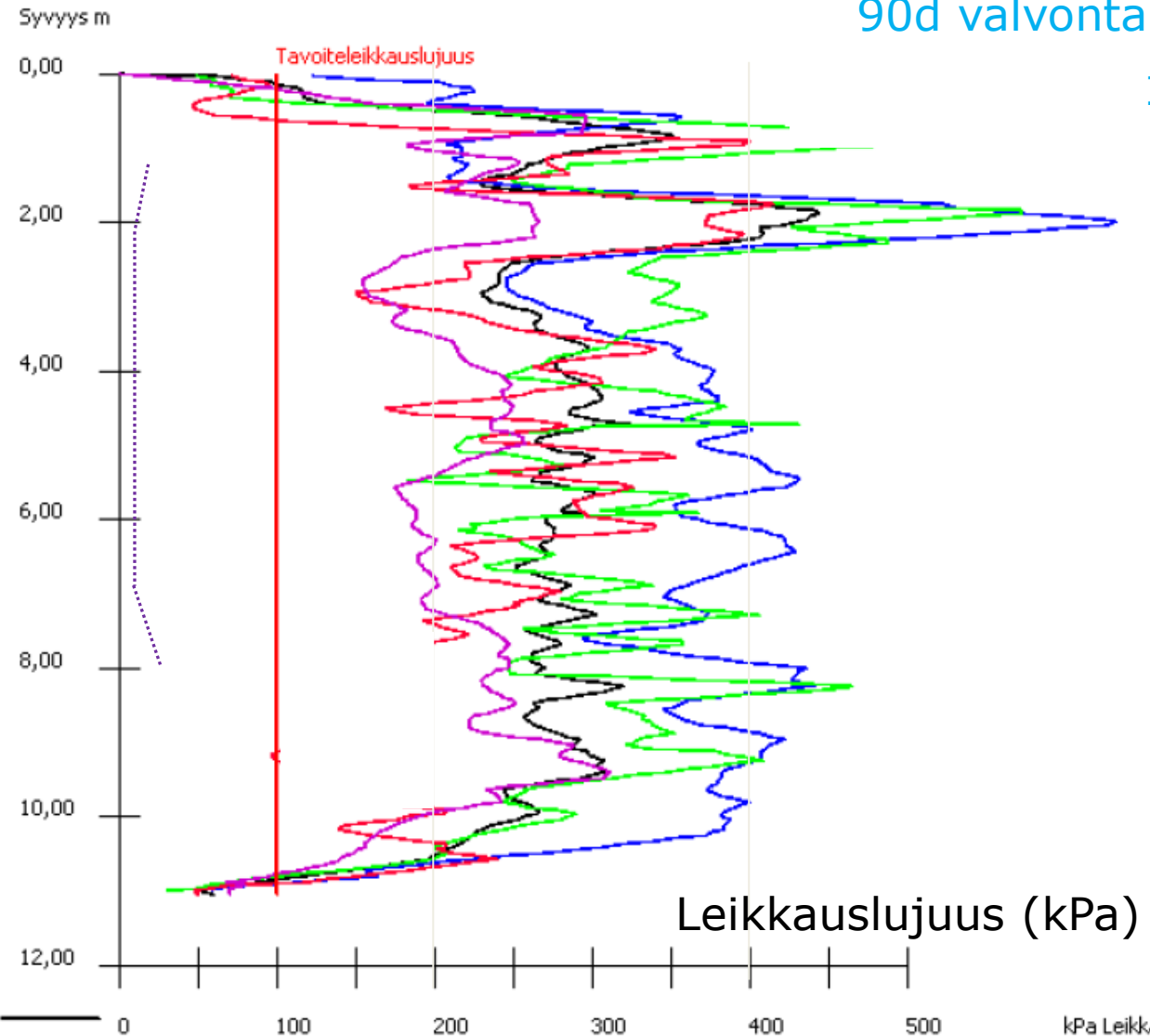
Saven luonnontilainen leikkauslujuus, kPa

# Kokemuksia koestabiloinneista

Topinpuisto, 03/2022,  
90d valvontakairaukset  
160 kg/m<sup>3</sup>

## Koepilaristabilointeja, mm.:

- ...
- Malminkenttä, Helsinki, 2022
- Topinpuisto, Turku, 2022
- Luhtitie, Vantaa, 2022
- Kuninkaantammi, Helsinki, 2020
- Länsiranta, Porvoo, 2020
- Espoonväylä, Espoo, 2020
- Ilokkaanrinne, Tampere, 2019
- Kallvik, Espoo, 2019
- ...



*Huom" musta viiva kuvassa on  
"bugi" ohjelmassa*

kPa Leikkauslujuus  
POZ, 62kg/m, 90d  
Green, 62kg/m, 90d  
JÄM+SEM 62kg/m, 90d  
GTC3, 62kg/m, 90d

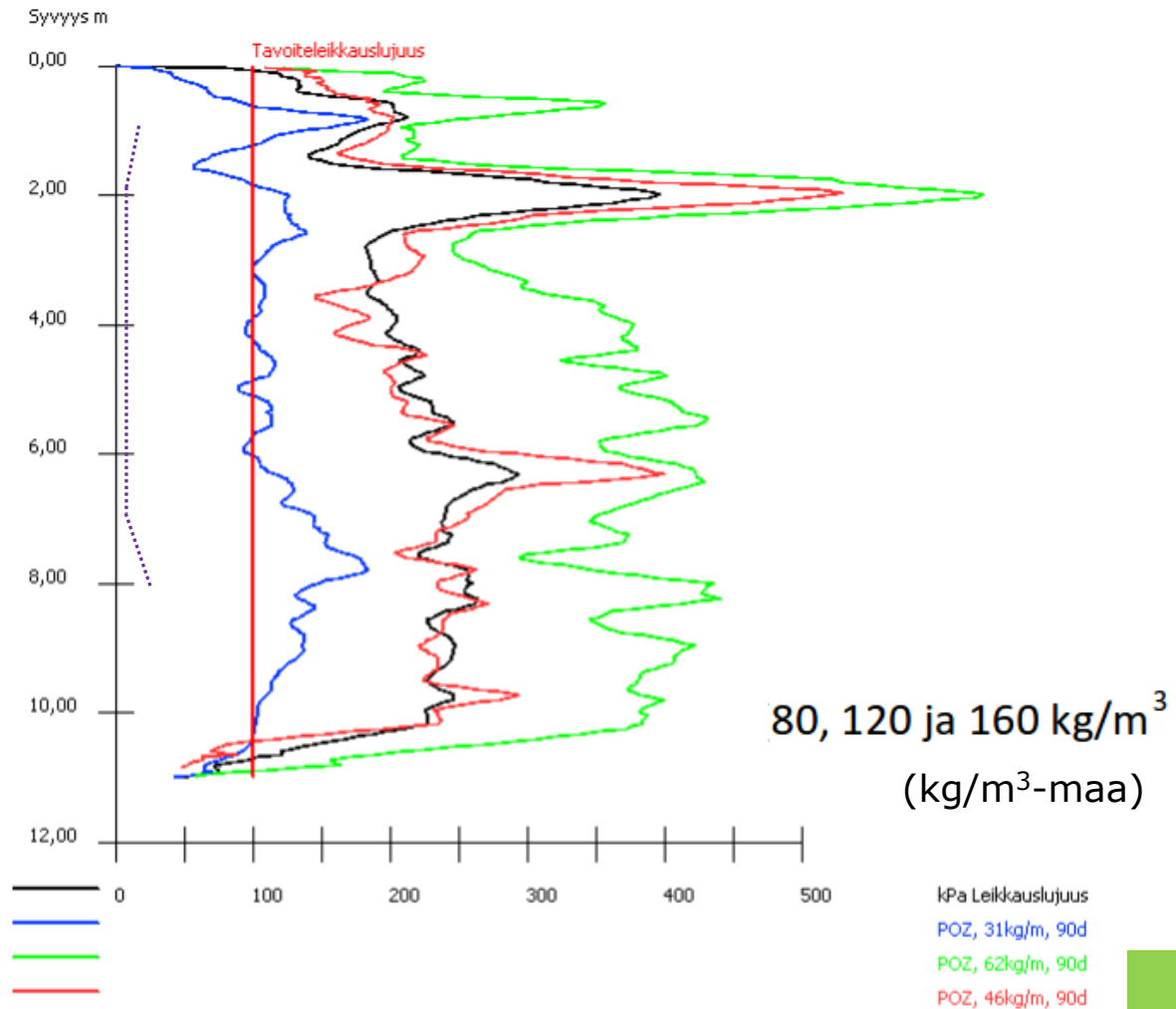
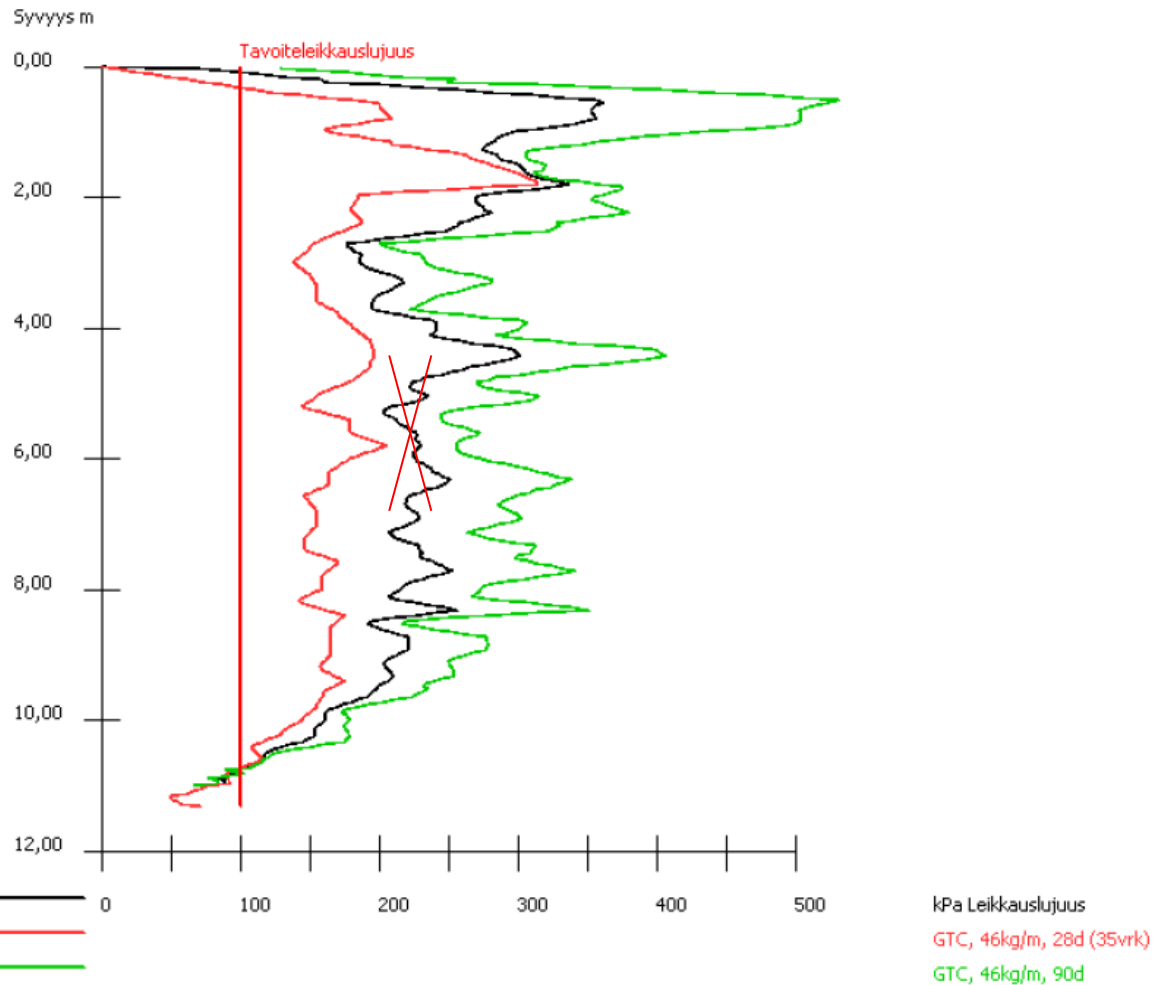
# Kokemuksia koestabiloinneista



UMA4

## Lujittumisajan vaikutus (28=>90d)

## Sideainemäärän vaikutus





# Kokemuksia koestabiloinneista



UUMA4

Koekenttä uusiosideaineiden tutkimuksiin (koepilarit, tutkimuspisteet ja instrumentointi)

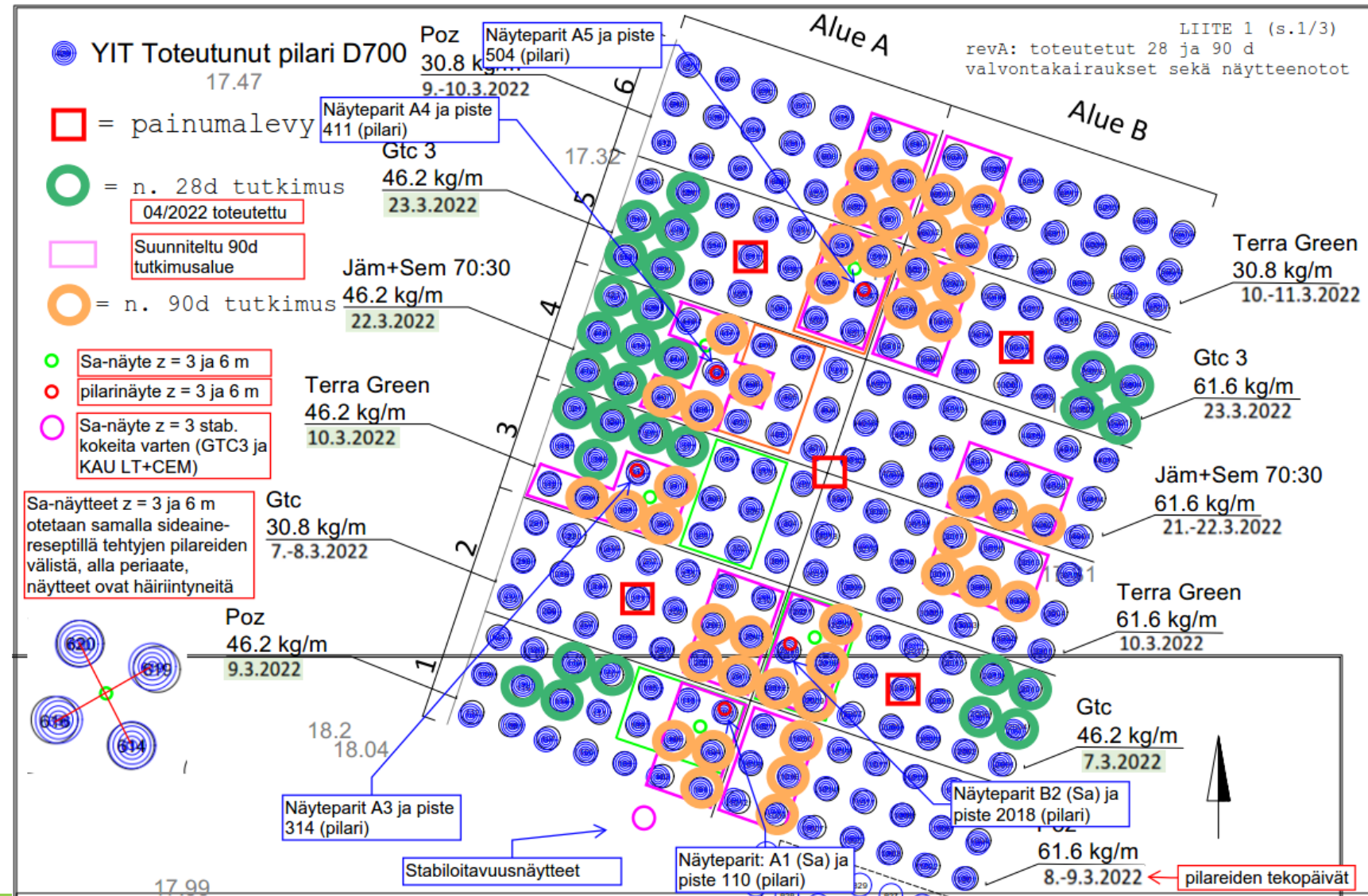
- Sa-näytteet stab.kokeisiin
- Pilarikairaukset 28 d
- Pilarikairaukset 90 d
- Pilarinäytteet, ympäristötutkimus
- Sa-näytteet pilareiden välistä, ymp.tutk.
- Sideainenäytteet, ymp.tutk.
- PV-seuranta
- Pintavesiseuranta
- Painumalevyt
- Sa-näytteet täydentäviin tutkimuksiin

=> Raportointi:

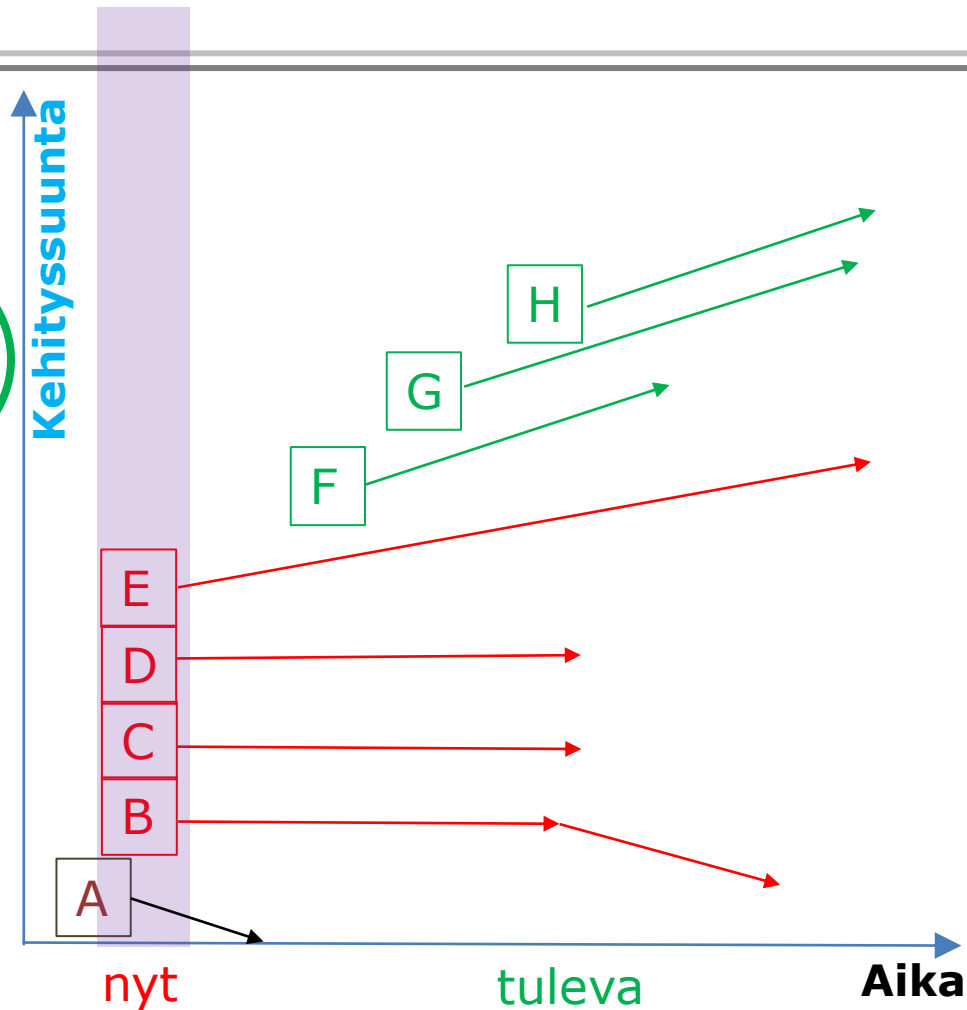
- Kairaukset => lujuus, optimointi
- Ympäristötutkimukset => ymp.lupa
- Painumat => optimointi

=> "T&K" (ohjeistus + tuotteistus):

- Vertailukokeet
- Kenttä-/laboratoriolujuus
- Aikalujittumiskerroin
- Lujuuden hajonta (COV)
- "Ympäristökelpoisuus"
- Viestintä, julkisuus



# Syvästabiloinnin nykytilanne ja kehitysajatuksia



H. Uusiosideainetietokanta

G. Urakoitsija vastaa sideainereseptöinnistä ("SSV-kriteerein") ja reseptin toimivuudesta

F. **"SSV-menettely"** käytössä (B + vaihtoehto)

E. Tuotteistetut uusiosideaineet tuotantokäytössä

D. Uusiosideaineet koestabiloinneissa

C. Uusiosideaineet ruoppausmassojen stabiloinneissa ympäristöluvitettuna

B. Stabilointi tilaajan sideainereseptillä

A. Kalkkisementti "hallitseva" sideaine

# Syvästabiloinnin toteutuksen vaiheet

- ajatus **tulevaksi** "prosessiksi" julkiseen hankintaan



UUMA4

Lähtötiedot

Esisuunnittelu

Suunnittelu

Sideainereseptointi => **Kriteerien asettaminen**

## 1. Suunnittelu

### Kriteerit:

- Tekniset
- Ympäristö
- CO<sub>2</sub>e-päästöt
- ...

Urakkalaskenta

**Sideainereseptointi**

## 2. Hankinta

Toteutus

Laadunvalvonta

## 3. Toteutus

Dokumentointi

Seurantamittaukset (mahd.)

## 4. Käyttöönotto ja käyttö



# BETONIN VÄHÄHIILISYYSLUOKITUS 12.11.2021 => herätti ajatuksen "Vähähiilisyysluokitus Syvästabiloinnin Sideaineelle"



## BY-VÄHÄHIILISYYSLUOKITUS

Luokituksen kuvaus

12.11.2021

Taulukko 1. BY-Vähähiilisyysluokituksen betonilaadut sekä vähähiilisyysluokkien raja-arvot. Arvot ovat  $GWP_{total}$ -arvoja sisältäen moduulit A1...A3. Arvojen yksikkönä on  $kg (GWP_{total}) / m^3$ -betonia.

BETONI	Ref.taso				
	GWP.REF	GWP.85	GWP.70	GWP.55	GWP.40
C20/25 - Ei huokostettu	210	180	145	115	85
C25/30 - Ei huokostettu	230	195	160	125	90
C30/37 - Ei huokostettu	255	215	180	140	100
C35/45 - Ei huokostettu	285	240	200	155	115
C45/55 - Ei huokostettu	320	270	225	175	130
C50/60 - Ei huokostettu	340	290	240	185	135
C30/37 - Huokostettu	290	245	205	160	115
C35/45 - Huokostettu	330	280	230	180	130
C45/55 - Huokostettu	375	320	265	205	150
C50/60 - Huokostettu	395	335	275	215	160
C30/37 P0	270	230	190	150	110
C30/37 P30	300	255	210	165	120
C35/45 P0	300	255	210	165	120
C35/45 P30	330	280	230	180	130
C35/45 P50	340	290	240	185	135
C45/55 P50	375	320	265	205	150

Luokituksen lähtökohtana on vuoden 2021 betonivalmistajien keskimääräinen päästötaso. Keskimääräiset arvot on saatu kyselytutkimuksella betonin valmistajilta kesällä 2021. Arvot perustuvat betonin notkeusluokkaan S3 ja kiviaineksen maksimiraekokoon 16 mm. Huokostettujen betonien osalta arvot perustuvat rasisluokan XF1 betoneihin 50 vuoden käyttöiällä.

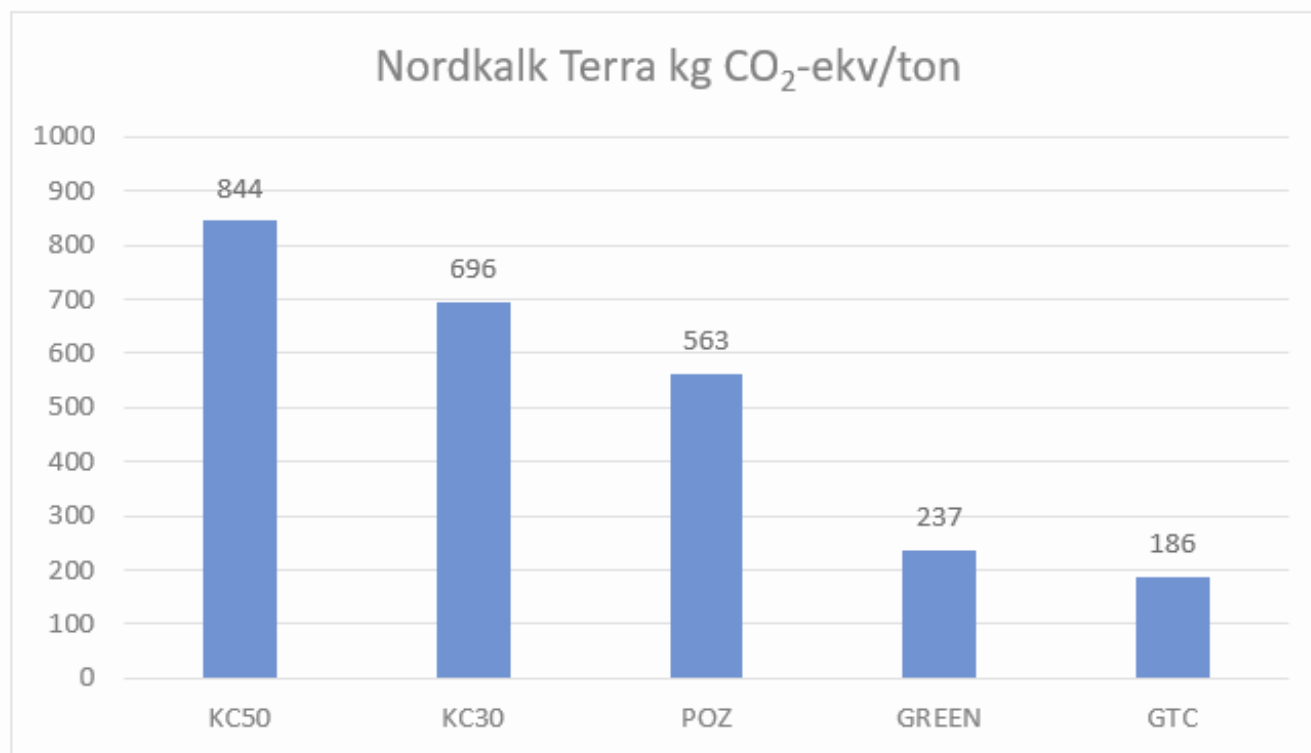
# BETONIN VÄHÄHIILISYYSLUOKITUS 12.11.2021 => Herätti ajatuksen "Vähähiilisyysluokitus Syvästabiloinnin Sideaineelle – SSV-luokitus"



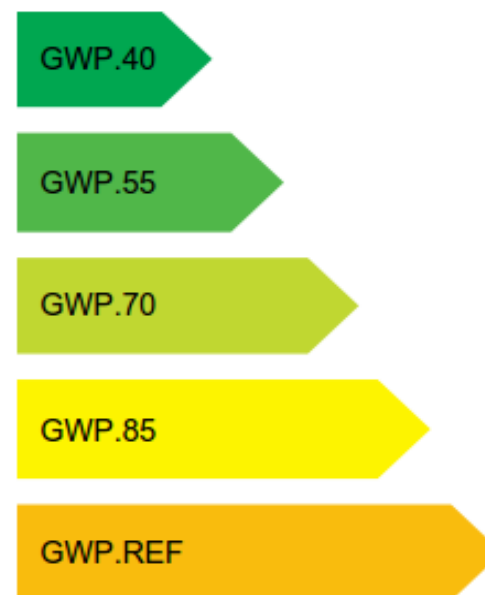
UUMA4

## Nordkalkin sideaineiden CO<sub>2</sub>e-päästöt 5/2022

	sementtinä Kolmossementti				
kg CO <sub>2</sub> -ekv	KC50	KC30	POZ	GREEN	GTC
	844	696	563	237	186
	-8,5 %	-13,6 %	-8,5 %	-24,8 %	-21,8 % vrt. Oivaseoksiin



## BETONIN VÄHÄHIILISYYSLUOKKA



Stabiloinnin sideaineille vastaava "vähähiilisyysluokittelu?"

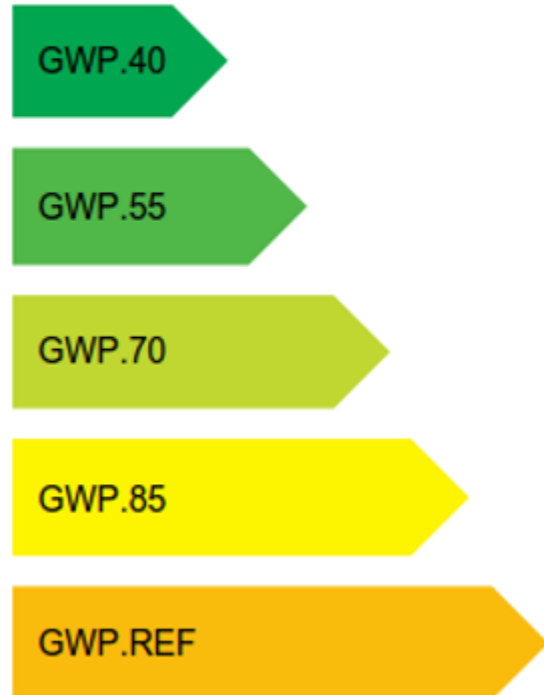


# “Vähähiilisyysluokitus syvästabiloinnin sideaineelle” – alustavaa luonnostelua

vaihe 1: vain sideaineen valmistuksen ja kuljetuksen päästöt (kg CO<sub>2</sub>e / t)

UUMA4

## BETONIN VÄHÄHIILISYYSLUOKKA



## SYVÄSTABILOINNIN SIDEAINEEN VÄHÄHIILISYYSLUOKKA

SSV .1	< 100 kg CO <sub>2</sub> e / t-sideaine
SSV .2	101-200 kg CO <sub>2</sub> e / t-sideaine
SSV .3	201-300 kg CO <sub>2</sub> e / t-sideaine
SSV .4	301-400 kg CO <sub>2</sub> e / t-sideaine
SSV .5	401-500 kg CO <sub>2</sub> e / t-sideaine
SSV .7	501-700 kg CO <sub>2</sub> e / t-sideaine
SSV .9	701-900 kg CO <sub>2</sub> e / t-sideaine

## SIDEAINE / -SEOS, ESIMERKKEJÄ

*Ecolan Stabi 100*  
*Nordkalk GTC*  
*Nordkalk Green*  
*CEM III/B (?)*  
*CEM III/A (?)*  
*Nordkalk KC30 ja POZ*  
*Nordkalk KC50*

# “Vähähiilisyysluokitus syvästabiloinnin sideaineelle”

MA4

BETONIN  
VÄHÄHIIL

## Mahdollisia kehitysvaiheita SSV-luokituksen pohjalta:

vaihe 1:

vain sideaineen valmistuksen ja kuljetuksen päästöt (kg CO<sub>2</sub>e / t)

vaihe 2:

myös tarvittava sideainemäärä huomioidaan  
( t/m x kg CO<sub>2</sub>e / t => kg CO<sub>2</sub>e / m)

vaihe 3:

halutun max. painuman (tai muun toiminnallisen kriteerin)  
saavuttamiseen tarvittava päästö (=> kg CO<sub>2</sub>e )

vaihe 4:

???

GWP.40

GWP.55

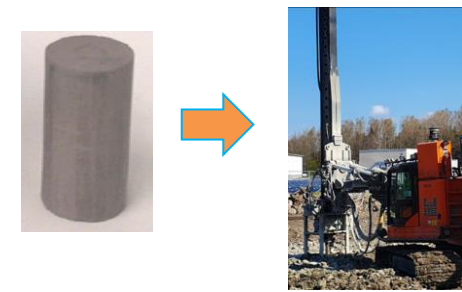
GWP.70

GWP.85

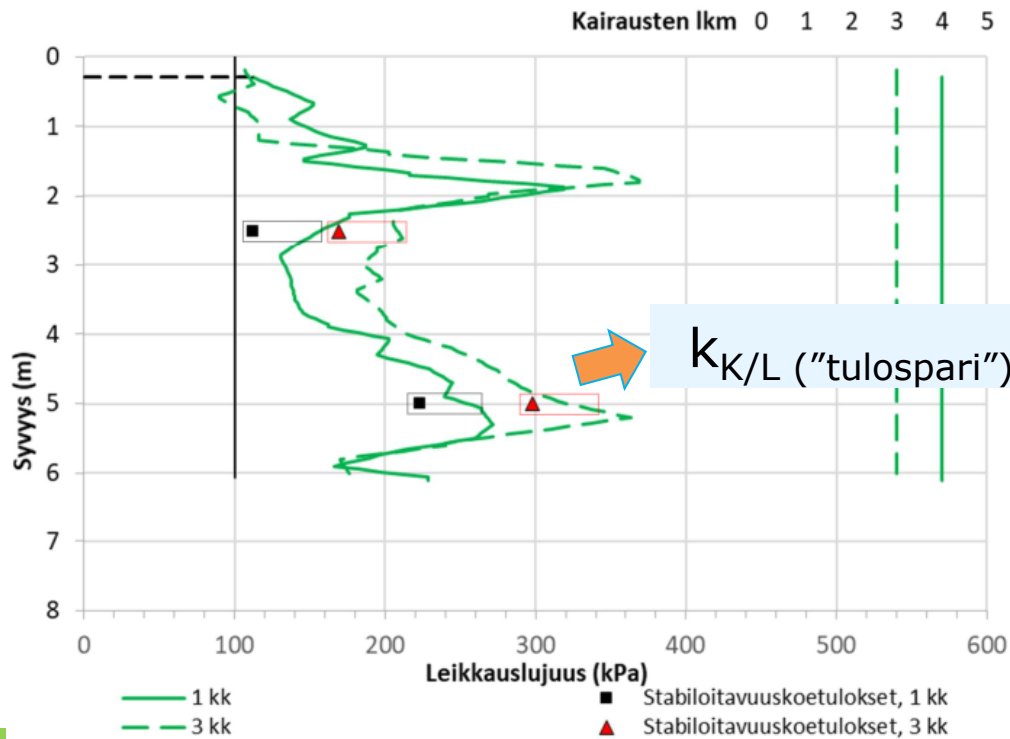
GWP.REF

# "Sideainereseptointi"

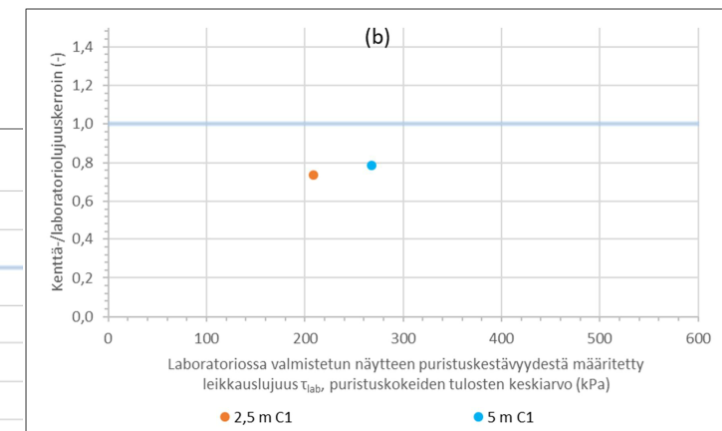
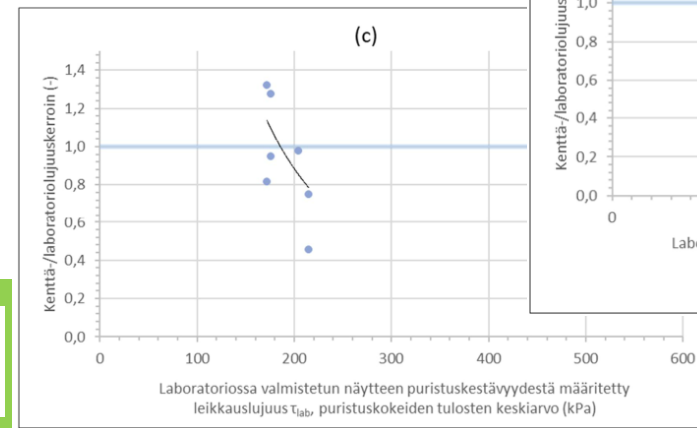
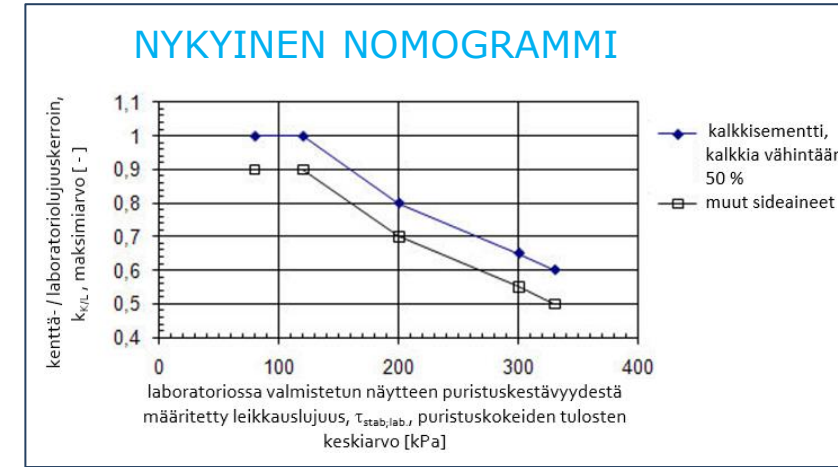
## Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin $k_{K/L}$



$$k_{K/L} \text{ ("tulospari")} = \frac{\text{leikkauslujuus valvontakairausdiagrammissa (ka.)}}{\text{leikkauslujuus stabiilitavuuskokeissa (ka.)}}$$



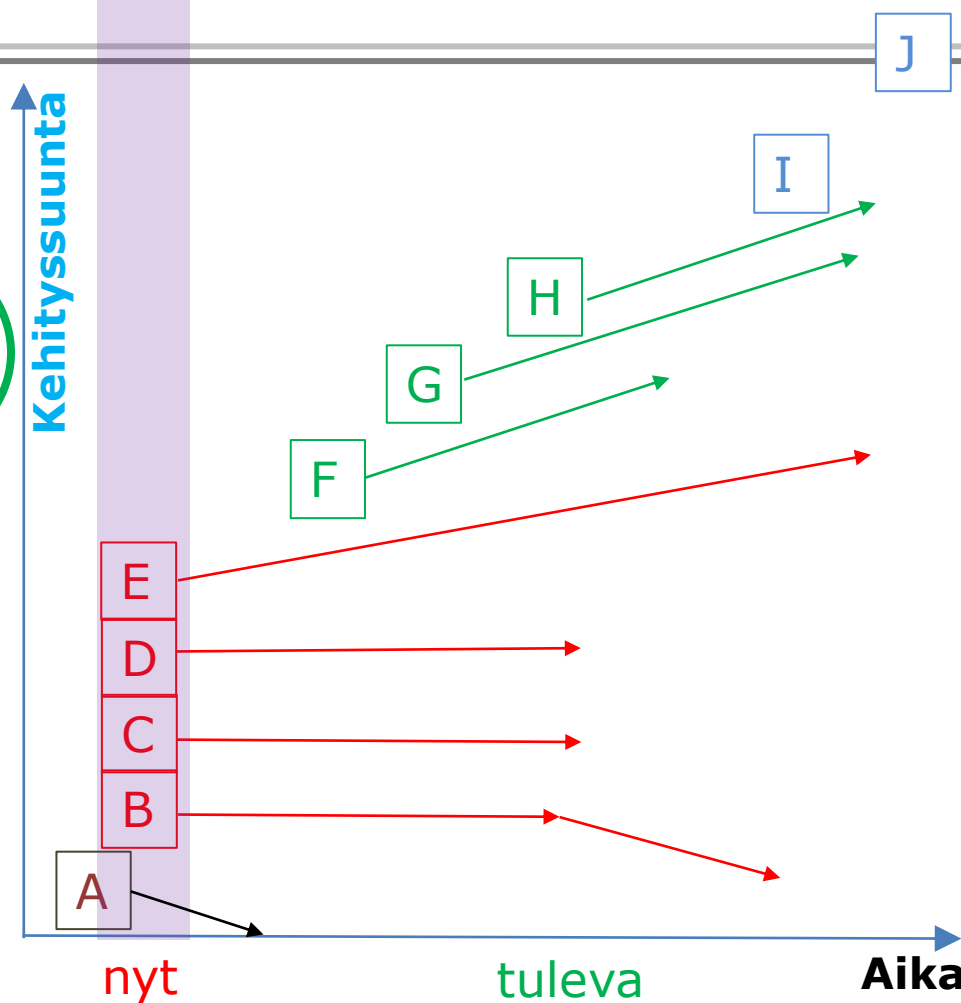
KUNINKAANTAMMI (Nguyen 2021)  
Tulokset täydentyvät mm.  
Topinpuiston, Malminkentän,  
Luhtitien, yms. tuloksilla



# Syvästabiloinnin nykytilanne ja kehitysajatuksia



UUMA4



J. Hiiltä sitova syvästabilointi "CARBMIX"

I. "Tekoäly" sideainereseptöinnissä

H. Uusiosideainetietokanta

G. Urakoitsija vastaa sideainereseptöinnistä ("SSV-kriteerein") ja lopputuotteesta

F. "SSV-menettely" käytössä (B + vaihtoehto)

E. Tuotteistetut uusiosideaineet tuotantokäytössä

D. Uusiosideaineet koestabiloinneissa

C. Uusiosideaineet ruoppausmassojen stabiloinneissa ympäristöluvitettuna

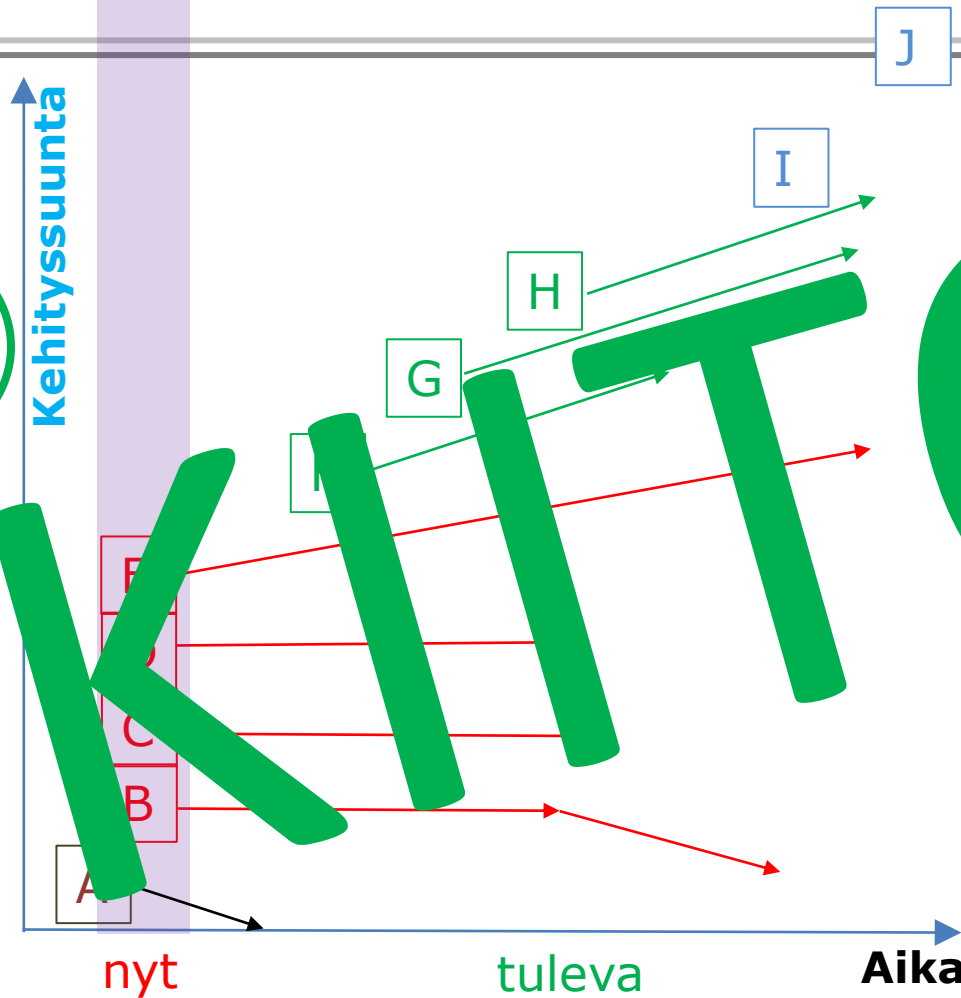
B. Stabilointi tilaajan sideainereseptillä

A. Kalkkisementti "hallitseva" sideaine

# Syvästabiloinnin nykytilanne ja kehitysajatuksia



UUMA4



J. Hiiltä sitova syvästabilointi "CARBMIX"

I. "Tekoäly" -sideainereseptöinnissä

H. Uusiosideainetietokanta

G. Urakoitsija vastaa sideainereseptöinnistä ("SSV-hallitseminen") lopputuotteesta

F. "SSV-menetelmä" käytössä (B + vaihtoehto)

E. Valloitetut uusiosideaineet tuotantokäytössä

D. Uusiosideaineet koestabiloinneissa

C. Uusiosideaineet ruoppausmassojen stabiloinneissa ympäristöluvitettuna

B. Stabilointi tilaajan sideainereseptillä

A. Kalkkisementti "hallitseva" sideaine