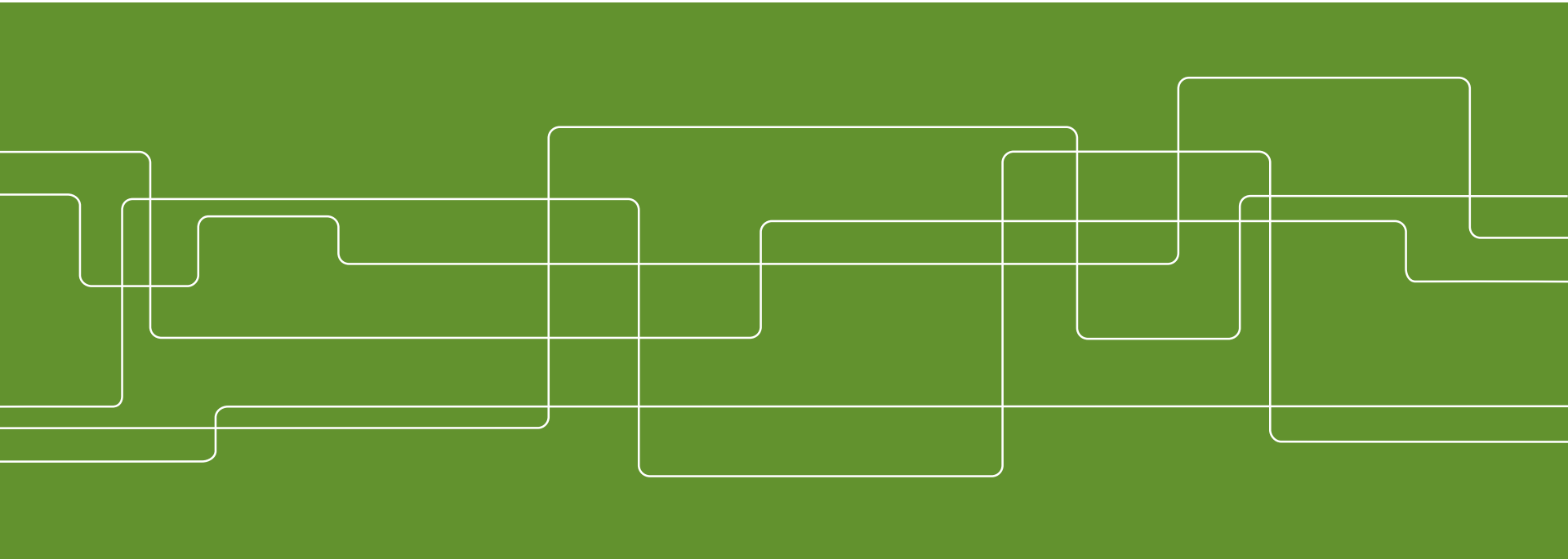




Säkerhetsaspekter vid injektering under befintliga betongdammar

Johan Spross

Postdoktor, Avd. jord- och bergmekanik, KTH



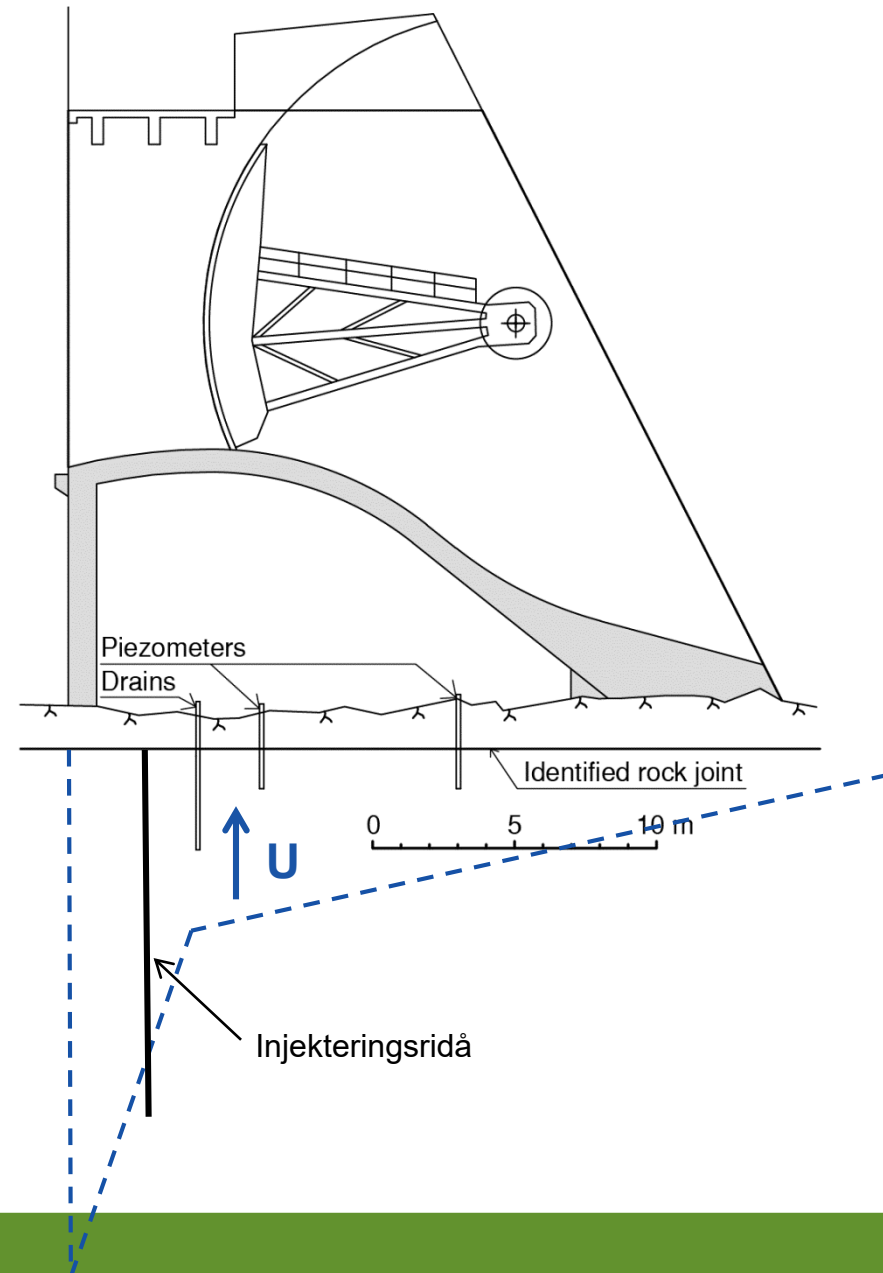


Översikt

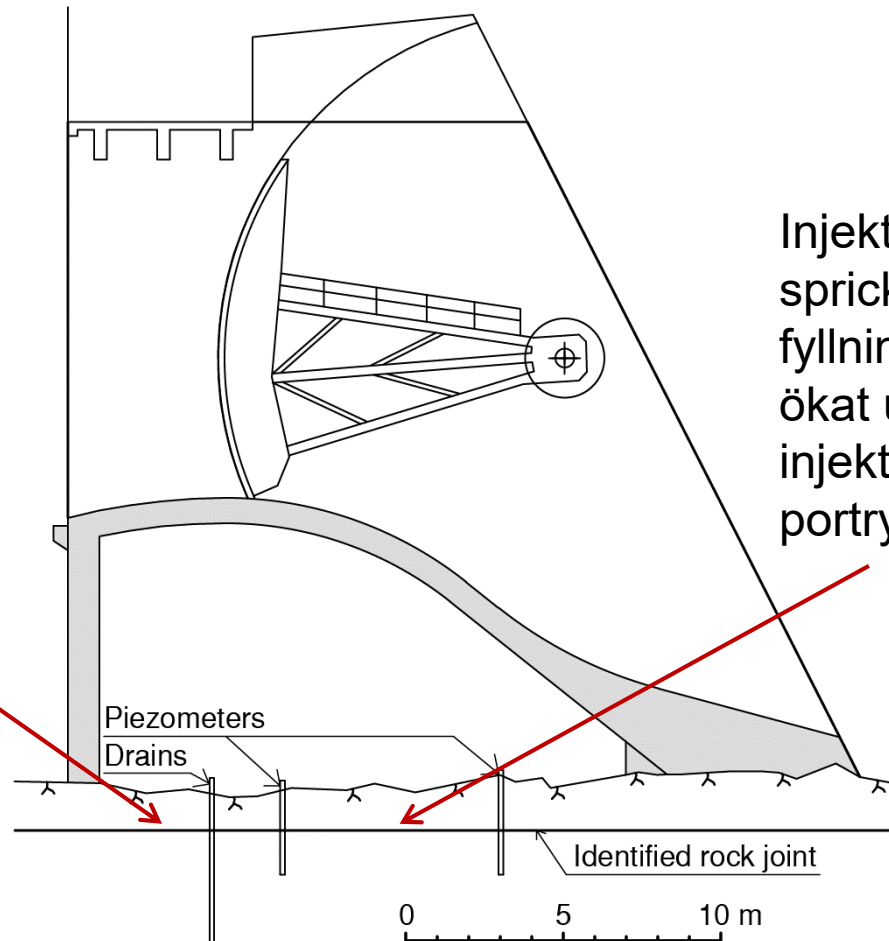
- Något om svårigheter vid injektering under en befintlig betongdamm
- Ett studerat fall
- Observationsmetoden – är det en möjlig väg?
- Funkar det? – Några kommentarer i slutet

Varför injektera under befintlig damm?

- Vattentryck under dammen påverkar dammstabiliteten – risk för glidning och stjälpning
- Effekten av dränaget och injekteringen på upptrycket kan minska med tiden:
 - Urlakning av ridån
 - Igensatt dränering
- Minskad säkerhetsmarginal med tiden



Svårigheter vid kompletterande injektering

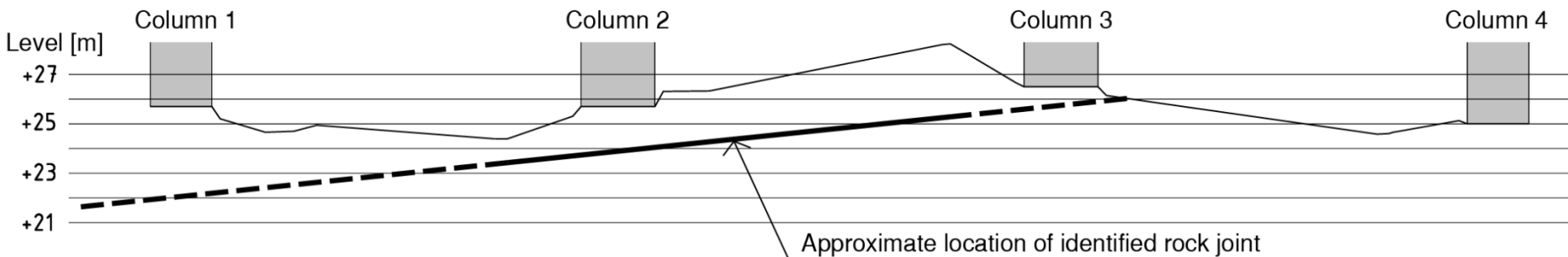
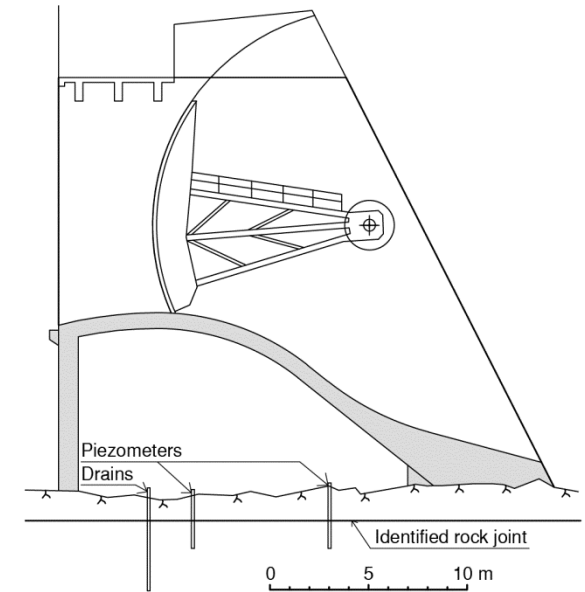


Injekteringstrycket kan vidga sprickan och spola ut fyllningsmaterial – risk för ökat upptryck både p.g.a. injekteringstrycket och portrycket

Vattenflöde i sprickan kan skölja ur bruket innan det härdat

Fallstudien – en svensk betongdamm

- En dammsäkerhetsutvärdering visade på låg säkerhet mot glidning
- Ingjutna, borrade stag skulle installeras för ökad säkerhet
- För stort vattenflöde för att kunna gjuta in stagen – först krävdes tätning av sprickan



En rejäl urspolning!

- Under arbetet med ridåinjekteringen spolades plötsligt 200 kg sand ut ur ett borrhål
- Kraftigt ökat läckage som följd (från 0,5 till 4,7 l/s)
– injutningen nu ännu svårare!

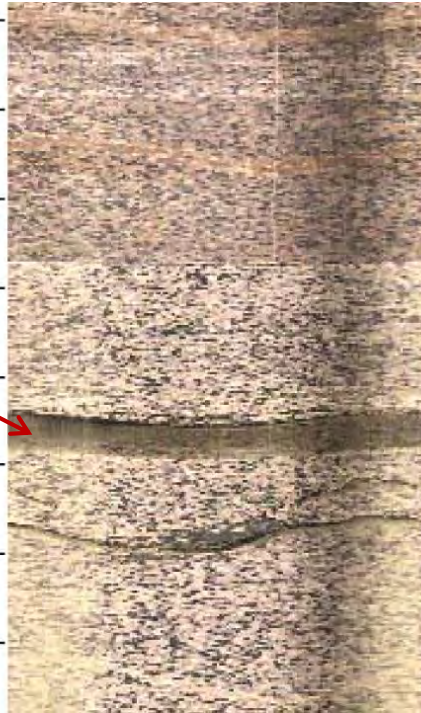
En vid spricka!

- Fyllningen i en vid spricka hade spolats ur av trycket.
- Trots flera injekteringsförsök med cementbruk kunde inte sprickan tätas.

1-10 cm bred spricka

Distance from ground surface [m]

2.400
2.600
2.800
3.000
3.200
3.400
3.600
3.800



Observationsmetoden – en lösning?

Observationsmetoden utvecklades av Terzaghi och Peck vid mitten av 1900-talet, som ett svar på hur man kan hantera osäkerheterna i geoteknisk konstruktion.

Farligt!

- Ett sätt att undvika att vara alltför konservativ eller alltför risktagande.

- Peck (1969)



- Eurokod 7

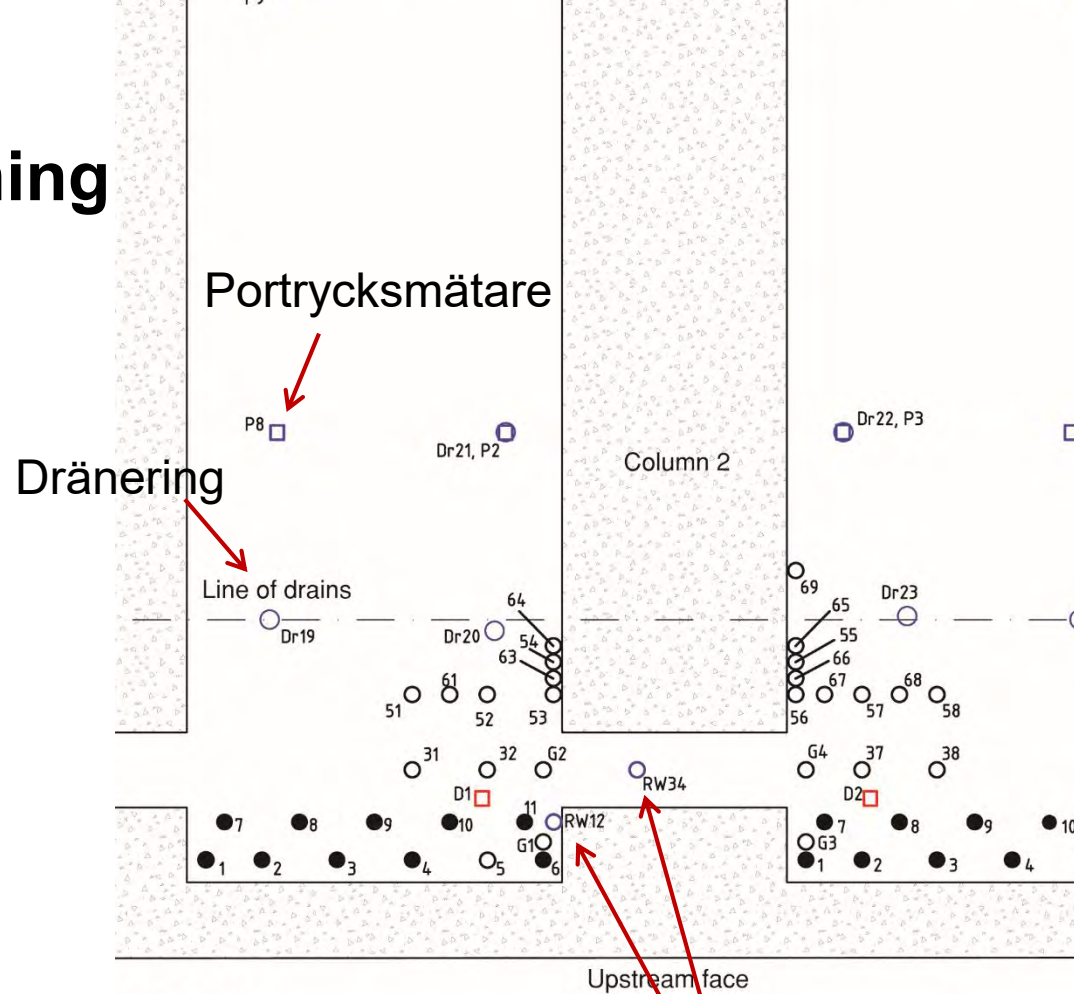
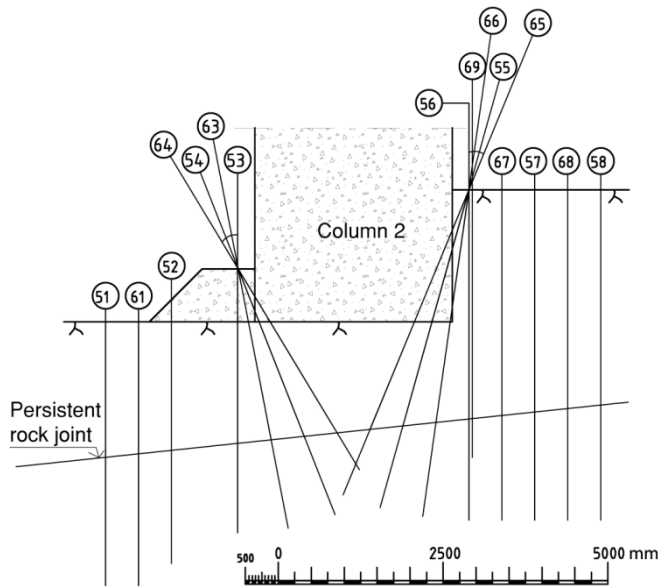
Dyrt och slösaktigt

Observationsmetoden – en översikt

- Börja med en preliminär design utifrån den geotekniska information som finns tillgänglig.
- Gör planer för
 - (1) hur man ska observera markens / konstruktionens beteende under byggtiden,
 - (2) vilka åtgärder man ska vidta om konstruktionens beteende är oacceptabelt.
- Följ planerna under byggtiden och sätt in åtgärder om så behövs.

Bedöm om
robust
lösning blir
smidigare
och billigare!

Princip för lösning



Legend

- Borehole for grout curtain
- Borehole for grouting of local leakage
- D □ Extensometer
- P □ Piezometer
- RW ○ Relief well
- Dr ○ Drain

Avlastningshål

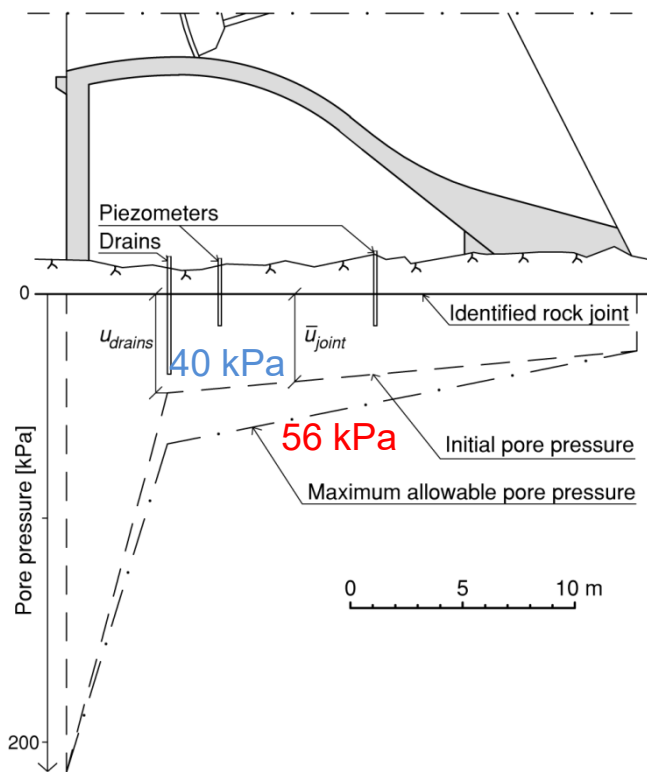


Vår föreslagna metodik

Övervaka inom ramen för observationsmetoden:

- Portrycksförändringar
 - Lyftning av berget
 - Urspolning av ytterligare sprickfyllning vid borrning
-
- Ha färdiga åtgärder i händelse av överskriden larmgräns

Hur kan kraven i OM uppfyllas här?



1. "Acceptabla gränser för beteendet ska bestämmas"
 - Maximalt tillåtet genomsnittligt upptryck kan bakåträknas från en acceptabel säkerhetsnivå
 - Kan kräva minskning av last genom t.ex. isfria förhållanden.
 - Maximal tillåten deformation av bergmassan
 - Små deformationer kan vara svårsmätta (0,2 mm)
 - Synlig urspolning vid borrning tillåts ej

Nästa krav

2. "Gränserna för möjligt beteende ska beräknas och det ska visas att sannolikheten för det verkliga beteendet ligger inom de acceptabla gränserna är godtagbar"

- Gränserna sätts så att det finns spelrum för ökning av upptryck och deformation

- Kan vara svårt att numeriskt beräkna effekterna

Hur mycket kan trycket öka i händelse av ökning?

Fler krav

3. "En plan för uppföljning ska tas fram [...] för att framgångsrikt kunna vidta korrigerande åtgärder."
4. "Responstiden ska vara tillräckligt snabb [...]"

- Snabbhet i tolkning av mätning
- Gärna redundans i mätsystemet
- Portrycket kan variera över området, så fundera över antal och placering av mätare.





Ett till krav

5. "En plan för korrigerande åtgärder ska upprättas."

Om överskriden gräns:

- Högt portryck: öppna borrhål för ytterligare dränage.
- Lyftning av bergmassan: minska injekteringstrycket och/eller öka dränaget.
- Synlig urspolning vid borrning: stoppa borrningen och injektera för att binda materialet.



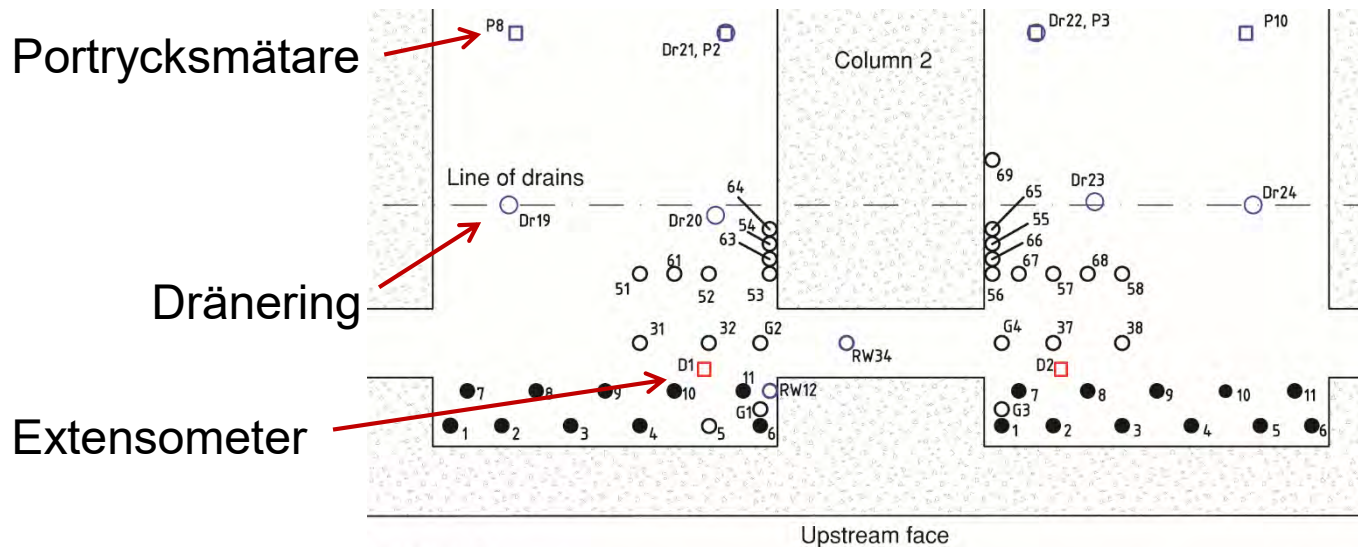
Krav vid utförandet

6. "Under utförandet ska uppföljningen utföras som planerat."
 7. "Korrigerande åtgärder ska vidtas om gränserna för acceptabelt beteende överskrids."
- Gör så! (Och inte på något annat sätt)

Hur gick det med vår damm?

I princip användes observationsmetoden

- men inte lika utvecklade resonemang kring gräns för acceptabelt beteende i relation till vilka laster dammen utsätts eller kan utsättas för.



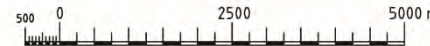
Portrycksmätare

Dränering

Extensometer

Legend

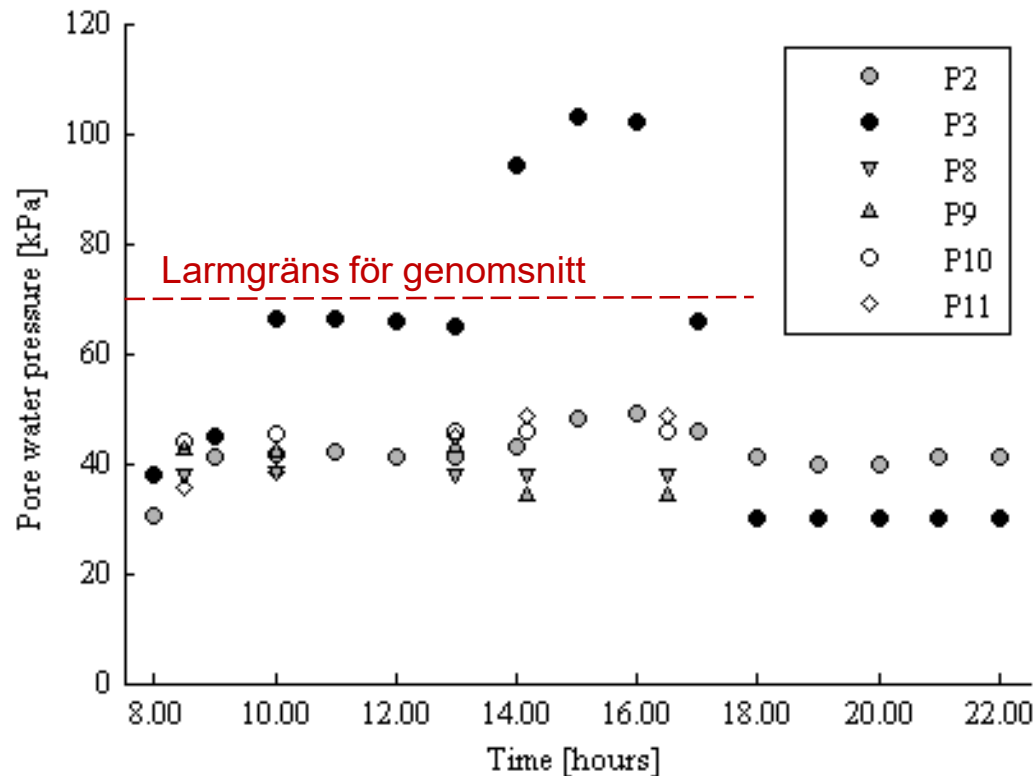
- Borehole for grout curtain
- Borehole for grouting of local leakage
- D □ Extensometer
- P □ Piezometer
- RW ○ Relief well
- Dr ○ Drain



En liten portryckshöjning registrerades

Vid injekteringen registrerades höjt portryck i en mätare, men genomsnittet under monoliten höll sig under gränsen

- Ingen åtgärd krävdes

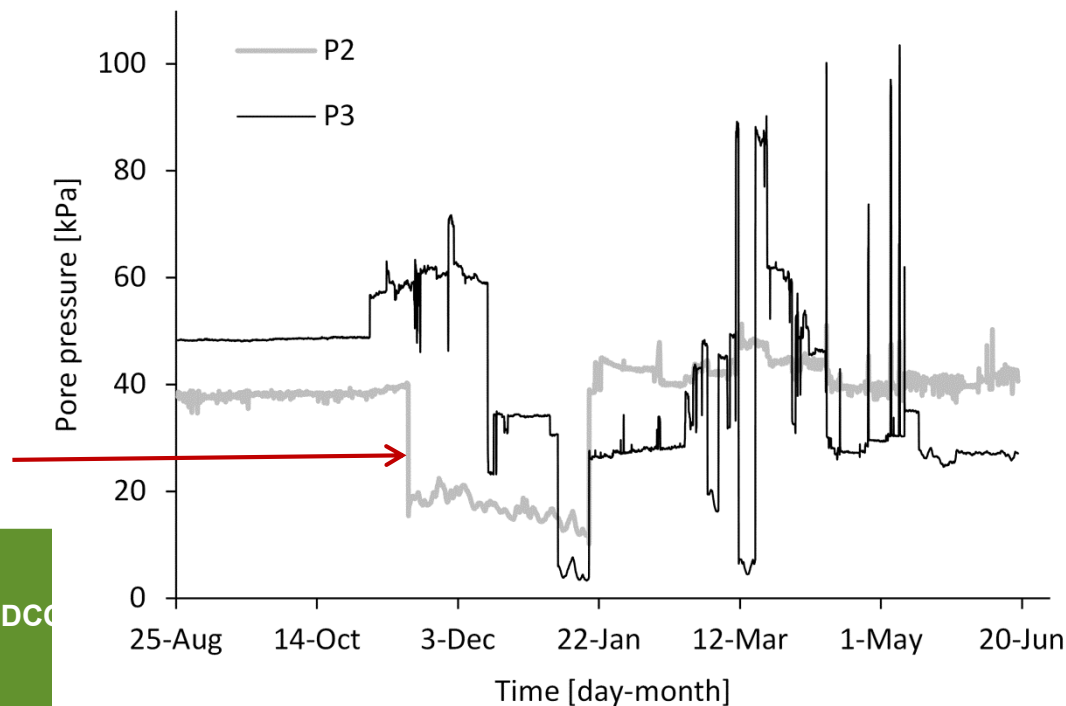


Resultat av metodiken

Det funkade bra:

- Mätningarna fungerade
- Inga åtgärder krävdes
- Dammens grundläggning blev tät(are) och fick lägre upptryck


Urspolningen
av 200 kg sand



Vad har vi lärt oss?

- Observationsmetoden ger ett bra ramverk vid injektering under befintliga betongdammar.
- Dammar med låg säkerhet från början kan kräva minskade laster för att ge marginal för eventuellt ökat upptryck.
- Metodiken stämmer väl överens med de nya risk-baserade riktlinjer för dammsäkerhet som börjar komma runt om i världen.

Inte bara att
tuta och köra!



Tack till

- SVC
- BeFo
- FORMAS
- Den anonyma dammägaren



Artikeln "*Using observational method to manage safety aspects of remedial grouting of concrete dams*" är publicerad i **Geotechnical and Geological Engineering** (2016) med open access-rättigheter