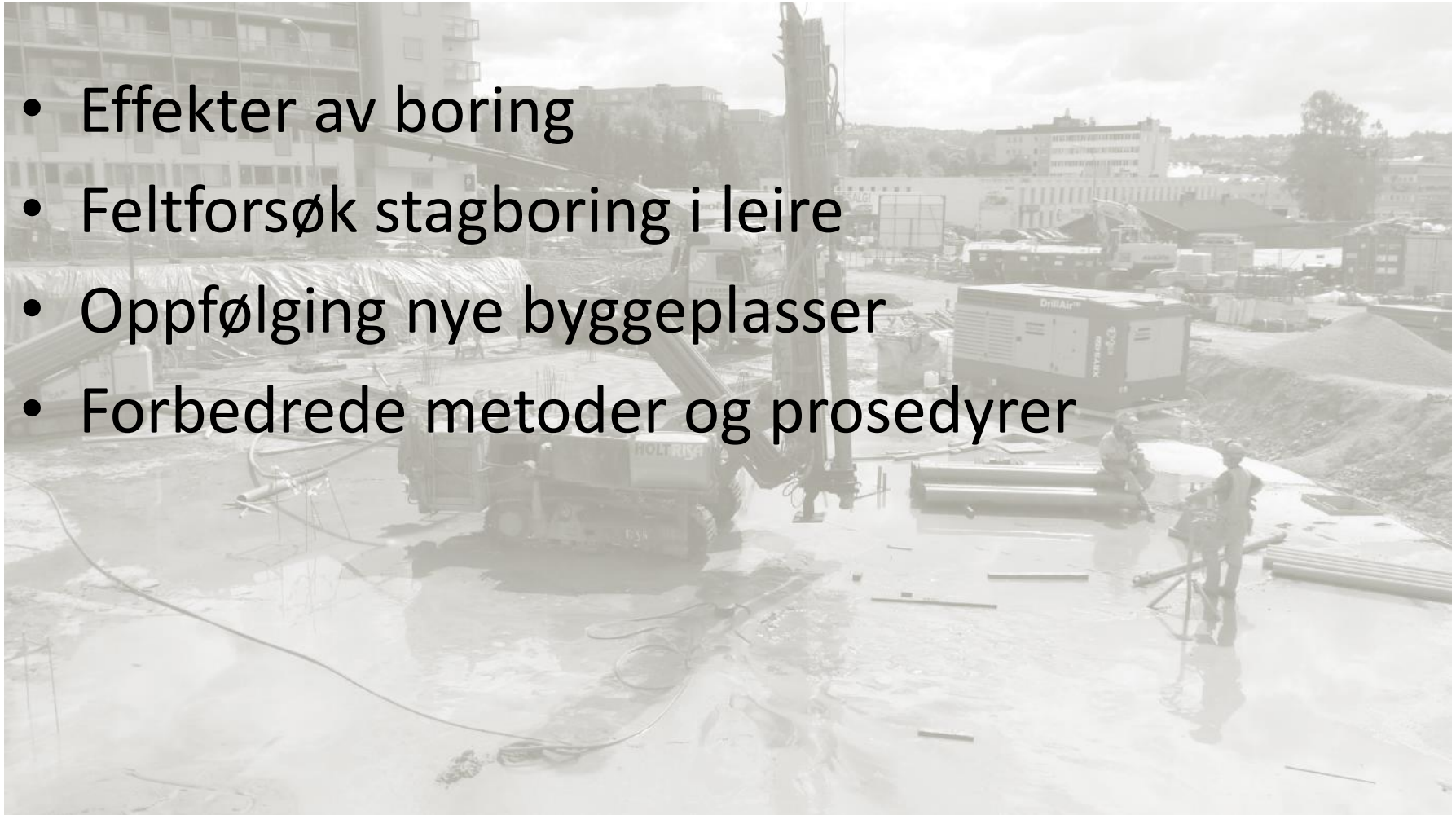


Effekter av boring – og forslag til forbedrede prosedyrer og metoder

BegrensSkade Delprosjekt 3 og 4

Einar John Lande,
Landfundamentering, NGI

- Effekter av boring
- Feltforsøk stagboring i leire
- Oppfølging nye byggeplasser
- Forbedrede metoder og prosedyrer

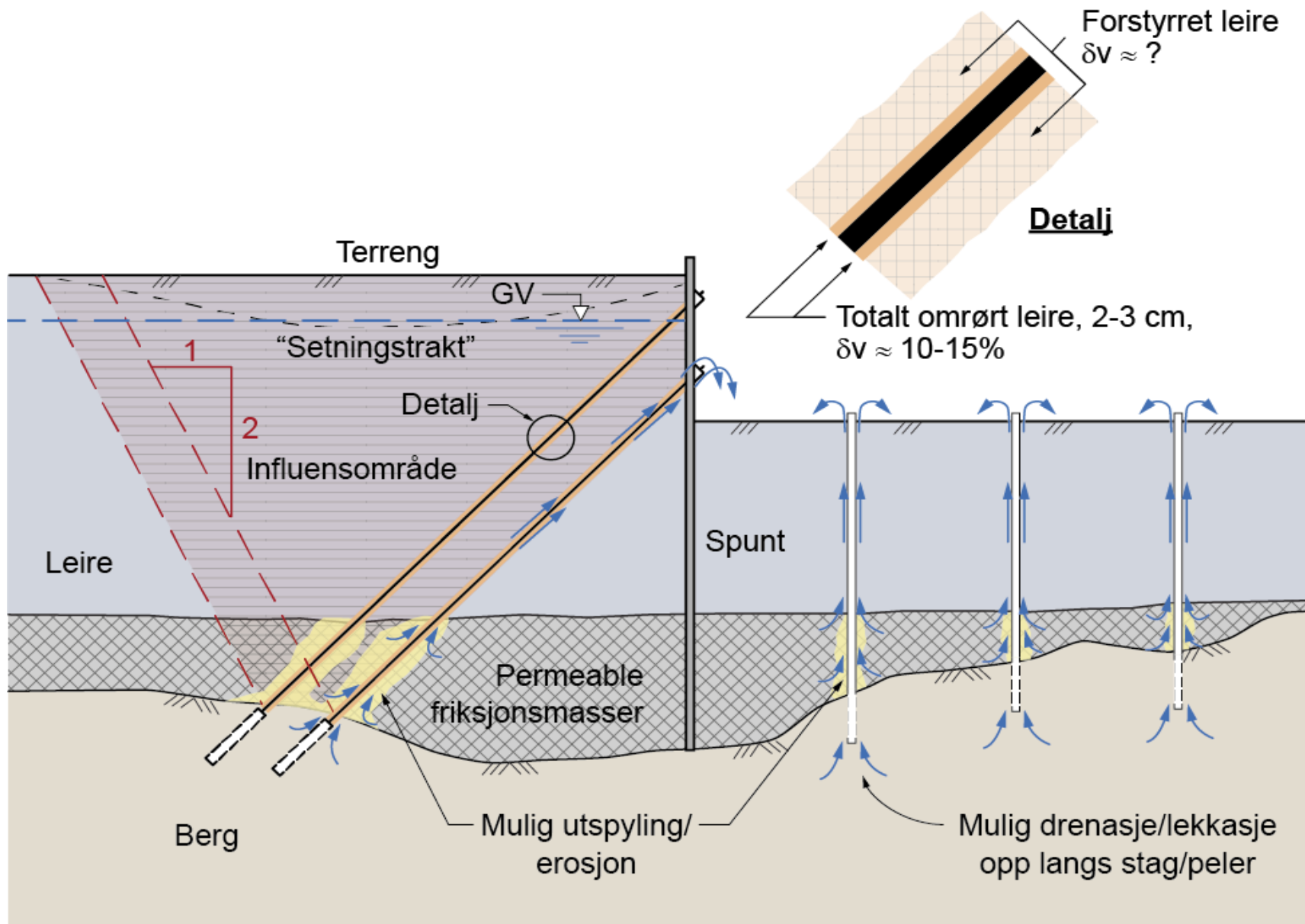


Hvilke uønskede effekter kan oppstå ved boring?

- a) Endring av poretrykk og grunnvannsnivå:
 - Poretrykksøkning som følge av massefortrengning og/eller ukontrollert utblåsing av trykkluft eller vann ut i grunnen.
 - Temporær poretrykksreduksjon som følge av spyling med trykkluft under boring, og «Venturi effekt» (sug) rundt borkrone.
 - Langsiktig drenasje/lekkasje opp langs stag/pel, typisk i dype byggegrop.

- b) Forstyrrelser og omrøring av leire med påfølgende rekonsolidering, som følge av direkte mekanisk påvirkning og massefortrengning.

- c) Innsuging/utspyling av masser og volumtap som følge av:
 - "Venturi effekt" som følge av spyling med trykkluft (Bredenberg et.al, 2014).
 - Kollaps i borehull (grunnbrudd) f. eks ved boring uten rør i bløt sensitiv leire.
 - Erosjon fra spylemedium og/eller strømming av grunnvann inn i foringsrør.



Boremeterer:

1. Felt A – Ischebeck stag 40/16 mm (“selvborende”)
2. Felt B – Odex 115 luftdrevet senkhammer
3. Felt C – Odex 115 vannhammer (Wassara)
4. Felt D – Odex 90/76 topphammer
5. Felt E, OD 114,3 topphammer og sentrisk ringkrone Ø120, med gysing og trekking av foringsrør

Felt A



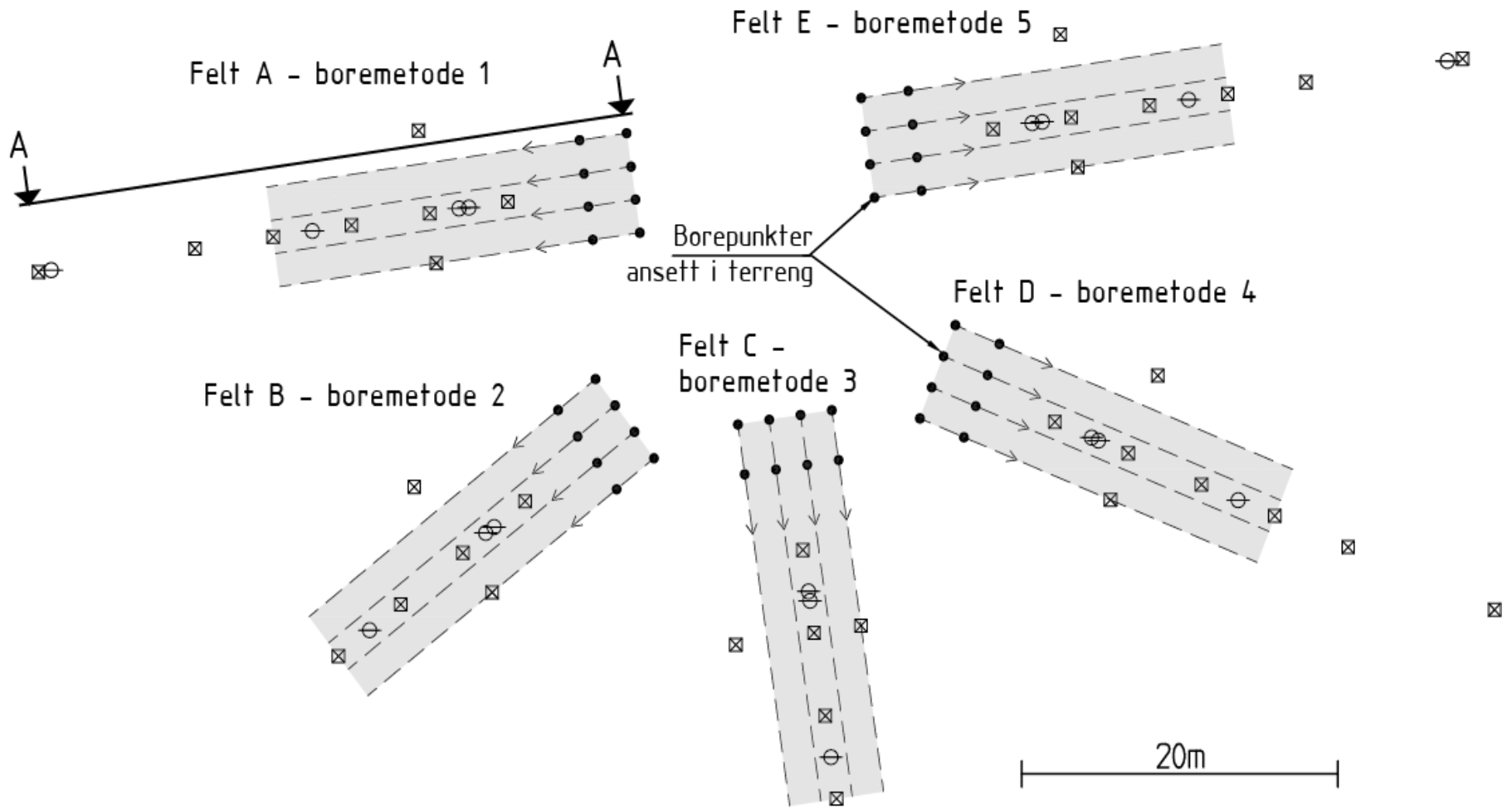
Felt B/C/D



Felt E

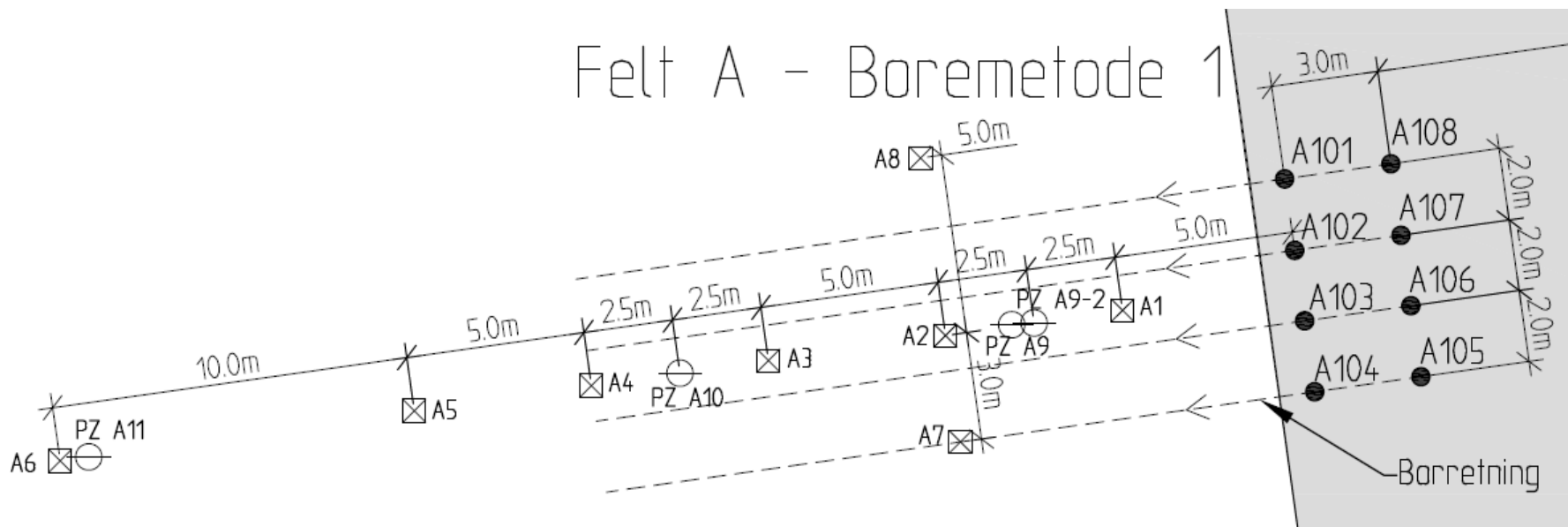


Feltforsøk stagboring - plan

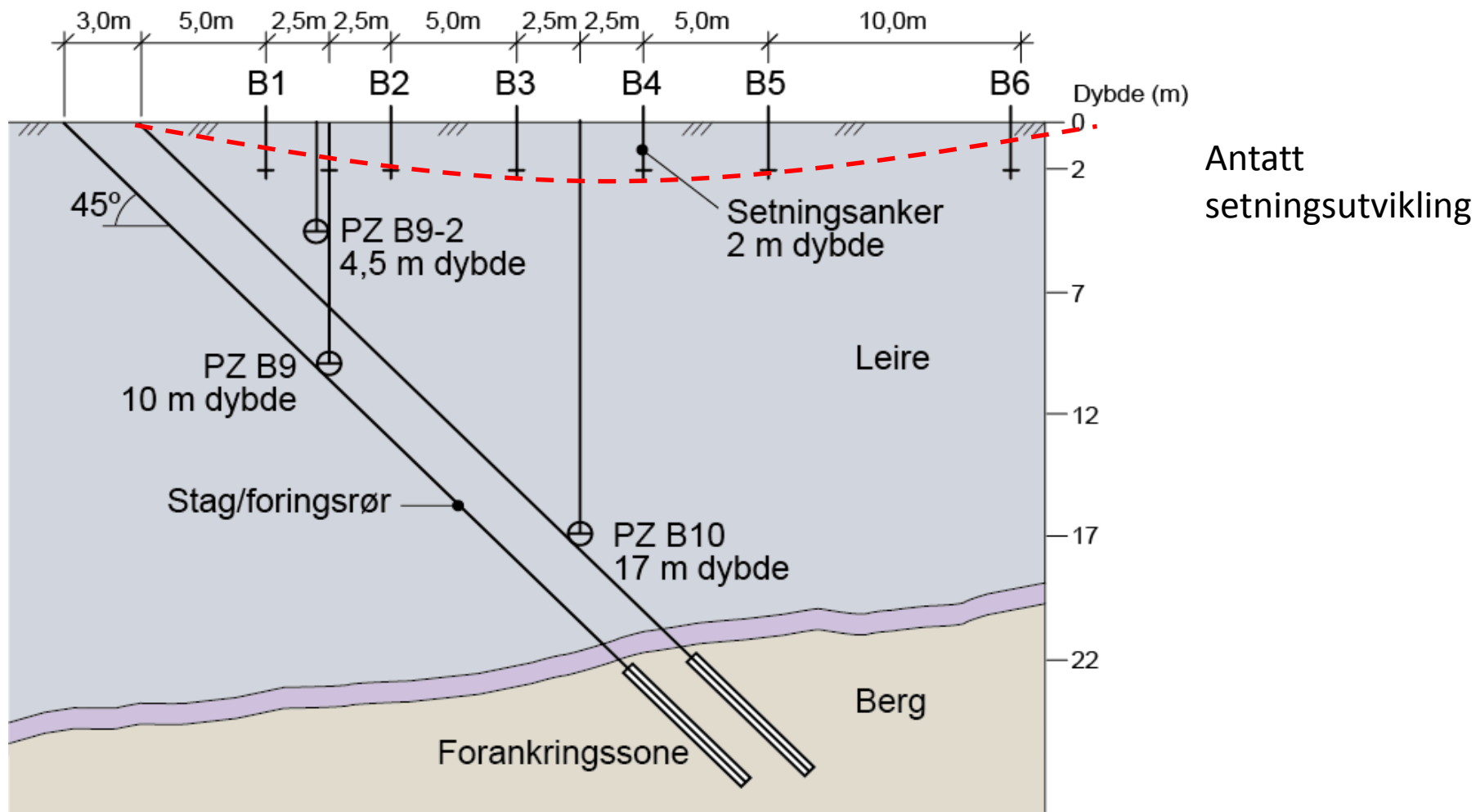


Instrumentering - plan

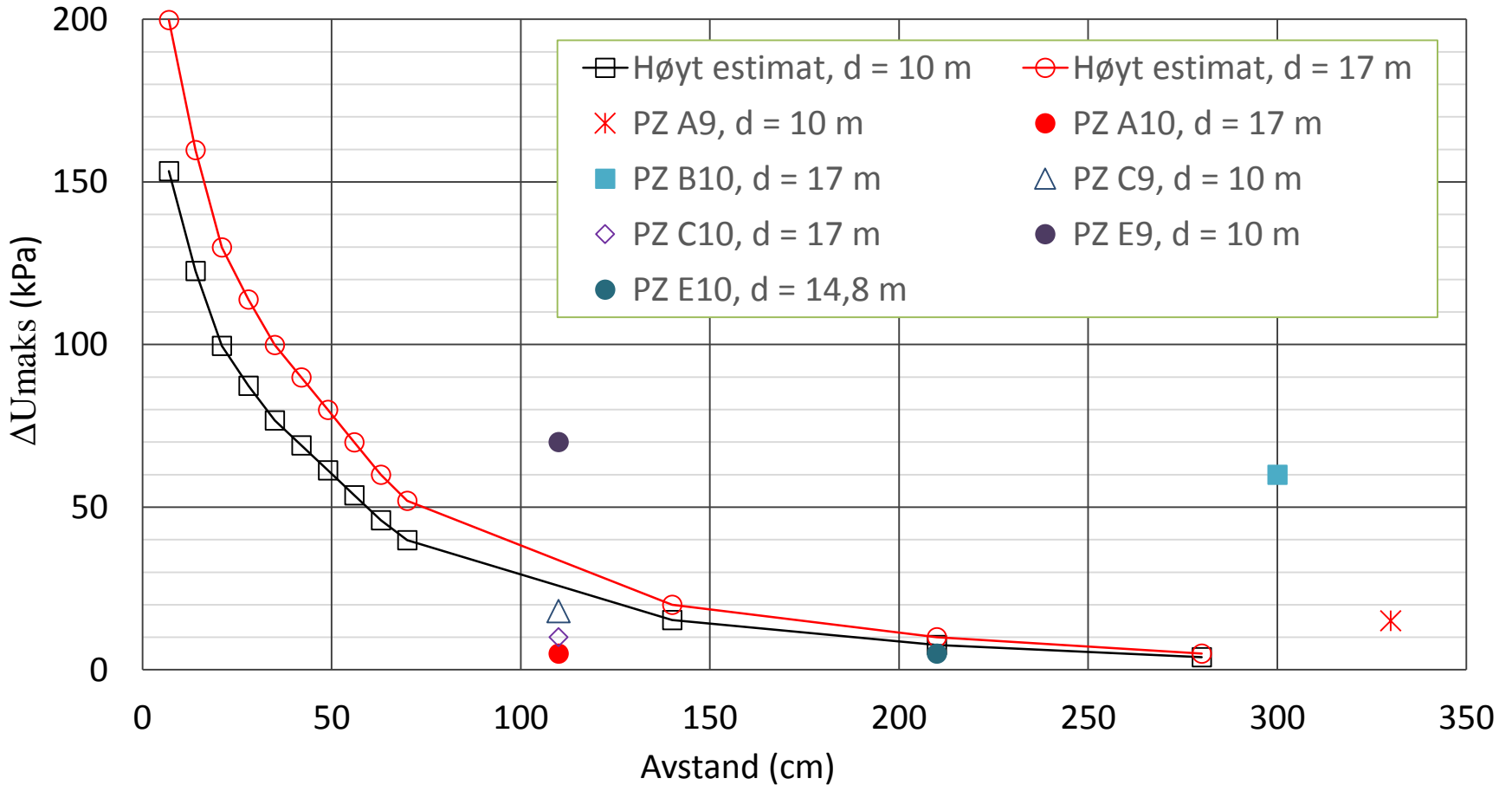
- 8 stk. setningsankere (2 m dybde)
- 3 stk. el. PZ med logging, 4,5 m, 10 m og 17 m dybde



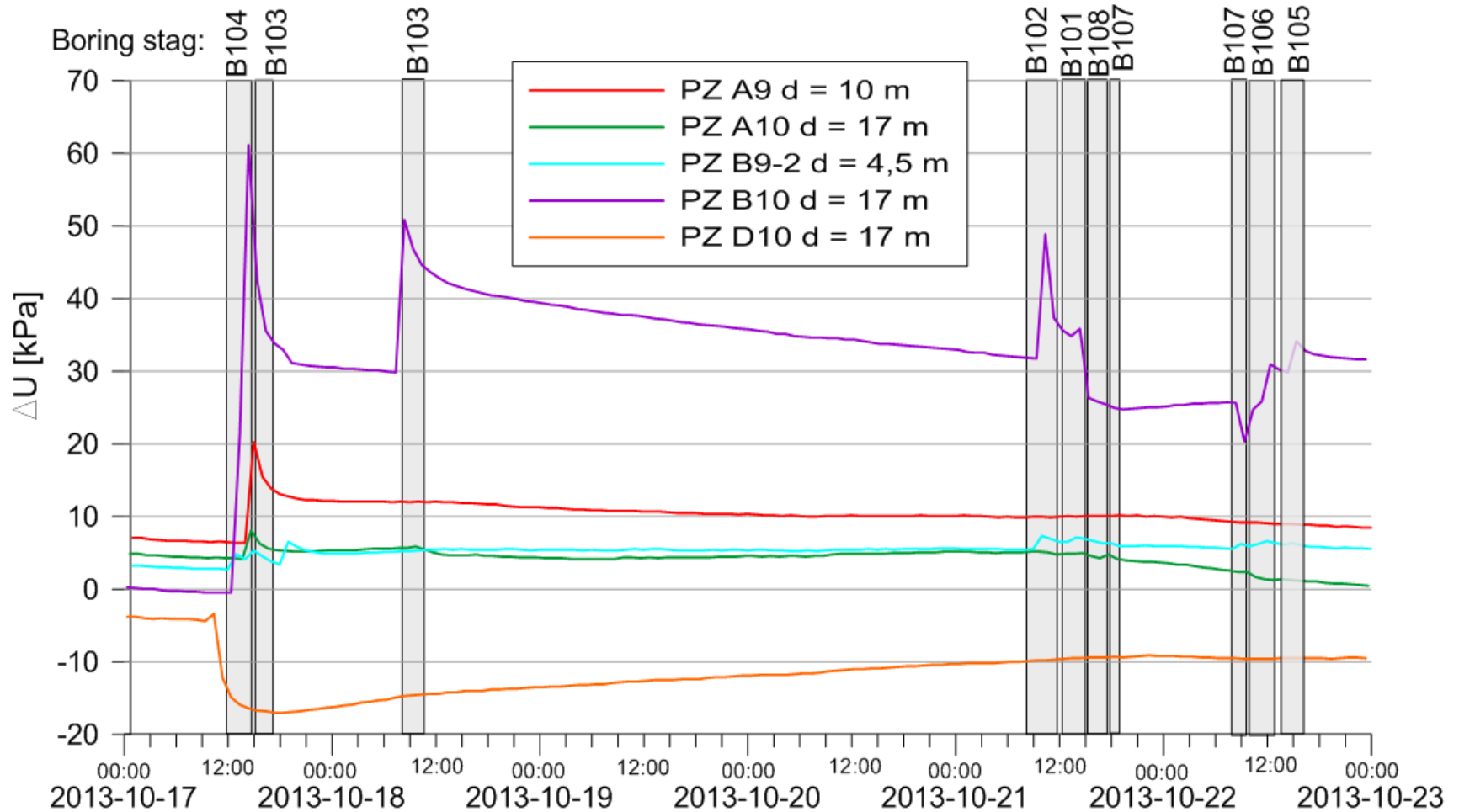
Instrumentering - snitt



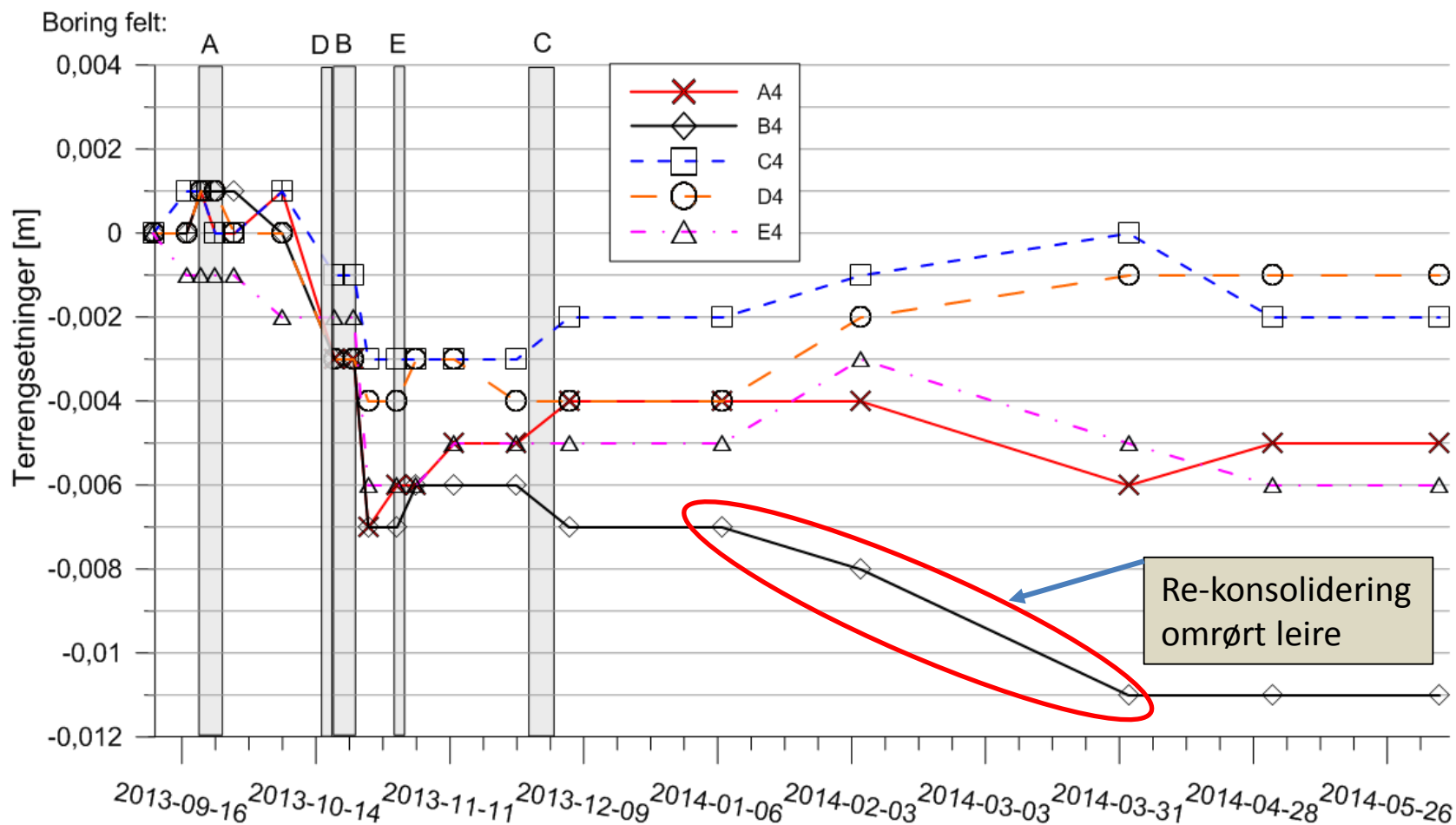
Estimert VS målt poreovertrykk rundt stag



Poretrykksmåling boring felt B



Resultat for setningsanker #4



Hva blir så konklusjon?

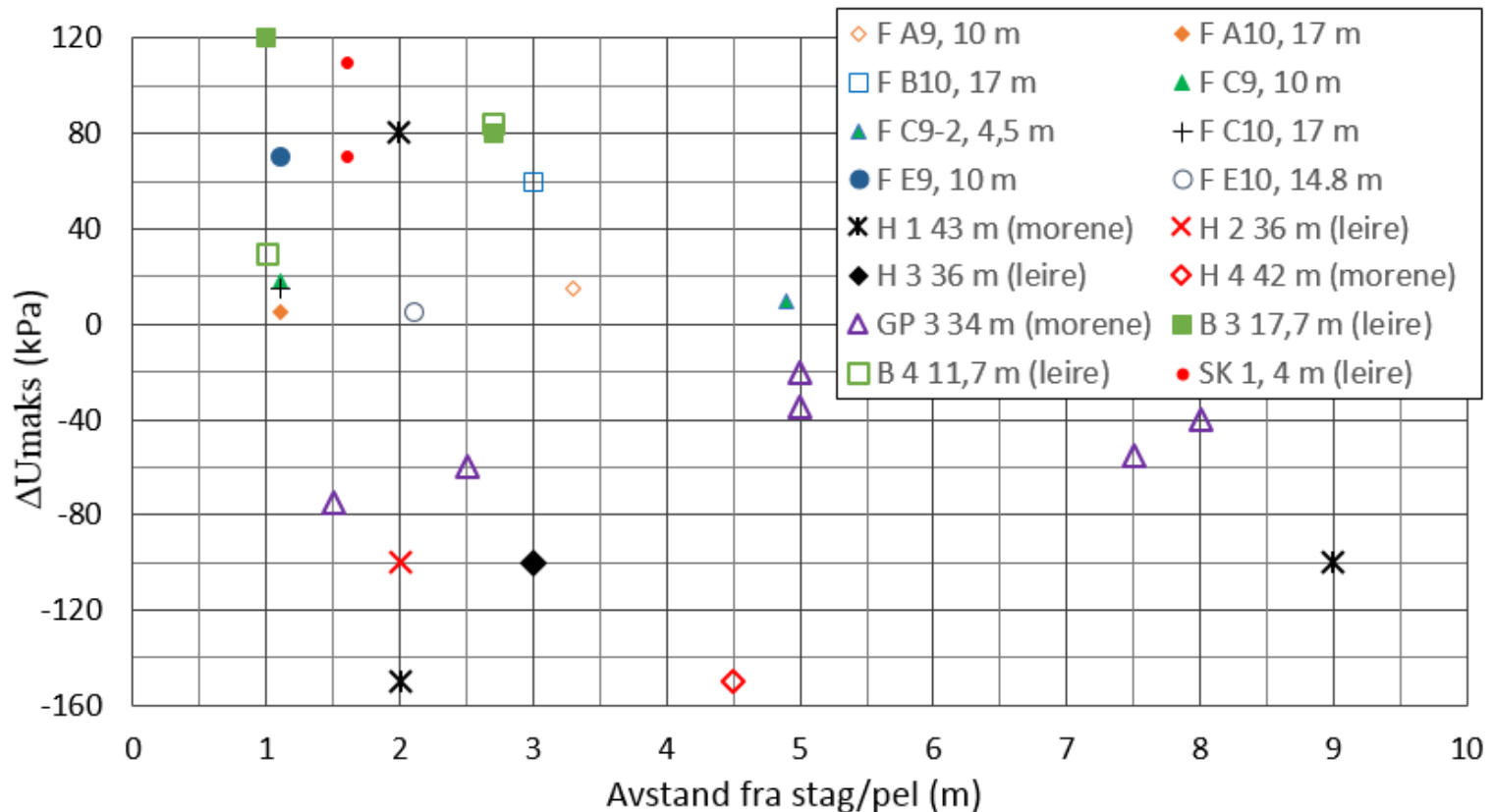
1. Målt lite terrengsetning, som trolig skyldes:
 - Få stag med relativt liten dimensjon (lite berørt volum)
 - Boret fra terreng (ikke destabiliserende trykk), samt uten terrenglast
2. Boring med luftdrevet senkhammer (felt B) har ført til:
 - større poreovertrykk (ca. 60 kPa og 3 m avstand) og terrengsetninger (maks 11-12 mm) enn andre boremetoder.
 - tilnærmet umiddelbare setninger over hele forsøksfeltet + re-konsolidering flere måneder etter endt boring.
 - utblåsing av trykkluft på utside av 1 foringsrør, samt opp langs stag i felt A
3. Ellers liten forskjell på installasjonseffekter ved boring i leire for de ulike metodene.
4. Borsynk avgjørende for å unngå massefortrengning og poreovertrykk. «Ideell» boring krever borsynk ca. 0,5-1 m/min.

Hvilke erfaringer har man fra nye byggeprosjekter?

Generelle trender:

1. Borsynk i bløt leire ofte så høy at det oppstår massefortrengning og påfølgende poretrykksøkninger lokalt rundt stag og/eller peler.
2. Boring med luftspyling i faste masser (sand/grus/morene) over berg gir økt risiko for innsuging av masser rundt borkrone som følge av "Venturi effekten" som videre kan føre til setninger.
3. Målt tilnærmet umiddelbare setninger som følge av boring, samt pågående setninger over lengre tid.
4. Boring ved bruk av luftspyling har generelt høyere risiko for å føre til setninger og skader i nærliggende områder. Risikoen øker også dersom det bores fra et nivå som er godt under grunnvannsnivå.

Sammenstilling poretrykkmåling i nye byggeprosjekter



F = Forsøksfelt stagboring

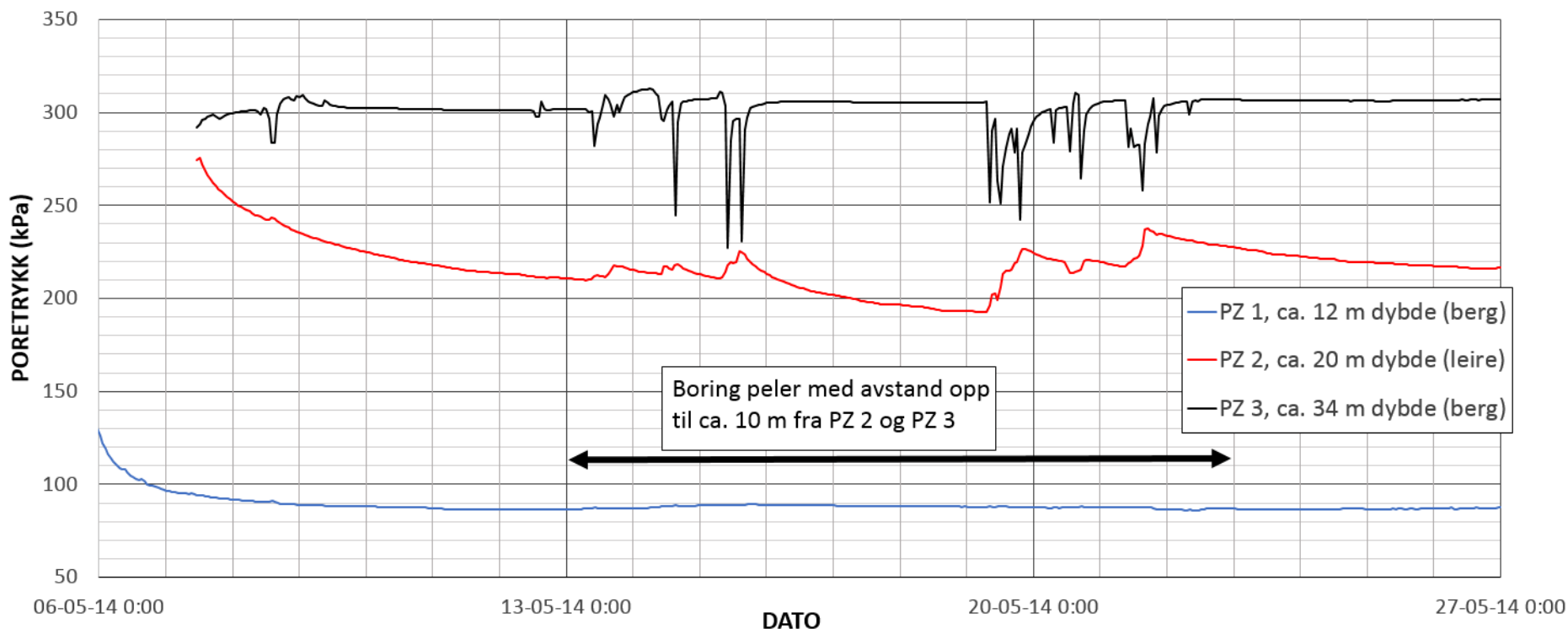
H = Stålrørspeler Ø711 mm

SK = Stålrørspeler Ø813 mm

GP = Stålkjernepeler Ø90-150 mm

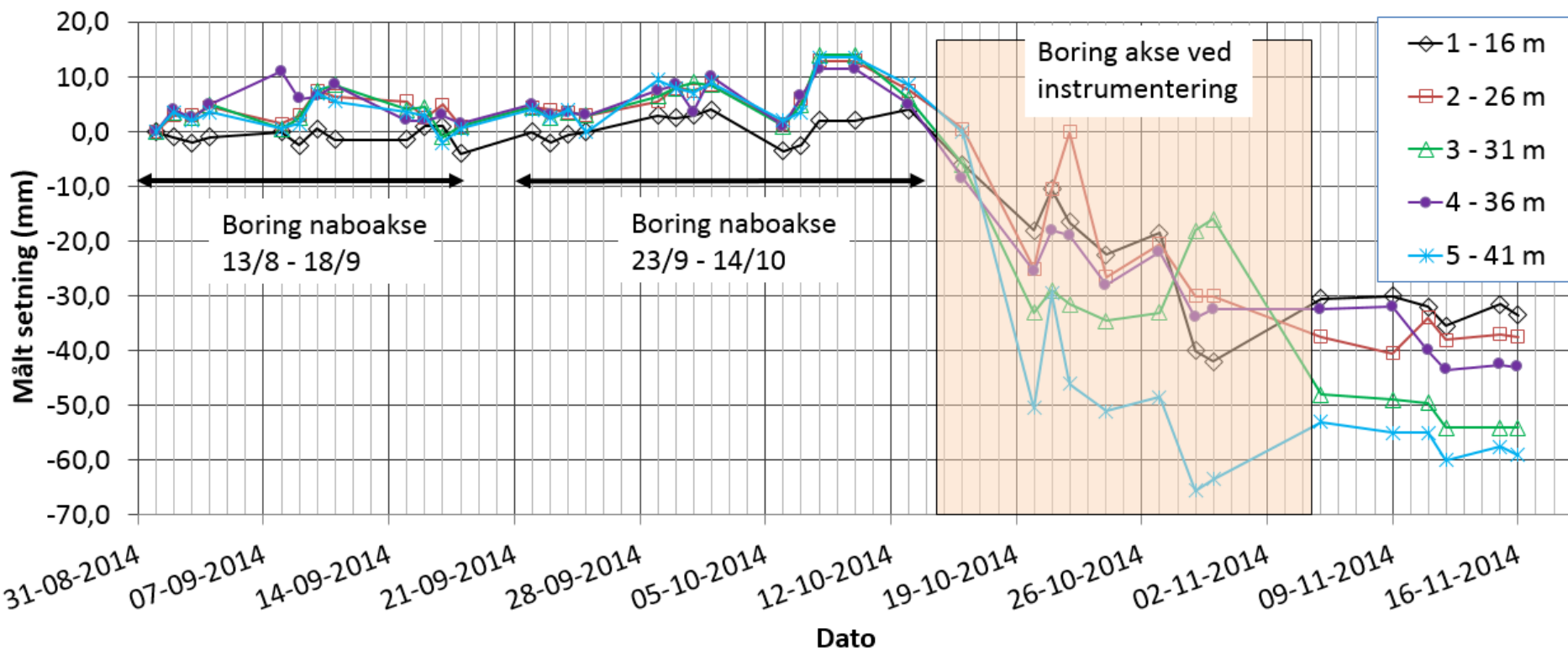
B = Stålkjernepeler Ø150 mm

- Reduksjon i poretrykk (maks. ca. 70 kPa) i morene/berg.
- Økning i poretrykk (maks. ca. 40-50 kPa) i leire.
- Indikerer massefortrengning i leire og sug rundt borkrone i morene/berg.



Setninger - boring av stålrørspeler

- «Umiddelbare» setninger ved boring av peler inntil setningsankere.
- Størst setning i anker nr. 5 på 41 m dybde.
- Setninger øker med ca. 10-20 mm over en periode på 3,5 mnd etter boring.



Anbefalinger boring - forbedrede prosedyrer og metoder

- a) Hvis teknisk mulig velg boremetode uten bruk av luftspyling (topp-/vannhammer). NB! Begrensning i dimensjoner.
- b) For luftdrevet senkhammer bør det benyttes ringbor- og pilotkroner spesielt utformet for å redusere «overboring» og negative effekter av luftspyling.
- c) RC-boring med kontinuerlig oppsamling og kontroll av volum borkaks kan være et alternativ i utfordrende grunnforhold.
- d) Borsynk i bløte masser må tilpasses dimensjon på boreutstyr og grunnforhold for å begrense massefortrengning og omrøring rundt borestreng (ca. 0,5-1 m/min).

Anbefalinger boring - forbedrede prosedyrer og metoder forts.

- e) Boring i bløt leire/silt/sand bør utføres ved spyleboring med vann. Vanntrykk og volum tilpasses dimensjon på boreutstyr og grunnforhold for å sikre tilfredsstillende transport av borkaks (ca. 3-15 bar og 60-350 l/min).
- f) Ved boring med luftdrevet senkhammer i faste masser bør lufttrykk reduseres til et minimum (< 8-10 bar, maks 15 bar i løsmasser).
- g) Det skal være kontinuerlig transport av spylemasser i retur opp gjennom stålrør for å unngå ukontrollert utblåsning.
- h) Stålrør skal fylles med vann før stopp i boreprosessen for å unngå innstrømming av masser og tetting av rør.

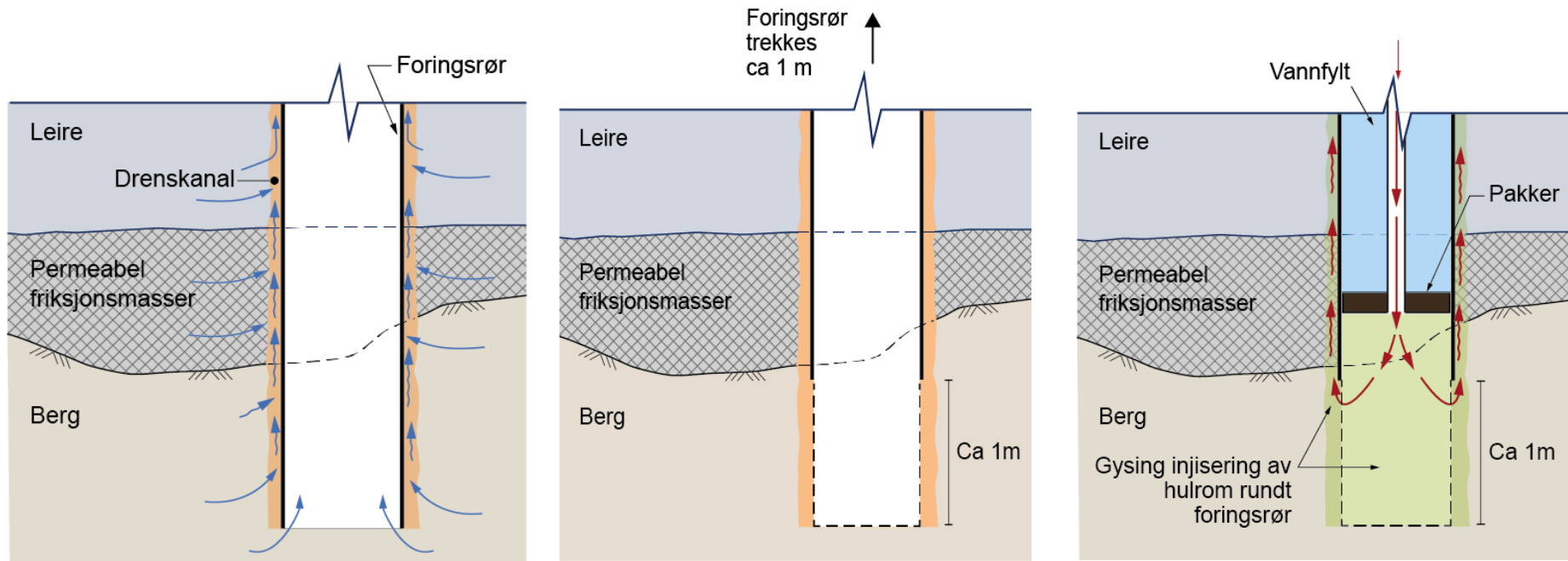
Tiltak for å redusere lekkasje og grunnvannssenking

1. Vurder alternativer som reduserer eller utelukker bruk av borede stag/peler.
2. Vurder om borede peler/stag kan etableres fra nivå over GV om mulig
3. Installere infiltrasjonsbrønner i berg for å opprettholde poretrykk.
4. Boring med tilsetning av støttevæske (polymer) som danner «kake» på utside rør.
5. Mørtelinjeksjon for tetting på utside av rør i overgang løsmasser og berg.
6. Installere lisser og/eller stålkjerner fortløpende for å redusere lekkasjetid. Eventuelt benytte midlertidig pakker i foringsrør.
7. Vurder peler/stag med kontinuerlig mørtelinjeksjon for å unngå/redusere lekkasje opp langs borehullet.



Tetting på utsiden av rør og i overgang mellom løsmasser og berg

1. Rør bores ca. 1 m inn i godt berg (fra nivå over GV og med tilsetning polymer).
2. Røret trekkes opp ca. 0,5-1 m (NB! Ikke for langt opp).
3. Mørtelinjeksjon med pakker i rør, eller ved å fylle mørtel opp f. eks. 10 m i rør.
4. Rør bankes til bunn av borehull.
5. Oppboring av injisert masse og montering av lissestag eller stålkjerner



Forbedret dokumentasjon og kontroll av boring

For å redusere skader knyttet til boring er det behov for:

- Bedre og mer detaljert dokumentasjon fra utførende
- Bedre oppfølging/kontroll fra byggherrer og rådgivere

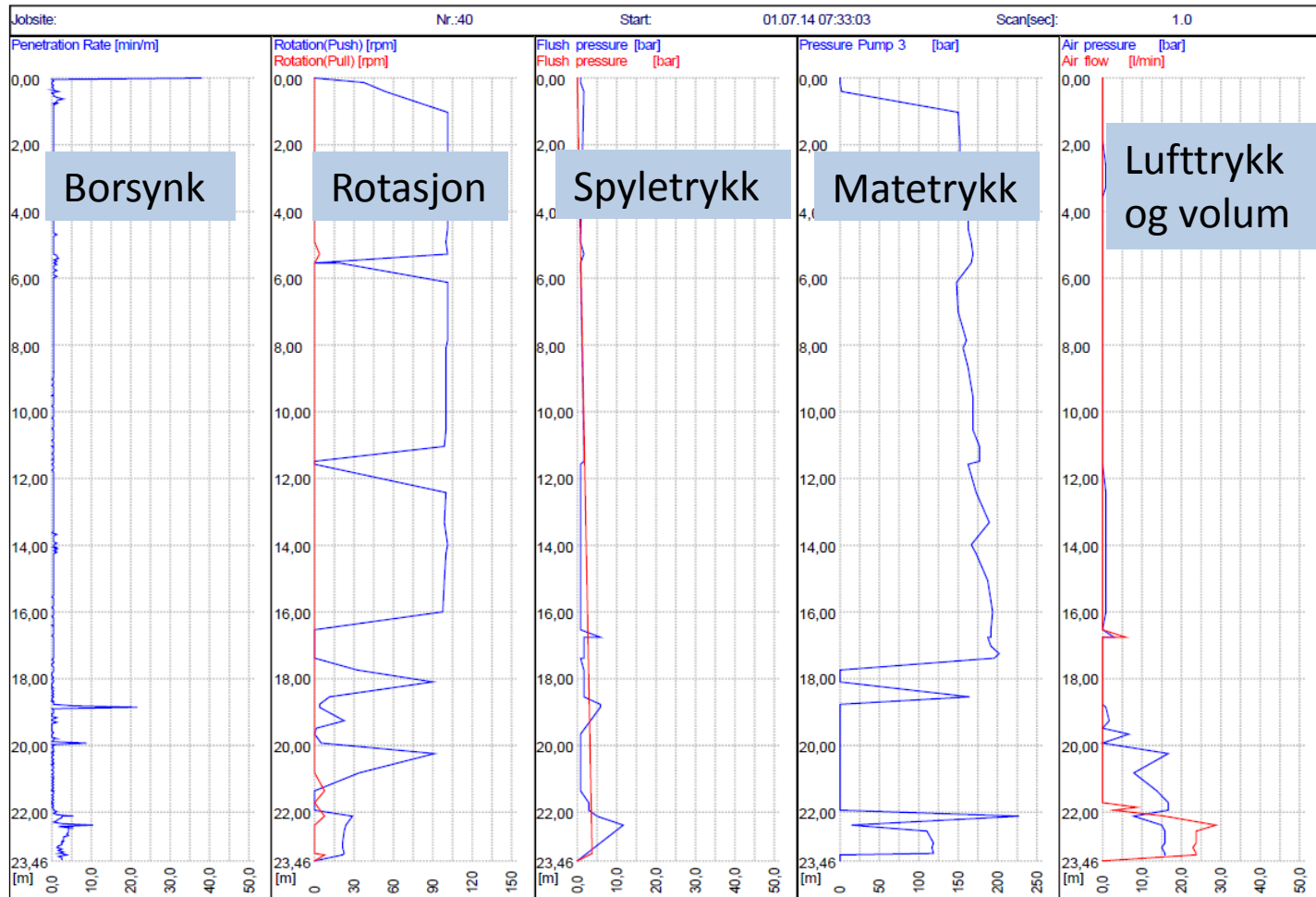
- Boreprotokoller den viktigste dokumentasjonen av utførelse. Krav til innhold gitt i Eurokode 7 og SVV prosesskode 2, men mangler en del relevant info om utførelse av boring.



Forbedret dokumentasjon og kontroll av boring

- Automatisk datalogging og registrering av relevante parametere bør i større grad innføres og kreves ved boring.
- Bedre instrumentering med måling av poretrykk og setninger i flere dybder og relevant avstand fra boring for å dokumentere installasjonseffekter, samt vurdere prosedyre og metoder.
- Måling av volum borkaks og spylevann for kontroll av «overboring» og volumtap.

→ Forutsetter gode og detaljerte beskrivelser fra rådgivere.





Takk for viktige bidrag fra:
Skanska, NCC, Veidekke, Hallingdal Bergboring,
E-Service, NFT, FAS, og Brødrene Myhre.

Takk for oppmerksomheten!