



NFF Temakveld 18/2-2021

Trygge byggegropar i kvikkleire

Sigbjørn Rønning

Presentasjon

- Sigbjørn Rønning
- 1987 Siv.ing NTH (NTNU)
- 1988-2017 Noteby AS / Multiconsult AS Oslo og Trondheim
- 2017- NGI Trondheim

- Dette foredraget er basert på erfaringer fra følgende erfaringer med prosjektet:
 - Multiconsults byggeplanprosjektering på oppdrag fra Statens Vegvesen 2008
 - Multiconsults bidrag til arbeidsfellesskapet AF/Züblin i tilbudsfasen (konkurranspreget dialog) 2009
 - Multiconsults utleie av undertegnede til SVV som kontrollingeniør for grunnarbeidene 2010-2013

Agenda

➤ Prosjektet:

- Statens Vegvesen, region midt, E6 Trondheim –Stjørdal, parsell Trondheim, dagsone vest

➤ Stikkord:

- Geoteknikk, grunnundersøkelser, prosjektert løsning, forsøk rørspunt, poretrykk, deformasjon, samarbeid

E6 Trondheim - Stjørdal

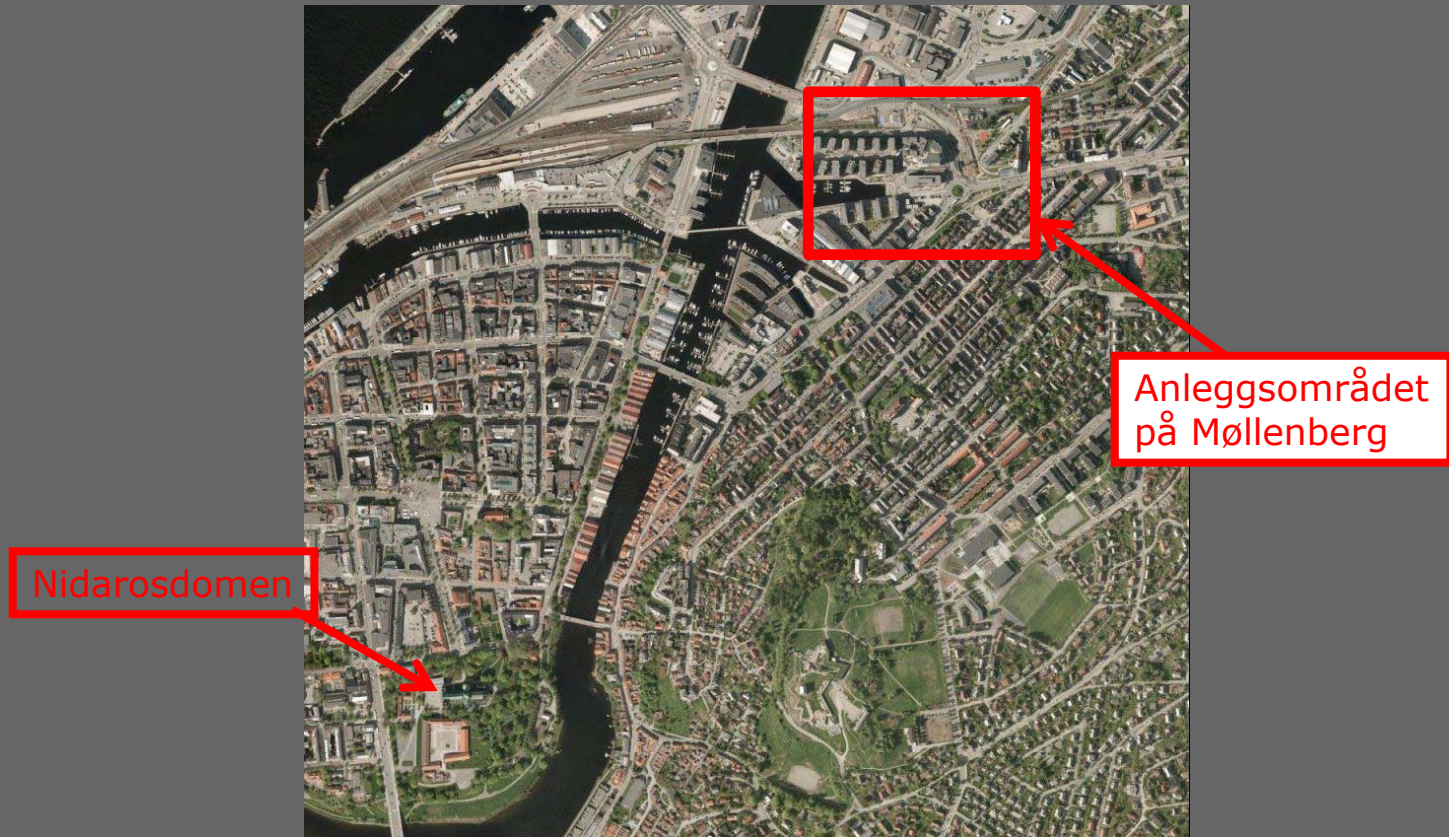
- Prosjektet E6 Trondheim-Stjørdal (tidligere E6 Øst) består av to delparseller. Disse er Nidelv bru-Grilstad i Trondheim kommune og Værnes-Kvithammar i Stjørdal kommune.



- Parsellen Nidelv bru-Grilstad fungerer som en fortsettelse av Nordre avlastningsveg østover fra Nidelv bru til Grilstad ved krysset til Omkjøringsvegen/E6.
- Som en del av parsellen ble det bygd en løsmassetunnel mellom jernbanen ved Nyhavna og fjellpåhugget ved Møllenberg.

Hvor er det utført?

(Ortofoto fra Trondheim kommune)



- Multiconsults illustrasjon
utarbeidet i forbindelse
med detaljprosjekteringen
av løsmassetunnel 2007



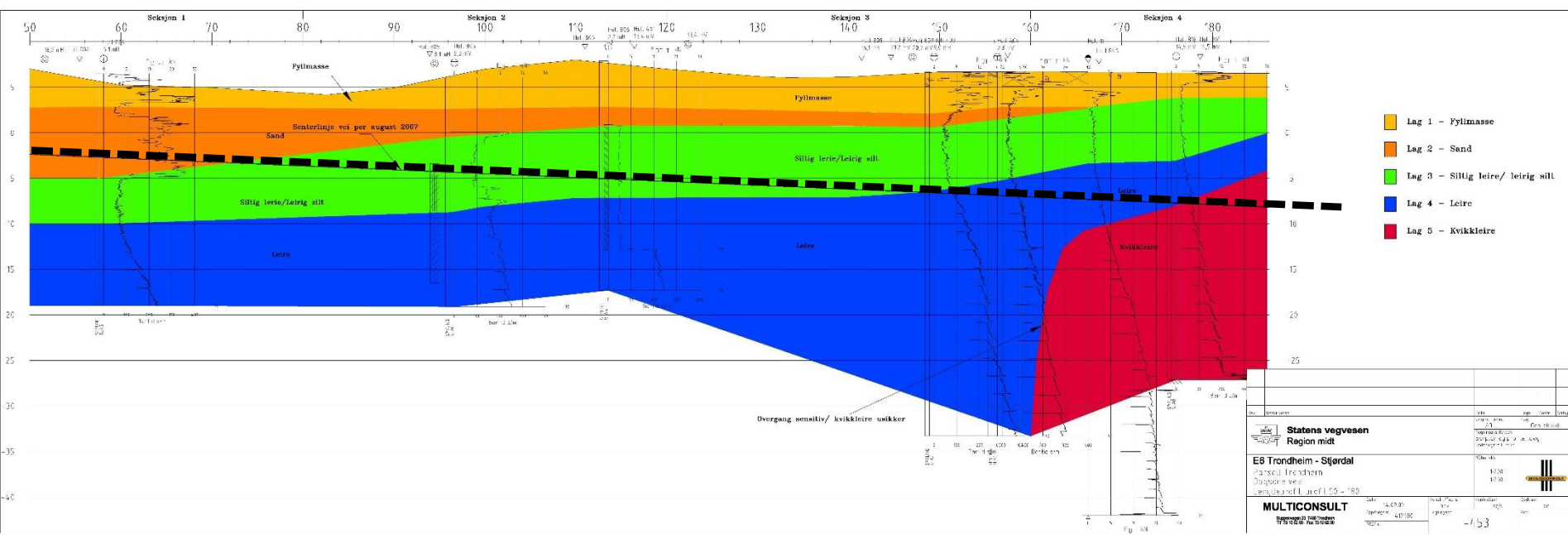
Grunnundersøkelser

- Forutsetning for å kunne planlegge og utføre et slikt prosjekt:
 - Tilstrekkelig omfang og kvalitet av grunnundersøkelser
- Flere runder med:
 - Totalsondering
 - CPTU
 - 54 mm prøvetaking
 - Blokkprøver
 - Poretrykksmåling
 - Ødometer
 - Treaksialforsøk (passiv, aktiv, direkte skjær)



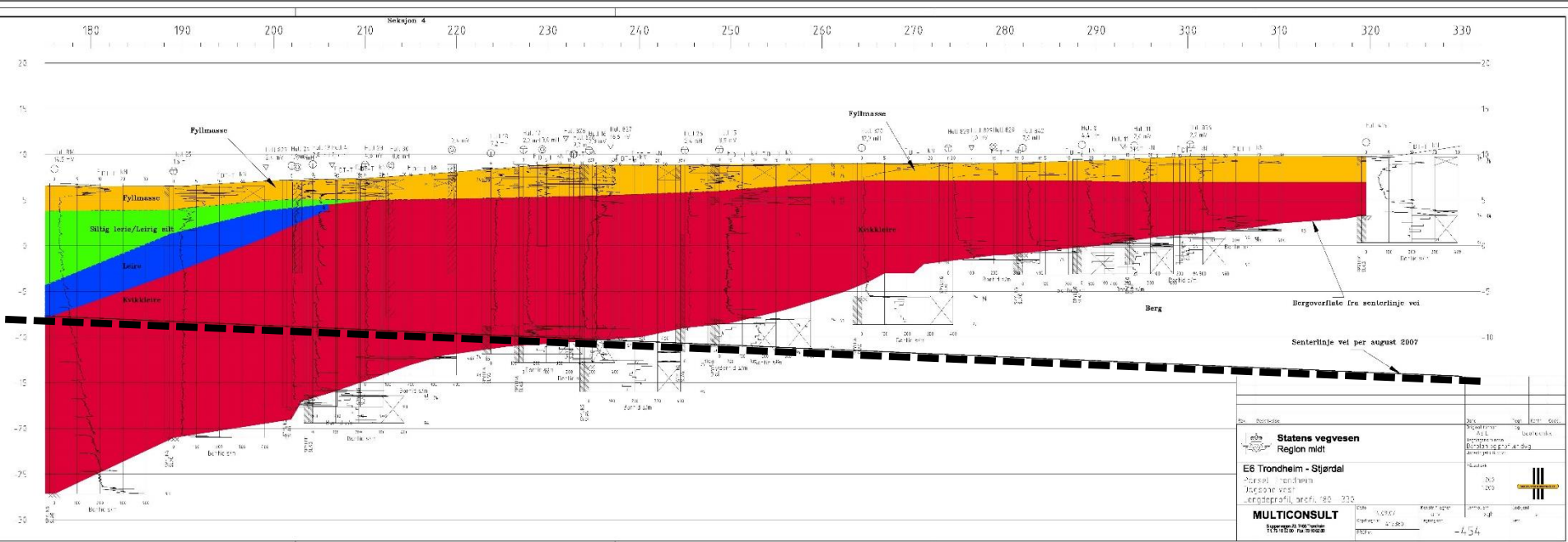
Grunnundersøkelser

- Ytre del : Fyllmasser over sand, siltig leire og leire kvikkleire der tunnelen skal dypere



Grunnundersøkelser

➤ Indre del : Fyllmasser over kvikkleire over berg



Alternativsvurdering

➤ Spunt Hz

- Stor stivhet
- Lite massefortrenging
- Tetting mot ber utfordring
- Injeksjon i berg

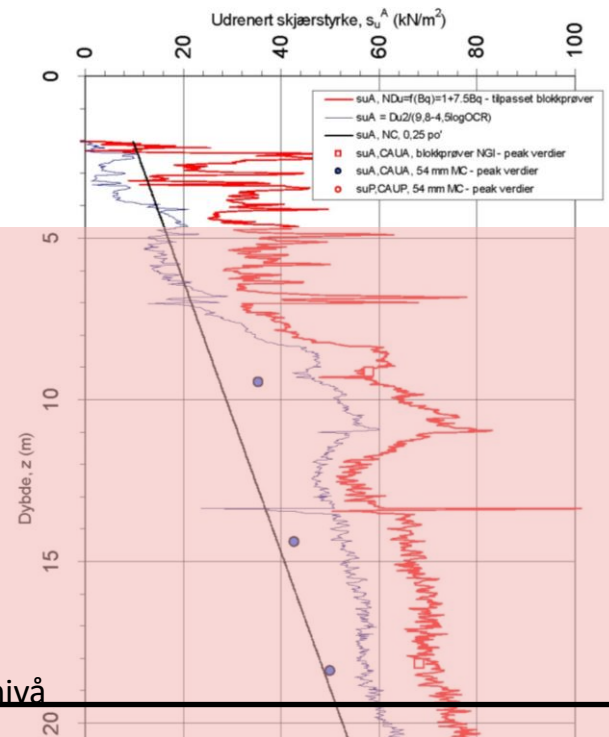
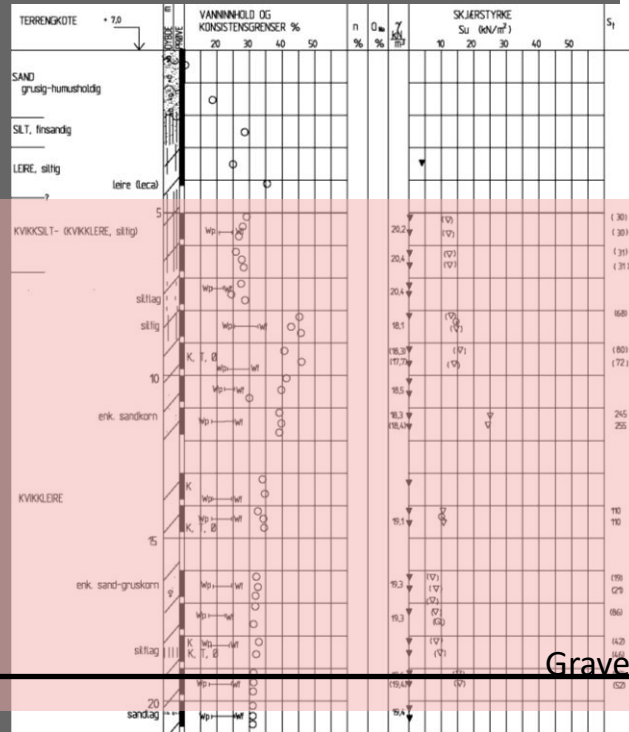
➤ Slissevegger

- Kvikkleire en utfordring
- Må kalk-sementstabilisere først også utenfor veggen
- Rive flere hus
- Stort produksjonsapparat

➤ Sekantpelevegg

- Mange av de samme ulempelene som slissevegg

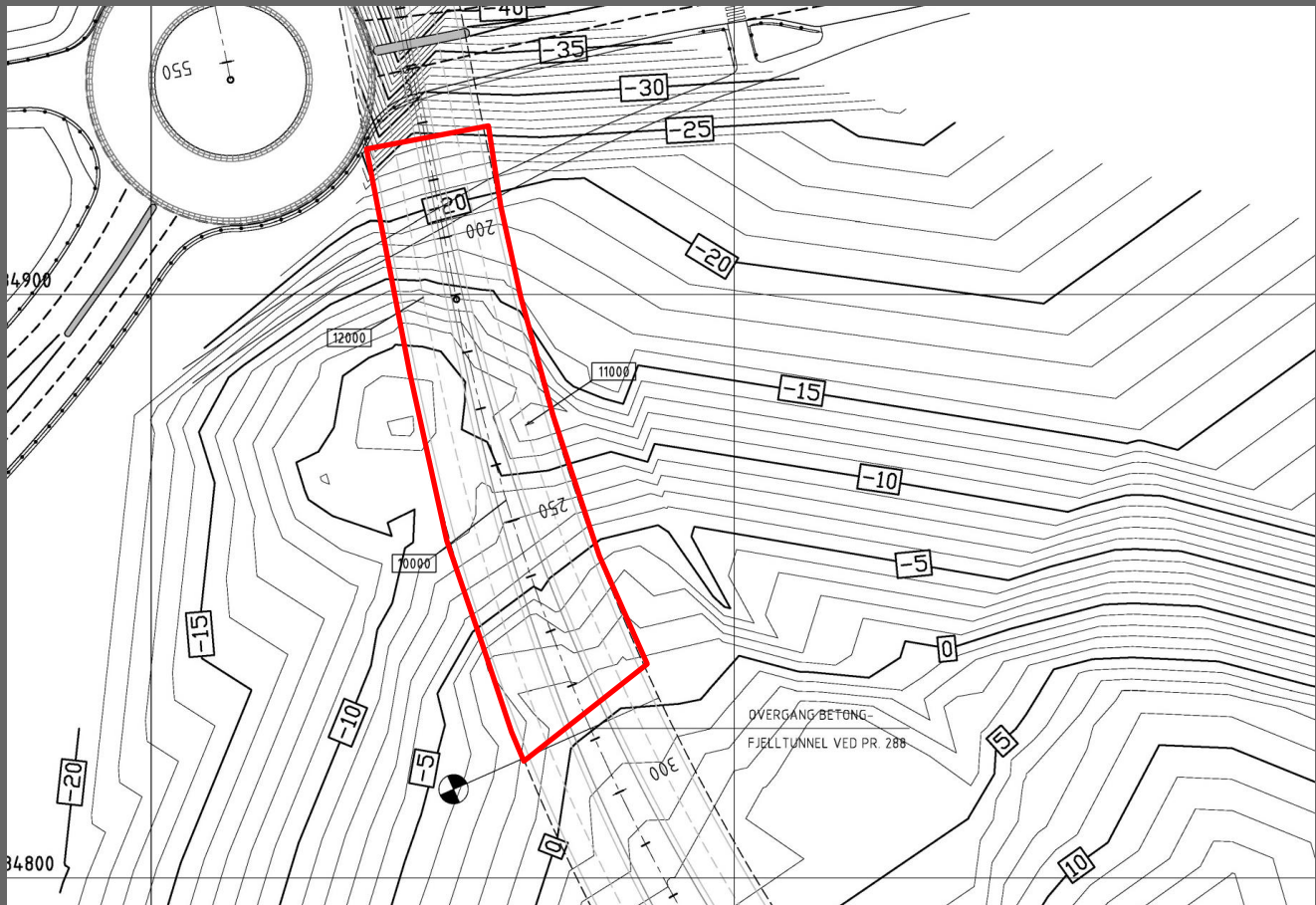
Grunnforhold



Det er et tynt og usammenhengende morenelag over berg med leire og stein. Tykkelse: 0-1,5m.

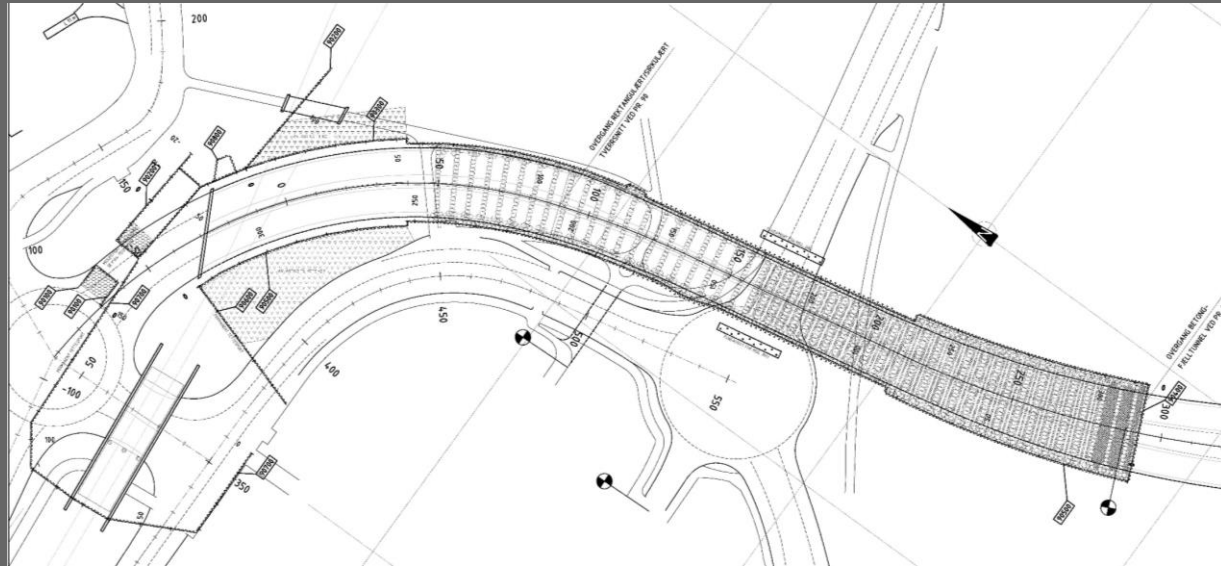
Fjellkotecart Møllenberg

- Tunnelen treffer en bergrygg, men ikke rett inn mot ryggen.
- Støttevegg til berg

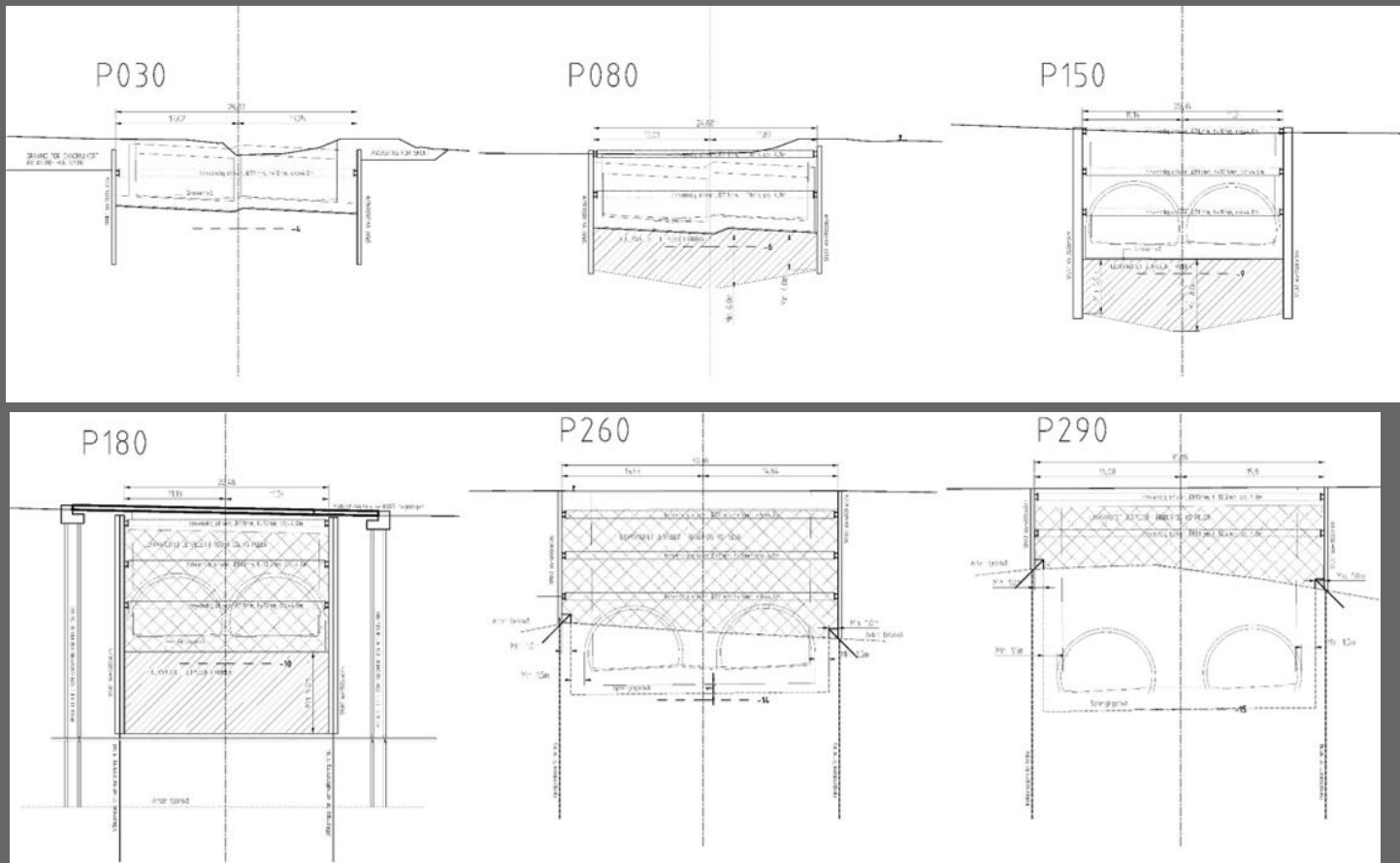


Byggeplan Multiconsult

- Spuntvegger med innvendig avstiving
- 4 stivernivåer
- Innvendige ribber med jetpeler under gravenivå
- Kalk-sement over og under gravenivå.



Tverrprofiler



Elementer av valgt løsning

- Etablere stive støttevegger
- Innvendig avstiving
- Etablere stivhet mellom vegger før graving (kalk-sement (jet-peler)
- Så få hull i støtteveggen som mulig for å redusere lekkasjemuligheter
- Etablere injeksjonsskjerm under spuntveggen
- Etablere infiltrasjonsbrønner i berg før utgraving

Usikkerheter

- Tetting av spunt mot berg
- Presisjon jetpeler for å få kontinuitet på tvers av byggegrop
- Krevende utførelse – som må beskrives i detalj
- Usikkert kostnadsnivå

Anbefaling fra MC til SVV:

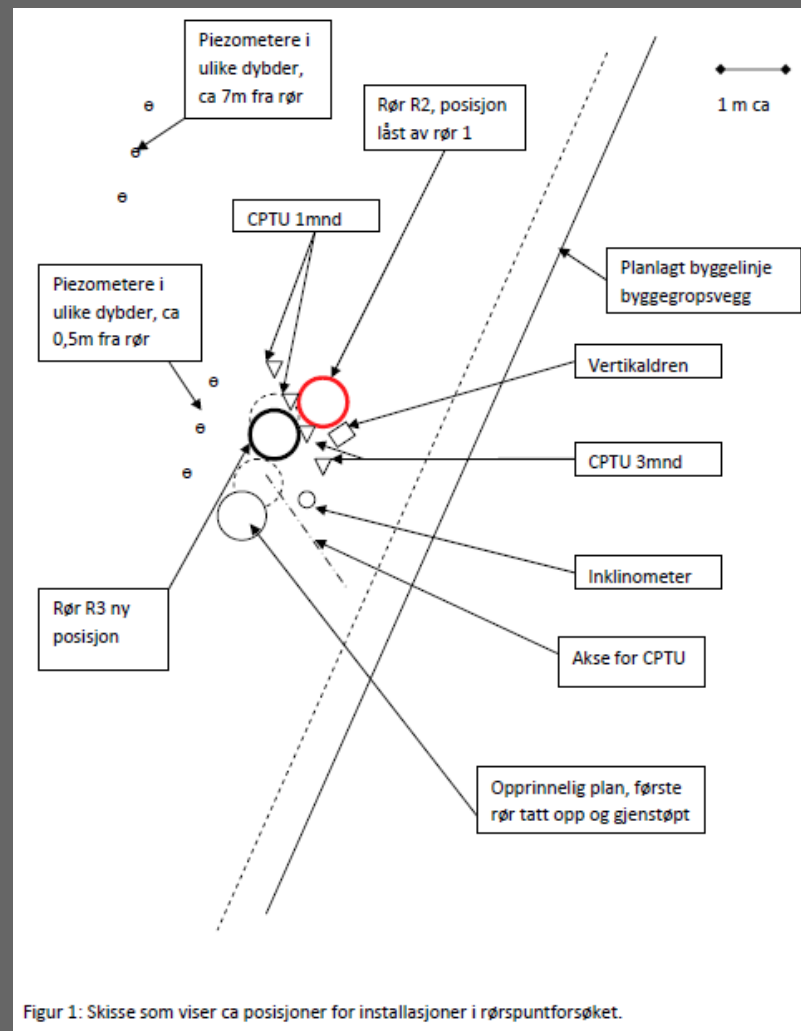
- Stor usikkerhet med kostnader ved tradisjonell kontraktsform
- Anbefaler at entreprenør får påvirke løsning og ta ansvar for denne
 - Endte opp med at SVV gikk ut med innkjøpsform: konkurransepreget dialog

Konkurransepreget dialog

- Multiconsult samarbeidet med arbeidsfellesskapet AF/Züblin om å vinne kontrakten.
- Dialogfase ca. ½ år
- Kreativt samarbeid som endte i 2. plass (av 2 deltagere)
- Etter 2. plassen ble jeg utleid til SVV som kontrolleringeniør for oppfølging av grunnarbeidene.
 - Her kommer noen av de tingene som ble fulgt opp i den perioden

Prøvespunt rørspunt

- Siden metoden ikke var prøvd før foreslo NCC prøvespunt
- Prøvespunken ble instrumentert med poretrykksmålere og trykceller.
- Det ble i tillegg kjørt CPTU i ulike avstander og tidspunkt etter installasjonen.
- 3 rør planlagt, 1,5 rør utført
 - Problemer med låsefriksjon blant annet



Figur 1: Skisse som viser ca posisjoner for installasjoner i rørspuntforsøket.

Noen situasjonsbilder fra rørspunt



Stort
område
grises til



Utspyling
av masse
med
vannspyling



Rørspunt med ringborkrone

Uten pilotkrone Med pilotkrone

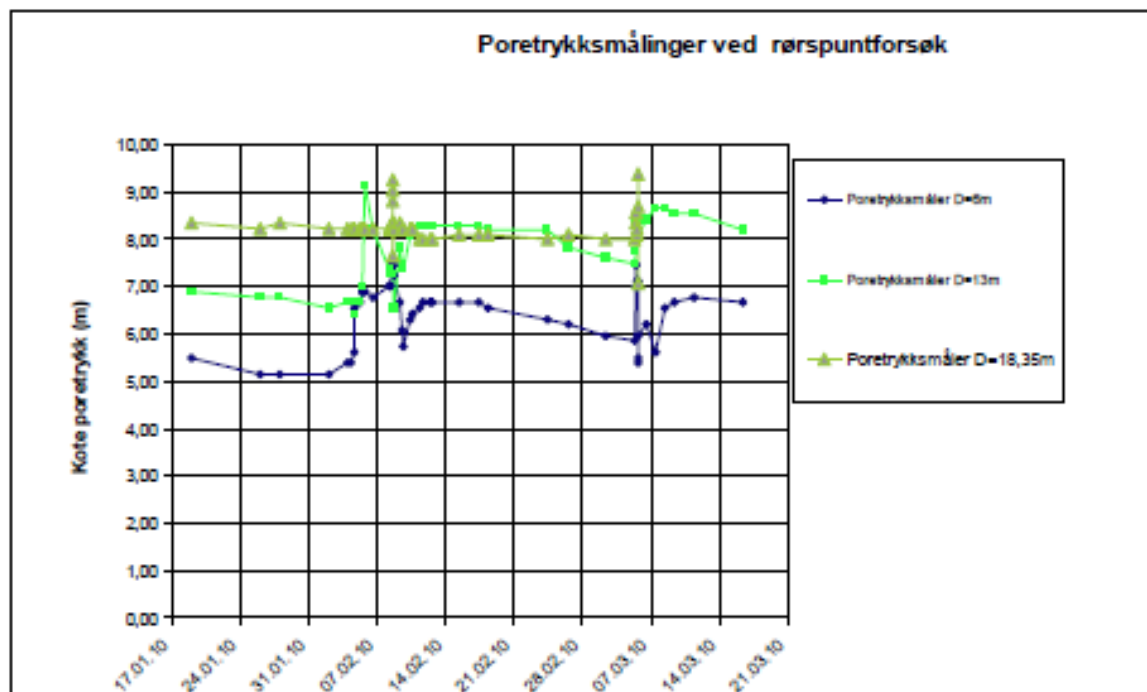


Modifisert pilotkrone



Poretrykksmåling under installasjon

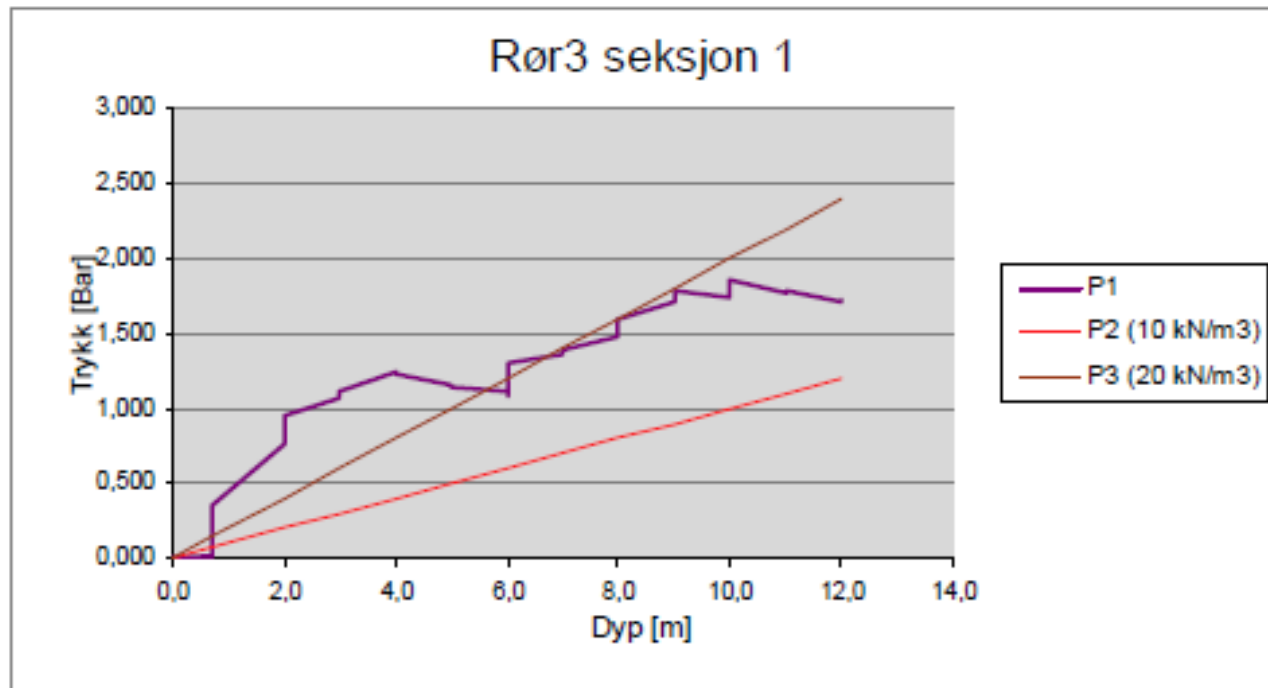
Resultat av poretrykksmåling i 6, 13 og 18,3m dybde 0,5m fra rørsputtforsøket.



Figur 1: Resultat av poretrykksmålinger 0,5m fra rørsputtforsøk. Måler i dybde 18,35m sluttet å fungere ved avsluttende boring av rør R2.

Trykkceller ved spissen

Trykkceller på rør R3

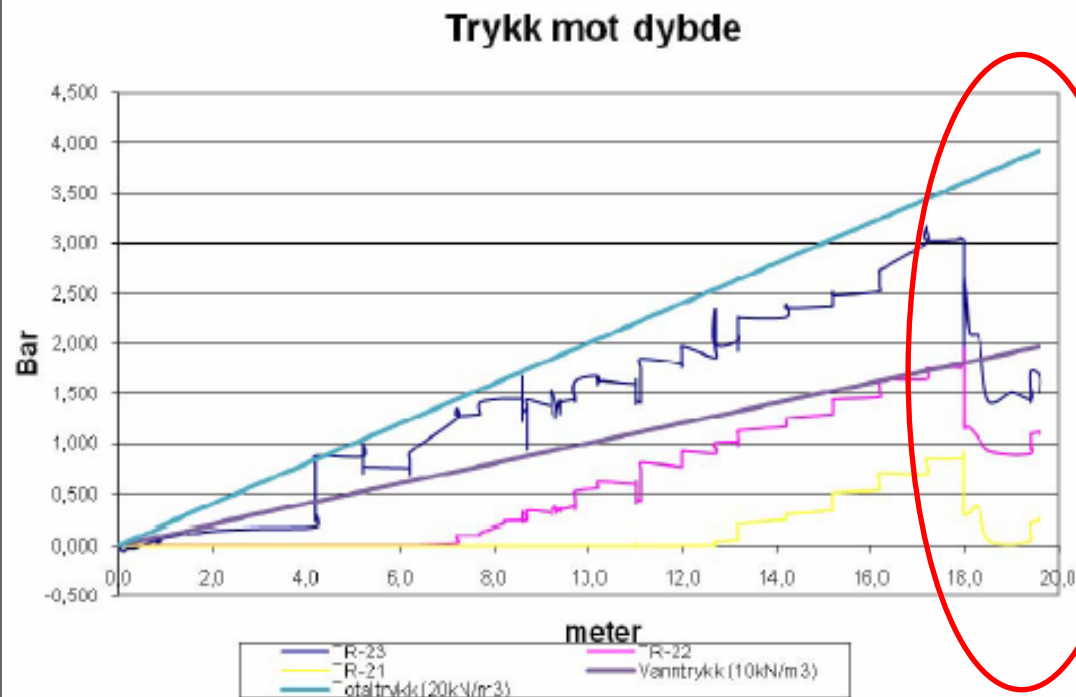


Figur 5 Rør R3: Totaltrykk ved spiss i forhold til nedpressingsdybde, 0-12m

Trykkcelle ved spissen

➤ Kritisk tidspunkt når lufttrykk settes på!

Trykkceller på rør R2



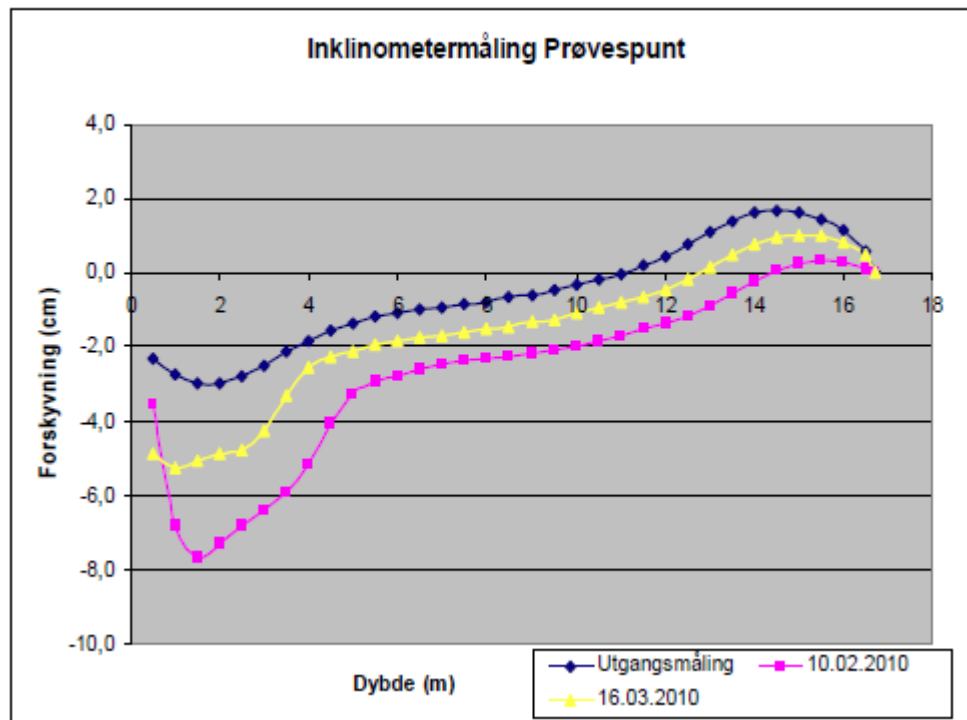
Figur 9 Rør R2: Totaltrykk ved spiss, 6m over spiss og 13m over spiss i forhold til nedpressingsdybde

Luft på utsiden av spuntrøret



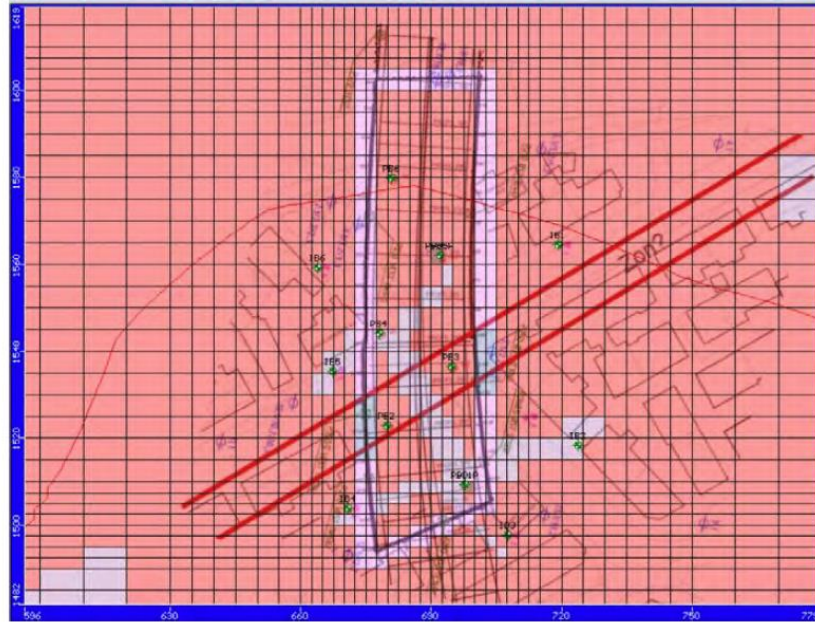
Inklinometermålinger inntil prøvespunt

Vedlegg 4 Resultat av inklinometermålinger

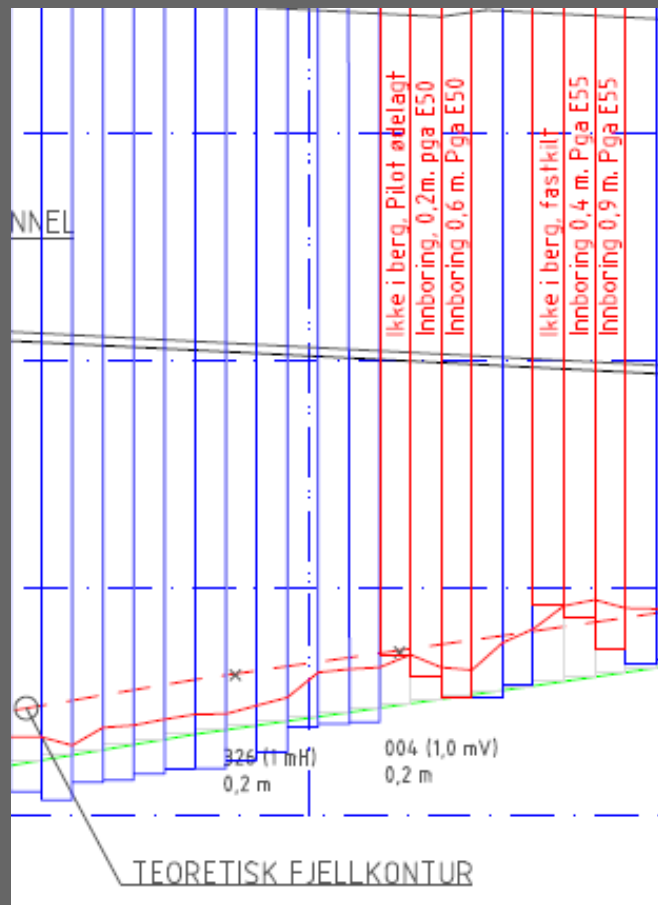


Pumpeforsøk etter ferdig installert spunt

Grundvattenmodellering av schakt vid byggandet av E6 genom Trondheim



Utsnitt av detaljert spuntoppriss



God overensstemmelse mellom teoretisk og faktisk bergnivå. Viktig med god kartlegging på forhånd.

Jet-peler for tetting ved manglende innboring.

Likevel: Manglende innboring = potensiell lekkasje.

Utført etterinjeksjon med polyuretan.

Rørspunt slik den ble utført

- Rørspunt vibreres ned til berg/morene med vibrolodd.
- Pilotkrone entres røret.
- Røret tømmes for masse ved spyling og rotasjon av pilotkrone.
- Pilotkrone kobles sammen med ringborkrone.
- Røret tømmes for væske med luft fra senkhammer.
- Rør med pilot bores inn i berg (1,2m).

Denne metoden fungerte her, men kan ikke nødvendigvis gjennomføres ved andre grunnforhold uten justering!



Rørspunt med armeringskorg og påsveist foringsrør for injeksjon



Overgangen mot berg framstår generelt som tett, men det finnes unntak!
Fotbolter bores gjennom rørspunt inn i berg.



Tett spuntfot



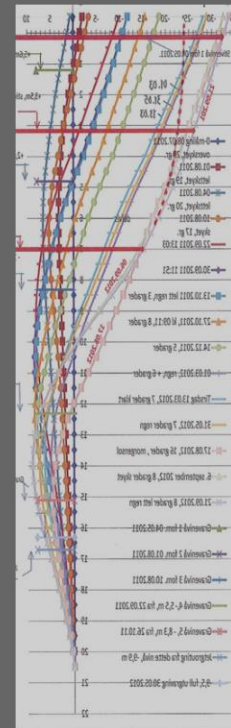
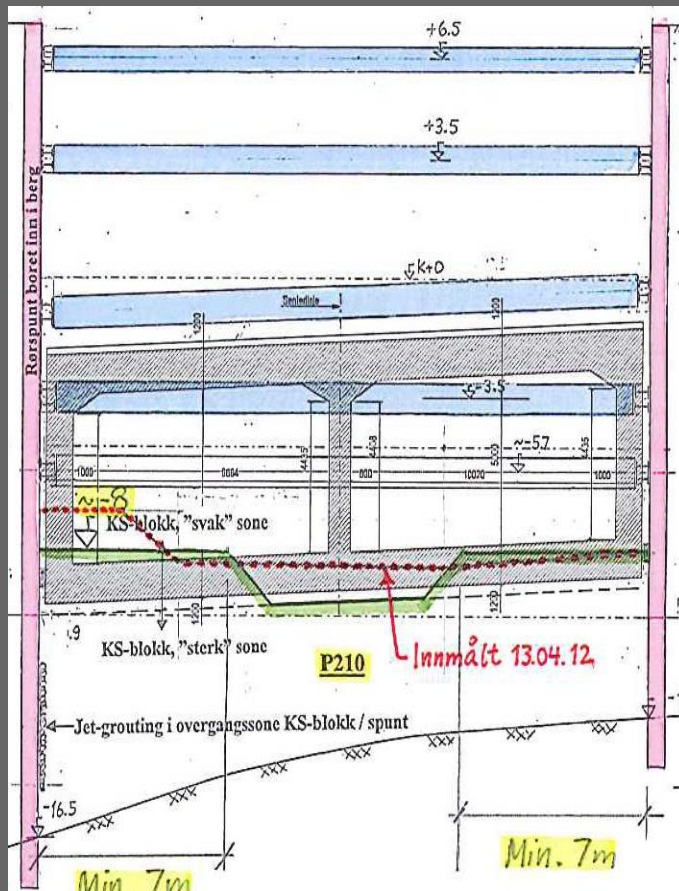
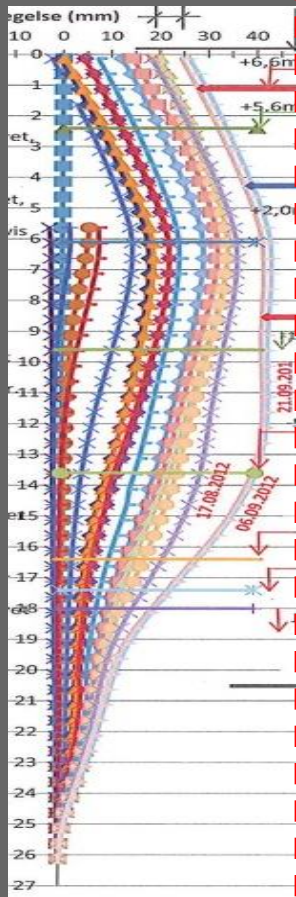
- Rørspunt boret inn 1,2m i godt berg.
- Rørene ble rengjort, deretter armert og støpt ut.
- Injeksjon mellom spuntfot og berg, samt som «gardin» i berget under spunten.
- Etter frigraving ble det montert fotbolter gjennom spuntfoten.

Av 350 rørspuntrør var det ca 15 rør som ikke ble boret inn i berg.
Ved enkelte av disse er det noe lekkasje.

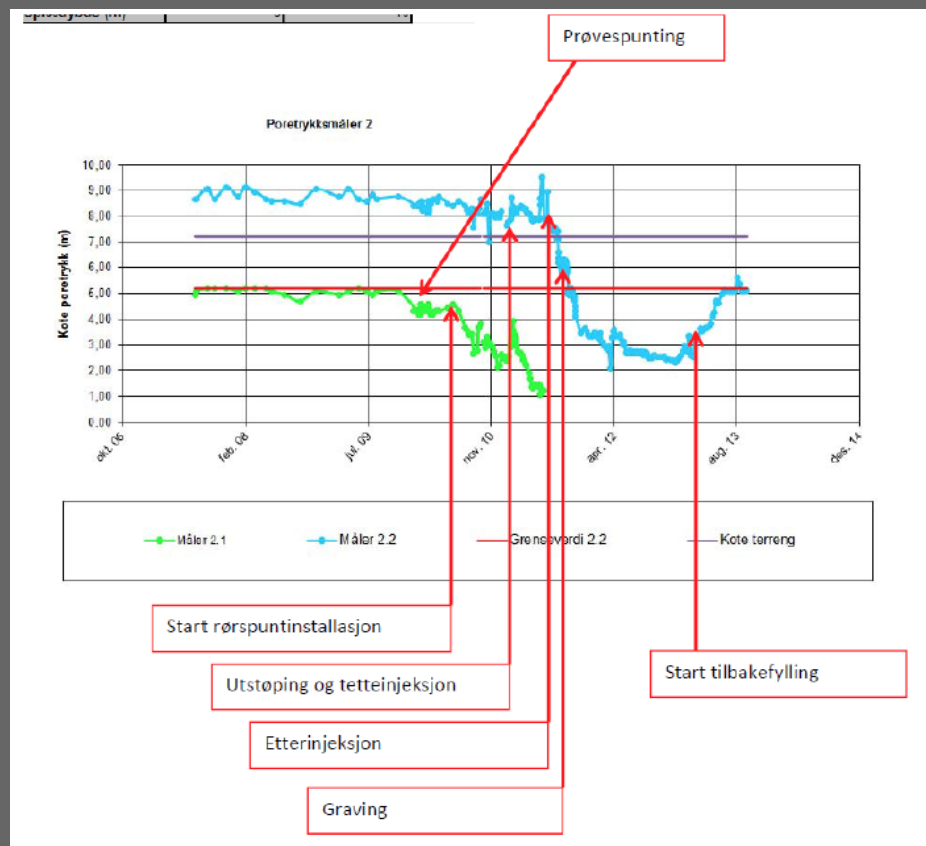


Her har
ringborkrone løsnet
fra spuntrøret

Kontraktsmessig deformasjonsgrense: 0,25% av gravedybde

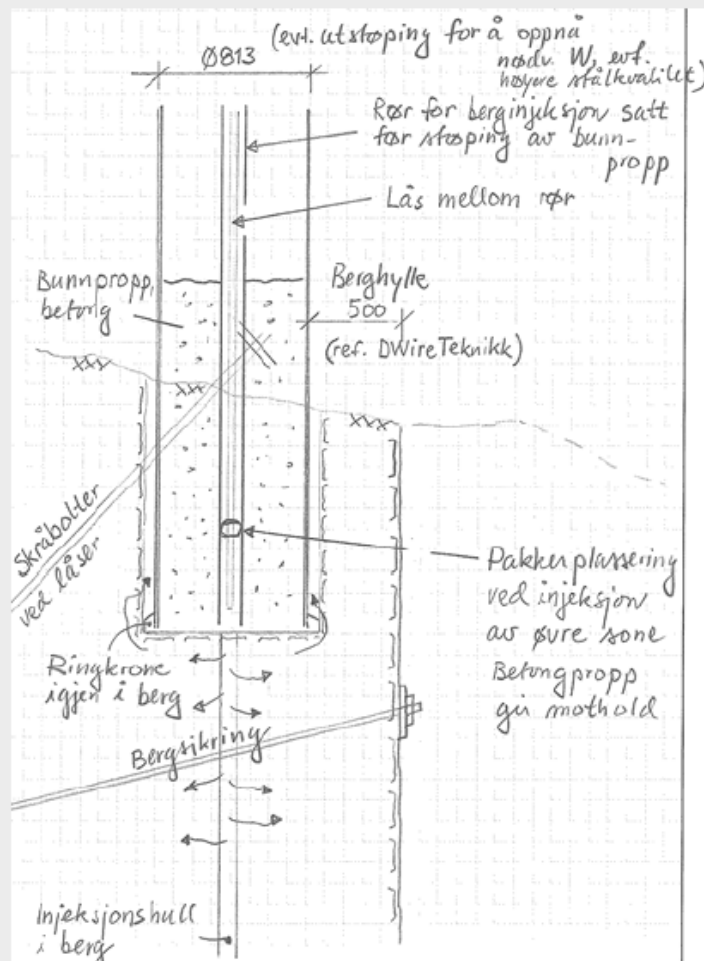


Poretrykksregistreringer under utførelsen



Spuntfoot mot berg når rørsput

- Mulig rørsput-løsning presentert på dialogmøte 07.05.09 og bearbeidet videre gjennom prosjekteringsfasen.
- Tett samarbeid, internt i NCC's team, og mot SVV
- Kynningsrud og Hallingdal Bergboring sentrale i utviklingen.
- Begrense rørdiameter av boretekniske grunner.
- Ø610/10 mm valgt.
- Noe armering og utstøping.





Takk til:

- Tidligere kollegaer i Multiconsult
- Statens vegvesens organisasjon på stedet
- NCC som utførte jobben

Anders Beitnes

Torgeir Haugen



#onsafeground

NORWEGIAN GEOTECHNICAL INSTITUTE
NGI.NO