

# Instrumentering av byggegrop

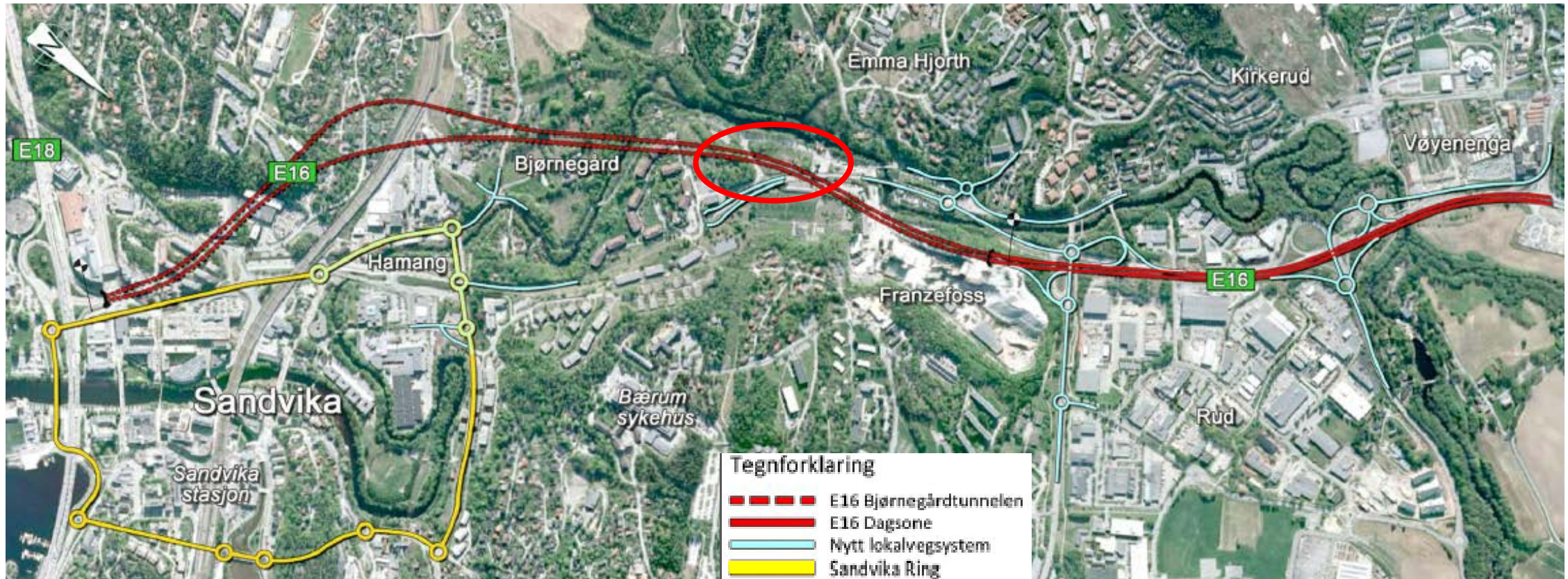
Prosjekteksempel E16  
Sandvika - Wøyen

---



**Amund Augland**  
**Geovita AS**

# E16 Sandvika - Wøyen



- Byggherre: Statens vegvesen
- Entreprise «E01 Bjørnegårdstunnelen»
- Utførelsesentreprise: NCC

- Byggestart vinteren 2015
- Ny E16 åpnet for trafikk i 2019
- Lokalvegnett stod ferdig i 2021

# E16 Sandvika - Wøyen



# Byggegrøp Mølla

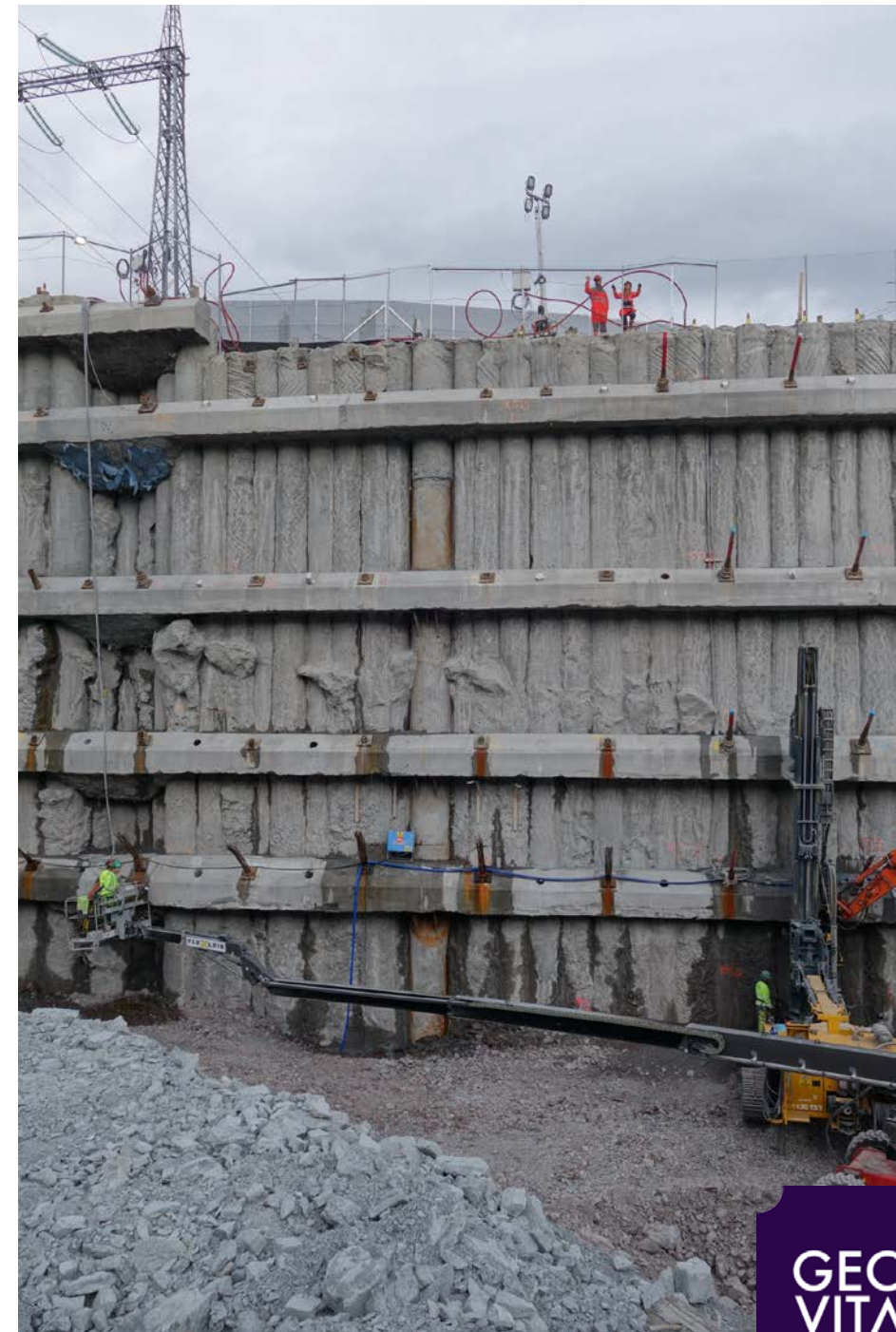


# Byggegrøp Mølla



## Tema i presentasjonen

- Støttevegger i prosjektet og tanker rundt behov for instrumentering
  - Byggegropp Franzefoss
  - Byggegropp Mølla
- Gjennomgang av valgt instrumentering
  - Oppdeling av ansvar / «entrepriser»
  - Typer instrumentering og overvåking
  - Anskaffelse
- Presentasjon av resultater
- Diverse erfaringer og observasjoner



# Byggegrøp Franzefoss

- 5 støttevegger
  - Spunt mot Sandvikselva
  - Spunt for VA-trasé
  - Sekantvegg mot E16
  - Spunt over påhugg
  - Kombinert spunt/rørvegg
- Vurderinger rundt valgt omfang og type instrumentering



# Byggegrøp Franzefoss

Spunt mot Sandvikselva

- Tettespunt for å ivareta 200-års flom og vanninntrengning i grøp
- Uten avstivning



Ingen instrumentering eller overvåking





# Byggegrøp Franzefoss

## Spunt for VA-ledning

- Utgravingsdybde ca 5 – 6 m
- En stegrad
- Enkel spuntkonstruksjon
- Ukomplisert og ingen spesielle forhold



Ingen instrumentering eller overvåking



# Byggegrøp Franzefoss

## Sekantvegg mot E16

- Største høyde av sekantvegg: 12,8 m
- 3 m skråningshøyde opp til E16 med ÅDT 35.000
- Robust og stiv konstruksjon
- Ingen deformasjonskrav
- Likevel forholdsvis dyp utgraving i kombinasjon med trafikk bak



Instrumentering og overvåking med manuelle deformasjonsmålinger i 3 snitt



# Byggegrøp Franzefoss

Spunt over påhugg

- Utgravingsdybde ca 5 – 7 m
- To stagrader
- Enkel og tradisjonell spunt, men sikrer påhugget til bergtunnel
- Ukomplisert



Ingen instrumentering eller overvåking



# Byggegrøp Franzefoss

## Kombinert spunt-rørvegg

- Største utgravingsdybde: 17 m
- 2-4 m skråningshøyde bakenfor spunt
- 5 stagrader
- Uvanlig konstruksjon



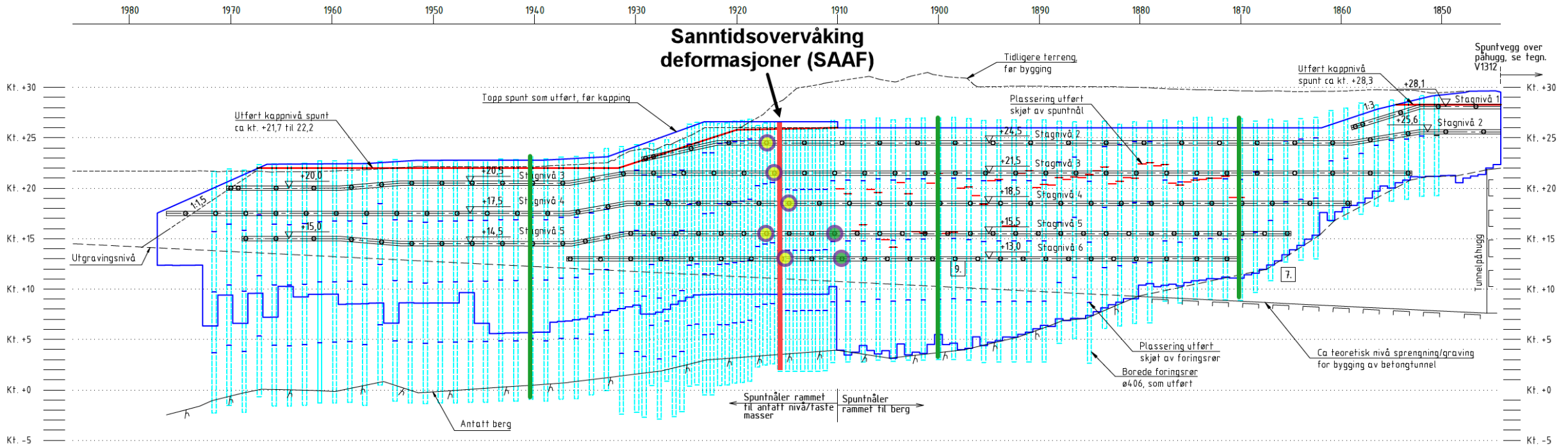
## Instrumentering og overvåking:

- Manuelle inklinometere i 3 snitt
- Sanntidsovervåking av deformasjoner i 1 snitt
- Sanntidsovervåking av staglaster i 1 snitt
- Staglastmåling med analoge lastceller (2 stk)
- Sanntidsovervåking av poretrykk for oppfølging av poretrykk, i kombinasjon med pumpebrønner for poretrykkssenkning



# Byggegrøp Franzefoss

## Kombinert spunt-rørvegg



- Manuelle inklinometere i 3 snitt
- Sanntidsovervåking av deformasjoner i 1 snitt
- Sanntidsovervåking av staglaster i ett snitt
- Staglastmåling med analoge lastceller (2 stk)

# Byggegrøp Mølla

- 2 støttevegger
  - Spunt for anleggsvei
  - Sekantvegg mot E16 (inkl. sekantvegg over påhugg)
- Vurderinger rundt valgt omfang og type instrumentering



# Byggegrøp Mølla

Spunt mot anleggsvei

- Utgravingsdybde inntil 8 m
- Inntil to stagrader
- Enkel og tradisjonell spunt
- Ukomplisert og ingen spesielle forhold



Ingen instrumentering eller overvåking



# Byggegrøp Mølla

## Sekantvegg mot E16

- Største utgravingsdybde: 28 m
- 3-4 m skråningshøyde opp til E16 med ÅDT 35.000
- 7 stagrader
- Uvanlig konstruksjon, og uvanlig dyp byggegrøp
- Utradisjonell dimensjonering (pumpebrønner – senke poretrykket)



## Instrumentering og overvåking:

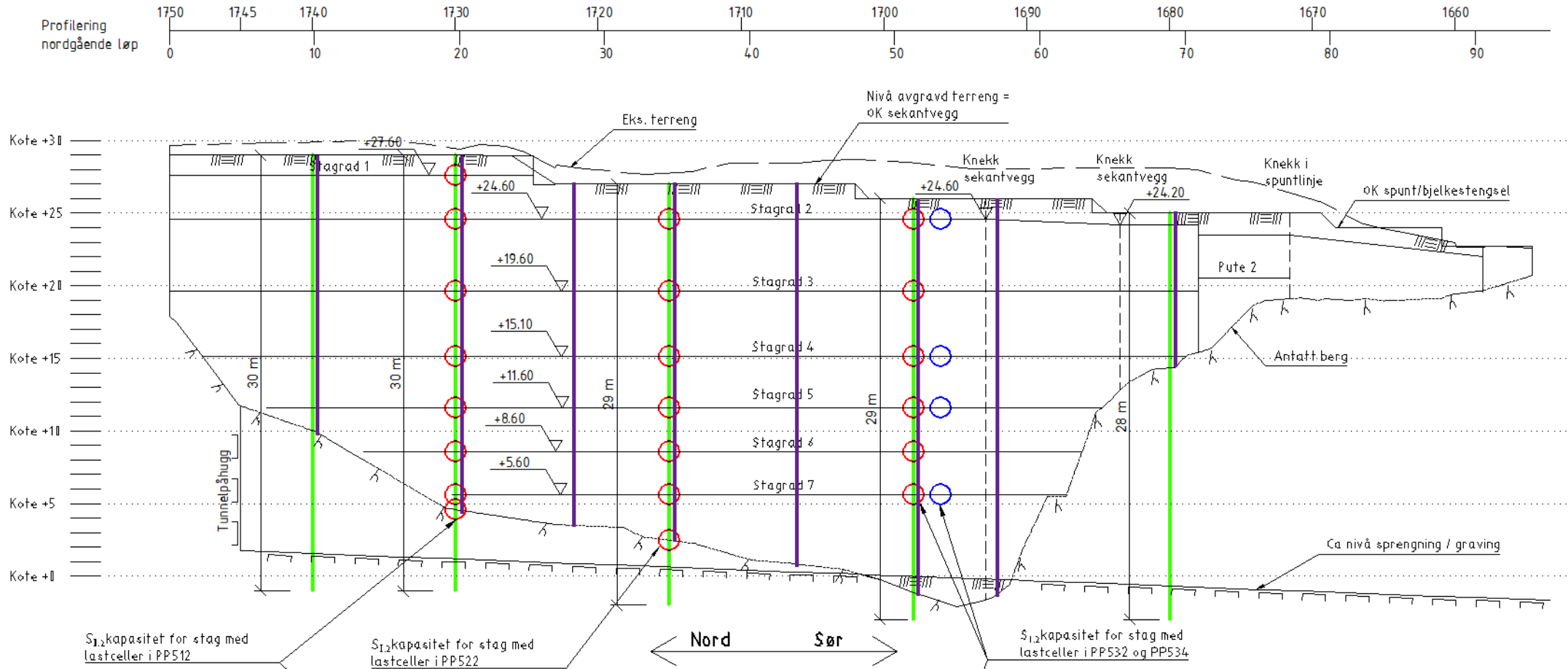
- Manuelle inklinometere i 8 snitt
- Sanntidsovervåking av deformasjoner i 5 snitt
- Sanntidsovervåking av staglaster i 3 snitt
- Staglastmåling med analoge lastceller (4 stk)
- Sanntidsovervåking av poretrykk for oppfølging av poretrykk, i kombinasjon med pumpebrønner for senking av poretrykket





# Byggegrøp Mølla

## Sekantvegg



— Sanntidsovervåking av deformasjoner i 5 snitt  
— Manuelle inklinometere i 8 snitt

○ Sanntidsovervåking av staglaster i 3 snitt  
○ Staglastmåling med analoge lastceller (4 stk)

# Byggegrøp Mølla

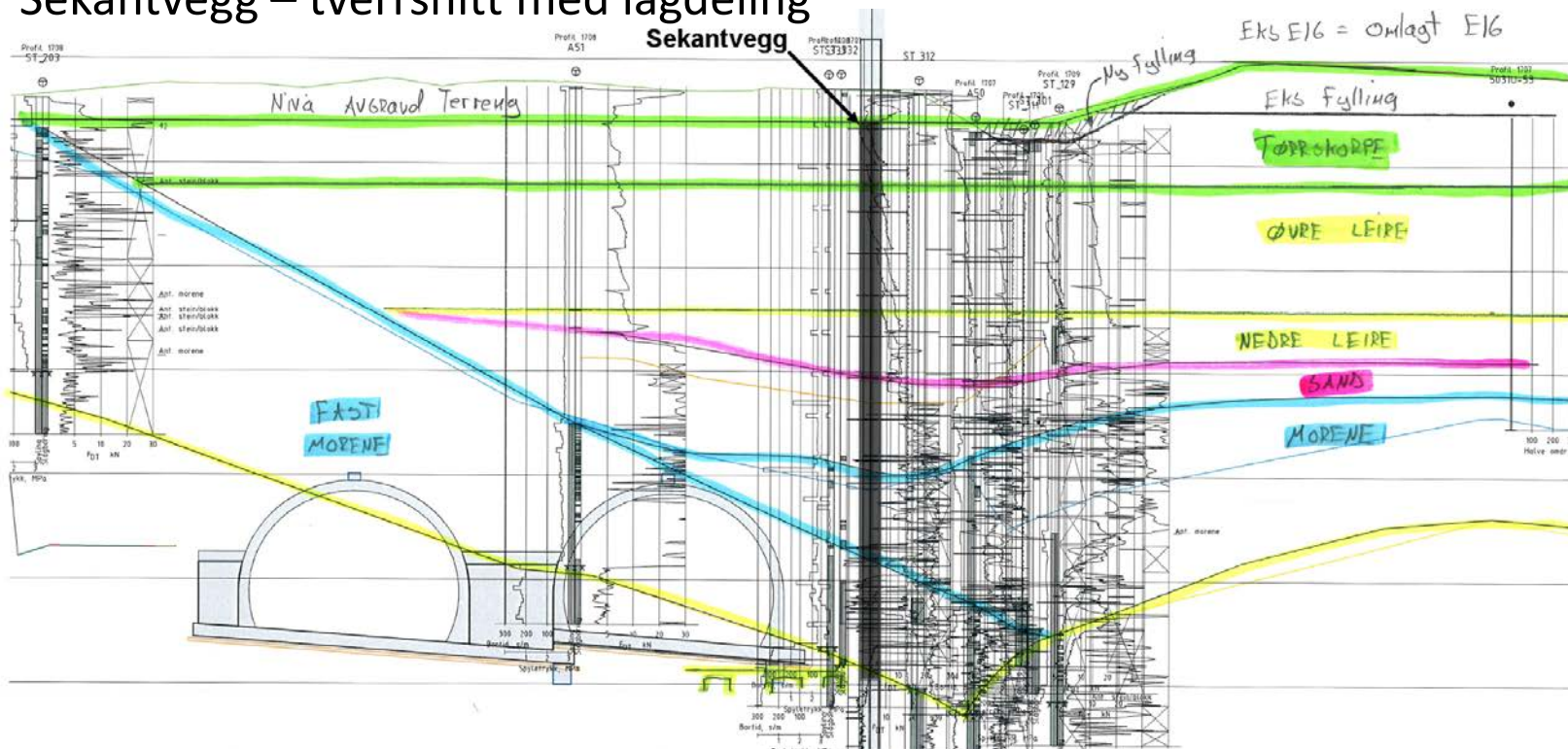
## Sekantvegg



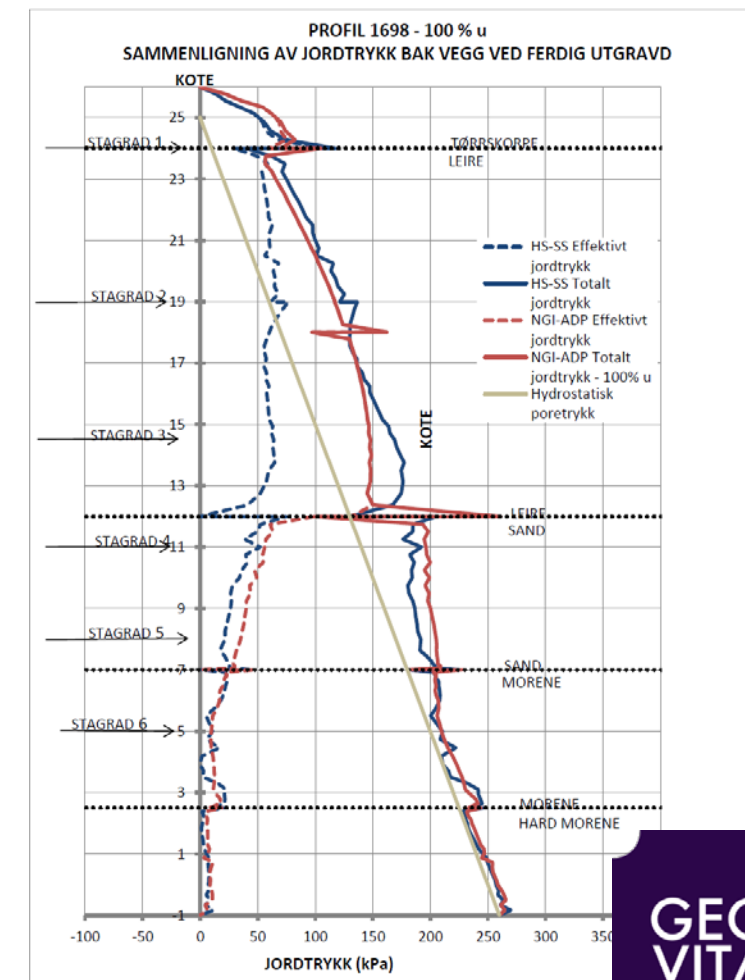
# Byggegrøp Mølla

Sekantvegg – poretrykksforhold (senking av poretrykket)

Sekantvegg – tverrsnitt med lagdeling



Jordtrykk på vegg:



- Under leirlaget er det vanntrykket som står for det dominerende bidraget i jordtrykk
- Lastfaktor for momenter og stagkrefter = 1,4 → Urimelig når vanntrykket dominerer !
- Løsning: Senk poretrykket med pumpebrønner (tror uansett at lekkasjer vil senke det)
  - ULS: Poretrykket senket til 70 % av hydrostatisk nivå
  - ALS: Poretrykk i hydrostatisk nivå

# Byggegrop Mølla

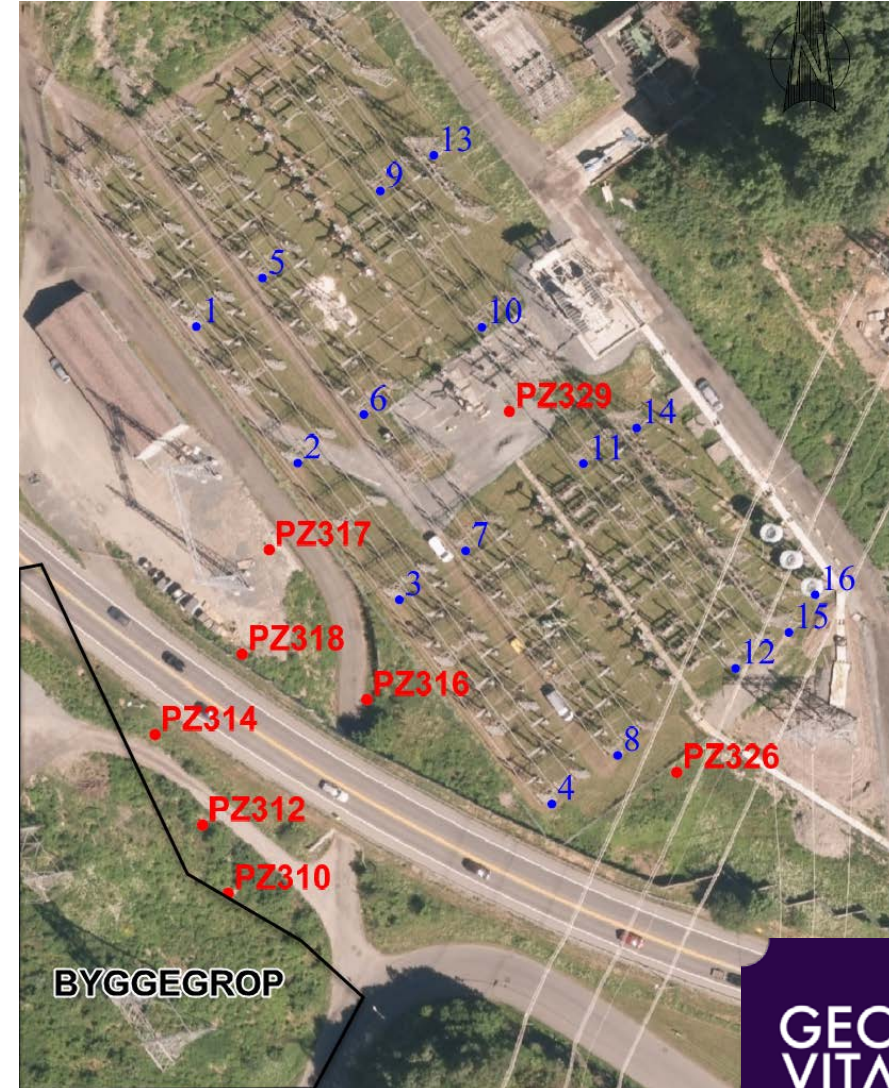
Sekantvegg – poretrykksforhold (senking av poretrykket)

Vanninfiltrasjonsbrønner:



**NB: Bør «alltid» ha sanntidsovervåking og fjernstyring av vanninfiltrasjonsbrønner!**

Prismer for setningsmåling Hamang trafostasjon:



# Instrumentering og anskaffelse

Mange former for instrumentering og overvåking

- Tradisjonelle inklinometermålinger:
  - Stålprofiler (50 x 50 mm) levert og montert av utførelsesentreprenør NCC
  - Målinger utført av SVV i egen regi
- Sanntidsovervåking av deformasjoner og staglaster, inkl. webløsning:
  - Egen entreprise for instrumenteringen, utført av NGI
  - Forarbeider utført av NCC (foringsrør og berghull for deformasjonsmålinger mm.)
- Sanntidsovervåking av poretrykk:
  - Installert og etablert ifm. detaljprosjekteringen, utført av NGI (byggherrestyrt ved SVV)
  - NB: Poretrykksmålere i morenemasser – installert ved metoden «grout in place»
- Vanninfiltrasjonsbrønner:
  - Etablert av NCC
  - Manuell styring, kontroll og oppfølging, av SVV



# Instrumentering og anskaffelse

## Anskaffelse av «Sanntidsovervåking av deformasjoner og staglaster, inkl. webbløsning»

- Offentlig anskaffelse der pris var vektet lavt. Fokus var kvalitet, robusthet, service og smidighet (tilkallingstid) mhp. grensesnitt mot hovedentreprenøren
- For deformasjonsmålere definerte vi «bør-krav» som muliggjorde både SAAF-målere og tradisjonelle fjernavleste inklinometere:
  - Nøyaktigheten til målingene på 0,1 ‰ av veggens høyde, tilsvarende 3 mm over 30 meter vegg
  - Målinger for hver meter
  - Måling i to akser
- Viktig å angi stagdimensjonene for lastceller
- Generelt fokus på å forsøke å vite og forstå hva vi bestilte (å ha kunnskap som bestiller)
- Kontrakt i størrelsesorden 3-4 mil NOK (2015)

Tildelingskriterier	Vekt (%)	Dokumentasjonskrav
Pris	30 %	Tilbyder skal fylle ut prisskjema, vedlegg 1.
<u>Kvalitet (utstyr)</u> Det vil bli lagt vekt på hvilket utstyr tilbyder kan levere utover minimumskravene	30 %	Tilbyder skal legge ved en beskrivelse av løsninger, arbeidsmetoder og materialer kontraktsgjenstanden leveres med. Leverandøren skal dokumentere at tilbudt løsning eller tilbudt produkt oppfyller konkurransegrunnlagets funksjonskrav og kvalitetsnivå ut over dette.
<u>Teknisk bistand</u> Det vil bli lagt vekt på at tilbyder har personell som kan bistå i leverings-, monterings-, drifts-, og vedlikeholdsfasen utover minimumskravene.	40 %	Tilbyder skal oppgi hvilken type assistanse som tilbys oppdragsgiver i leverings-, monterings-, drifts- og vedlikeholdsfasen. Tilbyder skal også redegjøre for responstid i forbindelse med montering, drift og vedlikehold av instrument.

Tabell 1 Stagdimensjoner for lastmåling av byggegrop Mølla

Stagdimensjon [S <sub>0,2</sub> ]	Antall	Diameter foringsrør [mm]
2300	1	114,3
3450	4	139,7
3680	3	168,3
3910	2	168,3
4140	2	168,3
4370	1	168,3
4600	1	168,3
4830	4	193,7
5060	1	193,7
5290	2	193,7

# Instrumentering og anskaffelse

## Valgt løsning:

- Sanntidsovervåkede setningsmålinger med SAAF deformasjonsmålere (segmentlengde 0,5 m)
- Måling av staglaster med lastceller (GeoSense VWLC-5000 series) med 3 til 6 målersensorer i hver lastcelle
  - Ved enkelte defekte sensorer kan disse fjernes fra utregningen



# Instrumentering

## Elektrisk (moderne/praktisk) vs. analogt (trygt)

- Elektriske systemer (fjernavlest / sanntidsovervåket) gir fantastiske muligheter og er førstevalget i dag (stort sett)
- Men, analoge systemer er ofte en god og fornuftig forsikring/reserve
- For deformasjonsmålinger i Mølla så gjorde vi parallelle målinger (heldigvis)
- For staglastmålinger hadde vi noen analoge parallellmålinger: Viste seg å ikke være nødvendig – lastcellene hadde 100 % oppetid og driftssikkerhet
- Men analoge lastceller er et rimeligere alternativ når sanntidsovervåking ikke er påkrevd eller nødvendig.
- I tillegg:  
Dersom måleresultatene er viktige så bør det planlegges med flere målinger! (For eksempel flere instrumenterte snitt). Vi kjøpte i tillegg inn noen ekstra lastceller, i tilfelle.

#Murphy





# Manuelle inklinometermålinger

## Nyttig info, tips og triks..?

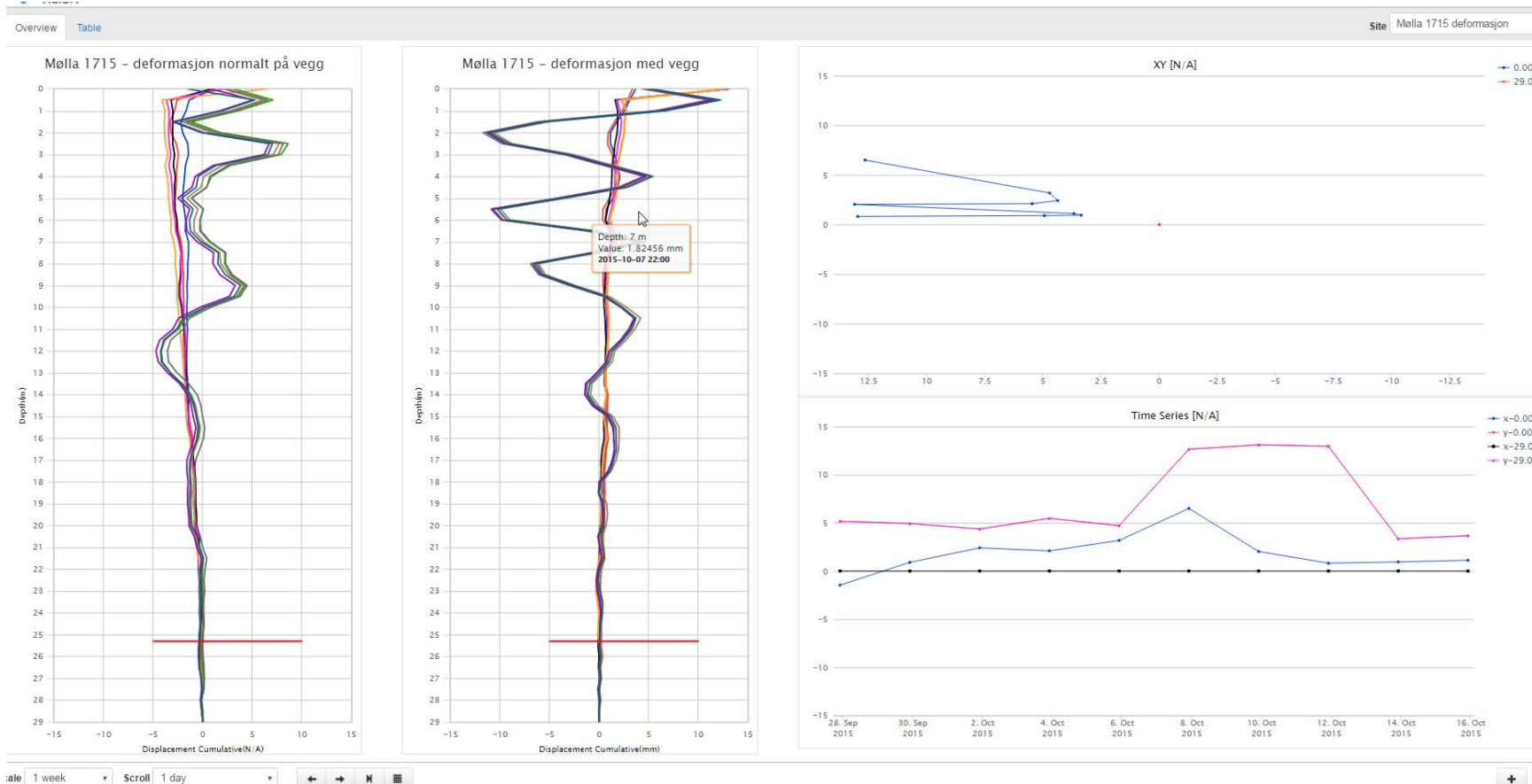
- Ved manuelle inklinometermålinger: Bruk en «dummy» til å kontrollere at kanalen er «god» (ikke glippe mellom skjøt av stålprofilene)
- Kanalene må altså være sammenhengende
- Kanaler kan og vil bli ødelagt (!) – ha flere!
- Bruk lokk: Unngå grus etc inn i kanalen
- Sørg for at kanalene ikke er vannfylte (frost...)
- Fordel å orientere dem riktig
- Ved spunt til berg: Om mulig, installer kanalen ned i berg, under spuntfot?
- Også innstøpte inklinometerkanaler i sekantvegger kan skades (for eksempel meisling for blottlegging av armering)
- Kanalene må ikke kappes eller skjøtes etter nullmåling!
- Må ha dedikert personell til å lese av (!!!)
- Ressurskrevende
- Oppspenning stag ettermiddag, utgraving neste morgen?
- Måleverdier skal alltid kontrolleres etter måling for å se at det ikke er forstyrrelser eller feil med målingene.



# Fjernavleste inklinometermålinger (SAAF)

## Nyttig info, tips og triks..?

- SAAF-deformasjonsmålere må festes skikkelig, ellers kan følgende skje...
- Forårsaket av at måleren ble dyttet på, og fikk en rotasjon inni røret
- Løsning: Nullstille måleserien, men mister da kontinuiteten i måleserien



# Lastceller og instrumentering

## Selvfølgeligheter...

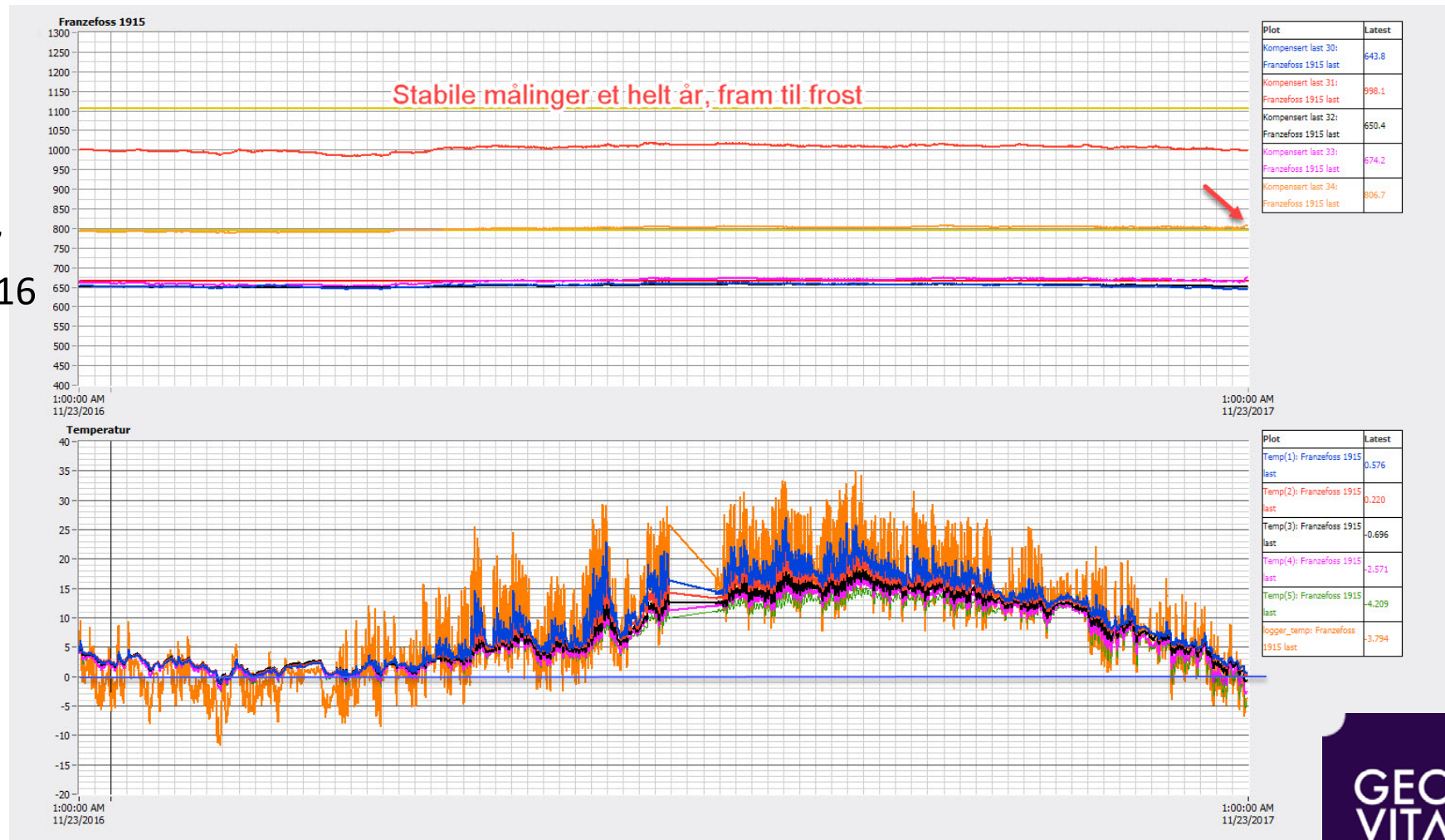
- Byggegroper er et røft miljø... Forsøk best mulig å beskytte kabler og ledninger. Isdannelse gir store laster.



# Lastceller og instrumentering

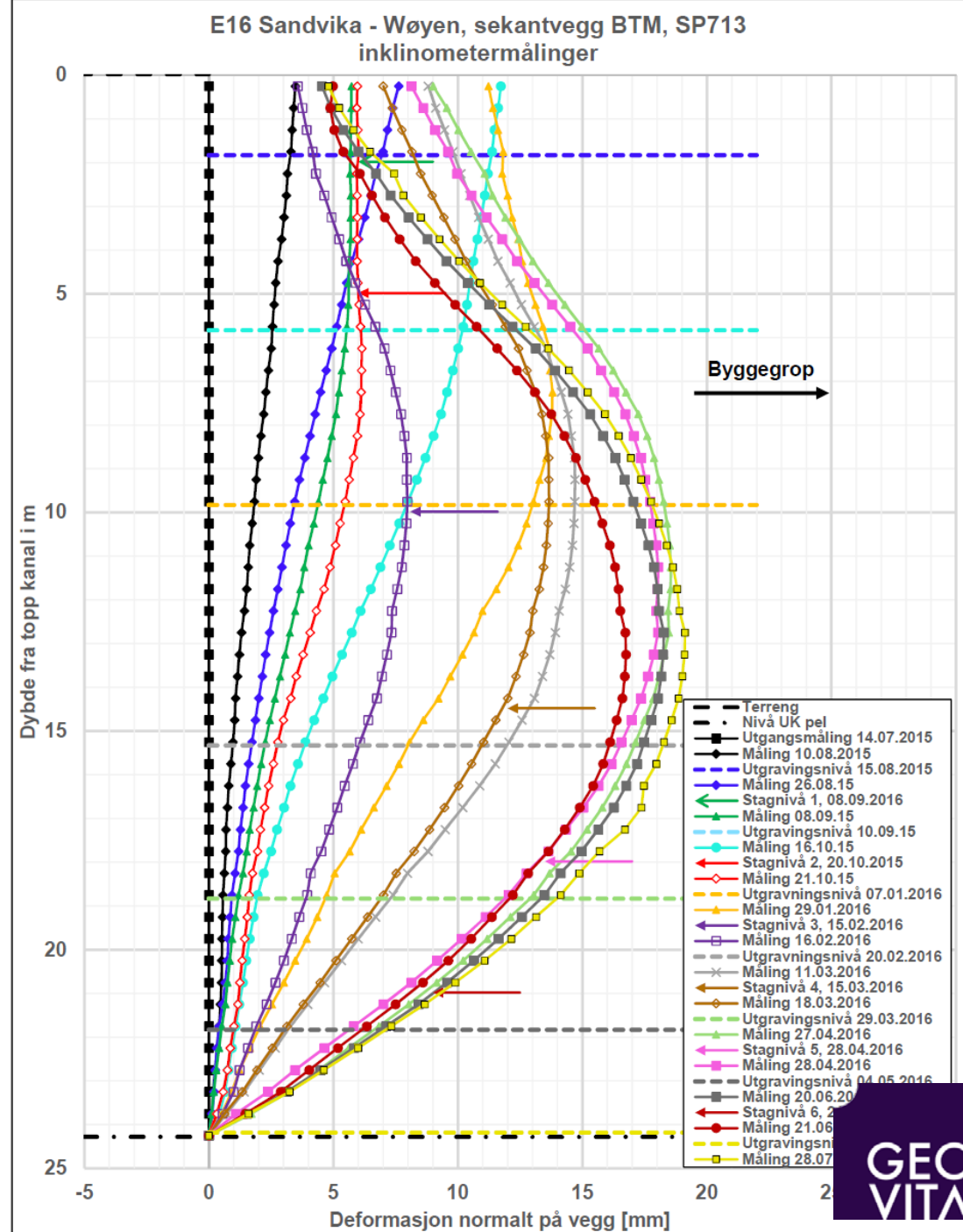
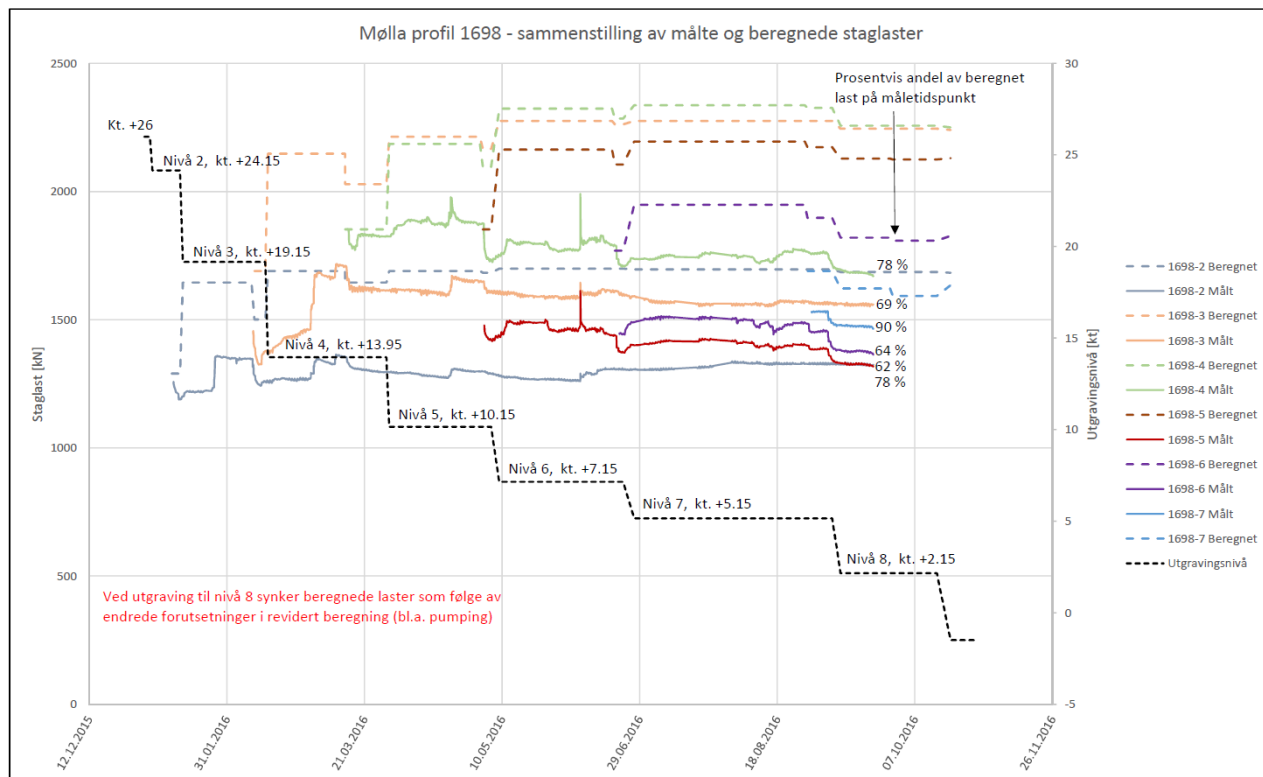
## Lastceller

- Lastcellene hadde 100 % driftssikkerhet
- Enkelte sensorer ble defekte, men med 3-6 sensorer i hver lastcelle kunne defekte sensorer tas ut av beregningen
- Stabile målinger!
- Måleserie lastceller: november 2016 – november 2017
- Ferdig utgravd midten av mars 2016
- Ingen temperatureffekter på målingene



# Bruk og presentasjon av resultater

- Ikke måle for å måle
- Webbløsninger gir alarmfunksjoner og raskt innblikk i status (krefter/deformasjoner), men mangler ofte funksjonalitet...?
- Bruk og forståelse av resultatene krever behandling og presentasjon av data ?
- Må foregå fortløpende for å gi nytte (tidkrevende...)



## Avsporing 1:



## Avsporing 2:

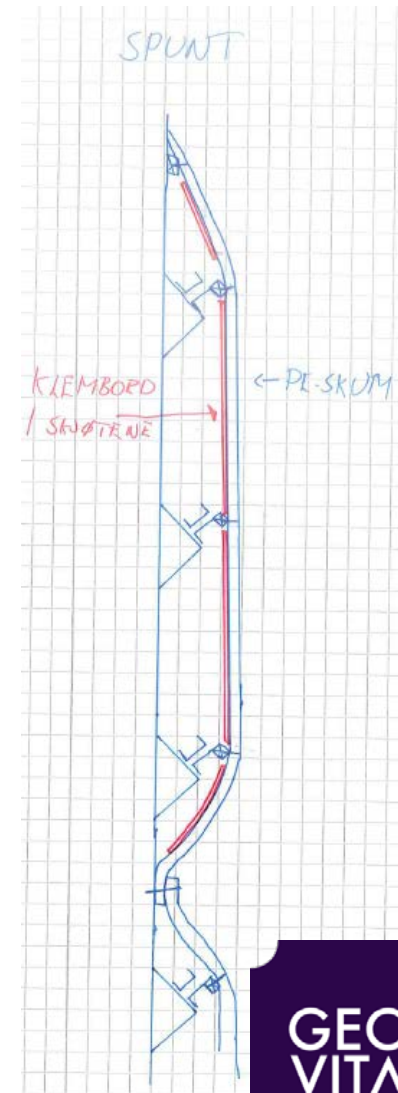


# Diverse erfaringer og observasjoner: Frost og frostisolering - Byggegrøp Franzefoss: spunt-rørvegg

- Hvordan unngå... eller håndtere frostproblematikk
- Utenpåliggende isolasjonsmatter kan fungere tilstrekkelig når monteringen er ferdig og utførelsen er god.
- Hva med utgravingssekvenser om vinteren?
- Vi benyttet 45 mm matter av PE-skum
- Målte temperatur bak isolasjonen og hadde fyring i beredskap



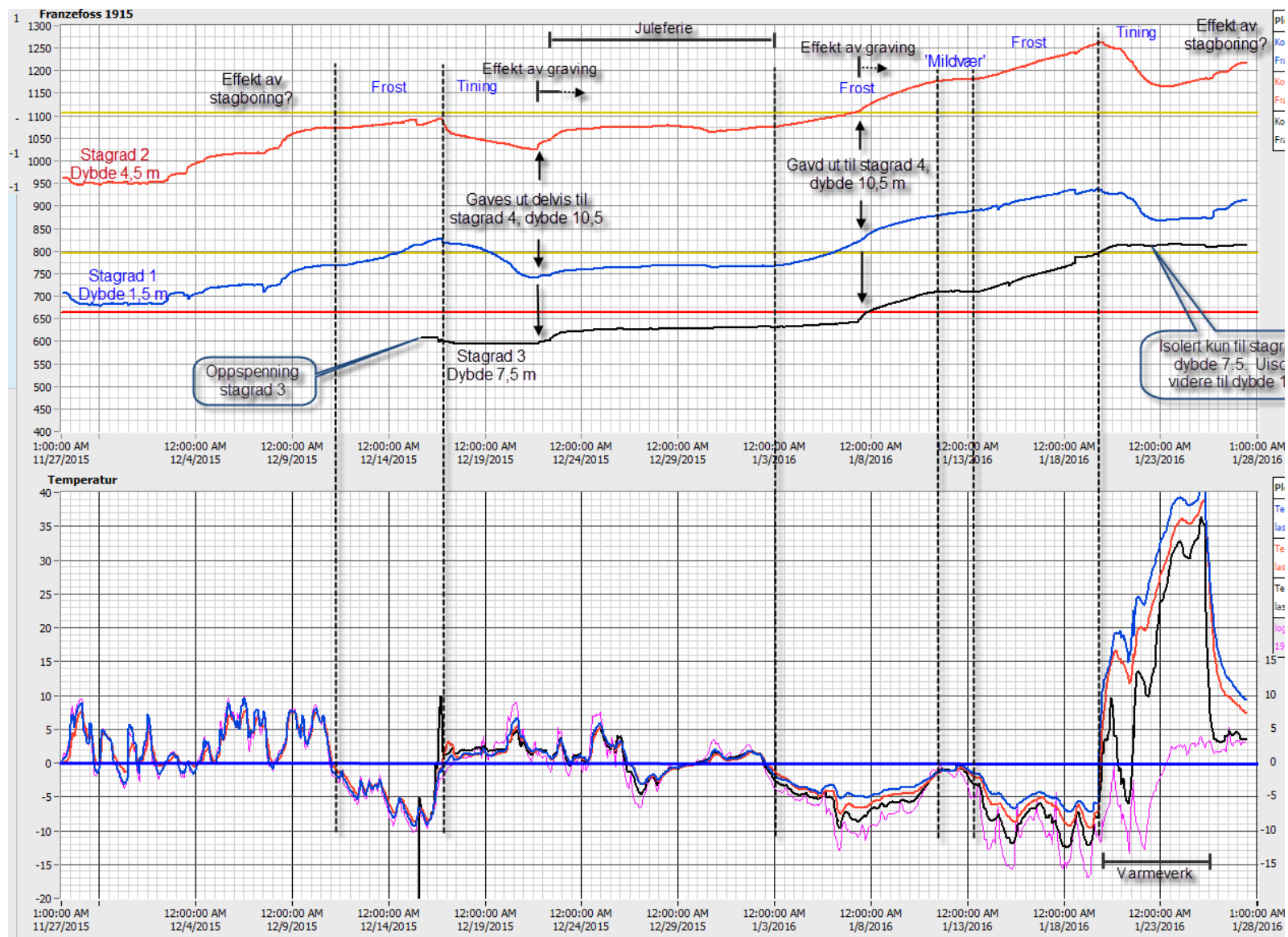
Skisse NCC:





# Frost og frostiolsring

## Byggegrøp Franzefoss – spunt-rørvegg



# Frost og frostisolering

Oppvarming med kokoverk  
Lokal effekt – trenger mange



# Frost og frostiolsring

## Byggegrøp Franzefoss – spunt-rørvegg

En sesong senere....



# Frost og frostisolering: Byggegrøp Mølla – sekantvegg

- Nødvendig?



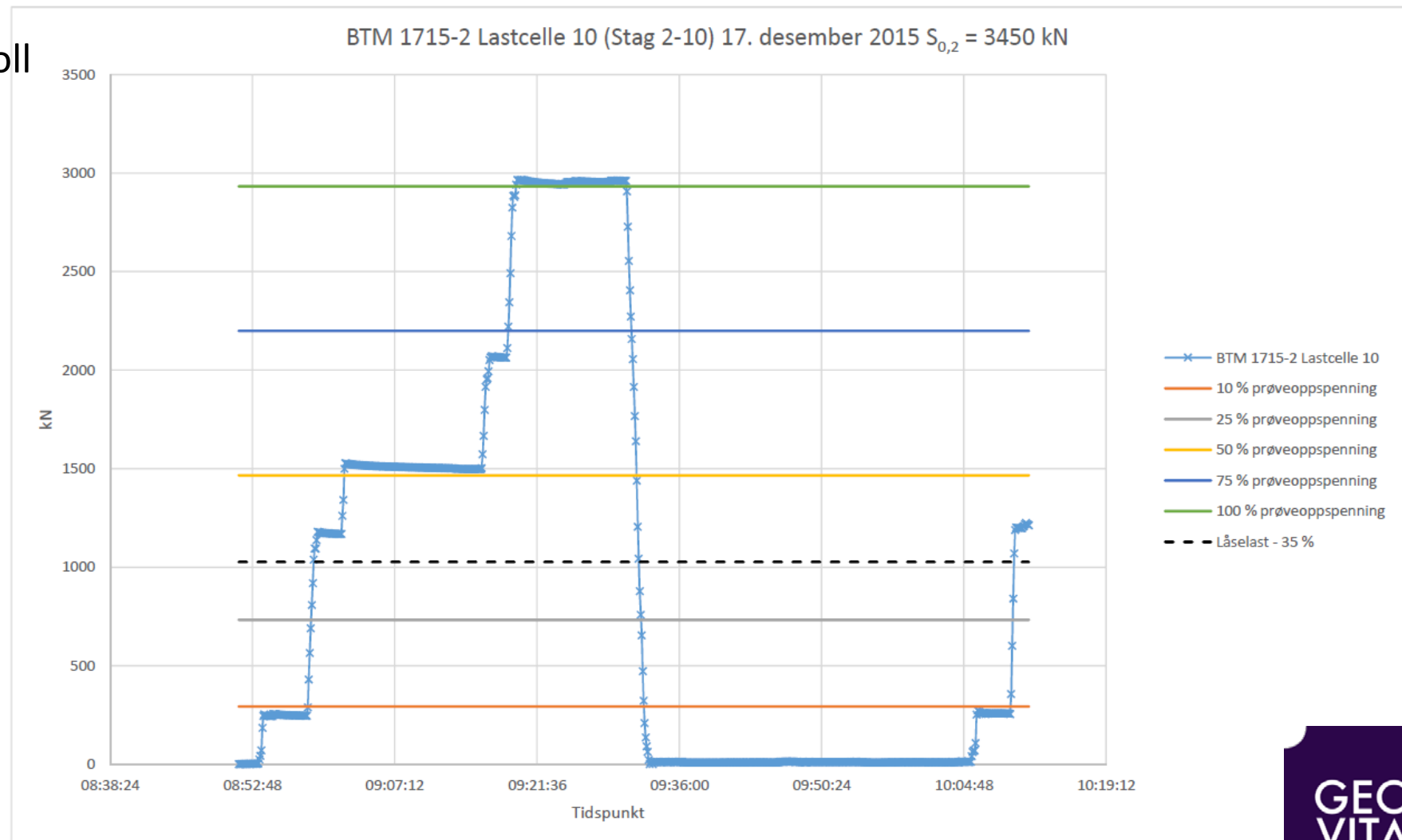
# Frost og frostiolsring: Byggegrøp Mølla – sekantvegg

07.01.2016 – samme tidspunkt som måleserien på Franzefoss: Ingen påvirkning av frost



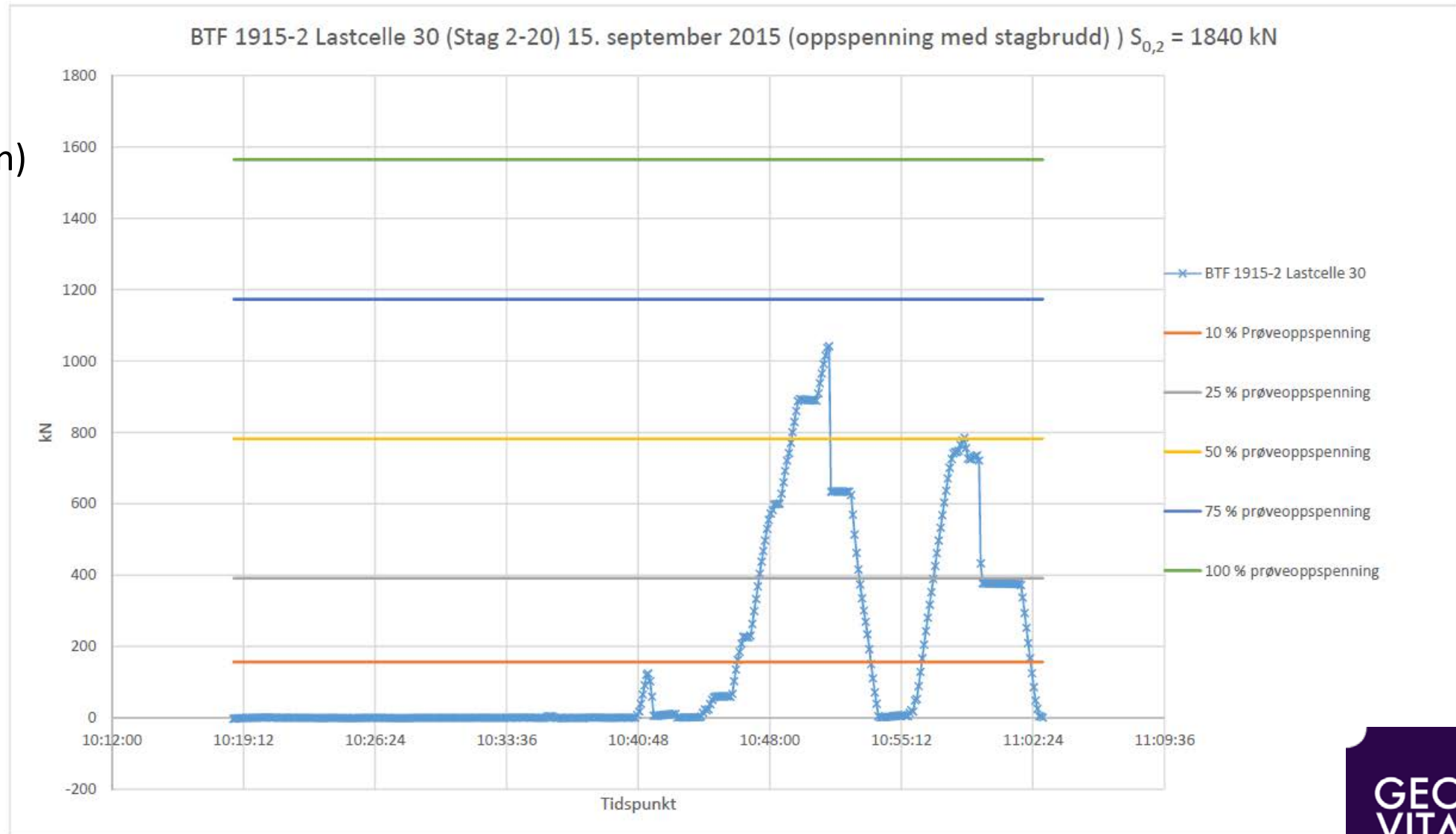
# Diverse erfaringer og observasjoner: Bruk av lastceller til kontroll av prøveoppspanning stag

- Data fra monteringen av lastceller kan brukes til kontroll av prøveoppspanning stag
- Stort sett utført i tråd med prosedyren i R762
- Låselast varierte stort sett innenfor intervallet 25-45 %
- (Deretter låsetap – sflg. nabostag?)



# Diverse erfaringer og observasjoner: Bruk av lastceller til kontroll av prøveoppspanning stag

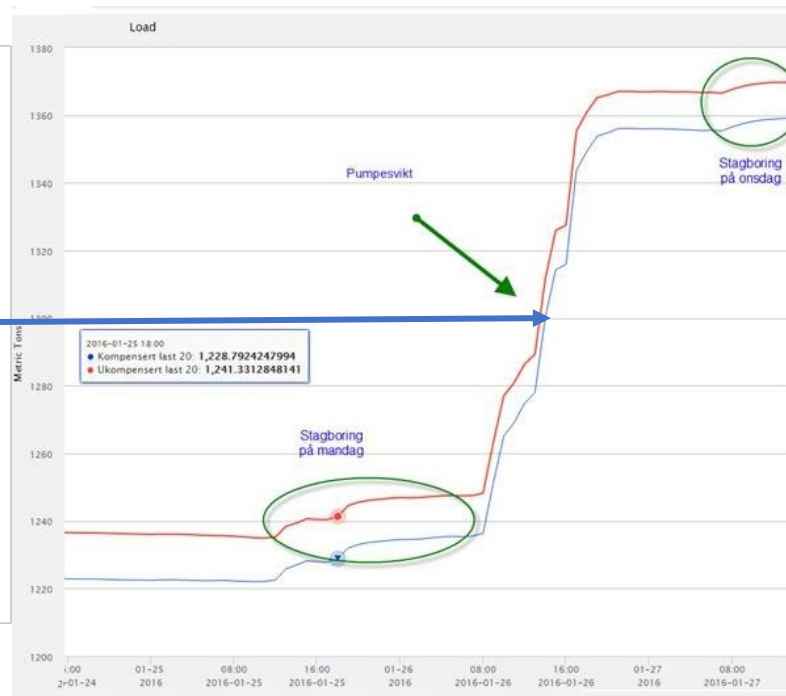
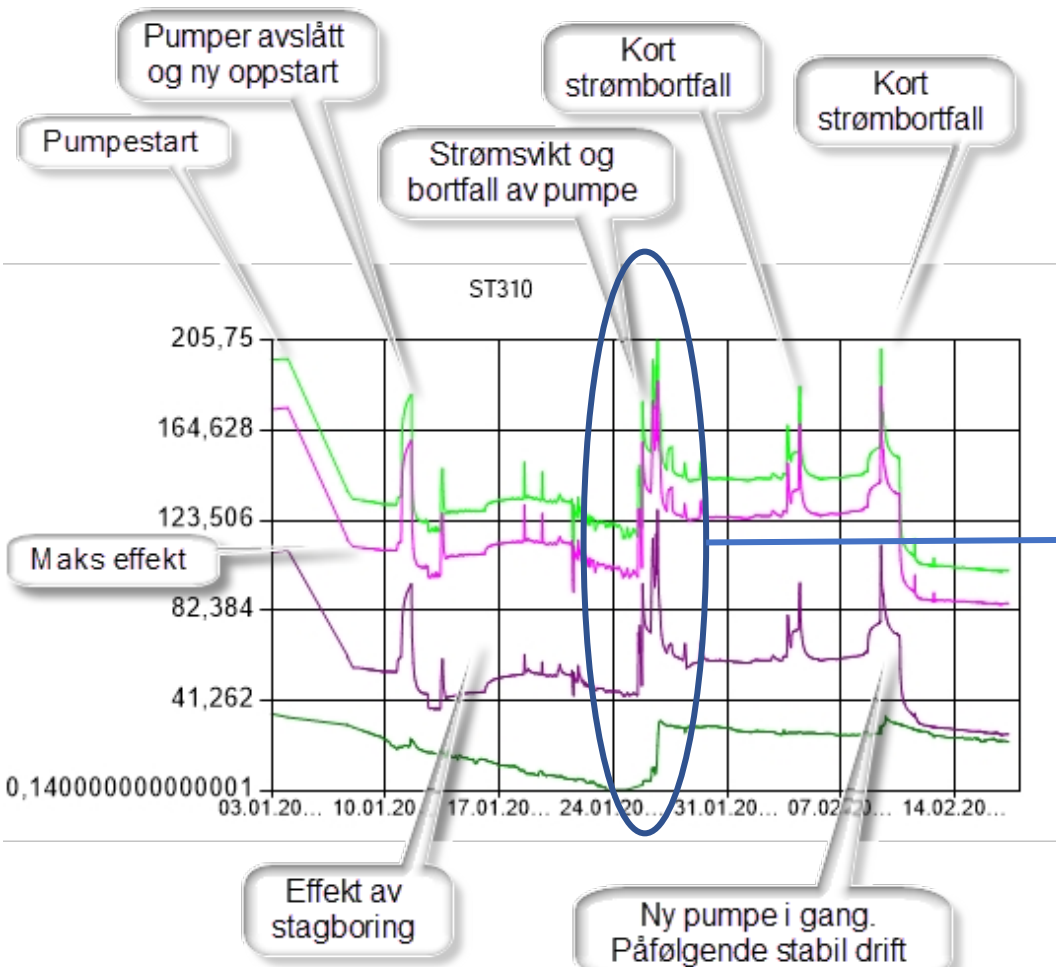
- Stagbrudd ved prøveoppspanning (svikt i forankringssonen)



# Diverse erfaringer og observasjoner: Bruk av pumpebrønner for poretrykkssenking

## Pumpesvikt:

- Økning poretrykk med ca 60 kPa
- Økning staglast med 120 kN
- Økning deformasjon topp vegg 5 mm





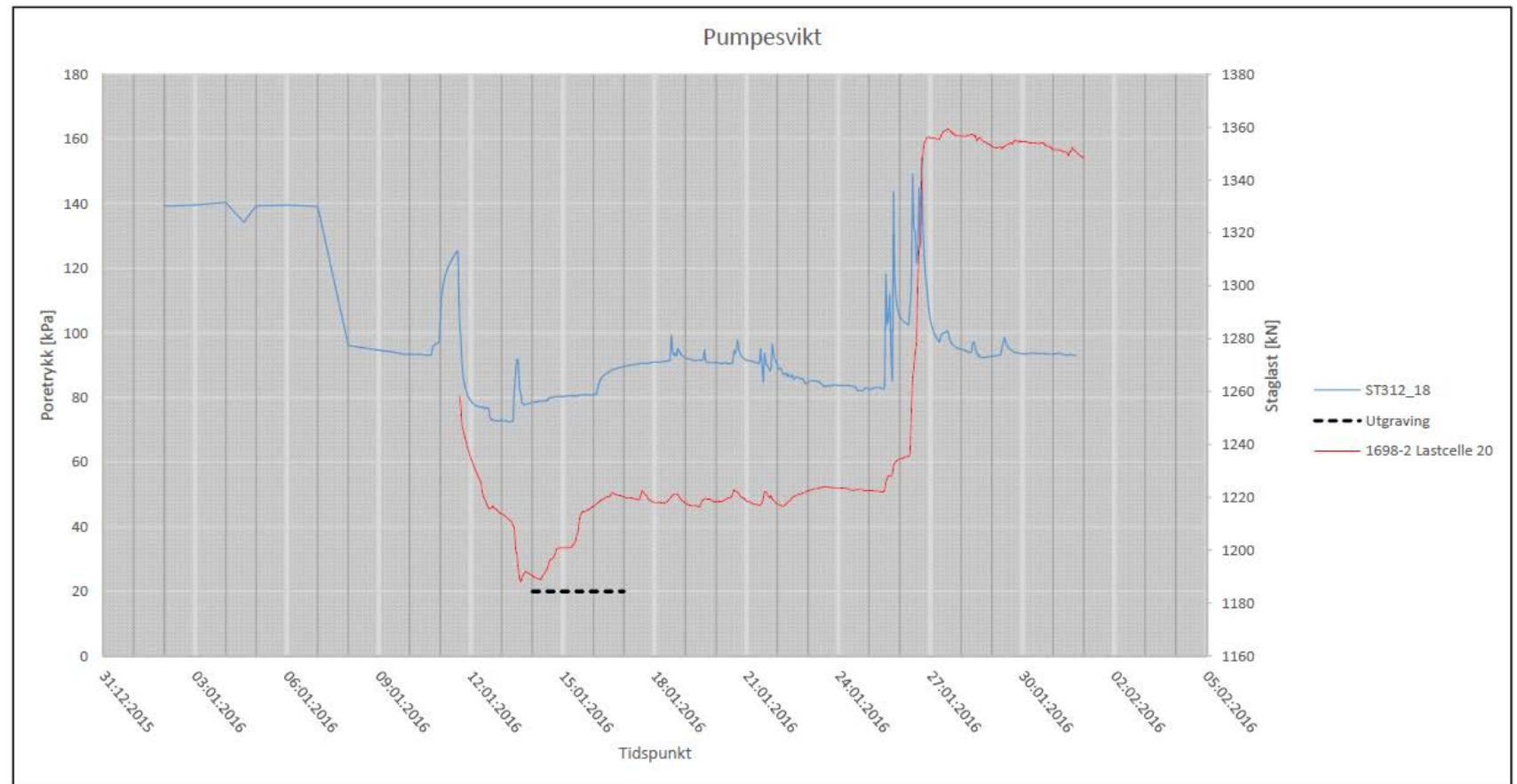
# Diverse erfaringer og observasjoner: Bruk av pumpebrønner for poretrykkssenking

Konsekvenser:

- Pumper på egen strømkilde
- Pumpevakt med sms-varsel

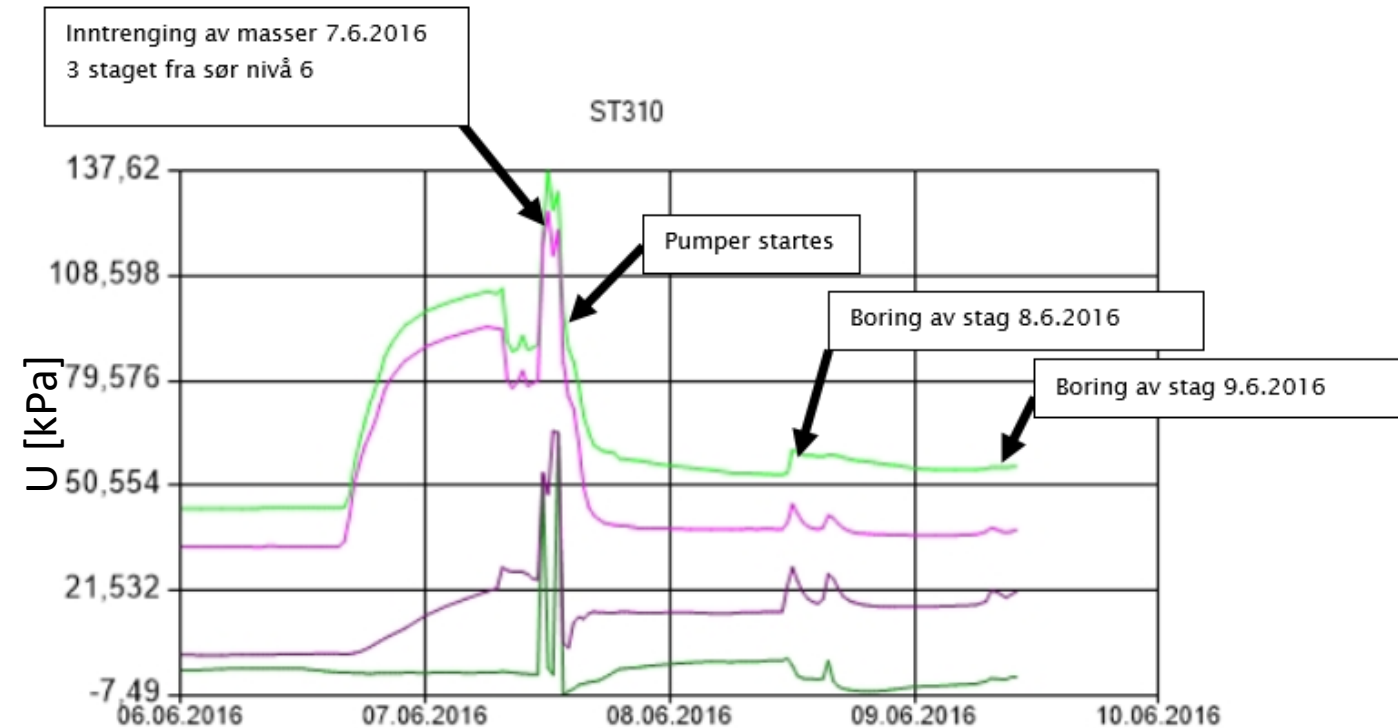
Pumping er i prinsippet sårbart, men da utgravingen var kommet lenger var problemstillingen lite relevant da staghullene gav god drenasje

(Ikke alltid ønskelig...)



# Diverse erfaringer og observasjoner: Påvirkning av stagboring på poretrykk

- Stagboring med høyt trykk (20 bar lufttrykk?) gir stor påvirkning på poretrykket bak veggen, og på staglaster
- Mange SMS-varslinger, og økning i staglaster
- Fokus på problemet muliggjorde redusert bruk av luft med høyt trykk, og mindre påvirkning ved videre stagboring
- (Rotårsak: silt og sand som tettet borkronen)



# Diverse erfaringer og observasjoner: Vaktordning for alarmer (epost- og sms-varsling)

Sanntidsovervåking gir mulighet for å definere terskelverdier/alarmnivåer med utsendelse av epost og/eller sms

Må ha en plan på

- Hvem som varsles
- Hvordan varsel håndteres
- Osv osv
  
- Det ble mange sms i uken, til alle døgnets tider
  - Varsel ved overskridelse
  - Varsel ved feil eller nedetid
- Mange bekymrede parter som ikke forstod...

onsdag 15. feb. 2017 • 23:57

TYP: U  
TAG: Poretrykksmålinger  
Sandvika-Wøyen.ST312;22.8B  
VAL: 135.73 KPa  
(2017-02-16T00:00:00)  
LIM: -19 131.1



onsdag 6. jul. 2016 • 01:01

TYP: U  
TAG: Poretrykksmålinger  
Sandvika-Wøyen.ST312;22.8B  
VAL: 131.12 KPa  
(2016-07-06T00:00:00)  
LIM: -19 131.1



tirsdag 18. okt. 2016 • 00:14

E16 - Mølla 1680 deformasjon  
50mm+ . E16 - Mølla 1680  
deformasjon 50mm+



E16 - Mølla 1680 deformasjon  
50mm+ . E16 - Mølla 1680  
deformasjon 50mm+



onsdag 19. okt. 2016 • 19:43

Franzefoss 1915 deformasjon .



søndag 3. jun. 2018 • 21:17

E16 - Mølla 1740 deformasjon  
26mm+  
E16 - Mølla 1740 deformasjon  
26mm+



E16 - Mølla 1740 deformasjon  
26mm+  
E16 - Mølla 1740 deformasjon  
26mm+



lørdag 25. feb. 2017 • 19:04

VDV - Mølla 1698 last:  
Kompensert last 23, alarm  
CHANGED (18:00:00  
2017-02-25), value:  
3365.405881543367 (limit:  
3011 (HH))  
This is an automatic Alarm  
Message  
Mølla 1698 last: Kompensert  
last 23, CHANGED HH  
Warning (18:00:00  
2017-02-25), value:  
3365.405881543367 (limit:  
3011)  
eu.vdvcloud.com



## Diverse erfaringer og observasjoner: Bruk riktig størrelse på låseplaten

- Valg av låsehode styrer hvilken jekk som brukes
- Bruk av for stort låsehode fører til bruk av alt for stor (og tung jekk).
- Jekken kan bli for stor, og man får ikke presset kilene på plass
- Førte til at staget glapp og måtte skjøtes for ny oppspenning
- Bruk speisaltilpassede adapterringer for å få det til riktig!



# Avslutningsvis

## Hva er riktig omfang og bruk av instrumentering...?

- Brukes ikke til å redusere sikkerhetsfaktor eller optimalisere prosjekteringen/dimensjoneringen
- Følge med og overvåke – for økt sikkerhet og trygghet?
- Dokumentere deformasjonskrav fra byggherre / naboer?
- Må være mer enn fordi det er kjekt å ha..