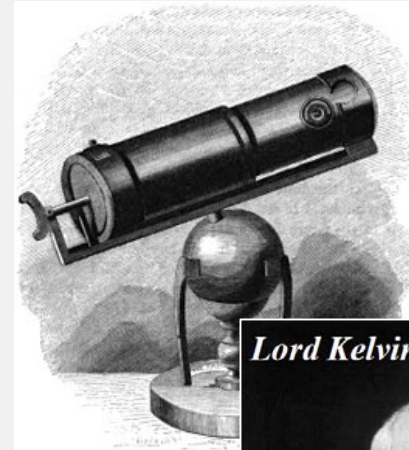


Muligheter ved instrumentering!

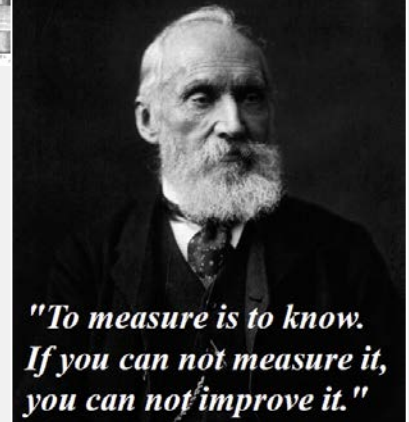
NGF, 2023-05-24, Morten Saue

Det empiriske fundamentet for forskning og rådgiving

- Den vitenskapelig metode som har omfattet all naturvitenskapelig forskning siden 1700-tallet har vært basert på systematiske observasjoner, måling og eksperimenter.



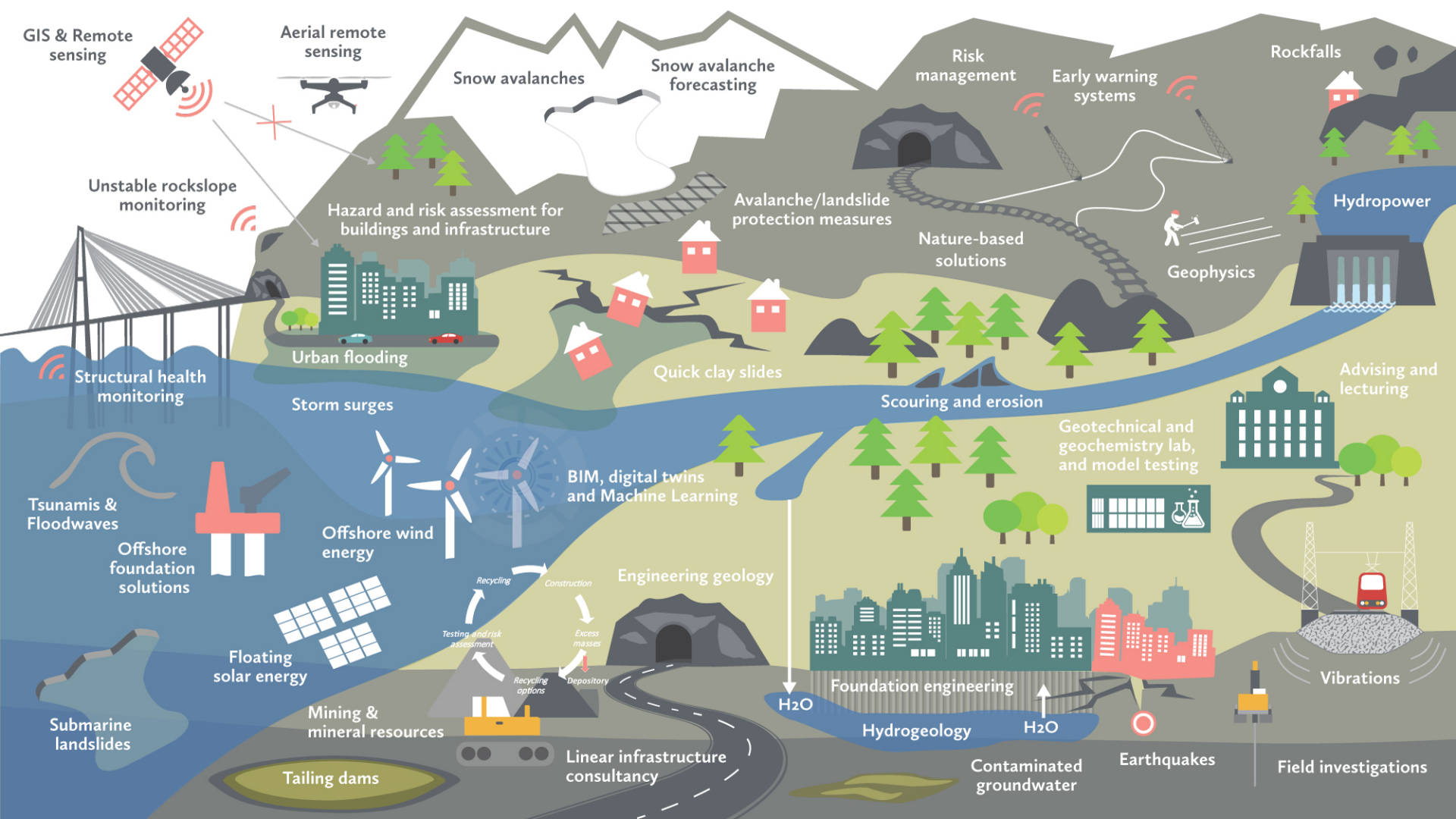
Lord Kelvin (1824 – 1907)



*"To measure is to know.
If you can not measure it,
you can not improve it."*

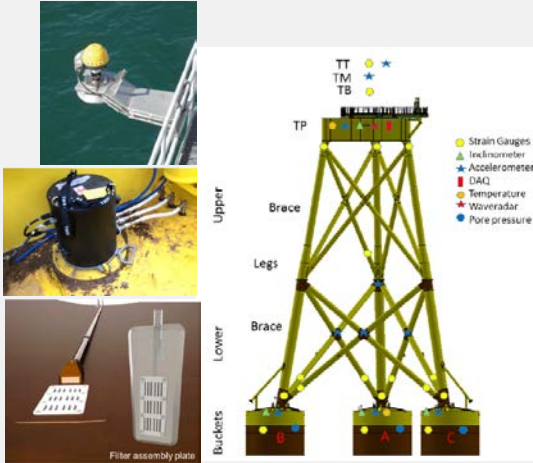
Våre utfordringer er ofte for store for et laboratorium!



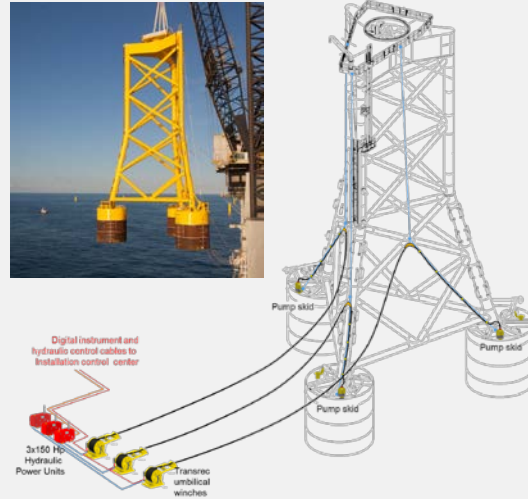


Instrumentering på NGI siste 10-15 år

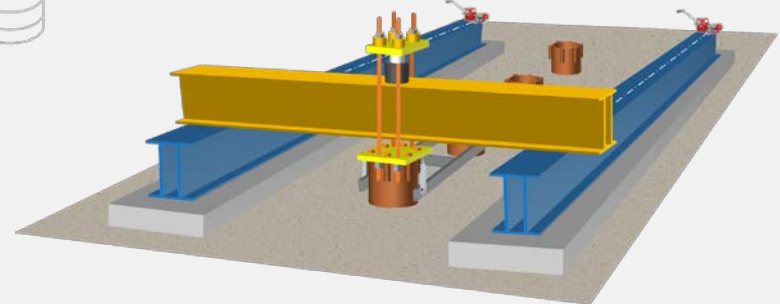
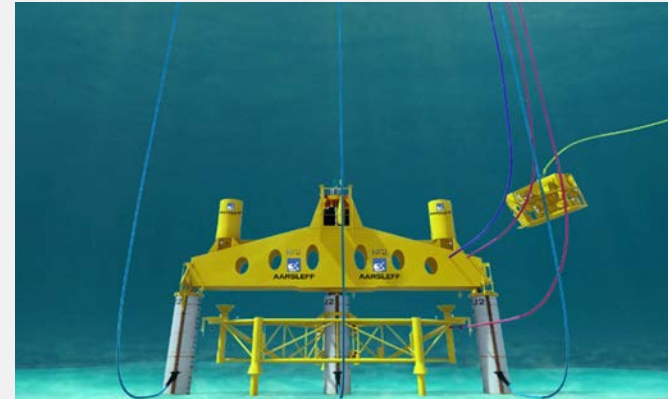
➤ Struktur Helse Monitorering



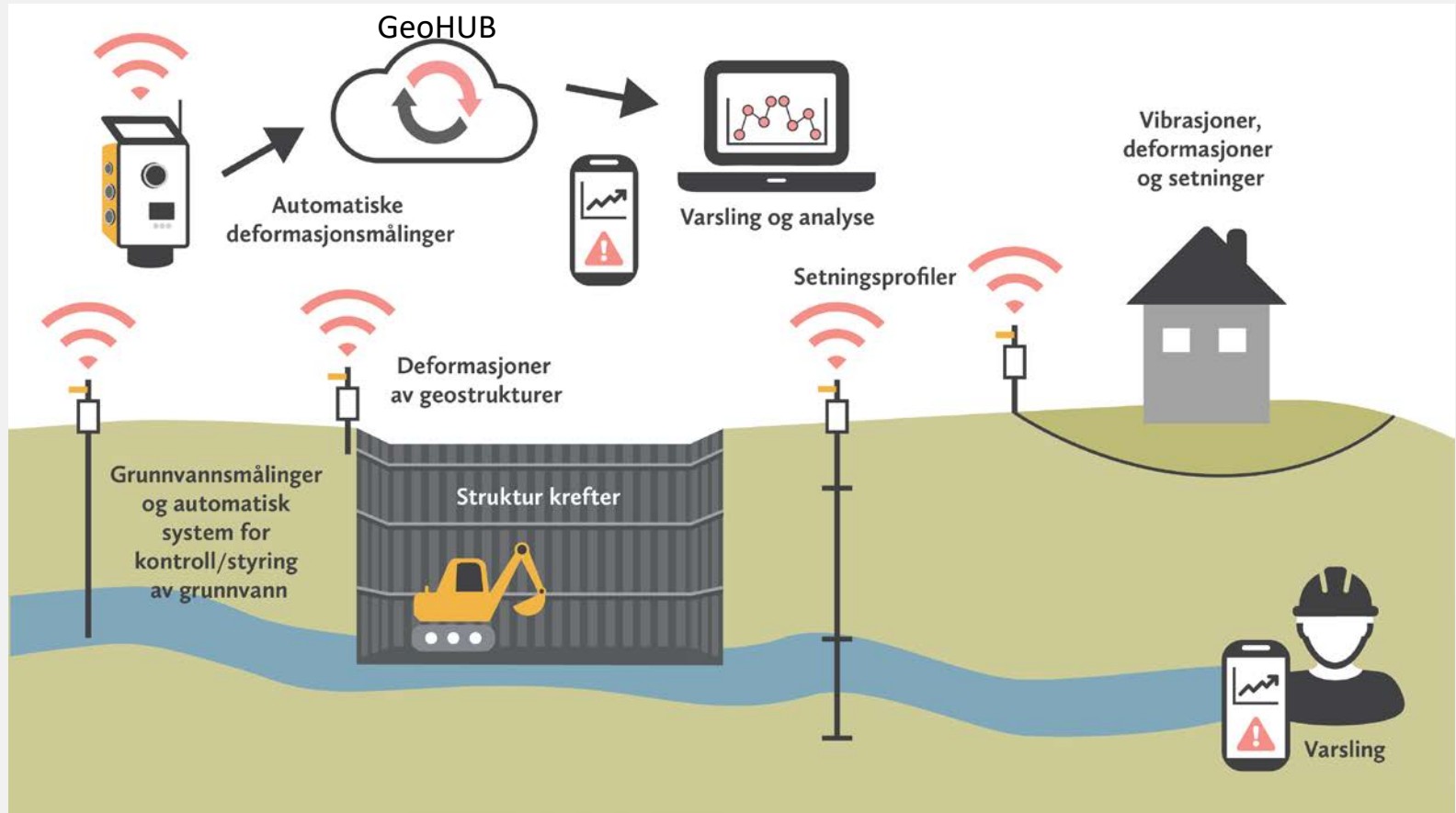
➤ Installasjon



➤ Storskala modellforsøk



Sanntidsovervåkning



Instrumenteringssystemer

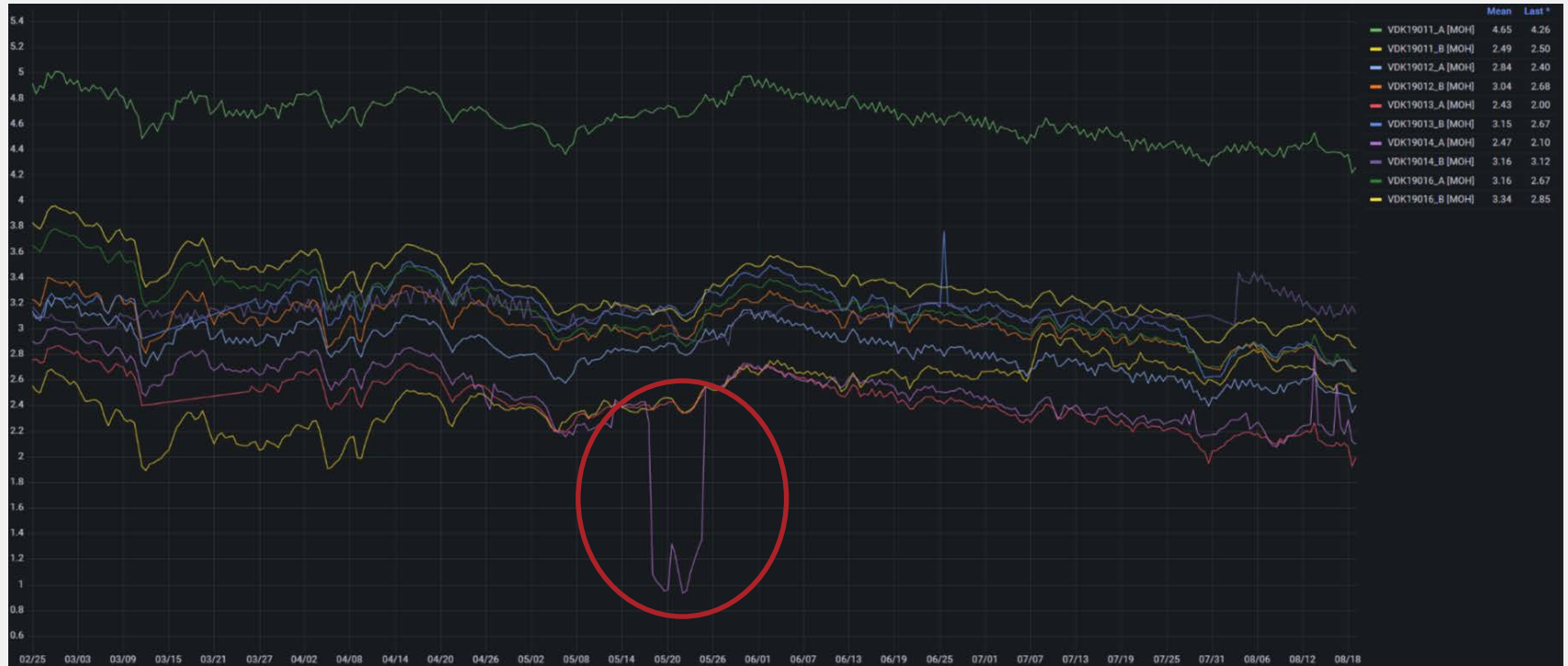
- Tradisjonell instrumentering
 - Poretrykk, deformasjoner, laster, vibrasjoner, geofysiske metoder, satellitt (INSAR)
- Spesialiserte systemer
 - Fiberoptiske målinger
 - RDS – Railroad deformation Systemer
 - + mye mer
- NGI egenutviklede systemer
 - NAWIS, NISP

Byggegrøpsinstrumentering – IC Drammen

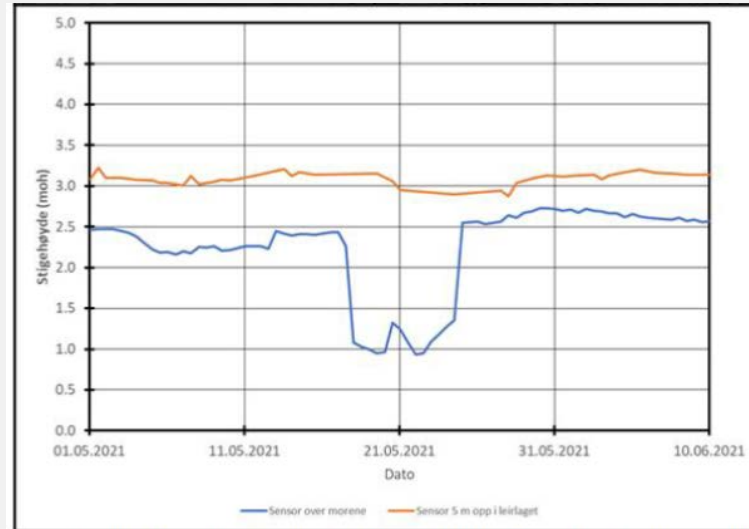
- Poretrykk/grunnvann
- Last på stivere – lastceller
- Horisontal deformasjon av konstruksjon/spunt



Poretrykk/Grunnvannovervåkning

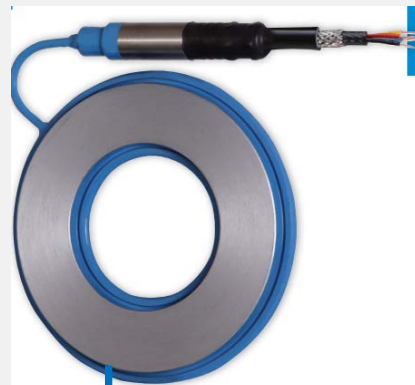
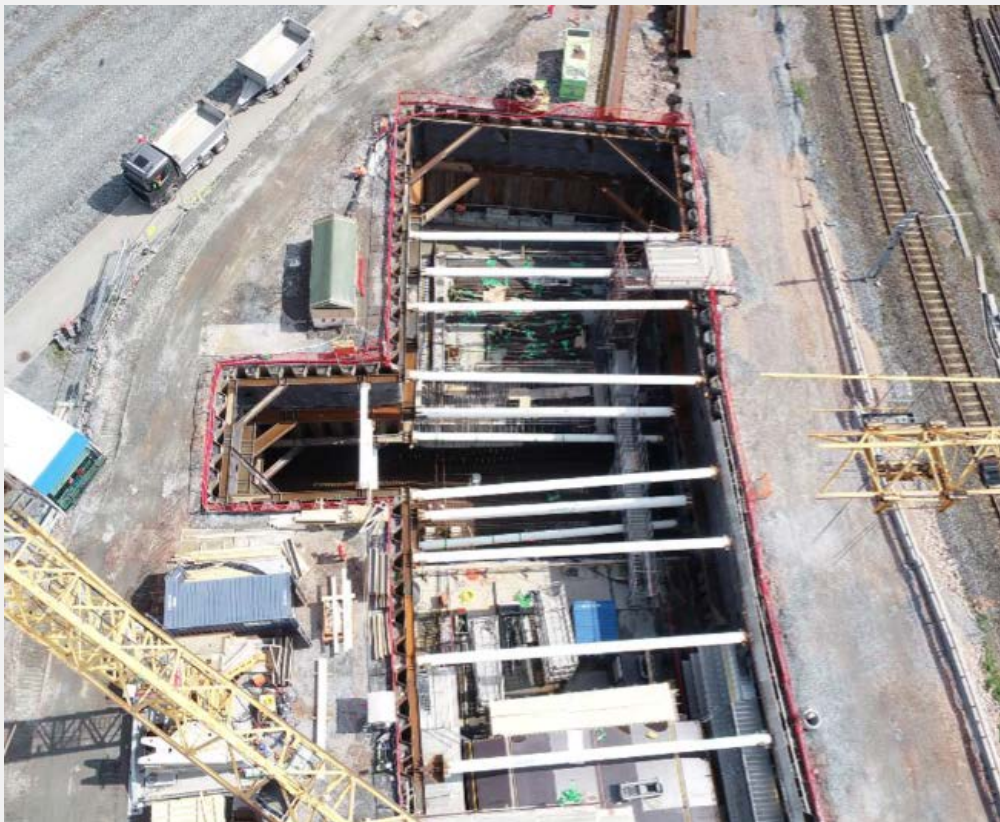


Lekkasjer i byggegropen!



Figur 13 – Bilder av lekkasje i spuntvegg før og etter trekiler og boring av nipler. Respons i poretrykksensorer like ved lekkasjen. Lekkasjen startet 17.mai og den ble stanset ved boring av Ischebeckstag 24.mai.

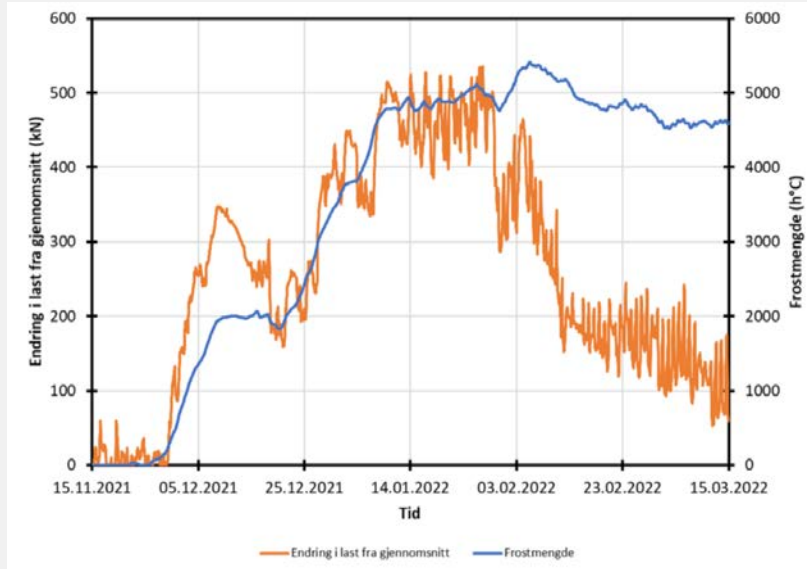
Lastmålinger innvendig stiver



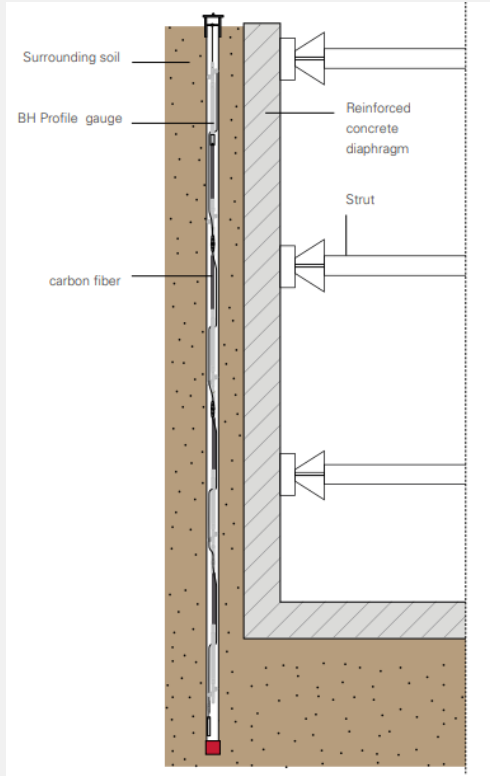
Lastmålinger innvendig stiver



Frost!



Horisontale deformasjoner/Inklinometer



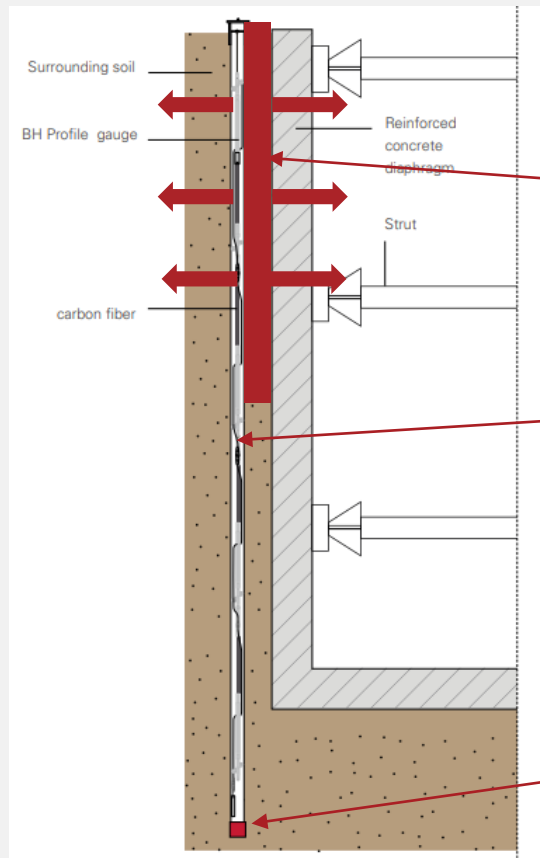
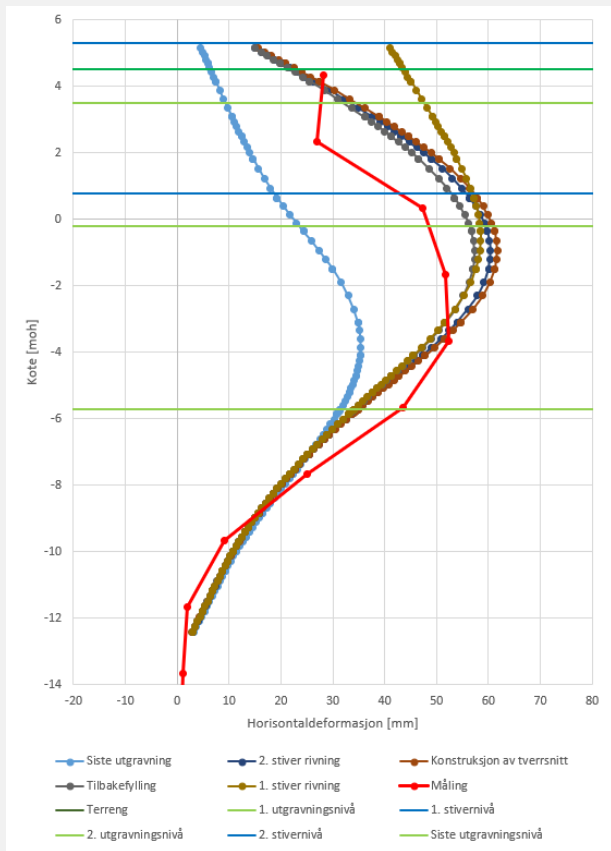
IPI (In Plane Incl.):



SAAV (SAAF):



Målt vs beregnet deformasjon

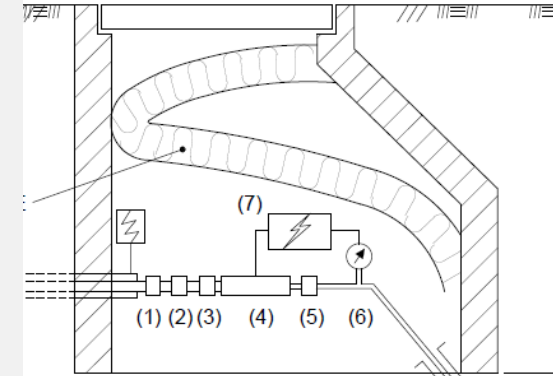
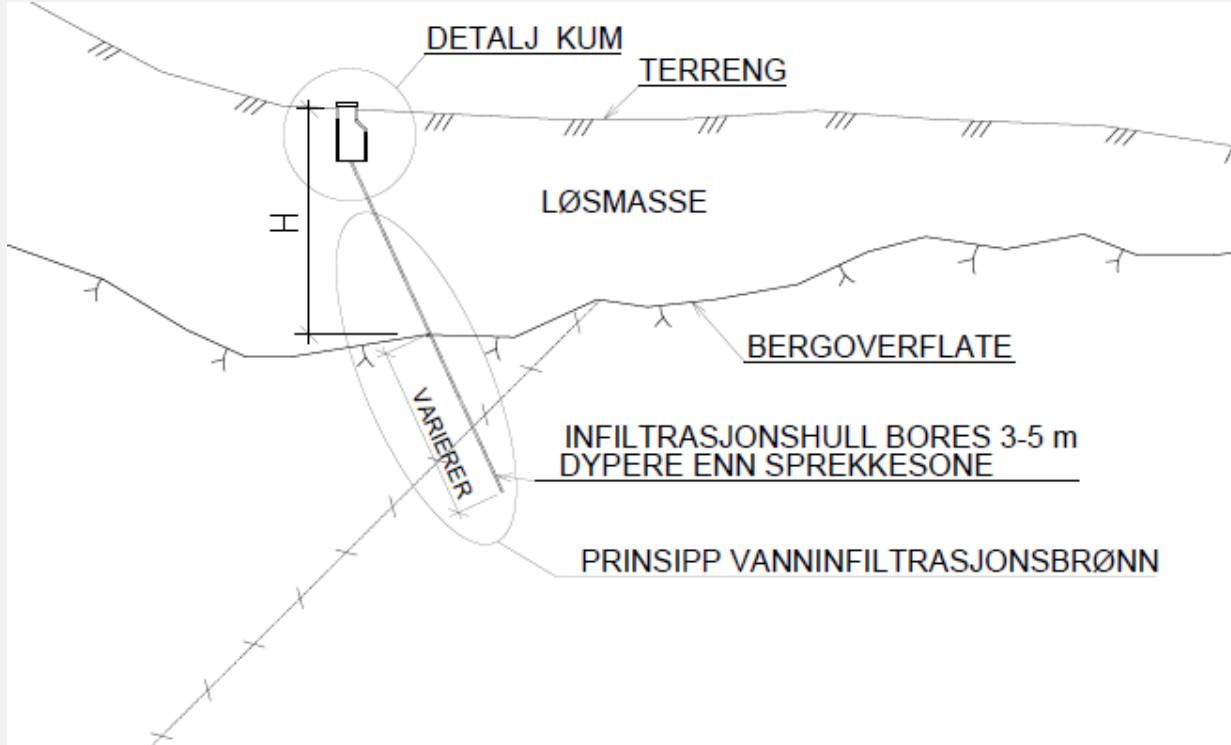


Frost fører til målt deformasjon i motsatt retning av spuntveggen

Plassering av deformasjonskanal

Fastpunkt

Regulering av grunnvann



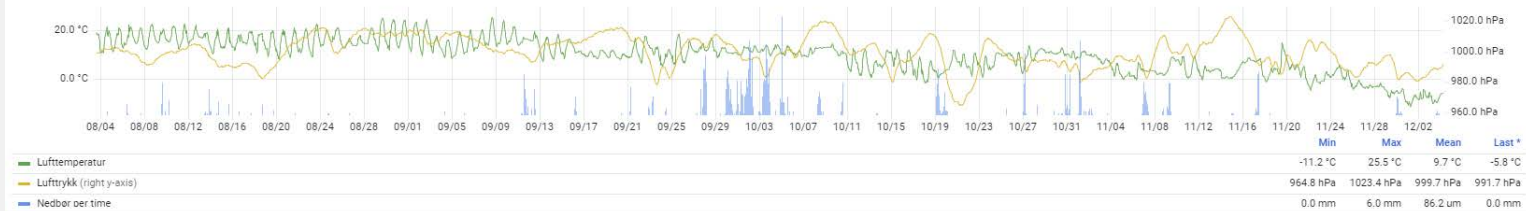
- (1) T-VENTIL (TAPPEVENTIL)
- (2) STENGEVENTIL
- (3) VANNFILTER
- (4) VANNMENGDEMÅLER
- (5) REDUKSJONSVENTIL
- (6) MANOMETER, 0-10 BAR
- (7) DIGITAL OVERFØRINGSENHET FOR AVLESNING

DETALJ KUM

NAWIS – NGI Automatic Water Infiltration System



Meteorologisk data f



Poretrykksmålere



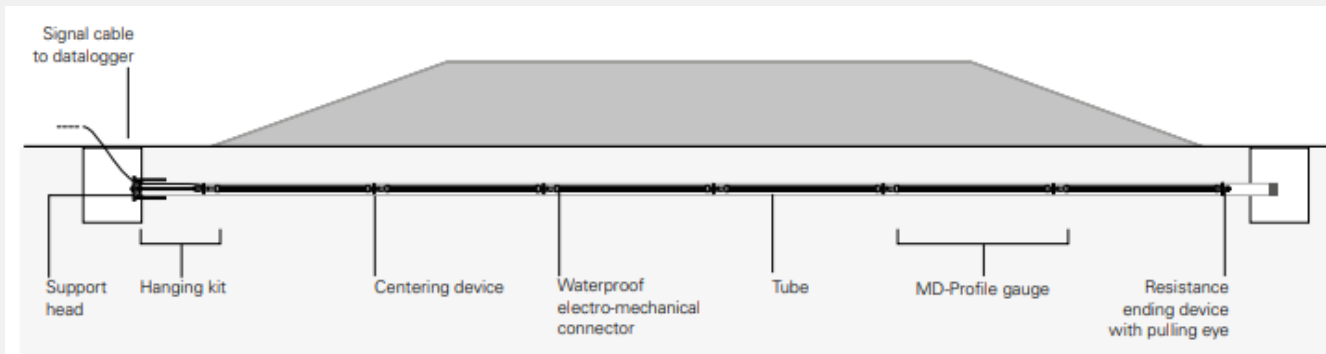
Infiltrasjonsbrønner - Vannstrøm



Infiltrasjonsbrønner - Vanntrykk



Setninger



Manuelle målinger:



IPI:



SAAV (SAAF):

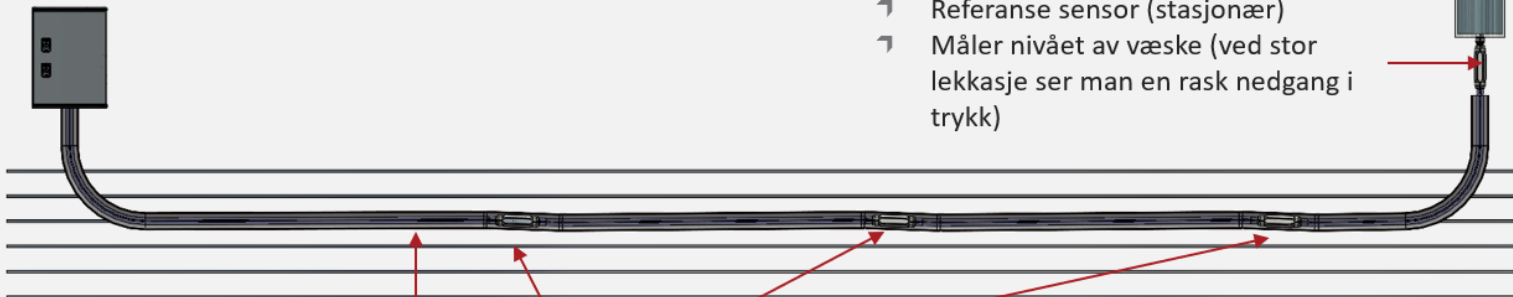


Setningsplater:



NISP – NGI In-line Settlement Profiler

- ↗ Elektronisk skap
- ↗ Strømforsyning, data håndtering og kommunikasjon



- ↗ Stasjonær beholder med væske
- ↗ Beholder er åpen på topp for lufttrykk jevning
- ↗ Ventilerte luft går gjennom avfukter
- ↗ Referanse sensor (stasjonær)
- ↗ Måler nivået av væske (ved stor lekkasje ser man en rask nedgang i trykk)

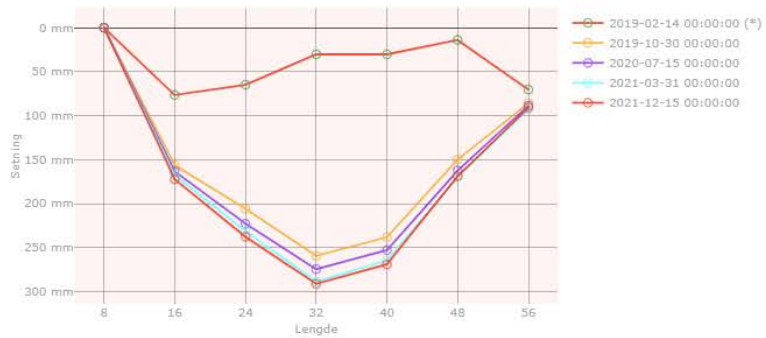
- ↗ Nedgravet slange som er egnet og tåler jordtrykk (korrugert rør 75/60)

- ↗ Sensorer

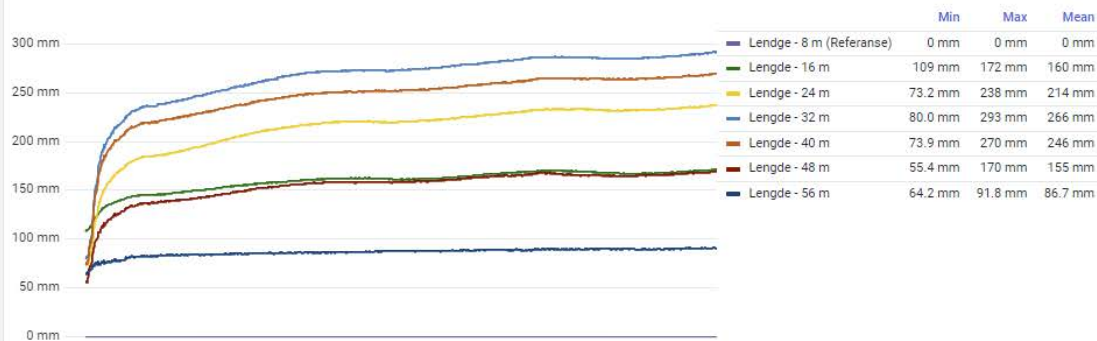




Fylling 2 - NISP - Setningsprofil



Fylling 2 - NISP - Tidsserie



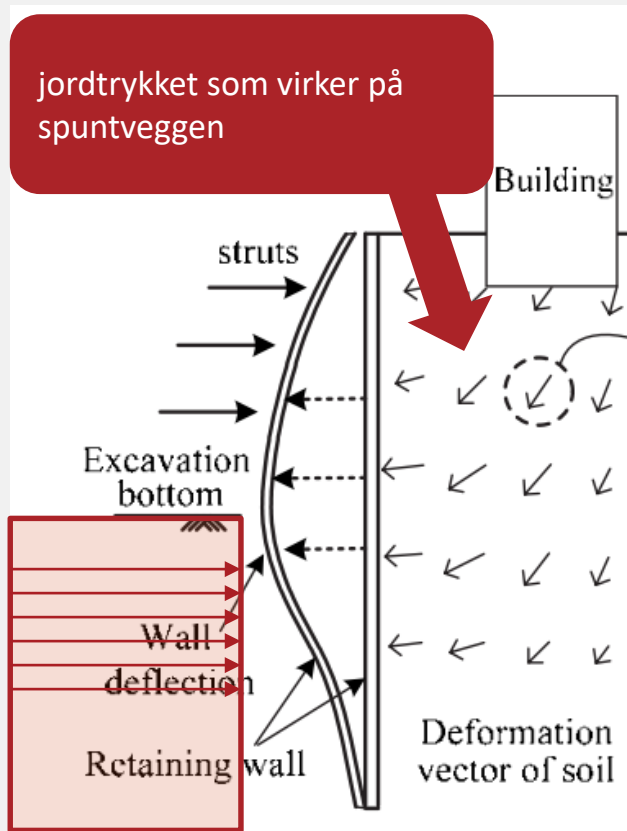
Campus Ullevål

CU byggegruppen som et demonstrasjonsprosjekt!

CU er en unik mulighet til å tilegne seg verdifull kunnskap hvor data som kan føre til oppdaterte designmetoder for dype utgravninger i bløt leire

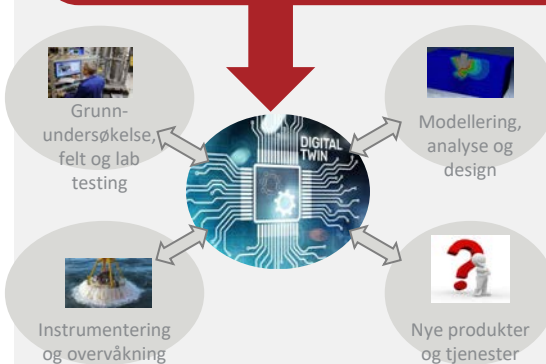
Bærekraftig prosjektering og redusere materialbruk

belastningsresponsen til og mellom kalk-sement ribber



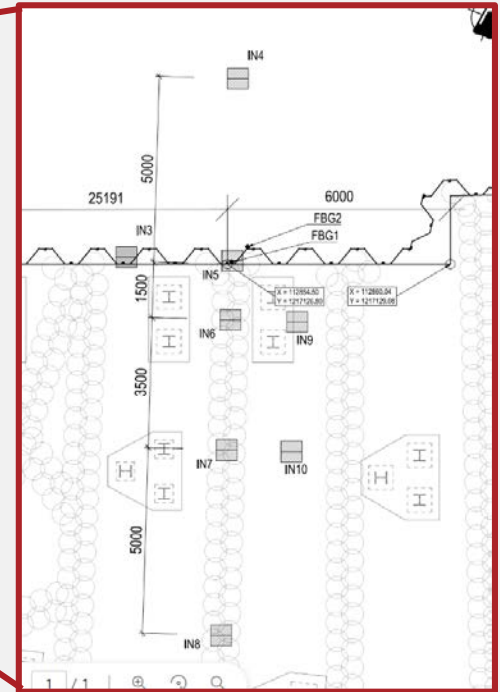
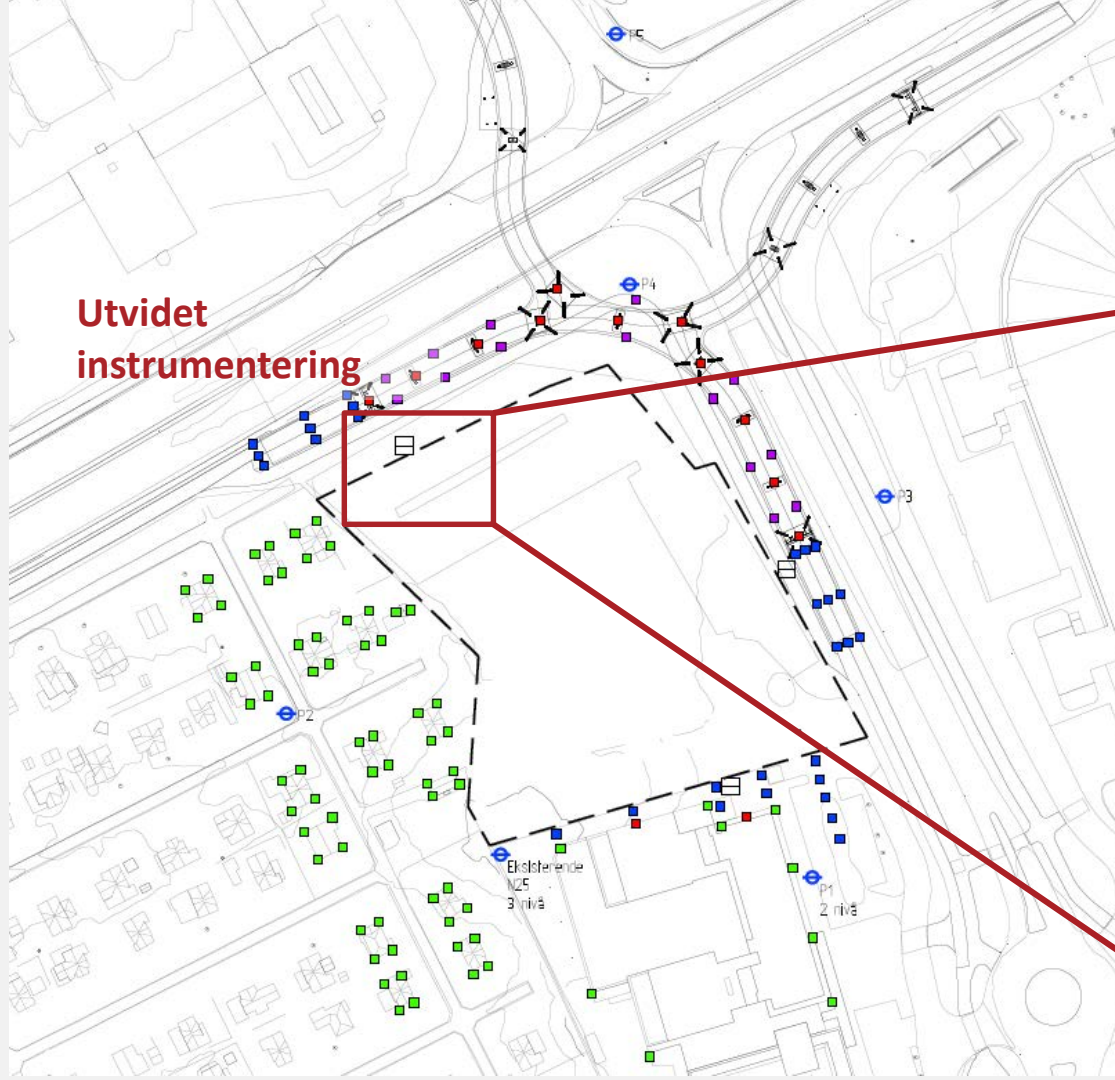
grunnarbeidenes innvirkningen på omgivelsene

Kontinuerlig overvåking gjennom «NGI Live» åpner opp for utforskning av bruken av digitale tvillinger

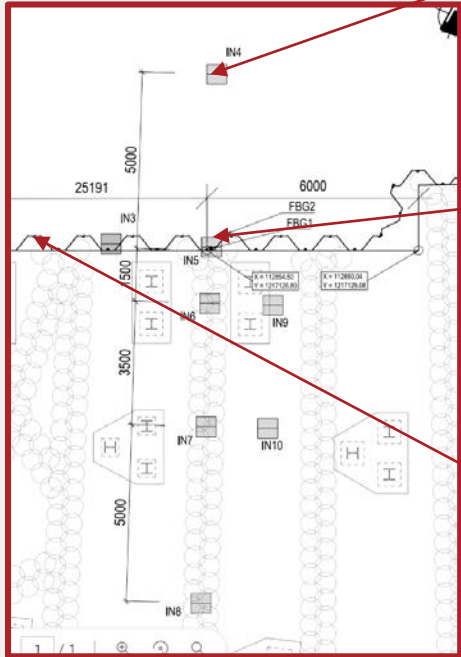


Instrumenteringsplan

Utvidet instrumentering



Instrumentering



IPI (0,5m - 2m):



Fiberoptikk på spuntvegg (FBG):



Automatisk totalstasjon med prismer på spuntvegg rundt hele bygge-gropen:



NGI Live skal i tillegg vise data fra:

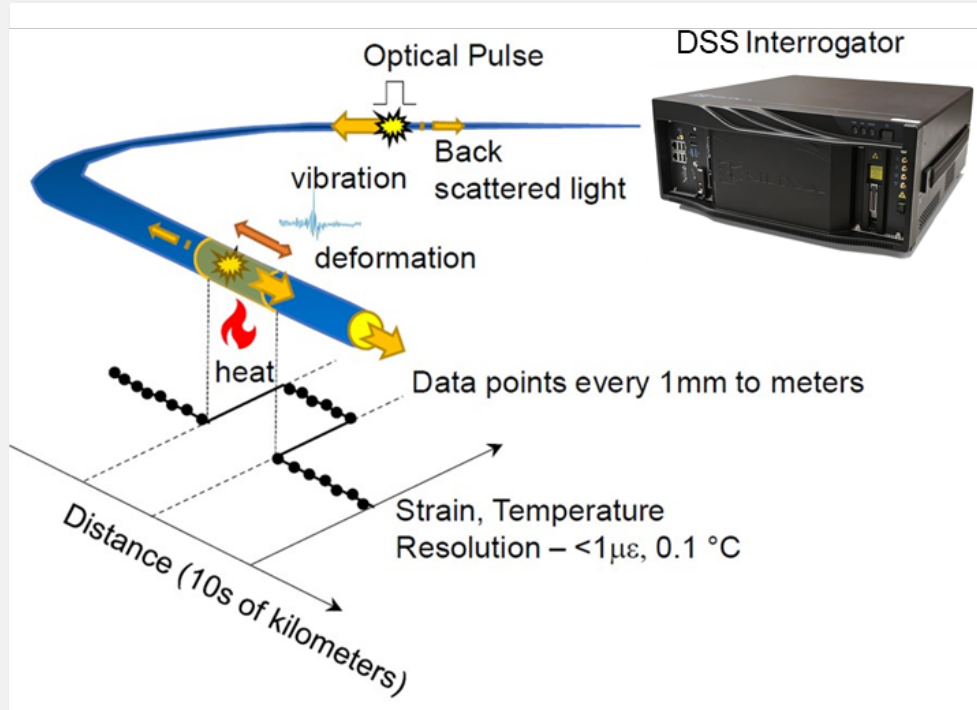
- Vibrasjonsmålinger på nærliggende bygninger (Sigicom)
- Byggekamera
- Tiltmeter, lastceller, pz, manuelle data ++

Fiberoptiske måling

- FBG/Fabry Perot vs DFOS/DOFS
- Interrogators - time/frequency domain
- Raman/Brillouin/Rayleigh backscatter
- Single/multi mode fibre, RI
- DTS/DSS/DAS/DITEST/DITEMP
- BOTDR/BOTDA/BOFDA
- OTDR/OFDR/ROTDR/OBR
- DAS/Phase-OTDR/ ϕ -OTDR/C-OTDR
- ANI/CWI



Distribuert fiberoptisk tøyingsmålinger (DSS)



Brillouin Backscatter interrogators

Lang rekkevidde, men lavere romlig oppløsning (0,1-10 meter avhengig av rekkevidden). Enkel ende eller koblet i en løkke til avhøreren for forbedret ytelse (stimulert Brillouin-spredning)

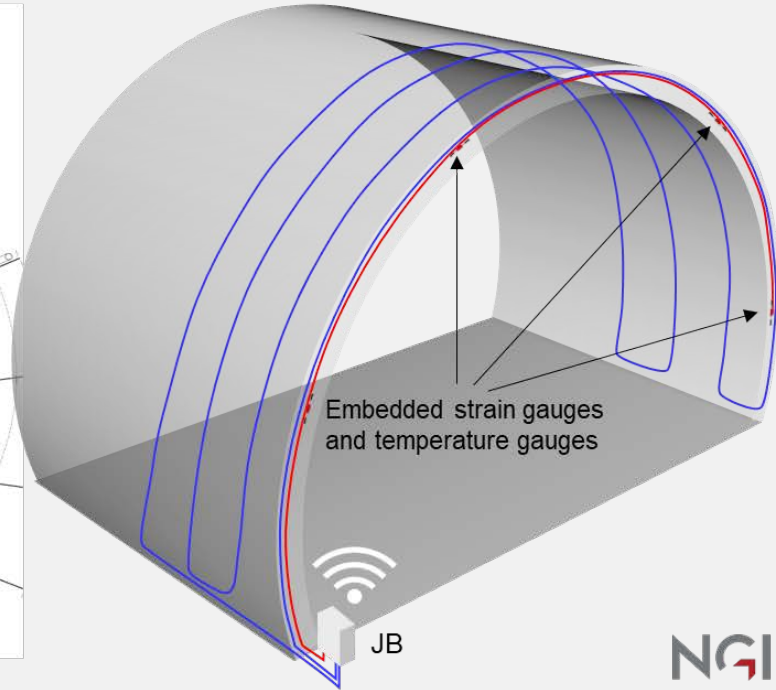
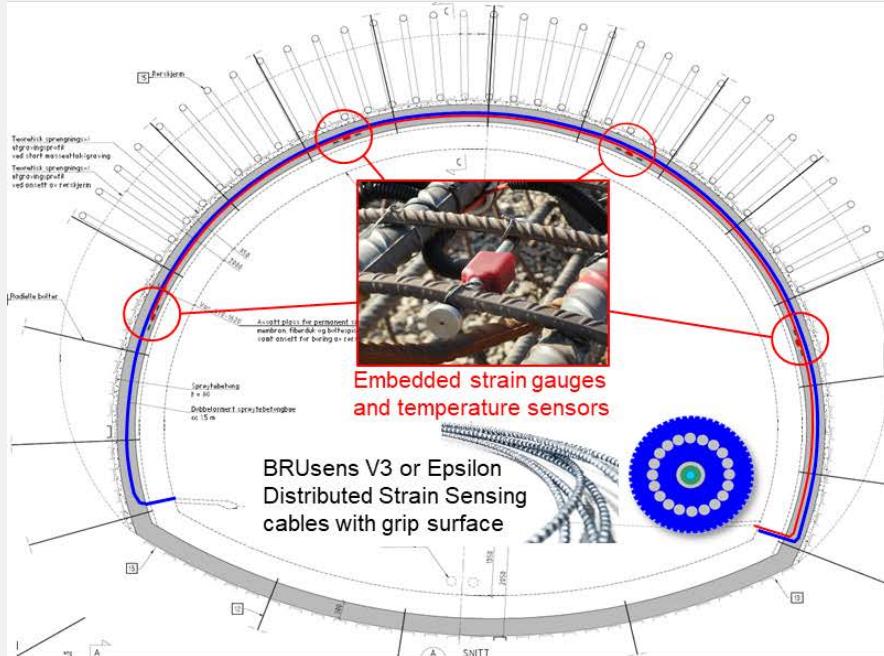


Rayleigh Backscatter interrogators

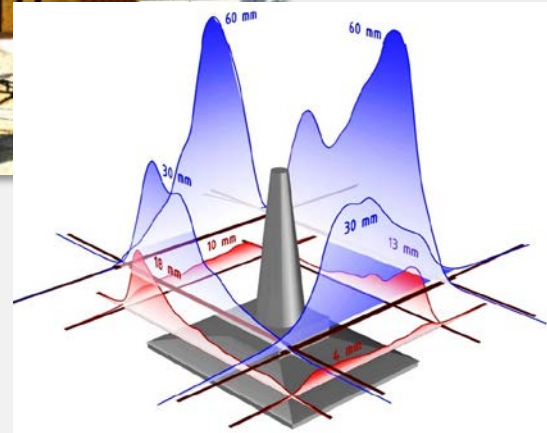
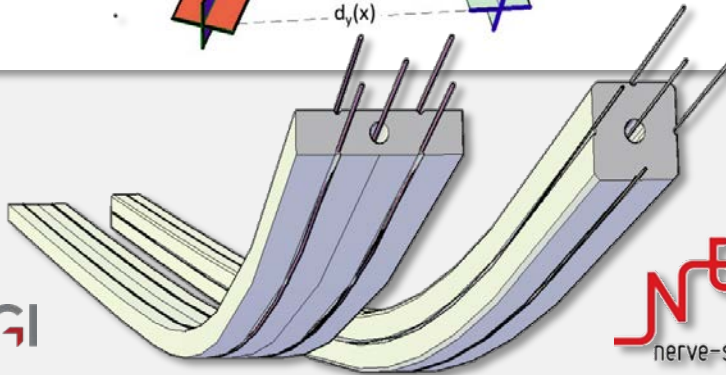
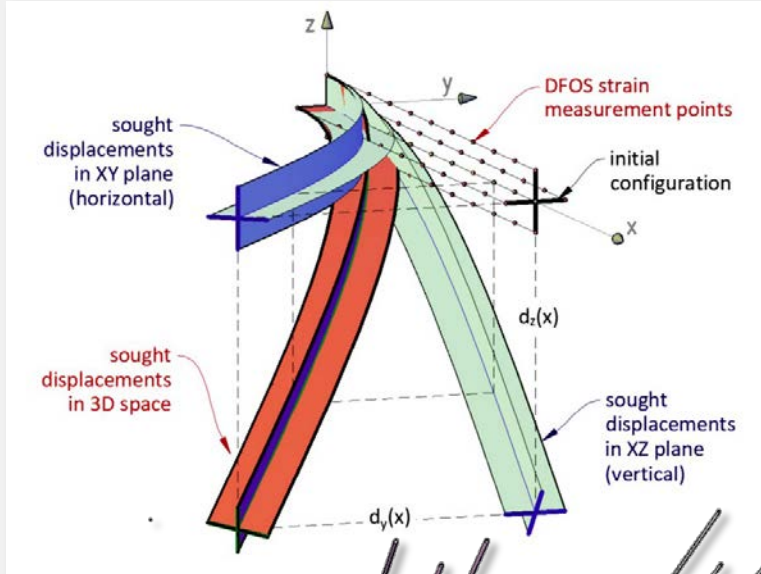
Statisk belastning med høy romlig oppløsning, men begrenset rekkevidde - enkel ende-fiber. Rayleigh-spredning brukes også til DAS-overvåking (seismisk overvåking).



Distribuert fiberoptisk tøyningmålinger (DSS)

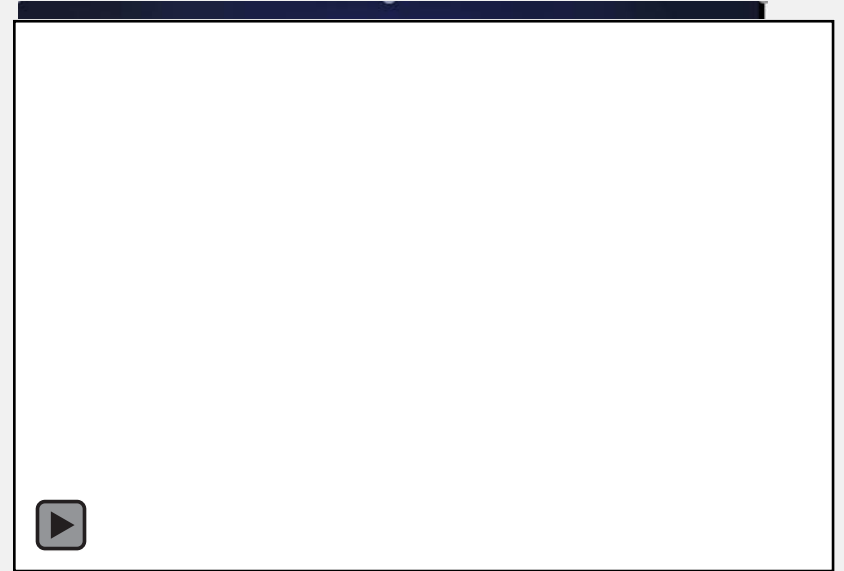


Shape sensing



Vibrasjonsovervåkning i Narvik – Bakgrunn

- Det svenske gruveselskapet LKAB
- Jernmalm transporteres med jernbane fra Kiruna til Narvik havn
- Bygget SILA-anlegget i 2009
- Kulene lagres i gigantiske underjordiske siloer
- Fullt automatiserte operasjoner.



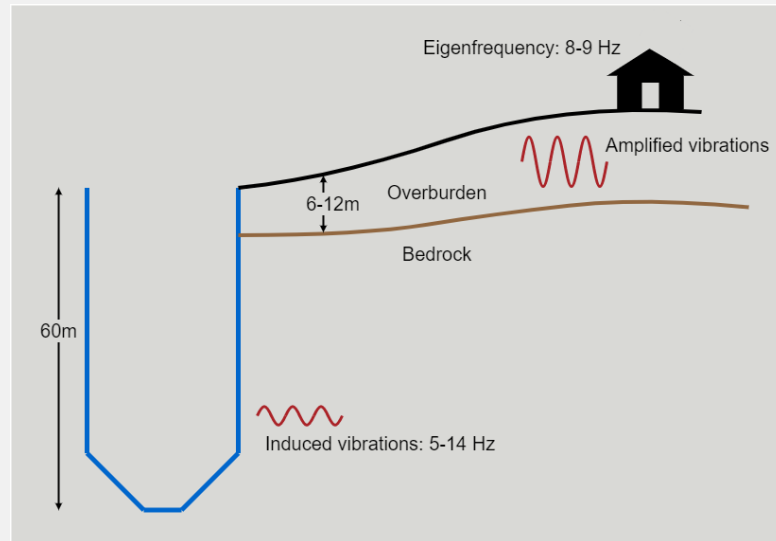
Vibrasjonsovervåkning i Narvik – Bakgrunn

- Drift forårsaker uønskede vibrasjoner i omkringliggende boligområdet



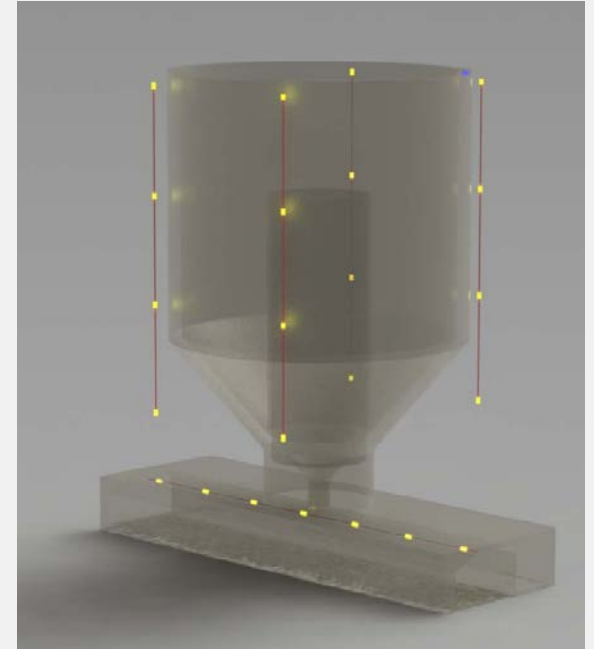
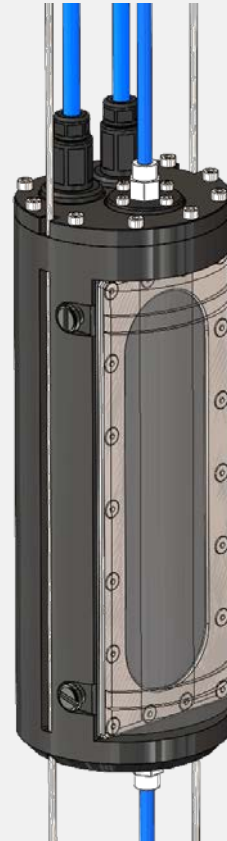
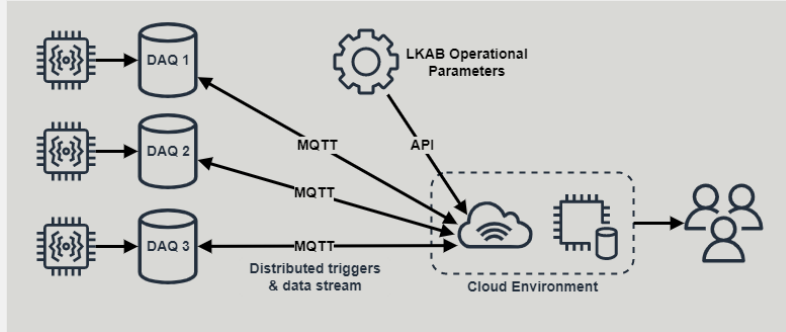
Vibrasjonsovervåkning i Narvik – Hovedmål

- Forstå sammenheng mellom silodrift og induuerte vibrasjoner
- Gi tilbakemelding til operatøren i sanntid
- Gi høykvalitetsdata for videre analyse og mulig vibrasjonsreducerende tiltak

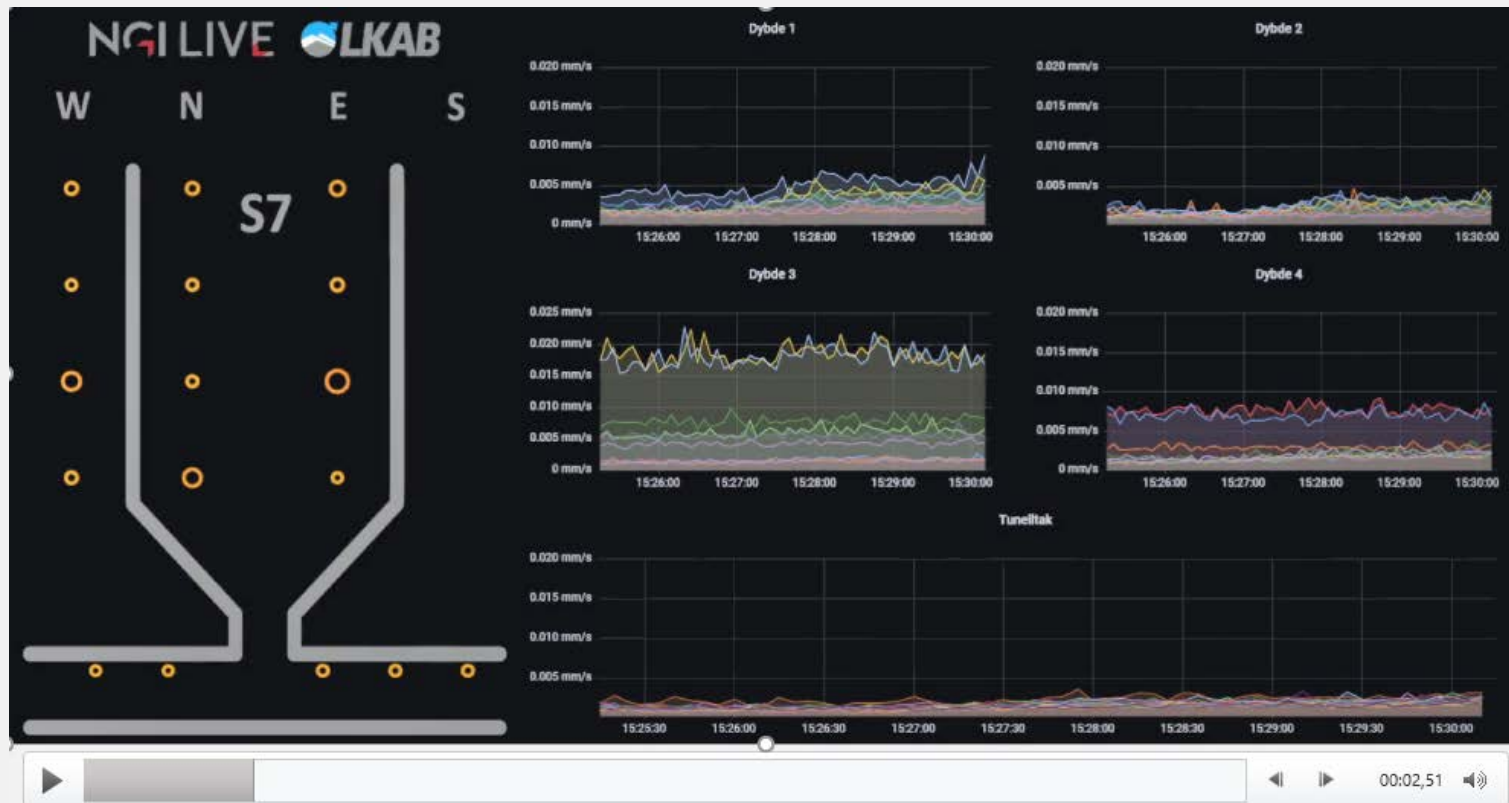


Instrumentering

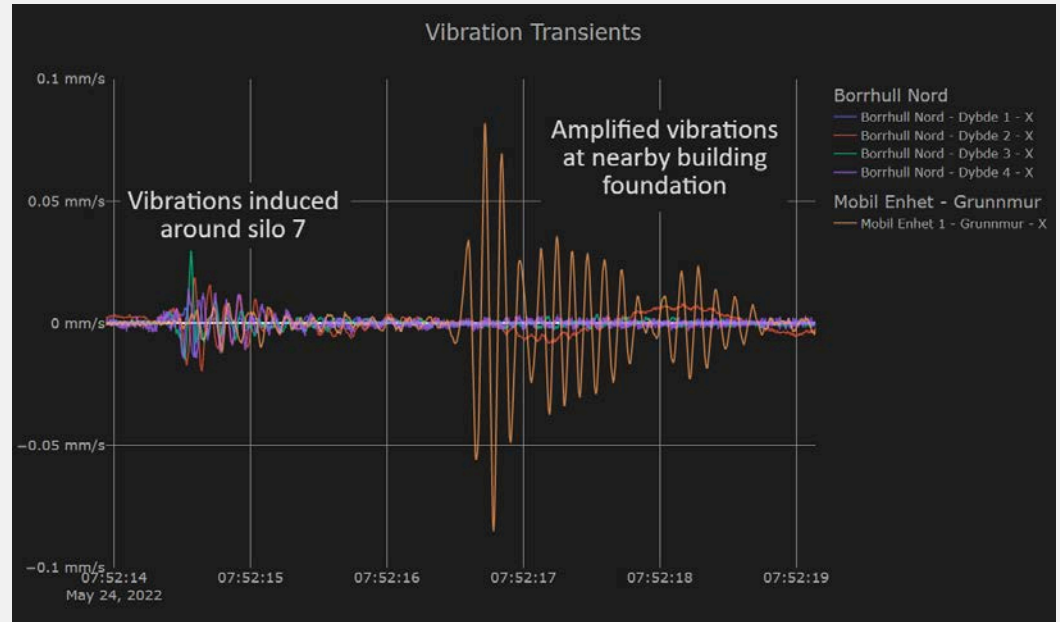
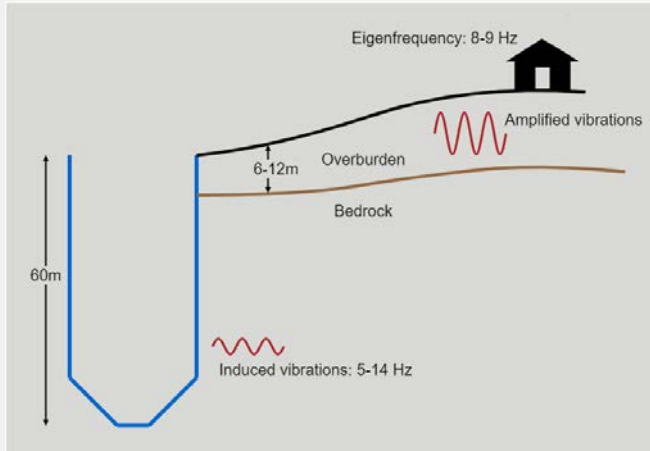
- ↗ 25 triaxial aksellerometere
- ↗ 1 kHz sampling
- ↗ Data i sanntid til skyen
(6 millioner datapunkter i døgnet)



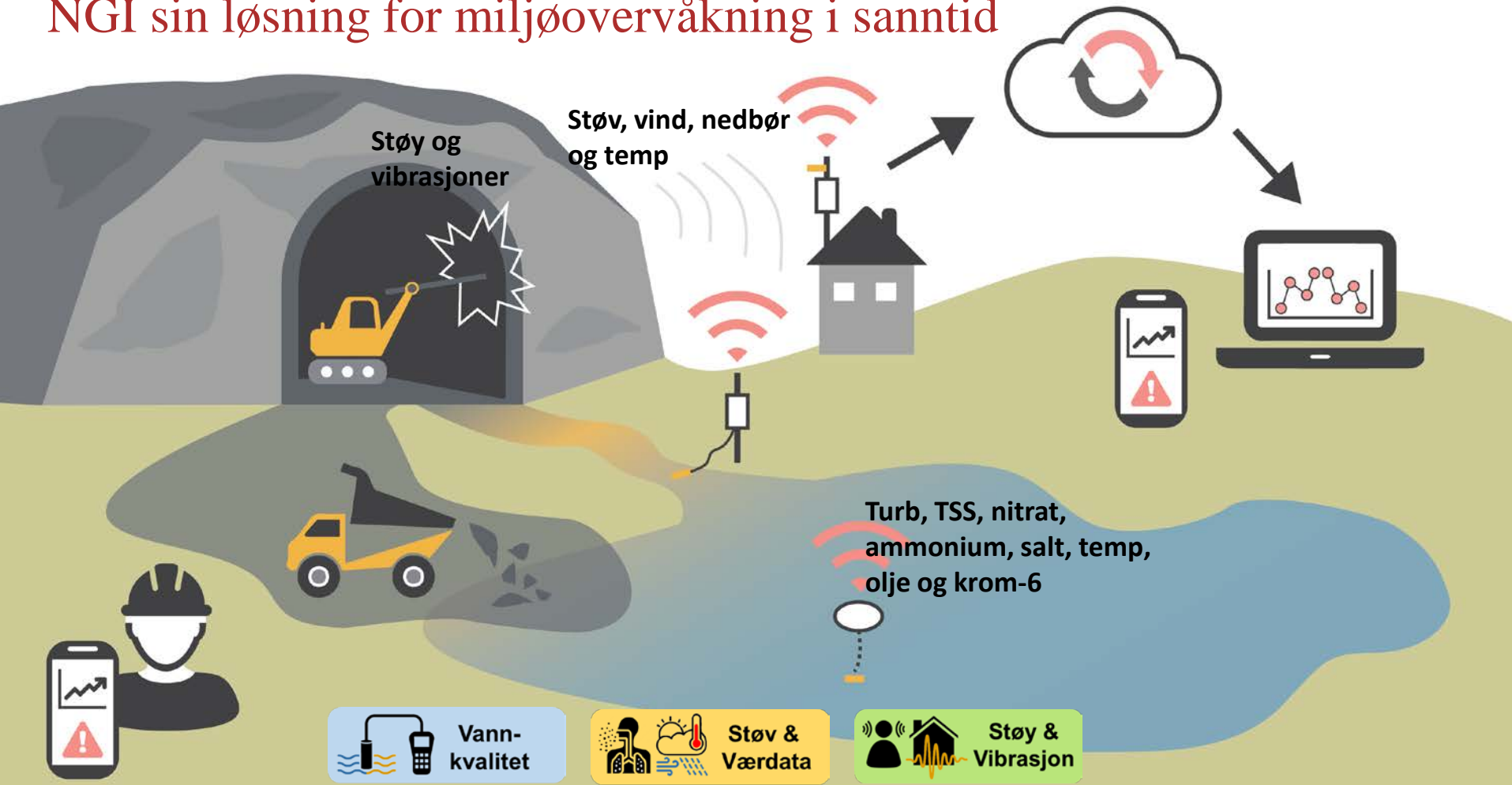
Sanntidsdata «Dashboards»



Midlertidige resultater



NGI sin løsning for miljøovervåkning i sanntid



Installasjon av instrumenter på Franzefoss Steinskogen

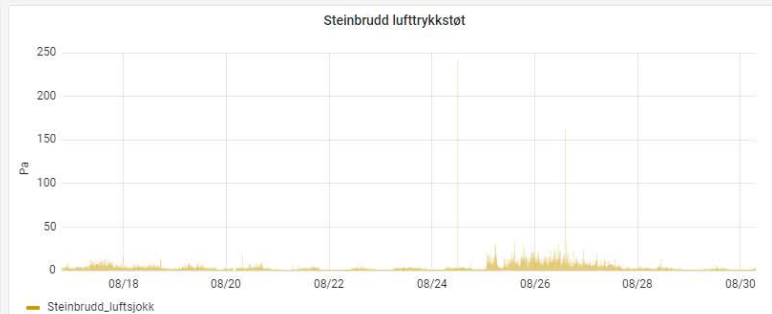
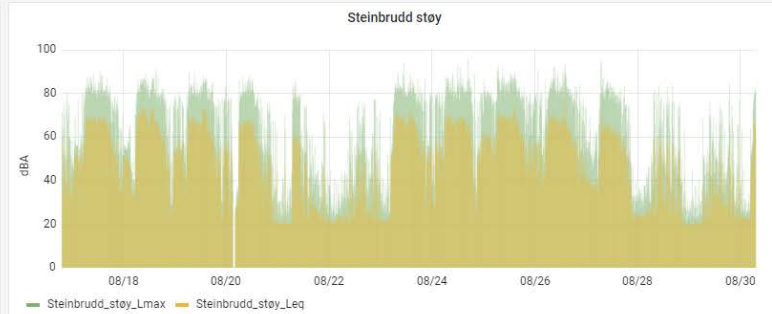
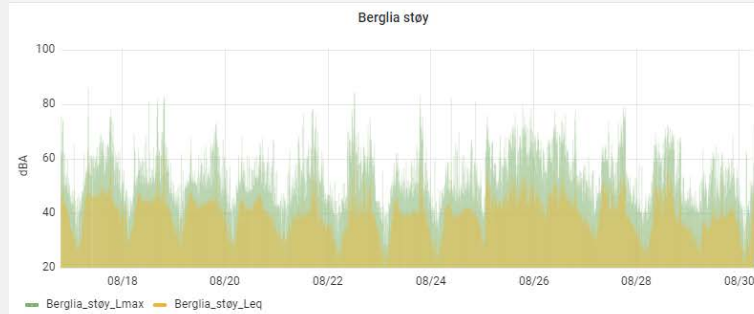


Data eksempel - Støy



> Kart (1 panel)

< Støy



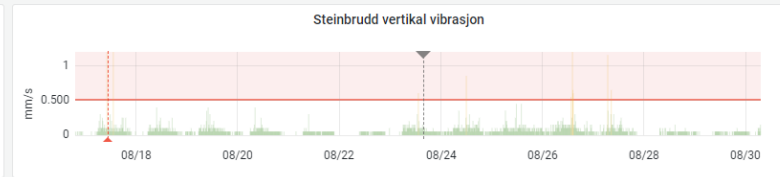
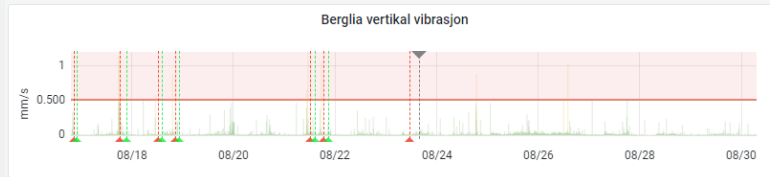
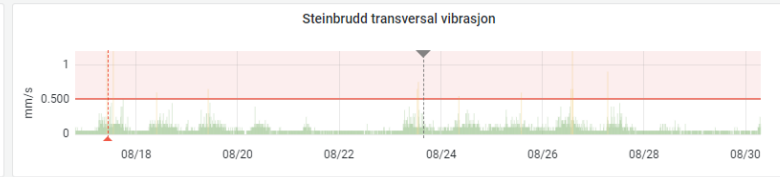
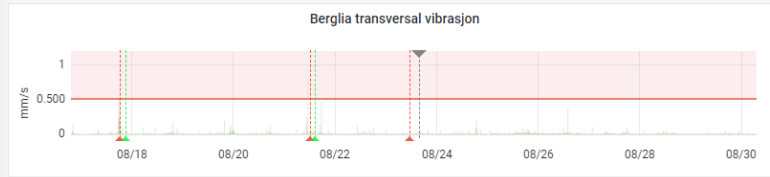
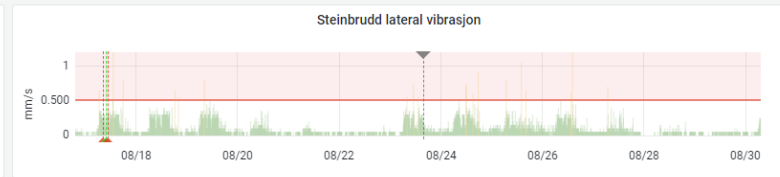
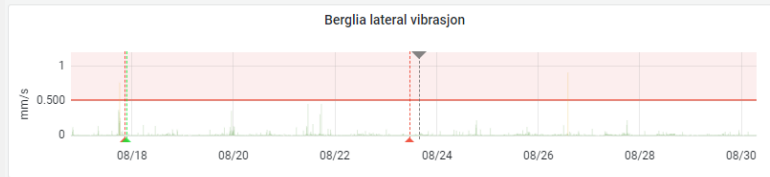
Data eksempel - Vibrasjoner



> Kart (1 panel)

> Støy (7 panels)

> Vibrasjon (0 panels)



Data eksempel – Støv



Støy & Vibrasjon



Støv & Værddata

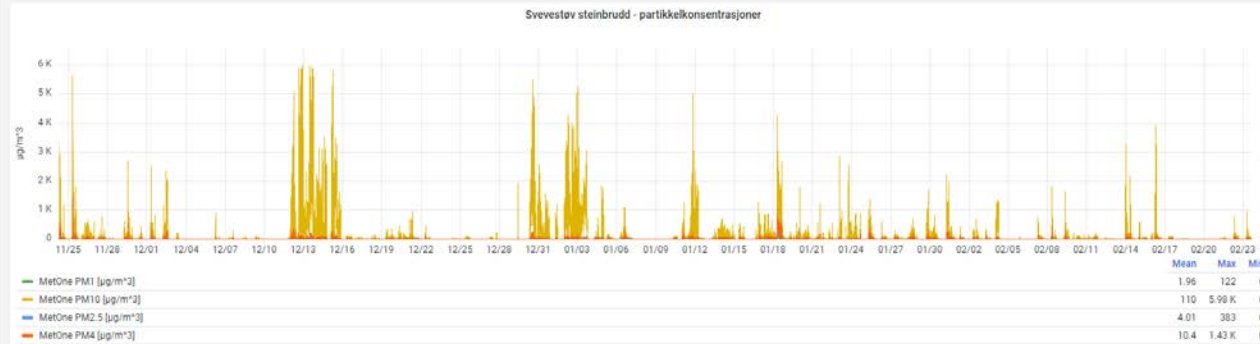


Vannkvalitet

› Kart (1 panel)

› Vær (10 panels)

~ Støv

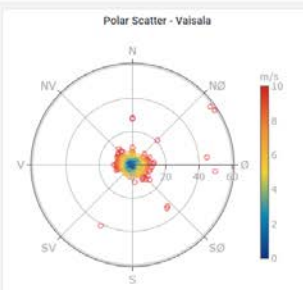
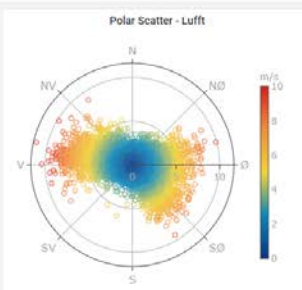
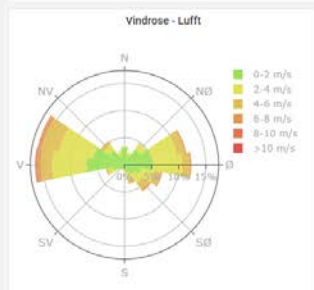


Data eksempel – Værdata



> Kart (7 panel)

- Vær



Data eksempel – Vannkvalitet i kum



Støy & Vibrasjon



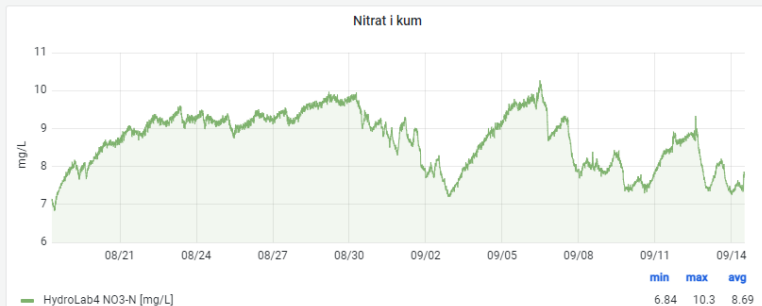
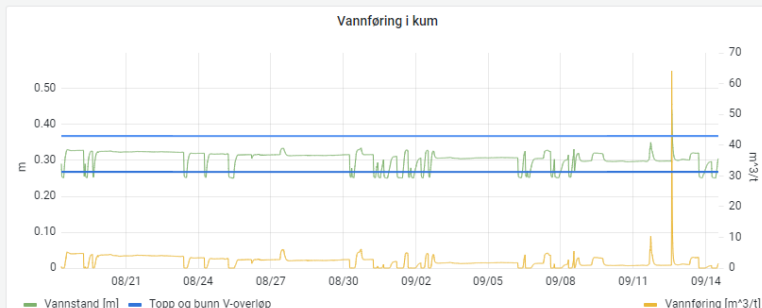
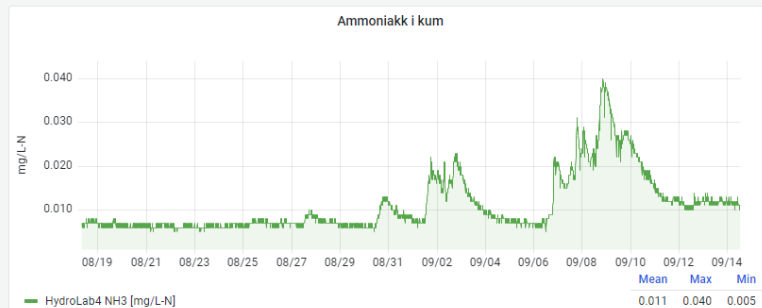
Støv & Værdata



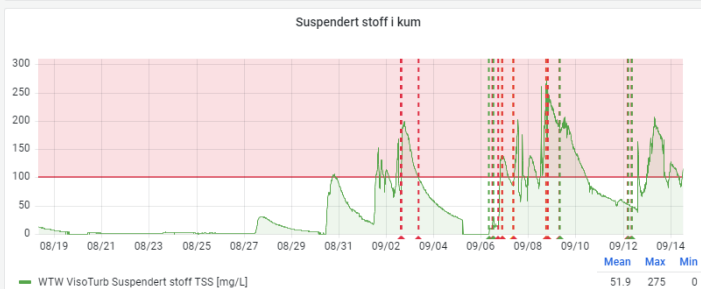
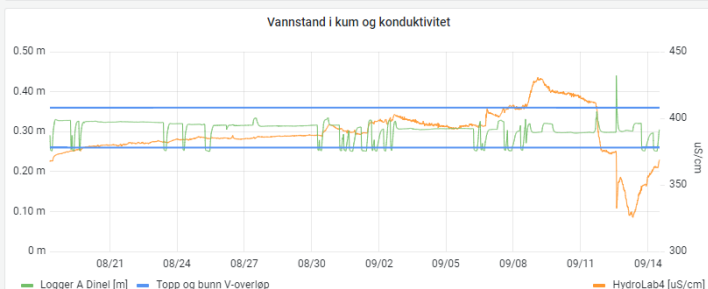
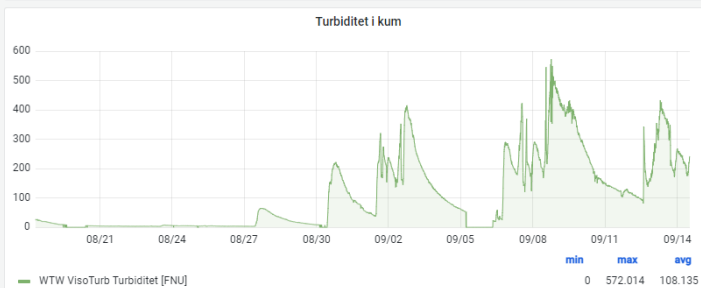
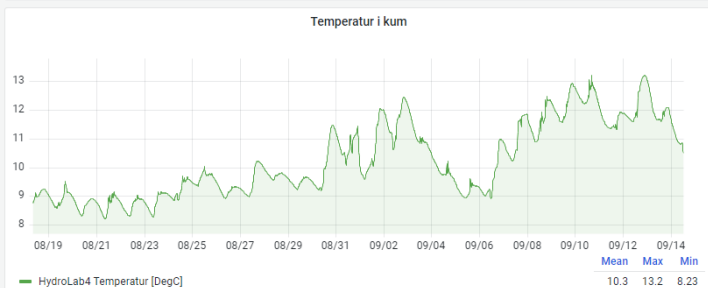
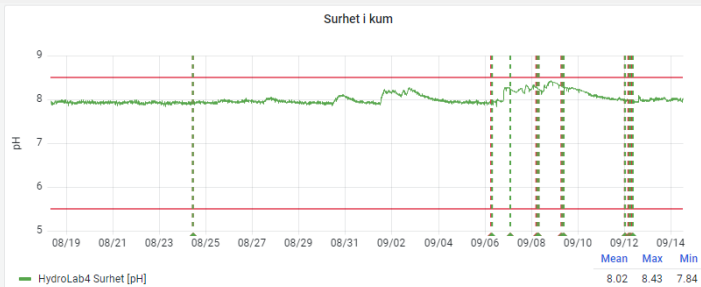
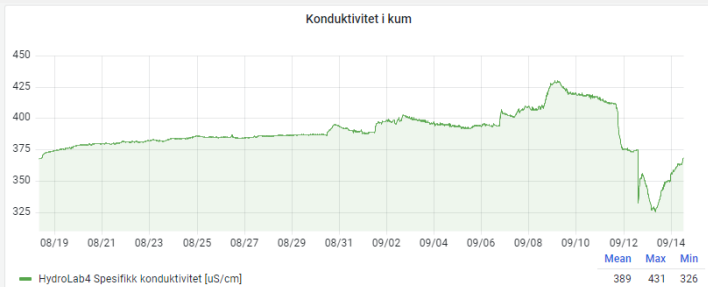
Vannkvalitet

> Kart (1 panel)

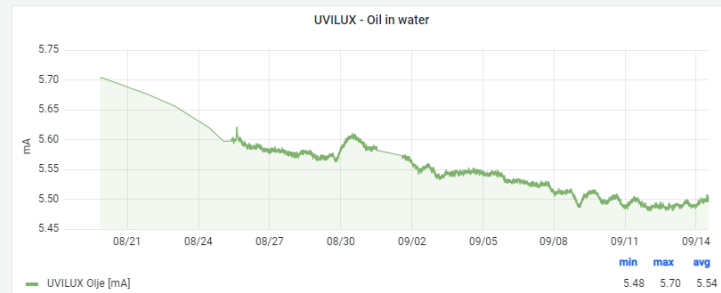
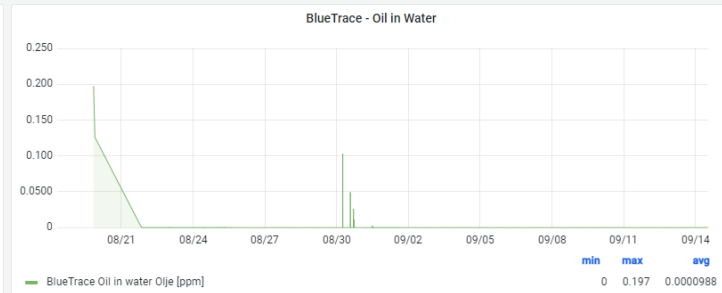
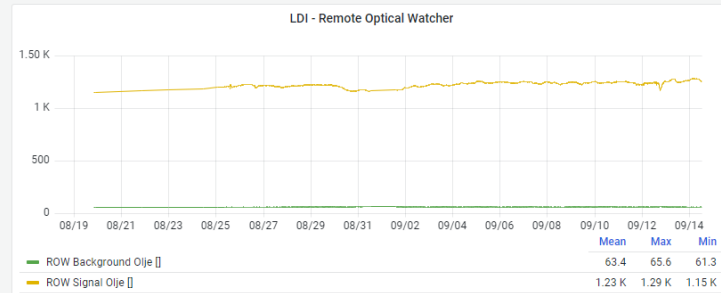
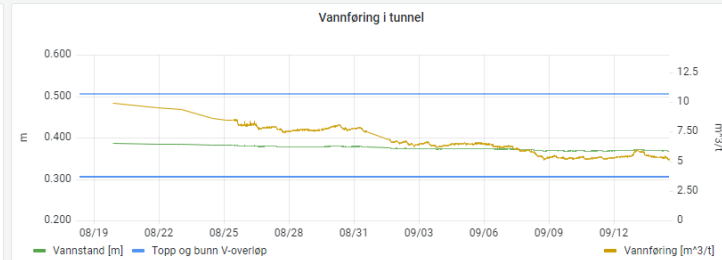
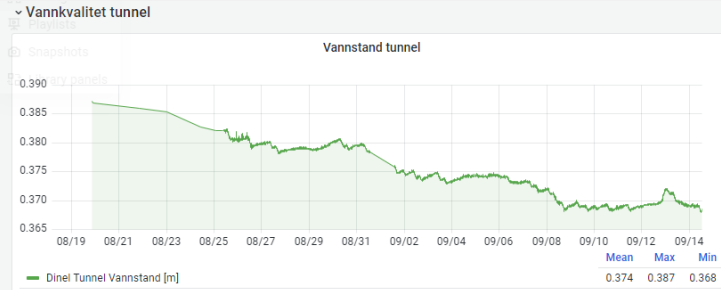
~ Vannkvalitet kum



Data eksempel – Vannkvalitet i kum



Data eksempel – Vannkvalitet i tunell



Hvordan utnytte store datamengder effektivt?



Digitalising



Solve scientific problems with new technology



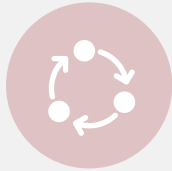
Develop solutions for the society and the environment



Cloud only and modern architecture

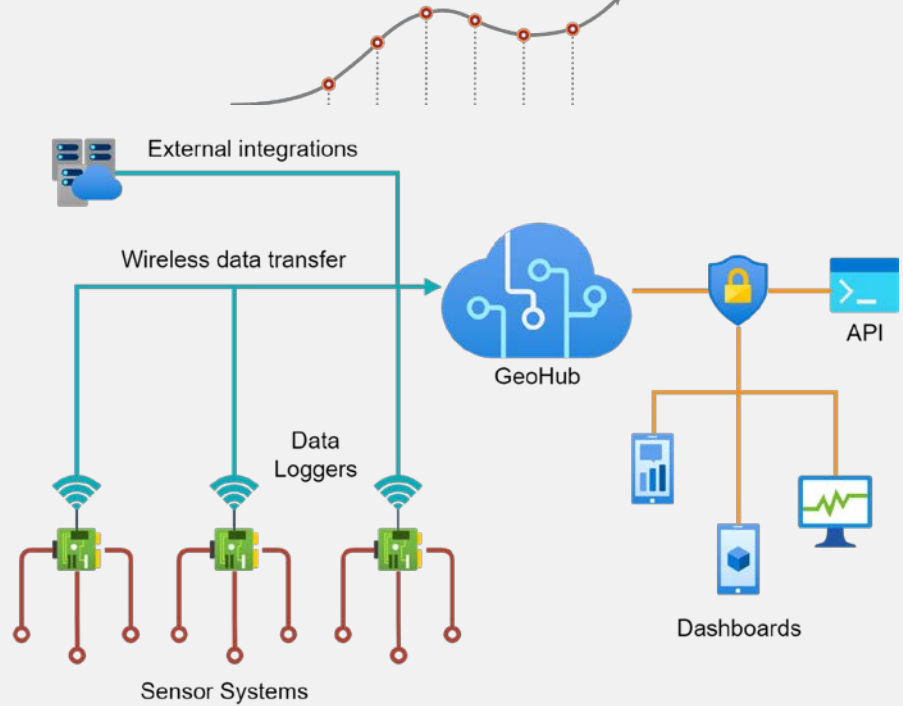


Updated and modern tech stack

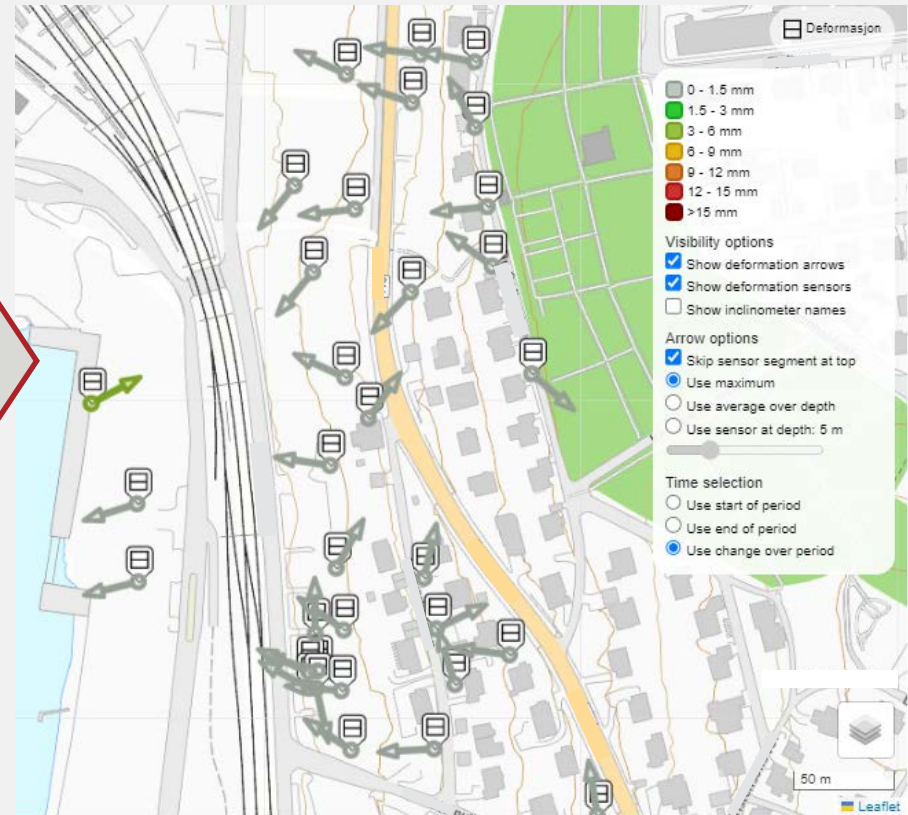
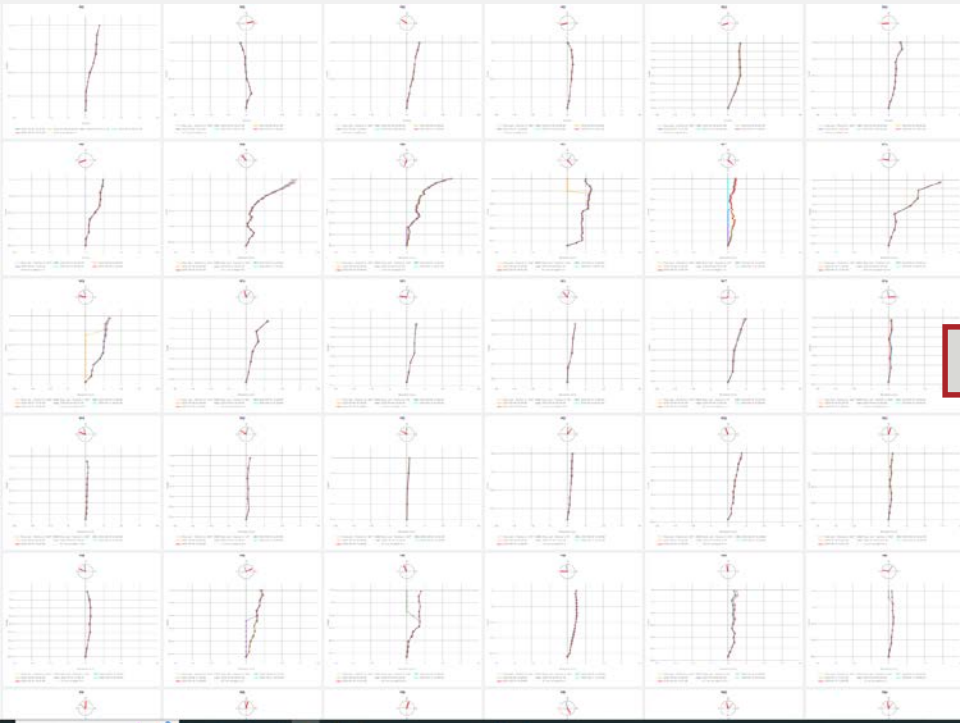


Modern way of working: Agile and DevOps

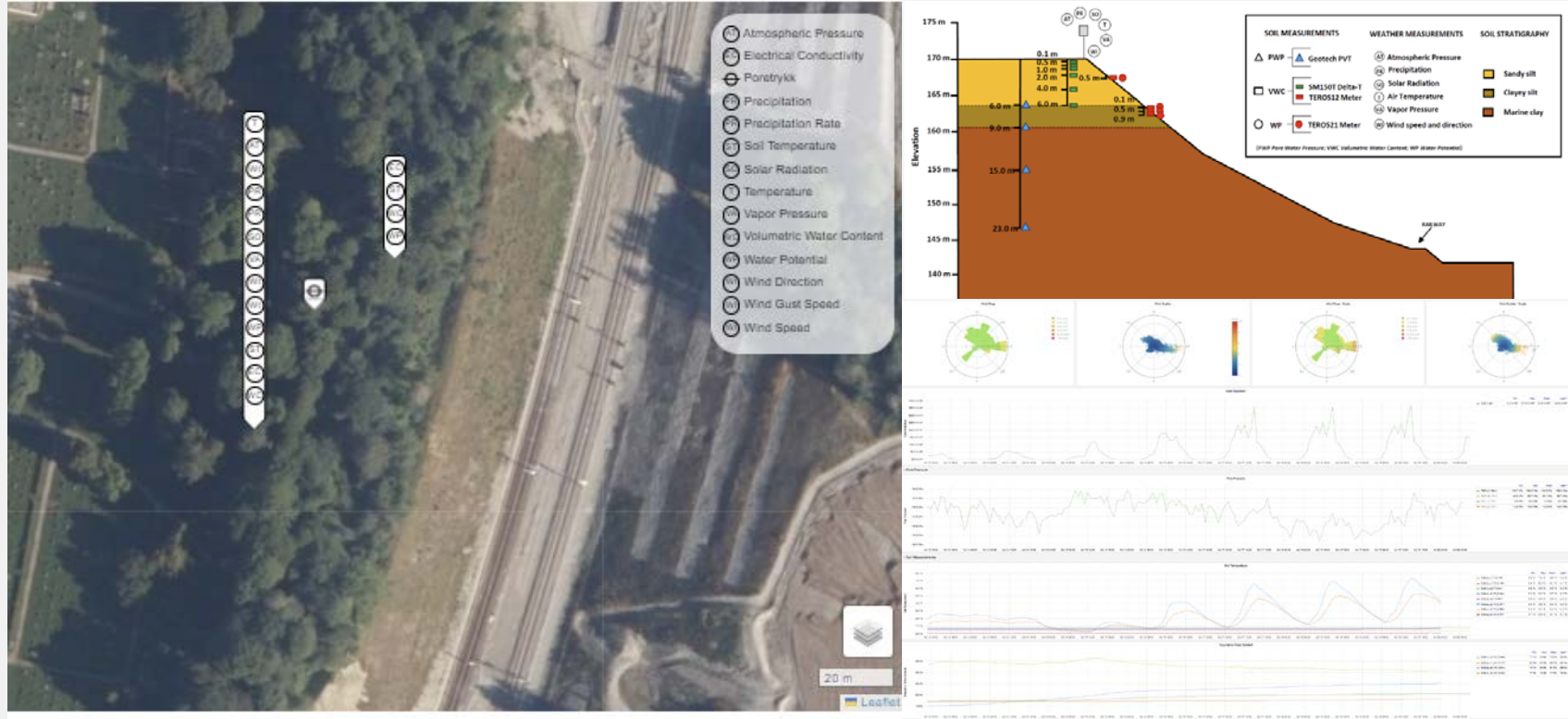
NGI LIVE



Smartere bruk av store datamengder

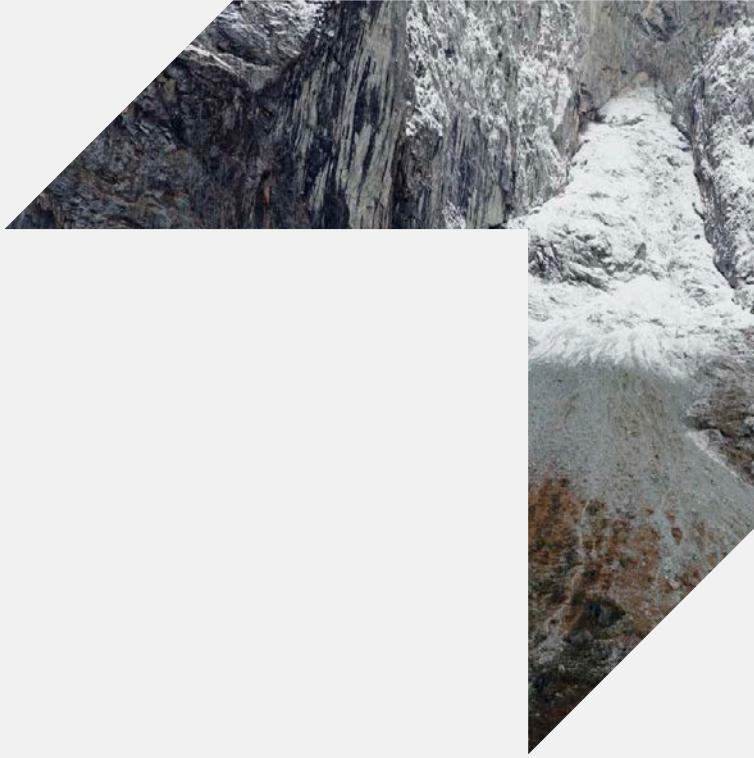


Digital tvilling - skråningsstabilitet



Oppsummering

- Instrumentering gir mange muligheter for bedre kontroll oppfølging av byggeprosjekter
- Tett integrasjon mellom de som leverer instrumenteringstjenester og de som skal bruke dataene
 - Devil is in the details!
- Smartere bruk av data gjennom digitalisering!





#onsafeground