

Ingeniørgeologisk 3D-modellering, eksempel Oslofjordforbindelsen

Magnus Sørensen, Multiconsult

Trondheim

10.01.2018



3D-modellering

- Økt etterspørsel
- I flere prosjekter skal samtlige fag levere bidrag til 3D-modeller
- Hva kan ingeniørgeologiske bidrag være?



Utfordringer

- Ingeniørgeologiske tegningsleveranser består hovedsakelig av tolkninger f.eks.:
 - Bergoverflate
 - Svakhetssoner
 - Bergarter
 - Bergmassekvalitet
- Hvordan skal tolkningene presenteres i en 3D-modell?
- Hvordan skal usikkerhet belyses?



Grunnlags- og Fagmodeller

- Grunnlagsmodell: Beskriver eksisterende situasjon
- Fagmodell: Beskriver planlagt situasjon

Grunnlagsmodeller	Fagmodeller
<p><i>Eksempler:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Bergoverflate• Svakhetssoner• Bergarter og bergartsgrenser• Bergmassekvalitet (Q-verdi)• Oppsprekking	<p><i>Eksempler fra Håndbok V770 Modellgrunnlag :</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Ulike bergsikringstiltak• Injeksjon• Geologisk registrering• Måling av vannlekkasje og permeabilitet



Grunnlagsdata

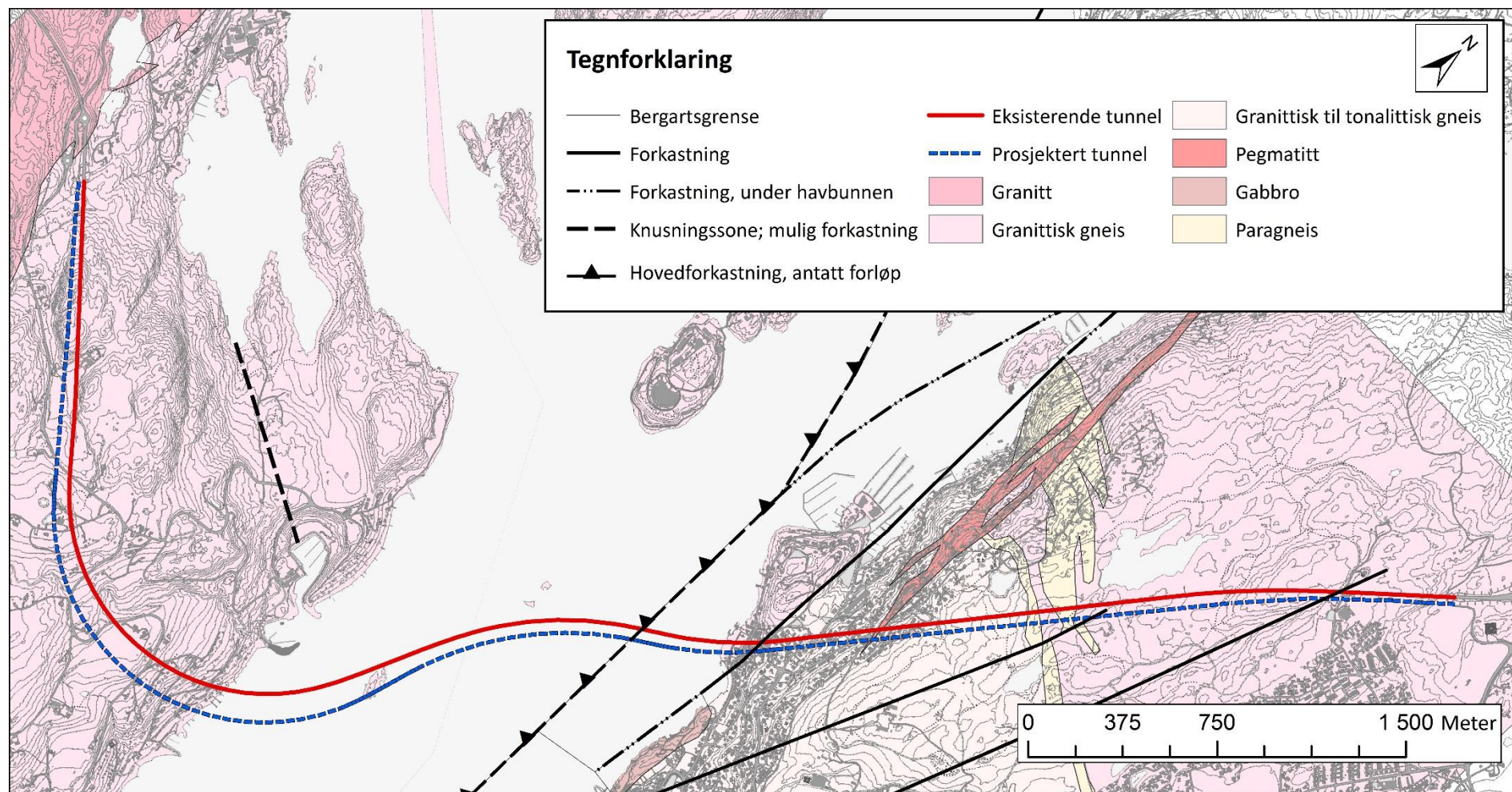
- For å bygge opp grunnlagsmodellene er en avhengig av input f.eks.:
 - Geologisk kartlegging
 - Geofysiske undersøkelser (Seismikk, resistivitet etc.)
 - Kjerneboringer
 - Grunnboringer
 - (Tolkninger)



Oslofjordforbindelsen, Byggetrinn 2 Geologiske forhold, forundersøkelser og sammenstilling av grunnlagsmodeller.



Overordnede geologiske forhold Berggrunn



Oslofjordtunnelen

Tidligere utførte geologiske undersøkelser

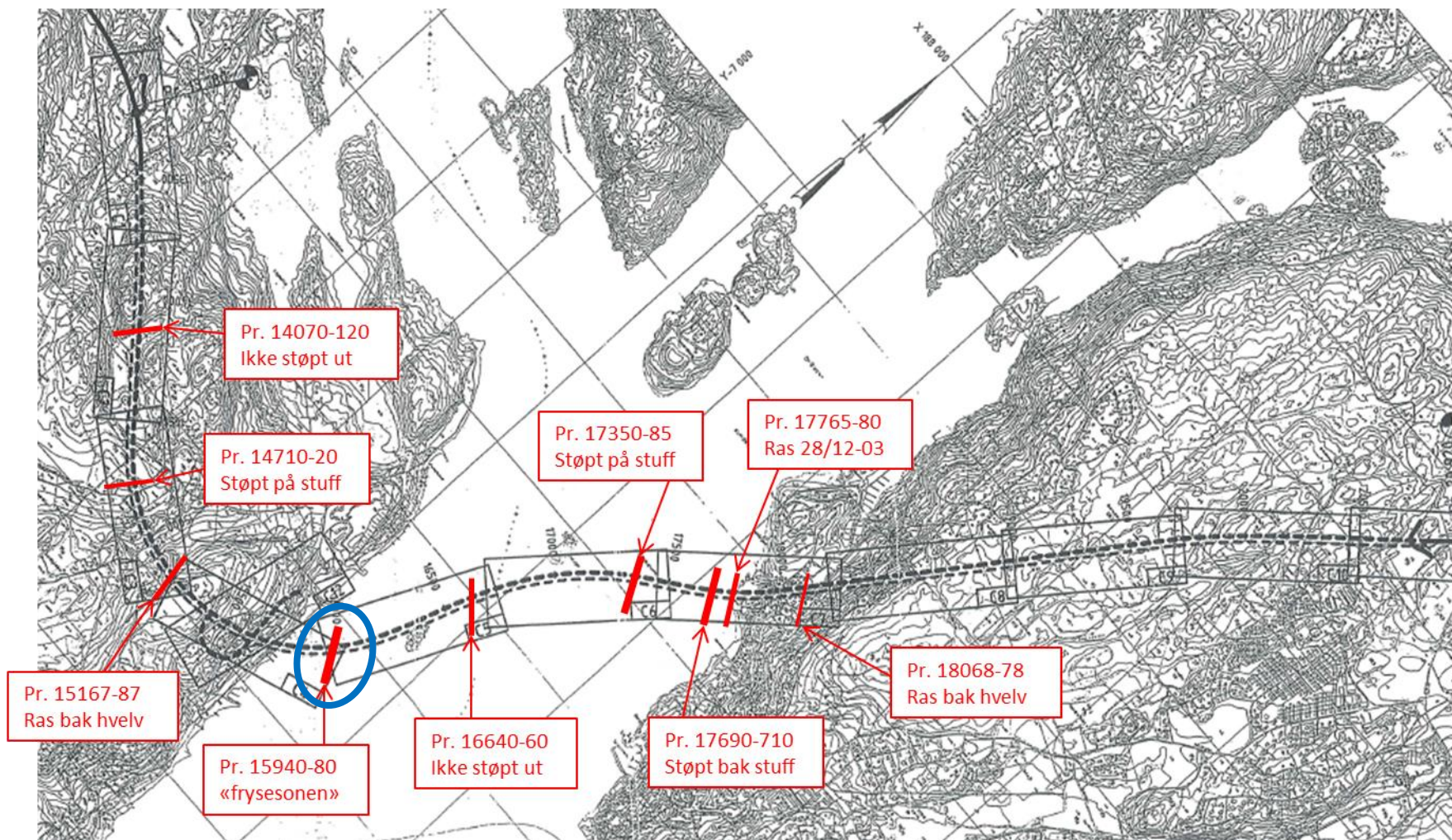
Byggetrinn 1

- 1952 – Geologisk kartlegging
- 1979 – Akustiske målinger
- 1979 – Refleksjonsseismikk
- 1979-1986 – Fjellkotekart
- 1979-1986 – Refraksjonsseismikk
- 1985-1989 – Flyfototolkning
- 1985-1989 – Geologisk kartlegging
- 1995 – Kjerneboring
- 1995 – Hull-til-bunn seismikk (tomografi)
- 1997-1999 – Undersøkelser foran stoff under driving (sonderboring og kjerneboring), samt geologisk kartlegging i tunnel.
- 2003-2004 – Kartlegging etter ras 28/12-2003

Byggetrinn 2 (før vi begynte vårt oppdrag)

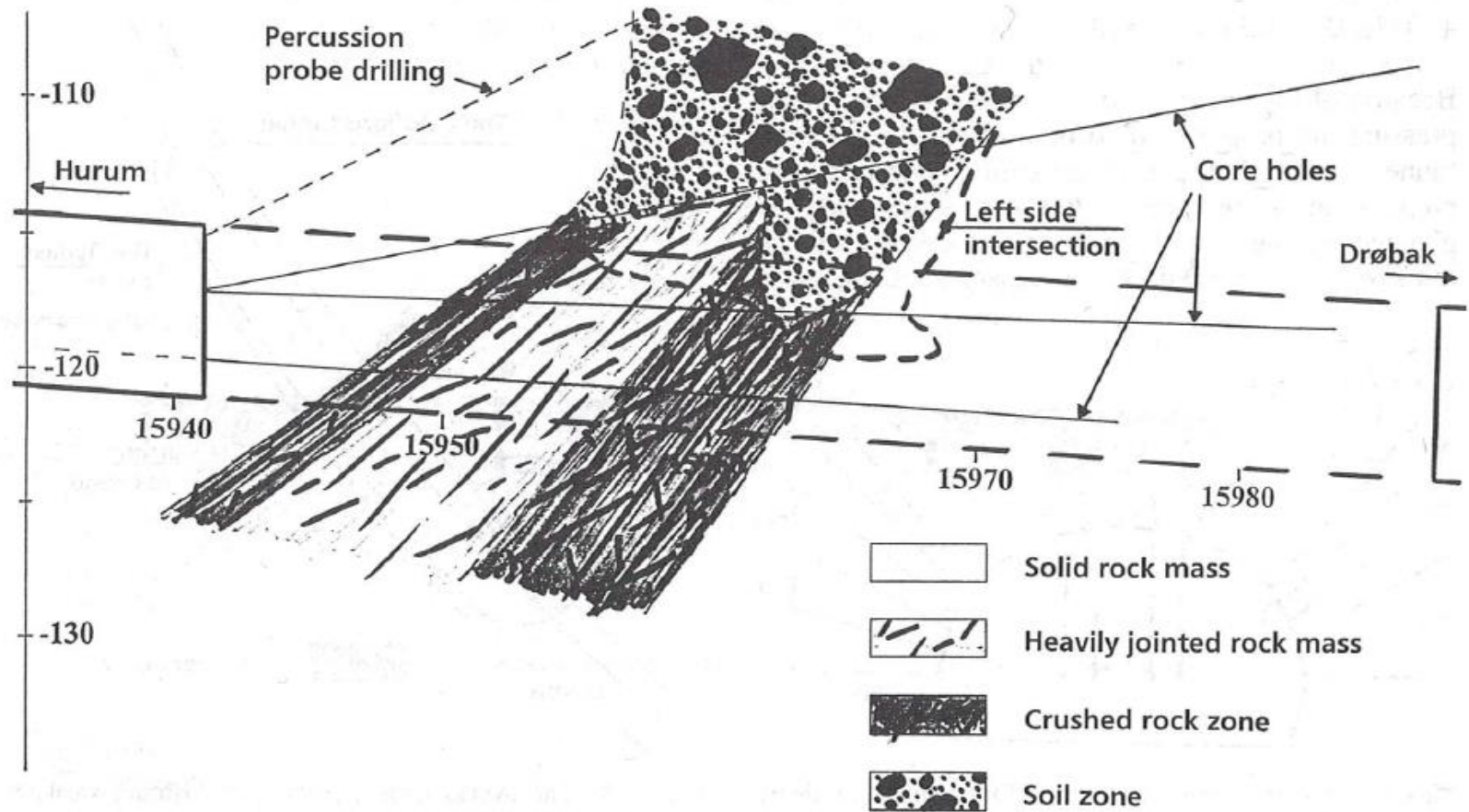
- 2012 – Akustiske målinger





(Moen, 2015)

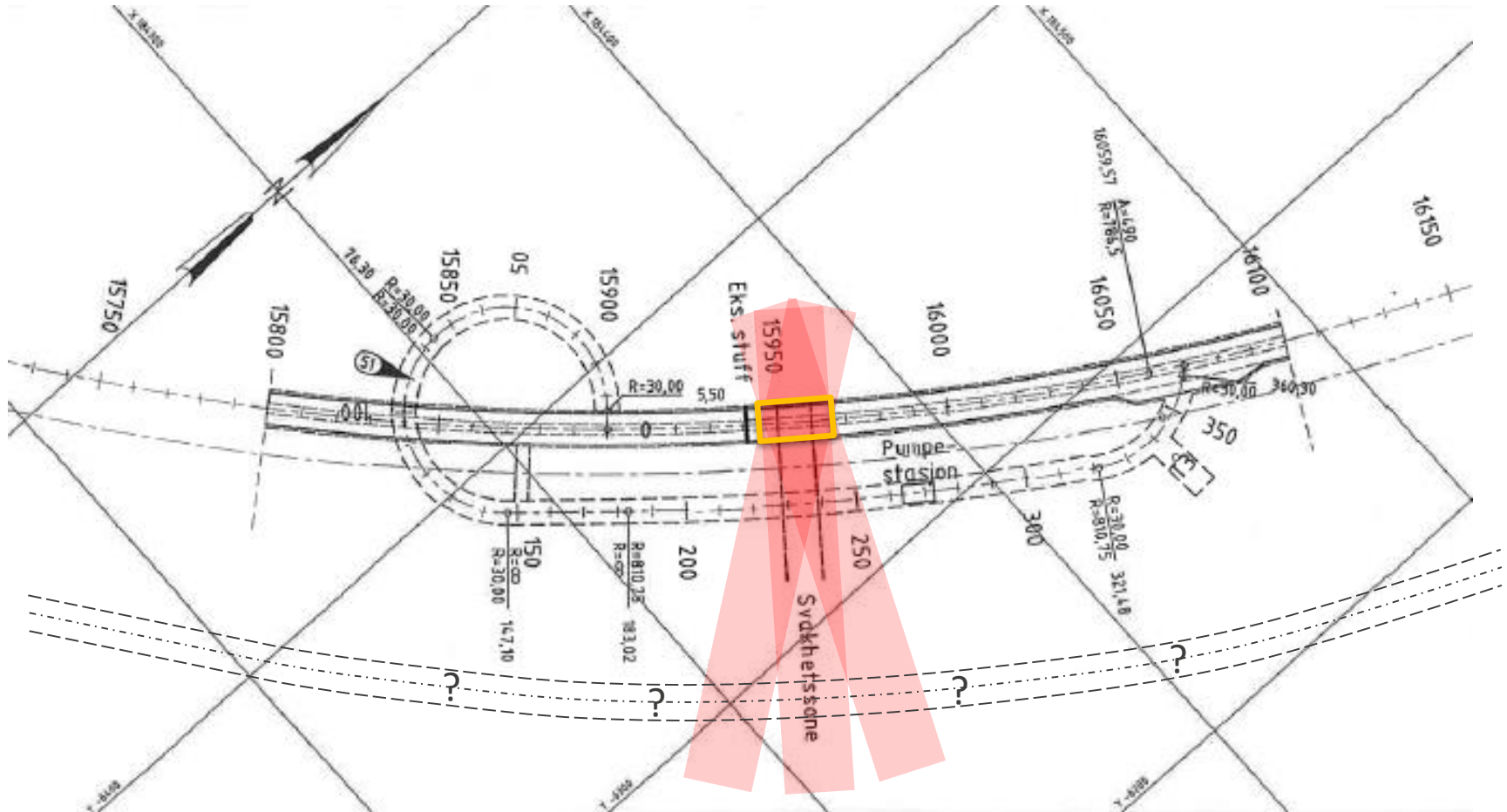
Oslofjordtunnelen – Hurumsonen («Frysesonen»)



(Backer & Blindheim, 1999)

Oslofjordtunnelen, byggetrinn 2

Hvordan skal vi unngå frysing denne gangen ?



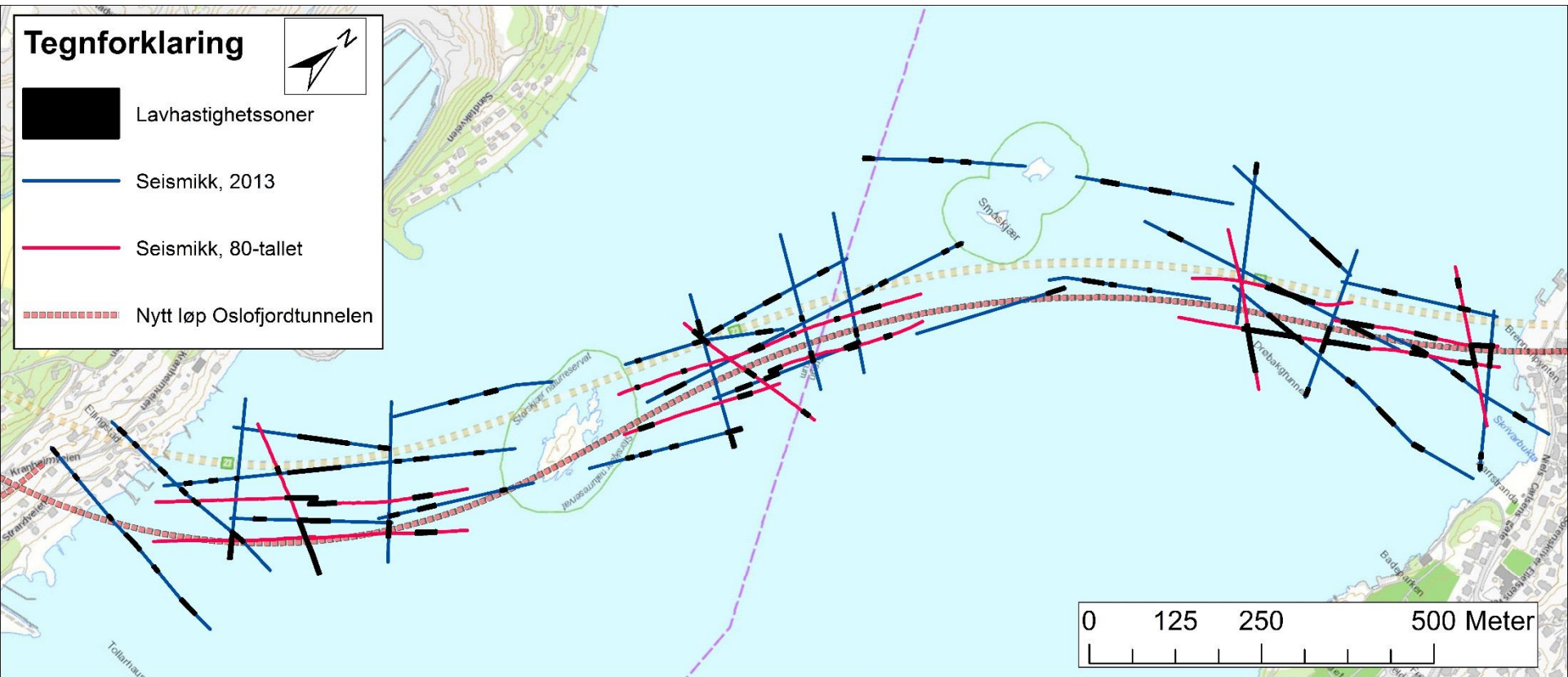
(Moen, 2015)

Geologiske undersøkelser

- Kjerneboringer
- Seismisk tomografi
- Borhullsradar
- Refraksjonsseismikk
- Feltkartlegging
- Tunnelbefaringer

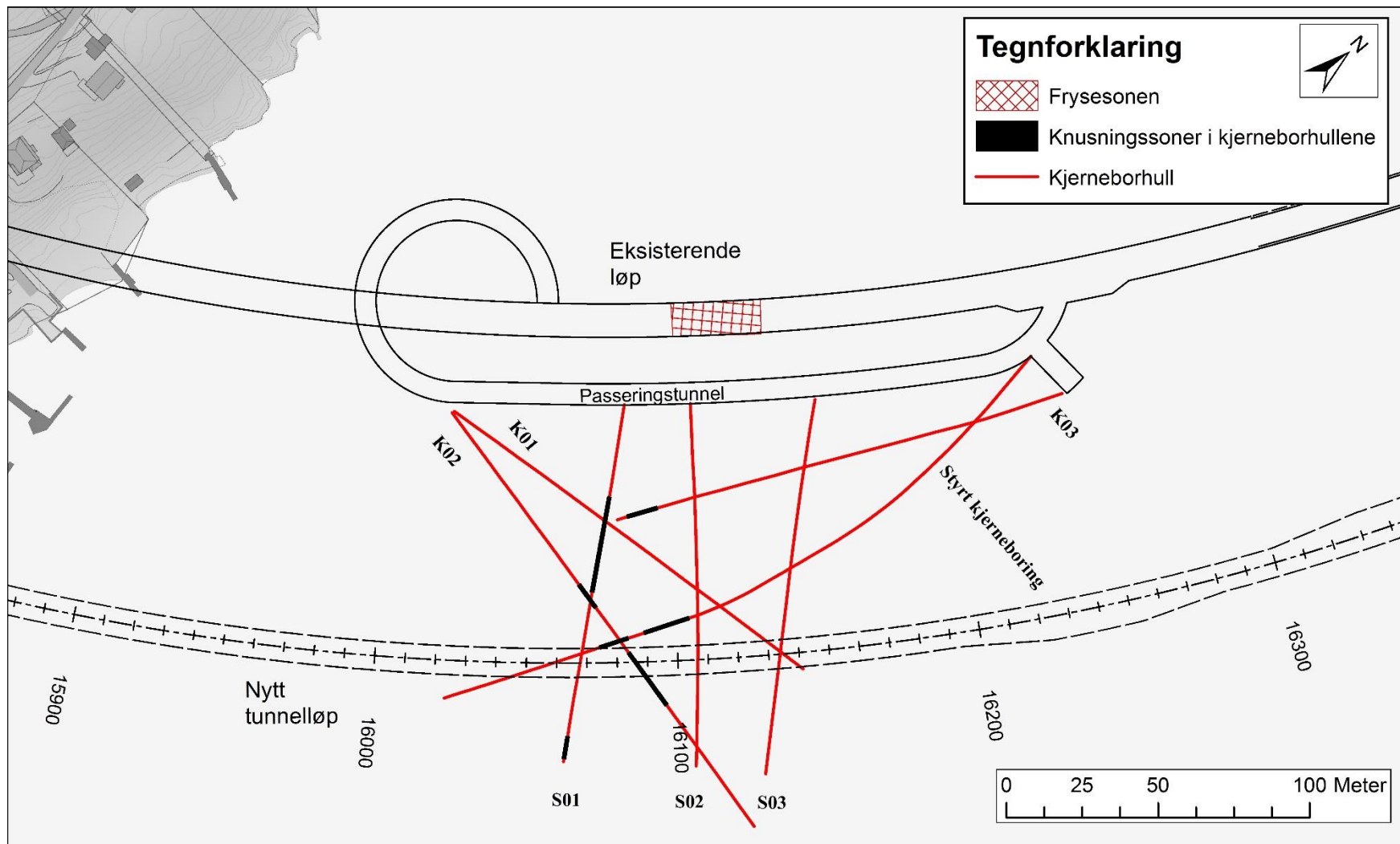


Oslofjordtunnelen – Refraksjonsseismikk



Oslofjordtunnelen, Kjerneboringer

Hurumsonen («frysesonen»)



Oslofjordtunnelen

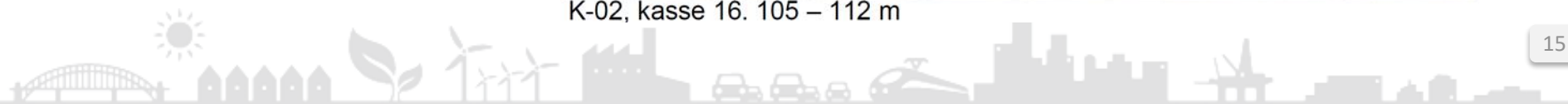
Kjerneboringer, 2013 – Stor variasjon i bergkvalitet !



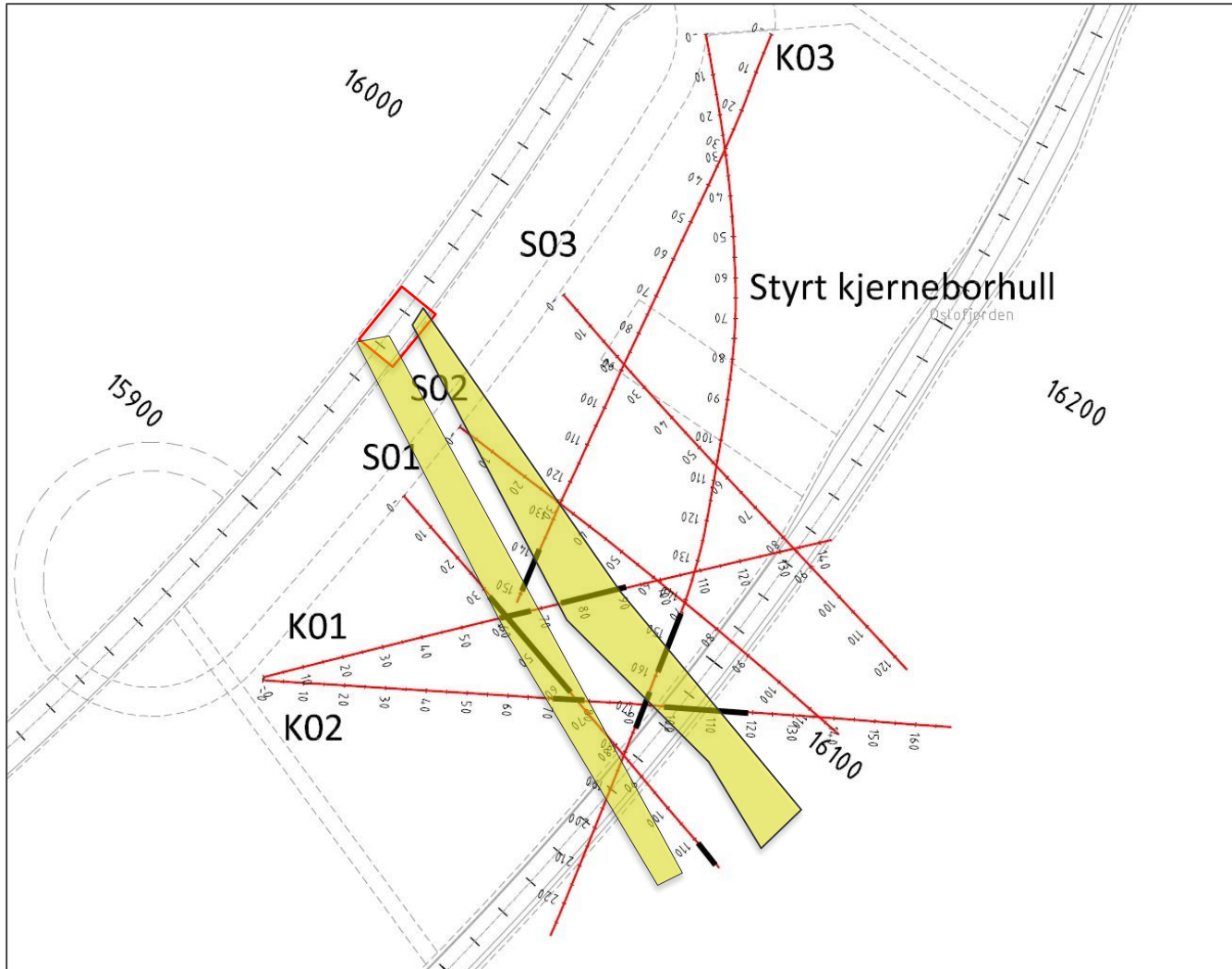
K-01, kasse 8. 49 – 56 m



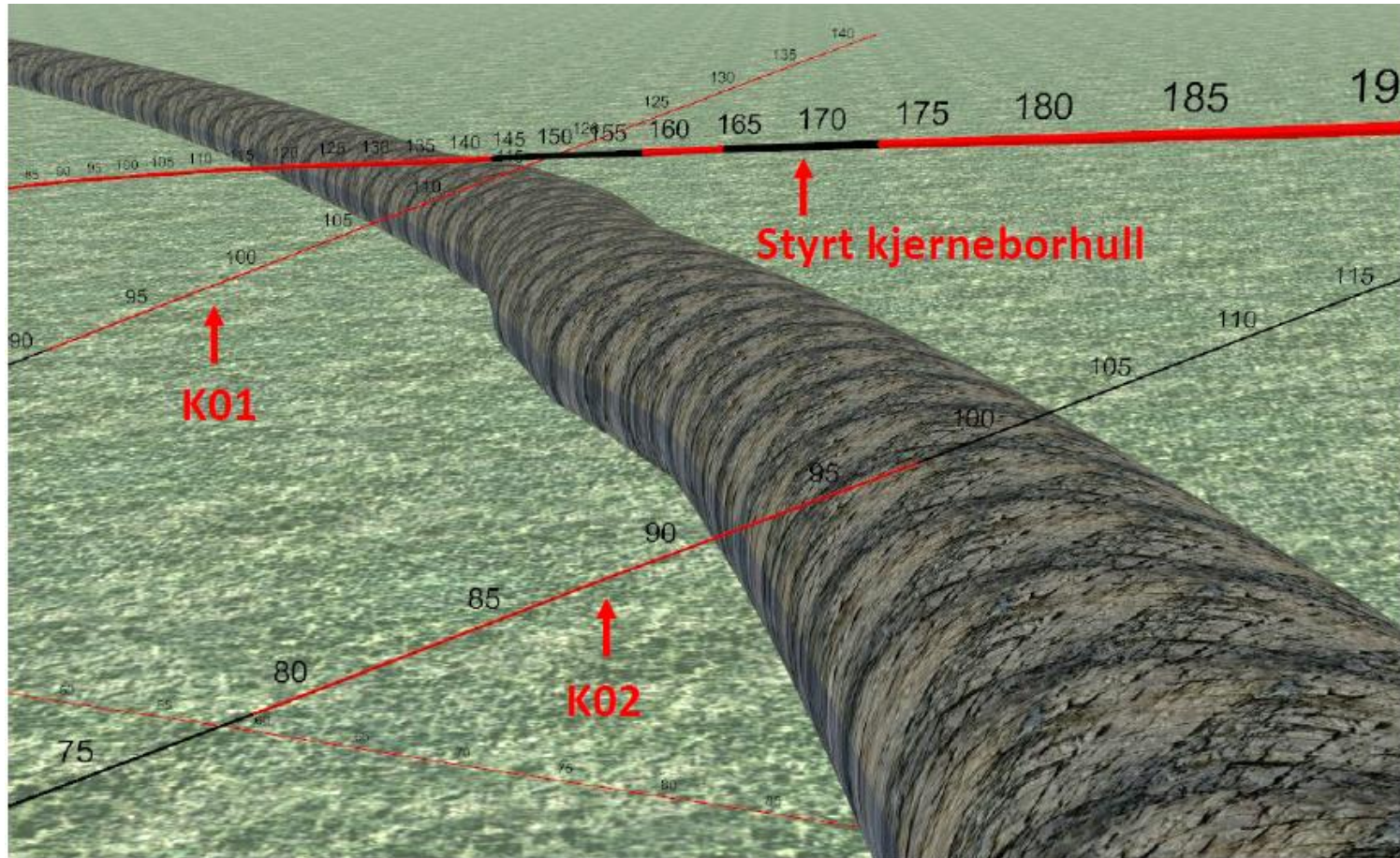
K-02, kasse 16. 105 – 112 m



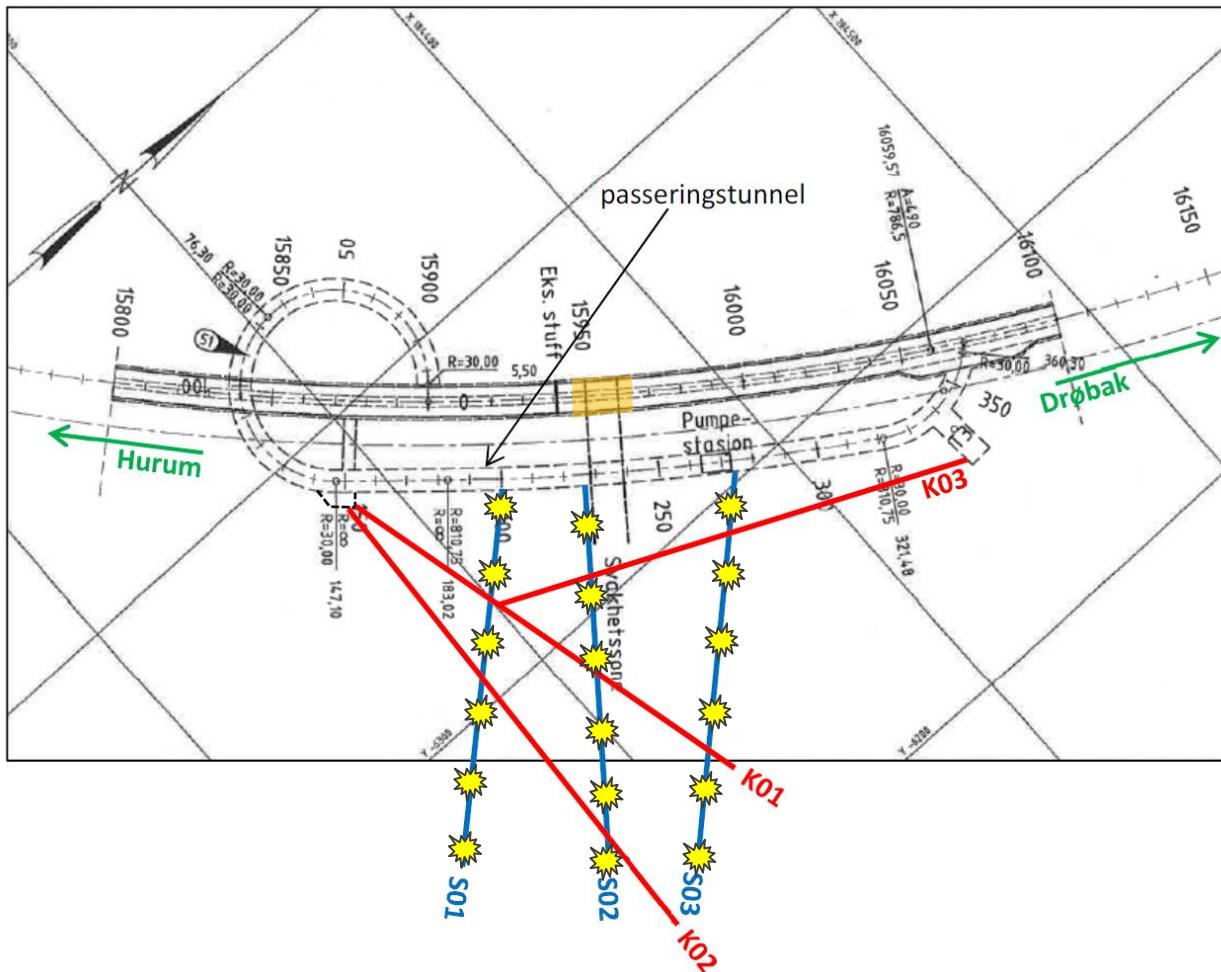
Oslofjordtunnelen – Kjerneboringer, sammenstillet



Oslofjordtunnelen – Kjerneboringer

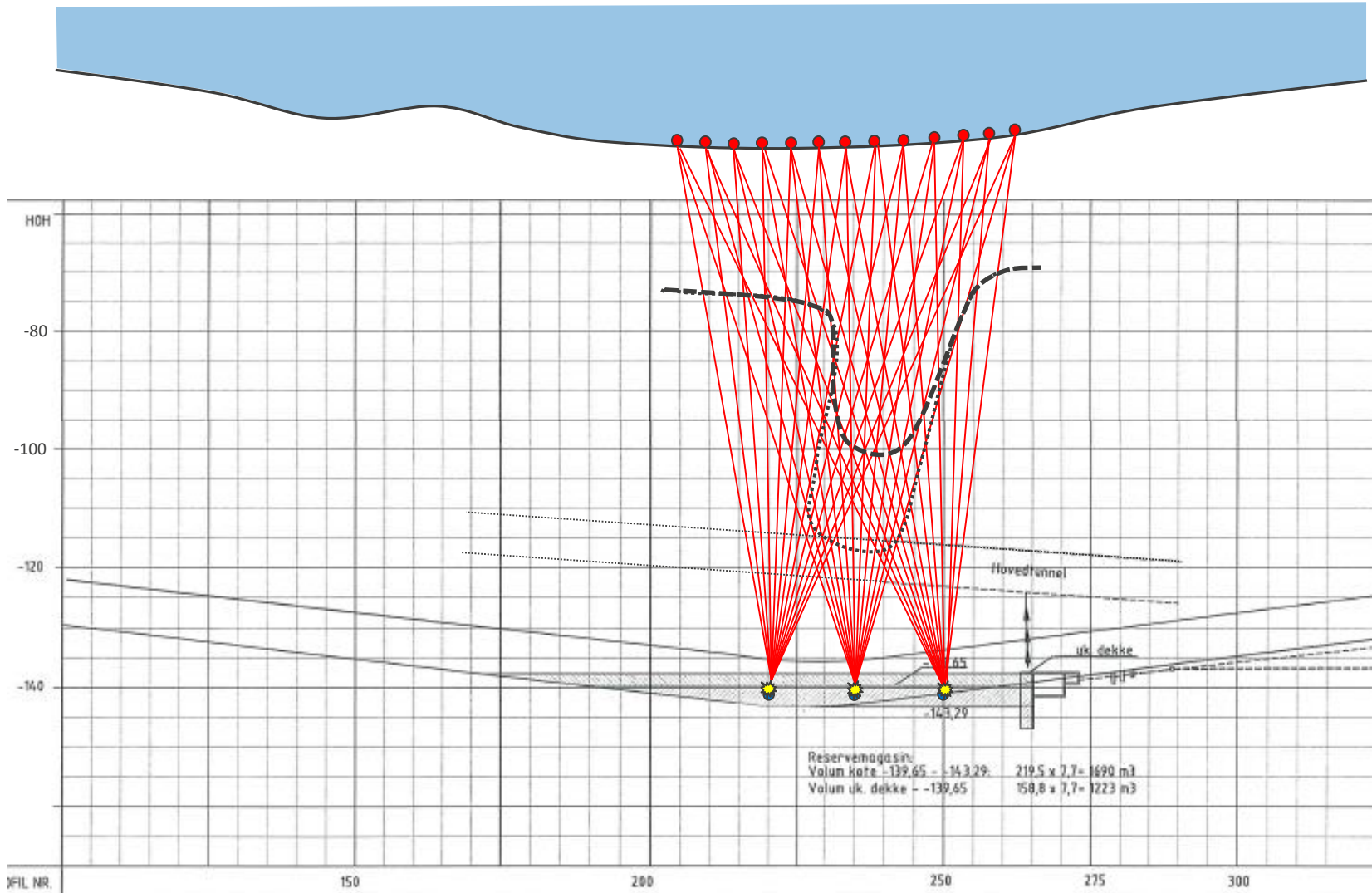


Seismisk tomografi

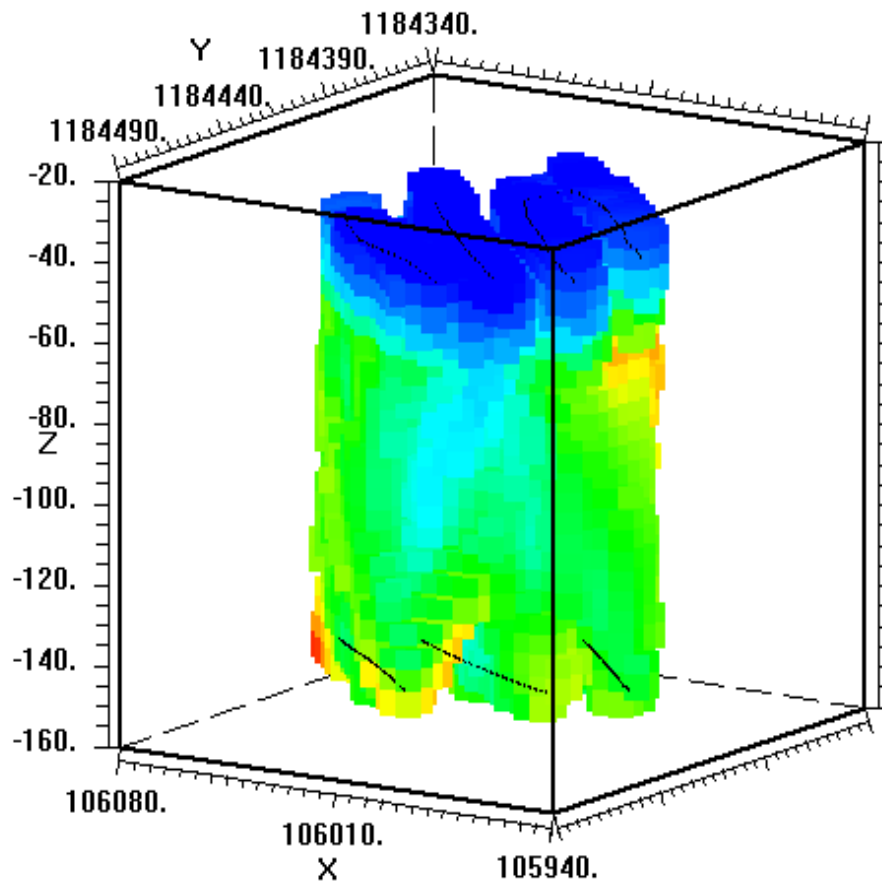


(Moen, 2015)

Oslofjordtunnelen - Seismisk tomografi

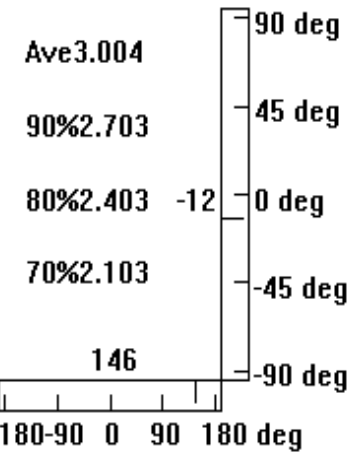
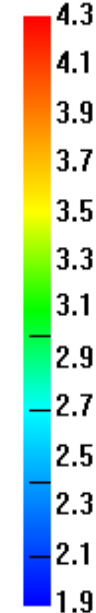


Oslofjordtunnelen - Seismisk tomografi, 2013

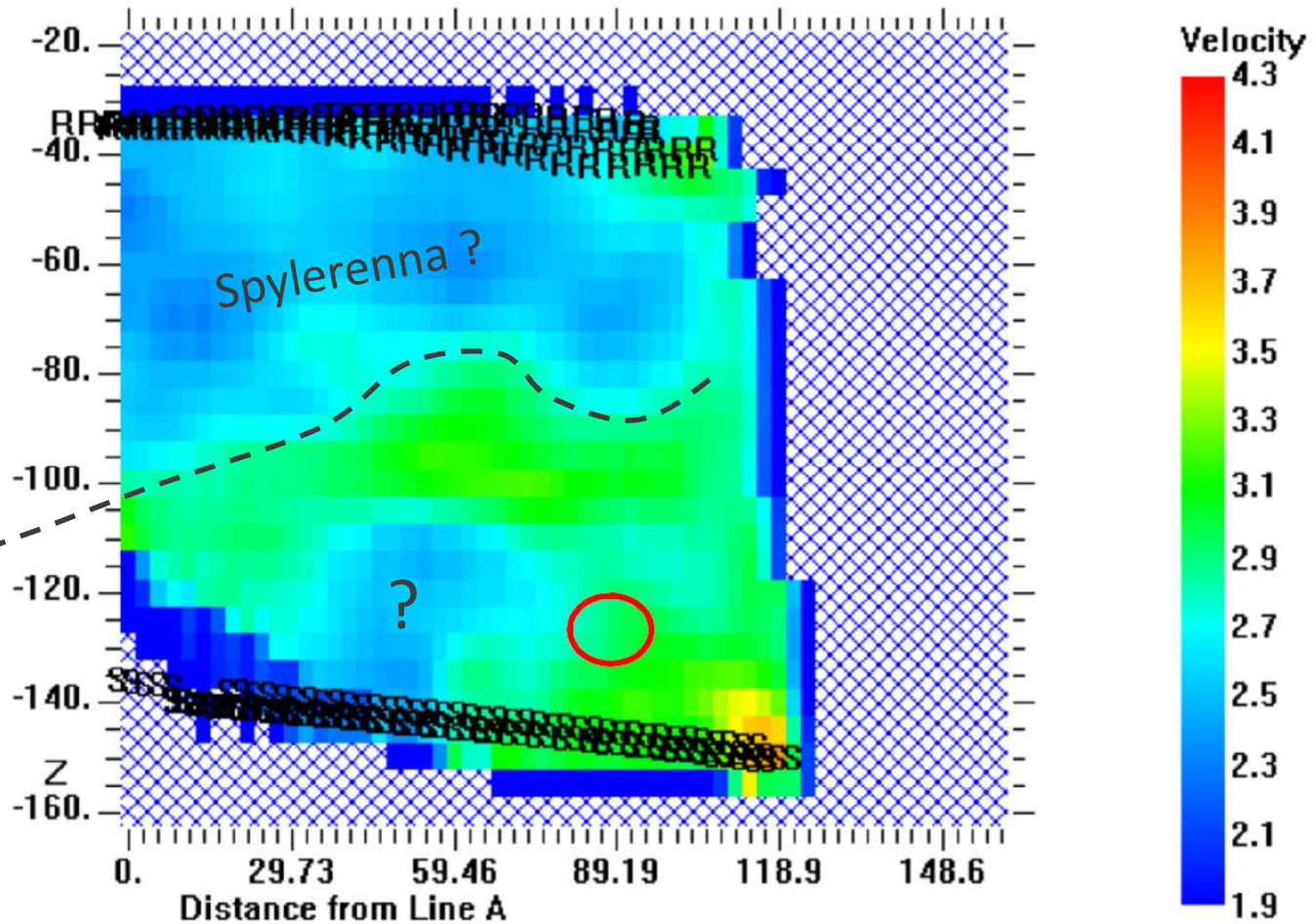


Vol with vel < cutoff = 8.23e+005

Velocity



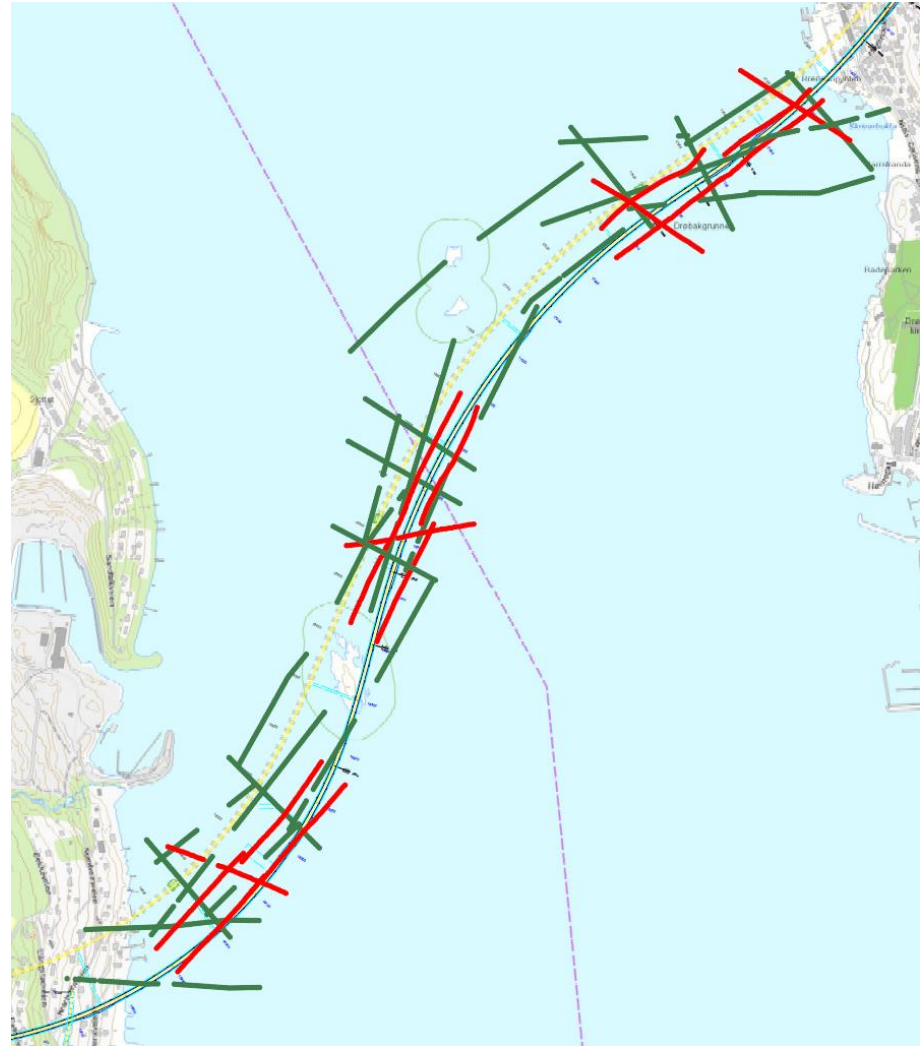
Oslofjordtunnelen - Seismisk tomografi, 2013



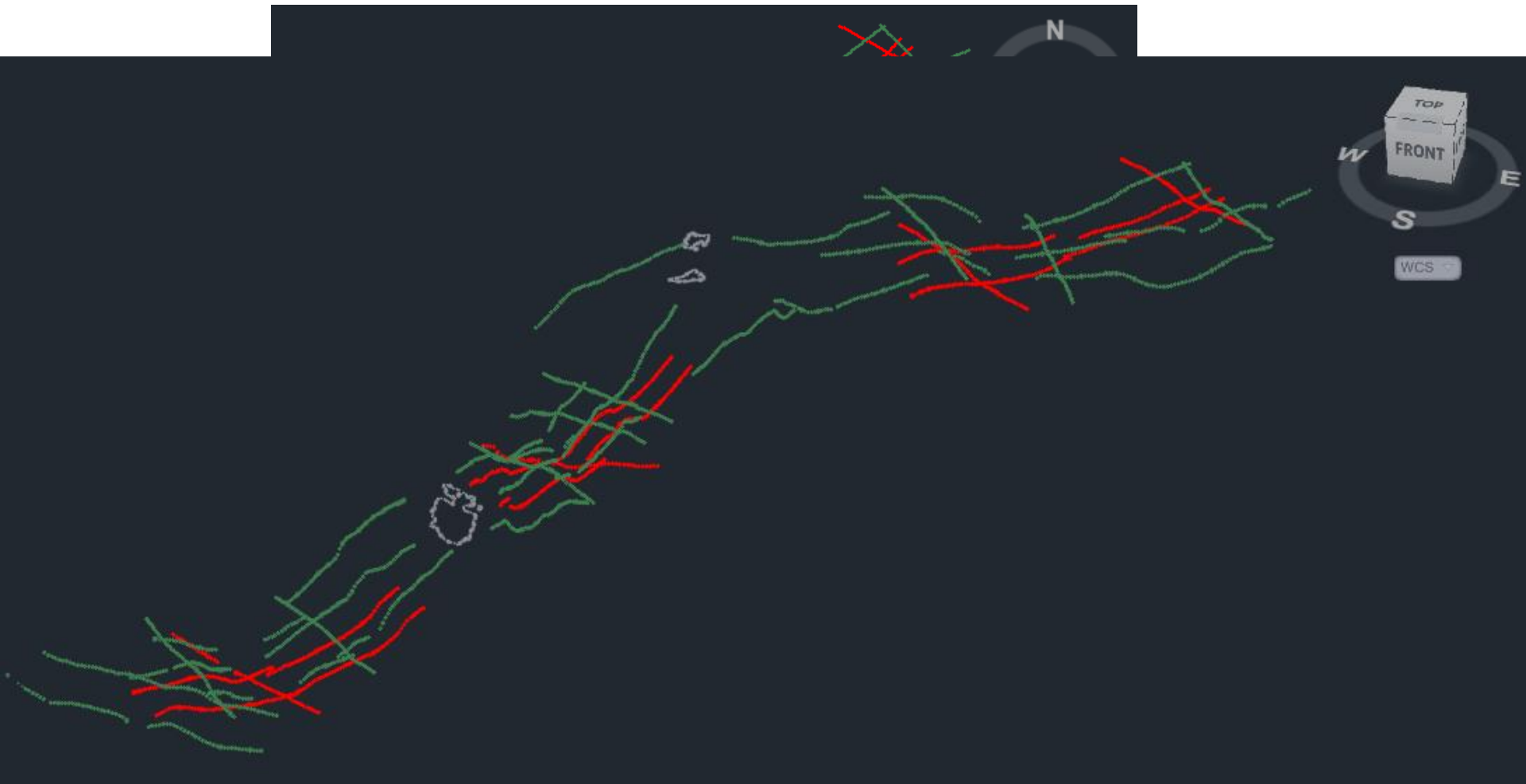
Modellering av bergoverflate under Oslofjorden

Grunnlagsdata:

- Refraksjonsseismikk
- Seismisk tomografi

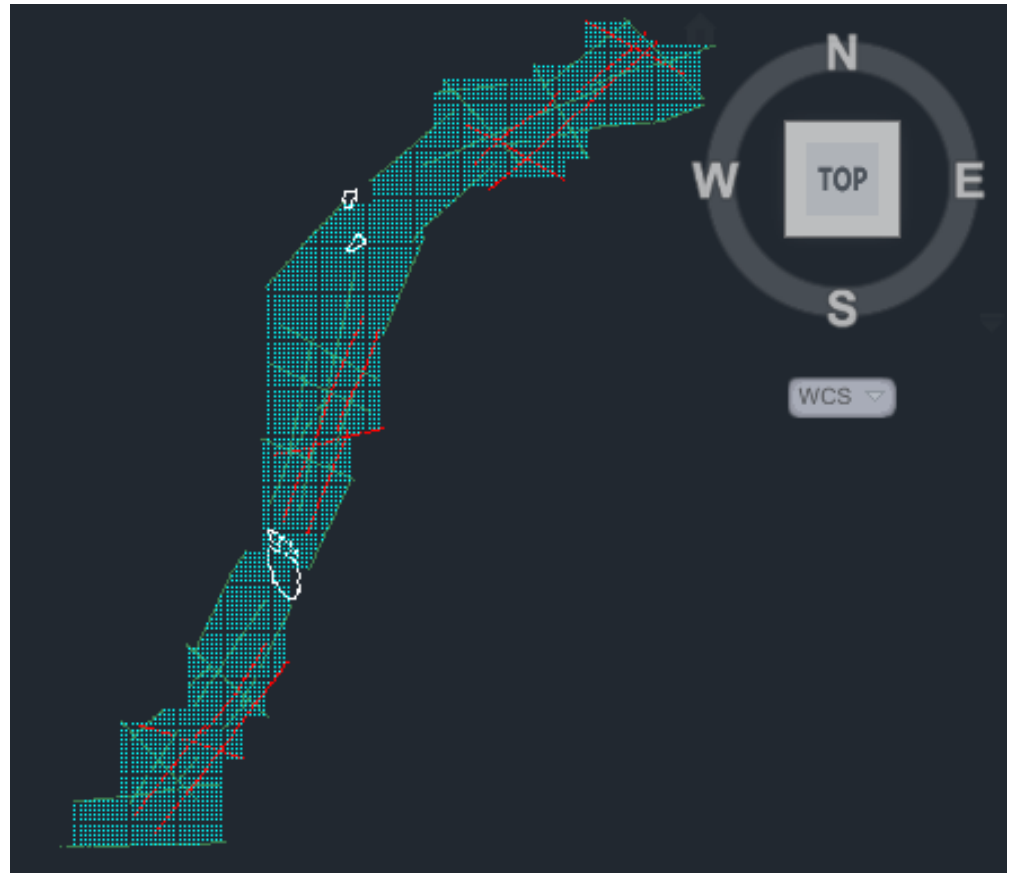


Seismikklinjene i AutoCAD

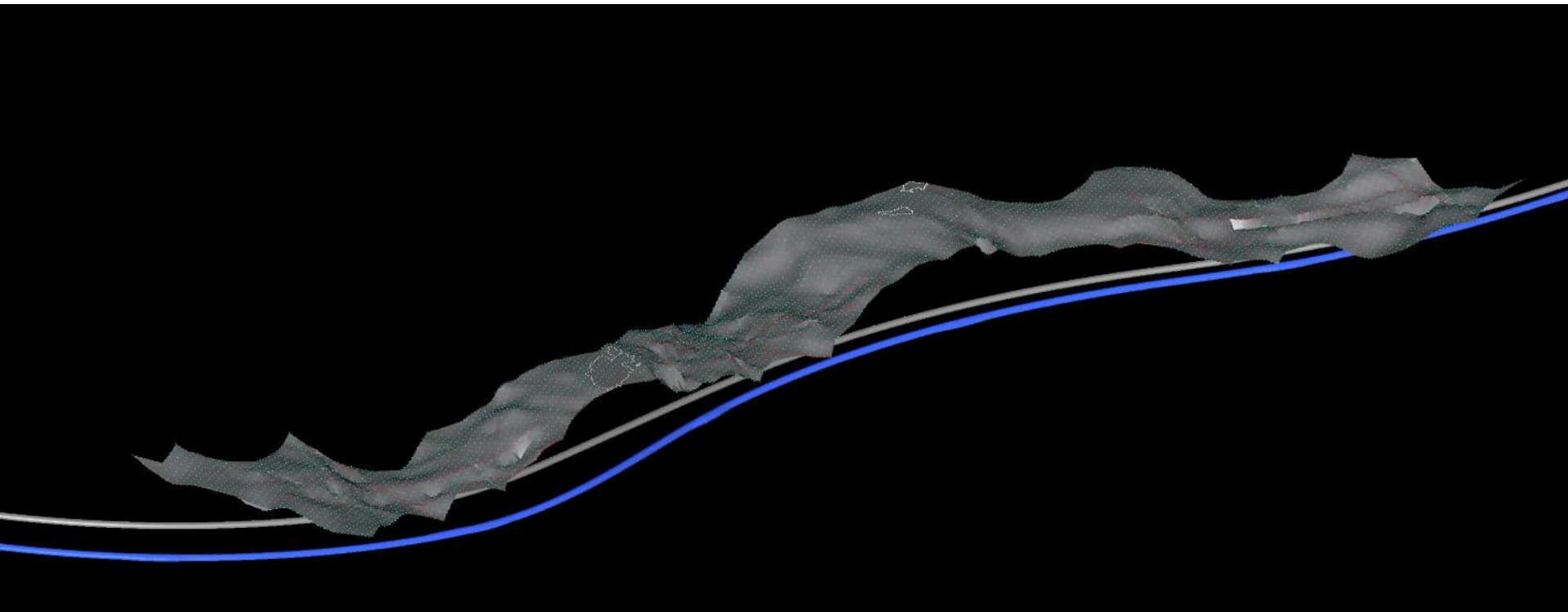


Hjelpepunkter

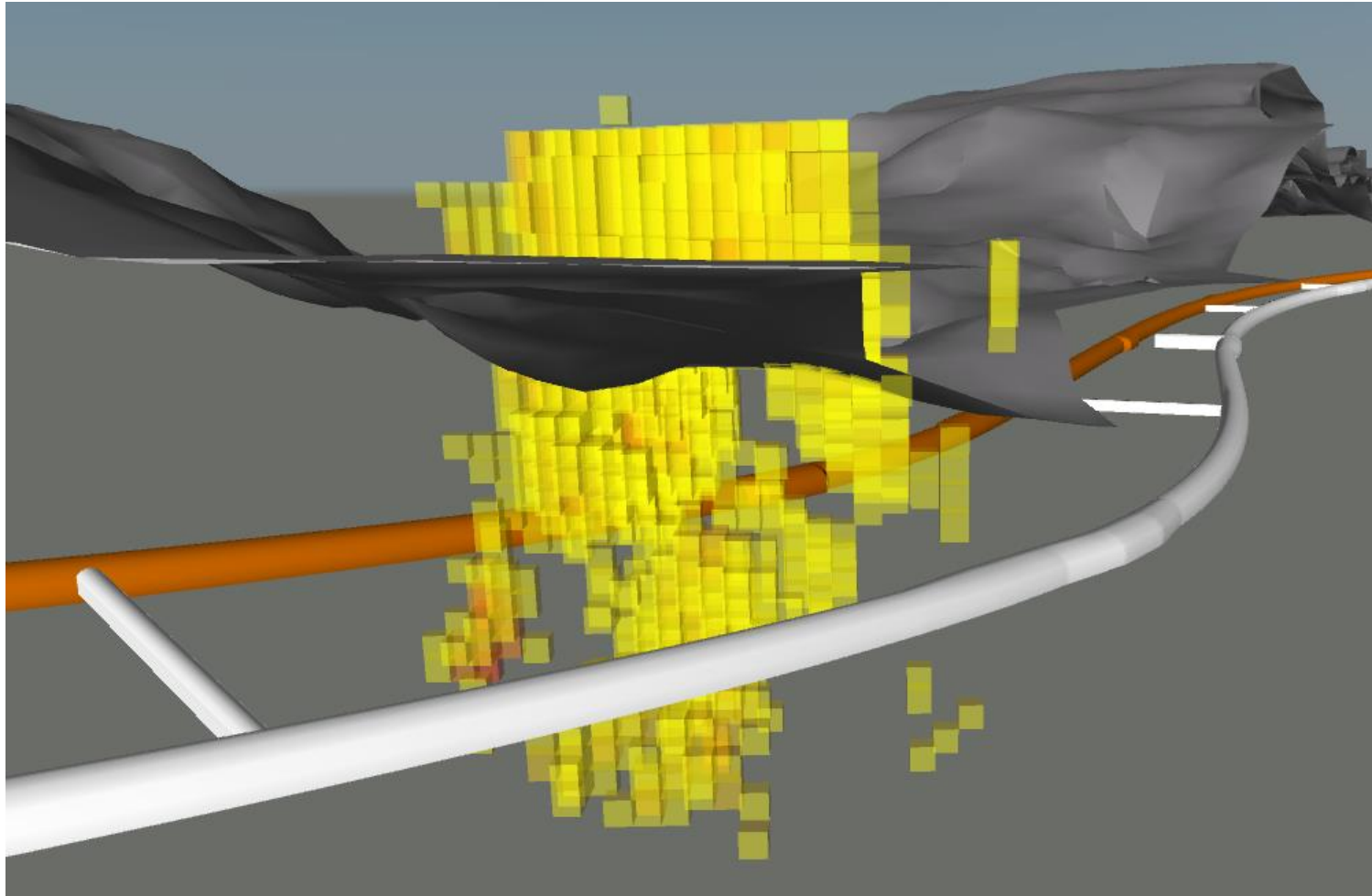
- Hjelpepunktene er generert som et 10X10 m rutenett (X og Y koordinater).
- Z koordinater er estimert med distanseveiing (geostatistikk)



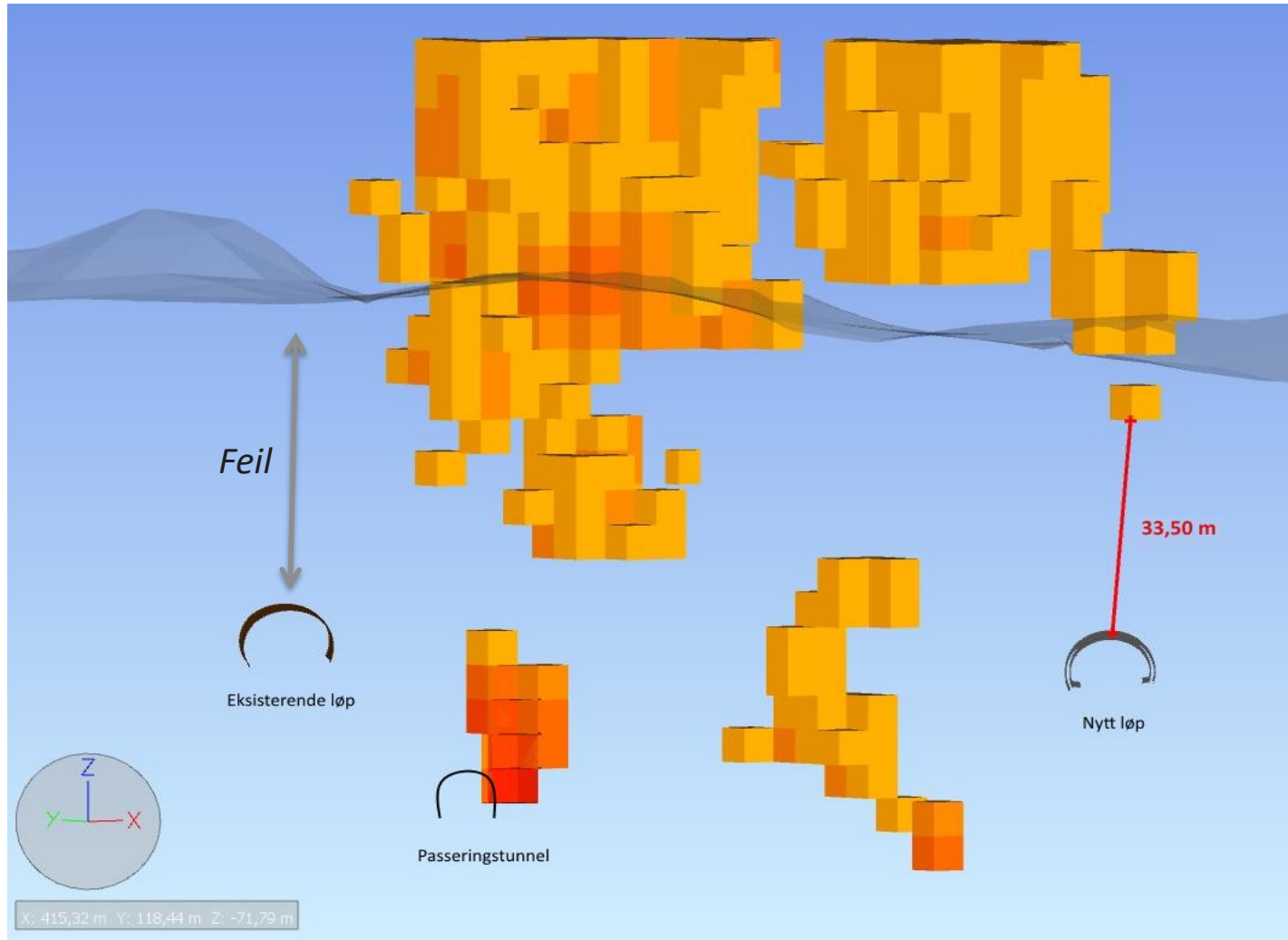
Første utkast bergoverflatemodell



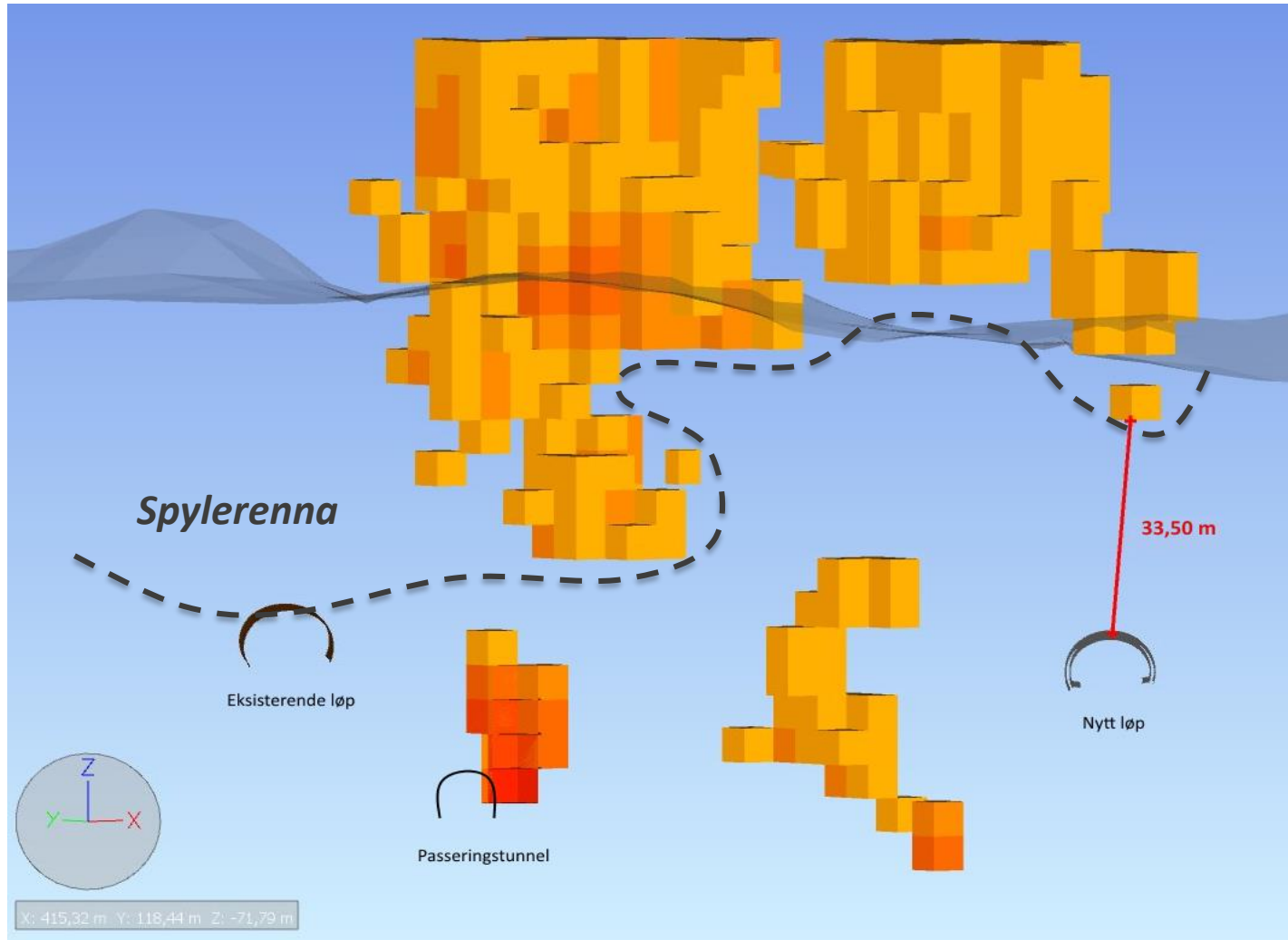
Modellen revideres med seismisk tomografi



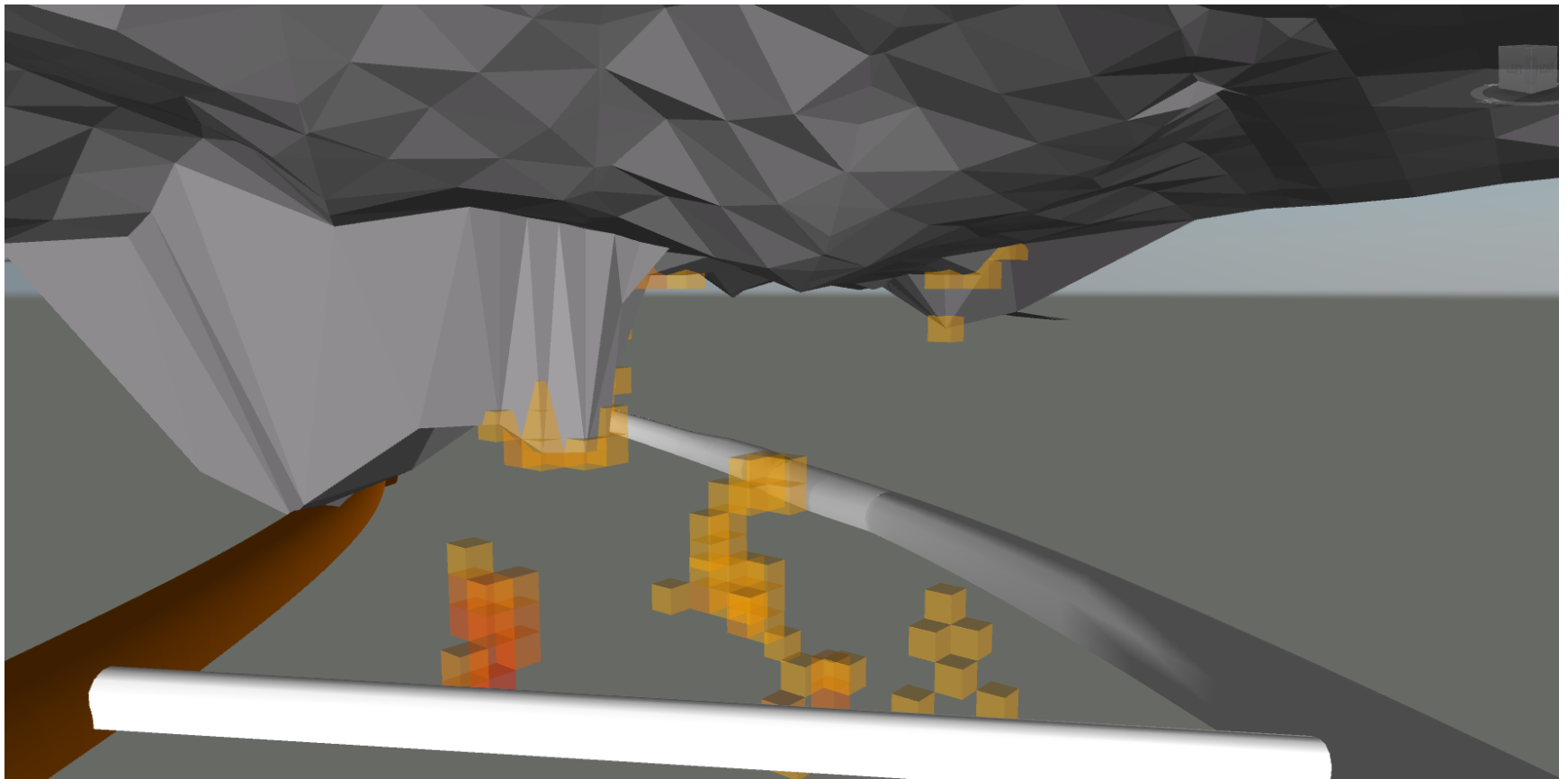
Tverrsnitt langs Hurumsona



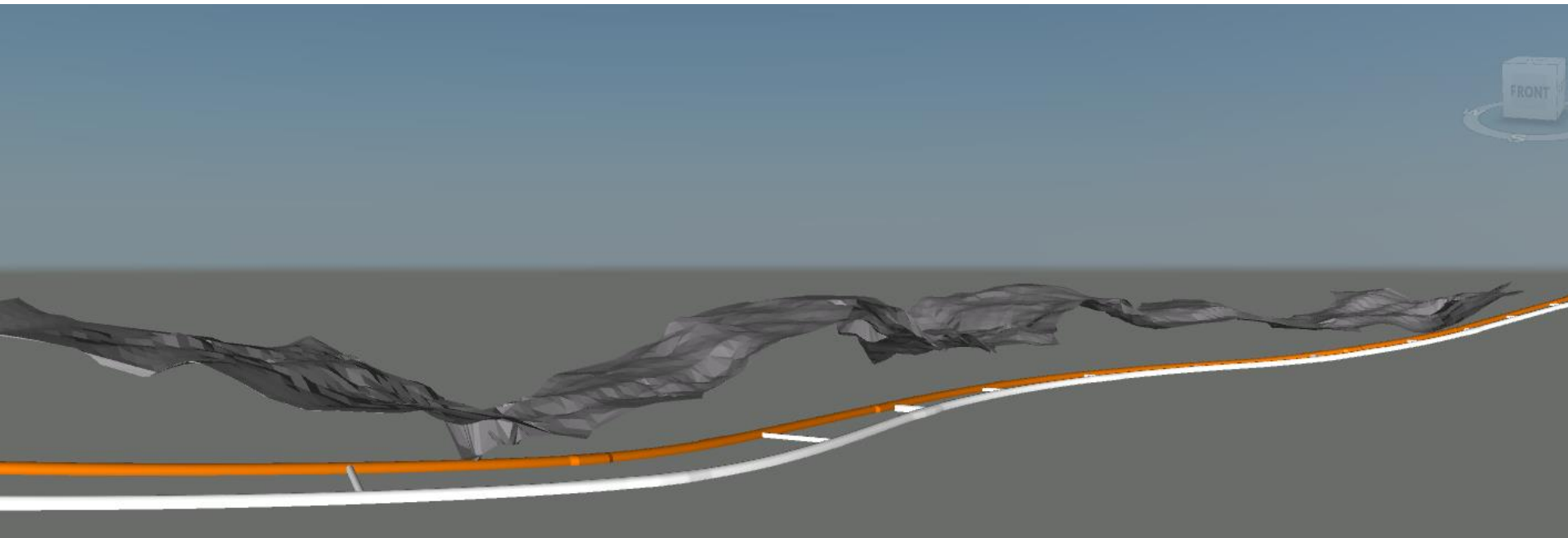
Justerer bergoverflata



Justerer bergoverflata



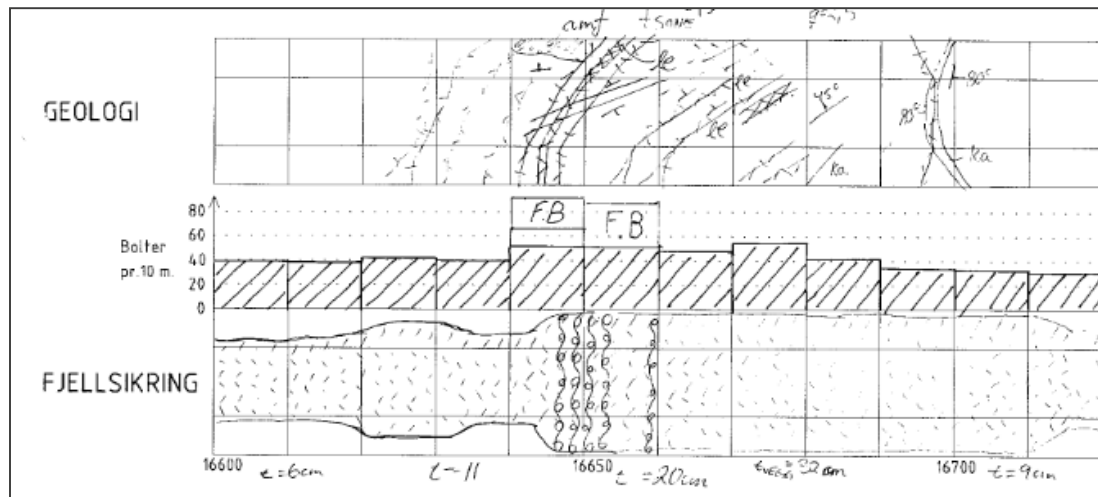
Nåværende bergoverflatemodell



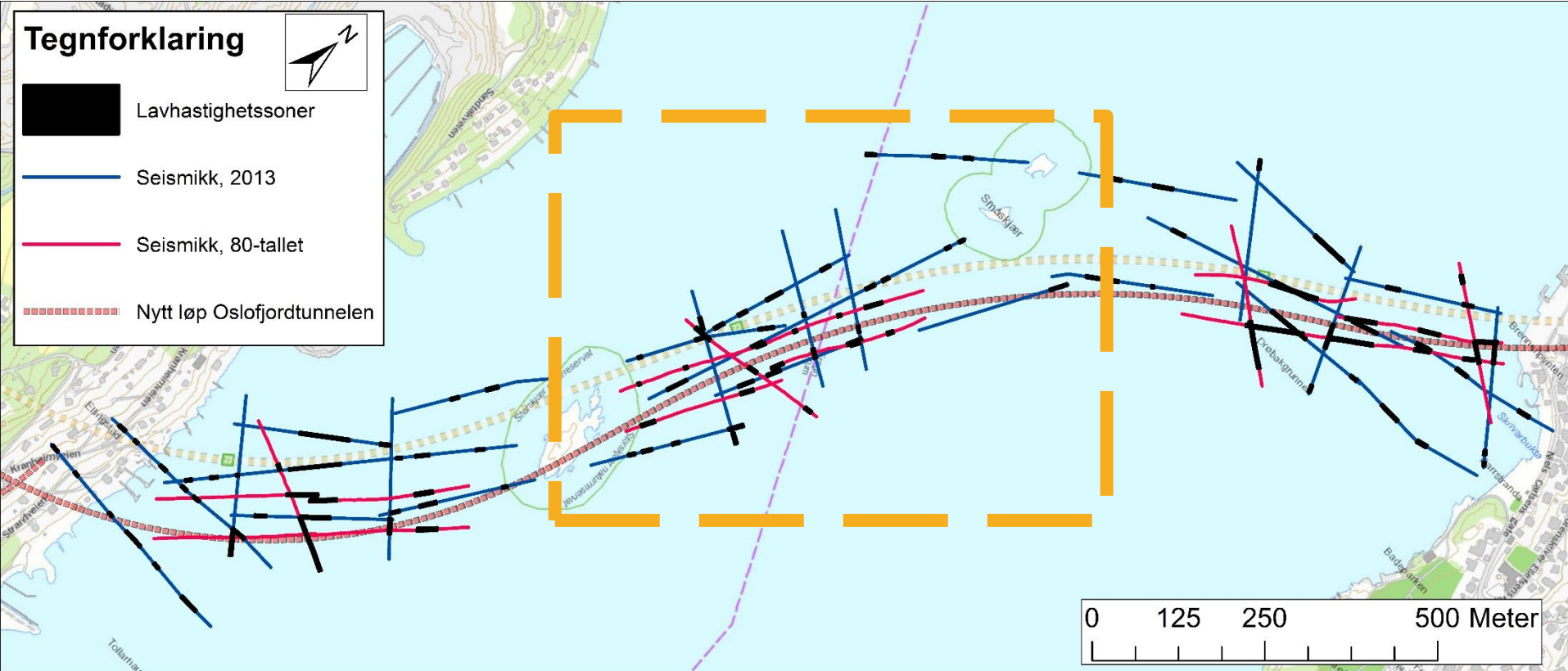
Modellering av svakhetssoner

Grunnlagsdata:

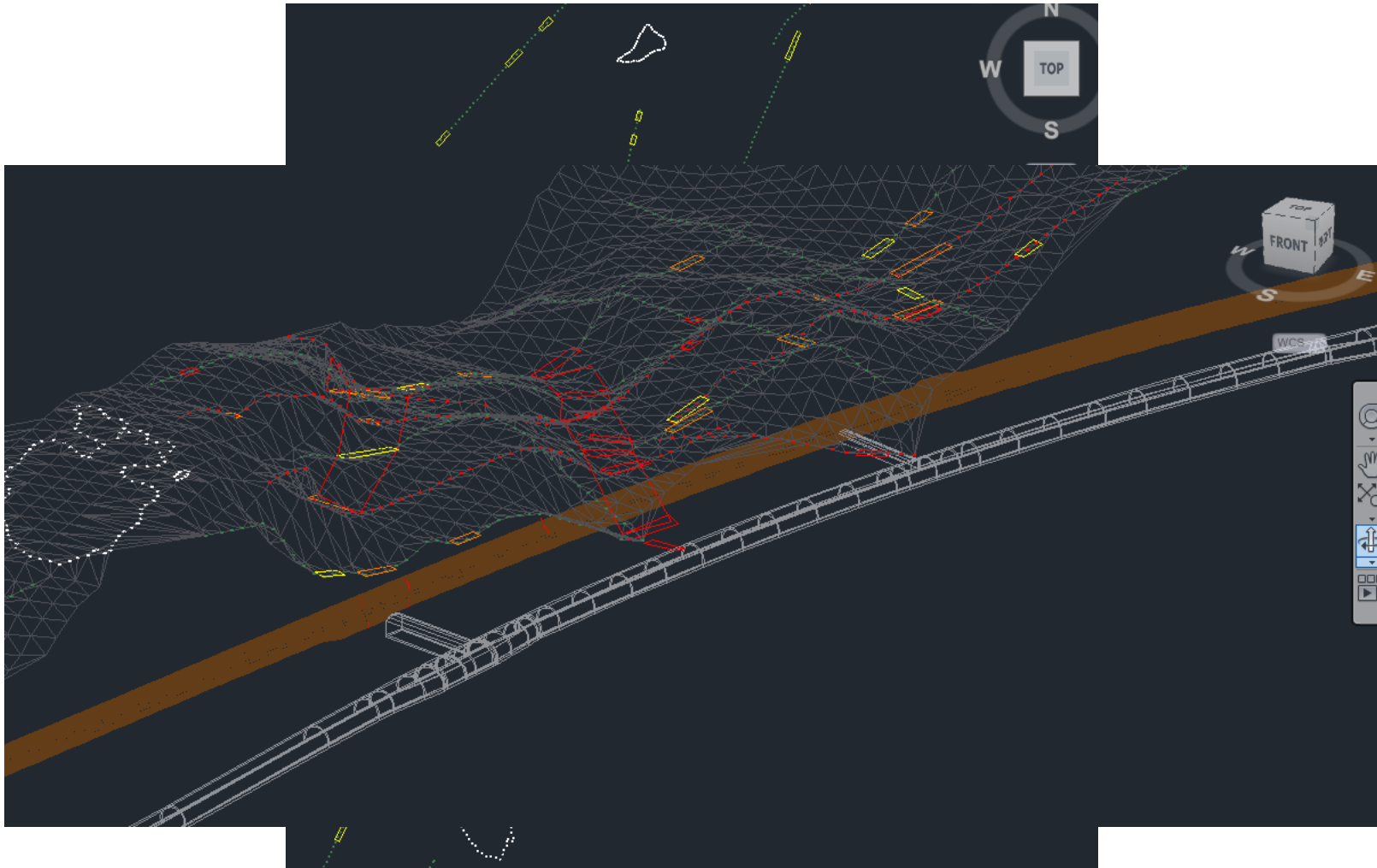
- Refraksjonsseismikk
- Geologisk kartlegging i tunnelen
- Kjerneboring



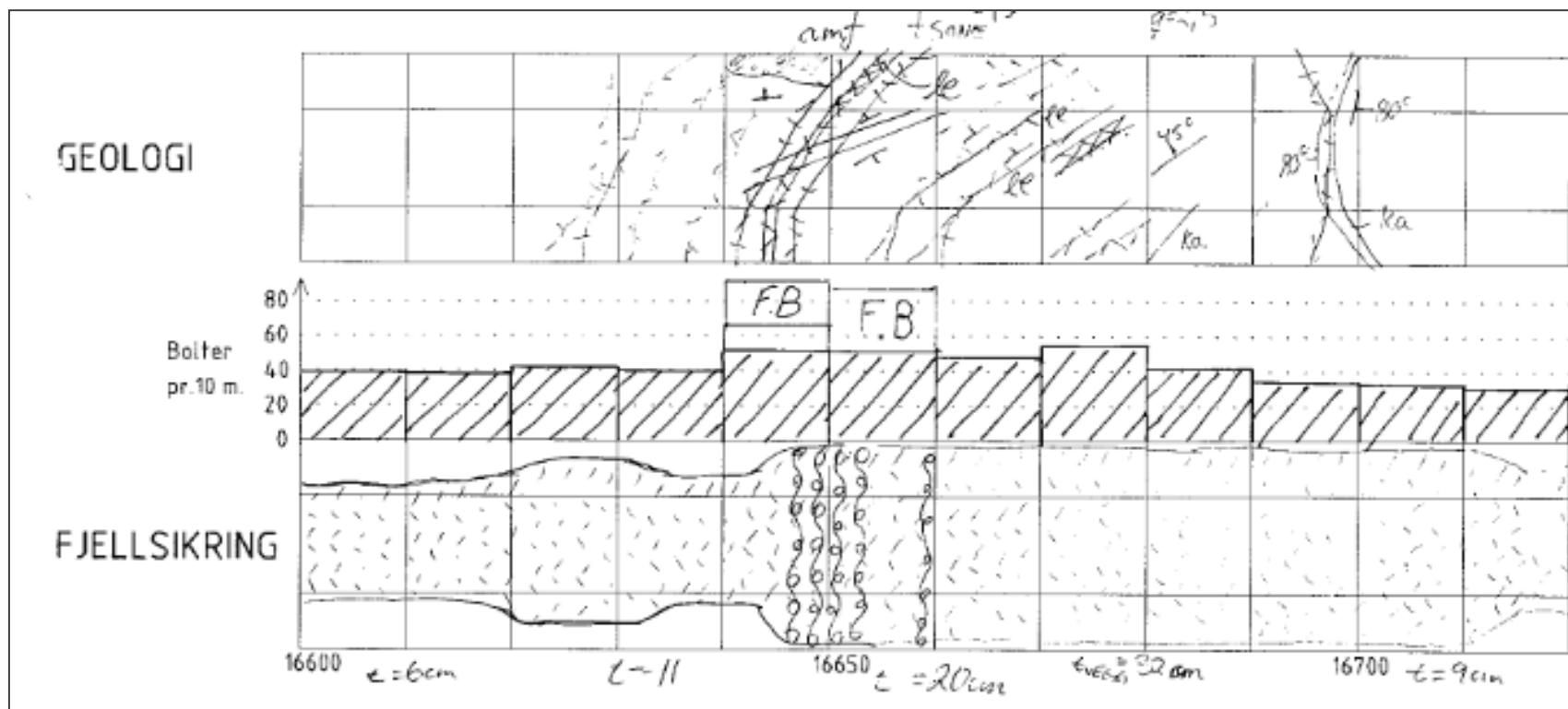
Steg 1 - Kartlegge seismiske lavhastighetssoner



Steg 1 - Kartlegge seismiske lavhastighetssoner



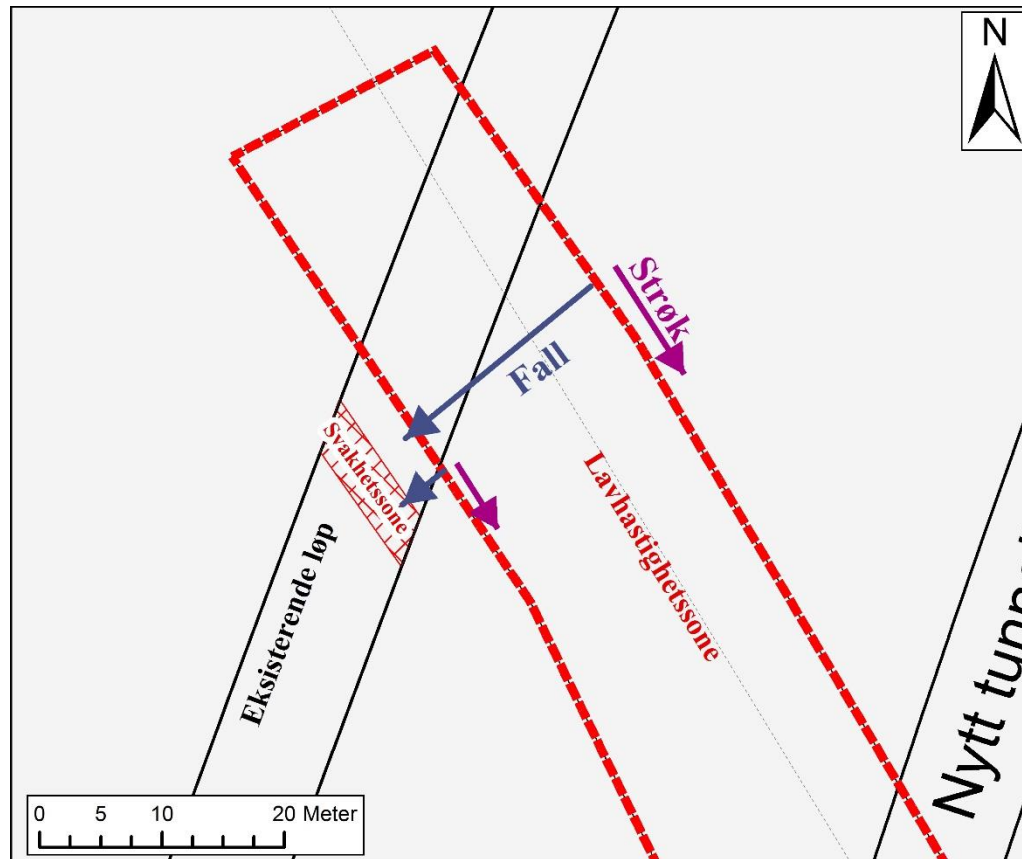
Steg 2 – Relatere lavhastighetssoner til registrerte svakhetssoner i tunnelen



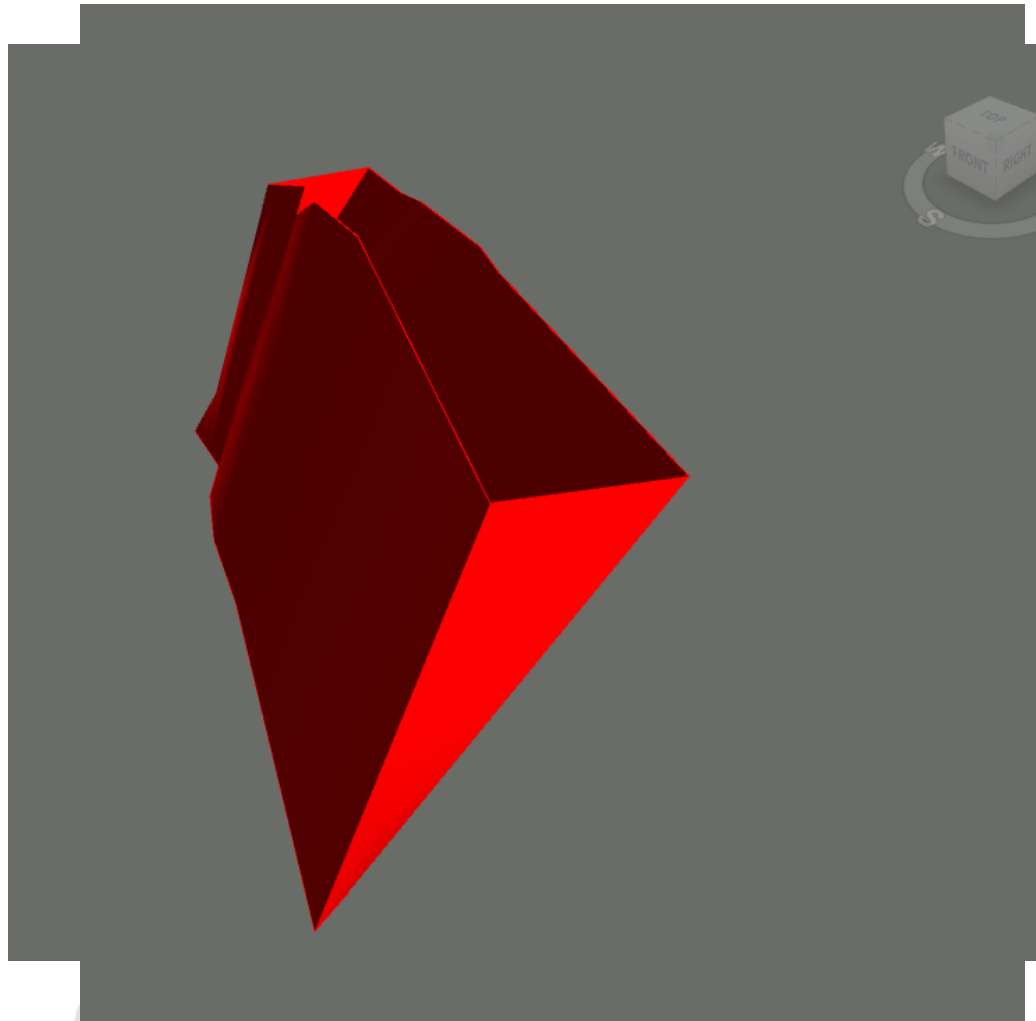
Steg 2 – Relatere lavhastighetssoner til registrerte svakhetssoner i tunnelen.



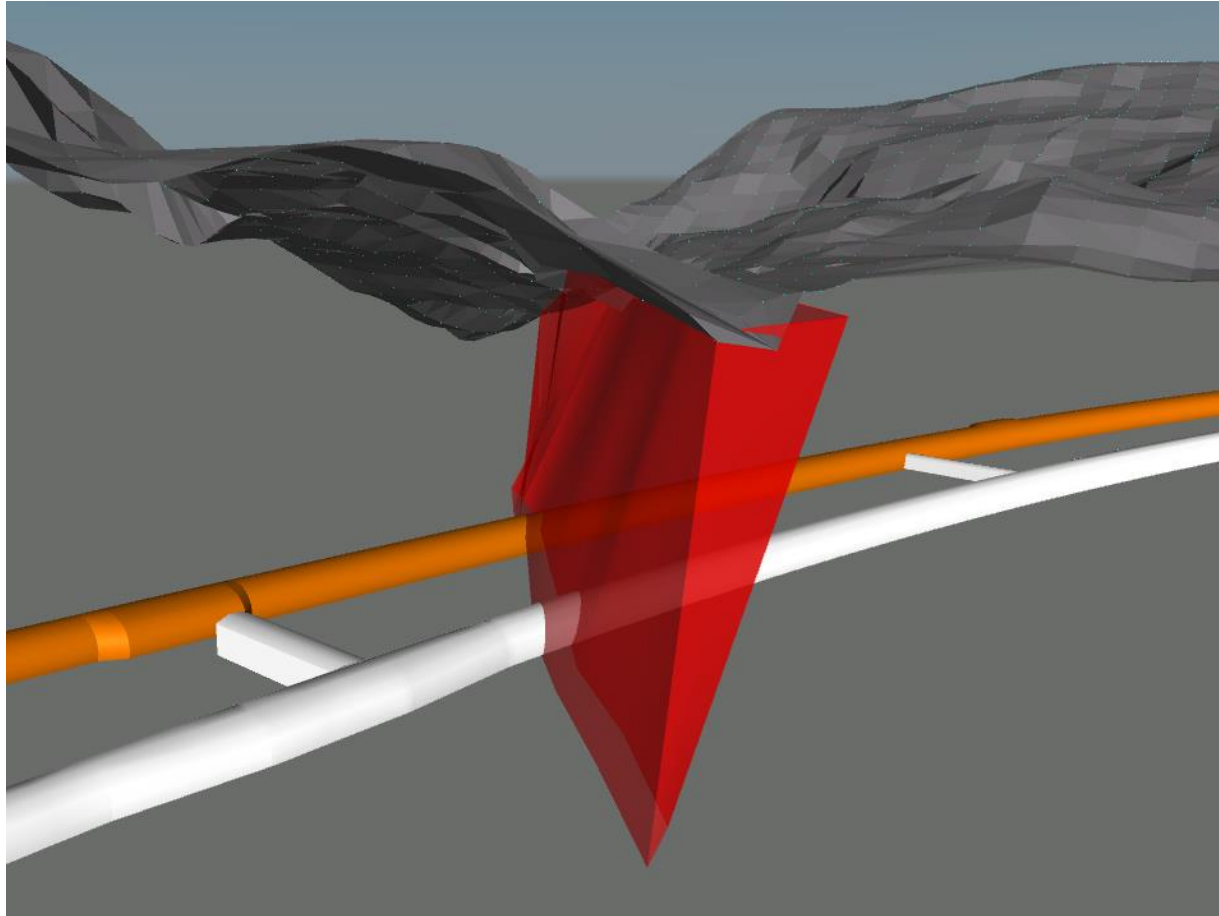
Steg 2 – Relatere lavhastighetssoner til registrerte svakhetssoner i tunnelen



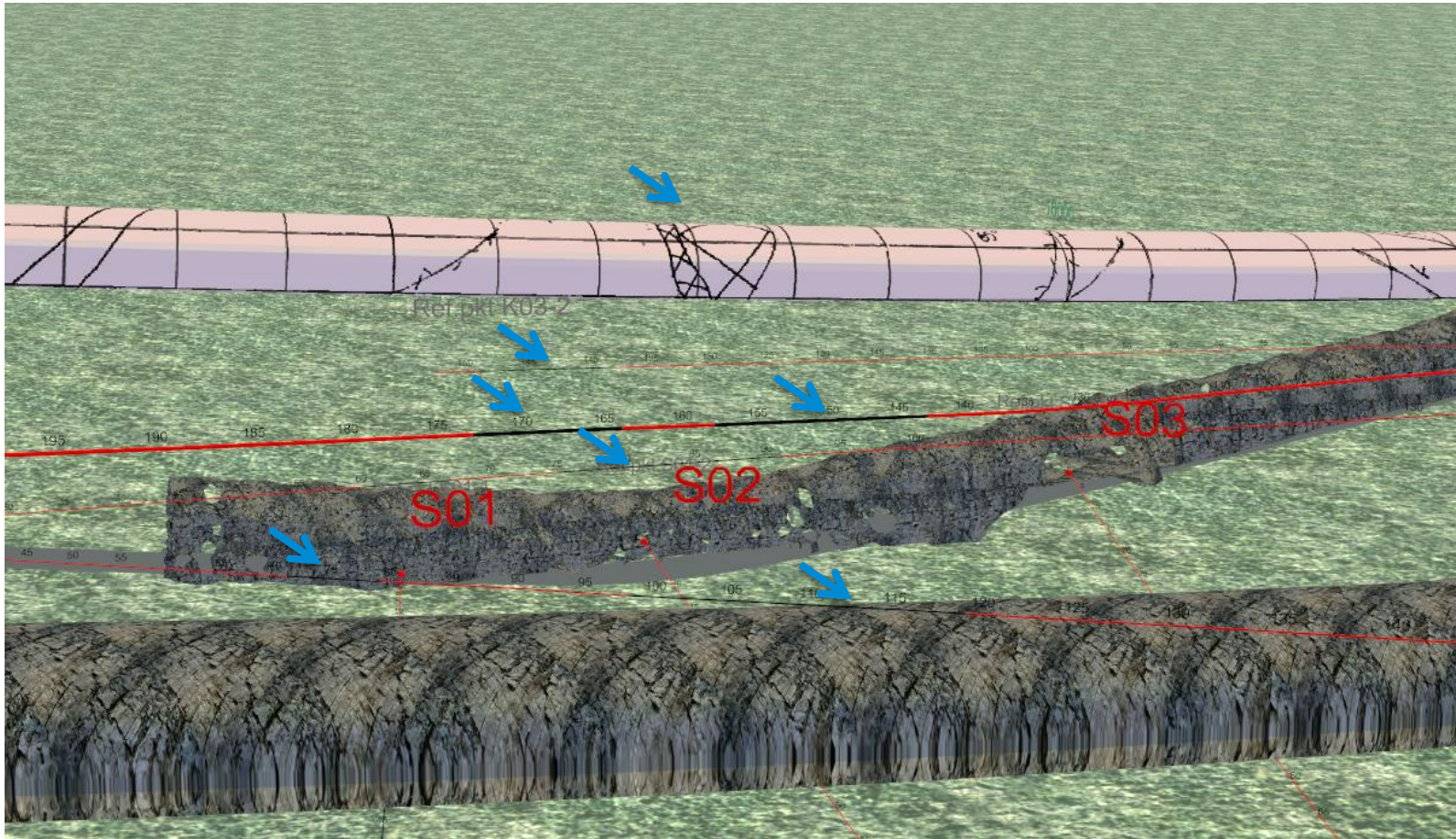
Steg 3 – Tegner inn svakhetssona



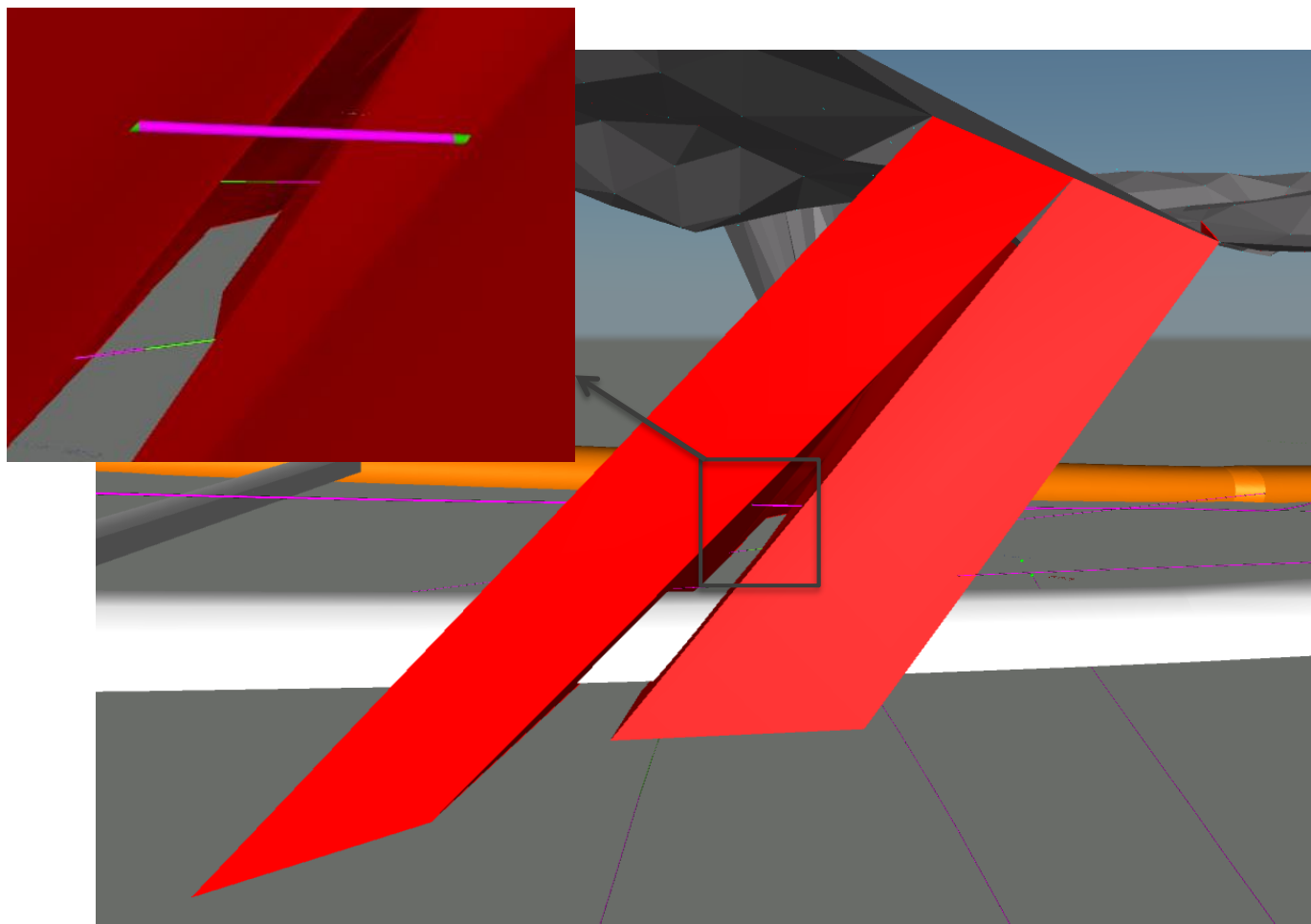
Steg 4 – Svakhetssona settes inn i modellen



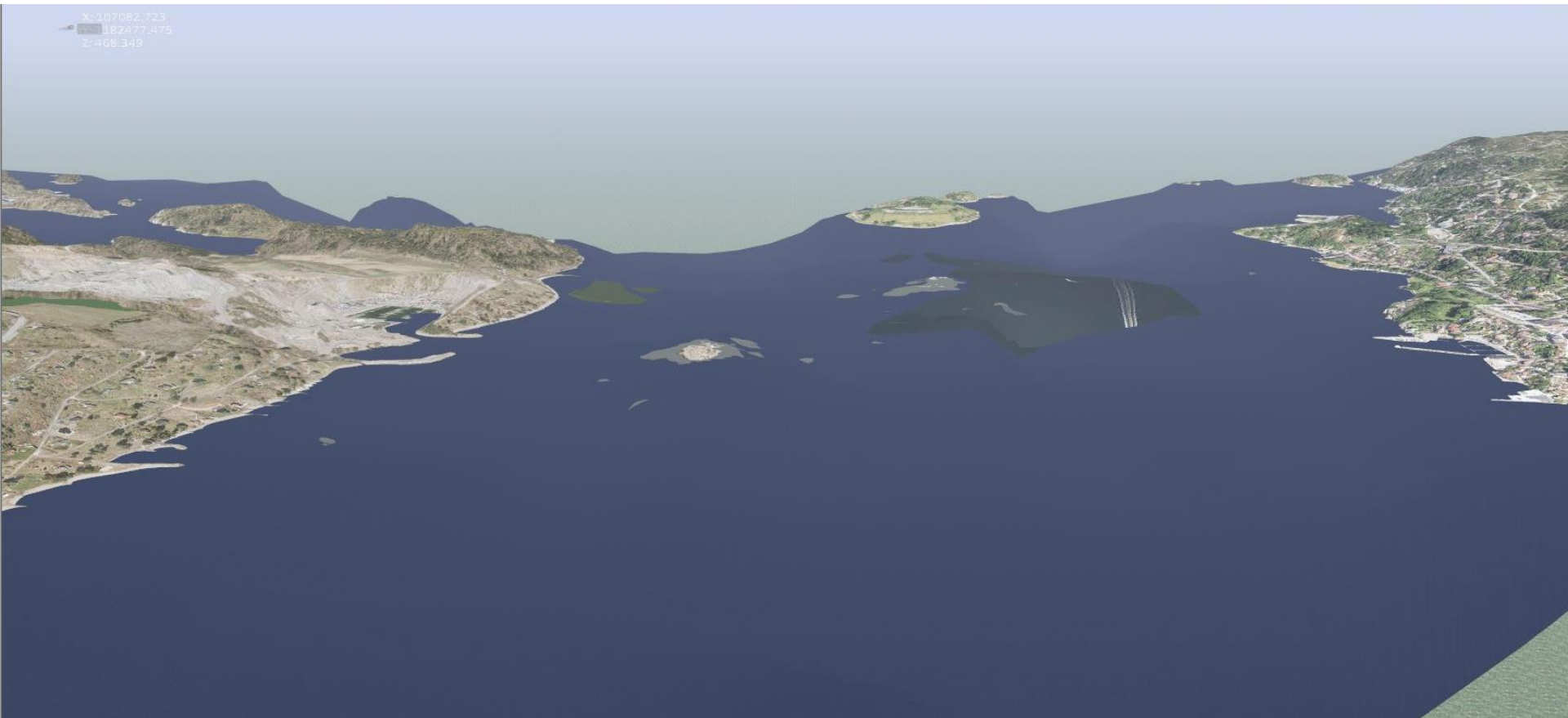
Hurumsona



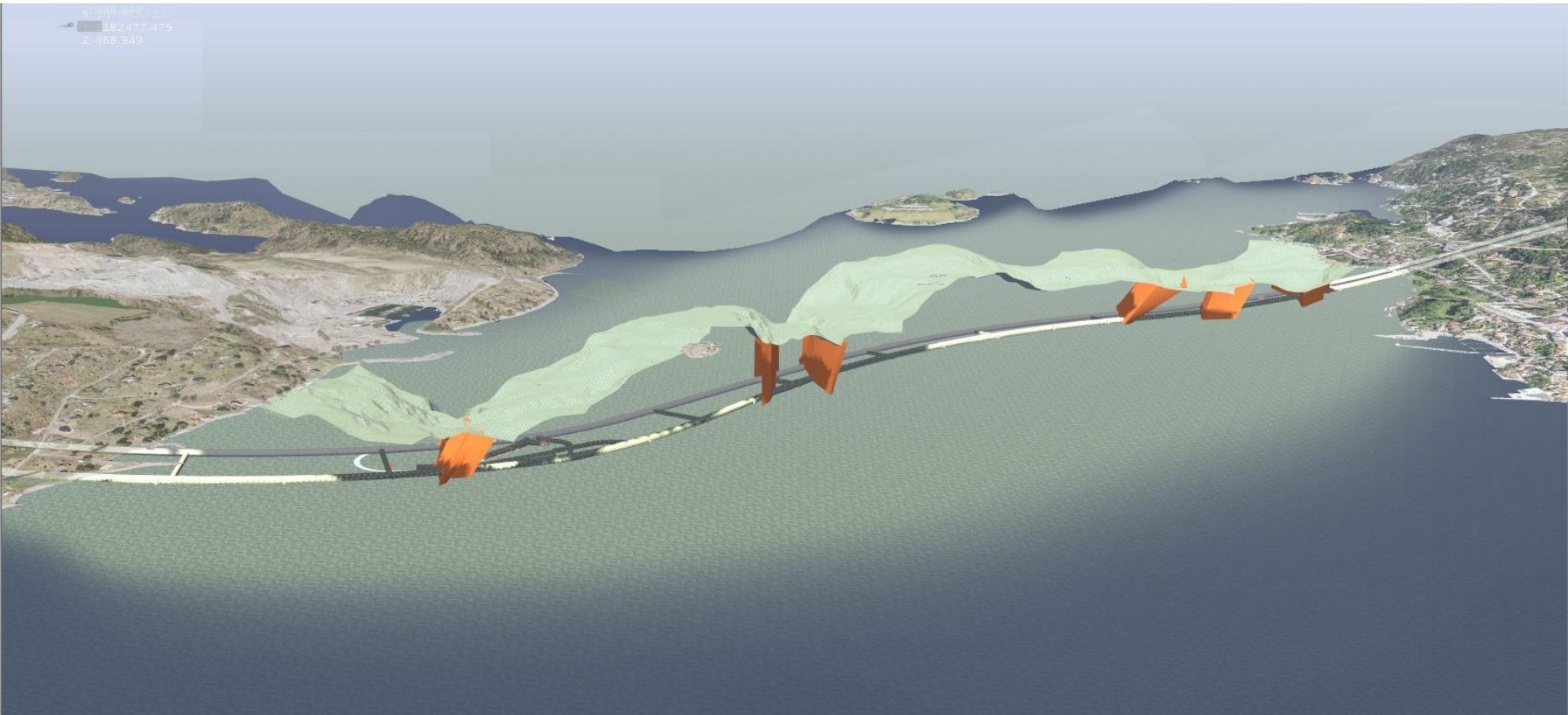
Hurumsona



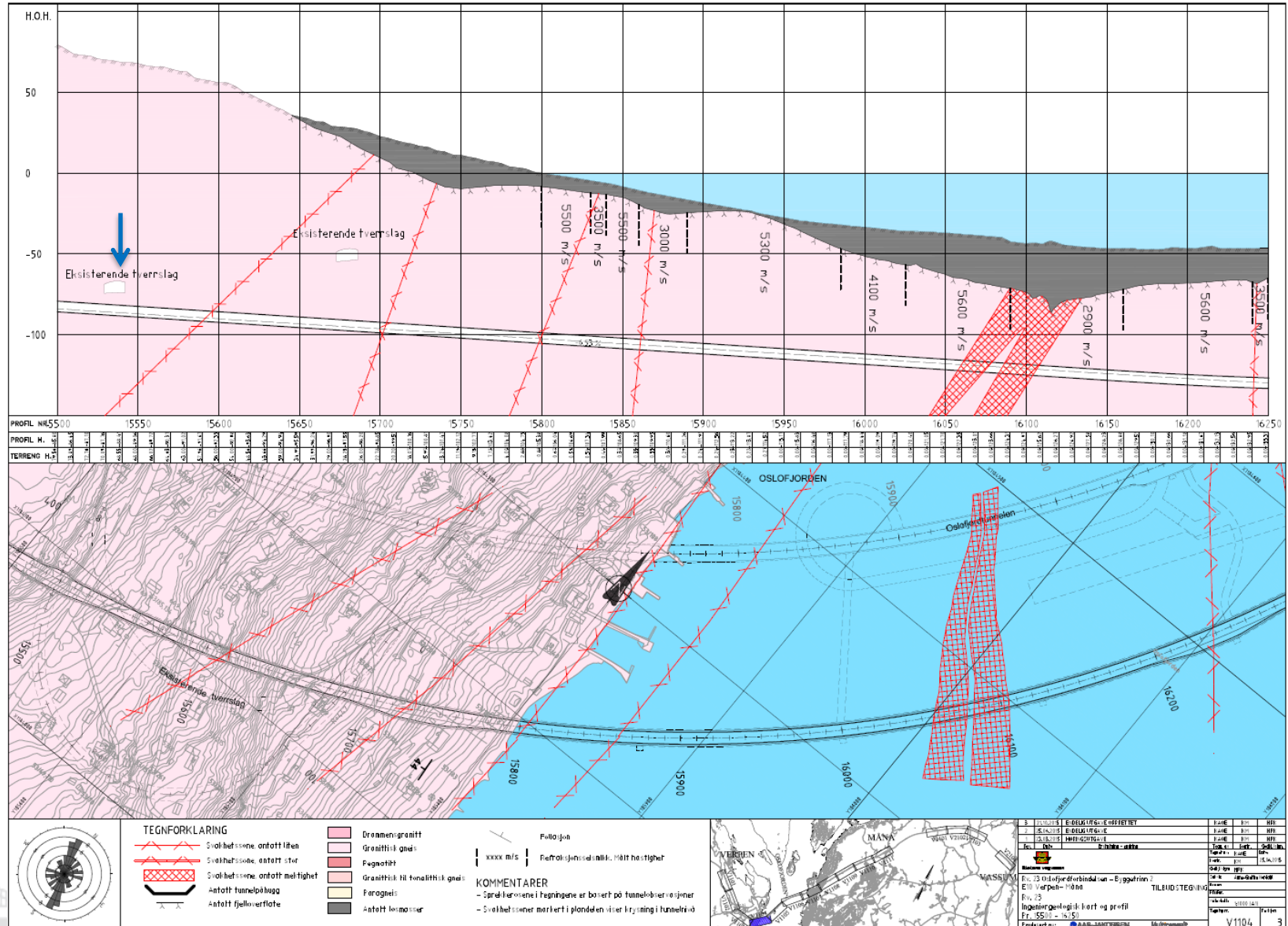
Samordningsmodell - Visualisering



Samordningsmodell - Visualisering

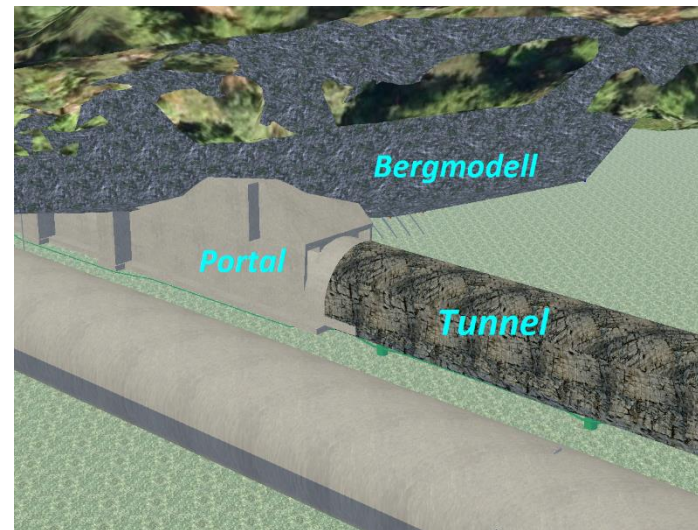
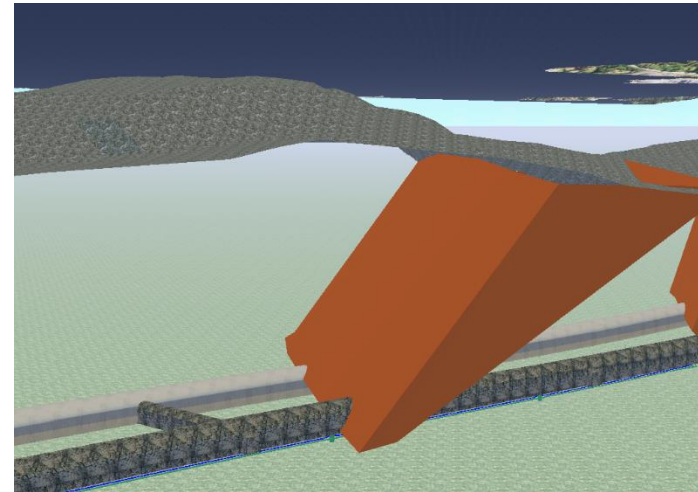


Geologiske tegninger



Bruksområder i samordningsmodell

- Vurdere plassering av tverrforbindelser og tekniske rom
- Vurdere påhuggsplassering/ portallengde



Nytteverdi 3D-modeller

- Tolkningsarbeidet forenkles.
- Svært nyttig for å lage geologiske tegninger.
 - Men, fremtiden bør være tegningsløs
- Erfaringene fra Oslofjordfjordforbindelsen benyttes på andre «mindre» prosjekter for å visualisere svakhetssoner og bergoverflater.



Neste steg? Fagmodeller

- Hva kan ingeniørgeologi levere av fagmodeller (planlagt situasjon)?
- Hva vil være nyttig for entreprenør og byggherre?
- Hva er nytteverdien til bergsikrings- og injeksjonsmodeller, når omfanget bestemmes på stoff?

Grunnlagsmodeller	Fagmodeller
<p><i>Eksempler:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bergoverflate • Svakhetssoner • Bergarter og bergartsgrenser • Bergmassekvalitet (Q-verdi) • Oppsprekking 	<p><i>Eksempler fra Håndbok V770 Modellgrunnlag :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ulike bergsikringstiltak • Injeksjon • Geologisk registrering • Måling av vannlekkasje og permeabilitet

