

Bergåstunnelen løsmassesone

Fra prosjektet E6 Svenningelv-Lien

Olav Roset (NGI)

30.01.2024



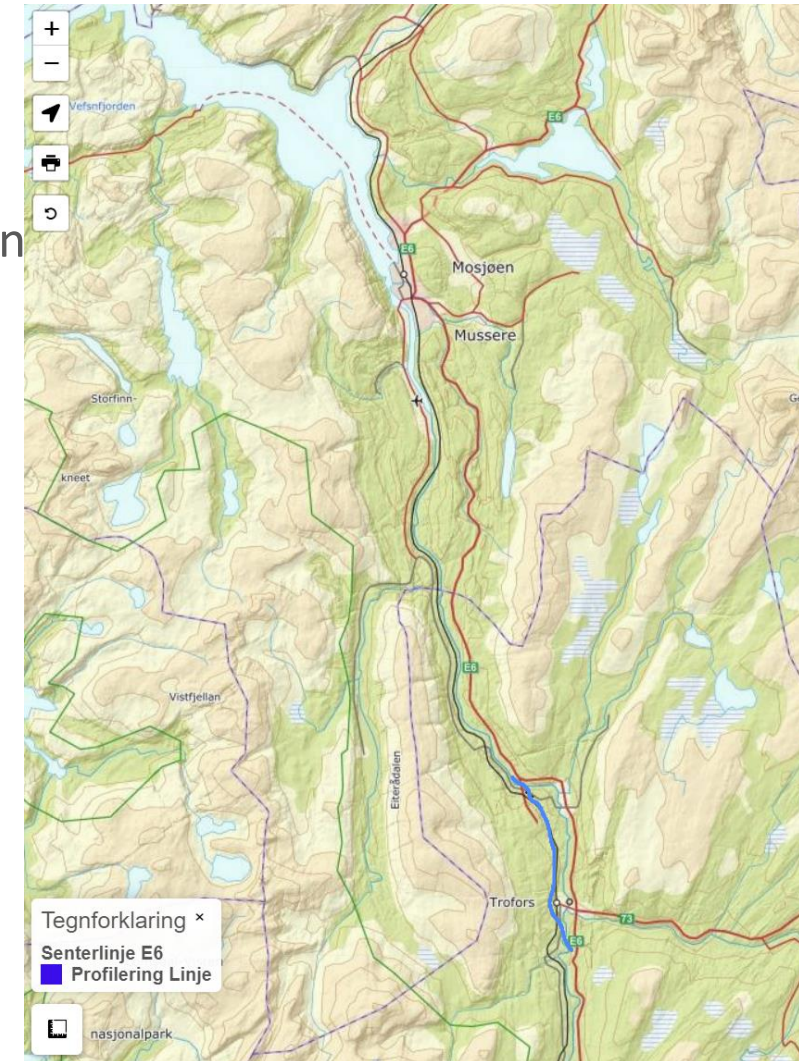
Innhold

- Kort introduksjon til prosjektet og løsmassesonen
- 3D-modellering av geologi i Leapfrog Works (NGI v/Simon Ross Stenger).
- Modellering av tiltak (Aas-Jakobsen Trondheim)
- Bruk av modellene (Leonhard Nilsen & Sønner (LNS) v/Helle Ragnete Fyhn Nilsen og Lisette Tillberg)
- Som-bygget-dokumentasjon (LNS)



Kort om E6 Svenningelv-Lien

- 10,1 km ny E6 som inkluderer bruer, tunneler, bergskjæringer og bygging på myr.
- **Statens vegvesen** er byggherre.
- Totalentreprise med Leonhard Nilsen & Sønner (LNS), Aas-Jakobsen Trondheim (AAJT) og NGI + flere.
- Mengdene for driving og bergsikring i tunnelen gjøres opp med enhetspriser, og øvrig arbeid inngår i totalentreprisen.
 - Vegvesenet hadde kontrollingeniørfunksjon og prosjektering.
 - AAJT med NGI som underleverandør på geofagene ble innleid av LNS for prosjektering og oppfølging av løsmassesonen, på oppdrag fra Vegvesenet.



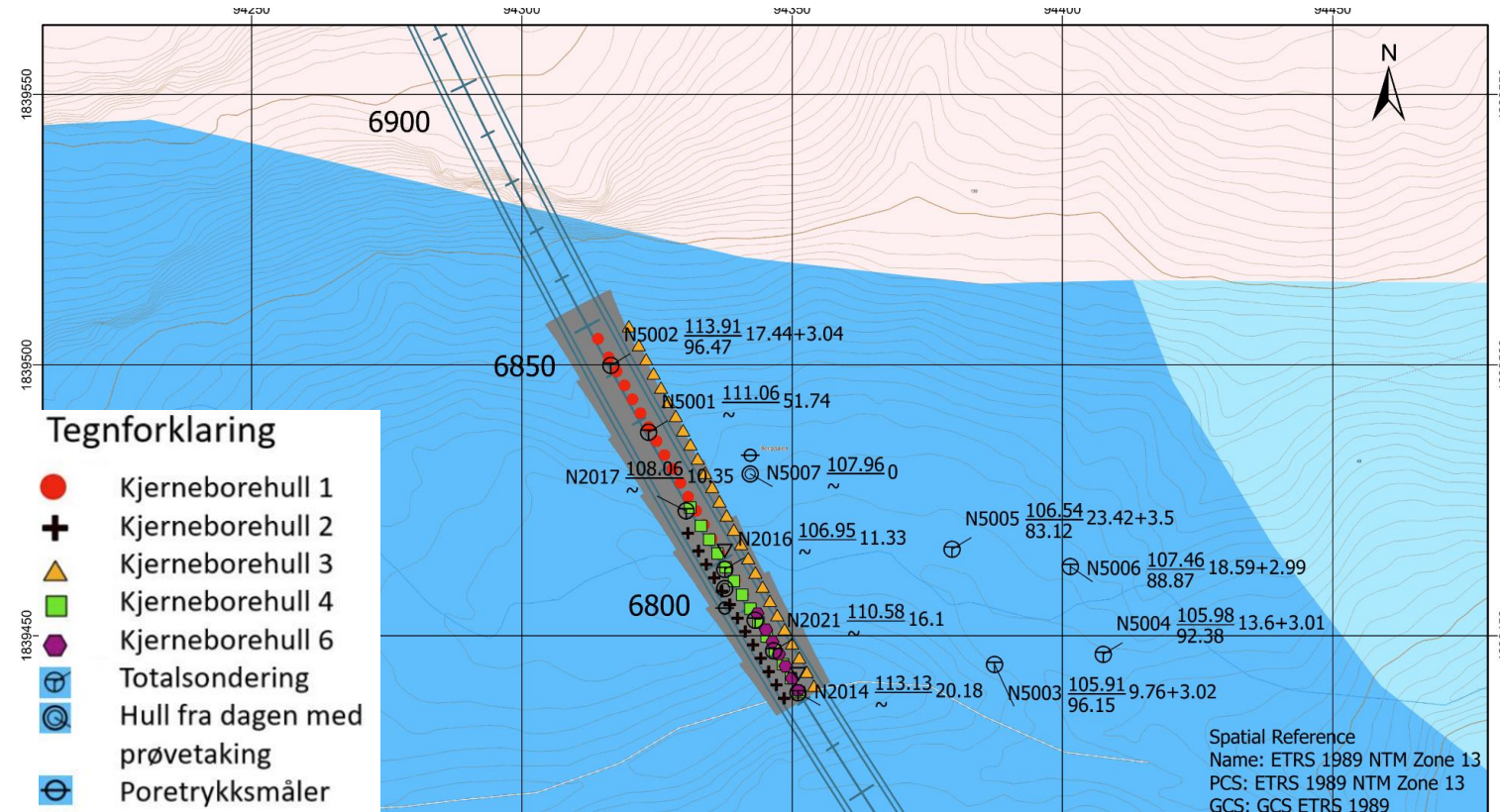
Kort introduksjon løsmassesone



- Tunnelstøff stoppet etter 3 korte salver (sprengte) i noe som ble mer og mer “jord”.

Kort introduksjon løsmassesone

- Undersøkelser:
 - Kjerneborhull fra stuff
 - Kjerneborhull fra dagen
 - Totalsonderinger fra dagen
 - Poretrykksmålinger
 - Laboratorieundersøkelser



Inndata geologisk 3D-modell i Leapfrog Works

- Collar
 - Overordnet beskrivelse av hvor borhullet starter og hvor langt er det
- Lithology
 - Materiale i hver enkelt borhull tolket fra totalsonderinger og kartlegging av kjerner
- Survey
 - Borhullsavvik
- Terrengmodell
 - Bestemmer hvilken oppløsning modellen skal ha.
 - Lagde en passelig stor grid for formålet med å velge avstand mellom hver node.



Inndata Leapfrog Works - Collar

- ID, Startpunkt og dybde

Borhull	Y	X	Z	Total dybde borhull
N2014	1839439,434	94351,093	113,128	25,18
N2015	1839452,86	94343,143	107,835	23,25
N2016	1839462,223	94337,54	106,945	18,32
N2017	1839473,048	94330,39	108,059	17,35
N2021	1839447,199	94346,568	110,582	21,1
N5001	1839487,576	94323,446	111,062	51,7
N5002	1839499,923	94316,46	113,908	20,48
N5003	1839444,656	94387,442	105,909	12,78
N5004	1839446,534	94407,553	105,978	16,61
N5005	1839465,951	94379,58	106,538	26,92
N5006	1839462,764	94401,465	107,461	21,58
N5007	1839479,87	94342,24	107,96	25
KB-6772-01	1839439,56	94351,26	80,2	76
KB-6772-02	1839438,41	94348,53	80,7	37
KB-6772-03	1839440,71	94354,04	80,12	76
KB-6772-04	1839439,56	94351,27	79,36	43
KB-6772-06	1839439,86	94351,15	81,47	19

Inndata Leapfrog Works - Lithology

- For en god geologisk modell må oppdelingen være i samsvar med ønsket nøyaktig på sluttresultatet.
- I dette eksempelet kunne for eksempel silt og leire blitt slått sammen til et lag.

	A	B	C	D
1	Borhull	Fra	Til	Tolket jordart
2	N2014	0	7,3	Leire
3	N2014	7,3	9,5	Silt
4	N2014	9,5	14	Silt
5	N2014	14	25,18	Leirmorene
6	N2015	0	2,2	Leire
7	N2015	2,2	9,6	Silt
8	N2015	9,6	23,25	Leirmorene
9	N2016	0	4	Leire
10	N2016	4	6,5	Silt
11	N2016	6,5	8	Silt
12	N2016	8	18,32	Leirmorene
13	N2017	0	5,5	Leire
14	N2017	5,5	8	Silt
15	N2017	8	17,35	Leirmorene
16	N2021	0	5	Leire
17	N2021	5	12	Silt
18	N2021	12	21,1	Leirmorene
19	N5001	0	5	Leire
20	N5001	5	8	Silt
21	N5001	8	18	Leirmorene
22	N5002	0	2	Leire
23	N5002	2	4	Silt
24	N5002	4	17,44	Leirmorene
25	N5002	17,44	20,44	Berg
26	N5003	0	1	Leire
27	N5003	1	3,2	Silt

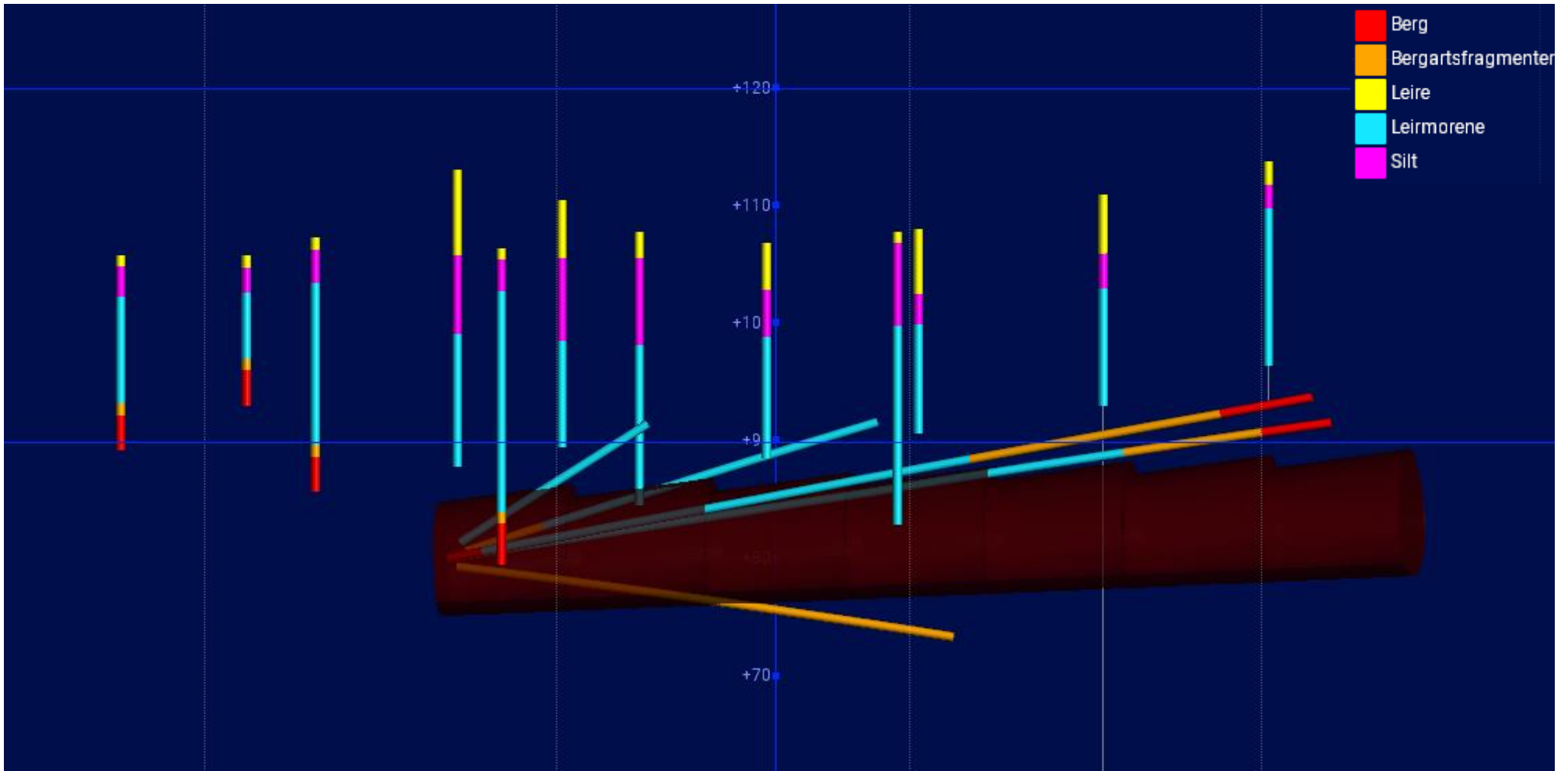
Inndata Leapfrog Works - Survey

- Vinkel på borhull hver 3. meter.

	A	B	C	D
1	BOREHOLE ID	DEPTH	AZIMUTH	DIP
2	KB-6772-01	0	329,58	9,86
3	KB-6772-01	3	329,72	8,8
4	KB-6772-01	6	329,95	8,83
5	KB-6772-01	9	330,08	8,87
6	KB-6772-01	12	330,23	8,67
7	KB-6772-01	15	330,39	8,7
8	KB-6772-01	18	330,31	8,83
9	KB-6772-01	21	330,51	8,88
10	KB-6772-01	24	330,66	8,9
11	KB-6772-01	27	330,76	8,89
12	KB-6772-01	30	330,79	8,52
13	KB-6772-01	33	330,84	8,23
14	KB-6772-01	36	330,65	9,07
15	KB-6772-01	39	330,67	9,73
16	KB-6772-01	42	330,61	8,93
17	KB-6772-01	45	330,41	8,58
18	KB-6772-01	48	330,23	8,93
19	KB-6772-01	51	330,32	8,68
20	KB-6772-01	54	330,27	8,49
21	KB-6772-01	57	330,25	8,53
22	KB-6772-01	60	330,11	8,55
23	KB-6772-01	63	329,97	8,36
24	KB-6772-01	66	330,23	8,1
25	KB-6772-01	69	330,41	8,15
26	KB-6772-01	72	330,31	7,89
27	KB-6772-01	76	330,18	8,01
28	KB-6772-02	0	329,98	18,56
29	KB-6772-02	3	329,58	17,62
30	KB-6772-02	6	329,55	17,39
31	KB-6772-02	9	329,67	17,44
32	KB-6772-02	12	329,76	17,55
33	KB-6772-02	15	329,93	17,49



Inndata presentert i Leapfrog Works



Bygging av modell i Leapfrog Works - Kontakttype og kronologi

- Satte opp hvordan en litologi har lov å skjære andre litologier
- Hvordan hadde de ulike lagene har oppstått. Hvilken litologi er yngst?

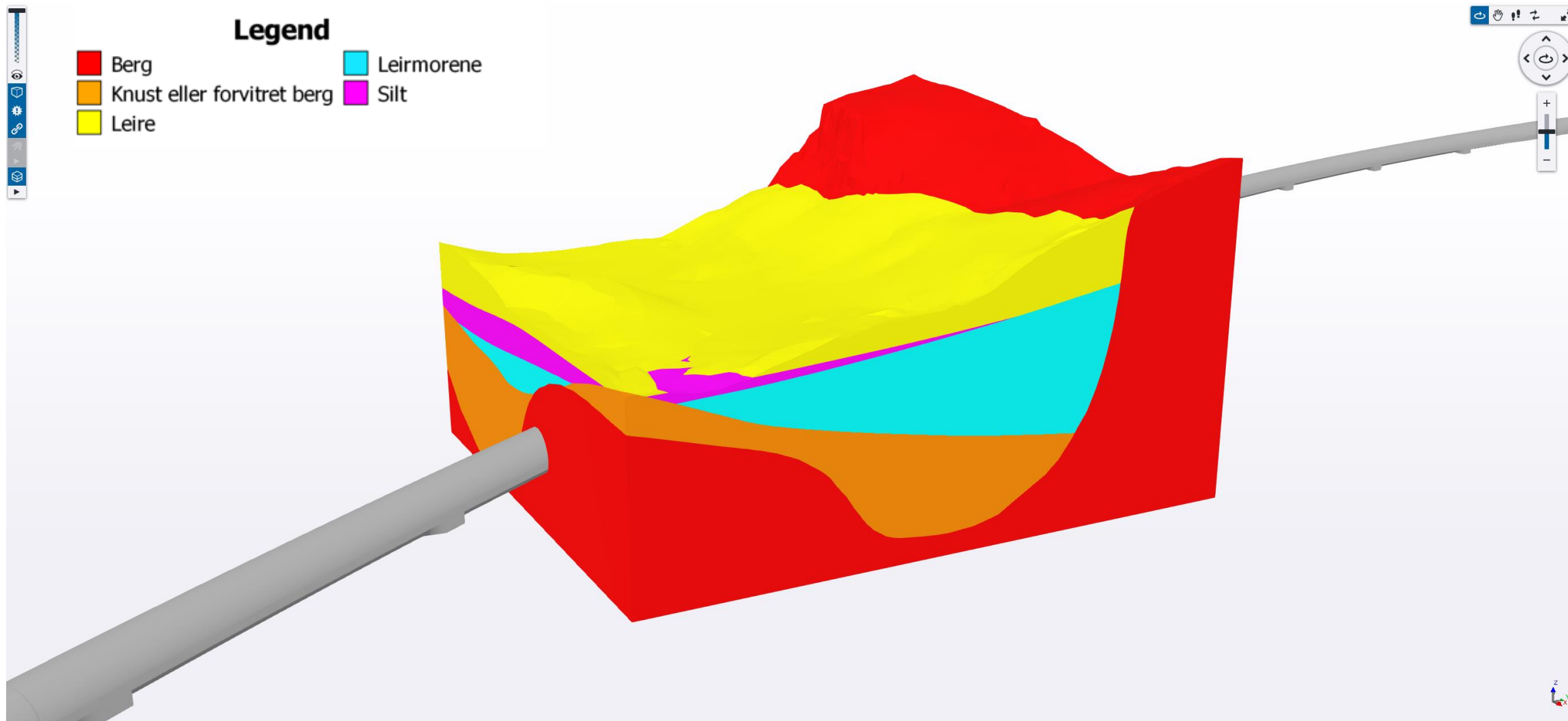
Litologi	Type	Kronologi (yngre enn)
Leire	Avsetning	Silt
Silt	Avsetning	Leiremorene
Leiremorene	Erosjon	Berg, bergartsfragmenter
Bergartsfragmenter	Intrusjon	Alle
Berg	Intrusjon	Alle

Bygging av modell i Leapfrog Works - Tilpasninger

- Gikk fra rådata til førsteutkast av modellen på en arbeidsdag.
- Gjorde manuelle tilpasninger for få en sammenhengende modell.
 - Endret uteliggere i «lithology».
 - Sammenlignet løsmasse- og berggrunnskart fra NGU med modell.
 - Importerte punkter fra scanning av tunnel som viste overgang mellom ulike materialer (moreneleire, forvitret berg)
- Faglig skjønn
 - Sannsynligvis en dyp dal
 - Berget blir mindre forvitret dypere nedover.
 - Grense mellom løsmasse og berg i nord kunne antas utifra terreng.

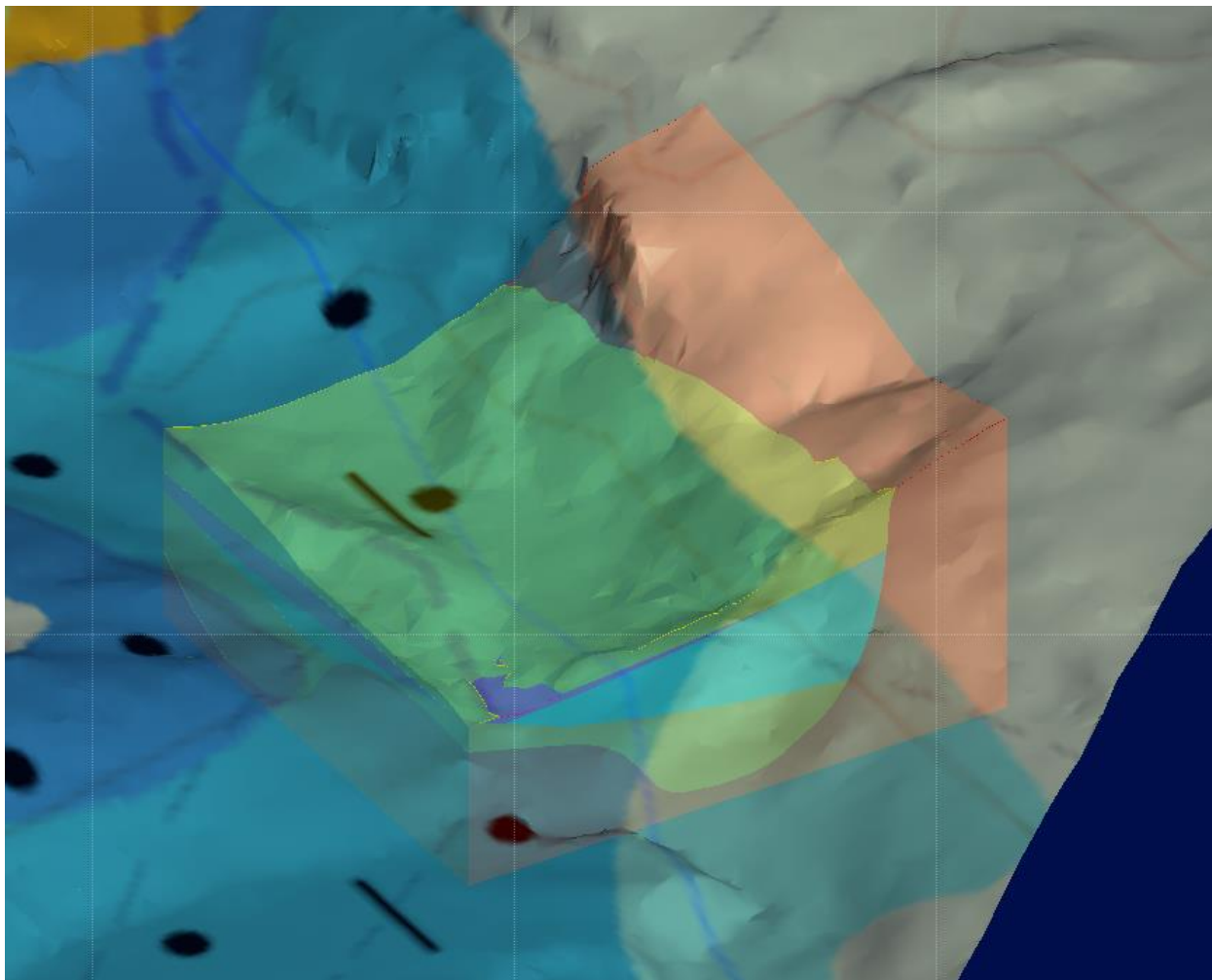


Geologisk 3D-modell

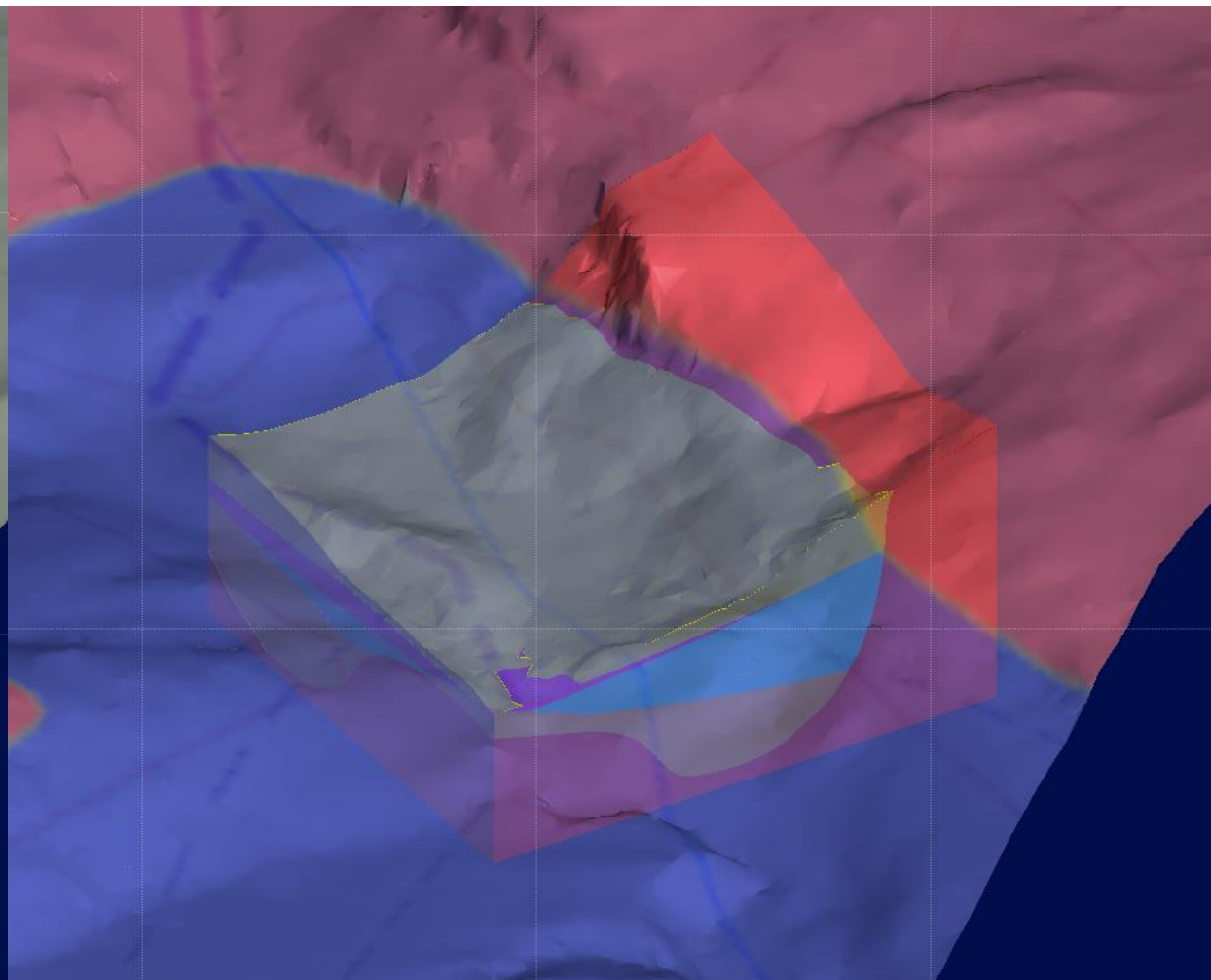


NGU kart

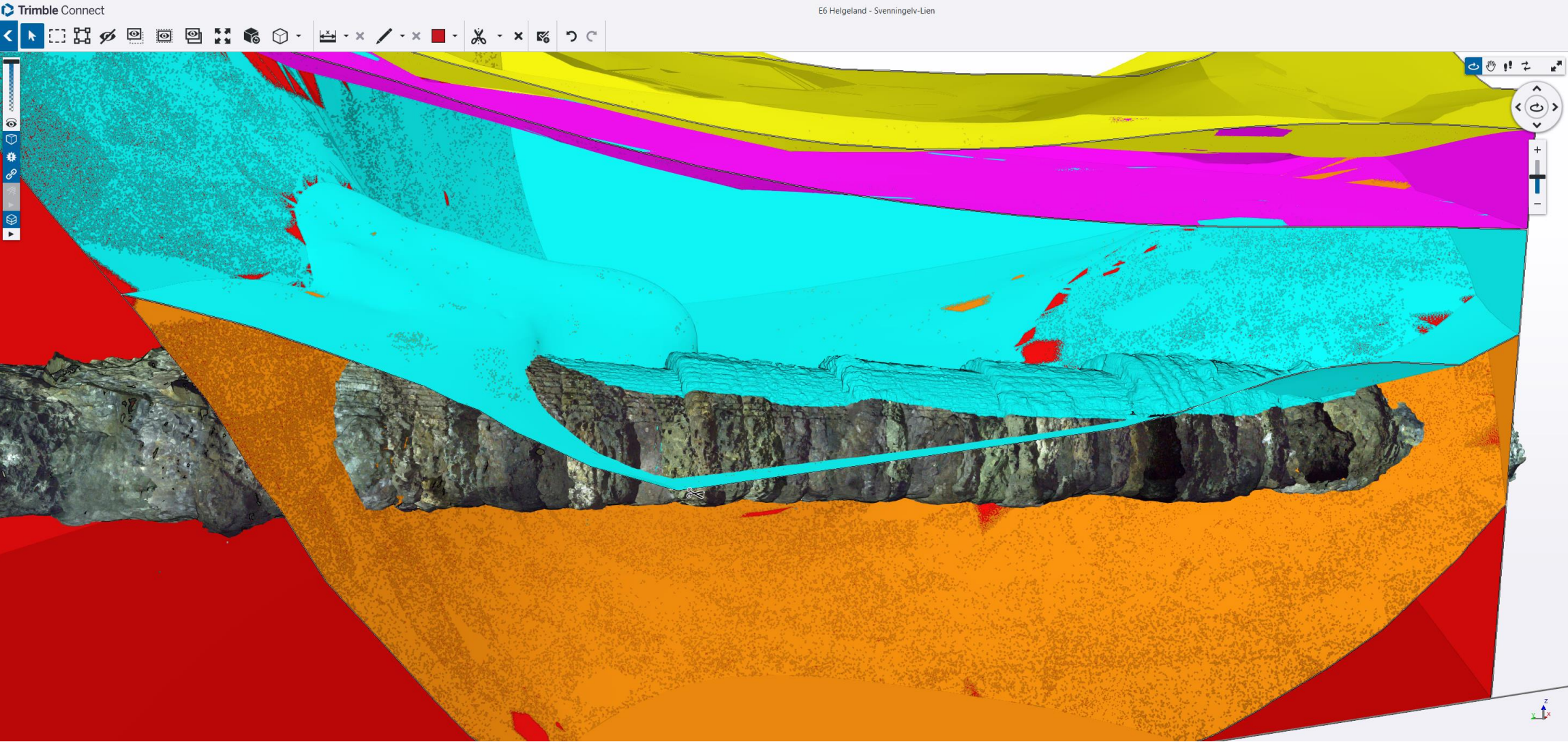
NGU Løsmasse



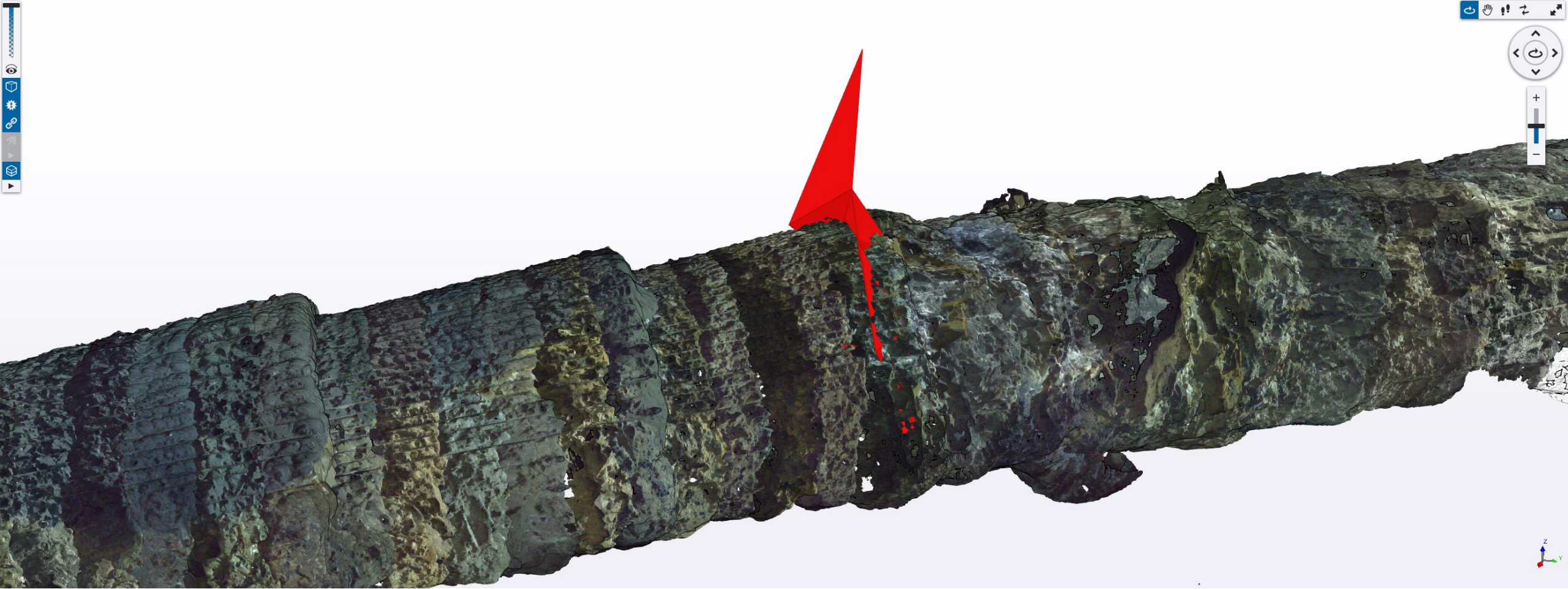
NGU Marin grense



Sammenligning geologisk 3D-modell og tunnelscan etter uttak



Sonderboringer for å finne fjell

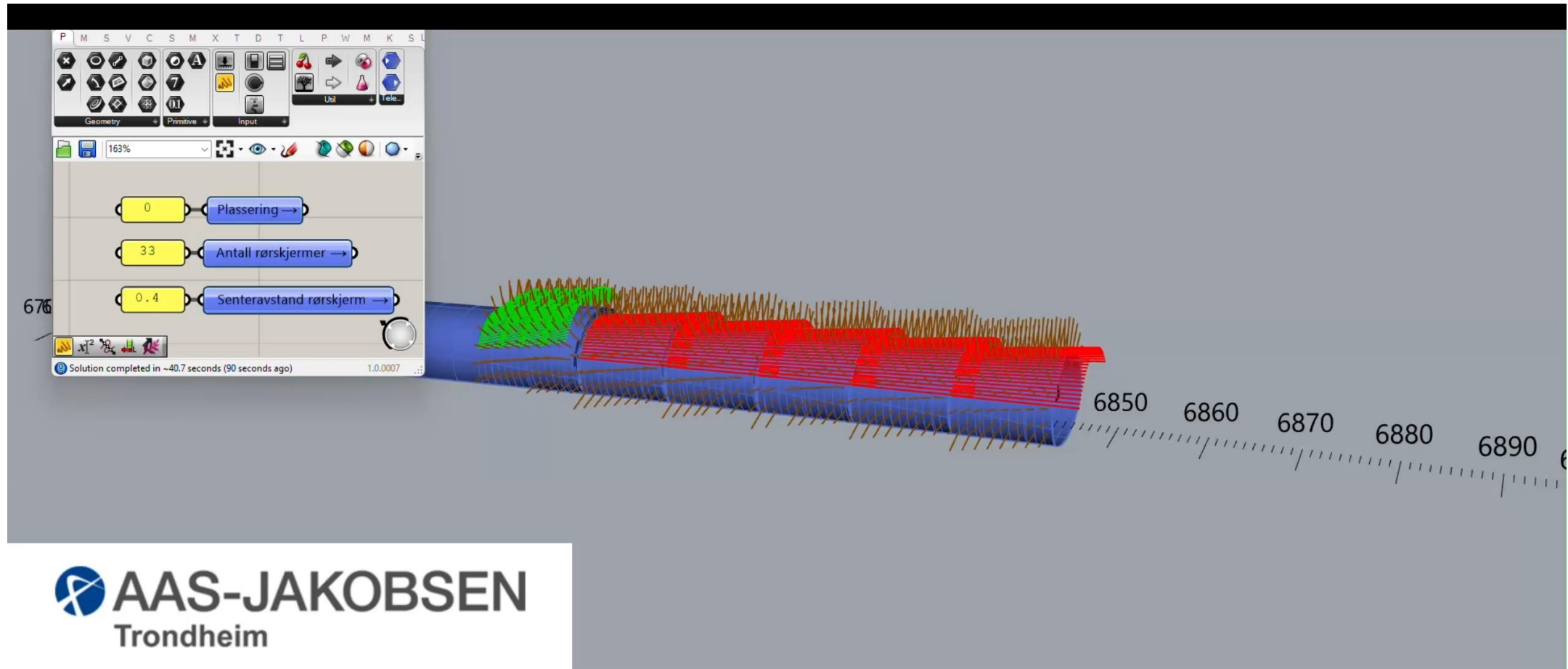


Modellering av tiltak Aas-Jakobsen Trondheim (AAJT)

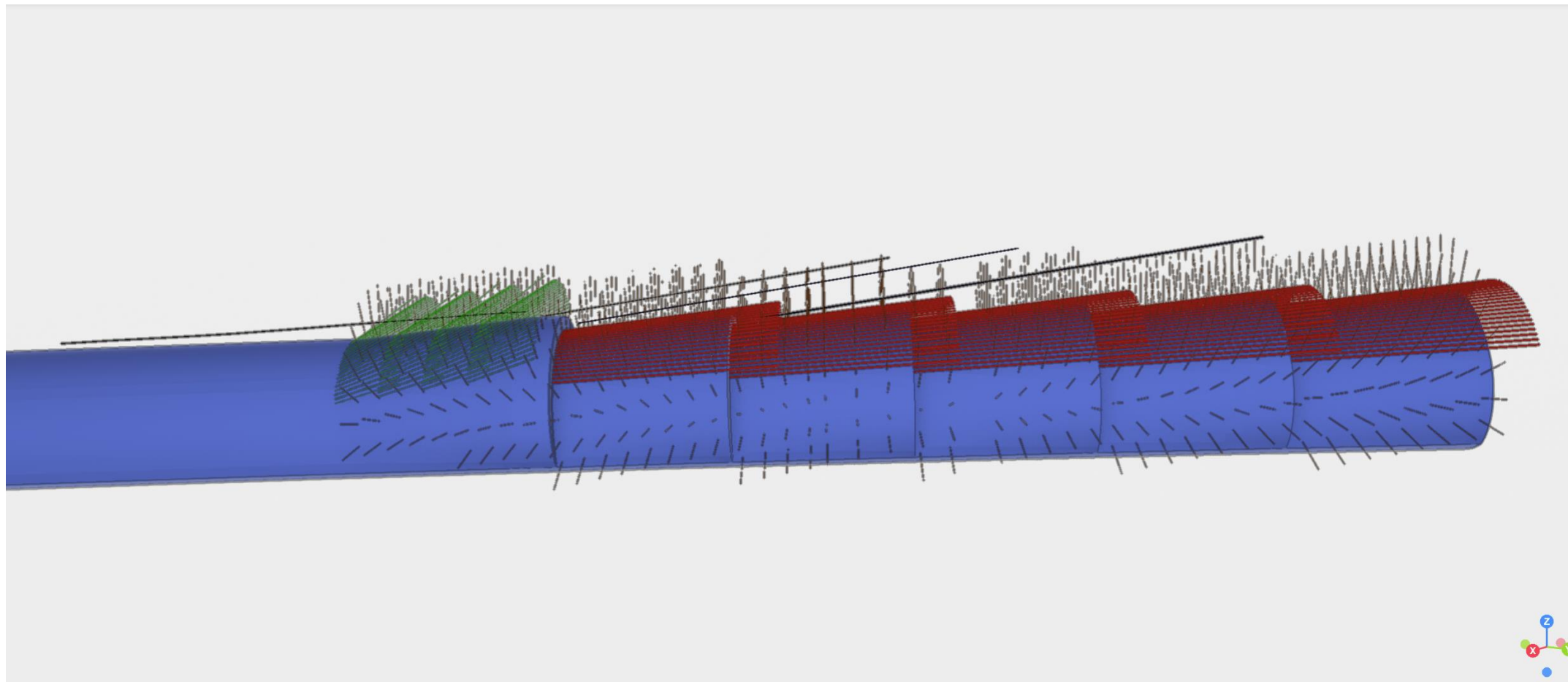
- Parametrisk modellering i R/G ved hjelp av egenutviklet programvare (MOLE).
 - Ble gjort en del videreutvikling underveis.
 - Ble valgt som metode fordi tiltak ville bli endret underveis i prosjektering- og utførelsesfasen og gjentakende i seksjoner. Kunne gjøre justeringer på direkten i arbeidsmøte ved hjelp av GH-script.
- Modellene ble oppdatert på veldig kort tid.
 - Rådgivergruppa fikk forespørsel fra entreprenør om å gjøre justeringer i lengdeprofilen.
- Stikningsdata ble levert
 - Linjer som ble brukt i riggen
 - Flater på innerkant dobbelarmert sprøytebetongbue for geometrisk kontroll
- Modeller ble publisert som ifc-fil og sfi-fil (det som skulle i profildata til riggen).
- Før første utkast ble tunnelscan med høy nøyaktighet sammenlignet med parametriske modeller.



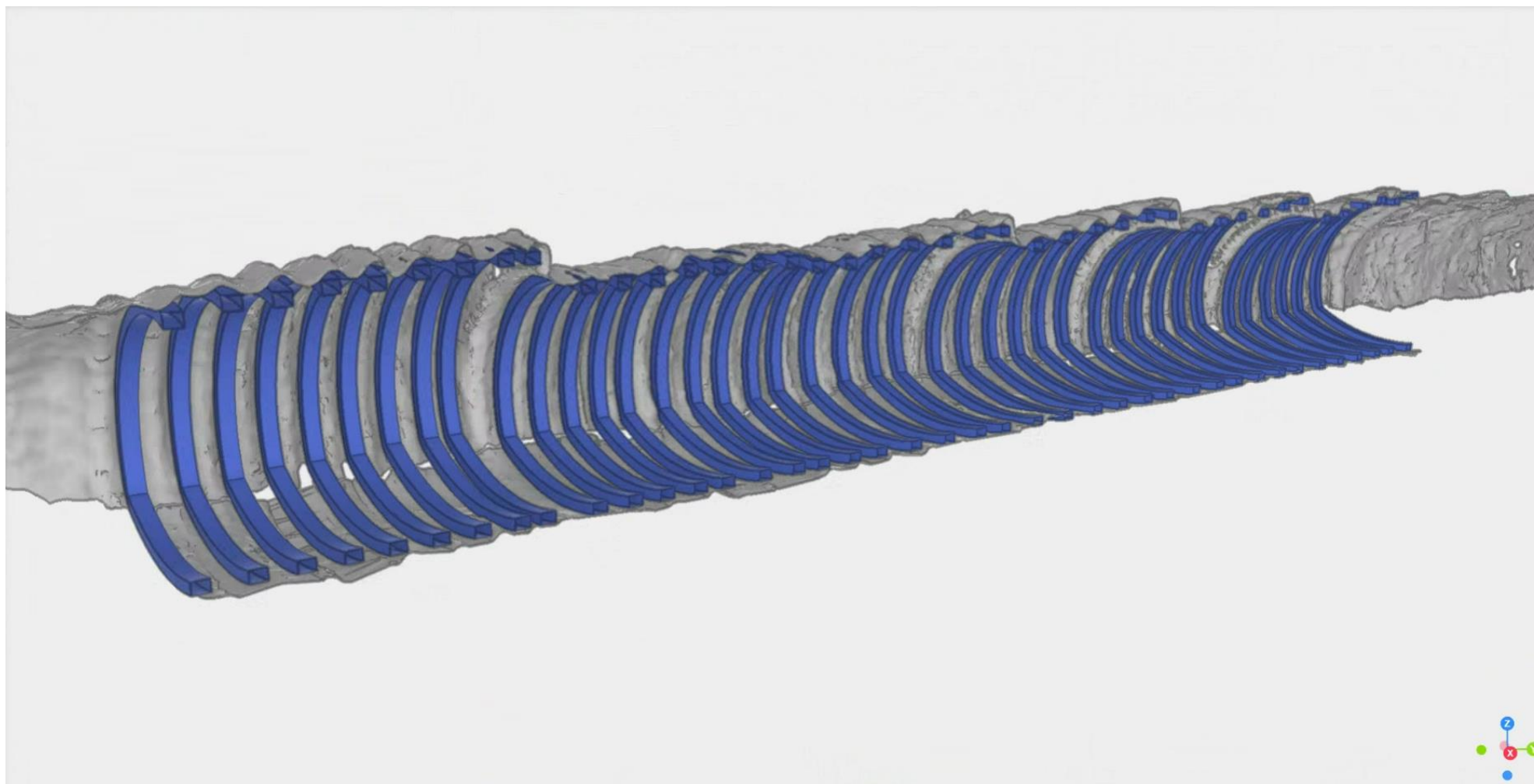
Modellering av tiltak - Eksempel parametrisk design (AAJT)



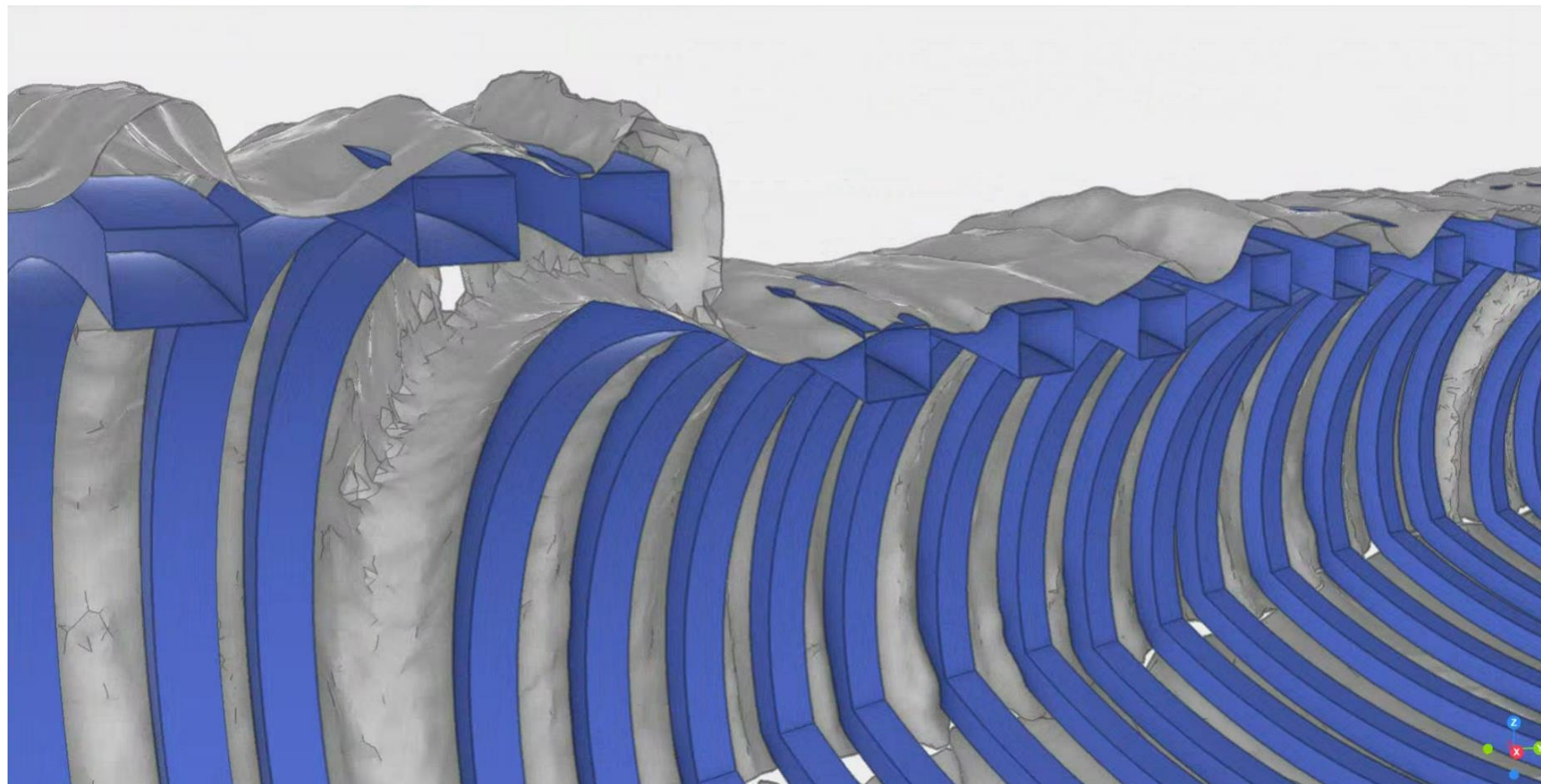
Modellering av tiltak (AAJT)



Modellering av tiltak – Permanent sikring (AAJT)



Modellering av tiltak – Permanent sikring (AAJT)



Erfaringer fra modellering av tiltak (AAJT)

- Viktig faktor for å ha nytte av 3D-modeller er å få nøyaktige tunnelscan tilbake for å gjøre justeringer. Dette gjør at presisjonen er høy nok til at modellene kan brukes direkte.
- Har verdi å se helheten i 3D-modell med alle relevante objekt. Vanskelig å få denne oversikten i 2D-tegninger.
 - Eks.: Tilpasse spilingbolter til innmålt inklinometer bane i 3D
- Viktig å legge ved linjer og punkter for å kunne det som stikningsdata.
- Opplevs som givende å jobbe parametrisk. Slipper repetitivt og «kjedelig» arbeid.



Modeller som ble benyttet under driving (LNS)

Modell	Filtype mottatt fra AAJT/NGI	Konvertering	Konverteringsprogram	Filtype til software i borerigg
Teoretisk sprengningsprofil (flate)	.sfi og IFC	.sfi → .xml	Gemini (.sfi er mulig å redigere)	.xml
Innerkant sprøytebetongbue* (flate)	.sfi og IFC	.sfi → .xml	Gemini (.sfi er mulig å redigere)	
Rørskjerm (linje)	IFC	IFC → .xml	Bever mapping	
Spiling (linje)	IFC	IFC → .xml	Bever mapping	
Inklinometer (linje)	IFC	IFC → .xml	Bever mapping	
Radielle bolter (linje)	IFC	IFC → .xml	Bever mapping	
Sonderboring (linje)	IFC	IFC → .xml	Bever mapping	

- *Innerkant bue for å sjekke om det var tilstrekkelig plass.

Kommentarer til filformater (LNS)

.sfi

- Kan importeres og endres i Gemini og eksporteres til .xml for å kunne brukes i riggen
- Får sprengningsprofiler bygd opp av punkter
- Utfordringer med færre noder på teoretisk sprengningsprofil løsmassesone og opprinnelig -> vanskelig å interpolere mellom
- Bever og Epiroc software håndterer et vist antall profiler (100 stk. samtidig)
 - Dersom det leveres mange profiler må data oppdateres til riggen oftere.
 - Hadde vært best og hatt to profiler per rørskjerm-seksjon (start og slutt).

.ifc

- Bør fremtidig kunne brukes direkte i riggen.
- Kan ikke endres i Gemini
- Blir fort tung data med mye informasjon.



Kommentarer programvare (LNS)

Bever mapping

- Bever ordnet slik at bolter og sonderboringshull som .ifc kunne lastes opp og konverteres til .xml
- Lager på denne måte borplan av mottatte linjedata som for eksempel:
 - Rørskjerm
 - Radielle bolter

Trimble Connect

- Vanskelig å ta nøyaktige mål.



Bilmontert profiler (LNS)



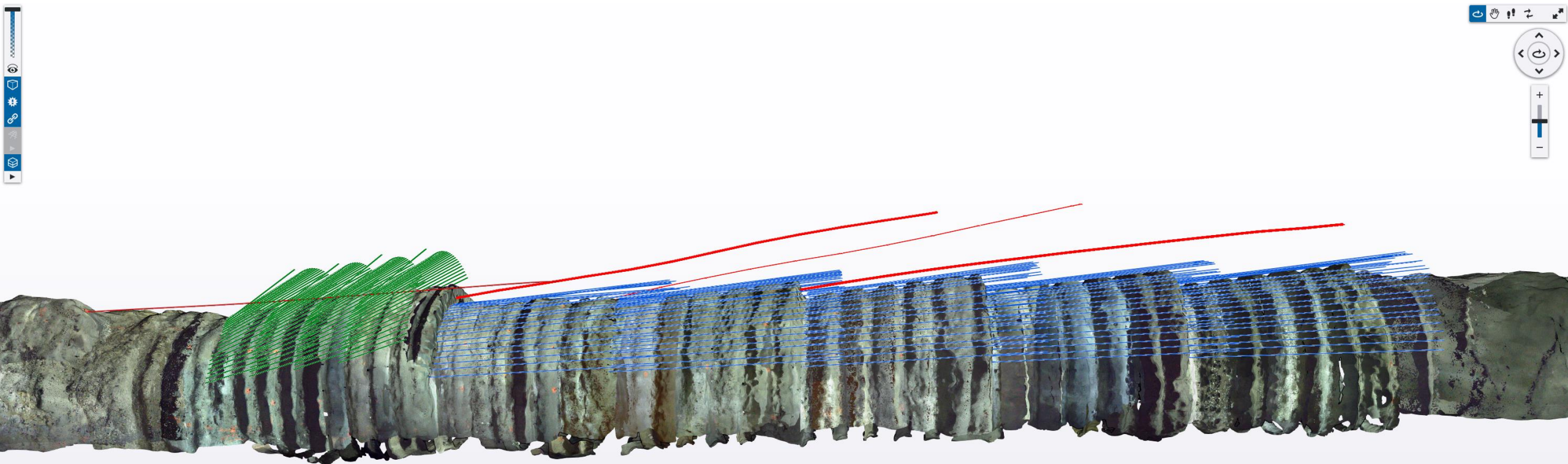
- Samme system som på boreriggen.
- Pigghammeren kunne se hvor profilet var for lite.
- Var mulig å fjernstyre fra hytten på piggmaskinen.

Erfaring bruk av modeller under utførelse (LNS)

- I prosjekteringsfasen var det mye detaljstyring og mange endringer.
- Produksjonen ble bedre hensyntatt under prosjekteringen gjennom arbeidsmøter.
 - Plassbehov maskiner og arbeidsprosesser. Mulig å kontrollere og justere i modell.
- Ulempe: Prosjekteringsgruppen er sårbar dersom de er avhengig av enkeltpersoner for å kunne oppdatert modeller.
- Modellene opplevdes som nyttig i samhandlingsmøter.
- Kombinasjonen av modell og tegninger er bra. Lettere å levere ut en god tegning på stoff.



Eksempel som-bygget-dokumentasjon fra LNS



Spørsmål?

