



Statens vegvesen

Geologi

E6 TUNNEL VED TROFORS I GRANE KOMMUNE.
INGENIØRGEOLOGISK RAPPORT TIL REGULERINGSPLAN

Oppdrag

Ressursavdelingen

Nr. 2010231837-66





Statens vegvesen

Region nord
Ressursavdelingen
Geo- og laboratorieseksjonen

www.vegvesen.no

Oppdragsrapport

Nr. 2010231837-66

Labsysnr. 50698-2

Geologi

E6 TUNNEL VED TROFORS I GRANE KOMMUNE.
INGENIØRGEOLOGISK RAPPORT TIL REGULERINGSPLAN

Geologi
E6-01/02 TUNNEL
BRATTÅSEN-LIEN I GRANE KOMMUNE

UTM-sone	Euref89 Ø-N	Oppdragsgiver:	Antall sider:
33	425079 - 7268835	Vegpakke Helgeland v/Dagfinn Brækken	14
		Dato:	Antall vedlegg:
		2013-03-01	7
Kommune nr.	Kommune	Utarbeidet av (navn, sign.)	Antall tegninger:
1825	GRANE	Mikael Bergman	7
Papirarkivnummer		Seksjonsleder (navn, sign.)	Kontrollert
		Leif Jenssen	Edvard Iversen
Sammendrag			

Statens vegvesen planlegger alternativ trasee for E6 med en ~610 meter lang tunnel vest om Trofors i Grane kommunen.

Tunnelen er planlagt i klasse B, tunnelprofil T9,5 med rette vegger. Helningen er 0,51 % og 1,06 % for søndre påhugget respektive nordre påhugget, med høybrekka 50 meter nord om søndre påhugg.

I henhold til NS-EN 1997-1:2004 NA:2008 Eurocode 7 er geoteknisk kategori 3 valgt for hele tunnelen. Det er dokk utført etter kategori 2 i denne fasen. Med krav om at rappten i byggefasen utføres i henhold til kategori 3.

Kalkspatmarmor og glimmerskifer i foldet struktur langs hele tunneltrassen. Forventes stedvis innslag av granittiske ganger. Tunnelen korser 6 lineamnet som antas være svakhetssoner. To av dem skaper en dal mitt i tunnelen med bergoverdekning ned mot 1 meter.

Det er ikke observert bekker med store mengder vann som krysser tunnelen. Over mitt partiet med dalformasjon er det lav overdekking og det kan forventes større vannlekkasje forbi området.

Bergoverdekningen er mellom 1-30 m, typisk 15 m, unntat ved påhuggene. Bergstabilitetsmessig vurderes stora delen av tunnelen å la seg sikre med konvensjonelle sikringsmetoder. I dalformasjon midt i tunnelen er det lavest overdekking, der kan det bli aktuelt med full utstøping.

Emneord:

geologi, tunnel, reguleringsplan

Distribusjonsliste	Antall	Distribusjonsliste	Antall

GEOTEKNISK KATEGORI/KONSEKVENNS-/PÅLITELIGHETSKLASSE

Geoteknisk kategori	Konsekvens-/pålitelighetsklasse	Konsekvens-klasse	Beskrivelse
Geoteknisk kategori 1 ←	CC1/RC1 <input type="checkbox"/>	CC1	Liten konsekvens i form av tap av menneskeliv, og små eller uvesentlige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
Geoteknisk kategori 2 ←	CC2/RC2 <input type="checkbox"/>	CC2	Middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, betydelige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
Geoteknisk kategori 3 ←	CC3/RC3 ev RC4 <input checked="" type="checkbox"/>	CC3	Stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, eller svært store økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser

Kategori/konsekvensklasse er fastsatt av			
	Enhet/navn	Signatur	Dato
Geoteknisk prosjekterende	Geo- og laboratorieseksjonen Mikael Bergman	<i>Mikael Bergman</i>	2013.03.12
Oppdragsgiver	Vegpakke Helgeland Dagfinn Brækken	<i>Dagfinn Brækken</i>	2013.03.15

Kommentarer til valg av geoteknisk kategori/konsekvensklasse/pålitelighetsklasse	
<p>Det er valgt geoteknisk kategori 3 under denne fase. I denne fasen er det kontrollert i henhold til kategori 2, dette fordi at det er regulert så pass stort, at tunnelen er åpen for eventuell flytting i byggplanfase.</p> <p>Vanskelighetsgraden er vurdert til stor grunnet ukjente forhold med lav bergoverdekking i midt parti. Pålitelighetsklasse er valgt til CC/RC3 grunnet vanskelige grunnforhold som er avdekket under undersøkningen. Tunnelen har en bergoverdekking som spenner seg fra 1-30 meter.</p> <p>Det skal umiddelbart utføres videre undersøkinger, som skal underlegges 3.parts kontroll i henhold til geoteknisk kategori 3.</p>	

PROSJEKTERINGSKONTROLL

	Enhet/Navn	Signatur	Dato
Grunnleggende kontroll (B)	Geo- og laboratorieseksjonen Mikael Bergman	<i>Mikael Bergman</i>	2013.03.15
Kollegakontroll (N)	Vegdirektoratet Edvard Iversen	<i>Edvard Iversen</i>	2013.03.15
Utvidet kollega-kontroll (U)			
Uavhengig kontroll (U)			

Kontrollklasse	Kontrollform					
	Prosjektering			Utførelse		
	Grunnleggende kontroll	Kollega-kontroll	Uavh. eller utvidet kontroll	Basis kontroll	Intern systematisk kontroll	Uavhengig kontroll
B (begrenset)	kreves	kreves ikke	kreves ikke	kreves	kreves ikke	kreves ikke
N (normal)	kreves	kreves	kreves ikke	kreves	kreves	kreves ikke
U (utvidet)	kreves	kreves	kreves	kreves	kreves	kreves

INNHALDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING/ORIENTERING	4
1.1	BAKGRUNN.....	4
1.2	UTFØRTE UNDERSØKELSER	4
1.2.1	Tidligere undersøkelser	4
1.2.2	Undersøkelser.....	4
1.3	LINJEFØRING, TVERRSNITT	5
1.4	GEOTEKNISK KATEGORI	5
1.5	INGENIØRGEOLOGISK KOMPETANSE I BYGGEFASEN	6
2	OVERSIKT GEOLOGISKE OG BERGTEKNISKE FORHOLD	6
2.1	KVARTÆRGEOLOGI	6
2.2	BERGGRUNNEN GENERELT	6
2.2.1	Foliasjon/skifrighet, folding og oppsprekking	7
2.2.2	Svakhetssoner i berggrunnen	7
3	BERGTRYKK	8
4	HYDROGEOLOGI – VANNFORHOLDENE.....	8
5	INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER.....	8
5.1	BERGMASSEKVALITET	8
5.2	SVAKHETSSONER	9
5.3	SØNDRE PÅHUGG.....	9
5.4	NORDRE PÅHUGG	10
5.5	DALFORMASJON PEL 7 120 – 7 230	10
5.6	RYSTELSER.....	10
6	SIKRINGSARBEIDE	11
7	VANN- OG FROSTSIKRING.....	12
8	FORSLAG TIL VIDERE UNDERSØKELSER.....	13
9	HMS – FORHOLD	13
10	REFERANSER / EKSISTERENDE INFORMASJON	14

VEDLEGGSOVERSIKT

Fotografier, 6 sider.

1. Sprekkerose
2. Forklaringer strøk/fall – Stereografisk projeksjon
3. Kartutsnitt NGUs berggrunnskart og løsmassekart
4. Aktsomhetskart snøskred og steinsprang
5. Grunnboring over tunnel
6. Tverrprofiler mellom pel 7130 – 7180
7. Gammel vegtrase med to tunneler

	Målestokk	Format
Tegninger. 01: Oversiktskart	1:70 000	A4
02: Geologisk kart	1:2000	A3
03: Geologisk profil	skisse	A3
04: Søndre påhugg	1: 500	A4
05: Profil søndre påhugg	1: 1000/ 1:200	A4
06: Nordre påhugg	1: 500	A4
07: Profil nordre påhugg	1: 1000/ 1:200	A4

1 INNLEDNING/ORIENTERING

1.1 BAKGRUNN

Statens Vegvesen planlegger ny veitrasé for E6-01/02 mellom Brattåsen – Lien i Grane kommune. På oppdrag fra Vegpakke Helgeland v/planprosjektleder Dagfinn Brækken, har det utført geologisk kartlegging og undersøkelser til reguleringsplan. Dette omfatter en strekning på 610 meter, vest om Trofors.

Foreliggende rapport er utarbeidet av Mikael Bergman

Tegning 01 viser oversiktskart i målestokk 1:70 000 for området. Oversikt over tunnelen er vist i foto 1.

I utgangpunktet var det foreslått en trase med to tunneler og veg i dagen ved lavorådet vest for Trofors. Denne varianten ligger inne på vedlegg 7. I eksiterende alternativ er traseen senket i opprinnelig linje slik at det kan bli mulig å legge strekningen i en sammenhengende tunnel. Midtpartiet får der liten bergoverdekning. Det er også vurdert et alternativ med en tunnel der traseen legges i en krappere sving lenger mot vest for evt. å oppnå bedre bergoverdekning.

Reguleringsplan blir utarbeidet så at tunnelen kan justeres, dette etter resultat fra boringer og seismikk/resistivitetsmålinger. Dette blir då nevnt i ingeniørgeologisk rapport til byggeplanfasen.

1.2 UTFØRTE UNDERSØKELSER

1.2.1 Tidligere undersøkelser

Det finnes en ingeniørgeologis rapport fra 1994 gjort av Statens Vegvesen. Rapporten var utført for at vurdere ulike traseer. [6]. Rapporten er studert men ikke brukt i denne rapport.

1.2.2 Undersøkelser

Geologiske undersøkelser er utført til reguleringsplan. Kart på skala 1:10 000 er benyttet. Blottingsgraden langs traseen er anslagsvis 30 %. Det har vært befaring med en maks avstand fra linja på 100 m. Bergblotningene er for en stor del overgrodd med 10 – 30 cm moselag som må fjernes før berget kan undersøkes. Dette gjør det tidkrevende med detaljundersøkelser.

Berggrunnskart i 1:250 000-serien er tidligere kartlagt av Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) [1], og er benyttet ved de geologiske undersøkelsene og vurderingene. Det er også tatt ut berggrunns kart fra NGU.no [2] som kan ses i vedlegg 3, figur 1.

Lineament er tolket fra befaring og kart og flyfoto fra finn.no.

Fjellkontrollboringer er gjennomført langs trasen med flere borehull imellom tunnelene. Geoteknisk rapport var ikke helt ferdigstilt før denne rapporten er skrevet. [10]

1.3 LINJEFØRING, TVERRSNITT

Tunnelen har stigning på 5,1 ‰ fra sørlige påhugg opp til høybrekka ved profil 6 860, deretter går tunnelen med synkende helning på 10,6 ‰ mot nordre påhugg.

Ut i fra tunnellengde på 610 meter og forventet trafikkmengde, ÅDT = 2 500 i år 2037, havner tunnelen ifølge normalene i klasse B, tunnelprofil T9,5. [9]

1.4 GEOTEKNISK KATEGORI

I henhold til NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 "Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering, Del 1: Allmenne regler" og NS-EN 1997-2:2008 "Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering, Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver" [3,4] er konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC) satt til klasse 3.

Tunneler er i utgangspunktet satt i klasse 3. Tunneler kan nedklassifiseres til klasse 2 ved oversiktlige og gode bergforhold. Dette tunnelprosjektet har flere vanskelige partier med dels liten bergoverdekning, fare for vannlekkasjer ved karstfenomener samt mulighet for åpne sprekker ned til tunnelnivået. Dette medfører at det skal benyttes klasse 3 som geoteknisk kategori for dette prosjektet. Detaljundersøkelser kan føre til at deler av tunnelen kan nedklassifiseres til kontrollklasse 2.

Skjema for valg av geoteknisk kategori/konsekvensklasse/pålitelighetsklasse og kontrollform er vist på side 2 i rapporten.

I utvidet prosjekteringskontroll (U) utføres av annet foretak enn det som utførte prosjekteringen, uavhengig prosjekteringskontroll (Geoteknisk kategori 3).

Tabell 1: Krav til kontrolltiltak relatert til Geoteknisk kategori

Kontroll av	Geoteknisk kategori		
	1	2	3
Utførelse	Inspeksjon, enkle kvalitetskontroller, kvalitativ bedømmelse	Grunnens egenskaper, arbeidsrekkefølge, konstruksjonens oppførsel	Tilleggsmålinger der det er aktuelt: - av grunn og grunnvann, - arbeidsrekkefølgen, - materialenes kvalitet, - tegninger, - avvik fra prosjektering - resultat av målinger, - observasj. av miljøforh. - uforutsette hendelser
Grunnforhold	Befaring, registrering av jord og berg som avdekkes ved graving	Kontroll av egenskap til jord og berg i fundamentnivå	Ekstra undersøkelser av jord og berg som kan være viktige for konstruksjonen
Grunnvann	Dokumentert erfaring	Observasjoner/målinger	
Byggeplass	Ikke krav til tidsplan	Utførelsesrekkefølge angis i prosjekteringsrapport	
Overvåkning	Enkel, kvalitativ kontroll	Måling av bevegelser på utvalgte punkter	Måling av bevegelser og analyser av konstruksjon

Rapporten er utført i henhold til geoteknisk kategori 2, tross at det er klasset som klasse 3. Dette på grunn av mangelfull kontroll av parti med lav overdekking. Det forventes dokk (kreves) at den geologiske rapporten til byggeplan skal gjennom rett kontroll for geoteknisk kategori 3.

Det forventes også i og med dette, at undersøkelsene i byggeplanfasen er utført i henhold til fasens forventninger.

1.5 INGENIØRGEOLOGISK KOMPETANSE I BYGGEFASEN

Kompetanse for ansvarlig ingeniørgeolog under byggefasen anbefales minimum 3 års relevant erfaring med tunneloppfølging/bergsikring.

På grunn av tunnelens plassering og kompleksitet anbefales prosjektet bemannet med kontrollingeniører for hvert tunneldriverskift med relevant tunnelerfaring. Minst en av de med formell ingeniørgeologisk utdanning. Disse må som et minimum ha gjennomført etter og videreutdanningskurs ingeniørgeologi ved NTNU. Kompetansen til kontrollingeniører skal godkjennes av ansvarlig ingeniørgeolog. For hver salve skal det gjennomføres byggherrens halvtime med geologisk kartlegging av siste salve, samt beregning av Q-verdi for beslutning av endelig sikringsomfang. Ansvarlig ingeniørgeolog skal påse at det blir utarbeidet ingeniørgeologisk sluttrapport for tunnelprosjektet. Oppfølging og sluttrapport skal rapporteres i Novapoint tunnel.

Personer som utfører geologisk kartlegging på stuff, samt gjennomfører vurdering av permanentsikring må inneha følgende innsikt/kompetanse:

- Erfaring med geologisk kartlegging og kartlegging etter Q-metoden.
- Erfaring med og kjennskap til relevante metoder for bergsikring.
- God kunnskap om innholdet i ingeniørgeologisk rapport til reguleringsplan/byggeplan, samt utførte grunnundersøkelser.
- God kunnskap om innholdet i håndbok 021 og teknologirapport 2538.
- Kjennskap til prosjektets risiko og sårbarhetsanalyse.

2 OVERSIKT GEOLOGISKE OG BERGTEKNISKE FORHOLD

2.1 KVARTÆERGEOLOGI

Terrenget er i henhold til NGU:s løsmassekart (se vedlegg 3, figur 2) preget av bart fjell, stedvis tynt dekke. Befaring over traséen viser på mestedels tynt til middels vegetasjonsdekke. Fra grunnboring [10] varierer løsmasse-mektigheten typisk mellom 3,5 til 5 m. Opp til 7,5 m løsmasser i søkk i terrenget.

2.2 BERGGRUNNEN GENERELT

Fra berggrunns kart utarbeidet av NGU (vedlegg 3, figur 1) er hoved bergartene langs traséen granitt og marmor. Fra befaring påvises berggrunn i form av granitt og kalkspatmarmor samt soner med glimmerskifer, glimmergneis, gneis og amfibolittiske bergarter.

Tunnelen langs traseen går gjennom mestedels marmor samt glimmerskifer med innslag av gneis og marmor. Se Tegning 02.

Skifrihetsplanet er orientert i S-N'lig retning med steilt fall mot Ø og V. Det er ugunstig liten vinkel til tunneltraseen.

Strukturgeologisk er bergartene tolket som omdannede (metamorfoserte), sedimentære og vulkanske bergarter av antatt prekambrisk og kambrosilurisk alder, tilhørende Helgelandsdekkekomplekset foldet og fremskjøvet under den kaledonske fjellskjededannelsen.

2.2.1 Foliasjon/skiffrighet, folding og oppsprekking

På grunn av den kaledonske fjellkjedefoldingen med opptil tre foldefaser er berggrunnen komplekst foldet. Dette er mest tydeligst i sør side av tunnelen med foldning imellom granitten og marmoren.

Hovedretningen av skiffrighetsplanet er orientert S-N'lig retning med steilt fall mot både Ø og V, se sprekkeroser i vedlegg 1. Oppsprekkingen langs skiffrighetsplanet varierer langs tunneltraseen, men er mer oppsprukken i granitten hjemført med marmoren sett i dagen.

Det mest dominerende sprekkesettet er orientert Ø-V'lig retning med steilt fall mot N. Sprekkene i dette sprekkesettet er karakterisert som gjennomgående med typisk sprekkeavstand varierende mellom 0,5-1,0 meter.

Det tredje sprekkesettet er den subhorisontale sprekken som kan antas finnes i de øvre meterne av fjellet mot dagen. Dette sprekkesettet har varierende strøk med slakt fall på 10-20 grader. Sprekkeavstanden varierer og avtar normalt med dybde.

2.2.2 Svakhetssoner i berggrunnen

Svakhetssoner i berggrunnen sees vanligst som lineament, markert søkk eller daler i terrenget.

For det aktuelle området er det påvist 6 svakhetssoner benevnt «a» til «f» der 5 av disse (a, b, c, d og f) krysser tunnelen. Se tegning 02 og foto 2. Dette er svakhetssoner som er observert fra både kart og befaring og har mektighet mellom 5-20 meter.

Svakhetssonene a, e og c følger skiffrigheten i berget som er orientering i en S-N'lig retning. Svakhetssonene b, c og d ligger tvers imot tunnelen med orientering Ø-V'lig retning. Alle er antatt å ha steilt fall.

Beskrivning av svakhetssonene:

Svakhetszone A framstår som et søkk i terrenget med forventet mektighet på 5-10 meter. Svakhetssonen forventes å krysse tunnelen i nærheten av søndre påhugg ved profil 6 850. Denne går langs overgangen mellom glimmerskifer i vest og marmor i øst.

Svakhetszone B framstår i oversiktskart som en forkastning, er ikke observert i terrenget. Forventes å ha en mektighet på 5-20 meter. Svakhetssonen forventes å krysse tunnelen ved profil 7 050.

Svakhetszone C danner sammen med *svakhetszone D* en større depresjon i terrenget. Er trolig mest utviklet langs linje C. Depresjonen befinner seg mellom profil 7 110 og 7 230. Overdekkingen i området er mellom 4-5 meter.

Svakhetszone E framstår som et søkk i terrenget med forventet mektighet på 5-10 meter. Svakhetssonen forventes ikke å krysse tunnelen. Befinner seg 10 meter vest om profil 7 300. Sonen kan komme inn i tunnelen dersom den endrer strøk eller fall mot dypet.

Svakhetszone F framstår som en tydelig større kontinuerlig sprekk i terrenget, det forventes en mektighet på 2-3 meter. Svakhetssonen forventes å krysse tunnelen i nærheten av nordre påhugg ved profil 7 440. Denne går som svakhetszone A, langs overgangen mellom glimmerskifer i vest og marmor i øst.

Et potensielt svakhetszone, er en bekk som renner fra vest, se kapittel 4.

Det er observert langsgående søkk i terrenget i kalksteinen. Disse er til dels overdekket med mose/torvlag på 0,5 meter. Fra begrensede overflateobservasjoner kan det se ut som om dette er blokker som har sunket inn med opptil 1 – 2 meter. Dersom dette er riktig kan det være åpne sprekker som kan gå ned til tunnelnivået. Dette må undersøkes nærmere.

3 BERGTRYKK

Det er ikke utført bergspenningsmålinger i området. Vurderinger knyttet til bergtrykk er basert på topografiske forhold. Høye horisontalspenninger er ikke uvanlige i Grane området. Tunnelen er planlagt å gå igjennom to åser med en topp på 314 m.o.h. ~ 1 km vest om tunnelen. Tunnelsålen befinner seg 98-105 m.o.h.

Tunnelene er planlagt med en overdekning i størrelsesorden 1 til 30 m, typisk 15 m overdekning. Det er godt om sidefjell langs tunneltraseen og det forventes gunstig innspenning av fjellet. Dette utelukker ikke at store horisontale bergtrykk kan opptre. Dette må videreføres i prosjektet, og håndteres i kontrakts-/byggefasen dersom problemer skulle oppstå.

Ved påhuggene kan det forventes større horisontal spenninger på grunn av lav overdekning. I midten av tunnelen er det parti med relativt lav overdekning (1-5 meter som lavest) og dette kan gi ugunstig fordeling av bergspenninger i fjellet, som i sin tur gir ugunstige spenningsforhold. Begge disse fallene skal avspeiles i beregning av Q-systemet.

4 HYDROGEOLOGI – VANNFORHOLDENE

Over tunnelen i sør side går det en bekk som kommer ned fra vest og følger traséen parallelt mellom profil 7 050 til 7 090 med en avstand fra senterlinjen på 14 meter. Se foto 4, 5 og 8. Også tegnet ut i tegning 02.

Lekkasjer i tunnelen forventes som spredt drypp og mindre punktlekkasjer i sammenheng med sprekker og svakhetssoner, samt i påhuggområdene. Vannføring i forbindelse med karstkanaler kan ikke utelukkes, der berggrunnen er kalkholdig. I midt sonen kring profil 7 150 til 7 200 er det lav overdekning med en dal i dagen som kan bidra med vannføring via sprekker i fjellet.

Det forventes noe vannlekkasje i forbindelse med mye nedbør og ved snøsmelting gjennom hele tunnelen.

5 INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER

5.1 BERGMASSEKVALITET

Hovedbergartene langs tunneltraseen er kalkspatmarmor og glimmerskifer med innslag av granitt. Bergartene er beskrevet i henhold til boring, sprengning og bruk til veibygging:

- Marmor er lett å bore i og er rimelig lett sprengt, har gott nok holdbarhet for bruk til anleggsvei men kan ikke brukes til ferdig vei, spesielt då den er oren med innslag av glimmer.
- Granitt er hardt å bore i og lett sprengt, kan brukes både til anleggsvei og til ferdig vei (prøver av steinkvalitet må tas).
- Gneis/glimmergneis er middels hardt å bore i og middels lett sprengt, kan brukes til anleggsvei og eventuelt til ferdig vei (prøver av steinkvalitet bør tas).

- Glimmerskifer er lett å bore i men tung sprengt, kan brukes til anleggsvei men er ikke passende til ferdig vei.

I overganger kan det oppstå varierende berg og mineral innhold, dette kan påvirke driften. Samme gjelder for svakhetssonene.

I sørsida av tunnelen er det stor variasjon mellom bergartene i og med foldning av berget, se tegning 02. Dette gjør det vanskelig å klargjøre grensene mellom bergartene, spesielt i dybden. Nordside er mindre foldet med mer stabile forhold, grensene er mer tydelige.

Foliasjonen av berget har liten vinkel mot tunnelen og går ganske parallelt med tunneltraseen. På grunn av liten vinkel mellom skifrihetsplanet og tunneltraseen kan det forventes boreavvik og korrigerende tiltak må gjennomføres. Det kan forventes ganske rette vegger i og med foliasjonenes parallelle retning og steile fall.

De plasser der det er lav overdekning (< 10 m) forventes det å være 3 sprekkesett og det kan forventes blokkete berg med bolt som hovedsakelig sikringsmetode. I øvrig forventes det 2 sprekkesett med små utfall.

5.2 SVAKHETSSONER

Svakhetssonene (a) og (f) følger foliasjonen som er nærmest parallell med tunnelretningen samt befinner seg i overgangen mellom to bergarter. Svakhetsone (a) har også en middels lav overdekning på 20 m og det anbefales bruk av sonder boring minst 15 meter før svakhetssonene.

Det antas at bergmassen kring sonene a, b, c, d og f består av bergklasse D/E og må sikres i sikringsklasse III/IV. Det kan eventuelt være aktuelt med forbolter og armerte sprøytebetongbuer i tillegg til systematisk bolting og tykkere sprøytebetong.

Korte salvelengder inn mot svakhetssoner og eventuell oppdelt tverrsnitt kan være nødvendig.

5.3 SØNDRE PÅHUGG

Søndre påhugg er planlagt ved ~ profil 6 800 i slak skråning mot nord, se tegningene 4 og 5. Her er bergoverdekningen kring 4-5 meter, i tillegg til ~ 1 m torvlag/faste masser.

Veglinjen er planlagt normalt på skråningen. Fra påhugget stiger terrenget slakt med snitt helning på 30° mot nord til 20 m overdekning ved profil 6 860. Tunneltraseen stiger ved påhugget med 5,1 ‰ mot nord.

Terrengoverflaten er tynt vegetasjonsdekt med få bergblottinger. Fjellkontrollboringer før påhugget ved pel 6 775 viser på løsmasse-mektigheter kring 4 meter. Løsmasse-mektigheten antas å minke nærmere påhugget.

Det forventes å bli en ~ 70 meter lang forskjæring mellom profil 6 730 og påhugget ved profil 6 800.

5.4 NORDRE PÅHUGG

Nordre påhugg er planlagt ved ~profil 7 475 i bergskråningen, se foto 10 og tegningene 6 og 7. Her er bergoverdekningen kring 6 meter, i tillegg til ~ 0,5 m torvlag/faste masser.

Veglinjen er planlagt normalt på skråning. Fra påhugget stiger terrenget steilt med snitt helning på 50° mot sør til 35 m overdekning ved profil 7 450. Tunneltraseen stiger ved påhugget med 10,6 ‰ mot sør.,0

Terrengoverflaten er tynt vegetasjonsdekt med en del større blokk leggende i naturlige paller i terrenget. En hel del bergblottinger av marmor. Fjellkontrollboring ved profil 7 440 viser på løsmasse-mektigheter kring 5 meter. Dette ligger oppe på fjellet og sier ikke mye om fjelloverdekningen i skråningen.

Det forventes å bli en ~ 15 meter lang forskjæring mellom profil 7 490 og påhugget ved profil 7 475.

5.5 DALFORMASJON PEL 7 120 – 7 230

Mellom profil 7 120 og 7 230 passerer tunnelen under en dal. Denne dalformasjon ses som flere svakhetssoner. SVV har utført grunnboringer i området, fra disse forventes en bergmasseoverdekning mellom 4-10 meter. Tunnelen går i dette området gjennom kalkspatmarmor, som kan bidra med karstdannelse. Det er forventet mer vannlekkasje forbi området. Straks østre om tunneltrase går det en åre av antatt glimmerskifer, se tegning 02. Denne kan komme og krysse tunnelen i området. Terrenget stiger med omtrent 10 grader mot vest medens den synker med omtrent 30 grader mot øst, se tverrprofiler i vedlegg 5.

Det er laget en tverrdatakart fra boringer. I denne er det laget rake strek mellom de boringer som er utført. Over dette området bør det lages mer detaljert fjellkotekart på grunn lag av blotninger og grunnboringer. Det vill gi et bedre grunnlag for å styre seismikk og eventuelt nye boringer.

Kompletterende boringer vart utført av innleid konsulent i høsten 2012/våren 2013. Fra geoteknisk rapport [10] er det forventet en bergoverdekning under 5 meter mellom pel 7130-7190. Dette partiet forventes det å støpe inn, så at det fortsatt skapes en tunnel. Spesielt for partiet mellom 7160-7170 der det er tilnærmet 0 meter bergoverdekning. Åpen byggegrop med støpt tunnel, kan bli aktuelt. Alternativt må det vurderes å flytte tunneltrase mer vesterut.

Under byggeplanfase skal det utføres seismikk, samt eventuelle ekstra boringer for å bestemme omfanget bedre.

5.6 RYSTELSER

For å unngå skade på byggverk beregnes rystelseskraav angitt som toppverdien av vertikal svingehastighet, målt i mm/s. Veiledende grenseverdier for vertikal svingehastighet beregnes ut i fra NS8141 [5]. Denne er under revisjon. Ny versjon må benyttes når denne foreligger.

Tunnelen er planlagt vest om tettstedet Trofors. Den nærmeste bygningen til tunnelen som finner er en glassfabrikk øst om tunnelen med nærmest avstand på 135 m. Det er også en kulvert for jernbane som ligger 120 meter ifra påhugget i nord.

Under arbeid med byggeplan bør det gjennomføres beregning av rystelseskrav i henhold til standarden for bygg og relevante konstruksjoner innenfor en korridor på 200 m langs tunneltraseen. Dette inkluderer då glassfabrikken og kulverten til jernbanen.

For en bolig fundamentert på berg vil rystelseskravet typisk ligge mellom 35 og 50 mm/s.

6 SIKRINGSARBEIDE

Det forventes behov for fiberarmert sprøytebetong og spredt og systematisk bolting gjennom hele tunnelen. I tillegg kan det bli behov for forbolting (spiling) og eventuelt armerte sprøytebetongbuer i påhuggene og langs svakhetssonene.

I nye håndbok 021 Vegtunneler (mars 2010), [9], er det innført sikringsklasser, I-VI. I tabell 2 vises overslag over forventet sikringsmengder i tunnelen. Under driving av tunnelen skal bergmassen kartlegges på stuff, som grunnlag for å fastslå det endelige sikringsomfanget. Det understrekes at klassifiseringen i tabell 2 er en tolkning basert på eksisterende grunnlag.

På grunn av eventuell dårlig bergkvalitet i antatte svakhetssoner, kan det ikke utelukkes at salva må deles opp.

Tabell 2: Antatt bergsikring fordelt på sikringsklasser ihht tabell 7.1 side 73 i håndbok 021 2010 [9]

Q-verdi	BMK		SK	Sikringsmetode og antatt omfang	Sikrings-mengde pr lm tunnel	Antatt meter i tunnelen	Antatt % fordeling av tunnelen
10-100	A/B	God	I	3 m bolt, ø20 mm, gyste, spredt bolting antatt c/c 2,5 m 8 cm sprøytebetong E700 til 2 m over såle	3 stk 2 m ³	410	61 %
4-10	C	Middels	II	3 m bolt, ø20 mm, gyste 8 cm sprøytebetong E700 helt ned	4 stk 3 m ³	90	13 %
1-4	D	Dårlig	III	4 m bolt, ø20 mm, gyste 10 cm sprøytebetong E1000 helt ned	7 stk 3,3 m ³	115	17 %
0,1-1	E	Svært dårlig	IV	4 m bolt, ø20 mm, gyste 15 cm sprøytebetong E1000 helt ned	8 stk 5 m ³	60	9 %

Merknad: Oppgitte antatte Q-verdier er basert på kartlegging i overflate, og den vil stedvis variere.

En beregning ut ifra klassifiseringen i tabell 2 gir følgende sikringsestimat for tunnelen:

- 1 590 stk 3 m lange Ø 20 mm radielle bergbolter, gyste
- 1 285 stk 4 m lange Ø 20 mm radielle bergbolter, gyste
- 1 090 m³ E700 fiberarmert sprøytebetong
- 680 m³ E1000 fiberarmert sprøytebetong

I tillegg anslås behov for sikring av forskjæring og påhuggflater:

- 90 stk 3 m lange Ø 20 mm bergbolter
- 40 stk 4 m lange Ø 20 mm bergbolter
- 80 stk 6 m lange Ø 32 mm forbolter

Forbi dalformasjon er det forventet ekstra sikring i tillegg til tabell 2:

- 20 stk armerte sprøytebetongbuer
- 20 raster á 6 stk Sonderborings hull*

- Eventuell full utstøping over en lengde på 60 meter.

Estimert portallengde (må detalj vurderes på byggeplan):

- Søndre påhugg: 10 m frittstående del + 2 m kontaktstøpt del
- Nordre påhugg: 10 m frittstående del + 2 m kontaktstøpt del

Det forventes ikke behov for injeksjon under driving.

*Regnet med 20 meter lange sonderhull, skrånet oppover i heng. 10 meter mellom var omgang av raster. Under forutsetning at det ikke er store bergmasse problemer. Hvis bergmassen blir svært dårlig skal geolog vurdere ekstra sonderhull, eventuelt oftere sonderboring.

7 VANN- OG FROSTSIKRING

Liten til middels overdekning i størrelsesorden 5-49 m gjør at det må påregnes mindre lekkasjer/vanndrypp i tunnelen ved nedbør/snøsmelting. Det kan forventes større vannlekkasjer når tunnelen går under en bekk ved profil 7 110.

For hele tunnelen forventes det vann- og frostsikring. Terrenget heller fra vest til øst over tunnelen, og en del forsenkninger vil føre med vann.

Fra håndbok 163 "Vann- og frostsikring i tunneler" [8] finner man frostmengden og årsmiddeltemperatur i Grane kommune. Den planlagte tunnelen ligger i innlandsklima. Fra figur 4.1 i håndbok 163, avleses krav til isolasjon, U-verdi i yttersonene til tunnelen. Tunnelen er så kort at det forventes frost gjennom hele tunnelen.

Tabell 3: Dimensjoneringsgrunnlag frostsikring

Parameter	Verdi
Frostmengde i Grane Kommune	$F_{10} = 28\ 000$
Årsmiddeltemperatur Grane Kommune	2,5 °C
Høyde over havet Trofors	ca 80 m.o.h.
Høydeforsjell mellom tunnel og Trofors	< 30 m
Krav til U-verdi	0,5

Ved bruk av PE-skum som vann- og frostsikring brannsikret med 80 mm sprøytebetong gir dette PE-skumtykkelse minimum 50 mm i hele tunnelen.

Det skal benyttes en nedre føringskant av betong, minimum høyde skal være 0,9 m over skulder.

Tabell 4: Sikringsprognose vann-/frostsikring

Sikring	Enhet	Antall
PE-skum 1)	m ²	10 370
Brannsikring med sprøytebetong	m ³	830

Merknad:

1. Det er beregnet at PE-skummet monteres i normalprofilet og platene avsluttes ved føringskanten ~ 1 m over vegnivå. Lengde 17 m.

Det gjøres spesielt oppmerksom på frostsikring av vegfundamentet, jfr 021 pkt 9 [9], da frostmengden i tunnelen antas > 10 000.

8 FORSLAG TIL VIDERE UNDERSØKELSER

Geologisk kartlegging

Det bør gjennomføres mer grundige befaringer og undersøkelser kring noterte svakhetssoner til byggeplanen/konkurransegrunnlaget. Mer undersøkelser kring dalformasjon.

Geoteknikk, kontrollboring

Fler kontrollboringer bør tas kring begge påhuggene for at få et bedre bilde over plassering av påhugg. Fler kontrollboringer i partiet mellom åsene, profil 7 120 til 7 230 der det er lav overdekning.

Seismikk- og resistivitetsmålinger

Seismikk- og resistivitetsmålinger over traséen med fokus over svakhetssoner for bedre forståelse av forløp og størrelse. Målinger over dalformasjon.

Rystelseskrav for bygg innom 200 m fra tunnel

Kontrollere og vurdere bygninger innom en avstand på 200 m fra tunnel. Her inkluderes glass fabrikken (135 m) og jernbanekulverten (120 m).

9 HMS – FORHOLD

Det er ikke påvist spesielle forhold som skulle fravike fra konvensjonell tunneldrift. Nedenfor følger en del forhold som likevel kommenteres. Listen er ikke uttømmende.

Terrenget over søndre påhugg er bare 50 meter ifra svakhetssone a og kan være oppsprukket i viss grad. Det bør legges vikt på at sikre dette påhugget godt nok i forkant for at unngå ras.

Terrenget over nordre påhugg er preget av skrenter med middels fall og tynt vegetasjonsdekke, det kan forventes noe skredfare i form av steinsprang. Vurdering av sikring før start av tunnel på denne side bør gjøres. Portal må planlegges i tilstrekkelig lengde for å håndtere steinsprangfare.

Større sikkerhetstiltak må tas i bruk når det skal drives tunnel forbi dalformasjon. Sonderboring og delt salve må vurderes under driving.

10 REFERANSER / EKSISTERENDE INFORMASJON

1. Norges Geologiske undersøkelse (1981): Berggrunnskart 1:250 000. Mosjøen
2. Norges Geologiske undersøkelse: Kwartærgeologisk kart fra NGU.no
3. Norsk standard (2008): NS:EN 1997-1+NA:2008: Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler.
4. Norsk standard (2008): NS:EN 1997-2+NA:2008: Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver.
5. NS 8141, «Vibrasjoner og støt. Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk.» 2.utgave juni 2001
6. Statens Vegvesen (des.1994): Ingeniørgeologisk rapport E6 – 01/02 Brattåsen – Lien, Omlegging forbi Trofors
7. Statens vegvesen (1999): Fjellbolting. Håndbok 215
8. Statens vegvesen (2006): Vann- og frostsikring i tunneler. Håndbok 163
9. Statens vegvesen (2010): Vegtunneler. Håndbok 021
10. Oversendelse av geoteknisk datarapport for E6 Brattåsen – Lien. Sveisnummer 2010231837-55



Foto 1. Tunnel planlagt vest om Trofors. Fra finn.no 3D. - - - - - = Tunneltrasé.



Foto 2. Svakhetssoner over tunneltrasé. Kartlagte fra både kart og befarings.

FOTO		Geo 50698-2
E6-01/02 Tunnel vest om Trofors		Foto
Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen		



Foto 3. 0648 Lineament (a), profil 6 830. Bilde tatt mot N



Foto 4. 0704 Bekk 40 meter vest om profil 7 030. Bilde tatt mot SV.

FOTO		Geo 50698-2
E6-01/02 Tunnel vest om Trofors		Foto
Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen		



Foto 5: 0587 Bekk går ned under fjellet vest om profil 7 050. Bilde tatt mot N.



Foto 6. 0713 Granitt rygg 75 meter vest om profil 7050. Bilde tatt mot V.

FOTO		Geo 50698-2
E6-01/02 Tunnel vest om Trofors		Foto
Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen		



Foto 7. 0596 Foldet kalkspatmarmor med glimmer lamina ved profil 7090. Bilde tatt mot S.



Foto 8: 0730 Grotta 10 meter vest om profil 7 090 med rennende vann. Bilde tatt mot S.

FOTO		Geo 50698-2
E6-01/02 Tunnel vest om Trofors		Foto
Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen		



Foto 9. 0750 Lineament (e), 20 meter vest om profil 7320. Bilde tatt mot N.



Foto 10.0612 Avmarkeret område viser på ca plassering av nordre påhugg, profil 7 475. Bilde tatt mot S.

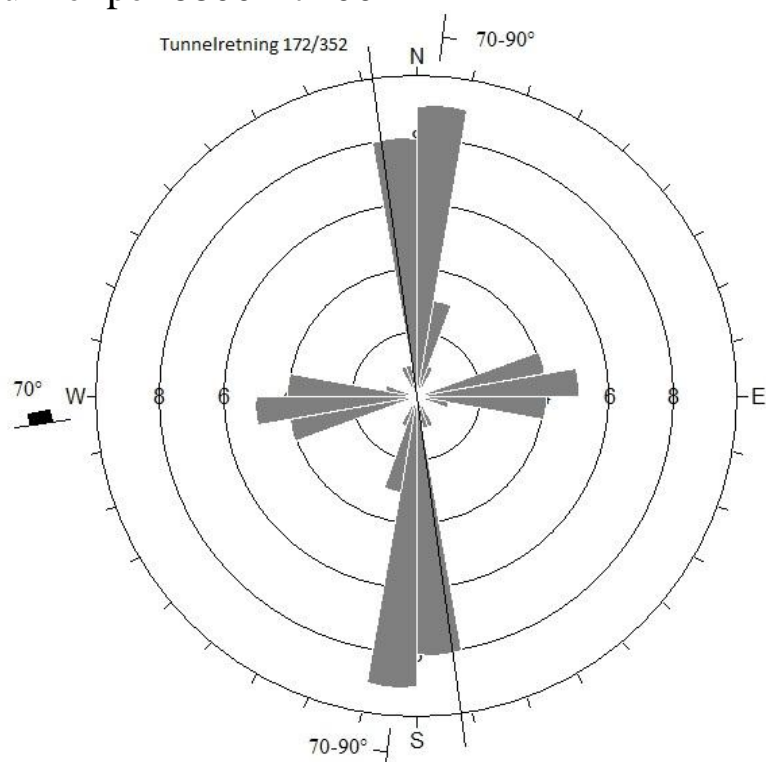
FOTO		Geo 50698-2
E6-01/02 Tunnel vest om Trofors		Foto
Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen		



Foto 11. 0614 Bekk nord om nordre påhugg. Renner fra vest til øst. Bild tatt mot V.

FOTO		Geo 50698-2
E6-01/02 Tunnel vest om Trofors		Foto
Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen		

Tunnel pel 6800 - 7100



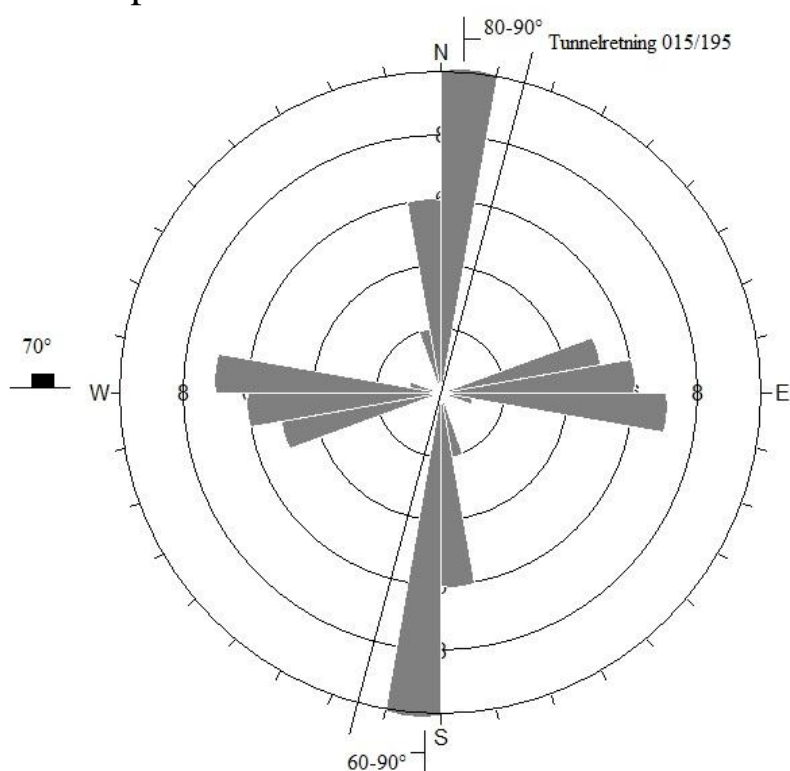
Apparent Strike
10 max planes / arc
at outer circle

Trend / Plunge of
Face Normal = 0, 90
(directed away from viewer)

No Bias Correction

37 Planes Plotted
Within 0 and 90
Degrees of Viewing
Face

Tunnel pel 7100 - 7475



Apparent Strike
10 max planes / arc
at outer circle

Trend / Plunge of
Face Normal = 0, 90
(directed away from viewer)

No Bias Correction

38 Planes Plotted
Within 0 and 90
Degrees of Viewing
Face

Sprekkeroser: Alle sprekker inklusive foliasjon

E6 Brattåsen – Lien Tunneler

Geo 50698-2

Vedlegg 1

Dato/Sign 06.02.12 Mikael Bergman

Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen

VEDLEGG 2: FORKLARING STRØK/FALL - STEREOGRAFISK PROJEKSJON

Strøk/fall

Strøk-/fallmålinger, ser man langs strøkretningen, faller planet ned til høyre.

Orientering av strøkretning gjøres i grader, dvs. 0° til 360° . Fall angis i grader, dvs. 0° til 90° .

Strøk retning N 65° Ø med fall 70° mot S angis kun: $65^\circ/70^\circ$.

Storsirkel

Skjæringslinje mellom det målte planet og nedre halvkule projisert i ekvatorplanet (papirplanet).

Sprekkerose

Lengden på aksene viser hvor hyppig sprekkene forekommer i de forskjellige sprekkesett, mens bredden angir innen hvilket retningsområde sprekkenes strøk i et bestemt sett varierer.

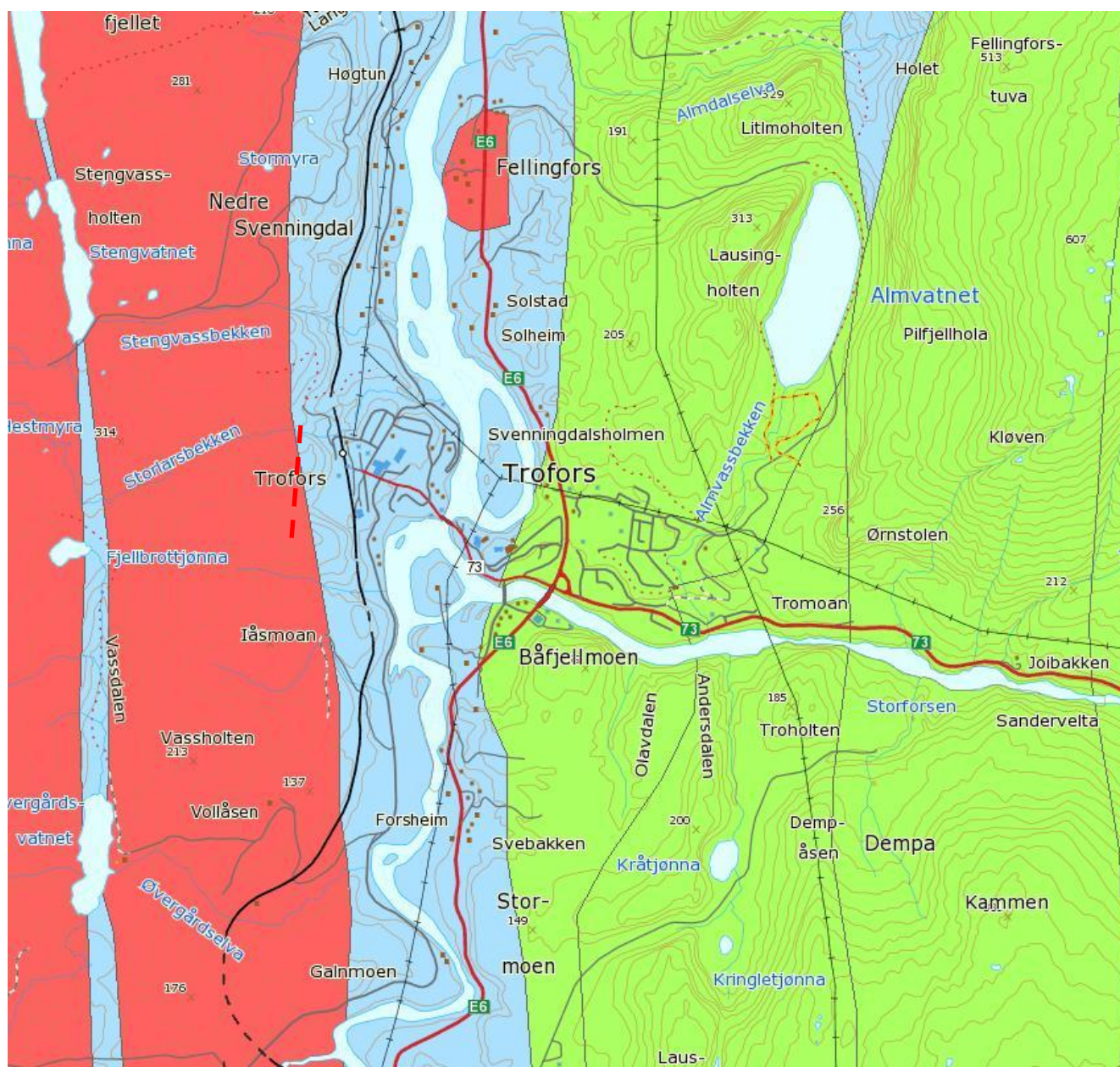
Stereonett

Stereonett er projeksjonen av nedre halvdel av en kuleflate (Schmidt). Resultatene av en slik strøk- og fallmåling gjengis som et punkt i stereonettet. Dette punktet viser det målte plans orientering i rommet.

En kan tenkte seg det målte plan plassert gjennom sentrum av kulen. Planets normal gjennom kulens sentrum skjærer den nedre halvkulens overflate i et punkt som projiseres på ekvatorplanet (papirplanet).

Et plan som ligger vannrett vil ha en normal som står loddrett og projiseres i stereonettets sentrum.

Et plan som står loddrett vil ha en normal som skjærer kuleflaten ved ekvator og dermed ligge i sirkellinjen på stereonettet.

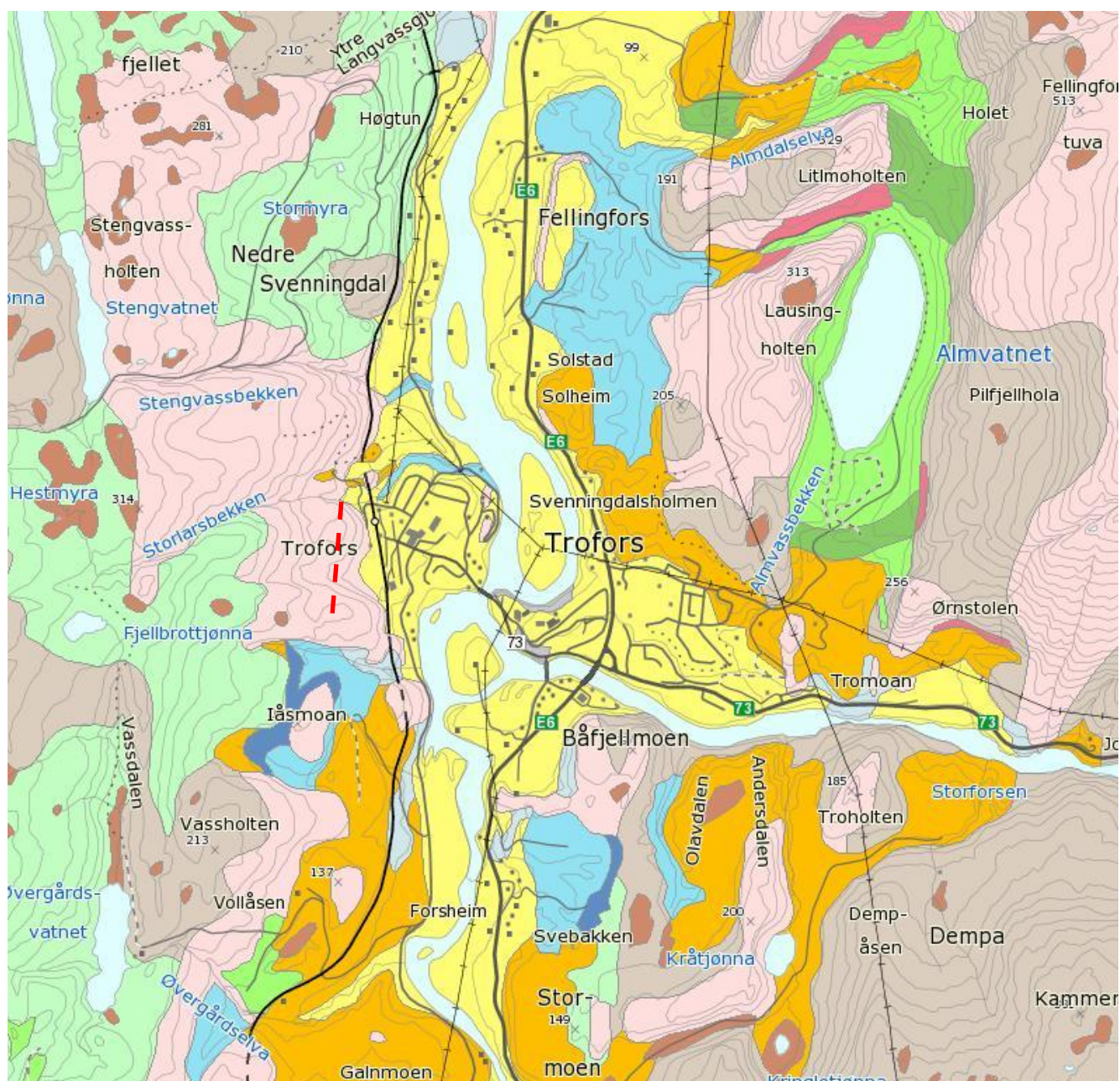


Figur 1: Kartutsnitt berggrunnskart: Fra NGU.no. - - - - - = Tunneltrasè

Bergart

- = Kalkstein, dolomitt
- = Granitt, granodioritt
- = Glimmergneis, glimmerskifer, metasandstein, amfibolitt

Berggrunnskart		Geo 50698-2
E6-01/02 Brattåsen - Lien		Vedlegg 3. Side 1 av 2.
Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen		



Figur 2. Kartutsnitt løsmasskart. Fra NGU.no. - - - - - = Tunneltrasé.

Løsmasser

(forenklet tegnforklaring)

Tynn morene

Tykk morene

Randmorene

Breelavsetning

Bresjø-/innsjøavsetning

Tynn hav-/strandavsetning

Tykk havavsetning

Marin strandavsetning,

Elveavsetning

Vindavsetning

Forvittringsmateriale

Skredmateriale

Steinbreavsetning

Torv og myr

Tynt humus-/torvdekke

Fyllmasse

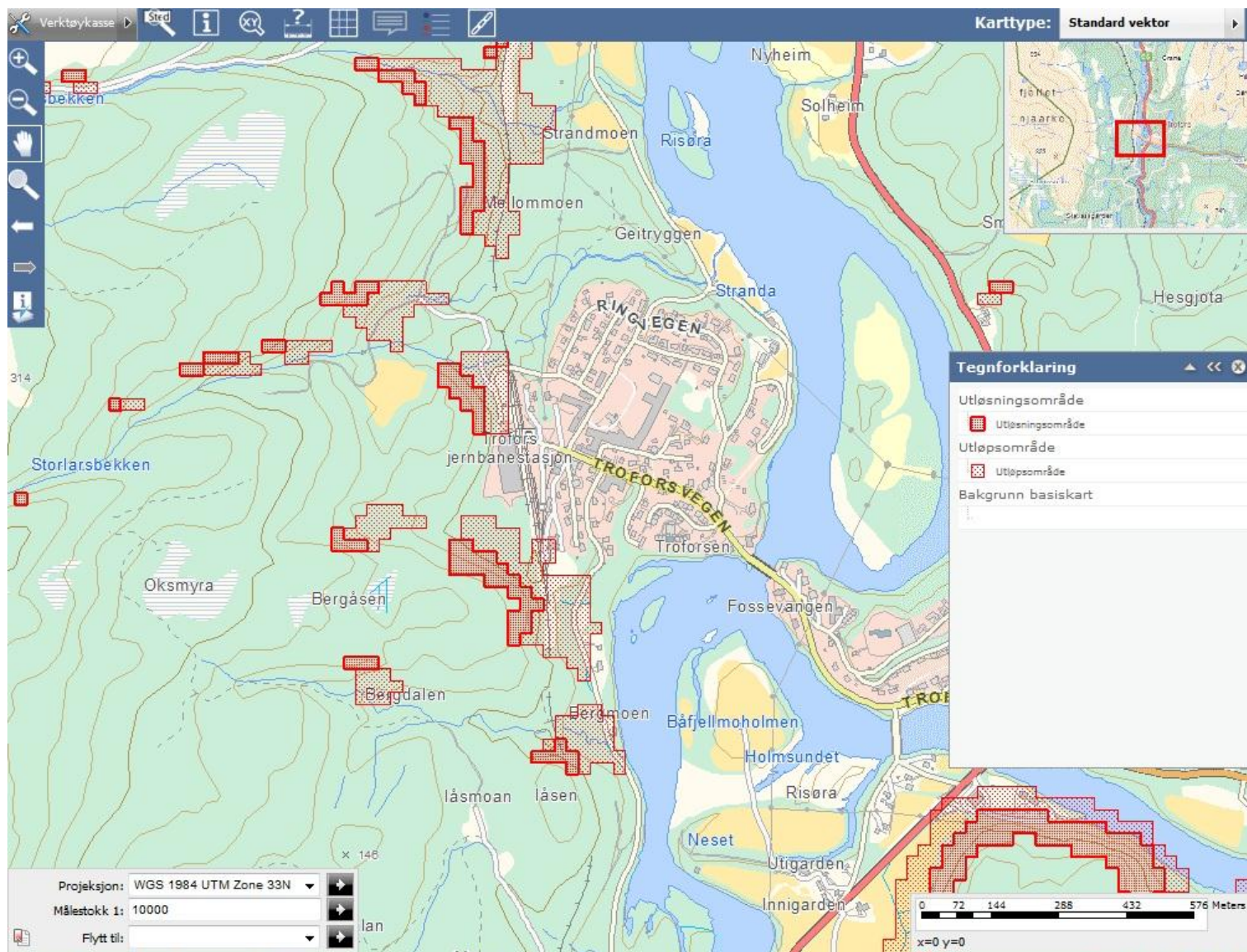
Bart fjell, stedvis tynt dekke

Løsmassekart

E6-01/02 Brattåsen - Lien

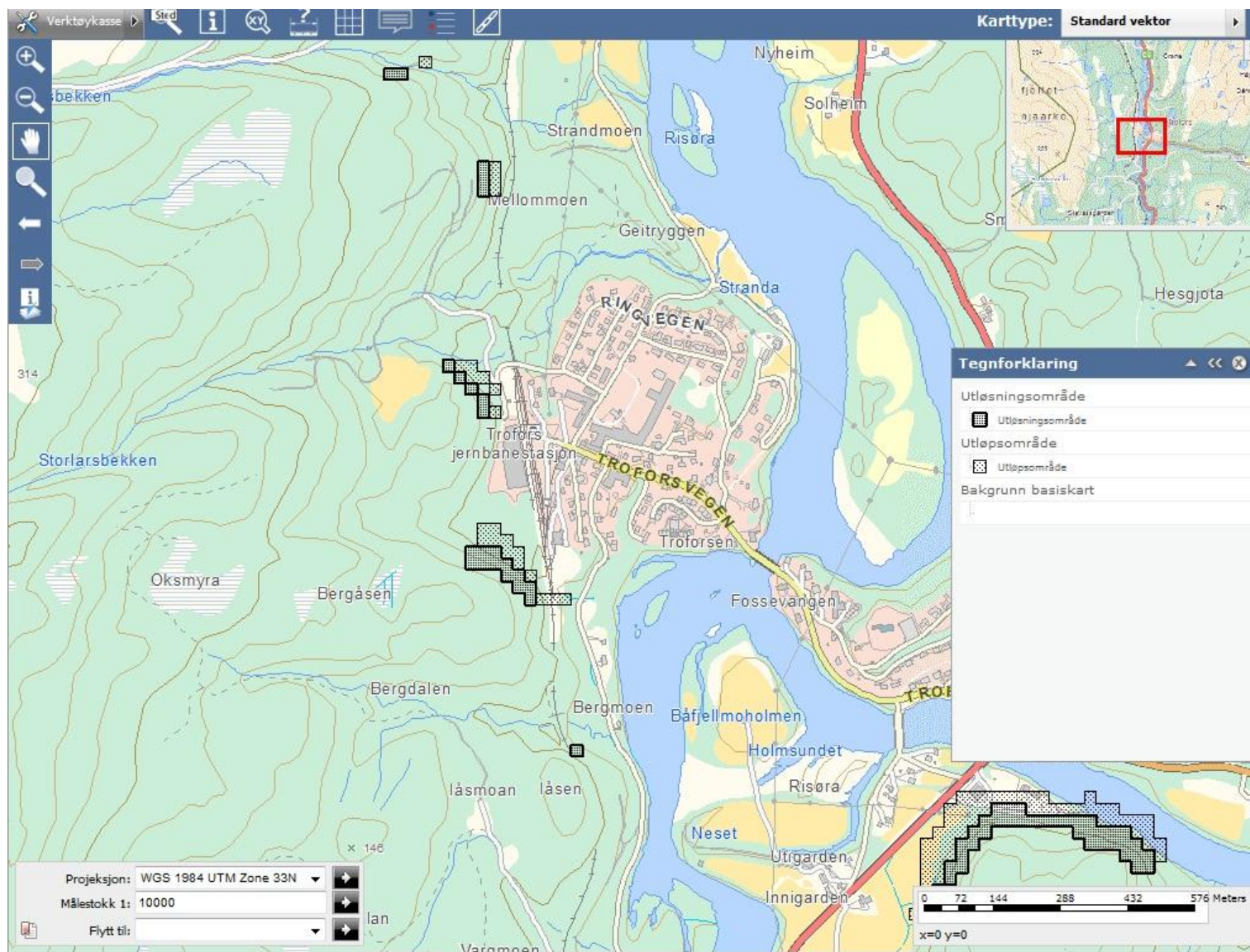
Geo 50698-2

Vedlegg 3. Side 2 av 2.



Figur 1: Snøskreds kart fra Skrednett.no

Snøskred- og steinsprangskart		Geo 50698-2
E6 Brattåsen - Lien		Vedlegg 4. Side 1 av 2.
Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen		

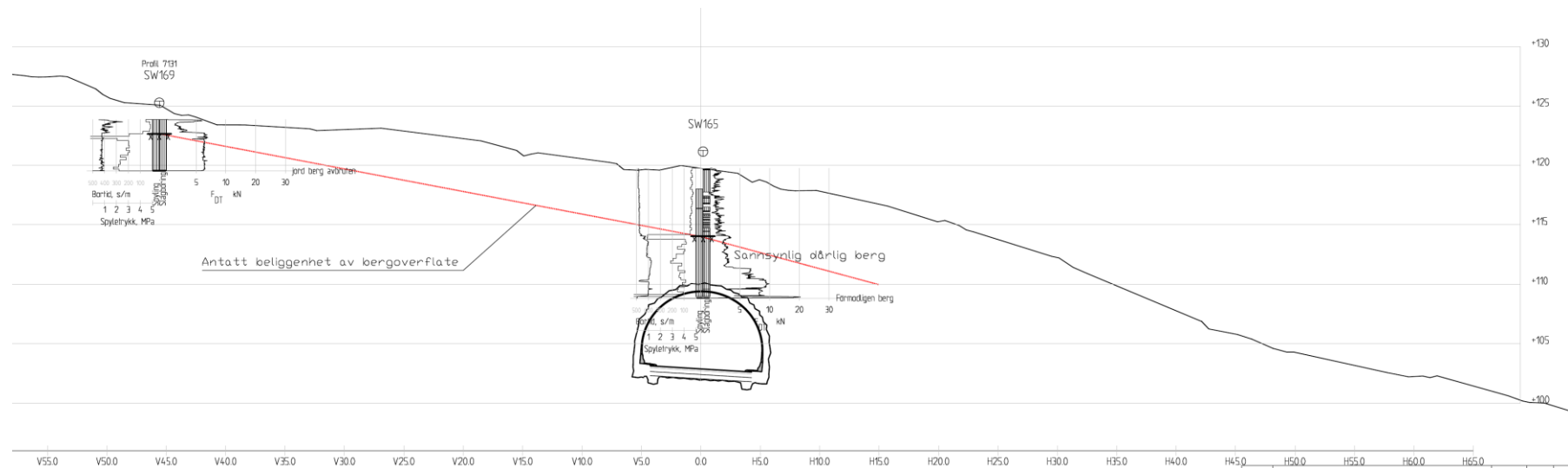


Figur 2. Steinsprangs kart fra skrednett.no

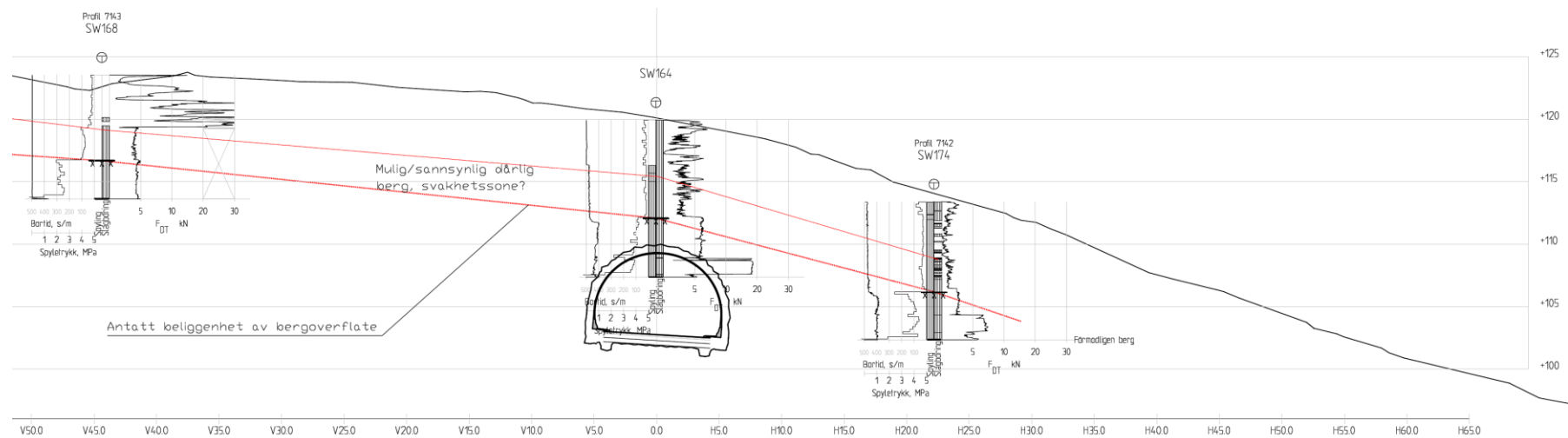
Snøskred- og steinsprangskart		Geo 50698-2
E6 Brattåsen - Lien		Vedlegg 4. Side 2 av 2.
Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen		



Grunnboring over dalformasjon		Geo 50698-2
E6 Brattåsen – Lien		Vedlegg 5
Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen		

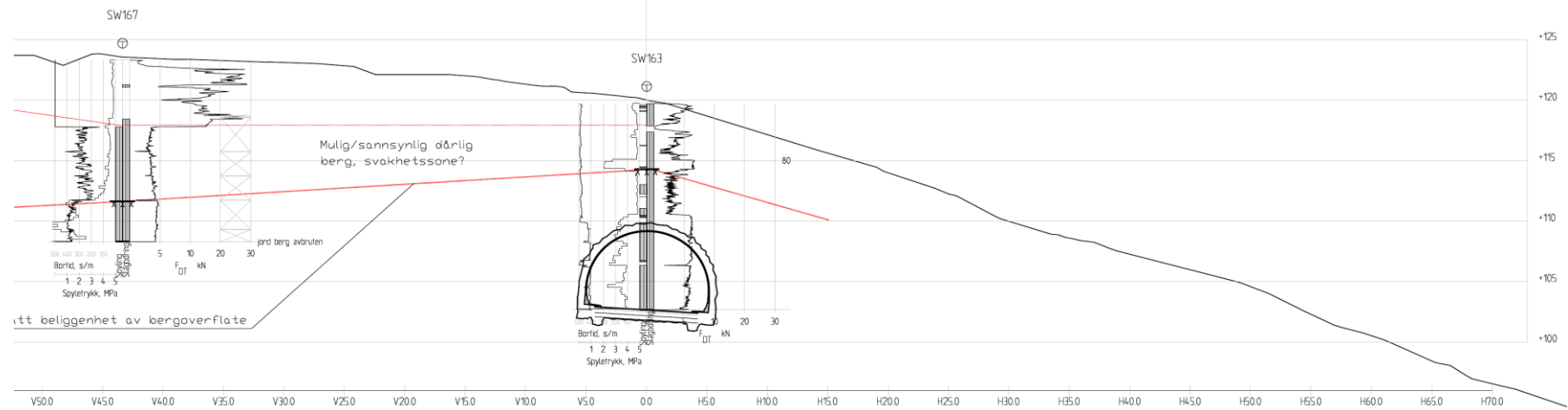


Pel 7130

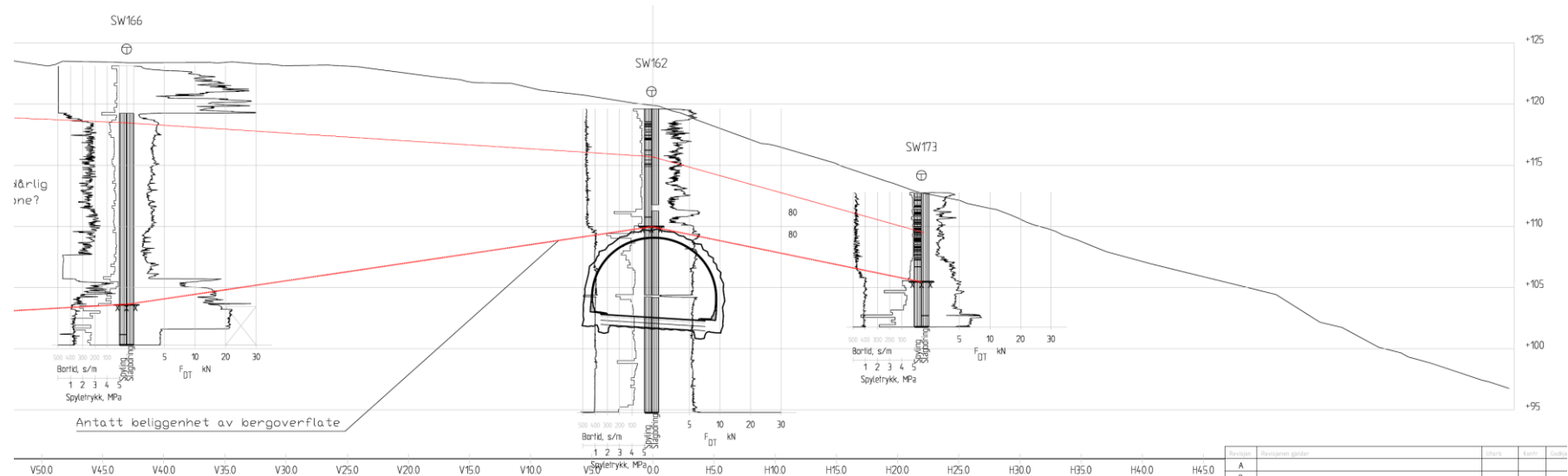


Pel 7140

Tverrprofiler 7130 til 7180		Geo 50698-2
E6 Brattåsen – Lien		Vedlegg 6. Side 1 av 3.
Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen		



Pel 7150



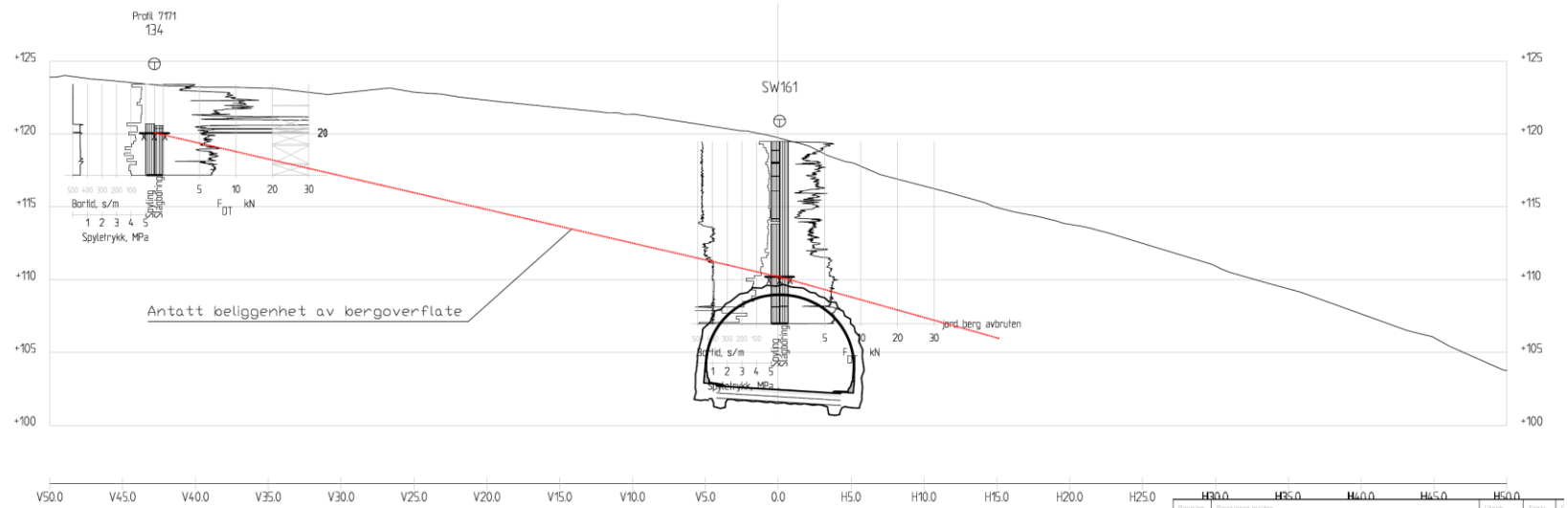
Pel 7160

Tverrprofiler 7130 til 7180

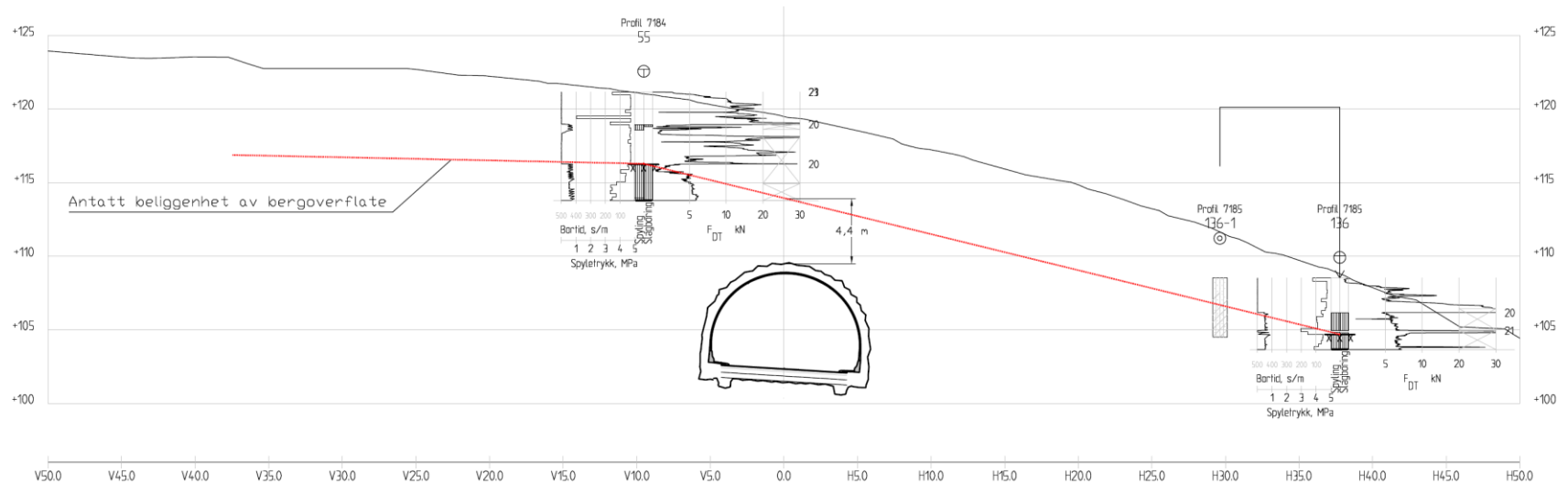
E6 Brattåsen – Lien

Geo 50698-2

Vedlegg 6. Side 2 av 3.



Pel 7170



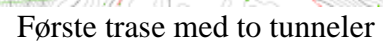
Pel 7180

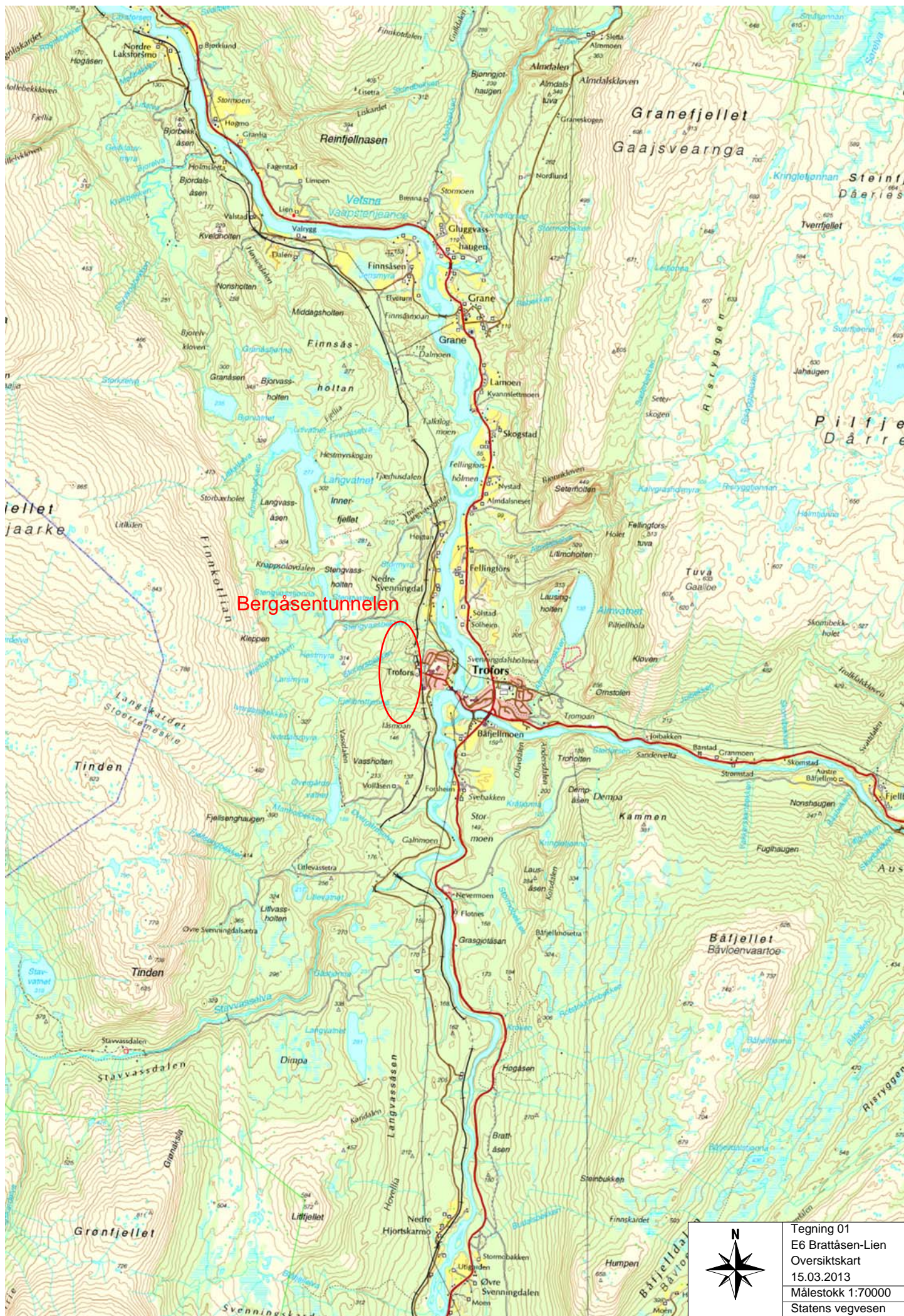
Tverrprofiler 7130 til 7180

E6 Brattåsen – Lien

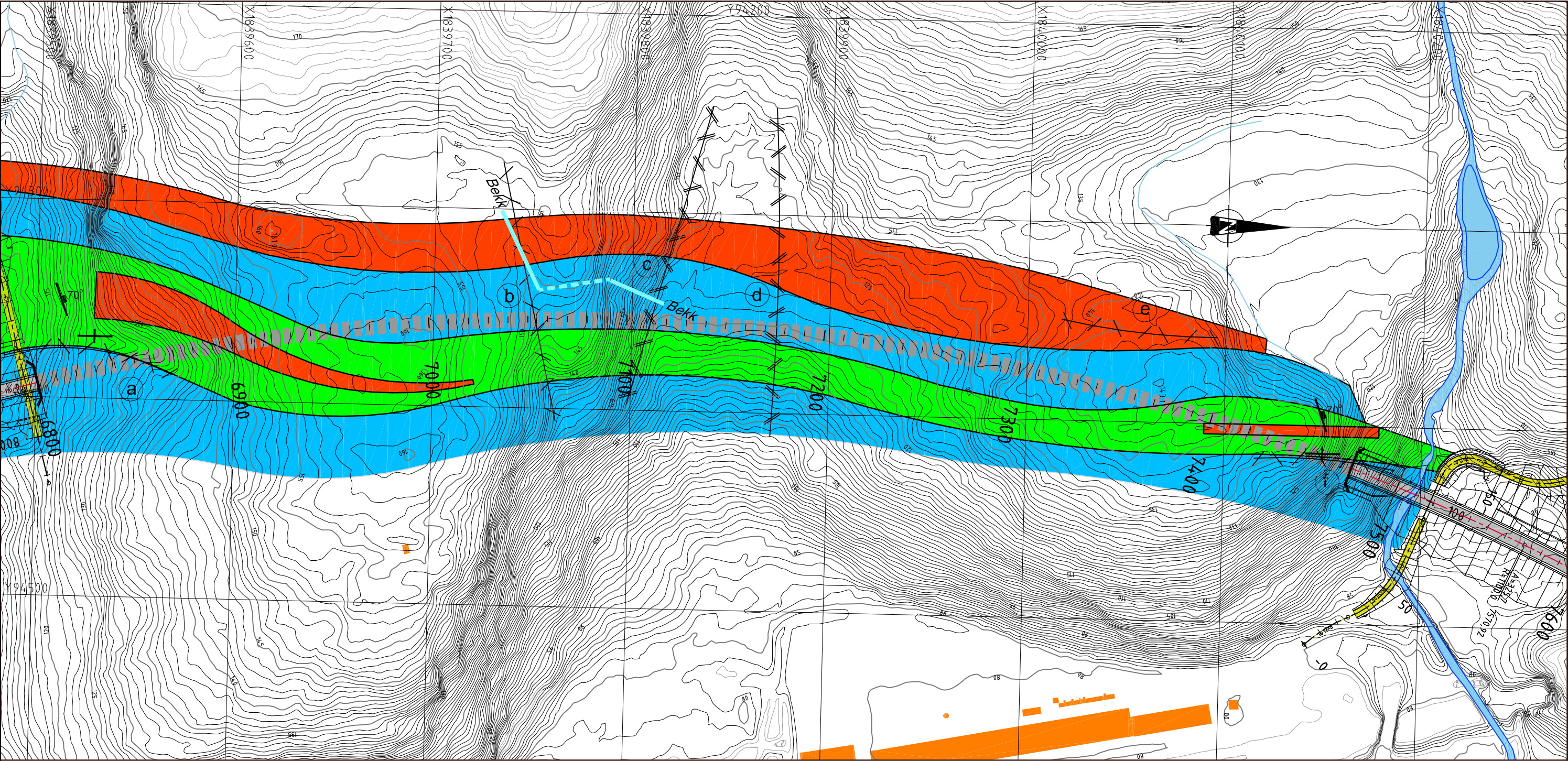
Geo 50698-2

Vedlegg 6. Side 3 av 3.





Tegning 01
E6 Brattåsen-Lien
Oversiktskart
15.03.2013
Målestokk 1:70000
Statens vegvesen



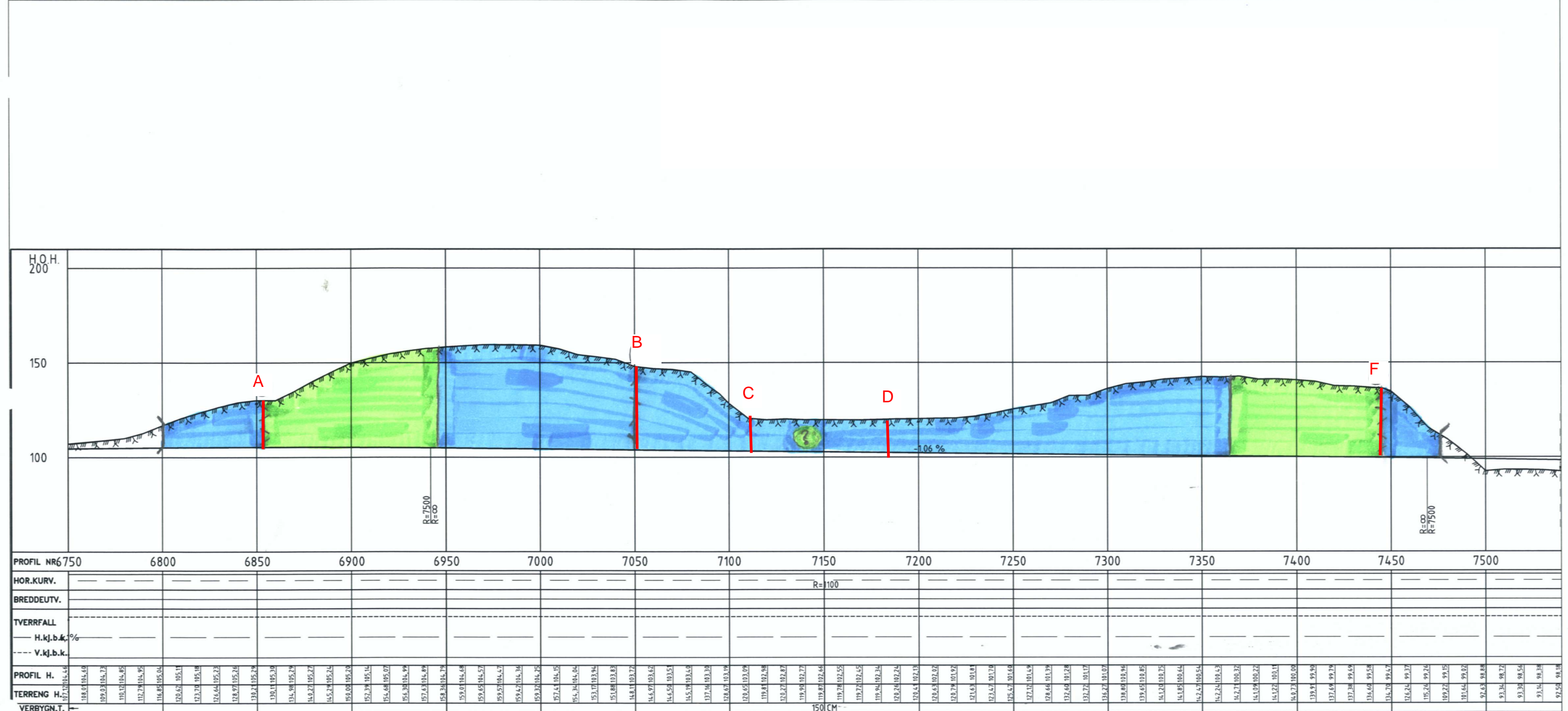
Svakhetssoner forventes å krysse tunnelen ved:

- a pel 6850
- b pel 7050
- c pel 7110
- d pel 7180
- f pel 7440

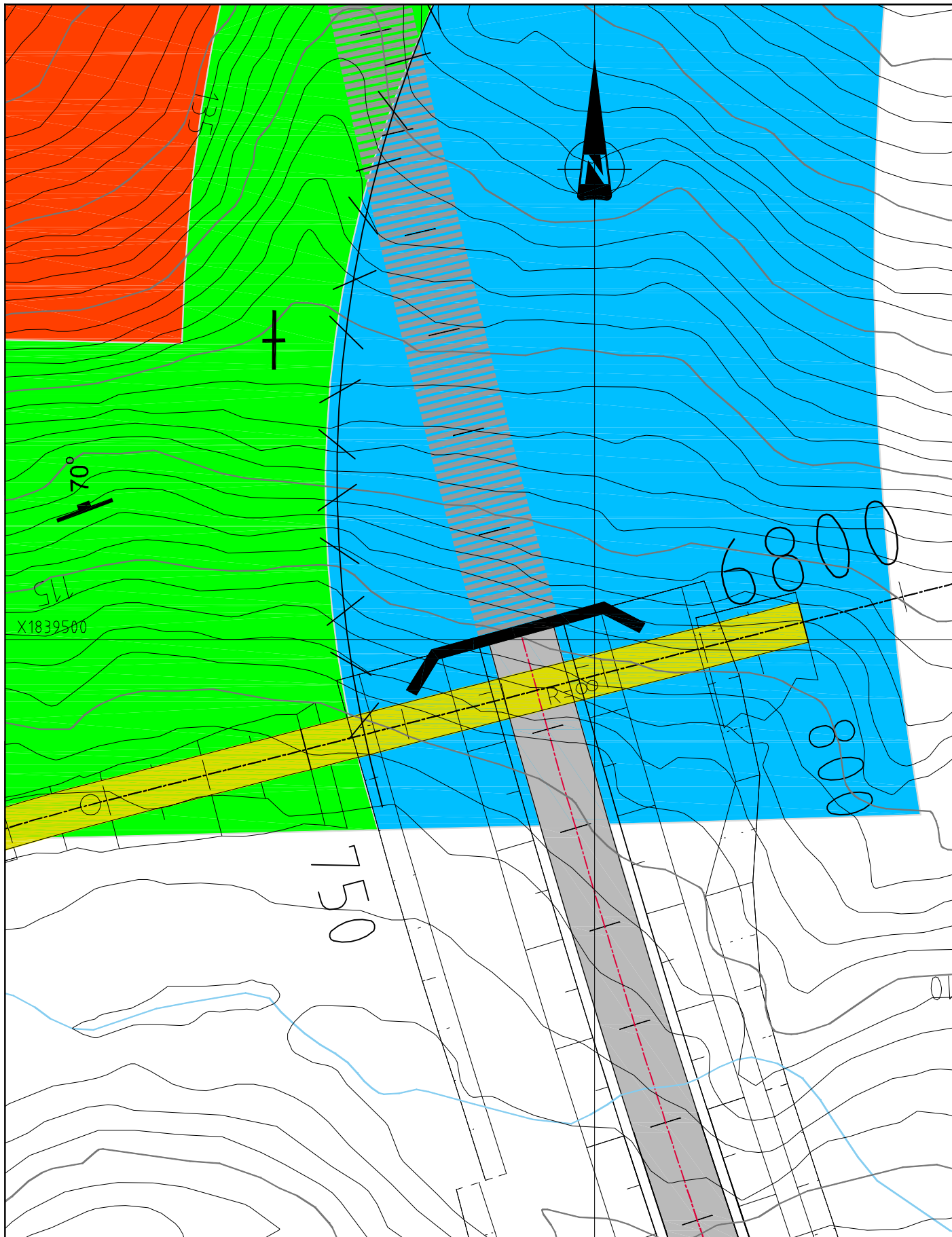
Tegnforklaring:

Granitt	Marmor	Glimmerskifer, amfiboliske bergarter
		- Strøk/fall sprekker
		- Strøk/fall foalisjon/skifrighet
		Antatt svakhetssone (<10 m mektighet)
		Antatt svakhetssone (>10 m mektighet)

A				Bekk innfegnet v /ca. profil 7780 v. side				19.11.2012			
Rev.				Revisjonen gjelder				Rev. dato			
				Utarb				Kontr			
				Godkjent				Rev. dato			
				Arkivref.				11.06.2012			
				Tegningsdato				11.06.2012			
				Bestiller				Region nord			
				Produsert for				Region nord			
				Produsert av				Plan og prosjektering			
				Prosjektnummer				502269			
				PROF-nummer				18EV00006R_00012			
				Arkivreferanse							
				Byggsaksnummer							
				Målestokk A1				1:2000			
				Tegningsnummer / revisjonsboks				02 A			
Utarbeidet av				Kontrollert av				Godkjent av			
carlla				milker							
				Konsulentarkiv							



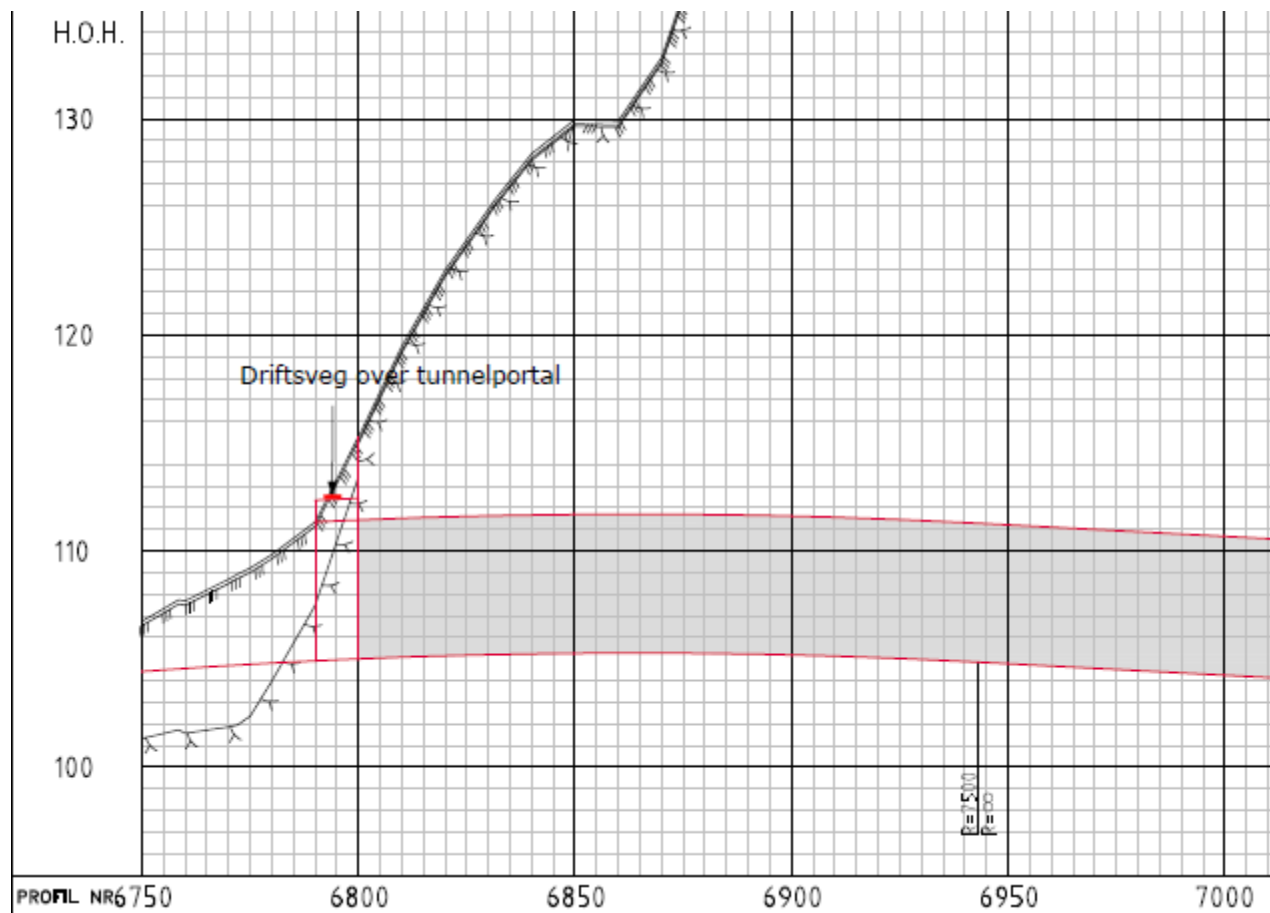
Tegning 03: Langsgående tværsnitt



Tegnforklaring:

- | | | |
|---------------------------------------|--------|--------------------------------------|
| | | |
| Granitt | Marmor | Glimmerskifer, amfiboliske bergarter |
| | | - Strøk/fall sprekker |
| | | - Strøk/fall foalisjon/skifrigheit |
| Antatt svakhetssone (<10 m mektighet) | | |
| Antatt svakhetssone (>10 m mektighet) | | |

A		Angitt målestokk korrigert		19.11.2012	
Rev.	Revisjonen gjelder		Utarb.	Kontr.	Godkjent
		Arkivref.		Tegningsdato	
				11.06.2012	
				Bestiller	
				11.06.2012	
				Produsert for	
				Region nord	
				Produsert av	
				Plan og prosjektering	
				Prosjektnummer	
				502269	
				PROF-nummer	
				18EV00006R_00012	
				Arkivreferanse	
				Byggeværksnummer	
				Målestokk A1	
				1:500	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv		Tegningsnummer / revisjonsbokslov
carlla	mikber				04 A

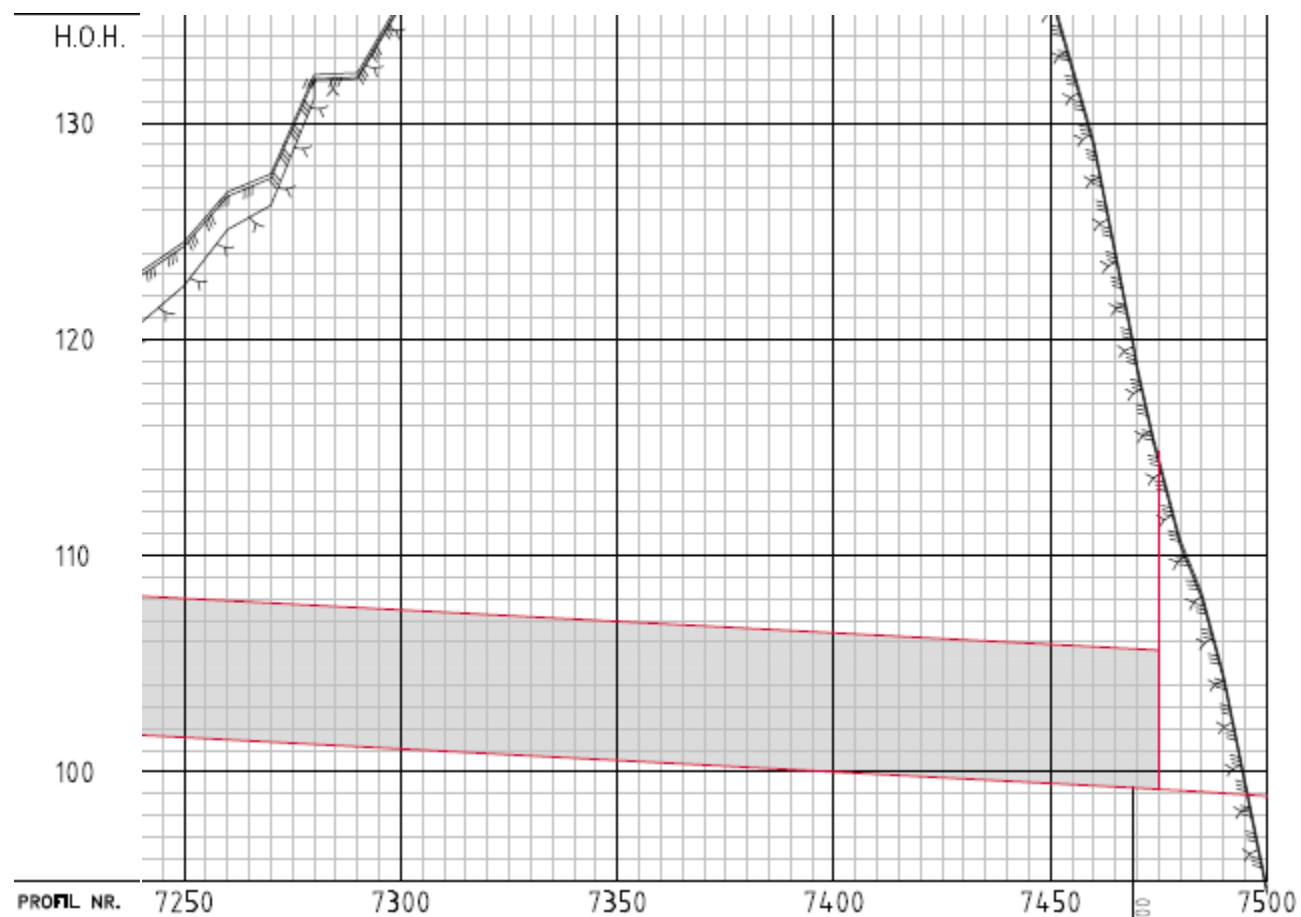


Søndre påhugg		Geo 50698-2
E6 Brattåsen – Lien		Tegning 05
		Målestokk 1:1000/1:200
Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen		



 Antatt svakhetssone (>10 m mektighet)

carlla	mikber			regningsnummer / revisjonsbokstav	06	A
--------	--------	--	--	--------------------------------------	----	---



Nordre påhugg		Geo 50698-2
E6 Brattåsen – Lien		Tegning 07 Målestokk 1:1000/1:200
Statens vegvesen Region nord - Ressursenheten, Geo- og laboratorieseksjonen		