

E6 Ranheim – Værnes

**Ingeniørgeologisk rapport for
reguleringsplan – Dagsone
Stavsjøfjelltunnelen-Værnes**

E6RV-MUL-GE-RPT-CAH13-0005



Revision record			
Revision	Status	Date	Reason for Issue
01	IFR	21.06.2019	Issued for Review

Multiconsult					
	Produced by:	Checked by:	Approved by:	Reviewed by:	Reviewed by:
Name:	Audun Andersen	Kjetil Moen	Vegar Alterås		
Position:	Disiplinleder, Ingeniørgeologi	Seniorrådgiver, Ingeniørgeologi	Design coordinator		
Signature:	AUA	KM	VeA		

INNHALDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING.....	7
1.1	BAKGRUNN OG FORUTSETNINGER	8
1.2	GRUNNUNDERSØKELSER OG GRUNNLAGSMATERIALE.....	8
1.2.1	UTFØRTE UNDERSØKELSER	8
1.3	LINJEFØRING OG BERGSKJÆRINGER.....	9
1.3.1	BERGSKJÆRINGENE	11
2	GEOLOGI	13
2.1	BERGFORHOLD.....	13
2.2	LØSMASSE	14
3	BEFARINGSOBSERVASJONER	15
3.1	STAVSJØ ØST	16
3.1.1	STRUKTURGEOLOGI, OPPSPREKKING OG SVAKHETSSONER	19
3.2	HOMMELVIKSKJÆRINGA.....	22
3.2.1	STRUKTURGEOLOGI, OPPSPREKKING OG SVAKHETSSONER	24
3.2.2	LØSMASSE.....	27
3.2.3	VANN.....	29
4	INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER	30
4.1	STABILITET I BERGSKJÆRINGENE.....	30
4.1.1	STAVSJØ ØST	30
4.1.2	HOMMELVIKSKJÆRINGA	31
4.2	UTFORMING AV BERGSKJÆRINGENE	34
4.3	VANN	36
4.3.1	OVERFLATEVANN I BERGSKJÆRINGER.....	36
4.3.2	GRUNNVANN	36
4.3.3	BRØNNER	36
4.4	LØSMASSE OVER BERGSKJÆRINGER	36
4.5	SPRENGNING, BORING OG VIBRASJONER	37
4.5.1	SPRENGNINGSOPPLEGG	37
4.5.2	BORBARHET, SPRENGBARHET OG BORSLITASJE	38
4.5.3	VIBRASJONSKRAV	38
4.5.4	TILTAK	39
4.5.5	LUFTRYKKSTØT MOT BYGGVERK.....	41
4.6	BERGSIKRING	42
4.6.1	SIKRINGSMIDLER	42

4.6.2	SIKRINGSMENGDER	43
4.7	KVALITET OG ANVENDELSE AV STEINMATERIALET	46
4.7.1	MEKANISKE EGENSKAPER	46
4.7.2	SULFIDINNHOLD OG UTELEKKINGSPOTENSIAL	47
4.8	GEOTEKNISK KATEGORI	47
4.9	KRAV TIL PROSJEKTERING	49
4.10	OPPFØLGING I BYGGEFASE	49
4.10.1	INGENIØRGEOLOGISK KOMPETANSE.....	49
4.10.2	DOKUMENTASJON.....	49
4.10.3	VIBRASJONER FRA SPRENGNING – KVIKKLEIRE	49
4.10.4	VIBRASJONER FRA SPRENGNING – BYGNINGER OG INFRASTRUKTUR	49
4.10.5	SIKKERHET, HELSE OG ARBEIDSMILJØ (SHA)	49
5	SKRED OG STEINSPRANGRISIKO	50
5.1	FORUTSETNINGER	50
5.2	HISTORIKK, GRUNNUNDERSØKELSER OG BEFARINGSOBSERVASJONER.....	51
5.2.1	STEINSPRANG	52
5.2.2	SNØSKRED.....	54
5.2.3	JORD- OG FLOMSKRED	55
5.2.4	TILTAK	57
5.2.5	SANNSYNLIGHET PER ENHETSSTREKNING	58
6	VIDERE UNDERSØKELSER	58
7	REFERANSER.....	59

VEDLEGG

1. Ingeniørgeologisk kart
2. F-tegning: Normalprofil
3. Utvalgte tverrprofiler

Sammen drag

Foreliggende ingeniørgeologiske rapport for reguleringsplan omhandler bergskjæringer på strekningen mellom Stavsjøfjelltunnelen og Helltunnelen. Unntatt fra dette er forskjæringer til Helltunnelen, som er behandlet i ingeniørgeologisk rapport for Helltunnelen. I tillegg inneholder rapporten vurdering av risiko for skred og steinsprang mellom Stavsjøfjelltunnelen og Værnes.

Mellom tunnelene skal det etableres bergskjæringer over to intervaller langs E6. Den ene er den tosidige forskjæringen til Stavsjøfjelltunnelens østre påhugg. Største skjæringshøyde her blir ca. 25 m, og skjæringene blir omtrent 70 m lange. Den andre er Hommelvikskjæringa, som vil bli omtrent 470 m lang og få en største høyde på nær 60 m.

Observert berg er i hovedsak uforvitret og lite til moderat oppsprukket, men det er observert soner med sterk oppsprekking, og/eller moderat forvitring. Identifiserte bergarter er gråvakke, fyllitt, leirskifer og rhyolitt. Bergartene opptre i veksling med hverandre, og overgangen mellom dem er vanskelig å identifisere. Med enkelte unntak ble bergartene ved enkle felttester vurdert som sterke eller meget sterke. Det er også observert gjennomsettende svakhetssoner som kan medføre risiko for store, plane utglidninger.

Bergskjæringene er prosjektert med vertikale vegger. Der prosjektert skjæringshøyde overstiger 20 m skal det etableres 10 m brede fjellhyller. Der skjæringshøyde uten hylle vil bli 30 m eller lavere, og etablering av berghylle vil ha negativ konsekvens for sluttresultatet, anbefales bergskjæringen etablert uten hyller. Eksempler på negative konsekvenser av etablering av berghylle er betydelig økning i total skjæringshøyde og/eller at toppen av bergskjæringen kommer svært nær foten av eksisterende steile bergskrenter. Dette er aktuelt i områder der terrenget over topp av bergskjæring er bratt.

For alle bergskjæringer gjelder likevel det at endelig avgjørelse med tanke på veggvinkel, hyllebredde og pallhøyde baseres på ingeniørgeologiske vurderinger etter at berget er avdekket og før boring for sprengning starter. Pallhøyde og hyllebredde kan derfor bli både mindre og større enn skissert ovenfor.

Utsprengt bergskjæring skal lastes ut og kartlegges etter hver salve. Denne kartleggingen skal utføres av ingeniørgeolog. Rekkefølge på berguttak, salvestørrelse, behov for fortløpende bergsikring, etc. bestemmes i samråd med ingeniørgeologen.

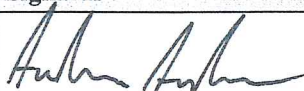
Det er påvist flere forekomster av kvikkleire/sprøbruddmateriale langs prosjektert trasé. Disse er nærmere omtalt i geotekniske rapporter.

På befaringer i området det observert flere potensielle løснеområder for steinsprang. Bergskrenten langs prosjektert forskjæring til Stavsjøfjelltunnelen må sikres som om den var en bergskjæring. Steile bergpartier over prosjektert skjæringstopp i Hommelvikskjæringa, må sikres slik at det oppnås stabilitet tilsvarende som for prosjekterte bergskjæringer. Deler av denne sikringen vil kreve at arbeid utføres fra tau. Andre bratte partier langs strekningen må undersøkes nærmere for å bestemme sikringstiltak. Dersom tilstrekkelig sikkerhet mot nedfall av stein ikke kan oppnås ved rensk og spredt bolting, må det installeres fanggjerd.

For å identifisere og bestemme orientering på strukturer som kan medføre store utglidninger i forbindelse med etablering av Hommelvikskjæringa anbefales kjerneboringer. Videre anbefales blant annet ytterligere undersøkelser for vurdering av skredrisiko.

Geoteknisk kategori fremkommer som en funksjon av pålitelighetsklasse og vanskelighetsgrad. Fordi nesten ingen deler av de prosjekterte bergskjæringene har høyde lavere enn 10 m anses vanskelighetsgraden som høy. Med bakgrunn i dette vurderes alle de prosjekterte bergskjæringene beskrevet i denne rapporten å klassifisere i geoteknisk kategori 3.

Geoteknisk kategori	Konsekvens-/ pålitelighetsklasse	Konsekvensklasse	Beskrivelse
Geoteknisk kategori 1 ←	CC1/RC1	☐	Liten konsekvens i form av tap av menneskeliv, og små eller uvesentlige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
Geoteknisk kategori 2 ←	CC2/RC2	☐	Middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, betydelige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
Geoteknisk kategori 3 ←	CC3/RC3 ev RC4	☒	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	Multiconsult, v/ Audun Andersen		2019.06.21
Oppdragsgiver	Acciona		

Kommentarer til valg av geoteknisk kategori/konsekvensklasse/pålitelighetsklasse	
Geoteknisk kategori fremkommer som en funksjon av pålitelighetsklasse og vanskelighetsgrad. Fordi nesten ingen deler av de prosjekterte bergskjæringene har høyde lavere enn 10 m anses vanskelighetsgraden som høy. Med bakgrunn i dette vurderes alle de prosjekterte bergskjæringene beskrevet i denne rapporten å klassifisere i geoteknisk kategori 3.	

PROSJEKTERINGSKONTROLL

	Enhet/Navn	Signatur	Dato
Egenkontroll	Multiconsult v/ Audun Andersen		2019.06.06
Kollegakontroll	Multiconsult v/Kjetil Moen		2019.06.12
Utvidet kontroll (Uavhengig kontroll)	Sweco		

Kontrollklasse	Kontrollform					
	Prosjektering			Utførelse		
	Egen-kontroll	Intern systematisk kontroll (kollegakontroll)	Utvidet kontroll	Egen-kontroll	Intern systematisk kontroll (kollegakontroll)	Utvidet kontroll
PKK1/UKK1	Kreves	Kreves ikke	Kreves ikke	Kreves	Kreves ikke	Kreves ikke
PKK2/UKK2	Kreves	Kreves	Kreves ¹⁾	Kreves	Kreves	Kreves ¹⁾
PKK3/UKK4	Kreves	Kreves	Kreves ²⁾	Kreves	Kreves	Kreves ²⁾

1) Utvidet kontroll i prosjekterings- og utførelseskontrollklasse PKK2/UKK2 kan begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll (kollegakontroll) er gjennomført og dokumentert.

2) Utvidet kontroll i prosjekterings- og utførelseskontrollklasse PKK3/UKK3 skal utføres som en faglig kontroll.

1 INNLEDNING

På E6 mellom Ranheim og Værnes i Trondheim, Malvik og Stjørdal kommune i Trøndelag er det i dag to-, tre- og firefeltsveg, og fartsgrensen varierer mellom 80- og 90 km/t. Med Nye Veier som byggherre skal den 23 km lange strekningen utvides til firefeltsveg og hastigheten økes til 110 km/t. Kontraktsformen er totalentreprise, og det spanske entreprenørkonsernet ACCIONA Construction er tildelt kontrakten sammen med sine norske underleverandører Multiconsult Norge AS og Leonhard Nilsen & Sønner AS. Oppdraget omfatter prosjektering og bygging langs dagens E6-trasé. Inkludert i dette er tre tunneler som skal drives parallelt med de eksisterende tunnelene på strekningen. I prosjektet inngår også åtte bruer og tre toplanskryss. Størrelsen på kontrakten er ca. NOK. 4,3 mrd. ekskl. mva. og vedlikehold [1].



Figur 1 [2]. Topografisk oversiktskart. Hele planstrekningen mellom Ranheim og Værnes ligger innenfor den svarte ellipsen. Røde ellipser viser dagsoneområdene omtalt i denne rapporten (Malvik i vest og Stjørdal i øst)

Det er tidligere (i 2015) utarbeidet en reguleringsplan for utvidelse av E6 på denne strekningen, den gangen med Statens vegvesen som oppdragsgiver. Planen tok utgangspunkt i firefelts veg og 90-sone. Etter at Nye Veier overtok prosjektet har hastigheten blitt oppjustert til 100 km/t fra Ranheim til Væretunnelen og til 110 km/t fra og med Væretunnelen og til Hellstranda. Dette medfører endringer i linjeføringen som følge av blant annet krav om større horisontal- og vertikalradius i linjeføringen, bredere veibane og økt stoppsikt.

For faget ingeniørgeologi innebærer endringen i linjeføring følgende (listen er ikke uttømmende):

- Økt høyde og lengde for enkelte bergskjæringer
- Endring i antall nye bergskjæringer
- Endret linjeføring i prosjekterte tunneler
- Økt behov for strossing i eksisterende tunneler
- Behov for ny vurdering av skredrisiko for enkelte partier

Som et resultat av dette må det utarbeides nye ingeniørgeologiske rapporter for reguleringsplan, se Tabell 1.

1.1 Bakgrunn og forutsetninger

Det skal i forbindelse med reguleringsplanen utarbeides totalt seks ingeniørgeologiske rapporter. Disse er listet opp i Tabell 1.

Tabell 1. Oversikt over ingeniørgeologiske rapporter til reguleringsplan. Foreliggende rapport er markert med fet skrift.

Strekning	Kommune	Rapport nr.
Dagsone Ranheim-Væretunnelen	Trondheim	E6RV-MUL-GE-RPT-TBAXX-0001 [3]
Væretunnelen	Malvik	E6RV-MUL-GE-RPT-TBAXX-0002 [4]
Dagsone Væretunnelen-Stavsjøfjelltunnelen	Malvik	E6RV-MUL-GE-RPT-CAH08-0003 [5]
Stavsjøfjelltunnelen	Malvik	E6RV-MUL-GE-RPT-CAB11-0004 [6]
Dagsone Stavsjøfjelltunnelen-Værnes	Malvik og Stjørdal	E6RV-MUL-GE-RPT-CAH13-0005
Helltunnelen	Stjørdal	E6RV-MUL-GE-RPT-CAB16-0006 [7]

Foreliggende rapport er ingeniørgeologisk rapport for dagsonen langs E6 mellom Stavsjøfjelltunnelens østre påhugg i Malvik kommune og planområdets østlige begrensning ved Hellstranda, nær Værnes, i Stjørdal kommune. Rapporten omhandler bergskjæringene på denne strekningen. Unntatt fra dette er forskjæringer til Helltunnelen. Disse er behandlet i ingeniørgeologisk rapport for Helltunnelen [7]. I tillegg inneholder rapporten vurderinger av risiko for skred og steinsprang på strekningen.

Rapporten inneholder ikke geotekniske vurderinger. For geotekniske vurderinger henvises det til geotekniske rapporter for reguleringsplan [8] [9] [10].

Beregnet ÅDT for år 2045 er for denne strekningen ca. 36 000. Vegbredde for veg i dagen skal være 23 m inkludert vegskulder, hastighet 110 km/t og vegstandard H3. Se F-tegning i vedlegg 2.

1.2 Grunnundersøkelser og grunnlagsmateriale

Grunnlaget for utarbeidelsen av denne rapporten er ingeniørgeologiske undersøkelser ved de aktuelle lokalitetene, samt bakgrunns materialet listet opp nedenfor (listen er ikke uttømmende).

- Løsmassekart fra NGU, målestokk 1:50 000
- Berggrunnskart fra NGU, målestokk 1:50 000
- Topografiske kart
- Ortofoto
- Aktsomhetskart fra NVE
- Plantegninger og tverrprofiler
- Rapporter fra driving av eksisterende tunneler
- Ingeniørgeologisk rapport for eksisterende reguleringsplan

1.2.1 Utførte undersøkelser

I forbindelse med utarbeidelse av foreliggende rapport har ingeniørgeologene Solveig Vassenden, Audun Andersen, Peder Eide Helgason og Magnus André Sørensen foretatt feltundersøkelser langs den planlagte traséen. Feltundersøkelsene er utført i flere omganger i perioden fra september 2018 til mai 2019, og består av ingeniørgeologisk kartlegging i og nær prosjektert linje. I tillegg er det, der dette er relevant gjort befaringer i sideterreng, for vurdering av risiko for skred og steinsprang.

Multiconsult har også foretatt geotekniske grunnundersøkelser. For detaljer knyttet til disse henvises det til geotekniske rapporter [8] [9] [10].

1.3 Linjeføring og bergskjæringer

I denne rapporten er alle referanser til høyre og venstre side oppgitt som sett mot stigende profilnummer. Videre refererer alle profilnummer til senterlinjen, som går mellom nordgående og sørgående felt.

Med unntak av forskjæringer i nordøstenden Helltunnelens prosjekterte og eksisterende løp, er det ikke planlagt bergarbeider i dagen i Stjørdal kommune. Derfor er ikke geologiske kart for traséen nord for Helltunnelens søndre påhugg inkludert i rapporten.

I Malvik kommune planlegges følgende bergskjæringer mellom Stavsjøfjelltunnelen og Helltunnelen:

- Østre forskjæring for Stavsjøfjelltunnelen, heretter kalt *Stavsjø øst*
- Bergskjæring langs Svartløftberga, omtrent midtveis mellom tunnelene, heretter kalt *Hommelvikskjæringa*
- Vestre forskjæring for Helltunnelen

Disse er angitt på kart i Figur 2 og i foto i Figur 3 og Figur 4. I denne rapporten er Stavsjø øst og Hommelvikskjæringen beskrevet. For beskrivelse av forskjæringene til Helltunnelen henvises det til ingeniørgeologisk rapport for Helltunnelen [7]. For beskrivelse av selve påhuggsflaten for Stavsjøfjelltunnelen ved Stavsjø øst henvises det til ingeniørgeologisk rapport for Stavsjøfjelltunnelen [6].

Planlagt trasé i dagen mellom tunnelene er omkring 2 km lang, krysser elva Homla og passerer skog og dyrket mark og spredt småhusbebyggelse. Etter kryssingen av Homla faller terrenget på venstre side av vegen først bratt mot elva, før det flater ut til dyrket mark med slakt fall mot Trondheimsfjorden.

Umiddelbart øst for påhugget til Stavsjøfjelltunnelen stiger terrenget på høyre siden av prosjektert veg nær vertikalt og med inntil 40 m, før det flater ut. Etter at traséen har krysset Homla går den gjennom et parti på omkring 700 m der terrenget på høyre side av vegen er forholdsvis flatt. Etter dette stiger det meget bratt, til dels vertikalt og stedvis mer enn 100 høydemeter, opp mot Svartløftberga, over en strekning på nye ca. 700 m.

Der traséen nærmer seg Helltunnelen passerer den tett på en eksisterende bergskjæring med høyde inntil ca. 20 m over dagens vegbane. Nord for Helltunnelen går traséen langs Hellstranda. Her vil sørgående felt dels bli anlagt på fylling i fjorden.

Der det er prosjektert bergskjæringer langs E6 skal avstand mellom hvitstripe og prosjektert bergskjæring være minimum 10 m. Se F-tegning i vedlegg 2.

1.3.1 Bergskjæringene

Tabell 2 lister opp prosjekterte bergskjæringar på strekningen mellom Stavsjøfjelltunnelen og Helltunnelen.

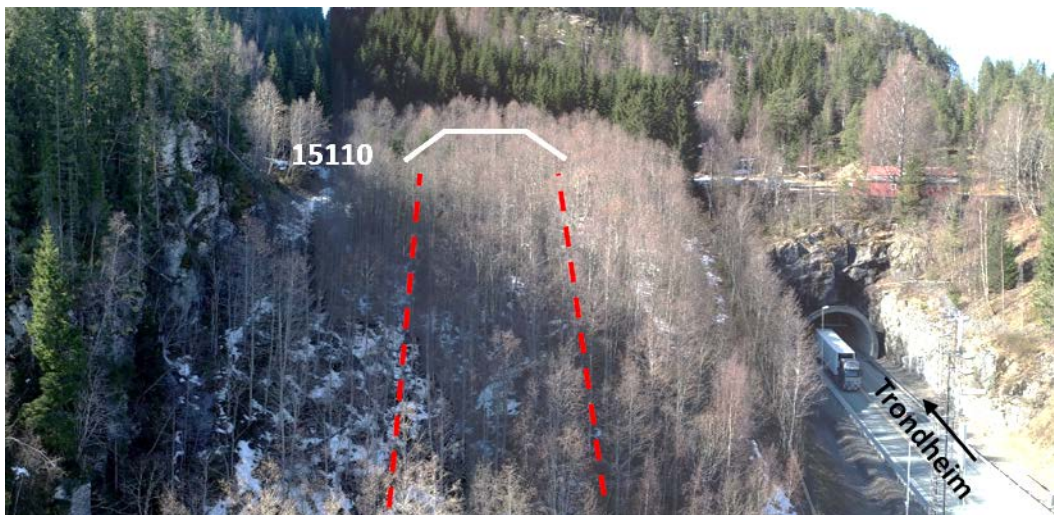
Tabell 2. Prosjekterte bergskjæringar, planlagt utforming og omtrentlig angivelse av plassering og høyde.

Sted	Profilnummer					
	Side	Fra (ca.)	Til (ca.)	Høyde (m)	Utforming	# Hyller
Stavsjø Øst	Høyre	15110	15130	20-30	Vertikal	0
		15130	15180	0-20	Vertikal	0
	Venstre	15120	15140	15-20	Vertikal	0
		15140	15180	0-10	Vertikal	0
Hommelvikskjeringa	Høyre	16035	16095	0-10	Vertikal	0
		16095	16145	20-40	Vertikal	1
		16145	16185	40-60	Vertikal	2
		16185	16205	30-40	Vertikal	1
		16205	16435	20-30	Vertikal	0
		16435	16455	10-20	Vertikal	0
		16455	16500	0-10	Vertikal	0
	Venstre	16170	16340	0-3	1:2	0

Stavsjø Øst

Fra prosjektert påhugg for nytt tunneløp ved profilnummer ca. 15510 og fram til profilnummer ca. 15180 skal det etableres forskjæring på høyre side. Største prosjekterte høyde er ca. 25 m. Skjæringen skal etableres langs en tilnærmet rett strekning og vil få orientering omtrent 80° øst for nord. Se foto i Figur 3. Rett ovenfor den prosjekterte bergskjæringen er det en bergskrent som stiger inntil 80°, og umiddelbart etter den prosjekterte bergskjæringen, går prosjektert trase tett på foten av samme bergskrent.

På venstre side vil forskjæringen strekke seg fra påhugg ved profilnummer ca. 15120 til profilnummer ca. 15180, med største prosjekterte høyde på om lag 20 m. Se Figur 3.



Figur 3. Dronefoto av Stavsjø Øst. Rød stiplert linje angir omtrentlig fotavtrykk av prosjektert nordgående kjørefelt. Prosjektert påhugg er indikert med hvit farge.

Hommelvikskjæringa

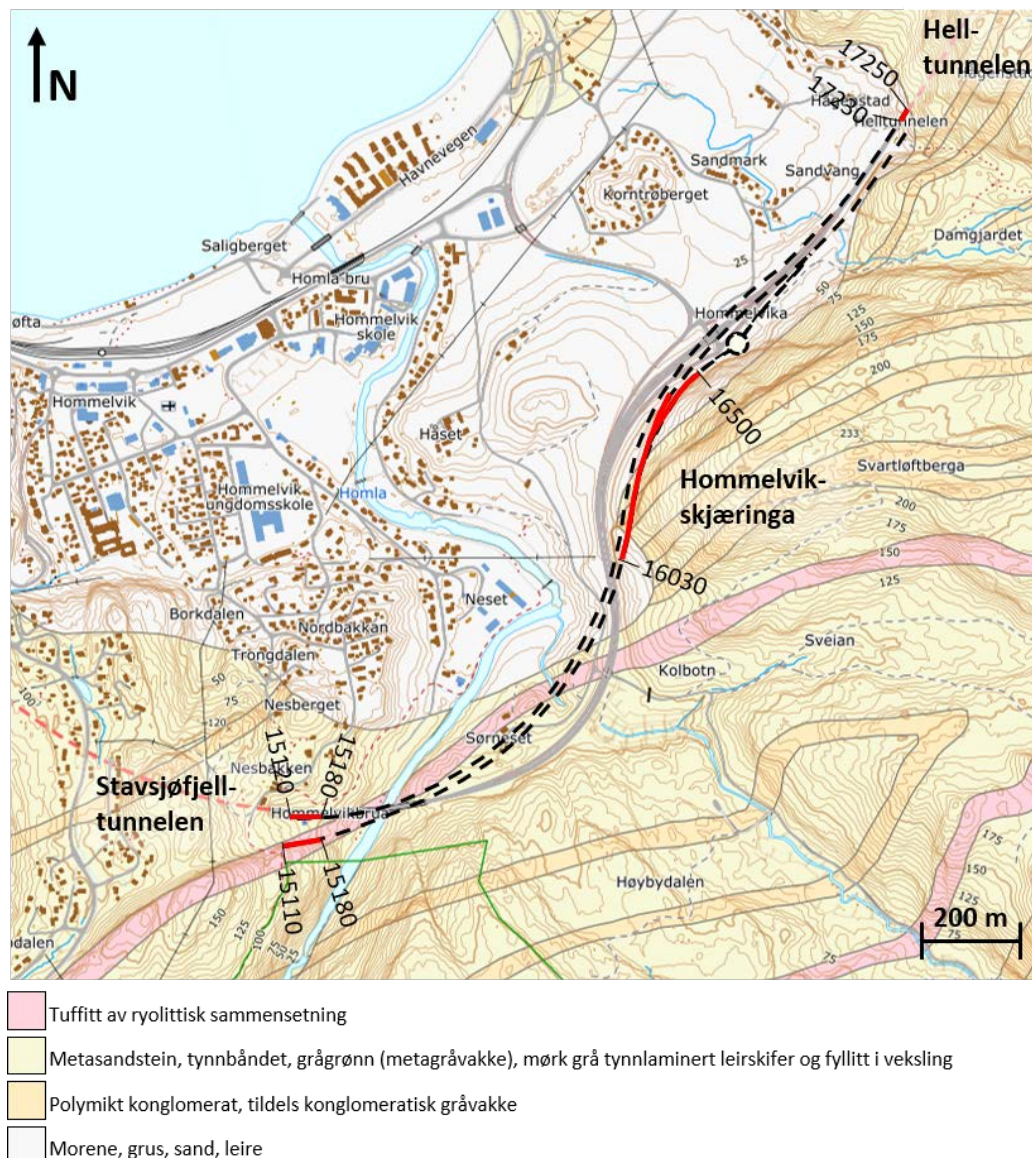
Hommelvikskjæringa vil strekke seg fra profilnummer ca. 16035 til 16500. Veglinja skal senkes om lag 5 m og flyttes inntil ca. 50 m mot høyre i forhold til eksisterende trasé. Dette innebærer utvidelse av den eksisterende ca. 100 m lange og 27 m høye bergskjæringa på stedet og inngrep i foten av naturlig bergskrent. Skjæringen skal etableres i en slak venstrekurve, og vil få orientering på mellom ca. 10° og 20° øst for nord. Se Figur 4. Fra bergskjæringens start til største prosjekterte skjæringshøyde på 60 m ved profilnummer ca. 16160, stiger terrenget over prosjektert skjæringstopp med 20° eller mindre. Videre, mot stigende profilnummer, vil skjæringen gå i foten av en naturlig bergskrent der terrenget over prosjektert skjæringstopp stiger med 45-85°.



Figur 4. Oversiktsbilde tatt retning Værnes. Påtegnet linje angir omtrentlig senterlinje for prosjektert E6. Rød farge indikerer bergskjæring.

2 GEOLOGI

2.1 Bergforhold



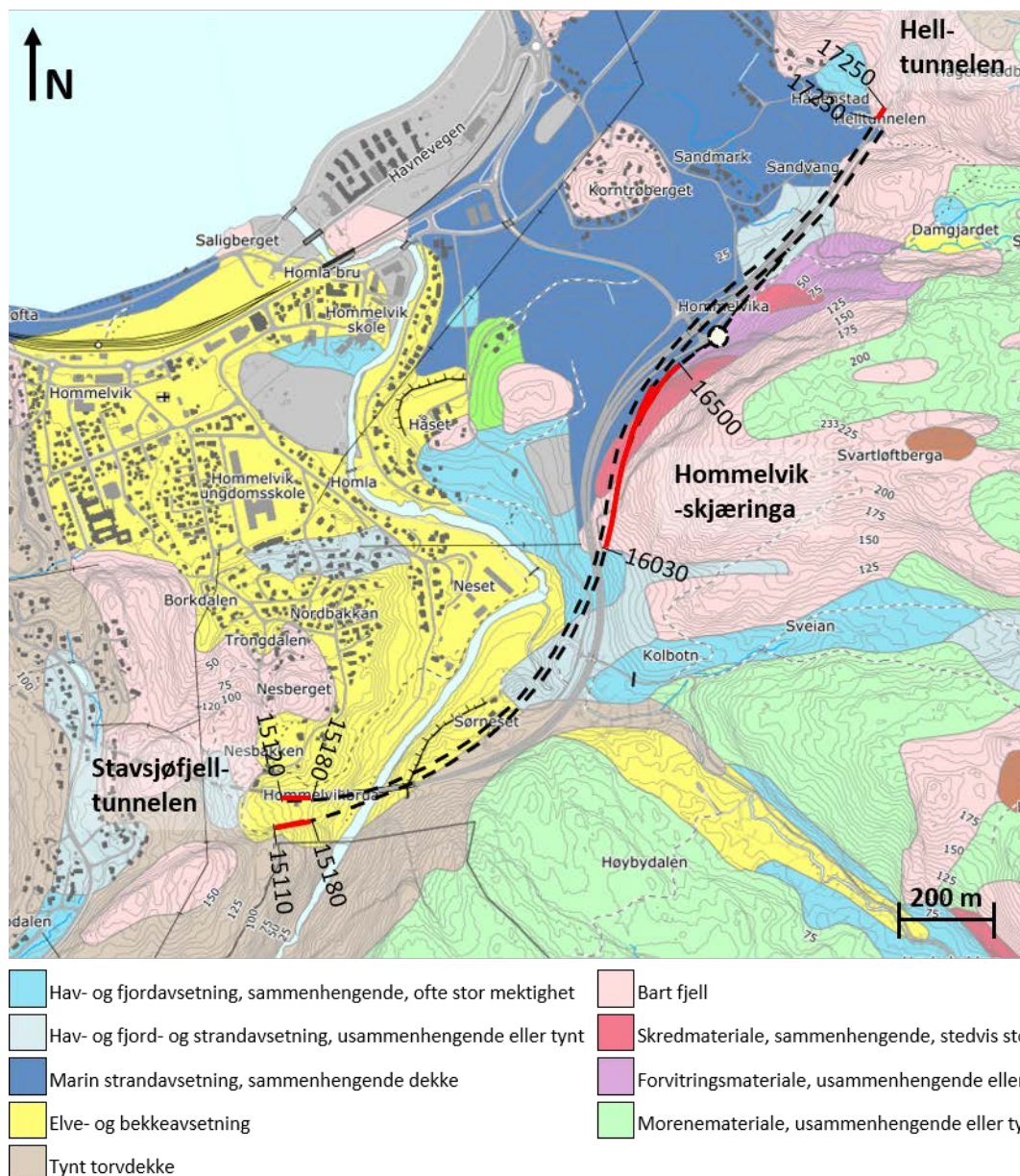
Figur 5 [11]. Berggrunnskart fra NGU med omtrentlig plassering av linjen. Strekningene hvor det skal etableres bergskjæringer er markert med rødt.

Bergartene i området er fra ordovicisk tid, framskjøvet under den kaledonske fjellkjededannelse for ca. 400 millioner år siden [12]. Ifølge berggrunnskart i målestokk 1:50 000 fra NGU [11] består berget i hovedsak av omvandlede sedimentære bergarter. Se Figur 5.

2.2 Løsmasser

Hele planområdet er under marin grense, og løsmassene på strekningen består ifølge NGU [13] i hovedsak av elvededimenter og av marint avsatte sedimenter, gjerne med stor mektighet, samt et område med skredmateriale (Figur 6). Løsmassene, med unntak av skredmaterialet, er beskrevet i geoteknisk rapport [9].

Det er påvist forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale i og nord for prosjektert vegbane mellom profilnummer ca. 16000 og 17250, nærmere omtalt i geotekniske rapporter [6] [10] og vist i Figur 31 og på ingeniørgeologisk kart i vedlegg 1.



Figur 6 [13]. Løsmassekart fra NGU med omtrentlig plassering av linjen. Strekningene hvor det skal etableres bergskjæringer er markert med rødt.

3 BEFARINGSOBSERVASJONER

Under befaringene er det utført en rekke innmålinger av strøk og fall på strukturer, både i naturlig terreng og i eksisterende bergskjæringer.

Blotningsgraden i eller nær planlagt trasé for de to områdene beskrevet i denne rapporten er god, men fjellforløpet er til dels steilt, og kun få meter fra observerte blotninger kan løsmassemektingen være betydelig (>20 m).

Ved beskrivelse av oppsprekkingsgrad i tekst benyttes inndeling i kategorier etter RQD verdi, som vist i Tabell 3.

Tabell 3. Klassifisering av oppsprekkingsgrad etter RQD verdi

Beskrivelse	RQD
Meget sterkt oppsprukket	0-25
Sterkt oppsprukket	25-50
Moderat oppsprukket	50-75
Lite oppsprukket	75-90
Meget lite oppsprukket	90-100

Med unntak av i enkelte soner er det ikke observert forvitring ut over overflateforvitring. Alle de observerte bergartene ble ved hjelp av enkle tester i felt anslått å være sterke til meget sterke, med unntak av en moderat sterk fyllitt ovenfor det prosjekterte påhugget ved Stavsjø øst. For feltestimering av bergartenes enaksiale trykkfasthet og for klassifisering av forvitringsgrad benyttes NS-EN 120 14689-1, identifisering og klassifisering av berg, del 1, med klassifisering som vist i Tabell 4 og Tabell 5.

Tabell 4. Klassifisering av enaksial trykkstyrke fra feltestimering

Beskrivelse	MPa
Ekstremt svak	<1
Meget svak	1-5
Svak	5-25
Moderat sterk	25-50
Sterk	50-100
Meget sterk	100-250
Ekstremt sterk	>250

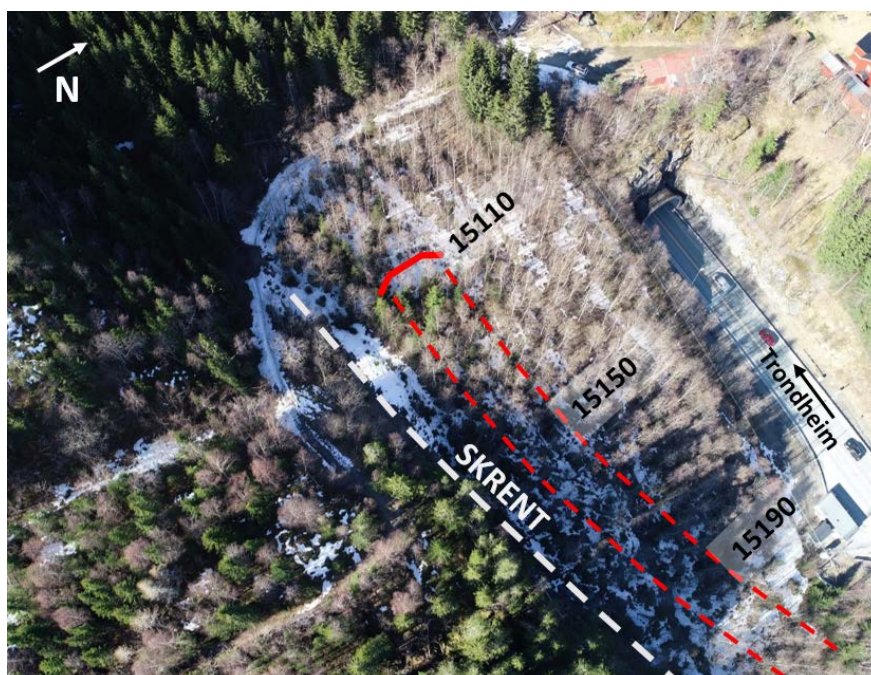
Tabell 5. Klassifisering av forvitringsgrad i henhold til NS-EN 120 14689-1

Forvitringsgrad	Beskrivelse
Frisk/uforvitret	Ingen synlige tegn på forvitring av bergmaterialet. Muligens svak misfarging på større sprekkeflater.
Noe forvitret	Misfarging indikerer forvitring av bergmaterialet og sprekkeflater. Alt bergmaterialet kan være misfarget av forvitring, samt være noe svakere utvendig enn i frisk tilstand.
Moderat forvitret	Mindre enn halvparten av bergmaterialet er omvandlet eller desintegrert. Friskt eller misfarget bergmateriale er tilstede, enten som et sammenhengende rammeverk eller som kjernesteiner.
Sterkt forvitret	Mer enn halvparten av bergmaterialet er omvandlet eller desintegrert. Frisk eller misfarget bergart er tilstede, enten som et usammenhengende rammeverk eller som kjernesteiner.
Fullstendig forvitret	Alt bergmaterialet er omvandlet eller desintegrert. Den originale strukturen er for det meste fremdeles intakt.
Jord	Alt bergmaterialet er omdannet til jord. Massestrukturen og materialets tekstur er ødelagt. Det er stor volumendring, men jorden er ikke blitt vesentlig transportert.

3.1 Stavsjø øst

Bildet i Figur 7 viser påhuggsområdet Stavsjø øst sett ovenfra. Langs skrenten avmerket på bildet er blotningsgraden god, mens området mellom denne og eksisterende veg er dekket av fyllmasser og løsmasser. Boringer viser at mektigheten på fyllingen/løsmassene varierer fra omkring 3 m ved prosjektert påhugg til mer enn 20 m ved profilnummer ca. 15150. Fotografiet vist i Figur 8 er fra bygging av eksisterende tunnel og viser fyllmasser bestående av sprengstein, anlagt i prosjektert trasé.

Eksisterende forskjæring har ikke vært tilgjengelig for inspeksjon på grunn av nærhet til trafikkert E6.



Figur 7. Dronefoto som viser eksisterende og prosjekterte påhugg og forskjæringer ved østenden av Stavsjøfjelltunnelen.



Figur 8. Foto tatt av Svein Hove i Statens vegvesen under bygging av Stavsjøfjelltunnelen på slutten av 1980-tallet. Påhugget til eksisterende tunnel er synlig til høyre i bildet. Røde linjer indikerer fotavtrykk for prosjektert E6 og påhugg for nytt tunnelløp.

Bergarter

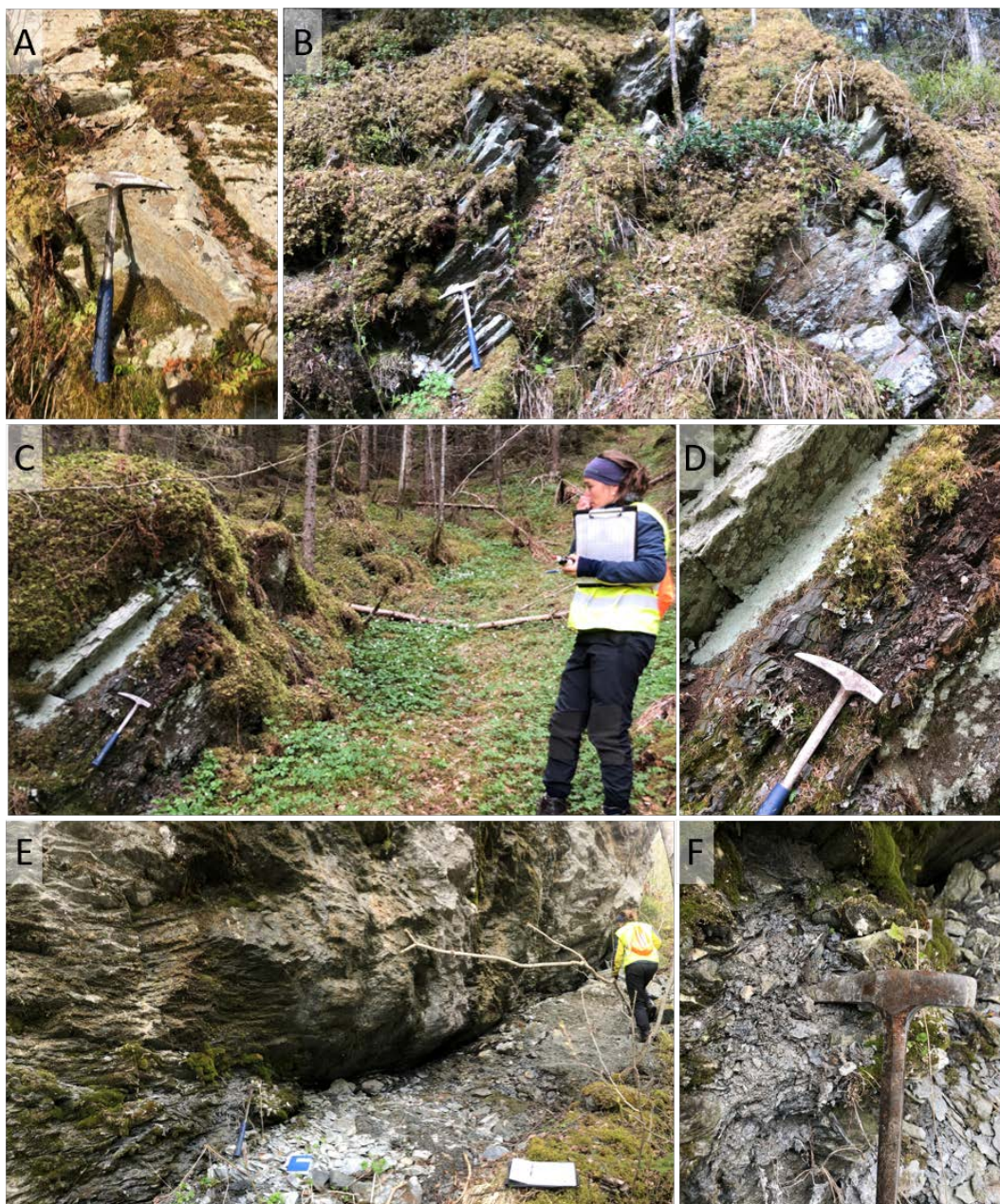
Langs prosjektert forskjæring Stavsjø Øst, samt over eksisterende påhugg, er det observert metasedimentære bergarter, i tillegg til en sone med det som trolig er rhyolittisk tuffitt.

De metasedimentære bergartene ble i felt tolket som metasiltstein i veksling med leirskifer og fyllitt. Metasiltsteinen er meget sterk, fin- til middelskornet, mørk grå i friskt brudd og stedvis tydelig lagdelt med noe rustfarge. Leirskiferen er mer finkornet og har tydelig lagdeling, men er vanskelig å skille fra gråvakke. Se Figur 9 B.

Observert fyllitt, Figur 9 C og D, er moderat sterk, finkornet, mørk grå, sulfidførende, og bruser ved påføring av HCl.

Bergarten tolket som rhyolitt er meget til ekstremt sterk, middelskornet, grå i friskt brudd og med lys rosaaktig forvittringsfarge. Se Figur 9 A.

Observerte bergartstyper samsvarer med kart fra NGU [11], men fordeling er noe annerledes. Rhyolitten er kun observert ovenfor eksisterende påhugg, mens i bergskrenten langs den prosjekterte bergskjæringen på høyre side består berget av metasiltstein, leirskifer og fyllitt i veksling. Stedvis med noe sulfider, og stedvis med positivt utslag på HCl. I skrenten er det også observert tynne lag av leire langs lagdelingen i tilknytning til fyllitt. Se Figur 9 E og F, samt ingeniørgeologisk kart i vedlegg 1.



Figur 9. Bergarter ved Stavsjø Øst. A: Rhyolitt over eksisterende påhugg. B: Metasiltstein og leirskifer. C og D: Overgang mellom fyllitt (høyre) og metasiltstein (venstre) i tilknytning til svakhetssone. E: Metasiltstein, leirskifer og fyllitt i veksling i bergskrenten. F: Leirinfisert berg i foten av skrenten.

Observert berg er i hovedsak uforvitret og lite til moderat oppsprukket, men det er observert soner med sterk oppsprekking, og/eller moderat forvitring. Dette er dels observert i forbindelse med fyllitt (Figur 9 C og D), dels i tilknytning leirskifer (Figur 9 E).

Med unntak av soner med leirinfisert berg, ble bergskrenten vurdert som lite til moderat oppsprukket. Dette inkluderer eksisterende påhugg og forskjæring, vist i Figur 10, der observert oppsprekingsgrad er liten til moderat.



Figur 10. Eksisterende østre påhugg for Stavsjøfjelltunnelen. Berget er lite til moderat oppsprukket. Forskjæringen og påhuggflaten er sikret med til sammen ca. 30 stk. bergsikringsbolter.

3.1.1 Strukturgeologi, oppsprekking og svakhetssoner

I denne rapporten er alle strukturer angitt med fall og fallretning på formen $##^{\circ}/###^{\circ}$. Fall er alltid oppgitt med to siffer, fallretning med tre siffer.

Sprekkesett

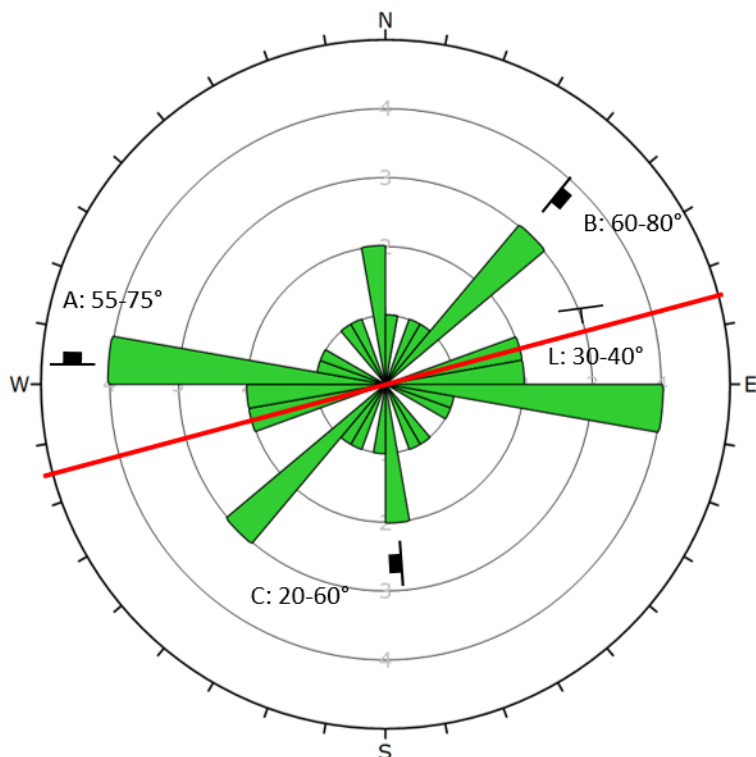
Det ble observert fire ulike sprekkese, inkludert bergartens lagdeling, se Figur 11.

Lagdelingen (L) er observert med orientering $30-40^{\circ}/170^{\circ}$. Der den var tilgjengelig for innmåling var strukturen plan, men folding langs L er observert i høyereliggende deler av bergskrenten. Sprekkeplanene er ru, stedvis med sprekkedyll i form av tynne leirsjikt (se Figur 9 E og F). L er orientert slik at den har fall inn i prosjektert bergskjæring på høyre side.

Sprekkesett A har orientering $55-75^{\circ}/360^{\circ}$. Sprekkeflatene er ru og har stor utholdenhet. Sprekkesettet opptrer ikke over hele lokaliteten, og der det opptrer er sprekkedavstanden omkring 0,5 m.

Sprekkesett B har orientering $55-85^{\circ}/130^{\circ}$. Sprekkeflatene er plane, ru og er observert med utholdenhet på over 100 m. Observert sprekkedavstand er normalt rundt 1 m, men soner med inntil 10 sprekker per m forekommer.

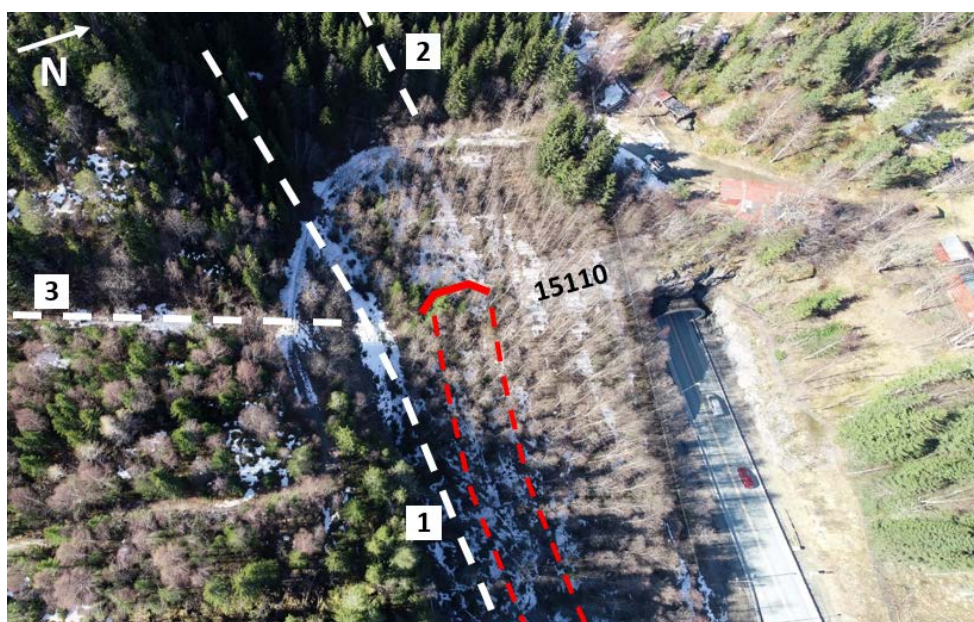
Sprekkesett C har orientering $20-60^{\circ}/270^{\circ}$. Sprekkeflatene er plane, glatte til ru og er observert med utholdenhet på 1-5 m.



Figur 11. Sprekkerose for lokalitet 1. Rød linje markerer omtrentlig orientering for E6 langs skjæringene.

Svakhetssoner og gjennomsettende sprekker

Ovenfor prosjektert påhugg ble det observert en 3-6 m bred forsenkning i terrenget, forenlig med svakhetssone med fall på omkring 50° mot ca. 130° (se Figur 9 C og sone 2 i Figur 12). Foten av bergskrenten parallelt prosjektert bergskjæring (sone 1 i Figur 12) følger en sone med fall ca. 30° og fallretning mot ca. 170°. I tillegg er det observert en forsenkning med orientering normalt på prosjektert veglinje, rett øst for prosjektert påhugg (sone 3 i Figur 12). Forsenkningen er forenlig med en steil svakhetssone med orientering nord-sør.



Figur 12. Markerte strukturer observert i terrenget er angitt med hvite stiplede linjer. Røde linjer markerer prosjektert veg og påhugg.

Løsmasser

Det er gjort grunnundersøkelser i form av dreiesonderinger, enkle sonderinger, dreietrykksonderinger og totalsonderinger. Hoveddelen av undersøkelsene er gjort i forbindelse med prosjektering og bygging av eksisterende E6, men Multiconsult har supplert med enkelte totalsonderinger i området for prosjektert påhugg.

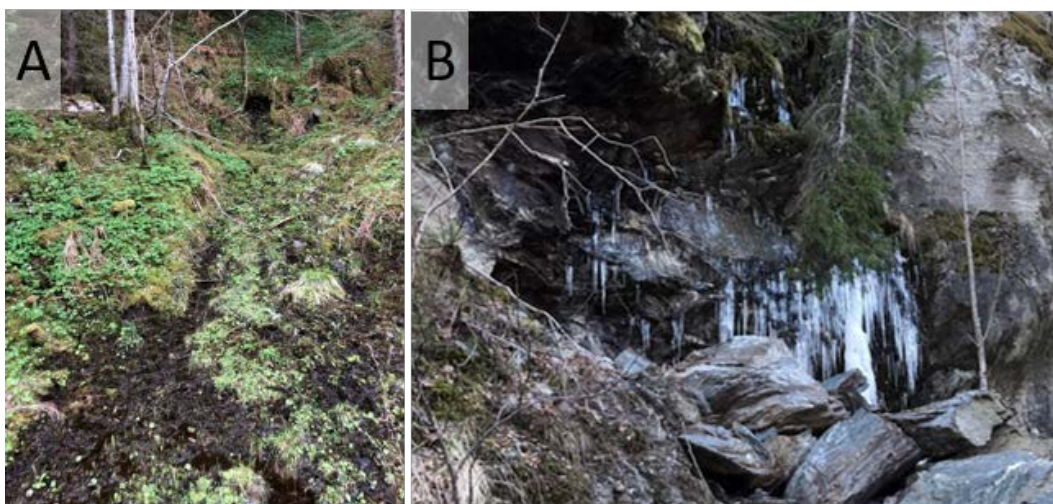
Sør for skrenten vist i Figur 7 er løsmassedekket tynt eller fraværende, mens boringer vest for prosjektert påhugg indikerer løsmassetykkelser på omkring 3 m eller mindre. Øst for prosjektert påhugg øker løsmassetykkelsen raskt, og ved profilnummer ca. 15150 viser boringer en mektighet på over 25 m, kun 10 m fra foten av bergskrenten. Generelt viser boringer at løsmassemektheten gradvis øker når man beveger seg fra eksisterende veg mot skrenten. Dette går også fram av bildet i Figur 8, tatt under bygging av eksisterende Stavsjøfjelltunnel.

Løsmassene består av et topplag av fyllmasser, trolig tunnelstein (se Figur 8). Original grunn under fyllmassene består av sand og grus over leire/silt [8] [9].

Langs venstre side av linjen, nord for prosjektert E6, indikerer grunnundersøkelser et topplag av sand/grus med mektighet som varierer mellom 3-12 m, og under dette et leirlag over berg. I én prøveserie er det påvist et tynt lag sensitiv leire som faller inn under betegnelsen sprøbruddmateriale [8] [9].

Vann

Det ble gjort flere registreringer av drypp og vannsig i bergskrenten, og noe isdannelse vinterstid. I tillegg er det observert et lite myrdrag med rennende vann parallelt skrenten ovenfor sørvestre hjørne av prosjektert påhugg. På befaringdagen i mai ble vannføringen her anslått å være mindre enn 1 l/min. Se Figur 13 A og B.



Figur 13. A: Myrdrag ved sørvestre hjørne av prosjektert påhugg. B: Isdannelse i bergskrenten.

3.2 Hommelvikskjæringa

Figur 14 viser dronefoto av Hommelvikskjæringa. Befaringer er utført langs eksisterende bergskjæring, langs prosjektert senterlinje og langs og ovenfor prosjektert skjæringstopp.

I eksisterende bergskjæring og langs det meste av prosjektert skjæringstopp er blotningsgraden god (Figur 14). Unntaket er mellom profilnummer ca. 16230 og 16350, der området ned mot prosjektert skjæringstopp i varierende grad er dekket av urmasser.

Nord for eksisterende bergskjæring, ved profilnummer høyere enn ca. 16160, vil topp av prosjektert bergskjæring i varierende grad gå nær naturlige steile bergskrenter, se Figur 14 og Figur 15.

Store deler av eksisterende bergskjæring framstår som lite oppsprukket til massiv (Figur 18) eller lite oppsprukket. Det er ikke observert noen form bergsikring i selve skjæringen, men i bergskrent skrenten ovenfor, normalt på skjæringen, samt like nord for denne (i området vist i Figur 15), er det observert til sammen 5 stk. bergsikringsbolter.



Figur 14. Dronefoto for oversikt over Hommelvikskjæringa. Heltrukne linjer angir omtrentlig senterlinje for prosjektert E6. Rød farge angir senterlinjen i områder der det er planlagt bergskjæring, og rød stiplet linje angir omtrentlig prosjektert skjæringstopp.



Figur 15. Bildene viser bergskrenten rett ovenfor prosjektert skjæringstopp i området mellom profilnummer ca. 16180 og 16220.

Bergarter

Det er observert tre ulike bergartstyper. Det er så langt ikke observert sulfider i disse, og stikkprøver har kun unntaksvis reagert med saltsyre. Alle observerte bergarter er i felt vurdert å være metasedimentære. Se Figur 16. Observasjonene er i overenstemmelse med kart fra NGU [11].

Den ene bergarten er fin- til middelskornet, grågrønn i friskt brudd og meget sterk. I felt ble denne klassifisert som gråvakke.

I veksling med gråvakken der det observert lag av en sterk, finkornet, mørk og stedvis sterkt forskifret bergart. Bergarten ble i felt klassifisert som leirskifer eller fyllitt.

Den tredje bergartstypen observert i området er et polymikt konglomerat med bollestørrelse inntil ca. 20 cm.

Gråvakke virker å være den hyppigst forekommende bergarten i det undersøkte området, men opptrer i veksling med fyllitt/leirskifer og overgangen mellom disse kan være vanskelig å identifisere.

Observert berg er i hovedsak uforvitret og lite til moderat oppsprukket, men det er observert soner med sterk oppsprekking, og/eller svak forvitring. Se Figur 16 B og C.



Figur 16. Bergarter langs Hommelvikskjæringa. A: Gråvakke i veksling med fyllitt/leirskifer. Skjæringa på bildet er omkring 20 m høy. B: Sone av fyllitt eller leirskifer (bak hammer) i mer massiv gråvakke. C: Berg klassifisert som leirskifer, sterkt forskifret. D: Konglomerat. Bildet er tatt i terrenget ca. 100 m øst for eksisterende bergskjæring.

3.2.1 Strukturgeologi, oppsprekking og svakhetssoner

I denne rapporten er alle strukturer angitt med fall og fallretning på formen $\#^\circ/\#\#\#^\circ$. Fall er alltid oppgitt med to siffer, fallretning med tre siffer.

Sprekkesett

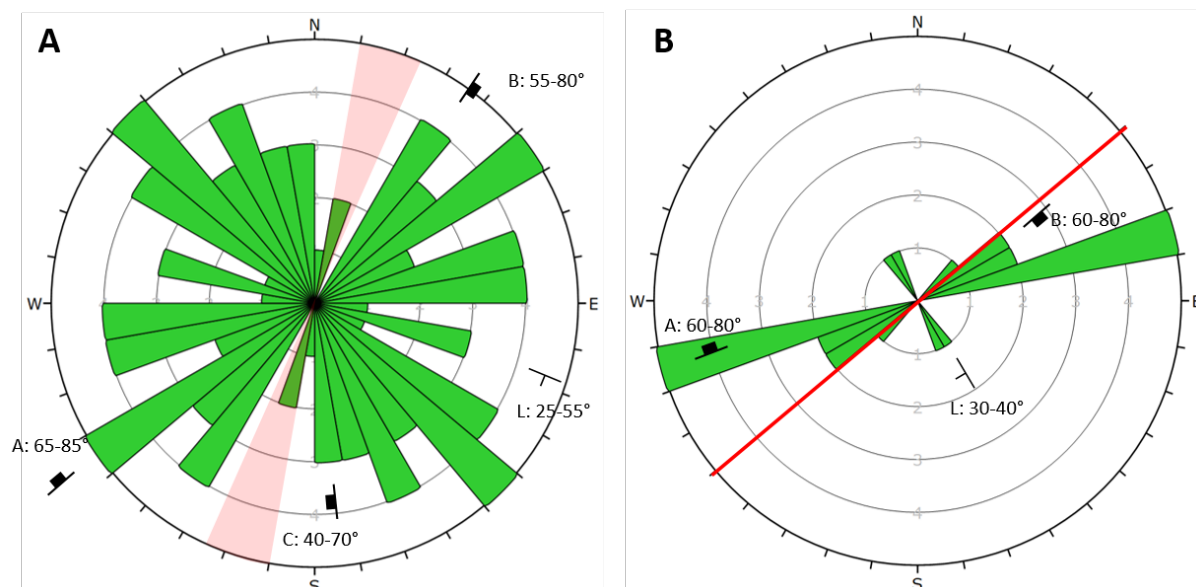
Innmåling av sprekker og strukturer er gjort over et stort område. I tillegg til tilfeldige sprekker ble det observert fire ulike sprekkesett, inkludert bergartens lagdeling, se Figur 17 A. Ingen steder ble flere enn tre ulike sprekkesett observert i samme område.

Lagdelingen (L) er observert med orientering $25-55^\circ/160-240^\circ$. Strukturen er i varierende grad foldet, og ofte vanskelig å skille fra sprekkesett B. Sprekkeplanene langs L er i hovedsak plane, glatte til svakt ru og opptrer typisk med 0,5 m mellomrom. Utholdenheten er normalt liten, mindre enn 5 m, men sprekker som med utholdenhet større enn 100 m forekommer. L forekommer i hele det undersøkte området.

Sprekkesett A har orientering $60-85^\circ/300-330^\circ$. Sprekkeflatene er observert både som plane og som bølgete og både meget glatte og svært ru. Observert utholdenhet varierer fra ca. 5 til mer enn 20 m, se Figur 18. Sprekkesettet opptrer ikke over hele området, og der det opptrer er sprekkavstanden omkring 1-2 m.

Sprekkesett B har orientering $55-80^\circ/100-140^\circ$. Sprekkeflatene er plane, relativt glatte, og har en utholdenhet på over 20 m. Sprekkavstanden er typisk omkring 1-2 m, men det er observert soner der avstanden er mindre enn 0,1 m, som vist i Figur 18. Sprekkesettet, som kan være vanskelig å skille fra L, er ikke observert i hele det undersøkte området.

Sprekkesett C har orientering $40-70^\circ/265^\circ$. Sprekkeflatene er plane og ru og har en utholdenhet på mer enn 20 m og inngår flere steder i svakhetssoner. Sprekkesettet opptrer ikke over hele lokaliteten, og der det opptrer er sprekkavstanden omkring 0,5 m.



Figur 17. Sprekkeroser for Hommelvikskjæringa. A: Struktur målt inn mellom profilnummer ca. 16100 og 16500, rød skravur markerer omtrentlig orientering for E6 på strekningen. B: Struktur målt inn i foten av bergskrenten nær profilnummer 16600. Rød linje markerer orientering for vegbanen ved dette området.



Figur 18. Øverst: Eksisterende bergskjæring langs E6 ved Hommelvik. Største høyde er ca. 28 m over bunn grøft. Berget er i store områder lite oppsprukket til massivt. Hvit stiplet linje viser gjennomsettende sprekk langs L. Røde linjer viser sprekksett A. Nede til venstre: Sprekkesett L, A og B, observert et stykke øst for eksisterende bergskjæring. Nede til høyre: Tett oppsprekking langs sprekksett C observert rett innenfor topp av eksisterende bergskjæring.

Svakhetssoner og gjennomsettende sprekker

Det er observert flere langstrakte depresjoner i terrenget med bredde inntil ca. 14 m, flere gjennomsettende og dels åpne sprekker, samt spor etter tidligere store utglidninger. Disse har i stor grad orientering sammenfallende med sprekkesett C, men også soner med orientering tilsvarende sprekkesettene A og B forekommer. I tillegg finnes soner som ikke sammenfaller med noen definerte sprekkesett, slik som den overhengende sonen vist i Figur 19**Error! Reference source not found.** D.

I nordenden av eksisterende bergskjæring går en markert gjennomsettende sprekke fra toppen av bergskrenten til foten av bergskjæringen, vist i Figur 20. Sprekken har utgående rett over grøfta i nordvesthjørnet av bergskjæringen.

Gjennomsettende sprekker i bergskrenter har flere steder medført utfall av store blokker. Eksempler på utfall og sprekkeavløst berg er vist i Figur 19**Error! Reference source not found.** A og B. Det er observert flere blokker med størrelse inntil ca. 100 m³ i eller nær prosjektert linje og skjæringstopp.

Alle observerte soner er angitt som mulige svakhetssoner i ingeniørgeologisk kart i vedlegg 1.



Figur 19. A og B: sprekkeavløst bergparti (rød stiplet linje) og stort blokkutfall (hvit stiplet linje). C: Bergskrent inntil prosjektert skjæringstopp ved profilnummer ca. 21950. D: Svakhetssone med orientering 50/155 ved profilnummer ca. 21850.



Figur 20. Markert sprekk og glideplan langs i nordenden av eksisterende bergskjæring. Hvit stiplet linje markerer sprekken. A: Oversiktsbilde. Eksisterende bergskjæring er omkring 28 m høy. B: Hjørnet av eksisterende skjæring sett fra nordsiden. Personen på bildet står på plan med orientering som sett C og har hånden på plan med orientering som sett A. C: Glideplanet sett nedenfra.

3.2.2 Løsmasser

Det er gjort grunnundersøkelser i form av dreiesonderinger, enkle sonderinger, dreietrykksonderinger og totalsonderinger. Hoveddelen av undersøkelsene er gjort i forbindelse med prosjektering og bygging av eksisterende E6, samt i prosjekteringsarbeid fram mot eksisterende reguleringsplan, men Multiconsult har supplert med enkelte totalsonderinger.

Basert på sonderingene ventes løsmassetykkelse i linjen på inntil 5-6 m fra profilnummer ca. 16030 til 16070. Prøvetaking viser at løsmassene består av ujevnt lagdelte masser av sand, silt og grus med lag samt lommer av bløt til middels fast leire. Stedvis er det påvist

at leirmassene er sensitive, dvs. sprøbruddmateriale iht. NVEs veileder nr. 7/2014 [8] [9].

På profilnumre høyere enn dette er terrenget langs og over prosjektert bergskjæring på høyre side bratt. Observerte løsmasser her består av et tynt torvdekke (Figur 21 A), samt områder skredmateriale i form av ur. Noe forvitningsmateriale er også observert. Urmassene er i hovedsak observert mellom profilnummer ca. 16230 og 16350.

Mektigheten av torvdekket ble på befaring anslått å være mellom 0 og 1 m. Urmassenes mektighet lot seg ikke bestemme, men ventes å variere fra mindre enn 1 til mer enn 5 meter. Se Figur 21 B-E.



Figur 21. A: Tynt torvdekke i flatere parti, nær prosjektert skjæringstopp over eksisterende bergskjæring. B og C: Mosegrodd ur og stor blokk (ca. 120 m³) henholdsvis 30 og 50 m til høyre for prosjektert skjæringstopp. D og E: Ur med mindre blokker (0,5 -25 m³) nær fot av bergskrent ved eller innenfor prosjektert skjæringstopp.

Vest og nordvest for prosjektert veg overstiger løsmassemekktigheten flere steder 20 m. Også her viser utførte grunnundersøkelser at løsmassene består av ujevnt lagdelte masser av sand, silt og grus samt lommer av bløt til middels fast leire. Stedvis er det påvist at leirmassene er sensitive (sprøbruddmateriale) [8] [9].

3.2.3 Vann

Det er gjort flere registreringer av drypp og vannsig i eksisterende bergskjæring og langs prosjektert skjæringstopp nord for denne. Det er ikke observert rennende vann eller vanddreneringsspor i området.

I et område mellom profilnummer ca. 16190 og 16210 er det observert en dam i en struktur i berget, på en naturlig hylle i terrenget, i foten av en skrent. Dammen ble anslått å være inntil et par meter dyp, og tilsvarende strukturer er også observert andre steder i området, men da uten vann. Se Figur 22.



Figur 22. Avrundede forsenkninger/groper i berget. Grope i bildet til venstre er fylt med vann. Grope i bildet til høyre er ca. 3 m dyp og 3 m i diameter.

Ved en befaring i februar 2019 ble det observert kun små mengder isdannelse i eksisterende bergskjæring. Helt i toppen av bergskrenten rett nord for dette er det observert noe mer is, se Figur 23.



Figur 23. Isdannelse observert vinteren 2019. Røde ellipser markerer observert is.

4 INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER

Langs høyre side av E6 skal det etableres bergskjæring fra profilnummer ca. 15110-15180 og fra 16035-16500. Langs venstre side skal eksisterende østre forskjæring for Stavsjøfjelltunnelen utvides fra profilnummer ca. 15120 til 15180. Det vil også bli noe skjæring i berg langs venstre side av prosjektert E6 mellom profilnummer ca. 16170 til 16340. Forventet skjæringshøyde her liten, under 5 m, og prosjektert utforming er 1:2. Disse skjæringene er derfor ikke dette omtalt videre i denne rapporten.

For gruppering av innmålte strukturer i sprekkesett og for identifisering av mulige utglidningsplan og strukturer som kan danne kiler ble, i tillegg til observasjoner i felt, programvaren Dips fra Rocscience benyttet.

Bergartens lagdeling (L) er gjennomsettende og til dels foldet.

Det er observert drypp og vannsig langs eksisterende bergskjæring i tillegg til mulige vanndreneringsspor og små damer over skjæringene. Vann kan også drenere ut av sprekker i prosjekterte bergskjæringsvegger.

4.1 Stabilitet i bergskjæringene

For alle bergskjæringene omtalt i denne rapporten gjelder det at utrasinger kan forekomme som følge av plane utglidninger, kileutglidninger eller toppling forårsaket av sporadiske sprekker, eventuelt sporadiske sprekker i kombinasjon med identifiserte sprekkesett.

Stabilitetsvurderingene i dette kapittelet er basert på enkle analyser ved bruk av programvaren DIPS, samt observasjoner gjort under befaringene.

Observerte sprekkeflater er i overveiende grad lite ru, men det er ikke observert sprekkeinnfylling andre steder enn i bergskrenten parallelt bergskjæringen ved Stavsjø øst (Figur 9 E og F). Med unntak av i forvitrede soner er alle observerte bergarter i felt vurdert å være sterke eller meget sterke. Liten grad av ruhet er ugunstig for stabiliteten i de prosjekterte bergskjæringene.

Lagdelingen (L) er i hovedsak gjennomsettende og markert. Den kan likevel være vanskelig å identifisere, da den flere steder er foldet og kan forveksles med andre strukturer.

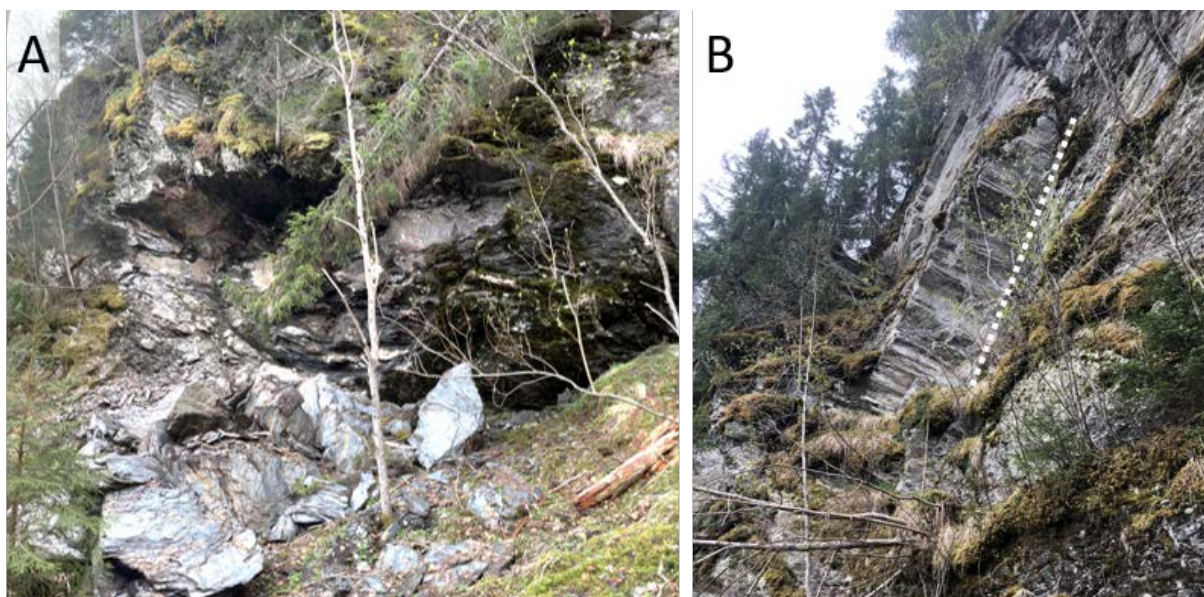
4.1.1 Stavsjø Øst

Den planlagte forskjæringa til Stavsjøfjelltunnelens østre påhugg vil få høyde på inntil om lag 25 m på høyre side og 20 m på venstre side. Det er ikke gjort innmålinger av strukturer langs eksisterende forskjæring. Stabilitetsbetraktninger her er derfor basert på registreringer over prosjektert påhugg og langs bergskrenten, samt avstandsobservasjoner av eksisterende forskjæring.

Høyre side

Sprekkesett A er orientert med spiss vinkel i forhold til eksisterende skrent og prosjektert bergskjæring, og plane utglidninger kan forekomme langs denne. Se Figur 24 B.

I tillegg kan kileutglidninger forekomme som følge av sprekkesettkombinasjonene A+B, A+C og C+D. Lagdelingen (L) er orientert med fall på omkring 30° inn i prosjektert bergskjæring og kan være avløsende struktur i topp for plane utglidninger og kileutglidninger. Se Figur 24 A.



Figur 24. A: Kileutglidning som følge av sprekkeseett A i kombinasjon med sprekkeseett C. L danner overheng i overkant. B: Sprekkeseett B, markert med hvit stiplet linje, avløser bergpartier i bergskrenten.

Venstre side

Berget langs eksisterende bergskjæring er lite til moderat oppsprukket, se Figur 10.

Plane utglidninger kan i teorien forekomme langs sprekkeseett B. L har også fall mot eksisterende og prosjektert veg, men denne strukturen er ikke observert med tilstrekkelig fall til at utglidninger kan forekomme. For øvrig er det ikke registrert sprekkeseett som kan medføre kileutglidninger.

Overhengende strukturer som følge av sprekkeseett A, som er orientert med omkring 20° vinkel i forhold til forskjæringen, er observert. De fleste boltene i eksisterende bergskjæring ser ut til å være montert av hensyn til dette sprekkesettet.

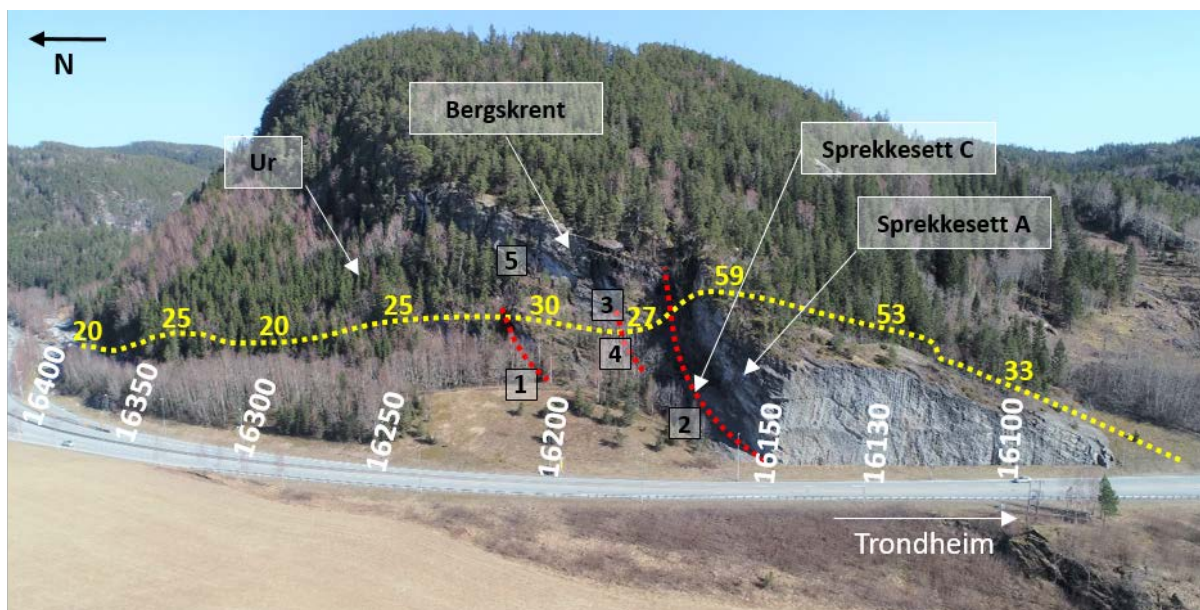
4.1.2 Hommelvikskjæringa

Eksisterende bergskjæring er nær 30 m høy, lite til meget lite oppsprukket, og helt uten bergsikring.

Den planlagte Hommelvikskjæringa vil få høyde på inntil ca. 60 m. Nord for eksisterende bergskjæring vil prosjektert skjæringstopp i partier gå parallelt med og nær foten av subvertikale bergskrenter. Gitt skjæringsutforming som skissert i kapittel 4.2 vil skjæringshøyde i store deler av dette intervallet være mellom 20 og 30 m, med bergskrenter på inntil ca. 50 m like innenfor prosjektert topp, se Figur 25 for illustrasjon.

Bergskjæringen skal anlegges i en høyrekurve. Plane utglidninger kan i teorien forekomme langs C i sørligste halvdel, mens utglidninger langs A er mer sannsynlig nord for profilnummer ca. 16300. Dette underbygges av observasjoner gjort på befaring, se Figur 20, samt Figur 25 og Figur 26.

I tillegg må kiledannelse som en følge av sprekkeseett A og C forventes å kunne inntreffe langs hele den prosjekterte bergskjæringen. Det samme er tilfellet for B og C og L og C.



Figur 25. Dronefoto fra Hommelvikskjæringa. Gul stiplet linje indikerer omtrentlig topp av prosjektert bergskjæring, gule tall omtrentlig skjæringshøyde. Røde stiplede linjer viser potensielle glideplan i form observerte gjennomsettende sprekker. Sorte tall refererer til bilder i Figur 26, og hvite tall angir omtrentlig profilnummer for prosjektert veg. Største høyde på eksisterende bergskjæring er ca. 29 m fra bunn grøft.



Figur 26. Nummereringen av bildene i figuren korresponderer med nummereringen i Figur 25. Bilde 2 og 3 viser glideplanet langs C (Figur 25). Bilde 1 viser potensielt glideplan like nord for dette. Bilde 4 og 5 viser strukturer og naturlig bergskrent.

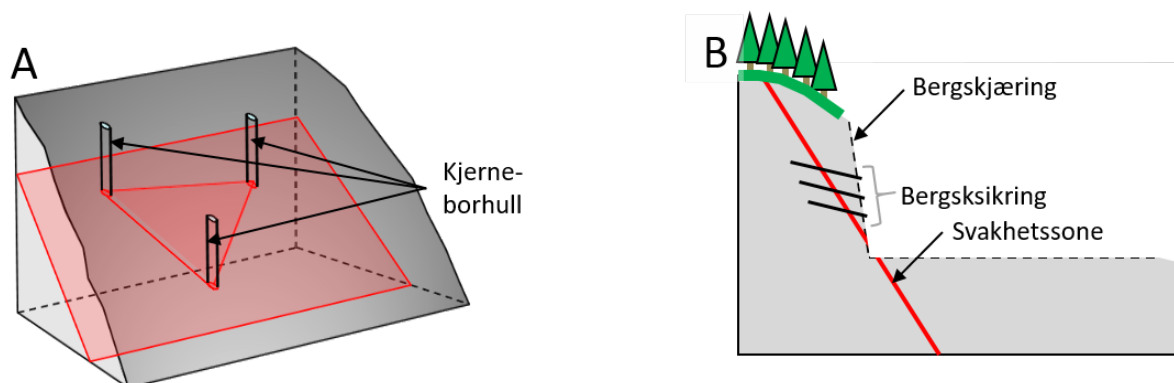
Sprekkeplanet vist i Figur 20, Figur 25 og Figur 26 1 og 2, er en svakhetssone. Svakhetssonen følger orienteringen til sprekkeseett C, som er lite ru, og har utholdenhet på flere titalls meter. Med unntak fra et parti på omkring 10 m lengst nord, har sonen fot i eksisterende bergskjæring.

Planlagt utvidelse av eksisterende bergskjæring vil føre til at svakhetssonen som følger sprekkeseett C kuttes, og at ny skjæring vil være uten fot. Derfor kan svakhetssonen i teorien medføre store plane utglidninger, eventuelt store kileutglidninger i kombinasjon med andre sprekker.

Rett nord for eksisterende bergskjæring, fra profilnummer ca. 16160 til 16170 er glideplanet for svakhetssonen eksponert, se Figur 20 og Figur 25. Dette antas å være en følge av stor plan utgliding langs C, avgrenset av bergskrenten i øst og strukturen med orientering som sprekkeseett A i sør (se Figur 25).

Generelt vil alltid inngrep i foten av steile bergskrenter medføre en økt risiko for store utglidninger. Dette er tilfellet fra profilnummer ca. 16160-16400, der de prosjekterte bergarbeidene medfører risiko for kutting av gjennomsettende sprekker med egenskaper tilsvarende svakhetssonen vist ved profilnummer 21660 i Figur 25. Lengst sør på dette intervallet er det risiko for plane utglidninger langs C. Nord for profilnummer ca. 16300, der avkjøringsrampen medfører at vegen bøyer av mot høyre, kan plane utglidninger forekomme langs sprekkeseett A. I tillegg kan større utglidninger inntreffe langs foreløpig uidentifiserte strukturer.

For å redusere risikoen for store utglidninger anbefales kjerneboring på utvalgte steder langs prosjektert bergskjæring (Figur 27). Forslag til borprogram er angitt i ingeniørgeologisk kart i vedlegg 1. Avgjørelser knyttet til vinkel og lengde på kjerneborhull, justering av plassering, justering av omfang, etc. gjøres i forbindelse med videre detaljering fram mot byggestart. For å identifisere og bestemme orienteringen av potensielle glideplan behøves minimum tre kjerneborhull per lokalitet, og kjernene må være orientert.



Figur 27 (Kilde: Kjetil Moen, Multiconsult Norge AS). A: prinsippskisse for påvisning av glideplan (rød farge) ved kjerneboring. B: Prinsippskisse som viser betydningen av å installere bergsikring før kutting av svakhetssoner.

For øvrig må stabiliteten i slike bergskrenter, samt bergskrenter nær linjen også i områder hvor det ikke skal etableres bergskjæring, vurderes på lik linje med stabiliteten i prosjekterte bergskjæringer.

4.2 Utforming av bergskjæringene

Der ikke annet er spesifisert, anbefales alle bergskjæringene omtalt i denne rapporten utformet med vertikale skjæringsvegger. Det er observert sprekker som kan medføre utfall i flere områder ved de prosjekterte bergskjæringene, og vertikale vegger bidrar til å redusere sannsynligheten for at eventuelt nedfall av stein og is treffer vegbanen [14] [15].

Skjæringer som ikke overstiger 20 meter høyde fra prosjektert nivå for dypsprengning anbefales etablert uten fjellhyller. Dersom prosjektert skjæringshøyde er betydelig høyere enn 20 meter anbefales det etablering av fjellhulle 20 m over nivå for dypsprengning, og deretter for hver 20. høydemeter etter dette, som illustrert i Figur 28 D. Se kapittel 4.5.1 for betraktninger knyttet til maksimalt boret lengde.

Basert på observert bergmassekvalitet, og for å ivareta hyllenes funksjon som barriere mot nedfall ved pallhøyder på 20 m, anbefales en prosjektert bredde på 10 m for fjellhyllene [15]. Figur 28 viser eksempler på ulike bergskjæringsutforminger sammenstilt med tanke glideplan med utgående i skjæringsfot. Som illustrert her vil berghylle også ha innvirkning på totalstabiliteten i bergskjæringer. I eksempelet i figuren vil effekten på totalstabiliteten være den samme ved 10 m pallhøyde og 5 m hyllebredde (Figur 28 B) som ved 20 m pallhøyde og 10 m hyllebredde (Figur 28 C). Ved skjæringshelning 10:1, 10 m pallhøyde og 5 m hyllebredde vil totalstabiliteten være noe bedre (Figur 28 D).

Som barriere og arbeidsplattform vil hyllen i figur D være mer funksjonell sammenliknet med B og D. I tillegg reduseres berguttaket i dette alternativet sammenliknet med alternativ D.

Basert på observerte bergforhold og enkle numeriske modelleringer vurderes glideplan med helning mindre 40° å være stabile, så fremt det ikke bygger seg opp vanntrykk.

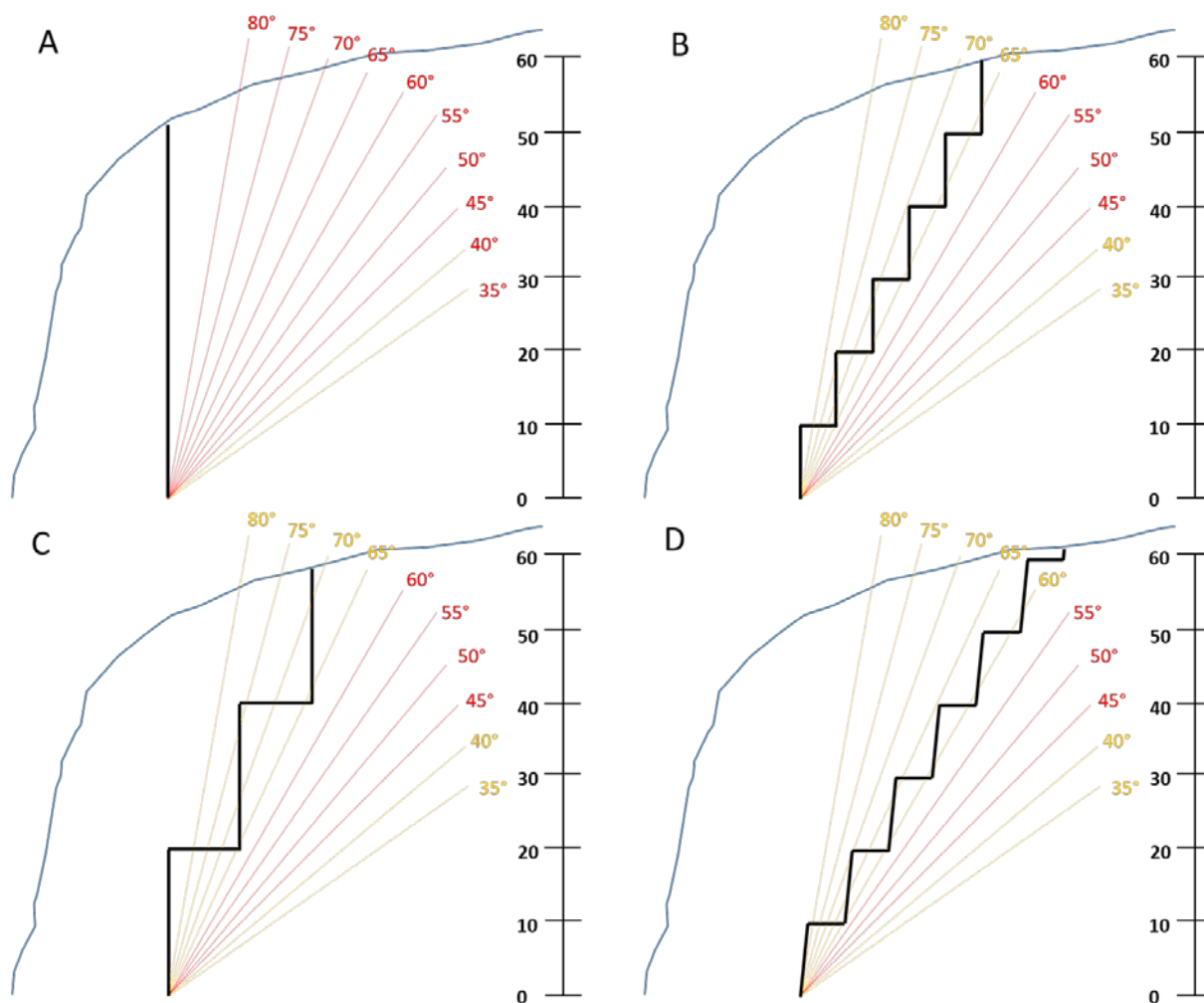
Der skjæringshøyde uten hylle vil bli 30 m eller lavere, og etablering av berghylle vil ha negativ konsekvens for sluttresultatet, anbefales bergskjæringen etablert uten hyller. Eksempler på negative konsekvenser av etablering av berghylle er betydelig økning i total skjæringshøyde og/eller at toppen av bergskjæringen kommer svært nær foten av eksisterende steile bergskrenter. Dette er aktuelt i områder der terrenget over topp av bergskjæring er bratt.

Som følge av dette anbefales bergskjæringen på begge sider av E6 ved Stavsjø Øst utformet uten hyller.

For Hommelvikskjæringa anbefales etablering av hyller fra profilnummer ca. 16090 til 16200. Øvrige deler av Hommelvikskjæringa etableres uten hyller, som illustrert i modellen i Figur 29.

For alle bergskjæringer gjelder likevel det at endelig avgjørelse med tanke på veggvinkel, hyllebredde og pallhøyde baseres på ingeniørgeologiske vurderinger etter at berget er avdekket og før boring for sprengning starter. Pallhøyde og hyllebredde kan derfor bli både mindre og større enn skissert ovenfor.

Normalprofil for bergskjæring er vist i vedlegg 2, og tverrprofiler for utvalgte profilnummer er presentert i vedlegg 3.



Figur 28. Prinsippskisser som viser ulike skjæringsutforminger ved 30 m skjæringshøyde. Stiplede linjer (rød og oransje) viser tenkte glideplan med utgående i fot av prosjektert skjæring. Rød farge indikerer plan som vanskelig lar seg identifisere og sikre ved aktuell skjæringsutforming. Oransje farge indikerer plan som lar seg identifisere og sikre underveis i berguttaket. A: Vertikal skjæring, ingen hyller. B: Vertikal skjæring, 5 m hyllebredde, 10 m pallhøyde. C: Vertikal skjæring, 10 m hyllebredde, 20 m pallhøyde. D: Skjæringshelning 10:1, 5 m hyllebredde, 10 m pallhøyde.



Figur 29. 3D modell av den prosjektert Hommelvikskjæringa. I modellen er hyllebredde 10 m, og pallhøyde 20 m i områdene der det er hylle. På profilnummer høyere enn 16200 er skjæringshøyden inntil 30 m.

4.3 Vann

4.3.1 Overflatevann i bergskjæringer

I tillegg til iskjøving og frostsprengning kan vann i berget medføre oppbygging av vanntrykk langs sprekkeplan, og slik bidra til å redusere stabilitet i bergskjæringer. For å unngå oppbygging av vanntrykk må behov for drenering vurderes i detaljeringsfasen og underveis i byggefasen. Metoder for drenering kan være både avskjæringsgrøfter over prosjektert bergskjæring, drenering langs prosjekterte berghyller og boring av dreneringshull i bergskjæringen. Slike tiltak vil også bidra til å redusere omfang av iskjøving og frostsprengning.

Stavsjø øst

Det forventes at noe større mengder vann enn det som ble observert under befaringene vil drenere ned og ut av og over den prosjekterte bergskjæringen ved nedbør og snøsmelting. Isnett kan derfor bli nødvendig i enkelte partier. Vann langs sprekkeplan i skjæringen vil kunne bidra til iskjøving og frostsprengning. Vannforholdene i skjæringene må kartlegges etter hvert som bergskjæringene etableres.

Langs venstre side er det ikke observert indikasjoner på fukt. Vannforholdene i skjæringen må likevel kartlegges etter at den er etablert.

Hommelvikskjæringa

I eksisterende bergskjæring er det kun observert mindre mengder isdannelse om vinteren. I sommersesongen er det ikke observert vann i skjæringen.

Langs bergskrenten nord for eksisterende bergskjæring er det observert noe mer is vinterstid. I tillegg er det under befaringer i den frostfrie sesongen observert ansamlinger av vann i fordypninger i terrenget, samt fuktige partier langs bergskrenten.

Det forventes at større mengder vann enn det som ble observert vil drenere ned over og ut av den prosjekterte bergskjæringen ved nedbør og ved snøsmelting.

Isnett forventes derfor å bli nødvendig i flere partier. Vann langs sprekkeplan i skjæringen vil kunne bidra til iskjøving og frostsprengning. Vannforholdene i skjæringene må kartlegges etter hvert som bergskjæringene etableres.

4.3.2 Grunnvann

Fordi topografien er slik at terrenget allerede faller bratt parallelt med de prosjekterte bergskjæringene, forventes ingen grunnvannssinking av betydning.

4.3.3 Brønner

Det er ikke registrert grunnvannsbrønner nærmere enn 500 m fra de prosjekterte bergskjæringene omtalt i denne rapporten [16].

Fordi alle bergskjæringer omtalt i denne rapporten skal etableres i områder med steilt sideterreng, vil de i liten grad kunne påvirke grunnvannsnivået.

4.4 Løsmasser over bergskjæringer

Generelt ventes løsmassene over bergskjæringen omtalt i denne rapporten å ha begrenset mektighet, og sjelden overstige 1 m. Unntakene er ved prosjektert forskjæring for Stavsjø øst, samt i områder med ur nord for eksisterende bergskjæring ved Hommelvikskjæringa.

Ved Stavsjøfjell Øst må løsmassene mellom prosjektert skjæringstopp og bergskrenten fjernes.

Langs Hommelvikskjæringa skal berget avdekkes før arbeid med etablering av bergskjæringar begynner. I tilfeller der det er urmasser nær prosjektert skjæringstopp, må disse fjernes, eventuelt stabiliseres ved tiltak som beskrives spesielt etter at arbeidene med fjerning av masser langs skjæringstopp har startet.

Skjæringar i løsmasser i lengst sør i Hommelvikskjæringa (profilnummer ca. 16030-16070) tilrås etablert med helning 1:2 eller slakere [9].

Løsmasseskjæringar i lagdelte løsmasser av sand, silt og leire med helning 1:2 er erfaringsmessig utsatt for overflateglidninger. For å redusere risikoen for overflateglidninger kan det bli behov for å masseutskifte med et lag med samfengt sprengstein i skjæringsskråninga. Alternativt kan det vurderes å stabilisere vegskjæringa med pukkfylte grøfter for hindre overflateglidninger [9].

4.5 Sprengning, boring og vibrasjoner

4.5.1 Sprengningsopplegg

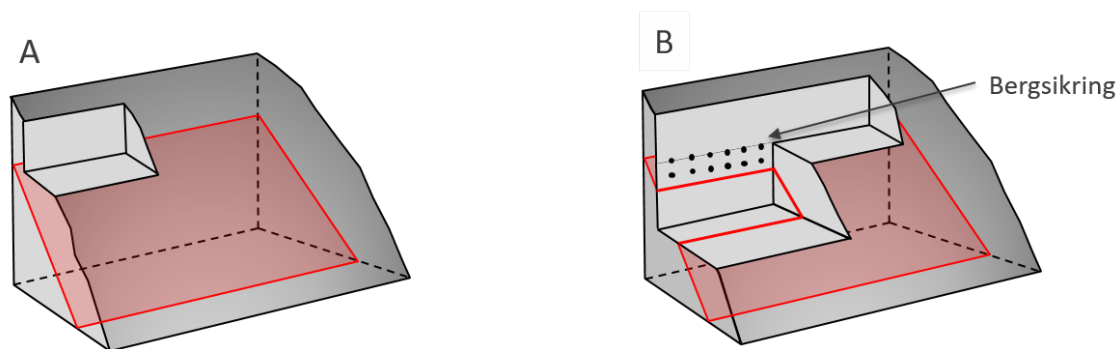
Sprengning utføres i utgangspunktet med konturhullavstand 0,7 m, som beskrevet i prosess 22.11 i Håndbok R761 [17]. Tiltak ved spesielle krav til kontur vurderes underveis i anleggsfasen.

Krav til maksimal pallhøyde skal fastsettes basert på ingeniørgeologisk kartlegging etter at berget er avdekket, se kapittel 4.2. Berget må være avdekket i en sone som strekker seg minimum 2 m utenfor prosjektert skjæringstopp.

Nøyaktig boring er viktig for å oppnå god konturkvalitet og redusert bergsikringsbehov, og boret lengde må tilpasses basert på registrert boravvik. Dersom skjæring etableres med høyde over 15 meter må den sprenges ut i minimum to omganger. Ved uakseptabelt boravvik må dette gjøres også ved mindre pallhøyder. I tilfeller der en pall deles i opp i flere pallhøyder, må det gjøres tiltak for å begrense ansetthakk til et minimum. Ansetthakk bør uansett ikke overstige 0,5 m.

Sprengningsopplegg skal tilpasses fortløpende, mens etablering av bergskjæringar pågår. Utsprengt bergskjæring skal lastes ut etter hver salve. Behov for arbeidssikring vurderes fortløpende, og utsprengte skjæringar skal avdekkes, kartlegges og sikres etter hver salve mot prosjektert kontur.

Ved etablering av bergskjæringar høyere enn 10 m og i tilfeller der utglidninger kan få betydelig konsekvens for tilstøtende areal, trafikkavvikling, etc., må det gjøres vurderinger av behov for tiltak før hver salve. Det forventes utstrakt behov for slike tiltak, for eksempel i form av forbolting, kombinert med seksjonsvis uttak av berg. Med seksjonsvis uttak menes redusert pallhøyde og/eller reduserte salvelengde og salvehøyde, slik at areal av midlertidig usikret bergskjæring begrenses. Se eksempel i Figur 30.



Figur 30 (Kilde: Kjetil Moen, Multiconsult Norge AS). Prinsippskisse for seksjonsvis uttak av berg. Rød farge illustrerer svakhetszone, som i figur B kuttes som følge av berguttak. Med framgangsmåten illustrert i dette eksempelet avdekkes svakhetssonen slik at denne kan sikres før berget over mister støtte fra omkringliggende berg.

Alt sprengningsarbeid skal utføres nær E6, og denne må stenges i forbindelse med hver salve. Salvetidspunkt, etc. må tilpasses for å redusere trafikkulempene.

4.5.2 Borbarhet, sprengbarhet og borslitasje

Det er ikke foretatt laboratorietesting av borbarhet, sprengbarhet og borslitasje i forbindelse med dette prosjektet. I det etterfølgende gis en kort vurdering om bergartenes mekaniske egenskaper relatert til borbarhet og sprengbarhet basert på erfaring i lignende bergforhold.

Bergartene ved bergskjæringene omtalt i denne rapporten består av omvandlede sedimentære bergarter (metasandstein, metasiltstein, metaleirstein eller fyllitt).

Publiserte laboratoriedata fra testing av metasandstein ved Teveldal i Meråker [18], viser $DRI = 37-54$ og $BWI = 24-36$, som tilsvarer lav til middels borbarhet og lav til middels borslitasje [19].

Laboratoriedata fra testing av grønnstein i Gjevingåsen jernbanetunnel, samt ved to ukjente lokaliteter i Trondheim viser $DRI = 42-60$ og $BWI = 21-30$ [18], som tilsvarer middels til høy borbarhet og lav borslitasje [19].

Bergarter med framtrædende foliasjon eller lagdeling kan gi utfordringer med tanke på sprengbarhet [19]. I tillegg kan fremtrædende foliasjon medføre utfordringer knyttet til retningsavvik.

Basert på dette må det forventes at sprengbarheten ved markert lagdeling, som observert flere steder ved lokalitet 1 vil være middels til dårlig. Det må også forventes utfordringer knyttet til retningsavvik ved boring.

4.5.3 Vibrasjonskrav

Vibrasjoner fra sprengning og anleggsvirksomhet

I følge NS8141:2001 [20] skal omkringliggende bygninger og andre konstruksjoner som kan tenkes å bli berørt av sprengningsarbeidet besiktigtes før og etter at arbeidet er utført. Som grense for det området en besiktigelse skal omfatte, anbefales en avstand på 50 m for byggverk fundamentert på berg og 100 m for byggverk fundamentert på løsmasser i områder med sammenhengende bebyggelse. Ved omfattende sprengningsarbeid skal, etter spesiell bedømming, besiktigelse utføres over større avstand [21].

I følge NS8141-2 [22] skal byggverk og anlegg som kan tenkes å bli berørt av vibrasjoner fra annen anleggsvirksomhet enn sprengning besiktiges før arbeidet igangsettes. Bygg og anlegg innenfor en avstand på 50 m fra anleggsstedet besiktiges. Ved spesielle grunnforhold kan det være behov for å utvide området for besiktigelsen.

Ved Stavsjø Øst er det identifisert flere bygg nær prosjekterte bergskjæringer. Disse er listet opp i Tabell 6. En rekke av bygningene listet opp i tabellen er enkle, provisoriske skjul som er i dårlig forfatning.

Langs Hommelvikskjæringa er det ikke identifisert bygninger innenfor en radius på 100 m fra områder hvor det planlegges sprengnings

Tabell 6. Oversikt over bygg nær området det skal sprenges i forbindelse med etablering av bergskjæringer omtalt i denne rapporten. Flere av byggene i listet opp skal rives, og tabellen må oppdateres når endelige avgjørelser knyttet til dette foreligger.

Gnr / bnr	Type bygg	Avstand	Fundamentering	Besiktigelse	Lokalitet
60/14	Enebolig	30 m	Løsmasse	Ja	Stavsjø Øst
60/14	Låve	20 m	Løsmasse	Ja	Stavsjø Øst
60/14	Garasje/skjul	75 m	Løsmasse	Ja	Stavsjø Øst
60/14	Garasje/skjul	0-5 m	Berg	Ja	Stavsjø Øst
60/14	7 stk. skjul/boder	30-80 m	Varierende	Nei	Stavsjø Øst
60/89	Enebolig	100 m	Ukjent	Ja	Stavsjø Øst
60/89	Garasje	75 m	Løsmasse	Ja	Stavsjø Øst
60/12	Enebolig	135	Løsmasse	Anbefales	Stavsjø Øst
60/12	Låve e.l.	130	Løsmasse	Anbefales	Stavsjø Øst
60/12	Garasje/skjul	125	Løsmasse	Anbefales	Stavsjø Øst
1006/16	Teknisk bygg, tunnel	60	Løsmasse	Ja	

4.5.4 Tiltak

Bygninger

Vurderingene i rapporten er basert på studier av topografiske kart og ortofoto [2] og geoteknisk rapport [8] [9].

Basert på innledende undersøkelser er det behov for bygningsbesiktigelse som angitt i Tabell 6. Byggene på eiendom med gnr/bnr 60/12 ligger mer enn 100 m fra prosjektert bergarbeid, men besiktigelse anbefales likevel.

Flere av bygningene på eiendom med gnr/bnr 60/14 skal trolig løses inn. Før dette er endelig avklart anbefales likevel besiktigelse som beskrevet i tabellen.

Bygningsbesiktigelse vil være ferdigstilt og rapportert innen anleggsstart. Grenseverdier for vibrasjoner vurderes på bakgrunn av besiktigelse.

Det forutsettes at sprengning legges opp slik at det ikke oppstår overskridelse av fastsatte grenseverdier. Målte vibrasjoner skal vurderes etter hver enkelt salve og danne grunnlag for å justere opplegget for etterfølgende salve for å unngå overskridelse.

Sprøbruddmateriale

Det er påvist forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale langs en betydelig andel av strekningen mellom Stavsjøfjelltunnelen og Helltunnelen. Forekomstene er vist Figur 31, og i ingeniørgeologiske kart i vedlegg 1.

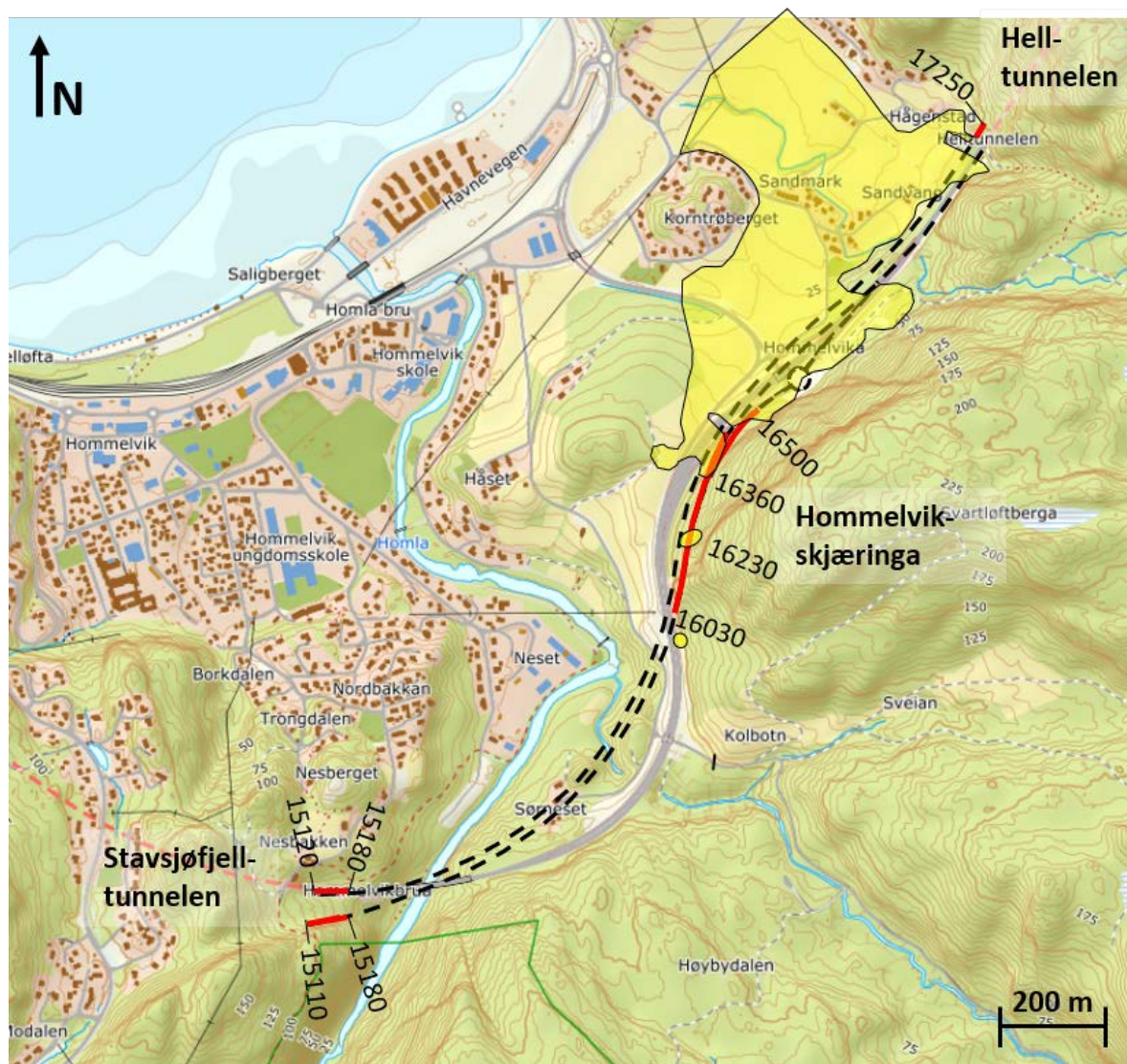
For detaljer knyttet til dette henvises det til geotekniske rapporter [8] [9].

Som det går frem av Figur 31 og vedlegg 1, skal det etableres bergskjæringer i områder nær, eller i direkte kontakt med, kvikkleire/sprøbruddmateriale ved profilnummer 16030 og 16230, og fra profilnummer ca. 16360 til 16500.

Som følge av dette vil det bli nødvendig med restriksjoner i forbindelse med sprengning og andre arbeider som medfører vibrasjoner, og det vil bli behov for montering av vibrasjonsmålere. Vibrasjonsmålinger må gjøres i henhold til beskrivelser i NS8141-3: 2014 [22]. Ved sprengning i nærheten av sprøbruddmateriale skal salveopplegget tilpasses slik at resulterende vibrasjoner fra sprengningen ikke overskrider 45 mm/s.

For å unngå risiko for stampeeffekt ved sprengning av berg direkte mot kvikkleire/sprøbruddmateriale må berget i disse områdene frigraves ned til minimum dypeste salvehull før sprengning. For øvrig skal ikke utvelting av sprengte masser til områder med kvikkleire/sprøbruddmateriale forekomme.

For ytterligere detaljer knyttet til kvikkleire/sprøbruddmateriale henvises det Multiconsults geotekniske rapporter [9] [10].



Figur 31. Oversiktskart som viser de tre områdene hvor det er planlagt bergarbeider i dagen (angitt med rød farge) i Malvik kommune og omtrentlig utbredelse av påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale (angitt med gul skraver). Linjeføringen og profilnummerangivelsene i figuren er omtrentlige.

4.5.5 Lufttrykkstøt mot byggverk

I følge NS8141-1 er veiledende grenseverdi for toppverdi av refleksjonstrykk fra sprengningsarbeid målt ved byggverk fastsatt til 500 Pa. Denne grenseverdien gjelder for avstander fra sprengningssted til byggverk på over 20 m.

Det må gjøres en risikovurdering med tanke på skade som følge av lufttrykkstøt på bygninger og installasjoner omtalt i kapittel 4.5.4. Dersom risikovurderingen tilsier at det er risiko for skade skal lufttrykket måles i tillegg til vibrasjonene [22]. Behov for slik måling vurderes basert på besiktigelse. Besiktigelse utføres og ferdigstilles før sprengningsarbeidene starter.

4.6 Bergsikring

Endelig sikringsbehov må vurderes på bakgrunn av ingeniørgeologiske befaringer etter at bergoverflaten er rensket, men før boring for sprengning påbegynnes, underveis i sprengningsarbeidene og etter at skjæringene er ferdig sprengt. Bergsikring skal utføres fortløpende, etter hvert som skjæringene sprenges ut.

All bergsikring gjøres i samråd med ingeniørgeolog.

4.6.1 Sikringsmidler

Nedenfor beskrives de mest aktuelle metodene og midlene for bergsikring i de prosjekterte bergskjæringene. I tillegg til dette vil det bli behov for rensk, bergsikring, etc. i naturlige bergskrenter og i bratt terreng over de prosjekterte bergskjæringene, samt i bratt terreng ovenfor linjen nord for den prosjekterte Hommelvikskjæringa. Dette er nærmere omtalt i kapittel 5.4.1.

Rensk

Alle bergskjæringer skal renskes, maskinelt og manuelt, ned til nivå for oppfylling av grøft.

Bergsikringsbolter

Bergskjæringene sikres med bergbolter. Alle bolter skal være fullt innstøpte. I tilfeller der umiddelbar sikringseffekt kreves benyttes kombinasjonsbolter. Det vil i hovedsak bli benyttet 3 og 4 m lange bolter, men det må i partier påregnes behov for utstrakt bruk av lengre bolter.

Ved arbeid fra tau, i naturlige bergskrenter, kan limbolter benyttes.

Forbolter

I partier hvor det forventes utfordringer knyttet til bevaring av kontur skal det monteres fordyblingsbolter (subvertikale forbolter). Disse monteres parallelt prosjektert skjæring, ca. 1 m utenfor prosjektert skjæringskant, og med fall på omkring 85° inn i skjæringen. Behov, bolteavstand og boltelengde vurderes av ingeniørgeolog i anleggsfasen, etter at bergoverflatene er avdekket, før boring for sprengning starter.

Stag

Stag skal være fullt innstøpte, og benyttes i partier hvor det kreves dyp forankring for å sikre tilstrekkelig stabilitet.

Nett

Steinsprangnett er aktuell sikringsmetode i områder der berget er tett oppsprukket.

Isnett vil være aktuell sikringsmetode der iskjøving kan forekomme. Plassering og nødvendig mengde baseres på kartlegging og vurdering av vann- og bergforhold i utsprengte bergskjæringer.

Sprøytebetong

I soner med sterkt oppsprukket eller forvitret berg kan sprøytebetong være aktuell sikringsmetode.

4.6.2 Sikringsmengder

Anslag over nødvendig sikringsomfang i prosjekterte bergskjæringer, samt terrenget rett ovenfor disse, er angitt i Tabell 7 og Tabell 8. Anslagene, som er basert på bergforholdene observert under befaring, er omtrentlige og forutsetter skjæringsutforming som beskrevet i denne rapporten. Særlig er behov for dyblingsbolter, isnett, lange bolter og stag vanskelig å kvantifisere før skjæringsarbeidene starter.

Endelig sikringsbehov, type sikringsmidler og metode for utførelse må baseres på observerte bergforhold, vannmengder og iskjøving, mens arbeidene pågår og etter at skjæringene er etablert.

Tabell 7. Anslåtte hovedmengder for bergsikring i Hommelvikskjæringa, inkludert bratt terreng like ovenfor denne.

Prosess	Prosessnavn	Enhet	Mengde	Kommentar
23	Rensk og sikring i dagen			
23.1	Rensk av skjæringer i berg, fjerning av renskemasse	m ²	10 000	Inkluderer ikke rensk i terreng over bergskjæringer.
23.2	Bolter			Totalt 1 800 stk.
23.21	Fullt innstøpte bolter			
23.213	Lengde 3 m, diameter 20 mm	stk.	700	
23.214	Lengde 4 m, diameter 20 mm	stk.	400	
23.215	Lengde 5 m, diameter 20 mm	stk.	300	
23.216	Lengde 6 m, diameter 20 mm	stk.	300	
23.24	Forbolter til topp skjæring			Totalt 400 stk.
23.244	Forbolter, 6 m, diameter 32 mm	stk.	200	
23.245	Forbolter, 8 m, diameter 32 mm	stk.	100	
23.245	Forbolter, 12 m, diameter 32 mm	stk.	100	
23.25	Stag			Totalt 250 stk.
23.2591	Forbolter, 12 m, diameter 32 mm	stk.	80	
23.2592	Selvborende stag	stk.	140	Ischebeck eller tilsvarende. Dimensjoneres spesielt.
23.3	Sikring med bånd og nett			
23.31	Bånd	m	200	
23.32	Nett	m ²	2500	Isnett/steinsprang nett
23.33	Ekstra festebolter for bånd og nett	stk.	500	
23.42	Sprøytebetong B35 M45 med fiber	m ³	70	

Tabell 8. Anslåtte hovedmengder for bergsikring i ved forskjæringen Stavsjø Øst, inkludert bergskrenten ovenfor denne. Unntatt fra mengdene er eventuelt forlenging av portal for beskyttelse mot nedfall fra skrent.

Prosess	Prosessnavn	Enhet	Mengde	Kommentar
23	Rensk og sikring i dagen			
23.1	Rensk av skjæringer i berg, fjerning av renskemasse	m ²	2 500	Inkluderer ikke rensk i terreng over bergskjæringer.
23.2	Bolter			Totalt 900 stk.
23.21	Fullt innstøpte bolter			
23.213	Lengde 3 m, diameter 20 mm	stk.	300	
23.214	Lengde 4 m, diameter 20 mm	stk.	200	
23.215	Lengde 5 m, diameter 20 mm	stk.	200	
23.216	Lengde 6 m, diameter 20 mm	stk.	200	
23.24	Forbolter til topp skjæring			Totalt 100 stk.
23.244	Forbolter, 6 m, diameter 32 mm	stk.	50	
23.245	Forbolter, 12 m, diameter 32 mm	stk.	50	
23.25	Stag			Totalt 60 stk.
23.2591	Forbolter, 12 m, diameter 32 mm	stk.	20	
23.2592	Selvborende stag	stk.	40	Ischebeck eller tilsvarende
23.3	Sikring med bånd og nett			
23.31	Bånd	m	400	
23.32	Nett	m ²	1000	Isnett/steinsprang nett
23.33	Ekstra festebolter for bånd og nett	stk.	200	
23.42	Sprøytebetong B35 M45 med fiber	m ³	70	

Tabell 9 gir et estimat for behov for supplerende bergsikring i eksisterende bergskjæring mellom profilnummer ca. 17030 og 17130.

Mengder for sikring i bratt terreng utenom bergskrenter ovenfor prosjekterte bergskjæringer er ikke inkludert. Dette er nærmere omtalt i kapittel 5.4.1, som beskriver tiltak for reduksjon av risiko for steinsprang.

Tabell 9. Estimert behov for supplerende bergsikring i eksisterende bergskjæring mellom profilnummer ca. 17030 og 17130.

Prosess	Prosessnavn	Enhet	Mengde	Kommentar
23	Rensk og sikring i dagen			
23.1	Rensk av skjæringer i berg, fjerning av renskemasse	m ²	2 500	Inkluderer ikke rensk i terreng over bergskjæringer.
23.2	Bolter			Totalt 150 stk.
23.21	Fullt innstøpte bolter			
23.213	Lengde 3 m, diameter 20 mm	stk.	75	
23.214	Lengde 4 m, diameter 20 mm	stk.	75	
23.3	Sikring med bånd og nett			
23.31	Bånd	m	20	
23.32	Nett	m ²	1000	Isnett/steinsprang nett
23.33	Ekstra festebolter for bånd og nett	stk.	200	
23.42	Sprøytebetong B35 M45 med fiber	m ³	10	

4.7 Kvalitet og anvendelse av steinmaterialet

4.7.1 Mekaniske egenskaper

I henhold til Statens vegvesens håndbok N200 [14] stilles det krav til blant annet Los Angeles-verdi og micro-Deval-koeffisient for tilslagsmaterialer til vegbygging. Hvilke krav som stilles avhenger av om tilslagsmaterialet skal benyttes i dekke, bærelag eller forsterkningslag, og kravene øker med økende trafikkmengde (årsdøgntrafikk). Kravene er gjengitt i Tabell 5.

Framskrevet ÅDT langs den aktuelle strekningen er beregnet til ca. 36 000 for år 2045.

Tabell 10. Utdrag fra figur V3.1 i Statens vegvesens håndbok N200 [14].

Tabell 10: Styring fra nivå V0.1 i Statens vegvesens håndbok N200 [14].

Bruksområde	ÅDT											
	<300		300-1500		1500-3000		3000-5000		5000-15000		>15000	
Dekke	≤40		≤30		≤30		≤30		≤25		≤15	
LA-verdi												
	TRAFIKKGRUPPE											
	A		B		C		D		E		F	
	LA	MD	LA	MD	LA	MD	LA	MD	LA	MD	LA	MD
Bærelag, Bitumenstabiliserte	≤40	≤20	≤40	≤15	≤30	≤15	≤30	≤15	≤30	≤15	≤30	≤15
LA-verdi/Micro-Deval koeffisient												
Bærelag, Mekanisk stabiliserte	≤35	≤20	≤35	≤15	≤35	≤15	≤35	≤15	-	-	-	-
LA-verdi/Micro-Deval koeffisient												
Forsterkningslag	≤35	≤20	≤35	≤15	≤35	≤15	≤35	≤15	≤35	≤15	≤35	≤15
LA-verdi/Micro-Deval koeffisient												

Verken for denne eller for tidligere reguleringsplan [23] er det samlet inn prøver og gjort tester for mekaniske egenskaper.

I en rapport utarbeidet av NGU, på oppdrag for Nye Veier, konkluderes det med at bergartene langs bergskjæringer ved Homla holder dårlig kvalitet, og at disse ansees som uegnet til vegbygging [24].

Stavsjøfjelltunnelen går til dels gjennom tilsvarende eller lignende bergarter som de som er kartlagt ved lokalitet 1, se geologisk kart i Figur 5. Basert på erfaringer fra drivingen av Stavsjøfjelltunnelen [23], kan i teorien deler av steinmaterialet fra prosjekterte bergskjæringer ved Stavsjø øst benyttes i forsterkningslag. Dette vil forutsette fungerende rutiner for identifisering og sortering av berg med tilstrekkelig kvalitet.

Dersom usikkerhet knyttet til anvendbarhet skal reduseres må dette gjøres som en del av detaljprosjekteringen fram mot byggestart. Bergets mekaniske egenskaper ventes å variere med vekslingen mellom metasand-/metasiltstein, fyllitt, konglomerat og rhyolittisk tuffitt. Systematisk prøvetaking og laboratorietesting etter hvert som uttak av

bergskjæringene skrider fram er derfor nødvendig for å ha kontroll på anvendbarheten av steinmaterialet.

4.7.2 Sulfidinnhold og utlekkingspotensial

Sulfidmineraler er en gruppe mineraler bestående av metall-svovelforbindelser [25], og ulike sulfidmineraler har ulike egenskaper. Forekomst av sulfider er normalt i bergartene på strekningen omtalt i denne rapporten, og sulfidførende bergarter er observert ved Stavsjø øst. Sulfider kan opptre i mindre mengder også ved Hommelvikskjæringa, selv om dette ikke er observert under befaringer.

Sulfidmineralet observert under befaringer er pyritt, som har kjemisk formel FeS_2 . Pyritt er stabilt, og bidrar normalt sett i liten grad til sur avrenning. Videre er det gjort en rekke observasjoner av kalkholdig berg. Kalk er basisk, og vil virke nøytraliserende på eventuell sur avrenning som følge av sulfider.

Sannsynlighet for sur avrenning eller utlekking av metaller fra utsprengt stein vurderes som liten. Likevel skal det i detaljeringsfasen, før byggestart, tas bergartsprøver for analyse med tanke på kartlegging av risiko for dette.

4.8 Geoteknisk kategori

Eurokode 7 [26] stiller krav til prosjektering ut fra tre ulike geotekniske kategorier, og valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «Krav til prosjektering».

For konstruksjoner i/på berg anbefales det at prosjektets pålitelighetsklasse (CC/RC) benyttes som utgangspunkt for fastsettelse av geoteknisk kategori [27]. Eurokode 0 [28] definerer konstruksjoners plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/RC). Veiledende eksempler på klassifisering av konstruksjoner i pålitelighetsklasser er vist i nasjonalt tillegg NA.A1 (901), og gjengitt i utdrag i Tabell 11. Her er grunn- og fundamenteringsarbeider splittet i følgende to alternativer:

- «i kompliserte tilfeller»
- «ved enkle og oversiktlige grunnforhold»

Fra Tabell 11 vurderes det at alle bergskjæringene omtalt i denne rapporten, grunnet stor skjæringshøyde, bratt sideterreng og nærhet til ømfintlige løsmasser skal ligge i pålitelighetsklasse 3.

Tabell 11 Utdrag fra tabell NA.A1(901) i Nasjonalt tillegg til Eurokode 0.

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasse (CC/RC)			
	1	2	3	4
Atomreaktorer, lager for radioaktivt avfall				x
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller ¹⁾		(x)	x	(x)
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg ved enkle og oversiktlige grunnforhold ¹⁾	x	(x)		
¹⁾ Ved vurdering av pålitelighetsklasse for grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og byggverk				

Tabell 12 [27] Vanskelighetsgraden vurderes på grunnlag av grunnforhold og type prosjekt og kan klassifiseres som følger

Vanskelighetsgrad	
Lav	Oversiktlige og enkle grunnforhold eller et prosjekt som er lite påvirket av grunnforholdene. Ingen eller bare enkle grunnundersøkelser kreves for å fastlegge eventuelle nødvendige geotekniske parametere. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.
Middels	Noe uoversiktlige eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som er påvirket av grunnforholdene. Grunnforholdene kan fastlegges med rimelig grad av nøyaktighet. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.
Høy	Uoversiktlige eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som er påvirket av grunnforholdene. Grunnforholdene kan bare delvis fastsettes og undersøkelser under bygging kan være nødvendig.

Geoteknisk kategori fremkommer som en funksjon av pålitelighetsklasse og vanskelighetsgrad [27]. Vanskelighetsgraden vurderes være høy i områdene hvor skjæringshøyden overstiger 10 m. Ved lavere høyder kan vanskelighetsgraden vurderes som middels. Fordi nesten ingen deler av de prosjekterte bergskjæringene har høyde lavere enn 10 m anses vanskelighetsgraden som høy hele vegen.

Av Tabell 13 får vi da at alle bergskjæringene omtalt i denne rapporten klassifiserer i geoteknisk kategori 3.

Dette er i tråd med retningslinjene til Statens vegvesens Håndbok N200 [14], som sier at bergskjæringene høyere enn 10 m vanligvis plasseres i geoteknisk kategori 3.

Tabell 13 [27]. Definisjon av geoteknisk kategori.

Pålitelighetsklasse	Vanskelighetsgrad		
	Lav	Middels	Høy
CC/RC 1	1	1	2
CC/RC 2	1	2	2/3
CC/RC 3	2	2/3	3
CC/RC 4 *	*	*	*
* Vurderes særskilt			

Pålitelighetsklasse 3 utløser behov for utvidet kontroll, jamfør figur 202.1 og 202.2 i Håndbok N200 [14]. Utvidet kontroll innebærer at det i tillegg til grunnleggende kontroll og kollegakontroll er krav om uavhengig eller utvidet kontroll, både for prosjekteringen og utførelsen. Uavhengig kontroll av prosjektering skal utføres av annet foretak enn det som utførte prosjekteringen, og som er uavhengig av foretaket som utfører arbeidet. Dette innebærer basiskontroll, intern systematisk kontroll og uavhengig kontroll av oppfølging og kartlegging i byggefase [14].

4.9 Krav til prosjektering

Eurokode 7 [26] sitt kapittel 2.1 «Krav til prosjekteringen», stiller krav til at det for hver geoteknisk dimensjon skal kontrolleres at ingen aktuelle grensetilstander overskrides, og presenterer fire ulike prosjekteringsprinsipper for ivareta dette.

For konstruksjonene omtalt i denne rapporten vil aktuelle prinsipper være prosjektering ved konstruktive tiltak i kombinasjon med prosjektering ved observasjonsmetoden, beskrevet i henholdsvis kapittel 2.5 og 2.7 i Eurokode 7 [26].

4.10 Oppfølging i byggefase

4.10.1 Ingeniørgeologisk kompetanse

Det skal foretas ingeniørgeologiske befaringer etter at berget er avdekket, før sprengning finner sted.

Sprengningsopplegg skal tilpasses fortløpende mens etablering av bergskjæringer pågår. Utsprengt bergskjæring skal lastes og kartlegges etter hver salve. Denne kartleggingen skal utføres av ingeniørgeolog med relevant erfaring, og vil danne grunnlaget for vurdering og justering av sprengningsopplegget, som beskrevet i kapittel 4.5.1. Deler av vurderingene må utføres fra kran med korg eller annen egnet arbeidsplattform.

Rekkefølge på berguttak, behov for fortløpende bergsikring og begrensninger knyttet til boret lengde, salvestørrelse etc. bestemmes i samråd med ingeniørgeologen.

4.10.2 Dokumentasjon

Det må utarbeides kontrollplan for oppfølging av arbeid med bergskjæringer før arbeidene starter.

Bergforhold og installerte sikringsmidler må dokumenteres ved ingeniørgeologisk kartlegging og fotografering. Av foto bør bergforhold, samt mengde og type installert sikring gå tydelig fram. For sikringsbolter må det angis boltelengde og boltetype.

Det må utarbeides ingeniørgeologisk sluttrapport for prosjektet.

4.10.3 Vibrasjoner fra sprengning – Kvikkleire

Behov for vibrasjonsovervåkning og oppfølging med tanke på kvikkleirestabilitet må avklares i samråd med geotekniker, se kapittel 4.5.4.

4.10.4 Vibrasjoner fra sprengning – Bygninger og infrastruktur

Dersom resultatene etter besiktigelse tilsier det, må det gjennomføres vibrasjonsmålinger på vibrasjonsutsatte bygg, jamfør kapittel 4.5.3.

4.10.5 Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA)

Arbeider knyttet til etablering av bergskjæringer er risikoutsatt.

Blant forhold som må vies oppmerksomhet er (listen er ikke uttømmende):

- Entreprenøren må utarbeide sikker jobbanalyse i forkant av alle risikoutsatte arbeidsoperasjoner på bakgrunn av en overordnet risikovurdering i SHA-planen.
- Det må etableres rutiner for trafikkavvikling, varsling og stengning av veg.
- Det må utarbeides sjekklistor for gjennomgang før veg kan gjenåpnes etter stengning.

- For å ivareta arbeidssikkerheten må sikringsbehovet i bergskjæringene vurderes etter hver salve.
- Ved høye bergskjæringar må pallstabiliteten vurderes fortløpende med tanke på arbeidsoperasjoner som skal foregå fra denne.
- Ved arbeid nær bratt terreng, og inngrep i foten av bergskrenter, må stabilitet vurderes fortløpende. Både i bergskjæringar, bergskrenter og i ovenforliggende terreng.
- I partier hvor det har vært sprengningsarbeider i forbindelse med eksisterende veger må risiko for påboring av gjenstående sprengstoff vurderes, og eventuelle risikoreduserende tiltak iverksettes [29].
- Høyspentlinje på venstre side av prosjektert og eksisterende veg ved profilnummer ca. 16050.

5 SKRED OG STEINSPRANGRISIKO

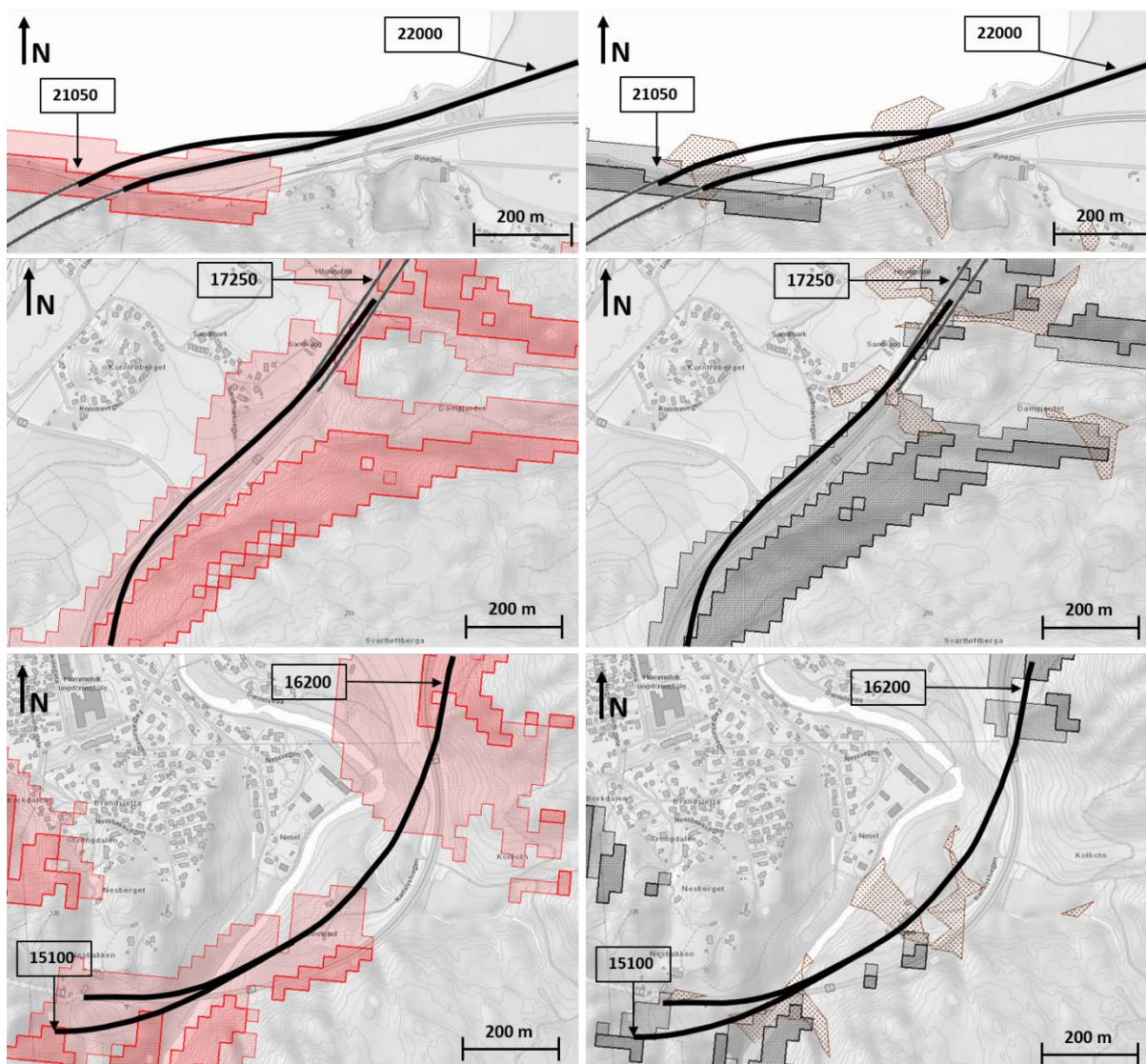
5.1 Forutsetninger

Vurderingen av skred- og steinsprangrisiko i denne rapporten er basert på NVEs aktsomhetskart [30], databaser over registrerte skredhendelser [30] [31], topografiske kart med ekvidistanse 1 m [2] og befaringer i felt.

Skredtypene som er vurdert er snøskred, jord- og flomskred og steinsprang. Det er kun naturlig terreng som er vurdert. Sikkerhet i berg- og løsmasseskjæringar forutsettes ivarettatt gjennom stabiliseringstiltak i forbindelse med etablering.

Risiko for kvikkleireskred er ikke vurdert i denne rapporten. For vurderingar knyttet til dette henvises det til geoteknisk vurderingsrapport for reguleringsplan [9] [10].

Aktsomhetskart fra NVE er vist i Figur 32. Kartene fra NVE er basert på topografi, og tar ikke hensyn til forhold som geologi, vegetasjon, vind, forventede snø- og nedbørmengder eller type og tykkelse av løsmasser. Aktsomhetskartene beskriver kun områder der topografien tilsier at snøskred, steinsprang og jordskred kan utløses og områder hvor skredene vil kunne ha utløp. Aktsomhetskartene beskriver altså ikke sannsynligheten for at skredhendelser vil inntreffe. Videre er det slik at ekvidistansen aktsomhetskartene er basert på er stor, og følgelig kan det finnes mindre løsneområder som ikke er indikert i disse kartene.



Figur 32. Aktsomhetskart fra NVE [30]. Aktsomhetskart for snøskred (venstre) og steinsprang og jord/flomskred (høyre). Mørk og lys rød farge indikerer henholdsvis teoretisk løсне- og utløpsområde for snøskred, mens mørk og lys grå farge indikerer tilsvarende for steinsprang. Brun farge indikerer aktsomhetsområde for jord/flomskred.

5.2 Historikk, grunnundersøkelser og Befaringsobservasjoner

Historikk

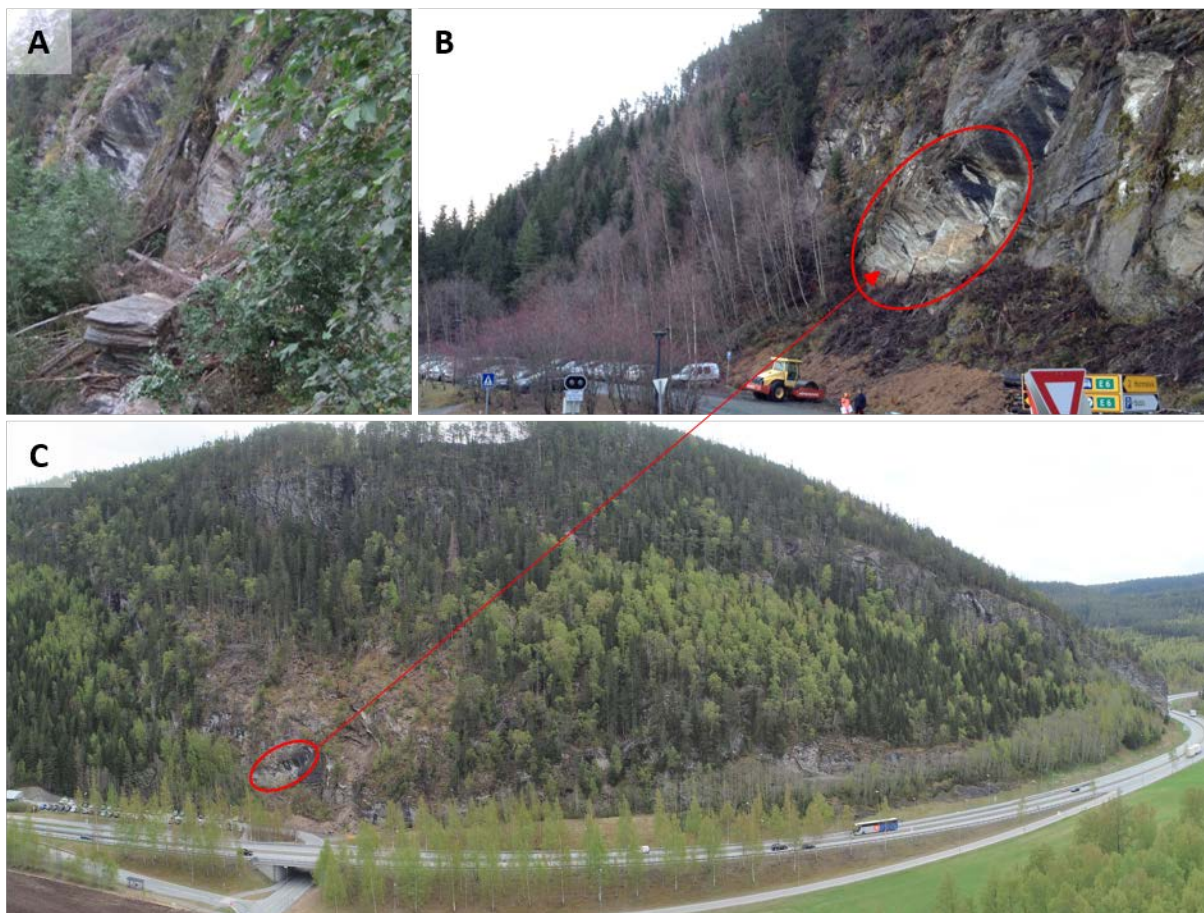
I NVEs kartapplikasjon «Skrednett» [30] og Statens vegvesen «Vegkart» [31] er det rapportert om to skredhendelser, i form av henholdsvis steinsprang og jordskred, langs den aktuelle strekningen. Begge disse skal ha funnet sted nær sørøstre påhugg for Helltunnelen.

Steinspranget, omtalt både av «Skrednett» og «Vegkart», skal ha funnet sted i mai 2014, og bestod av et nedfall med volum mindre enn 1 m^3 . Kilden var eksisterende bergskjæring ca. 100 m sørvest for tunnelpåhugget, og steinspranget medførte ikke stengt veg [31].

Jordskredet er kun omtalt av «Skrednett», og er i denne applikasjonen angitt på kart i dalføret rett øst for Helltunnelens søndre påhugg. Tilhørende beskrivende tekst sier at

skredet var et våtjordskred som gikk i september 2012, rett ved pendlerparkeringen langs E6. Pendlerparkeringen befinner seg derimot ca. 500 m sørøst for dette. Stedsangivelsen på kart, samt beskrivelse av skredtype er trolig gal.

Fotomateriale mottatt fra Statens vegvesen viser utrasing av et bergparti nær pendlerparkeringen ved nordgående avkjøring fra E6 mot Hommelvik, nær profilnummer ca. 16640 langs prosjektert E6. Se Figur 33.



Figur 33. A og C (kilde: Statens vegvesen): Utrasingsområdet før og etter opprydding i 2012. C: Oversiktsfoto over området.

Med unntak av de to hendelsene beskrevet ovenfor har ikke undersøkelsene i forbindelse med reguleringsplanarbeidet avdekket rapporter om skred eller steinsprang langs E6 mellom Stavsjøfjelltunnelen og Værnes.

5.3 Befaringsobservasjoner

5.3.1 Steinsprang

I følge aktsomhetskartene vist i Figur 32 ligger store deler av strekningen mellom tunnelene innenfor mulige løsne- og utløpsområder for steinsprang.

På befaringer i området det observert flere potensielle løsneområder for steinsprang, i tillegg til ur og enkeltblokker med størrelse inntil ca. 100 m³ (Figur 21). Også i områder som ikke er angitt som aktsomhetsområde for steinsprang er det observert slike løsneområder. Et eksempel på dette er bergskrenten langs forskjæringen ved Stavsjø øst, vist i blant annet Figur 7 og Figur 24.

I resten av dette kapittelet ligger hovedfokuset på området ovenfor den prosjekterte Hommelvikskjæringa, samt området like nord for dette.

Figur 34 viser et oversiktsfoto, der kjente faktiske og potensielle løsneområder, samt områder hvor det er observert ur, er avmerket.

Område 1 består til dels av en vertikal bergskrent. Søndre halvdel av denne er lite oppsprukket, uten observert ur i nedkant, men med steile gjennomsettende sprekker som avløser store bergflak som vist i Figur 35 A. Nordre halvdel av skrenten har mer sprekkeavløst berg, og er en kilde til urmassene observert i område 2.

Det er observert urmasser flere steder innenfor område 4. Som beskrevet i kapittel 3.2.2 er det observert ulike blokkstørrelser i ulike deler av området. Den største observerte enkeltblokken er vist i Figur 35 B.

I område 3 er det en bergskrent hvor det observert store sprekker som potensielt avløser blokker på flere titall kubikkmeter. Et noe mindre sprekkeavløst parti i dette området er vist i Figur 35 C. I tillegg er det observert store enkeltblokker på nedsiden av bergskrenten.

Område 4 er en vertikal bergskrent. Det er ikke observert spor etter nedfall herfra.

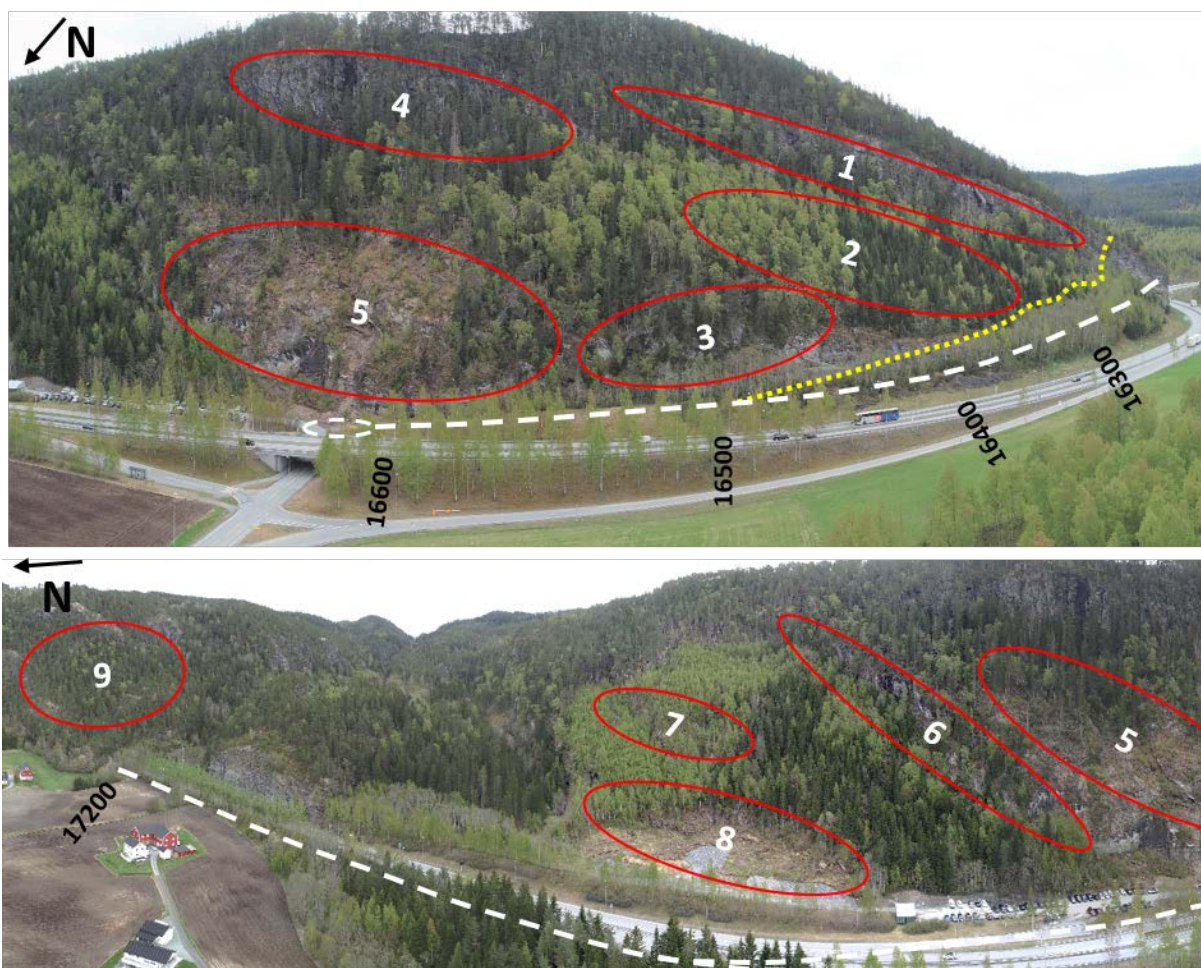
Område 5 er et bratt parti hvor det er observert flere overhengende bergpartier og åpne sprekker. Det er også innenfor dette området utrasingen omtalt i kapittel 5.2 fant sted. Bildet i Figur 35 D er tatt oppover, fra foten av bergskrenten, og viser et løsneområde ca. 20 høydemeter over prosjektert veg.

Område 6 er steil bergskrent. På befaringer er det ikke observert avløst berg i denne.

I område 7 er det observert flere tilsynelatende avløste bergpartier, det største har volum større enn 100 m^3 . Urmassene nedenfor dette partiet stopper noen titalls meter fra prosjektert veg.

I område 8 er det observert ur og store enkeltblokker, der majoriteten ble vurdert å ha størrelse mellom 5 og 50 m^3 .

Område 9 er et bratt område over påhugg for Helltunnelen. Det er observert steile bergskrenter, men ikke spor etter steinsprang.



Figur 34. Grov oversikt over ur (ellipse 2) og potensielle løseområder (ellipse 1, 3, 4 og 5) langs Hommelvikskjæringa. Hvit stiplert linje angir omtrentlig senterlinje for nordgående felt og avkjøringsrampe, samt planlagt rundkjøring ved pendlerparkeringen. Sorte tall angir omtrentlig profilnummer. Gul stiplert linje er en grov skisse over prosjektert skjæringstopps fotavtrykk.



Figur 35. Bildene er eksempler på observerte forhold i noen av områdene definert i Figur 34. A er fra høyre del av område 1, B er fra område 2, C er fra område 3 og D er fra område 5.

5.3.2 Snøskred

Under befaringer har ikke Multiconsult observert spor etter tidligere snøskredhendelser langs prosjektert trasé, og det er ikke funnet kilder som rapporterer om tidligere snøskredhendelser i området.

5.3.3 Jord- og flomskred

I følge aktsomhetskartene vist i Figur 32 kommer ny prosjektert trasé i berøring med aktsomhetsområder for jord- og flomskred sju steder på strekningen mellom Stavsjø Øst og Værnes.

Ingen av disse stedene er det observert spor etter eller rapportert om skredhendelser.

Ved de tre sørligste av disse stedene, mellom profilnummer ca. 15300 og 15900, vil prosjektert E6 gå over bru eller anlegges på høy fylling. Ved profilnummer ca. 16970 17200, 21200 og 21560 er aktsomhetsområdene definert langs eksisterende bekker eller strukturer i terrenget som tydelig drenerer over prosjektert veg.

5.4 Risikovurdering – Skred og steinsprang

Forslag til akseptkriterier for skred på veg er gitt i NA-rundskriv 2014/08 [32] og gjengitt i Tabell 14.

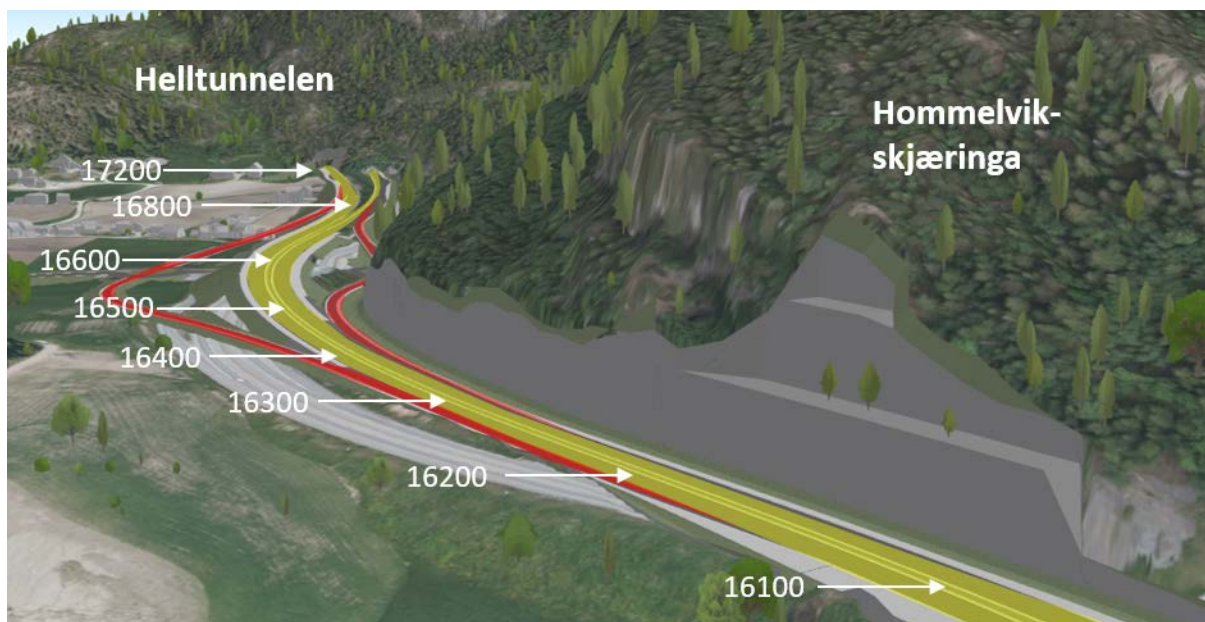
Tabell 14. [32]. Risikomatrise for skred på vegstrekning. Grønn, gul og rød farge angir akseptnivå.

Årlig nominell skredsannsynlighet per enhetsstrekning	I $1/2 \geq F > 1/5$						
	II $1/5 \geq F > 1/10$						
	III $1/10 \geq F > 1/20$						
	IV $1/20 \geq F > 1/50$						
	V $1/50 \geq F > 1/100$						
	VI $1/100 \geq F >$						
	VII $1/1000 \geq F$						
	Trafikkmengde (ÅDT)	A <200	B 200-<500	C 500-<1500	D 1500-	E 4000-	F ≥8000
Akseptabel strekningsrisiko		Tolererbar strekningsrisiko. Aksept avhenger av skredintensitet og kost-nytte-analyse. Akseptnivå besluttet av regionledelsen (vegeier hos fylkesk.).				Uakseptabel strekningsrisiko	

Fremskrevet ÅDT for prosjektert E6 på strekningen er beregnet til 36 600 for år. For av- og påkjøringsrampene langs nordgående felt ved Hommelvikkrysset er fremskrevet ÅDT (2045) ca. 1900, se Figur 36. ÅDT over 8000 er største aksepterte sannsynlighet for skred og steinsprang som kan resultere i stengt veg eller ulykke 1/1000, mens den ved ÅDT mellom 1500 og 4000 er 1/50 (se Tabell 14).

Sannsynlighet er delt inn i klasser basert på årlig nominell sannsynlighet for skredstengt enhetsstrekning. En enhetsstrekning er her definert som en veglengde på 1 km, med start fra den ene ytterkanten av den aktuelle strekningen. Dersom strekningen er i nærheten av 1 km er den behandlet som én enhetsstrekning [32]. Området som er gjenstand for vurdering i denne rapporten er delt inn i 3 enhetsstrekninger. Se inndeling i Tabell 15 og i Figur 32.

Sannsynlighetene presentert i Tabell 15 er estimert på bakgrunn av topografiske kart, aktsomhetskart fra NVE [30] og befaringsobservasjoner langs strekningen.



Figur 36. 3D-modell av Hommelvikskjæringa og av- og påkjøringsramper ved Hommelvikkrysset. Rød farge indikerer ÅDT på mellom ca. 1700 og 1900. Alle ÅDT-tall er framskrevet til 2045.

Snøskred

Det er til sammen tre tunnelpåhugg på de tre enhetsstrekningene definert i Tabell 15, og alle disse ligger innenfor det som av NVE er indikert som aktsomhetsområde for snøskred [30], se Figur 32. Dette gjelder også eksisterende påhugg. Det samme er tilfellet for store deler av øvrige deler av enhetsstrekning 1 og 2.

Basert på historikken og befaringsobservasjonene omtalt i kapittel 5.2.2 vurderes snøskredfaren likevel som liten. I tillegg er ikke klimaet i området slik at det forventes store snømengder.

Steinsprang

Basert på aktsomhetskart, topografiske kart og observasjoner langs strekningen, vurderes sannsynligheten for steinsprang fra naturlig terreng i områdene 1 til 5 i Figur 34 å være for stor til at Statens vegvesens akseptkriterier oppfylles uten at det gjøres risikoreduserende tiltak.

Hverken observasjoner i felt eller historikk indikerer at steinsprang knyttet til områdene 6, 7 og 8 kan medføre konsekvens for prosjektert veg.

Eksempler på aktuelle tiltak er gitt i kapittel 5.4.1.

Jord- og flomskred

Sannsynligheten for jord og flomskred av slik størrelse at det medfører stengt veg anses som liten, men er noe forhøyet ved profilnummer ca. 16970 17200, 21200 og 21560.

Kvikkleireskred / områdestabilitet

Kvikkleireskred og områdestabilitet er ikke vurdert i denne rapporten.

Utredning av områdestabilitet i henhold til NVEs veileder 7-2014 [33] er utført i forbindelse med reguleringsplan, se geotekniske rapporter [9] [10].

5.4.1 Tiltak

Ved alle påhugg skal det etableres betongportaler. Portallengde i dagen vil bli 30 m for hver av disse.

I bratte partier langs prosjektert veg, fra profilnummer ca. 16000 til 17200, og over alle tre påhugg, skal det legges restriksjoner på hogst.

Steinsprang

Bergskrenten langs prosjektert forskjæring ved Stavsjø øst (se Figur 7, Figur 12 og Figur 24) må sikres som om den var en bergskjæring. Behov for ytterligere sikring mot nedfall i form forlenget portal må vurderes etter at vegetasjon etablering av forskjæring er i gang.

Også steile bergpartier over prosjektert skjæringstopp i Hommelvikskjæringa, angitt som område 1 og 3 i Figur 34, må sikres slik at det oppnås stabilitet tilsvarende som for prosjekterte bergskjæring. Aktuelle sikringsmetoder vil, foruten rensk, være bolter og nett. Deler av denne sikringen vil kreve at arbeid utføres fra tau. Dimensjonering av lengder og kapasitet på bolter, nett etc. må gjøres i detaljeringsfase, basert på supplerende befaringer i terrenget.

I område 2 må urmasser fjernes der disse er nærmere enn ca. 4 m fra prosjektert skjæringstopp. Videre må stabiliteten av gjenværende masser vurderes. Ved behov må urmasser fjernes i en større avstand fra skjæringstopp.

Område 4 og 5 må undersøkes nærmere ved bruk av drone. Basert på hva som avdekkes her kan befaringer fra tau bli nødvendig. Aktuelle tiltak kan være bolter og rensk.

Dersom sikkerhet mot nedfall av stein ikke kan oppnås ved tiltakene beskrevet ovenfor må det installeres fanggjerd. Dimensjonering og plassering av fanggjerd må baseres på funnene etter undersøkelsene beskrevet ovenfor. I forbindelse med reguleringsplanen for 90-sonealternativet i 2015, antydte Reinertsen i sin ingeniørgeologiske rapport for reguleringsplan [23] behov for fanggjerd mellom profilnummer ca. 16600 og 16700. Basert på modellering ble det foreslått to fanggjerder ovenfor hverandre. Ett rett over og ett ca. 60 m over prosjektert vegbane. De to fanggjerdene skulle ta opp blokker fra løsneområder 0-50 m og 100-150 m over vegbane, og dimensjoneres for å ta opp last på henholdsvis 160 kJ og 700 kJ.

Ved område 9 vurderes portallengde på 30 m tilstrekkelig for å gjøre sannsynligheten for at steinsprang kan treffe veg neglisjerbar.

Snøskred

Som beskrevet innledningsvis i kapittel 5.4.1 vil det legges restriksjoner på hogst, og portallengde utenfor hvert påhugg vil bli 30 m. Dette vurderes å være tilstrekkelig til at risikoen for at snøskred rammer prosjektert veg er fraværende.

Jord- og flomskred

Der aktsomhetsområdene er definert langs eksisterende bekker eller strukturer i terrenget som tydelig drenerer over prosjektert veg, ved profilnummer ca. 16970 17200, 21200 og 21560 skal det etableres stikkrenner. Disse vil ha kapasitet dimensjonert for 200-årsflom.

5.4.2 Sannsynlighet per enhetsstrekning

Tabell 15. Enhetsstrekninger og profilnummer, med tilhørende vurdering av årlig nominell sannsynlighet for skredhendelser som medfører ulykke eller skredstengt veg.

Enhetsstrekning	Profilnr	Steinsprang	Snøskred	Jord- og flomskred	Samlet sannsynlighet
1	15100-16100	0*	0*	0*	1/7500
2**	16100-17200	1/1000*	0*	1/10 000*	1,1/1000
3	21040-22100	0*	0*	1/10 000*	1/10 000

*Forutsetter tiltak. **Langs omtrent 500 m av strekningen går avkjøringsrampe med risikoaksept 1/50 mellom fot av skrent/bergskjæring og E6. Dette resulterer i noe forhøyet risikoaksept lang strekningen.

Forutsatt tiltak som beskrevet vurderes sannsynlighetene for skred og steinsprang å være innenfor akseptkriteriene gitt i NA-rundskriv 08/14. Se risikomatrise gjengitt i Tabell 14.

6 VIDERE UNDERSØKELSER

Nedenfor er det listet opp anbefalinger til undersøkelser fram mot byggestart:

- Kjerneboring for å identifisere og bestemme orienteringen av potensielle glideplan. For å identifisere og bestemme orienteringen av potensielle glideplan behøves minimum tre kjerneborhull per lokalitet, og kjernene må være orientert. Se kapittel 4.1.2, samt forslag til plassering av kjerneborhull vist vedlegg 1. Omfang bestemmes i detaljeringsfasen fram mot byggestart
- Ingeniørgeologiske befaringer etter at berget er avdekket, før sprengning finner sted
- Ytterligere befaringer, dronefotografering og eventuelt inspeksjon fra tau for vurdering av steinsprangrisiko
- Simulering av steinsprang basert på funn etter undersøkelser beskrevet i kulepunktet ovenfor
- Prøvetaking og testing av steinmaterialets mekaniske egenskaper
- Prøvetaking for analyse av tungmetallinnhold og syredannende potensiale
- Besiktigelse av bygg og vurdering av behov for montering av vibrasjonsmåler

7 REFERANSER

- [1] Nye Veier AS, «E6 Ranheim-Åsen,» [Internett]. Available: <https://www.nyeveier.no/prosjekter/e6-troendelag/e6-nord-ranheim-åsen-42-km>. [Funnet 19 01 2019].
- [2] Finn, «Finn kart,» [Internett]. Available: www.finn.no/kart. [Funnet 01 2019].
- [3] Multiconsult Norge AS, «E6RV-MUL-GE-RPT-TBAXX-0001 - Ingeniørgeologisk rapport for reguleringsplan - Dagsone Ranheim-Væretunnelen,» Multiconsult, Trondheim, 2019.
- [4] Multiconsult Norge AS, «E6RV-MUL-GE-RPT-TBAXX-0002 - Ingeniørgeologisk rapport for reguleringsplan - Væretunnelen,» Multiconsult, Trondheim, 2019.
- [5] Multiconsult Norge AS, «E6RV-MUL-GE-RPT-CAH08-0003 - Ingeniørgeologisk rapport for reguleringsplan –Dagsone Ranheim-Væretunnelen,» Multiconsult, Trondheim, 2019.
- [6] Multiconsult Norge AS, «E6RV-MUL-GE-RPT-CAB11-0004 - Ingeniørgeologisk rapport for reguleringsplan - Stavsjøfjelltunnelen,» Multiconsult, Trondheim, 2019.
- [7] Multiconsult Norge AS, «E6RV-MUL-GE-RPT-CAB16-0006 - Ingeniørgeologisk rapport for reguleringsplan - Helltunnelen,» Multiconsult, 2019.
- [8] Multiconsult Norge AS, «E6RV-MUL-GT-RPT-CA#00-0001 - Datarapport grunnundersøkelser,» Multiconsult, Trondheim, 2019.
- [9] Multiconsult Norge AS, «E6RV-MUL-GT-RPT-CA#00-0004 - Geoteknisk vurderingsrapport for reguleringsplan - Delstrekning Stavsjøfjelltunnelen-Helltunnelen,» Multiconsult, Trondheim, 2019.
- [10] Multiconsult Norge AS, «E6RV-MUL-GT-RPT-CA#00-0005 - Geoteknisk vurderingsrapport for reguleringsplan - DS Helltunnelen- Hellstranda,» Multiconsult, Trondheim, 2019.
- [11] NGU, «Beggrunn,» [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/. [Funnet 01 2019].
- [12] D. & R. D. Tietzsch-TYpler, *Steinkjer 1723 III, beggrunnsgeologisk kart M 1:50000*, Norges geologiske undersøkelse.
- [13] NGU, «Løsmasser og marin grense,» [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/. [Funnet 01 2019].
- [14] Statens vegvesen, Håndbok N200, Vegbygging, Vegdirektoratet, 2014.
- [15] M. T. Randulff, «Utforming av sprengte skjæringer for vegformål,» NTNU, 2018.
- [16] NGU, «GRANADA - Nasjonal grunnvannsdatabase,» [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/. [Funnet 24 1 2019].
- [17] Statens vegvesen, Håndbok R761, Prosesskode 1, 2014: Vegdirektoratet.
- [18] A. Bruland, Hard Rock Tunnel Boring. Doctoral Thesis, Vol 9 of 10: 13B-9+8 DRILLABILITY Catalogue of Drillability indices., NTNU, 1998.
- [19] B. a. P. A. Bilsen, Engineering Geology and Rock Engineering. Handbook NO 2., Norsk Bergmekanikkgruppe, 2000.
- [20] Standard Norge, NS8141:2001. Standard Norge, 2001., 2001.

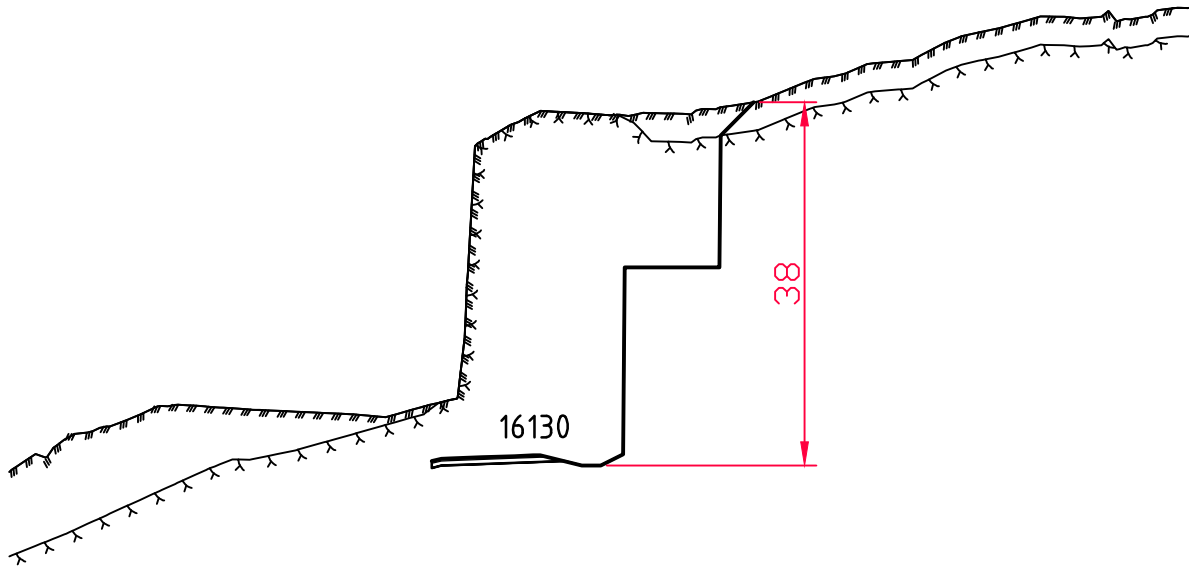
- [21] Standard Norge, NS8141-1:2012+A1:2013. Standard Norge., Standard Norge, 2013.
- [22] Standard Norge, NS8141-2:2013. Standard Norge., 2013.
- [23] Reinertsen AS, «2220_088_ING_RAP_004- E6 Ranheim – Værnes - Skjæringar Delstrekning 2 og 3,» Reinertsen AS, 2015.
- [24] E. E. o. T. Finne, «Nye Veier, E6 trasé Ranheim-Værnes. Bruksegenskaper til bergartsmateriale langs traséen.,» NGU, Trondheim, 2019.
- [25] T. Prestvik, Mineralogi, Vett & Viten AS, 1992.
- [26] Standard Norge, NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7), Standard Norge.
- [27] Norsk bergmekanikkgruppe, «Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering, versjon 1,» Norsk bergmekanikkgruppe, 2011.
- [28] Standard Norge, NS-EN 1990:2002+A12005+NA:2016 (Eurokode 0), Standard Norge, 2016.
- [29] H. Fagerheim, «Prosedyrer ved fjerning av gjenstående sprengstoff,» Statens vegvesen., 2017.
- [30] NVE, «Skredenett.no,» [Internett]. Available: www.skrednett.no. [Funnet 18 01 2019].
- [31] Statens vegvesen, «Vegkart,» [Internett]. Available: www.vegvesen.no/vegkart. [Funnet 01 2019].
- [32] Statens vegvesen, «NA-Rundskriv 2014/08. Retningslinjer for risikoakseptkriterier for skred på veg.,» Vegdirektoratet, 2014.
- [33] NVE, Veileder nr 7-2014. Sikkerhet mot kvikkleireskred., Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014.

Vedlegg 1

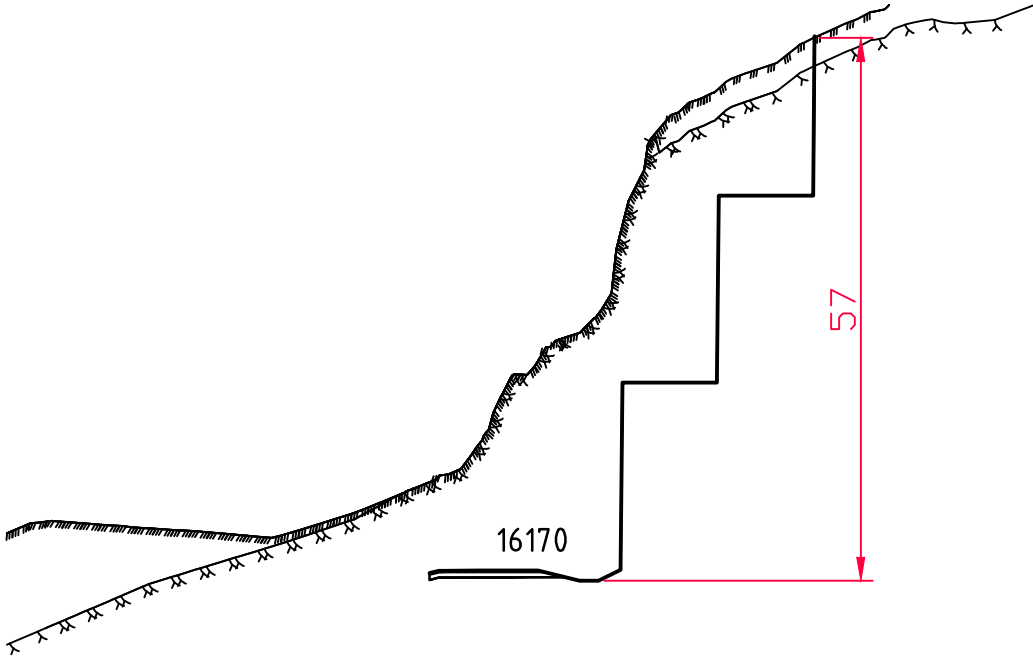
Vedlegg 2

Vedlegg 3

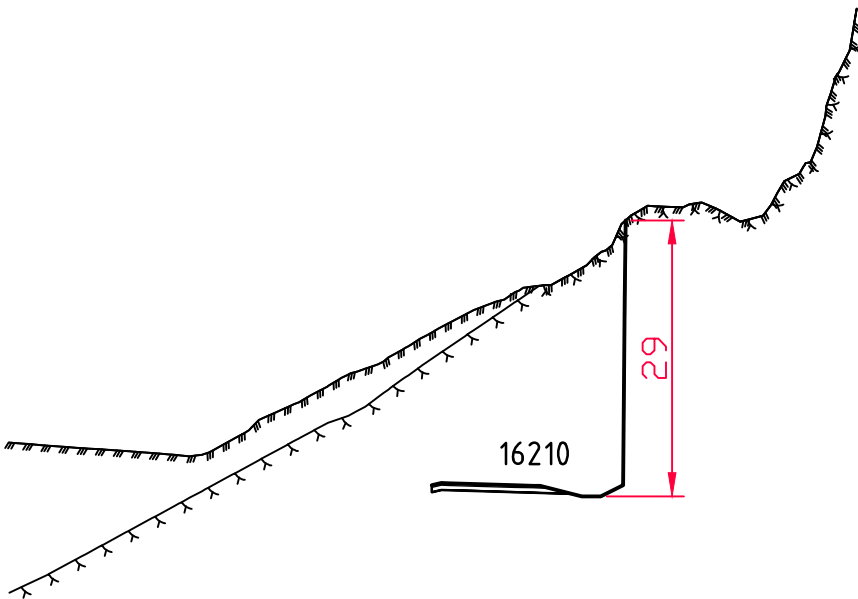
Hommelvikskjæringa



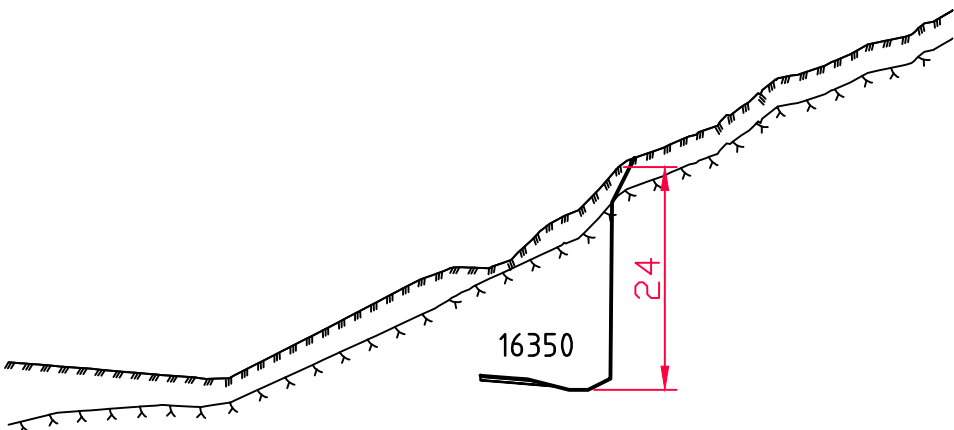
Hommelvikskjæringa



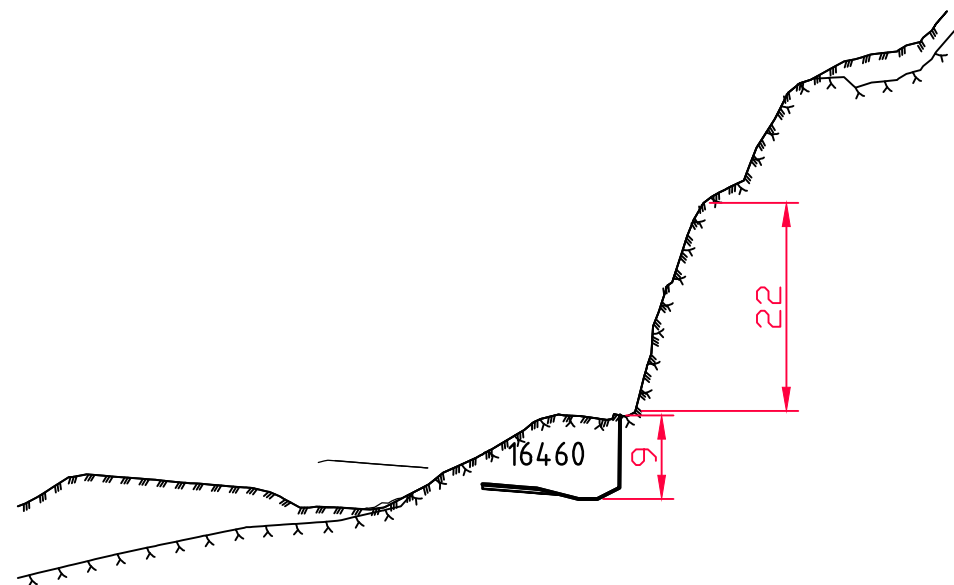
Hommelvikskjæringa



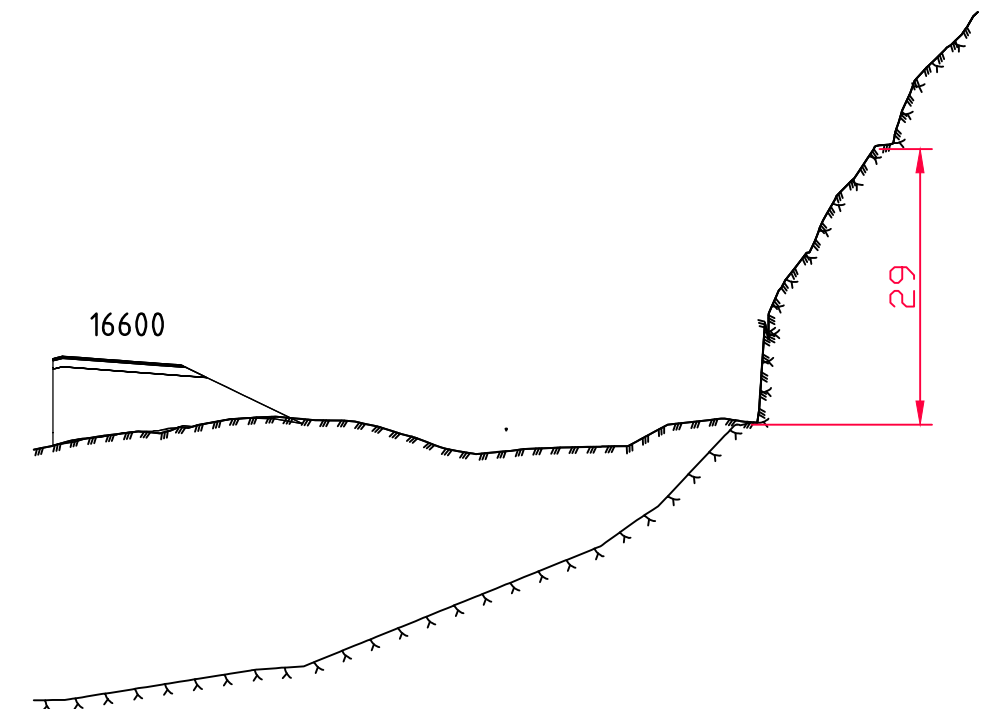
Hommelvikskjæringa



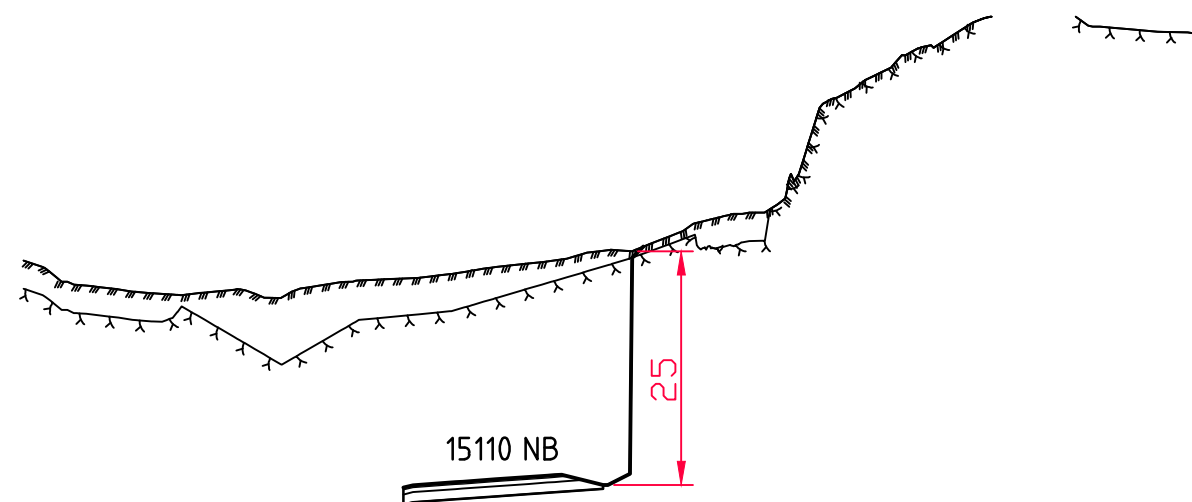
Hommelvikskjæringa



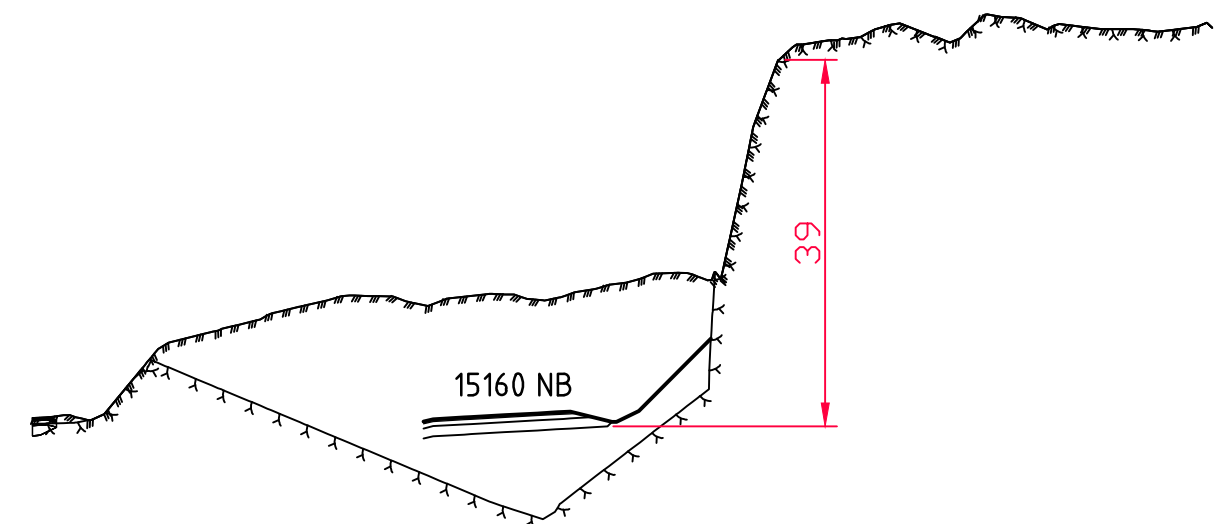
Hommelvikskjæringa



Stavsjo øst,
nordgående

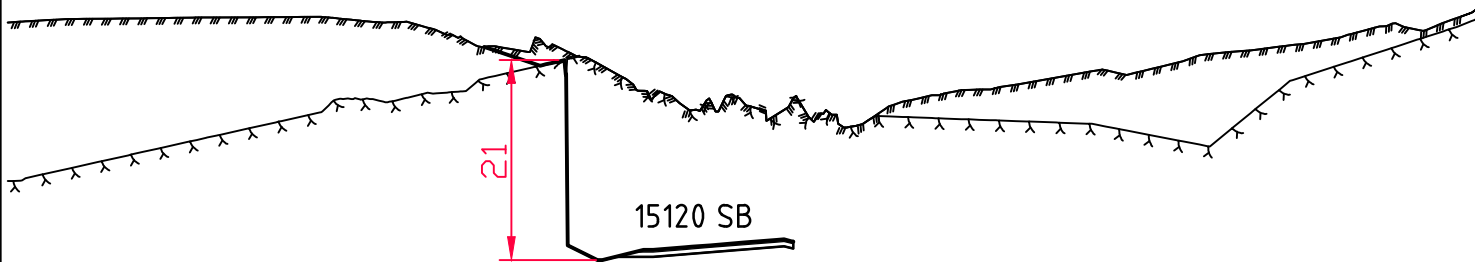


Stavsjo øst,
nordgående

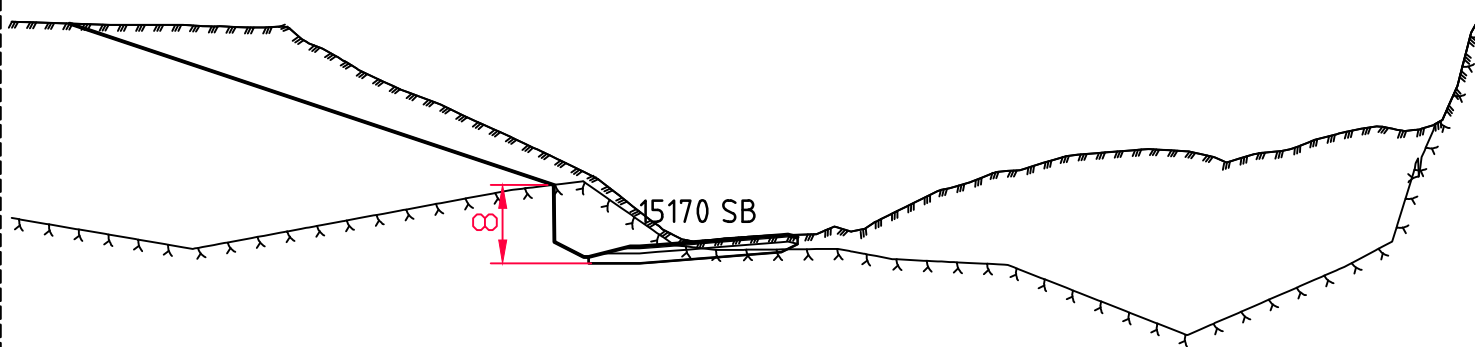


Målestokk
1:800 i A3

Stavsjø øst,
sørgående



Stavsjø øst,
sørgående



Målestokk
1:800 i A3