



Fagrapport: Ingeniørgeologi, Skjæringer

Detaljregulering E39 Mandal-Lyngdal øst

LINDESNES KOMMUNE

Oppdragsnr:	10219378
Oppdragsnavn:	E39 Mandal - Lyngdal øst
Dokument nr.:	NV42E39ML-GEO-RAP-0002
Filnavn	E39_ML_Lindesnes_Fagrapport geologi_Skjæringer

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01	07.07.2021	Til 1. gangs behandling	NOVATN/ NOMOCR	NOBJGR	NOHOLL

1 Sammendrag

Det planlegges ny E39 mellom Mandal og Lyngdal. Veien vil i stor grad gå gjennom naturområder. På grunn av småkupert terreng vil det bli fyllinger ved kryssing av daler og bergskjæringer når veien går gjennom bergkoller.

Totalt vil det bli i overkant av 11 000 løpemeter med bergskjæringer over 10 m. Stedvis bli der skjæringer med høyder opp mot 40 m. Områdene med de mest omfattende skjæringene blir like vest for Mandalselva, inn mot påhuggene for Skreheiatunnelen og Vråtunnelen, gjennom Vallerås og vest for Audnedalen. Det vil også bli høye skjæringer langs de to planlagte tilkomstveiene fra nåværende E39 i sør i delområde 5 og 6.

Bergmassen i hele planområdet er i stor grad kartlagt som godt, massivt berg med lav oppsprekkingsgrad. Det kan ikke utelukkes at bergkvaliteten er redusert i områdene som er dekket av løsmasser.

Det forventes et normalt behov for stabilitetssikring i skjæringene, bestående i hovedsak av rensk og bergbolter. I områder med tett oppsprekking, f.eks. der svakhetssoner har utgående i skjæringsveggene, kan det bli behov for steinsprangnett. På bakgrunn av normalprofilet er det anbefalt maksimal høyde per pall på 15 m. Ved høyder over 30 m er det lagt inn en hulle på 4 m. Skjæringsveggene skal i utgangspunktet utformes med helning 10:1. Der det er registrert slakere, utholdende sprekkeplan som kan være gunstig å følge, er dette omtalt i anbefalingene for de enkelte skjæringene.

Det anbefales snøskredsikring i to områder: Fagerlifjellan ved Hovsdøl og over østre påhugg for Eikeråsheiatunnelen ved Haugdal. For øvrig må det ved bratt sideterreng til skjæringene stedvis utføres rensk og sikring i sideterreng for å få tilfredsstillende sikkerhet mot steinsprang.

Muligheten og sannsynlighetene for å påtreffe syredannende bergarter er diskutert. Sannsynligheten for å påtreffe syredannende bergarter i vesentlig omfang vurderes generelt som liten. Potensielle problebergarter befinner seg i området mellom Ommundsvannet og Hovstøl (båndgneisområdene).

Innhold

1	Sammendrag	3
2	Innledning	7
2.1	Bakgrunn	7
2.2	Rapportens innhold.....	8
2.3	Geoteknisk kategori	8
3	Bergskjæringer.....	11
3.1	Generelt	11
3.2	Oversikt over bergskjæringer og skjærings-ID	11
3.3	Utforming av grøft og skjæringsprofil.....	11
3.4	Sprengning og uttaksmetode.....	12
3.5	Totalstabilitet i bergskjæringer	12
3.6	Sikring av bergskjæringer og skråninger	12
3.7	Hensyn til bygninger og infrastruktur	13
4	Grunnlag og utførte undersøkelser	14
4.1	Grunnlag	14
4.2	Tidligere undersøkelser	16
4.3	Utførte undersøkelser	16
5	Grunnforhold i planområdet	17
5.1	Topografi.....	17
5.2	Kvartærgeologi	17
5.3	Berggrunnsgeologi.....	18
5.4	Mineralressurser og brønner	18
5.5	Lineamenter.....	18
5.6	Steinmaterialets kvalitet.....	19
5.7	Borbarhet og sprengbarhet.....	20
5.8	Syredannende bergarter i planområdet.....	21
5.9	Klimatiske forhold	23
6	Varsheia	25
6.1	Innledning	25
6.2	Faktadel: Grunnforhold	26
6.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger	27
7	Mandalselva – Bjørkåsen.....	30
7.1	Innledning	30
7.2	Faktadel: Grunnforhold	31
7.3	Tolkningsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger.....	34
8	Nedre Undal til Djubedal	36
8.1	Innledning	36
8.2	Faktadel: Grunnforhold	36
8.3	Tolkningsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger.....	39
9	Bjelkedalsheia – Skreheiatunnelen forskjæring	41

9.1	Innledning	41
9.2	Faktadel: Grunnforhold	41
9.3	Tolkningsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger	44
10	Stovedalsheia	47
10.1	Innledning.....	47
10.2	Faktadel: Grunnforhold	47
10.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger	49
11	Rydjordsheia	51
11.1	Innledning.....	51
11.2	Faktadel: Grunnforhold	51
11.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger	54
12	Gjervollstad	56
12.1	Innledning.....	56
12.2	Faktadel: Grunnforhold	57
12.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger	59
13	Vråvatnet - Blørstadkrysset.....	61
13.1	Innledning.....	61
13.2	Faktadel	62
13.3	Tolkning: ingeniørgeologiske vurderinger	65
14	Eikelandsåsen.....	67
14.1	Innledning.....	67
14.2	Faktadel: Grunnforhold	68
14.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger	70
15	Grundlandsvatnet.....	71
15.1	Innledning.....	71
15.2	Faktadel: Grunnforhold	71
15.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger	75
16	Vallerås	77
16.1	Innledning.....	77
16.2	Faktadel: Grunnforhold	78
16.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger	83
17	Høgåsen og Audnedalen øst	85
17.1	Innledning.....	85
17.2	Faktadel: Grunnforhold	85
17.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger	88
18	Monefjellan og Audnedalen vest	92
18.1	Innledning.....	92
18.2	Faktadel: Grunnforhold	92
18.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger	97
19	Hogsdalen-Saurdalen	99

19.1	Innledning.....	99
19.2	Faktadel: Grunnforhold	99
19.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger.....	102
20	Fagerlifjellan – skredfare	104
20.1	Faktadel	104
20.2	Tolkningsdel	105
21	Landåstjønna	107
21.1	Innledning.....	107
21.2	Faktadel: Grunnforhold	108
21.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger.....	113
22	Stilandskrysset.....	116
22.1	Innledning.....	116
22.2	Faktadel: Grunnforhold	117
22.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger.....	120
23	Breiheia-Bjarkåsen.....	123
23.1	Innledning.....	123
23.2	Faktadel: Grunnforhold	124
23.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger.....	127
24	Tilførselsvei delområde 5	129
24.1	Innledning.....	129
24.2	Faktadel: Grunnforhold	130
24.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger.....	140
25	Tilførselsvei delområde 6	145
25.1	Innledning.....	145
25.2	Faktadel: Grunnforhold	146
25.3	Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger.....	149
26	Referanser	152

VEDLEGG

Vedlegg 1: Oversiktskart med aktsomhetssoner for skred

Vedlegg 2: Tabell med alle skjæringene

Vedlegg 3: Tegning F-004 Normalprofil høye bergskjæring

Vedlegg 4: Ingeniørgeologiske plan- og profiltegninger

2 Innledning

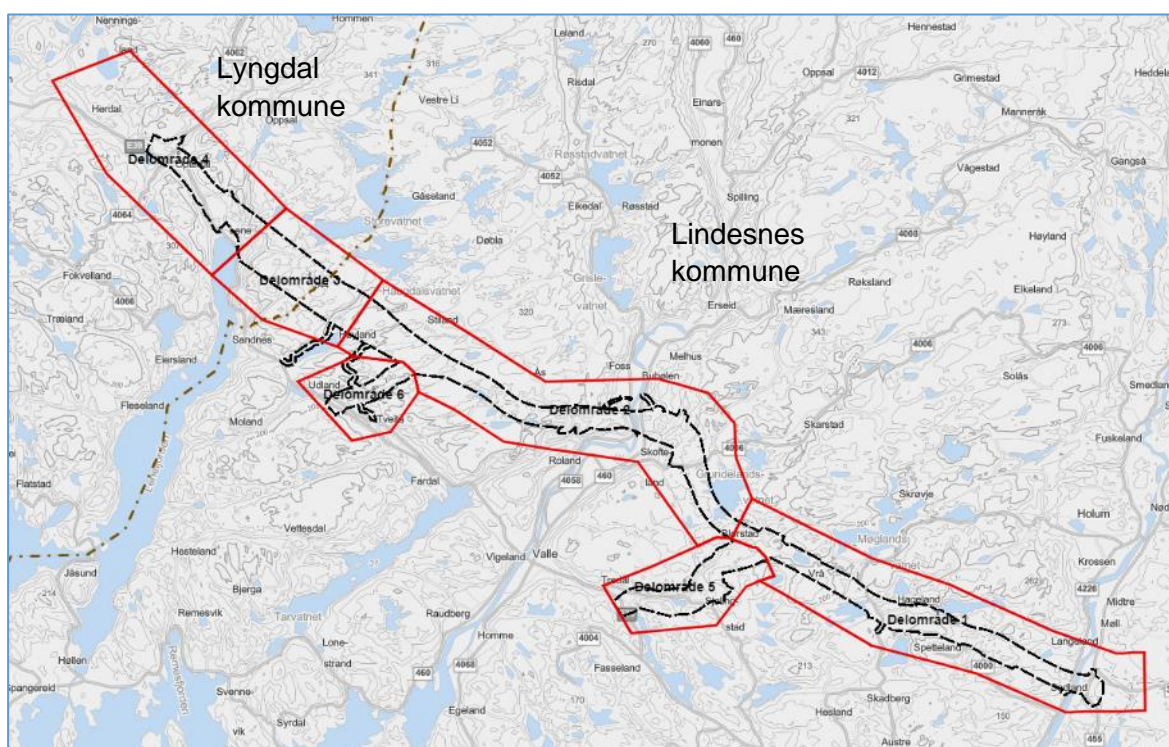
2.1 Bakgrunn

Sweco utarbeider på oppdrag fra Nye Veier AS detaljreguleringsplan for E39 Mandal – Lyngdal øst. Nåværende E39 mellom Kristiansand og Stavanger er om lag 208 km lang og har ikke god nok standard i henhold til dagens trafikkmengde og trafikkavvikling. Det er høy årssdøgnetrafikk (ÅDT) og mange trafikkulykker på strekningen. Dette er bakgrunnen for at nåværende E39 skal erstattes med ny, trafiksikker firefelts motorvei med fartsgrense 110 km/t. Ny motorvei vil gi vesentlig kortere reisetid for brukere, og dermed knytte Agder og Rogaland tettere sammen som felles bo- og arbeidsmarked.

Planområdet er om lag 25 kilometer og strekker seg fra Mandalselva i Lindesnes kommune til Herdal i Lyngdal kommune (Figur 1). Det ligger nord for nåværende E39 og går hovedsakelig gjennom naturområder.

Området er delt inn i 6 delområder. Totalt planlegges det 3 tunneler og over 11 000 løpemeter med høye bergskjæringer.

- Skreheiatunnelen (ca. 230 m)
- Vråheiatunnelen (ca. 700 m)
- Eikeråstunelen (ca. 3000 m)



Figur 1: Oversiktskart over prosjektområdet. Mandalselva til høyre og Herdal til venstre.

2.2 Rapportens innhold

Foreliggende rapport omhandler de ingeniørgeologiske forholdene for bergskjæringer med spesielt fokus på skjæringer med høyde over 10 m i Lindesnes kommune. Alle forskjæringer i tilknytning til påhugg for tunnelene er behandlet i tunnelrapportene. Skredfare er omtalt både for sidebratt terreng over bergskjæringene og ellers der veilinen ligger i aktsomhetsområde for skred.

Rapporten er basert på disposisjon fra SVVs håndbok N200 [1]. For hvert område er teksten delt inn en faktadel og en tolkningsdel. Rapporten baserer seg på faglige vurderinger, feltobservasjoner, grunnundersøkelser og eksisterende kart- og bildedatabaser.

2.3 Geoteknisk kategori

Geoteknisk kategori (GK) har betydning for utførelse under planlegging, bygging og drift av prosjektet. Geoteknisk kategori og kontrollnivå skal angis i henhold til Eurokode 7 [2]. Den er en funksjon av vanskelighetsgrad og pålitelighetsklasse, og er gitt av Tabell 1.

Tabell 1: Definisjon av geoteknisk kategori [2].

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

Vanskelighetsgraden avhenger av grunnforholdenes kompleksitet og type prosjekt, og klassifiseres som angitt i Tabell 2.

Tabell 2: Klassifisering av vanskelighetsgrad [2].

Vanskelighetsgrad	Beskrivelse
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	Uoversiktlige eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som er påvirket av grunnforholdene. Metoder for fastleggelse av grunnforhold og for dimensjonering er godt utviklet. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.

Høy	Uoversiktlige eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som er påvirket av grunnforholdene. Metoder for fastleggelse av pålitelige parametere eller for dimensjonering er lite utviklet. Bare begrensede erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.
-----	---

For valg av pålitelighetsklasse refereres til NS-EN 1990 og tabell NA.A1 (901) i nasjonalt tillegg, se Tabell 3.

Tabell 3: Gjengitt fra tabell NA.A1 i nasjonalt tillegg til NS-EN 1990 [3].

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

I henhold til håndbok N200 [1] skal bergskjæringer med høyde over 10 m plasseres i geoteknisk kategori 3.

Alle de høye bergskjæringene i prosjektet er av en slik kompleksitet at de er vurdert til middels vanskelighetsgrad og pålitelighetsklasse CC/RC3, noe som gir geoteknisk kategori 3. Øvrige bergskjæringer med høyde opp til 10 m vurderes til vanskelighetsgrad middels og pålitelighetsklasse CC/RC2, som resulterer i geoteknisk kategori 2.

For bergskjæringene benyttes prosjektering ved beregning, prosjektering ved konstruktive tiltak og observasjonsmetoden. For størstedelen av strekningen benyttes erfaring, normal praksis og etablerte klassifiseringssystem med tilhørende bergsikring for å oppnå tilfredsstillende stabilitet.

Avhengig av pålitelighetsklasse CC/RC stilles krav til prosjekteringskontrollklasse (PKK) med tilhørende krav til kontrollform slik det fremgår av Tabell 4. For CC/RC2 og CC/RC3 stilles PKK krav til egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll.

Tabell 4: Valg av prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering, tabell NA-A (902) i NS-EN 1990 [3].

Valg av prosjekteringskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste prosjekteringskontrollklasse	Egenkontroll	Intern systematisk kontroll	Utvidet kontroll
CC/RC1	PKK1	Kreves	Kreves ikke	Kreves ikke
CC/RC2	PKK2	Kreves	Kreves	Kreves
CC/RC3	PKK3	Kreves	Kreves	Kreves
CC/RC4	Skal spesifiseres	Kreves	Kreves	Kreves

3 Bergskjæringer

3.1 Generelt

Anbefalingene knyttet til utforming, sprengning og uttaksmetode samt stabilitet og sikring i dette kapitlet (kapittel 3) er generelle og gjelder for alle skjæringer med mindre det er angitt noe annet i kapitlene for de enkelte strekningene (kapittel 6-25).

3.2 Oversikt over bergskjæringer og skjærings-ID

Totalt skal det sprenges ut i overkant av 11 000 løpemeter med bergskjæringer med høyde over 10 m langs planlagt E39 (delområde 1 og 2), langs tilførselsveiene fra Tredal og Udland (delområde 5 og 6) og langs mindre sekundærveier. Oversikt over utredede bergskjæringer er vist på kart i vedlegg 1 og i tabellform i vedlegg 2. Profileringen gjennom prosjektet går fra øst og stiger mot vest.

Hver bergskjæring er gitt en egen ID. Skjærings-ID er definert ut ifra hvilken vei den ligger langs, videre hvilket delområde den ligger i (Figur 1) der 100 = delområde 1, 200 = Delområde 2 osv. Deretter er skjæringene nummerert fortløpende fra øst til vest og angitt med høyre eller venstre side sett med stigende profilretning langs veilinjen.

3.3 Utforming av grøft og skjæringsprofil

Geometrisk utforming av bergskjæringer må bl.a. ta hensyn til [1]:

- Skjæringshøyde
- Geologi (evt. svakhetssoner/slepper/strukturer)
- Inngrep i foten av høye skråninger/fjellsider som kan destabilisere større partier
- Terreng og løsmasseoverdekning over skjæringstoppen (skredfare/stabilitet)

Grøft og skjæring i berg skal utformes etter kravene i håndbok N200 [1]. Bergskjæringen utformes i utgangspunktet med helning 10:1 eller brattere. Dersom det forekommer lagdeling eller andre svakheter i bergmassen, må det vurderes i hvert tilfelle om det er hensiktsmessig å utforme skjæringen langs disse. Hvis det er åpenbare behov for tilpasning til naturlige strukturer så er det beskrevet i de etterfølgende kapitlene for den aktuelle anleggsdelen.

Normalprofilet for høye bergskjæringer er vist på tegning F-004 (vedlegg 3). Generelt er det lagt opp til maksimalt 15 m høye paller med 1,5 m hylle mellom for ansett. Ved skjæringshøyder over 30 m legges det inn en hylle med 4 m bredde før neste pall.

I tolkningsdelen i de etterfølgende kapitlene for de utredede bergskjæringene er det kun gitt anbefalinger knyttet til utforming hvis det er spesielle hensyn og/eller grunner til å avvike fra normalprofilet som vist på tegning F-004. For øvrig gjelder det at detaljutformingen av alle skjæringer må verifiseres i byggefasen etter avdekking av løsmassene. Det kan være grunnlag for å avvike eller gjøre tilpasninger til normalprofilet avhengig av de stedlige forholdene.

3.4 Sprengning og uttaksmetode

Samtlige skjæringer forutsettes tatt ut ved konvensjonell boring og sprengning. All sprengning må tilpasses lokale forhold, men det forutsettes sprengning med krav til kontur. Kontursprengning utføres med maksimal hullavstand 0,7 m og redusert ladning. Det kan være aktuelt med tettere boring i konturen ved sterkt oppsprukket bergmasse eller andre spesielle forhold. Presplitt kan også bli aktuelt. En jevn kontur er avgjørende for å få så lite omfang av stabilitetssikring som mulig til slutt.

Pallhøyder på maksimalt 15 m er fastsatt på grunn av fare for borhullsavvik og påfølgende dårlig jevnhet i skjæringene.

3.5 Totalstabilitet i bergskjæringer

For å sikre god kontroll med stabiliteten i bergskjæringene er det viktig at følgende punkter følges opp under sprengningsarbeidet:

- Kartlegging og registrering av gjennomgående sprekkesett som kan påvirke totalstabiliteten.
- Vurdere om det er hensiktsmessig å utforme bergskjæringen etter lagdeling eller andre svake lag i bergmassen.
- Vurdere behov for forbolter.
- Vurdere behov for tettere konturhullavstand enn 0,7 m, eventuelt sømboring.
- Bergsikring må utføres suksessivt etter hvert som berg tas ut.

3.6 Sikring av bergskjæringer og skråninger

Skjæringene skal sikres slik at det ikke forekommer nedfall på veibanen. Funksjonskravet er at sikring bør etableres slik at man unngår rensk og annen sikring de første 20 årene [1]. Vanlige sikringsmetoder for skjæringer i berg er gjennomgått i det etterfølgende.

Rensk: Det skal utføres maskinell rensk av skjæringen etter utsprengning. Arbeidet må utføres skånsomt for å ikke rive opp berget unødvendig. Låseblokker må ikke renskes ned, men boltesikres. Avslutningsvis skal det gjennomføres manuell rensk med spett.

Sikringsbolter: Det forventes behov for bolting i alle bergskjæringer over ca. 5 m høyde. Lavere skjæringer boltesikres ved behov. Boltetype og -lengde må vurderes etter utsprengning basert på geologiske forhold i hver enkelt skjæring. Normalt benyttes fullt innstøpte kamstålbolter med diameter Ø20mm til permanent sikring. Av og til vil det være behov for bolter med Ø25mm eller i sjeldnere tilfeller Ø32 mm. Hovedtyngden av boltelengdene vil normalt ligge mellom 2,4 til 4 m, men stedvis vil det kunne bli behov for 4-6 m lengde eller mer. Lange kamstålbolter kan eventuelt erstattes med f.eks. skjøtestag type Ischebeck eller tilsvarende. Ved behov for umiddelbar sikring bør kombinasjonsbolter benyttes slik at de kan inngå i den permanente sikringen. Polyesterforankring kan benyttes ved behov for øyeblikkelig sikring og for å mobilisere skjærspenning på sprekkeplan ved forspenning, men da primært som arbeidssikring.

Vann i bergskjæring: I tilfeller der bekkeløp eller større vannmengder krysser skjæringen vil det kunne oppstå problemer med iskjøving. Aktuelle tiltak er å kontrollere nedføringen av vann ved hjelp av dreneringsgrøfter og utsprenge nisjer i bergskjæringen.

Isnett: I områder med fuktige skjæringsflater, nedføringsnisjer for vann/bekker anbefales det å montere streinsprangnett som isnett. Aktuelle områder for isnett utenom nedføringsnisjene avgjøres gjerne etter en vintersesong som gjøre det klart hvor det oppstår iskjøving.

Steinsprangnett: I områder med svært oppsprukket berg og fare for mindre nedfall kan steinsprangnett benyttes. Nettet skal være festet med wire eller bånd i topp og i bunn. Ved behov for å sikre større parti kan eventuelt vaierforsterkede steinsprangnett benyttes (type Steelgrid eller tilsvarende).

Sprøytebetong: Sprøytebetong kan benyttes der berget er svært oppknust. Det må bores dreneringshull gjennom sprøytebetongen for hindre oppbygging av poretrykk bak betongen. Det anbefales generelt å benytte stålfiberarmert sprøytebetong med minimum 10 cm tykkelse.

Forbolter: Forbolter er typisk Ø32 mm kamstål med lengde 6-8 m. Senteravstand vurderes i hvert enkelt tilfelle, men er ofte typisk 1-2 m. Forbolting kan benyttes for å hindre bakbryting og bidra til totalstabiliteten. Forbolter regnes ikke som permanent sikringstiltak, og bør generelt brukes med forsiktighet i skjæringene. Det bør bare brukes der det er helt nødvendig å holde seg innenfor konturlinjen. I jomfruelige områder det det ikke må tas spesielle hensyn til konturplassering er det stort sett best at ustabile blokker på skjæringstoppene tas ned i salva fremfor at de skal sikres i etterkant.

Fanggjerde: Fanggjerde benyttes for å skjerme mot at nedfall (steinsprang) fra overliggende terreng når ned til veibanen. Høyde og kapasitet på fanggjerde dimensjoneres basert på størrelse på mulig nedfall og underlaget/skråningshelning f.eks. ved hjelp av modellverktøy. Fanggjerdenes plassering og kapasitet dimensjoneres spesielt ut fra stedlige betingelser.

Sikring av løsmasser på skjæringstopp: Løsmasser og vegetasjon skal renskes minst 2 m ut fra prosjektert skjæringstopp. Løsmasser overfor skjæringstopp skal utformes med stabil graveskråning eller stabilitetssikres med f.eks. betongmur.

Sikring mot snøskred: Enkelte steder er det vurdert som nødvendig med snøskredsikring. Aktuelle metoder er støtteforbygninger (gjerder) som holder snøen på plass.

3.7 Hensyn til bygninger og infrastruktur

Veilinjene går i stor grad i områder med jomfruelig terreng. Stedvis skal det sprenges i nærheten til eksisterende bebyggelse og/eller infrastruktur (bruer, kraftlinjer o.l.). For eksisterende bygninger og konstruksjoner innenfor 200 m fra sprengningsstedet bør det gjennomføres tilstandsregistrering og fastsettes krav til maksimale vibrasjoner iht. NS8141:2001 [4].

4 Grunnlag og utførte undersøkelser

4.1 Grunnlag

4.1.1 Kart- og bildedatabaser

Følgende grunnlagsmateriale er benyttet til forberedelse av feltarbeid og utforming av ingeniørgeologisk rapport:

- Berggrunnskart fra NGU i 1:250.000-skala og 1:50.000-skala [5].
- Kwartærgeologisk kart fra NGU [6].
- Grunnvannsdatabase GRANADA fra NGU [7].
- Skredhendelser og aktsomhetskart fra NVE [8].
- Vegkart, database hos Statens vegvesen [9].
- Aktsomhetskart for Radon fra NGU [10].
- Nettbasert kartverktøy: «Norgebilder», «Norgei3D», «Norgeskart», «Google Maps».
- GEODATA – Grunnlagkart i WMS-løsning av tilgjengelige kartdata fra kartverket [11].
- Kart over naturtyper, miljøstatus fra Miljødirektoratet [12].

4.1.2 Retningslinjer og krav

Følgende styrende dokumenter er lagt til grunn ved utarbeidelse av denne rapporten:

- Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 [13].
- Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 1 Allmenne regler NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 [14].
- Veileder til bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering [15].
- Statens vegvesen Håndbok N200 Vegbygging [1].
- Statens vegvesen Håndbok R760 Styring av vegprosjekter [16].
- Statens vegvesen Håndbok V225 Bergskjæringer [17].

4.1.3 Sikkerhet mot skred

Sikkerhet mot skred er omtalt i håndbok N200 [1]. Basert på samlet skredsannsynlighet pr. km vei og dimensjonerende trafikkmengde skal det velges sikkerhetsnivå (restrisiko). Restrisikoen skal være lavere enn tolererbar skredsannsynlighet og bør være lavere enn akseptabel skredsannsynlighet gitt i Figur 2. I valg av endelig sikkerhetsnivå skal det legges vekt på skredintensitet og skadepotensiale fra skred, konsekvenser av stengt vei regionalt og lokalt, samt kostnader for å oppnå ulike sikkerhetsnivå.

Ved framskriving av trafikkmengde neste 20 år er ÅDT for ny E39 oppgitt til >8000. Det er derfor lagt til grunn at veianlegget ikke skal ha større årlig nominell sannsynlighet for skred enn 1/1000 (Figur 2).

Skred-sannsynlighet \ Dimensjonerende trafikkmengde	Dimensjonerende trafikkmengde					
	< 200	200 – 499	500 – 1499	1500 – 3999	4000 – 7999	> 8000
Akseptabel skredsannsynlighet pr. km og år (bør-krav)	1/10	1/20	1/50	1/50	1/100	1/1000
Tolererbar skredsannsynlighet pr. km og år (skal-krav)	1/2	1/5	1/10	1/20	1/50	1/100

Figur 2. Matrise som angir sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på vei [1].

Det er flere mindre gardsveier, lokale veier og fylkesveier i planområdet. Disse har langt lavere ÅDT og dermed aksepteres det høyere sannsynlighet for skred. Tall på ÅDT er hentet fra Vegkart.no [9] og fagrapport vei [18](Tabell 5).

Tabell 5: ÅDT for de ulike veiene i planområdet hentet fra [9] og [18].

Vei	ÅDT	Akseptabel skredsannsynlighet	Tolererbar skredsannsynlighet
E39	>8000	1/1000	1/100
Tilførselsvei Tredal	3500	1/100	1/50
Marnarveien (FV455)	2700	1/50	1/20
Audnedalsveien (FV460)	1760	1/50	1/20
Daleveien (FV4226)	1300	1/50	1/10
Tilførselsvei Udland	1000	1/50	1/10
Farmoveien (FV4054)	275	1/20	1/5
Gjervollstadveien	250	1/20	1/5
Kårstølveien	<200	1/10	1/2
Mindre gardsveier	<200	1/10	1/2

I enkelte områder av prosjektet ligger planlagte veier innenfor NVEs aktsomhetssoner for skred [8]. Dette er vist i Vedlegg 1 og som hensynssoner i plankartet (H310). Skredfaren er omtalt i kapitlene om de enkelte skjæringene.

Skredvurderingene er utført ved hjelp av terrengeanalyser, klimaanalyse, befaringer i felt, modelleringer av skred og faglig skjønn. Skredtypene som er vurdert er steinsprang, steinskred, snøskred, sørpeskred, jordskred og flomskred [19]. Kvikkleireskred og fjellskred er ikke vurdert spesifikt, da årlig nominell sannsynlighet for slike skredtyper vanskelig kan

fastsettes. Det er ikke gjort observasjoner som tilsier at kvikkleireskred og fjellskred er en relevant problemstilling i området.

4.2 Tidligere undersøkelser

Det ble utarbeidet en teknisk fagrapport for ingeniørgeologi i forbindelse med områderegulering [20]. Her ble det gjennomført befaringer til kritiske områder. Det ble utført sprekkkartlegging, skredvurdering, analyse av noe bergmateriale, geotekniske borer og geoelektriske målinger (ERT og IP) samt noen analyser av svovelinnhold og reaktivitet med tanke på syredannende bergarter.

Det ble i kommunedelplanfasen også utarbeidet geologiske rapporter, men disse er lokalisert vest og sør for nåværende planområde, og er dermed ikke aktuelle lenger.

4.3 Utførte undersøkelser

Utførte undersøkelser er inntegnet på ingeniørgeologiske kart i vedlegg 2 og er kommentert der det er relevant for den enkelte bergskjæring.

4.3.1 Feltbefaringer

I reguleringsplanfasen er det gjennomført flere befaringer av områdene med høye bergskjæring og av områder med mulig skredfare. Befaringene er gjennomført i perioden november 2020 til april 2021.

På befaring er veigrunnet lagt inn i ArcGIS programvare slik at data kan tas med ut i felt på mobil eller nettbrett. Sprekkkartlegging er utført med høyrehandsregelen og sprekkedata er i rapporten oppgitt som strøk og fall.

4.3.2 Geofysiske målinger

I områdereguleringen ble det gjennomført geofysiske undersøkelser. Over Vråtunnelen er det utført refraksjonsseismikk. Ved Blørstad er det utført ERT, refraksjonsseismikk og georadar. På begge sider av Audnedalen er det utført ERT. I reguleringsplanfasen er det utført refraksjonsseismikk på østsiden av Skreheiatunnelen.

4.3.3 Grunnboringer

Det skal utføres grunnboringer langs linjen, hovedsakelig i tilknytning til kryssområder og fyllinger. Grunnboringerne er for tiden under utførelse. Det er utført enkelte grunnboringer i tidligere faser som er relevante for denne rapporten. Dette omtales nærmere i egne kapitler.

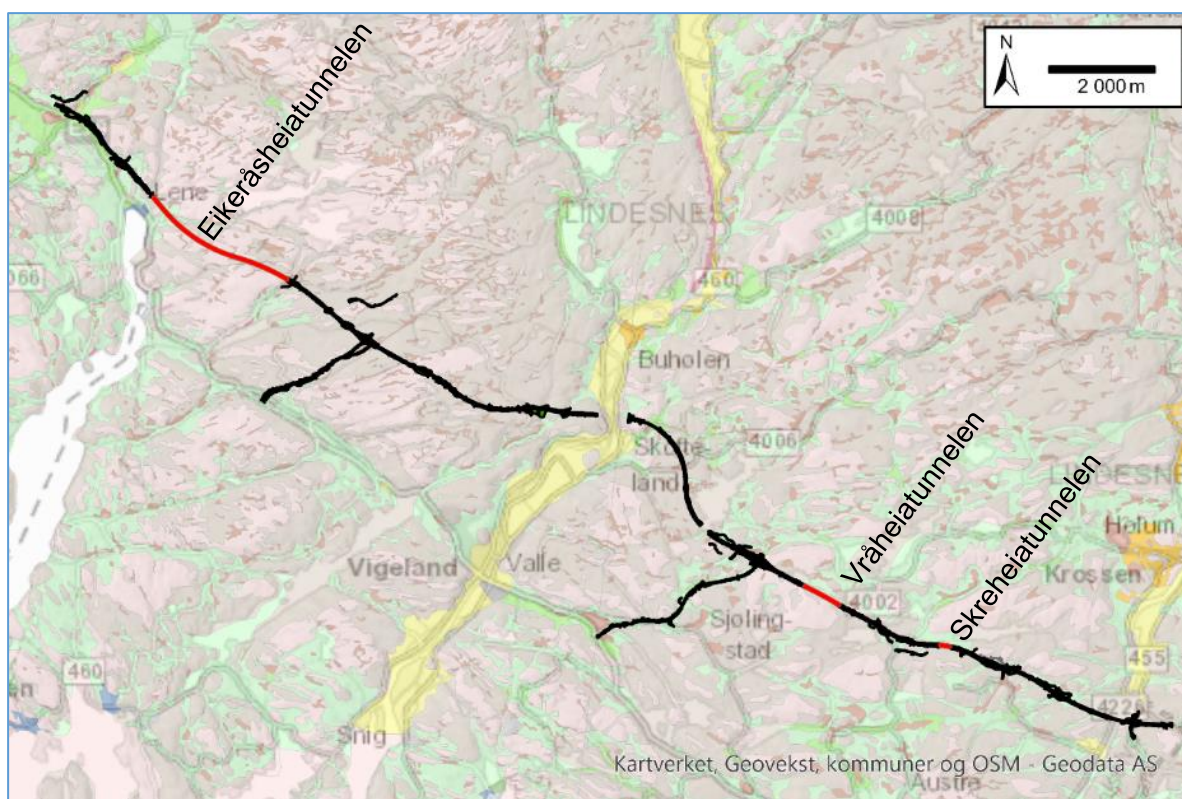
5 Grunnforhold i planområdet

5.1 Topografi

Planområdet er geografisk lokalisert mellom Mandal i øst og Lyngdal i vest. Veilinen krysser to større elvedalene tilhørende elvene Mandalselva og Audna, og ligger ellers for det meste i heieland-skap mellom disse punktene. Høyden varierer langs veilinen med topper rett over 300 moh. som høyeste punkt. Dalkryssingene ved Mandalselva og Audna er laveste punkt, rett over havnivå. Heiene er småkuperte, med forhøyninger med bart berg og tynt torvdekke adskilt av myrlendte dalsøkk. På grunn av fallvinkelen på flere av sprekkesettene i området er det til dels ganske steile bergvegger med bratt høydestigning. Som følge av kupert terreng vil ny vei ligge på høye fyllinger, i dype skjæringer og på broer.

5.2 Kvartærgeologi

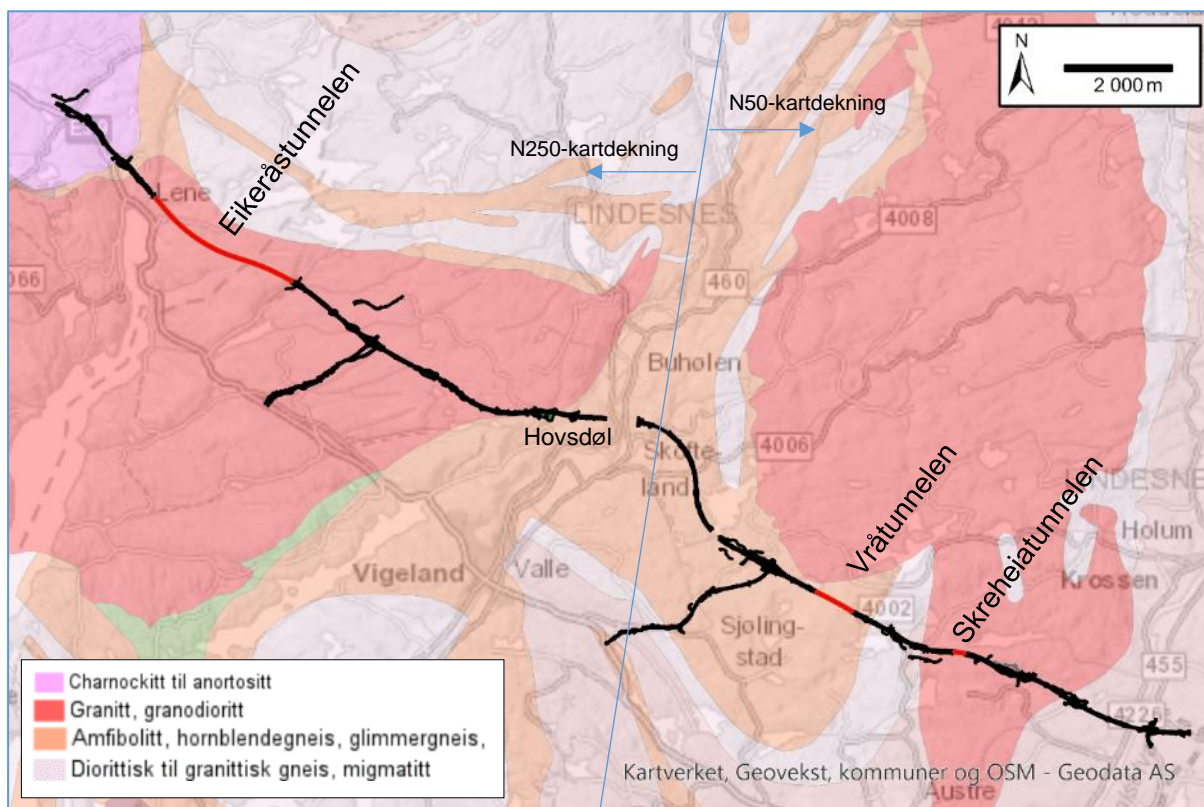
Løsmassene varierer mellom grunne og mektige avsetninger, alt etter de lokale forholdene (Figur 3). De tversgående elvedalene tilhørende Mandalselva og Audna har forekomster av elve- og brelvavsatt materiale, mens heiene mellom dalførene i hovedsak domineres av torv og myr i tillegg til grunne forekomster av morenemateriale og berg i dagen [6]. Registreringer foretatt under feltarbeid bekrefter at det er torv og myr som er dominerende løsmasser i planområdet, og at det i tillegg finnes lokale utbredelser med forvitningsmateriale (steinur), morenemateriale og stedforvitret berggrunn. Med unntak av dalsøkkene til Audna og Mandalselva er planområdet over marin grense.



Figur 3: Oversikt over løsmasser i planområdet kartlagt av NGU [6]. Røde streker viser de 3 tunnelene i prosjektet.

5.3 Berggrunnsgeologi

Bergartene i planområdet består av pre-kambriske grunnfjellsbergarter som øyegneis, granittisk gneis og båndgneis/migmatitt tilhørende Agderkomplekset [5](Figur 4). I tillegg er det relativt stor utbredelse av prekambriske granitter (hornblende- og biotittgranitt) som er yngre enn Agderkomplekset. Det foreligger N50-berggrunnskart over Mandal som slutter ca. ved Audnedalen. Herfra og vestover er det kun N250-berggrunnskart tilgjengelige.



Figur 4: Berggrunnsgeologisk kart langs hele veilinjens, 1:250 000 fra NGU [5]. Røde streker viser de 3 tunnelene i prosjektet. Båndgneis faller inn under fargen for amfibolitt.

5.4 Mineralressurser og brønner

Det er ikke registrert mineralressurser som kommer i konflikt med veiltaket [5].

Det er ikke registrert brønner som kommer i konflikt med tiltaket i områdereguleringen [20]. Detaljert registrering av eksisterende brønner i planområdet er gjennomført som en del av detaljreguleringen, og YM-faget utarbeider egen tiltaksplan for private vannforsyninger.

5.5 Lineamenter

Hovedtrekkene i lineamentsretningene er de største dalsøkkene (Mandalselva – Audna — Lene-fjorden) som stryker ca. NNØ-NØ/SSV-SV. I tillegg er det et markert lineament parallelt med disse. Fra Tarvannet på Vigeland og opp mot Audnadalen. Et annet markert lineament er registrert fra Mandal via Vigeland og opp dalsøkket mellom Fardal og Osestad (parallelt

dagens E39) mot Lenefjorden, strøkretning ca. VNV-ØSØ. I denne målestokken er det vanskelig å si noe spesifikt om fallvinkel og -retning for lineamentene.

Mer detaljerte lineamentsstudier er gitt i kapitlene for de enkelte strekningene (kapittel 6-25).

5.6 Steinmaterialets kvalitet

5.6.1 Faktadel: Laboratorietesting og tilgjengelig erfaringsgrunnlag

I områdereguleringen ble det utført tester på bergmateriale fra østsiden av Audnedalen og begge sider av Mandalselva. I denne planfasen er det i tillegg utført tester for Eikeråstunnelen og Vråtunnelen. Resultatene fra alle testene er listet i Tabell 6 og en oversikt over hvor prøvene er tatt er vist i Figur 5. Kravene til bruk i bærelag er LA-verdi < 35 og MD-verdi < 15 [1].

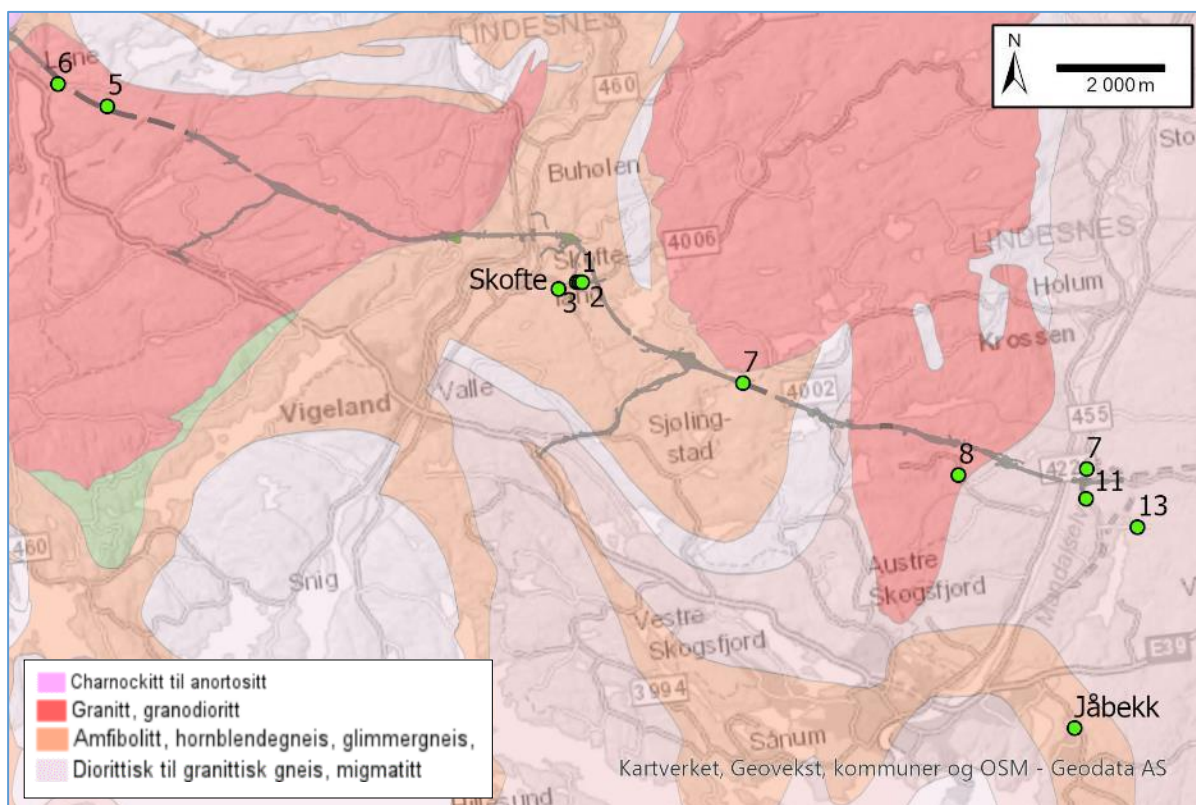
Tabell 6: Resultater fra testing av LA og MD. Grønn farge = krav oppfylt

Bergart	Årstall	Prøvenr.	Lokalitet	LA	MD
Granitt	2021	5	Eikeråsheiatunnelen, Haddeland	36	15
Granitt	2021	6	Eikeråsheiatunnelen, Grummedal	24	12
Båndgneis	2021	7	Vråheiatunnelen	85	24
Båndgneis	2018	1	Vallerås	27	15
Båndgneis	2018	2	Vallerås	32	10
Båndgneis	2018	3	Vallerås	24	22
Biotittgranitt	2018	8	Mandalselva vest	33	10
Øyegneis	2018	7	Mandalselva øst	38	17
Øyegneis	2018	11	Mandalselva øst	39	16
Øyegneis	2018	13	Mandalselva øst	24	26

På direktoratet for mineralforvaltning sine websider [21] finnes det informasjon om utførte tester av forskjellig bergarter i nærheten av prosjektområdet (Tabell 7). I 2007 ble det utført tester på granittisk gneis fra Jåbekk pukkverk som er ca. 4,5 km sør for prosjektområdet. Selv om resultatene ikke er direkte overførbare, gir de en indikasjon på hvilken kvalitet en kan forvente.

Tabell 7: Resultater hentet fra pukkdatabasen. Grønn farge = krav oppfylt.

Bergart	Årstall	Lokalitet	LA	MD
Amfibolitt	2019	Skofteidalen	19	9
Granittisk gneis	2007	Jåbekk pukkverk	39	12



Figur 5: Oversikt over hvor de ulike prøvene er hentet fra sammen med geologisk kart N250 fra NGU.

5.6.2 Tolkningdel: Steinkvalitet

Resultatene av utførte tester viser variasjon i kvaliteten for de ulike bergartene. Båndgneisen og enkelte av granittene tilfredsstillers kravene til bruk i bærelag. For de øvrige bergartene er LA-verdien noe forhøyet.

Generelt har bergartene i området høy mekanisk styrke og vil gi små mengder med finstoff. Dette gunstig med tanke på bruk i fyllinger ellers i prosjektet utenom bærelag.

5.7 Borbarhet og sprengbarhet

5.7.1 Faktadel: Indekser

Borbarhet er definert ved indeksene DRI (Drilling Rate Index, borbarhetsindeks) og BWI (Bit Wear Index, borslitasjeindeks). Avhengig av testresultat klassifiseres bergarten i kategorier fra 'ekstremt lav' til 'ekstremt høy'. Sprengbarhet beskrives ved sprengbarhetsindeksen, SPR. Indeksen er et mål på sprengstofforbruk (kg/m^3) for å oppnå en gitt fragmentering ($d_{50} = 270$ mm). SPR-skalaen til bergarten fastsettes som god, middels eller dårlig.

5.7.2 Tolkingsdel: Borbarhet og sprengbarhet

Det er ikke utført tester for å beregne/fastsette DRI, BWI eller SPR for dette prosjektet. Det er derfor benyttet erfaringsdata fra testing av tilsvarende bergarter.

Berggrunnen i planområdet består i stor grad av granitt samt noe gneisbergarter mellom Gjervollstad og Hovsdøl samt i linja for tilførselsvei mellom Trædal og Blørstad (Figur 4). Ved Mandalselva er det også noe øyegneis.

Erfaringstall for noen bergarter som antas representative for planområdet er gitt i Tabell 8. Verdiene må bare ansees som veiledende da det er stor spredning i datagrunnlaget.

Tabell 8: Veiledende verdier for borbarhet, slitasjeindeks og sprengbarhet i noen aktuelle bergarter. Data for DRI og BWI er hentet fra [22] og SPR fra [23].

Bergart	DRI	BWI	SPR
Granitt	45-60 Middels til høy	30-45 Middels til høy	0,42-0,45 Middels
Gneis	37-54 Lav til middels	34-51 Middels til høy	0,43-0,47 Middels
Øyegneis	39-50 Lav til middels	39-52 Middels til høy	(Mangler data)

5.8 Syredannende bergarter i planområdet

5.8.1 Faktadel: Grunnforhold, undersøkelser og erfaringsgrunnlag

Tematikken knyttet til syredannende bergarter er også omtalt i fagrapport ingeniørgeologi for områdereguleringsplanen [20]. Erfaringsmessig er faren for å påtreffe syredannende bergarter størst i tilknytning til båndgneiser. Innenfor planområdet befinner disse bergartene seg mellom Gjervollstad og Hovsdøl samt i linja for tilførselsvei mellom Trædal og Blørstad (Figur 4).

I forbindelse med områdereguleringen ble det gjort aktivt søk i felt etter mistenkte sulfidsoner innenfor båndgneisområdene i korridoren, og det ble gjort spredte, avgrensede funn med noe varierende innhold av svovel og reaktivitet. Vest for Hovsdøl ble det i områdereguleringen lokalisert en sulfidførende sone som ser ut til å stryke parallelt med kontakten mellom båndgneisen og granitten. Sonen befinner seg ca. 100 m sør for de planlagte bergskjæringene på strekningen. I forbindelse med detaljreguleringen er det i tillegg gjort observasjoner av rustne gneiser (sannsynlig sulfidførende) ca. 75 m sør for linja rundt profil 14450 (Figur 6).



Figur 6: Observasjon av rustne gneisbergarter ca. 75 m sør for linja rundt profil 14450.

Bortsett fra denne observasjonen er det ikke registrert rustne gneisbergarter i felt i forbindelse med den omfattende kartleggingen som er utført i reguleringsplanfasen.

Geoelektriske målinger (ERT/IP) ble utført i felt i områdereguleringen for de høye skjæringene vest for Vallerås og i Monefjellan øst for Audnedalen. Disse er omtalt og diskutert i kapittel 16 og 18 samt i fagrapport fra områdereguleringen [20]. IP-målinger ble utført sammen med ERT for å se om det var mulig å påvise sulfidmineraler. Det ble ikke målt IP-respons som ga indikasjoner på tilstedeværelse av sulfidmineraler i bergmassen i disse områdene. I etterkant av områdereguleringen er det i regi av Nye Veier AS utført helikopterbaserte resistivetsmålinger, såkalt «geoskanning» i hele planområdet [24]. Utbyttet av disse målingene var noe begrenset på grunn av forstyrrelser fra eksisterende infrastruktur (kraftlinjer o.l.), forbud mot å fly over bebyggelse, samt topografiske forhold. Med unntak av ved Optedal (delområde 3, Lyngdal kommune) er det ikke målt lave resistiviteter som gir indikasjon på sulfidmineraler. Resultatene må imidlertid tolkes med forsiktighet da metoden kanskje ikke er egnet til å detektere sulfidmineraler slik de typisk kan forekomme i båndgneisene på Sørlandet. På Sørlandet er sulfidene gjerne oppkonsentrert i smale soner og bånd kontra jevnt fordelt i bergmassen slik det er tilfelle i f.eks. svartskiferne i Oslofeltet.

Det foreligger nå erfaringer fra bygging av to store infrastrukturanlegg langs E39 mellom Kristiansand og Mandal i tilsvarende geologi som for Mandal-Lyngdal øst. I disse prosjektene har det ikke vært stor utbredelse av sulfidførende bergarter. For strekningen Kristiansand vest - Mandal øst har det vært gjort mindre funn ved Holbekstjønn vest for Trysfjorden, samt i Hellersdalen i Søgne. Ved Holbekstjønn er det deponert ca. 7900 m³ sulfidholdig steinmaterialer i tråd med godkjent tiltaksplan [25]. Dette omfatter også noe av steinen fra Hellersdalen som er deponert her. Det totale volumet av sulfidholdig stein er trolig noe større da deler av massene er brukt til anleggsveier samt etablering av ny rundkjøring i Søgne. For prosjektet E39 Mandal øst - Mandal by er vi ikke kjent med noen funn av sulfidholdig materiale som har medført behov for tiltaksplan. I tillegg foreligger fagrapporter ingeniørgeologi i tilknytning til reguleringsplanen for naboparsellen i vest (Lyngdal øst-Lyngdal vest). I fagrapport for Kålstunnelen kommenteres det til at det ikke er kartlagt/observert sulfidrike bånd/slirer i båndgneisen [26].

5.8.2 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

På bakgrunn av arbeidet utført i områdereguleringen, egne registreringer i forbindelse med feltarbeidet i reguleringsplanfasen, erfaringene fra byggingen av E39-parsellene mellom Kristiansand og Mandal og utført arbeid i forbindelse med reguleringsplanen for Lyngdal øst-Lyngdal vest, vurderer vi at risiko for å påtreffe sulfidførende bergarter i vesentlig omfang er liten. Risikoen later til å være størst i områdene som grenser mot granittbergartene (f.eks. i området mellom Hovstøl og Landåstjønn).

Sulfidførende soner er i sin natur mekanisk svakere enn omgivelsene, og vil i jomfruelig terreng ofte være erodert ut og dekket med løsmasser slik at de ikke er synlige før løsmassene er fjernet. Derfor kan disse ofte være vanskelig å identifisere i felt, og man finner de derfor gjerne i skjæringer og områder der løsmassene er rensket bort. Det er altså en viss usikkerhet knyttet til omfanget av dette som vil vedvare inntil bergmassen er avdekket. I områder med båndgneis bør der derfor være innarbeidede rutiner hos utbygger for å kartlegge bergmassen etter rensk og før utsprenning. Ved mistanke om tilstedeværelse av sulfidmineraler bør det iverksettes prøvetaking. Krav til prøvetaking og rutiner for miljøoppfølging er gitt i [27]. Det anbefales at bestemmelsene i [27] gjøres gjeldende for prosjektet i byggefasen.

5.9 Klimatiske forhold

SeNorge [28] og Seklima [29] har historiske værdata tilgjengelige som er brukt som kilde for følgende verdier. Det er begrenset med værstasjoner i nærheten som har data over en lengre periode. Det har blitt brukt data fra værstasjonene Lyngdal og Mandal II.

Årsmiddeltemperatur for værstasjon Lyngdal var for perioden 1961-1990 på 6,9°, mens den for perioden 1991-2020 var på 7,9°.

Årsmiddeltemperatur for værstasjon Mandal II var for perioden 1961-1990 på 6,7°. Her finnes ikke data for perioden 1991-2020.

Normal årsmaksimum av snødybde for normalperioden 1971 – 2000 er mellom 25-50 cm, med 10-25 dager med snødybde over 25 cm.

Normal årsnedbør for normalperioden 1971 – 2000 varierer mellom 1500 – 2000 mm og 2000-3000 mm i ulike deler av planområdet.

Gjennomsnitt årsnedbør for perioden 1973-2017 for nærmeste målestasjon Kvåvik viser en gjennomsnittlig årsnedbør på 1826 mm. Det finnes ikke data for normalperiode for noen av de nærliggende værstationene.

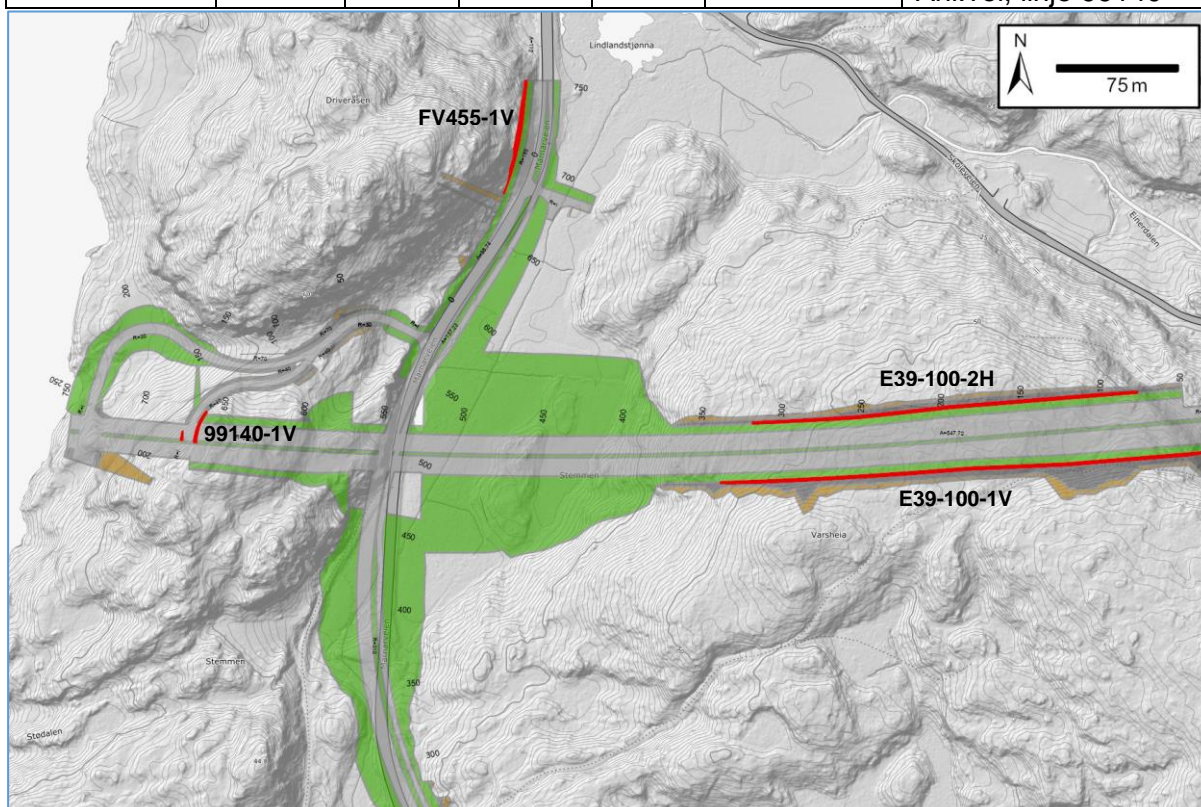
6 Varsheia

6.1 Innledning

Ved starten av prosjektområdet i øst skjærer E39 seg ned gjennom Varsheia med dobbeltsidige skjæringer før den ligger på fylling ut til broen over Mandalselva. Det blir i tillegg høye skjæringer i tilknytning til lokalveiene i området (Tabell 9 og Figur 7).

Tabell 9: Strekninger med bergskjæringer med høyde over 10 m.

SkjæringsID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./ Kommentar
E39-100-1V	40	340	300	V	22	V1101
E39-100-2H	80	320	240	H	22	V1101
FV455-1V	680	755	75	V	25	V1201 Eksisterende vei, FV 455 Marnarveien
99140-1V	170	190	20	V	10	V1201 Anl.vei, linje 99140



Figur 7: Røde streker indikerer skjæringer med høyde over 10 m på østsiden av Mandalselva.

6.2 Faktadel: Grunnforhold

6.2.1 Topografi

Fra øst stiger terrenget opp til toppen av Varsheia på ca. kote 60. Før terrenget synker jevnt ned mot fv. 455. Langs vestsiden av fv.455 er terrenget sidebratt.

6.2.2 Løsmasser

Ifølge NGU består løsmassene i området av humusdekke over berg [6]. I felt er det observert tynt løsmassedekke bestående av torv/organisk materiale over berg. I søkk kan løsmassemektingen være større.

6.2.3 Berggrunn og oppsprekking

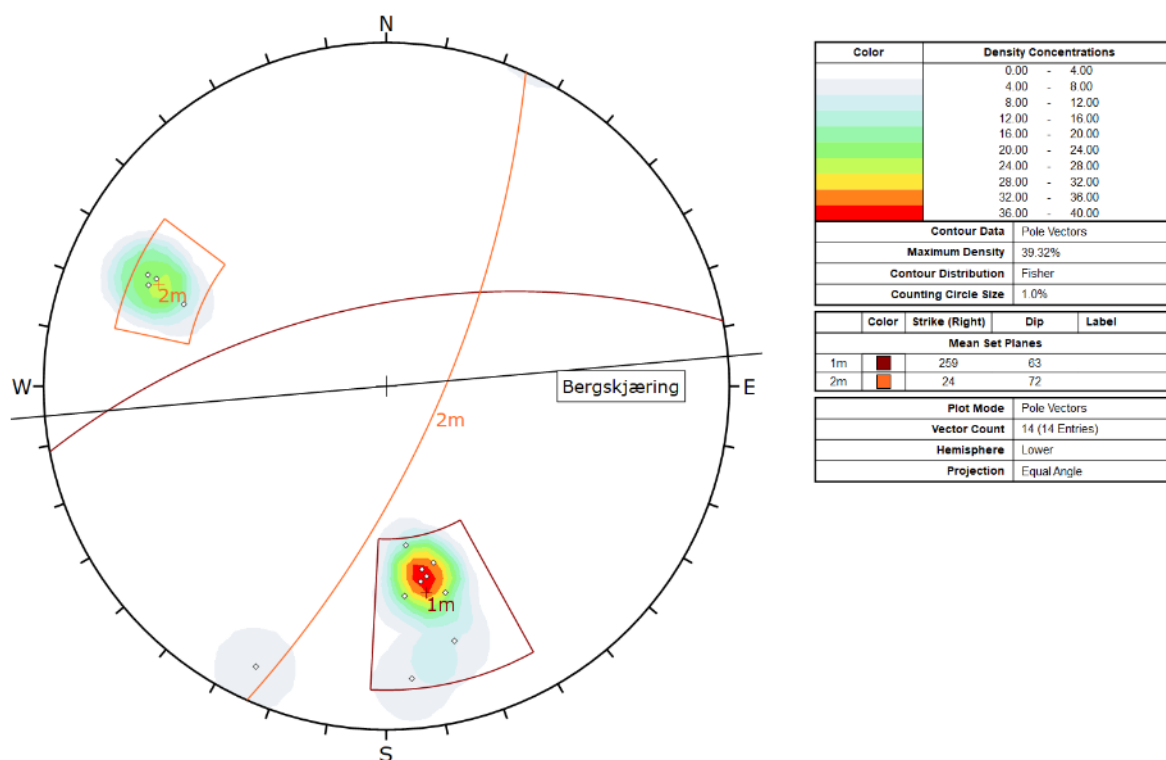
Ifølge NGU N50-berggrunnskart består berggrunnen av øyegneis, vesentlig omdannede porfyriske granitter og granodioritter [5]. I felt er det observert båndgneis og øyegneis. Bergmassen har varierende oppsprekking påvirket av foliasjon og folding. Det er observert noe forvitring på sprekkeplan og enkelte av sprekkeplanene har preg av dagsonefjell. Bergmassekvaliteten varierer fra svært god til dårlig enkelte steder.

Det er ikke observert vesentlige svakhetssoner i området der skjæringene kommer verken på kart eller i felt.

Det er kartlagt 2 steile sprekkesett i området. Det ene er parallelt med E39-veilinjen og faller ca. 60° mot nord. Det andre faller mot ØSØ (Tabell 10 og Figur 8).

Tabell 10: Detaljer om registrerte sprekkesett ved Varsheia.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	259°/63°	Ru plan til ru bølgete sprekkeoverflater. Sprekkeavstanden er 0,2 til 1 m.
2m	024°/72°	Ru plan til ru bølgete sprekkeoverflater. Sprekkeavstanden



Figur 8: Stereonett som viser kartlagte sprekker i området. Sort strek viser retningen til skjæringene langs E39.

6.2.4 Vannforhold

Det går et myrdrag på østsiden av Marnarveien, men det er ikke myrområder eller bekker i tilknytning til områdene det er planlagt bergskjæringer.

6.2.5 Skredfare

Det er ikke sidebratt terreng over skjæringene langs E39. Fv. 455 og delvis anleggsveien på sørøstsiden av Driveråsen ligger i utløpsområde for snøskred. Det er observert oppsprukket bergmasse i dette området og terrenget over den eksisterende veien er bratt.

6.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

6.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematisk analyse viser at det er stort potensiale for planutglidninger langs sprekkesett 1m i venstre bergskjæring langs E39. Det er også potensiale for kileutglidninger mellom de to registrerte sprekkesettene her. Det er registrert variasjon på fallet fra 50-80°. Det bør gjøres supplerende sprekkekartlegging etter avgraving av løsmasser for å vurdere om det er hensiktsmessig å utforme skjæringen langs dette sprekkesettet.

For skjæringen langs Marnarveien og langs tilkomstvei til brua (veilinj 99104), er det potensiale for planutglidning langs sprekkesett 2m. Langs fv.455 Marnarveien blir

skjæringshøyden opp mot 25 m. Dersom sprekkesett 2m er gjennomsettende anbefales det at skjæringen utformes langs disse.

6.3.2 Forventet bergsikring

Dersom skjæringen langs E39 legges med helning 10:1 kan de bli behov for forbolter på venstre side i forkant av utspregning. I høyre skjæring langs E39 er det noe potensiale for utvelting fra sprekkesett 1m. Skjæringstoppen bør utformes slik at ikke det dannes topplingblokker høyt oppe i skjæringen. Forbolting kan også bli aktuelt her hvis ikke tilpasning ved geometrisk utforming er mulig.

Det forventes normalt omfang av boltesikring i alle skjæringene. I områdene med forvitret berg må steinsprangnett vurderes. Det er tynt løsmassedecke i området, så det forventes at løsmasser på topp skjæring kan etableres med stabil graveskråning. Lokale forstøtningsmurer kan likevel bli nødvendig ved lokale søkk/forsenkninger med større løsmassemektheter.

Langs eksisterende skjæring langs fv.455 Marnarveien må det utføres bergsikring i terrenget over skjæringen først (Figur 9). Enkelte avgrensede partier må vurderes om de skal renskes ned eller boltes fast.



Figur 9: Eksisterende bergskjæring langs Fv.455 Marnarveien. Ny skjæring blir liggende omtrent 10 m lenger inn mot vest. Bildet er tatt mot sør.

6.3.3 Skredfare

Skjæringen langs fv .455 på østsiden av Driveråsen ligger i utløpsområde for snøskred. Terrenget i løснеområdet har enkelte flatere områder som har for lav helning til at snøskred kan utløses. Mellom de slakere partiene er terrenget for bratt til at det kan akkumuleres større snømengder. Videre er det skog i løснеområdet. Sannsynligheten for snøskred med skadelig potensiale vurderes som mindre enn akseptabel skredrisiko langs veien (1/50).

Steinsprang vurderes som dimensjonerende skredtype i skråningen med sannsynlighet større enn 1/1000. Det må utføres inspeksjon og eventuelt rensk og sikring anvist av ingeniørgeolog av sideterrenget for å få tilfredsstillende sikkerhet mot steinsprang.

6.3.4 Omgivelser

Avstanden til nærmeste bebyggelse er over 400 m som er langt nok til å ikke bli påvirket av vibrasjoner fra sprengning. Det er ikke registrert verdifulle naturtyper eller arter i området.

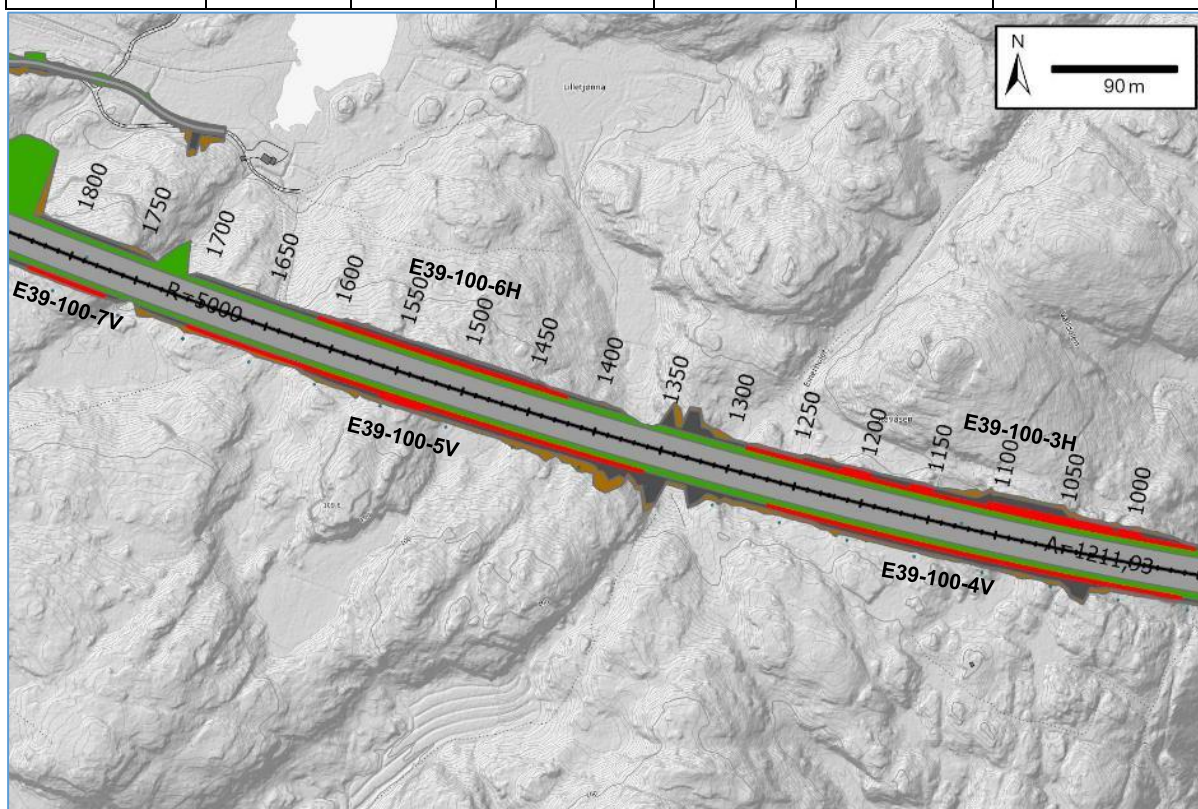
7 Mandalselva – Bjørkåsen

7.1 Innledning

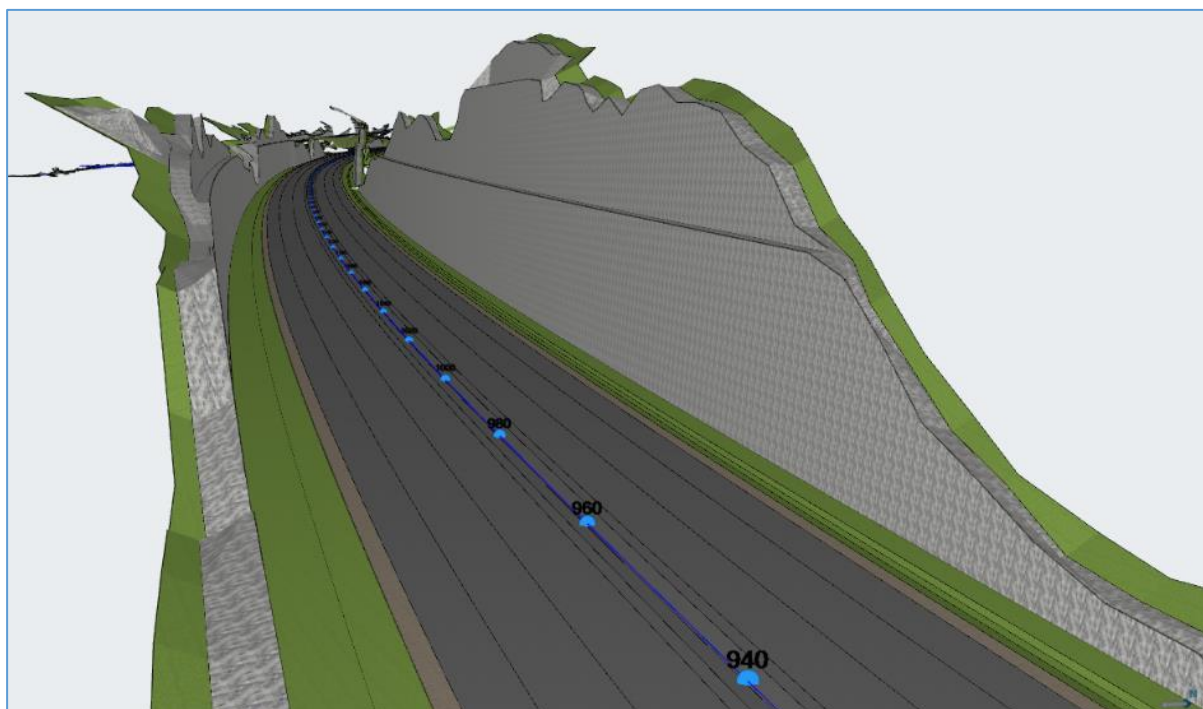
Veien ligger tungt i terrenget på vestsiden av Mandalselva med tosidig bergskjæring med høyde opp mot 40 m på høyresiden. Detaljer om skjæringene er gitt i Tabell 11, Figur 10 og Figur 11.

Tabell 11: Strekninger med bergskjæring med høyde over 10 m.

SkjæringsID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./Kommentar
E39-100-3H	955	1290	335	H	39	V1102
E39-100-4V	960	1265	305	V	24	V1102
E39-100-5V	1360	1705	345	V	28	V1103
E39-100-6H	1425	1615	190	H	23	V1103
E39-100-7V	1770	1830	60	V	14	V1104



Figur 10: Røde streker indikerer skjæring med høyde over 10 m mellom Mandalselva og Bjørkåsen.



Figur 11: Utklipp fra modell som viser området hvor skjæringene er høyest.

7.2 Faktadel: Grunnforhold

7.2.1 Topografi

Terrenget er småkupert med mindre dalsøkk med retning NØ-SV og NNV-SSØ. Terrenget ligger mellom kote 60 og opp mot kote 90 der veilinjen kommer. Det heller bratt ned mot Mandalselva i øst. Det er en del bratte bergskrenter med høyde på ca. 6-10 m som ligger parallelt med veilinjen. Veilinjen skjærer seg ned i mindre åser. Det er ikke sidebratt terreng over topp skjæring.

7.2.2 Løsmasser

Ifølge NGU består løsmassene i området av humusdekke over berg, bart berg på toppene og tynt morenedekke i søkk og forsenkninger [6]. I felt er det observert tynt løsmassedekke bestående av torv/organisk materiale over berg. I søkk kan løsmassemektheten være større.

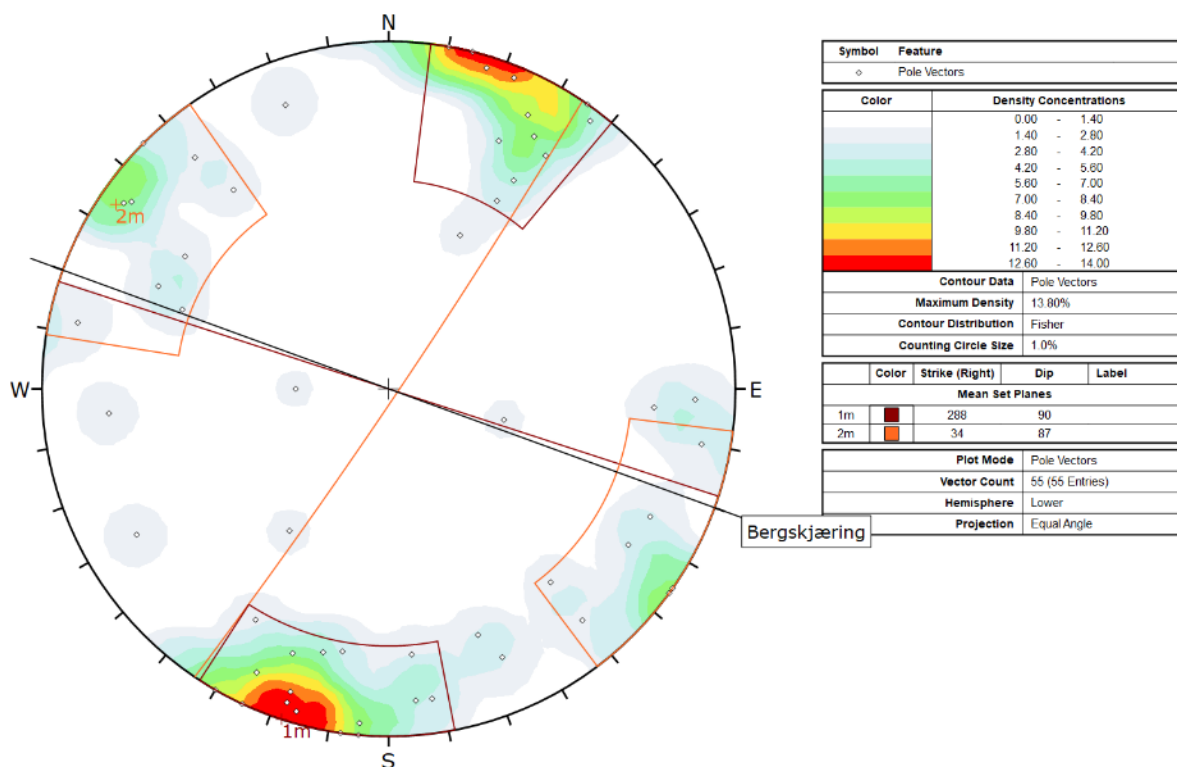
7.2.3 Berggrunn og oppsprekking

Ifølge NGU består berggrunnen av øyegneis, vesentlig omdannede porfyriske granitter og granodioritter [5]. I felt er det observert båndgneis og øyegneis. Foliasjonen er ikke spesielt tydelig. Bergmassen fremstår som relativt grovblokkig med stor sprekkeavstand (Figur 13). Det er en del åpne sprekker i dagfjellet.

Det er kartlagt 2 steile sprekkesett i området. Det ene er parallelt med veilinjen og det andre står vinkelrett på (Tabell 12 og Figur 12). Begge sprekkesettene varierer om vertikalen og har fall fra 65/70° og opp mot 90°. I tillegg er det observert noen sub-horisontale sprekker.

Tabell 12: Detaljer om registrerte sprekkeseett ved Mandalselva - Bjørkåsen

Sprekkeseett	Strøk/fall	Kommentar
1m	108°/90°	Tilnærmet vertikale sprekker. Sprekkeavstanden varierer typisk mellom 1 – 3 m. Sprekkeflatene er typisk ru med noe overflateforvitring, og varierer mellom plan til noe bølgete.
2m	214°/87°	Tilnærmet vertikale sprekker. Sprekkeavstanden varierer typisk mellom 1 – 5 m. Sprekkeflatene er typisk ru med noe overflateforvitring, og varierer mellom plan til noe bølgete.

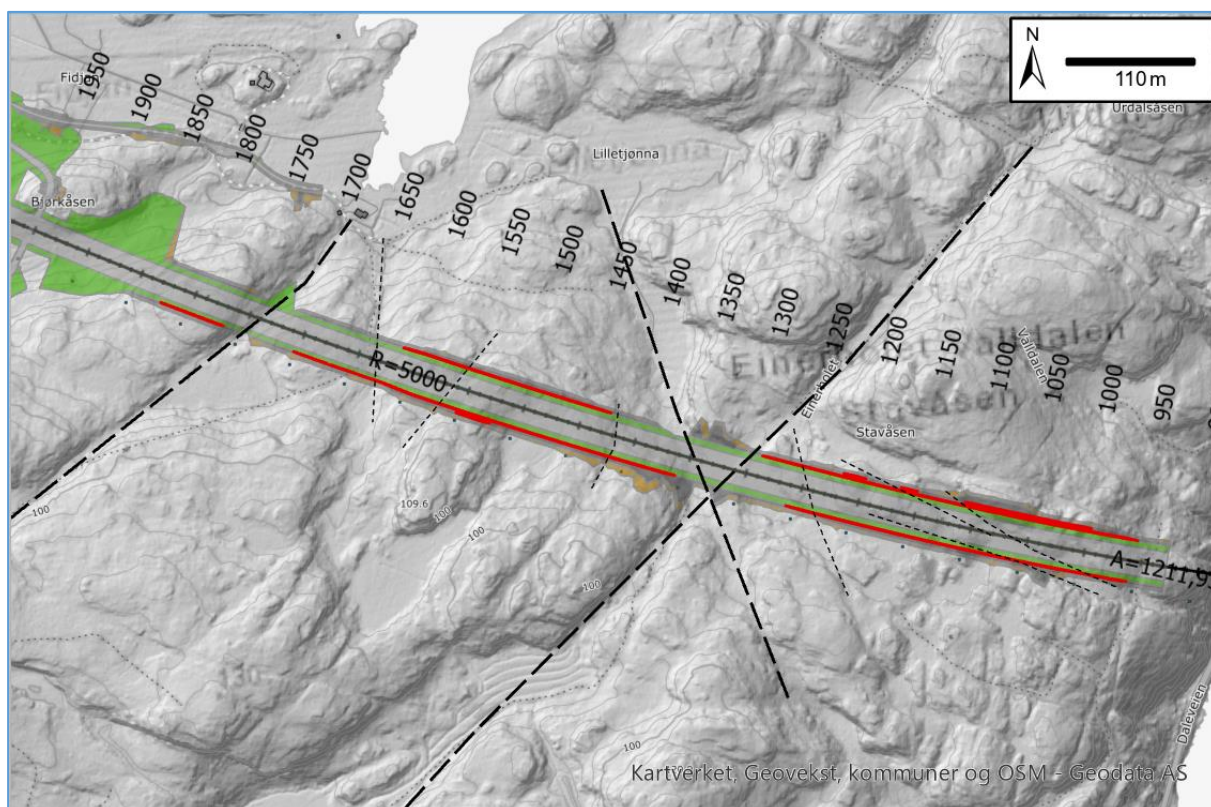


Figur 12: Stereonett som viser kartlagte sprekker i området.



Figur 13: Typisk bergmasse i området.

Fra skyggekart er det identifisert flere små og større lineamenter som krysser veilinjen. Disse er vist i Figur 14. Disse kan potensielt representere svakhetssoner i bergmassen.



Figur 14: Kartlagte lineamenter i området.

7.2.4 Vannforhold

Langs søkk og på de flatere områdene er det observert bekker og myrområder. Det befinner seg en liten bekk ved profil ca. 1635 som drenerer mot NØ i retning Unndalstjønnå.

7.2.5 Skredfare

Området ligger ikke innenfor aktsomhetsområde for skred [8]. Det er ikke sidebratt terreng rundt veilinjene.

7.3 Tolkingsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger

7.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

De slakere sprekkene i sprekkesett 1m kan potensielt danne planutglidning i skjæringene på begge sider av veien. De brattere sprekkene kan potensielt føre til utvelting. Det må undersøkes om skjæringene på begge sider bør utformes langs dette sprekkesettet i detaljprosjekteringen.

Sprekkesett 2m er orientert vinkelrett på veilinjene og har dermed en gunstig stabilitetsmessig orientering. Etter avgraving og utspregning må det kartlegges om de sporadiske sprekkene som er kartlagt utgjør et sprekkesett som kan gi andre typer utglidninger, f.eks. kiler.

På det høyeste blir skjæringshøyden opp mot 40 m på høyre side. Skjæringene antas i utgangspunktet utformet i henhold til normalprofilen.

7.3.2 Forventet bergsikring

Bergmassen fremstår som massiv og grovblokkig. Det forventes at det blir normalt behov for boltesikring i skjæringene. Det anbefales at mest mulig av bergmassen forsøkes å renskes ned etter sprengning for å unngå å måtte sikre større ustabile bergpartier.

I områdene der veilinjen krysser de identifiserte lineamentene må det forventes soner der bergmassen kan være mer oppsprukket og småfallen. I slike områder vil det trolig være behov for steinsprangnett. Langs disse sonene kan det også være noe løsmasser på skjæringstoppene. Løsmassene kan enten graves bort, eller sikres med mur eller stabil graveskråning.

Skjæringene skal i hovedsak tas ut nedstrøms for myrområder. I de søkkene der bekkene kommer ned må isnett eller nisjer vurderes.

7.3.3 Skredfare

Sannsynligheten for skred fra sideterrenget vurderes å være mindre enn 1/1000.

7.3.4 Omgivelser

Avstanden til nærmeste bebyggelse er om lag 100 m, og anbefalingene i kapittel 3.7 bør følges.

8 Nedre Undal til Djubedal

8.1 Innledning

Mellom Nedre Undal og Djubedalen blir det bergskjæringer med høyde på over 10 m to steder.

Tabell 13: Strekninger med bergskjæringer med høyde over 10 m.

SkjæringsID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./ Kommentar
E39-100-8V	2760	2790	30	V	16	V1105
E39-100-9H	2920	2950	30	H	14	V1105



Figur 15: Oversikt over bergskjæringene med høyde over 10 m mellom Nedre Undal og Djubedalen.

8.2 Faktadel: Grunnforhold

8.2.1 Topografi

Terrenget er småkupert der hovedretning på strukturene i området er sørvest-nordøst. Veilinjen ligger på fylling og skjærer seg gjennom en mindre kulle med lave skjæringer i øst. Ved profil 2700 er det en ny større kulle med høyeste punkt på kote 125. Videre mot vest ligger veilinjen på fylling i et dalsøkk. Veien skjærer inn i en bergrygg på nordsiden som stiger bratt opp til kote 130.

8.2.2 Løsmasser

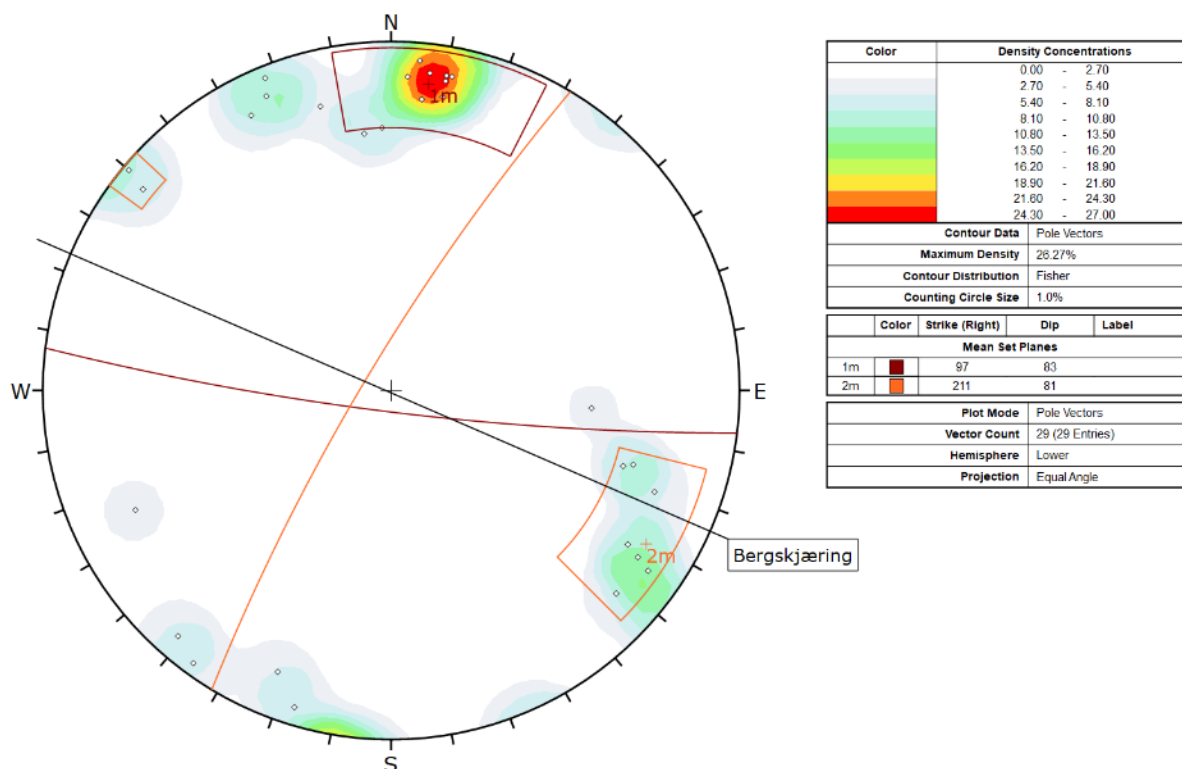
Ifølge NGU består løsmassene i området av humusdekke over berg på høydedragene og tynt morenedekke i søkk og forsenkninger [6]. I felt er det observert tynt løsmassedekke bestående av torv/organisk materiale over berg.

8.2.3 Berggrunn og oppsprekking

Ifølge NGU består berggrunnen av biotittrik granitt [5]. I felt er det observert en generelt massiv, grovkornet granitt med lav oppsprekingsgrad i hele området. De observerte sprekke har stor utholdenhet og er gjennomsettende. Sprekkeavstanden er observert å være 1-2 m. Det er ikke observert sprekke materiale, men dette kan forekomme under løsmassedekket. Sprekkeoverflatene er generelt ru, plan til ru, bølgete med verdier for j_r på 1,5-3. I tillegg er det observert enkelte sub-horisontale sprekker i tillegg til tilfeldige sprekker. De subhorisontale var ikke mulig å registrere.

Tabell 14: Detaljer om registrerte sprekkesett i Djubedalen

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	288°/83°	Steiltstående sprekker. Sprekkeavstanden varierer typisk mellom 1 – 5 m. Sprekkeflatene er typisk ru og plan med noe overflateforvitring.
2m	031°/81°	Steiltstående sprekker. Sprekkeavstanden varierer typisk mellom 1 – 5 m. Sprekkeflatene er typisk ru og plan med noe overflateforvitring.



Figur 16: Sprekkemålinger utført ved Djubedalen. De sub-horisontale sprekkene mangler i datasettet.

Fra skyggekart er det registrert noen lineamenter i området som kan representere svakhetssoner i bergmassen (Figur 17). De mindre sonene rundt skjæringen ved profil 2700-2800 antas å være inntil 5 m brede, eventuelt noe smalere mot dypet.

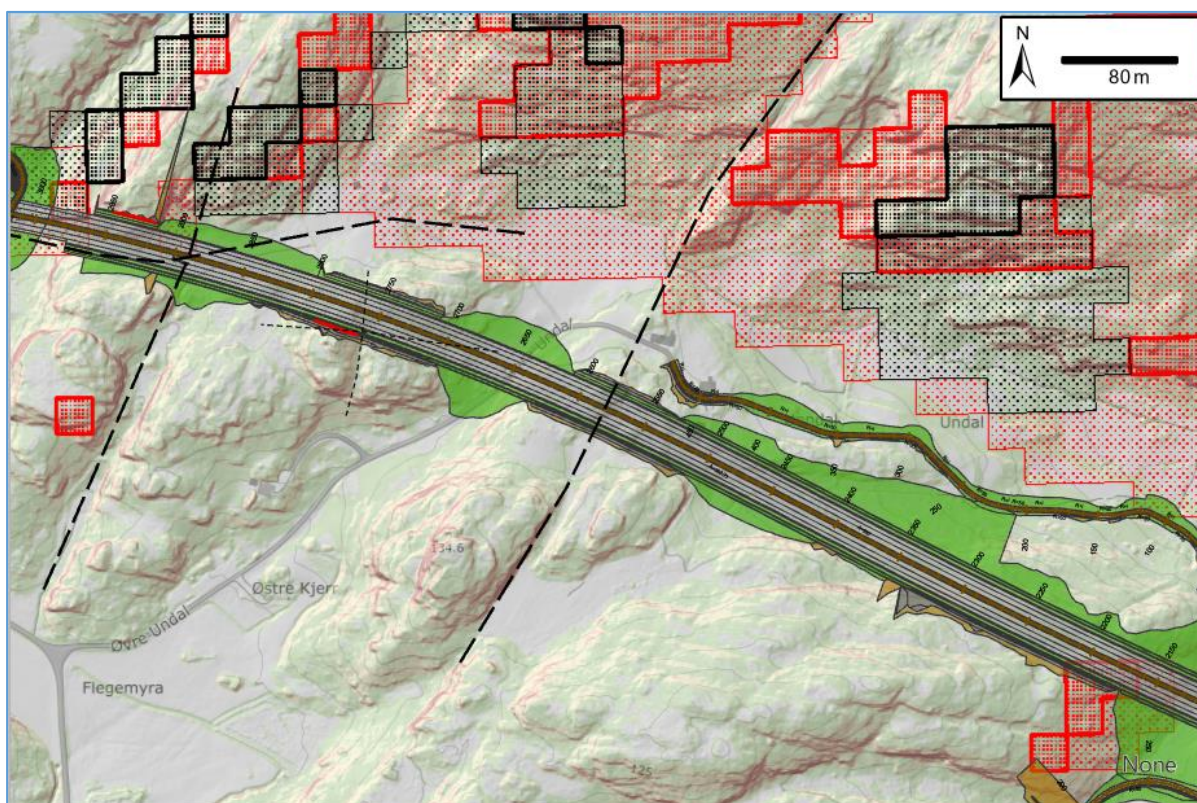
8.2.4 Vannforhold

Det er ikke observert vann i tilknytning til bergskjæringene.

8.2.5 Skredfare

Ved profil 2130-2210 ligger deler av veilinjen i utløpsområde for snøskred ifølge NVE [8]. Det samme gjelder også for profil 2890-3050 (Figur 17).

Bergskjæringen rundt profil 2900 skjærer seg inn i en ryggformasjon. Terrenget ovenfor bergskjæringen er bratt, og det er observert større tilsynelatende avløste blokker i skrentene (Figur 18).



Figur 17: Aktsomhetskart for skred over området. Lineamenter er også inntegnet med sorte stiplede linjer.

8.3 Tolkingsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger

8.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Det er potensiale for planutglidning langs sprekkesett 1m i skjæring på høyre side. Det kan også oppstå kileutglidning mellom 1m og 2m her. Det må vurderes om skjæringsveggen på høyre side skal utformes langs sprekkesett 1m. Sprekkesett 1m kan føre til toppling (utvelting) i skjæring på venstre side.

8.3.2 Forventet bergsikring

Det forventes at skjæringene kan sikres med normalt omfang av rensk og bolter. Potensielle kiler sikres med bolter eller tas ned under berguttak.

Ved skjæringene ved profil 2700-2800 er det noen potensielle svakhetssoner. Her kan det bli nødvendig med steinsprangnett ved dårlig bergmasse.

8.3.3 Skredfare

Med grunnlag i de lokale klimatiske forholdene omtalt i avsnitt 5.9 så anses det som lite sannsynlig at det kan akkumuleres nok snø til at det kan bygge seg opp til et flaskred. Løssnøskred, som kan oppstå dersom det kommer store mengder over et kort tidsrom, anses dermed som dimensjonerende snøskredtype. Løsneområder for løssnøskred er som oftest i terreng med 35 – 55 grader helning, med glatte svaberg som ikke armerer snødekket. Ved profil 2130-2210 har terrenget varierende helningsgrader fra 25 til over 60 grader, men det er

i all hovedsak løsmassedekket, vegetert og småkupert. Det er ikke registrert tegn til tidligere skredhendelser. Sannsynligheten for snøskred ved profil 2130-2210 vurderes derfor å være lavere enn 1/1000.

Ved profil 2900-3050 vurderes terrenget å være for bratt til at det kan akkumuleres store snømengder. Dimensjonerende skredtype i dette området vurderes å være steinsprang. Det er observert store, tilsynelatende avløste blokker i bergskrentene nord for veilinjens (Figur 18). Det må utføres sikringstiltak i skråningen da sannsynligheten for steinsprang vurderes å være større enn kravet på 1/1000. Det må utføres rensk av berg og vegetasjon og boltesikring må vurderes og anvises på stedet av geolog i byggefasen.



Figur 18: Sidebratt terreng på nordsiden av veilinjens.

8.3.4 Omgivelser

Det ligger bebyggelse på nordsiden av veilinjens i en avstand på ca. 60 m fra bergskjæringen ved profil 2750-2800. Anbefalingene i kapittel 3.7 bør følges.

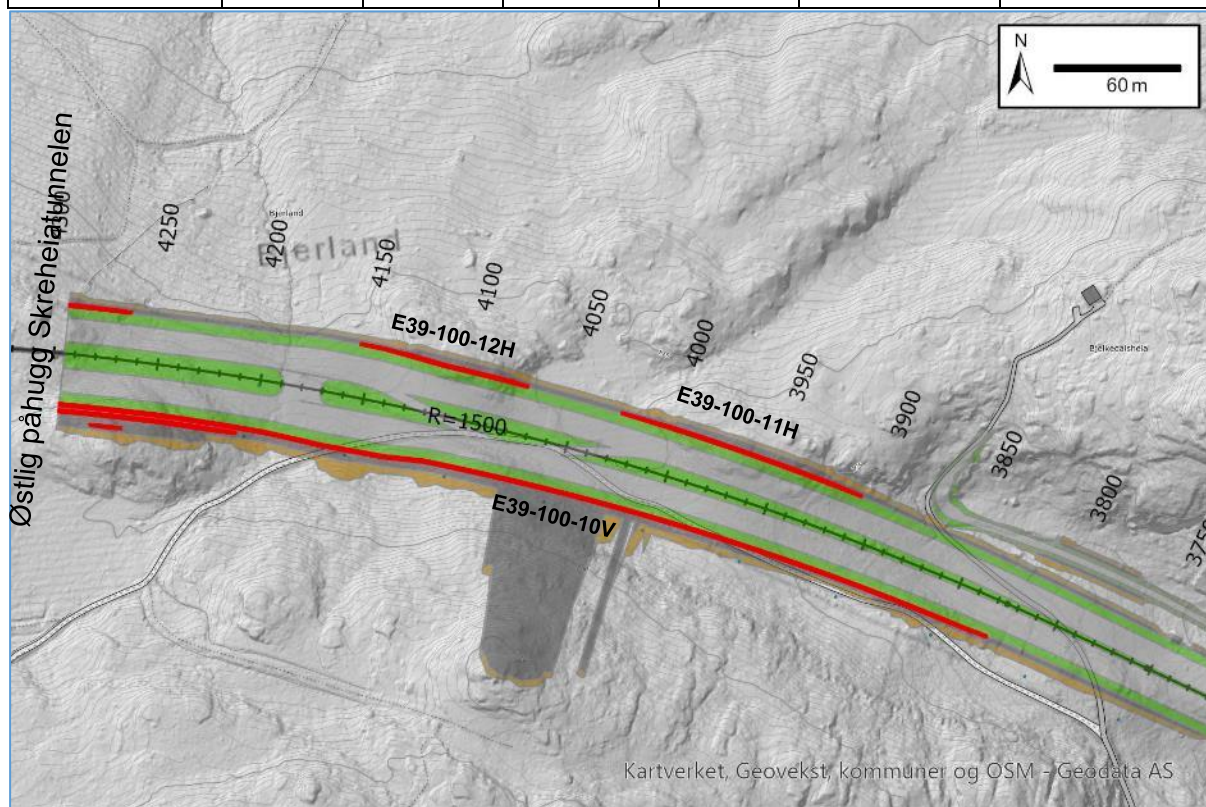
9 Bjelkedalsheia – Skreheiatunnelen forskjæring

9.1 Innledning

Veien ligger tungt i terrenget inn mot Skreheiatunnelen med høye bergskjæringene på begge sider. Påhuggsflaten og forskjæringene (fra profil 4250) beskrives i fagrapport rapport for Skreheiatunnelen [30].

Tabell 15: Strekninger med bergskjæring med høyde over 10 m.

SkjæringsID:	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./ Kommentar
E39-100-10V	3830	4250	420	V	38	V1106, V1107
E39-100-11H	3910	4030	120	H	22	V1106, V1107
E39-100-12H	4075	4155	80	H	20	V1107



Figur 19: Oversikt over skjæringene inn mot Skreheiatunnelen.

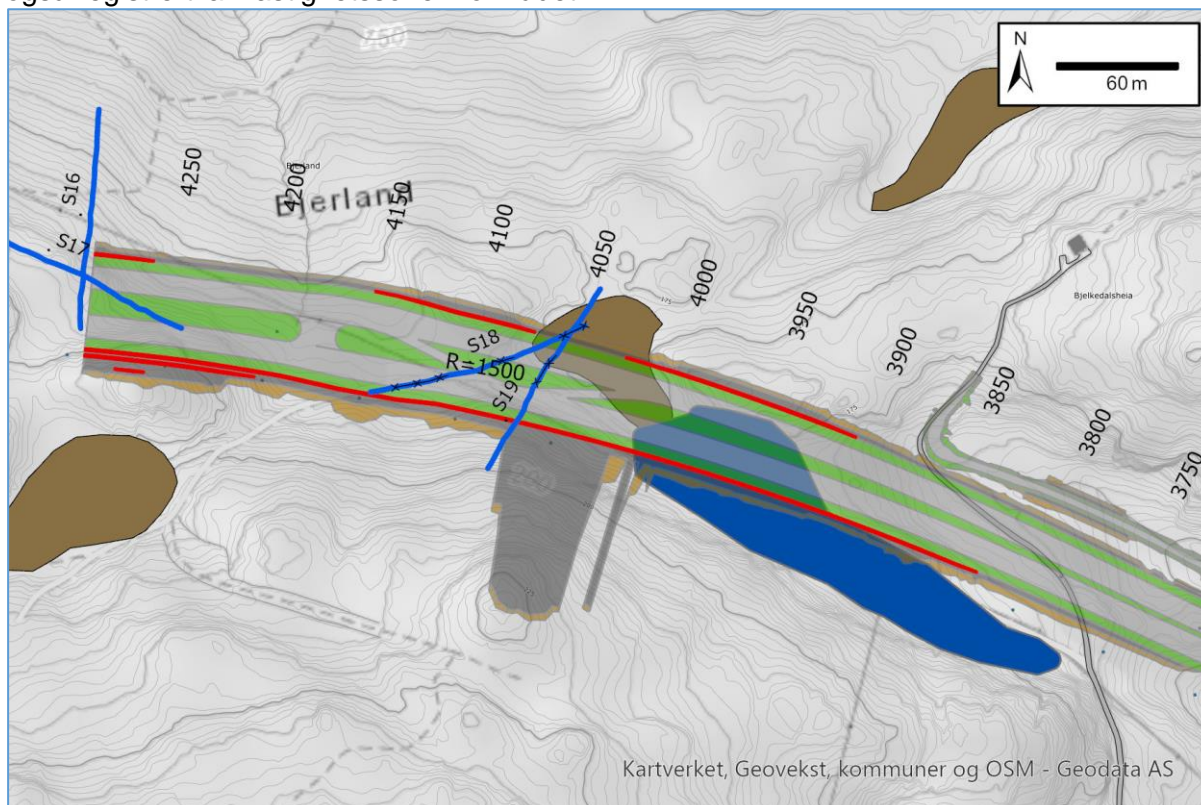
9.2 Faktadel: Grunnforhold

9.2.1 Topografi

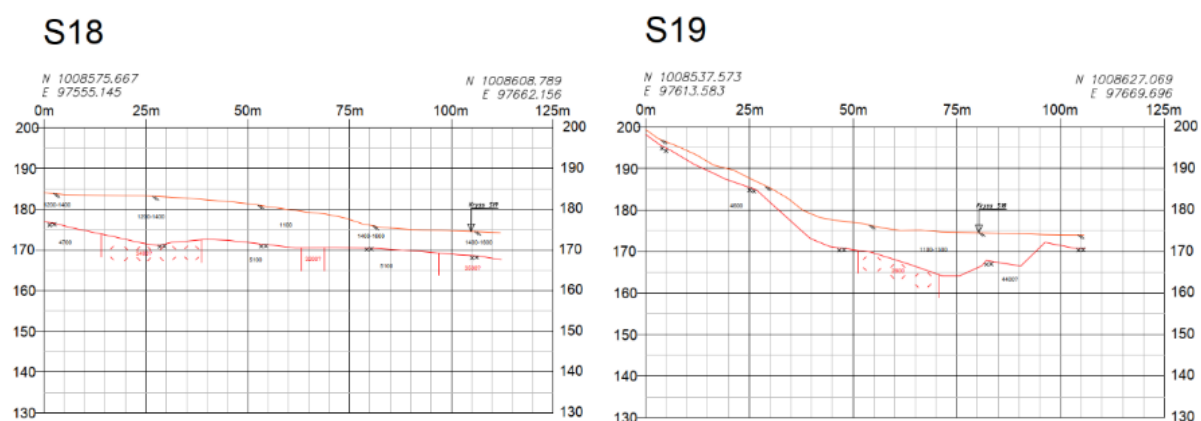
Veilinen følger en gammel traktorvei på nordsiden av Skreheia. 20-30 m sør for veilinen er det en langsgående bergskrent. Over denne slaker terrenget ut. Traktorveien ligger i en forsenkning.

9.2.2 Løsmasser

Ifølge NGU består løsmassene i området av humusdekke over berg på høydedragene og tynt morenedekke i søkk og forsenkninger [6]. I felt er det stedvis observert tynt løsmassedekke bestående av torv/organisk materiale over berg. I forsenkninger er det ikke registrert berg i dagen. Det er utført refraksjonsseismikk i området. Resultatene viser at løsmasseemektigheten er fra et par meter og opp til 12 m i sørvestlig del av profil S18 (Figur 20 og Figur 21). Det er også registrert lavhastighetssoner i området.



Figur 20: Oversikt over utført seismikk i området. Lavhastighetssoner er indikert med sorte kryss langs seismikklinjene. Brune polygoner viser myrområder. Blå polygon viser kartlagte kulturminner.



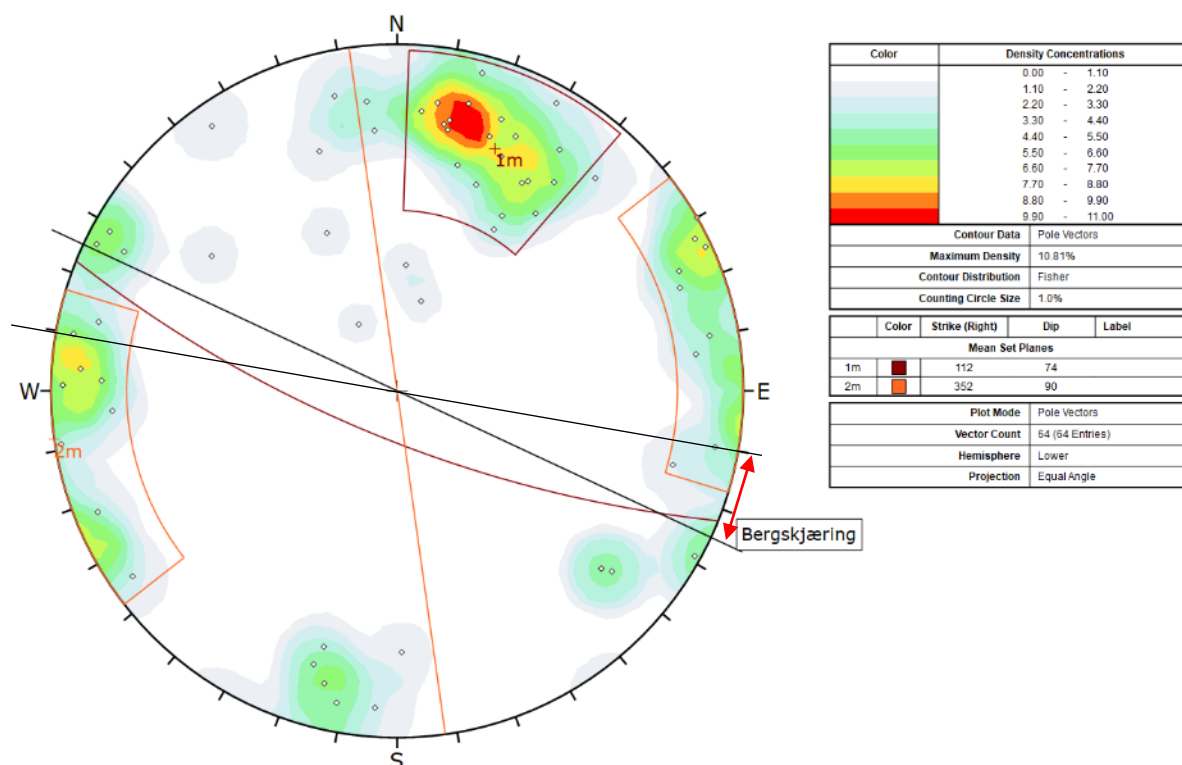
Figur 21: Utklipp fra resultater av refraksjonsseismikk. Se datarapport fra Geomap Norge AS for detaljer [31].

9.2.3 Berggrunn og oppsprekking

Ifølge NGU består berggrunnen av en middels- til grovkornet biotittgranitt [5]. I felt er det observert en generelt massiv, grovkornet granitt. De observerte sprekkeene har stor utholdenhet og er gjennomsettende. Sprekkeavstanden er 1-2 m. Det er ikke observert sprekkemateriale, men dette kan forekomme under løsmassedekket. Sprekkeoverflatene er generelt ru plan til ru bølgete med typiske verdier for j_r på 1,5-3. Det ble observert enkelte subhorisontale sprekker i tillegg til tilfeldige sprekker.

Tabell 16: Detaljer om registrerte sprekkesett mellom Bjelkedalsheia - Jordet

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	112°/74° (fallretningen pendler noe om vertikalen, NNØ og SSV)	Utholdende sprekker, gjennomsettende i hele området. Typiske avstander mellom 1–5 m. Typisk ru og plan med noe overflateforvitring.
2m	352°/90°	Utholdende sprekker, gjennomsettende i hele området. Typiske avstander mellom 1–5 m. Typisk ru og plan med noe overflateforvitring



Figur 22: Kartlagte sprekkesett i området. Bergskjæringenes orientering varierer noe gjennom området (linjer gjennom sentrum/pil).



Figur 23: Bergmassen i området er massiv, har sprekker med stor utholdenhet og er noe avrundet som et resultat av isskuring.

9.2.4 Vannforhold

Det er observert en liten bekk som krysser veilinjens ved ca. profil 4190. Det er et myrområde der veilinjens kommer ved ca. profil 4000-4080 (Figur 20).

9.2.5 Skredfare

De planlagte bergskjæringene ligger ikke innenfor aktsomhetskart for skred. Det er stedvis sidebratt terreng over venstre skjæring mellom profil 4040-4100.

Øst for skjæringene ligger lokalvei/gardsvei delvis i utløpsområde for snøskred ifølge NVE [8](Vedlegg 1-2).

9.3 Tolkingsdel: Ingeniørgeologiske vurderinger

9.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematisk analyse viser at det er stort potensiale for utvelting (toppling) fra sprekkesett 1m i venstre skjæring, samt potensiale for plan glidning langs enkelte av sprekkenes tilhørende sprekkesett 1m med fall mot NØ. Det er også potensiale for kileutglidning mellom sprekkesett 2m og tilfeldige sprekker. I høyre skjæring kan sprekkesett 1m føre til planutglidninger. Fallet på sprekkenes i sett 1m varierer fra 60-87°. Dersom det er hensiktsmessig kan det vurderes å legge høyre skjæring langs dette sprekkesettet, men det avhenger av fallet. I tillegg til planutglidning er høyre skjæring utsatt for kileutglidninger mellom sprekkesett 1m og 2m.

9.3.2 Forventet bergsikring

Generelt er bergmassekvaliteten i området god. Dersom det er ønskelig å beholde prosjektert sprengningsprofil må det trolig forboltes langs høyre skjæring. Det anbefales allikevel å forsøke å sprengne ned mest mulig av bergmassen for å unngå store avløste partier. Det er ingen infrastruktur på topp skjæring, slik at det kan tas ut noe mer masser en prosjektert. Videre antas det behov for boltesikring i skjæringene for å sikre kiler og flak.

Det må forventes noe dårligere bergmassekvalitet i området er veilinen ligger parallelt med forsenkningen. Dette indikerer også refraksjonsseismikken. Høyre skjæring skal etableres inn i eksisterende bergskrenter, men venstre skjæring kan havne i dårligere bergmasse.

Løsmassemektigheten på topp skjæring på venstre side er stedvis opp mot 10 m basert på seismikk (Figur 20). Det anbefales at det utføres grunnboringer langs skjæringstoppen for å få kontroll på bergoverflaten. Geoteknikk må vurdere løsninger ved løsmasseskråning.



Figur 24: Området der venstre skjæring kommer ved ca. profil 4000. Topp skjæring kommer i forkant (på nordsiden) av bergskrentene. Det er observert endel blokker i underkant av skrentene sammen med vegetasjonsmasser. Mektigheten er ukjent. Bildet er tatt mot sør.

I området der bekken er observert bør det installeres isnett og etableres nisje i skjæringen for å lede ned vannet. Søkket der bekken kommer ned er en potensiell svakhetsone. Det kan bli behov for steinsprangnett for å sikre småfallent berg.

9.3.3 Skredfare

Potensielle snøskred fra Bjelkedalsheia vil treffe og stoppe i gardsveien som ligger litt lavere enn E39. Sannsynligheten for snøskred fra skrentene vurderes å være betydelig lavere enn kravet langs gardsveien som er på 1/10.

Der er sidebratt terreng ved profil 4040-4100. Her må skråningen renskes for vegetasjon og berg fra toppen og ned. Geolog må vurdere behovet for boltesikring i skråningen.

9.3.4 Omgivelser

Det er ingen bebyggelse eller brønner i området. Linja krysses av 22kV kraftlinje tilhørende Agder Energi Nett AS ved profil 4150.

Store deler av myrområdet ved profil 4000-4080 må fjernes. Eventuelle rester vil sannsynligvis bli drenert og uttørket.

Veien ligger gjennom et kulturminne som representerer gammel bosetning. Området graves ut av kulturminnemyndighetene og frigis i løpet av sommeren 2021.

9.3.5 Usikkerheter og videre arbeider

Det er knyttet noe usikkerhet til løsmassemektighet og bergmassekvalitet i området. Refraksjonsseismikk viser store løsmassemektighet i området.

Det bør utføres supplerende grunnundersøkelser for å kartlegge løsmassemektighet og bergoverflaten på topp skjæring. Det har ikke vært mulig å komme inn i området med geoteknisk rigg i reguleringsplanfasen på grunn av pågående utgravinger i kulturminneområde (Figur 20).

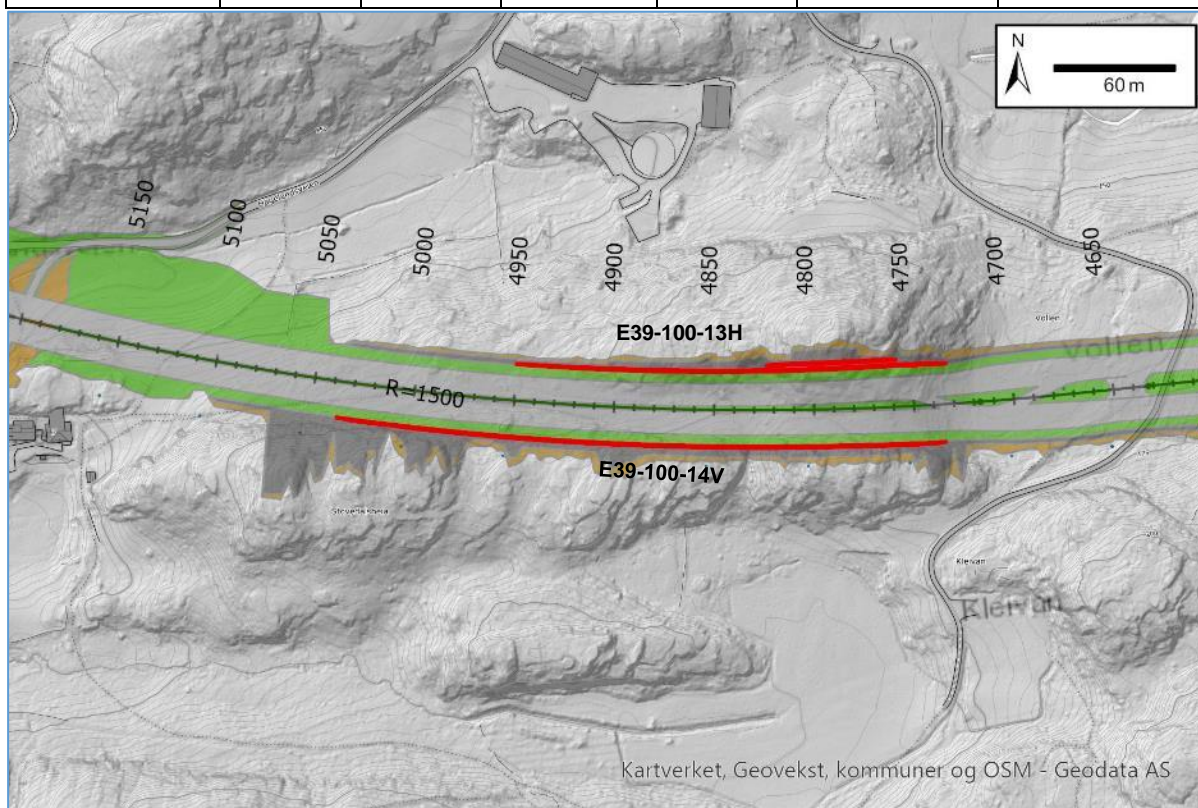
10 Stovedalsheia

10.1 Innledning

Veilinen skjærer seg gjennom Stovedalsheia og får tosidig bergskjæring. På høyresiden blir skjæringshøyden over 30 m.

Tabell 17: Strekninger med bergskjæring med høyde over 10 m.

SkjæringsID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./ Kommentar
E39-100-13H	4 730	4 950	220	H	35	V1108
E39-100-14V	4 730	5 040	310	V	24	V1108



Figur 25: Veilinen som går gjennom Stovedalsheia med dobbeltsidige skjæring.

10.2 Faktadel: Grunnforhold

10.2.1 Topografi

Veilinen følger et lite dalsøkk som er orientert øst-vest. Sentrale deler av søkket ligger på kote 180 og synker mot vest. Sideberget ligger ca. 10 m høyere.

10.2.2 Løsmasser

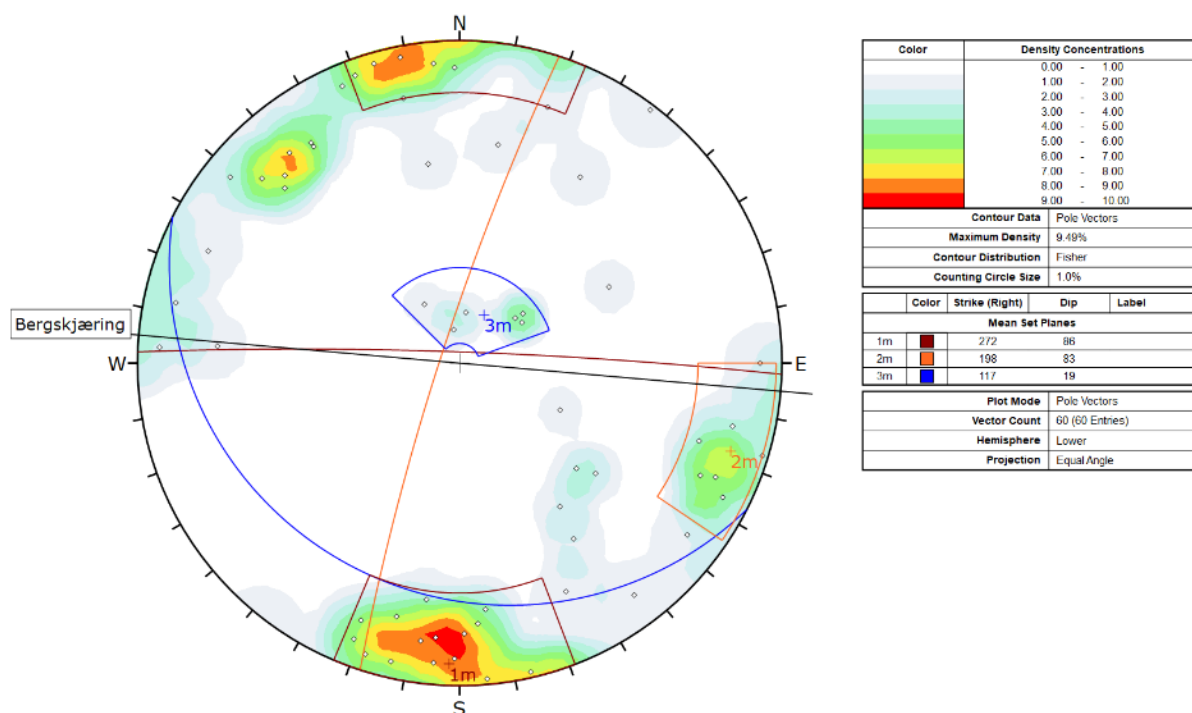
Ifølge NGU består løsmassene i området av humus- og torvdekke over berg [6]. I felt er det observert morenemateriale i sentrale deler av forsenkningen og en del større moreneblokker i tillegg til delvis avløste blokker i bergskrenten i sør.

10.2.3 Berggrunn og oppsprekking

Ifølge NGU består berggrunnen i området av biotittgranitt [5]. I felt er det observert en massiv, lys granitt. Bergmassen har kubisk oppsprekkingsmønster.

Tabell 18: Detaljer om registrerte sprekkesett ved Stovedalsheia.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	272°/86°	Sprekkeavstanden er 1 m. Sprekkeoverflatene er ru, plane. Sprekkene har utholdenhet på 1-3 m.
2m	196°/83°	Sprekkeavstanden er omtrent 1 m. Sprekkeoverflatene er ru, bølgete.
3m	117°/19°	Sprekkeavstanden er omtrent 1 m. Sprekkeoverflatene er ru, bølgete.



Figur 26: Stereoplot av sprekkemålinger ved Stovedalsheia.

Veilinen går parallelt med en forsenkning som kan representere en svakhetssone i bergmassen. I tillegg er det mindre lineamenter med omtrent samme orientering som sprekkesett 2m som også kan være soner med dårligere bergmassekvalitet (Figur 27).



Figur 27: Identifiserte lineamenter i området ved Stovedalsheia.

10.2.4 Vannforhold

Det er ikke observert bekker eller myrer i/nær veilinja.

10.2.5 Skredfare

Veilinja skjærer seg gjennom toppen av en kulle. Det er ikke sidebratt terreng i overkant av bergskjæringene. Området ligger ikke i aktsomhetszone for skred ifølge NVE [8].

10.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

10.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Sprekkesett 1m varierer om vertikalen og de slakeste sprekkene kan følgelig gi planutglidning i både venstre og høyre skjæring. Under berguttak må det gjøres geologiske kartlegginger for å vurdere om det er hensiktsmessig å utforme skjæringsveggene langs dette sprekkesettet.

Sprekkesett 2m faller mot vest og er orientert omtrent 90° på skjæringene. Det er gunstig orientering, men det kan forekomme mindre kiledannelser mellom 2m og 1m eller 3 m. Pallhøyde må ikke overstige 15 m.

10.3.2 Forventet bergsikring

Bergmassen i området er grovblokkig, og det forventes behov for boltesikring for å sikre større blokker.

Det er noen mindre lineamenter som går vinkelrett på skjæringen. Dette er trolig soner med lavere bergmassekvalitet. Her kan det bli aktuelt med steinsprangnett i kombinasjon med bolter.

10.3.3 Skredfare

Sannsynligheten for skred fra overliggende terreng er ikke til stede.

10.3.4 Omgivelser

Det ligger er bolighus ca. 70 m vest for vestligste del av bergskjæringen. Anbefalingene i kapittel 3.7 bør følges.

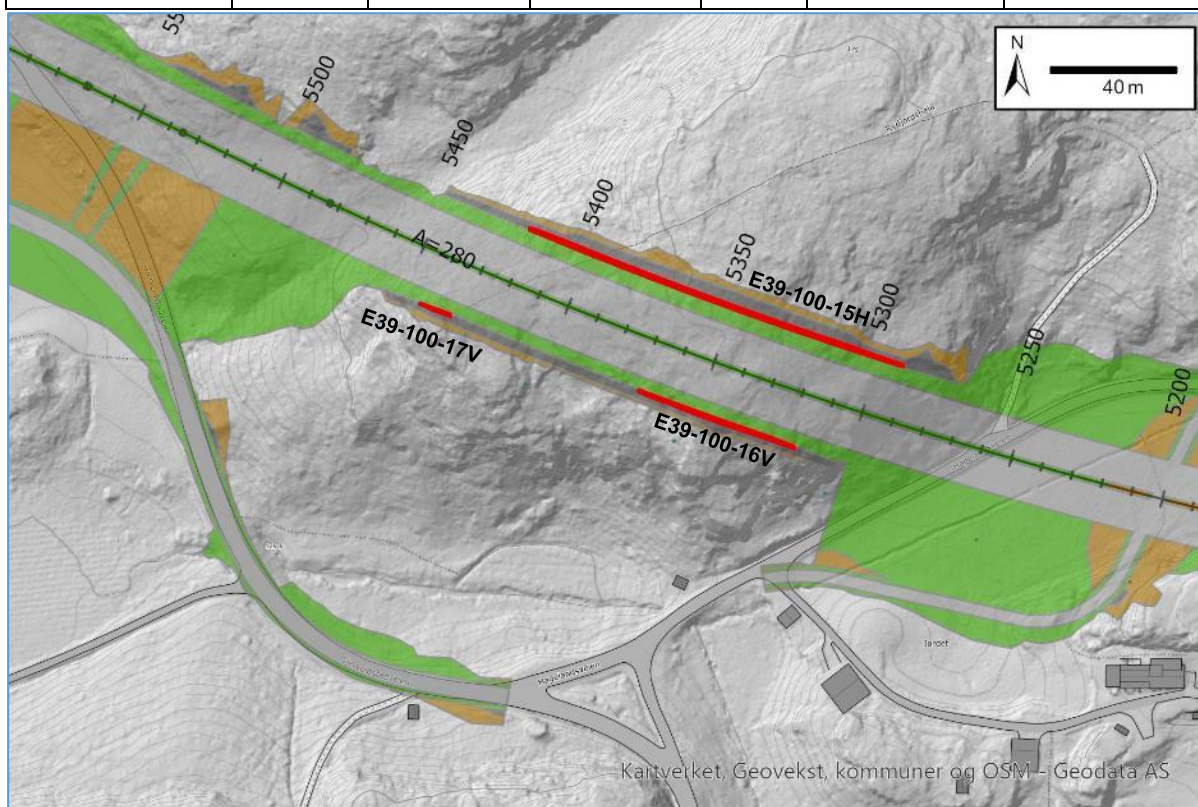
11 Rydjordsheia

11.1 Innledning

Veilinjens skjærer seg gjennom bergkollen Rydjordsheia. Bergskjæringene får høyder opp til 21 m.

Tabell 19: Strekninger med bergskjæring med høyde over 10 m.

SkjæringsID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./Kommentar
E39-100-15H	5290	5420	130	H	21	V1109
E39-100-16V	5315	5370	55	V	14	V1109
E39-100-17V	5430	5445	15	10	V1109	



Figur 28: Veilinjens gjennom Rydjordsheia.

11.2 Faktadel: Grunnforhold

11.2.1 Topografi

Terrenget består av en bergkulle hvor høyeste punkt er på ca. kote 177. Rundt sørlig del er det bratte bergskrenter med høyde mellom 3-15 m.

11.2.2 Løsmasser

Ifølge NGU består løsmassene av tynt torvdekke over berg [6]. Under bergskrentene finnes det grovblokkig ur (Figur 29). På toppen av kollen er det observert tynt løsmassedekke med stedvis berg i dagen. I nedre deler er det observert morenemasser med stedvis mye blokker i.



Figur 29: Grovblokkig ur observert under massive bergskrenter.

11.2.3 Berggrunn og oppsprekking

Berggrunnen er av NGU kartlagt som øyegneis og granitt [5]. I felt er det observert en massiv, grovkornet granitt, stedvis pegmatitt (Figur 30). Det er noe antydning til parallellorientering av mineralkorn, men ikke utpreget. Det er et rødlig skjær i bergmassen.

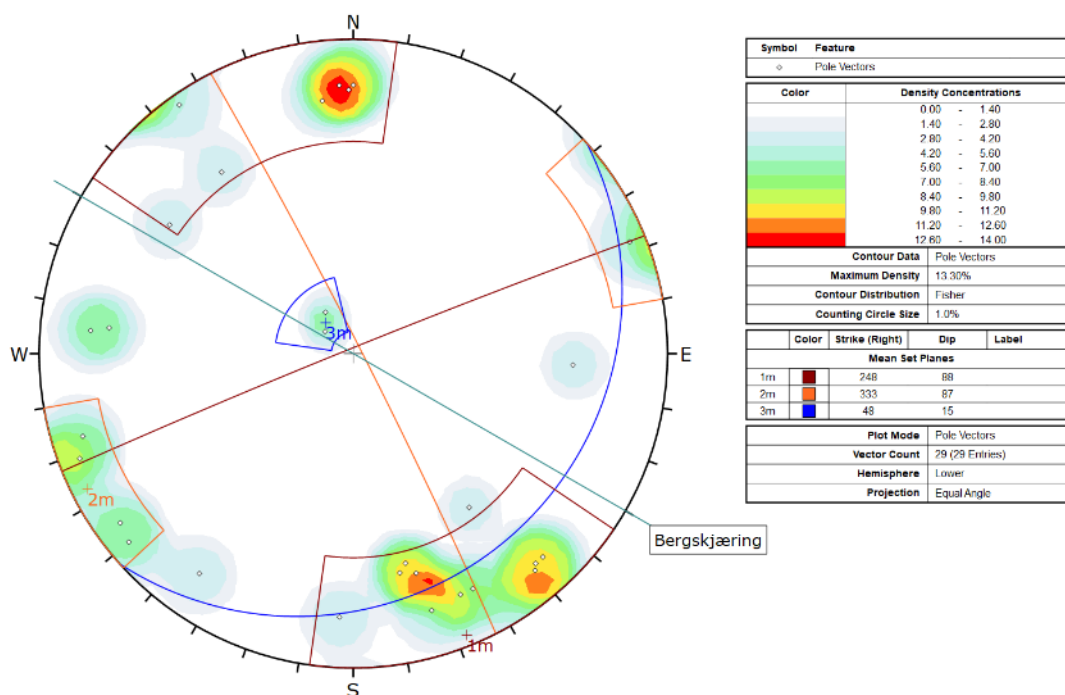


Figur 30: Grovkornet granitt.

Bergmassen fremstår som grovblokkig og det er observert 2 steile sprekkesett og et subhorisontalt. Sprekkesett 1 varierer om vertikalen.

Tabell 20: Detaljer om registrerte sprekkesett ved Rydjordsheia.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	248°/88° - 065°/78°	Variere om vertikalen. Sprekkeavstand er 40-100 cm. Sprekkeoverflatene er plan, ru.
2m	330°/87°	Lite gjennomsettende sprekkesett, sprekkflatene er plan, ru.
3m	050°/15°	



Figur 31: Stereonett med sprekkemålingene utført på Rydjordsheia. Bergskjæringens orientering i området er inntegnet.

11.2.4 Vannforhold

Det er ikke observert bekker eller elver i området.

11.2.5 Skredfare

Veilinen skjærer seg gjennom toppen av en kolle. Det vil ikke være sidebratt terreng i overkant av bergskjæringene. Område ligger ikke i aktsomhetszone for skred ifølge NVE [8].

11.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

11.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Det er potensiale for kileutglidning mellom sprekkesett 1m og 2m i sørlig skjæring og noe potensiale i nordlig skjæring. Det er ikke kartlagt svakhetssoner som vil påvirke bergskjæringene. Skjæringen anbefales utformet iht. normalprofilen.

11.3.2 Forventet bergsikring

Det forventes normalt behov for boltesikring i skjæringene for å sikre blokker og avløste kiler. Løsmasser på topp skjæring må graves av eller stabilitetssikres med støtteforbygning.

11.3.3 Skredfare

Sannsynligheten for skred fra overliggende terreng er ikke til stede.

11.3.4 Omgivelser

Veilinjen går gjennom ubebygd område. Nærmeste bygninger ligger ca. 50 m fra sprengningsstedet. Anbefalingene i kapittel 3.7 bør følges.

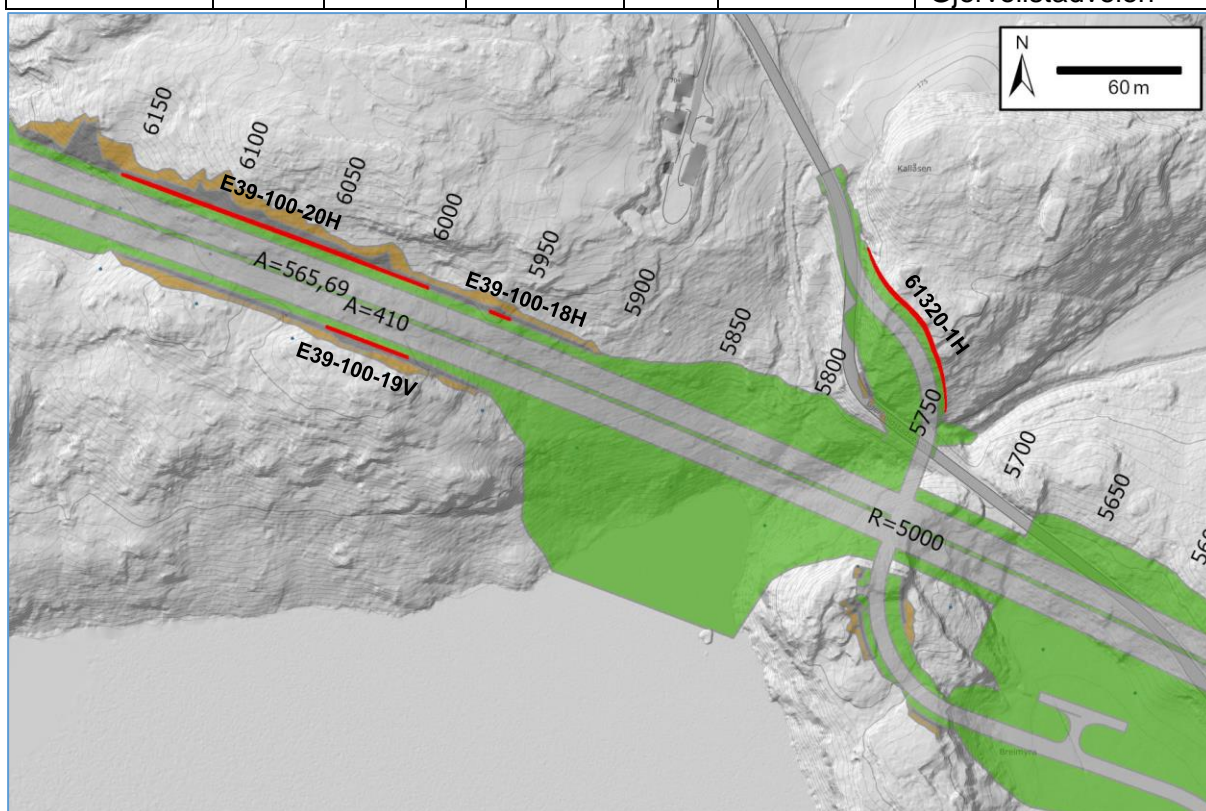
12 Gjervollstad

12.1 Innledning

Veilinjene for E39 skjærer seg gjennom åsen ved Gjervollstad på nordsiden av Ommundsvannet. Skjæringene langs planlagt E39 får høyder opp mot 20 m på høyre side. Videre skal Fv 4002 Gjervollstadveien legges litt om slik at det blir dannet en høy skjæring på østsiden av veien (Tabell 21 og Figur 32).

Tabell 21: Strekninger med bergskjæring med høyde over 10 m på Gjervollstad.

Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./ Kommentar
E39-100-18H	5955	5965	10	H	11	V1110
E39-100-19V	5995	6040	45	V	11	V1110
E39-100-20H	6000	6160	160	H	19	V1110
61320-1H	520	590	70	H	20	V1202 Fv 4002 Gjervollstadveien



Figur 32: Veilinjene ved Gjervollstad.

12.2 Faktadel: Grunnforhold

12.2.1 Topografi

Terrenget langs E39 skråner ned mot Ommundsvannet i sør med 25-30°. Det er enkelte bergskrenter på et par meters høyde som faller mot sør-sørvest. Det går et mindre søkk parallelt med veilinjen. Terrenget langs dagens Fv 4002 Gjervollstadveien består av en oppstikkende avrundet åsrygg (Kallåsen) med høyeste punkt på 180 moh.

12.2.2 Løsmasser

Store deler av området langs E39 er hogstfelt. Det består av rester fra skogsdrift og vegetasjonsdekke over berg (Figur 33). Det er også en del moreneblokker i området. Mektighet på løsmassene i de mindre søkkene er ukjent, men antas å være rundt 1 m. Det er oppstikkende berg på ryggene parallelt veilinjen (Figur 33). Langs dagens Fv 4002 er det bergskjæring langs veien, og terrenget over dagens skjæringstopp mot Kallåsen består av bart berg med kun stedvis tynt løsmassedecke der det vokser noe spredt skog.



Figur 33: Oversiktsbilde over området. Sett langsmed veilinjen mot sørøst.

12.2.3 Berggrunn og oppsprekking

Berggrunnen er av NGU kartlagt som granittisk gneis [5]. Varierende fin- til middelskornet kvarts og feltspatrike gneiser. I felt er det observert områder med massiv granitt og områder med gneis.

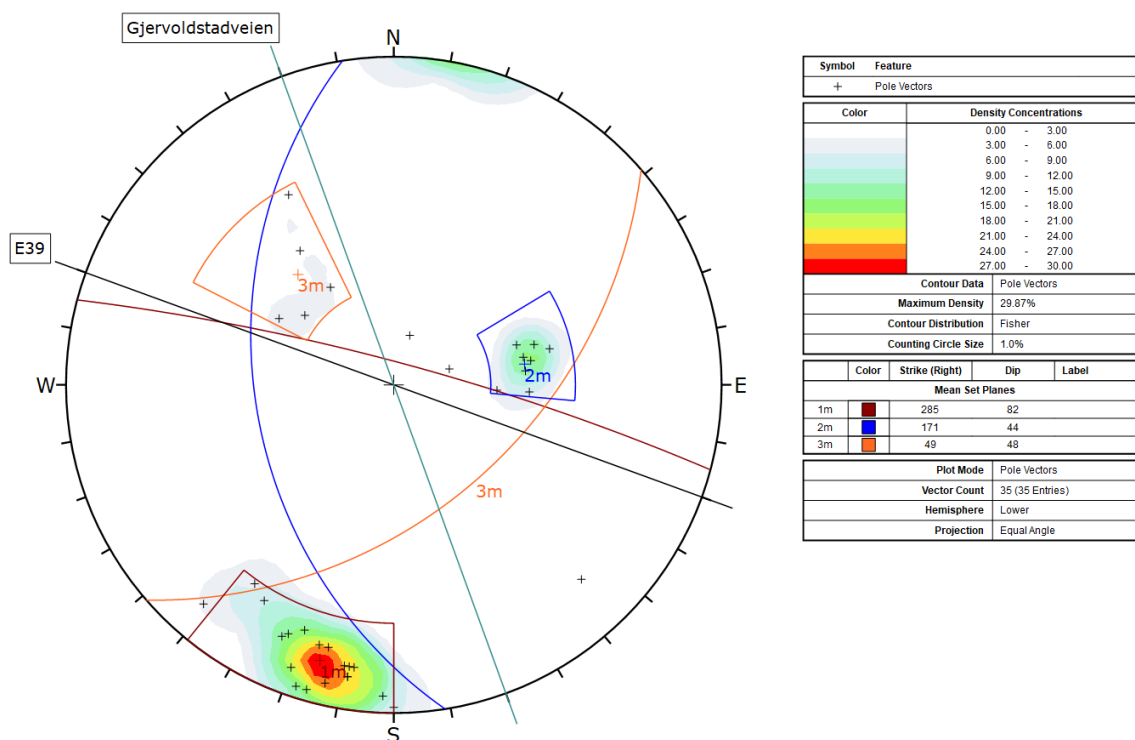


Figur 34: Bergblotning med massiv gneis.

Det er registrert 3 sprekkesett i området. Sprekkemålingene er utført i eksisterende bergskjæring langs Fv 4002 Gjervollstadveien og i område hvor de nye bergskjæringene kommer. Det er ikke observert eller kartlagt vesentlige svakhetssoner i området.

Tabell 22: Detaljer om registrerte sprekkesett ved Gjervollstad.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	285°/82°	Sprekkeavstand er 0,5-1 m. Sprekkeoverflatene er plan, ru.
2m	171°/44°	10-50 cm sprekkavstand. Plan ru sprekkoverflater, ingen belegg.
3m	049°/48°	2 m sprekkavstand, bølgete, glatt overflate.



Figur 35: Stereonett med sprekemålingene utført på Gjervollstad. Bergskjæringenes orientering i området er inntegnet.

12.2.4 Vannforhold

Det er ikke observert bekker eller myrområder i området for bergskjæring.

12.2.5 Skredfare

Området ligger ikke innenfor aktsomhetsområde for skred ifølge NVE [8].

12.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

12.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

E39 hovedlinje

Det er potensiale for planutglidning langs sprekkesett 1m i sørlig bergskjæring. Det må vurderes om skjæringen bør legges langs dette planet for å unngå store utglidninger. I nordlig skjæring er det potensiale for utvelting i sprekkesett 1m. Her kan det bli aktuelt å slake ut helningen på skjæringstoppen.

Fv 4002 Gjervollstadveien

Planutglidning langs sprekkesett 2m er dimensjonerende bruddmekanisme i skjæringen. Disse sprekke fremstår også som temmelig utholdende i dagens skjæring. Selv om eksisterende skjæring står greit uten sikring kan det bli aktuelt å legge skjæringen langs dette sprekkesettet i fremtidig situasjon, da nye skjæring blir en del høyere enn eksisterende.

12.3.2 Forventet bergsikring

Bergmassen framstår som lite oppsprukket, nær massiv. Det forventes normalt omfang av boltesikring av blokker i skjæringene. Det er ikke identifisert større svakhetssoner i området, men det kan ikke utelukkes at det finnes området med mer oppsprukket berg som vil kreve sikring med f.eks. steinsprangnett.

12.3.3 Skredfare

Løsmasser på topp skjæring må fjernes. Det er noen bergskrenter på oversiden av nordlig skjæring ved ca. profil 5950-6050. Bergmassen her er nær massiv, sannsynligheten for at det skal løsne stein fra her vurderes i utgangspunktet som liten. Det må gjøres ytterligere vurdering etter utsprenging og fjerning av løsmasser.

12.3.4 Omgivelser

Nærmeste bygninger er lokalisert ca. 75-100 m fra skjæringsområdet langs E39 og Gjervollstadveien. Anbefalingene i kapittel 3.7 bør følges.

13 Vråvatnet - Blørstadkrysset

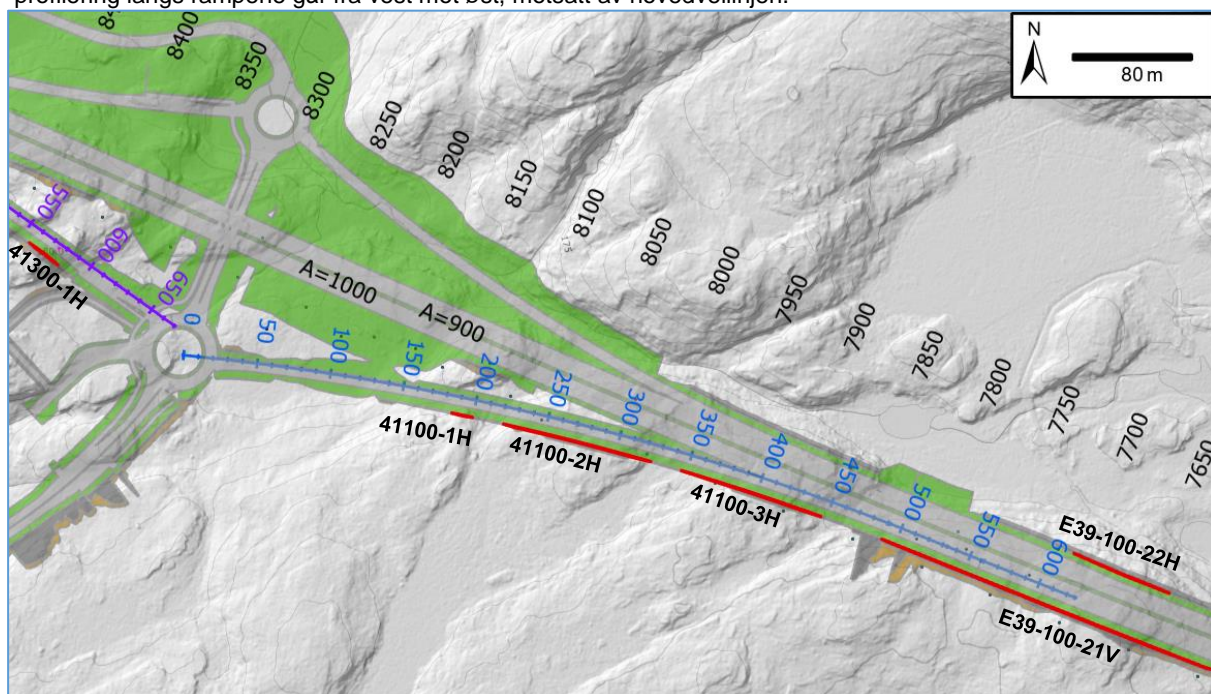
13.1 Innledning

Vest for Vråtunnelen ligger veilinjene inn i terrenget på sørsiden av Vråvatnet. På sørsiden av veien blir den en sammenhengende bergskjæring på ca. 700 m langs hovedveien og østgående rampe fra Blørstadkrysset. Av disse er ca. 450 m over 10 m høyde. Det blir også en skjæring på vestsiden av Blørstadkrysset langs avkjøringsrampen (Tabell 21 og Figur 36).

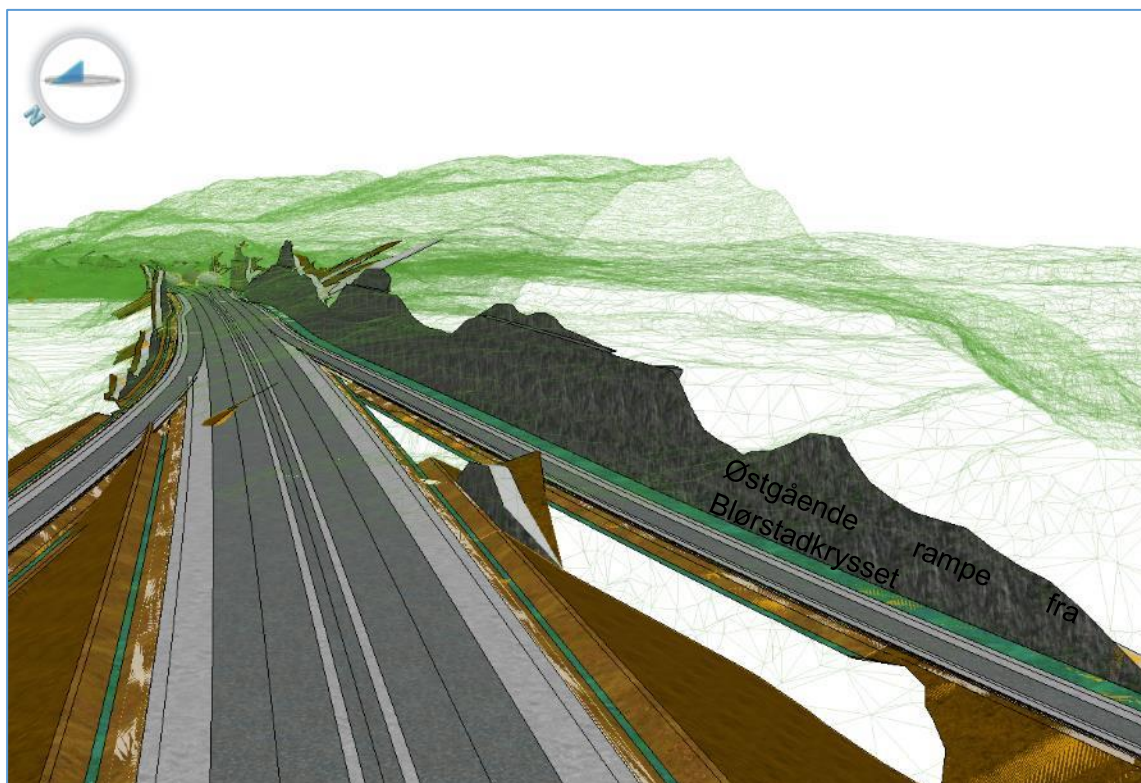
Tabell 23: Strekninger med bergskjæring med høyde over 10 m vest for Vråvatnet og i Blørstadkrysset.

Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./ Kommentar
E39-100-21V	7595	7835	240	V	23	V1111, V1112
E39-100-22H	7640	7710	70	H	14	V1111
41100-1H	185	200	15	H*	12	V1112, Påkjøringsrampe 41100
41100-2H	220	325	105	H*	16	V1112, Påkjøringsrampe 41100
41100-3H	345	445	100	H*	18	V1112, Påkjøringsrampe 41100
41300-1H	555	580	25	H*	15	Avkjøringsrampe 41300

*profilering langs rampene går fra vest mot øst, motsatt av hovedveilinjene.



Figur 36: Oversikt over planlagte bergskjæring i området. Lilla profilering er avkjøringsrampe 41300, blå er påkjøringsrampe 41100 og sort er E39.



Figur 37: Utklipp fra modell som viser omfanget av skjæringene langs påkjøringsrampen og hovedveilinen.

13.2 Faktadel

13.2.1 Topografi

Veilinen ligger i øvre deler av en skråning som faller mot nord-nordøst. Stedvis blir det tosidig bergskjæring langs hovedlinjen. Skjæringen langs veilinje 41300 vil bli etablert i en 10-12 m høy bergkulle på vestsiden av Blørstadkrysset.

13.2.2 Løsmasser

Det er observert tynt løsmassedekke over berg i øvre deler av skråningen. I de mindre søkkene er det antatt noe tykkere løsmassedekke bestående av humus og morenejord, antatt mektighet er ca. 1-2 m.

13.2.3 Berggrunn og oppsprekking

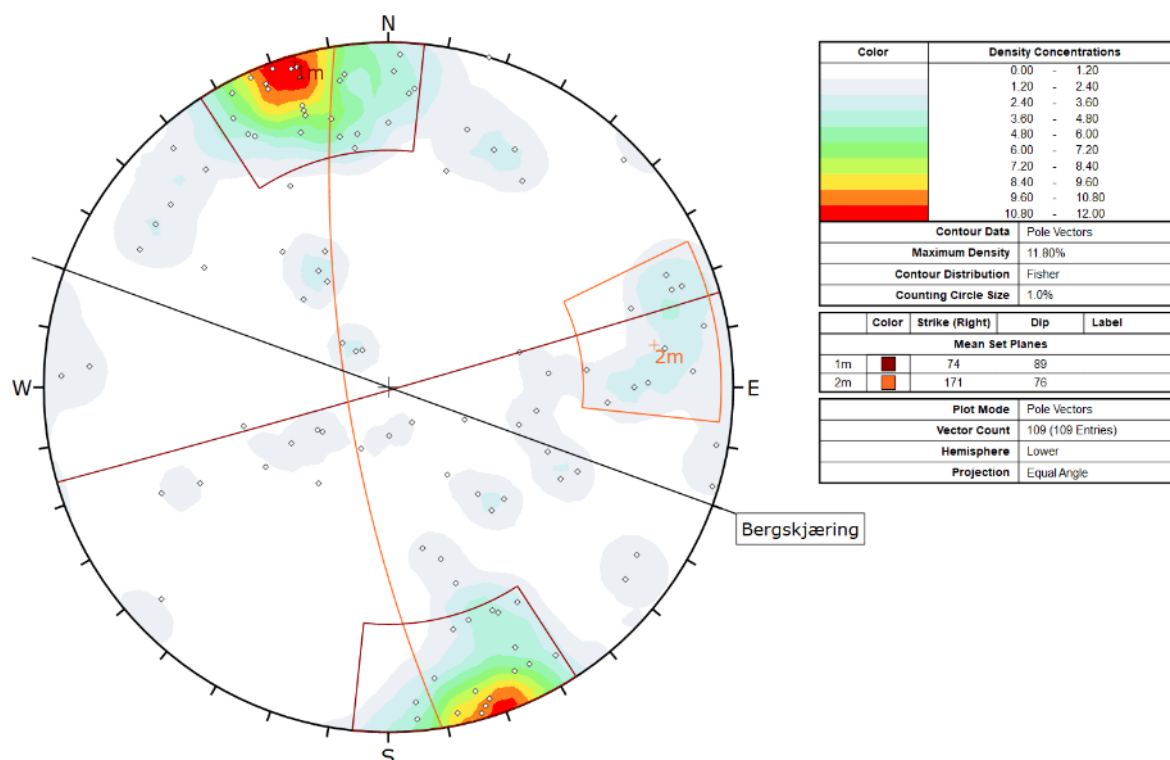
Ifølge NGU består bergmassen i området av båndgneis, stedvis amfibolitt og biotittgneis i bånding med lys gneis [5]. I felt er det observert granittisk bergmasse stedvis pegmatittisk. Generelt er bergmassen massiv med lav oppsprekingsgrad. I bergskjæring langs skogsvei er bergmassen noe mer oppsprukket, sannsynligvis på grunn av sprengning. I området for avkjøringsrampen er bergmassen massiv med stor avstand mellom sprekke.

I øst er det hovedsakelig registrert to steile sprekkesett. Hovedsprekkesettet varierer om vertikalen og faller mot sør/sørøst og nord/nordvest (Tabell 24 og Figur 38). Det er i tillegg

registrert en del slakere sprekker, som har stor variasjon i fall og fallretning. Det er vanskelig å definere de som et sprekkesett.

Tabell 24: Detaljer om registrerte sprekkesett vest for Vråvatnet.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	074°/89° mot SSØ	Varierer om vertikalen. Sprekkesets utholdenhet varierer fra 1-2 m og opp til 3-5 m. Sprekkeavstanden er observert 10-50 cm. Det er ikke observert sprekkefyll. Sprekkeoverflatene er plan ru.
2m	171°/76° mot VSV	-
Tilfeldige sprekker		Fall på 20-60 grader mot alle retninger.

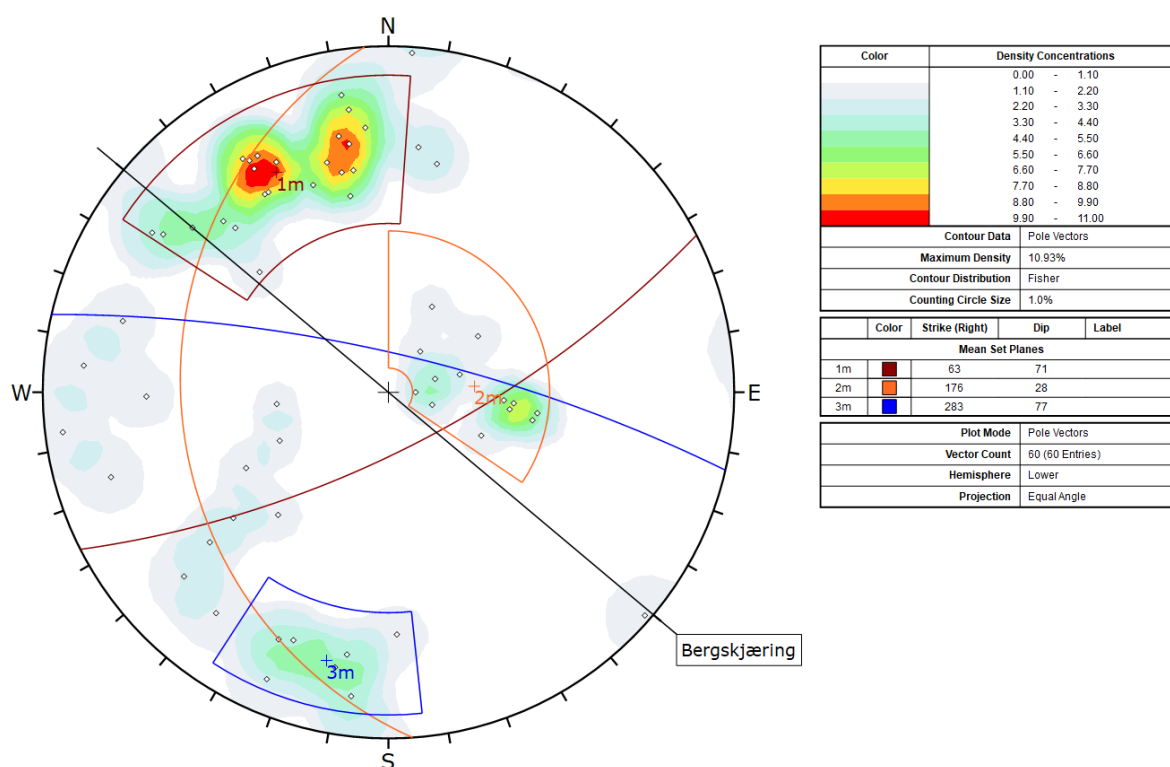


Figur 38: Stereoplot av sprekke målinger i området vest for Vråvatnet. Bergskjæringenes orientering er vist med sort strek.

I området for avkjøringsrampen er det registrert 3 sprekkesett. Detaljer er vist i Tabell 25 og Figur 39.

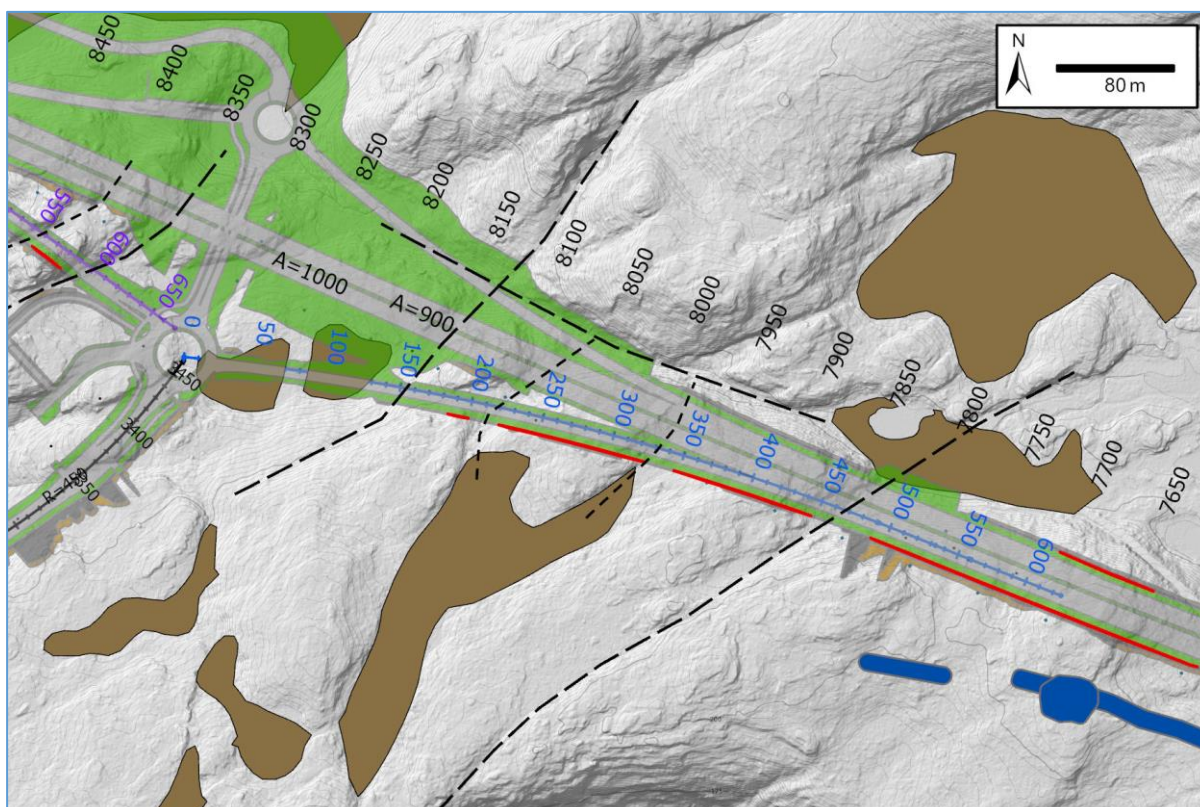
Tabell 25: Detaljer om registrerte sprekkeseett ved Blørstadkrysset.

Sprekkeseett	Strøk/fall	Kommentar
1m	063°/71° mot SSØ	0,4-1 m sprekkeseett. Plan ru sprekkeseett. Sprekkene har lengde på 5-10 m.
2m	176°/28° mot V	0,2-1 m sprekkeseett. Bølgete ru sprekkeseett. 3-5 m lange sprekker.
3m	283°/77° mot N	-



Figur 39: Registrerte sprekker i bergkollen ved Blørstadkrysset.

Det er registrert lineamenter i området som kan representere potensielle svakhetssoner (Figur 40). Disse er hovedsakelig knyttet til søkk mellom de høye bergskjæringene. Sonene er ca. 1-5 m brede i dagen og antas å smalne av nedover i dypet. Det er registrert vann i tilknytning til lineamentene.



Figur 40: Observerte lineamenter i området. Brune polygoner viser kartlagte myrområdet. Blå polygoner er kulturminner.

13.2.4 Vannforhold

Det ligger et myrområde sør for østgående påkjøringsrampe. Myren drenerer mot nord langs søkk som krysser påkjøringsrampen ved ca. profil 215 og 330. Det er også registrert vannsig i terrenget langs søkket som krysser rampen ved ca. profil 465 (Figur 40).

13.2.5 Skredfare

Området ligger ikke innenfor aktsomhetsområde for skred ifølge NVE [8].

13.3 Tolkning: ingeniørgeologiske vurderinger

13.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematisk analyse viser at det er potensiale for kileutglidning mellom sprekkesett 1m og 2m i nordlig skjæring. Det er også noe potensiale for planutglidning fra tilfeldige sprekker. I sørlig skjæring er det potensiale for kileutglidning mellom sprekkesett 1m og tilfeldige sprekker.

For skjæringen ved Blørstadkrysset er det størst potensiale for kileutglidning mellom sprekkesett 3m og tilfeldige sprekker samt planutglidning langs 3m. De to øvrige sprekkesettene har gunstig orientering med fall inn i skjæringen.

Der veilinjene krysser de mindre søkkene forventes det noe løsmasser. Disse må graves av eller stabiliseres på topp skjæring. Der det kommer ned bekker må vannet håndteres i skjæringen med f.eks. nisjer.

13.3.2 Forventet bergsikring

Generelt er bergmassekvaliteten god i området. Det forventes likevel normalt omfang av boltesikring i bergskjæringene for å sikre større blokker som ikke lar seg rense ned. Der skjæringene skjærer gjennom mindre søkk må det forventes dårligere bergmassekvalitet og økt behov for bergsikring. Her kan det bli nødvendig med f.eks. steinsprangnett.

13.3.3 Skredfare

Veilinen skjærer gjennom oppstikkende knauser og høydedrag og det ikke er bratt sideterrang. Det vurderes som ikke fare for skred i området.

13.3.4 Omgivelser

Det er registrert kulturminner omtrent 30 m sør for veilinen.

Anbefalingene i kapittel 3.7 bør følges for eksisterende bygninger nærmere enn 200 m til sprengningsstedene.

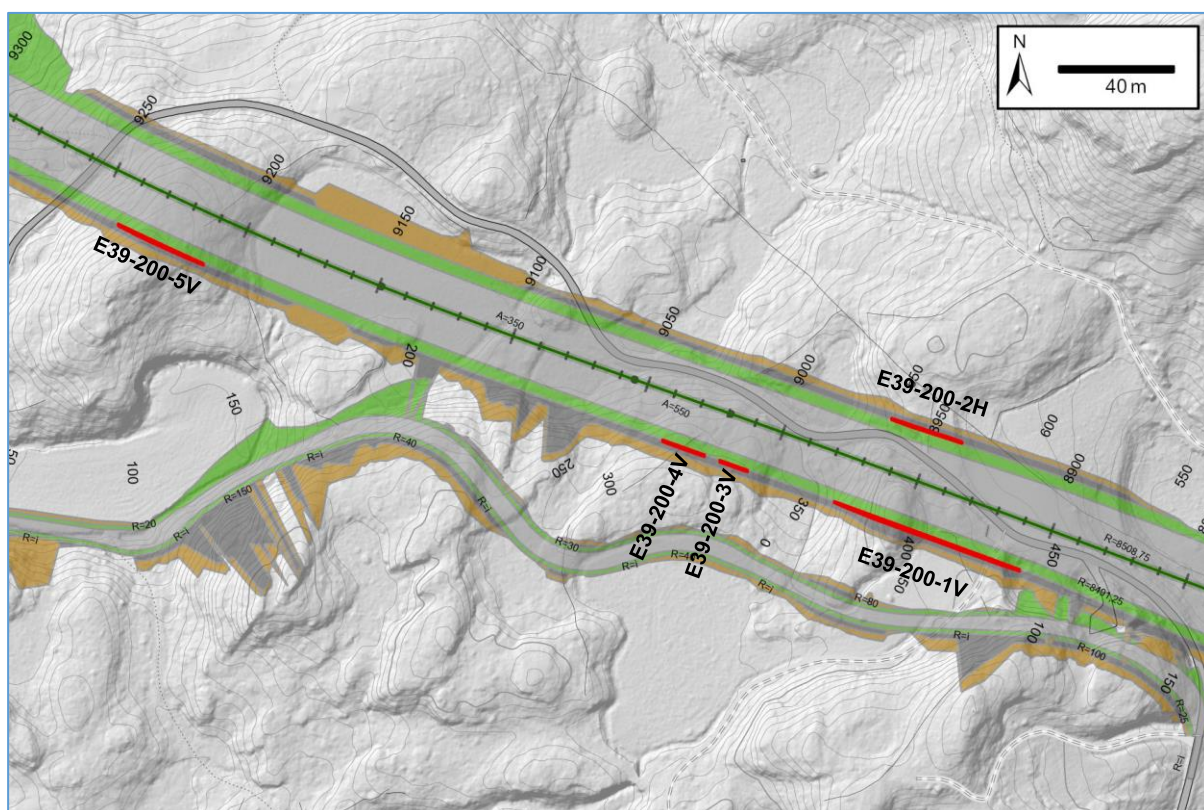
14 Eikelandsåsen

14.1 Innledning

Vest for Blørstadkrysset ligger veien i delområde 2. Planlagt E39 følger stedvis en mindre skogsbilvei. Det blir høye skjæringer langs E39 og noen lavere skjæringer langs lokalveien på sørsiden.

Tabell 26: Strekninger med bergskjæringer med høyde over 10 m langs Eikelandsåsen.

Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./Kommentar
E39-200-1V	8905	8975	70	V	17	V2101
E39-200-2H	8940	8965	25	H	10	V2101
E39-200-3V	9005	9015	10	V	10	V2101
E39-200-4V	9025	9040	15	V	10	V2101
E39-200-5V	9210	9240	30	V	12	V2102



Figur 41: Oversikt over veitraseen sør for Eikelandsåsen. Høye bergskjæringer er vist med røde streker.

14.2 Faktadel: Grunnforhold

14.2.1 Topografi

Veilinjen går gjennom småkupert terreng med høydeforskjeller på ca. 5-10 m. Veilinjen skjærer seg ned mellom mindre skogkledde koller og gjennom områder som er dyrket mark. Det vil bli dannet lave skjæringer i store deler av området.

14.2.2 Løsmasser

Ifølge NGU består løsmassene i området av tynt morenedekke, torv- og myrjord og forvittringsjord på de mindre kollene [6]. Generelt er det observert tynt løsmassedekke over berg. Mange steder er det berg i dagen, både langs skogsbilveien og på toppene. Antatt tykkelse på løsmassene er ca. 1 m. Enkelte steder finnes det lommer med større mektighet på løsmassene, som f.eks. ved profil 8860-8870 der mektigheten er ca. 2 m (Figur 42).



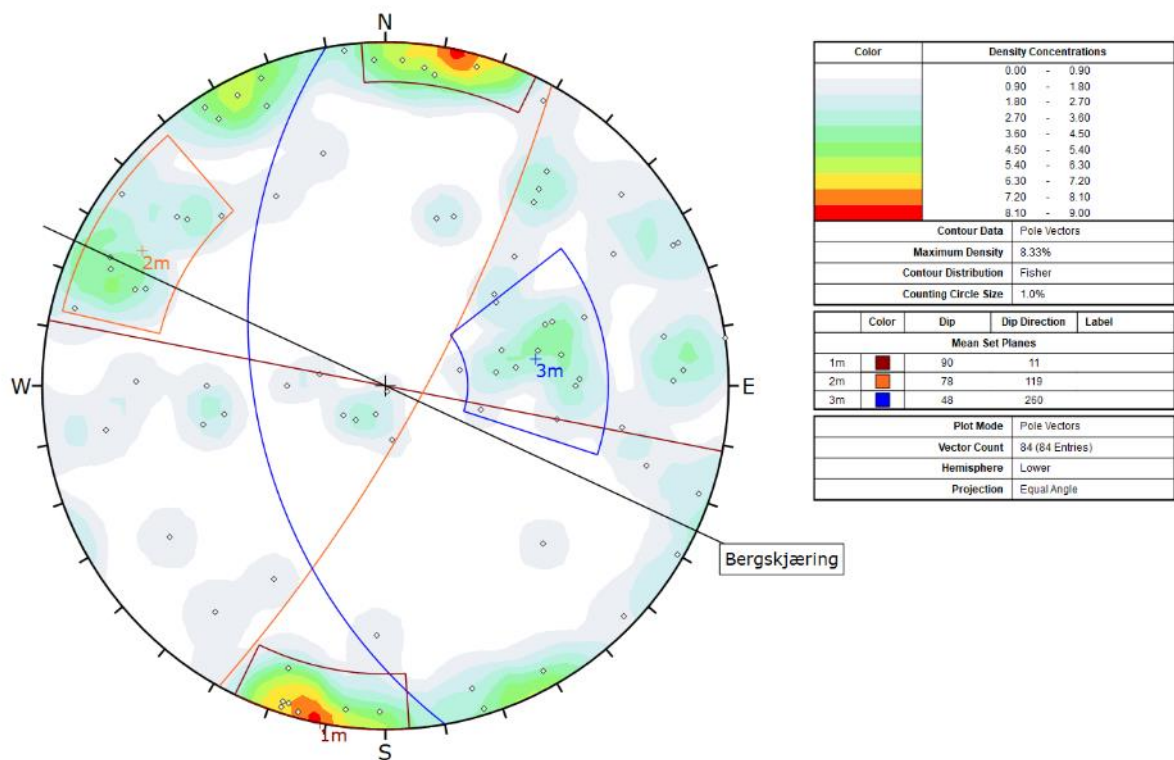
Figur 42: Løsmasselomme langs eksisterende skogsbilvei. Omtrent 2 m tykkelse.

14.2.3 Berggrunn og oppsprekking

Berggrunnen er av NGU kartlagt som båndgneis [5]. I felt er det observert en gneis, stedvis med svakt utviklet foliasjon. Enkelte steder har bergmassen et mer granittisk preg. Bergmassen i området er generelt massiv. Det er registrert 3 sprekkesett der to av dem er steile og står vinkelrett på hverandre (Figur 43 og Figur 44).



Figur 43: Bergskrent i området



Figur 44: Stereoplot som viser registrerte sprekker i området.

14.2.4 Vannforhold

Det er ikke observert bekker i området. Ved profil 9030-9050 krysser veilinen gjennom et myrområde.

14.2.5 Skredfare

Området ligger ikke i aktsomhetsområde for skred ifølge NVE [8].

14.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

14.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Kinematisk analyse viser at det er potensiale for kileutglidning mellom sprekkese 2m og 3m i nordlig skjæring. Det må vurderes om skjæringene kan utformes langs sprekkese 1m som er orientert omtrent parallelt med veilinen.

14.3.2 Forventet bergsikring

Det forventes normalt behov for boltesikring i de utsprenge skjæringene. I områdene med mye løsmasser må disse graves av til stabil skråningsvinkel eller sikres. Det er ikke registrert noen svakhetssoner i området, men det kan ikke utelukkes at det finnes områder der bergmassen har dårligere kvalitet enn det som er observert i dagen. I slike tilfeller kan det være nødvendig med steinsprangnett.

14.3.3 Skredfare

Veilinen skjærer gjennom oppstikkende knauser og høydedrag og det ikke er bratt sideterrang. Det vurderes ikke å være fare for skred i området.

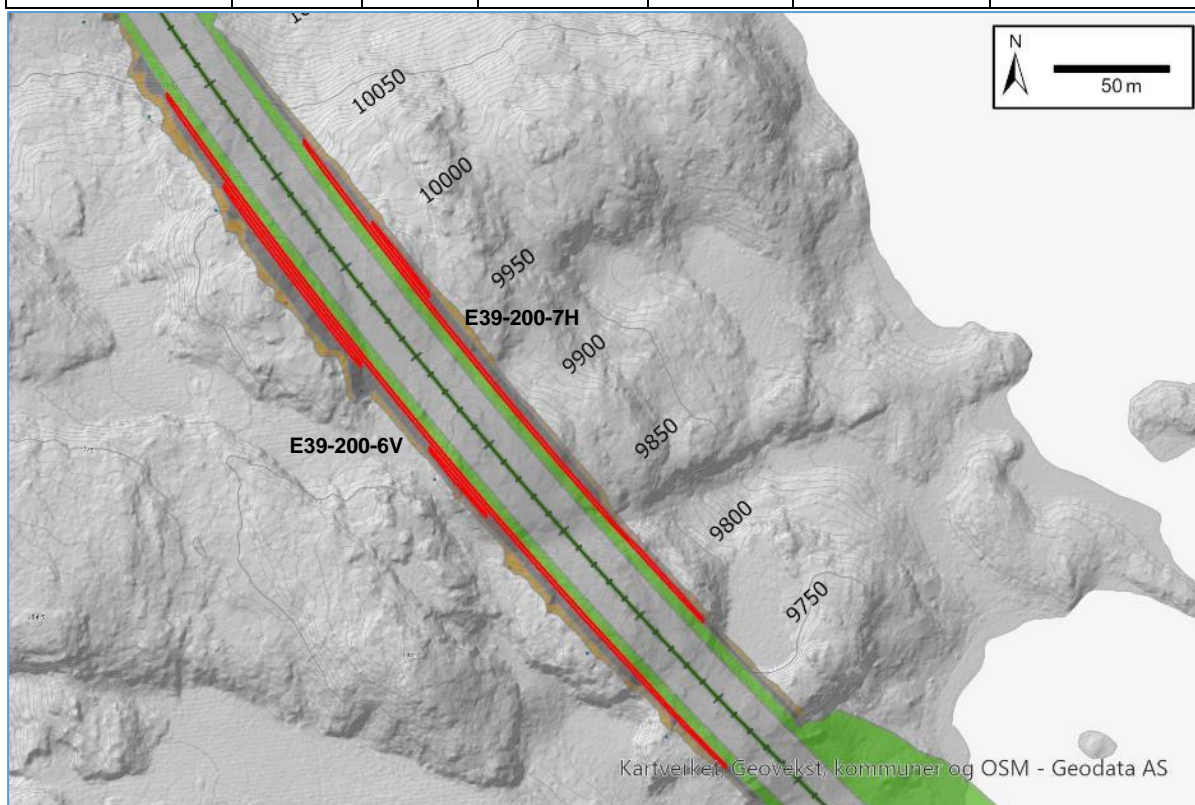
15 Grundlandsvatnet

15.1 Innledning

Ny E39 skal ligge på sørvestsiden av Grundlandsvatnet. Her blir det høye, dobbeltsidige skjæringer over en strekning på ca. 400 m. Skjæringene blir stedvis rundt 30 m høye.

Tabell 27: Strekninger med bergskjæringer med høyde over 10 m langs Grundlandsvatnet.

Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./ Kommentar
E39-200-6V	9725	10110	385	V	33	V2103, V2104
E39-200-7H	9780	10055	275	H	28	V2103



Figur 45: Høye skjæringer sørvest for Grundlandsvatnet.

15.2 Faktadel: Grunnforhold

15.2.1 Topografi

Veien går igjennom et skogkledd høydedrag langs vestsiden av Grundlandsvannet. De høyeste toppene ligger på ca. kote 180, omtrent 47 høydemeter over Grundlandsvannet på kote 133. Området er kupert og preget av lier dekket av skog og kratt med oppstikkende koller mellom dype søkk.

15.2.2 Løsmasser

Det er generelt lite løsmasser i området. De høyereliggende områdene er preget av oppstikkende knauser bestående av berg i dagen eller med tynt torvdekke. Imellom knausene er det søkk med noe løsmasser, stedvis noe fuktige drag/myr. Det er ikke foretatt undersøkelser av mektigheten i myrene i denne omgang på grunn av frost i bakken. I skråningen ned mot Grundelandsvannet i nord er det tett granskog og noe mer løsmasser enn i området for øvrig.

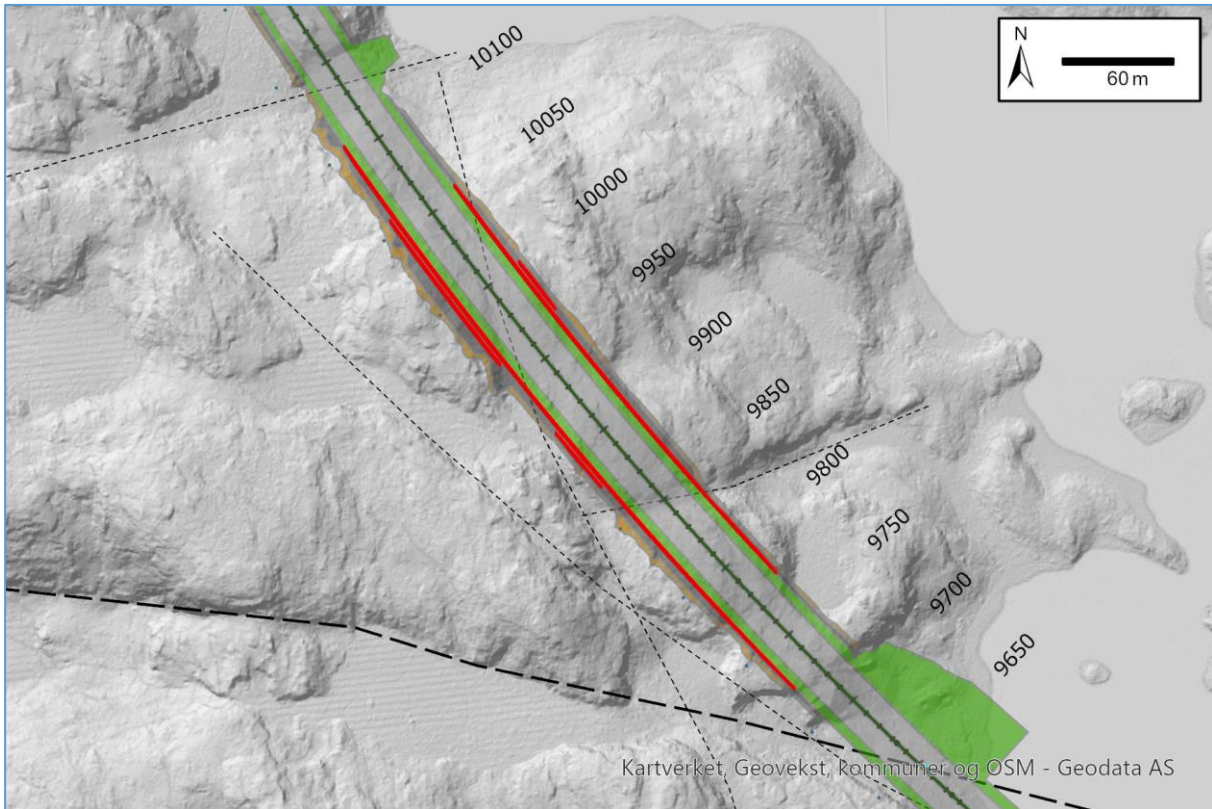
15.2.3 Grunnundersøkelser

Det er planlagt totalsonderinger i vannet ved foten av fylling i Grundelandsvannet for brukryssingen i sør, samt i «kilen» ved profil ca. 10150, se geoteknisk fagrapport for detaljer [32]. Disse undersøkelsene er ikke direkte relevante med hensyn til bergskjæringene.

15.2.4 Berggrunn og oppsprekking

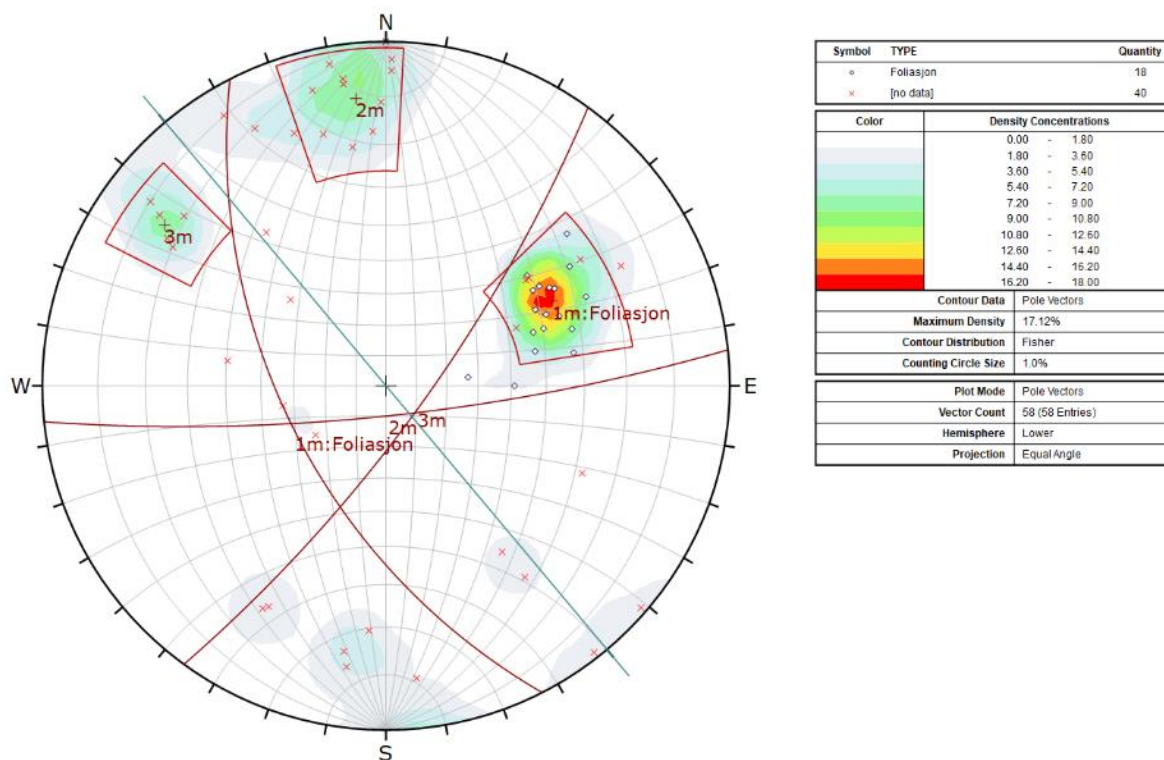
Bergmassen består av lys, granittisk gneis med tynne biotittrike bånd og enkelte innslag av pegmatittganger, stedvis med migmatittisk preg.

Det er registrert en del markerte søkk i terrenget som også fremgår tydelig på relieffkart. Disse antas å representere svakhetssoner i bergmassen. Sonenes utgående i dagen tyder på at disse kan være et sted mellom 5-10 m brede, eventuelt noe smalere mot dypet. Potensielle svakhetssoner later til å være orientert ca. N-S, - NNV-SSØ eller ØNØ-VSV, se Figur 46. På bakgrunn av sonenes utgående i dagen antas det at de har et steilt forløp mot dypet.



Figur 46: Tolkede lineamenter.

Bergmassens detaljoppsprekking i området er vist på Figur 47, og nærmere beskrivelse av de enkelte sprekkesettene og deres karakteristika er gitt i Tabell 28.



Figur 47: Polplott av registrerte sprekkeretninger og tolkede hovedsprekkesett. Gjennomsnittlig orientering av skjæringen vist med grønn strek igjennom sentrum. Det er litt usikkerhet omkring hvorvidt sprekkesett 3m er et sett. Det kan være 2m som har litt varierende strøkretning i området, evt bare villsprekker.

Tabell 28: Detaljer om sprekkesett ved Grundelandsvannet

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m: Foliasjon	153°/57°	Sprekkene er bølgete og glatte uten synlig belegg. Oppsprekking er typisk parallelt med biotittrike sjikt i bergmassen. Sprekkeavstanden varierer lokalt, men er i gjennomsnitt estimert til ca. 0,5 – 1 m,
2m	084°/80°	Sprekkene er plane til litt bølgete og litt ru til ru uten synlig belegg. Gjennomsnittlig sprekkavstand er ca. 1-2 m.
3m	036°/77°	Sprekkene er litt bølgete og litt ru uten synlig belegg med gjennomsnittlig avstand ca. 1-2 m. (NB: Litt svakt grunnlag for definisjon av sprekkesett, kan være samme som 2m bare litt endringer i orientering)

15.2.5 Vannforhold

Det befinner seg noen myrområder vest for linja samt at søkk mellom oppstikkende knauser generelt er våte. Myrområdene ligger høyere enn fremtidig veinivå og drenerer til dels mot skjæringene.

15.2.6 Skredfare

Området ligger ikke innenfor aktsomhetsområder for skred iht. kart fra NVE [8]. Det er ikke registrert tegn til tidligere skred i området.

15.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

15.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Basert på kinematisk vurdering av potensielle bruddmekanismer i bergmassen er planutglidning langs sprekkeseett 1m (foliasjonen) samt kileutglidninger ved kombinasjon av sprekkeseett 1m+2m og 1m+3m mest aktuell for høyre side av skjæringen. Friksjonen på sprekkeseett 1m er trolig lav på grunn av glatte sprekkeplan med glimmer, og dette representerer en ekstra utfordring her. For venstre side er det kinematisk mulig med kileutglidning for kombinasjoner av sprekkeseett 2m og 3m, og dette antas å være mest aktuelle bruddmekanisme. Planutglidning langs hovedsprekkeretninger er ikke aktuell bruddmekanisme på denne siden.

Det kan forventes noe redusert bergmassekvalitet i skjæringene der disse krysses av antatte svakhetssoner. Svakhetssonen som er orientert ca. N-S i den nordre halvdelen av skjæringen vil kunne påvirke stabiliteten over en lengre strekning da den er orientert med strøkretning nær parallelt med veiens senterlinje.

Det forventes generelt lite løsmasser på skjæringstoppene, men i enkelte søkk mellom oppstikkende knauser kan det være grovt anslått inntil 1 m løsmassemengde. I nordenden av området, i skråningen ned mot kilen i Grundelandsvannet, er det trolig noe mer løsmasser som må håndteres.

15.3.2 Forventet bergsikring

Det forventes at skjæringene kan sikres ved hjelp av et normalt omfang av rensk, bolter og nett. Det kan også bli behov for noe isnett. Hvis bergkvaliteten er svært dårlig i de antatte svakhetssonene som krysser traséen så kan det bli aktuelt med sprøytebetong.

Det vurderes som aktuelt med nedføringsrenner ca. profil 9850 og eventuelt ved ca. profil 9940 da myrområdet vest for traséen drenerer i retning linja her.

Eventuelle løsmasser på skjæringstoppen må håndteres ved å etablere stabil løsmasseskråning, renske til berg eller etablere permanent støttekonstruksjon på skjæringstoppen

15.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Det forventes at skjæringen utformes iht. normalprofilet og øvrige generelle anbefalinger gitt i kapittel 3. Skjæring sprenges i utgangspunktet med helning på 10:1, men utforming og endelig konturlinje forutsettes verifisert i byggefasen etter at bergoverflaten er rensket for løsmasser.

15.3.4 Skredfare

Da veilinja skjærer igjennom oppstikkende knauser og høydedrag og det ikke er bratt sideterreng for linja så vurderes det ikke som fare for at skred på veien kan inntreffe.

15.3.5 Omgivelser

Strekningen ligger i jomfruelig terreng uten nærliggende bebyggelse eller eksisterende infrastruktur. Det er over 600 m i luftlinje til nærmeste bebyggelse (Vallerås).

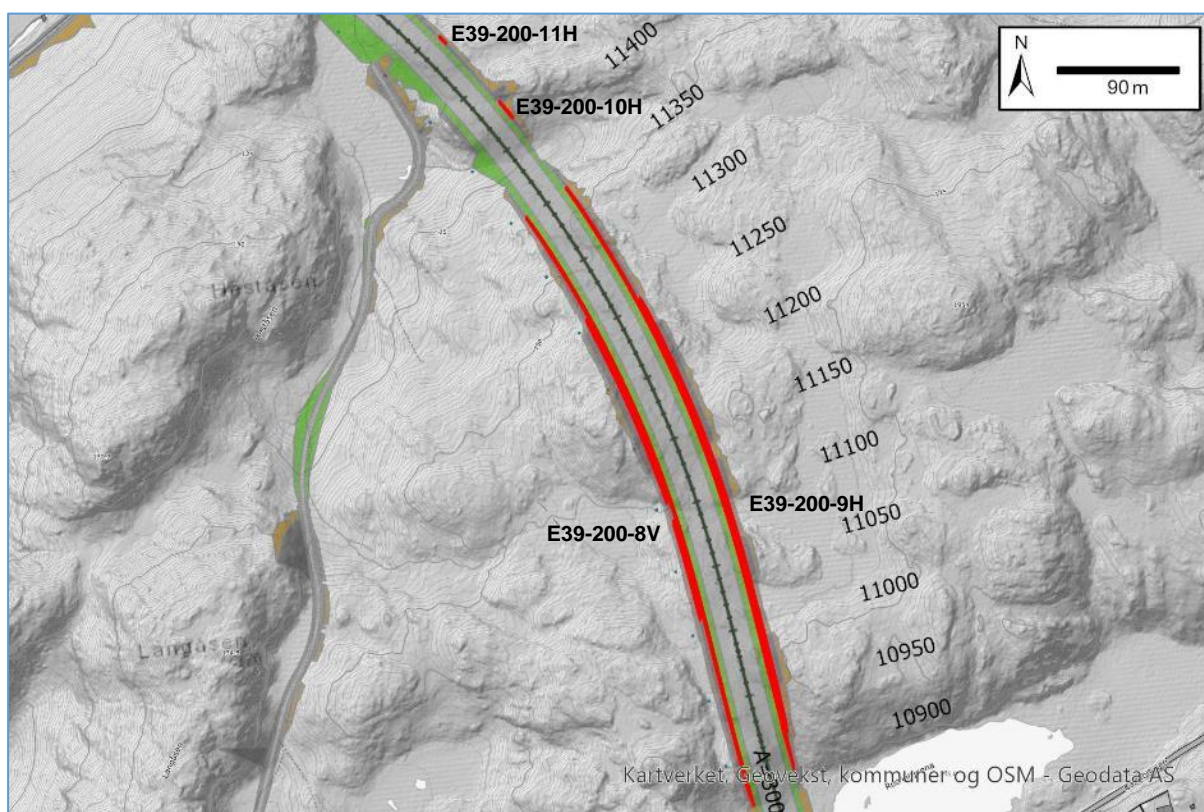
16 Vallerås

16.1 Innledning

Veilinjen ligger tungt i terrenget gjennom Vallerås. Det blir tosidige bergskjæringer der begge sider har høyder på over 30 m.

Tabell 29: Strekninger med bergskjæringer med høyde over 10 m langs Vallerås.

Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./Kommentar
E39-200-8V	10870	11350	480	V	38	V2105, V2106
E39-200-9H	10885	11350	465	H	35	V2105, V2106
E39-200-10H	11415	11430	15	H	10	V2106
E39-200-11H	11485	11495	10	H	10	V2106



Figur 48: Veilinjen som ligger tungt i terrenget gjennom Vallerås.



Figur 49: Utklipp fra modell som viser omfanget på skjæringene. Sett mot NNV.

16.2 Faktadel: Grunnforhold

16.2.1 Topografi

Terrenget stiger bratt fra Rosheitjønna på ca. kote 145 m til maksimalt ca. kote 175 m mellom profil ca. 11150-11200. Landskapet i området er småkupert med skogklede oppstikkende bergknauser mellom myrete forsenkninger (Figur 50).



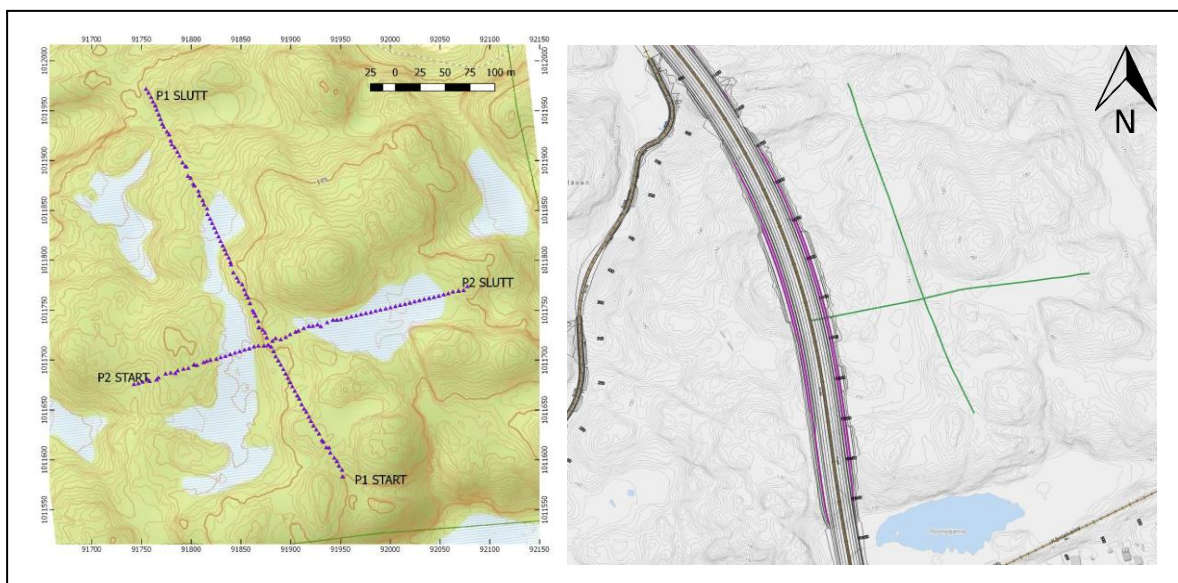
Figur 50: Myrområdene nord for Rosheitjønna. Bilde tatt mot nord, ca. profil 11000.

16.2.2 Løsmasser

Kollene mellom myrområdene er delvis løsmassedekket og skogkledde, og løsmassemektigheten antas å være i størrelsesorden 0,5 – 1 m utenom myrområdene. I myrområdene stikker det opp spredte, avrundede bergnabber. Myrmektigheten er ikke undersøkt med boring, men det er utført geofysiske målinger i områderegeringsplanen som indikerer maksimalt ca. 10 m mektighet av myr.

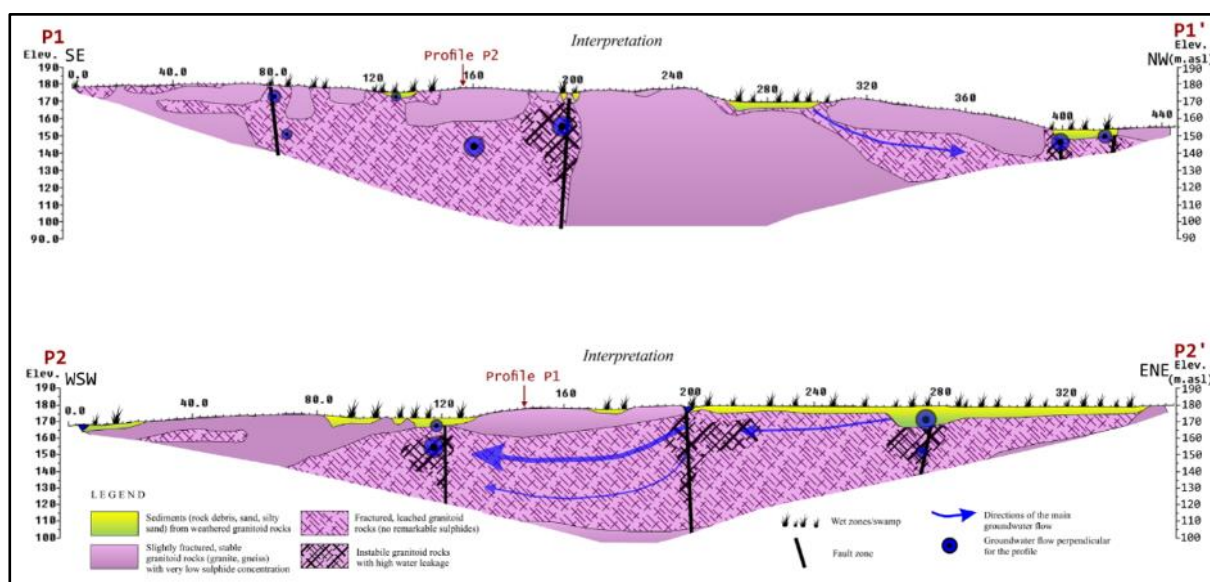
16.2.3 Grunnundersøkelser

Det ble gjennomført geofysiske målinger (ERT) i området i forbindelse med områderegeringen i 2018. På dette tidspunktet lå linja noe lengre mot øst sammenlignet med dagens linje (Figur 51).



Figur 51: Tidligere utførte geofysiske profiler (P1 og P2) til venstre. Plassering i relasjon til aktuell linje til høyre.

De tolkede resistivitetsprofilene indikerer enkelte steile svakhetssoner og partier med antatt oppsprukket og vannførende bergmasse. Svakhetssonene og områder i berggrunnen med tett oppsprukket/elektrisk ledende bergmasse ser ut til å ha lateral utbredelse på opp mot ca. 20 m i profilene. Tolkede profiler er vist i Figur 52. Profilene antyder også maksimal mektighet på ca. 10 m i myrområder, men dette er kun indikativt da denne metoden (ERT) ikke er spesielt godt egnet til å bestemme løsmassemektheter.



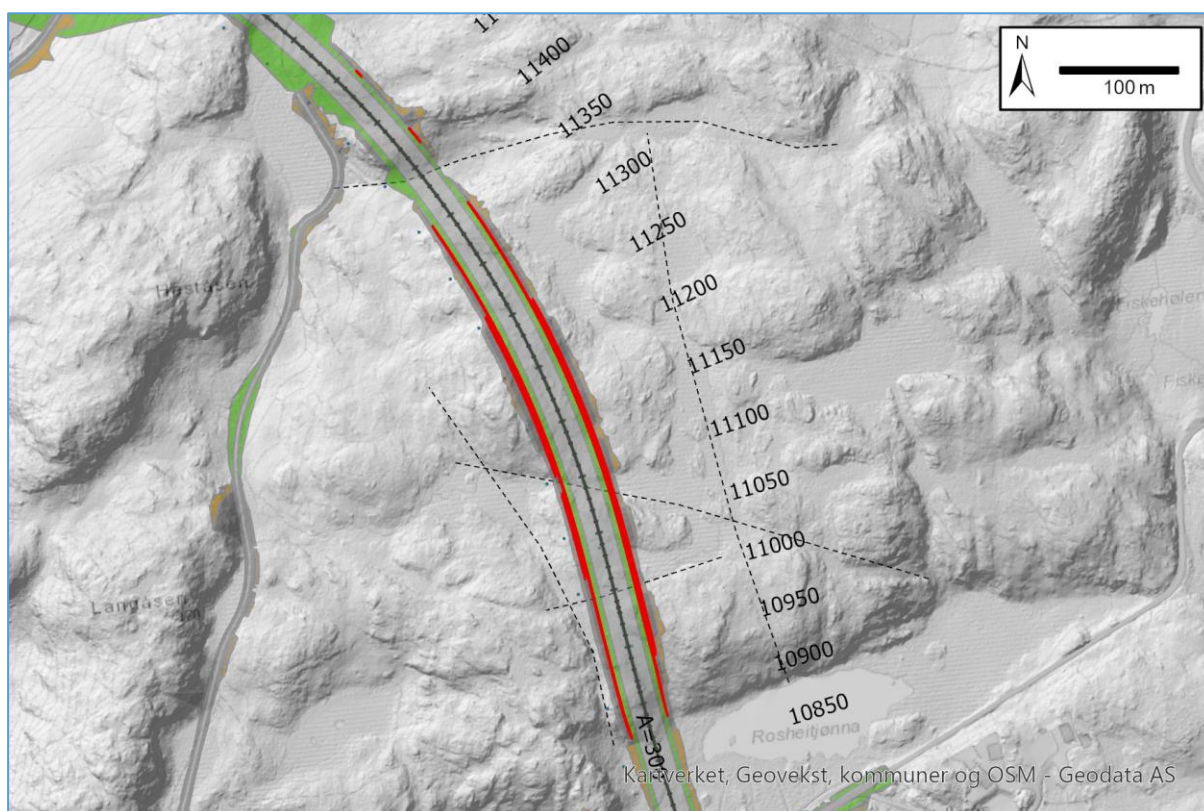
Figur 52: Tolkede resistivitetsprofiler R1 og R2 (Kilde: [20])

Det er planlagt totalsonderinger i linja mellom profil ca. 11080 – 11250 (4 stk) [32]. Resultatet av boringene vil gi indikasjon på lokal løsmassemekthet og løsmassenes sammensetning i området [32]. Resultater fra grunnundersøkelsene må innarbeides i denne rapporten når disse foreligger.

16.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Bergarten i området er omtalt som «Båndgneis, stedvis migmatittisk, amfibolitt og biotittgneis i bånding med lys gneis, stedvis granat-sillimanitt-cordieritt-biotittgneis og tynne lag av kvartsitt» på NGUs N50-kart over Mandal [5]. Dette er i all vesentlighet bekreftet på bakgrunn av registreringer i felt. I tillegg er det registrert hyppige innslag av mindre pegmatitter.

De myr- og løsmassefylte søkkene i terrenget fremstår som lineamenter på relieffkart. Disse antas å representere svakhetssoner i bergmassen. Det er registrert en del lineamenter med omtrentlig orientering Ø-V og N-S i området, se Figur 53.

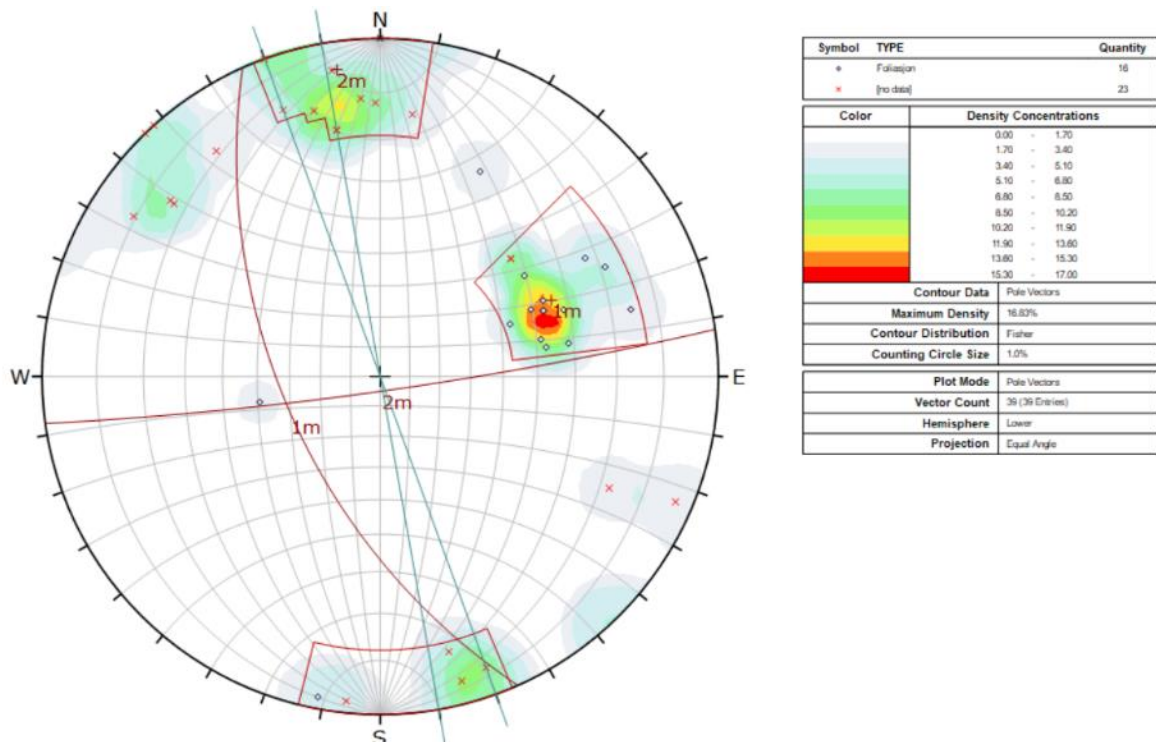


Figur 53: Tolkede lineamenter indikert med sort stiplede linje.

Innmåling av sprekker i linja er vanskelig på grunn av avrundede blotninger, og blotningsgraden er moderat. Støttekartlegging av sprekkeretninger er foretatt i tilstøtende områder (langs Kårstølveien, vest og sør for Rosheitjønna), og strukturetningen er ganske sammenlignbare med Grundelandsvannet (se kapittel 15.2.4), noe som indikerer at det er lite variasjon av strukturetninger i området.



Figur 54: Båndet, lys gneis langs Kårstølveien, ca. 200 m vest for Rosheitjønna. Bilde tatt mot nord.



Figur 55: Stereoplott av sprekkeretninger ved Vallerås. Linjene igjennom sentrum representerer variasjonen i veiens lengdeakse på strekningen.

Tabell 30: Detaljer om sprekkeseett ved Vallerås/Rosheitjønna

Sprekkeseett	Strøk/fall	Kommentar
1m: Foliasjon	156°/58°	Sprekkene er litt bølgete og glatte, stedvis noe leire observert. Sprekkeavstanden er i gjennomsnitt ca. 1 – 1,5 m.
2m	082°/85°	Sprekkene er plane til og ru uten synlig belegg. Gjennomsnittlig sprekkeseett er ca. 1,5 - 2 m.

I tillegg er det registrert en del villsprekker.

16.2.5 Vannforhold

Det er en del fuktige søkk og myrflater øst og vest for traséen. Siden veilinja skjærer igjennom de fleste av disse i varierende grad er det mulig at disse vil bli drenert ut helt eller delvis, eventuelt at de vil tilføre vann til skjæringene i linja. Det er markert en bekk fra ca. profil 11100 som drenerer vestover. Denne vil avskjæres og trolig tørke ut, da den nå drenerer fra det største myrområdet øst for linja som i fremtiden dreneres via veiens drensssystem.

16.2.6 Skredfare

Området ligger ikke i aktsomhetsområde for skred ifølge NVE [8]. Det er ikke registrert tegn til tidligere skred i området med unntak av enkelte blokker i underkant av skrent ned mot Rosheitjønna og øvrige brattskrenter.

16.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

16.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Det er foretatt en kinematisk analyse av aktuelle bruddmekanismer i skjæringen.

På høyre side er det potensiale for planutglidning langs sprekkeseett 1m. Dette sprekkeseettet kan få betydning for endelig valg av skjæringshelning på denne siden avhengig av hvor gjennomsettende sprekkene viser seg å være. Det er også potensiale for kileutglidning for kombinasjoner av sprekkeseett 1m+2m i tillegg til en rekke kombinasjoner av samtlige registrerte sprekkeseett.

På venstre side er det generelt gunstige stabilitetsmessige forhold. Dominerende bruddmekanisme er toppling avgrenset av sprekkeseett 1m (foliasjonen). Dette er særlig kritisk langs skjæringstoppene og toppen av eventuelle paller/avsatser i skjæringene. Derfor blir det spesielt viktig med god kontursprengning for ikke å få opprevet kontur og økt sikringsomfang høyt oppe i skjæringene på denne siden. Basert på de registrerte sprekkeseettene er ikke planutglidning aktuell bruddmekanisme, og kun 10% av alle kombinasjoner av registrerte sprekkeseett gir potensiale for kileutglidning.

Det kan forventes noe redusert bergmassekvalitet i skjæringene der disse krysses av antatte svakhetssoner. Veien går ca. parallelt med en antatt svakhetsone på venstre side fra Rosheitjønnna og frem til ca. profil 10980. Denne vil ved ugunstig fallretning kunne påvirke stabiliteten over denne strekningen. For øvrig er det to antatte svakhetssoner som krysser veien ved profil ca. 11000 og 11100.

Svakhetssonen som er orientert ca. N-S i den nordre halvdel av skjæringen vil kunne påvirke stabiliteten over en lengre strekning da den er orientert med strøkretning nær parallelt med veiens senterlinje. Omfanget og kompleksiteten i sonene er ikke kjent annet enn fra geofysiske målinger, da de er tildekket av løsmasser og myr.

Det forventes generelt lite løsmasser på skjæringstoppene, men i enkelte søkk mellom oppstikkende knauser kan det være noe løsmasser, grovt anslått inntil 1 m mektighet.

Deler av strekningen er nær parallell med bergmassens foliasjonsretning, og dette kan få betydning for detaljprosjektering av skjæringshelningen på høyre side.

16.3.2 Forventet bergsikring

Det forventes normalt behov for boltesikring i skjæringene. I områdene der svakhetssoner krysses kan det bli behov for steinsprangnett.

16.3.3 Skredfare

Da veilinja skjærer igjennom et høydedrag og det ikke er bratt sideterreng utenfor linja så vurderes det ikke som fare for at skred på veien kan inntreffe.

16.3.4 Omgivelser

Avstanden fra sprengningssted til nærmeste bebyggelse er >200 m.

17 Høgåsen og Audnedalen øst

17.1 Innledning

På østsiden av Audnedalen skjærer veilinja seg gjennom Høgåsen. Her blir det høye bergskjæringer på venstre side (Tabell 31 og Figur 56). Nord for profil ca. 12150 (ved driftsveien) skal det etableres et sedimentasjonsbasseng.

Tabell 31: Strekning med bergskjæringer med høyde over 10 m gjennom Høgåsen.

Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./Kommentar
E39-200-12V	11970	12085	115	V	28	V2107



Figur 56: Veilinja gjennom Høgåsen.

17.2 Faktadel: Grunnforhold

17.2.1 Topografi

Høgåsen er høydedraget mellom Skoftedalen og Audnedalen. Høyeste punkt på er kote 140 omtrent 90 m sør for linja i profil 12000. På nordsiden av linja er det en bratt skrent, og høyeste punkt på denne siden er på ca. kote 150 omtrent 115 m til siden for senterlinja i profil 12000. Strekningen med bergskjæringer ligger mellom den store fyllingen i Skoftedalen og brua over Audnedalen. Eksisterende fylkesvei 460 Audnedalsveien langs østsiden av Audna ligger på kote ca. 3-4 m. Veien breddeutvides noe ved passering under brua.

17.2.2 Løsmasser

Området i søkket mellom toppene der veilinja ligger samt skråningen ned mot Fv 460 Audnedalsveien er vist som «humusdekke/tynt torvdekke over berggrunnen» på kvartærgeologisk kart [6]. Dette er verifisert ved befaring til området. I skråningene og knausene nord og sør for linja er det berg i dagen.

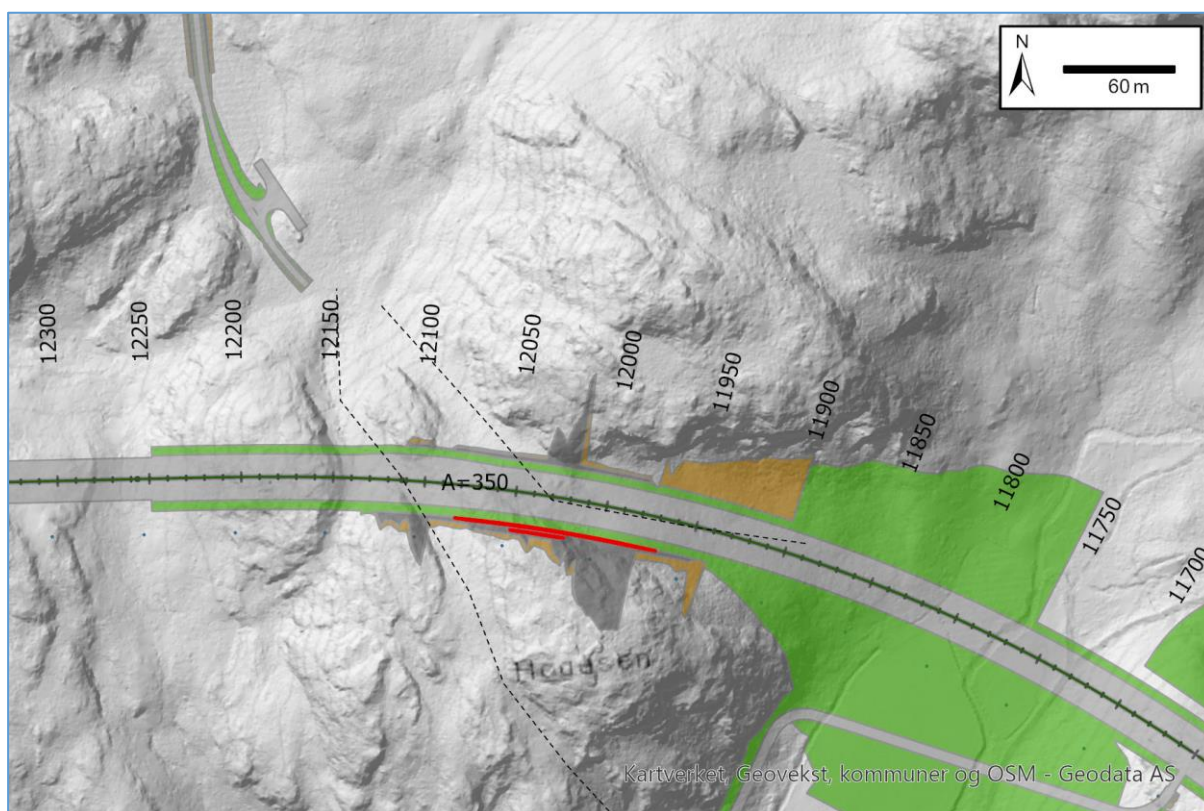
17.2.3 Grunnundersøkelser

Det planlegges totalsonderinger i Skoftedalen på grunn av den store fyllinga her [32]. Disse har ikke direkte relevans for bergskjæringene i området.

17.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Bergmassen i området er beskrevet som «Båndgneis, stedvis migmatittisk, amfibolitt og biotittgneis i bånding med lys gneis, stedvis granat-sillimanitt-cordieritt-biotittgneis og tynne lag av kvartsitt» [5]. Registreringer fra området bekrefter at bergmassen består av båndgneis.

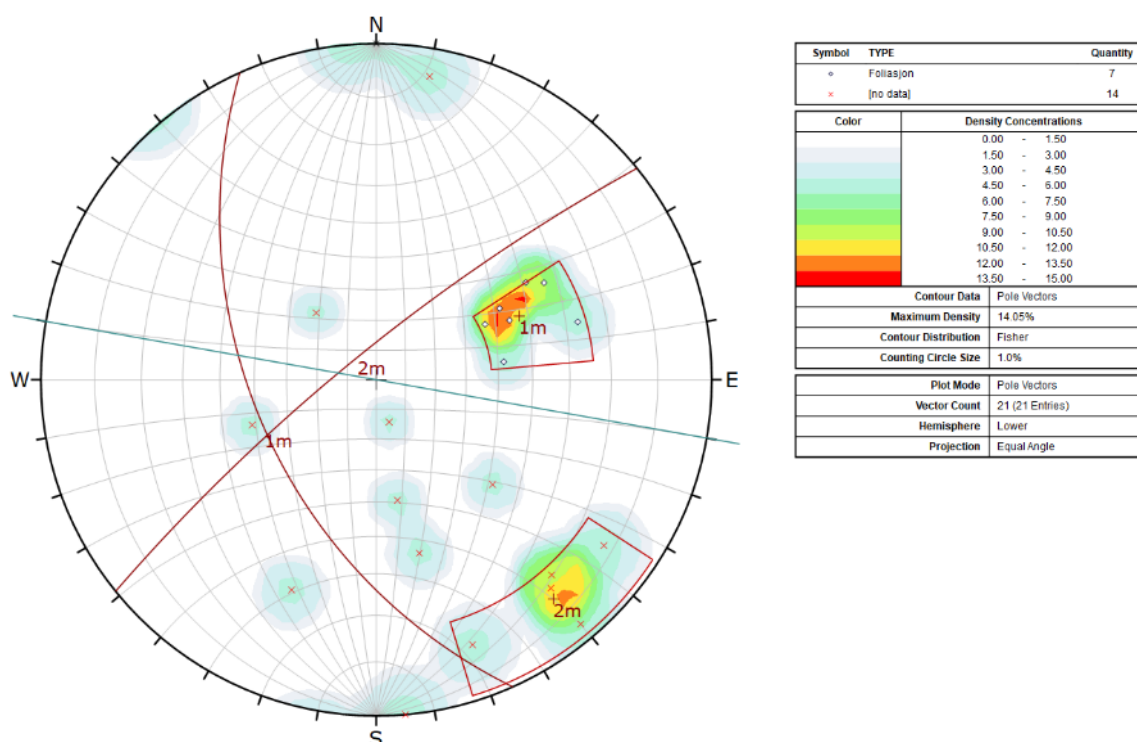
Søkkene i terrenget fremstår som lineamenter på relieffkart. Disse antas å representere svakhetssoner i bergmassen. Det er registrert to strukturer som er indikert på Figur 57.



Figur 57: Tolkede lineamenter ved Høgåsen.

Det er foretatt noen registreringer av sprekeretninger i linja. Bratte skrenter med vanskelig adkomst har medført at antallet registreringer er noe begrenset. I disse områdene var det også vanskelig å finne pålitelige blotninger i felt på grunn av mistanke om avløste og delvis roterte

blokker i skråningene. Utenom brattskrentene er det moderat blotningsgrad på grunn av løsmassedekket, og de oppstikkende blotningen er til dels avrundede svaberg som vanskeliggjør innmåling av sprekkeretninger. Det er derfor supplert med noen registreringer utført langs Fv 460 (Audnedalsveien), ca. 400 m lengre vest. Dette antas å være representativt for området, da bl.a. registrerte foliasjonsretninger stemmer over ens på de to lokalitetene. Sprekkeregistreringer samt hovedsprekkesett og veiens lengdeakse er vist på Figur 58, og nærmere beskrivelse av hovedsprekkesettene er gitt i Tabell 32. Øvrig oppsprekking antas å være sporadisk/villsprekker.



Figur 58: Stereoplott av sprekkeretninger ved Høgåsen. Linjen igjennom sentrum representerer veiens lengdeakse på strekningen.

Tabell 32: Detaljer om sprekkesett ved Høgåsen

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m: Foliasjon	156°/50°	Sprekkene er litt bølgete og glatte. Sprekkeavstanden er varierende mellom ca. 0,3 – 1,5 m.
2m	231°/80°	Sprekkene er bølgete og ru uten synlig belegg. Gjennomsnittlig sprekkavstand er ca. 0,5 - 1 m.

17.2.5 Vannforhold

På kartgrunnlaget er det indikert en bekk som drenerer fra søkket der veilinja ligger og østover mot Skoftedalen, men denne var tørket ut på befaringstidspunktet. Brattskrentene nord og sør for veilinja fremstår i hovedsak som tørre.

17.2.6 Skredfare

E39 Hovedlinje

Området der veilinen ligger på fylling over Skoftedalen ligger aktsomhetsområde for snøskred, steinsprang og jord-/flomskred [8].

Mellom profil ca. 11900 – 11990 ligger veilinja innenfor aktsomhetsområder for snøskred og steinsprang ifølge NVE [8]. Potensielle løsneområder for snøskred er de bratte skråningene og skrentene opp mot toppene nord og sør for linja. På nordsiden av linja er det en bratt, stedvis nesten vertikal naturlig bergvegg som er angitt som løsneområde for steinsprang.

Sedimentasjonsbasseng

Området for sedimentasjonsbassenget ligger delvis innenfor aktsomhetsområder for snøskred og steinsprang. Sedimentasjonsbassenget forventes å trenge tilsyn 3-4 ganger pr. år med rensing ca. 1 gang pr. år. På bakgrunn av dette vurderes området for sedimentasjonsbassenget å tilhøre sikkerhetsklasse S1 iht. TEK17, dvs. at kravet til største nominelle årlige sannsynlighet for skred er maksimalt 1/100.

Fv 460 Audnedalsveien

Fv 460 Audnedalsveien ligger innenfor aktsomhetsområde for snøskred. Det er ikke registrert snøskredhendelser på eksisterende Fv 460 i databasene til Statens vegvesen (her eller i omkringliggende områder) eller hos NVE [8]. Det er registrert ett tilfelle av steinsprang på veien, men dette hadde opprinnelse fra eksisterende skjæring og regnes derfor ikke som skred fra naturlig sideterreng. Terrenget ovenfor Fv 460 er skogkledd og stort sett lyng/torvdekket, og det er ikke registrert spor etter tidligere skredhendelser. Ut fra ÅDT 1760 på Fv 460 [9] er akseptabel og tolererbar skredsannsynlighet er henholdsvis 1/50 og 1/20 (Figur 2).

17.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

17.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Det er gjort noen kinematiske betraktninger for aktuelle bruddmekanismer i skjæringene på høyre og venstre side basert på innmålte sprekkeretninger.

På høyre side er det kileutglidning avgrenset av sprekesett 1m og 2m og/eller tilfeldige sprekkeretninger som er mest aktuell. Det er også mulig med noe toppling, men i begrenset omfang. Planutglidning vurderes som lite aktuell mekanisme.

På venstre side er det planutglidning, primært langs sprekkesett 2m, som er mest aktuelle bruddmekanisme. Toppling kan også forekomme, men i mindre omfang. Kileutglidning langs hovedsprekkesett 1m og 2m er ikke aktuell mekanisme, men det kan forekomme noe lokal kiledannelse ved kombinasjoner av de tilfeldige sprekkeretningene.

Skjæringene planlegges etablert iht. normalprofilen, og det er ikke identifisert strukturer som sannsynliggjør behov for alternativ skjæringshelning/utforming.

17.3.2 Forventet bergsikring

I selve skjæringene forventes det normalt behov for stabilitetssikring ved hjelp av bolter, bånd og nett. Det kan bli aktuelt med isnett på deler av strekningen avhengig av mengden vann i skjæringsveggene.

Det må påregnes noe rensk og sikring samt eventuelt snøskredssikring i skråningene over skjæringstoppene (Figur 59)



Figur 59: Områder som det er aktuelt å sikre over skjæringstoppene (stiplet).

17.3.3 Skredfare

E39 hovedlinje

Snøskred fra de bratte bergskrentene vurderes som lite sannsynlig. Det er ikke arealer som kan akkumulere store mengder snø, og vegetasjonen vil armere et eventuelt snødekke. Det

kan likevel være mulighet for mindre løssnøskred fra blankskurte sva nær toppen av skråningene i forbindelse med kortvarige intense snøfall. Dette kan sikres ved hjelp av gjerder eller lignende (Figur 59)

Steinsprangfare fra det bratte sideterrenget vurderes som reell, og det må påregnes noe rensk og sikring i sideterrenget mellom ca. 11950-12150 på venstre side, men på høyre side ca. profil 11900-11970 fungerer veifyllingen som en fanggrøft (Figur 59) så her blir behovet for skredsikring mindre. Mellom ca. profil 11970-12080 må det trolig utføres en del sikringsarbeider på høyre side.

Sedimentasjonsbasseng

Det finnes enkelte partier med egnet bratthet for snøskred, men de er små, terrenget har en viss ruhet og det er noe skog som vil binde snølaget. De klimatiske forholdene i dette området ligger ikke til rette for oppbygning av snømengder over tid til å kunne utløse flakskred, og mindre løssnøskred har liten konsekvens for sedimentasjonsbassenget. Sannsynligheten for snøskred vurderes derfor som lavere enn 1/100.

Steinsprang fra brattskrentene vurderes ikke å være hyppige da det ikke er kartlagt urmasser i underkant av skrenten. Det vurderes også som lite sannsynlig at steinsprang kan nå helt frem til sedimentasjonsbassenget. Uansett så er konsekvensen av steinsprang i sedimentasjonsbassenget nærmest ubetydelig. Det kan likevel være en fordel å etablere en avskjermende voll langs foten av skråningen som arbeidssikring mot eventuelle steinsprang i anleggsfasen. Denne vil kunne bli liggende igjen som avskjerming og vil gi tilfredsstillende sikkerhet også i driftsfasen.

Fv 460 Audnedalsveien

Terrenget over veien har en viss ruhet og det er noe skog som vil binde snølaget. Det er ikke registrert tidligere skred i området. På grunn av klimatiske forhold vurderes det som lite sannsynlig at det kan bygge seg opp større snømengder over lengre tid til å utløse flakskred. Mindre løssnøskred kan forekomme i perioder med kortvarig, intens nedbør, men det finnes ikke historiske registreringer av at dette har forekommet til nå. Snøskredfare vurderes derfor å være innenfor akseptabelt nivå (1/50).

17.3.4 Omgivelser

Minste avstand til nærmeste bebyggelse er ca. 300 m i luftlinje (Skofteland). Det er derfor ikke behov for tilstandsregistrering av bebyggelsen eller å fastsette krav til vibrasjoner fra sprengning.

17.3.5 Usikkerheter

Bergmassekvaliteten i eventuelle svakhetssoner under løsmassene vil ikke kunne avdekkes før i anleggsfasen. Det blir derfor viktig med kartlegging før endelig uttaksmetode og konturplassering avgjøres.

Omfanget av rensk og sikring i sideterrenget kan bli omfattende. Disse områdene er ikke undersøkt i detalj på grunn av vanskelig adkomst. Områdene kan med fordel undersøkes nærmere med drone.

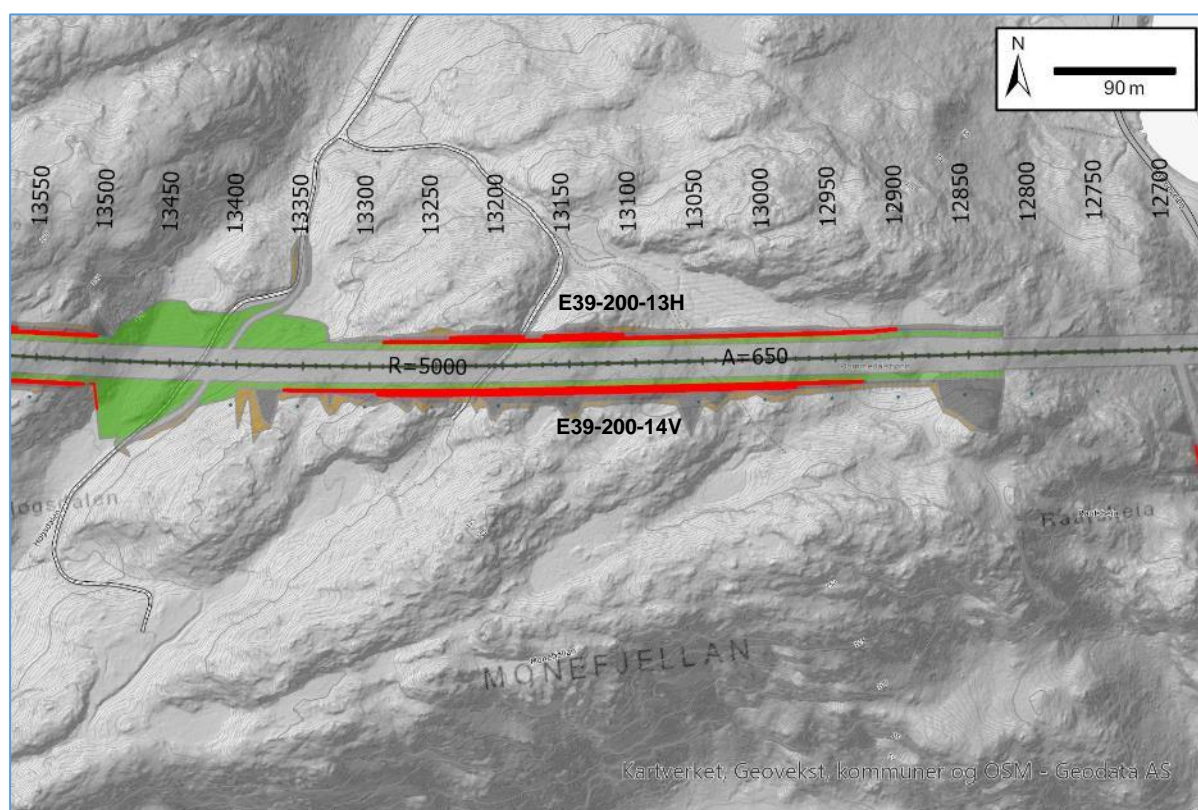
18 Monefjellan og Audnedalen vest

18.1 Innledning

Vest for Audnedalen skjærer veilinjens seg gjennom Monefjellan. Det blir høye bergskjæringer på begge sider.

Tabell 33: Strekninger med bergskjæringer med høyde over 10 m ved Monefjellan.

Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./Kommentar
E39-200-13H	12905	13290	385	H	35	V2108, V2109
E39-200-14V	12930	13365	435	V	41	V2108, V2109



Figur 60: Veilinjens gjennom Monefjellan. Høye skjæringer er vist med røde streker.

18.2 Faktadel: Grunnforhold

18.2.1 Topografi

Monefjellan er høydedraget på vestsiden av Audnedalen, mellom Skofteland og Hovstøl. Monefjellan har høyeste punkt på ca. kote 170 m ca. 100 m sør for profil 13000. Området er kupert med skog- og krattkledde partier og oppstikkende bergknauser mellom forsenkninger som ofte er fuktige/myrete områder. Terrenghøyden i veilinja varierer mellom ca. kote 120-150 m.

18.2.2 Løsmasser

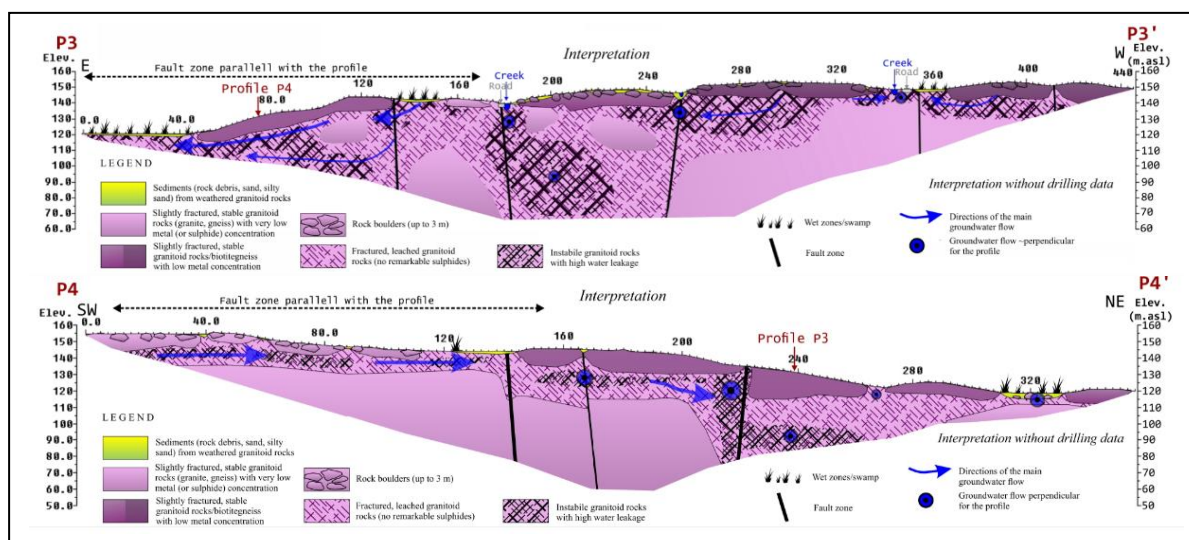
På kvartærgeologisk kart er området vist med «humusdekke/tynt torvdekke over berggrunnen» med enkelte partier indikert som torv og myr [6]. Dette er i overensstemmelse med registreringer i forbindelse med feltarbeidet. Det er anslått ca. 0,5 m løsmasseoverdekning over berggrunnen, men dybden kan være noe større i myrsøkkene.

18.2.3 Grunnundersøkelser

Det er ikke planlagt totalsonderinger i dette området [32]. I områdereguleringen ble det gjennomført geofysiske målinger (elektrisk resistivitetstomografi, ERT) i to profiler. Plassering av profilene er vist i Figur 61 og tolkningen er vist i Figur 62. ERT-målingene indikerer at det er enkelte svakhetssoner i området samtidig med enkelte partier med dårlig/oppsprukket berg.



Figur 61: Grønne streker viser utført geofysikk (ERT). Sorte stiplede streker viser lineamenter i området.

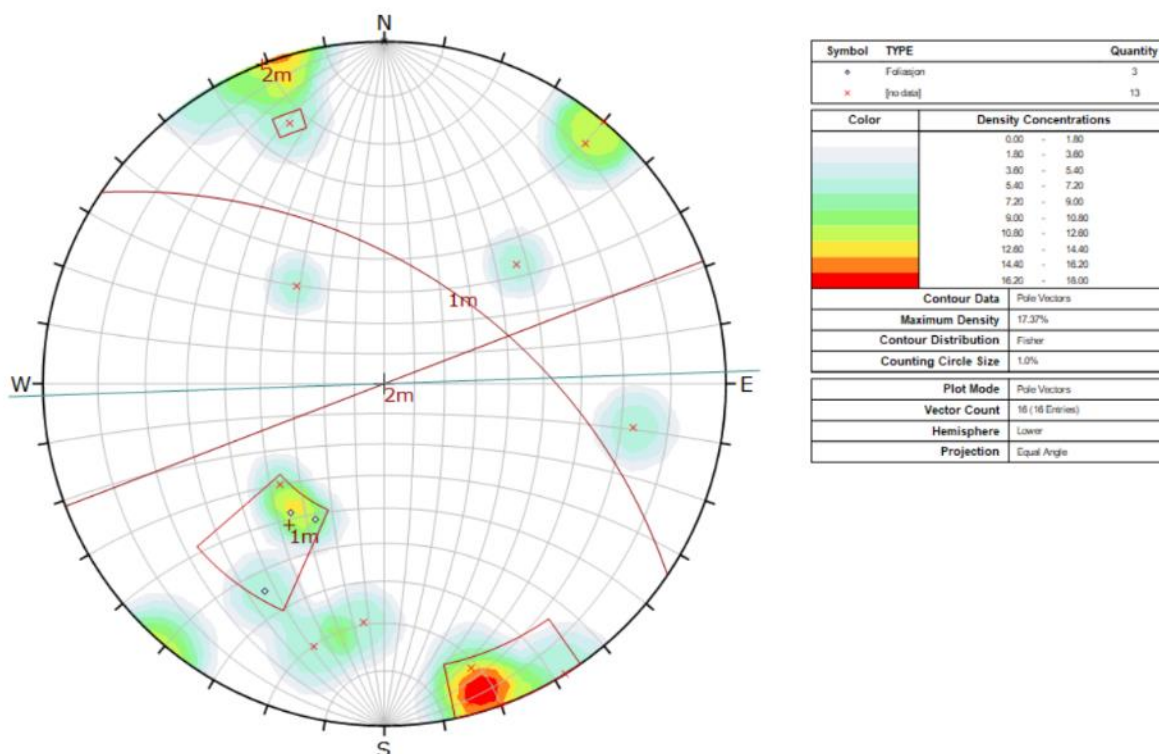


Figur 62: Tolkede elektrisk resistivitetstomografi (ERT)-profiler fra områdereguleringen.

18.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Området ligger rett vest for N50-berggrunnskart over Mandal. Det er kun N250-dekning for berggrunnskart i området. Berggrunnen består ifølge kartet av båndgneis, stedvis med migmatitt og amfibolitt, noe som er bekreftet ved feltarbeidet. I tillegg er det også registrert innslag av pegmatitter.

Det var vanskelig å finne gode blotninger å gjøre sprekkeregistreringer på i forbindelse med feltarbeidet, og derfor er antallet registreringer noe begrenset. Følgelig er grunnlaget for å tolke hovedsprekkeretninger eller vurdere aktuelle bruddmekanismer litt tynt. Aktuelle registreringer og hovedsprekkeretninger er vist i Figur 63, og nærmere beskrivelse av sprekkesett er gitt i Tabell 34.



Figur 63: Stereoplott av sprekkeretninger ved Monefjellan. Linjen igjennom sentrum representerer veiens lengdeakse på strekningen.

Tabell 34: Detaljer om sprekkesett ved Monefjellan.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m: Foliasjon	304°/53°	Sprekkene er litt bølgete og glatte. Sprekkeavstanden er varierende mellom ca. 0,5 – 1,0 m.
2m	069°/90°	Sprekkene er plane til bølgete og glatte til litt ru uten synlig belegg. Gjennomsnittlig sprekkavstand er ca. 1 m, men stedvis er det registrert tett oppsprekking/forskifring.

Basert på relieffkart og resistivetsmålinger (ERT) er det tolket en del antatte svakhetssoner som kan få innflytelse på stabiliteten av skjæringene i området. Sonene er generelt tolket å ha steilt fall, og partier med redusert bergkvalitet (oppsprukket berg) fremkommer som resultat av lave resistivetsverdier i berggrunnen. Sonene som stryker ca. NV-SØ (Figur 61) kan ut fra geofysiske målinger se ut til å ha steil fallvinkel ca. 70-80° mot NV.

18.2.5 Vannforhold

Enkelte fuktige søkk og myrdrag vil drenere mot veilinja og kan forårsake tilsig av vann i skjæringene. Avhengig av vannmengdene kan det bli behov for å etablere nedføringsrenner. Mest sannsynlig vil vannmengdene være sterkt nedbørsavhengige på grunn av lite nedslagsfelt. Veilinja passerer direkte over pytten «Plommedalstjønn». Nord for linja, mellom ca. profil 12950-13000, befinner det seg et myrområde som dekker et areal på ca. 3000 m².

18.2.6 Skredfare

Basert på kart fra NVE [8] foreligger det aktsomhetsområder for jord-/flomskred, snøskred og steinsprang i området. Disse aktsomhetsområdene har løsnedområde nær toppen av Monefjellan og Raufsheia, og utløpsområdene er ned mot Audnedalen slik at de ikke har noe direkte innflytelse på veilinjjen. Unntaket er området under vestre landkar til brua over Audnedalen der det er indikert mulige løsnedområder for snøskred med utløpsområder ned mot brufundamentet. I forbindelse med feltarbeidet er det også registrert en steinur i samme område. I toppen av denne ura er det en god del større avløste blokker (Figur 64). Selve ura er mosegrodd, og det er ikke registrert åpenbart ferske blokker i ura (Figur 65). Det er ikke registrert spor etter tidligere snøskredaktivitet i området, og det er heller ikke registrert snøskredhendelser langs veinettet i området hos NVE [8].



Figur 64: Avløste blokker under vestre landkar for brua.



Figur 65: Steinur under landkar i lia ned mot Audna.

18.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

18.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Skjæringene i Monfjellan planlegges i utgangspunktet med geometri tilsvarende normalprofilen.

Det er gjort en kinematisk analyse av aktuelle bruddmekanismer i skjæringene. På høyre side er det eventuelt toppling avgrenset av sprekkesett 2m som er mest aktuelt. Hverken planutglidning eller kileutglidning er i utgangspunktet særlig aktuelle bruddmekanismer. Kileutglidninger er kinematisk mulig ved kombinasjoner av enkelte tilfeldige sprekkeretninger.

På venstre side er det planutglidning langs sprekkesett 1m eller 2m og i noen grad toppling avgrenset av sett 2m som er mest kritiske bruddmekanisme. Det er liten kinematisk mulighet for kileutglidninger med unntak av enkelte kombinasjoner av usystematiske enkeltsprekker som kan opptre lokalt i skjæringen.

18.3.2 Forventet bergsikring

Det forventes et normalt omfang av bolter, bånd og nett i skjæringene. Det kan bli behov for noe isnett i tilfelle det er fuktilførsel til skjæringene fra tilstøtende myrområder.

18.3.3 Skredfare

Det må påregnes noe rensk og sikring øverst i skråningen og/eller avskjerming nedenfor steinura i skråningen ned mot Audnedalen for å sikre brufundamentpunktet mot steinsprang.

På grunn av terrengets ruhet, bratte heng i øvre del av skråningen, manglende spor etter tidligere hendelser samt vegetasjon/trær vurderes sannsynligheten for snøskred i skråningen ned mot Audnedalen som lavere enn 1/100.

18.3.4 Omgivelser

Minste avstand fra sprengningsstedet til bebyggelse er ca. 300 m i luftlinje mot SØ langs Farmoveien. Dette er tilstrekkelig langt unna til at det ikke er behov for å fastsette krav til vibrasjoner. Bebyggelsen langs Farmoveien (spesielt Fossmo) ligger relativt tett inntil den bratte skråningen under Monefjellan, og det kan fort oppstå spørsmål om skredfare fra denne skrenten i anleggsfasen. Skredfaren herfra er ikke ytterligere vurdert nå.

18.3.5 Usikkerheter

Det er knyttet usikkerhet til svakhetssonenes bredde og sammensetning og til bergmassens detaljoppsprekking.

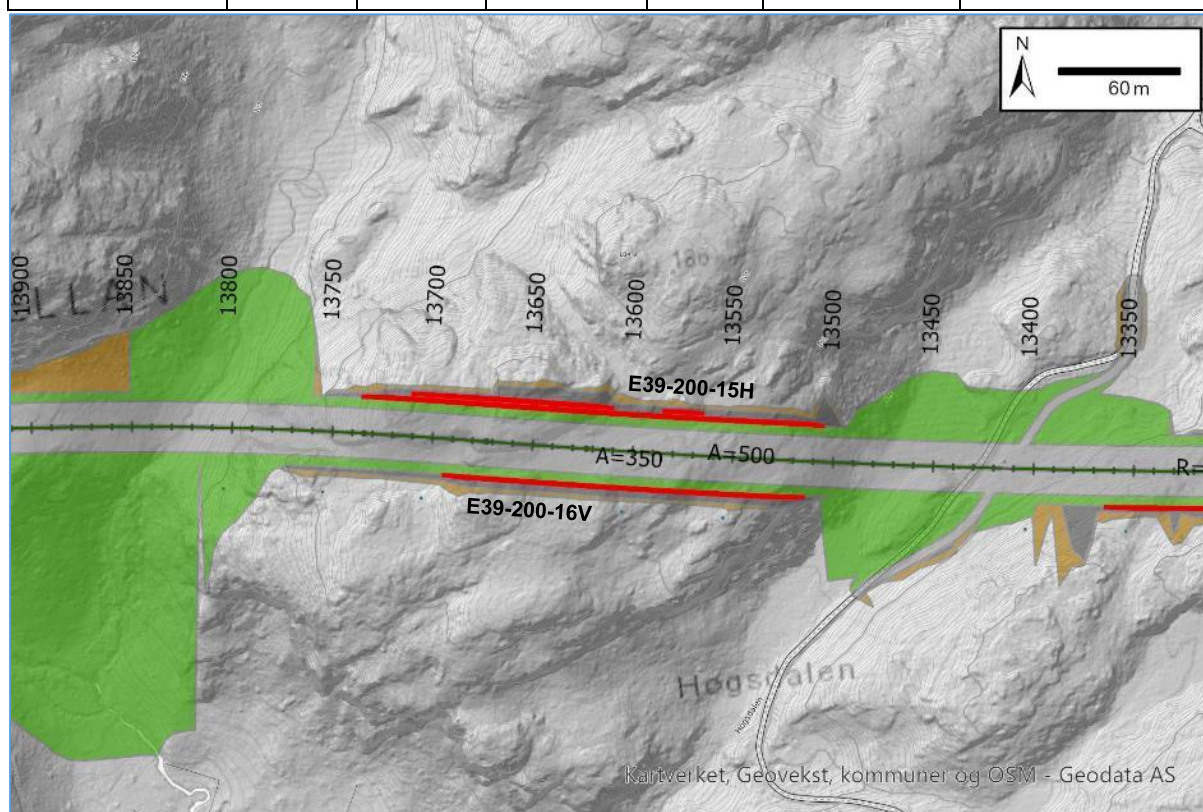
19 Hogsdalen-Saurdalen

19.1 Innledning

Veien ligger på fylling over Hogsdalen før den skjærer seg gjennom en bergkulle mellom Hogsdalen og Saurdalen. Det blir tosidige bergskjæringer med høyder over 30 m på høyresiden.

Tabell 35: Strekninger med bergskjæringer med høyde over 10 m.

Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./Kommentar
E39-200-15H	13505	13740	235	H	33	V2110
E39-200-16V	13515	13695	180	V	23	V2110



Figur 66: Veilinjen gjennom heia mellom Hogsdalen og Saurdalen.

19.2 Faktadel: Grunnforhold

19.2.1 Topografi

Fra Hogsdalen stiger terrenget bratt opp fra ca. kote 120 til et flatere parti på toppen av bergkullen på ca. kote 160-165. Høyeste topp er på nordsiden av veien ca. profil 13730 (ca. kote 175). Herfra skråner terrenget ned mot bekkedalen ved profil ca. 13830.

19.2.2 Løsmasser

Kvartærgeologisk kart indikerer humusdekke/tynt torvdekke over berggrunnen i området [6]. I underkant av skrenten ned mot Hogsdalen kan det befinne seg noe antatte skredblokker fra den bratte lia. På overflaten er det registrert et par mindre myrområder, profil ca. 13700 og 13600. Ellers er det registrert stort sett antatt tynt løsmassedekke og en god del berg i dagen. De høyeste toppene fremstår som blankskurte svaberg.

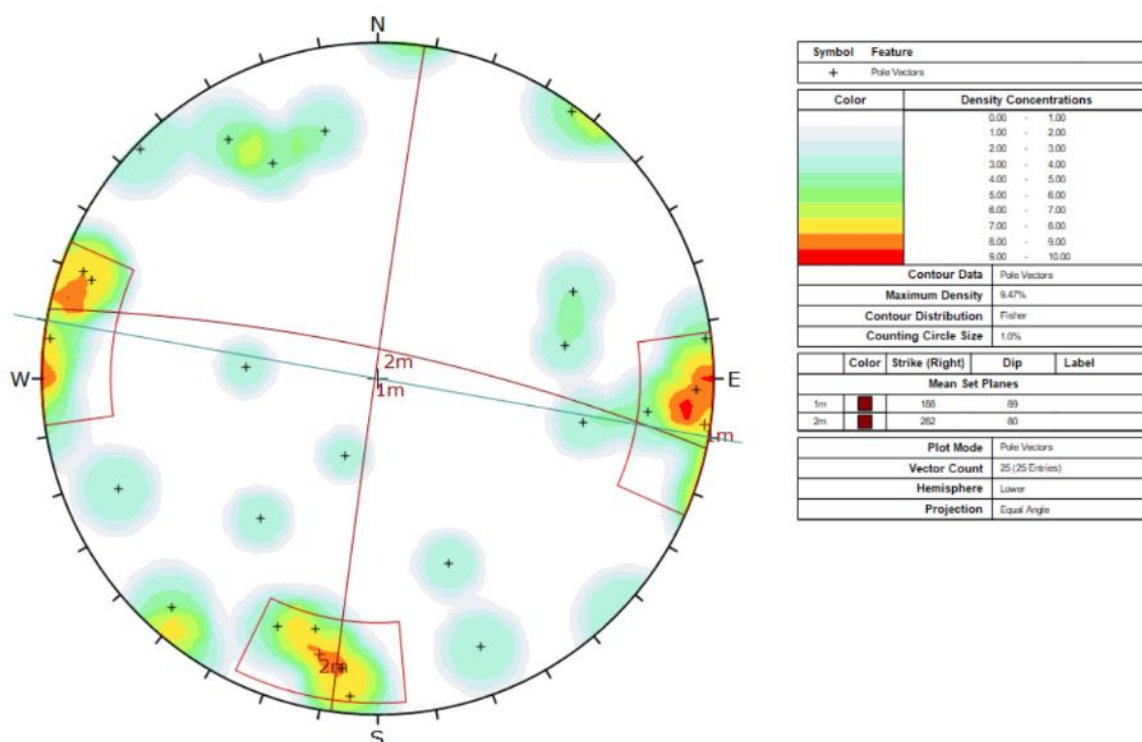
19.2.3 Grunnundersøkelser

Det er ikke tidligere utført eller planlagt ytterligere grunnundersøkelser på denne strekningen [32].

19.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Det foreligger kun berggrunnsgeologisk kart N250 i området. På kartet er det indikert en grense mellom båndgneis (i øst) og granitt (i vest) i denne åsen [5]. Ved feltkartleggingen ble det imidlertid kun registrert granitt i blotningene i området, men det er registrert noe parallellorientering av mineraler (svakt utviklet foliasjon) på østsiden som kan bekrefte at det er en noe glidende overgang til gneis i området.

Det er noe vanskelig å finne gode blotninger for registrering av sprekkeretninger. Dette skyldes at blotningene i mange tilfeller består av avrundede svaberg som gir liten tilgang til sprekkeretningene. Registreringer er i hovedsak foretatt i skrenter. Aktuelle registreringer og hovedsprekkeretninger er vist i Figur 67, og nærmere beskrivelse av sprekkesett er gitt i Tabell 36.



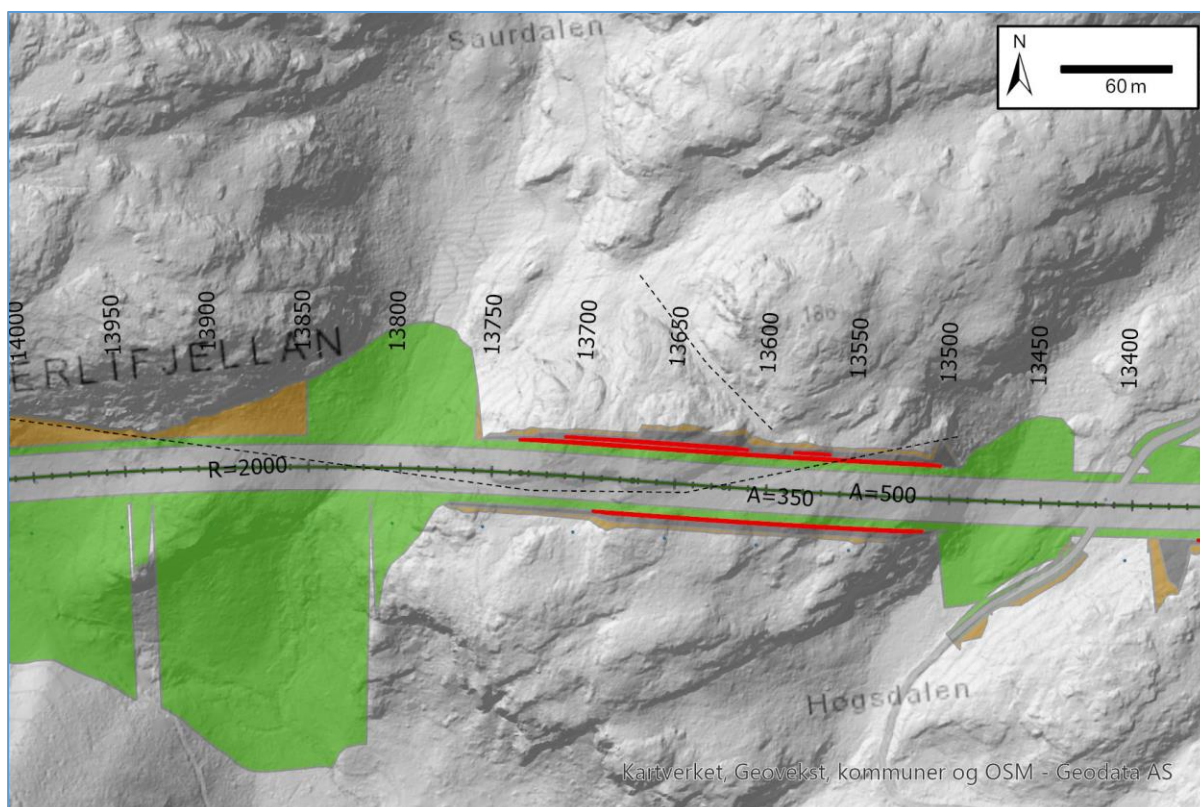
Figur 67: Stereoplott av sprekkeretninger ved Hogsdalen-Saurdalen. Linjen igjennom sentrum representerer veiens lengdeakse på strekningen.

Tabell 36: Detaljer om sprekkeseett ved Hogsdalen-Saurdalen.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	188°/89°	Sprekkene er plane og ru med ca. 1,0 – 2,0 m avstand uten belegg.
2m	282°/80°	Sprekkene er bølgete og glatte til litt ru uten synlig belegg. Gjennomsnittlig sprekkelengde er ca. 2 m, men lokalt er det registrert tettere oppsprekking.

I tillegg forekommer det en del mer tilfeldige sprekkeretninger i området.

Det er registrert et par søkk som kan representere svakhetssoner i området (Figur 68). Den ene sonen ser ut til å være fortsettelsen av den bratte veggen nedenfor Fagerlifjellan litt vest for Saurdalen og stryker tilsynelatende nær parallelt med veilinja. I kollen mellom Hogsdalen og Saurdalen befinner søkket seg nær veiens senterlinje, og det er i dette søkket at de registrerte myrområdene befinner seg. Det andre søkket stryker ca. NV-SØ og befinner seg på nordsiden av linja. Det ser ikke ut til å berøre veilinja i særlig grad.



Figur 68: Lineamenter som antas å representere svakhetssoner i bergmassen.

19.2.5 Vannforhold

Det er registrert to mindre myrsøkk i linja (kapittel 19.2.2) som forsvinner ved bygging av veien. Veilinja skjærer i hovedsak igjennom det høyeste området av kollen, og det er ikke registrert bekker eller vann som drenerer mot linja i området med unntak av bekken nederst i Saurdalen og myrflatene i Hogsdalen.

19.2.6 Skredfare

Ifølge aktsomhetskartene til NVE [8] befinner det seg to mindre aktsomhetsområder for snøskred i området. Det ene ligger på østsiden med utløpsområde mot SØ ned i Hogsdalen. Det andre er et potensielt løснеområde på nordsiden av veien mot Saurdalen. Veilinja berører kun løснеområdet i øst ved Hogsdalen og befinner seg rett sør for løснеområdet i vest (Saurdalen).

19.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

19.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Skjæringene planlegges i utgangspunktet med geometri tilsvarende normalprofilen. Det er imidlertid viktig at konturplassering, skjæringshelning og eventuell inndeling i pallnivåer tilpasses stedlig geologi etter detaljert kartlegging i byggefasen når berggrunnen er fullstendig avdekket. Sprekkesett 2m (Figur 67) kan, avhengig av hvor utholdende det er i bergmassen, vise seg å bli bestemmende for skjæringshelningen på venstre side. Dette må avgjøres ved detaljkartlegging i byggefasen når bergflaten er rensket for løsmasser.

En kinematisk analyse for høyre side av de nye skjæringene viser at det primært er toppling definert av sprekkese 2m som er aktuell bruddmekanisme. Planutglidning er nærmest uaktuelt, men det er noe mulighet for kileutglidninger langs tilfeldige sprekkeseplan. Disse vil trolig være av lokal karakter. På venstre side er det planutglidning langs sprekkese 2m som er primær mekanisme. Dette er med utgangspunkt i skjæringshelning på 84°. Ved å tilpasse skjæringen mot sprekkese 2m kan denne mekanismen eventuelt reduseres til et minimum. Videre er det noe mulighet for kileutglidninger avgrenset av sprekkese 1m+2m samt kombinasjoner av tilfeldige sprekkeseplan. Kileutglidningene avgrenset av sprekkese 1m+2m kan også reduseres til et minimum ved å tilpasse skjæringshelningen til sprekkese 2m. Toppling definert av enkelte tilfeldige sprekkereetninger er også kinematisk mulig.

Veilinja er plassert omtrent parallelt med en antatt svakhetsone som tolkes å være forlengelsen av sona som definerer den bratte skrenten under Fagerlifjellan litt vest for Saurdalen. Hvis denne tolkningen er korrekt så er sona trolig nær vertikal. Antatt bredde er ca. 5-10 m basert på topografiske betraktninger og observasjoner i søkket profil 13750-13800. Sonen kan få innvirkning på bergmassekvaliteten i de sentrale delene av bergtuttaket i linja, men ser i liten grad ut til å kunne påvirke bergmassekvaliteten i de områdene der de permanente skjæringene etableres. Her er det stort sett berg i dagen og jevnt over registrert god bergkvalitet. Svakhetssonen som stryker ca. NV-SØ litt nord for linja antas ikke å påvirke bergmassekvaliteten i skjæringene. Der vurderes derfor ikke som at disse svakhetssonene vil ha betydning for totalstabiliteten i skjæringene.

19.3.2 Forventet bergsikring

Skjæringene forventes sikret ved hjelp av konvensjonelle midler som rensk, bolter, bånd og nett. Det forventes ikke i utgangspunktet behov for lange bolter/stag eller tung sikring i form av sprøytebetong, understøp eller lignende.

19.3.3 Skredfare

Det vurderes at det ikke er noe skredfare i området.

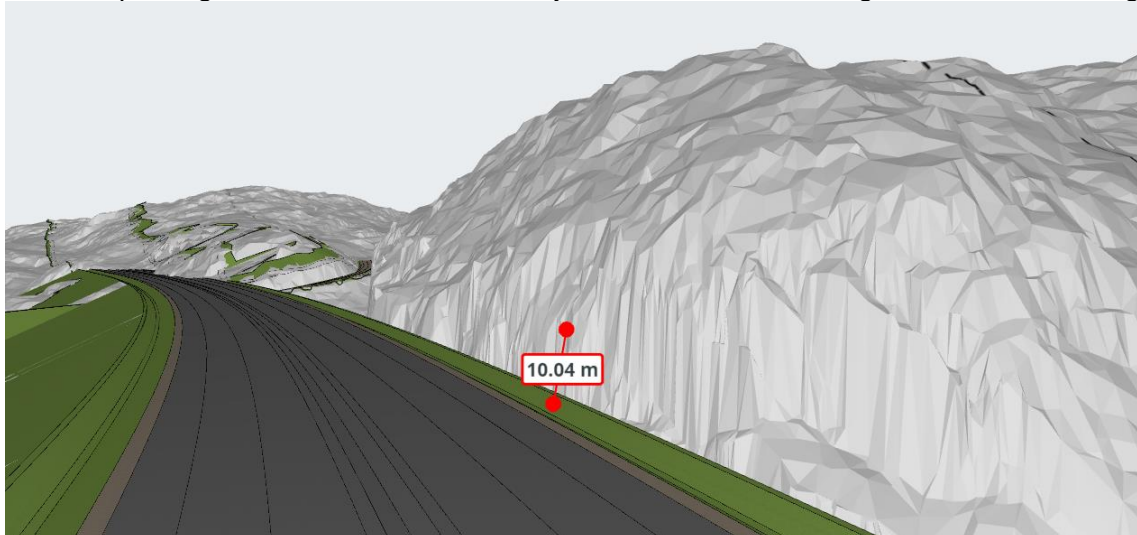
19.3.4 Omgivelser

Det ligger bebyggelse befinner seg ved Hogstøltjønnna, ca. 240 m unna sprengningsstedet. Dette er bolig/fritidsbolig. Anbefalingene i kapittel 3.7 bør følges.

20 Fagerlifjellan – skredfare

20.1 Faktadel

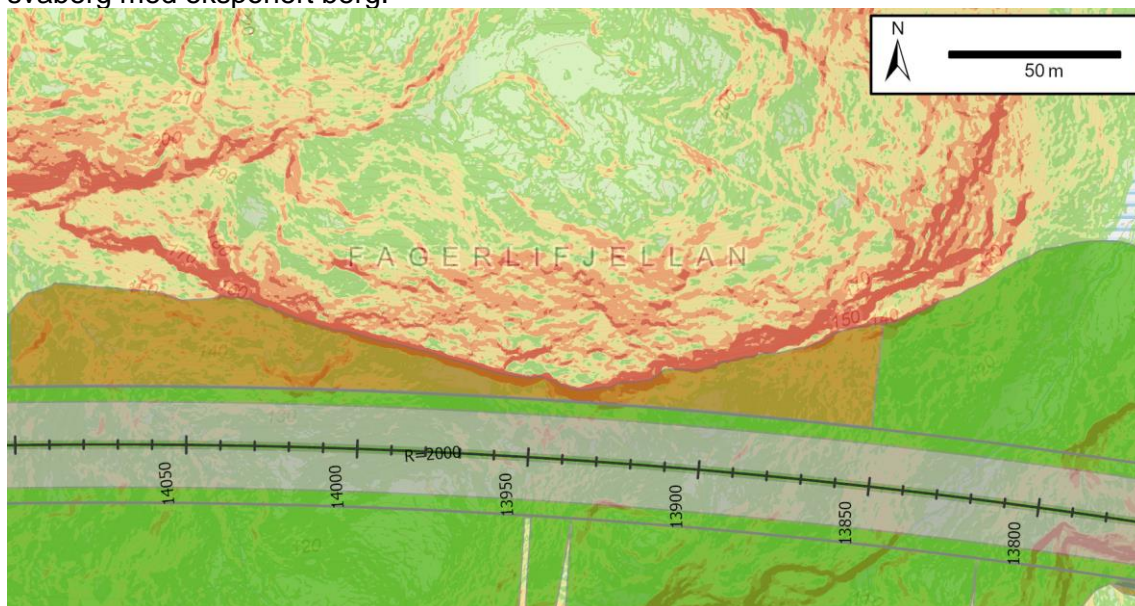
I dette området ligger veilinjen innenfor NVE sine aktsomhetskart for steinsprang og snøskred. Nord for planlagt vei er det en ca. 20 m høy, tilnærmet vertikal bergskrent, som vist i Figur 69.



Figur 69: Illustrasjon av bergmodell av Fagerlifjellan, sett i vestgående retning. 10 meter markert som målestokk.

Planlagt veilinje gir lite inngrep inn i skråningen, men er lagt inntil bergskrenten. Over denne er det et parti med helning på om lag 30-50° fra kote 160 til kote 200, vist som gult og oransje i

Figur 70: Helningskart for området ved Fagerlifjellan. Grønt: 10°-30°, gult: 30°-45°, oransje: 45°-60°, rødt: >60°. Det finnes også noen mindre partier med helningsgrader > 60° ovenfor bergskrenten. Partiet er delvis vegetert med skog og busker, men har også områder med bare svaberg med eksponert berg.



Figur 70: Helningskart for området ved Fagerlifjellan. Grønt: 10°-30°, gult: 30°-45°, oransje: 45°-60°, rødt: >60°

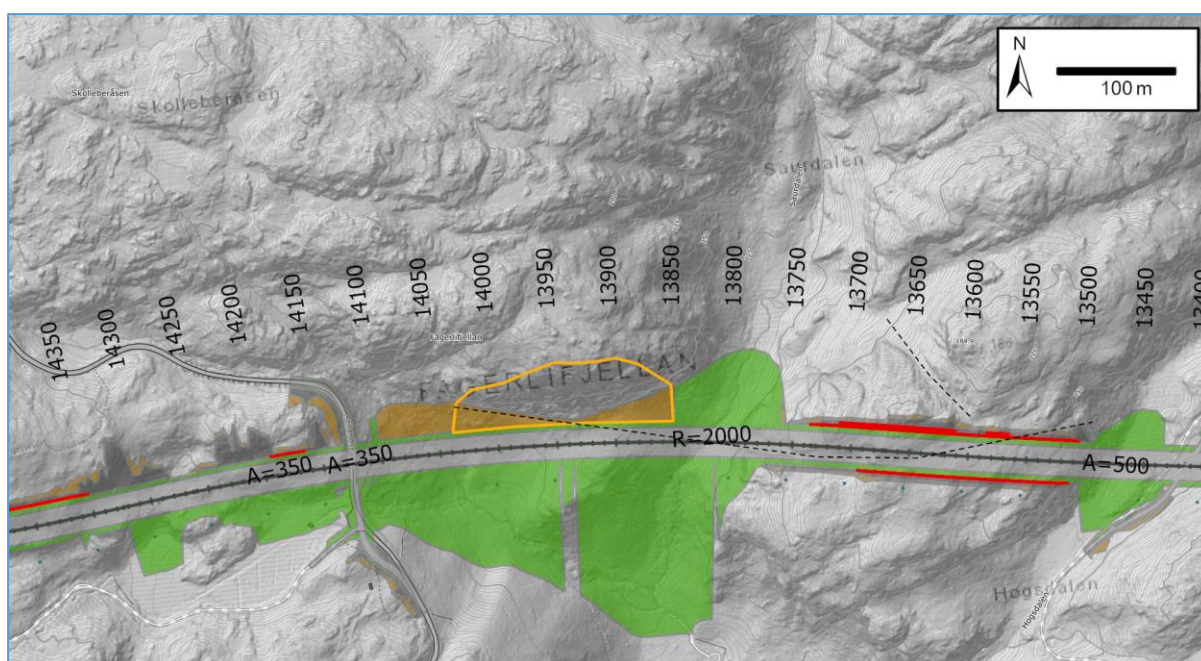
I underkant av skrenten er det observert noen blokker som trolig er steinsprangavsetninger. Sentralt i skråningen er det imidlertid færre blokker, men derimot en del finstoff rett i underkant av skrenten. Enkelte av trærne under skråningen er knekt eller bøyd.

20.2 Tolkingsdel

I det omtalte partiet fra kote 160-200 vurderes både helning, jevnhet på terrenget og stedvis mangel på vegetasjon å kunne føre til utløsning av tørre løssnøskred eller våte snøskred. Ansamling av finstoff, samt mulige skader på vegetasjon i underkant av skråningen kan være forårsaket av tidligere snøskred.

Planlagt vei er lagt på fylling, med standard grøft med tilbakefylling inn mot bergskrenten. Denne tilbakefyllingen fungerer hverken skjermende eller som en fanggrøft, og et eventuelt snøskred vil dermed kunne nå veibanen. Det vurderes dermed at den årlige nominell sannsynligheten for snøskred mot veien her er større enn 1/1000, og en må påregne tiltak for å oppnå akseptabel sannsynlighet for snøskred.

Som tiltak for å redusere faren for snøskred til et akseptabelt nivå er det aktuelt med støtteforbygninger (gjerder som holder snøen på plass) i partiene fra kote 160-200. Arealet som er aktuelt for støtteforbygninger er avmerket i Figur 71. Stedvis kan også etablert fylling/grøft trolig være tilstrekkelig for å hindre eventuelle snøskred å nå fremtidig vei, men dette må modelleres ved detaljprosjektering av veien forbi dette partiet. Tilpasning av grøfteutforming, eventuelt noe flytting av veilinja for å gi plass til grøft, vil dermed være et aktuelt tiltak for å redusere sannsynligheten for snøskred ned til et akseptabelt nivå.



Figur 71: Oransje polygon viser arealer over veilinjen ved Fagerlifjellan som aktuelt for skredsikring.

Den naturlige bergskrenten har en helningsgrad på $> 60^\circ$, og observert blokk i underkant av skrenten tyder på at det har vært steinsprangaktivitet her. Løsneområder kan både være i selve skrenten eller fra steile områder over bergskrenten. Da det er lite vegetasjon og jevn helning ned mot bergskrenten er det få områder hvor steinsprang naturlig vil stanse før selve bergskrenten. Som tidligere nevnt så er ikke grøftens utforming tilpasset som oppsamlingsareal. Det er ikke utført modelleringer av utløp av steinsprang, men basert på registrerte forhold i felt og på helningskart så vurderes det at steinsprang fra bergskrenten eller skråningen i overkant vil kunne nå veibanen, og at sannsynligheten for dette er større enn 1/1000. Det må dermed utføres tiltak for å redusere sannsynligheten for steinsprang.

Bergskrenten er naturlig å vurdere tilsvarende som en sprengt skjæring, og dermed vil detaljprosjektering av konvensjonelle sikringsmidler som bolting og steinsprangnett være mest aktuelt som tiltak her. Skråningen i overkant av skjæringen kan bli noe stor og uoversiktlig for sikring med tilsvarende sikringsmidler. For å sikre veilinja mot nedfall fra dette området kan det være aktuelt med fanggjerder på toppen av bergskrenten. Det forutsettes befaringsforbindelse med detaljprosjekteringen, antageligvis fra tau, for å vurdere sannsynligheten for steinsprang fra skråningen. Videre må det modelleres utløpslengder for å vurdere om fanggjerder er nødvendige. Som et alternativ til fanggjerder kan veilinjen flyttes noe ut fra bergskrenten for å gi plass til fanggrøft. Denne må i så fall dimensjoneres basert på modellering av utløpslengder. Dersom justering av veilinje er mulig i den grad at det gir rom for korrekt dimensjonert fanggrøft så kan en redusere fysiske sikringstiltak mot både steinsprang og snøskred.

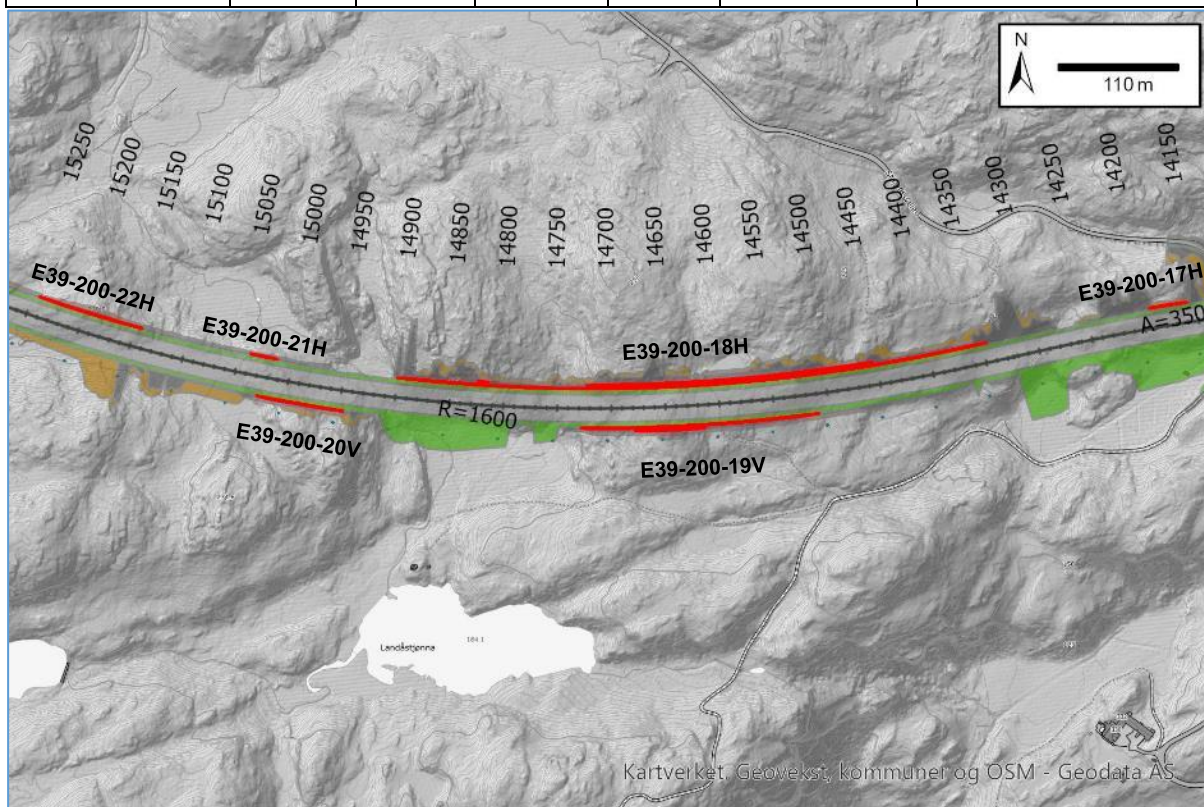
21 Landåstjønna

21.1 Innledning

Veilinjene går gjennom naturområder på nordsiden av Landåstjønna, Lille Faksevatn og Faksevatnet. Stedvis ligger veilinjene tungt i terrenget med høye tosidige bergskjæringer (Tabell 37 og Figur 72).

Tabell 37: Strekninger med bergskjæringer med høyde over 10 m.

Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./ Kommentar
E39-200-17H	14165	14195	30	H	11	V2111
E39-200-18H	14350	14900	550	H	40	V2111, V2112, V2113, Noe bratt sideterreng
E39-200-19V	14510	14730	220	V	31	V2112
E39-200-20V	14945	15030	85	V	16	V2113
E39-200-21H	15010	15040	30	H	12	V2113
E39-200-22H	15140	15245	105	H	18	V2113, V2114



Figur 72: Veilinjene gjennom området nord for Landåstjønna.

21.2 Faktadel: Grunnforhold

21.2.1 Topografi

Området er kupert med oppstikkende knauser og rygger bestående av bart berg med mellomliggende søkk som stort sett består av myrflater. Høyeste punkt ligger på ca. kote 240 i nærheten av linja (nord for profil ca. 15200).

21.2.2 Løsmasser

Ifølge NGU består løsmassene i området av humusdekke over berg og myr [6]. I felt er det observert tynt løsmassedecke over berg. Det er noe urmasser lokalt under bratte bergskrenter. Det er mye berg i dagen langs rygger i terrenget. I søkkene mellom oppstikkende rygger er det myrer og fuktige drag av ukjent mektighet.

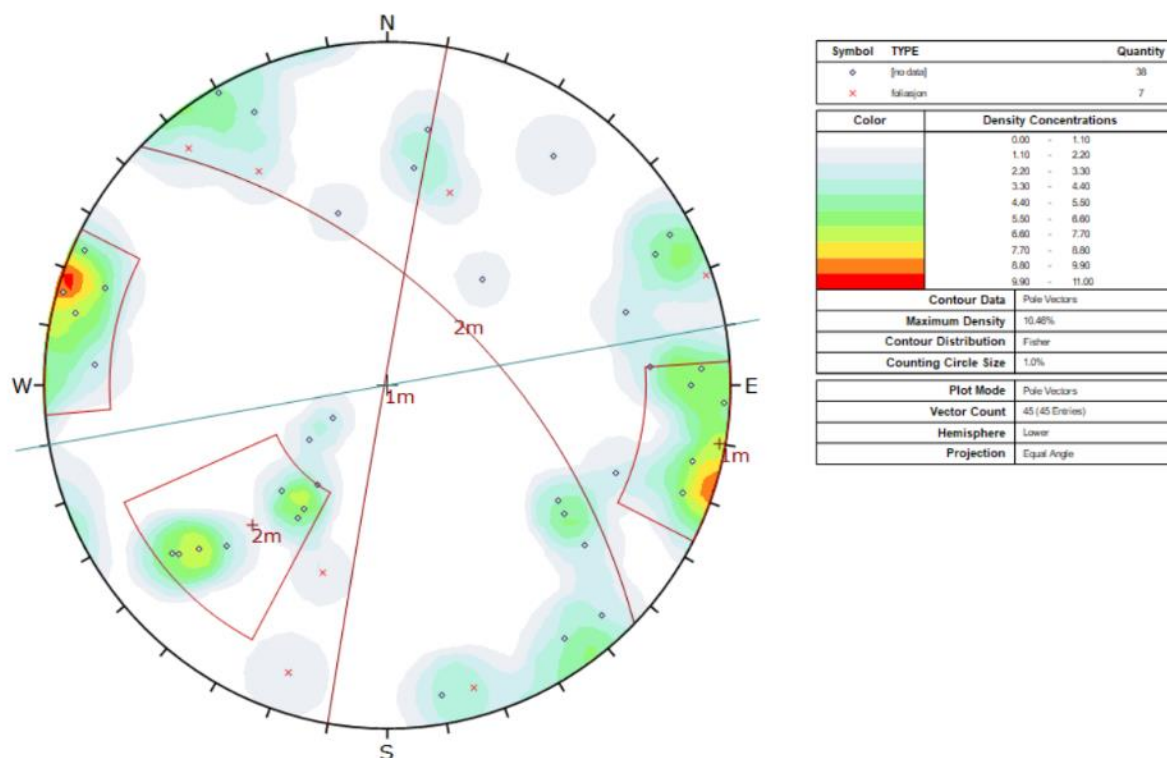
21.2.3 Grunnundersøkelser

Det er planlagt enkelte totalsonderinger i myrsøkkene på strekningen, men disse befinner seg stort sett utenfor områder med bergskjæringer [32]. De antas derfor å ha liten relevans i denne sammenhengen.

21.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Geologisk kart N250 viser at berggrunnen i området består av granitt og båndgneis som stedvis er migmatittisk [5]. Grensen mellom disse er vist på kartet ca. øst-vest langs aksene mellom Landåstjønna og Fagerlifjellan. Dette er bekreftet i felt ved at det er observert vekslinger mellom grovkornet granitt og båndgneis omtrent som vist på geologisk kart. Overgangen mellom granitt og båndgneis er ca. ved profil 14500-14600. I nærheten av kontakten mellom båndgneis og granitt, langs traktorveien ca. 100 m sør for de planlagte skjæringene ved profil 14450 er det registrert noe rustforvitret bergmasse som antas å være sulfidførende båndgneis (Figur 6). Dette er også kartlagt i samme område i forbindelse med områderegeringsplanen. Det er ikke registrert rustforvitret båndgneis i linja ved de planlagte skjæringene.

Kartlagte sprekkeretninger i båndgneis er vist i Figur 73, og nærmere beskrivelse av sprekkesett er gitt i Tabell 38. Tilsvarende er det vist sprekkeretninger i Figur 75 og beskrivelser av hovedsprekkeretninger i Tabell 39 for granitten.



Figur 73: Stereoplott av sprekkeretninger i båndgneis mellom profil ca. 14160-14600. Linjen igjennom sentrum representerer veiens lengdeakse på strekningen.

Tabell 38: Detaljer om sprekkesett i båndgneis mellom profil ca. 14160-14600.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	190°/89°	Sprekkene er plane til bølgete og glatte ru med ca. 0,5 – 1,0 m avstand uten belegg.
2m	314°/59°	Sprekkene har stor variasjon i karakteristikk fra plane, glatte til bølgete og ru med sprekkeavstander i gjennomsnitt ca. 0,5 – 1,0 m uten registrert belegg.

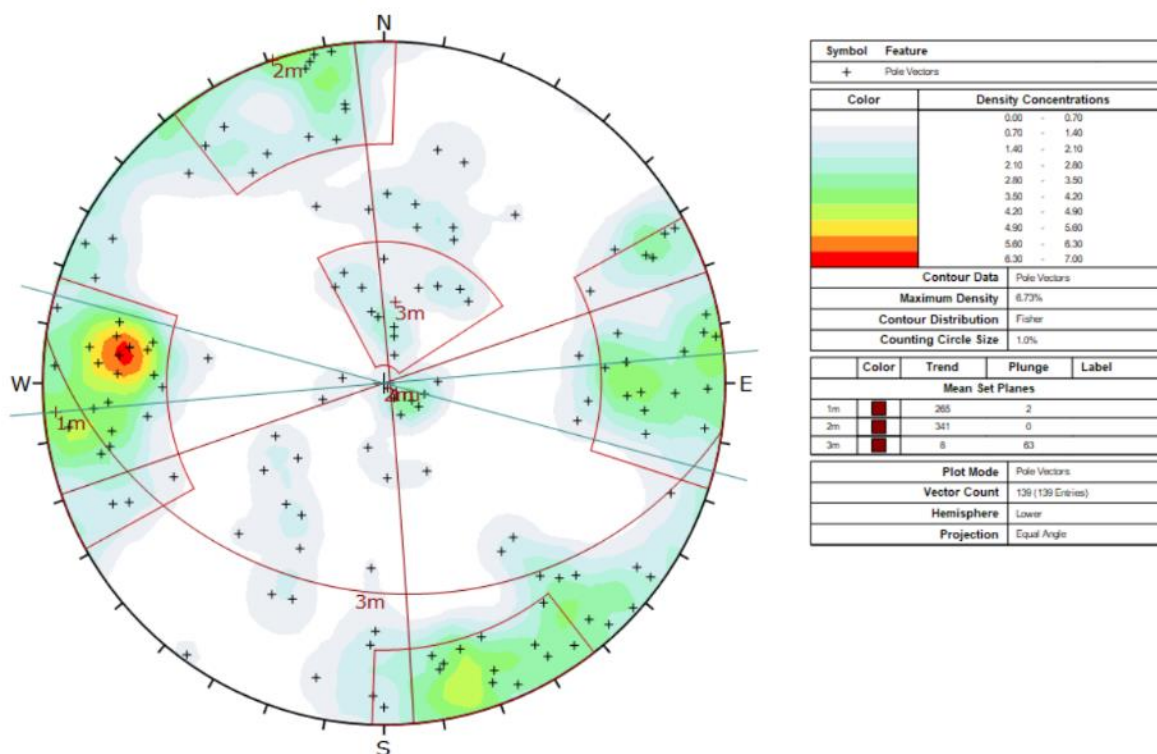
I tillegg er det innmålt foliasjonsretninger i området som ser ut til å variere betydelig innenfor det kartlagte området. Foliasjonssprekkene er typisk bølgete og glatte med sterkt varierende avstand fra svært tett/forskifret til ca. 2 m. Det er ikke registrert belegg på foliasjonssprekkene. Båndgneisen er generelt moderat til tett oppsprukket og stedvis noe overflateforvitret (uten rustpreg), se eksempel på blotning av båndgneis i Figur 74.



Figur 74: Grålig båndet gneis, foto tatt ca. profil 14450.

Granitten er generelt grovblokkig og massiv i enkelte blotninger, og fremstår generelt som frisk og uforvitret.

Sprekkesett 1m og 2m er nesten vertikale, og i kombinasjon med det mer flattliggende sprekkesettet 3m dannes et nær kubisk sprekke-mønster i bergmassen (Figur 76). Sprekkesett 3m kan være eksfoliasjon og dermed overflateparallel (derav de registrerte variasjonene i orientering).



Figur 75: Stereoplott av sprekkeretninger i granitt mellom profil ca. 14600-15400. Blå linjer igjennom sentrum representerer veiens lengdeakse på strekningen.

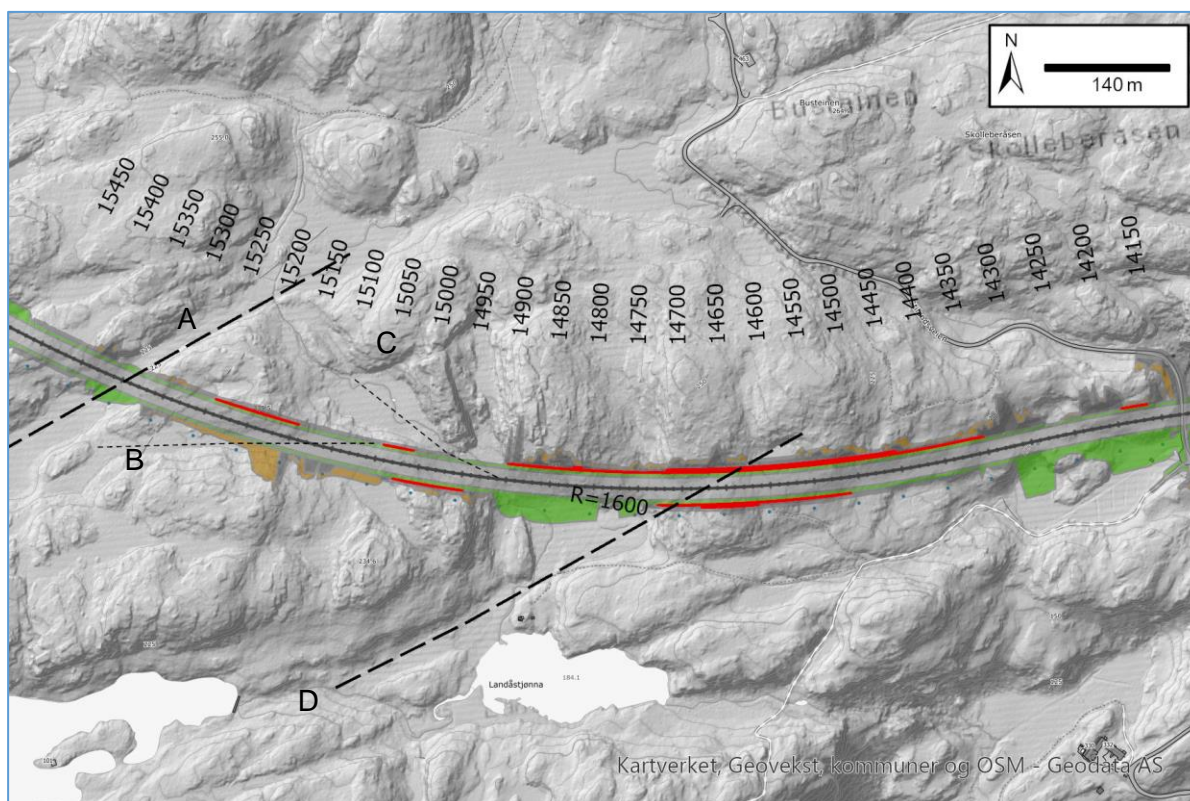
Tabell 39: Detaljer om sprekkesett i granitt mellom profil ca. 14600-15400.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	355°/88°	Sprekkene er plane og ru med ca. 2,0 m avstand uten belegg.
2m	071°/90°	Sprekkene er plane og ru med ca. 2,0 m avstand uten belegg.
3m	098°/27°	Sprekkene er plane og ru med ca. 2 -4 m avstand. Eksfoliasjon?



Figur 76: Grovblokkig granitt i skråningen ved profil ca. 14850 (bilde tatt mot NØ).

Det er registrert enkelte antatte svakhetssoner i området som fremstår som markerte lineære forsenkninger i topografien (Figur 77). Sone A er orientert ca. NØ-SV og kartlagt som vertikal med maksimal mektighet på 5 m. Sone B er også antatt å være vertikal basert på topografien i sideberget. Den befinner seg under et myrsøkk i terrenget og antas å ha en mektighet på maksimalt 5 m. Sone C antas også å være vertikal, eventuelt steilt fall mot NØ med maksimal mektighet på 5 m. Sideberget er homogen granitt med lav oppsprekingsgrad. Sone D antas å representere bergartsgrensen mellom granitt og båndgneis. Sonen antas ut fra topografien NV for Landåstjønna å være vertikal med en mektighet på ca. 5- 10 m.



Figur 77: Lineamenter som antas å representere svakhetssoner i bergmassen.

21.2.5 Vannforhold

Det befinner seg et myrområde nord for linja ved profil ca. 14750 som drenerer noe vann inn mot linja i dette området. Nord for linja mellom profil ca. 15000-15150 samt 14900-14950 er det også myrområder. Disse drenerer ned mot linja i profil ca. 14920. Her ligger veien imidlertid på fylling. Med unntak av disse myrene er det ikke registrert vann eller bekker som influeres direkte av bergskjæringene. Veien legges i hovedsak over eksisterende nivå på myrflatene.

21.2.6 Skredfare

Det befinner seg et mindre aktsomhetsområde for jord-/flomskred ca. ved profil 14750 samt noen mindre aktsomhetsområder for snøskred mellom profil ca. 14800-15000 ifølge NVE [8].

21.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

21.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Skjæringene planlegges i utgangspunktet med geometri tilsvarende normalprofilen. Det er imidlertid viktig at konturplassering, skjæringshelning og eventuell inndeling i pallnivåer tilpasses stedlig geologi etter detaljert kartlegging i byggefasen når berggrunnen er fullstendig avdekket.

Det er ikke registrert svakhetssoner som vil ha vesentlig innflytelse på totalstabiliteten av skjæringene. Sone C og D (Figur 77) vil kunne medføre lokalt redusert bergkvalitet.

Kinematisk analyse for båndgneis, ca. profil 14160 – 14600

På høyre side er det generelt gode stabilitetsmessige forhold på bakgrunn av de registrerte sprekeretningene. Enkelte tilfeldige plan har kinematisk mulighet for planutglidning. Likeledes er det en liten andel av de tilfeldige planene som har kinematisk mulighet for kileutglidninger. Kombinasjon av sprekkeseett 1m+2m gir ikke mulighet for kiledannelse. Det er generelt liten mulighet for toppling. På venstre side (ca. profil 14500 – 14600) er det kileutglidning ved kombinasjon av sprekkeseettene 1m+2m som er viktigste bruddmekanisme. I noen grad kan også toppling avgrenset av mer tilfeldige sprekeretninger være mulig, men det er liten mulighet for planutglidning.

Kinematisk analyse for granitt, ca. profil 14600–15400

På høyre side er det planutglidning langs sprekkeseett 2m, 3m eller tilfeldige sprekker som er dominerende bruddmekanisme. Det er i noen grad mulig med kileutglidning ved kombinasjon av sprekkeseett 1m+2m samt 1m+3m samt ved kombinasjoner av tilfeldige sprekkplan av mer lokal karakter. Toppling avgrenset av sprekkplan 2 er også mulig.

På venstre side later det til at toppling grunnet sprekkeseett 2m er mest kritiske mekanisme. Det er også kinematisk mulig med planutglidning langs sprekkeseett 2m på grunn av at fallretningen pendler noe om vertikalen. Planutglidning langs enkelte tilfeldige sprekkplan er også mulig, men vil være mer lokale. Det er også mulig med kileutglidning, primært ved kombinasjon av sprekkeseett 1m+2m.

21.3.2 Forventet bergsikring

Bergsikring forventes utført med konvensjonelle midler, dvs. bolter, bånd og nett. I noen tilfeller kan det bli nødvendig med ekstra lange bolter >6 m i granitten, eventuelt i kombinasjon med boltedimensjoner Ø25-32 mm, på grunn av grovblokkig bergmasse med stor sprekkavstand. Det forventes noe mer omfattende stabilitetssikring i båndgneisområdene sammenlignet med skjæringene i granitt. Det kan bli behov for sprøytebetong i områder med redusert bergkvalitet, for eksempel der sone C (Figur 77) eventuelt medfører lokalt redusert bergkvalitet.

21.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Sprengningsopplegget må tilpasses bergarten lokalt. Det blir trolig mer krevende å få til en tilfredsstillende kontur i båndgneisen (profil ca. 14160 – 14600) grunnet tettere oppsprekking her sammenlignet med i den mer homogene granitten.

I området mellom profil ca. 14750-14900 er konturen på høyre side prosjektert i bratt skrent som kan medføre «tynne tak» lokalt. Det kan muligens også være krevende å komme til med pallboringsrigg på enkelte steder. Det vurderes som nødvendig å foreta kontursprengning, eventuelt som presplitt, for å få et best mulig resultat i kontur og dermed minimere sikringsbehovet. Det kan derfor være aktuelt å flytte konturen lengre inn mot toppen av skråningen, eventuelt sprengne en pilotvei på toppen, for å få skikkelige tak for sprengningen, dvs. at man får plass til min. kontur- og hjelperast og kan lade disse høyt nok opp for å få god avskjæring i konturen.

21.3.4 Skredfare

Det avmerkede aktsomhetsområdet med jord- og flomskredfare blir tatt bort når veien bygges. Hvis det er noe vannføring i bekken oppstrøms dette området så kan denne tas ned i nedføringsrenne i skjæringsveggen og føres videre til veiens drensssystem eller i kulvert/rør under veien. Nedstrøms blir det masseutskiftet i myra slik at denne jord-/flomskredfaren i praksis blir eliminert.

Aktsomhetsområde for snøskred i linja elimineres i forbindelse med sprengning for veien og antas derfor å falle bort. Aktsomhetsområdet litt sør for linja ved profil ca. 14950 antas ikke å kunne påvirke veien da den ligger på fylling her. Fyllingen vil beskytte veien som en voll, og potensiell utløpsretning er bort fra, eller delvis parallelt med veien. I tillegg er terrenget såpass bratt at det ikke kan akkumuleres særlig med snø. Det vurderes derfor kun som mulig med lokale løssnøskred fra dette området, og disse vil normalt ha begrenset skadepotensiale.

21.3.5 Omgivelser

Skjæringene ligger ca. 270 m i luftlinje fra nærmeste bebyggelse (Bakken) langs Stilandsveien lengst i øst. Anbefalingene i kapittel 3.7 bør følges selv om avstanden er noe større enn minste avstand <200 m.

Det bemerkes også at det befinner seg en opparbeidet uteplass med grillhytte ved Landåstjønna, ca. 150 m sør for profil 14950.

21.3.6 Usikkerheter

Bergkvalitet i svakhetssoner kan være dårligere enn antatt. Det kan også foreligge svakhetssoner som ikke er registrert i felt eller på kart.

Ved etablering av høye skjæringer er det avgjørende med tett oppfølging i byggefasen for å fange opp eventuelle behov for justeringer av sprengningsopplegg, sikring/forbolting, pallinndeling og lignende.

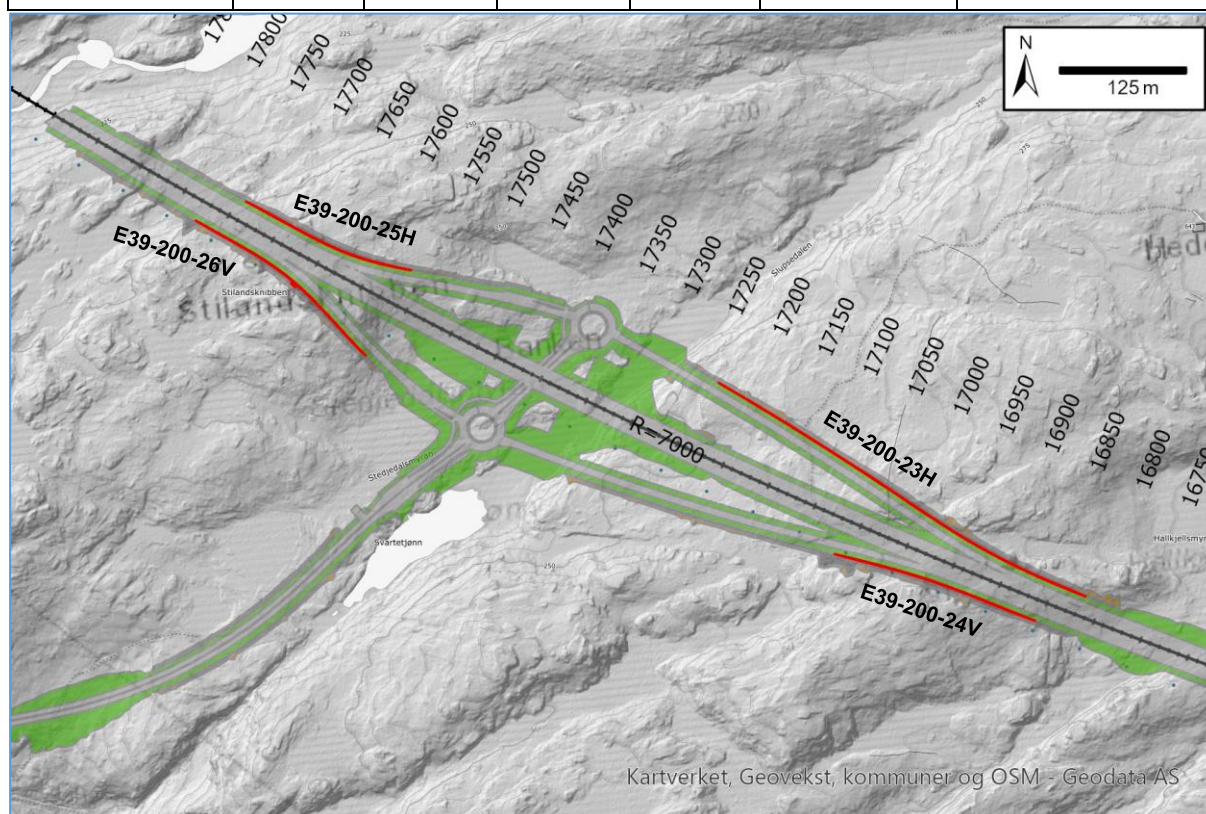
22 Stilandskrysset

22.1 Innledning

På Stiland er det planlagt et kryssområde. Det vil bli dannet høye bergskjæringer langs E39 av- og påkjøringsrampene. De høye skjæringene ligger på øst- og vestsiden av kryssområdet og etableres langs rampene.

Tabell 40: Strekninger med bergskjæringer med høyde over 10 m.

Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./ Kommentar
E39-200-23H	16810	17230	420	H	25	V2115, V2116
E39-200-24V	16850	17060	210	V	24	V2115, V2116
E39-200-25H	17560	17790	230	H	21	V2117
E39-200-26V	17560	17780	220	V	25	V2117



Figur 78: Bergskjæringer i Stilandskrysset.

22.2 Faktadel: Grunnforhold

22.2.1 Topografi

Stilandskrysset ligger i et kupert heilandskap bestående av skog og oppstikkende bergknauser omkranset av søkk og daler som stort sett består av myrer. Terrenget ligger ca. på kote 250. Det dypeste dalsøkket (Slupsedalen) er der Svartetjønn ligger på kote 240. De høyeste punktene rundt linja er Stilandknibben på ca. kote 265 og kollen sørøst for Svartetjønn på ca. kote 276.

22.2.2 Løsmasser

Løsmassene i området består ifølge kvartærgeologisk kart av tynt humus-/torvdekke over berggrunnen med unntak av Slupsedalen/Svartetjønn og Stedjedalsmyran der det er avmerket torv og myr med mektighet over 0,5 m [6]. Registreringene fra befaring bekrefter at det med unntak av søkk og myrflater er stort sett tynt løsmassedekke med en god del bart berg på toppene og i brattskrenter.

22.2.3 Grunnundersøkelser

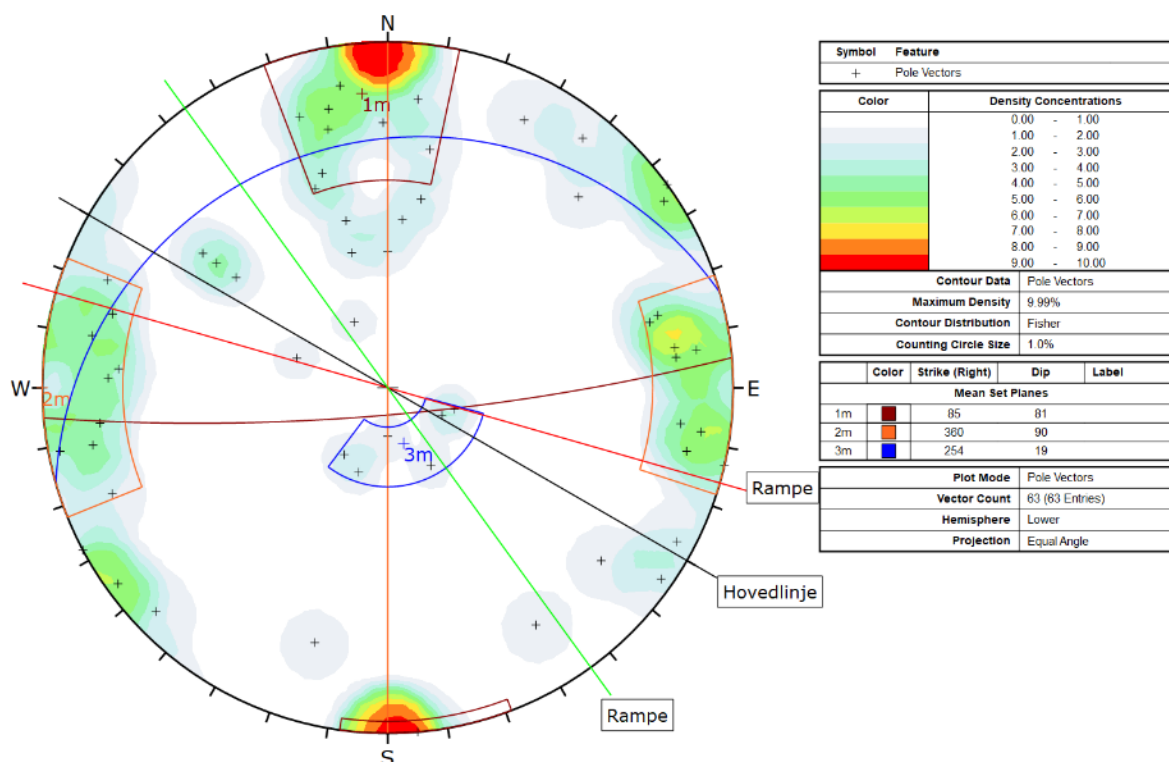
Det er planlagt totalsonderinger i området, men disse befinner seg i hovedsak på myrflatene nede i Slupsedalen der veien ligger på fylling [32]. Derfor vil ikke resultatet av disse boringene være direkte relevante for bergskjæringene.

22.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Berggrunnen består ifølge NGU av granitt [5]. I felt er det observert en massiv, grovkornet granitt med lav oppsprekingsgrad i hele området. Det er registrert 3 sprekkese sett der to er steile og står vinkelrett på hverandre og det tredje er subhorisontalt og faller mot nord (Figur 79 og Figur 80). Fallretningen på slike subhorisontale sprekkese sett er noe usikker da det er praktisk vanskelig å måle strøkretningen nøyaktig. I kryssområdet er det stort sett bare bart berg på toppen av koller/knauser og i bratte skrenter. Siden kollene gjerne er avrundede sva, er det også her av og til vanskelig å finne gode blotninger å gjøre pålitelige registreringer av sprekkere tninger på.



Figur 79: Nærbilde av granitt med sub-horisonal oppsprekking.



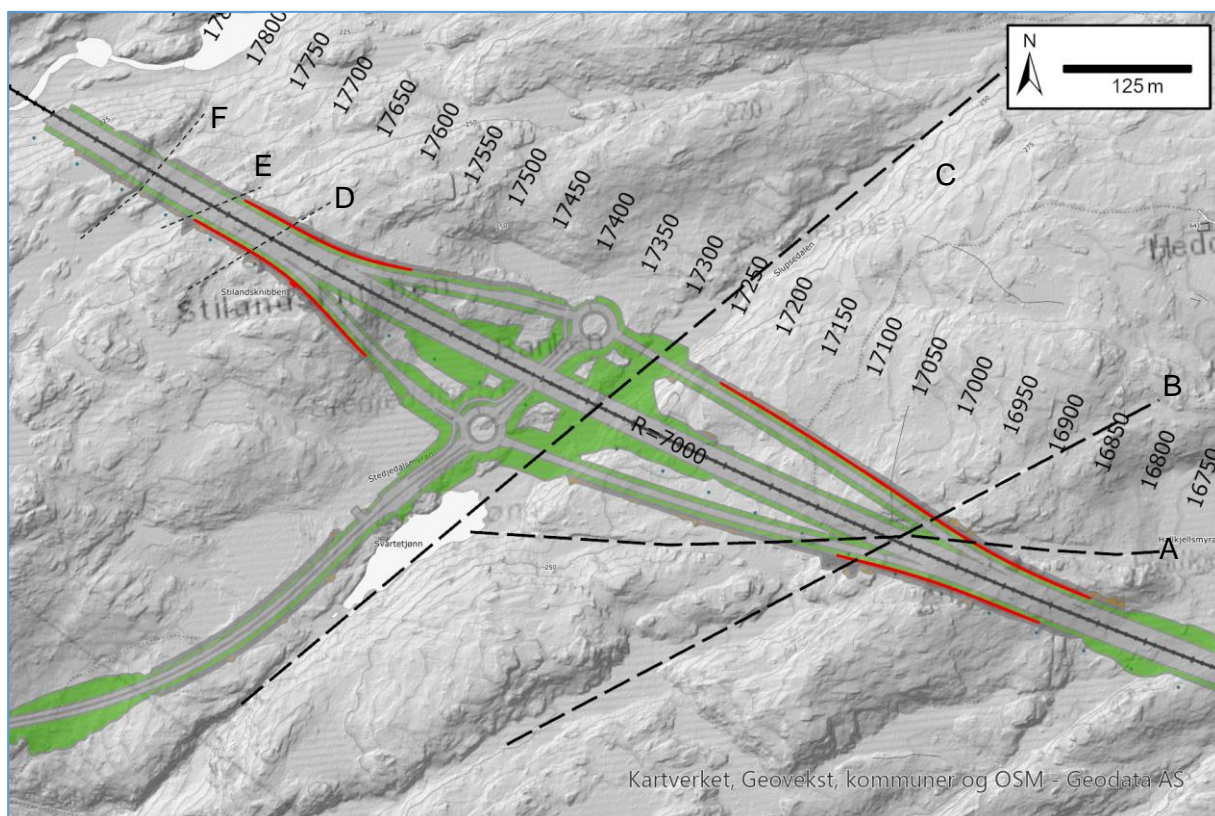
Figur 80: Sprekkemålinger i kryssområdet (Stilandskrysset), øst og vest for Slupsedalen. Svart linje igjennom sentrum indikerer hovedlinjens orientering, grønn og rød linje indikerer maksimalt vinkelavvik fra denne på rampene.

Tabell 41: Detaljer om sprekkesett i granitten ved Stilandskrysset

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	085°/81°	Sprekkeavstanden er 2-3 m, ru plan sprekkeoverflate uten belegg. Pendler om nordlig og sørlig fall.
2m	360°/90°	Sprekkeavstanden er 1-2 m, ru plan til ru bølgete sprekkeoverflate uten belegg. Pendler om østlig og vestlig fall.
3m	254°/19°	Sprekkene er plane til bølgete og ru uten belegg med sprekkeavstand 1-2 m, lokalt noe mindre (ned mot 30 cm er registrert).

Forsenkninger i terrenget som antas å representere svakhetssoner i bergmassen er vist på Figur 81. Samtlige soner A-E er antatt å ha nær vertikalt fall basert på registreringer av topografien på sideberget og avgrensede sprekkeflater.

Sone A er orientert ca. VNV-ØSØ med mektighet på 5-10 m. Sone B er orientert ca. VSV-ØNØ med antatt mektighet 5-10 m. Sone C antas å definere dalføret Slupsedalen orientert ca. NØ-SV, men her går veien på fylling over. Sonene D og E er orientert ca. ØNØ-VSV som vist. Sone F er orientert ca. NØ-SV. Sonene D-F antas å ha mektighet på ca. 5 m.



Figur 81: Lineamenter som antas å representere svakhetssoner i bergmassen.

22.2.5 Vannforhold

Det er ikke bekker eller vann i området som berøres direkte av de planlagte skjæringene. Svartetjønn ligger utenfor kryssområdet, og Slupsedalen krysses på fylling. Det er markert et myrområde på kartgrunnlaget vest for Stilandsknibben (ca. profil 17650) som befinner seg oppstrøms veilinja og kan gi noe drenering av vann mot veilinja selv om det ikke er vist en bekk her. Mellom ca. profil 17690 – 17820 ligger veien i skjæring igjennom et område markert som myr på kartgrunnlaget. Myra vil trolig dreneres helt eller delvis ut som resultat av veien avhengig av om det er bergterskler under overflaten. Dette er ikke undersøkt.

22.2.6 Skredfare

Det foreligger ikke aktsomhetsområder for skred i området ifølge NVE [8]. Det er ikke registrert skredfare i området ved feltarbeidet.

22.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

22.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Skjæringene planlegges i utgangspunktet med geometri tilsvarende normalprofilet. Det er imidlertid viktig at konturplassering, skjæringshelning og eventuell inndeling i pallnivåer tilpasses stedlig geologi etter detaljert kartlegging i byggefasen når berggrunnen er fullstendig avdekket.

To steile, nær ortogonale sprekkesett i kombinasjon med et flattliggende/sub-horisontalt sprekkesett gir tilnærmet kubisk oppsprekking og generelt gode stabilitetsforhold i skjæringene. Pendlingen rundt nordlig/sørlig og østlig/vestlig fall for henholdsvis sprekkesett 1m og 2m kan lokalt medføre fare for toppling i skjæringene. Der slik mekanisme forekommer nær skjæringstoppene kan det være aktuelt å enten forbolte eller trekke konturlinjen inn for å sprengte vekk mekanismen. Dette er lokale tilpasninger som må vurderes i byggefasen.

22.3.2 Forventet bergsikring

Bergsikring forventes utført med konvensjonelle midler, dvs. bolter, bånd og nett. I noen tilfeller kan det bli nødvendig med ekstra lange bolter >6 m i granitten, eventuelt i kombinasjon med boltedimensjoner Ø25-32 mm, på grunn av grovblokkig bergmasse med stor sprekkeavstand. Forbolting kan stedvis bli aktuelt hvis toppling viser seg å være kritisk bruddmekanisme øverst i høye skjæringer, men bruken bør vurderes nøye og holdes opp mot f.eks. justering av konturlinje og/eller mer sprengning i toppen av skjæringene. Forbolting kan medføre behov for omfattende sikring av blokker som ellers ville ha fulgt med i salva, og benyttes oftest der det er kritisk å unngå utfall innenfor konturlinja.

Svakhetssonene (Figur 81) kan medføre behov for ekstra stabilitetssikring lokalt på grunn av redusert bergkvalitet i skjæringen. Svakhetszone A krysser linja ved ca. profil 17000 og sone B ved ca. profil 17030. Sone A og B vil kunne medføre redusert bergkvalitet i skjæringene på høyre side i disse områdene. Ved profil ca. 17050 kan de se ut til at disse sonene krysser, og kryssende svakhetssoner kan erfaringsmessig være områder med dårlige bergforhold. Da sone A og B er relativt markerte og med antatte mektigheter på opp mot ca. 10 m bør disse områdene kartlegges nøye i byggefasen. Hvis bergmassekvaliteten viser seg å være svært dårlig her bør alternativ skjæringsutforming (f.eks. mer omfattende sprengning/endret skjæringsgeometri/avpalling med brede paller) vurderes opp mot eventuell tung sikring som sprøytebetong, stag, plasstøpte støttemurer og lignende. Svakhetszone C er svært tydelig, men har ingen betydning for skjæringene da veien går på fylling her. Sone D er en mindre sone (samme kategori som E og F) i et område der skjæringshøyden er over 15 m. Den kan medføre noe ekstra sikring lokalt, men antas ikke å påvirke totalstabiliteten i skjæringen. Sonene E og F er mindre soner i områder med bergskjæringer lavere enn 10 m, og det antas ikke at disse medfører stabilitetsutfordringer ut over noe økt sikringsomfang lokalt.

22.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Sprengning må tilpasses bergarten lokalt, men det anbefales generelt å benytte kontursprengning. En jevn kontur er avgjørende for å få så lite omfang av stabilitetssikring som mulig til slutt. Generelt grovblokkig bergmasse er et godt utgangspunkt for å få etablert en jevn og fin kontur hvis man kan få til god «klipping» ved godt planlagt og tilpasset sprengning. Det kan bli aktuelt å øke bredden på øverste pall for å unngå toppling-mekanismen lokalt på toppen av høye skjæringer.

Konturlinjen igjennom Stilandsknibben går over det høyeste punktet med bratt terreng i bakkant. Det kan være naturlig å ta toppen av dette terrenget ned til et lavere nivå (ca. profil 80 – 160 for av-rampe mot øst) for å redusere den totale skjæringshøyden og unngå å stå

igjen med en smal, avløst «egg» i dette området som kan få et omfattende behov for stabilitetssikring.

22.3.4 Skredfare

Veilinja vurderes ikke som utsatt for skred.

22.3.5 Omgivelser

Området ligger ca. 900 m i luftlinje fra nærmeste bebyggelse i Steggedalen. Dette er en fritidsbolig. Det ligger også noen bygninger ca. 500 m vest for Stilandsknibben. Dette antas også å være fritids-/feriehus. Avstanden er så stor at det ikke er behov for å fastsette vibrasjonskrav i forbindelse med sprengningsarbeidene.

22.3.6 Usikkerheter

Det knytter seg en viss usikkerhet til stabilitetsutfordringene og kompleksiteten i forbindelse med svakhetssonene, spesielt sone A og B.

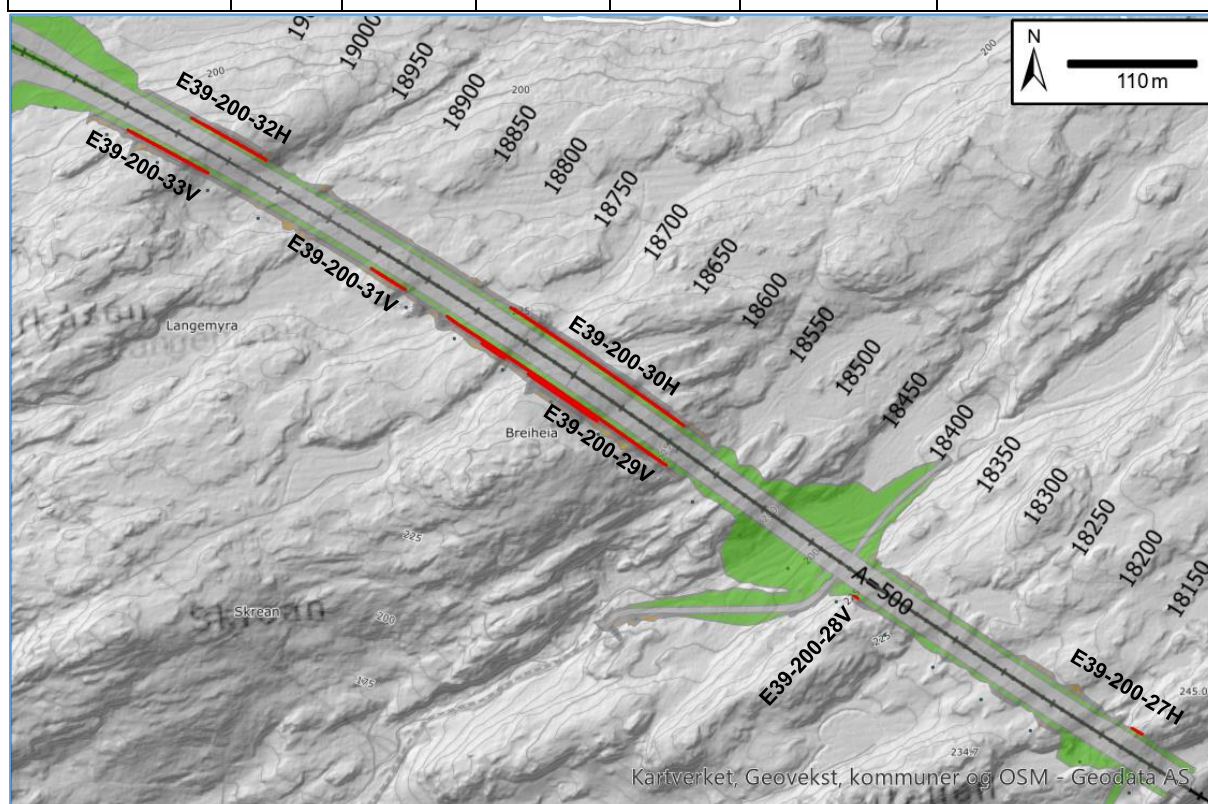
23 Breiheia-Bjarkåsen

23.1 Innledning

Veilinjene går gjennom småkupert terreng mellom Stilandskrysset og Eikeråsheitunnelen. Det blir noen mindre skjæringer i øst, før det kommer høye dobbeltsidige skjæringer gjennom Breiheia og Bjarkåsen.

Tabell 42: Strekninger med bergskjæringer med høyde over 10 m.

Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./Kommentar
E39-200-27H	18120	18130	10	H	10	V2118
E39-200-28V	18385	18395	10	V	10	V2118
E39-200-29V	18590	18820	230	V	33	V2119, V3101
E39-200-30H	18600	18780	180	H	23	V2119
E39-200-31V	18860	18900	40	V	13	V3101
E39-200-32H	19020	19100	80	H	18	V3101
E39-200-33V	19060	19140	80	V	20	V3101



Figur 82: Områder med høye bergskjæringer er markert med røde streker.

23.2 Faktadel: Grunnforhold

23.2.1 Topografi

Strekningen består av småkupert skoglandskap med NØ-SV-orienterte rygger.

23.2.2 Løsmasser

På kvartærgeologisk kart er det angitt tynt humus-/torvdekke på stort sett hele strekningen [6]. I forsenkningen ved Langemyra er det markert «T» for torv og myr. De høyeste partiene ved Bjarkåsen litt vest for linja er angitt som bart berg. Registreringene fra feltarbeidet bekrefter dette i stor utstrekning. Det er registrert torv og myravsetninger i søkkene og stort sett berg i dagen med tynt torvdekke på åsryggene som er orientert ca. NØ-SV.

23.2.3 Grunnundersøkelser

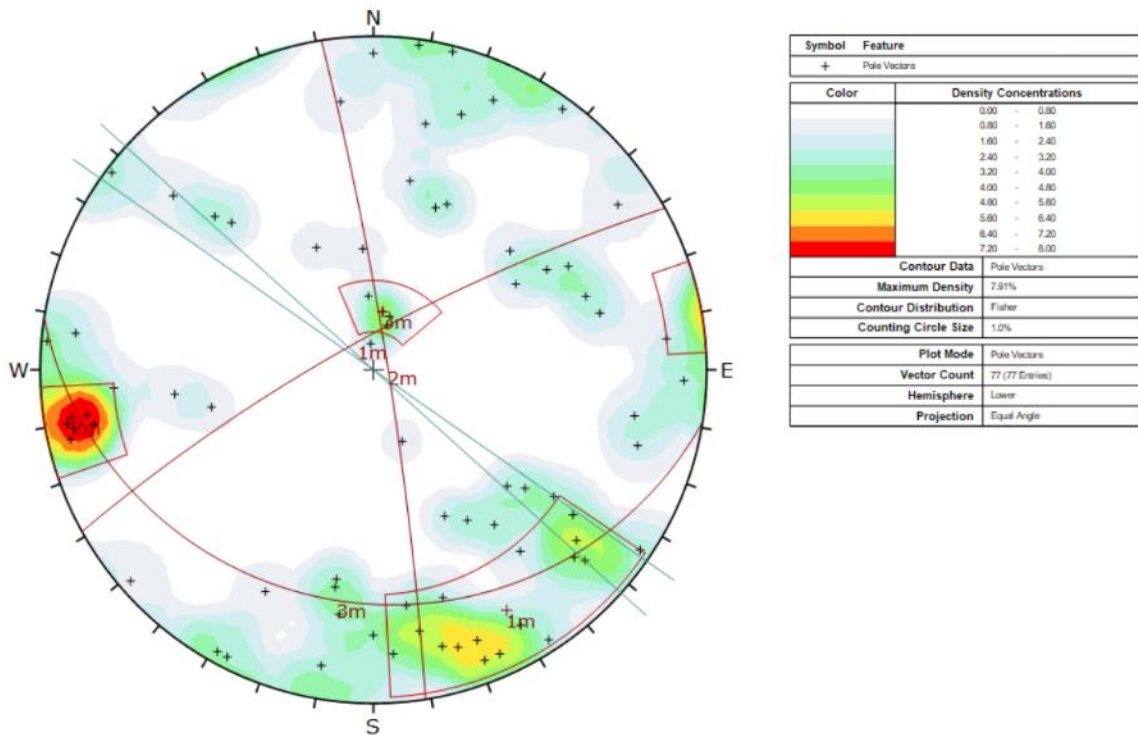
Det planlegges enkelte totalsonderinger i området der veien ligger på fylling [32], og resultatene fra disse boringene er derfor ikke direkte relevante for bergskjæringene.

23.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Berggrunnen består ifølge NGU av granitt [5]. I felt er det observert en forholdsvis massiv, grovkornet granitt med lav oppsprekkingsgrad (Figur 83). Det er registrert 3 sprekkesett der to er steile og ortogonale og det tredje er subhorisontalt og faller mot sørvest (Figur 84). Fallretningen på slike subhorisontale sprekkesett er noe usikker da det er praktisk vanskelig å måle strøkretningen nøyaktig. I tillegg opptreer en del villsprekker. I området er det noe begrenset blotningsgrad. Det er stort sett bare bart berg på toppen av koller/knauser og i bratte skrenter. Siden høydedragene gjerne er avrundede sva, er det også her av og til vanskelig å finne gode blotninger å gjøre pålitelige registreringer av sprekkeretninger på.



Figur 83: Granitt ved Breiheia, ca. profil 18700.

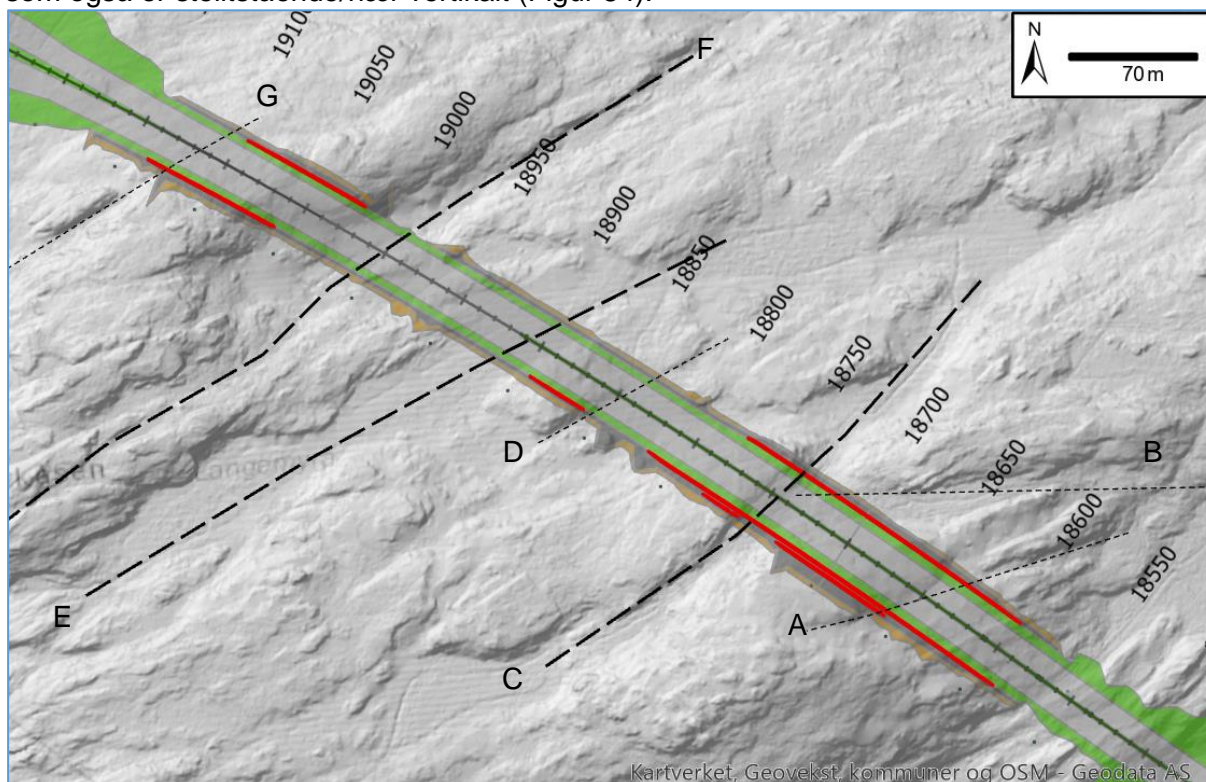


Figur 84: Sprekkemålinger. Linjer igjennom sentrum indikerer hovedlinjens orientering.

Tabell 43: Detaljer om sprekkeseett i granitten på strekningen

Sprekkeseett	Strøk/fall	Kommentar
1m	241°/79°	Sprekkeavstanden er 1-2 m, ru plane sprekkeloverflater uten belegg.
2m	351°/85°	Sprekkeavstanden er 1-2 m, ru plane sprekkeloverflater uten belegg. Pendler om østlig og vestlig fall.
3m	099°/20°	Sprekkene er plane til bølgete og ru uten belegg med sprekkelavstand 2-3 m (begrenset antall registreringer).

Forsenkninger i terrenget som antas å representere svakhetssoner i bergmassen er vist på Figur 85. Samtlige soner A-G er antatt å ha nær vertikalt fall basert på registreringer av topografien på sideberget og avgrensede sprekkeloverflater. Sone A er orientert ca. ØNV-VSV med antatt mektighet på inntil 5m. Sone B er orientert ca. VNV-ØSØ, også med antatt mektighet inntil 5 m. Sonene C-G er orientert parallelt i søkkene mellom de ca. NØ-SV-orienterte ryggene i terrenget. Søkkene er gjerne dekket av torv og myrområder, og antatt mektighet av sonene er mellom 5-10 m. Sonene er orientert ca. parallelt med sprekkeseett 1m som også er steiltstående/nær vertikalt (Figur 84).



Figur 85: Lineamenter som antas å representere svakhetssoner i bergmassen.

23.2.5 Vannforhold

Det er ikke registrert bekker eller vann som berøres av skjæringene. Veien krysser imidlertid forsenkningene med myrområder i dype skjæringer ved profil ca. 18730-18760, 18820-18940 og 18920-18970. Det er sannsynlig at disse myrområdene vil dreneres helt eller delvis ut som et resultat av sprengningsarbeidene.

23.2.6 Skredfare

Det foreligger ikke aktsomhetsområder for skred som berører veilinja eller skjæringene [8].

23.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

23.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Skjæringene planlegges i utgangspunktet med geometri tilsvarende normalprofilen. Det er imidlertid viktig at konturplassering, skjæringshelning og eventuell inndeling i pallnivåer tilpasses stedlig geologi etter detaljert kartlegging i byggefasen når berggrunnen er fullstendig avdekket.

To steile, nær ortogonale sprekkesett i kombinasjon med et flattliggende/sub-horisontalt sprekkesett gir tilnærmet kubisk oppsprekking og generelt gode stabilitetsforhold i skjæringene. Pendlingen rundt østlig/vestlig fall for sprekkesett 2m kan lokalt medføre fare for toppling i skjæringene på begge sider. Sprekkesett 1m gjør skjæringene på høyre side noe utsatt for toppling her. Der slik mekanisme forekommer nær skjæringstoppene kan det være aktuelt å enten forbolte eller trekke konturlinjen inn for å sprengne vekk mekanismen. Dette er lokale tilpasninger for foretas i byggefasen.

23.3.2 Forventet bergsikring

Bergsikring forventes utført med konvensjonelle midler, dvs. bolter, bånd og nett. I noen tilfeller kan det bli nødvendig med ekstra lange bolter >6 m i granitten, eventuelt i kombinasjon med boltedimensjoner Ø25-32 mm, på grunn av grovblokkig bergmasse med stor sprekkeavstand. Forbolting kan stedvis bli aktuelt hvis toppling viser seg å være kritisk bruddmekanisme øverst i høye skjæringer, men bruken bør vurderes nøye og holdes opp mot f.eks. justering av konturlinje og/eller mer sprengning i toppen av skjæringene.

Svakhetssonene (Figur 85) kan medføre behov for ekstra stabilitetssikring lokalt på grunn av redusert bergkvalitet i skjæringene. Sone A og B er relativt små og forventes å kunne gi lokalt nedsatt stabilitet i skjæringene på høyre og venstre side mellom profil ca. 18650-18750. Rundt profil 18750 er det mulig at sone B og C møtes, og det kan medføre noe ekstra redusert bergkvalitet i venstre side ved ca. profil 18750. Sone C er mer markert enn A og B og vil kunne medføre redusert bergkvalitet også på høyre side i samme område. I dette området er bergskjæringene ca. 22 m høye. Sone D, E og F skjærer veilinja i områder der skjæringshøyden er beskjeden (mindre enn 10 m). De tilhører trolig samme generasjon (inkludert sone G) siden de er orientert nær parallelt med hverandre.

23.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Sprengning må tilpasses bergarten lokalt, men det anbefales generelt å benytte kontursprengning. En jevn kontur er avgjørende for å få så lite omfang av stabilitetssikring som mulig til slutt. Generelt grovblokkig bergmasse er et godt utgangspunkt for å få etablert en jevn og fin kontur hvis man kan få til god «klipping» ved godt planlagt og tilpasset sprengning. Det kan bli aktuelt å øke bredden på øverste pall for å unngå toppling-mekanismen lokalt på toppen av høye skjæringer. Trolig er det gunstigere å spreng mer i toppen enn å forbolte for å holde på disse mekanismene.

I myrområdene kan det være noe løsmasser på skjæringstoppene som må stabiliseres. Mektigheten av løsmassene i myrene er ikke kjent, men antas å være beskjeden.

23.3.4 Skredfare

Strekningen vurderes ikke som utsatt for skred. Eventuelle løsmasser på skjæringstoppene må stabiliseres.

23.3.5 Omgivelser

Nærmeste bebyggelse er Bjelland ved Haugdalsveien, ca. 500 m i luftlinje fra nærmeste sprengningsområde (fritidsbolig). Det vurderes ikke som behov for å følge anbefalingene i kapittel 3.7 for denne bygningen.

23.3.6 Usikkerheter

Stor mektigheten av løsmasser i myrområdene kan medføre behov for stabilisering av masser på skjæringstopp. Myrområdene kan også medføre en del vanntilsig hvis de ikke har naturlige bergterskler som skjærmer mot veilinja. Det er også en del usikkerhet knyttet til bergkvaliteten i antatte svakhetssoner.

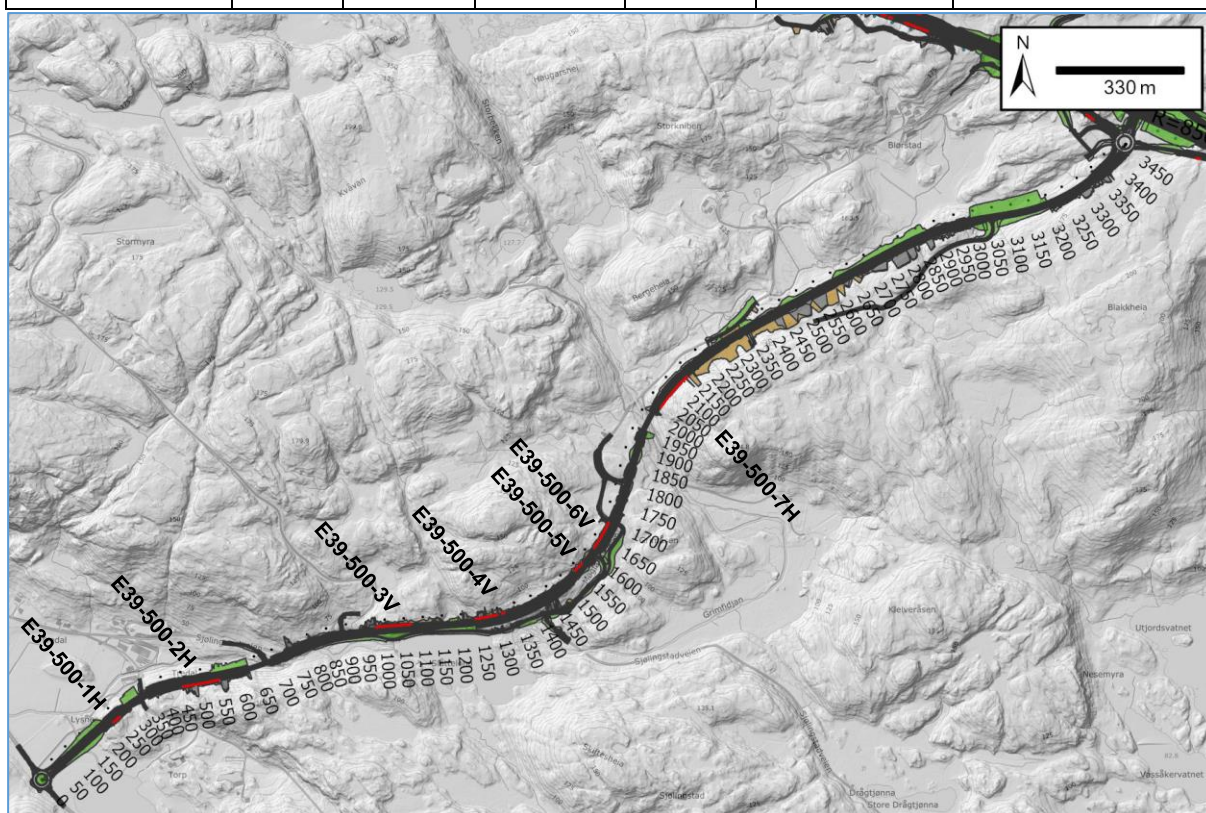
24 Tilførselsvei delområde 5

24.1 Innledning

Delområde 5 strekker seg fra Trædal ved dagens E39 til kryssområdet ved Blørstad (ca. 3,5 km). Veien er en 2-felts tilførselsvei til dagens E39 mellom Vigeland og Mandal med parallell GS-vei på deler av strekningen (langs Slåttelona).

Tabell 44: Strekninger med bergskjæringer med høyde over 10 m. Profileringen starter på 0 i SV ved påkoblingen til dagens E39 og stiger mot Blørstadkrysset.

Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./Kommentar
E39-500-1H	235	265	30	H	12	V5101
E39-500-2H	450	550	100	H	23	V5101
E39-500-3V	980	1070	90	V	23	V5102
E39-500-4V	1240	1320	80	V	13	V5102
E39-500-5V	1540	1570	30	V	12	V5103
E39-500-6V	1620	1700	80	V	13	V5103
E39-500-7H	2030	2145	115	H	17	V5104



Figur 86: Oversikt over høye skjæringer i delområde 5. Rød strek markerer skjæring > 10m.

24.2 Faktadel: Grunnforhold

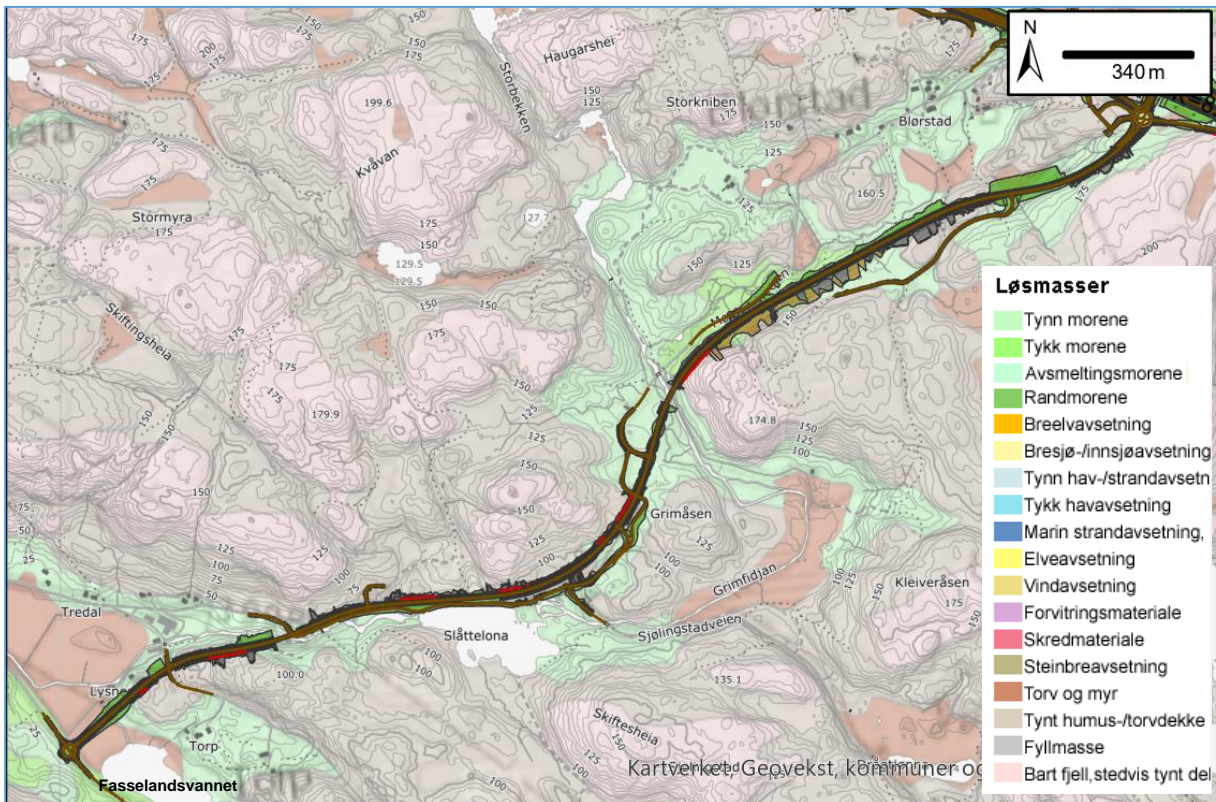
24.2.1 Topografi

Området nærmest dagens E39 ved Trædal er flattliggende myrområder. Dalen der Trædalsbekken renner ned fra Slåttelona er relativt trang med bratte sider. Dalsidene stiger opp til ca. 100 moh. på sørsiden og ca. 140-150 m på nordsiden av Trædalsbekken. Langs Slåttelona (73 moh.) er terrenget preget av bratte lier/skreinter. Ca. 300 m nord for Slåttelona er høyeste punkt 170 moh., og sideterrenget til dagens Sjølingstadvei er kupert og stedvis bratt. Tilsvarende er situasjonen langs Møglandsveien som fortsetter mot Blørstad fra krysset med Sjølingstadveien øst for Slåttelona. Øst for Storbekken befinner det seg en åsrygg som stiger opp til ca. 165 moh. på øst- og sørsiden av veien opp mot Blørstad og det fremtidige Blørstadkrysset. Skråningene ned mot eksisterende vei er brattest nærmest kryssingen over Storebekken. Terrenget er noe sidebratt langs veilinja mer eller mindre over hele strekningen fra Storebekken og opp til kryssområdet ved Blørstad.

24.2.2 Løsmasser

Generelt

På kvartærgeologisk kart er det indikert torv- og myrdekke med mektighet mer enn 0,5 m ved Trædal nederst ved dagens E39 [6]. I dalføret mellom Slåttelona og Tredal er det vist noe morenemateriale (usammenhengende eller tynt dekke). Ved skjæringene mellom Tredal og Storbekken bru er det stort sett indikert tynt humus-/torvdekke over berggrunn. I sideterrenget for veien videre opp mot kryssområdet er det indikert noe tykk morene og tynt humus-/torvdekke over berggrunn (Figur 87). Registreringer fra befaringsbekrefter stort sett dette kartbildet.



Figur 87: Kvartærgeologisk kart over delområde 5.

Trødal-Slåtteleona (profil 200-600)

Nederst ved Trødal (profil 200-300) er det kartlagt mye berg i dagen for skjæringene. Det er tilsynelatende begrenset med løsmasser i skjæringene og ovenforliggende skråninger mellom profil ca. 400 – 580, men på sistnevnte strekning er det registrert en del blokker som antas å være urmasser langs turveien oppover langs bekken (Figur 88).



Figur 88: Antatte urmasser i linja. Bilde tatt ca. profil 530. Bratt sideterreng med løse blokker.

Slåttelona – Storbekken (profil 600-2000)

Langs Slåttelona er det stort sett bart berg i eksisterende skjæringer langs dagens Sjølingstadvei, og terrenget ovenfor er skogkledd med antatt tynt løsmassedekke (Figur 89). Videre opp langs Møglandsveien fra krysset med Sjølingstadveien retning Storbekken er inntrykket det samme; oppstikkende bergknauser med antatt tynt løsmassedekke og noe bevekst med kratt og skog. Det er spesielt i brattskrenter at bergmassen er eksponert.



Figur 89: Dagens Sjølingstadvei med sideterreng. Bilde tatt ca. profil 1100 mot vest.

Storbekken – Blørstad (profil 2000-3400)

Fra Storbekken og retning Blørstad er det først en god del bart berg og antatt tynt løsmassedekke mellom profil ca. 2000-2150. Herfra og videre oppover mot Blørstad er det antatt at det kan være noe løsmasser (ca. 2 m er antatt rundt profil 2400). I området mellom profil ca. 2300-2500 er det registrert morenemasser og til dels svært store moreneblokker (flyttblokker) i terrenget.

24.2.3 Grunnundersøkelser

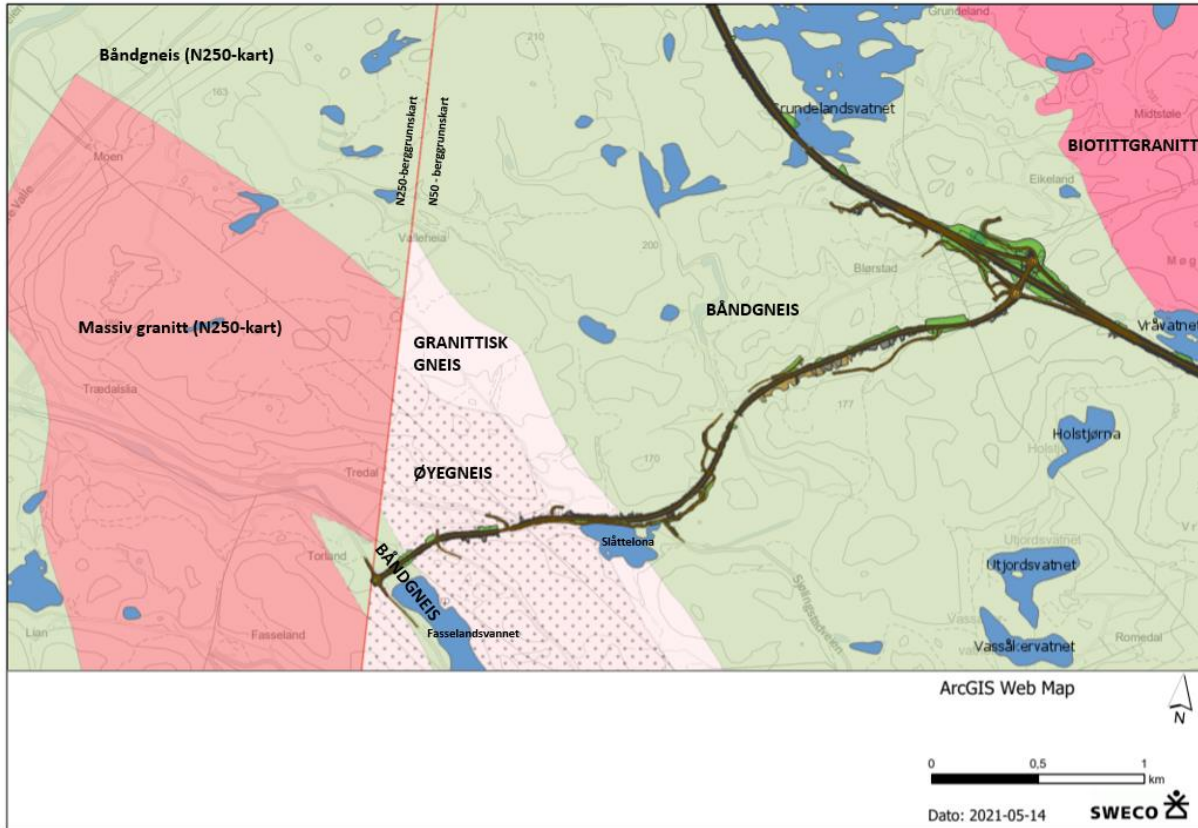
Det er planlagt og tidligere utført noen boringer i kryssområdene i hver ende av delområde 5, men dette har ikke direkte relevans for bergskjæringene i området. Det er utført noe sondering med myrspyd i områdene mellom Slåttelona og Storbekken.

24.2.4 Berggrunn og oppsprekking

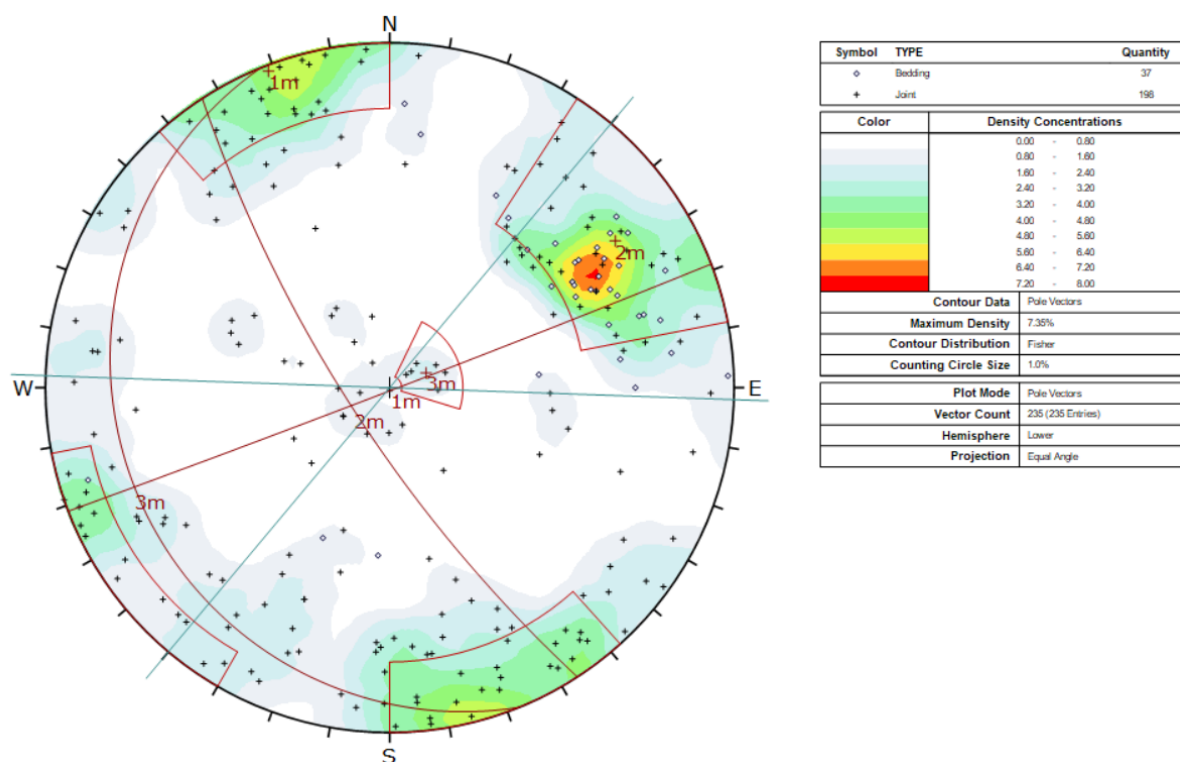
Generelt

Berggrunnen i området består ifølge NGU [5] av båndgneis, øyegneis og granittisk gneis (Figur 90). Bergartsfordelingen er i hovedsak bekreftet i felt. Overgangen mellom granittisk gneis og båndgneis er litt flytende, og denne er ikke eksakt lokalisert i felt. Det er generelt god tilgang

til kartlegging av bergmassen i eksisterende skjæringer langs Slåtteleona. For øvrig er det foretatt registreringer i terrenget med noe mer varierende blotningsgrad.



Figur 90: Geologisk kart. Det er N50-dekning i Delområde 5. Kilde: [5].

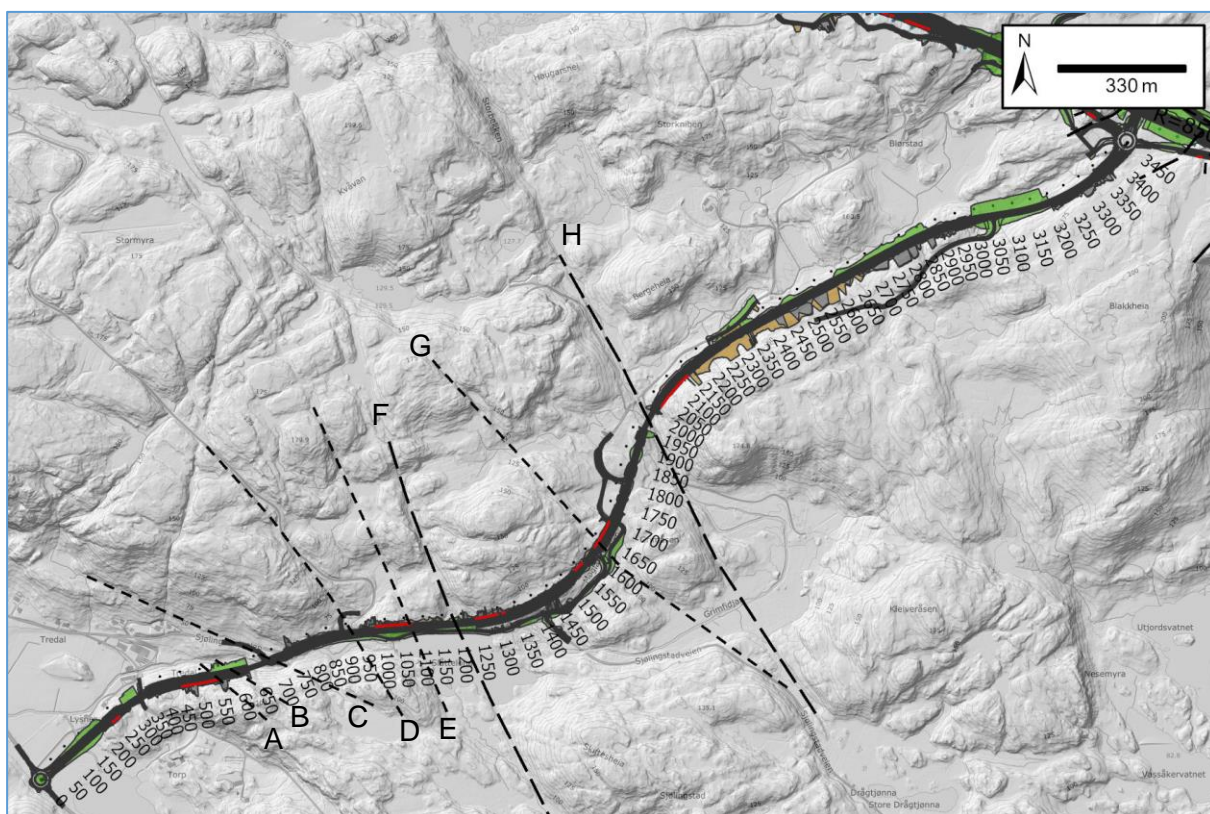


Figur 91: Sprekkemålinger i delområde 5. Blå linjer igjennom sentrum indikerer variasjonen veillinjens orientering.

Tabell 45: Detaljer om sprekkeseett i bergmassen delområde 5.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	069°/89°	Sprekkeavstanden er ca. 1 m, ru plane sprekkeloverflater uten belegg.
2m	147°/76°	Foliasjonssprekker. Sprekkeavstanden er ca. 0,5-1 m, bølgete og glatte sprekker uten belegg.
3m	158°/13°	Sub-horisontal oppsprekking. Sprekkeavstanden er 1-2 m, bølgete og ru sprekkeloverflater uten registrert belegg.

Basert på relieffkart er det identifisert enkelte lineamenter som antas å representere svakhetssoner i bergmassen (Figur 92). Sonene er identifisert som A – H, og er i hovedsak orientert NV-NNV/SØ-SSØ. Sonene C, F og H berører i liten eller ingen grad områder med bergskjæringer og kommenteres derfor ikke ytterligere. Samtlige soner antas på bakgrunn av topografien og formen på utgående å være steile/nær vertikale. Sone A, B, D og G antas å ha maksimal mektighet på 5 m. Sone E og F fremstår som noe mer markerte og antas å ha mektighet på 5-10 m.

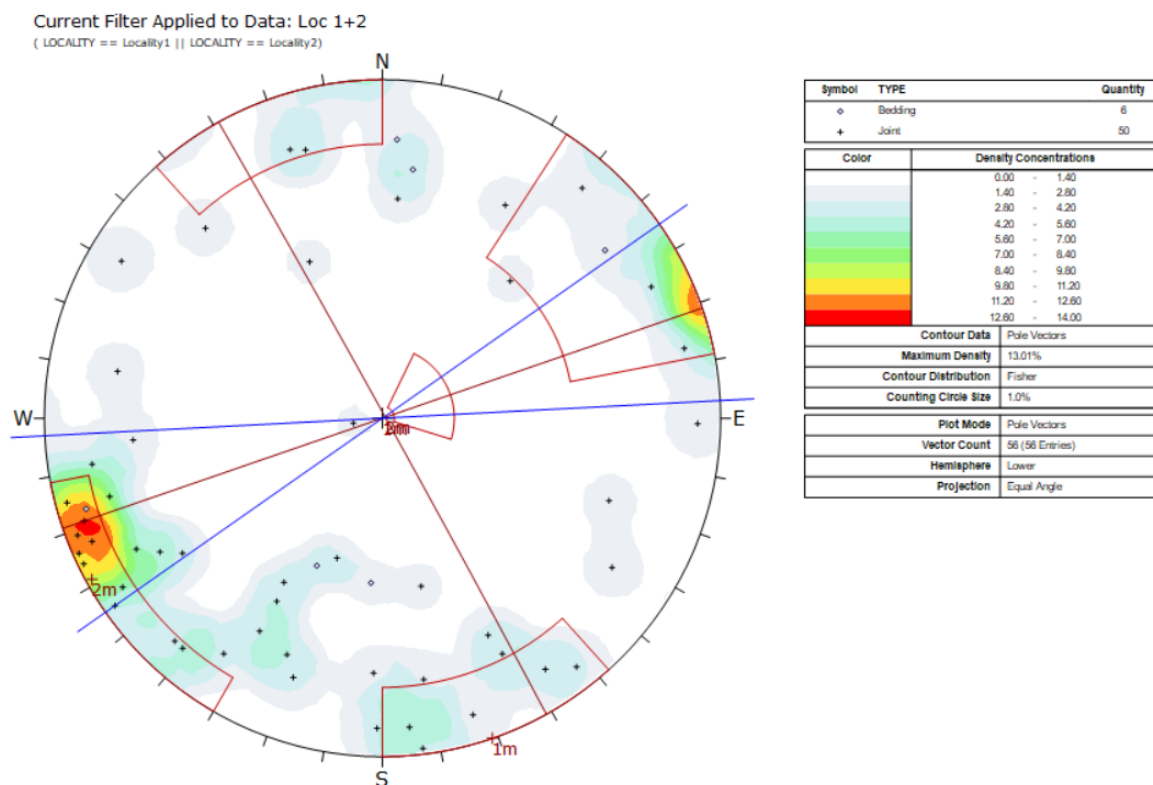


Figur 92: Lineamenter som antas å representere svakhetssoner i bergmassen.

Trædal-Slåttemyra (profil 200-600)

Det er kartlagt båndgneis ved skjæringene rundt profil 200-300 og øyegneis fra ca. profil 300 og østover. Bergartsgrensen mellom båndgneisen og øyegneisen befinner seg derfor ca. 100 m østover sammenlignet med NGU-kartet.

Polplott av lokal detaljoppsprekking er vist i Figur 93. I dette området er det en vesentlig andel av sprekkene tilhørende sprekkeseitt 2m (foliasjonssprekker) med tyngdepunkt i SV-kvadrant. Sprekkeseitt 1m er også til stede, mens sprekkeseitt 3m (sub-horisontalt) er nesten fraværende i datasettet.

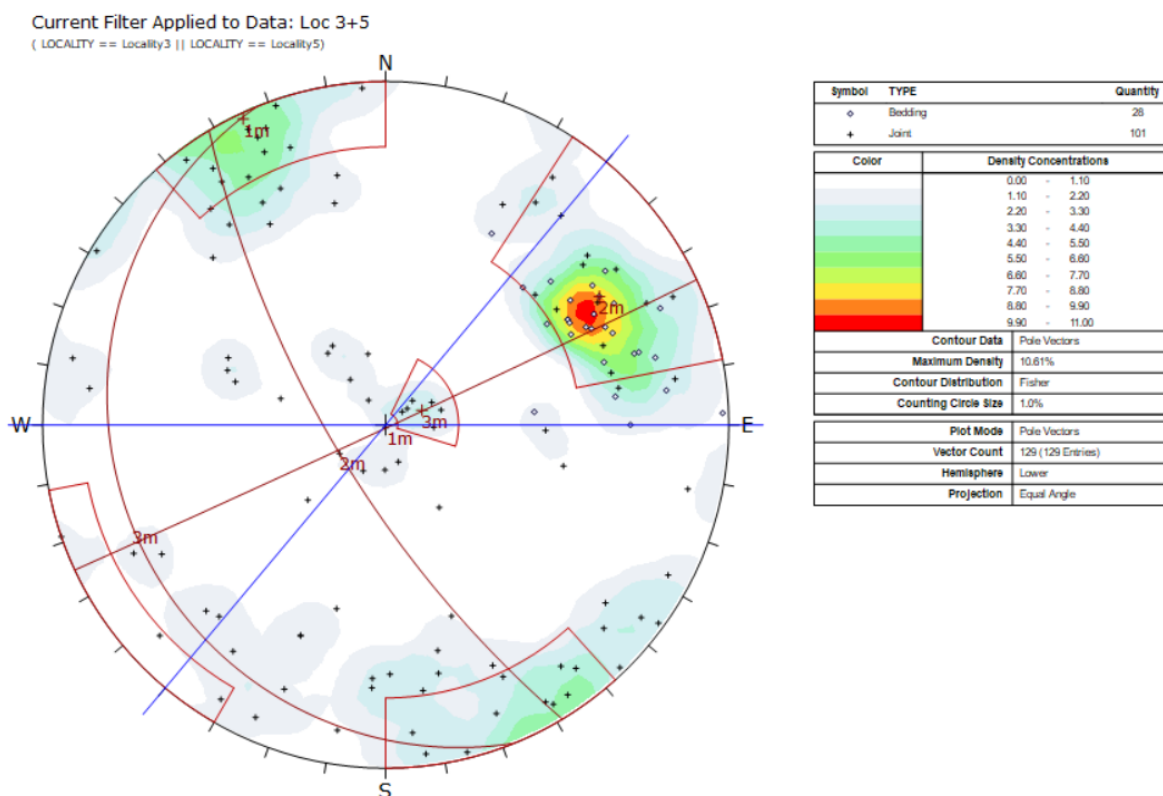


Figur 93: Polplott av sprekkeretninger målt mellom Trædal og Slåttelona. Trendlinjer for skjæringenes orientering er vist med blå linjer igjennom sentrum. Omriss hovedsprekkeretninger gjelder for hele delområde 5, på denne delstrekningen er sprekkese 3m lite fremtredende.

Slåttelona – Storbekken (profil 600-2000)

Bergmassen er kartlagt som båndgneis, og det er registrert en tendens til noe høyere kvartsinnhold i skjæringene langs Slåttelona. Videre østover fra Slåttelona er det tydeligere bånding i gneisen. Dette er i tråd med NGU-berggrunnskartet [5].

Polplott av lokal detaljoppsprekking er vist i Figur 96. I dette datasettet trer alle hovedsprekkeretningene frem. Det sub-horisontale settet 3m er klart definert i området sammenlignet med foregående.

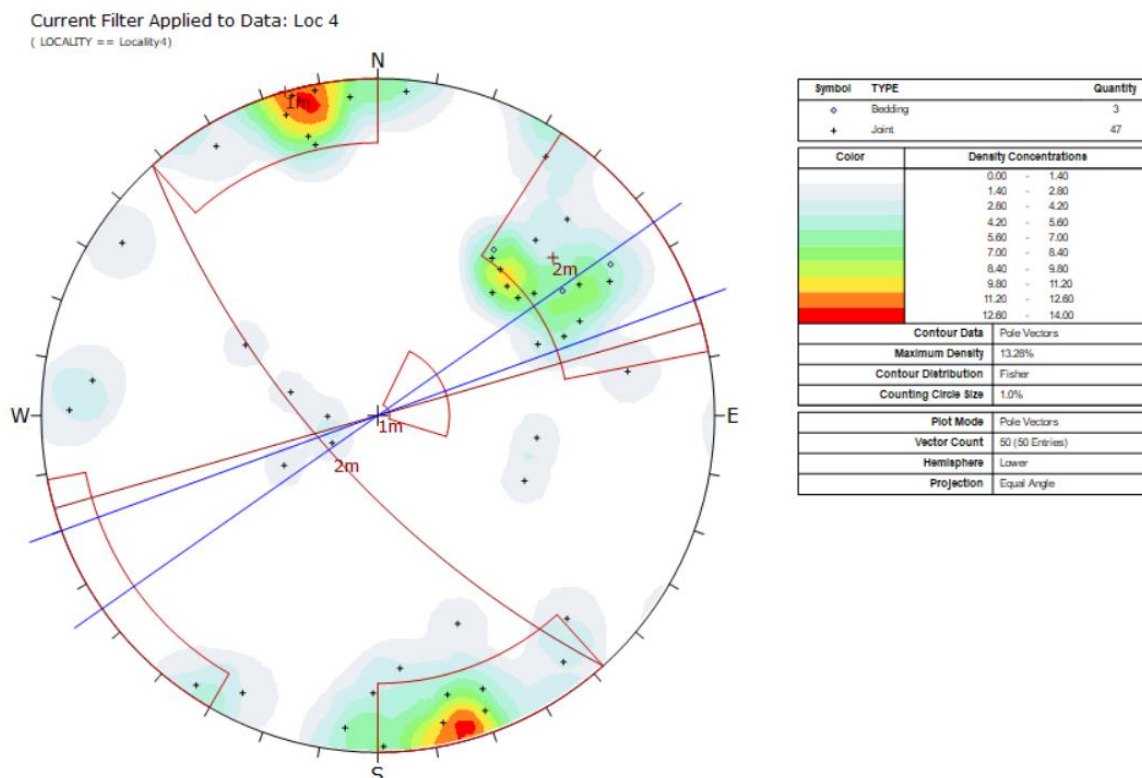


Figur 94: Polplott av sprekkeretninger målt mellom Slåttelona og Storbekken. Trendlinjer for skjæringenes orientering er vist med blå linjer igjennom sentrum. Definerte hovedsprekkeretninger er de samme som for hele delområde 5.

Storbekken – Blørstad (profil 2000-3400)

Bergmassen er kartlagt som båndgneis. I områdene nærmest Storbekken (det skjæringene er høyest) er det stort sett god blotningsgrad/berg i dagen i skrenter og bratte partier. Videre oppover mot kryssområdet ved Blørstad er det mer skog-/løsmassedekke og lavere blotningsgrad utenom oppstikkende knauser og bratte skrenter.

Polplott av lokal detaljoppsprekking er vist i Figur 99. I dette datasettet trer hovedsprekkesettene 1m og 2m klart frem. Det sub-horisontale settet 3m er mer utydelig, men det er målt en del flattliggende sprekker med motsatt fallretning av 3m.



Figur 95: Polplott av sprekkeretninger målt mellom Storbekken og Blørstad. Trendlinjer for skjæringenes orientering er vist med blå linjer igjennom sentrum. Definerte hovedsprekkeretninger er de samme som for hele delområde 5.

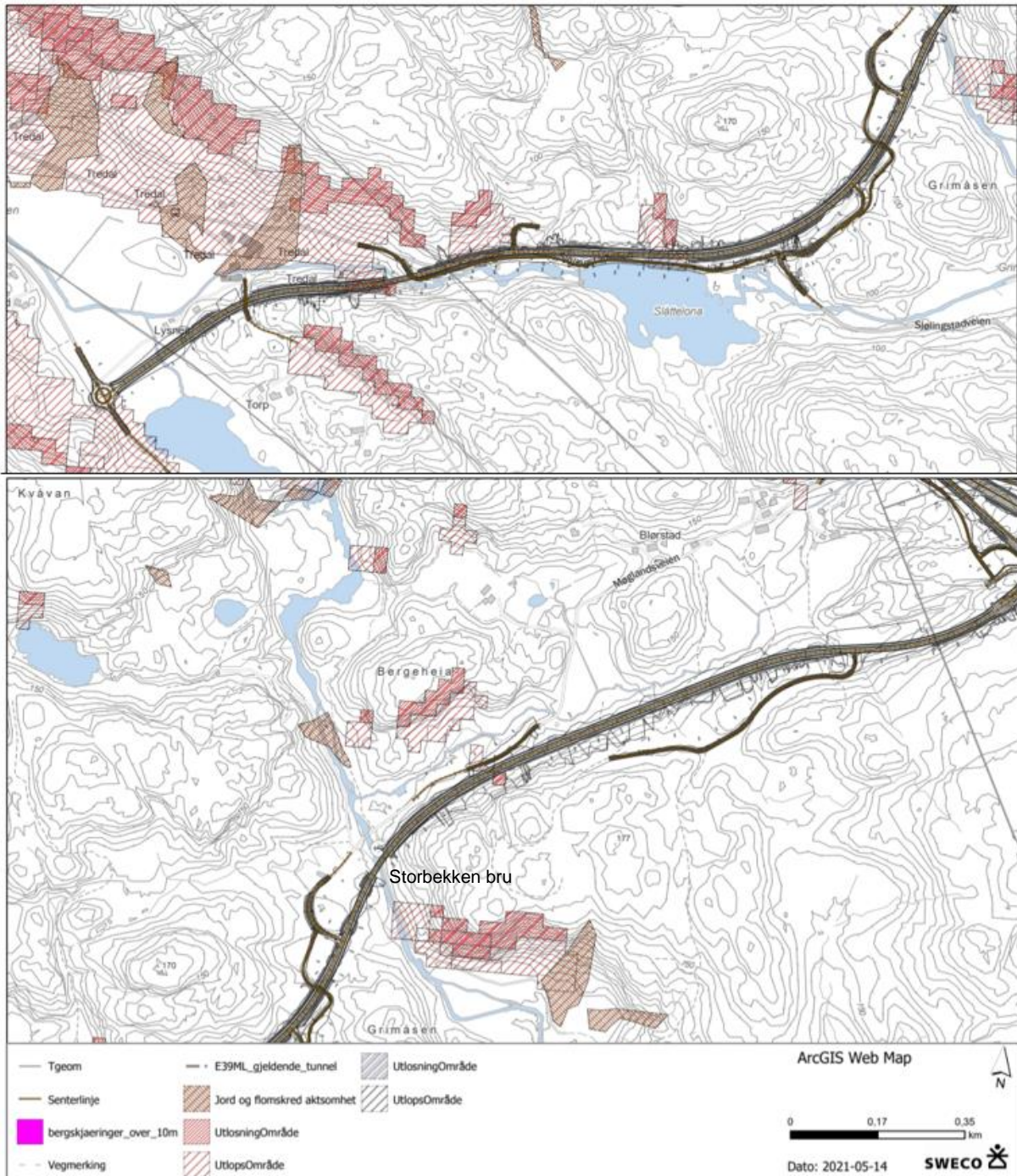
24.2.5 Vannforhold

Det er registrert tre mindre bekker som krysser linja i forbindelse med bergskjæringene. Disse befinner seg ved profil ca. 2240, 2650 og 3070. Veilinja krysser enkelte myrområder. Disse er i hovedsak der veien ligger på fylling. Unntaket er mellom profil ca. 1740 – 1820 der veien skjærer ned i et myrområde. I dette området er det målt ca. 2-4 m myrdybde med manuell stikking (myrspyd). Det antas en liten (ca. 1m høy) bergskjæring på begge sider i området.

24.2.6 Skredfare

Linja befinner seg på korte strekk innenfor aktsomhetsområder for snøskred. Aktsomhetsområdene befinner seg i hovedsak i området mellom Trædal og Slåttelona. I tillegg er det et mindre løснеområde øst for Storbekken bru (Figur 96).

Veien forventes å ha en ÅDT på 3500 i 2050. Akseptabel skredsannsynlighet er derfor 1/50 og tolererbar 1/20 (Figur 2).



Figur 96: Aktsomhetsområder for skred. Brun skravur er jord-/flomskred, rød skravur er snøskred.

24.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

24.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

Trødal-Slåtteleona (profil 200-600)

Det forventes at skjæringene kan etableres i tråd med normalprofilen.

Mellom profil 200-300 skjærer veien igjennom høyeste punkt, og det er ikke sidebratt terreng over skjæringstoppen. Det er ikke registrert svakhetssoner som har betydning for stabiliteten i skjæringene. Sprekkesett 1m kan være utgangspunkt for skjæringshelning på høyre side. Basert på en kinematisk analyse er det en noe mulighet for planutglidning avgrenset av 1m og kileutglidning avgrenset av 1m+2m på venstre side. På høyre side er det noe mulighet for planutglidning på sprekkesett 1m og 2m, men liten sannsynlighet for kileutglidning definert av hovedsprekkeretningene.

Mellom profil 450-600 befinner skjæringene seg i sidebratt terreng med 2 kartlagte, antatt steile svakhetssoner (A og B) som forventes å ha mektighet på inntil 5 m. Det er kun lave skjæringer på venstre side som ikke omtales ytterligere her. Sonene krysser linja ved ca. profil 540 og 600 og kan gi lokale stabilitetsutfordringer, men på grunn av antatt steilt fall forventes de ikke å påvirke totalstabiliteten i skjæringene ved å f.eks. avskjære/underkutte større bergpartier. Skjæringshøyden rundt profil 600 er dessuten begrenset (rundt ca. 5-7 m). Sprekkesett 1m kan bli styrende for skjæringshelningen avhengig av hvor gjennomsettende det er i bergmassen. Basert på en kinematisk analyse er det noe mulighet for planutglidning samt kileutglidning ved kombinasjon av sprekkesett 1m+2m. Det er også noe mulighet for toppling fra sprekkesett 1 og 2.

Slåttelona – Storbekken (profil 600-2000)

Ved skjæringene langs Slåttelona mellom profil 750 – 1400 er det til dels bratt sideterreng, og skjæringene befinner seg på venstre side. Det forventes at skjæringene kan etableres i tråd med normalprofilen. Det vurderes ikke i utgangspunktet som aktuelt å etablere skjæringene ut fra orienteringen på sprekkesett 1m på grunn av vinkelavviket mellom strøkretningen og veilinjens orientering. Basert på en kinematisk analyse vurderes det som liten mulighet for planutglidning og toppling, men gunstige kinematiske betingelser for kileutglidning definert av sprekkesett 1m+2m.

Ved skjæringene mellom profil 1400 – 2000 er det også bratt sideterreng og høye skjæringer mellom profil 1400-1700. Terrengflater ut mellom profil 1700-2000, og her befinner det seg ikke skjæringer over 10 m høyde. Det forventes også her at skjæringene kan etableres i tråd med normalprofilen, og det kan bli aktuelt å legge skjæringshelningen mot sprekkesett 1m på deler av strekningen. Kinematisk analyse indikerer noe mulighet for planutglidning på sprekkesett 1m og noe begrenset mulighet for toppling langs sprekkesett 1m, men kileutglidninger er lite aktuelt.

Svakhetssonene E, F og G antas å medføre lokale stabilitetsutfordringer i skjæringene. De forventes ikke å påvirke totalstabiliteten da de er antatt steile og på denne måten ikke underkutter/destabiliserer større bergpartier. Det anbefales likevel å undersøke områdene grundig i byggefasen etter løsmasserensken for å se om det er grunnlag for å vurdere dette annerledes.

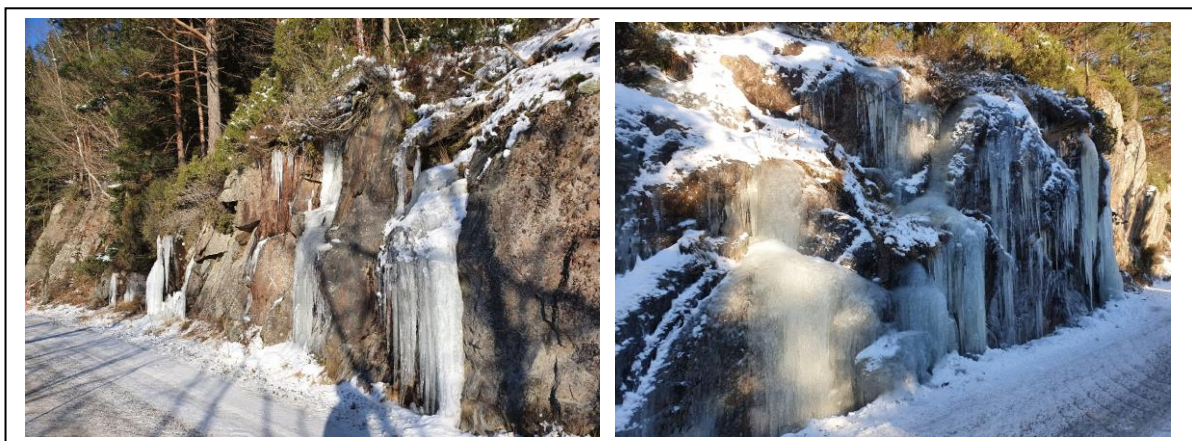
Storbekken – Blørstad (profil 2000-3400)

Det er til dels bratt sideterrang langs veien på hele strekningen, samt varierende løsmassemekthet. De høyeste skjæringene befinner seg nærmest Storebekken, på høyre side. Det forventes at skjæringene kan etableres i tråd med normalprofilen, og det kan bli aktuelt å legge skjæringshelningen mot sprekkese 1m på deler av strekningen. Kinematisk analyse indikerer noe mulighet for planutglidning langs sprekkese 1m samt kileutglidning ved kombinasjon av sprekkese 1m+2m. Det er også noe kinematisk mulighet for toppling definert av sprekkese 2m.

Det er ikke kartlagt vesentlige svakhetssoner i området som har negativ innflytelse på totalstabiliteten.

24.3.2 Forventet bergsikring

Alle skjæringene forventes stabilitetssikret ved hjelp av tradisjonelle sikringsmidler som rensk, bergbolter, bånd og steinsprangnett. Enkelte steder, f.eks. i forbindelse med vannsig og nedføringsnisjer for bekker, kan det bli behov for å montere steinsprangnett som isnett. Det ble observert en del iskjøving i skjæringene langs dagens Sjølingstadvei ved Slåttelona under feltarbeidet som ble gjennomført vinterstid (Figur 97).



Figur 97: Eksempler på iskjøving langs dagens Sjølingstadvei ved Slåttelona.

I spesielle tilfeller kan det ved svært dårlig bergmasse i forbindelse med svakhetssoner (f.eks. sone F og G) bli behov for å benytte sprøytebetong til stabilisering av bergmassen lokalt.

Den sub-horisontale oppsprekningen kan i enkelte tilfeller medføre overheng som det kan bli behov for å understøtte med betongutstøping hvis de befinner seg nærme skjæringsfoten.

For strekningen mellom profil ca. 450-630 mellom Trædal og Slåttelona samt flere steder langs strekningen Slåttelona - Blørstad vil det i tillegg bli behov for rensk og stabilitetssikring i naturlig bratt sideterrang ovenfor skjæringstoppene.

Det kan være flere meter med morene på skjæringstoppene enkelte partier mellom Storebekken og Blørstadkrysset som må renskes før sprengning. Endelig sikring av løsmassene avgjøres

etter avdekking. Metode for stabilisering er avhengig av faktisk mektighet på løsmassene. Hvis jordskjæringene slår for langt utenfor linja kan det for eksempel bli aktuelt med jordnagling og/eller permanente støttekonstruksjoner (murer) på skjæringstoppene

24.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Sprengning må tilpasses bergarten lokalt, men det anbefales generelt å benytte kontursprengning. En jevn kontur er avgjørende for å få så lite omfang av stabilitetssikring som mulig til slutt, og det er spesielt viktig med god klipping i konturen for å unngå overhengdannelse på grunn av sub-horisontal oppsprekking (sprekkesett 3m).

Det kan bli aktuelt å øke bredden på øverste pall ved etablering av skjæringer i skrånende terreng for å få bedre angrepspunkt og kunne lade konturen helt opp i borhullene, samt for å sikre eventuell toppling-bruddmekanisme. Det er trolig gunstigere å sprengre mer i toppen enn å forbolte for å holde tilbake topplingmekanismene.

I myrområdene mellom Slåttelona og Storebekken kan det være noe løsmasser på skjæringstoppene som må stabiliseres. Mektigheten av løsmassene i myrene er ikke kjent, men antas å være beskjeden. Det bemerkes spesielt at det kan være betydelig morenemektighet på skjæringstoppene på enkelte partier mellom Storebekken og Blørstadkrysset som må renskes før sprengning.

Det kan bli behov for å sprengre ut nedføringsnisjer for bekkene ved profil ca. 2240, 2650 og 3070.

24.3.4 Skredfare

Gjennomgang av skredhendelser i området langs hele det kystnære beltet på Sørlandet viser ingen registrerte snøskredhendelser langs veinettet. I fremtiden vil nedbøren vinterstid også på grunn av klimaendringene i økende grad komme som regn, men det vil fremdeles trolig forekomme korte perioder med intense snøfall.

Aktsomhetsområdene som er vist på Figur 96 befinner seg generelt i områder som er for bratte og tett vegeterte til at det kan samle seg snømengder av betydning for at det kan løsne flakskred. Det er heller ikke områder med blanke, skrånende svaberg som kan gi mulighet for utløsning av lokale løssnøskred.

På bakgrunn av dette vurderes strekningsrisikoen for snøskred å være lavere enn 1/50, som er akseptkriteriet basert på beregnet ÅDT 3500 i 2050 [1].

Det er registrert noe urmasser langs Trædalsbekken ca. profil 450-600 som kan indikere noe steinsprangfare i de bratte skrentene her. Denne faren vil bli eliminert i forbindelse med beskrevet rensk og sikring i sideterrenget ved etablering av veien.

24.3.5 Omgivelser

Bebyggelse og eksisterende infrastruktur

Bebyggelsen ved Trædal må hensyntas ved sprengning. Anbefalingene i kapittel 3.7 bør følges.

Brua over Trædalsbekken ligger ca. 50 m fra sprengningsstedet og må beskyttes. Det kan også bli aktuelt å fastsette vibrasjonskrav for denne.

Rørgate mellom dammen i vestre enda av Slåttelona og ned til kraftstasjonen på Trædal må ikke skades. Selve damkonstruksjonen ligger også nær sprengningsområdene og må hensyntas spesielt. Det kan bli aktuelt å tappe ned Slåttelona til minstevannføring før sprengning som en sikkerhetsforanstaltning mot eventuelt dambrudd. Øvrige sikringstiltak avklares direkte mot NVE og kraftverkseier.

Sørøst for krysset Møglandsveien/Sjølingstadveien befinner det seg en eiendom (Gnr/Bnr. 331/2) som må besiktigtes før sprengning, og anbefalingene i kapittel 3.7 bør følges.

Eksisterende brukonstruksjon over Storebekken hensyntas så den ikke skades ved sprut el.lign. fra sprengning.

Veilinja krysses av en 22kV kraftlinje (profil 160), en 110kV kraftlinje (profil 750) og en 22kV kraftlinje (profil 3215) som alle tilhører Agder Energi Nett AS [8]. Eventuelle sikkerhetstiltak knyttet til disse avklares med linjeeier.

Miljømessige hensyn

Det må tas spesielt hensyn til Slåttelona ved sprengningsarbeidene.

På strekningen mellom Slåttelona og Storebekken (profil 1700-1810) er veinivå stedvis lavere enn eksisterende myrflater. Resultatet kan bli at veien drenerer ut og tørrlegger disse myrflatene helt eller delvis. Myrmektigheten er målt til 2-4 m med myrspyd i området.

24.3.6 Usikkerheter

Omfang av rensk og sikring i sideterrenget er vanskelig å anslå på forhånd.

Kompleksiteten og stabilitetsutfordringene forbundet med svakhetssonene er også vanskelig å anslå før bergmassen er avdekket i anleggsfasen.

Det er også en del usikkerhet forbundet med omfanget av løsmasser på skjæringstoppene mellom Storebekken og Blørstadkrysset. Selv om skjæringene er antatt lave i dette området vil eventuell betydelig løsmassemektinghet få betydning for sideutslaget på jordskjæringene.

Det er usikkerhet knyttet til konsekvens for myrområder i forbindelse med veiutbyggingen.

25 Tilførselsvei delområde 6

25.1 Innledning

Fra Stilandskrysset og sørøstover vil det gå en tilførselsvei ned til dagens E39. Tilførselsveien ender ved Udland og kobles på med en rundkjøring. Flere deler av veien vil få høye bergskjæringer, og enkelte steder vil det bli tosidige høye skjæringer.

Tabell 46: Strekninger med bergskjæringer med høyde over 10 m.

Skjærings ID	Fra profil	Til profil	Lengde [m]	Side	Maks.høyde [m]	Tegningsnr./Kommentar
E39-600-1V	270	450	180	V	24	V6101
E39-600-2V	780	1020	240	V	29	V6102
E39-600-3H	820	905	85	H	19	V6102, Smal egg ut mot dalen
E39-600-4V	1130	1220	90	V	19	V6103
E39-600-5V	1280	1340	60	V	11	V6103, Bratt sideterreng
E39-600-6V	1530	1680	150	V	19	V6104, Bratt sideterreng
E39-600-7H	1625	1635	10	H	10	V6104



Figur 98: Oversikt over høye skjæringer i delområde 6. Rød strek markerer skjæring > 10m.

25.2 Faktadel: Grunnforhold

25.2.1 Topografi

Veien ligger langsmed den nordøstlige flanken til Steggedalen. Steggedalen er et tydelig søkk i terrenget som stryker NV-SØ. På tvers av veilinja går det bratte heier som stryker NØØ-SVV. Heiene ligger med ca. 150-200 m avstand, og er mer eller mindre gjentakende mellom eksisterende E39 og fram til Skrean, vel profil ca. 1450. Mellom Skrean og Stilandskryset flater terrenget ut og følger langsmed en myr.

25.2.2 Løsmasser

Området domineres av bart og isskuret fjell med stedvis tynt humusdekke på toppen. I søkkene mellom de gjentakende heiene er det i hovedsak tynt løsmassedekket fjell, samt noe myr. I dalbunnen av Steggedalen ligger det enkelte myrområder.

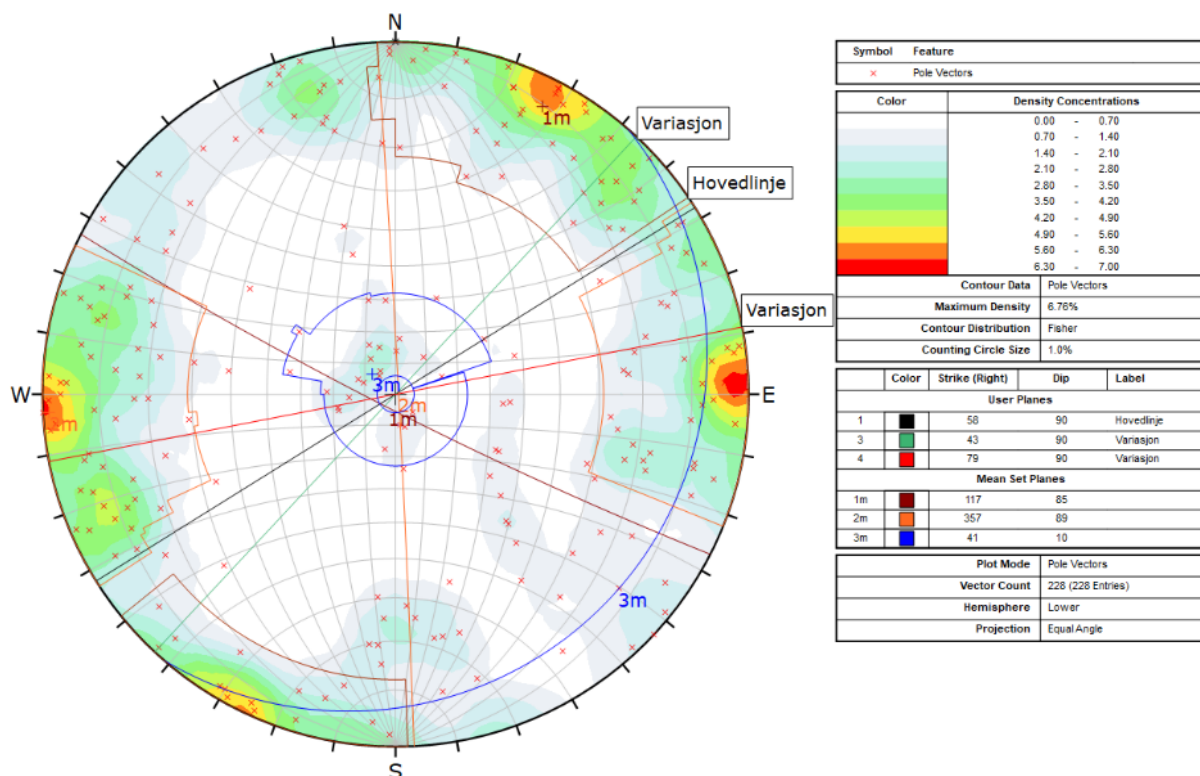
25.2.3 Grunnundersøkelser

Det planlegges enkelte totalsonderinger i området der veien ligger på fylling [32], og resultatene fra disse boringene er derfor ikke direkte relevante for bergskjæringene.

25.2.4 Berggrunn og oppsprekking

Ifølge NGUs berggrunnskart består området av granitt [5]. I felt er det observert en massiv, grovkornet granitt. Berget er blankskurt og har lav oppsprekkingsgrad. Sprekkene er utholdende og skaper relativt store blokker. Det er registrert tre hovedsprekkesett, samt tilfeldige sprekker. To av sprekkesettene er steile med 85-90 graders fall og stryker henholdsvis NV-SØ og N-S. Det tredje sprekkesettet er tilnærmet horisontalt, med et gjennomsnittlig fall på 10 grader og strøk NØ-SV. Sistnevnte sprekkesett opptrer sjeldnere enn de to andre. Dette kan skyldes at horisontale sprekkesett generelt er vanskeligere å registrere i dagen, og en må derfor kunne forvente av dette sprekkesettet er noe underregistrert.

Det er også mange tilfeldige sprekker som ikke faller inn under et definert sprekkesett. Etersom berget er avrundet og delvis består av blankskurte sva, kan det enkelte steder være utfordrende å oppnå pålitelige sprekkemålinger. De samme sprekkesettene følger langsmed hele tilførselsveien i delområde 6, og det synes ikke å være nevneverdige variasjoner.



Figur 99: Sprekkemålinger langsmed delområde 6. Svart linje indikerer hovedlinjens overordnede orientering, mens rød og grønn linje gjennom sentrum indikerer maksimalt vinkelavvik fra hovedlinjen.

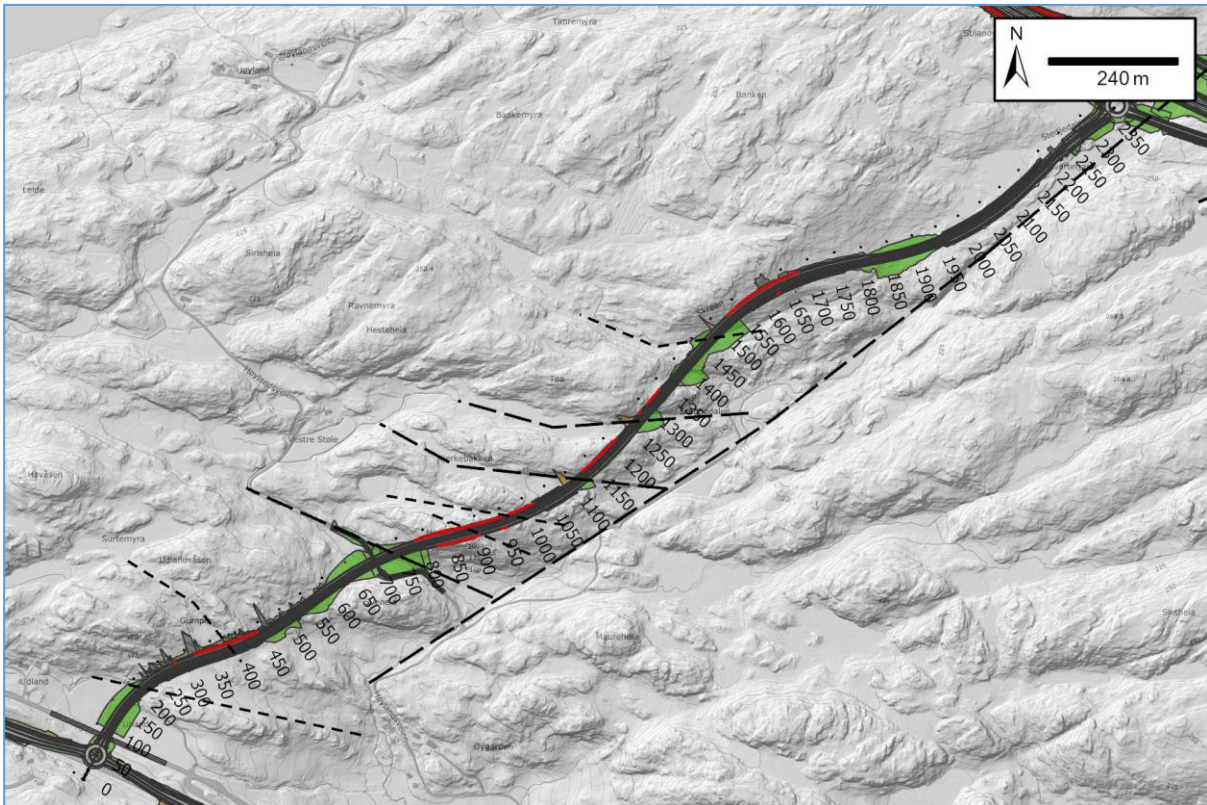
Tabell 47: Registrerte sprekkeseett langsmed tilførselsveien i delområde 6.

Sprekkesett	Strøk/fall	Kommentar
1m	117°/85°	Sprekkene er utholdende med sprekkavstand 2-3 m. Sprekkeoverflaten er ru plan uten belegg. Pendler om fall mot NØ og SV.
2m	357°/90°	Sprekkene er utholdende. Sprekkeavstanden er 1-2 m, med noe variasjon. Lokalt er det registrert sprekkavstand ned mot 30 cm og opp til 4 m. Ru plan til ru bølgete sprekkeoverflate uten belegg. Pendler om østlig og vestlig fall.
3m	079°/10°	Sprekkene er plane til bølgete og ru uten belegg med sprekkavstand 1-3 m. Utholdende sprekker.



Figur 100: Blotning hvor sprekkeorienteringen til de tre hovedsprekkesettene er tydelige. Berget er massiv granitt, med utholdende sprekker.

Det er flere tydelige søkk og lineamenter i terrenget langsmed veilinja. Disse kan antas at er svakhetssoner av varierende størrelse og karakter. Søkkene er gjennomgående orientert NV-SØ, og ligger mellom de gjentakende kollene. Sprekkesett 1m har tilnærmet samme orientering som sonene. Dersom de følger dette sprekkesettet kan en anta at sonene har tilnærmet likt fall som 1m, dvs. tilnærmet vertikalt. Kollene er midlertidig gjennomgående brattere på sørlig side i forhold til nordlig side. Dette kan indikere at sonene har et fall mot nord.



Figur 101: Lineamenter som antas å representere svakhetszoner i bergmassen.

25.2.5 Vannforhold

Langs med Steggedalen går det et elveløp som mates av mindre sideelver og dreneringsløp fra dalsiden. Mellom Sveheia og Hedderheia og mellom Skrean og Tøa går det mindre elveløp som drenerer i Steggedalen. Løpene vil krysse veilinja henholdsvis ved kryssområdet ved profil ca. 700 og ved profil ca. 1425. Begge disse områdene ligger på fylling.

25.2.6 Skredfare

Basert på trafikkmengde ÅDT 1000 (2050) er akseptabel og tolererbar skredsannsynlighet henholdsvis 1/50 og 1/10.

Sørsiden av heiene har stedvis bratte sider. Veilinja ligger innenfor aktsomhetsområder for snøskred mellom profil ca. 200-230, 790-860 og 1150-1190 [8]. Strekingen mellom profil 1280-1350 samt 1500-1700 er i felt på grunn av topografien registrert som mulige løснеområder for snøskred og muligens steinsprang. Langs linja er det ikke registrert tydelige tegn til tidligere snøskredhendelser.

25.3 Tolkning: Ingeniørgeologiske vurderinger

25.3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

En kinematisk analyse basert på registrerte sprekkeorienteringer indikerer at kileutglidning og utvelting er de mest aktuelle bruddmekanismene langsmed skjæringene. Langsmed venstre

side vil kileutglidning være noe mer dominerende som bruddmekanisme, mens langs høyre side vil utvelting opptre hyppigst.

Kileutglidning vil hovedsakelig foregå langsmed de steile sprekkesettene 1m og 2m, med sprekkesett 3m som avløsende sprekkesett i bakkant. Fallretningen til 1m og 2m pendler om 90 graders fall, og gir derfor potensiale for kileutglidning både langs høyre og langs venstre side av veiskjæringene, avhengig av hvilken vei sprekken faller. Den kinematiske analysen indikerer at det totalt sett vil være mer stabilitetsproblemer langs venstre side av skjæringene, enn høyre side.

Det er få sprekker som gir potensiale for plan utglidning. Hovedsprekkesettene er orientert slik at de ikke gir plan utglidning, men en kan imidlertid forvente at enkelte tilfeldige sprekker kan gi plan utglidning.

Skjæringene planlegges i utgangspunktet med geometri tilsvarende normalprofilen. De to steile sprekkesettene skjærer veilinja med ca. 60° vinkel. Det anses ikke som hensiktsmessig å tilpasse skjæringsgeometrien til å følge sprekkestrukturer. Den kinematiske analysen indikerer at en teoretisk sett kan halvere antall ustabile partier ved å øke skjæringshelningen til 10:3. Dette må veies opp mot arealbruk og økt masseoverskudd. Generelt er det viktig at konturplassering, skjæringshelning og eventuell inndeling i pallnivåer tilpasses stedlig geologi etter detaljert kartlegging i byggefasen når berggrunnen er fullstendig avdekket.

25.3.2 Forventet bergsikring

Som utgangspunkt forventes det at bergsikringen vil bestå av konvensjonelle midler, dvs. bolter, bånd og nett. Ettersom sprekkeflatene er svært utholdende kan det bli aktuelt å måtte sikre blokker av stort volum. I noen tilfeller kan det derfor bli nødvendig å benytte bolter med boltelengder >6 m, og diameter Ø25-32 mm. Før berguttak må det vurderes om det er hensiktsmessig med forbolting av skjæringen. Der det er viktig å opprettholde konturen og unngå bakbryting, og/eller der det er tydelige skråslepper som vil kunne føre til utglidninger av uønsket størrelse, bør det vurderes å forbolte. Det er ikke kjent hvordan berget i svakhetssonene opptrer, og det kan forventes noe dårligere bergmasse langsmed disse. Som utgangspunkt antas det at det ikke vil bli stort behov for sprøytebetong ettersom granitten har lav oppsprekingsgrad. Dersom berget eksempelvis er betydelig mer oppsprukket i svakhetssoner kan det imidlertid bli aktuelt å benytte sprøytebetong, i tillegg til annen konvensjonell sikring.

Det anbefales inspeksjon samt rensk og sikring i sideterrenget mellom profil 1280-1350 og 1500-1700 ved behov på grunn av mulig steinsprangfare herfra.

25.3.3 Sprengning og uttaksmetode

Sprengning må tilpasses bergarten lokalt. Som utgangspunkt anbefales det å benytte kontursprengning for å redusere mengden stabilitetssikring. Den grovblokkige granitten gir et godt utgangspunkt for en god kontur. Maksimal pallhøyde bør ikke være over 15 m.

25.3.4 Skredfare

Det ligger generelt ikke til rette for flakskred i området på grunn av klimatiske forhold samt vegetasjonen i liene som generelt ikke ligger til rette for større oppbygninger av snø over tid. Større snøfall over kortere tidsrom kan forekomme, men det er minimalt med blankskurte svaberg der det kan akkumulere seg nok snø til å medføre fare for lokale løssnøskred. Aktsomhetsområdet mellom profil 790-860 blir i praksis eliminert ved etablering av veien. Sett i lys av dette vurderes risikoen for snøskred på vei i dette området å være innenfor det akseptable (1/50) uten ytterligere tiltak.

Inspeksjon og eventuell rensk/sikring av løse blokker i sideterrenget forventes å redusere faren for steinsprang til akseptabelt nivå.

25.3.5 Omgivelser

Ved ca. profil 250 ligger veilinja og sprengningspunkt med ca. 20 m avstand til Vestbygda 261. Ved profil 1400 ligger det en bygning ca. 80 m unna sprengningspunkt. anbefalingene i kapittel 3.7 bør følges.

25.3.6 Usikkerheter

Bergkvaliteten kan være dårligere enn antatt, spesielt i svakhetssoner. Det kan og foreligge svakhetssoner som ikke er registrert i felt eller på kart.

Ved etablering av høye skjæringer er det avgjørende med tett oppfølging i byggefasen for å fange opp eventuelle behov for justeringer av sprengningsopplegg, sikring/forbolting, pallinndeling og lignende.

26 Referanser

- [1] Statens vegvesen, «Håndbok N200, Vegbygging,» 2018.
- [2] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering,» 2016.
- [3] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner,» 2016.
- [4] Standard Norge, «NS 8141:2001 Vibrasjoner og støt,» 2001.
- [5] NGU, «Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase,» [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/.
- [6] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>.
- [7] NGU, «GRANADA Nasjonal grunnvannsdatabase,» [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/granada/>.
- [8] NVE, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: www.atlas.nve.no.
- [9] Statens vegvesen, «Vegkart,» [Internett]. Available: <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/@600000,7068114,3>. [Funnet 2021].
- [10] NGU, «Aktsomhetskart radon,» [Internett]. Available: geo.ngu.no/kart/radon/.
- [11] Kartverket, «FKB4,» [Internett]. Available: <https://openwms.statkart.no/skwms1/wms.fkb4?request=GetCapabilities&service=WMS>.
- [12] Miljødirektoratet, «Miljøstatus - Naturtyper - DN-håndbok 13 - kartdatabase,» 2020. [Internett]. Available: <https://miljoatlas.miljodirektoratet.no/MAKartWeb/KlientFull.htm?>
- [13] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner,» 2016.
- [14] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering,» 2016.
- [15] Norsk bergmekanikkgruppe, «Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering,» 2011.
- [16] Statens vegvesen, «R760 Styring av vegprosjekter,» 2019.
- [17] Statens vegvesen, «Håndbok V225 Bergskjæringer,» 2020.
- [18] Sweco Norge AS, «Fagrapport Vei. Detaljreguleringsplan E39 Mandal-Lyngdal øst,» 2021.
- [19] NVE, «Flaum- og skredfare i arealplanar,» 2011.
- [20] Sweco Norge AS, «Teknisk fagrapport: INGENIØRGEOLOGI. Områderegulering med KU for E39 Mandal-Lyngdal øst.,» 2019.
- [21] Direktoratet for mineralforvaltning, «DMF Kart,» [Internett]. Available: <https://minit.dirmin.no/kart/>.
- [22] A. Bruland, «Hard Rock Tunnel Boring - Drillability - Statistics of Drillability Test Results (1998:81) Report 13C-98,» NTNU, 1998.

- [23] V. Olsen, «Rock Quarrying, Blast design Report 12B-08 (Doctoral Theses 2009:96),» NTNU, 2009.
- [24] EMerald Geomodelling AS, «E39 Mandal-Lyngdal, leveransebeskrivelse geoskanning 2020,» EMerald Geomodelling AS, 2020.
- [25] AF Gruppen, «E39 Kristiansand vest - Mandal øst, Sluttrapport sulfidholdig berg,» 2020.
- [26] Norconsult AS, «RA-INGGEO-002 Ingeniørgeologisk rapport for Kålstunnelen,» Norconsult AS, 2020.
- [27] Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder, «Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis - Felles saksbehandlingsrutiner, krav til prøvetaking, klassifisering av steinmasser og miljøoppfølging versjon 2.2,» Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder, 2020.
- [28] NVE, met.no og Kartverket, «SeNorge,» [Internett]. Available: senorge.no.
- [29] Meteorologisk institutt, NVE, NORCE og Bjerknessenteret, «Norsk klimaservicesenter,» [Internett]. Available: <https://seklima.met.no/observations/>.
- [30] Sweco Norge AS, «Fagrapport Ingeniørgeologi: Skreheiatunnelen.,» 2021.
- [31] Geomap Norge, «E39 Mandal-Lyngdal. Geofysiske undersøkelser.,» 2021.
- [32] Sweco Norge AS, «Fagrapport Geoteknikk. Detaljregulering E39 Mandal-Lyngdal øst,» 2021.