

Fagrappport Ingeniørgeologi - Bergskjæringer

E18 Arendal -Grimstad. Forprosjekt.

Oppdragsnr:	A234538
Oppdragsnavn:	E18 Arendal-Grimstad. Forprosjekt
Dokument nr.:	NV42E18AG-GEO-RAP-0005
Filnavn	NV42E18AG-GEO-RAP-0005_Fagrapport Ingeniørgeologi - Bergskjæringer.pdf

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
00	30.06.22	Utgivelse	SSBO, CSSE, MAPM	SKAN	KDLA
01	21.11.22	Innarbeiding av kommentarer fra NV	SHSV	SKAN	KDLA

Forord

Denne fagrapporten er utarbeidet som en del av arbeidet med forprosjekt for E18 mellom Arendal og Grimstad. Veistrekningen går gjennom kommunene Arendal og Grimstad i Agder. Rapporten tar for seg temaet ingeniørgeologi i bergskjæringer.

Tiltakshaver og ansvarlig for utredningen er Nye Veier.

Hos Nye Veier leder Håkon Lohne arbeidet med forprosjekt. Kristian de Lange er prosjektleder hos COWI AS. Fagansvarlig for ingeniørgeologi har vært Martin Palm.

Rapporten er utarbeidet av Christopher Sæbø Serck, Susanne Bøe og Martin Palm.

November 2022

Innhold

Forord.....	3
1 Sammen drag.....	6
2 Innledning	7
2.1 Bakgrunn	7
2.2 Mål for prosjektet og planarbeidet	7
2.3 Kort beskrivelse av tiltaket	8
2.4 Om rapporten	8
3 Geoteknisk kategori.....	9
4 Grunnlag.....	12
4.1 Prosjekteringsforutsetninger.....	12
4.2 Kartgrunnlag	12
4.3 Linjeføring og bergskjæringsprofil	13
4.4 Tidligere grunnundersøkelser	18
4.5 Utførte grunnundersøkelser i denne fasen.....	19
DEL 1: FAKTADEL	21
5 Fakta.....	22
5.1 Topografi	22
5.2 Kvartærgeologi.....	23
5.3 Berggrunnsgeologi.....	26
5.4 Lineamenter	28
5.5 Dypforvitring	29
5.6 Hydrogeologi.....	32
5.7 Miljøgeologi.....	34
5.8 Skred	40
5.9 Bergmassens egnethet til vegformål.....	40
6 Ingeniørgeologisk kartlegging	42
6.1 Veiskjæringer	43
DEL 2: TOLKNINGSDEL.....	75
7 Løsnemekanismer	76
7.1 Mekanismer for utfall og ustabilitet	76
7.2 Tolkning av løsnemekanismer	77
8 Tolkning for veiskjæringer	79
8.1 Skjæring 20.....	79
8.2 Skjæring 1 – lokalitet S004 og S014.....	79
8.3 Skjæring 2 – lokalitet C001	81

8.4	Skjæring 3.....	83
8.5	Skjæring 6.....	83
8.6	Skjæring 7.....	84
8.7	Skjæring 8 – lokalitet C006.....	84
8.8	Skjæring 9.....	86
8.9	Skjæring 11.....	86
8.10	Skjæring 18.....	86
8.11	Skjæring 12.....	87
8.12	Skjæring 13 – lokalitet C005.....	87
8.13	Skjæring 16.....	89
8.14	Skjæring 14.....	90
8.15	Skjæring 15.....	91
8.16	Miljøgeologiske forhold.....	91
8.17	Sikringsestimat.....	91
9	Boring og sprengning.....	93
9.1	Borbarhet og sprengbarhet.....	93
9.2	Vibrasjoner.....	94
10	Anvendelse av steinmateriale.....	96
11	Usikkerheter.....	97
12	Videre arbeid.....	99
13	Vedlegg.....	100
14	Referanser.....	101

1 Sammendrag

I forbindelse med E18 Arendal-Grimstad er det planlagt flere skjæringer i berg. Traseen inneholder 15 partier med skjæringer i berg med høyde større enn 10 meter over ferdig vegbane, eksklusive forskjæringer og påhugg til tunnel. Denne ingeniørgeologiske rapporten omhandler vurderinger av disse bergskjæringene.

Det er i dette forprosjektet utført grunnundersøkelser i form av geofysiske undersøkelser, geotekniske borer og ingeniørgeologisk kartlegging i tillegg til prøvetaking av mulig sulfidførende bergmasser. I denne ingeniørgeologiske rapporten er det gitt en generell beskrivelse av grunnlag og forutsetninger for videre ingeniørgeologisk prosjektering av bergskjæringene. Fagrapporten oppsummerer geologiske observasjoner og vurderinger knyttet til skjæringene, bergmassekvalitet og bergsikringsbehov. I tillegg oppsummerer fagrapporten resultater fra tidligere og supplerende grunnundersøkelser (GU). Det er gitt en kort oppsummering av skred, miljø, natur og hydrogeologiske aspekter.

Arbeidet i dette forprosjektet har fokusert på å identifisere kostnadsdrivere i prosjektet, som høye bergskjæringer, syredannede bergmasser og annen prosjektrisiko knyttet til ingeniørgeologi. Vurdering av bergmassekvalitet og bergsikringsbehov er basert på befaringer i planområdet, grunnboringer, topografiske og geologiske kart, relieffkart, i tillegg til rapporter i grunnlagsmaterialet.

Befaringsobservasjoner i dagen viser generelt sett lite til middels oppsprukket berg av god kvalitet. Antatte svakhetssoner langs traseen er tolket ut ifra relieffkart. Det er funnet flere lineamenter/forsenkninger som krysser traseen og som vurderes å kunne representere mulige svakhetssoner. Det er indikert syredannende berg i én bergprøve tatt langs veistrekningen.

2 Innledning

2.1 Bakgrunn

E18 Arendal – Grimstad inngår i kommunedelplanen for E18 Dørdal – Grimstad som ble vedtatt i de åtte berørte kommunene høsten 2019. Styret i Nye Veier har igangsatt forprosjekt for strekningen E18 Arendal – Grimstad. Veistrekningen som det skal utarbeides forprosjekt for går gjennom kommunene Arendal og Grimstad i Agder.

COWI har i 2020-21 gjennomført verdioptimalisering med bla. linjen som nå er gått videre til et forprosjekt. Resultatene av verdioptimaliseringen legges til grunn for dette forprosjektet som omfatter ca. 22 km med ny 4-felt motorveg fra Harebakken (Arendal) i øst til Morholt (Grimstad) i vest.



Figur 2-1: Utsnitt av utbyggingsområde E18 Sørøst.

2.2 Mål for prosjektet og planarbeidet

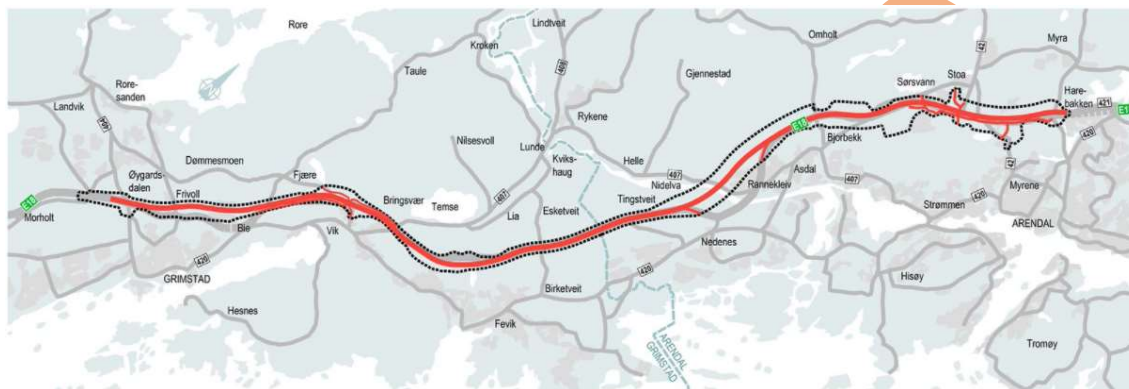
Målet med forprosjektet er det samme som i verdioptimaliseringen: Å finne løsninger som kan øke den samfunnsøkonomiske lønnsomheten i prosjektet, slik at veistrekningen kan prioriteres for utbygging. Ved beregning av samfunnsøkonomisk lønnsomhet i Nye Veiers prosjekter, vurderes blant annet

- › Trafikkmengde
- › Trafikksikkerhet
- › Reisetid
- › Rasfare
- › Klimagassutslipp

I tillegg vil selvsagt investeringskostnad være sentralt i vurderingen.

2.3 Kort beskrivelse av tiltaket

Forprosjekt for E18 Arendal – Grimstad gjelder ny firefelts motorvei fra Harebakken i Arendal kommune til Morholt i Grimstad kommune. Men prosjekteringen avsluttes ved Øygardsdalen i vest, og her skal den nye veien kobles til E18 Grimstad – Kristiansand som ble åpnet i august 2009. I Arendal skal den planlagte veien kobles til ny E18 Tvedestrand – Arendal som ble åpnet i desember 2019. Strekningen er på ca. 22 km, og planlegges for fartsgrænse på 110/100 km/t.



Figur 2-2: Strekningen E18 Arendal - Grimstad. Kartet viser grensen for varsel om oppstart av planarbeidet.

I tiltaket inngår seks kryss på E18; Harebakken, Stoa, Rannekleiv og Nedenes i Arendal kommune og Gjømle og Spedalen i Grimstad kommune. I tillegg til veikryssene omfatter tiltaket tunneler og konstruksjoner for blant annet vann, myke trafikanter, friluftsliv og veier. Som en sentral del av, og forutsetning for arbeidet, inngår vurderinger knyttet til anleggsgjennomføring og prosjektutvikling.

2.4 Om rapporten

Denne rapporten omhandler ingeniørgeologiske fakta og tolkninger tilknyttet bergskjæringer langs veitraseen i prosjektområdet. Beskrivelser for Grimstadportentunnelen og Frivolltunnelen, inkludert tilhørende forskjæringer og påhugg, er gitt i separate rapporter [1, 2].

3 Geoteknisk kategori

Avhengig av kompleksitet og risiko skal alle prosjekter klassifiseres i geotekniske kategorier (1, 2 og 3). For veiprosjekter skal geoteknisk kategori bestemmes i henhold til Eurokode 7 del 1 [3]. Ulike deler av et prosjekt kan plasseres i ulike kategorier. Eurokode 7 har få direkte beskrivelser knyttet til anlegg i berg. Med bakgrunn i dette har Norsk Bergmekanikkgruppe (NBG) utarbeidet en veileder for bergarbeider [4]. Vurderinger knyttet til valg av geoteknisk kategori er gitt i det videre.

Ut fra kriterier gitt i Eurokode 0 [5] skal det velges konsekvensklasse (CC). Videre skal det basert på Nasjonalt tillegg i Eurokode 0 angis pålitelighetsklasse (RC), hvor et utdrag er vist i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Utdrag av tabell NA.A1 (901) i Nasjonalt tillegg til Eurokode 0 [5].

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasse (CC/RC)			
	1	2	3	4
Atomreaktorer, lager for radioaktivt avfall				X
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller*.		(X)	X	(X)
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i enkle og oversiktlige grunnforhold*	X	(X)		

*Ved vurdering av pålitelighetsklasse for grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og byggverk.

Som det fremgår av Tabell 3-1 er grunn- og fundamenteringsarbeider splittet i to alternativer; "kompliserte tilfeller" og "enkle og oversiktlige grunnforhold". For skjæringer er det bestemt to pålitelighetsklasser; CC/RC 2 for bergkjæringer med høyde under 10 meter og CC/RC 3 for bergkjæringer med høyde over 10 meter.

Geoteknisk kategori fremkommer som en funksjon av pålitelighetsklasse og vanskelighetsgrad [4]. Vanskelighetsgrad er vist i Tabell 3-2, og vurderes å være middels for skjæringer.

Tabell 3-2: Vurdering av vanskelighetsgrad [4].

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

Tabell 3-3: Definisjon av geoteknisk kategori [4].

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*	*	*	*

Geoteknisk kategori defineres som vist i Tabell 3-3. Med bakgrunn i dette velges det for dette prosjektet å definere skjæringer i tre ulike geotekniske kategorier:

- Geoteknisk kategori 1: Områder med bergskjæringer med høyde under 5 meter.
- Geoteknisk kategori 2: Områder med bergskjæringer med høyde 5 - 10 meter.
- Geoteknisk kategori 3: Områder med bergskjæringer med høyde over 10 meter.

Videre har SVVs håndbok N200 [6] retningslinjer for inndeling av geoteknisk kategori for bergskjæringer. Disse er vist i Tabell 3-4. Det gjøres oppmerksom på at skjæringer under 10 m kan bli definert i geoteknisk kategori 3 dersom det i senere planfaser avdekkes f.eks. kompliserte grunnforhold eller fare for forurenset avrenning.

Tabell 3-4: Definisjon av geoteknisk kategori for bergskjæringer [6].

Geoteknisk kategori 3	Bergskjæringer høyere enn 10 m (målt fra ferdig vei).
	Bergskjæringer der svakhetssoner/slepper vil kunne føre til større utglidninger.
	Bergskjæringer i foten av høye skrånninger/fjellsider der inngrep vil kunne føre til stabilitetsproblemer.
	Bergskjæringer med skrånende terreng over skjæring, hvor skredfare og stabilitet må håndteres.
	Bergskjæringer der hensynet til bygninger, konstruksjoner, infrastruktur o.l. i umiddelbar nærhet må ivaretas.
Geoteknisk kategori 2	Bergskjæringer i bergarter som vil kunne gi forurenset avrenning.
Geoteknisk kategori 2	Middels høye (inntil 10 m) bergskjæringer uten spesiell risiko eller vanskelige/uvanlige grunnforhold mht. sprengning og stabilitet.
Geoteknisk kategori 1	Lave skjæringer < 5m

Pålitelighetsklasse RC2 og RC3 medfører at prosjektet havner i prosjekteringskontrollklasse PKK2 og PKK3, se Tabell 3-5, og utførelseskontrollklasse UKK2 og UKK3, se Tabell 3-6. Det er imidlertid bestemt at rapportene tilhørende dette forprosjektet ikke skal sendes til uavhengig kontroll. Krav om kontroll i henhold til PKK2 og PKK3 vil gjelde fra og med reguleringsplanfase, se N200.

Tabell 3-5: Tabell NA.A1(902) i Nasjonalt tillegg til Eurokode 0 [5], med beskrivelse og bestemmelse av prosjekteringskontrollklasse.

Valg av prosjekterings-kontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighets-klasse	Minste prosjekterings-kontrollklasse	Egenkontroll (DSL 1) ¹⁾	Intern systematisk kontroll (DSL 2) ¹⁾	Utvidet kontroll (DSL 3) ¹⁾
1	PKK1 ²⁾	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	PKK2 ²⁾	kreves	kreves	kreves
3	PKK3	kreves	kreves	kreves
4	Skal spesifiseres	kreves	kreves	kreves

¹⁾ Se punkt B4 (informativt tillegg B) for betegnelsen DSL.
²⁾ Det kan velges høyere prosjekteringskontrollklasse.

Tabell 3-6: Tabell NA.A1(903) i Nasjonalt tillegg til Eurokode 0 [5], med beskrivelse og bestemmelse av utførelseskontrollklasse.

Valg av utførelses-kontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighets-klasse	Minste utførelses-kontrollklasse	Egenkontroll (IL 1) ¹⁾	Intern systematisk kontroll (IL 2) ¹⁾	Utvidet kontroll (IL 3) ¹⁾
1	UKK1 ²⁾	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	UKK2 ²⁾	kreves	kreves	kreves
3	UKK3	kreves	kreves	kreves
4	UKK3, eventuelt med tilleggsbestemmelser	kreves	kreves	kreves

¹⁾ Se punkt B5 (informativt tillegg B) for betegnelse IL.
²⁾ Det kan velges høyere utførelseskontrollklasse.

4 Grunnlag

4.1 Prosjekteringsforutsetninger

For dette prosjektet gjelder følgende regelverk, standarder og veiledninger:

- Håndbok N100 Veg- og gateutforming, 2021
- Håndbok N101 Rekkverk og vegens sideområder, 2022
- Håndbok N200 Vegbygging, 2021
- Håndbok V225 Bergskjæringer, 2020
- Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016
- Geoteknisk prosjektering del 1: Allmenne regler (Eurokode 7), NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020
- Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Identifisering, beskrivelse og klassifisering av berg, NS-EN ISO 14689:2018
- Vibrasjoner og støt - Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk, NS 8141:2001
- Vibrasjoner og støt - Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk – Del 2, NS 8141-2:2013
- Vibrasjoner og støt - Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk - Del 3, NS 8141-3:2014

I forbindelse med kommunedelplanen for prosjektet ble det utarbeidet følgende geologiske rapport:

- Temarapport Ingeniørgeologi – KU E18 Dørdal - Grimstad [7]

I forbindelse med verdioptimalisering ble det også utarbeidet aktuelle dokumenter:

- Fagnotat: Veiføring, anleggskostnader, konstruksjoner og grunnforhold. [8]

4.2 Kartgrunnlag

Nedenfor er det opplistet kart som brukes i forbindelse med rapporten:

- Berggrunnskart, NGU [9]
- Løsmassekart, NGU [10]

- Grus-, pukk- og steintippdatabasen [11]
- Nasjonalt aktsomhetskart for radon [12]
- GRANADA [13]
- Relieffkart [14]
- Aktsomhetskart for tunnelplanlegging [15]

Kartene/datasettene inneholder data under Norsk lisens for offentlige data (NLOD) tilgjengeliggjort av Norges geologiske undersøkelse (NGU). I dette prosjektet er det benyttet koordinatsystem NTM sone 8 og NN2000.

4.3 Linjeføring og bergskjæringsprofil

4.3.1 Linjeføring

E18 Arendal – Grimstad planlegges som motorvei med fartsgrense 110/100 km/t, med normalprofil i henhold til dimensjoneringsklasse H3 i N100 [16].

Trafikktallene varierer på strekningen og ligger mellom 16.600 – 34.700 ÅDT. Dimensjonering av linjeføring gjøres etter H3, 110 km/t de første 4 km og ellers brukes beregnet dimensjoneringsstabell for 100 km/t. Dette er en nedskalert tabell med utgangspunkt i H3 standard for å sikre trafiksikkerheten. For ytterligere detaljer rundt linjeføring og veidimensjonering henvises det til Fagrapport veg [17].

4.3.2 Dagens krav til skjæringsutforming

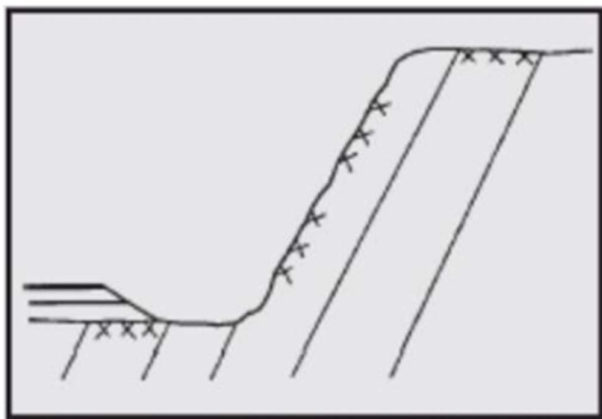
Krav til bergskjæringer er beskrevet i N200. Funksjonskrav for skråninger og skjæringer i berg er beskrevet i tabell 1.13 i N200 [6] og gjengitt i Tabell 4-1 nedenfor.

Tabell 4-1: Funksjonskrav for skråninger og skjæringer i berg

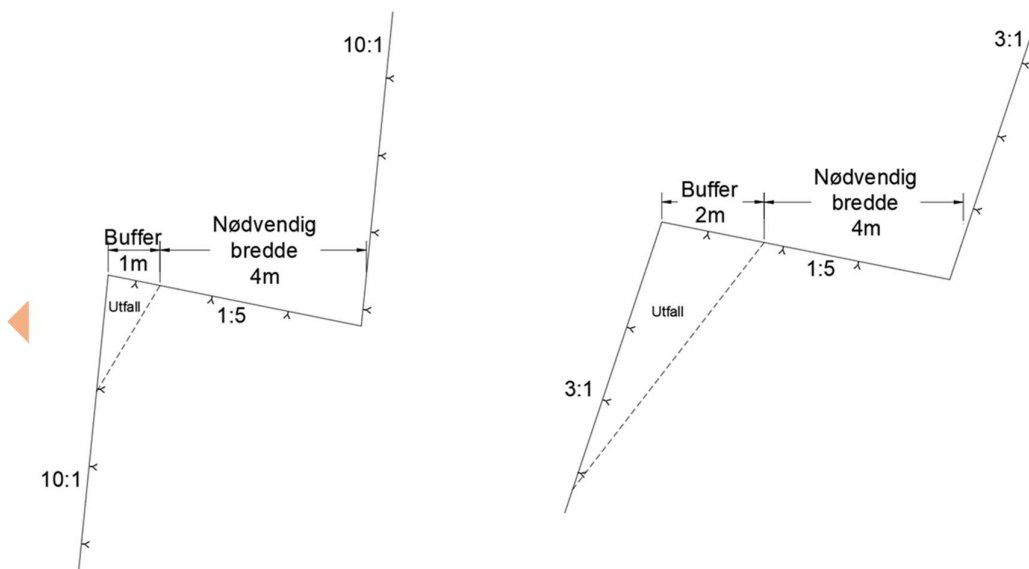
Krav til	Krav
Stabilitet, sikkerhet mot utfall og skred	Bergskjæringer etableres slik at det ikke er fare for nedfall av stein og is på veg. Bergskjæringer etableres slik at man unngår rensk og annen sikring de første 20 årene. Det samme gjelder rensk og sikring av løsmasse på skjæringstopp.
Sikkerhetsnivå skjæringstopp/skråning	Sikring av skjæring-/skråningstopp sikres for å unngå fall av dyr eller mennesker.
Trafikksikkerhetsnivå / grunnlag for prosjektering	Trafikksikkerhetsnivået i skråninger/skjæringer forutsettes å være lik for hele vegstrekningen som bygges ut.

Etablering av bergskjæringene og deres geometri og utforming må tilpasses ut fra stedlige forhold, som for eksempel geologi, topografi, grunnvann og landskap [6] [18].

I følge N200 bør bergskjæringer utformes som nært vertikale skjæringer, med helning 10:1 eller brattere. Alle skjæringer må tilpasses de stedlige geologiske forholdene og skal vurderes etter hvert som mer geologisk informasjon blir tilgjengelig. Figur 4-1 viser et eksempel på tilpasning av skjæringshelning til geologiske forhold.



Figur 4-1 Illustrasjon av skjæring der skjæringshelning avviker fra 10:1 grunnet orientering til sprekkplan. Figur 225.3 fra N200 fra 2014 [19].



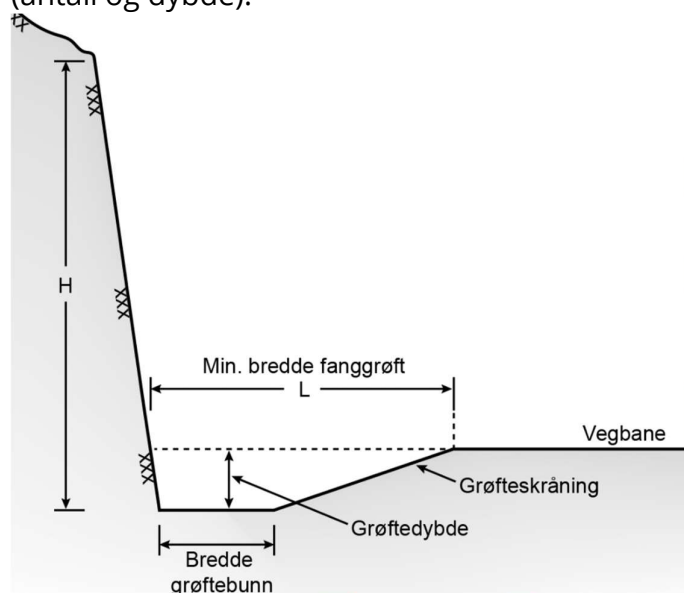
Figur 4-2: Utforming av hylle som fanggrøft ved skjæringshelning 10:1 som standardtilfelle (til venstre) og ved skjæringshelning 3:1 for tilfeller der f.eks. geologiske forhold hensyntas (til høyre) [20].

Ved skjæringer over 10 m anbefales å etablere pall ved uttak av skjæring. Antall paller/hyller og dybden til disse må vurderes ved hver enkelt skjæring. For de

høyeste skjæringene vil det kunne være aktuelt å etablere flere hyller. Det anbefales å utforme hylleflatene som fanggrøfter som vist i Figur 4-2.

Bergskjæringer skal utformes med fanggrøft. Prinsippskisse for fanggrøft er vist i Figur 4-3. Bredden på fanggrøft skal dimensjoneres i henhold til kapittel 1.3.2 i N200.

Nødvendig grøftebredde vil være avhengig av blant annet skjæringshøyde og -helning, samt hvordan skjæringene utføres, eksempelvis ved etablering av hyller (antall og dybde).



Figur 4-3: Prinsippskisse for utforming av fanggrøft i bergskjæringer [6].

4.3.3 Skjæringer langs eksisterende E18

Normalprofiler i anbudstegninger og arbeidstegninger tilknyttet utbyggingen av eksisterende E18 i området [21, 22, 23, 24, 25] forteller om prosjektert utforming av eksisterende bergskjæringer. Det planlegges å gjenbruke store deler av eksisterende veitrase i forbindelse med utbygging av ny E18 Arendal-Grimstad. Følgelig vil noen skjæringsvegger flyttes i forbindelse med at veien utvides og noen skjæringsvegger kan bli stående slik de står i dag.

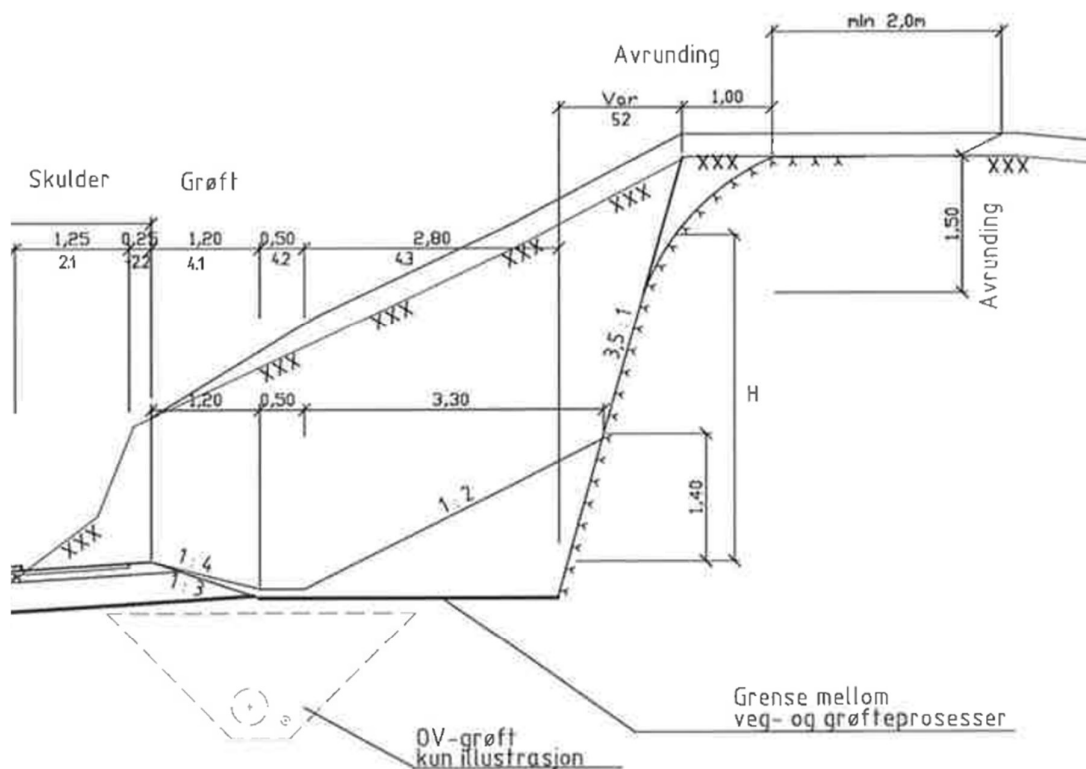
Figur 4-4 viser et utklipp av en normalprofil fra anbudstegningene til E18-parsellen Harebakken-Sørsvann. Ved gjennomgang av normalprofiler i anbudstegninger fra øvrige parseller av E18 viser det seg at det i stor grad er prosjektert tilsvarende utforming av grøft og skjæringsvegg som vist i Figur 4-4.

Skjæringsvegger er typisk prosjektert med helning 3,5:1 (ca. 74 grader) langs eksisterende E18 mellom Harebakken og Temse. Normalprofiler for disse parsellene er datert 1997-2009. Langs den sørligste parsellen Temse-Bie er det prosjektert skjæringshelning 10:1 (ca. 84 grader) i tegninger fra 2011.

Grøft mellom vei og fjellskjæring er typisk bygget opp av en tilbakefylling med helning 1:2 mot veibanen som møter en grøfteskråning som faller vekk fra veien med helning 1:4. Grøftbredde fra topp av tilbakefylling til veiskulder er typisk prosjektert 4-5 m bred og i noen tegninger, som i Figur 4-4, er det også beskrevet justeringer av grøftbredde med hensyn til skjæringshøyde. På parsellen Temse-Bie beskrives minste grøftbredde 3,35 m.

Tegninger viser kun tiltak bak skjæringstopp for Harebakken-Sørsvann og Ranekliv-Stoa. Som vist i Figur 4-4 er det markert et område bak skjæringstopp som strekker seg minimum 2 m bak topp. For parsellen Ranekliv-Stoa er det indikert et område på minimum $1\text{ m} + 0,1 \times H$.

Prosjektert fartsgrense ser ikke ut til å ha hatt betydning for prosjektert helning eller grøft i parsellene. Paller er ikke vist i normalprofiler fra eksisterende E18.



Ved $H > 20$ m utvides grøft med:
 H 20-30 m: +1,5m
 $H > 30$ m: +3m

Figur 4-4: Utklipp fra anbudstegning tilhørende prosjektering av E18-parsell Harebakken-Sørsvann [21] som viser del av normalprofil. Profilet beskrives som "Normalprofil S7, 90 km/t, 2-felt med midtrekkvert", men normalprofiler fra øvrige parseller av E18 viser tilsvarende utforming av grøft og skjæringsvegg.

En gjennomgang av veistrekningen med Google Street View viser at skjæringene typisk er utformet med nær vertikale vegger og grøft som stort sett kan se ut til å passe beskrivelsene i avsnitt over. Det er ikke observert bruk av paller, selv i de høyeste skjæringene. Det er observert lite til ingen sikring selv om det lokalt ser ut som berget er ganske oppsprukket. Noen skjæringer er sikret med spredt bolting, og lokalt med steinsprangnett, men systematisk bolting eller sprøytebetong er ikke observert. Flere steder er det synlige borepiper fra kontursprengning.

Prosjektert skjæringshelning i eksisterende skjæringer er noe slakere enn det som anbefales i N200 i dag for store deler av veistrekningen. Her kan det imidlertid være at det lokalt er tatt hensyn til f.eks. geologiske forhold som kan ha gitt både brattere og slakere skjæringshelninger enn prosjektert. Videre er

grøft utformet noe annerledes enn prinsippskisse fra N200 indikerer. Prosjektet grøftebredde ser ut til å være samsvarende med gjeldende håndbok for noen skjæringshøyder. For de fleste parsellene er det ikke tilstrekkelig grunnlag for å si noe håndfast om hvorvidt eksisterende skjæringer er utformet med tilfredsstillende tiltak bak skjæringstopp.

I den grad eksisterende skjæringer gjenbrukes i forbindelse med ny E18 Arendal-Grimstad, bør bergsikringen i disse skjæringene vurderes nærmere i senere planfase. Bergsikring i eksisterende skjæringer bør sannsynligvis suppleres i mange tilfeller for å møte dagens krav til sikkerhet. Det vurderes videre at det i utgangspunktet ikke skal være behov for å justere skjæringshelningen i eksisterende skjæringer. Unntaket blir hvis det vurderes at det burde vært brukt paller. Dette vurderes imidlertid som lite sannsynlig. Forhold bak skjæringstopp bør også vurderes nærmere i senere planfase. Her kan det forventes behov for tiltak ved eksisterende skjæringer, basert på at foreliggende prosjekteringsdokumenter gir lite informasjon om forholdene her.

Utformingen av grøfter bør vurderes nærmere i senere planfase, særlig mtp. konsekvens av tilbakefyllingen for sikkerheten i veibanen. Med prosjektet skjæringshelning er prosjektet grøftebredde 4-5 m kun tilstrekkelig for skjæringer med inntil 14-16 m høyde, i henhold til dagens krav i N200. Grøftebredde på 3,35 m er tilstrekkelig for skjæringer med inntil 10 m høyde med prosjektet helning, i henhold til dagens krav. Grøftebredde bør kontrolleres opp mot skjæringshelning og ved for smal grøftebredde bør det vurderes om grøft skal utvides. Det gjelder spesielt for eksisterende skjæringer med høyde over 14 m.

Hvis en skjæring skal utvides krever det ny prosjektering av skjæringen i henhold til N200.

4.4 Tidligere grunnundersøkelser

4.4.1 KDP

Under kommunedelplanfasen (KDP) ble det utført ingeniørgeologisk kartlegging over 2 dager og grunnboringer [7, 26]. Kartleggingen hadde søkelys på mulige påhuggsområder, tunnelstrekninger og generell geologi i området. Grunnboringer kartla dybde til fjell og løsmassesammensetning. Det ble utført totalt 123 stk. totalsonderinger med avslutning i faste masser, med stopp mot antatt berg, og mot antatt berg med kontrollboring i berg. Borede dybder

varierer fra 0,3 – 45,8 meter. Data fra KDP er gjort tilgjengelig og brukt som grunnlag for denne rapporten.

4.4.2 Verdiopptimalisering våren 2021

I forbindelse med verdiopptimalisering ble det utført skredfarekartlegging for planlagt veistrekning. Skredfarevurdering er gitt i kapittel 7.6-7.10 i "Fagnotat: Veiføring, anleggskostnader, konstruksjoner og grunnforhold" fra verdiopptimaliseringen [8].

4.5 Utførte grunnundersøkelser i denne fasen

Det er utført flere typer undersøkelser i dette forprosjekt.

- Geotekniske boringer og prøvetakinger
- Geofysiske undersøkelser
- Ingeniørgeologisk kartlegging
- Prøvetaking og undersøkelser for sulfidinnhold

4.5.1 Geotekniske grunnboringer og prøvetakinger

Det er gjort flere geotekniske grunnboringer i planområdet. Hovedsakelig er det utført totalsonderinger, men også prøveserier, CPTu og poretrykkmålinger i utvalgte punkter. Det henvises til geoteknisk datarapport for detaljer [27]. Denne planlegges ferdigstilt i løpet av juni 2022. Det forventes ikke at resultatene fra grunnboringene vil ha stor innvirkning på resultatene og vurderingene i foreliggende rapport.

4.5.2 Geofysiske undersøkelser

Det er utført geofysiske undersøkelser. Disse er kun relevante for planlagte tunneler og omtales derfor ikke videre i denne rapporten.

4.5.3 Ingeniørgeologisk kartlegging

Det er utført ingeniørgeologisk kartlegging i to omganger i dette forprosjektet.

Grimstadportentunnelen med forskjæringsområder ble befart i forbindelse med planlagt vedlikehold og stenging av tunnelen 16. til 17. februar 2022. Det ble også utført ingeniørgeologisk befaring av lokaliteter tilknyttet Frivolltunnelen og utvalgte høye skjæringer langs traséen 14. til 16. mars 2022. Senere justeringer i veilinjen har gitt noen endringer i planlagte skjæringshøyder. Noen av de høyeste skjæringer er derfor ikke befart. Skjæringer under 10 meter er ikke vurdert.

Observasjoner og tolkninger fra feltbefaring finnes i kapitel 5, 6 og 8.

4.5.4 Undersøkelser for sulfidinnhold

Det er foretatt en innledende testing og vurdering av syredannede bergarter for å avdekke forekomster av dette langs traseen. De ulike bergartene som skal foreligge langs traseen i henhold til NGUs berggrunnskart ble prøvetatt og sendt til laboratorium for undersøkelse med XRF og peroksydtest. Resultater omtales i kapittel 5.7.1 og 8.16.

Foreløpige

DEL 1: FAKTADEL

Foreløpig

5 Fakta

5.1 Topografi

Topografien i området er preget av erosjon og forvitring langs eksisterende strukturer i bergmassen. Landskapet i planområdet kan generelt beskrives som småkupert med små koller langs kysten mellom Arendal og Grimstad. Det er flere dalsøkk i området og i de kystnære områdene stryker mange av disse strukturene parallelt med kystlinjen. Maksimum høydeforskjell til disse strukturene er ca. 250 m. Det er også terrengformer som stryker vinkelrett på kystlinjen. Grimstadgranitten stikker opp av landskapet, som markerte høydeområder og koller. Høyereliggende områder har avrundede til flate partier langs toppene med brattkanter i fjellsidene ned mot parallelt orienterte dalsøkk. Bunnen av dalsøkkene har flate myrområder og mindre innsjøer mellom høydedrag av fast fjell og/eller løsmasser. Landskapet har i stor grad vært påvirket av isbrebevegelse, som har slipt og polert fjelloverflaten [7, 8]. Topografisk kart vises i Figur 5-1.

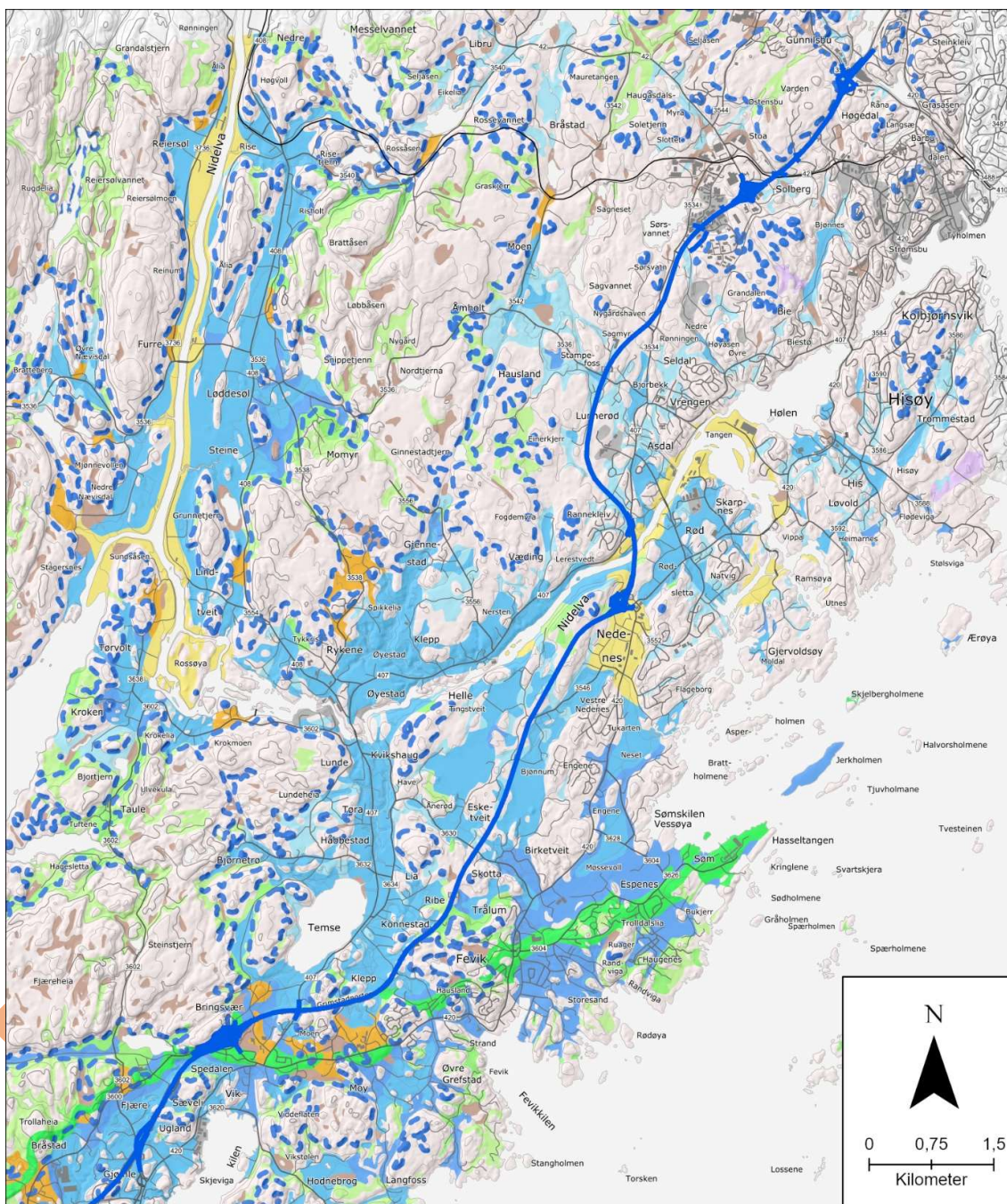


— Senterlinje
 Figur 5-1: Topografisk kart over del av veistrekning med dagsoner.

5.2 Kwartærgeologi

Langs strekningen til nye E18 Arendal-Grimstad indikerer NGUs løsmassekart variasjon i løsmassetyper og -tykkelser [10]. I nordenden av strekningen dominerer bart fjell sammen med noe torv og myr. Opptreden av marine

avsetninger øker mot sør. Generelt er det en del hav-, fjord- og strandavsetninger i både tynt og tykt dekke i området. Slike avsetninger ligger som et lappeteppe langs strekningen i veksling med områder med bart fjell. Hav- og fjordavsetninger består typisk av leirig materiale mens strandavsetninger typisk inneholder mer sand. Hele prosjektområdet er under marin grense, som her påtreffes ca. 60 meter over havet. Ved Nidelva og Nedenes kan det påtreffes elveavsetninger. Ved Bringsvær sør for Grimstadporten skal traseen krysse et NØ-SV-gående randmorenebelte som opptrer i veksling med breelvavsetninger. Områder med både tynt og tykt dekke med morenemateriale finnes flere steder langs strekningen. Kvartærgeologisk kart vises i Figur 5-2.



- Senterlinje
- - - Marin grense
- 011-Morenemateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet
- 012-Morenemateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen
- 015-Randmorene/randmorenebelte
- 020-Breelvasetning (Glasifluvial avsetning)
- 041-Hav- og fjordavsetning, sammenhengende dekke, ofte med stor mektighet
- 042-Marin strandavsetning, sammenhengende dekke
- 043-Hav- og fjordavsetning og strandavsetning, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen
- 050-Elve- og bekkeavsetning (Fluvial avsetning)
- 070-Forvitningsmateriale, ikke inndelt etter mektighet
- 090-Torv og myr (Organisk materiale)
- 120-Fyllmasse (antropogent materiale)
- 130-Bart fjell

Figur 5-2: Kvartærgeologisk kart over del av vestrekkning med dagsoner [10].

5.3 Berggrunnsgeologi

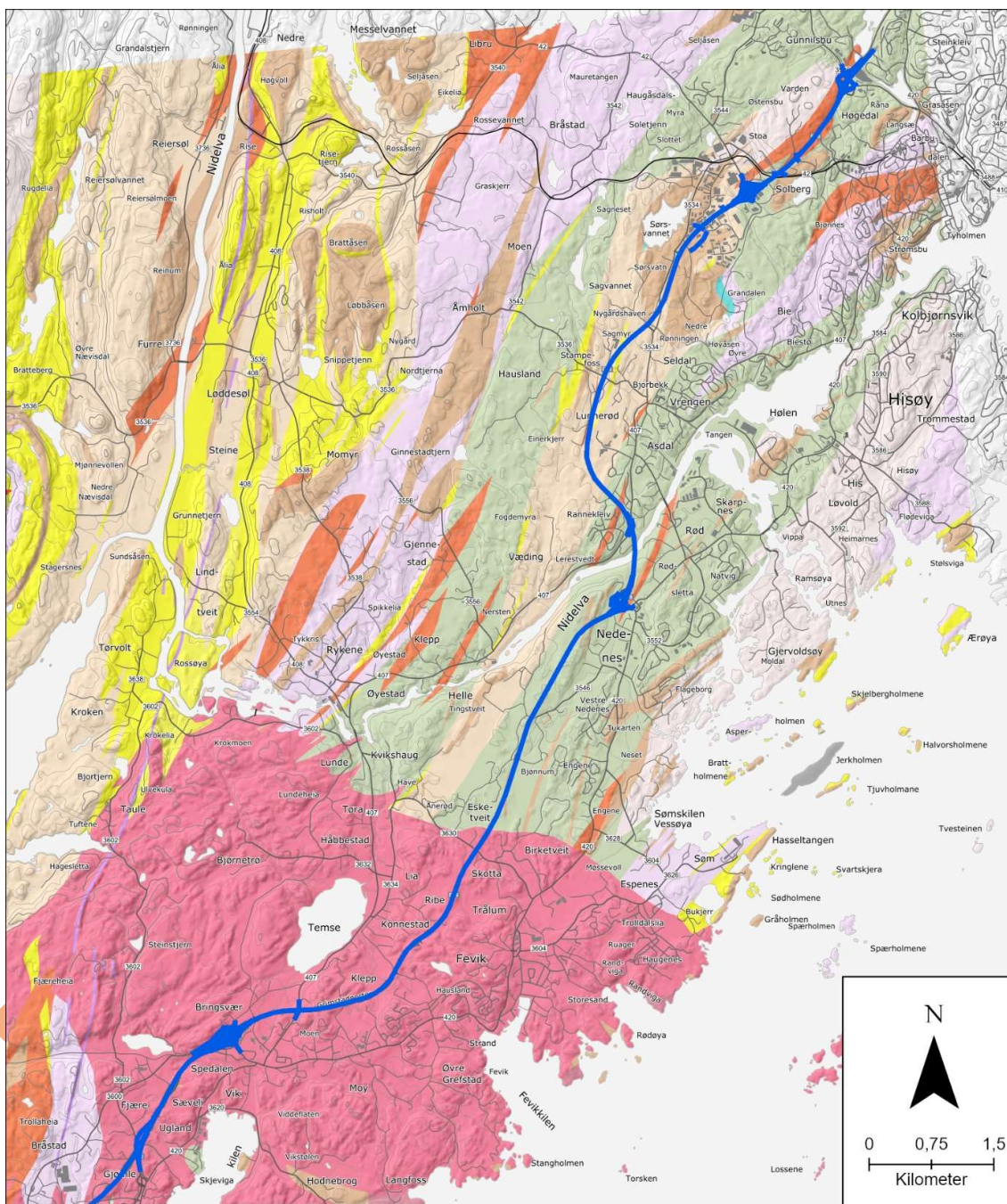
Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal traseen til nye E18 gå i og over bergmasse bestående av flere gneiser, som båndgneis, trondhemitt-/tonalittgneis og pelittisk gneis, samt migmatitt, amfibolitt, kvartsitt, granitt og mindre områder med marmor og potensielt skarn og magnetitt. Et berggrunnskart vises i Figur 5-3 for dagsonene. Bergartsfordeling langs hele traseen er vist i Tabell 5-1.

Flertallet av bergartene langs traséen til ny E18 Arendal-Grimstad tilhører grunnfjellet. Grunnfjellet består av meget gamle (ca. 1600-1000 millioner år gamle) gneiser, amfibolitter og kvartsitter. Bergartene bestod opprinnelig av sedimentære bergarter og vulkanske dag- og dypbergarter som har blitt omdannet og fått sin karakteristiske struktur med foliasjon. Bergartene ble omvandlet under den Svekonorvegiske fjellkjedefoldingen, som har gitt isoklinale folder med foldeakser som stryker omtrent parallelt med dagens kystlinje. Gneisbergartene er typisk rike på kvarts og feltspat.

Mellom de eldre grunnfjellsbergartene har det trent opp yngre (ca. 1000-900 millioner år gamle) granitter, bl.a. Grimstadsgranitten. Disse yngre bergartene har ofte markante grenser til omkringliggende eldre bergarter. Det forekommer også ganger med rompeporfyr (ca. 300 millioner år gamle) i området som skjærer igjennom både de eldre gneisene og Grimstadsgranitten [7]. Ifølge NGUs berggrunnskart skal traseen som foreligger for dette forprosjektet ikke krysse rompeporfyr.

Tabell 5-1: Bergartsfordeling langs trasé.

Bergart	Lengde [km]	Lengde [%]
Granitt	10,9	33,7 %
Trondhemitt-tonalitt, gneis	3,4	10,6 %
Kalkspatmarmor, skarn, jernmalm (magnetitt)	0,2	0,7 %
Kvartsitt, vekslende med granatglimmergneis (Skjærgårdskvartsitten)	0,1	0,3 %
Migmatitt	1,3	3,9 %
Båndgneis, grå, lokalt med skarn og magnetitt	10,7	33,2 %
Amfibolitt	1,6	5,0 %
Gneis, pelittisk, med tynne kvartsitter	4,0	12,6 %
Total	32,3	100,0 %



Figur 5-3: Berggrunnskart for del av veistrekning med dagsoner [9].

5.4 Lineamenter

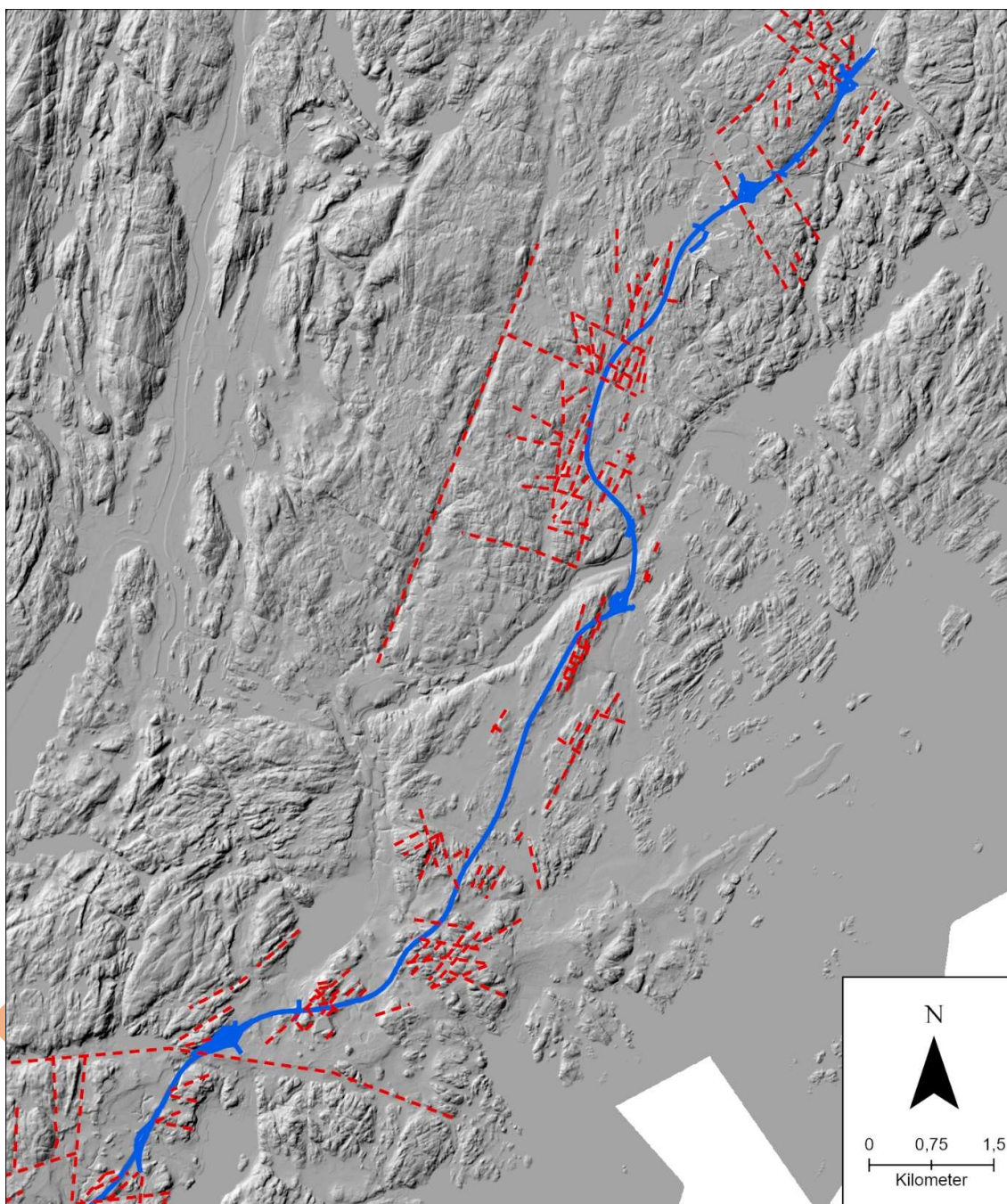
Det er to til tre dominerende orienteringer til tolkende lineamenter i planområdet:

- A. NNØ-SSV til N-S
- B. NV-SØ til NNV-SSØ
- C. Ø-V til ØNØ-VSV

Av disse er orienteringene i punkt A og B klart mest dominerende i området.

Figur 5-4 viser kart med tolkede lineamenter fra relieffkart. Det er kun området nærmest traseen som er vurdert.

Generelt viser resultater fra utførte grunnboringer ofte større løsmassemektigheter langs lineamenter, men ikke alltid.



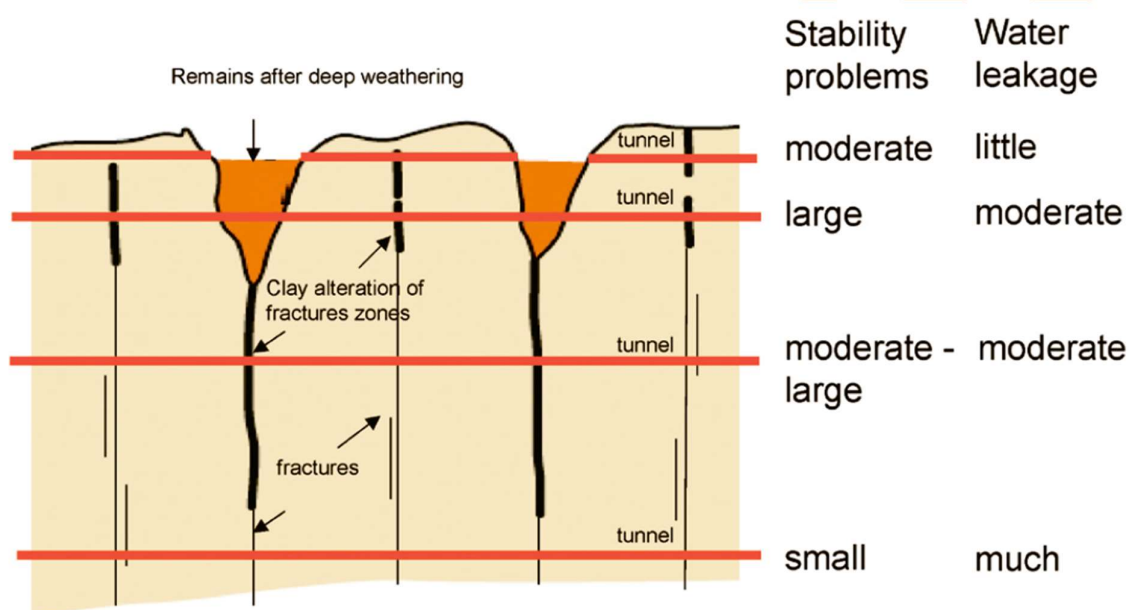
- Tolkede lineamenter
- Senterlinje

Figur 5-4: Skyggerelieffkart med oversikt over tolkede lineamenter for del av veistrekning med dagsoner.

5.5 Dypforvitring

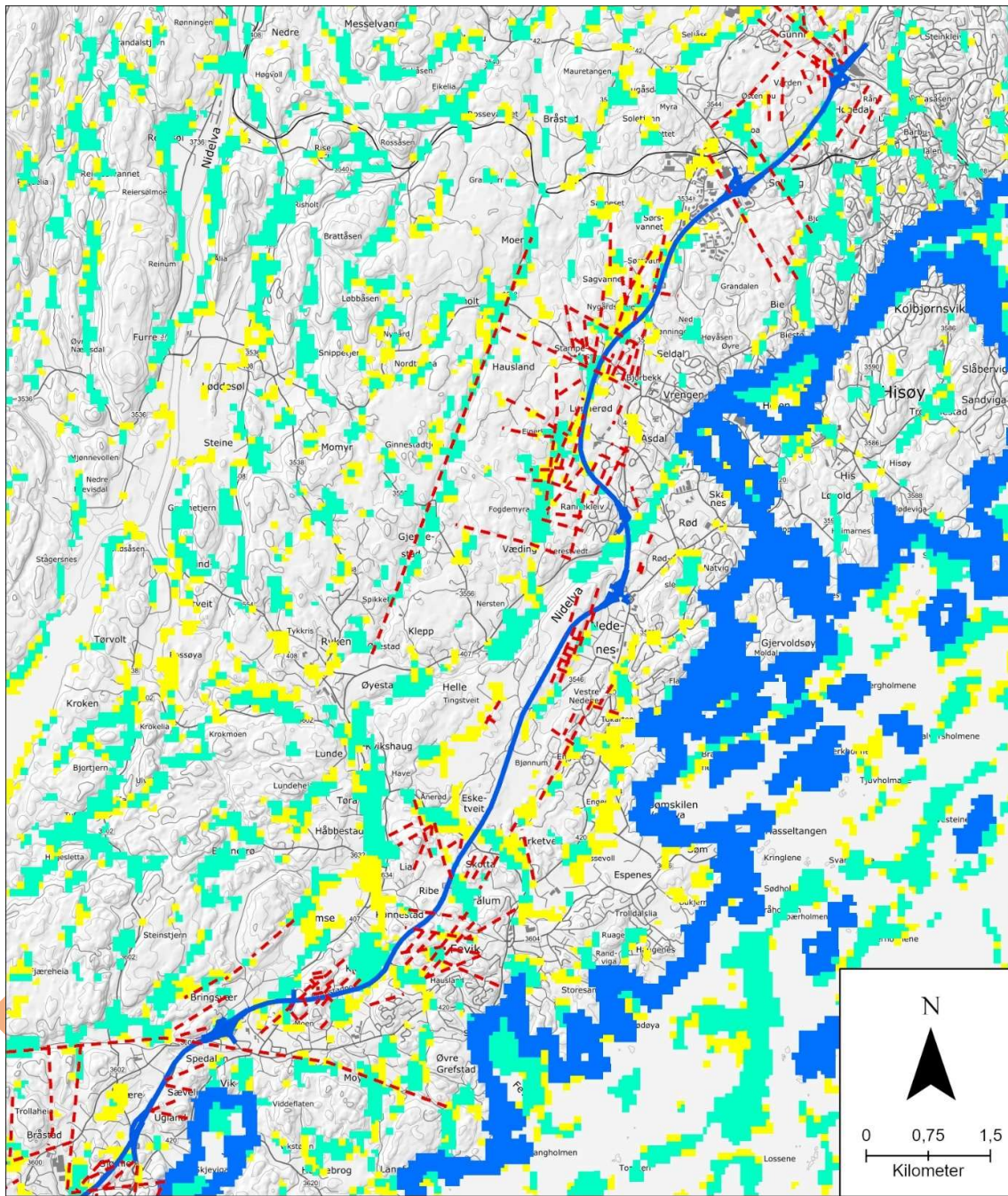
Eksponert grunnfjell ble utsatt for kjemisk forvitring da Norge lå ved tropiske breddegrader i Trias- og Juratiden [28]. Forvittringsprosessen var styrt av

sirkulasjon av surt vann og sprekkesystemer og svakhetssoner var derfor ekstra utsatt. Silikatmineraler i grunnfjellsbergartene ble omdannet til leirmineraler (f.eks. smektitt og kaolinit), som kan gi problemer både med svelling og lav friksjon på sprekker. Erfaring fra bygging i bergartene i området tilsier at det kan forventes å påtreffes svakhetssoner med leire og svelleleire, se f.eks. [29]. Dypforvitrede sprekkesystemer kan påtreffes ned til flere hundre meter under bakken og dermed gi utfordringer med bygging av undergrunnsanlegg (Figur 5-5). Et typisk forvittringsprofil går fra friskt berg, via kantete til avrundete blokker av friskt berg ("core stones"/reststeiner) omgitt av forvittringsprodukter til sjikt som består nesten utelukkende av forvittringsprodukter [30].



Figur 5-5: Utfordringer for tunneler i ulike dyp i forhold til dypforvitrede svakhetssoner [28].

NGU har publisert aktsomhetskart for dypforvitring basert på sammenfall av topografiske forsenkninger og negative magnetiske anomalier fra flybåren magnetometri [15]. I prosjektområdet indikerer kartene at stort sett alle større forsenkninger i topografien kan være påvirket av dypforvitring. Aktsomhetskartet indikerer flere mulige dypforvitringssoner som skal krysse veibanen (Figur 5-6).



- Tolkede lineamenter
- Senterlinje
- Dyppforvitringssoner
- Possible zones
- Less possible Zones
- Uncertain zones

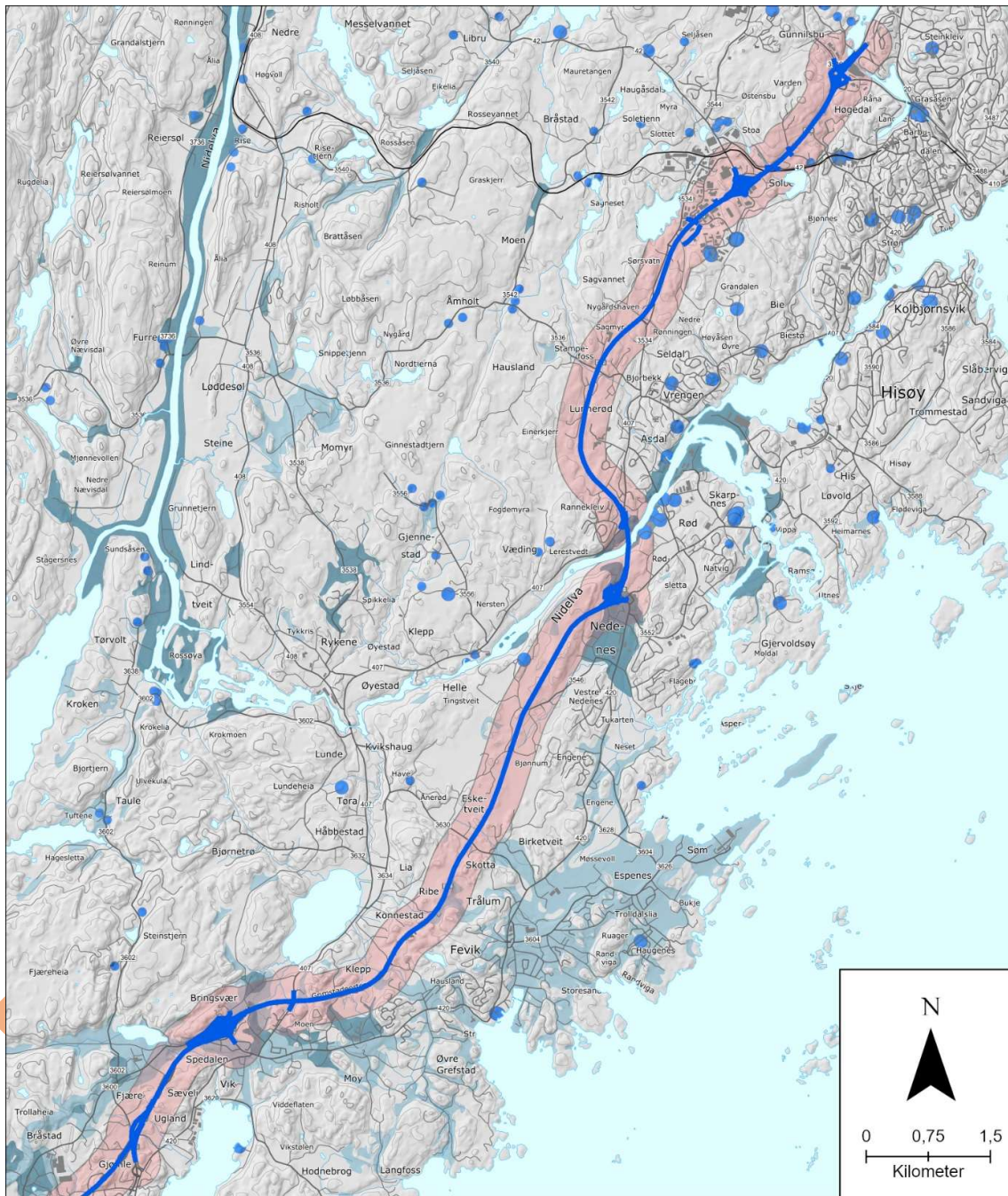
Figur 5-6: Aktsomhetskart for dyppforvitring med mulige dyppforvitringssoner for del av veistreking med dagsoner.

5.6 Hydrogeologi

NGUs løsmassekart [10] viser varierende grunnvannspotensiale langs veistrekningen (Figur 5-7). Grunnvannspotensialet er relatert til massenes vannledningsevne og følger i grove trekk dominerende kornstørrelse i avsetningene, slik at grovkornete strandavsetninger, elveavsetninger og breelvavsetninger har større grunnvannspotensiale enn leirige hav- og fjordavsetninger.

Granada [13] viser at det er flere brønner rundt planlagt veitrase, både for vannforsyning og andre formål. Veibygging kan i noen tilfeller medføre f.eks. redusert vannføring og endret vannkjemi i nærliggende grunnvannsbrønner. Det tas utgangspunkt i at grunnvannsforhold kan påvirkes innen et influensområde på 300 m fra tiltaket [31]. Noen registrerte brønner finnes innenfor influensområdet. Disse er grunnvannsbrønner og energibrønner, er anlagt i fjell og ligger primært i utkanten av influensområdet. Utover dette forventes ikke direkte konflikt mellom brønner og bygging av ny veistrekning. Det anbefales likevel det foretas en nærmere kartlegging av brønner i influensområdet som ikke er registrert i Granada.

Topografiske kart viser at det er vann og myr i nærheten av planlagt trase og flere vassdrag som krysser planlagt veistrekning [32]. I forbindelse med disse kan det oppstå utfordringer med vann og is i skjæringer. Det bør settes innlekkasjekrav i sårbare områder som ikke bør dreneres.



Figur 5-7: Hydrogeologisk kart med oversikt over grunnvannspotensiale og brønner for del av veistrekning med dagsoner. Det er registrert svært få brønner innenfor buffersonen som strekker seg 300 m fra senterlinjen. Disse er anlagt i fjell.

5.7 Miljøgeologi

5.7.1 Syredannende bergarter

Tidligere byggeprosjekter på Sørlandet, inkludert tilstøtende veistrekninger både nord og sør for E18 Arendal-Grimstad, har hatt utfordringer med syredannende bergarter og sur avrenning [7] [33] [34]. Disse utfordringene har blitt knyttet til sulfidinnhold i gneiser i det prekambriske Bamblekomplekset, som utgjør mesteparten av berget i kystnære områder mellom Bamble og Kristiansand, inkludert traséen for ny E18 Arendal-Grimstad. Utsprengte, syredannende bergarter kan gi sur avrenning som påvirker den kjemiske og økologiske tilstanden i tiltaksområdet og områder nedstrøms, og må derfor håndteres med aktsomhet [35] [36].

Det er utført prøvetaking for å undersøke sulfidinnhold i berget langs traséen til ny E18 Arendal-Grimstad. Disse er undersøkt i laboratorium med to undersøkelsesmetoder. Den ene undersøkelsesmetoden som er benyttet er X-Ray Fluorescens (XRF), som gir et estimat av svovelinnhold, hvilket gir en indikasjon på sulfidinnhold. Den andre undersøkelsesmetoden som er benyttet er peroksydtesting, der knust bergart blandes ut i 7% hydrogenperoksyd og temperaturendring måles etter 25 minutter. Dette gir indikasjon på bergartens syredanningspotensial. Klassifikasjonskriteriene for syredannende/ikke-syredannende bergarter er gitt i *Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis* av Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder [37], gjengitt her i Figur 5-8. For berg som etter disse retningslinjene vises å ha middels eller lav forvitningsgrad, klassifiseres berget som syredannende/ikke-syredannende etter Figur 5-9 [36].

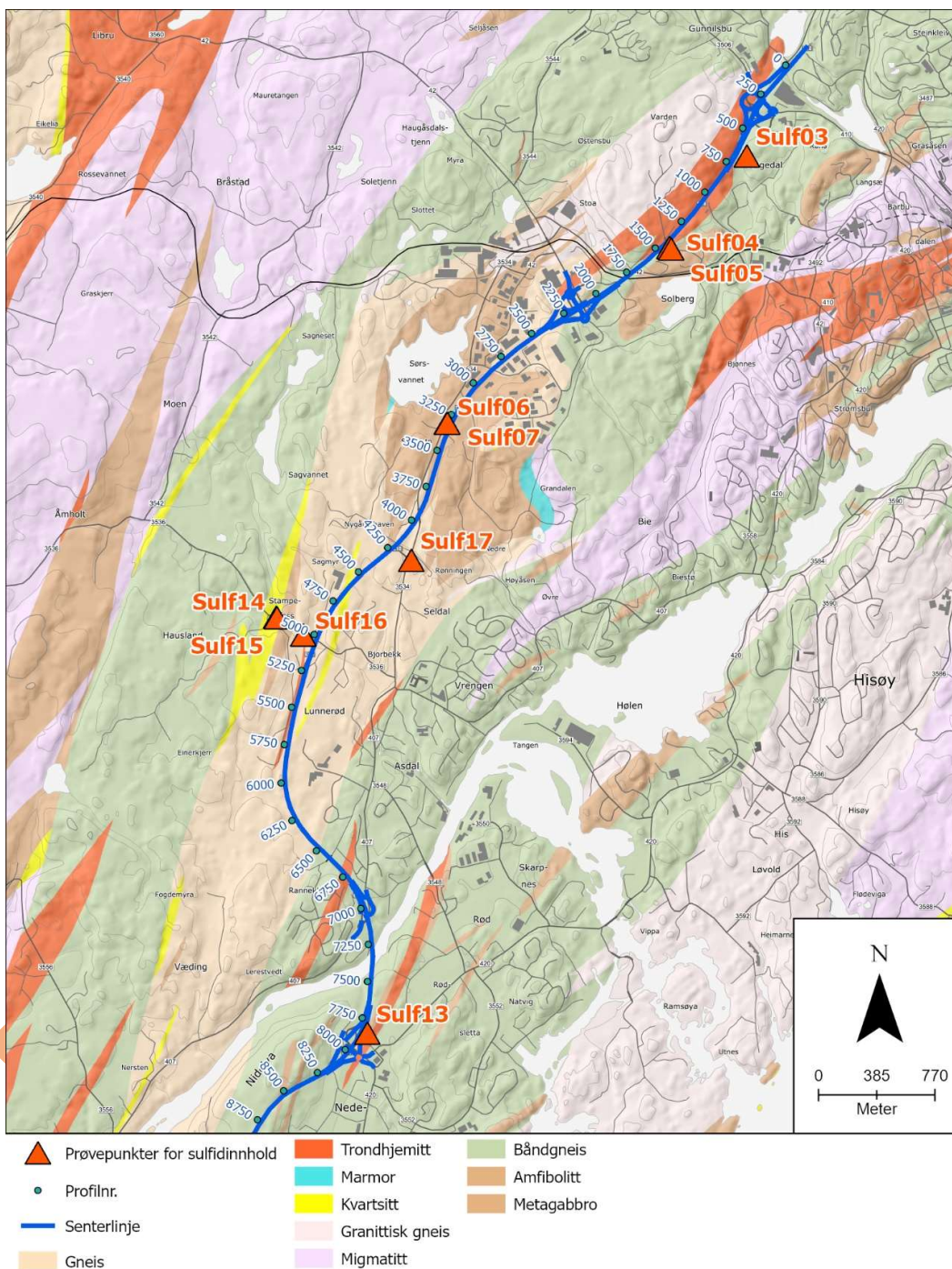
Faktor	Kategorier		
	Lav	Middels	Høy
Forvitningsgrad			
Innhold av svovel	<0,15 %	0,15 – 0,8 %	>0,8 %
Hydrogenperoksidtest	<0,7 C°	>0,7 C° - <1,2 C°	>1,2 C°

Figur 5-8: Faktorer som vurderes i undersøkelser av mulig syredannende bergarter [37].

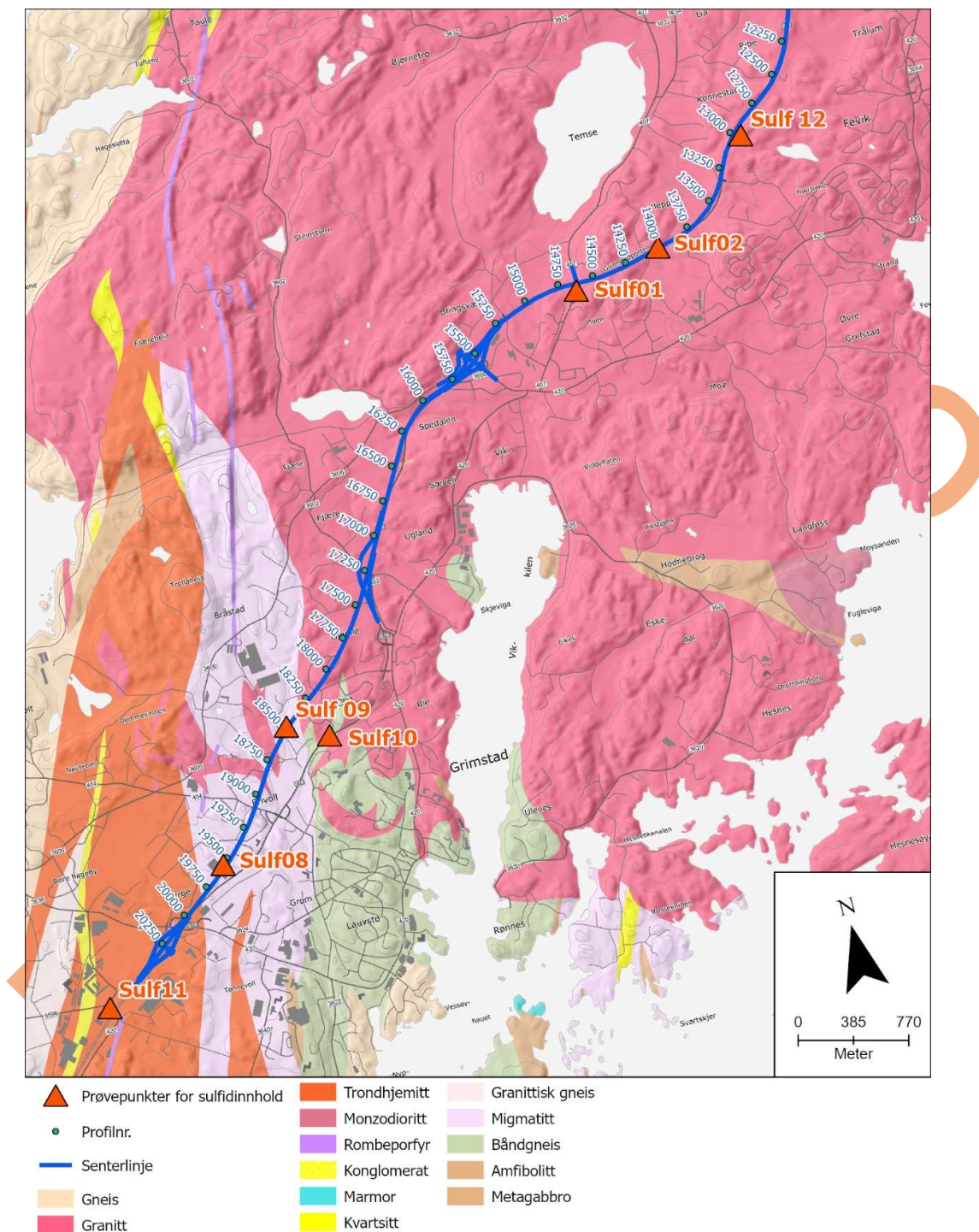
Innhold av svovel (Avsnitt 5.4)	Hydrogenperoksidtest (Avsnitt 5.5)		
	Lavt syredanningspotensial	Middels syredanningspotensial	Høyt syredanningspotensial
Lavt svovelinnhold	ikke-syredannende	ikke-syredannende	Syredannende
Middels svovelinnhold	ikke-syredannende	Syredannende	Syredannende
Høyt svovelinnhold	Syredannende	Syredannende	Syredannende

Figur 5-9: Klassifikasjon av syredannende egenskaper i berg med middels eller lav forvittringsgrad [37].

Figur 5-10 og Figur 5-11 gir en oversikt over prøvelokalitetene for sulfidprøvetaking i prosjektområdet. Tabell 5-2 oppsummerer resultatene fra XRF svovelanalyse og testing etter peroksydmetoden, som ble utført av Vannlaboratoriet AS. Prøvetatte bergarter samsvarer i stor grad med berggrunnskartet til NGU, men det er avvik ved én prøve. Prøve nr. 15. er tolket charnockitt, mens berggrunnskartet indikerer kvartsitt.



Figur 5-10: Kart over nordlig halvdel av prosjektområdet med oversikt over plassering til sulfidprøver som er innhentet. Berggrunnskart er brukt som bakgrunnskart [9].



Figur 5-11: Kart over sørlig halvdel av prosjektmrådet med oversikt over plassering til sulfidprøver som er innhentet. Berggrunnskart er brukt som bakgrunnskart [9].

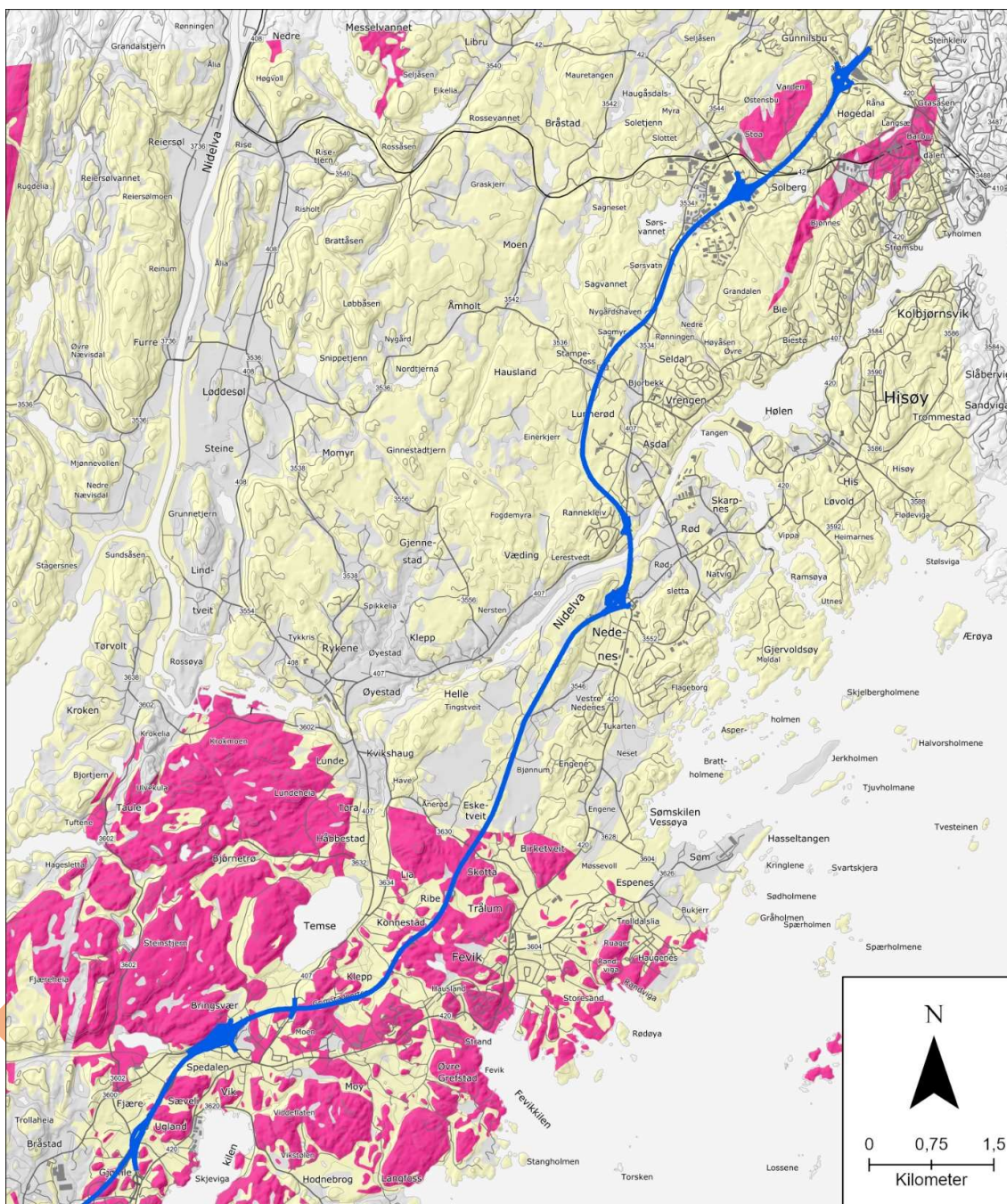
Tabell 5-2: Resultater fra XRF svovelanalyser og peroksydtest med kategorisering og klassifikasjon etter Lillesand Kommunes retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis [37].

Bergart	XRF svovelanalyser			Peroksyd-metode		Forvittrings-grad	Klassifikasjon
	Prøve-nr.	Resultat	Kategori	Temp.	Kategori		
		%		diff. ° C			
Granitt	1	0,091	Lav	0,0	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Granitt	2	0,105	Lav	0,1	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Båndgneis	3	0,068	Lav	1,0	Middels	Lav	Ikke-syredannende
Tonalittisk gneis	4	0,031	Lav	0,2	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Amfibolitt	5	0,102	Lav	0,1	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Amfibolitt	6	0,106	Lav	0,5	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Marmor/ magnetitt/ skarn	7	0,107	Lav	0,3	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Migmatitt	8	0,171	Middels	0,2	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Migmatitt	9	0,125	Lav	0,0	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Båndgneis	10	0,057	Lav	0,1	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Tonalittisk gneis	11	0,086	Lav	0,1	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Granitt	12	0,049	Lav	0,6	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Båndgneis	13	0,040	Lav	0,5	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Metagabbro/ Kvartsitt*	14	0,114	Lav	0,1	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Charnockitt (kvartsitt*)	15	0,106	Lav	1,3	Høy	Lav	Syredannende
Pelittisk (biotittrik) gneis	16	0,219	Middels	0,3	Lav	Lav	Ikke-syredannende
Pelittisk (biotittrik) gneis	17	0,192	Middels	0,6	Lav	Lav	Ikke-syredannende

*iflg. NGU berggrunnskart 1:50 000 [9].

5.7.2 Radon

Store deler av den nye veistrekningen er merket som områder med moderat til lav eller usikker aktsomhet for radon ifølge aktsomhetskart fra NGU [12]. I området hvor Grimstadsgranitten påtreffes ifølge berggrunnskart er aktsomheten for radon også høy. Aktsomhetskart for radon vises i Figur 5-12.



Figur 5-12: Aktsomhetskart for radon for del av veistrekning med dagsoner. [12].

5.8 Skred

I forbindelse med verdioptimalisering i 2021 [8] ble det utført en skredfarevurdering for traseen. Det er registrert flere skredhendelser langs eksisterende E18 mellom Arendal og Grimstad, hovedsakelig i form av steinsprang. Disse er utløst i eksisterende veiskjæring. Ellers har ikke NVE kartlagt aktsomhetsområder for hverken jord-, flomskred eller steinsprang som berører selve veien.

Skredfarevurderingen stadfester at planlagt veitrase generelt ligger i et relativt flatt terreng uten betydelig problematikk knyttet til skred fra naturlig terreng. Det er kun langs randsonen/yttergrensen av skjæring som etableres langs traseområdet at skred fra naturlig terreng kan nå veitrase. Definerte faresoner der det er behov for avbøtende tiltak mot skred omfatter både naturlig terreng og skjæring som må etableres for nye E18 Arendal—Grimstad. Det henvises til fagnotat fra verdioptimaliseringen for kart og andre detaljer [8].

5.9 Bergmassens egnethet til vegformål

Av bergartene kartlagt i prosjektområdet kan granitt, tonalittisk gneis, kvartsitt og trolig migmatitt egne seg til bruk i både veifundament og toppdekke [9] [38](Tabell 5-1). Båndgneis, amfibolitt og pelittisk gneis (glimmergneis) kan egne seg til veifundament, men ikke toppdekke. Marmor vil trolig ikke egne seg til bruk i veibygging.

I forbindelse med KDP ble NGUs grus- og pukkdatabase [11] gjennomgått for en innledende vurdering bergmassens egnethet til bruk i veioppbygging langs planlagt trase. Det foreligger resultater (Los Angeles- og Micro-Deval verdi) fra Landvik pukverk som indikerer at massene herfra kan brukes i blant annet forsterkningslag, bærelag og asfalt. Landvik pukverk ligger 4 km fra nærmeste punkt på E18 ved Øygardsdal-krysset ved Frivolltunnel påhugg S. Massene fra Klodeborg pukverk har noe høyere verdier, men skal være godkjent ihht. NS-EN 13043. Klodeborg pukverk ligger 0,6 km fra nærmeste punkt på traséen ved Stoa. Masser fra Vestre Dale pukverk er brukt av Vegvesenet tidligere, men det opplyses ikke om resultater herfra. Vestre Dale pukverk ligger 14 km fra nærmeste punkt på traséen ved Stoa. Samtlige nevnte pukverk driver i (meta)gabbroide bergarter innhyllt i amfibolitt og gneis [7] [9] [11] [38] [39]. (Meta)gabbro er i utgangspunktet ikke en bergart som skal påtreffes langs traseen.

De metamorfe bergartene i planområdet tilhører Bamblekomplekset, som strekker seg fra Bamble til Kristiansand, og er derfor nært beslektet med bergartene påtruffet i E18 Tvedestrand – Bamble [40] [41]. Dette gjelder migmatitt, amfibolitt, kvartsitt og gneis. Resultatene fra E18 Tvedestrand - Bamble antyder varierende egnethet og at hyppig testing er nødvendig for å bestemme om de utsprengte massene egner seg til veioppbygging [41]. Det er ikke utført tester på dette for bergartene langs E18 Arendal-Grimstad i forbindelse med KDP eller dette forprosjektet. Det anbefales å gjøre uttak av prøver og for testing av bergmassens egnethet i neste planfase.

Foreløpig

6 Ingeniørgeologisk kartlegging

Det er utført ingeniørgeologisk kartlegging i to omganger i dette forprosjektet; en befaring i februar og en i mars. På befaringen i februar var det regnvær, mens det for det meste var oppholdsvær på befaringen i mars.

Navngivingen til befaringslokaliteter er satt sammen av en bokstav som identifiserer ingeniørgeologen som har kartlagt lokaliteten og et løpenummer som starter på 001 for hver bokstav. Videre er befaringslokalitetene klassifisert som *fullstendig befaringslokalitet* eller *kort befaringslokalitet* etter detaljnivå på innsamlede data. Data er samlet inn med ArcGIS sin Field Maps app.

Befaringspunkter kartlagt i henhold til standard NS-EN ISO 14689:2018 [42] og Q-systemet [43]. Orientering til plane strukturer oppgis i fall og fallretning. Standarden definerer betydningen av ulike geologiske begreper. Standarden er på engelsk og utvalgte begreper relevant for dette dokumentet er oversatt i Tabell 6-1.

Tabell 6-1: Kvalitative begreper oversatt fra engelsk til norsk.

	Begrep på engelsk	Begrep på norsk
UCS felttest	Extremely strong	Ekstremt sterk
	Very Strong	Veldig sterk
	Strong	Sterk
	Medium strong	Moderat sterk
	Moderately weak	Moderat svak
Sprekkeåpning	Very tight	Veldig tett
	Tight	Tett
	Partly open	Delvis åpen
	Open	Åpen
	Moderately wide	Moderat bred
	Wide	Bred
	Very wide	Veldig bred
Sprekkeruhet	Extremely wide	Ekstremt bred
	Striated	Striasjon
	Planar	Plan
	Straight	Rett
	Smooth	Glatt
	Rough	Ru
	Undulating	Undulerende
	Curved	Krummet
	Stepped	Hakkete
Wavy	Bølgete	
Forvitningsgrad	Fresh	Uforvitret
	Slightly weathered	Svakt Forvitret
	Moderately weathered	Moderat Forvitret

6.1 Veiskjæringer

Identifiserte veiskjæringer med høyde over 10 m er nummerert fra 1-20. Skjæringene er opprinnelig nummerert fra nord til sør langs veilinja i prosjektet. Løpende justeringer av veilinja har medført at noen skjæringer har kommet til og noen har falt fra. Nummereringen er derfor ikke nødvendigvis i rekkefølge langs veilinja.

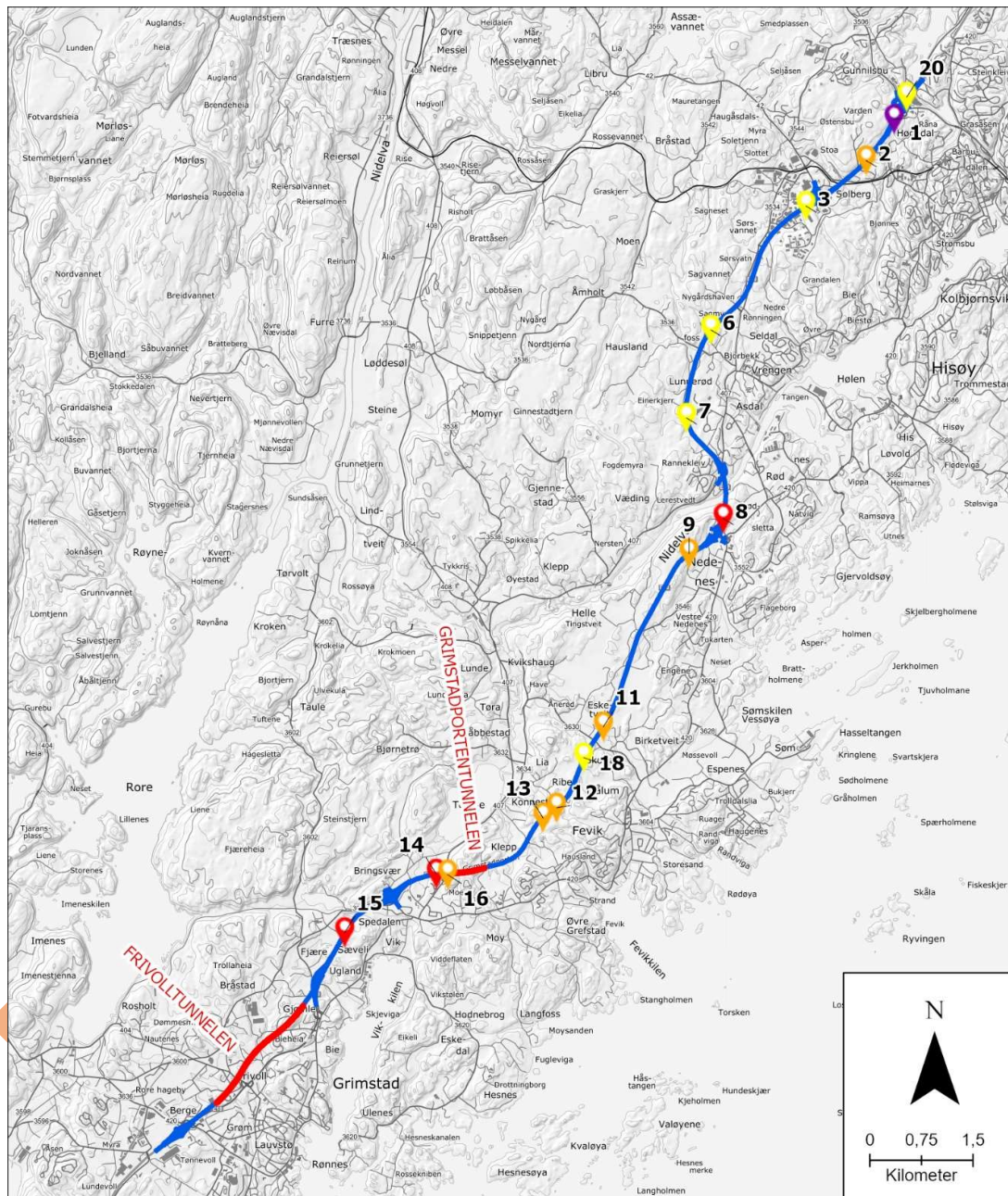
Det er identifisert 15 bergskjæringer langs traseen med høyde over 10 m. En liste over disse, med aktuell data er vist i Tabell 6-2. De vises også i kart i Figur 6-1. Befaringslokaliteter som dekker skjæringer, er vist i Figur 6-2.

De oppgitte skjæringsveggarealene er avrundede verdier, og det samlede skjæringsveggarealet av alle skjæringene i listen er ca. 43000 m². Totalt i prosjektet forventes det ytterligere ca. 18000 m² med bergskjæringsflater. Disse er forventet å være lavere enn 10 meter og behandles ikke spesifikt i denne rapporten. Det er likevel viktig at disse sikres og utformes etter gjeldende praksis og regelverk. Se også vedlegg 1 for geologisk kartvedlegg langs hele strekningen.

Videre følger en beskrivelse av de ulike skjæringene med høyde over 10 m, slik de foreligger i modell pr. 25. april 2022. Skjæringene presenteres i rekkefølgen de opptrer langs traseen fra nord til sør. I oversiktskart til skjæringene vises eksisterende E18 for å indikere hvordan veibanen planlegges utvidet ved oppgradering til fire kjørefelt.

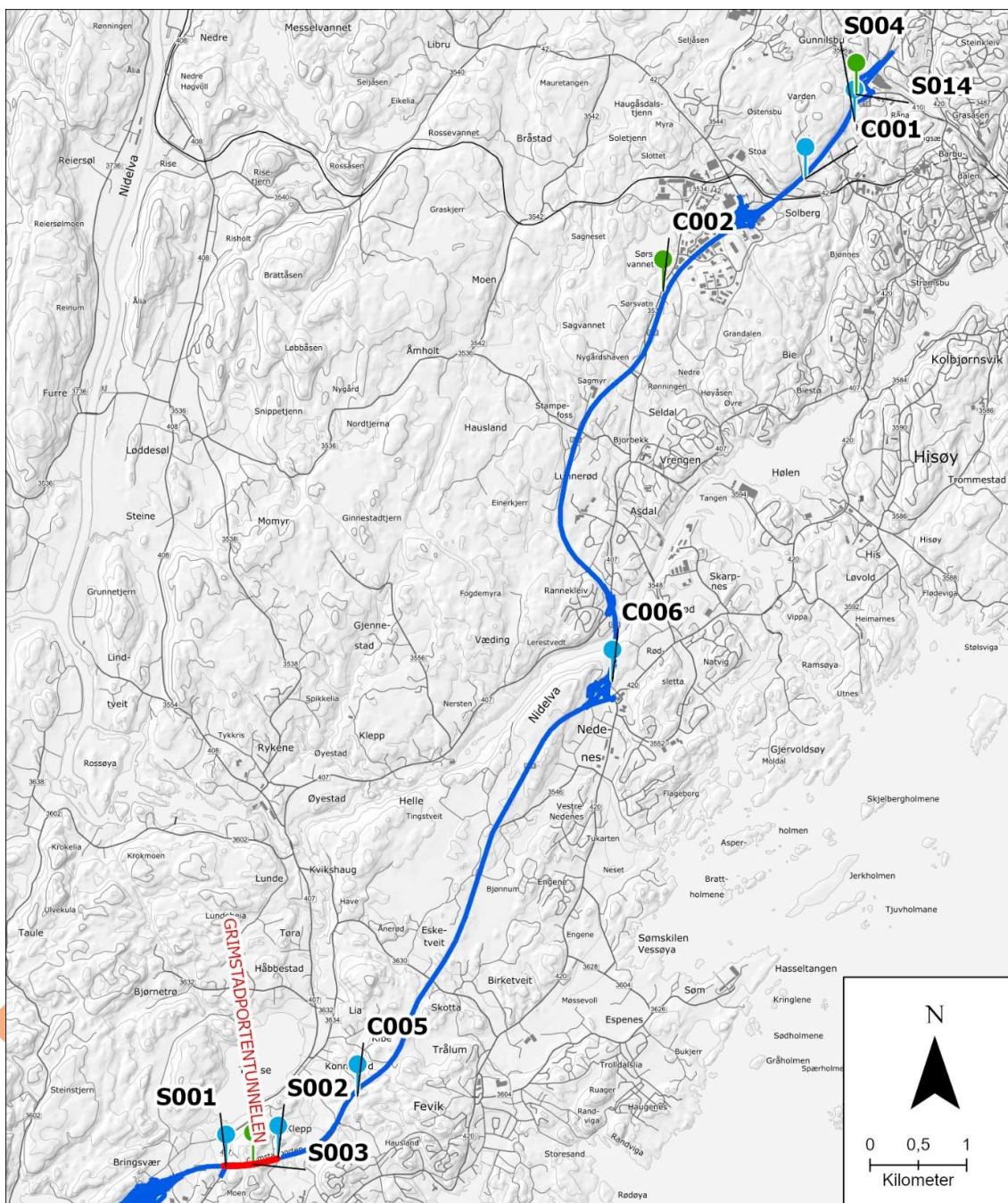
Tabell 6-2: Oversikt over skjæringer med høyde over 10 m. Areal, lengde og høyde er rundet av til henholdsvis nærmeste 500, 10 og 1.

Skjærings-ID	Ensidig/tosidig	Areal [m ²]	Lengde [m]	Maks. høyde [m]
1	Ensidig	11000	630	28
2	Tosidig	4500	500	16
3	Ensidig	1500	190	15
6	Tosidig	2000	300	14
7	Tosidig	2000	350	11
8	Ensidig	5000	390	23
9	Tosidig	2500	380	18
11	Ensidig	500	80	16
12	Ensidig	1000	120	18
13	Tosidig	1500	210	19
14	Ensidig	2000	190	22
15	Tosidig	6500	440	24
16	Ensidig	1500	210	20
18	Tosidig	500	110	10
20	Ensidig	1000	160	11



- Skjærings-ID
- Skjæringshøyde 25-30 m
- Skjæringshøyde 10-15 m
- Skjæringshøyde 15-20 m
- Skjæringshøyde 20-25 m
- Senterlinje
- Tunneltrase

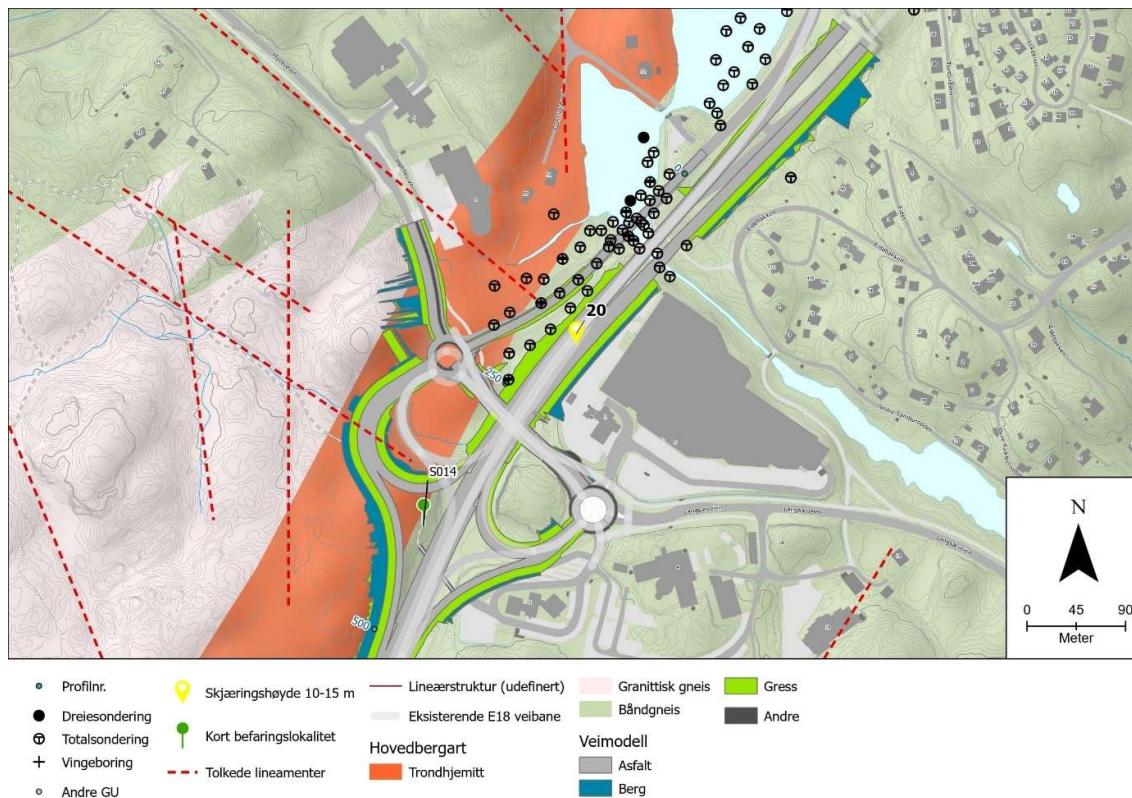
Figur 6-1: Oversiktskart som viser lokaliseringen til alle identifiserte veiskjæringer med høyde over 10 m, samt tunneler, langs ny E18 Arendal-Grimstad. Skjærings-ID er angitt med tall i kart og symboler er fargeklassifisert etter planlagte maksimale skjæringshøyder.



● Fullstendig befaringslokalitet
● Kort befaringslokalitet
— Senterlinje
— Tunneltrase

Figur 6-2: Oversiktskart som viser befaringslokaliteter ved planlagte skjæringer. Det er ikke befart skjæringer sør for Grimstadportentunnelen.

6.1.1 Skjæring 20



Figur 6-3: Oversiktskart over skjæring 20.

Geometri

Skjæring 20 er en ensidig skjæring som skal bli ca. 160 m lang og ca. 11 m på det høyeste. Skjæringen skal etableres på sørøstsiden av veien. Figur 6-3 viser et oversiktskart over skjæringen.

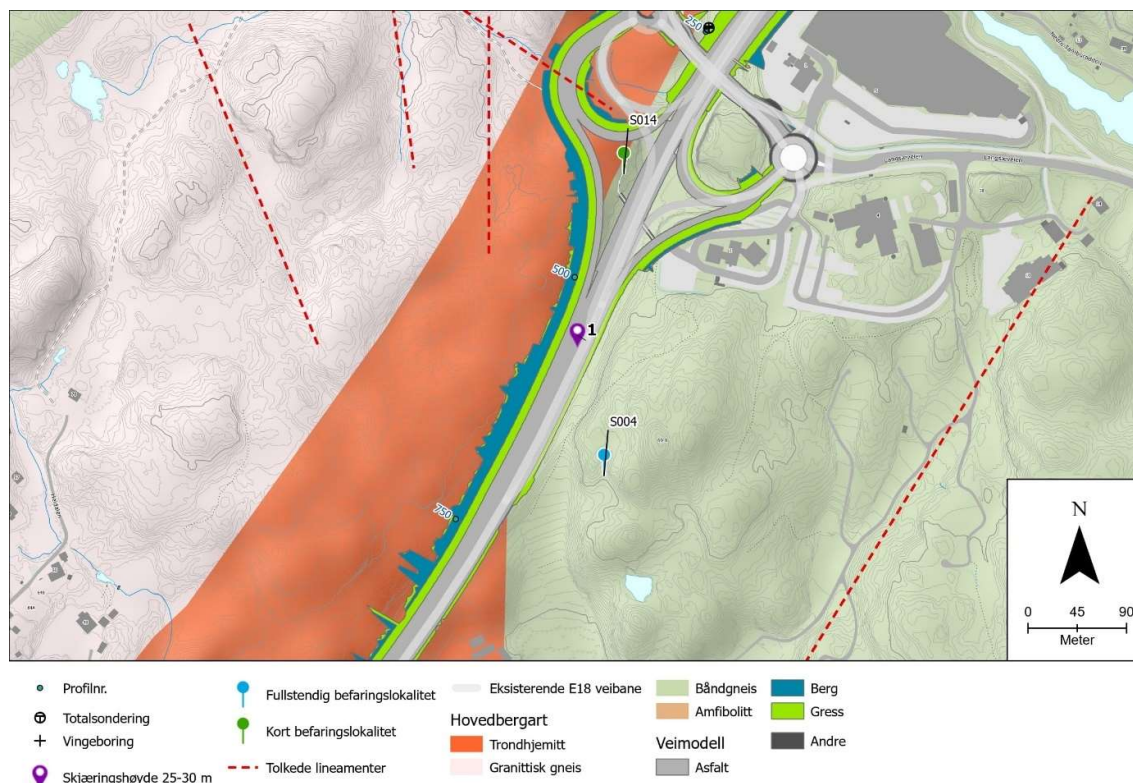
Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av båndgneis i skjæringen. Løsmassedekket forventes tynt. Grunnboringer rundt skjæringen indikerer løsmassemektheter mellom ca. 1 og 19 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for området der skjæringen skal etableres. Det er ingen tolkede lineamenter som krysser skjæringen.

Befaringsobservasjoner

Skjæring 20 er ikke befart.

6.1.2 Skjæring 1



Figur 6-4: Oversiktskart over skjæring 1.

Geometri

Skjæring 1 er en delvis ensidig, delvis tosidig skjæring som skal bli ca. 630 m lang og ca. 28 m på det høyeste. Skjæringen skal etableres på nordvestsiden av veien og følger både hovedvei og rampe. Figur 6-4 viser et oversiktskart over skjæringen.

Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av båndgneis og tonalitt gneis i skjæringen. På befaringslokalitet S004 og S014 er bergarten tolket som båndgneis. Dette samsvarer med berggrunnskartet til NGU. Det er ikke observert tegn til den tonalittiske gneisen eller bergartsgrense i området. Løsmassedekket forventes tynt, men kan være noe mektigere i forsenkninger i terrenget. Grunnboringer nord for skjæringen indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 1 og 19 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for området der skjæringen skal etableres. Det er stigende terreng i bakkant av skjæringen som lokalt heller brattere enn 30 grader. Ett tolket lineament krysser nordenden av skjæringen med ca. 70 graders vinkel.

Befaringsobservasjoner

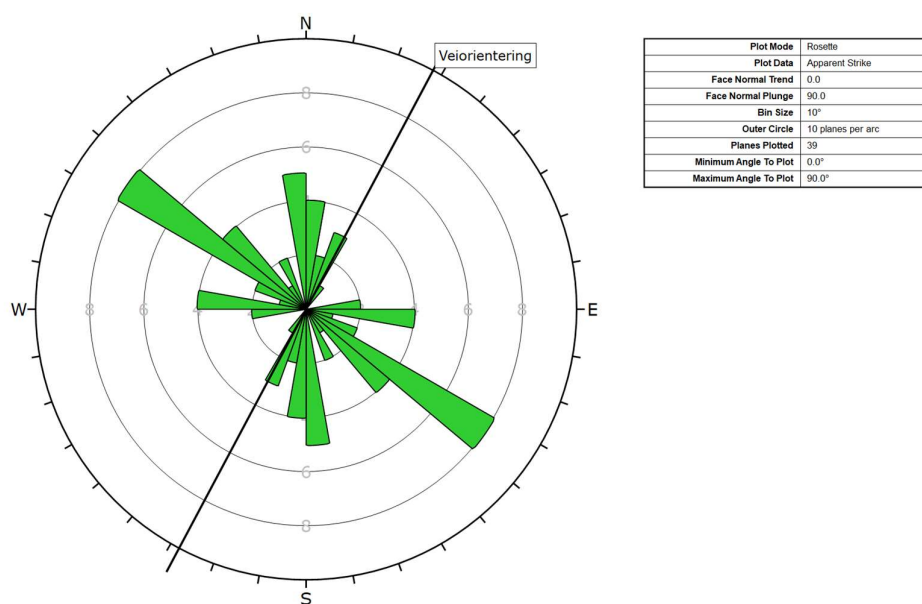
Befaringslokalitet S004 og S014 er de nærmeste befaringslokalitetene til skjæring 1. Befaringsdata, sprekkesettregistreringer og sprekkerose for S004 sees i Tabell 6-3, Tabell 6-4 og Figur 6-5. For S014 sees befaringsdata, sprekkesettregistreringer og sprekkerose i Tabell 6-3, Tabell 6-5 og Figur 6-6. Bilder fra befaringslokalitetene vises i Figur 6-7 og Figur 6-8. I eksisterende skjæring langs E18 sees borpiper, spredt bolting og lokalt steinsprangnett og fjellbånd over tettere oppsprukket berg hvor det også renner vann (Figur 6-9).

Tabell 6-3: Generell geologisk beskrivelse for befaringslokalitet S004 og S014.

Egenskap	S004	S014
Bergbeskrivelse	Metamorf, foliert, mørk, finkornet, granatførende bergart. Dominerende kornstørrelse <1mm. Opp til noen mm forvitringshud. Hurtig veksling mellom bånd av amfibolitt, granittisk gneis, pegmatitt.	Metamorf, foliert, finkornet bergart. Åpen synklinal m/foldeakse som trender ca. 310.
Bergart	Båndgneis	Båndgneis
Isotropi	Anisotrop	Anisotrop
UCS	Sterk (50-100MPa)	Veldig sterk (100-250 MPa)
RQD	75-90	75-90
Antall sprekkesett	2+	3
J_r	1,5 Ru, ujevn, plan	1,5 Ru, ujevn, plan
J_a	1 a)	1 a)
Forvitningsgrad	Svakt forvitret	Svakt forvitret
Bergvann	Tørt	Tørt
Overvann	Tørt	Tørt
Blokkstørrelse	200-600mm	200-600mm
Blotningsstørrelse	L= 10 m. B= 10m. H= 5 m.	L= 10 m. B= 10m. H= 4 m.
Eksisterende bergsikring	Usikret. Naturlig blotning	Usikret.

Tabell 6-4: Sprekkeregistreringer for befaringslokalitet S004.

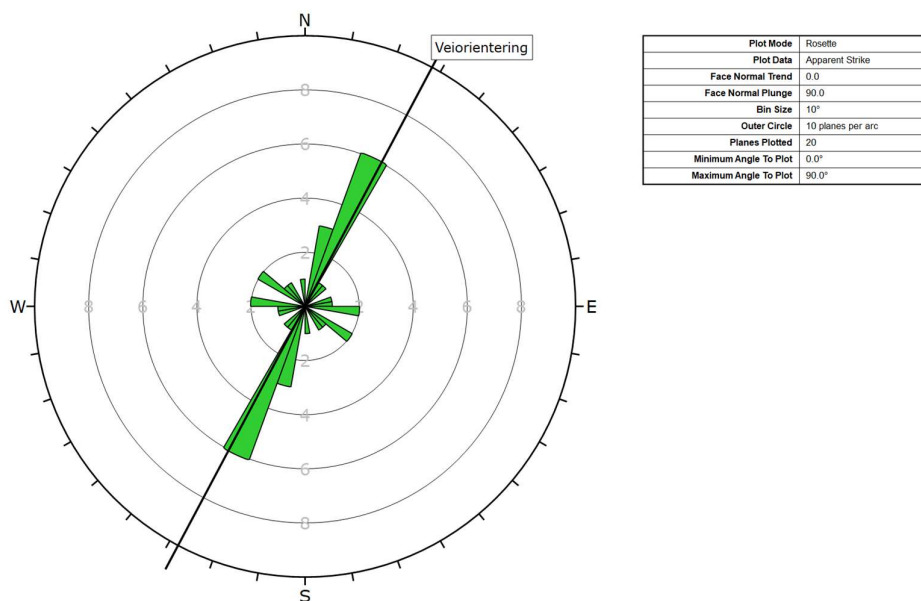
	S1 - foliasjonssprekker	S2
Orientering (fall/fallretning)	75/100	80/000
Sprekkeutstrekning	1-5 m	0,5-3 m, noen gjennomgående
Sprekkeavstand	200 - 600 mm. Middels.	200 - 600 mm. Middels.
Sprekkeåpning	-	<0,1 mm. Veldig tett
Sprekkefyll	-	-
Sprekkeruhet mm	Ru	Ru
Sprekkeruhet cm	Plan	Plan
Sprekkeruhet m	Kurvet	Rett



Figur 6-5: Sprekkerose for befaringslokalitet S004.

Tabell 6-5: Sprekkeregistreringer for befaringslokalitet S014. Navngiving av sprekkeseett er endret fra rådata feltresultater for å lettere kunne se korrelasjon mellom befaringslokaliteter.

	S3	S2	S1
Orientering (fall/fallretning)	60/290	60/200	70/115
Sprekkeutstrekning	0,5-2 m	0,5-2 m	1-3 m
Sprekkeavstand	200-600 mm. Middels.	200-600 mm. Middels.	200-600 mm. Middels.
Sprekkeåpning	-	Veldig tett	-
Sprekkefyll	Oksidert materiale	Oksidert materiale	Oksidert materiale
Sprekkeruhet mm	Glatt	Ru	Ru
Sprekkeruhet cm	Plan	Plan	Plan
Sprekkeruhet m	Rett	Rett	Rett



Figur 6-6: Sprekkerose for befaringslokalitet S014.



Figur 6-7: Befaringslokalitet S004. Båndgneis. Blotning ca. 5 m høy, bilde tatt mot øst.

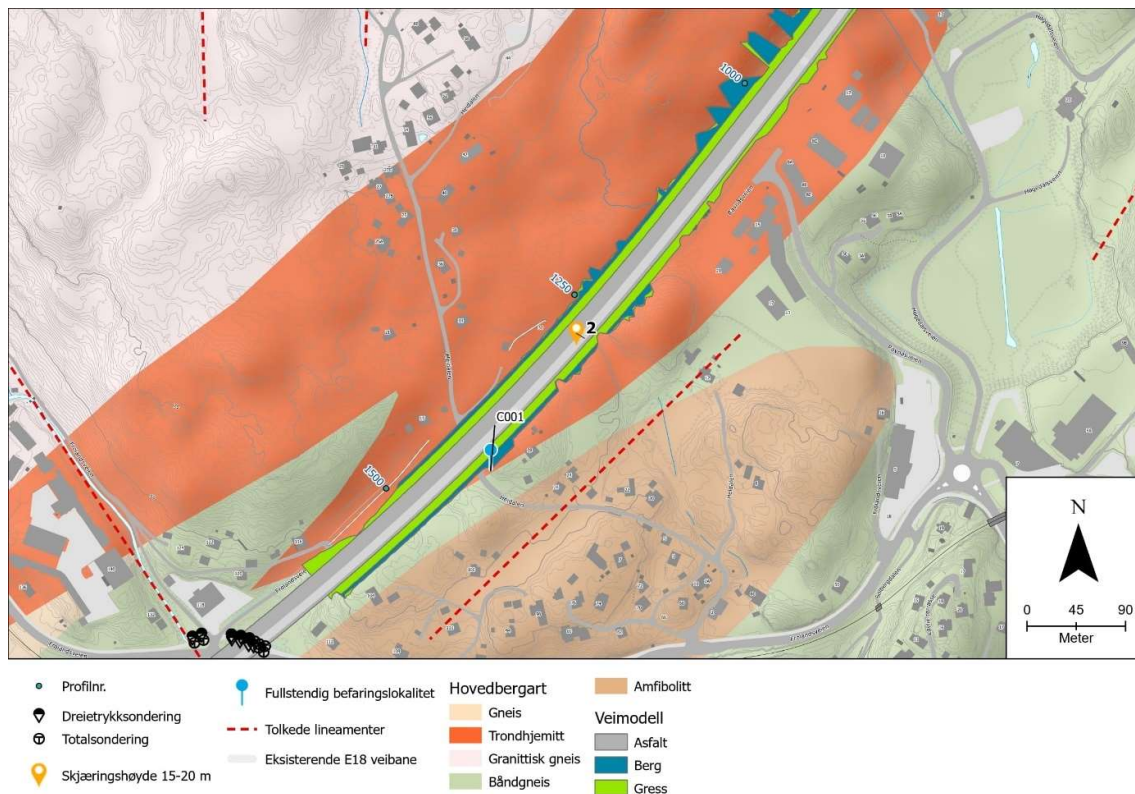


Figur 6-8: Befaringslokalitet S014. Foldet båndgneis, synklinal indikert med rød pil. Bilde tatt mot vest.



Figur 6-9: Deler av eksisterende skjærings langs E18 mellom S004 og S014.

6.1.3 Skjæring 2



Figur 6-10: Oversiktskart over skjæring 2.

Geometri

Skjæring 2 er en tosidig skjæring som skal bli ca. 500 m lang og ca. 16 m på det høyeste. Figur 6-10 viser et oversiktskart over skjæringen.

Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av båndgneis og tonalittisk gneis i skjæringen. På befaringslokalitet C001 er bergarten tolket som tonalittisk gneis. Dette samsvarer med berggrunnskartet til NGU.

Bergartsgrensen mellom tonalittisk gneis og båndgneis i området er ikke observert. Løsmassedekket forventes tynt. Grunnboringer sør for skjæringen indikerer løsmassemektheter mellom ca. 1 og 11 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for området der skjæringen skal etableres. Det er stigende terreng i bakkant av deler av skjæringen som lokalt heller brattere enn 30 grader. Det er ingen tolkede lineamenter som krysser skjæringen.

Befaringsobservasjoner

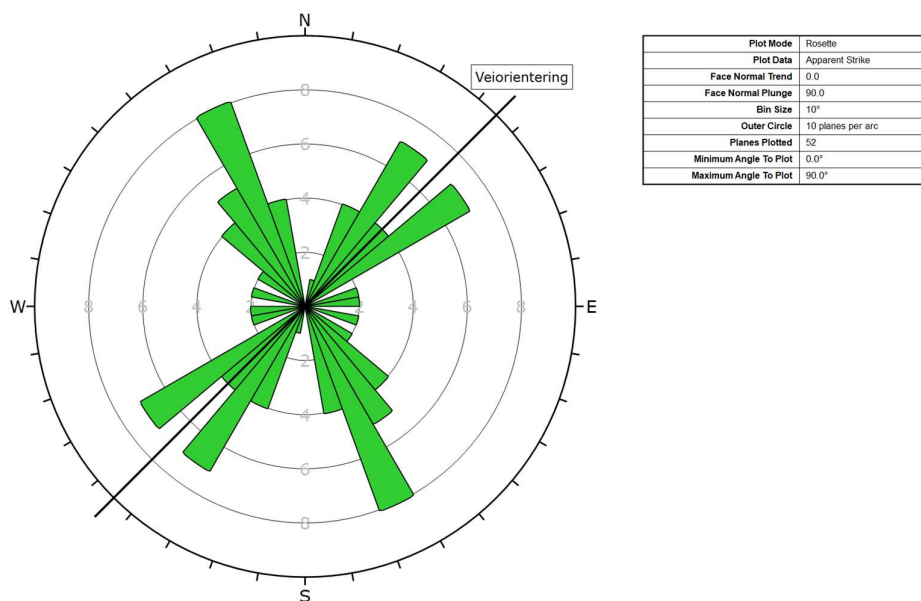
Befaringslokalitet C001 er lokalisert ved skjæring 2. Befaringsdata, sprekkesettregistreringer og sprekkerose finnes i Tabell 6-6, Tabell 6-7 og Figur 6-11. Bilder av C001 og eksisterende skjæring langs E18 finnes i Figur 6-12 og Figur 6-13.

Tabell 6-6: Generell geologisk beskrivelse for befaringslokalitet C001.

Egenskap	C001
Bergbeskrivelse	Foliert bergart med mørke (biotitt) og lyse (kvarts, hvit feltspat) bånd i veksling.
Bergart	Tonalittisk gneis.
Isotropi	Anisotrop
UCS	Veldig sterk (100-250MPa)
RQD	75-90
Antall sprekkesett	3
J_r	1,5 Ru, ujevn, plan
J_a	2 a)
Forvittringsgrad	Svakt forvitret
Bergvann	Tørt
Overvann	Tørt
Blokkstørrelse	200-600mm
Blotningsstørrelse	L= 10 m. B= 10 m. H= 10 m.
Eksisterende bergsikring	Ingen sikring i kartlagt blotning eller tilstøtende skjæring langs eksisterende E18. Noen synlige borepiper i skjæring langs E18.

Tabell 6-7: Sprekkeregistreringer for befaringslokalitet C001.

	S1 - foliasjonssprekker	S2	S3
Orientering (fall/fallretning)	75/130	70/240	20/250-350
Sprekkeutstrekning	Gjennomgående	1-10 m	0,2-2 m
Sprekkeavstand	200 - 600 mm. Middels.	600 - 2000 mm. Stor.	200 - 600 mm. Middels.
Sprekkeåpning	-	0,25 - 0,5 mm. Delvis åpen	0,1 - 0,25 mm. Tett
Sprekkefyll	Forvitret til jordfylt i enkelte sprekker, trær med røtter i sprekker.	-	Forvitret, enkelte jordfylte sprekker.
Sprekkeruhet mm	Ru	Ru	Ru
Sprekkeruhet cm	Undulerende	Plan	Undulerende
Sprekkeruhet m	Rett	Rett	Rett



Figur 6-11: Sprekkerose for befæringslokalitet C001.

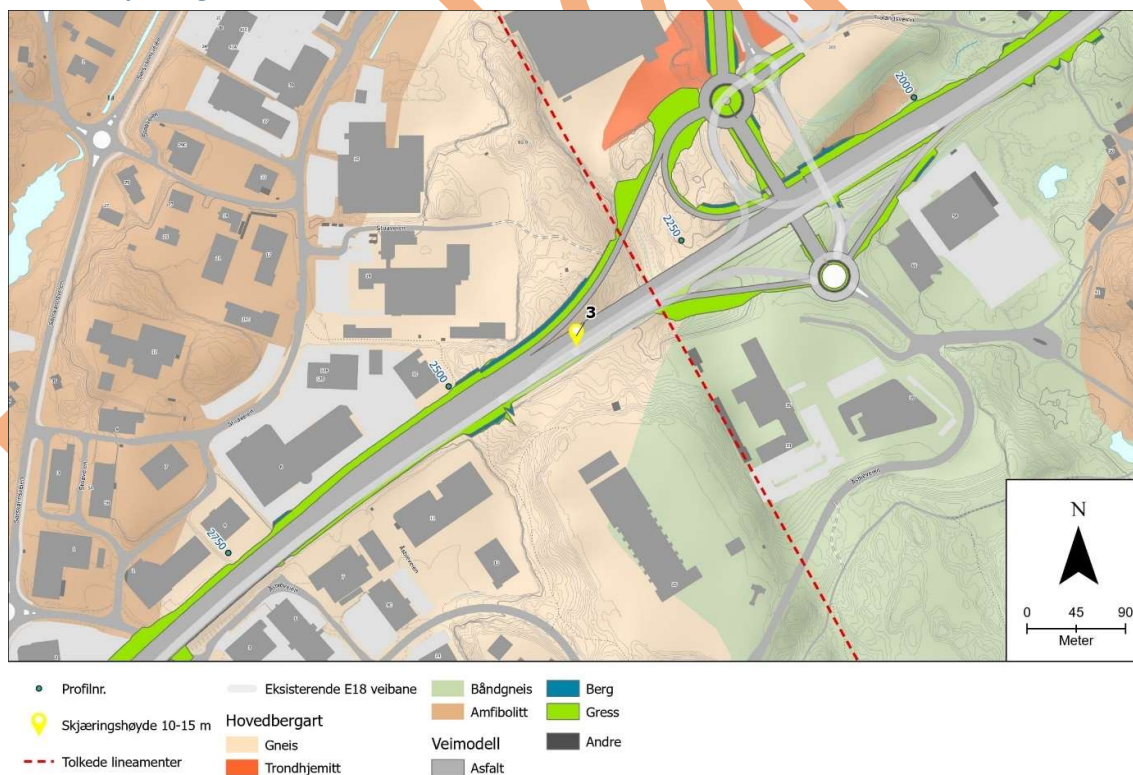


Figur 6-12: Befæringslokalitet C001. Tonalittisk gneis med steiltstående foliasjon. Vertikal kant til venstre (nordvest) i bildet er eksisterende skjæring langs E18. Bilde tatt mot nordøst.



Figur 6-13: Skjæring langs E18 ved befaringslokalitet C001. Ingen sikring, noen synlige borpiper. Bilde tatt mot øst.

6.1.4 Skjæring 3



Figur 6-14: Oversiktskart over skjæring 3.

Geometri

Skjæring 3 er en ensidig skjæring som skal bli ca. 190 m lang og ca. 15 m på det høyeste. Skjæringen skal etableres på nordvestsiden av veien. Figur 6-14 viser et oversiktskart over skjæringen.

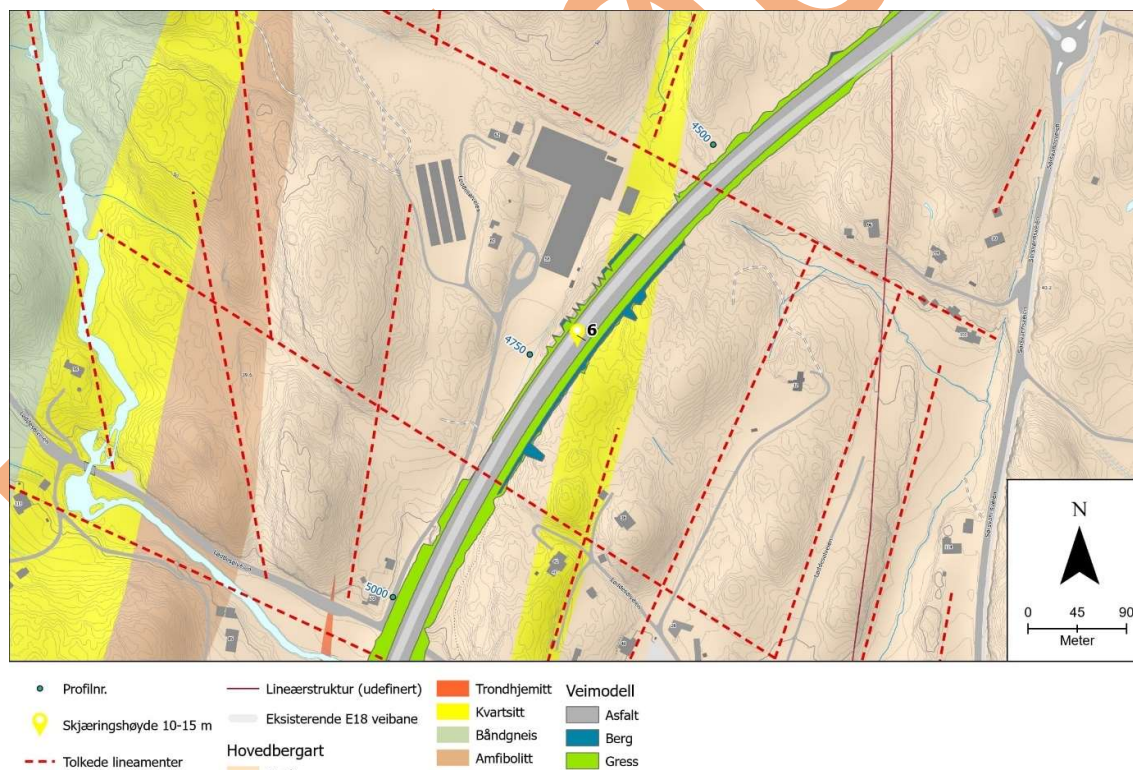
Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av pelittisk gneis i skjæringen. Løsmassedekket forventes tynt. Grunnboringer nær skjæringen indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 0 og 11 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for området der skjæringen skal etableres. Ett tolket lineament krysser veibanen rett nord for skjæringen med ca. 90 graders vinkel.

Befaringsobservasjoner

Skjæring 3 er ikke befart.

6.1.5 Skjæring 6



Figur 6-15: Oversiktskart over skjæring 6.

Geometri

Skjæring 6 er en tosidig skjæring som skal bli ca. 300 m lang og ca. 14 m på det høyeste. Figur 6-15 viser et oversiktskart over skjæringen.

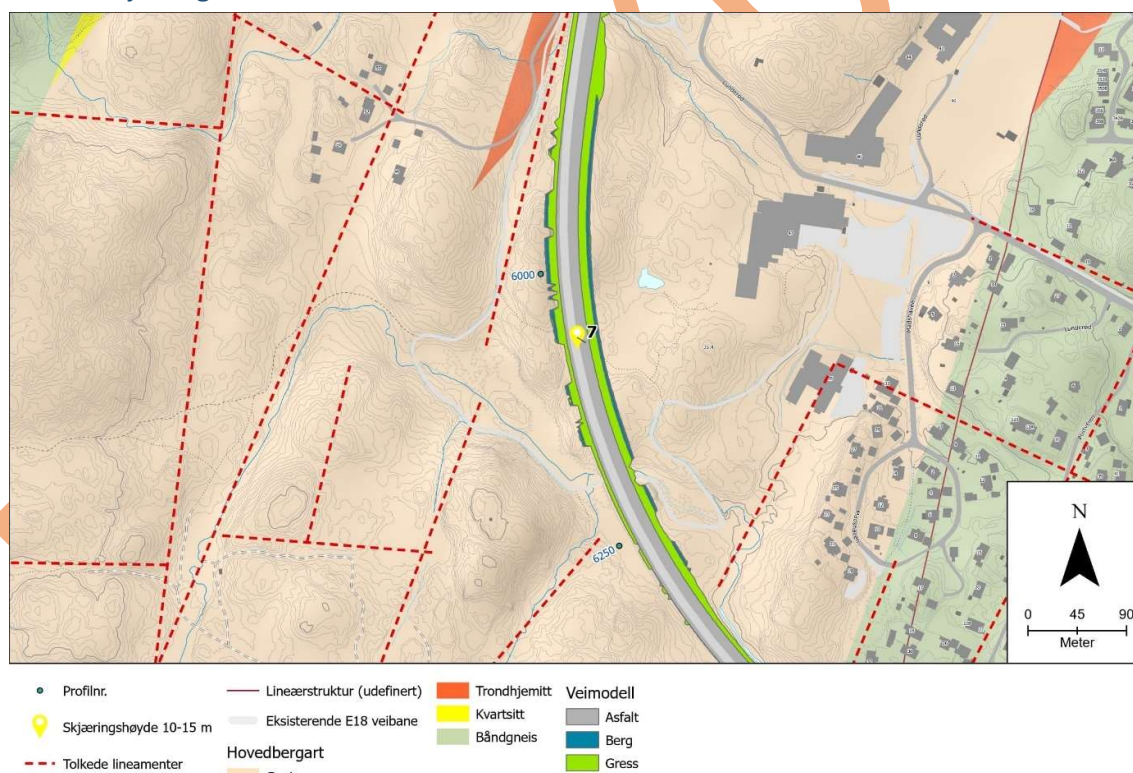
Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av kvartsitt og pelittisk gneis i skjæringen. Løsmassedekket forventes tynt. Grunnboringer sør for skjæringen indikerer løsmassemektheter mellom 0 og 11 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for området der skjæringen skal etableres. Det er ett tolket lineament som krysser skjæringen i sørenden med ca. 90 graders vinkel.

Befaringsobservasjoner

Skjæring 6 er ikke befart.

6.1.6 Skjæring 7



Figur 6-16: Oversiktskart over skjæring 7.

Geometri

Skjæring 7 er en tosidig skjæring som skal bli ca. 350 m lang og ca. 11 m på det høyeste. Figur 6-16 viser et oversiktskart over skjæringen.

Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av pelittisk gneis i skjæringen. Løsmassedekket forventes tynt. Grunnboringer sør for skjæringen indikerer løsmassemekthigheter mellom ca. 1 og 10 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for området der skjæringen skal etableres. Det er ingen tolkede lineamenter som krysser skjæringen.

Befaringsobservasjoner

Skjæring 7 er ikke befart.

6.1.7 Skjæring 8



Figur 6-17: Oversiktskart over skjæring 8.

Geometri

Skjæring 8 er en ensidig skjæring som skal bli ca. 390 m lang og ca. 23 m på det høyeste. Skjæringen skal etableres på sørøstsiden av veien. Figur 6-17 viser et oversiktskart over skjæringen.

Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av båndgneis og amfibolitt i skjæringen. Det skal være flere bergarter og bergartsgrenser i

området. På befaringslokalitet C006 er bergarten tolket som båndgneis. Dette samsvarer ikke med berggrunnskartet til NGU. Det er ikke observert tegn på bergartsgrenser eller andre bergarter. Løsmassedekket forventes tynt. Grunnboringer i nærheten av skjæringen indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 10 og 30 m, men disse mektighetene antas å ikke være representative for åsen der skjæringen skal etableres. Det er ingen tolkede lineamenter som krysser skjæringen.

Befaringsobservasjoner

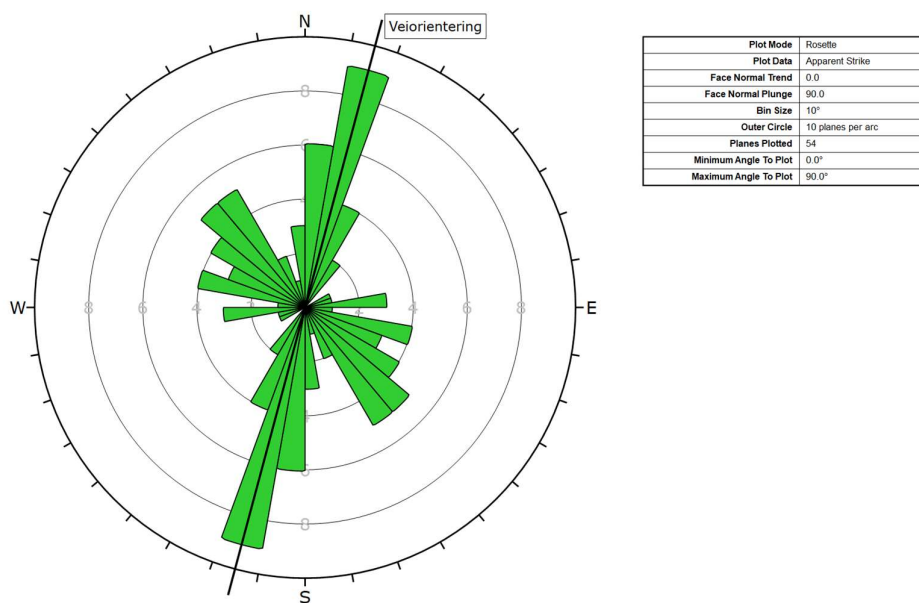
Befaringslokalitet C006 er lokalisert på toppen av kolle i sørenden av skjæring 8. Befaringsdata finnes i Tabell 6-8, sprekkesettregistreringer i Tabell 6-9 og sprekkerose i Figur 6-18. Et oversiktsbilde over C006 sees i Figur 6-19. Detaljbilde av forvitret berg sees i Figur 6-20.

Tabell 6-8: Generell geologisk beskrivelse for befaringslokalitet C006.

Egenskap	C006
Bergbeskrivelse	Metamorf bergart med steiltstående foliasjon, sub-mm folier med biotitt i veksling med opp til cm-skala bånd av lyse mineraler (kvarts, hvit feltspat, spredt rosa feltspat). Lokal moderat forvitring på bergoverflate og på foliasjon.
Bergart	Båndgneis
Isotropi	Anisotrop
UCS	Veldig sterk (100-250MPa)
RQD	50-75
Antall sprekkesett	2+
J_r	1 Glatt, plan
J_a	2 a)
Forvitningsgrad	Svakt forvitret
Bergvann	Fuktig
Overvann	Tørt
Blokkstørrelse	200-600mm
Blotningsstørrelse	L= 20m. B= 6m. H= 3m.
Eksisterende bergsikring	Ingen bergsikring. Lokalt synlige borpiper.

Tabell 6-9: Sprekkeregistreringer for befaringslokalitet C006.

	S1 - foliasjonssprekker	S2
Orientering (fall/fallretning)	80/090	80/210
Sprekkeutstrekning	1-4m	0,5-2m
Sprekkeavstand	200 - 600 mm. Middels.	200 - 600 mm. Middels.
Sprekkeåpning	0,1 - 0,25 mm. Tett	<0,1 mm. Veldig tett
Sprekkefyll	Sub-mm mineralbelegg, ukjent mineral, kan skrapes.	Oksidasjon på sprekker
Sprekkeruhet mm	Glatt	Ru
Sprekkeruhet cm	Undulerende	Plan
Sprekkeruhet m	Rett	Rett



Figur 6-18: Sprekkerose for befaringslokalitet C006.

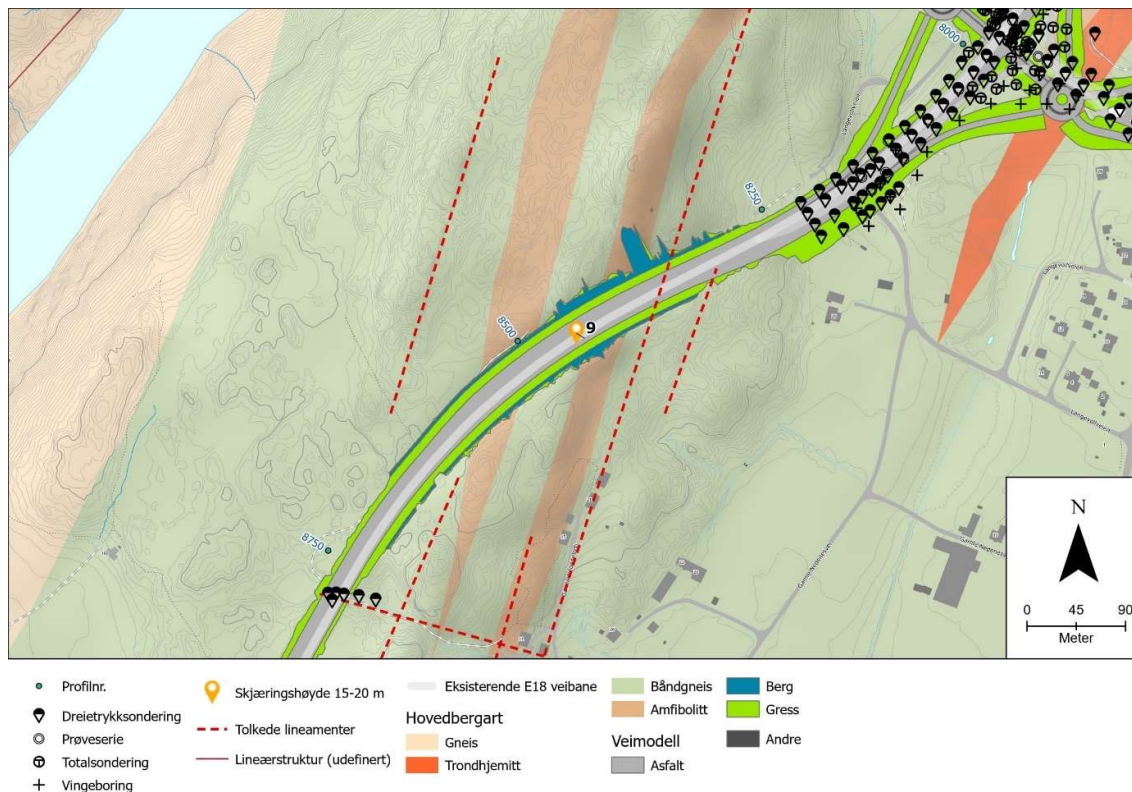


Figur 6-19: Befaringslokalitet C006, båndgneis. Bilde tatt mot nord.



Figur 6-20: Forvitring i båndgneis fra befaringslokalitet C006.

6.1.8 Skjæring 9



Figur 6-21: Oversiktskart over skjæring 9.

Geometri

Skjæring 9 er en tosidig skjæring som skal bli ca. 380 m lang og ca. 18 m på det høyeste. Figur 6-21 viser et oversiktskart over skjæringen.

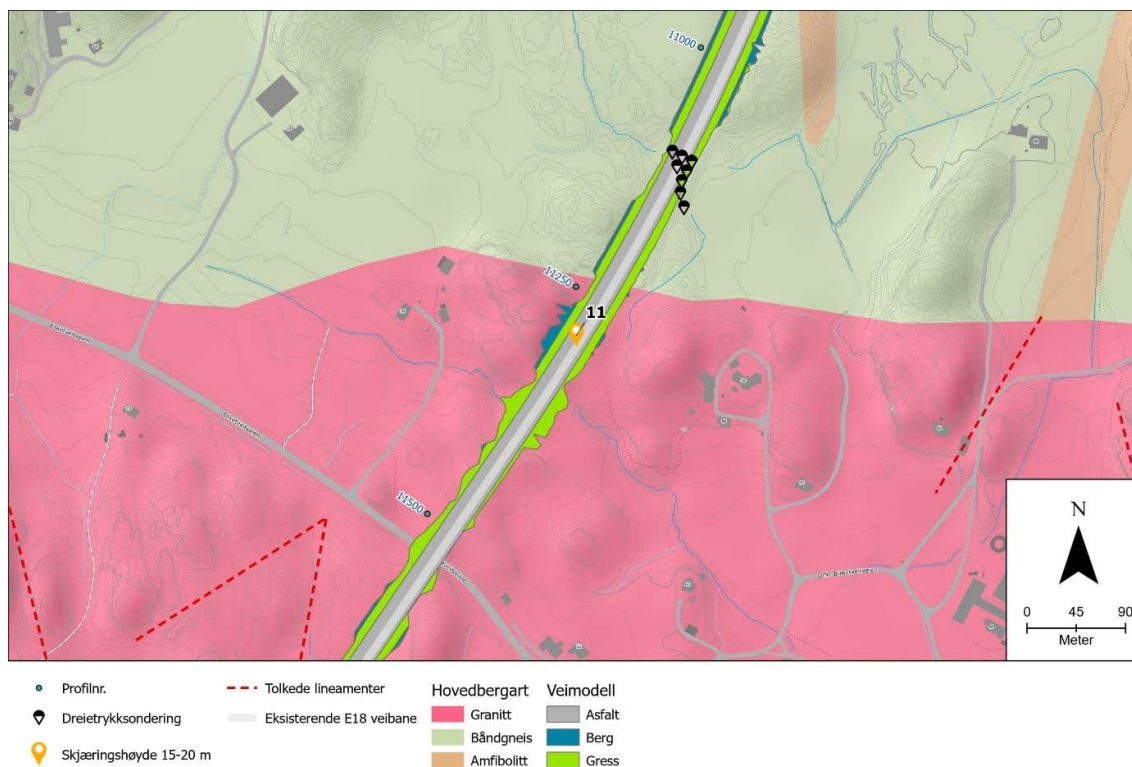
Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av båndgneis og amfibolitt i skjæringen. Løsmassedekket forventes tynt. Grunnboringer nord for skjæringen indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 1 og 20 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for området der skjæringen skal etableres. Det er stigende terreng i bakkant av deler av skjæringen som lokalt heller brattere enn 30 grader. Det er ett tolket lineament som krysser skjæringen med ca. 50 graders vinkel og flere lineamenter i området med nærføring til skjæringen.

Befaringsobservasjoner

Skjæring 9 er ikke befart.

6.1.9 Skjæring 11



Figur 6-22: Oversiktskart over skjæring 11.

Geometri

Skjæring 11 er en ensidig skjæring som skal bli ca. 80 m lang og ca. 16 m på det høyeste. Skjæringen skal etableres på nordvestsiden av veien. Figur 6-22 viser et oversiktskart over skjæringen.

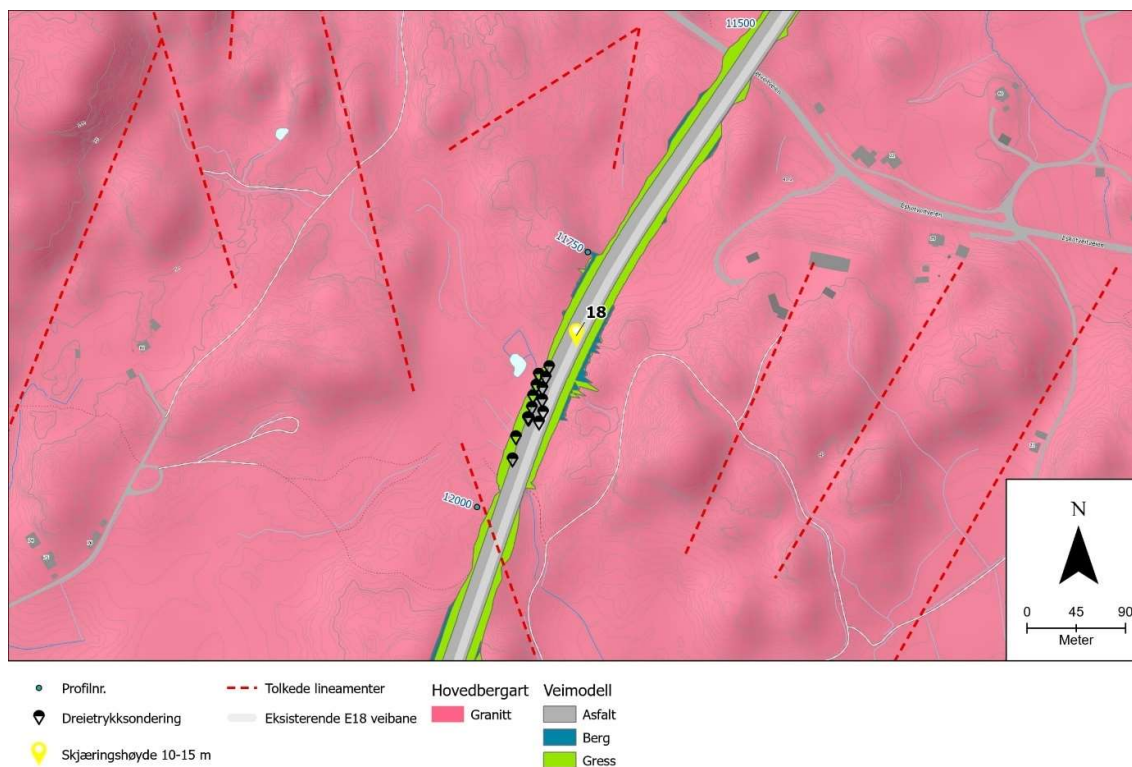
Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av granitt i skjæringen. Løsmassedekket forventes tynt. Grunnboringer nord for skjæringen indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 0,5 og 2,5 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for området der skjæringen skal etableres. Det er stigende terreng i bakkant av deler av skjæringen som lokalt heller brattere enn 30 grader. Det er ingen tolkede lineamenter som krysser skjæringen.

Befaringsobservasjoner

Skjæring 11 er ikke befart.

6.1.10 Skjæring 18



Figur 6-23: Oversiktskart over skjæring 18.

Geometri

Skjæring 18 er en tosidig skjæring som skal bli ca. 110 m lang og ca. 10 m på det høyeste. Figur 6-23 viser et oversiktskart over skjæringen.

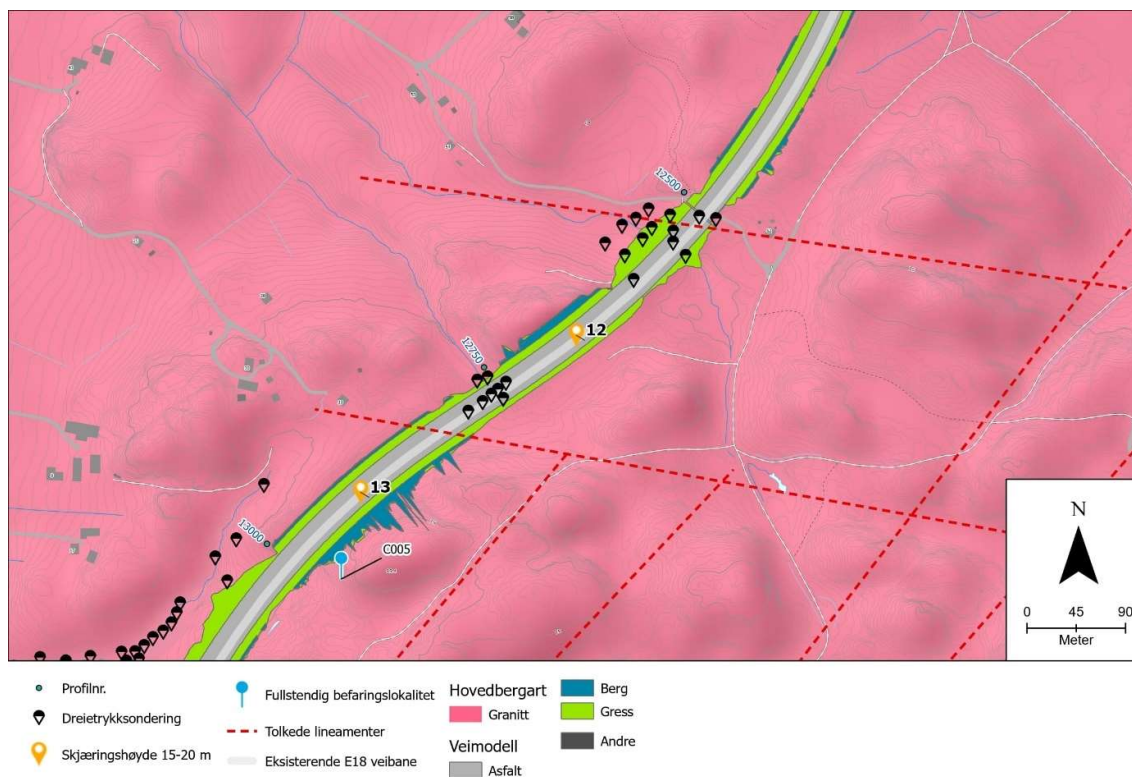
Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av granitt i skjæringen. Løsmassedekket forventes tynt. Grunnboringer i nærheten av skjæringen indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 0,5 og 4 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for området der skjæringen skal etableres. Det er ingen tolkede lineamenter som krysser skjæringen.

Befaringsobservasjoner

Skjæring 18 er ikke befart.

6.1.11 Skjæring 12



Figur 6-24: Oversiktskart over skjæring 12.

Geometri

Skjæring 12 er en ensidig skjæring som skal bli ca. 120 m lang og ca. 18 m på det høyeste. Skjæringen skal etableres på nordvestsiden av veien. Figur 6-24 viser et oversiktskart over skjæringen.

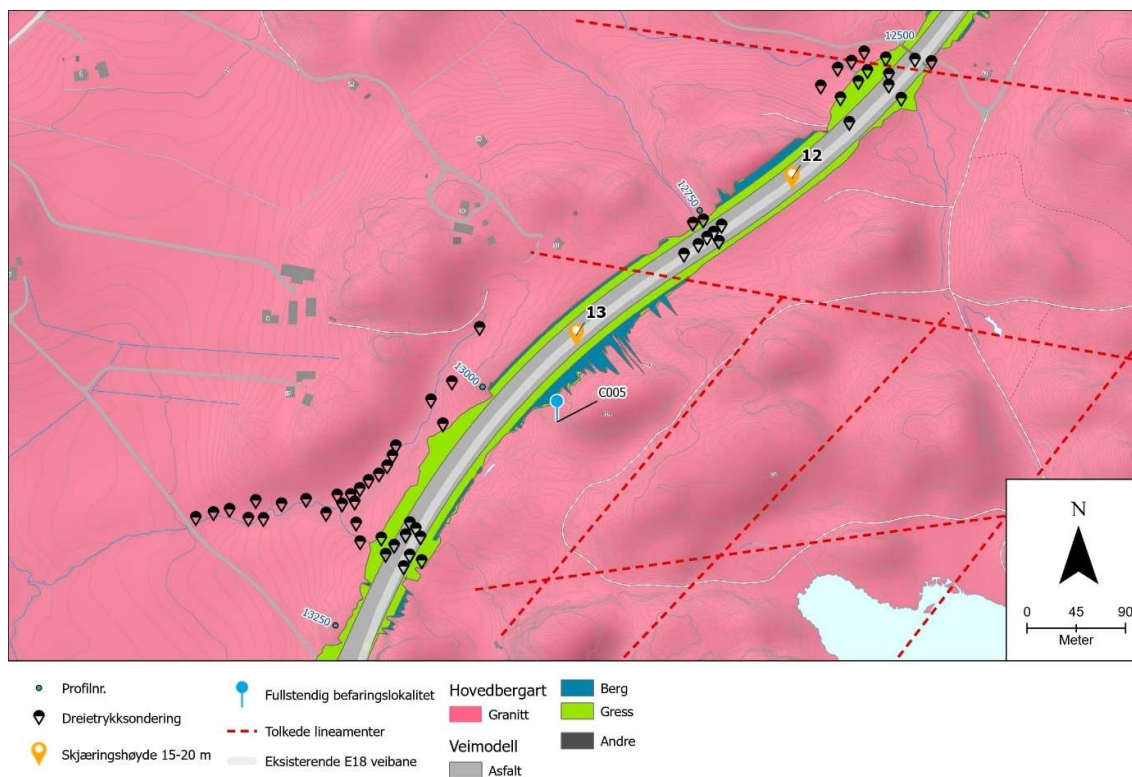
Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av granitt i skjæringen. Løsmassedekket forventes tynt. Grunnboringer rundt skjæringen indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 0,5 og 8 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for området der skjæringen skal etableres. Det er stigende terreng i bakkant av deler av skjæringen som lokalt heller brattere enn 30 grader. Det er ingen tolkede lineamenter som krysser skjæringen.

Befaringsobservasjoner

Skjæring 12 er ikke befart. Nærmeste befæringslokalitet er C005, se kapittel 6.1.12.

6.1.12 Skjæring 13



Figur 6-25: Oversiktskart over skjæring 13.

Geometri

Skjæring 13 er en tosidig skjæring som skal bli ca. 210 m lang og ca. 19 m på det høyeste. Figur 6-25 viser et oversiktskart over skjæringen.

Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av granitt i skjæringen. I felt er bergarten tolket som granitt. Dette samsvarer med berggrunnskartet til NGU. Løsmassedekket forventes tynt, men kan være noe mektigere i forsøkninger i terrenget. Grunnboringer rundt skjæringen indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 1 og 6 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for området der skjæringen skal etableres. Det er stigende terreng i bakkant av skjæringen som lokalt heller brattere enn 30 grader. Det er ett tolket lineament som krysser skjæringen i nordenden med ca. 45 graders vinkel.

Befaringsobservasjoner

Befaringslokalitet C005 er tilknyttet naturlige blotninger i Skudeheia, like sørøst for trasé ved skjæring 13. Befaringsdata, sprekkesettregistreringer og

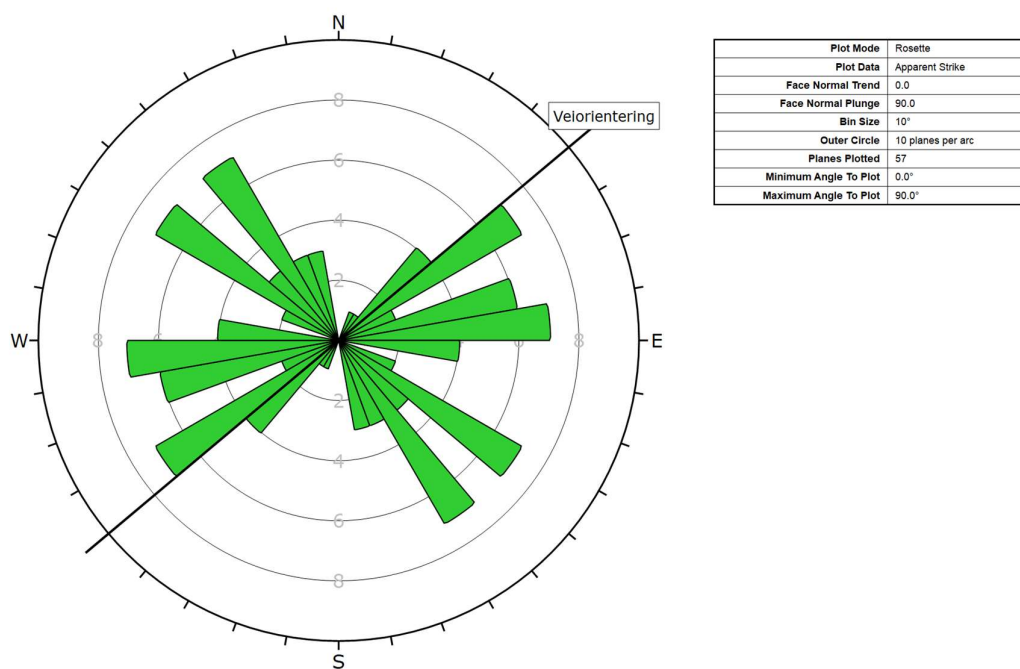
sprekkerose sees i Tabell 6-10, Tabell 6-11 og Figur 6-26. Bilde fra C005 sees i Figur 6-27 og skjæring langs nordsiden av dagens E18 tatt fra lokalitet C005 sees i Figur 6-28.

Tabell 6-10: Generell geologisk beskrivelse for befaringslokalitet C005.

Egenskap	C005
Bergbeskrivelse	Krystallin, middels- til grovkornet, homogen, rødlig bergart. Kvarts, biotitt, alkalifeltspat.
Bergart	Granitt
Isotropi	Isotrop
UCS	Veldig sterk (100-250MPa)
RQD	75-90
Antall sprekesett	3+
J _r	1,5 Ru, ujevn, plan
J _a	1 a)
Forvittringsgrad	Svakt forvitret
Bergvann	Tørt
Overvann	Tørt
Blokkstørrelse	600-2000mm
Blotningsstørrelse	L= 20m. B= 5m. H= 5m.
Eksisterende bergsikring	Usikret. Naturlig blotning.

Tabell 6-11: Sprekkeregistreringer for befaringslokalitet C005.

	S1	S2	S3
Orientering (fall/fallretning)	80/320	85/230	10/000
Sprekkeutstrekning	0,5-4m	0,5-4m	0,2-5m
Sprekkeavstand	200 - 600 mm. Middels.	200 - 600 mm. Middels.	-
Sprekkeåpning	-	-	-
Sprekkefyll	-	-	-
Sprekkeruhet mm	Ru	Ru	Ru
Sprekkeruhet cm	Plan	Plan	Plan
Sprekkeruhet m	Rett	Rett	Rett



Figur 6-26: Sprekkerose for befaringslokalitet C005.

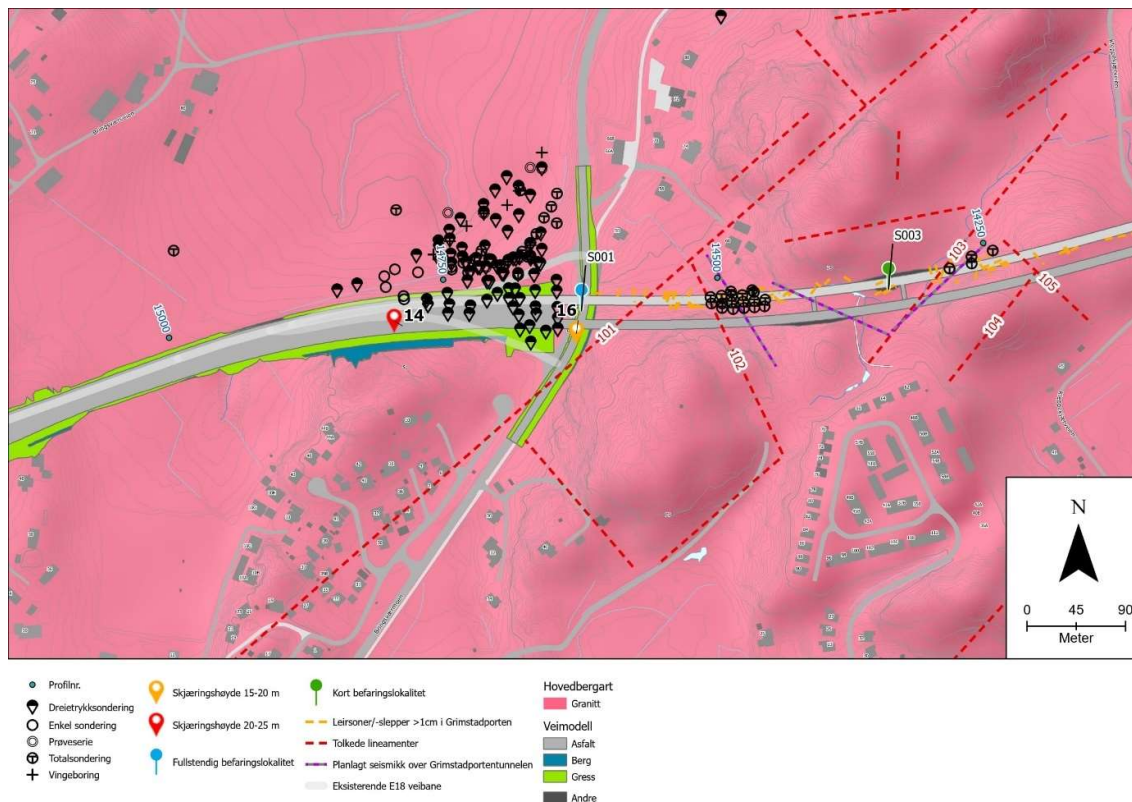


Figur 6-27: Befaringslokalitet C005. Blotning av middels- til grovkornet granitt sør for eksisterende E18-skjæring. Bilde tatt mot nord.



Figur 6-28: Skjæring langs nordsiden av eksisterende E18, tatt fra C005 mot nordvest.

6.1.13 Skjæring 16



Figur 6-29: Oversiktskart over skjæring 16.

Geometri

Skjæring 16 er en ensidig skjæring som skal bli ca. 210 m lang og ca. 20 m på det høyeste. Skjæringen skal etableres på østsiden av sidevei som går over det vestre portalområdet til Grimstadportentunnelen. Den vil være parallell med den vestlige påhuggsflaten til Grimstadportentunnelen. Grimstadportentunnelen beskrives nærmere i den ingeniørgeologiske rapporten om Grimstadportentunnelen [1]. Figur 6-29 viser et oversiktskart over skjæring 16.

Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av granitt i skjæringen. I felt er bergarten tolket som granitt. Dette samsvarer med berggrunnskartet til NGU. Løsmassedekket forventes tynt. Grunnboringer vest for skjæringen indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 0,5 og 15 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for åsen der skjæringen skal etableres. Det er stigende terreng i bakkant av skjæringen som lokalt heller brattere enn 30 grader. Videre krysser et tolket lineament den sørlige halvdel av skjæringen med ca. 15-20 graders vinkel.

Befaringsobservasjoner

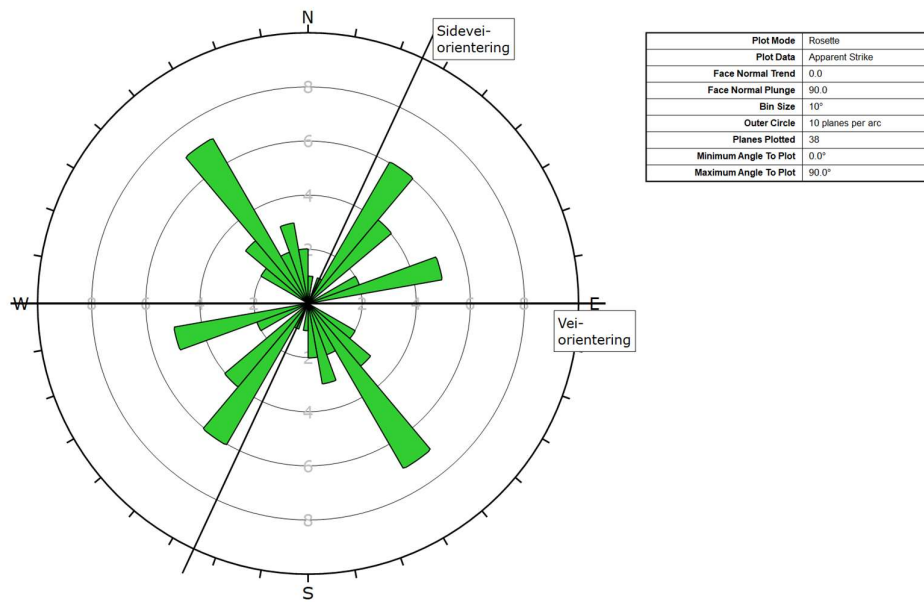
Befaringslokalitet S001 befinner seg i eksisterende skjæring langs sidevei over vestlig portalområde til Grimstadporten. Befaringsdata er vist i Tabell 6-12, sprekkesettregistreringer i Tabell 6-13 og sprekkerose i Figur 6-30. Oversiktsbilde fra S001 sees i Figur 6-31.

Tabell 6-12: Befaringsdata for lokalitet S001.

Egenskap	S001
Bergbeskrivelse	Grovkornet, grovblokkig granitt. Kan lokalt brytes med hendene i forvitrede, grusige soner. Bredden av disse sonenes kjerner er ca. 10-20 og ca. 50 cm. Smal sone følger S1, 85/348, parallell med tunnel. Bred sone følger S2, 65/050, sør for eksisterende løp, trolig for langt sør for nytt løp.
Bergart	Granitt
Isotropi	Isotrop
UCS	Veldig sterk (100-250 MPa)
RQD	90-100
Antall sprekkesett	3+
J_r	1,5 Ru, ujevn, plan
J_a	1 a)
Forvitningsgrad	Svakt forvitret
Bergvann	-
Overvann	-
Blokkstørrelse	>2000 mm
Blotningsstørrelse	L=100 m. B= 5 m. H= 15 m.
Eksisterende bergsikring	Spredt bolting

Tabell 6-13: Sprekkesettregistreringer for befaringslokalitet S001.

	S1	S2	S3
Orientering (fall/fallretning)	90/310	70/050	50/250
Sprekkeutstrekning	1-10 m	1-10 m	1-5 m
Sprekkeavstand	600 - 2000 mm. Stor.	600 - 2000 mm. Stor	600-2000 mm. Stor.
Sprekkeåpning	10 - 100 mm. Bred.	<0,1 mm. Veldig tett.	10 - 100 mm. Bred.
Sprekkefyll	Knust berg i noen sprekker	-	Knust berg i noen sprekker
Sprekkeruhet mm	Ru	Glatt	Ru
Sprekkeruhet cm	Plan	Plan	Plan
Sprekkeruhet m	Rett	Rett	Rett

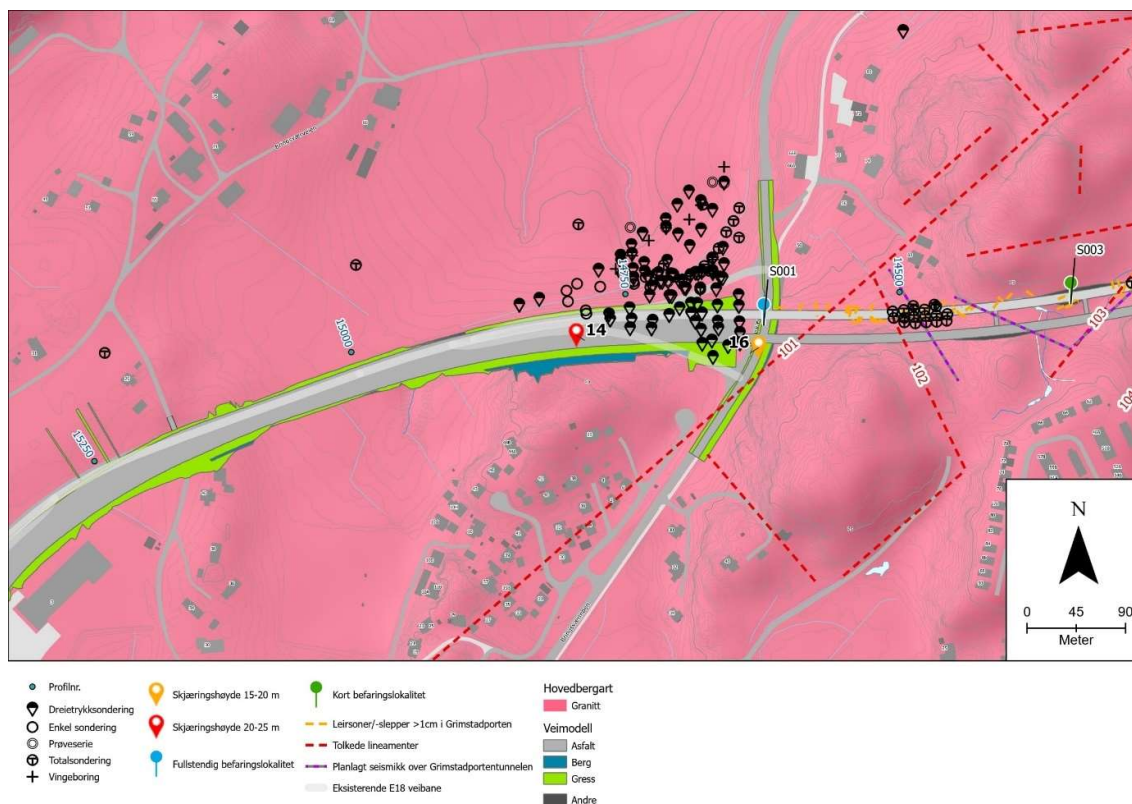


Figur 6-30: Sprekkerose for befæringslokalitet S001.



Figur 6-31: Oversiktsbilde av lokalitet S001. Bildet er hentet fra Google Street View, da det ikke var mulig å ta gode oversiktsbilder på nattbefaring. Bildet ser mot sørøst.

6.1.14 Skjæring 14



Figur 6-32: Oversiktskart over skjæring 14.

Geometri

Skjæring 14 er en ensidig skjæring som skal bli ca. 190 m lang og ca. 22 m på det høyeste. Figur 6-32 viser et oversiktskart over skjæring 14.

Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av granitt i skjæringen. Løsmassedekket forventes tynt. Grunnboringer vest for skjæringen indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 0,5 og 15 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for åsen der skjæringen skal etableres. Det er stigende terreng i bakkant av skjæringen som lokalt heller brattere enn 30 grader. Det er ingen tolkede lineamenter som krysser skjæringen.

Befaringsobservasjoner

Skjæring 14 er planlagt like vest skjæring 16. Nærmeste befarringslokalitet er S001, se kapittel 6.1.13.

6.1.15 Skjæring 15



Figur 6-33: Oversiktskart over skjæring 15.

Geometri

Skjæring 15 er en tosidig skjæring som skal bli ca. 440 m lang og ca. 24 m på det høyeste. Figur 6-33 viser et oversiktskart over skjæringen.

Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGUs berggrunnskart [9] skal bergmassen bestå av granitt i skjæringen. Løsmassedekket forventes tynt. Grunnboringer rundt skjæringen indikerer løsmassemektigheter mellom ca. 3 og 19 m, men de største mektighetene antas å ikke være representative for området der skjæringen skal etableres. Det er stigende terreng i bakkant av deler av skjæringen som lokalt heller brattere enn 30 grader. Det er to tolkede lineamenter som krysser skjæringen med hhv. ca. 40 og 70 graders vinkel.

Befaringsobservasjoner

Skjæring 15 er ikke befart.

DEL 2: TOLKNINGSDEL

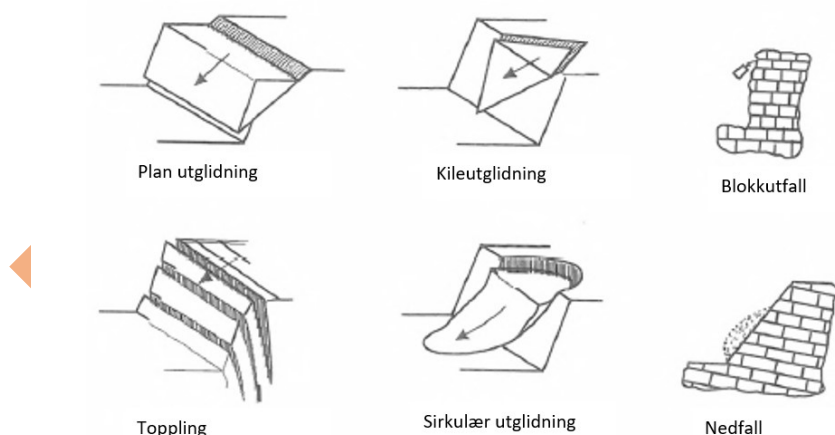
Foreløpig

7 Løsnemekanismer

7.1 Mekanismer for utfall og ustabilitet

Det finnes ulike mekanismer som kan gi utfall fra skjæringer. Utfall er avhengig av bergartenes oppsprekking, sprekkeorienteringer, svakhetssoner og eventuelt leire/svelleleire i sprekken. Orientering til skjæringer har også stor betydning for utfall fordi de påvirker hvordan sprekkesettene kutter disse konstruksjonene. Bergspenninger og vannforhold kan også være medvirkende årsaker til utfall.

Det er i Figur 7-1 gitt en illustrasjon av de vanligste mekanismene for utfall fra bergvegger. De vanligste løsnemekanismene er plan utglidning, kileutglidning, toppling og blokkutfall. For plan utglidning kan man skille mellom ubegrenset plan utglidning og plan utglidning med sideavgrensning, som normalt settes til 20 grader. Dette er fordi plan utglidning er mer sannsynlig når sprekkeplans fallretning er tilnærmet normal på veilinja. Sirkulær utglidning forekommer oftest i svake bergarter eller løsmasser, og er ikke vanlig i bergskjæringer og tunneler. Nedfall er vanligvis forårsaket av overflateprosesser slik som forvitring og erosjon. Hyppige nedfall kan være indikasjon på større utglidninger [44].



Figur 7-1: Ulike mekanismer for utfall i berg [44] (figuren er oversatt til norsk).

7.2 Tolkning av løsnemekanismer

For å vurdere stabilitet i de ulike vegskjæringene langs E18 Arendal-Grimstad, er det utført kinematiske analyser basert på felldata fra nærliggende befaringslokaliteter. Aktuelle felldata for de ulike skjæringene er presentert i kapittel 6.1.

For hver befaringslokalitet hvor det er gjort målinger av sprekkeplan er disse sprekkemålingene brukt til å utføre kinematiske analyser med dataprogrammet DIPS 8.0. Detaljerte resultater fra de kinematiske analysene er gitt i vedlegg 2. En kort sammenfatning av disse gis i kapittel 8. I disse kapitlene presenteres det blant annet tabeller med vurdering av løsnemekanismer. En forklaring av de ulike løsnemekanismene gis i 7.1. DIPS gir resultater for plan utglidning (planar sliding), ubegrenset plan utglidning (planar sliding (no limits)), kileutglidning (wedge sliding), toppling (flexural toppling) og blokkutfall (direct toppling). Det brukes norske begreper i denne rapporten, mens resultatene i vedlegg 2 står på engelsk.

For løsnemekanismene er det vurdert en grad av fremtreden i henhold til andel av målte sprekker i sprekkesett som det indikeres at kan gi en løsnemekanisme i de kinematiske analysene. 1 til 15 % beskrives som lite fremtredende, fra 15 til 40 % beskrives som middels fremtredende og fra 40 til 100 % beskrives som sterkt fremtredende. Det er i tillegg gjort en vurdering av stabiliteten mht. feltresultater og visuelle observasjoner i stereoplott.

De kinematiske analysene er utført med representative skjæringsorienteringer og med skjæringshelning på 84° (10:1). Det er benyttet en friksjonsvinkel på 30° og sideavgrensning på 20°. For plan utglidning er det oppgitt mulighet for både begrenset (20° sideavgrensning) og ubegrenset plan utglidning. Ubegrenset utglidning er tatt med for å synliggjøre om plan utglidning kan bli aktuelt om forhold som sprekke- eller skjæringsorientering endrer seg betydelig langs skjæringen.

Sprekkesett som vises i polplott, og som er brukt i de kinematiske analysene, er definert mht. feltobservasjoner. Eventuelle samlinger i plott som i felt ikke er vurdert som sprekkesett, er heller ikke blitt definert som sprekkesett i polplott. Der det er vurdert som aktuelt, er stabilitet også vurdert opp mot udefinerte samlinger, i tillegg til eventuelle sprekkesett.

Ettersom det er usikkerhet i representativiteten til feltdataene både lokalt og mot dypet er det naturligvis også usikkerhet i analyseresultatene og deres representativitet for skjæringene og stabilitetsutfordringene de belyser. Der en skjæring går langs en kurve vil det være tatt ut en omtrentlig skjæringsorientering til den kinematiske analysen. Dette har også betydning for hvor representative analyseresultatene er. Analyseresultatene ansees å være indikasjoner for hva slags stabilitetsutfordringer som kan oppstå i skjæringene, men er ingen fasit. Det kan ikke utelukkes hverken flere eller færre fremtredende løsnemekanismer i de enkelte skjæringene.

De kinematiske analysene som er utført i denne rapporten danner, sammen med feltresultatene, grunnlaget for vurdering av sikringsbehov for hver skjæring og sikringsestimat.

Dette er ikke en endelig vurdering av skjæringenes total- eller detaljstabilitet. Endelig vurdering av detalj- og totalstabilitet må gjøres etter at berget er avdekket og skjæringene er etablert. Analysene i denne rapporten kan brukes til en innledende vurdering av hvilke skjæringer som kan være krevende å utforme og sikre. I forbindelse med evt. kinematiske analyser i videre faser av prosjektet bør for eksempel friksjonsvinkel vurderes for hver enkelt skjæring. Dette gjelder spesielt der det er registrert lave J_r - og/eller høye J_a -verdier med Q-systemet på befaringslokaliteter.

8 Tolkning for veiskjæringer

8.1 Skjæring 20

8.1.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

Det foreligger ikke tilstrekkelige data til å utføre kinematisk analyse for å vurdere stabilitet i skjæringen.

8.1.2 Sikringsbehov

Det er ikke tolket noen svakhetssoner som skal krysse skjæringen. Det er heller ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i skjæringen.

Det forventes at skjæringen kan sikres med delvis systematisk og delvis spredt bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett, sprøytebetong, forbolter og stag.

8.2 Skjæring 1 – lokalitet S004 og S014

8.2.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

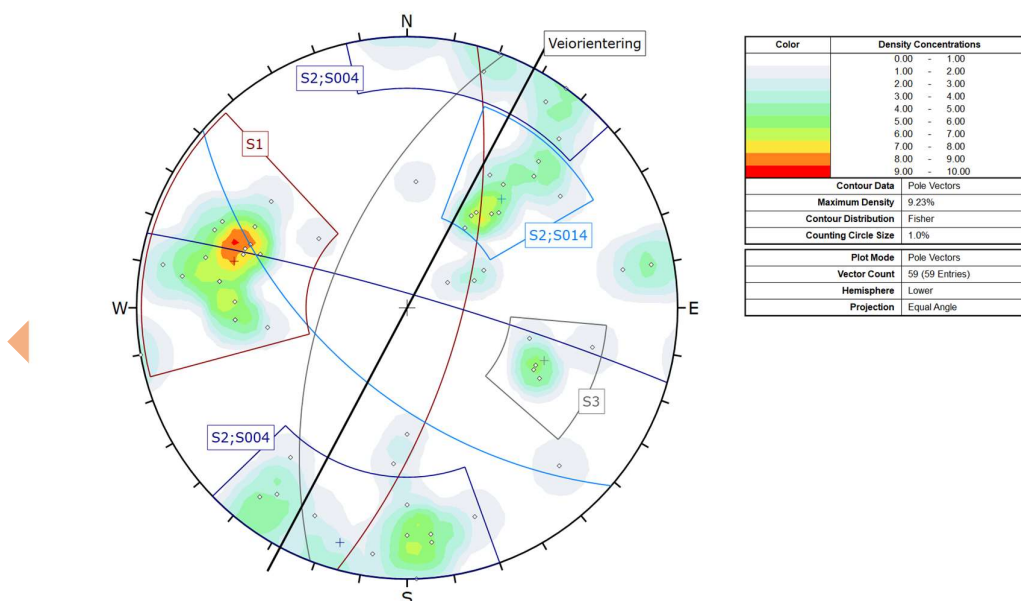
For skjæring 1 er det utført kinematisk analyse basert på data fra befaringslokalitet S004 og S014. Sprekkemålingene fra disse befaringslokalitetene er vist i Figur 8-1 og en oppsummering av de mest fremtredende løsnemekanismene i den kinematiske analysen kan sees i Tabell 8-1.

Det er noe avvik mellom sprekkemålingene på befaringslokalitet S004 og S014, som ligger til grunn for vurdering av stabilitet i skjæring 1. Sprekkesett 1 er like mellom lokalitetene, mens sprekkesett 2 har motsatt fallretning på de to lokalitetene. Trolig kan dette være påvirket av observert fold på befaringslokalitet S014. Det er likevel usikkert om de to orienteringene til sprekkesett 2 er to separate sprekkesett eller om de kan regnes som variasjon innenfor samme sprekkesett i området. Sprekkesett 3 er ikke observert på befaringslokalitet S004. Det kan være dette sprekkesettet var bedre eksponert i skjæringen på befaringslokalitet S014 enn i den naturlige blotningen på befaringslokalitet S004, og at sprekkesettet derfor ikke ble registrert på S004. Det kan ikke utelukkes at sprekkesett 3 opptrer i skjæring 1. Følgelig kan det forventes tre til fire sprekkesett i skjæringen.

Den kinematiske analysen indikerer at sprekkesett 1 kan gi plan utglidning. Videre kan dette sprekkesettet danne kiler med både sprekkesett 2 (fra begge lokaliteter) og 3. Sprekkesett 3 kan gi toppling. Blokkutfall er også en mulig løsnemekanisme i skjæringen, der sprekkesett 1 er baseplan. Den kinematiske analysen er utført mht. orienteringen til skjæringen langs hovedveien. Skjæringen følger rampe som svinger av fra hovedveien og følgelig variere skjæringens orientering noe. Dette betyr at løsnemekanismene kan være forårsaket av ulike sprekkesett i ulike deler av skjæringen.

Sprekkesett 1, 2 og til dels sprekkesett 3 faller typisk rundt 60-75 grader. Dette kan gi økt volum på løse blokker. Samtidig er sprekkeavstanden typisk middels, hvilket bidrar til å begrense volumet til løse blokker.

Det kan være hensiktsmessig å legge skjæringen langs sprekkesett 1 for å redusere mengden nødvendig bergsikring. Dette må sees i sammenheng med skråningsutslag, da sprekkesett 1 kan falle vesentlig slakere enn prosjektert skråningshelning. I eksisterende skjæring langs E18, som ble observert på befarings, er det primært sikret med spredt bolting.



Figur 8-1: Polplott med sprekkemålinger og tolkede sprekkesett fra lokalitet S004 og S014.

Tabell 8-1: Fremtredende løsnemekanismer fra kinematisk analyse av sprekker fra lokalitet S004 og S014.

Side	Plan utglidning	Ubegrenset plan utglidning	Kileutglidning	Toppling	Blokkutfall
Vestre skjæringsvegg	Sterkt S1	Sterkt S1	Sterkt S1 og S2;S014 S1 og S2;S004 S1 og S3	Sterkt S3	Sterkt S1 + S2;S004 og S3 S1 + S2;S004 og S2;S014 S1 + S3 og S2;S014 S1 + S1 og S2;S004
Blank celle = løsnemekanisme indikeres ikke Lite = lite fremtredende; 1-15.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme Middels = middels fremtredende; 15.1-40.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme Sterkt = Sterkt fremtredende; 40.1-100 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme S = sprekkesett (for blokkutfall oppgis baseplan-sprekkesett + to sprekkesett som skjærer hverandre)					

8.2.2 Sikringsbehov

Det er en tolket svakhetsone som krysser skjæringen. Denne krysser skjæringen i nordenden med ca. 70 grader. Det kan forventes økt sikringsbehov hvis denne svakhetsonen påtreffes. Her renner også et vassdrag. Dette kan gi utfordringer med vann og is i skjæringen og kan gi behov for vann- og frostsikring. Pga. stigende terreng i bakkant av skjæringen kan skjæringshøyden bli høyere enn anslått i kapittel 6.1.1 avhengig av skjæringsutformingen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med delvis systematisk og delvis spredt bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett, sprøytebetong, forbolter og stag.

8.3 Skjæring 2 – lokalitet C001

8.3.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

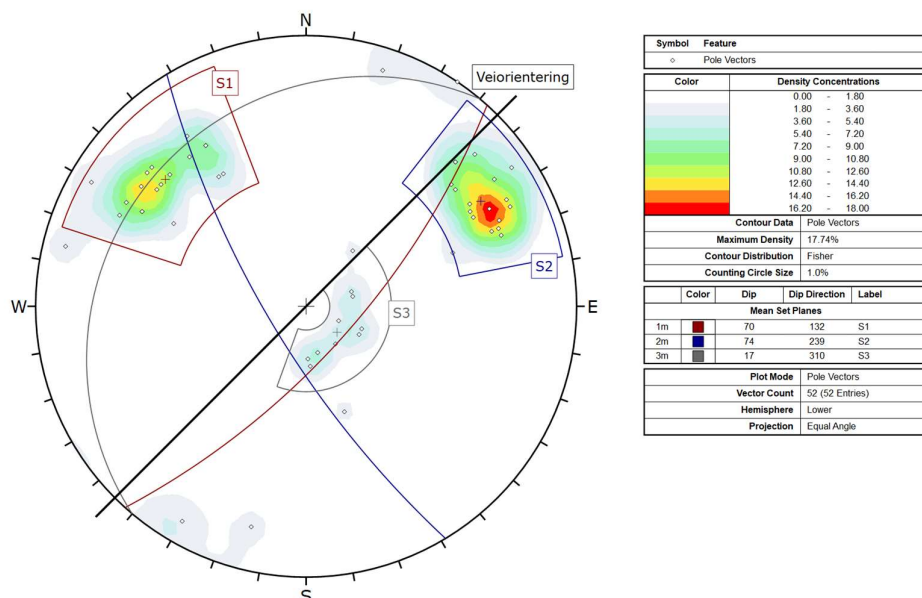
For skjæring 2 er det utført kinematisk analyse basert på data fra befæringslokalitet C001. Sprekkemålingene fra C001 er vist i Figur 8-2 og en oppsummering av de mest fremtredende løsnemekanismene i den kinematiske analysen kan sees i Tabell 8-2.

Den kinematiske analysen indikerer at sprekkesett 1 kan gi plan utglidning i vestre skjæringsvegg. Her kan også sprekkesett 1 danne kiler med sprekkesett 2 og 3. Sprekkesett 1 kan gi toppling i østre skjæringsvegg. Videre er blokkutfall mulig i begge skjæringsveggene.

Sprekkesett 1 og 2 har moderat fall og stor sprekkeutstrekning. Dette bidrar til å øke volumet på løse blokker, spesielt i vestre skjæringsvegg. Sprekkesett 1 er beskrevet som gjennomsettende, hvilket kan medføre utfordringer med større utglidninger ved både plan utglidning og toppling. Sprekkesett 3 faller typisk ca.

20 grader, i tillegg til at sprekkene i dette sprekkesettet typisk er røe og undulerende. Dette vurderes som gunstig for friksjonsforholdene langs dette sprekkesettet, og kan bidra til å motvirke utglidning langs sprekkesett 3.

Det kan være hensiktsmessig å legge skjæringen langs sprekkesett 1 for å redusere mengden nødvendig bergsikring. I eksisterende skjæring langs E18, som ble observert på befaring, er det ikke observert noe sikring. Denne var imidlertid bare noen meter høy.



Figur 8-2: Polplott med sprekkemålinger og tolkede sprekkesett fra lokalitet C001.

Tabell 8-2: Fremtredende løsnemekanismer fra kinematisk analyse av sprekker fra lokalitet C001.

Side	Plan utglidning	Ubegrenset plan utglidning	Kileutglidning	Toppling	Blokkutfall
Vestre skjæringsvegg	Sterkt S1	Sterkt S1	Sterkt S1 og S2 S1 og S3		Sterkt S1 + S2 og S3
Østre skjæringsvegg		Middels S2		Sterkt S1	Sterkt S3 + S1 og S2

Blank celle = løsnemekanisme indikeres ikke
 Lite = lite fremtredende; 1-15.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 Middels = middels fremtredende; 15.1-40.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 Sterkt = Sterkt fremtredende; 40.1-100 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 S = sprekkesett (for blokkutfall oppgis baseplan-sprekkesett + to sprekkesett som skjærer hverandre)

8.3.2 Sikringsbehov

Det er ikke tolket noen svakhetssoner som skal krysser skjæringen. Ved ca. profilnr. 1150 renner et vassdrag. Dette kan gi utfordringer med vann og is i skjæringen og kan gi behov for vann- og frostsikring. Pga. stigende terreng i bakkant av skjæringen kan skjæringshøyden bli høyere enn anslått i kapittel 6.1.3 avhengig av skjæringsutformingen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med delvis systematisk og delvis spredt bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett, sprøytebetong, forbolter og stag.

8.4 Skjæring 3

8.4.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

Det foreligger ikke tilstrekkelige data til å utføre kinematisk analyse for å vurdere stabilitet i skjæringen.

8.4.2 Sikringsbehov

Det er en tolket svakhetszone som krysser veibanen rett nord for skjæringen. Denne krysser veibanen ved ca. profilnr. 2300 med ca. 90 grader. Pga. usikkerhet knyttet til blant annet svakhetssonenes eksistens, plassering og utbredelse vurderes det å være en risiko for at denne tolkede svakhetssonen kan påvirke bergmassen i skjæringen. Det kan forventes økt sikringsbehov hvis denne svakhetssonen påtreffes. Videre er det ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i skjæringen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med systematisk bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett, sprøytebetong, forbolter og stag.

8.5 Skjæring 6

8.5.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

Det foreligger ikke tilstrekkelige data til å utføre kinematisk analyse for å vurdere stabilitet i skjæringen.

8.5.2 Sikringsbehov

Det er en tolket svakhetszone som krysser skjæringen ved ca. profil 4850 med ca. 90 graders vinkel. Det kan forventes økt sikringsbehov hvis denne svakhetssonen påtreffes. Videre er det ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i skjæringen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med delvis systematisk og delvis spredt bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett, sprøytebetong, forbolter og stag.

8.6 Skjæring 7

8.6.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

Det foreligger ikke tilstrekkelige data til å utføre kinematisk analyse for å vurdere stabilitet i skjæringen.

8.6.2 Sikringsbehov

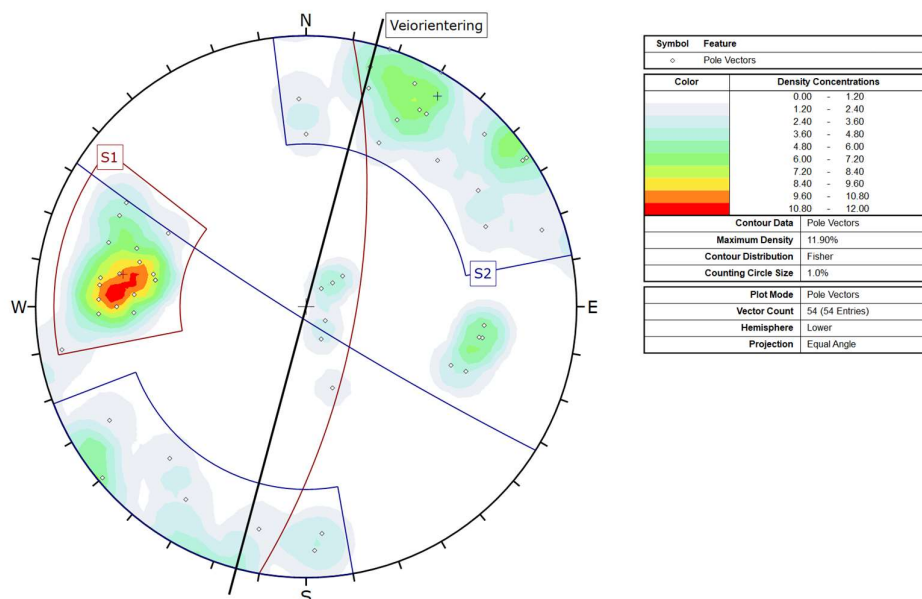
Det er ikke tolket noen svakhetssoner som skal krysse skjæringen. Det er heller ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i skjæringen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med delvis systematisk og delvis spredt bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett, sprøytebetong, forbolter og stag.

8.7 Skjæring 8 – lokalitet C006

8.7.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

For skjæring 8 er det utført kinematisk analyse basert på data fra befaringslokalitet C006. Sprekkemålingene fra C006 er vist i Figur 8-3 og en oppsummering av de mest fremtredende løsnemekanismene i den kinematiske analysen kan sees i Tabell 8-3.

Den kinematiske analysen indikerer kun at sprekkesett 1 kan gi toppling. Steilt fall til dette sprekkesettet kombinert med middels sprekkeavstand bidrar til å redusere volumet til ustabile blokker.



Figur 8-3: Polplott med sprekke målinger og tolkede sprekkesett fra lokalitet C006.

Tabell 8-3: Fremtredende løsnemekanismer fra kinematisk analyse av sprekker fra lokalitet C006.

Side	Plan utglidning	Ubegrenset plan utglidning	Kileutglidning	Toppling	Blokkutfall
Østre skjæringsvegg		Lite S2		Sterkt S1	

Blank celle = løsnemekanisme indikeres ikke
 Lite = lite fremtredende; 1-15.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 Middels = middels fremtredende; 15.1-40.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 Sterkt = Sterkt fremtredende; 40.1-100 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 S = sprekkesett (for blokkutfall oppgis baseplan-sprekkesett + to sprekkesett som skjærer hverandre)

8.7.2 Sikringsbehov

Det er ikke tolket noen svakhetssoner som skal krysse skjæringen. Det er heller ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i skjæringen. Pga. stigende terreng i bakkant av skjæringen kan skjæringshøyden bli høyere enn anslått i kapittel 6.1.7 avhengig av skjæringsutformingen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med systematisk bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett, sprøytebetong, forbolter og stag.

8.8 Skjæring 9

8.8.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

Det foreligger ikke tilstrekkelige data til å utføre kinematisk analyse for å vurdere stabilitet i skjæringen.

8.8.2 Sikringsbehov

Det er en tolket svakhetssone som krysser skjæringen ved ca. profilnr. 8350 med ca. 50 graders vinkel. Det er også flere tolkede svakhetssoner som har nærføring til skjæringen. På grunn av usikkerhet knyttet til blant annet svakhetssonenes eksistens, plassering og utbredelse vurderes det å være en risiko for at disse tolkede svakhetssonene kan påvirke bergmassen i skjæringen. Det kan forventes økt sikringsbehov hvis disse svakhetssonene påtreffes.

Videre er det ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i skjæringen. På grunn av stigende terreng i bakkant av skjæringen kan skjæringshøyden bli høyere enn anslått i kapittel 6.1.8 avhengig av skjæringsutformingen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med systematisk bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett, sprøytebetong, forbolter og stag.

8.9 Skjæring 11

8.9.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

Det foreligger ikke tilstrekkelige data til å utføre kinematisk analyse for å vurdere stabilitet i skjæringen.

8.9.2 Sikringsbehov

Det er ikke tolket noen svakhetssoner som skal krysse skjæringen. Det er heller ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i skjæringen. På grunn av stigende terreng i bakkant av skjæringen kan skjæringshøyden bli høyere enn anslått i kapittel 6.1.9 avhengig av skjæringsutformingen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med spredt bolting.

8.10 Skjæring 18

8.10.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

Det foreligger ikke tilstrekkelige data til å utføre kinematisk analyse for å vurdere stabilitet i skjæringen.

8.10.2 Sikringsbehov

Det er ikke tolket noen svakhetssoner som skal krysse skjæringen. Det er heller ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i skjæringen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med delvis systematisk og delvis spredt bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett, sprøytebetong, forbolter og stag.

8.11 Skjæring 12

8.11.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

Det foreligger ikke tilstrekkelige data til å utføre kinematisk analyse for å vurdere stabilitet i skjæringen.

8.11.2 Sikringsbehov

Det er ikke tolket noen svakhetssoner som skal krysse skjæringen. Det er heller ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i skjæringen. Pga. stigende terreng i bakkant av skjæringen kan skjæringshøyden bli høyere enn anslått i kapittel 6.1.11 avhengig av skjæringsutformingen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med spredt bolting.

8.12 Skjæring 13 – lokalitet C005

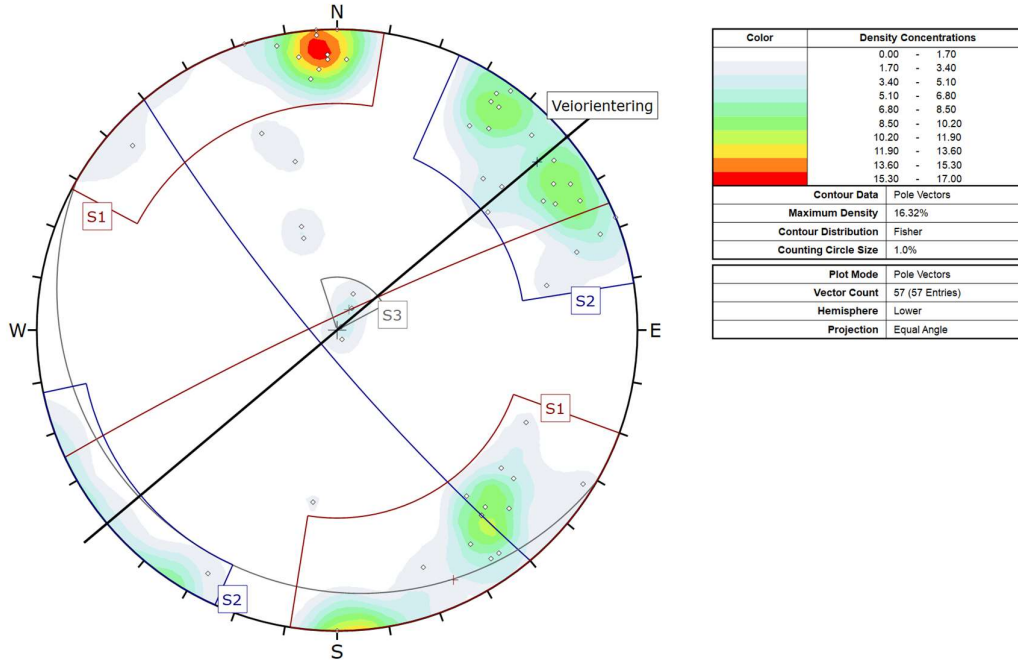
8.12.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

For skjæring 13 er det utført kinematisk analyse basert på data fra befaringslokalitet C005. Sprekkemålingene fra C005 er vist i Figur 8-4 og en oppsummering av de mest fremtredende løsnemekanismene i den kinematiske analysen kan sees i Tabell 8-4.

Den kinematiske analysen indikerer at sprekkesett 1 kan gi plan utglidning i østre skjæringsvegg. Videre kan sprekkesett 1 danne kiler med sprekkesett 2 og både 2 og 3 i henholdsvis vestre og østre skjæringsvegg. Sprekkesett 1 kan også gi toppling i begge skjæringsveggene. Denne løsnemekanismen er mest fremtredende i vestre skjæringsvegg. Det er også mulighet for blokkutfall i begge skjæringsveggene.

Steilt fall til sprekkesett 1 og 2, kombinert med sprekkeutstrekning ned mot 0,5 m og middels sprekkeavstand, bidrar til å redusere potensielt volum på ustabile blokker. Sprekkesett 3 har typisk fall ca. 10 grader og er i tillegg observert som ru. Dette vurderes som gunstig for friksjonsforholdene langs dette sprekkesettet, og kan bidra til å motvirke utglidning langs sprekkesett 3.

Det kan være hensiktsmessig å legge skjæringen langs sprekkesett 1 for å redusere mengden nødvendig bergsikring.



Figur 8-4: Polplott med sprekke målinger og tolkede sprekkesett fra lokalitet C005.

Tabell 8-4: Fremtredende løsnemekanismer fra kinematisk analyse av sprekker fra lokalitet C005.

Side	Plan utglidning	Ubegrenset plan utglidning	Kileutglidning	Toppling	Blokkutfall
Vestre skjæringsvegg		Lite S1	Lite S1 og S2	Sterkt S1	Sterkt S3 + S1 og S2
Østre skjæringsvegg	Middels S1	Middels S1 og S2	Middels S1 og S2 S1 og S3	Lite S1	Middels S1 + S1 og S2 S1 + S2 og S3 S3 + S1 og S2 S3 + S2 og S3

Blank celle = løsnemekanisme indikeres ikke
 Lite = lite fremtredende; 1-15.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 Middels = middels fremtredende; 15.1-40.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 Sterkt = Sterkt fremtredende; 40.1-100 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme
 S = sprekkesett (for blokkutfall oppgis baseplan-sprekkesett + to sprekkesett som skjærer hverandre)

8.12.2 Sikringsbehov

Det er en tolket svakhetszone som krysser skjæringen ved ca. profilnr. 12800 med ca. 45 grader vinkel. Det kan forventes økt sikringsbehov hvis denne svakhetssonen påtreffes. Videre er det ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i skjæringen. På grunn av stigende terreng i

bakkant av skjæringen kan skjæringshøyden bli høyere enn anslått i kapittel 6.1.12 avhengig av skjæringsutformingen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med spredt bolting.

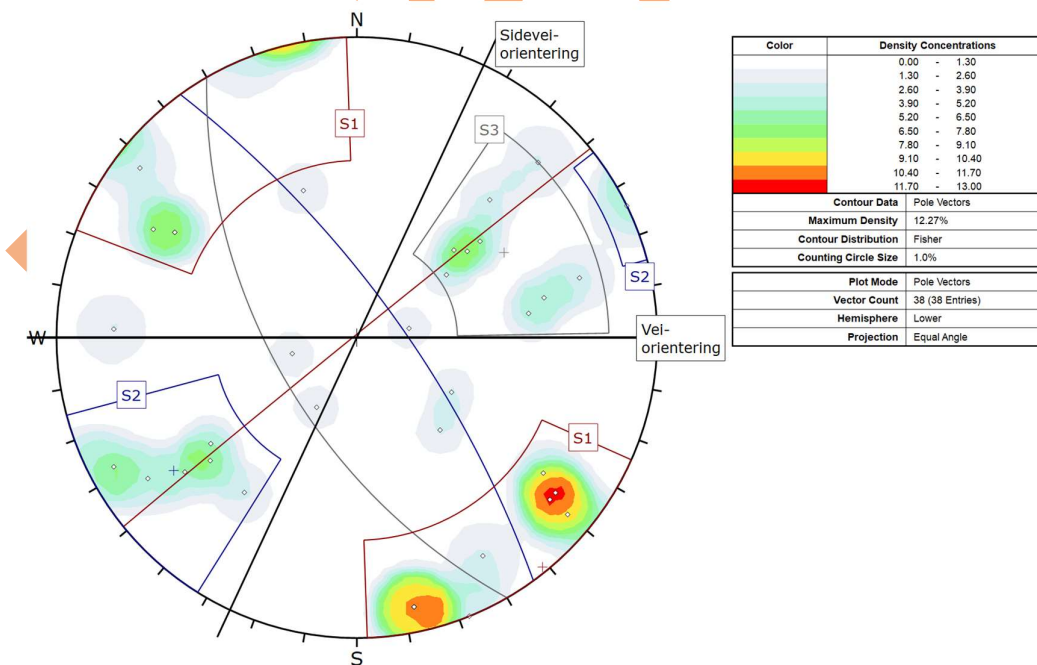
8.13 Skjæring 16

8.13.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

For skjæring 16 er det utført kinematisk analyse basert på data fra befaringslokalitet S001. Sprekkemålingene fra S001 er vist i Figur 8-5 og en oppsummering av de mest fremtredende løsnemekanismene i den kinematiske analysen kan sees i Tabell 8-5.

Den kinematiske analysen indikerer at sprekkesett 1 kan gi plan utglidning. Videre kan de ulike sprekkesettene danne kiler mot hverandre. Sprekkesett 1 kan gi toppling og det er også mulighet for blokkutfall med sprekkesett 1 som baseplan.

Sprekkeavstanden er generelt observert stor i felt og sprekkutstrekningen kan bli lang. Sprekkesett 2 og 3 har også moderat fall. Disse egenskapene vurderes at kan bidra til å øke volum på eventuelle ustabile blokker. Bred sprekkåpning kan også være drivende for utfall og utglidninger.



Figur 8-5: Polplott med sprekkemålinger og tolkede sprekkesett fra lokalitet S001.

Tabell 8-5: Fremtredende løsnemekanismer fra kinematisk analyse av sprekker fra lokalitet S001.

Side	Plan utglidning	Ubegrenset plan utglidning	Kileutglidning	Toppling	Blokkutfall
Østre skjæringsvegg	Middels S1	Sterkt S1, S3	Sterkt Alle	Middels S1	Middels S1 + S1 og S2 S1 + S1 og S3 S1 + S2 og S3
Blank celle = løsnemekanisme indikeres ikke Lite = lite fremtredende; 1-15.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme Middels = middels fremtredende; 15.1-40.0 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme Sterkt = Sterkt fremtredende; 40.1-100 % av målte sprekker i sprekkesett kan gi løsnemekanisme S = sprekkesett (for blokkutfall oppgis baseplan-sprekkesett + to sprekkesett som skjærer hverandre)					

8.13.2 Sikringsbehov

Det er en tolket svakhetszone som krysser sørenden av skjæringen med ca. 15-20 graders vinkel. I tillegg er det observert noen mindre svakhetssoner i eksisterende skjæring. Det kan forventes økt sikringsbehov hvis disse svakhetssonen påtreffes. Videre er det ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i skjæringen. På grunn av stigende terreng i bakkant av skjæringen kan skjæringshøyden bli høyere enn anslått i kapittel 6.1.13 avhengig av skjæringsutformingen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med delvis systematisk og delvis spredt bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett, sprøytebetong, forbolter og stag.

8.14 Skjæring 14

8.14.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

Det foreligger ikke tilstrekkelige data til å utføre kinematisk analyse for å vurdere stabilitet i skjæringen.

8.14.2 Sikringsbehov

Det er ikke tolket noen svakhetssoner som skal krysse skjæringen. Det er heller ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i skjæringen. På grunn av stigende terreng i bakkant av skjæringen kan skjæringshøyden bli høyere enn anslått i kapittel 6.1.14 avhengig av skjæringsutformingen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med systematisk bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett, sprøytebetong, forbolter og stag.

8.15 Skjæring 15

8.15.1 Tolkning av sprekkesett og stabilitet

Det foreligger ikke tilstrekkelige data til å utføre kinematisk analyse for å vurdere stabilitet i skjæringen.

8.15.2 Sikringsbehov

Det er to tolkede svakhetssoner som krysser skjæringen ved henholdsvis ca. profilnr. 16550 og 16600 med ca. 40 og 70 graders vinkel. Det kan forventes økt sikringsbehov hvis disse svakhetssonene påtreffes. Videre er det ikke observert forhold som skulle tilsi spesielle utfordringer med vann og is i skjæringen. På grunn av stigende terreng i bakkant av skjæringen kan skjæringshøyden bli høyere enn anslått i kapittel 6.1.15 avhengig av skjæringsutformingen. Det forventes at skjæringen generelt kan sikres med delvis systematisk og delvis spredt bolting. Andre aktuelle sikringstiltak kan være f.eks. steinsprangnett, sprøytebetong, forbolter og stag.

8.16 Miljøgeologiske forhold

Bergarter forventet påtruffet i tiltaksområdet har blitt prøvetatt og undersøkt med XRF-analyser for svovel og testing etter peroksydmetoden. Resultatene er presentert i Tabell 5-2. Én prøve (nr. 15) havner i kategorien "Høy" på peroksydtest, men den samme prøven faller i kategorien "Lav" på XRF-analysene for svovel. Dette indikerer likevel at bergarten i prøven er syredannende. Prøven ble tatt 250 meter unna planlagt trasé. Øvrige bergartsprøver er klassifisert som ikke-syredannende. Det anbefales at det undersøkes nærmere for syredannende bergarter i området der prøve nr. 15 ble tatt.

Tidligere erfaring tilsier at forhøyet konsentrasjon av svovel kan forekomme i båndgneis, pelittisk gneis og migmatitt nær tiltaksområdet [45] [46]. En betydelig del av traséen går i disse bergartene, inkludert planlagte høye skjæringer (Tabell 5-1). Derfor kan også testing under anleggsfasen være nødvendig.

8.17 Sikringsestimater

Det er gjort et grovt estimat på sikringsmidler og -mengder for skjæringene som er høyere enn 10 m. De høye skjæringene vil ha spesielt stor usikkerhet i estimatet, da det kan komme frem informasjon i senere faser eller under utførelse som gjør at det er behov for tyngre sikring. Endelig sikringsomfang må bestemmes i en senere fase.

Estimering av stabilitetssikring er forenklet ved å dele bergmassen inn i fire kategorier og anslå sikringen basert på disse og tilpasning for den enkelte skjæring. Sikringsomfang kan ikke bestemmes på forhånd. Det må fastsettes endelig i utførelsesfasen. Det understrekes derfor at sikringsmengdene er et estimat basert på den informasjonen som er tilgjengelig i dette forprosjektet. Å dele inn skjæringene i kategorier er en forenkling som er akseptabel på det nåværende detaljeringsnivået.

Se Tabell 8-6 for sikringsestimat for bergskjæringer basert på forventet sikringsbehov til skjæringene over 10 m langs traseen. Det påpekes at dette er et innledende estimat.

Tabell 8-6: Sikringsestimat for bergskjæringer langs strekningen.

Sikringstiltak	Mengder	Enhet
Bolter	4775	stk
Steinsprangnett	2745	m ²
Sprøytebetong	100	m ³
Forbolter	1925	stk
Stag	40	stk

9 Boring og sprengning

9.1 Borbarhet og sprengbarhet

I Norge er det vanlig å benytte borbarhetsindeksene DRI_{TM} (Drilling Rate Index) og BWI_{TM} (Bit Wear Indeks) for å tallfeste borbarhet, hvor DRI er borsynkindeks og BWI er borslitasjeindeks. Høy borsynk (DRI) og lav borslitasje (BWI) indikerer god borbarhet. Og i motsatt tilfelle indikerer lav borsynk og høy borslitasje dårlig borbarhet.

Det er ikke utført laboratorietesting av borbarhet i forbindelse med dette prosjektet. «Prosjektrapport anleggsdrift 13B-98: Borbarhet, katalog over borbarhetsindekser» [47] har samlet blant annet DRI- og BWI-verdier for flere typer bergarter og rundt omkring i Norge og andre utvalgte steder i verden. For å få et inntrykk av borbarheten til bergmassen i planområdet er denne katalogen gjennomgått. Det er da kun sett på bergarter som forventes påtruffet langs veglinja og kun testresultater fra Vest- og Øst-Agder og Telemark. Tabell 9-1 gir en oversikt over funn.

Tabell 9-1: Oversikt over DRI og BWI for ulike bergarter langs veitraseen fra Vest- og Øst-Agder og Telemark [47].

Bergart	Antall tester	DRI min	DRI snitt	DRI max	BWI min	BWI snitt	BWI max
Gneis	24	18	49	63	24	39	71
Amfibolitt	6	26	48	67	18	27	36
Kvartsitt	5	33	45	60	33	58	79
Granitt	2	54	55	55	28	28	28
Glimmergneis	5	37	54	70	19	27	39

En klassifisering av DRI og BWI er vist i Tabell 9-2. Ved sammenlikning med Tabell 9-1 ser man at gjennomsnittlige verdier for DRI og BWI for de ulike bergartene indikerer middels DRI og lav BWI for amfibolitt, granitt og glimmergneis, middels BWI for gneis og meget høy BWI for kvartsitt. Altså antydes det at amfibolitt, granitt og glimmergneis har bedre borbarhet enn kvartsitt.

Tabell 9-2: Klassifisering av DRI og BWI (oversatt fra engelsk) [44].

Betegnelse	DRI	BWI
Ekstremt lav	26	<11
Meget lav	26-32	11-20
Lav	33-42	21-30
Middels	43-57	31-44
Høy	58-69	45-55
Meget høy	70-82	56-69
Ekstremt høy	>82	>69

Det er ikke utført laboratorietesting av sprengbarhet i forbindelse med dette prosjektet. Generelt kan bergarter med fremtredende foliasjon eller lagdeling ha utfordringer med tanke på sprengbarhet [44]. Svakhetssoner og sprekkese sett vil også kunne påvirke boring og sprengningsresultat. Mye oppsprekking, åpne sprekker, høyt glimmerinnhold og sprekker parallell med skjæringens orientering reduserer sprengbarhet. Typisk skal amfibolitt, granitt, trondhemitt og gneis ha god til middels sprengbarhetsindeks (SPR). Kvartsitt skal ha god SPR og glimmergneis skal ha middels til dårlig SPR [48].

Det påpekes at datagrunnlaget som finnes, viser betydelige variasjoner innenfor de enkelte bergartene og innenfor geografiske regioner. Erfaringsgrunnlaget kan derfor kun oppfattes som orienterende og prosjektspesifikke tester må gjøres før anleggsstart. Dette er data som legges til grunn for beregning av tid og kostnad for sprengningsarbeidene.

9.2 Vibrasjoner

N200 kapittel 1.3.4.4 setter krav til at det skal fastsettes grenseverdier for sprengnings- eller anleggsinduserte vibrasjoner. Veiledende grenseverdier for vibrasjoner fra bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk, NS 8141, har vært igjennom revisjoner og på tidspunktet for rapporten, er følgende versjoner gyldige:

- NS 8141:2001 [49]
- NS 8141-2:2013 [50]
- NS 8141-3:2014 [51]
- NS 8141-4:2021 [52]

Det anbefales at det i utførelsesfasen sjekkes hvilke standarder som er gjeldende, da det pågår revisjonsarbeid for NS8141-1.

I henhold til NS 8141:2001 [49] skal omkringliggende bygninger og andre konstruksjoner som kan tenkes å bli påvirket av grunnarbeidet besiktiget før og etter at arbeidet er utført. Den anbefalte avstanden er, i henhold til NS 8141:2001, 50 m for byggverk fundamentert på berg og 100 m for byggverk fundamentert på løsmasser. Ved omfattende sprengningsarbeider, skal et større område for besiktigelse vurderes. Dersom den utførte besiktigelsen tilsier det, må det utføres vibrasjonsovervåking og oppfølging av aktuelle områder i anleggsfasen.

Det er konstatert at det i dag eksisterer bygg som ligger innenfor 50 eller 100 m avstand fra planlagt veglinje. Det er ikke foretatt en detaljert undersøkelse av hvor disse byggene er, hvordan disse er fundamentert eller hvor mange bygg det gjelder.

Det er ikke påvist kvikkleire i planområdet, men det er indikasjon på spørbruddsmateriale i totalsonderinger. Det er anvist prøveserier i dette forprosjektet for å undersøke dette nærmere. Resultatene er imidlertid ikke klare enda. Det henvises til geoteknisk datarapport [27], områdestabilitetsvurdering [53] og geoteknisk rapport [54] for detaljer.

Sprengning nær kvikkleire har egne krav til rystelser, som er beskrevet i NS8141-3:2013. Grenseverdien for svingehastighet er 45 mm/s der bølgene når frem til kvikkleiren [51] [55]. Generelt må det sikres at sprengning nær kvikkleire ikke påvirker kvikkleirens stabilitet negativt. Dette innebærer å:

- Sikre at berg ikke bryter direkte ut mot kvikkleira.
- Sikre at berg ikke kastes opp på kvikkleira og fungerer som tilleggslast.
- Sikre at sprenggasser ikke virker som dynamisk last på kvikkleira.
- Unngå for store vibrasjoner.
- Sikre at lufttrykk ikke virker som en kortvarig flatebelastning på kvikkleireoverflaten.

10 Anvendelse av steinmateriale

Som nevnt i kapittel 5.9 kan trolig flere bergarter som skal påtreffes i skjæringer brukes i både veifundament, bærelag og toppdekke. Bergartene i prosjektet er imidlertid ikke testet for å vurdere dette og tester fra detaljprosjekteringen av E18 Tvedestrand-Bamble indikerer varierende egnethet. Bergmassens egnethet bør kartlegges videre i senere planfase, men det kan også være behov for løpende testing under anleggsfasen. I tillegg til krav til mekaniske egenskaper må også hensyn til for eksempel miljø ivaretas ved bruk av masser, se kapittel 8.16.

Foreløpige

11 Usikkerheter

Rapporten er skrevet med bakgrunn i skrivebords-/kartstudier og enkelte feltbefaringer. Det er gjort en vurdering rundt gjennomførbarheten til den spesifikke veilinjens med tanke på ingeniørgeologiske problemstillinger. Det er flere usikkerheter tilknyttet innholdet i denne rapporten.

- Skjæringsutforming

Endelig skjæringsutforming og bergsikringsbehov fastsettes i senere planfaser.

- Borbarhet og sprengbarhet

Det er usikkerhet knyttet til borbarhets- og sprengbarhetsparametere da det ikke er utført testing på bergarter i planområdet.

- Geologiske forhold og utført feltkartlegging

Faktiske geologiske forhold i planlagte skjæringer kan avvike fra observasjoner utført i nærliggende bergblotninger og bergskjæringer, selv om avstanden er relativt liten. Flere skjæringer er ikke befart og geologien i disse er usikker.

- Svakhetssoner

Tolkning av svakhetssoner er utført basert på topografiske kart og relieffkart. Det er knyttet usikkerhet til tolkning av svakhetssonene, både i eksistens, kvalitet, plassering, retning, forløp mot dypet og mektighet.

- Syredannende bergarter

Prøver for testing av svovelinnhold og syredannende potensiale hos bergartene i planområdet har generelt lave konsentrasjoner av svovel. Én prøve klassifiseres som syredannende og bergartene i dette området anbefales undersøkt nærmere. Tidligere erfaring tilsier at forhøyet konsentrasjon av svovel kan forekomme i flere aktuelle bergarter nær planområdet. Testing under anleggsfasen kan derfor være nødvendig, og høye svovelverdier vil kunne utløse behov for tiltak.

- Bergmassens egnethet til veiformål

Bergartene i planområdet er ikke testet for egnethet til veiformål. Vurderinger tilknyttet dette baserer seg på erfaringer fra andre prosjekter og generelle data.

- Løsmasser

Utbredelsen av kvikkleire og andre sensitive løsmasser er ikke kjent. For detaljer tilknyttet dette henvises det til geoteknisk datarapport [27] og rapport om områdestabilitet [53].

- Sikringsmengder

Sikringsestimatet er basert på hvordan skjæringene er beskrevet i foreliggende rapport. Beregnede sikringsmengder er grove anslag, og endelig omfang av sikring vil være usikker frem til bergmassen sprenges ut og vurderes videre av ingeniørgeolog.

- Hydrogeologi

Det er ikke gjort hydrogeologiske undersøkelser i planområdet. Setningsømfintlighet i løsmasser og bebyggelse og nærliggende sårbar natur, som myr, er ikke vurdert eller kartlagt. Det er anvist noen piezometermålinger, men resultatene fra disse foreligger ikke. Det er derfor usikkerhet knyttet til behov for injeksjon og andre tiltak for vann ved og i skjæringer.

- Vibrasjoner

Det er ikke fastsatt vibrasjonsgrenser eller utarbeidet måleprogram for vibrasjoner.

12 Videre arbeid

Videre arbeid må basere seg på krav gitt i N200.

I senere planfaser anbefales det ytterligere ingeniørgeologisk kartlegging for å kartlegge geologien i skjæringene langs veien bedre. Flere skjæringer er ikke befart.

Videre anbefales det å teste bergmassens egnethet til veiformål mht. mekaniske egenskaper, testing av borbarehet og sprengbarhet, samt ytterligere testing av syredannende berg.

Det bør også utføres flere undersøkelser knyttet til hydrogeologiske forhold. Dette innebærer blant annet å kartlegge om det finnes brønner i planområdet som ikke er registrert i Granada, undersøke setningsømfintlighet i området og vurdere behov for injeksjon i skjæringer mht. sårbar natur.

I tillegg anbefales det å utføre flere grunnboringer for å blant annet kartlegge grunnforholdene ved og rundt skjæringer nærmere. Det bør også kartlegges nærmere om det kan være kvikkleire eller andre sensitive løsmasser rundt skjæringer. Se også geoteknisk fagrapport [54].

Vibrasjonsgrenseverdier og evt. måleprogram for vibrasjoner må bestemmes. Det bør også utføres en fullverdig skredfarekartlegging for veistrekningen.

13 Vedlegg

Følgende vedlegg hører til denne rapporten:

- Vedlegg 1: Geologisk kartvedlegg
- Vedlegg 2: Kinematisk analyse - bergskjæringer

Foreløpig

14 Referanser

- [1] COWI, «NV42E18AG-GEO-RAP-0003_Fagrapport Ingeniørgeologi - Grimstadportentunnelen,» 2022.
- [2] COWI, NV42E18AG-GEO-RAP-0004_Fagrapport Ingeniørgeologi - Frivolltunnelen, 2022.
- [3] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 (Eurokode 7),» 2008.
- [4] Norsk bergmekanikkgruppe, «Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering, versjon 1,» Norsk bergmekanikkgruppe, 2011.
- [5] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+NA:2008 (Eurokode 0),» 2008.
- [6] Statens vegvesen Vegdirektoratet, «Håndbok N200 Vegbygging,» 2021.
- [7] Asplan Viak og Rambøll, «Dok-D-007 - Temarapport Ingeniørgeologi - KU E18 Dørdal - Grimstad,» 2019.
- [8] COWI, «NV42E18AG-PLA-NOT-0008 Fagnotat: Veiføring, anleggskostnader, konstruksjoner og grunnforhold fase 4B,» 2021.
- [9] NGU, «B e r g g r u n n - Nasjonal berggrunnsdatabase,» 2022. [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/.
- [10] NGU, «L ø s m a s s e r - Nasjonal løsmassedatabase,» 2022. [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/.
- [11] NGU, «Grus og pukk,» 2022. [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/grus_pukk_mobil/.
- [12] NGU, «Nasjonalt aktsomhetskart for radon,» 2022. [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/radon/>.
- [13] NGU, «GRANADA,» 2022. [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/.
- [14] GeoNorge, «GeoNorge,» [Internett]. Available: <https://kartkatalog.geonorge.no/>.
- [15] NGU, «Rock construction awareness map from South Norway,» 2017.
- [16] Statens vegvesen Vegdirektoratet, «Håndbok N100 Veg-og gateutforming,» 2021.
- [17] COWI, «NV42E18AG-VEI-RAP-0001_Fagrapport vei,» 2022.
- [18] Statens vegvesen Vegdirektoratet, «Håndbok V225 Bergskjæringer,» 2020.
- [19] Statens vegvesen Vegdirektoratet, «Håndbok N200 Vegbygging,» 2014.
- [20] Sweco, «E6 Kvithammar-Åsen. Bergskjæringer og fanggrøft,» 2021.
- [21] Vianova, «Byggeplan tegningshefte Parsell: Harebakken-Sørsvann,» 2007.

- [22] Asplan Viak Sør, «Byggeplan Tegningshefte Parsell: Rannekleiv-Stoa,» 2005.
- [23] Asplan Viak, «Tilbudsgrunnlag Tegningshefte Parsell Rannekleiv-Temse,» 2009.
- [24] FW Fjellanger Widerøe AS, «Anbudsgrunnlag del 2 Anbudstegninger Hovedparsell 10 Rannekleiv-Temse,» 1997.
- [25] Statens vegvesen, «Konkurransgrunnlag Tekniske tegninger Parsell: Temse-Bie,» 2011.
- [26] Rambøll, «Dok-D-017 - Grunnundersøkelser E18 D-G Datarapport for planområder E18 A-G,» 2018.
- [27] COWI, «NV42E18AG-GEO-RAP-0006_Geoteknisk datarapport,» 2022.
- [28] O. Olesen, J. F. Dehls, J. Ebbing, H. Henriksen, O. Kihle og E. Lundin, «Aeromagnetic mapping of deep-weathered fracture zones in the Oslo Region - a new tool for improved planning of tunnels,» *Norwegian Journal of Geology*, vol. 87, pp. 253-267, 2007.
- [29] Sweco Grøner, «Statens Vegvesen, Region Sør - Grimstadporten Ingeniørgeologisk tunnelinspeksjon,» 2007.
- [30] R. I. Acworth, «The development of crystalline basement aquifers in a tropical environment,» *Quarterly Journal of Engineering Geology*, vol. 20, pp. 265-272, 1987.
- [31] K. Karlsrud, L. Erikstad og P. Snilsberg, «Publikasjon 103 - Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø,» Statens vegvesen, 2003.
- [32] Kartverket, «Norgeskart,» 2022.
- [33] A. T. Pearce, «A Mineralogical and Geochemical Description of Potentially Acid-producing Gneisses from the Lillesand Area - Implications for Leaching Behaviour,» Universitetet i Oslo, 2018.
- [34] A. Hindar, «Highway E18 Grimstad-Kristiansand; effects and quantification of acid runoff from deposits of sulphide-bearing rock,» NIVA - Norsk Institutt for Vannforskning, 2011.
- [35] A. Hindar og E. Lydersen, «Extreme acidification of a lake in southern Norway caused by weathering of sulphide-containing bedrock,» *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 77, pp. 17-25, 1994.
- [36] Lillesand Kommune, «Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis: Versjon 2,4,» Lillesand Kommune, 2021.
- [37] Prosjektgruppen for kontroll på svolveholdig avrenning i Agder, «Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis versjon 2.4,» 2021.

- [38] K. A. Aasly, A. M. E. Erichsen, T. Rise og L. I. Alnæs, «Forundersøkelser og bruk av kortreist stein,» 2019.
- [39] R. Nålsund og P. Padget, «Pukkundersøkelser i Aust-Agder,» NGU, 1987.
- [40] P. Padget, «Arendal berggrunnskart 1611 4 1:50000,» NGU, 2000.
- [41] COWI, «Fagrapport Vurdering bergkvalitet. E18 Tvedestrand - Bamble. Detaljreguleringsplan,» 2021.
- [42] Standard Norge, «NS-EN ISO 14689:2018 Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Identifisering, beskrivelse og klassifisering av berg (ISO 14689:2017)».
- [43] NGI, Bruk av Q-systemet, 2015.
- [44] Norwegian Group for Rock Mechanics / Norsk bergmekanikkgruppe (NBG), «Haandbook No 2 Engineering geology and rock engineering,» 2000.
- [45] COWI, «Aprova AS - Sulfidvurderinger for VA-anlegg Rorevann-Lindtveit i Grimstad og Arendal Kommune,» 2021.
- [46] COWI, «Eimyr AS - Morholtåsen - tiltaksplan til håndtering av avrenning fra sulfidholdig berg,» 2020.
- [47] NTNU, «Prosjektrapport anleggsdrift 13B-98: Borbarhet, katalog over borbarhetsindekser,» 1998.
- [48] S. Zare, «Drill and Blast Tunneling Blast Design,» 2007.
- [49] Standard Norge, «NS8141:2001. Vibrasjoner og støt - Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk,» 2001.
- [50] Standard Norge, «NS 8141-2:2013 Vibrasjoner og støt - Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk - Del 2: Virkning av vibrasjoner på byggverk fra annen anleggsvirksomhet enn sprengning, og fra trafikk,» 2013.
- [51] Standard Norge, «NS 8141-3:2014 Vibrasjoner og støt - Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk - Del 3: Virkning av vibrasjoner fra sprengning på utløsning av skred i kvikkleire,» 2014.
- [52] Standard Norge, «NS8141-4:2021: Vibrasjoner og støt - Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk - Del 4: Retningslinjer for besiktigelse av byggverk og eiendom før bygge- eller anleggsstart,» 2021.
- [53] COWI, «NV42E18AG-GEO-RAP-0002_Fagrapport geoteknikk- Innledende områdestabilitetsvurdering,» 2022.

[54] COWI, «NV42E18AG-GEO-RAP-0001_Fagrapport geoteknikk,» 2022.

[55] Statens Vegvesen, «Rettelser i håndbok V220, 2018-utgaven (utgitt 20. desember 2018),» Statens Vegvesen, 2019.

Foreløpig