

Beregnet til
Rogaland fylkeskommune

Dokument type
Rapport til reguleringsplan

Dato
Desember 2022

INGENIØRGEOLOGISK RAPPORT

FV. 547 ÅKRA SØR-VEAKROSSEN



INGENIØRGEOLOGISK RAPPORT

FV. 547 ÅKRA SØR-VEAKROSSEN

Oppdragsnavn **Fv. 547 Omkjøringsveg Åkra sør-Veakrossen**
Prosjekt nr. **1350051004**
Mottaker **Rogaland fylkeskommune**
Dokument type **Rapport til reguleringsplan**
Versjon **01**
Dato **28.11.2022**
Utført av **Marita Thomassen, Johanne de Presno**
Kontrollert av **Semere Solomon Foto**
Godkjent av **Marita Thomassen**
Beskrivelse **Ingeniørgeologisk rapport til reguleringsplan**

Sammendrag

Rambøll er engasjert av Rogaland fylkeskommune for å oppdatere kunnskapsgrunnlaget til nordre del av reguleringsplanen for ny fv. 547 på Karmøy, mellom Killingtjørn og Veakrossen, slik at det tilfredsstiller de krav som er stilt i brev fra KMD og i innsigelsen fra Statsforvalteren. Det er etter en samlingsprosess kommet fram til 5 ulike veglinjer: en linje med veg i dagen + miljøkulvert (alternativ 4), en linje med kort tunnel (alternativ 2A), en linje med to korte tunneler + miljøkulvert (alternativ 3A), og to linjer med lengre tunneler (alternativ 2B og 3B). Denne geologiske rapporten tar for seg alle tunnelalternativene og skjæringer over 10 meter på de aktuelle linjene. ÅDT for strekningen for år 2030 er estimert til å være ca. 13 000. Ettløpstunnel og tunnelprofil T12,5 er lagt til grunn i denne rapporten.

Linjene går gjennom sårbar natur med bl.a. myr og naturreservatet Heiavatnet like nord for varslingsgrensen. Bergoverdekningen til tunnelene er generelt lav. Totalt 15 svakhetssoner er forventet å krysse traseene. Det forventes at i områder utenfor svakhetssoner ligger bergmassen i klasse A – C. I området hvor svakhetssoner krysser tunnel forventes dårligere bergmassekvalitet, klasse D – E. Tetthetskrav i tunnel er satt til å være 5 l/min/100 m i myrområdene, 7 l/min/100 m i områder med svakhetssoner, og 10 l/min/100 m for strekker utenfor myrområder og svakhetssoner.

Arealet av bergskjæringer > 10 m varierer fra rundt 1900 m² til 9400 m² for de ulike alternativene.

INNHALDSFORTEGNELSE

Sammendrag	ii
Del 1 faktadel	1
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Rapportens innhold	1
1.3 Trasévalg, linjeføring og tunneltverrsnitt	1
1.3.1 Alternativ 2A, kort tunnel	3
1.3.2 Alternativ 2B, lang tunnel	4
1.3.3 Alternativ 3A, korte tunneler med miljøkulvert	5
1.3.4 Alternativ 3B, lang tunnel	6
1.3.5 Alternativ 4, miljøkulvert	7
1.4 Oversikt over bergskjæringer	8
1.5 Ingeniørgeologiske prosjekteringsforutsetninger	12
1.5.1 Styrende dokumenter	12
1.5.2 Myndighetskrav	12
1.5.3 Krav til sikkerhet mot skred	13
1.6 Geologiske rapporter/grunnlagsmateriale	14
2. Utførte undersøkelser	15
2.1 Tidligere utførte felt- og grunnundersøkelser	15
2.2 Undersøkelser i denne planfasen	17
3. Grunnforhold – faktadel	18
3.1 Topografi og løsmasser	18
3.2 Berggrunnsgeologi	19
3.2.1 Bergarter	19
3.2.2 Strukturgeologi	21
3.2.3 Svakhetssoner i berggrunnen	25
3.3 Bergmekaniske egenskaper	26
3.4 Radon og kvarts	26
3.5 Hydrologi og hydrogeologi	27
3.5.1 Generelt	27
3.5.2 Grunnvann	29
3.5.3 Vurdering av konsekvenser ved grunnvannssenkning	29
3.5.4 Innlekkasje i tunnel og berginjeksjon	30
3.6 Naturfare	31
Del 2 tolkningsdel	32
4. Ingeniørgeologiske vurderinger – tolkningsdel tunnel	32
4.1 Bergoverdekning	32
4.2 Bergmasseklassifisering og bergsikring	32
4.3 Alternativ 2A, kort tunnel	35
4.3.1 Bergoverdekning	35
4.3.2 Svakhetssoner	35
4.3.3 Påhugg	35
4.3.4 Bergmassekvalitet	36
4.3.5 Bergsikring	36
4.4 Alternativ 2B, lang tunnel	37
4.4.1 Bergoverdekning	37
4.4.2 Svakhetssoner	37

4.4.3	Påhugg	38
4.4.4	Bergmassekvalitet	38
4.4.5	Bergsikring	39
4.5	Alternativ 3A, korte tunneler med miljøkulvert	40
4.5.1	Bergoverdekning	40
4.5.2	Svakhetssoner	40
4.5.3	Påhugg	40
4.5.4	Bergmassekvalitet	41
4.5.5	Bergsikring	42
4.6	Alternativ 3B, lang tunnel	43
4.6.1	Bergoverdekning	43
4.6.2	Svakhetssoner	43
4.6.3	Påhugg	43
4.6.4	Bergmassekvalitet	44
4.6.5	Bergsikring	45
4.7	Borbarhet og sprengbarhet	46
4.8	Bergspenningsforhold	46
4.9	Anvendelse av sprengsteinsmassene	46
5.	Ingeniørgeologiske vurderinger – tolkningsdel bergskjæringer	47
5.1	Generelt	47
5.2	Alternativ 2A, kort tunnel	48
5.2.1	Søndre påhugg	48
5.2.2	Nordre påhugg	48
5.2.3	Vegskjæringer	50
5.3	Alternativ 2B, lang tunnel	51
5.3.1	Søndre påhugg	51
5.3.2	Nordre påhugg	52
5.3.3	Vegskjæring	53
5.4	Alternativ 3A, to korte tunneler med miljøkulvert	54
5.4.1	Vestlig tunnel	54
5.4.2	Østlig tunnel	56
5.4.3	Vegskjæringer	58
5.5	Alternativ 3B, lang tunnel	59
5.5.1	Søndre påhugg	59
5.5.2	Nordre påhugg	60
5.5.3	Vegskjæringer	61
5.6	Alternativ 4, miljøkulvert	62
6.	Hydrogeologi og vannkontroll	63
6.1	Vannforhold i berggrunnen og tunnel	63
6.2	Tetthetskrav til tunnel	63
6.3	Sonderboring og injeksjon	63
6.4	Vann- og frostsikring	64
7.	Anbefalinger	65
7.1	Tunnel- og kulvertutforming	65
7.1.1	Alternativ 2A	65
7.1.2	Alternativ 2B	65
7.1.3	Alternativ 3A	65
7.1.4	Alternativ 3B	66
7.1.5	Alternativ 4	66
7.2	Krav til begrensning av vibrasjoner og støt iht. NS8141	67

7.3	Krav til håndtering av sprengsteinsmasser	67
7.4	Ingeniørgeologisk kompetanse under byggefasen	67
7.5	Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø – spesielle forhold	68
7.6	Supplerende undersøkelser	68
8.	Referanser	69
9.	Vedlegg	1

DEL 1 FAKTADEL

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Rambøll er engasjert av Rogaland fylkeskommune for å oppdatere kunnskapsgrunnlaget til nordre del av reguleringsplanen for ny fv. 547, slik at det tilfredsstiller de krav som er stilt i brev fra KMD og i innsigelsen fra Statsforvalteren. I oppdraget er det gjennomført en oppdatering og utdyping av kunnskapsgrunnlaget til reguleringsplanen, samt optimalisering, siling og anbefaling av alternativer for å imøtekomme KMDs krav, slik at innsigelsen fra Statsforvalteren kan realitetsbehandles.

Reguleringsplan for søndre del av strekningen, inkludert to tilførselsveier mot Åkrehamn, ble vedtatt i 2019. For nordre del, mellom Killingtjørn og nytt kryss i Veakrossen, skal det gjøres en ny vurdering av aktuelle traséalternativer, og konsekvensene av disse for prissatte og ikke-prissatte konsekvenser.

1.2 Rapportens innhold

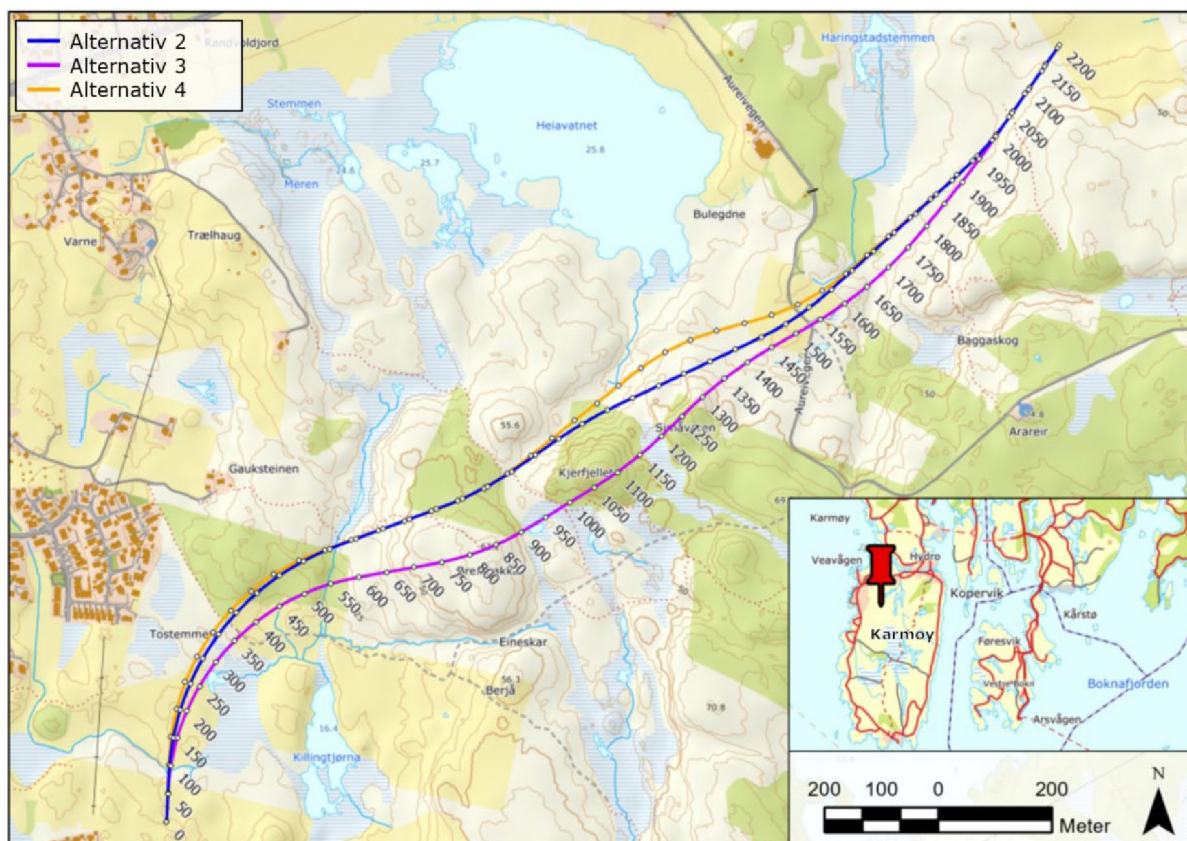
En generell beskrivelse av traseene og de utførte undersøkelsene gis i kapittel 1 og kapittel 2. En beskrivelse av grunnforholdene gis i en faktadel i kapittel 3, hvor relevante topografiske og geologiske forhold fra tilgjengelig bakgrunnsmateriale, observasjoner i felt og gjennomførte grunnundersøkelser presenteres. Kapittel 4 presenterer tolkninger av faktadelen og ingeniørgeologiske vurderinger av grunnforholdene og mulige konsekvenser for tunneldrivingen. Kapittel 5 presenterer tolkninger av faktadelen og ingeniørgeologiske vurderinger av grunnforholdene og mulige konsekvenser for etablering av skjæringene. Hydrogeologi og vurderinger av mulige konsekvenser og påvirkning på omgivelsene omkring tunnelen som følge av tunneletableringen gis i kapittel 6. Til slutt i rapporten er en rådgivende del som tar for seg anbefalinger og forslag til oppfølging, sikkerhet-, helse- og arbeidsmiljøforhold som må hensyntas, samt anbefalinger til supplerende undersøkelser i kapittel 7. Lengdeprofil for de ulike alternativene er vist på vedlagte tegninger.

1.3 Trasévalg, linjeføring og tunnelverrsnitt

Det er etter en silingsprosess kommet fram til 5 ulike alternativ for veglinjer på strekningen, alt. 2A, 2B, 3A, 3B og 4. Alternativ 1 er veglinjen som COWI kom fram til i sine rapporter for reguleringsplan. COWI utarbeidet en ingeniørgeologisk rapport for denne linjen [1], den vil derfor ikke nevnes videre i denne rapporten. De ulike alternativene omhandlet i denne rapporten er:

- Alternativ 2A, har en kort tunnel og veg i dagen
- Alternativ 2B, har en lang tunnel og veg i dagen
- Alternativ 3A, har to korte tunneler, en miljøkulvert og veg i dagen
- Alternativ 3B, har en lang tunnel og veg i dagen
- Alternativ 4, har miljøkulvert og veg i dagen

En oversikt over traseene er vist i figur 1-1, de beskrives nærmere i de neste delkapitlene. I denne rapporten er det tatt utgangspunkt i at alle tunnelene bygges som ettløpstunneler med tunnelverrsnitt T12,5. Alternativ 2A og 2B går i samme trasé, men har ulike lengder på tunnelene. Det samme gjelder alternativ 3A og 3B. Alternativ 4 går i samme trasé som 2A og 2B utenom ved profil 1100-1550. Alle alternativene har en lengde på 2,2 km. Se vedlegg A for lengdesnitt av alle alternativene.



Figur 1-1: Oversiktskart over de ulike trassealternativene.

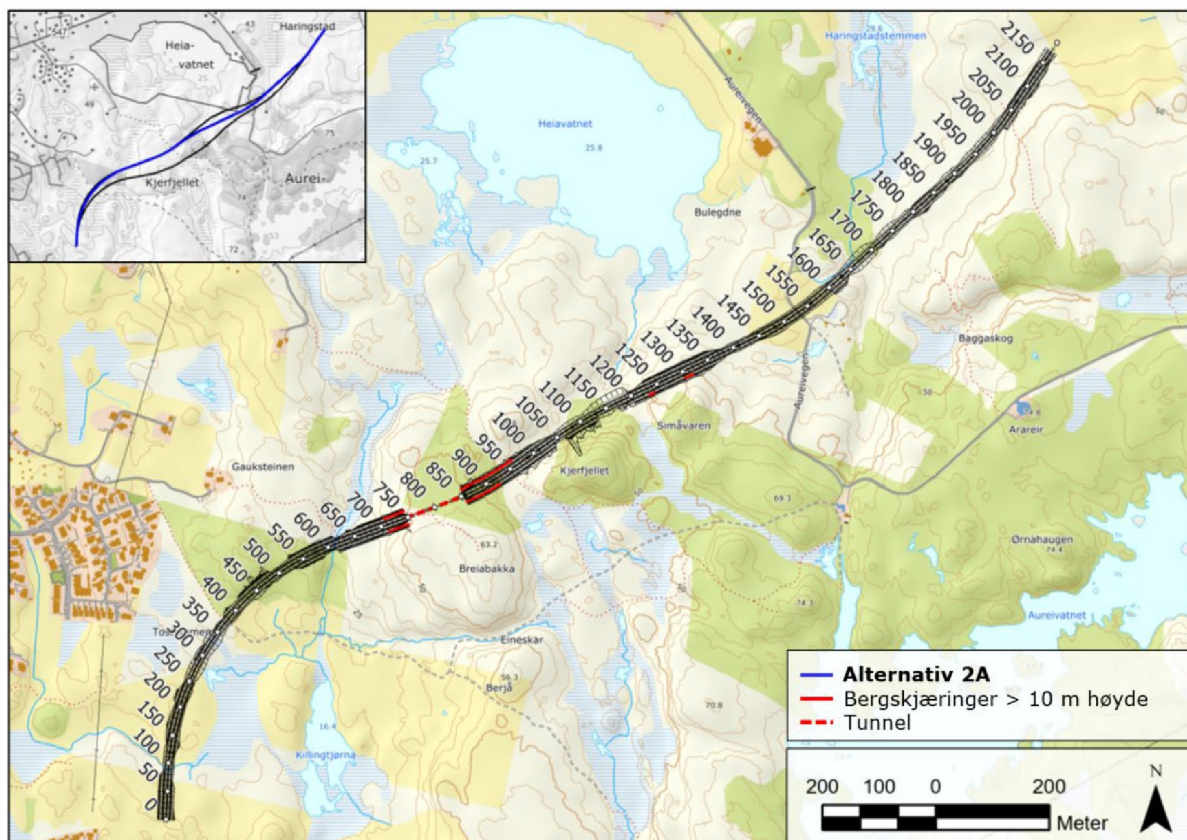
Det skal etableres flere bergskjæringer langs de ulike alternativene. Bergskjæringene vil bestå av bergskjæringer langs vegens dagsone, forskjæringer til tunnel og påhuggsflater til tunnel. En oversikt over bergskjæringer med høyde > 10 m for de ulike alternativene er listet opp i tabell 1-1 til tabell 1-5, og vist i figur 1-2 til figur 1-6. Kun bergskjæringer med > 10 m høyde blir vurdert i denne rapporten.

Venstre side av vegen vil i denne rapporten bety venstre side når man ser i retning av økende profilnummer.

ÅDT for vegstrekningen er estimert til å være ca. 13 000.

1.3.1 Alternativ 2A, kort tunnel

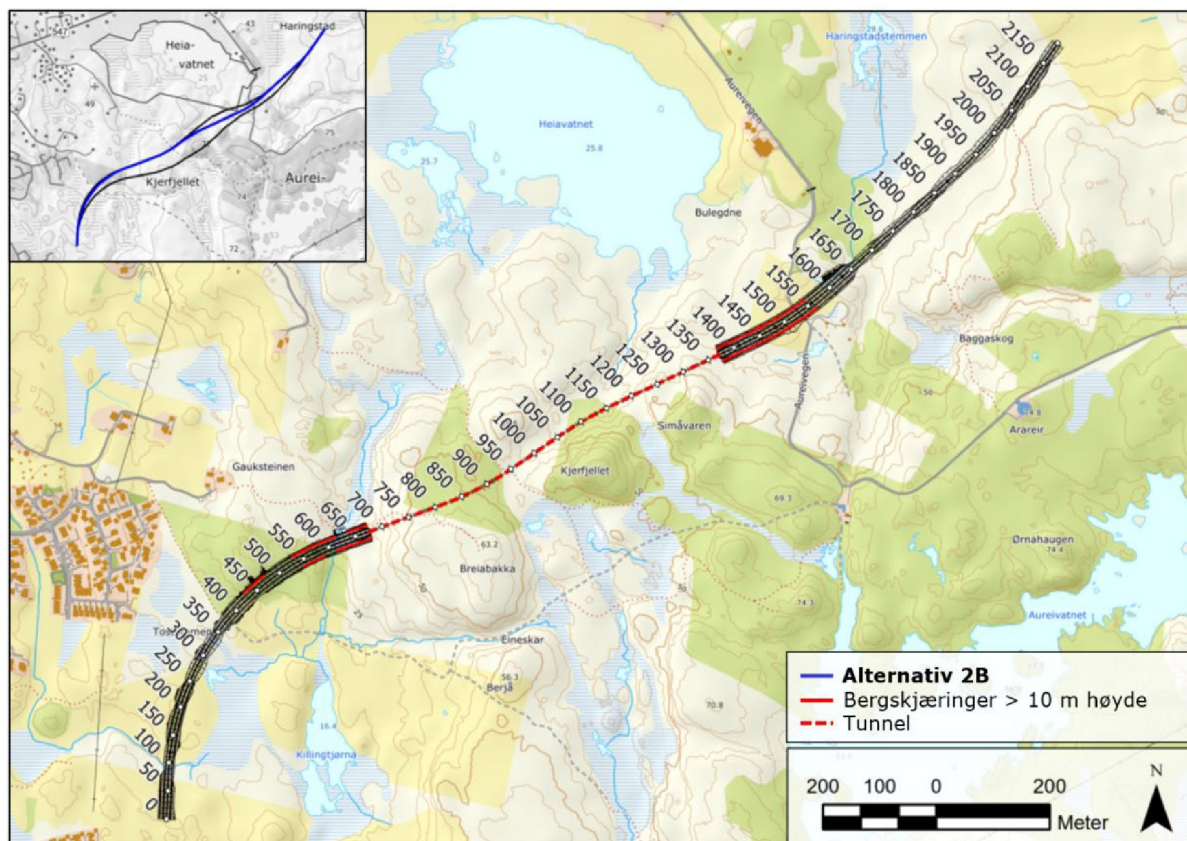
Alternativ 2A har en kort tunnel på 110 m som går gjennom Breiabakka fra profil 745 til 855. Det er to skjæringer over 10 m lang strekningen, i profil 1230-1240 og 1300-1315. En oversikt over alternativ 2A er vist i figur 1-2.



Figur 1-2. Oversiktskart over alternativ 2A, med kort tunnel som alternativ.

1.3.2 Alternativ 2B, lang tunnel

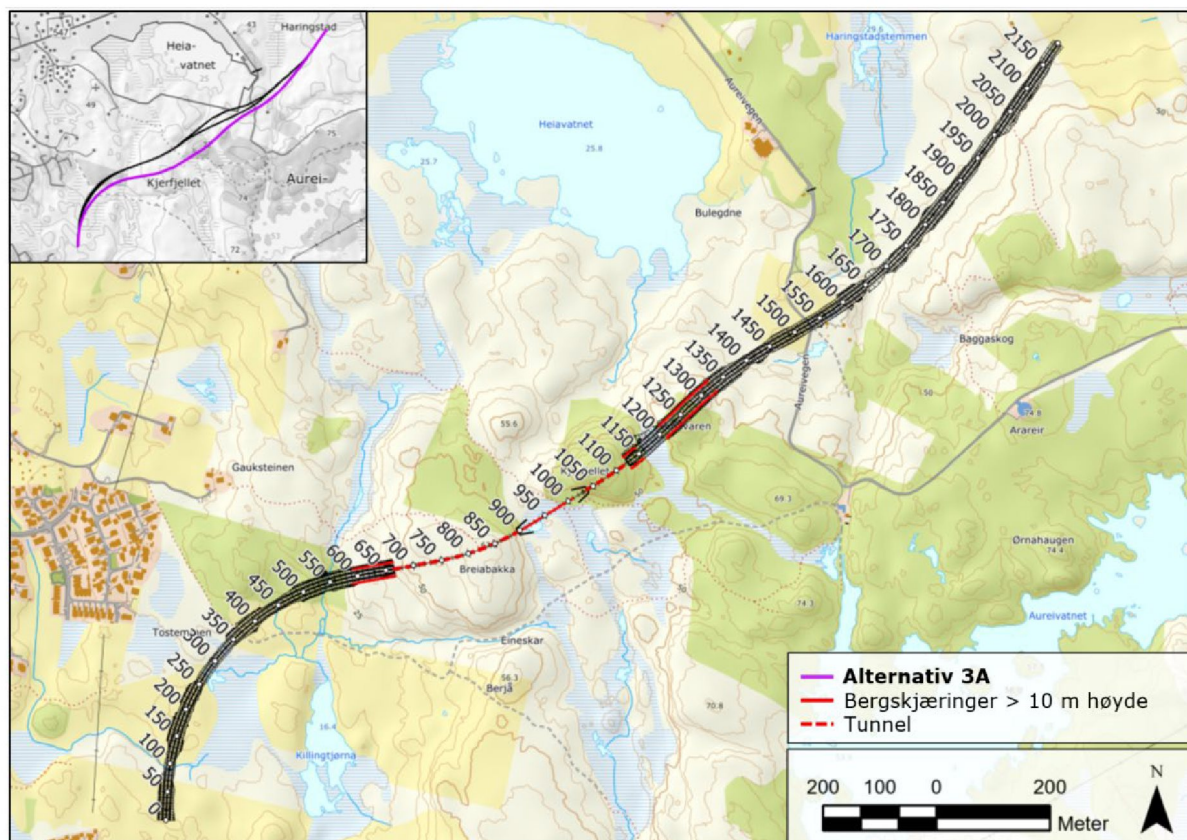
Alternativ 2B har en lang tunnel på 700 m som går i lavbrekk fra profil 675 til 1375. Det er lange forskjæringer i nord på 175 og 185 m. En oversikt over alternativ 2B er vist i figur 1-3.



Figur 1-3. Oversiktskart over alternativ 2B, med lang tunnel som alternativ.

1.3.3 Alternativ 3A, korte tunneler med miljøkulvert

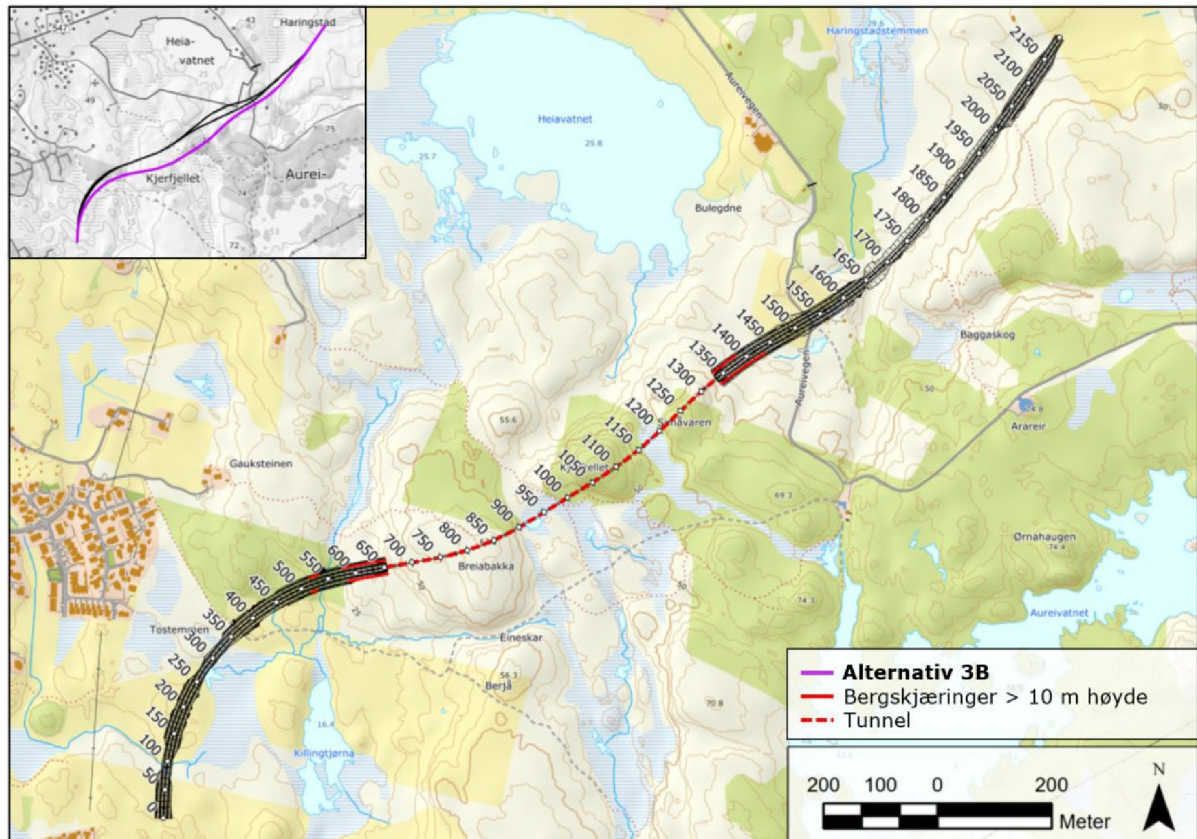
Alternativ 3A har to korte tunneler på 230 m og 86 m fra hhv. profil 665 til 895 og profil 1038 til 1124. Mellom tunnelene er det foreslått å etablere miljøkulvert. En oversikt over alternativ 3A er vist i figur 1-4.



Figur 1-4. Oversiktskart over alternativ 3A, med to korte tunneler og miljøkulvert som alternativ.

1.3.4 Alternativ 3B, lang tunnel

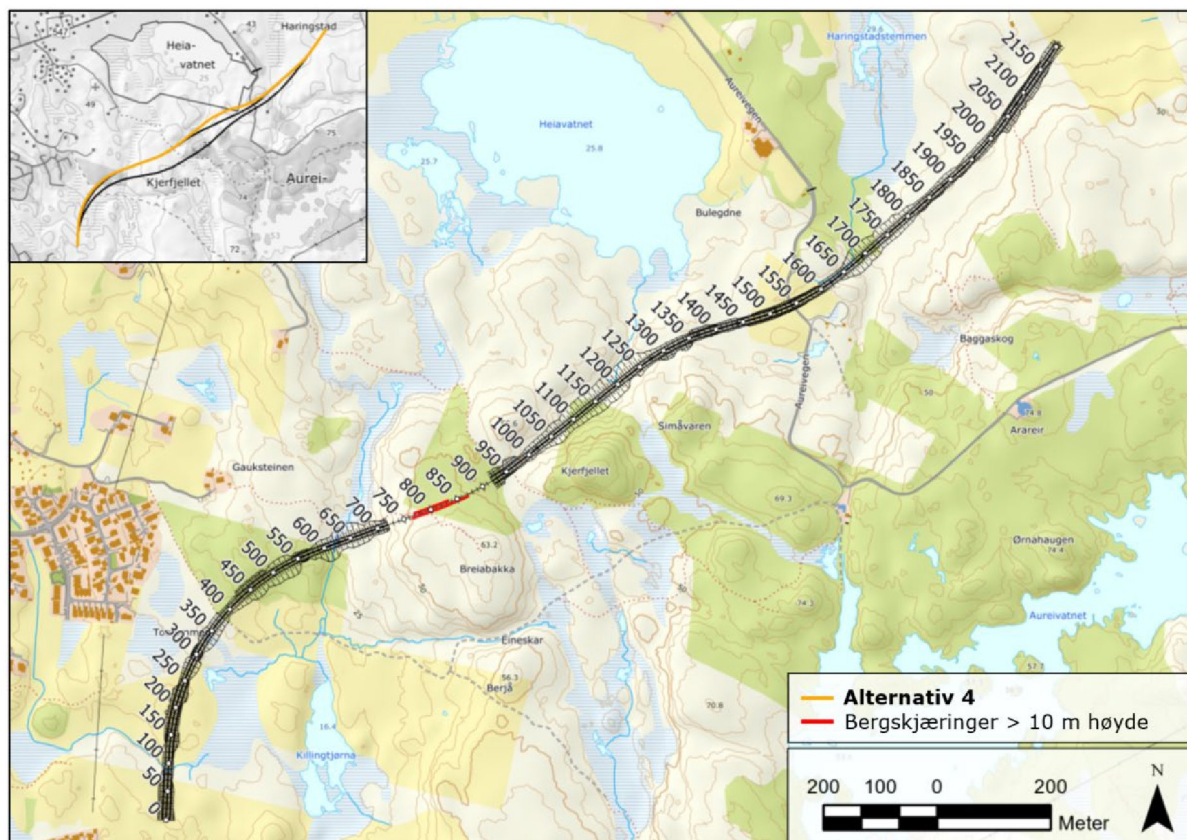
Alternativ 3B har en lang tunnel på 680 m som går gjennom Breiabakka, Kjærfjellet og Simåvaren fra profil 655 til 1335. Det er til sammen 8 skjæringer med over 10 meters høyde. En oversikt over alternativ 3B er vist i figur 1-5.



Figur 1-5. Oversiktskart over alternativ 3B, med lang tunnel som alternativ.

1.3.5 Alternativ 4, miljøkulvert

Alternativ 4 har løsning veg i dagen og bygging av en 200 m lang miljøkulvert ved profil 735 til 935. To vegskjæringer ved kulverten har høyde på over 10 m. En oversikt over alternativ 4 er vist i figur 1-6.



Figur 1-6. Oversiktskart over alternativ 4, med miljøkulvert som alternativ.

1.4 Oversikt over bergskjæringer

Alle alternativene får bergskjæringer med over 10 m høyde. De fleste bergskjæringene består av påhuggsflaten og forskjæringer til portalområdet til de ulike tunnelalternativene. En oversikt over bergskjæringer med høyde > 10 meter er vist i tabell 1-1 til tabell 1-5. Figur 1-2 til figur 1-6 viser hvor bergskjæringene kommer langs de ulike alternativene.

Tabell 1-1. Oversikt over bergskjæringer med høyde > 10 langs alternativ 2A. Plasseringen av skjæringene er vist i figur 1-2.

Veglinje	Type	Høyre/venstre side	Profil start	Profil slutt	Lengde	Maks høyde	Lokasjon	Kommentar
Alternativ 2A	Forskjæring	Venstre side	710	745	30 m	Opptil 18 m	Søndre påhugg	Høyden øker jevnt fra 10 til 18 m
Alternativ 2A	Forskjæring	Høyre side	710	745	30 m	Opptil 18 m	Søndre påhugg	Høyden øker jevnt fra 10 til 18 m
Alternativ 2A	Påhuggsflate	Sør	745	-	28 m	Opptil 19 m	Søndre påhugg	
Alternativ 2A	Påhuggsflate	Nord	855	-	28 m	Opptil 23 m	Nordre påhugg	
Alternativ 2A	Forskjæring	Venstre side	855	960	105 m	Opptil 18 m	Nordre påhugg	Høyden avtar jevnt fra 18 til 10 m
Alternativ 2A	Forskjæring	Høyre side	855	920	65 m	Opptil 21 m	Nordre påhugg	Høyden avtar jevnt fra 21 til 11 m
Alternativ 2A	Vegskjæring	Høyre side	1230	1240	10 m	10 m	Etter nordre påhugg	
Alternativ 2A	Vegskjæring	Høyre side	1300	1315	15 m	10 m	Etter nordre påhugg	

Tabell 1-2. Oversikt over bergskjæringer med høyde > 10 langs alternativ 2.B. Plasseringen av skjæringene er vist i figur 1-3.

Veglinje	Type	Høyre/venstre side	Profil start	Profil slutt	Lengde	Maks høyde	Lokasjon	Kommentar
Alternativ 2B	Vegskjæring	Venstre side	430	475	Opptil 13 m	45 m	Sør for tunnelen	Holder seg jevnt rundt 10 m høy
Alternativ 2B	Forskjæring	Venstre side	535	615	Opptil 17 m	80 m	Søndre påhugg	Ligger mellom 11 og 17 m høy
Alternativ 2B	Forskjæring	Venstre side	640	675	Opptil 18 m	35 m	Søndre påhugg	Stiger jevnt fra 13 til 18 m
Alternativ 2B	Forskjæring	Høyre side	545	585	Opptil 14 m	40 m	Søndre påhugg	Ligger jevnt rundt 13 m høy
Alternativ 2B	Forskjæring	Høyre side	610	675	Opptil 17 m	65 m	Søndre påhugg	Øker jevnt fra 10 til 17 m
Alternativ 2B	Påhuggsflate	Sør	675	-	28 m	Opptil 17 m	Søndre påhugg	
Alternativ 2B	Påhuggsflate	Nord	1375	-	28 m	Opptil 19 m	Nordre påhugg	
Alternativ 2B	Forskjæring	Venstre side	1375	1550	175 m	Opptil 18 m	Nordre påhugg	Avtar jevnt mot 10 m
Alternativ 2B	Forskjæring	Høyre side	1375	1560	185 m	Opptil 18 m	Nordre påhugg	Avtar jevnt mot 10 m

Tabell 1-3. Oversikt over bergskjæringer med høyde > 10 langs alternativ 3.A. Plasseringen av skjæringene er vist i figur 1-4.

Veglinje	Type	Høyre/venstre side	Profil start	Profil slutt	Lengde	Maks høyde	Lokasjon	Kommentar
Alternativ 3A	Forskjæring	Venstre side	595	665	70 m	Opptil 27 m	Søndre påhugg	Stiger jevnt fra 11 til 27 m
Alternativ 3A	Forskjæring	Høyre side	590	665	75 m	Opptil 20 m	Søndre påhugg	Stiger jevnt fra 10 til 20 m
Alternativ 3A	Påhuggsflate	Sør	665	-	28 m	Opptil 26 m	Søndre påhugg	
Alternativ 3A	Påhuggsflate	Nord	895	-	28 m	Opptil 21 m	Nordre påhugg	
Alternativ 3A	Forskjæring	Venstre side	895	1038	143 m	Opptil 32 m	Forskjæring mellom søndre og nordre tunnel	Første halvdel synker jevnt fra 21 til 9 m. Andre halvdel øker jevnt fra 9 til 32 m.
Alternativ 3A	Forskjæring	Høyre side	895	1038	143 m	Opptil 19 m	Forskjæring mellom søndre og nordre tunnel	Første halvdel ligger på rundt 15 m. Andre halvdel holder seg på rundt 11 m.
Alternativ 3A	Påhuggsflate	Sør	1038	-	27 m	Opptil 32 m	Søndre påhugg	
Alternativ 3A	Påhuggsflate	Nord	1124	-	28 m	Opptil 21 m	Nordre påhugg	
Alternativ 3A	Forskjæring	Venstre side	1124	1150	26 m	Opptil 21 m	Nordre påhugg	Synker jevnt fra 21 til 10 m
Alternativ 3A	Forskjæring	Høyre side	1124	1150	26 m	Opptil 20 m	Nordre påhugg	Synker jevnt fra 20 til 13 m
Alternativ 3A	Vegskjæring	Venstre side	1210	1325	115 m	Opptil 17 m	Nord for tunnelene	Størstedelen av skjæringen ligger på ca. 14 m
Alternativ 3A	Vegskjæring	Høyre side	1205	1325	120 m	Opptil 21 m	Nord for tunnelene	Rundt 21 m høy langs 75 m i midten av skjæringen, avtar jevnt mot 10 m mot sidene

Tabell 1-4. Oversikt over bergskjæringer med høyde > 10 langs alternativ 3.B. Plasseringen av skjæringene er vist i figur 1-5.

Veglinje	Type	Høyre/venstre side	Profil start	Profil slutt	Lengde	Maks høyde	Lokasjon	Kommentar
Alternativ 3B	Vegskjæring	Venstre side	520	535	15 m	Opptil 12 m	Sør for tunnelen	Jevnt ca. 11 m høy
Alternativ 3B	Vegskjæring	Høyre side	515	525	10 m	11 m	Sør for tunnelen	11 m høy
Alternativ 3B	Forskjæring	Venstre side	580	655	75 m	Opptil 19 m	Søndre påhugg	Stiger jevnt fra 10 til 19 m
Alternativ 3B	Forskjæring	Høyre side	585	655	70 m	Opptil 19 m	Søndre påhugg	Stiger jevnt fra 10 til 19 m
Alternativ 3B	Påhuggsflate	Sør	655	-	28 m	21 m	Søndre påhugg	
Alternativ 3B	Påhuggsflate	Nord	1335	-	28 m	18 m	Nordre påhugg	
Alternativ 3.B	Forskjæring	Venstre side	1335	1385	50 m	Opptil 17 m	Nordre påhugg	Avtar jevnt mot 10 m
Alternativ 3B	Forskjæring	Høyre side	1335	1430	95 m	Opptil 17 m	Nordre påhugg	Avtar jevnt mot 10 m

Tabell 1-5. Oversikt over bergskjæringer med høyde > 10 langs alternativ 4. Plasseringen av skjæringene er vist i figur 1-6.

Veglinje	Type	Høyre/venstre side	Profil start	Profil slutt	Lengde	Maks høyde	Lokasjon	Kommentar
Alternativ 4	Vegskjæring	Venstre side	770	835	65 m	Opptil 11 m	Ved miljøkulvert	For det meste 10 m høy
Alternativ 4	Vegskjæring	Høyre side	765	870	105 m	Opptil 13 m	Ved miljøkulvert	Skjæringen er høyest på midten

1.5 Ingeniørgeologiske prosjekteringsforutsetninger

1.5.1 Styrende dokumenter

En oversikt over standarder, håndbøker og veiledere brukt i de i ingeniørgeologiske vurderingene er vist i tabell 1-6.

Tabell 1-6. Oversikt over standarder, håndbøker og veiledere brukt i de ingeniørgeologiske vurderingene.

Tittel	Utgiver/eier	Referanse
Vegnormal N200 – Vegbygging	Statens vegvesen	[2]
Vegnormal N500 – Vegtunneler	Statens vegvesen	[3]
Vegnormal N400 – Bruprosjektering	Statens vegvesen	[4]
Håndbok V521 – Tunnelveiledning	Statens vegvesen	[5]
Eurokode 7 – Geoteknisk prosjektering. Del 1: Almenne regler	Standard Norge	[6]
Veileder for bruk av Eurokode 7	Norsk bergmekanikkgruppe	[7]
NS 8141:2001. Vibrasjoner og støt - Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk	Standard Norge	[8]

1.5.2 Myndighetskrav

I henhold til Eurokode 7 [6] skal alle prosjekter som innebærer geoteknisk og ingeniørgeologisk prosjektering settes i en geoteknisk kategori. Geoteknisk kategori bestemmer blant annet omfang av geotekniske undersøkelser og kontroll av prosjektering og utførelse. Ifølge Eurokode 7 skal geoteknisk kategori bestemmes med bakgrunn i prosjektets pålitelighetsklasse (CC/RC) og vanskelighetsgrad, se tabell 1-7. Hele prosjektet trenger ikke ligge i samme kategori.

Tabell 1-7. Definisjon av geoteknisk kategori [7].

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

* Vurderes særskilt

I utgangspunktet skal alle tunneler ligge i geoteknisk kategori 3. Vegnormal N500 [3] sier at dersom forundersøkelser viser godt og forutsigbart berg kan deler av tunnelen senkes til geoteknisk kategori 2.

Det vurderes i utgangspunktet at de ulike tunnelalternativene til fv. 547 havner i geoteknisk kategori 3 som følge av middels vanskelighetsgrad og pålitelighetsklasse (CC/RC) 3.

I henhold til vegnormal N200 [2] skal alle bergskjæringer høyere enn 10 m (målt fra ferdig veg) plasseres i geoteknisk kategori 3. Middels høye bergskjæringer (inntil 10 m) uten spesiell risiko eller vanskelige/uvanlige grunnforhold mht. sprengning og stabilitet kan plasseres i geoteknisk kategori 2. Lave bergskjæringer < 5 m kan plasseres i geoteknisk kategori 1. Dersom uttak av bergskjæringer kan gi forurenset avrenning skal bergskjæringen settes i geoteknisk kategori 3.

En oversikt av områdene som ligger i geoteknisk kategori 3 for de ulike alternativene, det vil si tunneler og bergskjæringer med høyde > 10 m, er vist i figur 1-2 til figur 1-6. For nærmere beskrivelse av bergskjæringene i geoteknisk kategori 3, se tabell 1-1 til tabell 1-5.

For geoteknisk kategori 3 er det krav til utvidet kontroll av prosjektering og utførelse, i henhold til vegnormal N200 [2]. En oversikt er gitt i tabell 1-8. Kontrollklasse PKK2/UKK2 setter kun krav til at egenkontroll og systematisk kontroll (kollegakontroll) er utført, og ikke som en faglig kontroll (utvidet kontroll).

Tabell 1-8. Sammenheng mellom geoteknisk kategori og konsekvens- og pålitelighetsklasse, og hvilken grad av utvidet kontroll av prosjektering og utførelse disse krever.

Geoteknisk kategori	Pålitelighetsklasse (CC/RC)	Beskrivelse	Kontrollklasse- og form
1	1/1	Liten konsekvens i form av tap av menneskeliv, og små eller uvesentlige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser	PKK1/UKK1 Egenkontroll
2	2/2	Middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, betydelige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser	PKK2/UKK2 Egenkontroll Intern systematisk kontroll (kollegakontroll)
3	3/3	Stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, eller svært store økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser	PKK3/UKK3 Egenkontroll Intern systematisk kontroll (kollegakontroll) Utvidet kontroll

1.5.3 Krav til sikkerhet mot skred

Vegnormal N200 [2] angir hvilket sikkerhetsnivå for skred fra naturlig sideterrreng ned på veg som aksepteres basert på vegens ÅDT. ÅDT for strekningen er estimert til å være ca. 13 000. Etter tabell 1-9 hentet fra N200 skal skredsannsynligheten per km veg per år ikke overstige 1/1000.

Tabell 1-9. Sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg. Hentet fra tabell 1.12 i Vegnormal N200 [2].

Dimensjonerende trafikkmengde	Samlet skredsannsynlighet per km og år
< 500	1/20
500 – 3999	1/50
4000 – 5999	1/100
6000 – 11999	1/300
≥ 12000	1/1000

1.6 Geologiske rapporter/grunnlagsmateriale

Rapporter og notat benyttet som grunnlag i denne rapporten er gjengitt i tabell 1-10.

Tabell 1-10. Oversikt over rapporter benyttet som grunnlagsmateriale.

Rapportnavn	Firma/eier	Referanse
Ingeniørgeologisk reguleringsplanrapport	COWI/SVV/RFK	[1]
Geoteknisk datarapport	Statens vegvesen	[9]
Geoteknisk notat, fundamentering av konstruksjoner	COWI/SVV/RFK	[10]
Georadarnotat	COWI	[11]
Geoteknisk datarapport	Rambøll	[12]
Hydrologisk rapport	Rambøll	[13]

2. UTFØRTE UNDERSØKELSER

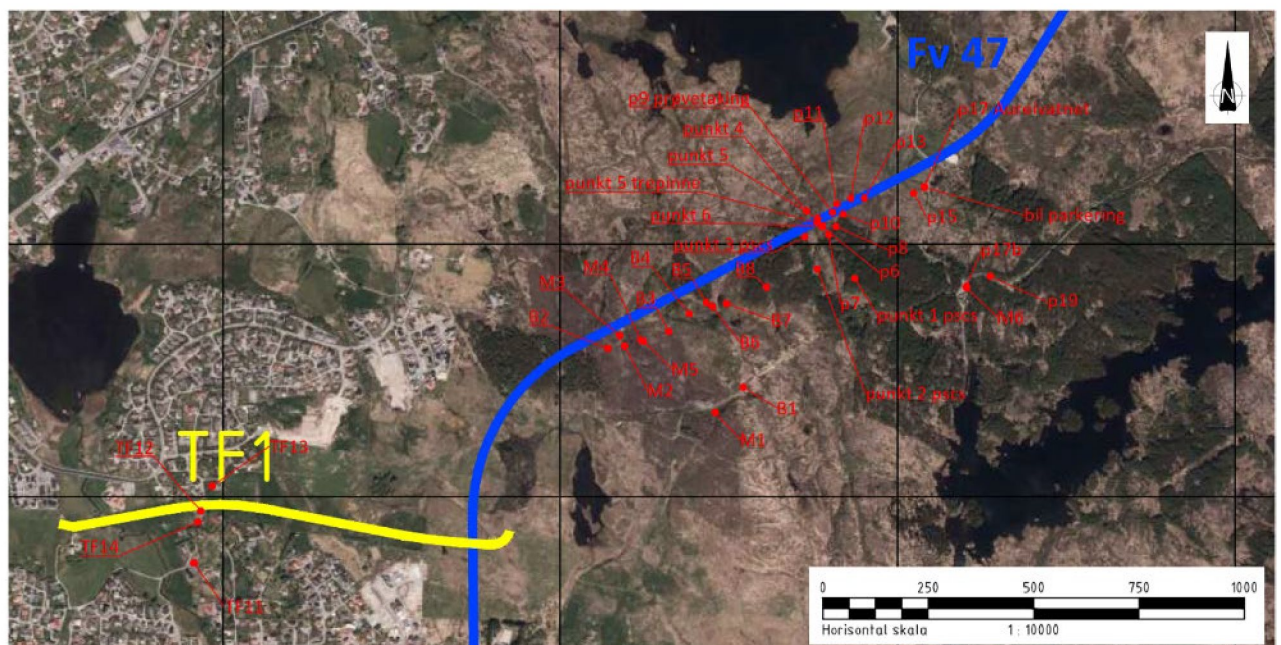
2.1 Tidligere utførte felt- og grunnundersøkelser

COWI har tidligere vært engasjert av Statens vegvesen i prosjektet og har utarbeidet en fagrapport for reguleringsplan. I forbindelser med dette ble følgende felt- og grunnundersøkelser utført:

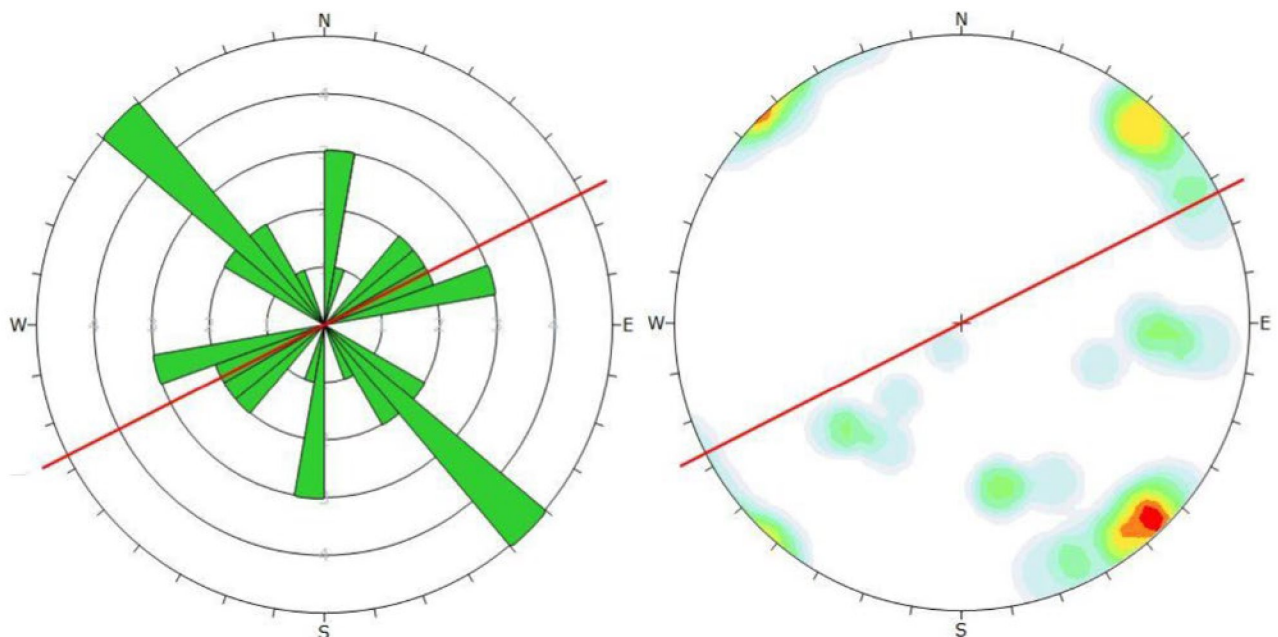
- Ingeniørgeologisk kartlegging utført av COWI i 2017 og 2018
- Georadarmåling utført av COWI i 2017 og 2018
- Grunnboringer utført av SVV i 2018

Ingeniørgeologisk kartlegging

COWI har befart området i to omganger; i november 2017 og i mai 2018. En oversikt over befæringslokalitetene er vist i figur 2-1. Under befaringen ble bergartstype, bergmassekvalitet og strukturgeologi kartlagt. Sprekkerose og stereoplott fra registrerte sprekker er vist i figur 2-2. For mer informasjon fra befaringene se COWI sin ingeniørgeologiske fagrapport [1].



Figur 2-1. Oversikt over befæringslokalitetene til COWI i perioden 2017-2018. Blå linje i figuren svarer til alternativ 1.



Figur 2-2. Sprekkerose og stereoplott fra sprekker registrert av COWI i 2017-2018. Totalt 23 sprekker er plottet. Rød linje viser til orienteringen av vegtraseen i Breiabakka-området i figur 2-1.

Georadarmåling

For å kartlegge løsmassemektheten utførte SVV i 2017-2018 georadarmålinger over traséområdet. 50 og 250 MHz ground penetrating radar (GPR) ble benyttet. Total 353 georadarprofil ble samlet inn. Supplerende data til georadarmålingene er grunnboringene beskrevet under. Boringene ble brukt som kalibreringspunkt under tolkningen av profilene. For resultat og tolkninger av profilene se eget notat utarbeidet av COWI [11].

Generelt viser målingene en lav løsmassemekthet som antas å bestå av leir, sand og morene.

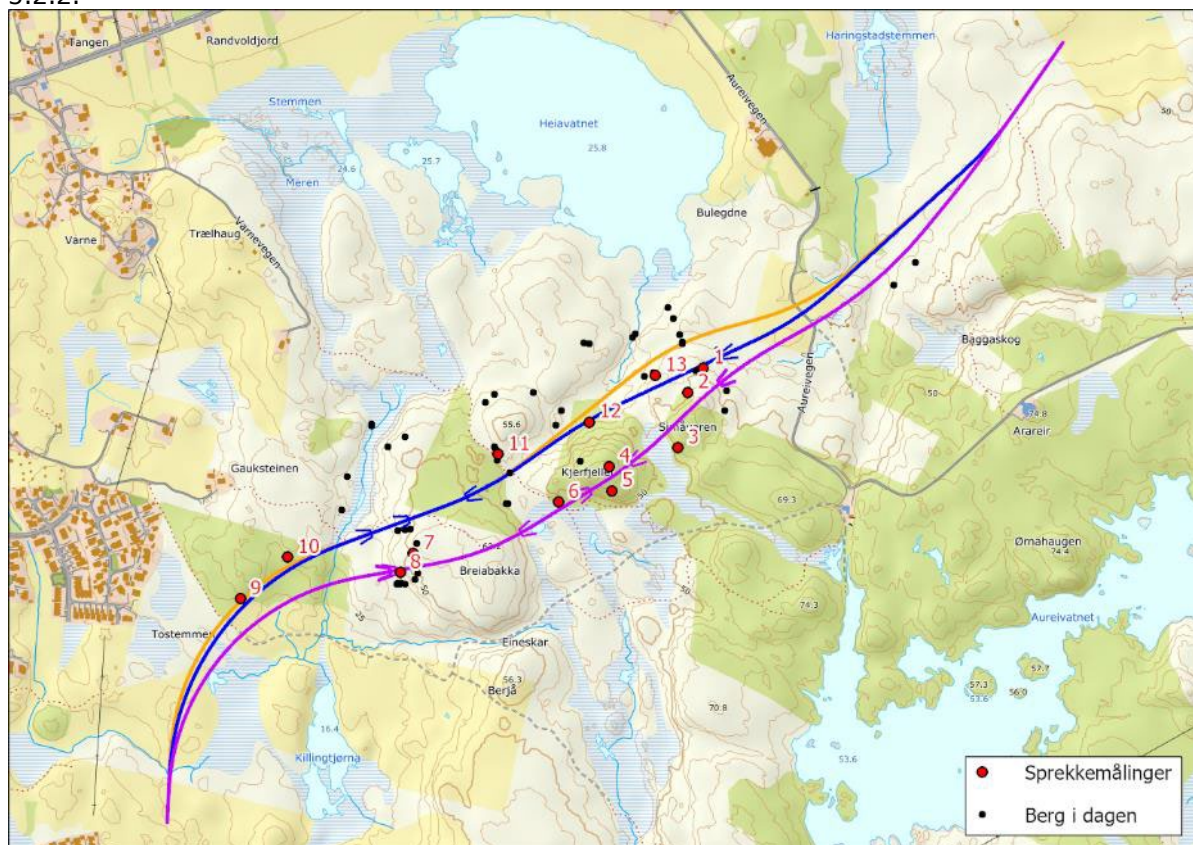
Grunnboringer

Grunnboringene utført i forbindelse med reguleringsplanen er utført av SVV i 2018 og omfatter 181 totalsonderinger, 119 enkelsonderinger, 7 CPTU-forsøk og opptak av 38 representative prøver og 3 uforstyrrede prøveserier. For mer informasjon se SVVs [9]. Tidligere er 4 stk. totalsonderinger og 64 stk. matjord- og torvdybderregistreringer utført. I datarapporten [9] er de fire totalsonderingene inkludert i boreplanen i vedlegg. Prøveseriene er analysert med hensyn til korngradering og humus- og vanninnhold, for de uforstyrrede prøvene er også styrkeegenskaper undersøkt. På torvprøvene er Von Post-klassifisering gjort på de fleste av dem.

Generelt viser boringene at løsmassemektheten er lav, men at den på det meste er opp mot 17 m tykk.

2.2 Undersøkelser i denne planfasen

Ingeniørgeologer fra Rambøll har vært på befaring i området i to omganger i 2022. Første befaring ble utført 8. juni 2022. På denne befaringen ble berg i dagen registrert, dette er vist med sorte prikker i figur 2-3. Den andre befaringen ble utført 29. juni 2022. Da ble tunneltraseene langs lilla og blå veglinje fulgt, og sprekkeedata innhentet. Sprekkeedata ble innhentet på til sammen 13 lokaliteter, for plassering se figur 2-3. Presentasjon av sprekkeedata er gitt i kapittel 3.2.2.



Figur 2-3. Oversikt over lokaliteter for sprekkemålinger og registreringer av berg i dagen.

Det er totalt utført 46 grunnboringer i denne fasen, hvorav 26 er totalsonderinger og 20 er enkle sonderinger. Det er i tillegg utført 7 prøvetakinger med naverbor. Til sammen 44 av de planlagte borpunktene utgikk. Boringene viser at dybde til berg varierer fra 1 til 10 m. Opptatte prøver fra løsmassene består av leirig, siltig og sandige masser, samt torv. Organisk innhold er målt ved glødetap til å være 1,4-2,0 %.

En oversikt over grunnboringene er vist i vedlegg B. For mer informasjon se geoteknisk datarapport [12].

3. GRUNNFORHOLD – FAKTADEL

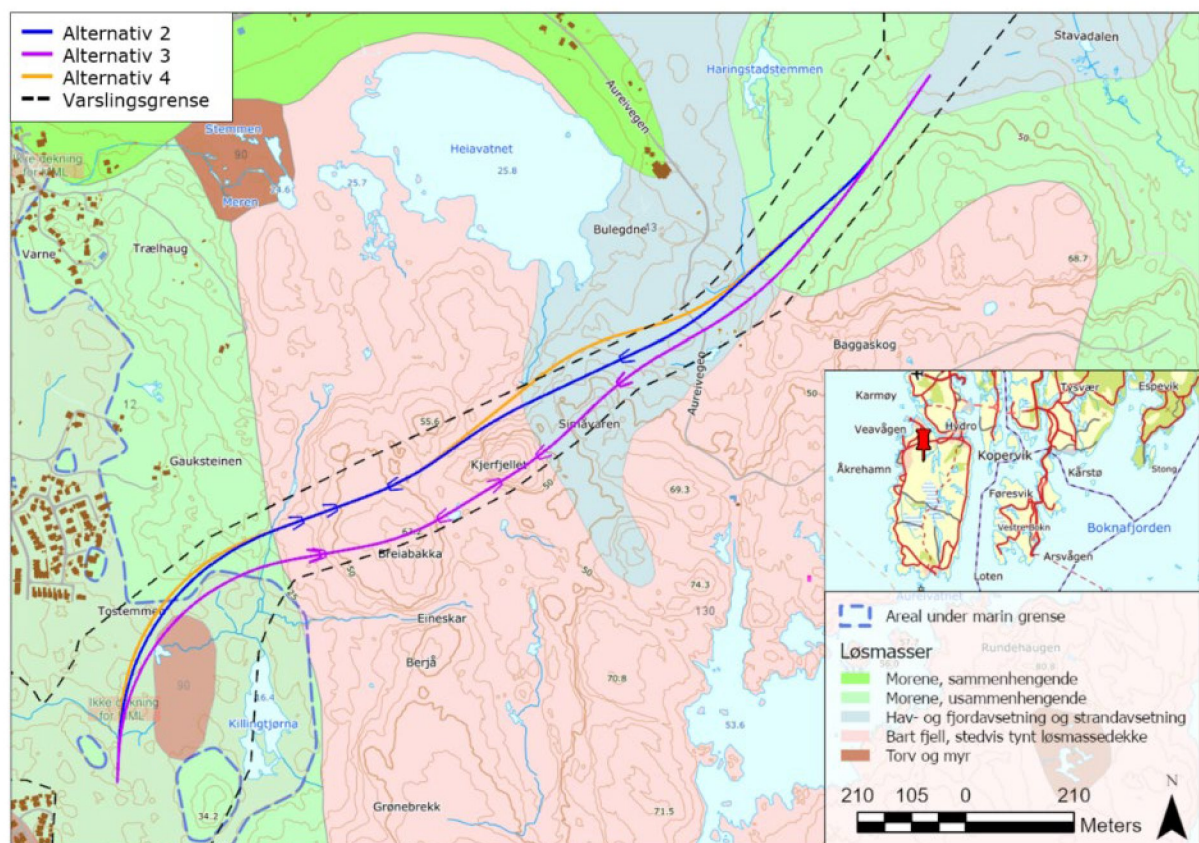
3.1 Topografi og løsmasser

Topografien i området domineres av kystlandskap med lave koller, skog og myr. Vegtrasséen for linje 10201 (lilla linje) går gjennom kollene Breiabakka (63 moh), Kjerfjellet (72 moh) og Simåvaren (61 moh). Kollene er skogdekt og mellom kollene er det myr.

Veglinje 10101 (blå) og 10301 (oransje) ligger begge nord for veglinje 10201 (lilla) og går i et flattere terreng, hovedsakelig bestående av skog og myr. Høyeste terrengnivå befinner seg nord for Breiabakka på omtrent 53 moh.

Ifølge NGUs løsmassekart går veglinjene gjennom områder med bart berg, tynne moreneavsetninger og tynne hav- og fjordavsetninger. Et kvartærgeologisk kart over området er vist i figur 3-1. Ved feltkartlegging ble det observert tynne avsetninger over berg og lite bart fjell. Sørlige del av veglinjene går gjennom et område som ligger under marin grense.

Under siste istid ble berget på Karmøy skurt av isbreer. Breen brakk av og tok med seg blokker fra vestsiden av kollene, derfor er disse slake på østsiden, men mer bratte på vestsiden.



Figur 3-1. Kvartærgeologisk kart over området, hentet fra ngu.no [14]. Kartet viser også areal under marin grense.

3.2 Berggrunnsgeologi

Karmøy har det mest komplette ofiolittkomplekset i Norge [15]. I nord er det kiselstein som trolig ble dannet av skall av store mengder kiselalger som har levd i havvann, disse ble avsatt for nærmere 500 millioner år siden. Videre sørover kommer en inn i forskjellige typer grønnstein som er omdannet basalt. Øst på øyen kan en studere dypere lag av havbunnskorpene.

Disse ofiolittene er gjennomført av ulike granitter [15]. Disse lyse bergartene kan lett skilles ut i felt. De eldste intrusjonene består av granitoide bergarter som kalles trondhemitter. For omkring 475 millioner år siden ble det en endring i steinsmeltenes sammensetning. Granitter som er rike på kalifeltspat og aluminiumsrike mineraler som turmalin og silimanitt begynte å trengre inn i ofiolittkomplekset på Karmøy. Disse granittene er dannet ved oppsmelting av sedimentære bergarter og kalles derfor S-type-granitter. På vestsiden av Karmøy er disse granittene mange steder så rike på inneslutninger at de en gang ble beskrevet som et sedimentært konglomerat. Disse representerer usmelte rester av avsetningene som ellers smeltet opp i granitter i dypet. Inneslutninger av arkose, kvartsitt, marmor og kalsilikatbergarter avslører at granittene delvis ble dannet ved oppsmelting av sedimenter fra kontinentranden, og at øybuen derfor trolig var i ferd med å kolliderer med en kontinentrand da S-type-granittene trengte inn.

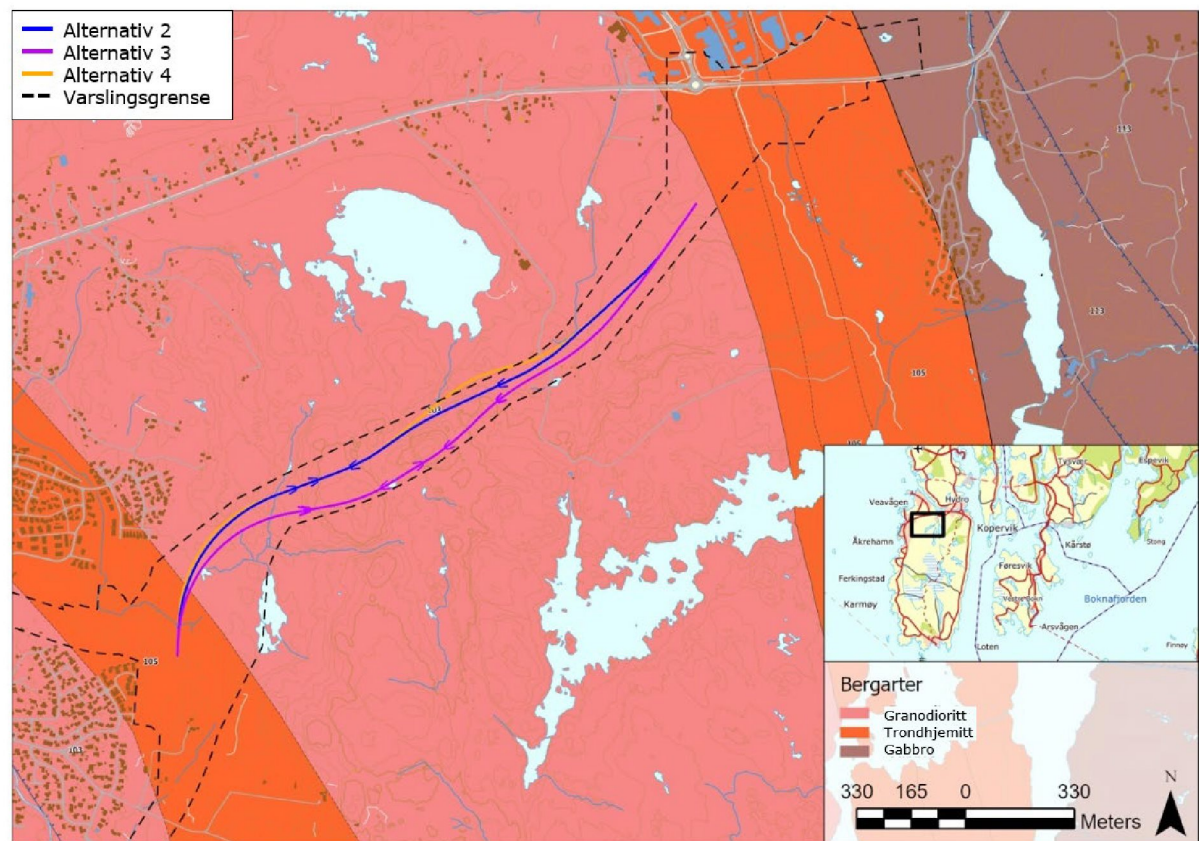
3.2.1 Bergarter

Bergarten i området for reguleringsplanen består hovedsakelig av gabbro, granodioritt og trondhemitt. Det meste av veglinjene ligger i granodioritt, og rundt 200 m av veglinjene i sør som ligger i trondhemitt (se figur 3-2).

Gabbroen øst i området er en del av ofiolittkomplekset. Gabbro består av plagioklas, pyroksen og olivin, vekslingen i mengden av lyse og mørke mineraler gir opphav til lagdeling som ses tydelig langs østkysten av Karmøy. [15]

Granodioritten og trondhemitten i området er en del av intrusjonene som beskrevet i kapittelet over. Disse er typer av granitt. Trondhemitt består av kvarts, plagioklas og biotitt. Granodioritt består i hovedsak av kvarts og feltspat, med mer plagioklas enn kalifeltspat, de mørke mineralene er ofte biotitt og hornblende.

Granodioritten i området skifter karakter fra øst (figur 3-3) mot vest (figur 3-4) ved Breiabakka. Her kan en tydelig se de usmelte restene beskrevet i kapittelet over.



Figur 3-2. Berggrunnskart over området, hentet fra ngu.no [16].



Figur 3-3. Granodioritt øst i området.



Figur 3-4. Granodioritt vest i området.

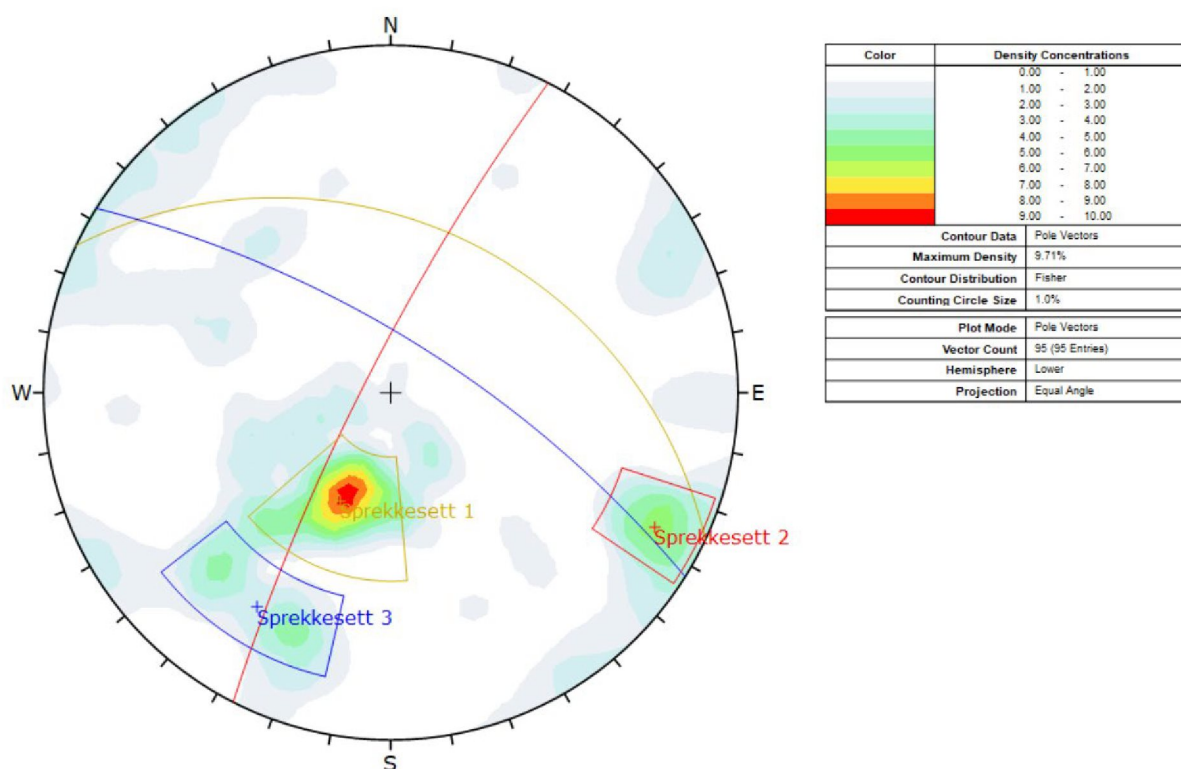
3.2.2 Strukturgeologi

Under feltkartlegging har Rambøll innhentet sprekkeedata av bergmassen i området, hovedsakelig langs tunnelområdene for alternativ 2 og 3. Sprekkemålinger ble gjort ved 13 lokasjoner, plasseringen av disse er vist i figur 2-3. Til sammen 95 sprekkemålinger ble innhentet. Målingene er gjort etter høyrehandsregelen og presentert i form av sprekkerose og polplott.

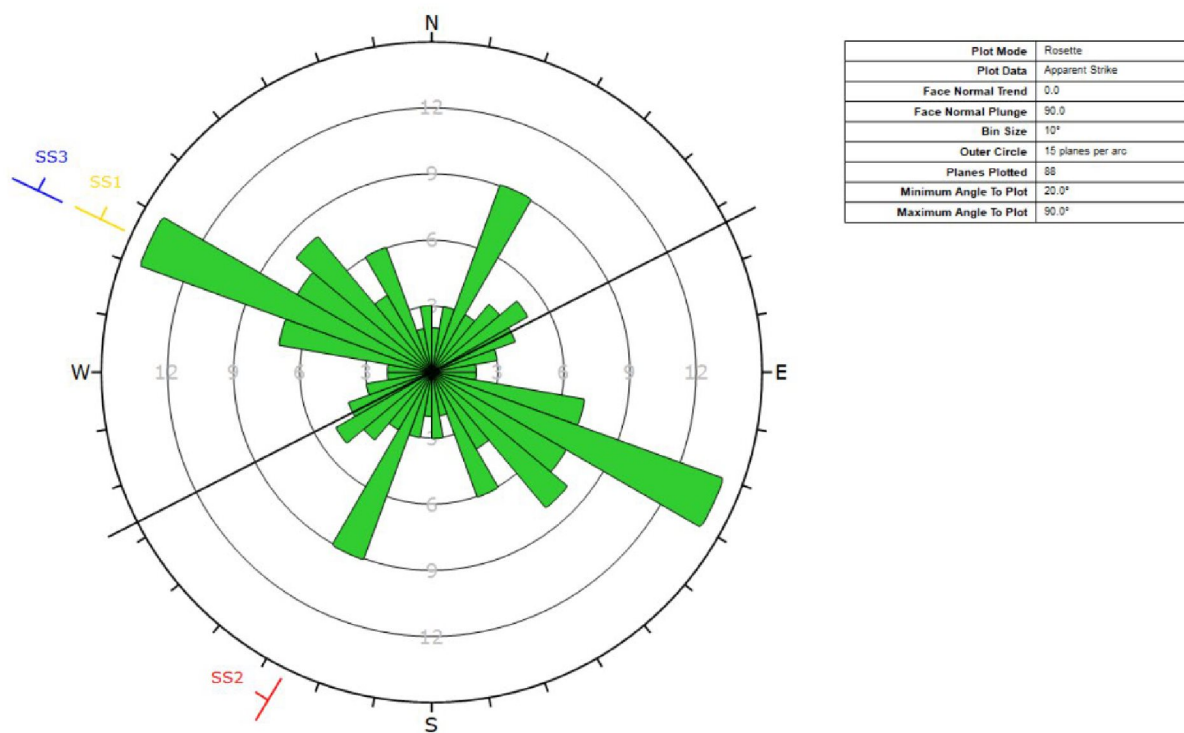
Figur 3-5 viser alle registrerte sprekkemålinger i et polplott. Polplottet viser projeksjon av polene på nedre halvkule. Figur 3-6 viser sprekkemålingene presentert i en sprekkerose.

Det er totalt observert tre sprekkesystem under befaring. De tre sprekkesettene er:

- SS1: dette er det mest markante sprekkesystemet i området. Sprekkene har omtrentlig en orientering på 295°/38° NØ.
- SS2: sprekkesettet har en omtrentlig orientering på 207°/81° V
- SS3: sprekkesettet har en omtrentlig orientering på 300°/72°NØ



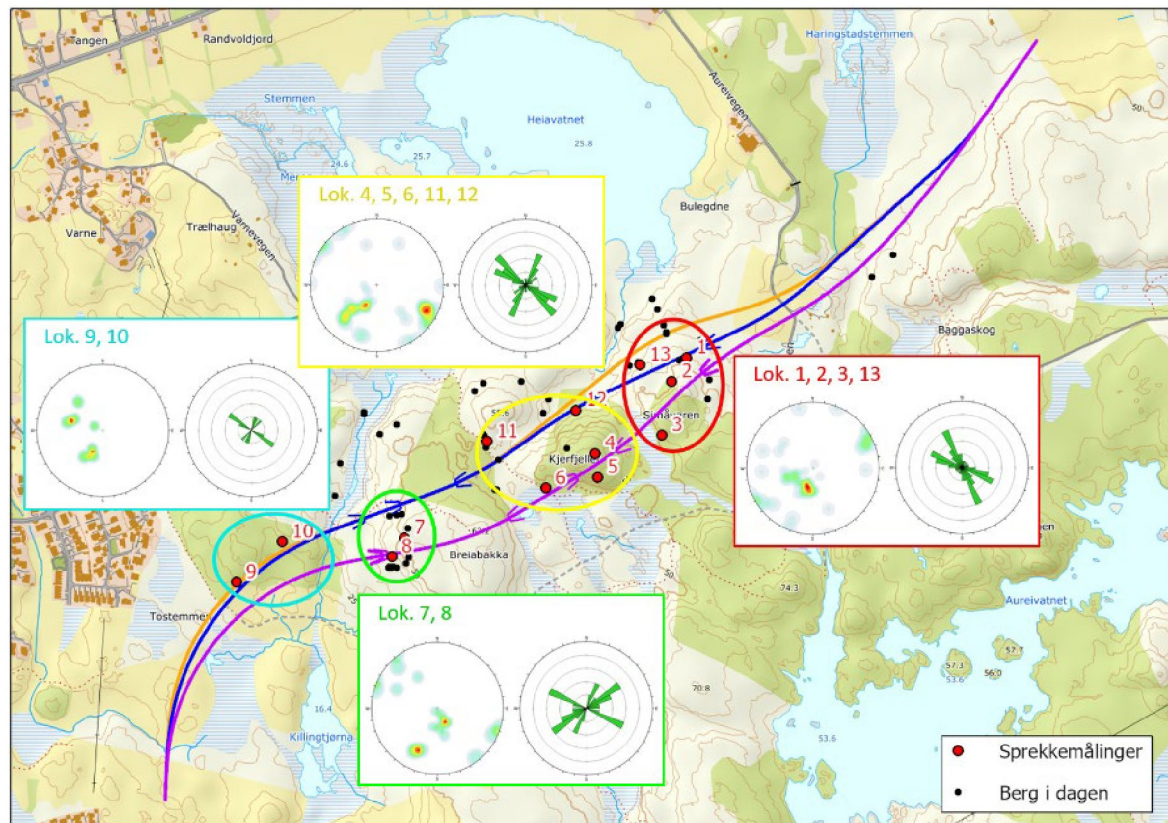
Figur 3-5. Stereoplot med tolkede sprekkeseett for lokasjon 1 – 13. Stereoplottet viser projeksjon av polene på nedre halvkule.



Figur 3-6. Sprekkerose for alle sprekkemålinger målt ved lokasjon 1 – 13. Svart linje viser omtrentlig orientering av veglinjene i området mellom Breiabakka og Simåvaren, hvor eventuelle tunneler vil komme.

Fordelingen av sprekker langs traseen er vist i figur 3-7.

Oppsprekkingsgrad for sprekkesett 1 varierer fra noenlunde massiv, med 1-2 m mellom hver sprekk til 20-30 cm mellom hver sprekk. Sprekkesett 2 og 3 som er nær vertikale har fra 0,5 meter til 5 meter mellom hver sprekk, det er høyere oppsprekkingsgrad nord i området enn i sør. Eksempel på oppsprekkingsgrad ved Breiabakkaområdet er vist i figur 3-8.



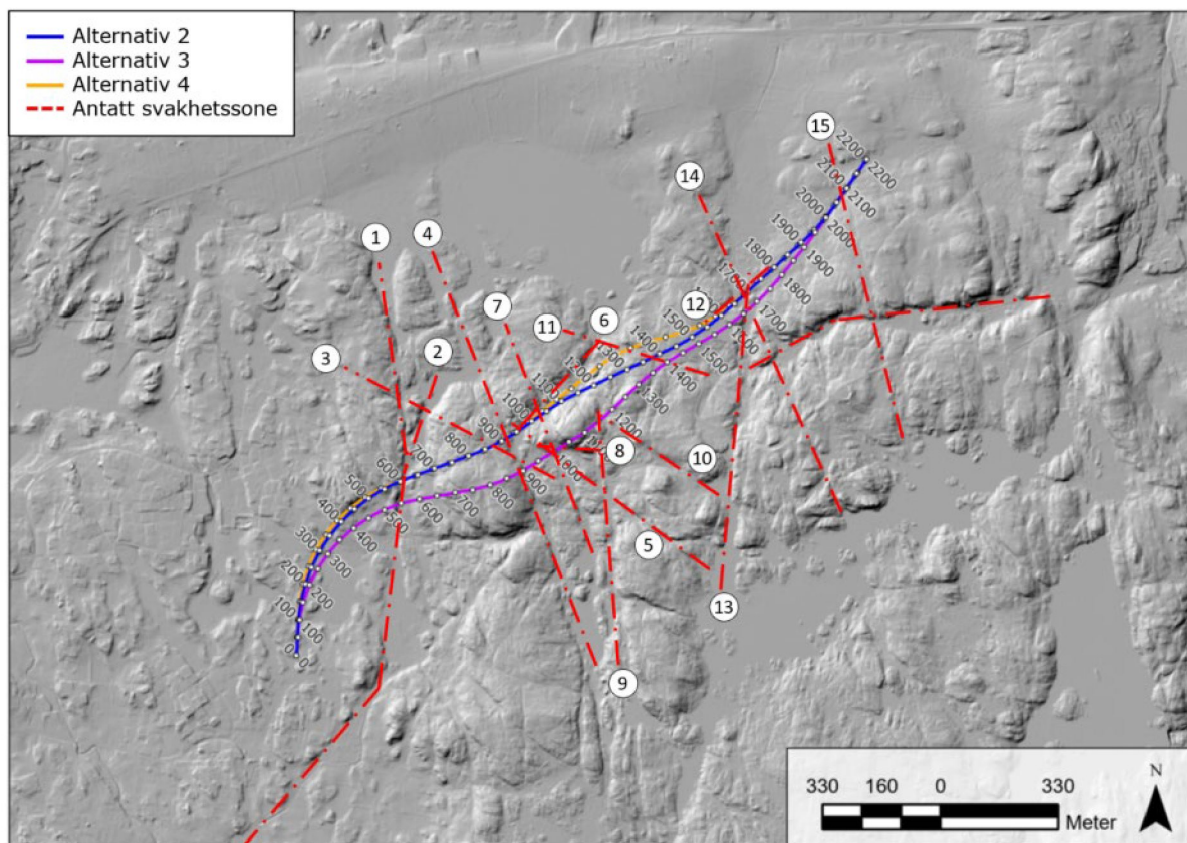
Figur 3-7. Stereoplot og sprekkeroser gruppert langs strekningen.



Figur 3-8. Bilde fra befaring som viser oppsprekkingsgrad i området ved Breiabakka. Bildet er tatt mot NØ.

3.2.3 Svakhetssoner i berggrunnen

Basert på grunnundersøkelser og relieffkart antas 15 svakhetssoner å krysse veglinjene. Disse er vist i figur 3-9. Fet skrift i tabellen viser til pelnummer der svakhetssonen krysser et tunnelalternativ. For videre beskrivelse av svakhetssoner som krysser tunnelalternativer henvises det til kapittel 4 i tolkningsdelen.



Figur 3-9. Skyggerelieffkart over området med antatte relevante svakhetssoner markert med rødt.

Tabell 3-1. Oversikt over antatte svakhetssoner som krysser de ulike alternativene. For pelnumre med fet skrift krysser svakhetssonen et tunnelalternativ.

Svakhets- sonenr.	Alt. 2 pelnr.	Alt. 3 pelnr.	Alt. 4 pelnr.
1	600	550	600
2	600	550	600
3	875	930	875
4	910	890	910
5	960	1000	960
6	950-970	-	950-970
7	1030	1000	1040
8	-	1040	-
9	-	1150	-
10	-	1160	-
11	1370	1400	1345
12	-	-	1650-1550
13	1700	1655	1700
14	1690	1670	1690
15	2075	2075	2075

3.3 Bergmekaniske egenskaper

Borbarhet og sprengbarhet

Det er ikke utført undersøkelser av borbarhets- og sprengbarhetsegenskapene av bergmassen i forbindelse med dette prosjektet.

Bergmassens egenhet til vegformål

Det meste av veglinjene ligger i granodioritt, og rundt 200 m av veglinjene i sør ligger i trondhemitt (se figur 3-2). Det er ikke utført bergmekaniske tester på bergmassen i området i forbindelse med fv. 47 Åkra sør-Veakrossen. Det anbefales at dette utføres i en senere fase for å finne ut bergets egnethet for bruk i linjen.

Bergspenninger

Det er ikke utført bergspenningsmålinger i planområdet.

3.4 Radon og kvarts

Tunnelarbeidere kan være eksponert for en rekke luftforurensinger som støv, α -kvarts, dieseleksos, oljetåke, nitrogendioksid og karbonmonoksid i varierende grad. Store mengder mineralstøv frigjøres ved sprenging av fjell [17]. Graden av kvartseksponering er sterkt avhengig av lokale geologiske forhold. Radon er en usynlig og luktfri gass som dannes kontinuerlig nede i bakken. Gassen er radioaktiv og dannes fra naturlige radioaktive stoffer som uran i berggrunnen og jordsmonn. Gjeldende adm. norm i Norge for kvartsstøv er [17]:

- totalstøv: 0,3 mg støv /m³ luft og
- respirabelt støv: 0,1 mg støv/m³ luft

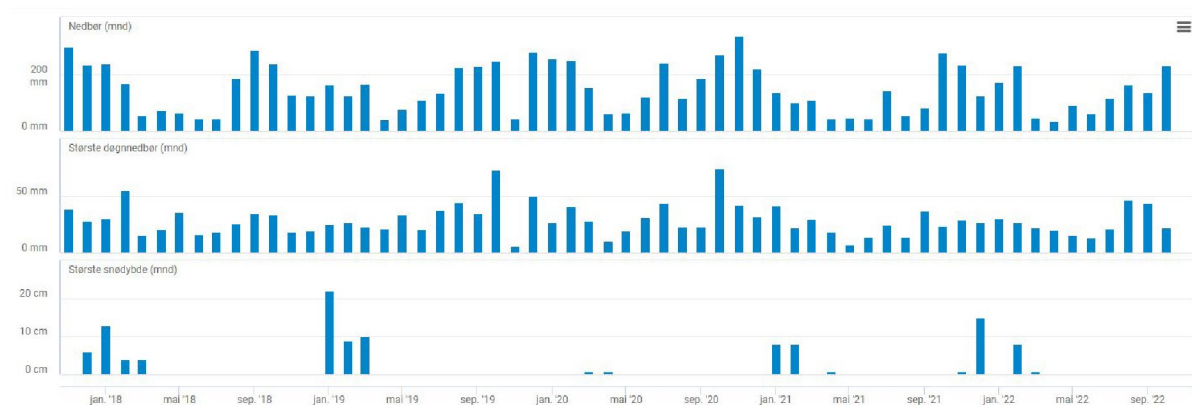
Det nasjonale aktsomhetskartet for radon viser hvilke områder i Norge som kan være mer

radonutsatt enn andre [18]. Aktsomhetskartet viser moderat til lav aktsomhet for radon i varslingsområdet.

3.5 Hydrologi og hydrogeologi

3.5.1 Generelt

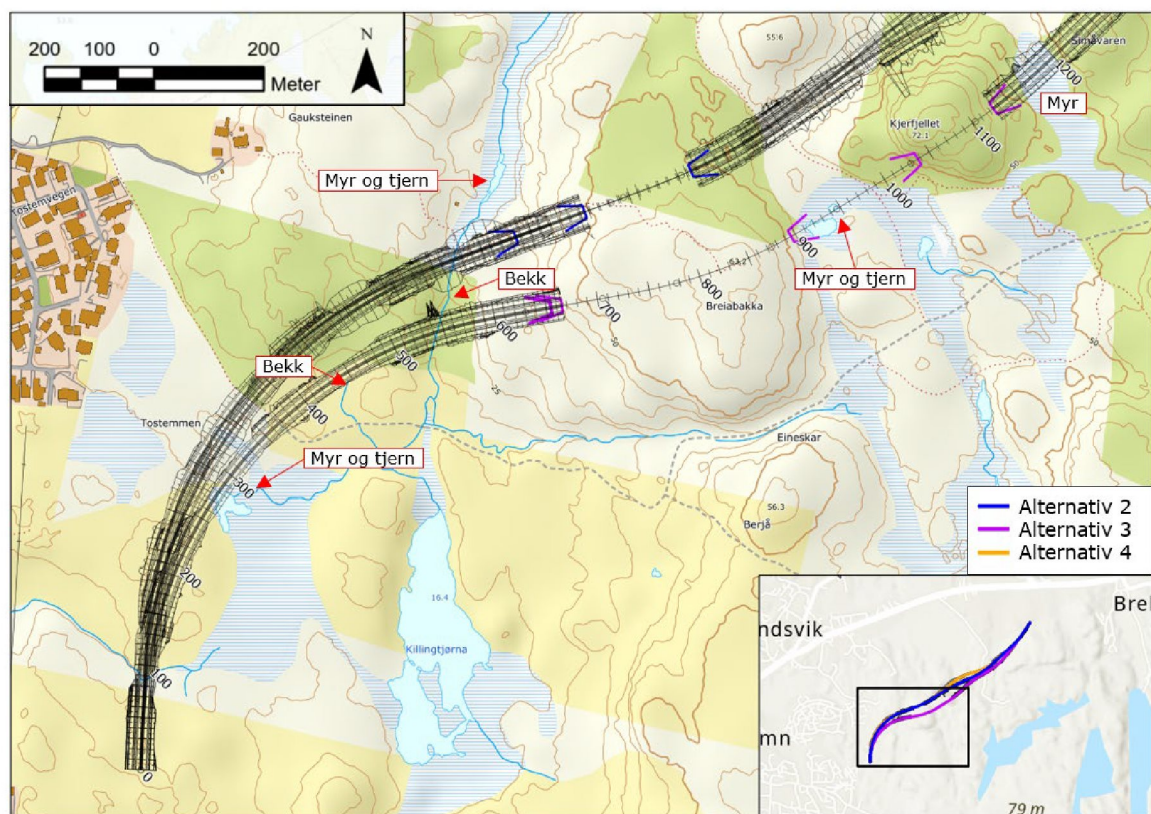
Nedbøren i området har variert fra 36 mm/mnd til 335 mm/mnd de siste 5 årene, med de høyeste verdiene om høsten. Høyeste døggnedbør var 74 mm i oktober 2020. Det er lite snø i området, største snødybde 22 cm i januar 2019 (se figur 3-10). Hydrologer fra Rambøll har kartlagt nedbørsfeltet til vassdrag som krysser vegstrekingene. For beskrivelse se Rambølls hydrologiske rapport [13].



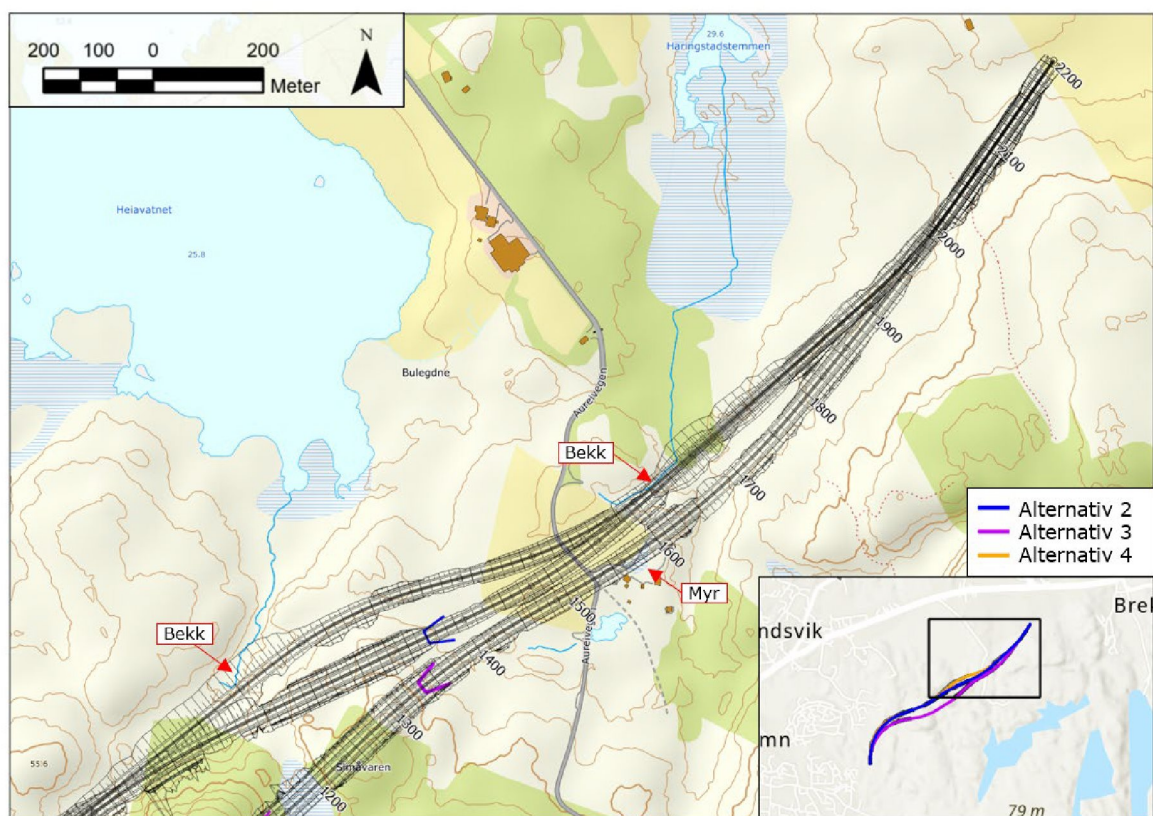
Figur 3-10. Nedbørsforhold i området de siste 5 år. Figur hentet fra Norsk Klimaservice Senter [19].

Landskapet vegtraseene går gjennom er preget av lave koller hvor det typisk befinner seg myr mellom kollene. De ulike traseene krysser flere myrområder, bekker og enkelte tjern. Dette er vist i figur 3-11 og figur 3-12.

Av de ulike tunnelløsningene er det kun alternativ 3B (lang tunnel) som krysser under områder med vannforekomster. Denne tunnelen går under to myrområder, ett ved pel 900-990 og ett ved pel 1110-1200.



Figur 3-11. Vannforekomster langs veglinjene i sør. Profilnumrene er gitt langs alternativ 3 (lilla linje).



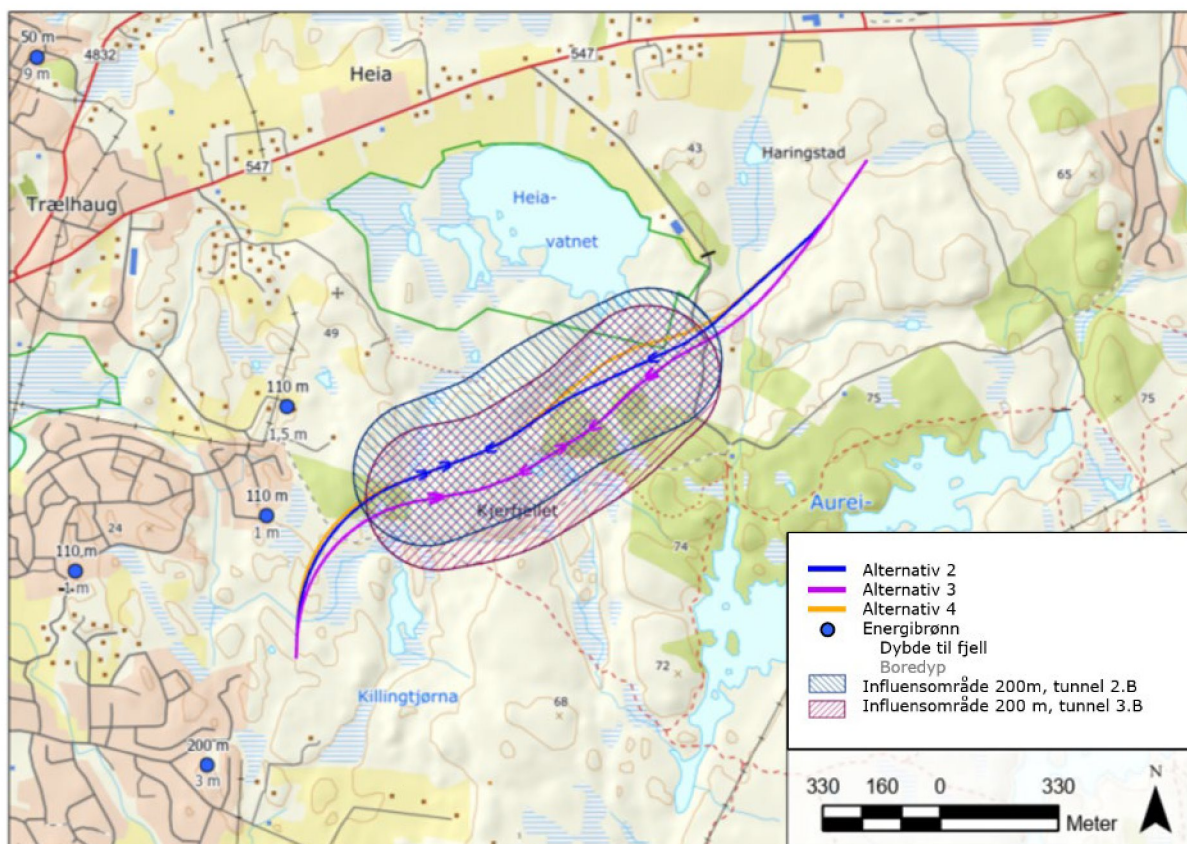
Figur 3-12. Vannforekomster langs veglinjene i nord. Profilnumrene er gitt langs alternativ 3 (lilla linje).

3.5.2 Grunnvann

Det er ikke gjort målinger av grunnvannsnivået i berget i forbindelse med reguleringsplanen.

Grunnvannsbrønnene i området registrert i den nasjonale grunnvannsdatabasen GRANADA [20] er vist i figur 3-13. Samtlige brønner i området er energibrønner for enkelthusholdninger. Den nærmeste brønnen ligger omtrent 65 m fra veglinjene. GRANADA viser ingen brønner som ligger over tunnelalternativene, eller innenfor tunnelens antatte influensområde på 200 m. Influensområdet til en tunnel vil si området som er utsatt for grunnvannsendringer, setninger og vibrasjoner som følge av tunnelen.

Det kan ikke utelukkes at det eksisterer brønner i området som ikke ligger inne hos GRANADA.



Figur 3-13. Oversikt over grunnvannsbrønnene i området.

3.5.3 Vurdering av konsekvenser ved grunnvannssenkning

Grunnvannsnivå avhenger blant annet av berggrunnsforhold. I berggrunnen befinner det seg både stillestående og fritt, strømmende vann. Granodioritten det meste av vegtraseene ligger i er i grunnvannssammenheng generelt en tett bergart. Det strømmende grunnvannet i bergmassen forventes derfor å bevege seg via større sprekker, svakhetssoner, og svakhetssonenes oppsprukne sideberg.

Ved all tunnelbygging vil det oppstå lekkasjer inn i tunnelen som følge av større og mindre sprekker i berget. Ved at vann dreneres inn i tunnelene vil det kunne oppstå senkning av grunnvannsnivået. Endringer i grunnvannsforhold – det være seg permanente eller midlertidige – kan gi utslag på setninger i tette løsmasser, og har innvirkning på naturmiljø og kulturminner,

grunnvannsressurser og overflatevann. Vurderinger av sårbarhet som følge av grunnvannssenkning gir grunnlag for å fastsette tettekrav for tunnel.

3.5.4 Innlekkasje i tunnel og berginjeksjon

Forventet innlekkasje og injeksjonsbehov vil være styrt av en rekke faktorer som geologi, bergartstype, oppsprekking, svakhetssoner, tetthetskrav, spenningssituasjon, vanntrykk m.fl. Problematikk og utfordringer knyttet til lekkasjer vil være forbundet med kryssing av soner som kommuniserer med vann (bekker, grunnvann og/eller myrområder). Potensiell innlekkasje til tunnelnivå avhenger av kommunikasjonen mellom sprekkene/sonene og konduktiviteten i disse. Generelt for gruntliggende deler av tunneler må innlekkasjer forventes å komme jevnt og som spredte drypp som varierer med årstid og nedbørsmengder. Avhengig av sonenes konduktivitet og krav til maksimale innlekkasjer i tunnelen kan det bli aktuelt med injeksjon i og rundt disse sonene under driving av tunnelene.

Suksesskriteriet for injeksjon i forbindelse med tunneler er todelt; 1) tette slik at man unngår situasjoner som utgjør en trussel for tunnelens stabilitet og integritet; 2) tette slik at man tilfredsstiller kravet om maksimum innlekkasje og dermed unngår grunnvannssenkning og fare for setninger på bebyggelse. Krav til maksimum innlekkasje angis som en gjennomsnittslengde innlekkasje gitt i l/min/100 m tunnel.

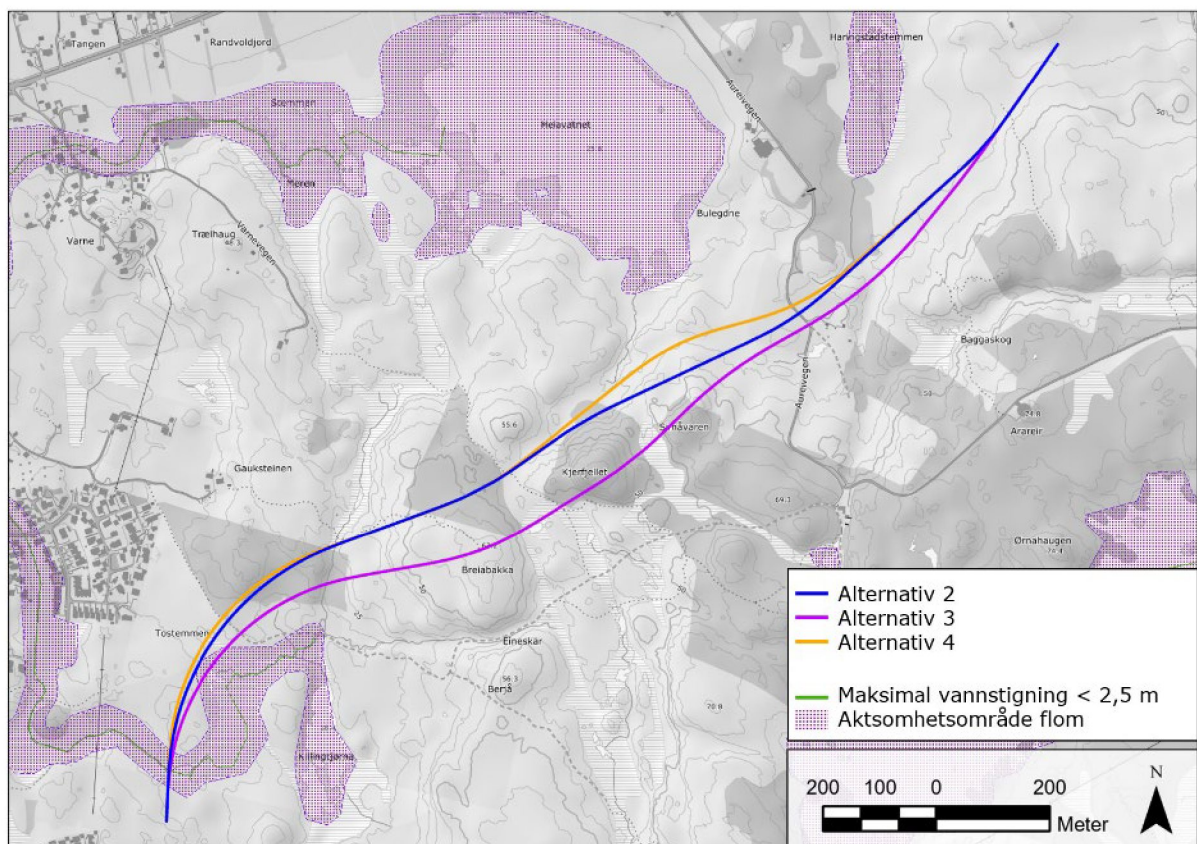
Krav til maksimal innlekkasje er omtalt i kapittel 6.

3.6 Naturfare

Ifølge kart fra NVE [21] ligger området utenfor aktsomhet- og fareområde for steinsprang, jord- og flomskred og snøskred. Området er ikke blitt kartlagt med hensyn til kvikkleire. Ifølge geoteknisk rapport forventes det ikke kvikkleire i område, noe de utførte grunnboringene også bekrefter.

I 2019 gikk det et jordskred ved et byggefelt ved Nordre Brekkevatnet. Dette er omtrent 0,5 km nordøst for vegtraseenes nordlige del. Ingen flere skredhendelser er registrert i NVEs database eller vegkart.no.

Deler av traseene i sør går gjennom et område som ligger i aktsomhetsområdet for flom. Aktsomhetsområdene for flom er vist i figur 3-14. Hydrologer fra Rambøll har utredet en flomanalyse over området, for mer informasjon se hydrologisk rapport [13].



Figur 3-14. Aktsomhetsområde for flom, hentet fra NVEs aktsomhetskart [21].

DEL 2 TOLKNINGSDEL

4. INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER – TOLKNINGSDEL TUNNEL

I dette kapittelet vil vurderinger rundt de ulike tunnelalternativene bli presentert.

4.1 Bergoverdekning

Bergoverdekningen for alle tunnelene er lav, da topografien i området er relativt flat. Det er også stor usikkerhet rundt dybde til berg i myrområdene, da det ikke var mulig å utføre totalsonderinger i disse områdene. For bergoverdekning for de forskjellige alternativene, se delkapittel for hvert alternativ under.

Generelt kan en bruke tradisjonelle metoder for driving så lenge bergoverdekningen er over halvparten av spennvidden til tunnelen, men det kan fortsatt være behov for sikring med forbolter og bruk av mindre salver. Ved lavere bergoverdekning må sikring med armerte sprøytebetongbuer vurderes.

4.2 Bergmasseklassifisering og bergsikring

For å vurdere bergmassens kvalitet er vegnormal N500 [3] og håndbok for bruk av Q-systemet [22] benyttet. Vegnormal N500 tildeler bergmasse en bergmasseklasse basert på bergmassens Q-verdi, se tabell 4-1. Det er seks bergmasseklasser, hvor A er best og G er dårligst. Ut ifra bergmasseklassen legges berget i en sikringsklasse fra I til VI. Bergmassefordeling og sikringsestimat for de ulike vegalternativene gis i de neste delkapitlene. Estimatenes er gjort for ettløpstunneler med tverrsnitt T12,5 for alle alternativene. Prognoser for bergsikringsmengder for permanent sikring er gjort med utgangspunkt i håndbok V520 vedlegg C [5].

Tabell 4-1. Sammenheng mellom bergforhold (Q-verdi), bergmasseklasse og sikringsklasse. Hentet fra Vegnormal N500 [3]. Tabellen gjelder for tunneltverrsnitt T8,5-T12,5.

Q-verdi	Bergforhold	Bm.klasse	Sikringsklasse
100-10	Lite oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand > 1 m	A/B	Sikringsklasse I - Spredt bolting - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm
10-4	Moderat oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand 0,3-1 m	C	Sikringsklasse II - Systematisk bolting c/c 3 m - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm
4-1	Tett oppsprukket bergmasse eller lagdelt skifrig bergmasse Midlere sprekkeavstand < 0,3 m	D	Sikringsklasse III - Systematisk bolting c/c 1,75 m - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 100 mm
1-0,1	Svært dårlig bergmasse	E	Sikringsklasse IVa ($0,2 < Q < 1$) - Systematisk bolting c/c 1,5 m - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm Sikringsklasse IVb ($0,2 < Q < 0,1$) - Systematisk bolting c/c 1,5 m - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm - Armerte sprøytebetongbuer, buedimensjon E30/6 ø20 mm, c/c buer 2-3 m, ev. gitterbuer - Sålestøp vurderes
0,1-0,01	Ekstremt dårlig bergmasse	F	Sikringsklasse V - Systematisk bolting c/c 1-1,5 m - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150-250 mm - Armerte sprøytebetongbuer, buedimensjon D60/6+4, ø20 mm, c/c buer 1,5-2 m, ev. gitterbuer - Sålestøp vurderes
< 0,01	Eksepsjonelt dårlig bergmasse, stort sett løsmasse	G	Sikringsklasse VI - Dimensjoneres spesielt

I dagen går de ulike tunneltraseene gjennom bergarten granodioritt. Dette er en intrusiv dyppergart. Det er ikke utført kjerneboringer i området, og det foreligger derfor ingen informasjon om hvordan bergmassen utfolder seg i dypet. Tunneltraseene ligger på det laveste på kote +12 (omtrent ved pel 1055 for tunnelen i alternativ 2B). Dette er omtrent ved lokasjon 12 og 13 i figur 2-3. I dette området er det registrert granodioritt. Med bakgrunn i dette antas det at alle

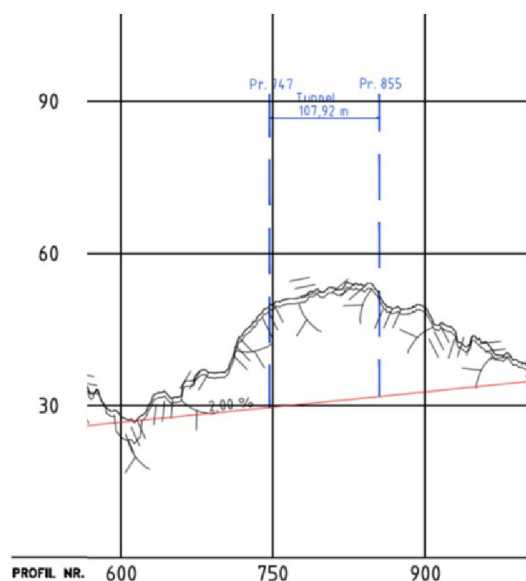
tunneltraseene går gjennom granodioritt. Videre antas det at for bergmasse utenfor svakhetssoner varierer bergmassekvaliteten mellom klasse A-C (lite til moderat oppsprukket). Disse antagelsene er lagt til grunn under fordeling av bergmassekvalitet langs tunneltraseene, som presenteres i dette kapittelet for hvert alternativ.

Det er for klasse A – C forventet at sikring av tunnelen i hovedsak vil kunne utføres med bolter og sprøytebetong. I svakhetssonene er det tatt høyde for at bergmassekvaliteten kan være dårlig (D) til svært dårlig (E). I henhold til Håndbok N500 [3] beskriver sikringsklassene sikringstiltak som forbolting, armerte sprøytebetongbuer og sålestøp i slik bergmassekvalitet. Det er ikke gjort kartlegging i denne planfasen som kan fastslå med sikkerhet at disse tiltakene vil brukes i tunnelen, men dette kan ikke utelukkes på nåværende tidspunkt. Supplerende grunnundersøkelser i neste planfase vil kunne redusere usikkerheten og gi et mer presist estimat for disse kategoriene. Forventet bergmassekvalitetsfordeling og sikringsestimat for tunneler for de ulike alternativene blir presentert i dette kapittelet.

4.3 Alternativ 2A, kort tunnel

4.3.1 Bergoverdekning

Bergoverdekningen for tunnelen i alternativ 2A er på ca. 11 til 13 m. Det antas sikker bergoverdekning i hele tunnelens lengde. Resultater fra grunnboringer viser at løsmassemektheten i påhuggsområdene er antatt å være under 1 meter. Et lengdesnitt ved tunnelen er vist i figur 1-1.



Figur 4-1: Lengdesnitt av tunnelen for alternativ 2A. Rød linje viser kjørebanen.

4.3.2 Svakhetssoner

Det er ingen kartlagte svakhetssoner som krysser tunneltraseen.

4.3.3 Påhugg

Det vestlige påhugget ligger i profil 745 (vedlegg C). Påhugget er planlagt med en bergoverdekning på ca. 10 meter. Det skal etableres forskjæring ca. 30 m fra påhuggsområdet. Maksimum høyde på forskjæringen er forventet å være ca. 19 meter.

Det østlige påhugget ligger i profil 855 (vedlegg C). Påhugget er planlagt med en bergoverdekning på ca. 9 meter. Det skal etableres forskjæring ca. 105 m fra påhuggsområdet. Maksimum høyde på forskjæringen er forventet å være ca. 21 meter.

Tunneldrivingen skal avklares i neste planfase. Det anbefales mindre salver ved etablering av påhugget, for å minske ødeleggelsen av berget og da også minske behovet til sikring av påhuggsområdet. Det bør sikres med bolter og sprøytebetong, samt forbolter (spiling) rundt tunnelprofilen. Det kan også være mulig å flytte påhuggsområdet slik at det begynner der hvor en har en bergoverdekning på 7 meter eller mer. Fordelen med dette er at en får en lavere og kortere forskjæring og lavere skjæring på påhuggsområdet.

Toppen av forskjæringen og påhuggsområdet må renskes for vegetasjon og løsmasser iht. krav i N200 [2].

4.3.4 Bergmassekvalitet

I forbindelse med feltkartleggingen er det utført strøk- og fallmålinger av sprekkeflater på bergblotninger og skjæringer i terrenget langs tunneltraseen. Det er registrert tre hovedsprekkesett i området, ett nær horisontalt og to nær vertikale sprekkesett. Sprekkesett 1 som er nær horisontalt har en høyere oppsprekkingsgrad. Oppsprekkingsgrad for sprekkesett 1 varierer fra noenlunde massiv, med 1-2 m mellom hver sprekk til 20-30 cm mellom hver sprekk. Sprekkesett 2 og 3 som er nær vertikale har fra 0,5 meter til 5 meter mellom hver sprekk, det er høyere oppsprekkingsgrad nord i området enn i sør. Lav bergoverdekning sammen med de tre sprekkesettene som står omtrent normalt på hverandre kan føre til blokkutfall fra heng og vederlag i tunnelen.

Antatt bergmasseklassefordeling langs tunnelen for alternativ 2A (pel 745-855) er vist i tabell 4-2. Det forventes at for bergmasse utenfor svakhetssoner varierer bergmassekvaliteten mellom klasse A-C (lite til moderat oppsprukket).

Tabell 4-2. Antatt bergmasseklassefordeling langs tunnel for alternativ 2A (pel 745-855).

Q-verdi	< 0,01	0,01-0,1	0,1-0,2	0,2-1	1-4	4-10	> 10
Bergmasse-klasse	G	F	E2	E1	D	C	A/B
	Eksepsjonelt dårlig	Ekstremt dårlig	Svært dårlig	Svært dårlig	Dårlig	Middels	God til ekstremt god
Lengder i bergmasseklasse A-G							
Antatt fordeling [%]	0 %	0 %	0 %	0 %	10 %	50 %	40 %
Antatt fordeling [m]	0	0	0	0	11	55	44

4.3.5 Bergsikring

Et sikringsestimat for tunnelen og de to påhuggsflatene er gjort basert på antatt bergmassefordeling i tunnelen. Resultatet er vist i tabell 4-3. Estimater er gjort etter beskrivelsen i N500, som er presentert i tabell 4-1. Det forventes at det vil bli behov for rundt 480 bolter i tunnelen, og totalt 350 m³ sprøytebetong, hvorav 300 m³ består av E700 og 50 m³ av E1000. Videre er det estimert behov for omtrent 75 forbolter for sikring av påhuggsflatene.

Tabell 4-3. Estimert sikringsomfang for tunnel og påhugg ved alternativ 2A (pel 745-855).

Sikringsmetode	Totalt overslag
Bolter	480 stk
Sprøytebetong B35 E700	300 m ³
Sprøytebetong B35 E1000	50 m ³
Total sprøytebetong	350 m ³
Forbolter	75 stk
Armerte sprøytebetongbuer	0 stk

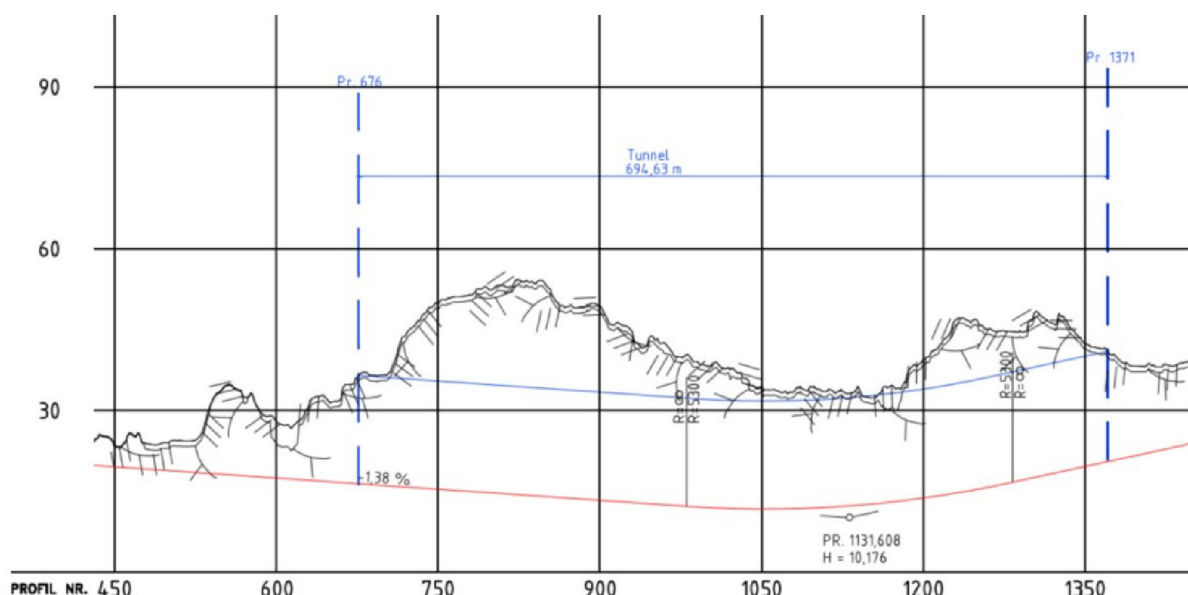
4.4 Alternativ 2B, lang tunnel

4.4.1 Bergoverdekning

Bergoverdekningen for tunnelen i alternativ 2B er på ca. 11 til 30 m. Et parti ved profil 1100-1150 er bergoverdekningen usikker grunnet myrområde. Det er stipulert bergoverdekning her på 10 meter, men det kan være lavere. Her kan det bli nødvendig å sikre tunnelen ved hjelp at armerte betongbuer.

Resultater fra grunnboringer viser at løsmassemekktigheten i påhuggsområdene er antatt å være mellom 0,5 og 1 meter i sør og 2,8 meter i nord.

Resultater fra grunnboringer viser at løsmassemekktigheten i påhuggsområdene er antatt å være mellom 0,5 og 1 meter i sør og 2,8 meter i nord.



Figur 4-2. Lengdesnitt av tunnelen for alternativ 2B. Rød linje viser kjørebane.

4.4.2 Svakhetssoner

Det er 5 kartlagte svakhetssoner som krysser tunneltraseen. To svakhetssoner har en NNV-SSØ retning, og står tilnærmet normalt på tunnelen ved ca. profilnummer 910 (4) og 1030 (7). To svakhetssoner har retning NV-SØ og står ca. 45° på tunneltraseen ved ca. profilnummer 875 (3) og 960 (5). Den siste svakhetssonen har retning NØ-SV og står 10-20° på tunnelen ved ca. profilnummer 950-970 (6).

Svakhetssonene orienterte NNV-SSØ forventes å være stabilitetsmessig gunstige i forhold til retningen til tunneltraseen, de vil krysse tunnelen med moderat til stor vinkel. Begge NV-SØ og NØ-SV svakhetssonene kommer til å krysse tunneltraseen med spiss vinkel og ansees derfor som ugunstig orientert, og kan påvirke stabiliteten av tunnelen. I tillegg er svakhetssonene oppknyt og de vil være vannførende. Det antas at bergmassekvaliteten i svakhetssonene er dårlig og at de vil påvirke stabiliteten i tunnelen.

4.4.3 Påhugg

Det vestlige påhugget ligger i profil 675 (se vedlegg C). Påhugget er planlagt med en bergoverdekning på ca. 8 meter. Det skal etableres forskjæring ca. 140 m fra påhuggsområdet. Maksimum høyde på forskjæringen er forventet å være ca. 18 meter.

Det østlige påhugget ligger i profil 1375 (se vedlegg C). Påhugget er planlagt med en bergoverdekning på ca. 9 meter. Det skal etableres forskjæring ca. 185 m fra påhuggsområdet. Maksimum høyde på forskjæringen er forventet å være ca. 18 meter.

Tunneldrivingen skal avklares i neste planfase. Det anbefales mindre salver ved etablering av påhugget, for å minske ødeleggelsen av berget og da også minske behovet til sikring av påhuggsområdet. Det bør sikres med bolter og sprøytebetong, samt forbolter (spiling) rundt tunnelprofilet. Det kan også være mulig å flytte påhuggsområdet slik at det begynner der hvor en har en bergoverdekning på 7 meter eller mer. Fordelen med dette er at en får en lavere og kortere forskjæring og lavere skjæring på påhuggsområdet.

Toppen av forskjæringen og påhuggsområdet må renskes for vegetasjon og løsmasser iht. krav i N200 [2].

4.4.4 Bergmassekvalitet

I forbindelse med feltkartleggingen er det utført strøk- og fallmålinger av sprekkeflater på bergblotninger og skjæring i terrenget langs tunneltraseen. Det er registrert tre hovedsprekkesett i området, ett nær horisontalt og to nær vertikale sprekkesett. Sprekkesett 1 som er nær horisontalt har en høyere oppsprekingsgrad. Oppsprekingsgrad for sprekkesett 1 varierer fra noenlunde massiv, med 1-2 m mellom hver sprekk til 20-30 cm mellom hver sprekk. Sprekkesett 2 og 3 som er nær vertikale har fra 0,5 meter til 5 meter mellom hver sprekk, det er høyere oppsprekingsgrad nord i området enn i sør. Lav bergoverdekning sammen med de tre sprekkesettene som står omtrent normalt på hverandre kan føre til blokkutfall fra heng og vederlag i tunnelen.

Antatt bergmasseklassefordeling langs tunnelen for alternativ 2B (pel 675-1375) er vist i tabell 4-4. Det forventes at for bergmasse utenfor svakhetssoner varierer bergmassekvaliteten mellom klasse A-C (lite til moderat oppsprukket). I svakhetssonene antas en mer oppsprukket bergmasse, Desto mer fremtredende de ulike sonene er på relieffkartet (figur 3-9), desto dårligere kvalitet antas de å ha.

Tabell 4-4. Antatt bergmasseklassefordeling langs tunnel for alternativ 2B (pel 675-1375).

Q-verdi	< 0,01	0,01-0,1	0,1-0,2	0,2-1	1-4	4-10	> 10
Bergmasse-klasse	G Eksepsjonelt dårlig	F Ekstremt dårlig	E2 Svært dårlig	E1 Svært dårlig	D Dårlig	C Middels	A/B God til ekstremt god
Lengder i bergmasseklasse A-G							
Antatt fordeling [%]	0 %	0 %	6 %	9 %	10%	40 %	35%
Antatt fordeling [m]	0	0	42	63	90	280	245

4.4.5 Bergsikring

Et sikringsestimat for tunnelen og de to påhuggsflatene er gjort basert på antatt bergmassefordeling i tunnelen. Resultatet er vist i tabell 4-5. Estimetet er gjort etter beskrivelsen i N500, som er presentert i tabell 4-1. Det forventes at det vil bli behov for rundt 3700 bolter i tunnelen, og totalt 2400 m³ sprøytebetong, hvorav 1600 m³ består av E700 og 850 m³ av E1000. Videre er det estimert behov for 21 armerte sprøytebetongbuer. Samt omtrent 350 forbolter for sikring av påhuggsflatene og i tunnel.

Tabell 4-5. Estimert sikringsomfang for tunnel og påhugg ved alternativ 2.N (pel 675-1375).

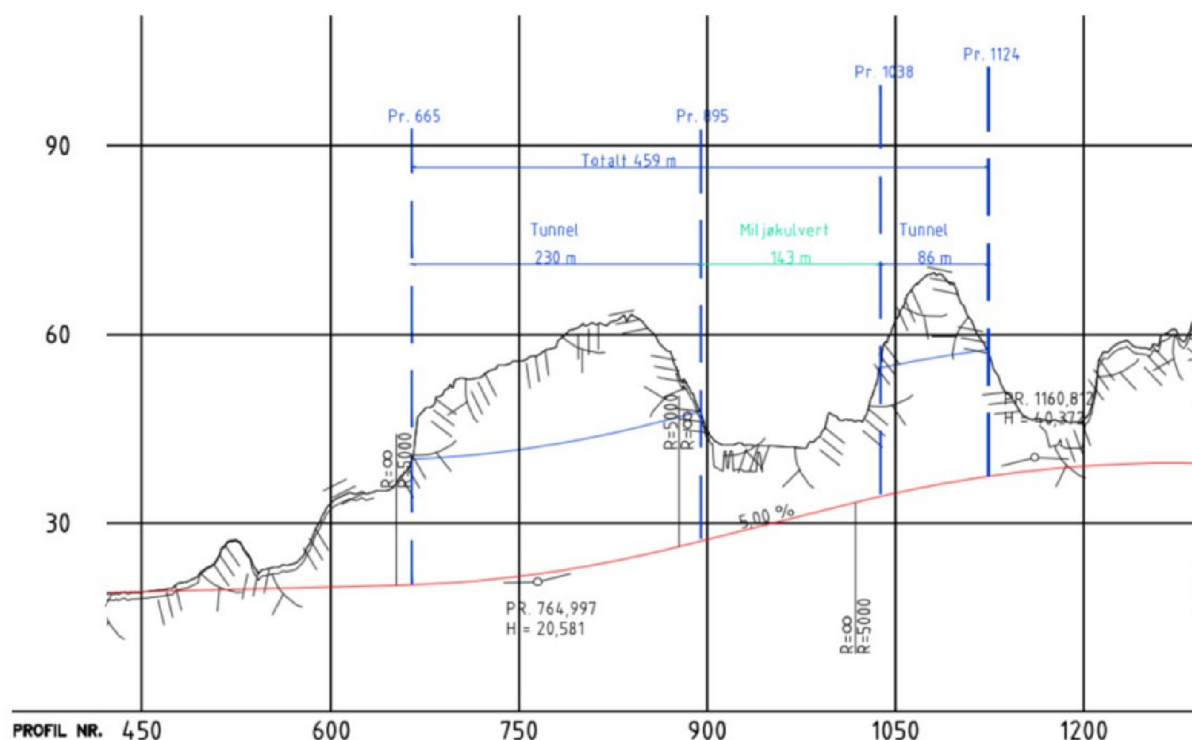
Sikringsmetode	Totalt overslag
Bolter	3 700 stk
Sprøytebetong B35 E700	1 600 m ³
Sprøytebetong B35 E1000	850 m ³
Total sprøytebetong	2 400 m ³
Forbolter	510 stk
Armerte sprøytebetongbuer	21 stk

4.5 Alternativ 3A, korte tunneler med miljøkulvert

4.5.1 Bergoverdekning

Bergoverdekningen for tunnelene i alternativ 3A er på ca. 11 til 29 m (tunnel i vest) og 14 til 26 m (tunnel i øst). Et lengdesnitt er vist i figur 4-3.

Det antas sikker bergoverdekning i hele tunnelenes lengder. Resultater fra grunnboringer viser at løsmassemekktigheten i påhuggsområdene for tunnelen i vest er antatt å være mellom 0,5 og 1 meter i vest og mellom 1 og 2 meter i øst. Løsmassemekktigheten i påhuggsområdene for tunnelen i øst er antatt å være 1 m i vest og mellom 0,5 og 1 meter i øst.



Figur 4-3. Lengdesnitt av tunnelene for alternativ 3A. Rød linje viser kjørebanelen.

4.5.2 Svakhetssoner

Det er ingen svakhetssoner som krysser tunnelene, men det er 5 svakhetssoner som krysser området med miljøkulvert.

4.5.3 Påhugg

Vestlig tunnel:

Det søndre påhugget ligger i profil 665 (se vedlegg C). Påhugget er planlagt med en bergoverdekning på ca. 10 meter. Det skal etableres forskjæring ca. 75 m fra påhuggsområdet. Maksimum høyde på forskjæringen er forventet å være ca. 26 meter.

Det nordre påhugget ligger i profil 895 (se vedlegg C). Påhugget er planlagt med en bergoverdekning på ca. 10 meter. Det skal etableres forskjæring ca. 143 m fra påhuggsområdet. Maksimum høyde på forskjæringen er forventet å være ca. 32 meter. Forskjæringene går fra dette påhugget til søndre påhugg i østlig tunnel.

Østlig tunnel:

Det søndre påhugget ligger i profil 1038 (se vedlegg C). Påhugget er planlagt med en bergoverdekning på ca. 10 meter.

Det nordre påhugget ligger i profil 1124 (se vedlegg C). Påhugget er planlagt med en bergoverdekning på ca. 11 meter. Det skal etableres forskjæring ca. 26 m fra påhuggsområdet. Maksimum høyde på forskjæringen er forventet å være ca. 21 meter.

Tunneldrivingen skal avklares i neste planfase. Det anbefales mindre salver ved etablering av påhugget, for å minske ødeleggelsen av berget og da også minske behovet til sikring av påhuggsområdet. Det bør sikres med bolter og sprøytebetong, samt forbolter (spiling) rundt tunnelprofilen. Det kan også være mulig å flytte påhuggsområdet slik at det begynner der hvor en har en bergoverdekning på 7 meter eller mer. Fordelen med dette er at en får en lavere og kortere forskjæring og lavere skjæring på påhuggsområdet.

Toppen av forskjæringen og påhuggsområdet må renskes for vegetasjon og løsmasser iht. krav i N200 [2].

4.5.4 Bergmassekvalitet

I forbindelse med feltkartleggingen er det utført strøk- og fallmålinger av sprekkeflater på bergblotninger og skjæringer i terrenget langs tunneltraseen. Det er registrert tre hovedsprekkesett i området, ett nær horisontalt og to nær vertikale sprekkesett. Sprekkesett 1 som er nær horisontalt har en høyere oppsprekkingsgrad. Oppsprekkingsgrad for sprekkesett 1 varierer fra noenlunde massiv, med 1-2 m mellom hver sprekk til 20-30 cm mellom hver sprekk. Sprekkesett 2 og 3 som er nær vertikale har fra 0,5 meter til 5 meter mellom hver sprekk, det er høyere oppsprekkingsgrad nord i området enn i sør. Lav bergoverdekning sammen med de tre sprekkesettene som står omtrent normalt på hverandre kan føre til blokkutfall fra heng og vederlag i tunnelen.

Antatt bergmasseklassefordeling langs tunnelen for alternativ 3.A (pel 668-895 og pel 1038-1124) er vist i tabell 4-6. Det forventes at for bergmasse utenfor svakhetssoner varierer bergmassekvaliteten mellom klasse A-C (lite til moderat oppsprukket).

Tabell 4-6. Antatt bergmasseklassefordeling langs tunnel for alternativ 2B (pel 668-895 og 1038-1124).

Q-verdi	< 0,01	0,01-0,1	0,1-0,2	0,2-1	1-4	4-10	> 10
Bergmasse-klasse	G	F	E2	E1	D	C	A/B
	Eksepsjonelt dårlig	Ekstremt dårlig	Svært dårlig	Svært dårlig	Dårlig	Middels	God til ekstremt god
Lengder i bergmasseklasse A-G							
Antatt fordeling [%]	0 %	0 %	0 %	0 %	10	50	40 %
Antatt fordeling [m]	0	0	0	0	36,1	158	126,4

4.5.5 Bergsikring

Et sikringsestimat for tunnelen og de fire påhuggsflatene er gjort basert på antatt bergmassefordeling i tunnelen. Resultatet er vist i tabell 4-7. Estimetet er gjort etter beskrivelsen i N500, som er presentert i tabell 4-1. Det forventes at det vil bli behov for rundt 1400 bolter i tunnelen, og totalt 970 m³ sprøytebetong, hvorav 850 m³ består av E700 og 120 m³ av E1000. Videre er det estimert behov for omtrent 150 forbolter for sikring av de fire påhuggsflatene.

Tabell 4-7. Estimert sikringsomfang for tunnel og påhugg ved alternativ 2.N (pel 668-895 og 1038-1124).

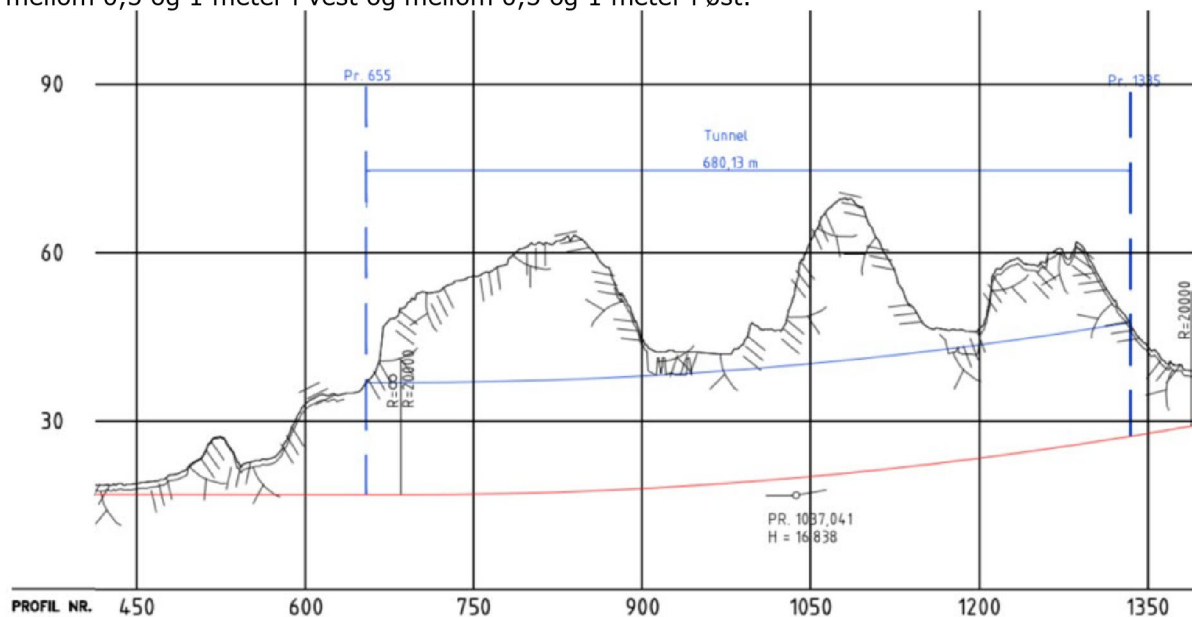
Sikringsmetode	Totalt overslag
Bolter	1400 stk
Sprøytebetong B35 E700	850 m ³
Sprøytebetong B35 E1000	120 m ³
Total sprøytebetong	970 m ³
Forbolter	150 stk
Armerte sprøytebetongbuer	0 stk

4.6 Alternativ 3B, lang tunnel

4.6.1 Bergoverdekning

Bergoverdekningen for tunnelen i alternativ 3B er på ca. 12 til 39 m, det er to parti ved profil 900-1000 og 1150-1200 (myrområder) hvor bergoverdekningen er usikker grunnet manglende grunnundersøkelser. Bergoverdekningen kan være under 8 meter og det kan bli nødvendig å sikre tunnelen ved hjelp at armerte betongbuer. Et lengdesnitt av tunnelen er vist i figur 4-4.

Resultater fra grunnboringer viser at løsmassemekktigheten i påhuggsområdene er antatt å være mellom 0,5 og 1 meter i vest og mellom 0,5 og 1 meter i øst.



Figur 4-4. Lengdesnitt av tunnelen for alternativ 3B. Rød linje viser kjørebanelen.

4.6.2 Svakhetssoner

Det er 7 kartlagte svakhetssoner som krysser tunneltraseen. Tre svakhetssoner har en NNV-SSØ retning, og står tilnærmet normalt på tunnelen ved ca. profilnummer 890 (4), 1000 (7) og 1150 (9). Fire svakhetssoner har retning NV-SØ og står ca. 45° på tunneltraseen ved ca. profilnummer 930 (3), 1000 (5), 1040 (8) og 1160 (10). I forbindelse med svakhetssoner kan bergmassen være kraftig oppsprukket eller oppkнут og vannførende. Ved profil 900-1040 og 1150-1200 er det flere svakhetssoner som ligger i myrområder. Her er det også usikker bergoverdekning.

Svakhetssonene orienterte NNV-SSØ forventes å være stabilitetsmessig gunstige i forhold til retningen til tunneltraseen, de vil krysse tunnelen med moderat til stor vinkel. Begge NV-SØ og NØ-SV svakhetssonene kommer til å krysse tunneltraseen med spiss vinkel og ansees derfor som ugunstig orientert, og kan påvirke stabiliteten av tunnelen. I tillegg er svakhetssonene oppkнут og de vil være vannførende. Det antas at bergmassekvaliteten i svakhetssonene er dårlig og at de vil påvirke stabiliteten i tunnelen.

4.6.3 Påhugg

Det søndre påhugget ligger i profil 655 (se vedlegg C). Påhugget er planlagt med en bergoverdekning på ca. 10 meter. Det skal etableres forskjæring ca. 7 m fra påhuggsområdet. Maksimum høyde på forskjæringen er forventet å være ca. 20 meter. Vis figur på lengdesnitt

Det nordre påhugget ligger i profil 1335 (se vedlegg C). Påhugget er planlagt med en bergoverdekning på ca. 8 meter. Det skal etableres forskjæring ca. 95 m fra påhuggsområdet. Maksimum høyde på forskjæringen er forventet å være ca. 18 meter.

Tunneldrivingen skal avklares i neste planfase. Det anbefales mindre salver ved etablering av påhugget, for å minske ødeleggelsen av berget og da også minske behovet til sikring av påhuggsområdet. Det bør sikres med bolter og sprøytebetong, samt forbolter (spiling) rundt tunnelprofilen. Det kan også være mulig å flytte påhuggsområdet slik at det begynner der hvor en har en bergoverdekning på 7 meter eller mer. Fordelen med dette er at en får en lavere og kortere forskjæring og lavere skjæring på påhuggsområdet.

Toppen av forskjæringen og påhuggsområdet må renskes for vegetasjon og løsmasser iht. krav i N200 [2].

4.6.4 Bergmassekvalitet

I forbindelse med feltkartleggingen er det utført strøk- og fallmålinger av sprekkeflater på bergblotninger og skjæringer i terrenget langs tunneltraseen. Det er registrert tre hovedsprekkesett i området, ett nær horisontalt og to nær vertikale sprekkesett. Sprekkesett 1 som er nær horisontalt har en høyere oppsprekingsgrad. Oppsprekingsgrad for sprekkesett 1 varierer fra noenlunde massiv, med 1-2 m mellom hver sprekk til 20-30 cm mellom hver sprekk. Sprekkesett 2 og 3 som er nær vertikale har fra 0,5 meter til 5 meter mellom hver sprekk, det er høyere oppsprekingsgrad nord i området enn i sør. Lav bergoverdekning sammen med de tre sprekkesettene som står omtrent normalt på hverandre kan føre til blokkutfall fra heng og vederlag i tunnelen.

Antatt bergmasseklassefordeling langs tunnelen for alternativ 3.B (pel 675-1375) er vist i tabell 4-8. Det forventes at for der tunnelen ligger utenfor svakhetssoner, samt har tilstrekkelig bergoverdekning varierer bergmassekvaliteten mellom klasse A-C (lite til moderat oppsprukket).

Som tidligere nevnt har myrområdene ved pel 900-1040 og 1150-1200 usikker bergoverdekning, og det kan her bli behov for armerte sprøytebetongbuer dersom bergoverdekningen < 10 m. Det er i disse to områdene samtlige antatte svakhetssoner som krysser tunnelen ligger. Her forventes dårlig berg.

Tabell 4-8. Antatt bergmasseklassefordeling langs tunnel for alternativ 2B (pel 655-1335).

Q-verdi	< 0,01	0,01-0,1	0,1-0,2	0,2-1	1-4	4-10	> 10
Bergmasse-klasse	G	F	E2	E1	D	C	A/B
	Eksepsjonelt dårlig	Ekstremt dårlig	Svært dårlig	Svært dårlig	Dårlig	Middels	God til ekstremt god
Lengder i bergmasseklasse A-G							
Antatt fordeling [%]	0 %	0 %	28 %	5 %	20 %	20 %	27 %
Antatt fordeling [m]	0	0	190,4	34	136	136	183,6

4.6.5 Bergsikring

Et sikringsestimert for tunnelen og de to påhuggsflatene er gjort basert på antatt bergmassefordeling i tunnelen. Resultatet er vist i tabell 4-9. Estimert er gjort etter beskrivelsen i N500, som er presentert i tabell 4-1. Det forventes at det vil bli behov for rundt 5500 bolter i tunnelen, og totalt 2800 m³ sprøytebetong, hvorav 1000 m³ består av E700 og 1800 m³ av E1000. Videre er det estimert behov for omtrent 2050 forbolter for sikring av påhuggsflatene og i tunnelen, samt 96 armerte sprøytebetongbuer.

Tabell 4-9. Estimert sikringsomfang for tunnel og påhugg ved alternativ 2.N (pel 655-1335).

Sikringsmetode	Totalt overslag
Bolter	5500 stk
Sprøytebetong B35 E700	1000 m ³
Sprøytebetong B35 E1000	1800 m ³
Total sprøytebetong	2800 m ³
Forbolter	2050 stk
Armerte sprøytebetongbuer	96 stk

4.7 Borbarhet og sprengbarhet

Det er ikke utført undersøkelser av borbarhets- og sprengbarhetsegenskapene til bergmassen i forbindelse med planarbeidet. Generelt har granodioritt middels borbarhet og god sprengbarhet. Det er ikke nødvendigvis representativt for den generelle borbarheten og sprengbarheten til bergmassen i prosjektområdet, men er presentert her som veiledende informasjon.

Det må forventes bore- og ladevansker ved kryssing av svakhetssoner. Det må også forventes at det vil være behov for korte/oppdelte salver i spesielt dårlig berg og vanskelige områder, f.eks. i påhuggsområder og ved kryssing av svakhetssoner. Det er viktig å merke seg til at det vil forekomme lokale variasjoner for de ulike bergartstypene rapportert her.

4.8 Bergspenningsforhold

Det er ikke utført bergspenningsmålinger i området. Det er ikke forventet høye spenninger som kan medføre utfordringer.

4.9 Anvendelse av sprengsteinsmassene

Tunnelene går gjennom granodioritt av forskjellig kvalitet. For å bestemme egnetheten for bruk til vegformål, anbefales det prøvetaking og laboratorietesting av de to ulike kvalitetene. Dette må planlegges i neste fase for å fastslå om de er egnet til bruk som materiale i vegoppbygging.

5. INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER – TOLKNINGSDEL BERGSKJÆRINGER

5.1 Generelt

I dette kapitlet er det omtalt forskjæringer med ferdig høyde over veg > 10 m. Oversikt over høye forskjæringer i planområdet er gitt i kapittel 1.4. Det henvises til vedlagte C-tegninger for mer detaljert plassering av disse. Her omtales ikke skjæringer under 10 meter.

Det stilles spesielle krav til undersøkelser av bergskjæringer som er over 10 meter høye [2]. Sprengningsmetode, salvestørrelser, pallhøyder, sikringsmetode og -omfang planlegges og prosjekteres ut fra forventede geologiske utfordringer på stedet. Den endelige beslutningen må tas underveis i byggefasen basert på kontinuerlig geologisk kartlegging og vurdering av stabilitetsforholdene.

Ifølge N200 [2] bør bergskjæringer utformes som nær vertikalt (10:1 eller brattere). Helning og utforming skal tilpasses forhold som geologi, grunnvann og landskap. Se figur 3-5 og figur 3-6 for stereoplott av sprekkesett. Etter dagens krav i N200 [2] skal fanggrøfter, der bergskjæringer er i over 10 meter, ha minimum bredde på ca. 4 meter. Det anbefales å følge disse kravene.

For å hindre nedfall på veg forventes det at skjæringene må sikres med bergbolter, og at det stedvis vil være behov for steinsprangnett. Det antas behov for steinsprangnett i 30% av skjæringene > 10 m høyde, og 1 bolt/12m². Videre i dette kapitlet vil arealet av skjæringene over 10 m høyde bli presentert.

Sprengningsresultat vil påvirke skjæringsstabiliteten og påfølgende sikringsbehov. Det er derfor viktig at sprengningen blir utført så skånsomt som mulig inn mot skjæringskontur.

5.2 Alternativ 2A, kort tunnel

Det er 8 skjæringer over 10 meter i alternativ 2A, disse er forskjæringene til tunnelen, påhuggsflatene og to vegskjæringer. I terrenget over skjæringene er det antatt tynt vegetasjonsdekke og tynt løsmassedekke.

Grovt anslått har alternativ 2A totalt 4540 m² bergskjæring med > 10 m høyde. Dette er inkludert påhuggsflatene.

5.2.1 Søndre påhugg

Skjæringene er orientert N70°Ø. Det er tre hovedsprekkesett i området. Sprekkesett 1 har orientering 290/63, sprekkesett 2 har orientering 235/20 og sprekkesett 3 har orientering 20/90.

Forskjæringene på begge sider er noenlunde like, de er 35 meter lange, profil 710 til 745, og har en høyde opp til 18 m. Høyden øker jevnt fra 10 m opp til 18 m nærmest påhugget.

I forskjæring på venstre side vil sprekkesett 1 og 2 falle inn mot skjæringen. Sprekkesett 1 og 3 står tilnærmet 90° på hverandre og kan føre til ustabile blokker i skjæringen.

I forskjæringen på høyre side vil sprekkesett 1 og 2 falle ut mot vegen. Dette sammen med sprekkesett 3 som står tilnærmet vertikalt vil føre til ustabile blokker i skjæringen.

Påhuggsflaten er orientert N160°Ø. Sprekkesett 1 vil falle inn i skjæringen med en vinkel på ca. 45°, sprekkesett 2 vil falle ut mot vegen med en vinkel på ca. 15°, sprekkesett 3 står tilnærmet 45° på skjæringen. Disse tre sprekkesettene kan føre til utglidninger av blokker langs sprekkesett 1.

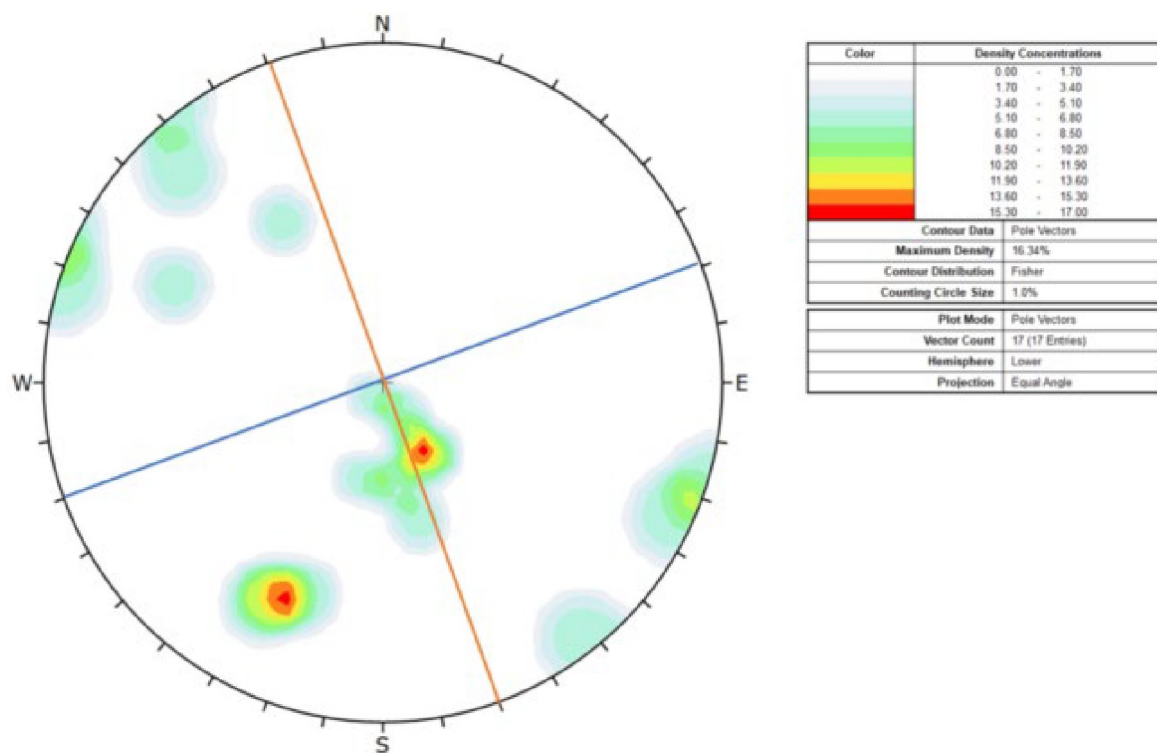
5.2.2 Nordre påhugg

Forskjæringen på venstre side har en lengde på 105 m, fra profil 855 til 960, og har en høyde på opptil 18 m. Høyden avtar jevnt fra 18 til 10 m.

Forskjæringen på høyre side har en lengde på 65 m, fra profil 855 til 920, og har en høyde på opptil 21 m. Høyden avtar jevnt fra 21 til 11 m.

Skjæringene er orientert tilnærmet likt som forskjæringene i søndre påhugg og har derfor tilsvarende utfordringer.

Påhuggsflaten er orientert N160°Ø. Sprekkesett 1 vil falle ut mot vegen med en vinkel på ca. 45°, sprekkesett 2 vil falle inn mot skjæringen med en vinkel på ca. 15°. Sprekkesett 3 står tilnærmet 45° på skjæringen. Sprekkesett 1 og 3 står tilnærmet 90° på hverandre og kan føre til ustabile blokker i skjæringen.



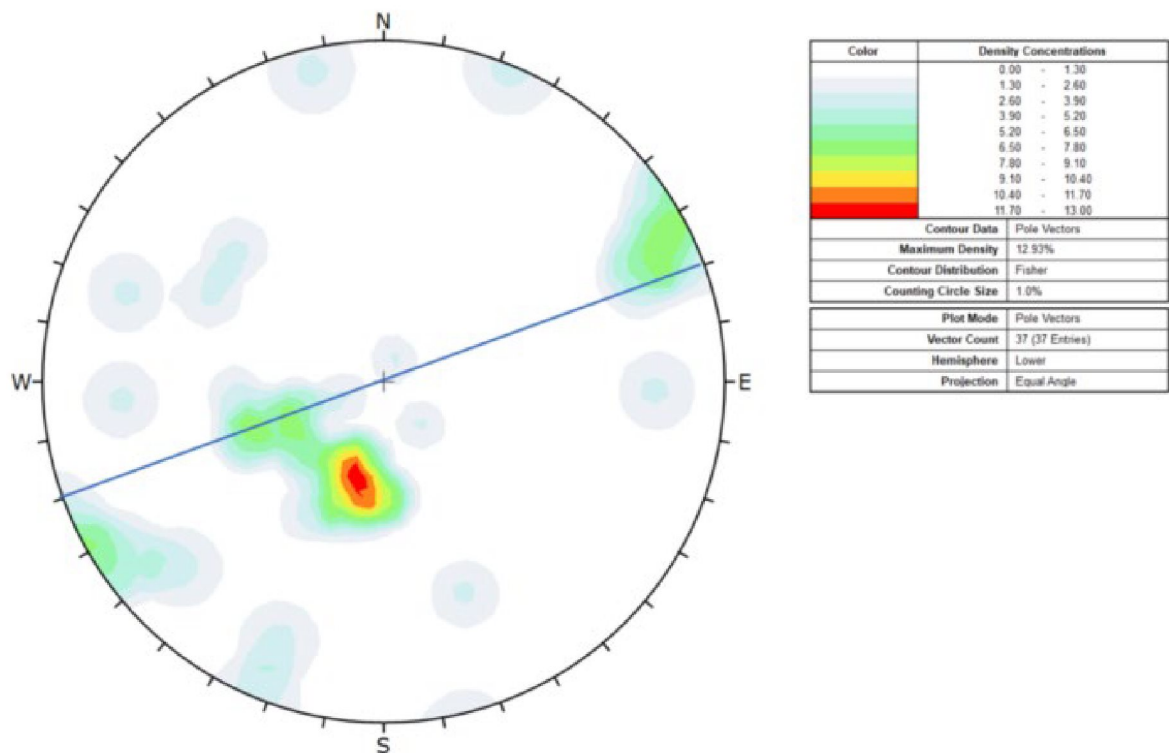
Figur 5-1: Stereoplott med kartlagte sprekker i området for påhuggene. Veglinjen i blå, påhuggene i oransje.

5.2.3 Vegskjæringer

Skjæringene er orientert med en retning N70°Ø. Det er to hovedsprekkesett i området. Sprekkesett 1 har orientering 150/90 og sprekkesett 2 har orientering 290/30.

1230-1240: På høyre side av vegen er det en vegskjæring som er 10 m lang med en høyde opptil 10 m. Sprekkesett 1 har helning som står 50° på skjæringen ut mot vegen. Sprekkesett 2 står nesten vinkelrett på skjæringen. Disse sprekkesettene sammen kan føre til kileutglidninger på skjæringen.

1300-1315: På høyre side av vegen er det en vegskjæring som er 15 m lang med en høyde på opptil 10 m. Skjæringen er orientert tilnærmet likt som skjæring beskrevet over og har derfor tilsvarende utfordringer.



Figur 5-2: Stereoplott med kartlagte sprekker i området for vegskjæringene.

5.3 Alternativ 2B, lang tunnel

Det er 9 skjæringer over 10 meter i alternativ 2B, disse er forskjæringene til tunnelen, påhuggsflatene og en vegskjæring. I terrenget over skjæringene er det antatt tynt vegetasjonsdekke og tynt løsmassedekke. Grovt anslått har alternativ 2B totalt 9400 m² bergskjæring med > 10 m høyde. Dette er inkludert påhuggsflatene.

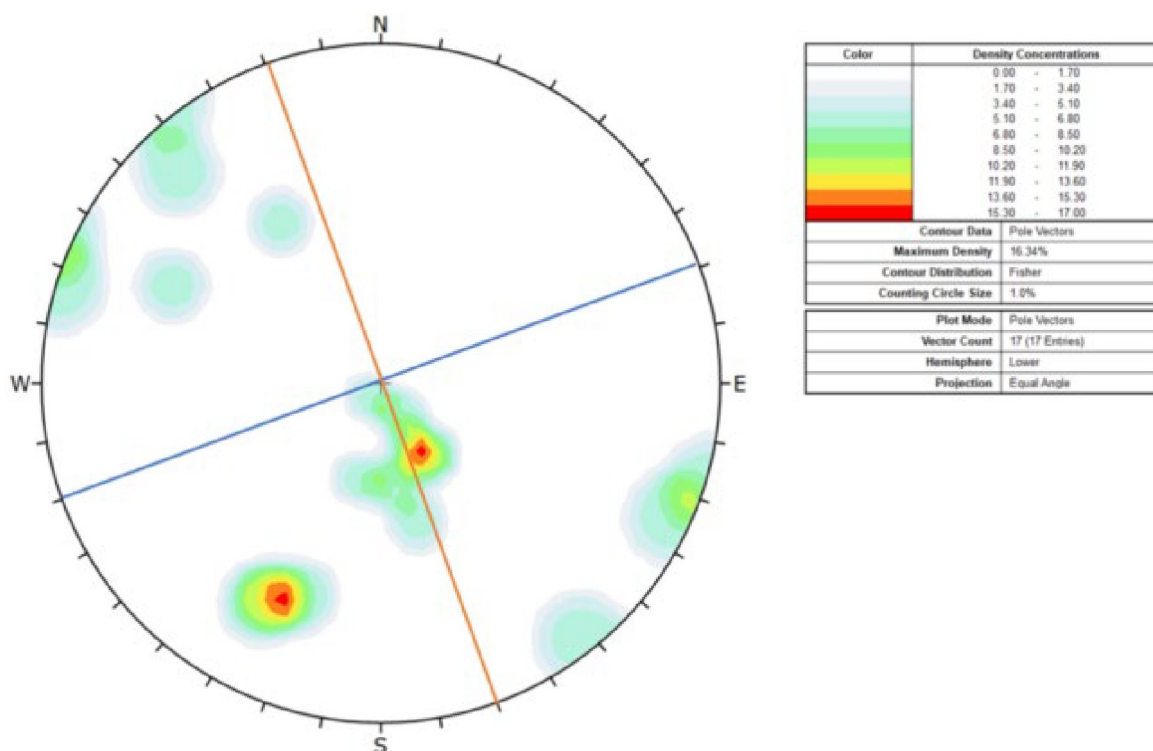
5.3.1 Søndre påhugg

Skjæringene er orientert med en retning N70°Ø. Det er tre hovedsprekkesett i området. Sprekkesett 1 har orientering 290/63, sprekksett 2 har orientering 235/20 og sprekksett 3 har orientering 20/90.

Forskjæringen på venstre side har en samlet lengde på 140 m, fra profil 535 til 675, og har en høyde på opptil 18 m. I profil 615 til 640 er høyden på skjæringen under 10 m, det er derfor lagt inn to forskjæringer i figur 1-3. Sprekkesett 1 og 2 vil falle inn mot skjæringen. Sprekkesett 1 og 3 står tilnærmet 90° på hverandre og kan føre til ustabile blokker i skjæringen.

Forskjæringen på høyre side har en samlet lengde på 130 m, fra profil 545 til 675, og har en høyde på opptil 17 m. I profil 585 til 610 er høyden på skjæringen under 10 m, det er derfor lagt inn to forskjæringer i figur 1-3. Sprekkesett 1 og 2 vil falle ut mot vegen. Dette sammen med sprekksett 3 som står tilnærmet vertikalt vil føre til ustabile blokker i skjæringen.

Påhuggsflaten er orientert N160°Ø. Sprekkesett 1 vil falle inn i skjæringen med en vinkel på ca. 45°, sprekksett 2 vil falle ut mot vegen med en vinkel på ca. 15°, sprekksett 3 står tilnærmet 45° på skjæringen. Disse tre sprekksettene kan føre til utglidninger av blokker langs sprekksett 1.



Figur 5-3: Stereoplott med kartlagte sprekker i området for søndre påhugg. Veglinjen i blå, påhugg i oransje.

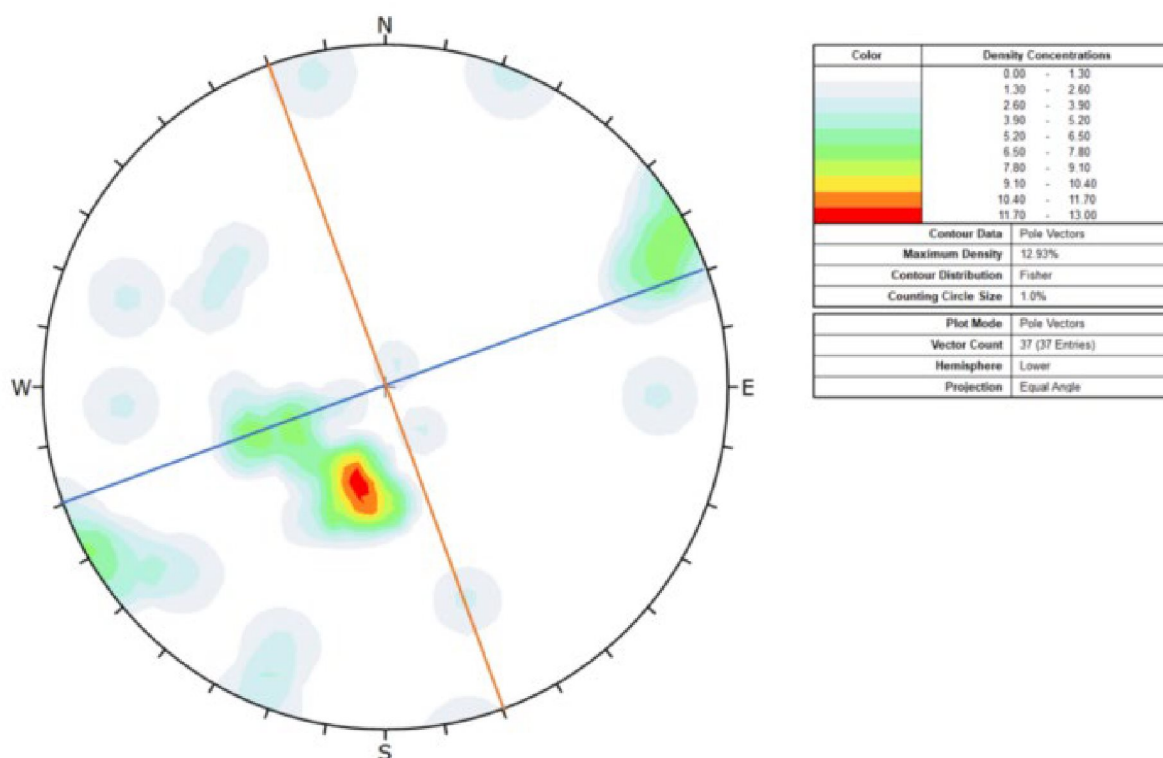
5.3.2 Nordre påhugg

Skjæringene er orientert med en retning N70°Ø. Det er to hovedsprekkesett i området. Sprekkesett 1 har orientering 150/90 og sprekkesett 2 har orientering 290/30.

Forskjæringen på venstre side har en lengde på 175 m, fra profil 1375 til 1550, og har en høyde på opptil 18 m. Høyden avtar jevnt fra 18 til 10 m. Sprekkesettene i området er gunstig orientert i forhold til skjæringen, det kan allikevel være sprekker som kan føre til stabilitetsproblemer i skjæringen.

Forskjæringen på høyre side har en lengde på 185 m, fra profil 1375 til 1560, og har en høyde på opptil 18 m. Høyden avtar jevnt fra 18 til 10 m. Sprekkesett 1 har helning som står 50° på skjæringen ut mot vegen. Sprekkesett 2 står nesten vinkelrett på skjæringen. Disse sprekkesettene sammen kan føre til kileutglidninger på skjæringen.

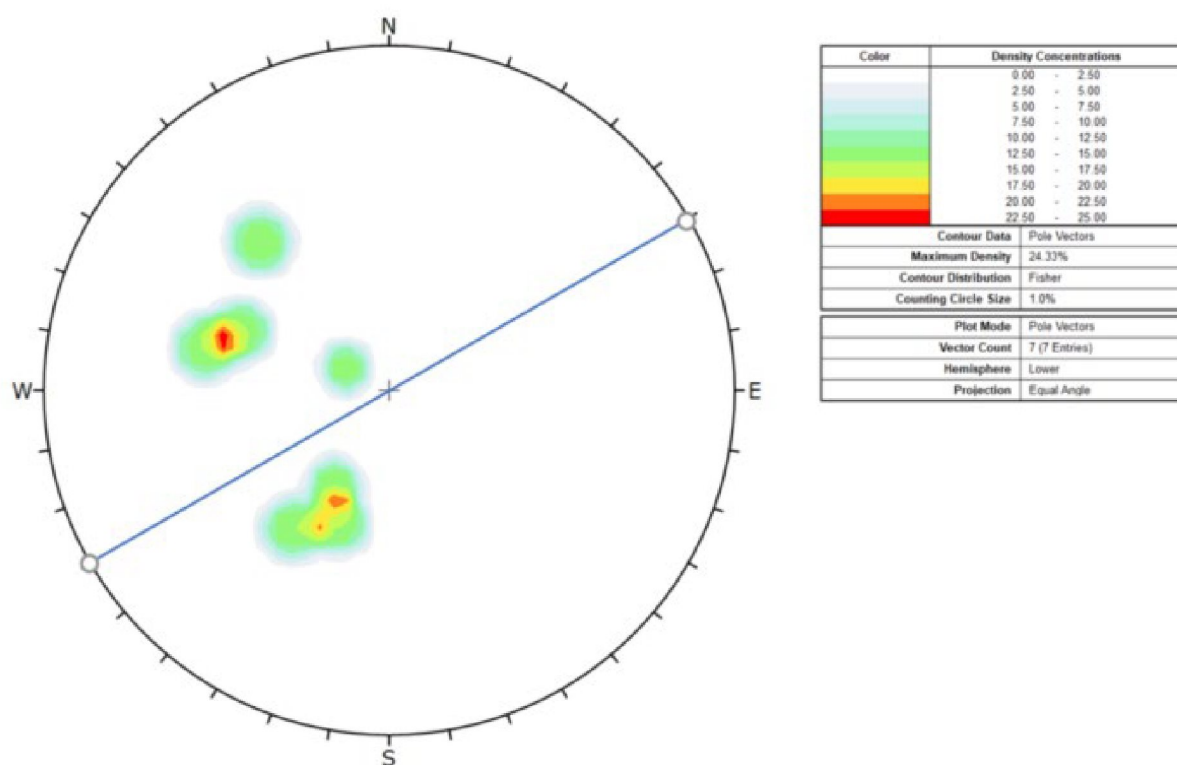
Påhuggsflaten er orientert N160°Ø. Sprekkesett 1 er orientert noenlunde parallelt med påhuggsflaten, sprekkesett 2 er orientert med en vinkel på 50° til skjæringen og med en helning ut mot vegen. Disse to sprekkesettene kan føre til toppling og blokkutfall.



Figur 5-4: Stereoplott med kartlagte sprekker i området for nordre påhugg. Veglinjen i blå, påhugg i oransje.

5.3.3 Vegskjæring

Skjæringen er på venstre side av vegen og er 45 m lang, profil 430 til 475, med en høyde på opptil 13 m. Skjæringen er orientert N60°Ø. Det er to hovedsprekkesett i området. Sprekkesett 1 har orientering 300/40 og sprekkesett 2 har orientering 30/50. Sprekkesett 1 har en helning ut mot vegen, sprekkesett 2 har en helning inn i skjæringen. Disse sprekkesettene sammen kan føre til kileutglidninger på skjæringen.



Figur 5-5: Stereoplott med kartlagte sprekker i området for vegskjæringen. Veglinjen i blå.

5.4 Alternativ 3A, to korte tunneler med miljøkulvert

Det er 12 skjæringer over 10 meter i alternativ 3A, disse er forskjæringene til tunnelene og påhuggsflatene. I terrenget over skjæringene er det antatt tynt vegetasjonsdekke og tynt løsmassedecke.

Grovt anslått har alternativ 3A totalt 8800 m² bergskjæring med > 10 m høyde. Dette er inkludert påhuggsflatene.

5.4.1 Vestlig tunnel

Søndre påhugg tunnel:

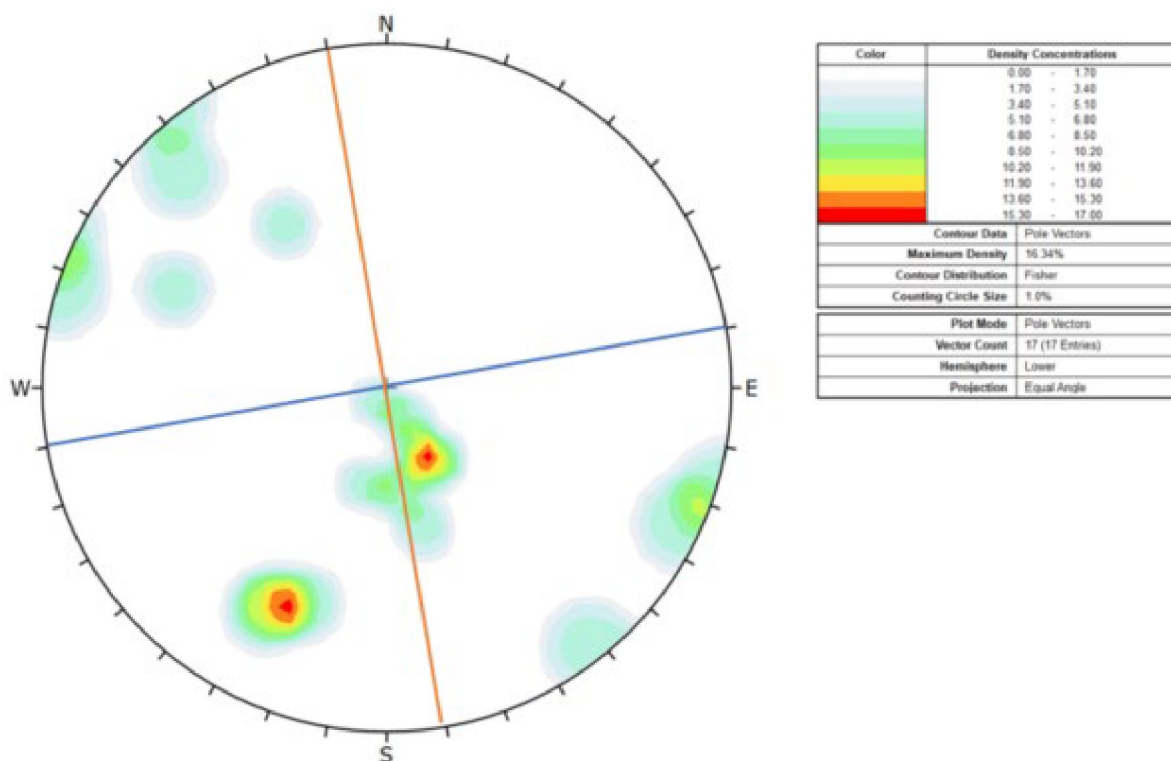
Skjæringene er orientert med en retning N80°Ø. Det er tre hovedsprekkesett i området.

Sprekkesett 1 har orientering 290/63, sprekksett 2 har orientering 235/20 og sprekksett 3 har orientering 20/90.

Forskjæringen på venstre side har en lengde på 70 m, fra profil 595 til 665, og har en høyde på opptil 27 m. Sprekkesett 1 og 2 vil falle inn mot skjæringen. Sprekkesett 1 og 3 står tilnærmet 90° på hverandre og kan føre til ustabile blokker i skjæringen.

Forskjæringen på høyre side har en lengde på 75 m, fra profil 590 til 665, og har en høyde på opptil 20 m. Sprekkesett 1 og 2 vil falle ut mot vegen. Dette sammen med sprekksett 3 som står tilnærmet vertikalt vil føre til ustabile blokker i skjæringen.

Påhuggsflaten er orientert N170°Ø. Sprekkesett 1 vil falle inn i skjæringen med en vinkel på ca. 45°, sprekksett 2 vil falle ut mot vegen med en vinkel på ca. 15°, sprekksett 3 står tilnærmet 45° på skjæringen. Disse tre sprekksettene kan føre til utglidninger av blokker langs sprekksett 1.



Figur 5-6: Stereoplott med kartlagte sprekker i området for søndre påhugg vestlig tunnel. Veglinjen i blå, påhugg i oransje.

Nordre påhugg tunnel:

Skjæringene er orientert med en retning N70°Ø. Det er to hovedsprekkesett i området.

Sprekkesett 1 har orientering 310/40 og sprekkesett 2 har orientering 200/70.

Forskjæringen på venstre side har en lengde på 143 m, fra profil 895 til 1038, og har en høyde på opptil 32 m. Forskjæringen går fra dette påhugget til søndre påhugg for østlig tunnel. Første halvdel synker jevnt fra 21 til 9 m. Andre halvdel øker jevnt fra 9 til 32 m. Sprekkesettene i området er gunstig orientert i forhold til skjæringen, begge har helning inn i skjæringen, det kan allikevel være sprekker som kan føre til stabilitetsproblemer i skjæringen.

Forskjæringen på høyre side har en lengde på 143 m, fra profil 895 til 1038, og har en høyde på opptil 19 m. Første halvdel ligger på rundt 15 m. Andre halvdel holder seg på rundt 11 m. Sprekkesett 1 har helning som står 30° på skjæringen ut mot vegen. Sprekkesett 2 har helning som står 40° på skjæringen. Sprekkesettene står tilnærmet normalt på hverandre og kan føre til kileutglidninger på skjæringen.

Påhuggsflaten er orientert N160°Ø. Sprekkesett 1 er orientert med fall ut mot veien, sprekkesett 2 er orientert med en vinkel på 40° til skjæringen og med en helning inn i skjæringen. Sprekkesettene står tilnærmet normalt på hverandre og kan føre til kileutglidninger på skjæringen.

5.4.2 Østlig tunnel

Søndre påhugg tunnel:

Skjæringene er orientert med en retning N70°Ø. Det er to hovedsprekkesett i området. Sprekkesett 1 har orientering 310/40 og sprekksett 2 har orientering 200/70.

Det er samme forskjæringer på dette påhugget som nordre påhugg for vestlig tunnel.

Påhuggsflaten er orientert N160°Ø ved profil 1038. Sprekkesett 1 er orientert med fall inn i skjæringen, sprekksett 2 er orientert med en vinkel på 40° til skjæringen og med en helning ut mot vegen. Sprekkesettene står tilnærmet normalt på hverandre og kan føre til kileutglidninger på skjæringen.

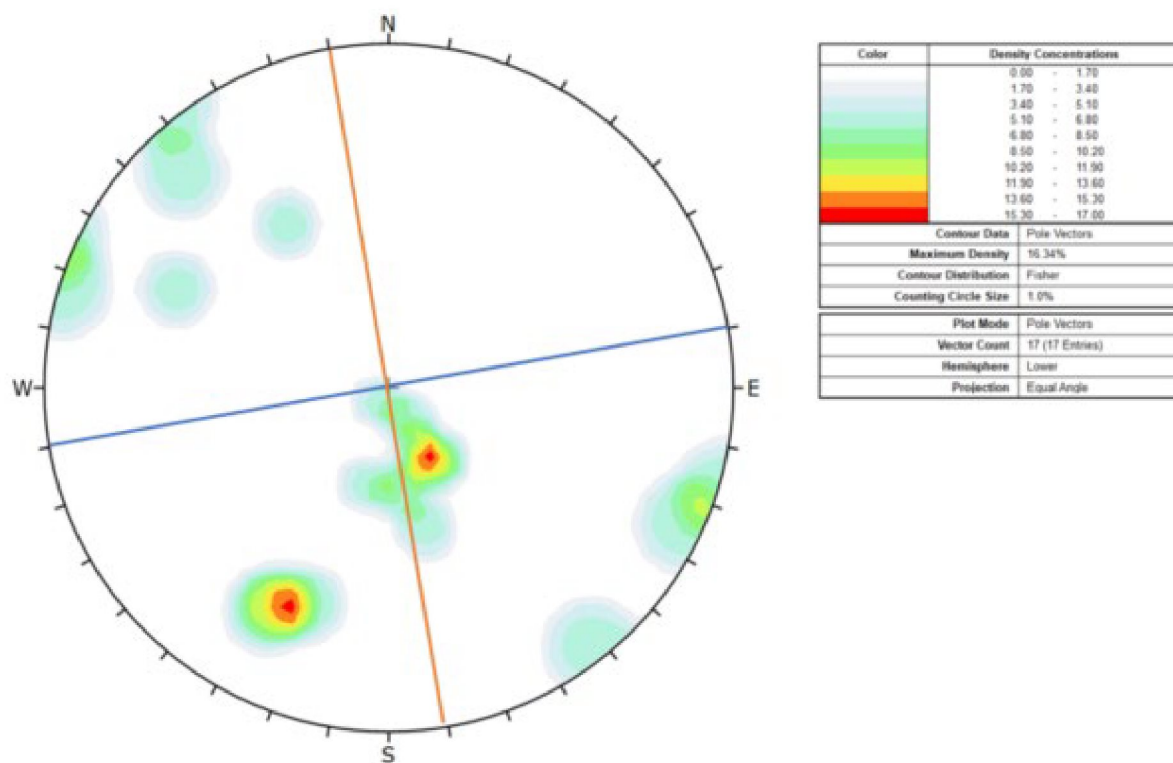
Nordre påhugg tunnel:

Skjæringene er orientert med en retning 70°ØNØ. Det er to hovedsprekkesett i området. Sprekkesett 1 har orientering 310/40 og sprekksett 2 har orientering 200/70.

Forskjæringen på venstre side har en lengde på 26 m, fra profil 1124 til 1150, og har en høyde på opptil 21 m. Sprekkesettene i området er gunstig orientert i forhold til skjæringen, begge har helning inn i skjæringen, det kan allikevel være sprekker som kan føre til stabilitetsproblemer i skjæringen.

Forskjæringen på høyre side har en lengde på 26 m, fra profil 1124 til 1150, og har en høyde på opptil 20 m. Sprekkesett 1 har helning som står 30° på skjæringen ut mot vegen. Sprekkesett 2 har helning som står 40° på skjæringen. Sprekkesettene står tilnærmet normalt på hverandre og kan føre til kileutglidninger på skjæringen.

Påhuggsflaten er orientert 160°SSØ. Sprekkesett 1 er orientert med fall ut mot veien, sprekksett 2 er orientert med en vinkel på 40° til skjæringen og med en helning inn i skjæringen. Sprekkesettene står tilnærmet normalt på hverandre og kan føre til kileutglidninger på skjæringen.



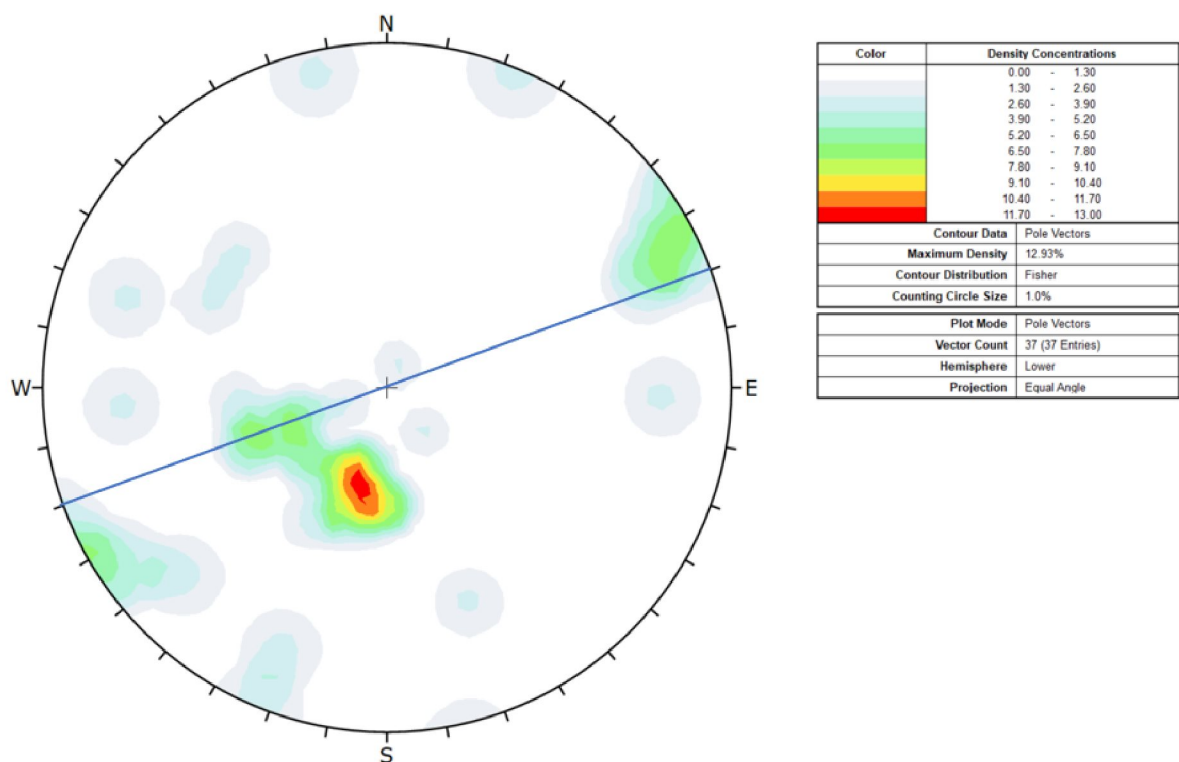
Figur 5-7: Stereoplott med kartlagte sprekker i området for påhuggene. Veglinjen i blå, påhugg i oransje.

5.4.3 Vegskjæringer

Skjæringene er orientert med en retning N70°Ø. Det er to hovedsprekkesett i området. Sprekkesett 1 har orientering 150/90 og sprekksett 2 har orientering 290/30.

1205-1325: På høyre side av vegen er det en vegskjæring som er 120 m lang med en høyde opptil 21 m. Sprekkesett 1 har helning som står 50° på skjæringen ut mot vegen. Sprekkesett 2 står nesten vinkelrett på skjæringen. Disse sprekkesettene sammen kan føre til kileutglidninger på skjæringen.

1210-1325: På venstre side av vegen er det en vegskjæring som er 115 m lang med en høyde på opptil 17 m. Sprekkesettene i området er gunstig orientert i forhold til skjæringen, det kan allikevel være sprekker som kan føre til stabilitetsproblemer i skjæringen.



Figur 5-8: Stereoplott med kartlagte sprekker i området for vegskjæringene i alternativ 3A. Veglinjen i blå.

5.5 Alternativ 3B, lang tunnel

Det er 8 skjæringer over 10 meter i alternativ 3A, disse er forskjæringene til tunnelene, påhuggsflatene og 2 vegskjæringer. I terrenget over skjæringene er det antatt tynt vegetasjonsdekke og tynt løsmassedekke.

Grovt anslått har alternativ 3B totalt 5250 m² bergskjæring med > 10 m høyde. Dette er inkludert påhuggsflatene.

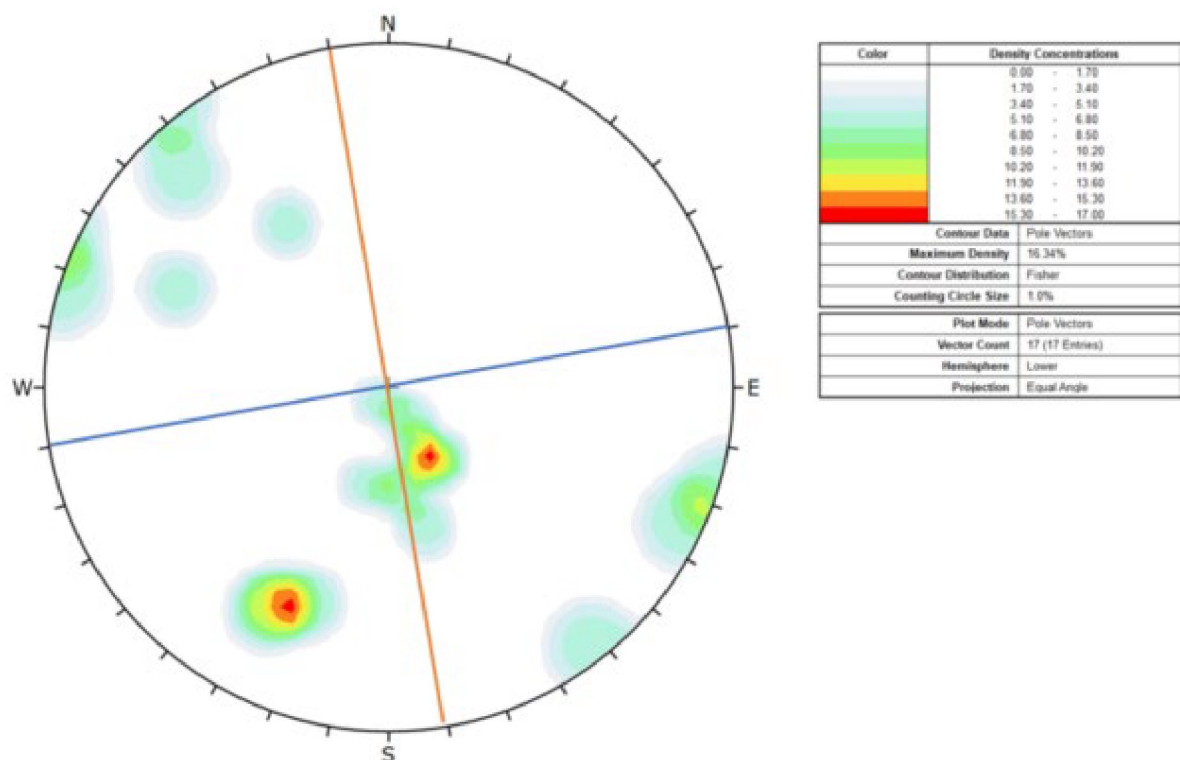
5.5.1 Søndre påhugg

Skjæringene er orientert med en retning N80°Ø. Det er tre hovedsprekkesett i området. Sprekkesett 1 har orientering 290/63, sprekksett 2 har orientering 235/20 og sprekksett 3 har orientering 20/90.

Forskjæringen på venstre side har en lengde på 75 m, fra profil 580 til 655, og har en høyde på opptil 19 m. Sprekkesett 1 og 2 vil falle inn mot skjæringen. Sprekkesett 1 og 3 står tilnærmet 90° på hverandre og kan føre til ustabile blokker i skjæringen.

Forskjæringen på høyre side har en lengde på 70 m, fra profil 585 til 655, og har en høyde på opptil 19 m. Sprekkesett 1 og 2 vil falle ut mot vegen. Dette sammen med sprekksett 3 som står tilnærmet vertikalt vil føre til ustabile blokker i skjæringen.

Påhuggsflaten er orientert N170°Ø. Sprekkesett 1 vil falle inn i skjæringen med en vinkel på ca 45°, sprekksett 2 vil falle ut mot vegen med en vinkel på ca. 15°, sprekksett 3 står tilnærmet 45° på skjæringen. Disse tre sprekksettene kan føre til utglidninger av blokker langs sprekksett 1.



Figur 5-9: Stereoplott med kartlagte sprekker i området for søndre påhugg. Veglinjen i blå, påhugg i oransje.

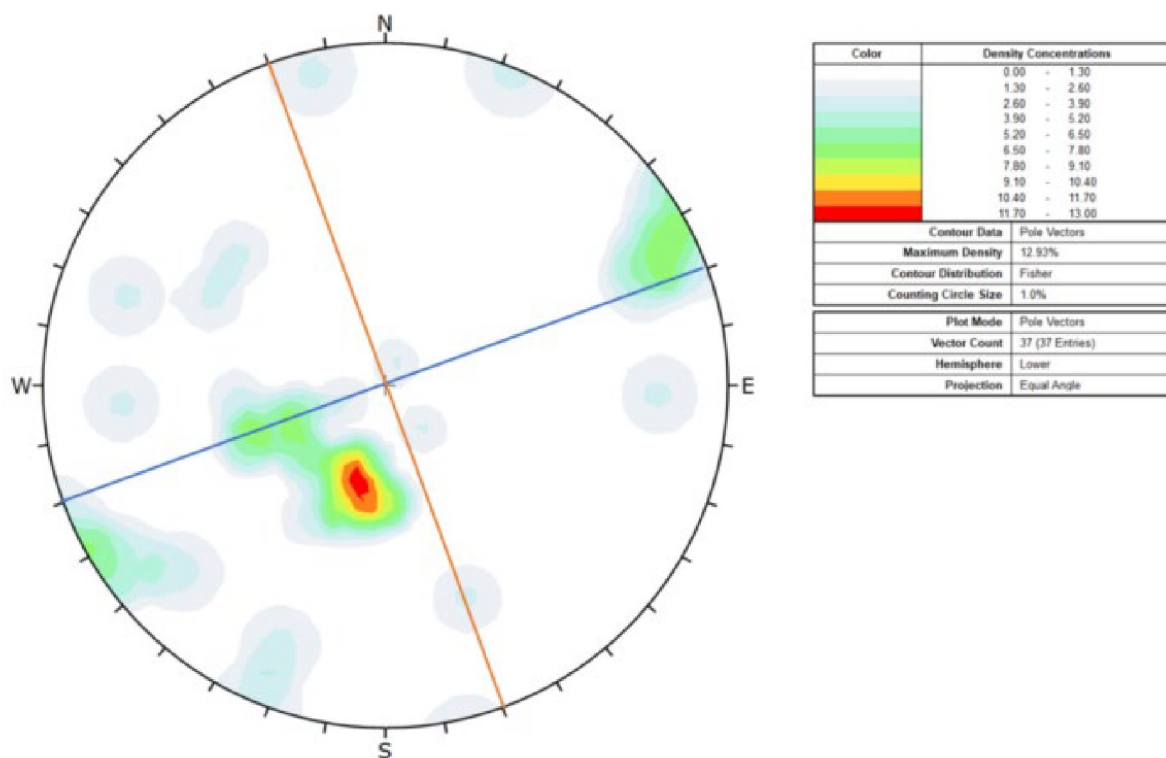
5.5.2 Nordre påhugg

Skjæringene er orientert med en retning N70°Ø. Det er to hovedsprekkesett i området. Sprekkesett 1 har orientering 150/90 og sprekkesett 2 har orientering 290/30.

Forskjæringen på venstre side har en lengde på 50 m, fra profil 1335 til 1385, og har en høyde på opptil 17 m. Sprekkesettene i området er gunstig orientert i forhold til skjæringen, det kan allikevel være sprekker som kan føre til stabilitetsproblemer i skjæringen.

Forskjæringen på høyre side har en lengde på 95 m, fra profil 1335 til 1430, og har en høyde på opptil 17 m. Sprekkesett 1 har helning som står 50° på skjæringen ut mot vegen. Sprekkesett 2 står nesten vinkelrett på skjæringen. Disse sprekkesettene sammen kan føre til kileutglidninger på skjæringen.

Påhuggsflaten er orientert N160°Ø. Sprekkesett 1 er orientert noenlunde parallelt med påhuggsflaten, sprekkesett 2 er orientert med en vinkel på 50° til skjæringen og med en helning ut mot vegen. Disse to sprekkesettene kan føre til toppling og blokkutfall.



Figur 5-10: Stereoplott med kartlagte sprekker i området for nordre påhugg. Veglinjen i blå, påhugg i oransje.

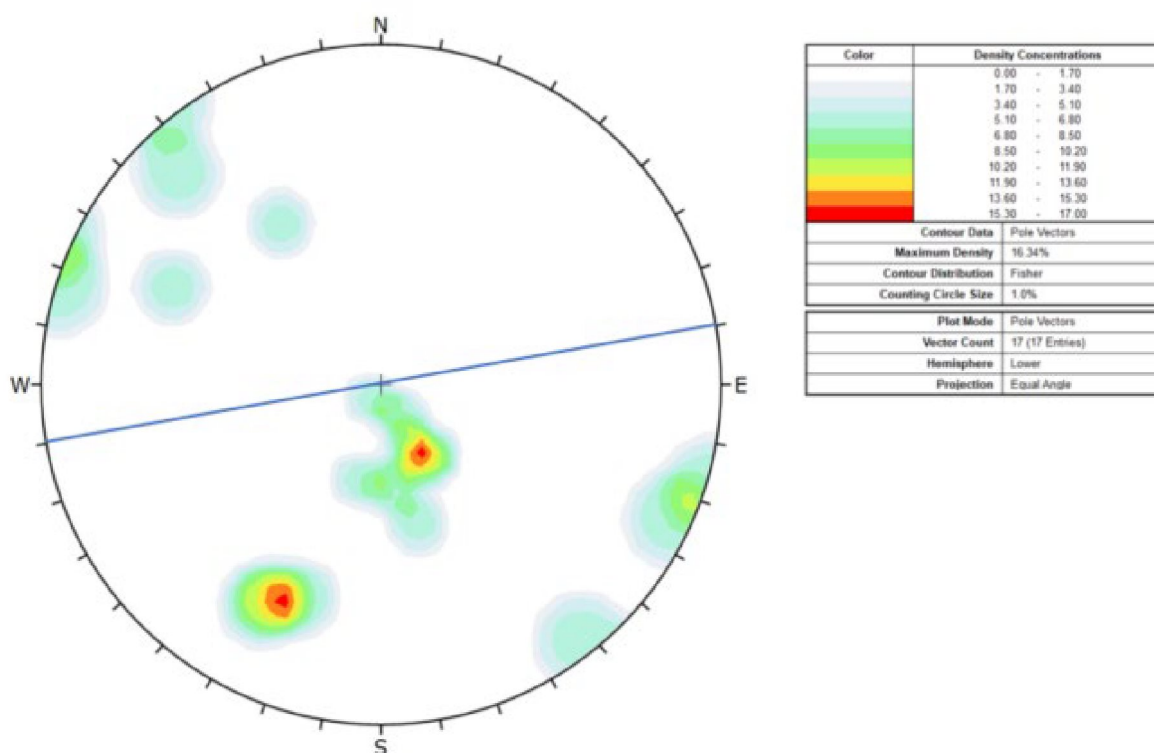
5.5.3 Vegskjæringer

Skjæringene er orientert med en retning N80°Ø. Det er tre hovedsprekkesett i området.

Sprekkesett 1 har orientering 290/63, sprekkesett 2 har orientering 235/20 og sprekkesett 3 har orientering 20/90.

515-525: På høyre side av vegen er det en vegskjæring som er 10 m lang med en høyde opptil 11 m. Sprekkesett 1 og 2 vil falle ut mot vegen. Dette sammen med sprekksett 3 som står tilnærmet vertikalt vil føre til ustabile blokker i skjæringen.

520-535: På venstre side av vegen er det en vegskjæring som er 15 m lang med en høyde på opptil 12 m. Sprekkesett 1 og 2 vil falle inn mot skjæringen. Sprekkesett 1 og 3 står tilnærmet 90° på hverandre og kan føre til ustabile blokker i skjæringen.



Figur 5-11: Stereoplott med kartlagte sprekker i området for vegskjæringer. Veglinjen i blå.

5.6 Alternativ 4, miljøkulvert

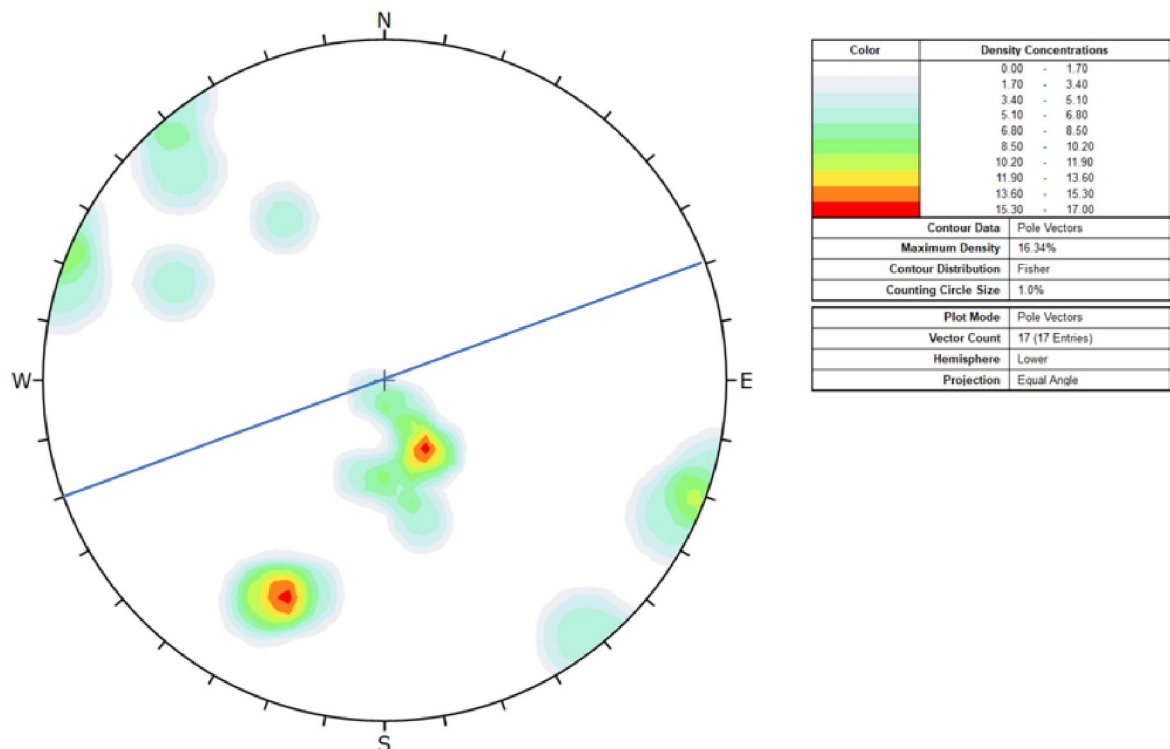
Det er 2 skjæringer over 10 meter i alternativ 4, disse skjæringene ligger i området hvor det skal etableres miljøkulvert. Skjæringene vil da bli dekket av løsmasser. Det er sannsynlig at permanent sikring ikke er nødvendig, men arbeidssikring må utføres. I terrenget over skjæringene er det antatt tynt vegetasjonsdekke og tynt løsmassedecke.

Grovt anslått har alternativ 4 totalt 1900 m² bergskjæring med > 10 m høyde.

Skjæringene er orientert N70°Ø. Det er tre hovedsprekkesett i området. Sprekkesett 1 har orientering 290/63, sprekksett 2 har orientering 235/20 og sprekksett 3 har orientering 20/90.

770-835: På venstre side av vegen er det en vegskjæring som er 65 m lang med en høyde opptil 11 m. Sprekkesett 1 og 2 falle inn mot skjæringen. Sprekkesett 1 og 3 står tilnærmet 90° på hverandre og kan føre til ustabile blokker i skjæringen.

765-870: På høyre side av vegen er det en vegskjæring som er 105 m lang med en høyde på opptil 13 m. Sprekkesett 1 og 2 falle ut mot vegen. Dette sammen med sprekksett 3 som står tilnærmet vertikalt vil føre til ustabile blokker i skjæringen.



Figur 5-12: Stereoplott med kartlagte sprekker i området for vegskjæringer i alternativ 4. Veglinjen i blå.

6. HYDROGEOLOGI OG VANNKONTROLL

6.1 Vannforhold i berggrunnen og tunnel

Tunneldriving påvirker omgivelsene og kan føre til senkning av grunnvannsnivået over tunnelen. Tunnelene skal drives i utmark og ikke i bebyggt område, det vil derfor ikke være fare for setningsskader på eksisterende bygg.

Tunneltraseene for alternativ 2B og 3B krysser myrområder. I disse områdene er det også svakhetssoner. Det er stor sannsynlighet for innlekkasje i disse områdene. Tunneltraseen i alternativ 2B har lavbrekk og ligger nært opp mot Heiavatnet. Svakhetsone 6 går fra Heiavatnet til tunneltraseen, en kan derfor ikke utelukke at det kan komme vann fra Heiavatnet og ned i tunnelen.

Det kan også forventes lekkasjer ved tunnelåpninger og i samband med sprekkesystemer og svakhetssoner. Problemer knyttet til grunnvann vil være vannlekkasjer som ulempe for tunneldrivingen og senere behov for vann- og frostsikring av tunnelen og grunnvannssenkning i myrområder som kan ha negativ innvirkning på naturmangfoldet.

6.2 Tetthetskrav til tunnel

Miljømessig er dette et sårbart område. Heiavatnet er et naturreservat, innlekkasje herfra bør etterstrebes å være så nær null som mulig. Innlekkasje fra myrene bør også settes til et minimumsnivå.

Krav til begrenning av innlekkasje i tunnelen er vurdert av hensyn til ytre miljø og vannressurser i området. Det vurderes at faren for setninger på bygg og annen infrastruktur ikke aktuell her. Det er foreslått en inndeling i områder med ulike tettekrav langs tunnelene. I vurderingen av tettekrav er det antatt summen av lekkasjer for ett tunnellopp. Tettekravene er delt inn i ulike lekkasjerater basert på rapporterte svakhetssoner og områdets antatte sårbarhet (vann og myrområder) der det er nye tunnellopp.

For myrområdene er kravet til maks innlekkasje satt til 5 l/min/100 m. For områder der kartlagte svakhetssoner krysser tunnellopene er kravet satt til 7 l/min/100 m. Kravet til maks innlekkasje for resten av tunnellopene utenfor myrområder og svakhetssoner er satt til 10 l/min/100 m.

For toløpstunneler skal disse verdiene ganges med to.

6.3 Sonderboring og injeksjon

Det forventes at det blir påtruffet noe vann i forbindelse med svakhetssoner og slepper, og når tunnelene krysser myrområdene. Sonderboring bør derfor utføres ved områder med fare for tunneldrivingen, samt i forkant av svakhetssoner og myrområder. Basert på tilgjengelig informasjon må det påregnes behov for injeksjon ved påtreff av de 15 svakhetssoner, samt myrområdene. Omfanget av sonderboring og injeksjon må vurderes i neste planfase.

6.4 Vann- og frostsikring

På grunn av bergarter med variert oppsprekningsgrad, kryssing ved myrområder og svakhetssoner må det forventes at det vil bli vannlekkasjer i form av drypp i deler av tunnelen.

Vann- og frostsikring må dimensjoneres på grunnlag av dimensjonerende frostmengder etter vegnormal N200 [2]. Omfanget av vann- og frostsikringen må endelig fastsettes etter at tunnelen er ferdig drevet.

Beregnet fra N200 vil dimensjonerende frostmengder for tunnelen være F10. F10 betyr at frostmengden overskrides 1 gang i en 10-års periode. For Karmøy kommune er F10 lik 1 000 h°C og årsmiddeltemperatur 7,6°C.

Basert på foreliggende opplysninger om bergarter, overdekning og svakhetssoner forventes behov for vann og frostsikring på hele tunnellengden. Hvilken type vann- og frostsikring som skal velges må bestemmes i senere planfase.

Behovet for vann- og frostsikring bør vurderes av vegteknologer.

7. ANBEFALINGER

7.1 Tunnel- og kulvertutforming

7.1.1 Alternativ 2A

Alternativ 2A har en tunnellengde på 110 m + portaler. N500 [3] definerer ikke tverrsnitt for tunneler kortere enn 500 m. I utgangspunktet vil man med en ÅDT > 12 000 bruke et tunneltverrsnitt på T12,5 med midtrekkverk, eller T10,5 med forsterket midtoppmerking. Hva som velges kan bli formål for en risikoanalyse selv om det ikke er et krav for så korte tunneler. Strengt tatt er ikke dette et fravik fra ÅDT > 12 000, det gjelder kun for tunneler som er over 500 m lange. Man bør tilstrebe samme standard i og utenfor tunnel for å få en gjennomgående lik standard i antall kjørefelt og vegbredde. Det anbefales derfor at Fylkeskommunen går i dialog med Vegdirektoratet rundt krav til veiklasse og tunnelklasse og muligheter for fravik.

Linjens vertikalkurvatur inn mot påhugg vil gi lange høye skjæringer (se figur 4-1), i tillegg til en stor bredde på skjæringen opp mot 30 m for ettløpstunnel og 40 m for toløpstunnel. Dette vil sammen med tunnelen generere mye masser, så massebalanse og behov for deponier blir viktig å se nærmere på i neste fase. Ellers vil det i forhold til tunnellengde ikke være krav til noe spesielt sikkerhetsutstyr, havarinisjer, nødstasjoner, nødutganger etc.

7.1.2 Alternativ 2B

Alternativ 2B har en tunnellengde på 700 m + portaler. I dette tilfellet ønsker man i utgangspunktet å ha to T9,5 tunneler. Dette vil løse behov for rømning. Med en fravikssøknad kan også T12,5 med midtrekkverk, eller T10,5 med forsterket midtoppmerking, kombinert med en ca. 200 m lang parallell nødutgang (T5,5) bli vurdert. Det anbefales derfor at fylkeskommunen går i dialog med Vegdirektoratet rundt denne problemstillingen. Dette må også ses i sammenheng med veiklasse. Dette kan bli formål for en risikoanalyse i neste planfase. Samme argument som for alternativ 2A gjelder da dette et fravik ved ÅDT > 12000, samtidig som man bør tilstrebe samme standard i og utenfor tunnel for å få en gjennomgående lik standard i antall kjørefelt og vegbredde.

Linjens vertikalkurvatur inn mot påhugg vil gi noe lavere, men lange skjæringer sammenlignet med 2A, se figur 4-2. Eventuell parallell rømningstunnel vil gi tilsvarende stor bredde på skjæringen (ca. 40 m) inn mot påhugg på den ene siden. Det vil også for dette alternativet generere mye masser, så massebalanse og behov for deponier blir viktig å se nærmere på i neste fase. Vegklasse H2 gir i utgangspunkt tunnelklasse D med tilhørende krav for sikkerhetsutstyr, havarinisjer for hver 250. m og nødstasjoner hver 250./125. m.

7.1.3 Alternativ 3A

Alternativ 3A med løsningen tunnel (230 m) + miljøtunnel (143 m) + tunnel (86 m) strekker seg over ca. 459 m + portaler. Med ÅDT > 12 000 bruke man et tunneltverrsnitt på T12,5 eller T10,5 med forsterket midtoppmerking. Dette kan bli formål for en risikoanalyse selv om det ikke er et krav for så korte tunneler. N500 [3] definerer ikke tverrsnitt for tunneler kortere enn 500 m.

Linjens vertikalkurvatur inn mot påhugg vil gi lange høye skjæringer – spesielt på høyresiden – og en stor bredde på skjæringen på opp mot 30 m for ettløpstunnel og 40 m ved toløpstunnel (figur 4-3). Dette vil sammen med tunnelen skape mye masser, så massebalanse og behov for deponier blir viktig å se nærmere på i neste fase. Byggetid, kostnader og kompleksitet vil også øke for

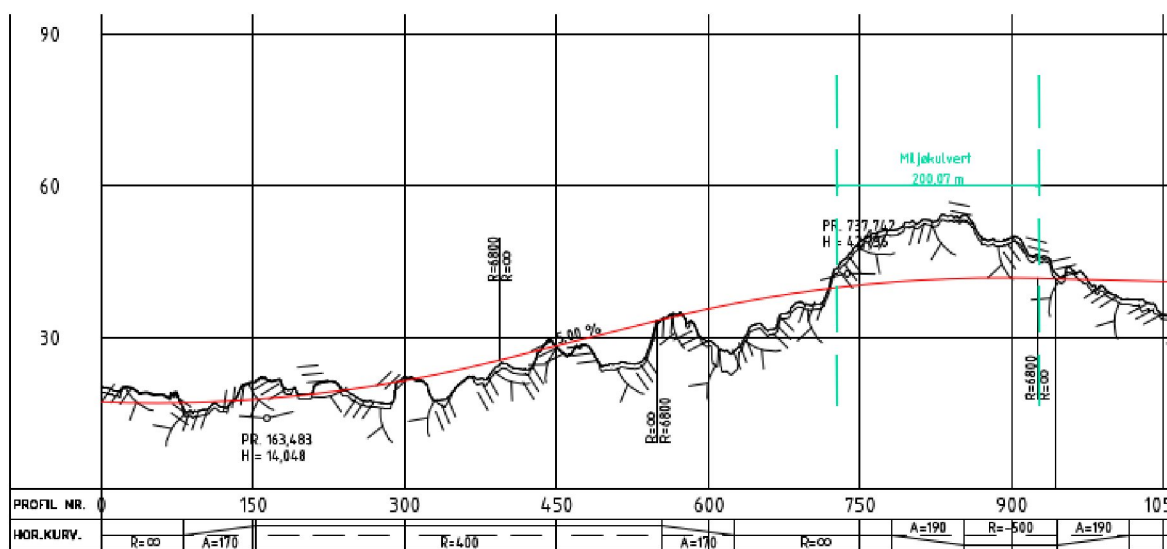
dette alternativet sammenlignet med et rent tunnelalternativ av tilsvarende lengde. Spesielt utfordrende vil være bygging av miljøkulvert gjennom myrområdet, med utgraving, reetablering av myr samt tettedetaljer. Ellers vil det i forhold til tunnellengde ikke være krav til noe spesielt sikkerhetsutstyr, havarinisjer, nødstasjoner etc.

7.1.4 Alternativ 3B

Alternativ 3B har en tunnel på ca. 680 m + portaler, og er sammenlignbar med alternativ 2B. Linjens vertikalkurvatur inn mot påhugg vil gi kortere og lavere skjæringer sammenlignet med alternativ 2B, se figur 4-4. Allikevel vil tunnelen generere mye masser, så massebalanse og behov for deponier blir viktig å se nærmere på i neste fase. Byggetid, kostnader og kompleksitet vil også øke for dette alternativet sammenlignet med et rent tunnelalternativ av tilsvarende lengde.

7.1.5 Alternativ 4

Alternativ 4 har en miljøtunnel på ca. 200 m. Kulverten utformes som en tradisjonell kulvert iht. krav i N400 [4]. Linjens vertikalkurvatur inn mot påhugg vil gi korte og lave skjæringer sammenlignet med øvrige alternativer, se figur 7-1. Allikevel vil skjæringen generere mye masser (ca. 200 m² per m kulvert ved 10x20m HxB skjæring, sammenlignet med ca. 95 m² per m tunnel for T12,5 tunneltverrsnitt) så massebalanse, og ev. behov for deponier blir viktig å se nærmere på i neste fase. Ellers vil det i forhold til tunnellengde ikke være krav til noe spesielt sikkerhetsutstyr, havarinisjer, nødstasjoner etc.



Figur 7-1. Utsnitt av lengdesnitt for alternativ 4. Rød linje viser kjørebanen.

7.2 Krav til begrensning av vibrasjoner og støt iht. NS8141

Prosjektet gjennomføres i utmark. Nærmeste bebyggelse er ca. 160 m fra sprengningsarbeidet. Ved bergsprengningsarbeider er det viktig at relevante forskrifter blir brukt. Bergsprengning er regulert av forskrift om håndtering av eksplosjonsfarlig stoff [23].

Det er ikke gjort vurderinger av hvilke begrensninger som må settes på vibrasjoner i forbindelse med sprengning i dette prosjektet. Beregning av krav til maksimalt tillatt vibrasjonsnivå gjøres etter NS8141 [8].

Sprengningsarbeidet skal planlegges slik at de beregnede grenseverdiene ikke overskrides. Det skal måles kontinuerlig under hele perioden hvor bygge- og anleggsaktiviteten som produserer vibrasjoner pågår [23].

7.3 Krav til håndtering av sprengsteinsmasser

Det er ikke avdekket forhold i denne planfasen som tilsier at det er nødvendig å stille krav til særskilt håndtering av sprengsteinsmassene for å unngå f.eks. sur avrenning, metallutlekking eller spredning av radongass. Sprengsteinsmassene vil imidlertid inneholde relativt små mengder plastrester i form av tennlunter og ledninger fra sprengningsarbeidet. Gjenbruk eller fylling/deponering anbefales derfor utført på land, der det ikke er fare for at plasten kan skylles ut i bekker eller sjø.

7.4 Ingeniørgeologisk kompetanse under byggefasen

Ingeniørgeologisk kartlegging skal utføres i henhold til N500 [3]. I praksis skal hver salve kartlegges før eventuell påføring av sprøytebetong. Personell som utfører geologisk kartlegging bør ha ingeniørgeologisk kompetanse, herunder:

- Kjennskap til de utførte grunnundersøkelsene.
- Kjennskap til innholdet i denne rapporten.
- Erfaring med kartlegging etter Q-metoden.
- Erfaring med å bestemme omfang og metoder for permanentsikring av tunneler.
- Kjennskap til innholdet i N500 Vegtunneler og Håndbok V521, Geologi og bergsikring i tunnel

Følgende må inngå i dokumenteringen av de geologiske forholdene:

- Skissering av geologiske forhold og geologiske data under drivingen.
- Foto av hver salve; et oversiktsfoto med hele stoffen, heng og vegger, et foto av venstre side og et foto av høyre side. Er det spesielle og/eller avvikende forhold må disse også dokumenteres med foto. Dette gjøres etter vask av bergflater og før sprøytebetong påføres.
- Dokumentere geologiske data i programvaren Novapoint Tunnel, med sammenstilling og kontroll mot utført sikring.
- MWD (measure while drilling) -avlesninger –vurderinger og -tolkninger.
- Eventuell prøvetaking av leirmaterialer fra svakhetssoner, sprekker og slepper for videre analyser i laboratorium.
- Deformasjonsmålinger i større svakhetssoner, særlig ved påvisning av (svelle)leire.

Det presiseres at den ingeniørgeologiske oppfølgingen inkluderer forskjæringene og

Bergskjæringer i tillegg til tunnel. Da det er vanskelig å fastsette optimal plassering av påhugg før avdekking av løsmasser, bør man legge opp til tett og god dialog mellom entreprenør og byggherres ingeniørgeolog ved endelig bestemmelse av påhuggsflate i anleggsperioden.

Utført sikring bør dokumenteres i henhold til krav gitt i prosesskoden for tunneler, hovedprosess 3 i Håndbok R761 Prosesser. Dette gjelder både omfang av utført sikring, prøvetrekking og prøvetaking. En fornuftig og god dialog mellom byggherre og entreprenør er ønskelig, slik at prøvetaking og prøvetrekking utføres på de mest kritiske områdene av tunnelen.

7.5 Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø – spesielle forhold

Arbeid med høye bergskjæringer er risikoutsatt med hensyn på berg- og løsmassestabilitet. Entreprenøren skal for de risikoutsatte arbeidsoperasjonene gjennomføre sikker jobbanalyse (SJA), på bakgrunn av byggherrens overordnede risikovurdering i SHA-planen. Følgende spesielle forhold påpekes (listen er ikke uttømmende):

- Flere steder vil det være løsmasser eller løse steiner/blokker oppå bergskjæringene og forskjæringene. Disse må renskes eller sikres under anleggsarbeidet.
- I og ved sprengningsarbeider og pigging må forskjæringene holdes under oppsikt og renskes for å forhindre uønsket nedfall.
- Det forutsettes at nødvendig arbeidssikring og driftsrensk utføres under arbeidets gang slik at sikkerheten ivaretas.
- Tunnelen er planlagt gjennom bergarter som inneholder en del kvarts, det kan derfor bli en del kvartsstøv i tunnelen under driving. Det anbefales å bruke åndedrettsvern ved arbeid i tunnelen.

7.6 Supplerende undersøkelser

Med bakgrunn i resultatene fra de undersøkelsene som hittil er gjennomført vurderes behov for følgende supplerende undersøkelser i reguleringsplanfasen når endelig trasé er valgt og i byggeplan- og byggefasen:

I reguleringsplanfasen når trasé er valgt:

- Grunnboringer omkring påhuggsområdene til tunnelen for å få informasjon om bergoverflaten slik at påhugget kan plasseres mer nøyaktig.
- Grunnboringer der tunnelen krysser myrområdene for å finne dybde til fjell og bergoverdekning.
- Kjerneboringer kan bli aktuelt.
- Seismikkrefraksjon for å finne dybde til fjell og bergoverdekning i områder hvor grunnboringer ikke kan utføres.
- Bergmekaniske tester.

I byggeplanfasen:

- Utfyllende ingeniørgeologisk feltkartlegging med tilhørende rapport for byggeplan/konkurransegrunnlag. Detaljert kartlegging av påhuggsområdene og svakhetssonenes opptreden i terrengnivå over tunnelene er nødvendig.

I byggefasen:

- Endelig plassering av påhuggsflaten tilpasses etter avdekking av de aktuelle bergoverflatene.
- Sonderboring under tunneldriving inn mot mulige svakhetssoner for å avdekke forløp av svakhetssoner og bergkvalitet.

8. REFERANSER

- [1] COWI, «Ingeniørgeologi. Prosjekt: Fv. 47 Åkra sør-Veakrossen. Fagrapport,» 2019.
- [2] Statens vegvesen, «Vegnnormal N200 Vegbygging,» Statens vegvesen, 2021.
- [3] Statens vegvesen, «Vegnnormal N500 Vegtunneler,» Statens vegvesen, 2021.
- [4] Statens vegvesen, «Vegnnormal N400 Bruprosjektering,» Statens vegvesen, 2022.
- [5] Statens vegvesen, «Håndbok V521 Tunnelveiledning,» Statens vegvesen, 2022.
- [6] Standard Norge, «Eurokode 7. Geoteknisk prosjektering. Del 1: Almenne regler. NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 (no),» Standard Norge, 2020.
- [7] «Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergtekniske prosjektering. Versjon 1, november 2011,» Norsk bergmekanikkgruppe, 2011.
- [8] S. Norge, «NS 8141:2001. Vibrasjoner og støt - Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk,» 2001.
- [9] Statens vegvesen, «Geoteknikk. Fv. 47 Åkra sør - Veakrossen. Geoteknisk datarapport,» 2019.
- [10] COWI, «Geoteknisk notat. Prosjekt: Av. 47 Åkra sør-Veakrossen. Fundamentering av konstruksjoner,» 2019.
- [11] COWI, «Georadar. Kartlegging av løsmassetykkelse,» 2018.
- [12] Rambøll, «Fv. 547 Omkjøringsveg Åkra sør - Veakrossen. Datarapport,» 2022.
- [13] Rambøll, «Hydrologisk generell utredning,» 2022.
- [14] NGU, «Nasjonal løsmassedatabase,» 2022a. [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/.
- [15] I. B. I. N. A. o. R. K. (. Ramberg, Landet blir til - Norges geologi. 2. utg., Trondheim: Norsk Geologisk Forening, 2013.
- [16] NGU, «Nasjonal berggrunnsdatabase,» 2022b. [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>.
- [17] Direktoratet for Arbeidstilsynet, «Arbeidstilsynets publikasjoner best.nr. 605, Veiledning om stråling fra radon på arbeidsplassen,» 2011.
- [18] NGU, «Radon aktsomhet,» 2022c. [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/radon/>.
- [19] N. Klimaservicesenter, «Seklima. Observasjoner og værstatistikk,» Meteorologisk institutt, NVE, NORCE, Bjerknes Center, november 2022. [Internett]. Available: <https://seklima.met.no/observations/>.
- [20] NGU, «GRANADA - Nasjonal grunnvannsdatabase,» 2022. [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/.
- [21] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «NVE Temakart,» [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/tema/steinsprangaktsomhet>. [Funnet 1 november 2022].
- [22] NGI, «Bruk av Q-systemet. Håndbok. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning,» 2015.
- [23] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, «Forskrift om håndtering av eksplosjonsfarlig stoff,» 2015.
- [24] Statens vegvesen, «Håndbok V225 Bergskjæringer,» 2020.
- [25] Statens vegvesen, «Retningslinjer for risikoakseptkriterier for skred på veg,» Statens vegvesen, Oslo, 2014.
- [26] Standard Norge, «Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner. NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016,» Standard Norge, 2016.

[27] NFF, Praktisk berginjeksjon for underjordsanlegg, 2010.

[28] Statens vegvesen, Publikasjon 103: Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø, 2003.

9. VEDLEGG

Vedlegg A:

Foreløpige lengdesnitt av alternativene 2A, 2B, 3A, 3B og 4

Vedlegg B:

Grunnboringer

Vedlegg C:

Foreløpige tverrsnitt av påhuggflatene til alternativ 2A, 2B, 3A og 3B