

Artec Aqua AS

► **WHS Raudbergvika**

Ingeniørgeologisk og hydrogeologisk rapport for vegtunnel

Reguleringsplan

Oppdragsnr.: 5209949 Dokumentnr.: RA-10 Versjon: J03 Dato: 2022-06-17



Oppdragsgiver: Artec Aqua AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Andres Thyri
Rådgiver: Norconsult AS, Klæbuveien 127 B, NO-7031 Trondheim
Oppdragsleder: Terje Jensen
Fagansvarlig: Ingvar Tyssekvam
Andre nøkkelpersoner: Guro Einan Bøgeberg, Ragna Torås Halseth, Henrikke Børsum

J03	2022-06-17	Revidert etter høringsuttalelser	HENBOE/GURBOE	GREGG/	TOSAN
J02	2021-10-20	Revidert etter tilbakemelding fra oppdragsgiver	GURBOE/RAGHAL/HENBOE	INT/GREGG	TOSAN
J01	2021-10-15	Rapport til reguleringsplan	GURBOE/RAGHAL/HENBOE	INT/GREGG	TOSAN
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammen drag

Norconsult er engasjert som rådgiver for Artec Aqua AS i forbindelse med reguleringsplan for en ca. 6,8 km lang vegtunnel fra Eidsdal til Raudbergvika.

På bakgrunn av foreløpig utførte grunnundersøkelser, befaringer og gjennomgang av grunnlagsmateriale er følgende vurderinger gjort:

- Grunnet høy bergoverdekning forventes det høye bergspenninger. Sikringsbehovet i tunnel må vurderes spesielt for å ivareta sikkerheten under driving. Det anbefales at kontrahert entreprenør har referanser fra lignende prosjekter og erfaring med håndtering av bergslag, vann under trykk og andre spenningsrelaterte problemer, for å ivareta sikker utførelse av prosjektet.
- Tunnelen er planlagt drevet under drikkevannskilden Kilstivatet. Det er vurdert at et overordnet tetthetskrav og bruk av injeksjon er tilstrekkelig for å hindre påvirkning på vannet. Vannstanden i Kilstivatnet og grunnvannsnivået i bergmassen anbefales overvåket for å detektere eventuelle lekkasjer forårsaket av drivingen.
- I området rundt Raudbergvika må det utføres sikringstiltak, både i og rundt eksisterende dagbrudd. Aktuelle tiltak som er vurdert er skredsikringsvoller og sikkerhetssoner, generell rensk og sikring, samt fanggjerder.
- Plassering av påhugg Raudbergvika vil kreve nøye planlegging og koordinering for en optimal løsning opp mot planlagt oppdrettsanlegg og eksisterende gruve og dagbrudd.

Prosjektet vurderes å være gjennomførbart, gitt at de overnevnte momentene hensyntas. Begrenset mengde foreliggende grunnlagsdata medfører usikkerhet knyttet til flere av vurderingene som er gjort, se kapittel om restrisiko.

▼ Innhold

1	Innledning	6
1.1	Beskrivelse av prosjektet	6
1.2	Om rapporten	6
1.3	Gjeldende regelverk	7
1.3.1	<i>Geoteknisk kategori</i>	7
1.3.2	<i>Bestemmende krav for hydrogeologisk prosjektering</i>	7
1.3.3	<i>Oppsummering gjeldende regelverk</i>	8
2	Faktadel - Utførte grunnundersøkelser	10
2.1	Ingeniørgeologisk kartlegging	10
2.2	Kjerneboringer	10
2.3	Bergspenningsmålinger	10
3	Faktadel - Beskrivelse av grunnforhold	12
3.1	Topografi og overdekning	12
3.2	Løsmasser	12
3.3	Avrenningsforhold og sårbar natur	12
3.4	Berggrunnsgeologi	13
3.5	Bergmassens detaljoppsprekking og foliasjon	15
3.5.1	<i>Tidligere sprekkekartlegginger</i>	15
3.5.2	<i>Logging av borkjerner</i>	15
3.6	Svakhetssoner	16
3.6.1	<i>Registreringer i gruve i Raudbergvika</i>	16
3.7	Grunnforhold påhugg Eidsdal	17
3.8	Grunnforhold påhugg Raudbergvika	19
4	Tolkningsdel – Vurderinger av grunnforhold	21
4.1	Geologiske forhold langs tunneltraseen	21
4.1.1	<i>Bergarter</i>	21
4.1.2	<i>Bergmassekvalitet</i>	21
4.1.3	<i>Detaljoppsprekking</i>	21
4.1.4	<i>Svakhetssoner</i>	22
4.1.5	<i>Bergoverdekning</i>	22
4.2	Påhugg og forskjæringer	22
4.2.1	<i>Påhugg Eidsdal</i>	22
4.2.2	<i>Påhugg Raudbergvika</i>	23
4.2.3	<i>Skredfare påhuggsområder</i>	23
4.3	Hydrogeologiske forhold	24
4.3.1	<i>Grunnvannsforhold i bergmassen og tunnelens influensområde</i>	24

4.3.2	<i>Sårbarhet for Kilstivatnet</i>	25
4.4	Syredannende bergarter	25
4.5	Anvendbarhet av steinmateriale	25
5	Tolkningsdel - Anleggsgjennomføring	27
5.1	Driveforhold	27
5.1.1	<i>Borbarhet og sprengbarhet</i>	27
5.1.2	<i>Bore- og ladevansker</i>	27
5.2	Stabilitet	27
5.2.1	<i>Bergspenninger</i>	27
5.2.2	<i>Sikringsbehov tunnel</i>	29
5.2.3	<i>Sikring av påhuggsområder</i>	29
5.3	Tetthetskrav	30
5.4	Sonderboring og injeksjon	30
5.4.1	<i>Innlekkasje og tetthetskrav</i>	30
5.4.2	<i>Utførelse av sonderboring</i>	31
5.4.3	<i>Behovsprøvd forinjeksjon</i>	31
5.4.4	<i>Vann- og frostsikring</i>	31
5.5	Rystelser fra sprengningsarbeider	31
5.5.1	<i>Prøvetaking av sleppemateriale</i>	32
6	Videre arbeider	33
6.1	Hydrogeologiske undersøkelser	33
6.2	Ingeniørgeologisk prosjektering og oppfølging	33
6.3	Anbefalinger ved utførelse	33
7	Vurdering av restrisiko	34
8	Referanser	35
9	Vedlegg	37

1 Innledning

1.1 Beskrivelse av prosjektet

Norconsult er engasjert som rådgiver for Artec Aqua AS i forbindelse med reguleringsplan for vegtunnel mellom Eidsdalen i Norddalsfjorden, Fjord kommune i Møre og Romsdal, til Raudbergvika (se figur 1). Vegtunnelen skal bygges i forbindelse med utbygging av et oppdrettsanlegg for matfisk i berg i Raudbergvika.

Planlagt tunnel er en ett-løps tunnel med tverrsnitt T5,5 og en lengde på ca. 6,8 km. Den vil gå på stigning (0,5 %) mot et høybrekk etter ca. 5755 m, før den så går på synk (1,5 %) ut i dagen i Raudbergvika. Planlagt oppdrettsanlegg i berg passeres ca. på kote +26. Det vil bli behov for møteplasser og snunisjer langs traseen, i tillegg er det planlagt å etablere fryselager i berghaller nær tunnelportalen i Eidsdal. Disse elementene er foreløpig ikke prosjektert, og vurderinger rundt disse er ikke med i denne rapporten.



Figur 1: Oversiktskart over tunnelens planlagte trase mellom Raudbergvika og Eidsdal [1].

1.2 Om rapporten

Denne ingeniørgeologiske – hydrogeologiske rapporten gir en geologisk beskrivelse og ingeniørgeologisk/hydrogeologisk tolkning av forholdene langs traseen til tunnelen.

Rapporten er delt inn i to deler for å presisere hva som er observasjoner/fakta og hva som er vurderinger/tolkninger:

- Del I – Faktadelen, bestående av kapittel 2 og 3, er en sammenstilling av eksisterende grunnlagsmateriale og resultater fra utførte kartlegginger og grunnundersøkelser.
- Del II – Tolkingsdelen, bestående av kapittel 4 og 5 beskriver de vurderinger og tolkninger av geologiske og hydrogeologiske forhold for tunnelen som er gjort, slik som bergmassekvalitet,

bergspenninger/stabilitet, grunnvannsforhold langs tunneltraseen og vurderinger av sikringsbehov og forinjeksjon. I kapittel 6 gis det anbefalinger for videre arbeid og oppfølging, og i kapittel 7 gjøres det vurderinger av restrisiko.

1.3 Gjeldende regelverk

Prosjektering av planlagt tunnel vil være underlagt plan- og bygningsloven [2] med tilhørende byggt teknisk forskrift (TEK17) [3] og byggsaksforskriften (SAK10) [4]. Videre vil ingeniørgeologisk (geoteknisk) prosjektering være underlagt Eurokode 0 og 7 [5] [6]. Hydrogeologisk prosjektering er underlagt Vannressursloven [7] og krav om konsekvensutredning fra Mattilsynet.

Eurokodene beskriver krav til geoteknisk kategori, pålitelighetsklasse (CC/RC) og kontrollklasser for utførelse og prosjektering. Videre gir TEK17 spesifikke krav til geoteknisk prosjektering og SAK10 beskrivelser for valg av tiltaksklasse og nødvendig kontrollomfang.

1.3.1 Geoteknisk kategori

Geoteknisk kategori benyttes for å definere omfanget av geotekniske undersøkelser og kontroll, og settes i henhold til Eurokode 7. Geoteknisk kategori vil kunne framkomme som en funksjon av prosjektets pålitelighetsklasse (CC/RC) og vanskelighetsgrad (tabell 1).

Tabell 1: Matrise for bestemmelse av geoteknisk kategori

Konsekvens-/ 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 (gjelder hovedsakelig atomreaktorer og lagre for radioaktivt avfall)

Prosjektets vanskelighetsgrad vurderes på grunnlag av grunnforhold og type prosjekt, og klassifiseres i henhold til «Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering». Tunnelen påvirkes i stor grad av grunnforholdene. Disse kan på nåværende tidspunkt kun fastlegges delvis, og det vil være nødvendig med fortløpende grunnundersøkelser i byggefasen. Det forventes at høye bergspenninger og stabilitetsproblemer grunnet dette, kan opptre. Prosjektets vanskelighetsgrad vurderes derfor som *høy*.

Videre vurderes det at tunnelen går under kategorien «Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller» og dermed i pålitelighetsklasse CC/RC 3. Dette på grunn av at tunnelen krysser under en drikkevannskilde samt at eventuelle bergspenningsproblemer vil stille høye krav til detaljprosjektering og utførelse i driftsfase.

Ved valgt vanskelighetsgrad «høy» og pålitelighetsklasse 3 havner prosjektering og bygging av tunnelen mellom Eidsdal og Raudbergvika innenfor geoteknisk kategori 3 (se markert kategori i tabell 1).

1.3.2 Bestemmende krav for hydrogeologisk prosjektering

Kilstivatnet befinner seg vest for Eidsdal og fungerer som drikkevannskilde. Vannet er lokalisert direkte over tunnelen som utredes i forbindelse med utviklingen av oppdrettsanlegget i Raudbergvika. Mattilsynet har i

brev datert 17.08.2021 krevd konsekvensutredning for hvilke innvirkninger tunnelen vil ha for drikkevannskilden og nedbørsfeltet til Ytterdal nye vassverk. De hydrogeologiske vurderingene i dette notatet har som hensikt å svare ut dette (dvs. kap. 3.3 og 4.3).

Vannressursloven har som formål å sikre en samfunnsmessig forsvarlig bruk og forvaltning av vassdrag og grunnvann [7]. Det må forventes at grunnvannsnivået over tunnel vil senkes noe som følge av tunnelanlegget. Tetthetskrav er satt med hensikt å ivareta viktige vannforekomster, samt minimere ulemper for mennesker og miljø. Tunnelen vil medføre grunnvannsuttak på over 100 m³/døgn, og er derfor meldepliktig til vassdragsmyndigheten (Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE). Dette anses ivaretatt i forbindelse med denne rapporten. Det vil ikke være hensiktsmessig eller praktisk mulig å begrense innlekkasje i tunnel til maksimalt 100 m³/døgn.

Naturlig grunnvannstand i et område avhenger av hvor mye vann som tilføres området, og hvor mye vann som lekker eller fordampes ut av magasinet. Det førstnevnte bestemmes av områdets nedbørsfelt, samt avrenning. En tunnel vil påvirke hvor mye vann som lekker ut fra området [8]. Dette kan skje ved

- Direkte drenering: Overflatevann drenerer direkte til tunnel, via sprekker og svakhetssoner.
- Påvirkning på tilsig: Grunnvann fra nedbørsfeltet lekker inn i tunnel, som fører til redusert tilsig til overflatevann.

I dette tilfellet vurderes det risiko i forbindelse med begge nevnte forhold over tid. Partikler og avrenning fra anleggsarbeider er ikke vurdert i forbindelse med påvirkning av Kilstivatnet, da vannet befinner seg ca. 500 m over tunneltraseen, og dermed ikke står i fare for å bli påvirket av forurensning via avrenning, støv o.l.

1.3.3 Oppsummering gjeldende regelverk

Antatte prosjekteringsforutsetninger er gitt i tabell 2. Valg av tiltaksklasse må gjøres i samråd med kommunen og valgte klasser/kategorier kan endre seg ved tidspunkt for detaljprosjektering.

Tabell 2: Oppsummering av vurderte klasser/kategorier på nåværende tidspunkt på grunnlag av kjennskap til prosjektets kompleksitet og grunnforhold.

Prosjekteringsforutsetning	Valgt klasse/kategori	Referanse til regelverk	Kommentarer
Vanskelighetsgrad	Høy	Veiledning til Eurokode 7, Tabell 1	Kompliserte grunnforhold over stort område. Grunnforhold kan ikke fastsettes med sikkerhet på nåværende tidspunkt.
Pålitelighetsklasse (CC/RC)	3	Eurokode 0, Tabell NA.A1 (901).	Undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller.
Geoteknisk tiltaksklasse	3	PBL/TEK17/SAK10	Skal normalt være samsvar mellom geoteknisk tiltaksklasse og pålitelighetsklasse iht. SAK10. Antas plassert i geoteknisk tiltaksklasse 3.
Geoteknisk kategori	3	Veiledning til Eurokode 7, Tabell 1	Vurderes ut fra pålitelighetsklasse og vanskelighetsgrad.
Prosjekteringskontrollklasse	PKK3	Eurokode 0, Tabell NA.A1 (902).	Fastsettes av pålitelighetsklasse
Utførelseskontrollklasse	UKK3	Eurokode 0, Tabell NA.A1 (903).	Fastsettes av pålitelighetsklasse

I henhold til antatte kategorier vil både prosjektering og utførelse være underlagt utvidet/uavhengig kontroll. Dette i henhold til både Eurokode 0 og SAK10. Kontroll skal utføres i byggherrens regi.

2 Faktadel - Utførte grunnundersøkelser

2.1 Ingeniørgeologisk kartlegging

Det er tidligere utført ingeniørgeologisk kartlegging i forbindelse med arbeid med reguleringsplan for oppdrettsanlegget i Raudbergvika. Befaring til området ble utført av Norconsult sine ingeniørgeologer Gro Sandøy og Torgeir Sandøy den 13. oktober 2020. Det ble gjort kartlegging til fots i terrenget som var tilgjengelig, samt gjennomført en befaring inne i deler av eksisterende gruve. Det ble gjort registreringer av bergartstype, bergmassekvalitet, geologiske strukturer og løsmassefordeling. Resultater og vurderinger er presentert i RA-05 *WHS Raudbergvika. Ingeniørgeologisk rapport for berganlegg* [9].

Norconsults ingeniørgeologer har utført befaringer i gruvesystemet i forbindelse med planlegging av kjerneboringsarbeider ved flere anledninger i perioden juni-september 2021. Bergmassens generelle kvalitet er registrert og gruvegangens stabilitet vurdert. Det har vært fokus på spenningsrelaterte stabilitetsproblemer, avløste blokker/partier og svakhetssoner.

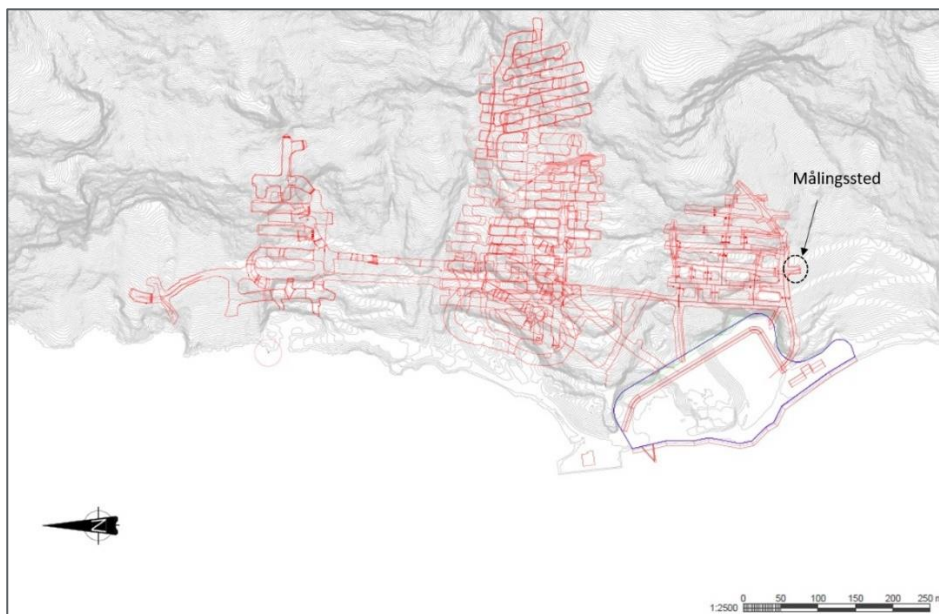
6. oktober 2021 ble det utført befaring til påhuggsområdet i Eidsdalen. Befaringen ble utført av Norconsult sine ingeniørgeologer Ole Håvard Barstad og Marianne K. Rødseth. Det ble utført skredfarekartlegging samt ingeniørgeologisk kartlegging i påhuggsområdet.

2.2 Kjerneboringer

Det pågår kjerneboring inne fra eksisterende gruve i Raudbergvika. Det skal bores fire kjerneborehull med planlagte lengder mellom 920-1020 meter, og dekker området for berghallene til oppdrettsanlegget. Det er pr. 15. oktober 2021 logget ca. 830 meter kjerner.

2.3 Bergspenningsmålinger

Det ble i 1999 utført tredimensjonale bergspenningsmålinger inne i gruveanlegget i Raudbergvika, i forbindelse med gruvedriften [10]. Resultater er oppsummert i tabell 3.



Figur 2: Lokasjon for utførte bergspenningsmålinger.

Tabell 3: Resultater fra 3D spenningsmålinger [10].

Spennings-komponent	Målt verdi [MPa]	Fall [°]	Fallretning [°]
σ_1	11,6	44	280
σ_2	4,7	23,9	35,2
σ_3	1,0	36,5	144,3

3 Faktadel - Beskrivelse av grunnforhold

3.1 Topografi og overdekning

Planlagt tunnel går fra Eidsdal i øst under fjellmassivet Grøtet, med høyeste punkt på kote +1519, og ut i dagen i Raudbergvika i vest.

Fra påhugg Eidsdal på ca. kote +4 stiger terrenget bratt vestover mot Blåhornet på kote +741 og Kilstivatnet på kote +538. Tunnelen passerer mellom disse punktene med en overdekning opptil 600 m. Vestsiden av Blåhornet danner en markant skrent i bakkant av Verpesdalen. Fra Blåhornet mot Kilstihea synker først terrenget over tunnelen ned mot ei myr ved Kilstvatnet på ca. kote +570 før det igjen stiger til ca. kote +670. Mot nord synker terrenget bratt langs dalsiden til Verpesdalen. Overdekningen langs denne strekningen varierer mellom ca. 500-825 m. Fra Kilsheia synker terrenget til ca. kote +750 m før det stiger mot Slettheia på kote +910. Overdekningen her varierer mellom ca. 725-890 m. Fra Slettheia synker terrenget bratt ned mot Raudbergvika. Tunnelen kommer ut i dagen på ca. kote +20.

3.2 Løsmasser

For vurdert område eksisterer det kun grove regionale løsmassekart i målestokk 1:250.000 fra NGUs database [11]. Ifølge NGUs kvartærgeologiske kart består løsmassene i området generelt av hummusdekke/tynt torvdekke i de lavereliggende delene av fjellmassivet, morenemateriale av varierende mektighet i de mellomliggende områdene, og bart fjell i de høyereliggende delene. Rundt det høyeste punktet for Grøtet fjellmassiv finnes forvitningsmateriale. På vestsiden av fjellmassivet, i fjellsiden ned mot Sunnylvsfjorden, samt på østsiden mot Eidsdal finnes partier dominert av skredmateriale. Ved påhugg Eidsdal er det registrert et tynt humus/torvdekke.

3.3 Avrenningsforhold og sårbar natur

Kilstivatnet befinner seg på kote +538, i en forsenkning mellom toppene Grøtet (kote +1519) i sør og Blåhornet (kote +741) i nord (figur 3). Terrenget stiger også mot vest, og avtar mot Eidsdalen i øst. Tunnelsålen er planlagt mellom kote +4 og kote +35. Vannet befinner seg dermed ca. 500 m høyere enn tunnel. Det er ikke registrert brønner i området nær/over tunnel i NGUs grunnvannsdatabase Granada [12], og grunnvannsnivået i berget i området er ikke kjent.

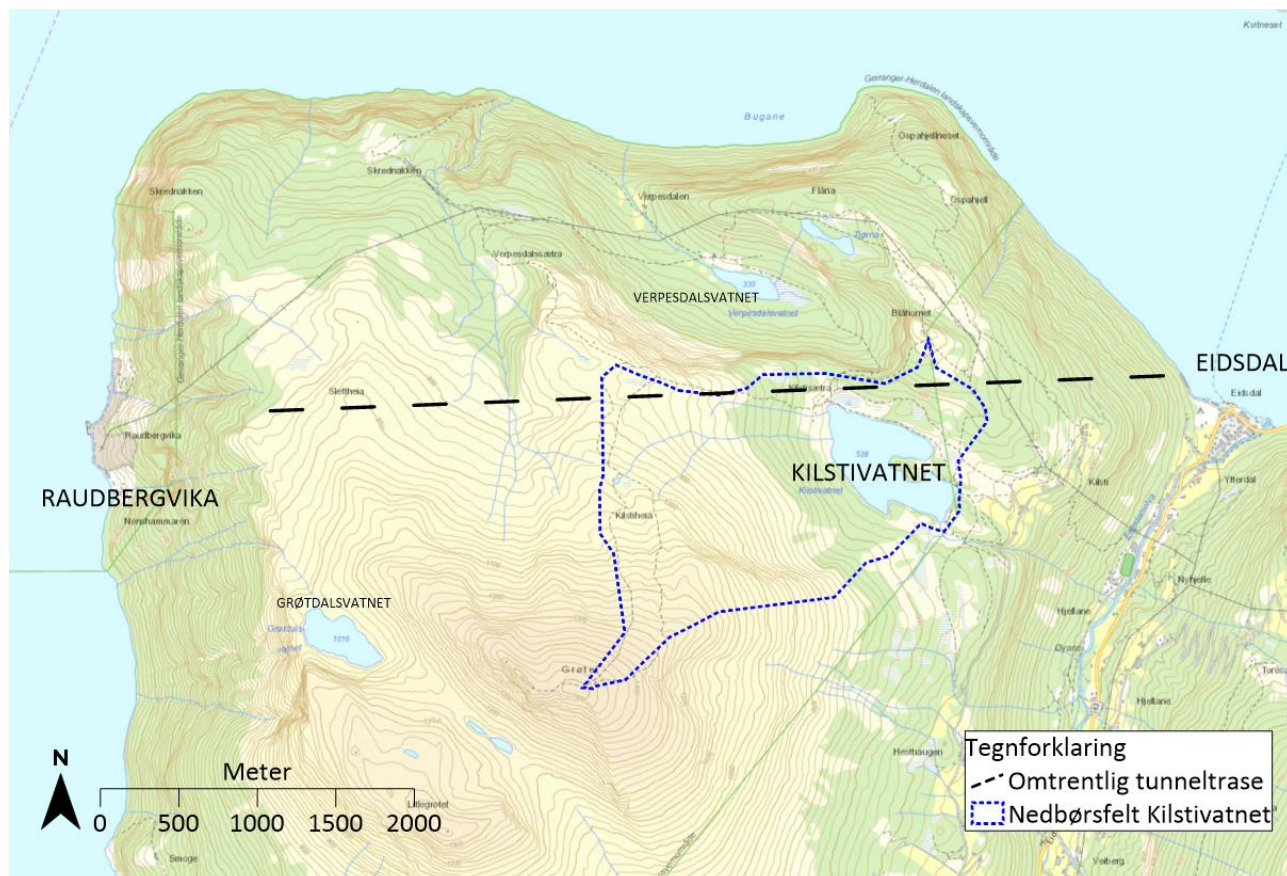
Vannforekomstens sårbarhet kan deles inn i fem sårbarhetsklasser [13]:

- Sårbarhetsklasse 1: Myrer/vann med nedbørsfelt mindre enn 0,5 km².
- Sårbarhetsklasse 2: Myrer/vann med nedbørsfelt mellom 0,5 og 1,0 km².
- Sårbarhetsklasse 3: Myrer/vann med nedbørsfelt mellom 1,0 og 2,0 km².
- Sårbarhetsklasse 4: Myrer/vann med nedbørsfelt mellom 2,0 og 5,0 km².
- Sårbarhetsklasse 5: Vann tilhørende vassdrag som renner gjennom modellområdet. Betydelig nedbørsfelt og liten sårbarhet.

Vann i sårbarhetsklasse 1 er mest sårbare for endringer i grunnvannsforhold, mens vann i sårbarhetsklasse 5 tåler større endringer.

Kilstivatnet er ca. 0,3 km² stort, og har et nedbørsfelt på 3,21 km² [14]. Vannet befinner seg dermed i nedre sjikt av sårbarhetsklasse 4, og er basert på dette ikke spesielt sårbart mot endringer i tilsig. Middellavrenningen for nedbørsfeltet i perioden 1961-1990 var ca. 1446 mm/år, dvs. ca. 46 l/s pr. km². Kilstivatnet drenerer mot Eidsdalen i øst. Det går et vannskille vest for Kilstivatnet, og områdene over vestre deler av tunnel har regional strømningsretning mot nordvest. Kilstivatnets nedbørsfelt strekker seg

hovedsakelig mot vest/sørvest for Kilstivatnet, mot toppen Grøtet, samt noe nord for vannet. Det er hovedsakelig skog og snauffjell i nedbørsfeltet [14]. Vannet får dermed hovedsakelig tilsig fra høyereliggende områder i sørvest, vest og nord.



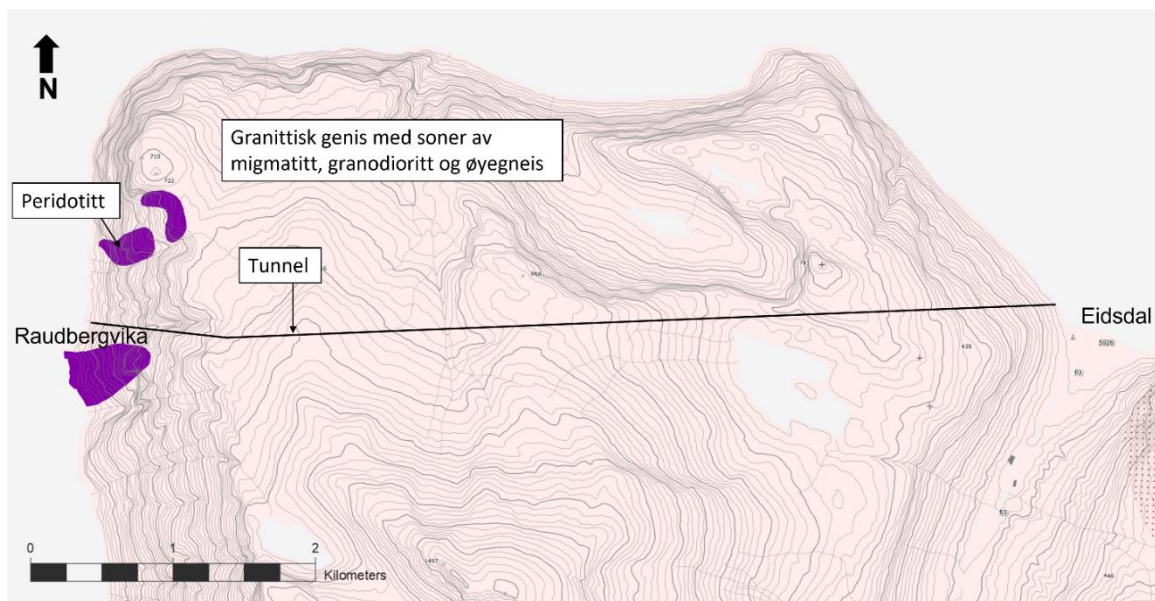
Figur 3: Kilstivatnet med tilhørende nedbørsfelt, samt tunneltrasé.

Norconsult har ikke foretatt naturkartlegging av sårbare arter over/nær tunnel. Det er registrert enkelte naturtyper i karttjenesten Naturbase. Naturtypene er olivinskog, naturbeitemark og kystfuruskog [15]. Området hvor tunnelen er lokalisert er en del av Geiranger-Herdalen landskapsvernområde [17]. Det vurderes at tunnelen ikke vil ha negativ påvirkning på landskapsvernområdet.

3.4 Berggrunnsgeologi

Berggrunnskartet (målestokk 1:250.000) viser at hovedbergarten i området er granittisk gneis med soner av migmatitt, granodioritt og øyegneis [16]. I Raudbergvika er det ifølge berggrunnskartet flere linser av peridotitt, en dypbergart som hovedsakelig består av olivin og pyroksen og/eller amfibol. En mer detaljert kartlegging av linsenes utbredelse er gitt i doktorgradsavhandlingen til Osland [17], og vist i ingeniørgeologisk tegning 1179-G-O-O-40-009.

Foreløpige resultater fra kjernelogging viser at den omliggende bergmassen rundt peridotittlinsene i Raudbergvika er en båndet gneis. Den består av lyse og mørke bånd og har stedvis tydelig småskala folding, se figur 5.



Figur 4: Berggrunnskart fra NGU i målestokk 1:250.000 med inntegnet tunneltrase [16].



Figur 5: Kjerneborehull BH1. ca. 207-217 m. Gneisen viser tydelig bånding av mørke og lyse bånd, samt foldestrukturer.

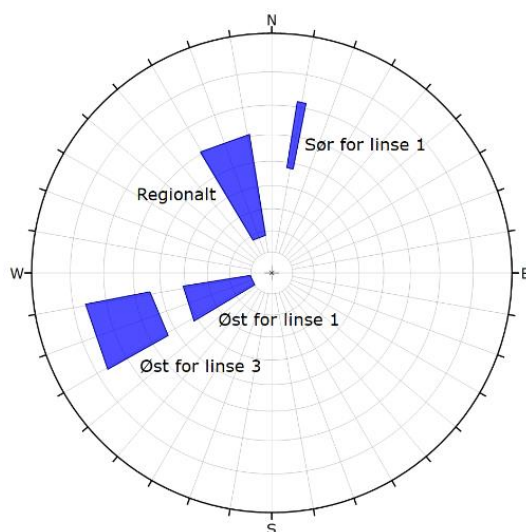
3.5 Bergmassens detaljoppsprekking og foliasjon

3.5.1 Tidligere sprekkekartlegginger

Doktorgradsavhandlingen til Osland [17] omtaler foliasjonsretninger for peridotittlinsene i Raudbergvika og den omliggende gneisen (for nærmere beskrivelse av peridotittlinsene henvises det til RA-05 [9]). Ifølge avhandlingen har gneisen en regional hovedstruktur som er orientert med strøk ØNØ-VSV (060-080°) og med moderat fall mot sør (20-60°S). Lokalt er derimot gneisens struktur påvirket av peridotittlinsene, og ligger omtrent parallelt med linsenes yttergrenser (se tabell 4 og figur 6).

Tabell 4: Lokale variasjoner i gneisens hovedstrukturetning [17].

Lokasjon	Strøk	Fall
Regionalt	060-080°	20-60°S
Sør for linse 1	100°	50-70°S
Øst for linse 1	330-350°	10-40°E
Øst for linse 3	330-350°	55-75°E



Figur 6: Orienteringer til hovedstrukturen i gneisen ved ulike lokasjoner. Blå skravurer markerer områder i stereoplottet for hvor strukturenes poler vil ligge.

3.5.2 Logging av borkjerner

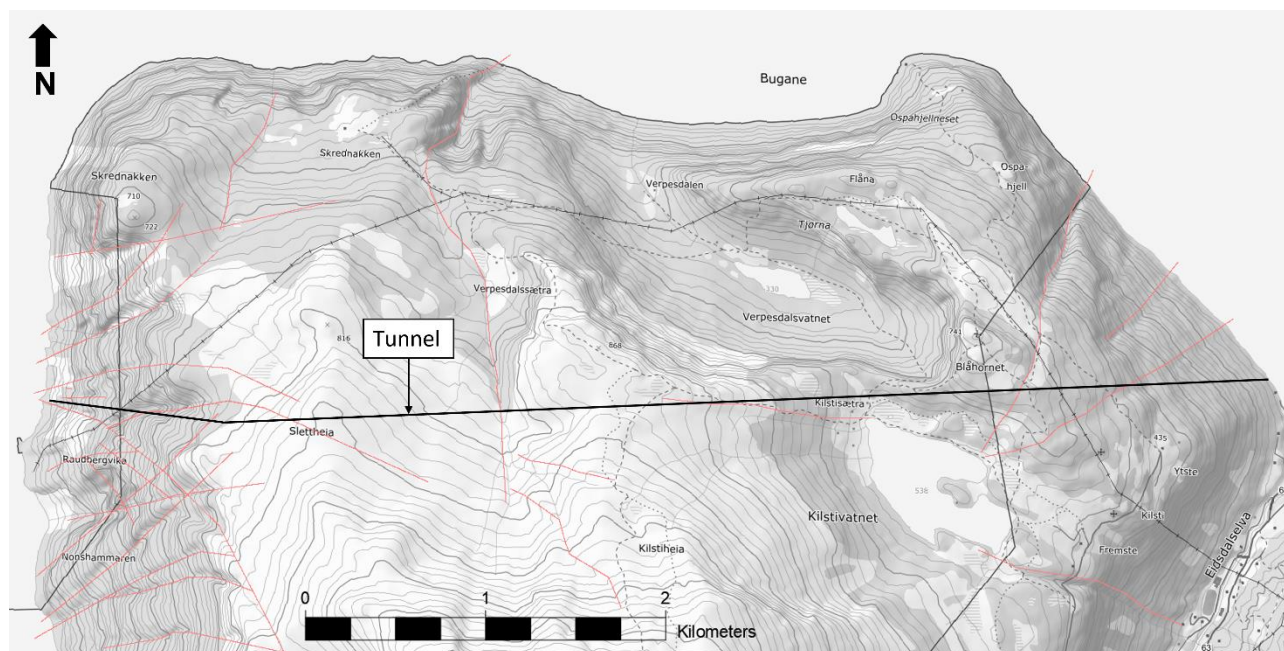
Det er utført logging av borkjerner i forbindelse med grunnundersøkelser for oppdrettsanlegget i berg. Det er foreløpig logget ca. 830 meter, av planlagte 3860 meter. Kjernene er ikke orienterte.

Både peridotitt og gneis i kjernene framstår stort sett som massiv og med få sprekker. RQD varierer typisk mellom 80 og 100, og sprekkefrekvens 1-4 sprekker pr. meter. Det er registrert enkelte soner med dårlig berg og tettere oppsprekking, disse sonene er typisk 10-20 cm brede med leirinfisert eller oppknust berg. Borerne har mistet vannet og måttet støpt noen steder. I kjernene er det her ikke registrert noen tydelige knusningssoner, men sett antydning til høyere oppsprekingsgrad og/eller noen horisontale sprekker.

3.6 Svakhetssoner

Ved hjelp av høydemodell og ortofoto er det basert på forsenkninger i terrenget kartlagt antatte regionale svakhetssoner. De antatte svakhetssonenes utgående i dagen er vist i figur 7.

I området rundt Raudbergvika, noe vest for planlagt tunnel, er hovedorienteringen til svakhetssonene ØNØ-VSV. I tillegg er det i dette området kartlagt noen soner som er orientert NØ-SV, samt en antatt større sone orientert NV-SØ. Det er tolket fire svakhetssoner som i dagen krysser over tunnelens planlagte trasé, samt tre som er lokalisert tett inntil.



Figur 7: Identifiserte tolkede svakhetssoner inntegnet med rødt [18].

3.6.1 Registreringer i gruve i Raudbergvika

Ved befaring i gruve i Raudbergvika ble det observert en svakhetszone øverst i spiralen opp til nivå +50 i linse 2. Sonen er ca. 1-2 meter bred og følger lagningen i bergmassen (figur 8). Sonen består av en biotittrik kjerne og har vekslende lag av leirinfisert berg og mineralisering. Sonen er målt inn med orientering N095°Ø og fall 70-75°S. Den har en utstrekning på minst 150 meter og går gjennom påfølgende tverrnisjer sør for hovedorten. Det er i løpet av arbeidene med kjerneboringer observert jevnlig dryss og mindre nedfall fra sonen.

I forbindelsen mellom linse 2 og linse 3 på nivå +20, er det registrert to svakhetssoner som krysser gjennom tunnelen. Disse er observert 50-60 m og 100-110 m sør for ort inn til linse 3. Sonen nærmest linse 3 har en biotittrik kjerne på ca. 5 meter bredde. Sideberget er påvirket med vekslende biotittrike lag, totalt er mellom 5-13 m påvirket av sonen. Sonen er orientert med strøk ca. N100°Ø. Fall varierer fra 80-90° mot sør til i søndre avgrensning til ca. 75-80° mot nord i nordre avgrensning.

Den andre sonen er ca. 13 m bred og består av vekslende lag av leir og mineralisering. Den nordre avgrensninga av sonen består av et ca. 15 cm tykt sjikt av leir, med grønnlig farge. Også denne sonen er orientert ca. N100°Ø. Sonen står omtrent vertikalt.



Figur 8: Svakhetszone øverst i spiral, linse 2, nivå 50. Bilde tatt mot øst.

3.7 Grunnforhold påhugg Eidsdal

Det er utført skrefarekartlegging i terrenget over planlagt påhuggsområde i Eidsdal. Dette er beskrevet i rapport RA-09 *WHS Raudbergvika - Skredfarevurdering utvidet planområde* [19].

Påhugget skal etableres i en skråning, i underkant av en større fjellside. Langs sjøkanten ligger det naust, med en utsprengt bergskjæring i bakkant. Fra sjøkanten og opp har terrenget en gjennomsnittlig helning på ca. 30-45°, med bergskrenter med helning mellom 45° og 90°. Skyggerelieffkart [20] viser flere mindre bergskrenter med strøkretning NV-SØ, og høyde 1,5- 3 meter. Under bergskrentene er det observert blokker og urmasser, med utløpslengde mellom 10-40 meter.

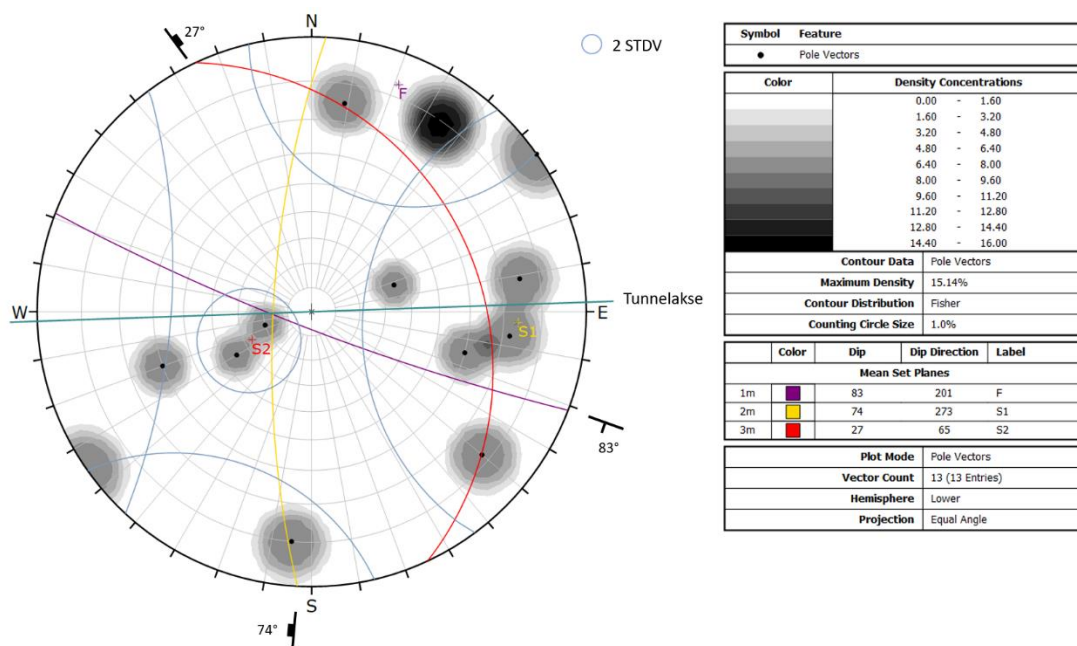
Fra skyggekartet ses det flere renner i terrenget som kan skyldes vannprosesser i mindre løsmasser. Det er ingen aktive prosesser året rundt i disse rennene, men kun ved stor nedbør eller ved snøsmelting. Innenfor det vurderte området er det et ca. 70 meter bredt parti uten tegn til slike sesongbaserte vannveier.

Det går en svakt markert bergrygg oppover i skråninga, hvor det er observert bergblotninger. Nord og sør for denne ryggen øker løsmassemengdigheten. Det er ikke observert bekker eller vannveger over denne ryggen.

Bergmassen i påhuggsområdet er gneis. Bergmassen er storblokkig og framstår som kompetent, og det er observert ingen til lite overflateforvitring. Det er utført sprekkekartlegging langs bergskjæringa i bakkant av naustene (figur 10). Det er registrert tre hovedsprekkesett: to steiltstående tverrstilte sprekkesett og ett subhorizontalt sprekkesett. Gjennomsnittlige verdier for strøk/fall er gitt i tabell 5. Orienteringene på sprekkeflatene innad i sprekkesettene er derimot varierende, da orienteringene vrir seg noe bortover langs skjæringa (se figur 9).

Tabell 5: Gjennomsnittlig strøk/fall av hovedsprekkesett.

Sprekkesett	Strøk	Fall
Foliasjon	111°	83°S
S1	183°	74°V
S2	335	27°NØ



Figur 9: Sprekkeregistreringer og hovedsprekkesett i påhuggsområde Eidsdal. Variasjon i sprekkesett er vist med 2 standardavvik (2 STDV).



Figur 10: Eksisterende bergskjæring ved påhuggsområde.

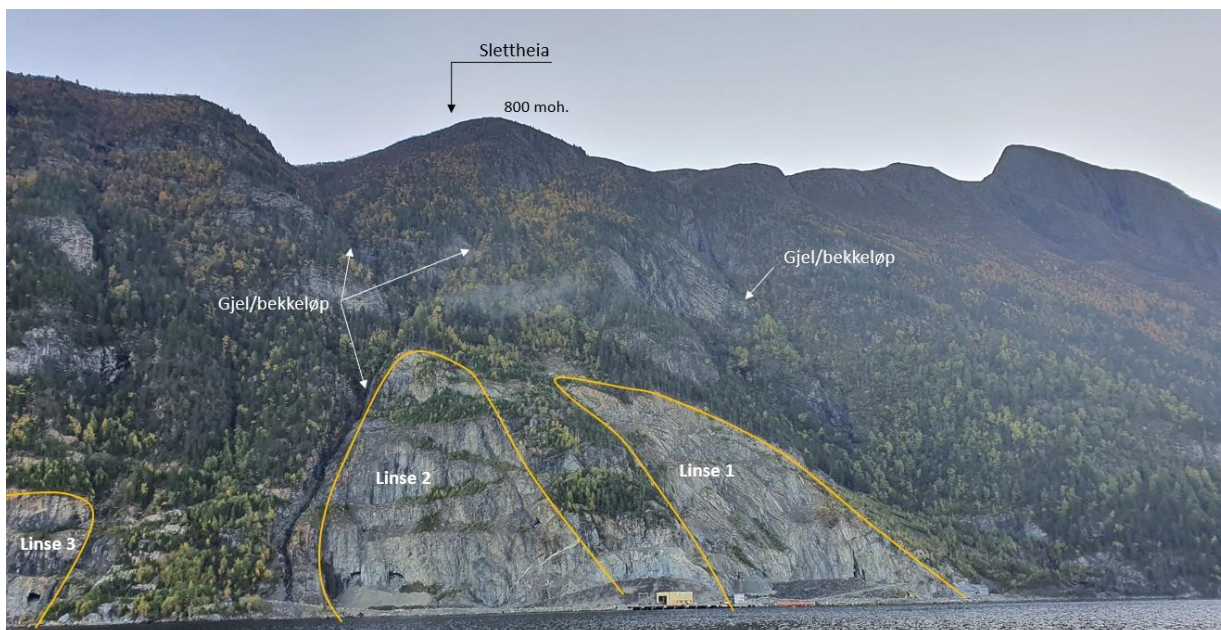
3.8 Grunnforhold påhugg Raudbergvika

Det er utført skrefarekartlegging av terrenget over regulert planområde og av dagbruddet i Raudbergvika. Dette er beskrevet i rapport RA-01 *WHS Raudbergvika. Skredfarevurdering* [21].

Eksisterende dagbrudd og gruveområde i Raudbergvika ligger i foten av en bratt fjellside. Naturlig terreng over området består av bratte fjellskrenter med helning hovedsakelig over 45°, og mellom fjellskrentene er det noen slakere partier (20 til 45°) i varierende utstrekning. Helningen avtar til under 20° over kote 800 for å så stige jevnt mot ryggen av Slettheia. Det er flere markante gjelfformasjoner i terrenget. Flere av disse forsenkningene er etablerte bekkeløp. Nedre del av terrenget er modifisert grunnet tidligere drift av dagbrudd. Det er sprengt ut skjæringer, paller og etablert anleggsveger (se figur 11).

Løsmassene i området består av humusdekke/tynt torvdekke over berggrunnen og skredmateriale. Øvre del av fjellsida mot Slettheia er dominert av morenene i varierende mektighet. På hyllene mellom pallhøydene i dagbruddene er observert en del løsmasser bestående av en miks av stein, blokk og finstoff. Stedvis er det tykt med skredmateriale. Enkelte steder har det begynt å etablere seg vegetasjon i løsmassene.

Hovedbergarten i området er granittisk gneis, med linser av peridotitt (olivinstein). Både dagbrudd og gruveganger er konsentrert i peridotittlinsene.

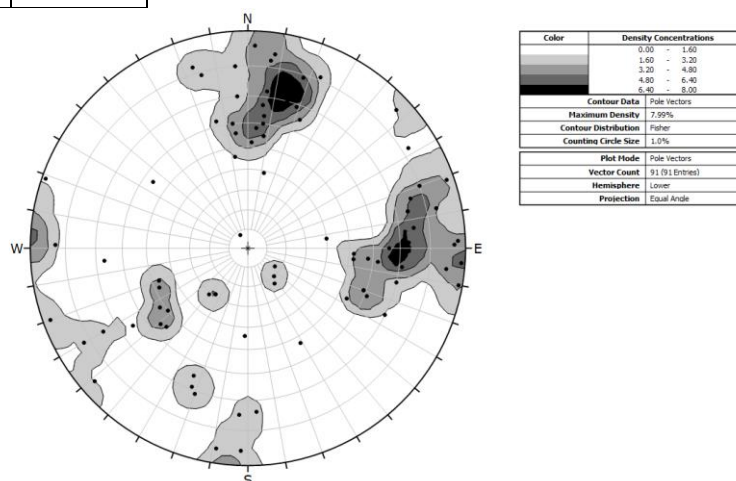


Figur 11: Oversiktsbilde over Raudbergvika, sett mot øst. Dagbruddene i linse 1-3 er godt synlig i terrenget.

Innmåling av sprekker i området Raudbergvika ble utført ved befaring 13. oktober 2020. Innmåling ble i hovedsak utført på gneis imellom peridotittlinser i dagbruddet. Fra innmålingene er det funnet to hovedsprekkeretninger: Foliasjon og tverroppsprekking (Tabell 6). Det ble også gjort flere innmålinger av sprekker som er orientert med strøk NV-SØ og 30-85° fall mot NØ, se Figur 12. Sprekker i gneis sammenfaller i stor grad med linser av peridotitt og virker å være påvirket av dette. Det ble observert tettere oppsprekking og nedsatt bergmassekvalitet i overgangssonen mellom peridotitt og gneis.

Tabell 6: Gjennomsnittlig strøk/fall av hovedsprekkesett

Sprekkesett	Strøk	Fall
Foliasjon	095°	71°S
Tverroppsprekking	182°	73°V



Figur 12: Stereoplott av kartlagte sprekker ved befaring høsten 2020.

4 Tolkningsdel – Vurderinger av grunnforhold

4.1 Geologiske forhold langs tunneltraseen

4.1.1 Bergarter

Basert på NGUs berggrunnskart [16] kan det antas at tunnelen hovedsakelig vil passere gjennom gneis, men stedvis kan også soner med migmatitt, granodioritt og øyegneis påtreffes. Hvor disse sonene potensielt er lokalisert kan ikke vurderes nærmere på foreliggende grunnlag. De kjente forekomstene av peridotitt er lokalisert rundt den vestre delen av tunnelen. Det kan imidlertid ikke utelukkes at en kan påtreffe flere linser av peridotitt i nærheten av de kjente forekomstene.

4.1.2 Bergmassekvalitet

Gneis er kjent som en sterk til meget sterk bergart, med en typisk trykkfasthet i intervallet 80-150 MPa [22]. Trykkfastheten til migmatitt, granodioritt og øyegneis er også omkring dette intervallet.

Det forventes å påtreffe bergmasser av varierende kvalitet langs traséen. Nedsatt kvalitet forventes spesielt i forbindelse med svakhetssoner og forkastninger som gjennomsetter bergmassen, samt i soner anriket med glimmermineraller. Dersom det påtreffes variasjoner i bergarter, vil en normalt forvente endringer i bergmassekvaliteten i overgangssonene.

Erfaringsmessig vil det i gneisbergarter være risiko for tilstedeværelse av svelleleire på sprekkeplan og/eller i forbindelse med svakhetssoner. Svelleleire utvider seg i kontakt med vann, og ved større forekomster på nærliggende sprekkeplan kan en risikere betydelige svelletrykk inn mot tunnelen, og dermed behov for tyngre sikringstiltak.

4.1.3 Detaljoppsprekking

Utførte sprekkekartlegginger i Raudbergvika og ved påhuggsområdet i Eidsdal er delvis sammenfallende, med to steiltstående tverrstilte sprekkesett, med fall hhv. mot sør og mot vest. I tillegg er det observert et subhorizontalt sprekkesett med fall mot NØ i Eidsdalen. Sprekkekartleggingene i Raudbergvika viser også en tendens til et mulig lignende sprekkesett.

Ifølge avhandlingen til Osland [17] er strukturen til gneisen lokalt påvirket av peridotittlinsene, og vil følgelig lokalt avvike fra den regionale strukturen. Osland har kartlagt den regionale orienteringen av foliasjonen til gneisen med strøk N060-080°Ø og fall 20-60° mot sør. Denne trenden samsvarer med tolkede svakhetssoner ved Raudbergvika, tolket fra kart- og laserdata, med strøk ØNØ-VSV.

På bakgrunn av tilgjengelig sprekkeedata og -tolkninger antas det at sprekkeorienteringer vil varere langs tunneltraseen. Det er likevel observert en trend, hvor foliasjonen er orientert omtrent øst-vest og med fall mot sør, samt at det opptrer en steil tverroppsprekking på tvers av denne.

Det forventes dermed at bergmassens hovedstruktur (foliasjonen) vil være orientert med strøk subparallelt med tunnels lengdeakse. Gjennomsettende, langsgående sprekker kan gi strukturelt betinget utfall i heng og ansees følgelig som ugunstig.

Med en økning i overdekning får gjerne bergmassen en økende sprekkeavstand og en lukking av sprekker. Det er dermed ikke gitt at sprekkeene er like fremtredende på tunnels dyp som i dagen. Foreløpige resultater fra kjernelogginga viser også at det generelt er færre sprekker i bergmassen enn det som er observert i dagen, med typisk sprekkeavstand varierende mellom 0,4 til 2-3 meter.

4.1.4 Svakhetssoner

Antatte regionale svakhetssoner langs tunneltraseen er kartlagt ved hjelp av høydemodell og ortofoto. Det presiseres at datagrunnlaget for å tolke svakhetssoner er begrenset og det kan dermed ikke utelukkes at det eksisterer flere svakhetssoner utover de som er tolket. Det er antatt 4 soner som krysser tunnelaksen, samt tre langsgående soner. Det er knyttet usikkerhet til de potensielle sonenes fallretning og forløp mot dypet. Hvorvidt sonene vil gjøre seg gjeldene på tunnelens dyp er også usikkert.

Det varierer om sonene følger foliasjonen i bergmassen eller skjærer på tvers. Soner som skjærer tunnelaksen med lav vinkel er mest ugunstig. Det forventes at svakhetssoner vil følge foliasjonen i bergmassen, og følgelig kunne gi behov for tyngre bergsikring der de influerer tunnelen.

Observerte svakhetssoner i gruva i Raudbergvika viser leiromvandling og høyt innhold av glimmermineraler, og bergmasse som smuldrer lett mellom fingrene. Dette samsvarer med observasjoner av smale slepper/soner i borkjernet. Sonene framstår ikke som spesielt vannførende. Det er i den ene sonen inne i gruva observert grønnlig leire, men det er usikkert om denne har svellende egenskaper uten at det gjøres videre analyser. Det vurderes at det kan forekomme svellende mineraler i slepper eller soner langs traseen, da disse ofte opptrer i soner med leiromvandling.

4.1.5 Bergoverdekning

Det er generelt stor bergoverdekning for tunnelen. Omtrent 85% av tunnelen vil ha en bergoverdekning på over 400 m, på det meste opp mot 900 m. Dette kan føre til høye gravitative spenninger (se kapittel 5.2.1).

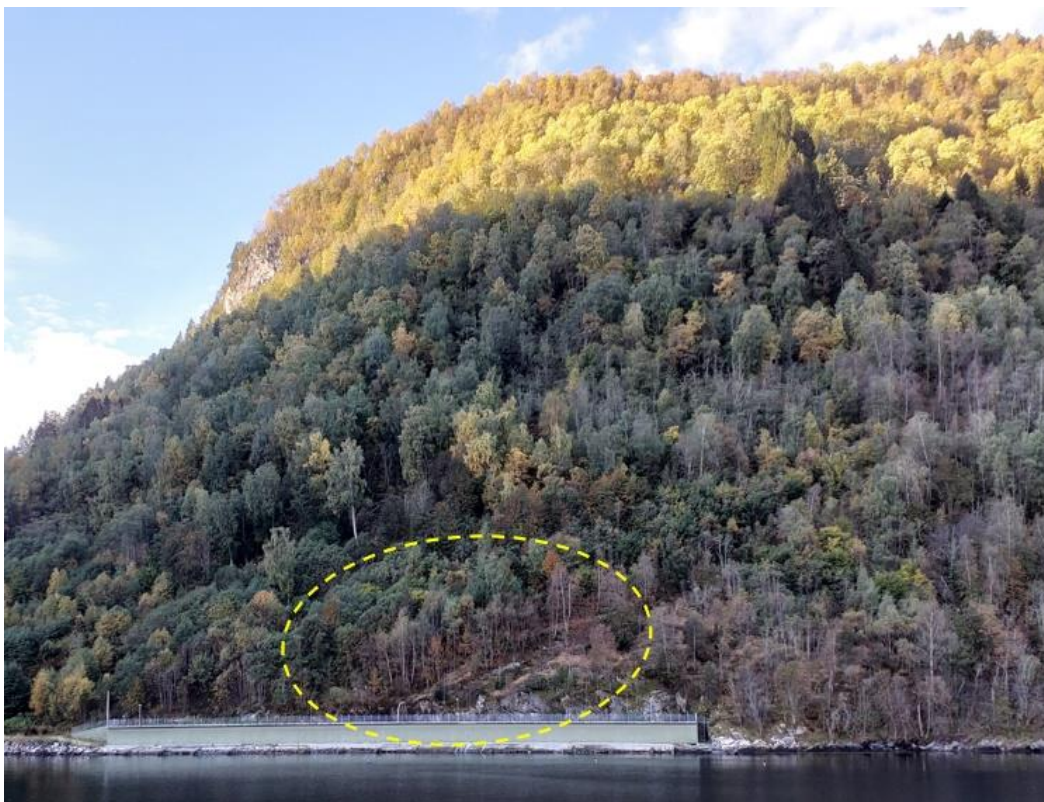
4.2 Påhugg og forskjæringer

4.2.1 Påhugg Eidsdal

Påhugget i Eidsdal etableres i en bratt skråning med ca. 30-35° helning. Løsmassemektheten i skråninga varierer, men ett område markerer seg med jevnt over tynt løsmassedekke og en god del bergblotninger (se figur 13). Det vurderes at dette er det mest egnede området å plassere påhugget, da det er minimalt med løsmasser og lite behov for avgraving i overkant av påhugget. Det kommer trolig noe vann ned i området som overflateavrenning ved snøsmelting og kraftig nedbør. Et lite søkk i terrenget rett ovenfor antatt påhuggsområde ser ut til å lede overflateavrenning ned til et plastrør i bergskjæringa bak naustene.

Generelt anbefales det en overdekning lik tunnelens spennvidde. Terrenget stiger fort på og en kan trolig oppnå tilstrekkelig overdekning med en 15-20 meter lang forskjæring foran påhuggsflata. Ved gode bergforhold kan overdekning vurderes redusert.

Sprekkesett S1 er orientert parallelt med påhuggsflata. Dette kan gi utfordringer med utvelting (toppling), med foliasjonen og S2 som henholdsvis sideavløsende og underliggende plan. Sprekkesett S2 har slakt fall ut fra påhuggsflata. Fallet varierer rundt 30°, slik at de bratteste variantene kan ha potensial til å gi plan utglidning. Det er også sett stikk og riss med 60° fall ut fra planlagt påhuggsflate, en bør være oppmerksom på om disse blir mer gjennomgående lenger inn i bergmassen.



Figur 13: Påhuggsområde i Eidsdal. Aktuelt område for etablering av forskjæring og påhuggsflate er indikert med gulstiplet ring. Her er det registrert tynt løsmassedekke og bergblotninger.

4.2.2 Påhugg Raudbergvika

Bergmassen i Raudbergvika er stedvis sterkt oppsprukket og gjennomsatt av flere utholdende sprekkeseett. Registrert tverroppsprekking med fall mot vest vil kunne gi utfordringer med plan utglidning, der foliasjon fungerer som sideavløsende plan. Kombinasjoner av foliasjon og tverroppsprekking kan også føre til kileutglidning i skjæringsflater (påhuggsflate eller forskjæring) orientert med fallretninger mellom N180°-270°Ø (mellom mot sør og mot vest).

Plassering av påhugg i Raudbergvika er på dette stadiet ikke detaljert ut. På grunn av planlagt oppdrettsanlegg, med tilhørende berghaller og tunnelsystem, samt eksisterende gruveganger og dagbrudd, vil det være behov for nøye planlegging og koordinering for å få en løsning som både hensyntar sikkerhet, kostnader og er praktisk for driften av anlegget.

4.2.3 Skredfare påhuggsområder

Dimensjonerende skredfare i Eidsdal er vurdert til å være steinsprang samt flodbølge induisert av fjellskred (sekundærvirkning). Rapport RA-09 *WHS Raudbergvika – Skredfarevurdering utvidet reguleringsområde Eidsdal* [19] omhandler skredfare for påhuggsområdet i Eidsdal. Tunnelpåhugg og tilkomstvei ligger i sin helhet utenfor faresone med skredsannsynlighet $\geq 1/100$ og har tilstrekkelig sikkerhet mot skred i henhold til TEK17 §7-3.

Dimensjonerende skredtype for store deler av vurdert område ved Raudbergvika er steinsprang, og stedvis jordskred og flomskred. Eksisterende faresone tilknyttet tsunami fra fjellskred (sekundæreffekten) er dimensjonerende langs sjølinjen. Det er utarbeidet et faresonekart som viser at store deler av planområdet ikke oppfyller sikkerhetskrav mot skred for sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 (årlig nominell sannsynlighet vurderes å være $\geq 1/100$, $1/1000$ og $1/5000$). Se rapport RA-01 *WHS Raudbergvika. Skredfarevurdering* [21] for detaljerte vurderinger av skredfare i planområdet i Raudbergvika.

4.3 Hydrogeologiske forhold

4.3.1 Grunnvannsforhold i bergmassen og tunnelens influensområde

Det er ikke gjort separate hydrogeologiske undersøkelser, og grunnvann i fjell er dermed ikke kartlagt. Det er boret kjerne hull fra gruvesystemet i Raudbergvika, men det er ikke utført borehullslogging eller vanntapsmålinger i hullene. Det er imidlertid observert sildring fra et av kjerne hullene som er boret i gneis. Selve gruvene har framstått som relativt tørre basert på befarings.

Det antas at Kilstivatnets tilsig kommer direkte via overflateavrenning, samt via regnvann som infiltrerer berggrunnen gjennom sprekker og åpninger i bergmassen. Det vurderes sannsynlig at vannet står i kontakt med grunnvannsnivået i åsen, grunnet vannets beliggenhet mellom høyere topper i området, i tillegg til at det generelt forventes tynt løsmassedekke. Det er ikke kjent om det befinner seg lag med tett leire e.l. i bunnen av vannet. Eventuelt tynt/fracværende løsmassedekke vil trolig føre til at eventuelle lekkasjer til tunnel raskt vil kunne påvirke vannstanden i Kilstivatnet, dersom det finnes vannførende sprekker i bergmassen mellom vannet og tunnel, og det ikke gjøres tiltak i tunnel for å begrense innlekkasje.

Det foreligger ikke informasjon om bergmassens vanngiverevne i området ved Kilstivatnet. Hydraulisk konduktivitet i norske gneiser og metamorfe, magmatiske bergarter varierer ofte mellom ca. $1 \cdot 10^{-6}$ m/s til $1 \cdot 10^{-12}$ m/s. Vanngiverevne i slike bergarter er vanligvis moderat til noe høy, med ca. 400-600 l/time [23]. For å bestemme bergmassens hydrauliske konduktivitet kreves det grunnboringer.

Erfaringer tilsier at tunneler ofte har størst påvirkning på grunnvannsnivå innenfor en avstand på 300 m i horisontal avstand fra tunnel [8], men dette vil avhenge av tetthetskrav i tunnel. Dette er riktignok sterkt avhengig av sprekker og svakhetssoner i bergmassen, og det finnes flere eksempler på påvirkning i større avstander. I tilfeller hvor tunnelen ligger dypt under terrengoverflaten forventes det et større influensområde enn der det er liten bergoverdekning. På en annen side vil effekten av en lekkasje fordeles over et større område, og senkning av grunnvannsnivået rett over tunnelen vil bli mindre. En senkning av grunnvannstrykk ved tunnelnivå vil ikke nødvendigvis medføre en direkte avsenkning av grunnvannstand høyere opp i bergmassen direkte over tunnel. I stedet kan trykkreduksjonen ofte følge sprekker og svakhetssoner, og kan bli avskåret av tette lag. Store deler av Kilstivatnet og vannets nedbørsfelt antas å være innenfor influensområdet til tunnelen. Tunnelen krysser under vannets nedbørsfelt over en strekning på ca. 2,4 km.

Det er kartlagt enkelte svakhetssoner omkring Kilstivatnet (figur 7). Det ses ofte større lekkasjer i tunneler i forbindelse med svakhetssoner, da disse ofte består av oppsprukket berg og kan være gjennomtrengende ned til tunnelnivå. Forbindelser mellom vannet og tunnel kan være uheldige med tanke på negativ påvirkning på Kilstivatnet. Det er usikkert om svakhetssonene vist i figur 7 er utholdende ned til tunnelnivå. Det forventes at sprekker og svakhetssoner kan lukke seg mot dypet, grunnet høye bergspenninger.

Det er kartlagt en svakhetszone mellom Grøtdalsvatnet og Raudbergvika. Grøtdalsvatnet befinner seg ca. 1,1 km sør for tunnel og anlegg, og det er lite trolig at vannet vil påvirkes av undergrunnsanleggene til tross for svakhetssonen. Det presiseres likevel at det kan være en usikker sammenheng. Verpedalsvatnet er lokalisert ca. 600 m nord for tunnel, og det er ikke kartlagt svakhetssoner mellom vannet og tunnel. Vannet

anses dermed ikke å være i faresonen for påvirkning, men eventuelle tett tiltak i tunnel i forbindelse med Kilstivatnet vil også redusere restrisiko for påvirkning på Verpedalsvatnet.

4.3.2 Sårbarhet for Kilstivatnet

For vurdering av vannforekomstens sårbarhet mot innlekkasjer i tunnel er det utført vannbalanseberegninger. Beregningene er basert på terrengmodeller og vannforekomstenes nedbørsfelt, samt Kilstivatnets sårbarhet.

I forbindelse med etablering av Holsfjordtunnelen ble det vurdert at lekkasjer i tunnel på mindre enn 10 % av vannforekomstens normalavrenning gir liten eller ingen effekt på forekomsten [24]. Denne tilnærmingen er benyttet i vannbalanseberegningene for å vurdere sårbarhet for forekomster og behov for tetthetskrav i tunnel. Metoden er en teoretisk tilnærming og består derfor av usikkerheter knyttet til forhold som avrenning og områdeavgrensning for området tunnelen drenerer grunnvann fra, eller om vannforekomstene står i kontakt med grunnvann. Metoden tar ikke hensyn til bergmassens hydrauliske konduktivitet, da den kun vurderer hva vannforekomster kan tåle.

Med et nedbørsfelt på ca. 3,21 km² og årlig middelavrenning på ca. 46 l/s pr. km², utgjør avrenningen ca. 8860 l/min over hele nedbørsfeltet. Nedbørsfeltet er dermed stort og relativt godt rustet for eventuell innlekkasje til tunnel. Til tross for dette er det sannsynlig at vannet vil kunne påvirkes av tunnel dersom det ikke gjøres tiltak. Høyt grunnvannstrykk på tunnelnivå og tunnel nær direkte under vannet vil trolig kunne føre til påvirkning på vannet, dersom det ikke gjøres tett tiltak i tunnel. Det vurderes derfor at det er behov for tetthetskrav over en strekning av tunnelen.

4.4 Syredannende bergarter

Enkelte bergarter kan under gitte forhold være syredannende og forårsake sur avrenning. Ifølge veileder fra NGI kan sulfidmineraler i bergarter omdannes til svovelsyre og andre sulfatforbindelser og mineraler som kan føre med seg miljømessige og byggetekniske problemstillinger. Svarte og mørke leirskifre er de mest kjente bergartene som har syredannende potensiale [25]. Syredannende bergarter krever spesiell håndtering ved deponering og lagring.

Risiko for syredannende bergmasser må kartlegges nærmere fra kjerneboring. Om det identifiseres mulig syredannende bergarter må det utføres videre undersøkelser for å avgjøre om bergartene trenger spesiell håndtering. Foreløpige resultater fra kjerne logging viser ikke tegn til sulfidrike bånd i gneisen, men tilstedeværelsen kan heller ikke utelukkes.

4.5 Anvendbarhet av steinmateriale

Det er antatt at masser som skal tas ut i forbindelse med tunneldrivingen primært vil være gneis. I den vestre delen av tunneltraseen, i nærheten av kartlagte peridotittiske linser, kan en ikke utelukke tilstedeværelse av flere linser med peridotitt.

Gneis har ofte gode bergmekaniske egenskaper som gjør at det egner seg godt til byggetekniske formål, herunder pukk og som tilslag i betong og asfalt. Ved høyt innhold av flakige mineraler som muskovitt/biotitt o.l. vil imidlertid egenskapene være for dårlige for teknisk bruk. Kartlegging av borede kjerner i Raudbergvika indikerer at gneisen i området for oppdrettsanlegget har en del innhold av biotitt. Det anbefales at en endelig avklaring av brukbarhet gjøres gjennom prøvetaking og testing.

Peridotitt er en dypbergart med høyt innhold av olivin. Bergarten har normalt lavere mekanisk styrke enn gneis. Olivin er et industrimineral med høyt magnesiuminnhold og brukes som slaggdanner i fremstilling av råjern. Det er kjent at olivin har gode egenskaper for absorpsjon av tungmetaller, og olivinsand har blitt

benyttet som tildekkingsmateriale av forurensede masser. Olivin kan også ha egenskaper i form av karbonfangst. Peridotitt har gjerne høy egenvekt, ved Raudbergvika målt til ca. 3200 kg/m³ [10], noe som gjør den egnet som ballaststein og utfylling i sjø. Olivin fra Raudbergvika har ifølge tidligere driver av gruen Sibelco Nordic AS ingen kommersiell verdi da det ikke er etterspørsel etter olivin med gitte karakteristika og kvalitet. Det antas derfor at peridotitt som påtreffes ikke er egnet for kommersiell-/industriell bruk og bergmassen må benyttes til andre formål.

Ved eventuell deponering av bergmasse må metallinnhold og bergmekaniske egenskaper analyseres i laboratorium da dette kan ha betydning for bruksområder for massene, samt miljømessig påvirkning. Dette gjelder særlig ved eventuell deponering av peridotitt.

5 Tolkningsdel - Anleggsgjennomføring

5.1 Driveforhold

5.1.1 *Borbarhet og sprengbarhet*

Tester av borbarhet og sprengbarhet til bergartene er ikke utført.

Erfaringsmessig forventes en middels til høy borbarhet (DRI) og lav til medium borslitasjeindeks (BWI) for gneisbergarter. For pegmatitten forventes en lav borbarhet og lav borslitasjeindeks [26]. Det kan likevel ikke utelukkes at det vil være noe forskjellige egenskaper med hensyn til borbarhet og borslitasje i ulike variasjoner av gneis, og bånd av pegmatitt, migmatitt, øyegneis og granodioritt. Det vil f.eks. være forskjeller mellom relativ homogen granittisk gneis (bestående av hovedsakelig omdannet granitt) og heterogen båndet gneis bestående av vekslende lyse og mørke bergartsbånd, med noe forskjellige egenskaper med hensyn til sprøhet/seighet og borslitasje.

5.1.2 *Bore- og ladevansker*

I deler av tunnelen hvor foliasjonen i gneisen har liten vinkel til tunnelaksen, vil boreavvik være mer sannsynlig enn ellers. Dette kan være tilfelle i store deler av tunnelen, da det er vurdert at hovedstrukturen i gneisen (foliasjon) går subparallelt tunnelaksen. Det er derimot usikkert hvor stor innvirkning dette vil ha for boring, da sprekkeavstanden kan øke mot dypet.

Bore- og ladevansker kan oppstå i tilknytning til leirfylte soner eller slepper. Det forventes ikke hyppige bore- eller ladevansker, men dette kan oppstå i forbindelse med eventuelle leirslepper eller knusningssoner.

Dersom det under driving påtreffes vannlommer med høyt trykk kan dette gi utfordringer med boring og lading.

5.2 Stabilitet

5.2.1 *Bergspenninger*

Nær dagen ved påhugg Eidsdal er største hovedspenning sannsynligvis orientert parallelt med dalsiden, og minste hovedspenning orientert normalt på dalsiden. Dypere inn i fjellmassen antas det at største hovedspenning dreier mot en vertikal retning mens minste hovedspenning er orientert mer horisontalt.

Resultatene fra bergspenningsmålinger i Raudbergvika viser at spenningsretningene er sterkt påvirket av topografien. Den største hovedspenningen faller parallelt med fjellsida, mellomste hovedspenning er temmelig flattliggende, med strøk langs fjorden, mens minste hovedspenning står tilnærmet normalt på fjellsida.

I gruveanlegget i Raudbergvika er det observert flere spenningsrelaterte stabilitetsproblemer, med stressete pillarer mellom tverrortene, resulterende i avskallinger og nedfall. Spenningsproblemene skyldes trolig en kombinasjon av stor spenningsanisotropi i området, stort berguttak, samt innvirkning av kryssende svakhetssoner.



Figur 14: Stresset pilar mellom tverrslag i linse 2, nivå +20. Avskallinger har ført til at øvre del av pilaren er uten fot. Bildet er tatt mot (vest).

Med unntak av påhuggsområdene i Eidsdal og Raudbergvika, er det forventet at største hovedspenning vil opptre vertikalt. Med en bergoverdekning på 400-900 m forventes den teoretiske gravitative spenningen å være høy, 10-23 MPa, gitt en densitet av bergmassen på 2600 kg/m³. Høye bergspenninger kan forårsake avskallinger og sprak i tunnelen.

Bergspenningsproblemer og bergslag er kjente problem i eksisterende tunneler i regionen. Følgende tunneler er nevnt som eksempler i *Norges tunnelgeologi* [27] over tunneler i den nordvestre gneisregionen hvor det er erfart problemer knyttet til bergspenninger:

- For vegtunnelene i Tafjord er største og minste hovedspenning ble målt til henholdsvis 24 MPa og 5,9 MPa.
- I veitunnelene på Strynefjellet ble største og minste hovedspenning innmålt til henholdsvis 20,8 MPa og 3,6 MPa, men grunnet betydelige horisontalspenninger på tvers av tunnelen var det mer moderate problemer som oppsto.
- Store bergspenningsproblemer oppsto også i Høyanger vegtunnel, hvor det i en båndet gneis ble målt største og minste hovedspenning til henholdsvis 29 MPa og 14 MPa, og 33,4 MPa og 8,1 MPa i en granittisk gneis. Her var det behov for å støpe langs en vannførende sone.
- Det var også problemer i Fjærlandstunnelen med målt største og minste hovedspenning til 25,7 MPa og 6,5 MPa, hvor de største bergspenningsproblemene var i øyegenis. Her hadde de også problemer med vanninnbrudd fra en lomme med grunnvann, men lekkasjene avtok fort.

Det pågår for tiden bygging av en tunnel mellom Korsmyra og Indreeide, ca. 10 km sør for Eidsdal. Det anbefales å innhente erfaringer fra denne tunnelen i detaljprosjekteringsfasen.

Grad av spenningsanisotropi vil ha innvirkning på omfanget av spenningsrelaterte stabilitetsproblemer. Ved høye horisontale spenninger på tvers av tunnelens lengdeakse vil risikoen for å få spenningsrelaterte problemer reduseres noe. Størrelsen på horisontalspenningene og graden av spenningsanisotropi langs planlagt tunneltrasé kan derimot ikke fastsettes på nåværende tidspunkt.

5.2.2 Sikringsbehov tunnel

All bergsikring må prosjekteres på grunnlag av kartlegging av stedlige geologiske og hydrogeologiske forhold ved stoff kombinert med in-situ bergspenninger. Stabilitetssikringen forventes hovedsakelig å bestå av bolter og fiberarmert sprøytebetong. Sikringen skal utføres systematisk og i hovedsak på stoff. Sikringsomfanget tilpasses bergkvaliteten lokalt, slik at tilfredsstillende stabilitet oppnås.

I områder av tunnelen med tilstedeværelse av høye bergspenninger må sikring prosjekteres og vurderes spesielt. Sprak og avskalling utgjør en sikkerhetsrisiko på stoff, og særskilte sikkerhetshensyn må fattes. Som sikring kan det bli aktuelt å benytte endeforankrede bolter og sprøytebetong med høy energiabsorpsjonsklasse, eventuelt flere omganger med bolting og påføring av sprøytebetong. Tilpassing av tidspunkt for installasjon av sikring kan også være aktuelt. Det henvises til NFFs håndbok nr. 05 «Tung bergsikring for undergrunnsanlegg» [28] for detaljer rundt sikring ved sprakeberg og høye bergspenninger. Det presiseres at det på nåværende tidspunkt ikke kan tas en beslutning for reelt omfang av nødvendig bergsikring.

I dårlig bergmasse og ved kryssing av svakhetssoner vil det kunne være nødvendig å iverksette ett eller flere ulike drive- og sikringsmessige tiltak. Dette kan være bruk av spilingbolter, utvidelse av tunnelprofilen for å få plass til tung sikring, samt bruk av korte salver og/eller oppdeling av tverrsnittet. Dimensjonering av sikring i svakhetssoner må vurderes spesielt i hvert tilfelle. Størrelse, orientering og kompleksitet av svakhetssoner vil blant annet være viktige parametere som innvirker på stabilitetsnivået.

Sikring av mindre svakhetssoner og sprekkesoner forventes å kunne gjøres med sprøytebetong påført i tykkere lag sammen med bolter satt i tett mønster, tilpasset de geologiske forholdene. Sikring av større svakhetssoner og forkastninger forventes å gjøres med tett bolting og sprøytebetong i tykkere lag, kombinert med enkelt- eller dobbeltarmerte sprøytebetongbuer.

5.2.3 Sikring av påhuggsområder

5.2.3.1 Sikring mot skred

Ved påhugg Eidsdal er det vurdert at tiltaket har tilstrekkelig sikkerhet mot skred i henhold til TEK17 §7-3. For detaljer se RA-09 [19].

For å etablere byggverk/tiltak i området ved Raudbergvika som kommer innenfor sikkerhetsklasse S1, S2 og S3, må det utføres sikringstiltak mot dimensjonerende skredtype. Det anbefales å etablere skredsikringsvoller og sikkerhetssoner i underkant av dagbrudd, i tillegg til å utføre generell rensk og sikring i områder utenfor og i kant av dagbruddene. Også installasjon av fanggjerd er vurdert. Dimensjonering av sikringstiltak må detaljprosjekteres og gjennomførbarheten til sikringstiltakene vurderes. Den henvises til rapport RA-01 [21] for detaljer rundt denne vurderingen.

5.2.3.2 Bergsikring

Påhuggene i Eidsdal og Raudbergvika forventes sikret med subhorisontale forbolter bundet sammen med fjellband og radielle bolter. Disse settes fra utsiden før første salve sprenges. Bruk av delte og halve salver i påhugget er aktuelt. Endelig plan for sikring og driving av påhugget legges når bergmassen i påhuggsflatene er avdekket.

5.3 Tetthetskrav

Det vurderes at et overordnet tetthetskrav i tunnel vil være tilstrekkelig for å redusere lekkasjer i tunnel i stor nok grad til at Kilstivatnet ikke vil påvirkes. Tett tiltakene må opprettholdes over strekningen hvor tunnelen krysser vannets nedbørsfelt samt nærliggende svakhetsone, dvs. over en strekning på ca. 2,4 km (se figur 15).

Dersom det teoretisk kan tillates at 10% av avrenningen til Kilstivatnets nedbørsfelt kan lekke inn i tunnel, og tunnelen krysser vannets nedbørsfelt over en strekning på 2,4 km, utgjør dette ca. 35 l/min pr. 100 m tunnel. Dette er imidlertid basert på områdets middelavrenning gjennom 30 år (1961-1990). Kilstivatnet er en drikkevannskilde som er helt avhengig av tilstrekkelig tilsig også i tørre perioder i året, og i tørre år i årene fremover. Det er ikke kjent hvordan klimaendringer vil påvirke områdets avrenning, men det bør tas høyde for at det kan komme tørre perioder i fremtiden. Med bakgrunn i dette foreslås det at det settes et foreløpig tetthetskrav i tunnel på 20 l/min pr. 100 m tunnel, over strekningen vist i rødt på figur 15.



Figur 15: Område av tunnel hvor det foreslås tetthetskrav, sammenstilt med nedbørsfelt for Kilstivatnet og tunneltrasé.

5.4 Sonderboring og injeksjon

5.4.1 Innlekkasje og tetthetskrav

Basert på observerte vannforhold i gruvesystemet i Raudbergvika forventes ikke bergmassen langs traseen å være spesielt vannførende og det forventes ikke stort behov for injeksjon i hoveddelen av tunnelen. Det kan likevel ikke utelukkes at vannførende svakhetssoner eller åpne vannførende sprekker kan opptre, og med hensyn til den høye overdekningen kan det potensielt forårsake vann under høyt trykk på tunnelnivå. Dette kan føre til behov for injeksjon for å sikre stabilitet eller av driftsmessige årsaker.

Under nedbørsfeltet til Kilstivatnet er det anbefalt å sette et tetthetskrav på 20 l/min pr. 100 m tunnel i et ca. 2,4 km langt strekke av tunnelen. Det anbefales at det utføres behovsprøvd forinjeksjon i dette partiet for å ivareta kravet, se egen beskrivelse i kap. 5.4.3.

5.4.2 Utførelse av sonderboring

Det anbefales at det utføres sonderboring for kontroll av bergkvalitet og potensielle større innlekkasjer.

Antall sonderhull, plassering av og stikning i forhold til tunnelaksen og opptredende sprekkeretninger bør vurderes underveis i tunneldrivingen slik at de best mulig fanger opp strukturgeologien og lekkasjeførende sprekker. Måling av innlekkasjer fra sonderborehullene brukes til å vurdere potensielle innlekkasjer, og benyttes til å vurdere behov for eventuell forinjeksjon.

5.4.3 Behovsprøvd forinjeksjon

Forinjeksjon på delstrekninger i tunnelen anbefales utført som behovsprøvd. Det vil si at behovet for utførelse av forinjeksjon fattes på stoff for hver enkelt sonderrunde, basert på registrerte innlekkasjer fra sonderhull, samt resultater fra foregående sonderunder og eventuelle injeksjonsrunder. Avhengig av innlekkasjer som registreres ved sonderboringen har behovsprøvd injeksjon tre utfall:

1. Det utføres ikke injeksjon på den gitte delstrekningen
2. Injeksjonen utføres som et fåtall skjermes, med eller uten overlapp, over en definert delstrekning (usammenhengende injeksjonsskjermer)
3. Injeksjon utføres som sammenhengende injeksjonsskjerm over hele den definerte delstrekningen.

For etablering av prosedyrer for utførelse av forinjeksjon legges NFFs håndbok nr. 06 «Praktisk berginjeksjon for undergrunnsanlegg» [29] til grunn.

5.4.4 Vann- og frostsikring

Endelig omfang vannsikring bestemmes etter at tunnelen er drevet. Det anbefales at det legges opp til behovsprøvd vannsikring, der lokale lekkasjer/vanndrypp som skaper utfordringer vannsikres.

Det bør vurderes frostsikring av tunnelen i det første partiet innenfor tunnelportaler. Omfang vurderes i detaljprosjekteringsfase.

5.5 Rystelser fra sprengningsarbeider

Rystelser ved sprengning vil kunne ha påvirkning på bebyggelse som ligger i nærheten av området hvor det skal sprenges. Norsk standard NS 8141 «Vibrasjoner og støt» [30] fastsetter metoden for å bestemme veiledende krav til vibrasjoner i forbindelse med anleggsvirksomhet. NS 8141:2001 anbefaler at det ved anleggsvirksomhet som kan gi vibrasjoner utføres besiktigelse for bygninger nærmere enn 100 meter ved fundamentering på løsmasser og 50 meter ved fundamentering på berg.

Sprengningsarbeider i forbindelse med tunnelen skal i hovedsak foregå med stor avstand til eksisterende bygg og konstruksjoner. Korteste avstand til bygninger er ved påhuggsområdet i Eidsdal. Avstanden her er derimot >100 m og det antas at det ikke vil være behov for å fastsette grenseverdier for vibrasjoner for bygninger.

Ved passering av eksisterende gruveanlegg i Raudbergvika kan rystelser fra sprenging trolig kunne føre til nedfall av blokker i eksisterende gruveganger. Det må vurderes tiltak for å redusere rystelser, samt vurdere begrensninger av aktivitet i gruvesystemet under tunneldrivinga.

Ved sprengning i dagen under bratt terreng, kan rystelser føre til økt sannsynlighet for steinsprang. I Raudbergvika er overliggende terreng preget av tett oppsprukket bergmasse og løsmasser som ligger på rasvinkel i pallhyllene i dagbruddene. Rystelsesreducerende tiltak ved sprengning i dagen må derfor vurderes. For sprengning i dagen i påhuggsområdet i Eidsdal er det vurdert at det ikke er sannsynlig at rystelser vil kunne utløse steinsprang med utløp ned mot påhuggsområdet.

Eksempler på rystelsesreducerende tiltak vil kunne være økt tennerintervall, kortere eller delte salver, mindre salver i dagen eller bruk av presplitt.

5.5.1 Prøvetaking av sleppemateriale

Det bør foretas prøvetaking av eventuelt sleppemateriale og testing av svelleegenskaper ved mistanke om svellende mineraler. Materialinnhold i leirslepper/svakhetssoner vil inngå i vurderingen av permanent sikring.

6 Videre arbeider

6.1 Hydrogeologiske undersøkelser

Det bør etableres en vannstandsmåler i Kilstivatnet. I tillegg anbefales det at det bores et borehull i berg nær Kilstivatnet og tunnel, som kan overvåke grunnvannsnivået i berget. Grunnet vanskelig adkomst kan dette bli krevende å få til. Plassering og gjennomførbarhet må vurderes. Overvåkingen bør starte i god tid før tunnelen startes å drives, helst minimum et år tidligere. Borehullet instrumenteres opp med trykksensor slik at variasjoner i grunnvannsnivå kan kartlegges. På denne måten kan naturlige variasjoner i grunnvannsnivå og vannnivå i vannet overvåkes i forkant av drivingen, i tillegg til at sensorene vil fange opp unaturlige variasjoner når tunnelen drives. Eventuelle lekkasjer i tunnel vil raskere fanges opp i et overvåkingshull i berg enn i Kilstivatnet, og tiltak i tunnel kan dermed igangsettes før Kilstivatnet påvirkes. I tillegg kan vanntapsmålinger i borehullet kunne gi indikasjoner på bergmassens hydrauliske konduktivitet. Plassering og gjennomførbarhet av borehull i berg må vurderes nærmere.

Til tross for at det er få husstander i nærheten av tunnelen, bør det undersøkes om det finnes private grunnvannsbrønner i nærheten av tunneltraseen.

6.2 Ingeniørgeologisk prosjektering og oppfølging

Det vil være behov for ingeniørgeologisk detaljprosjektering både før bygging og under bygging. Fagansvarlig ingeniørgeolog for prosjektering bør ha minimum 10 års erfaring.

Ingeniørgeologisk detaljprosjektering kan deles i to faser:

1. Prosjektering før oppstart av tunneldriving
2. Prosjektering og oppfølging i anleggsfase

I fase 1 vil arbeidene normalt omhandle detaljprosjektering for grunnlag til konkurranse/utførelse, med prinsipper for uttak og bergsikring.

I fase 2 må permanent bergsikring prosjekteres på grunnlag av kartlagte grunnforhold ved stoff i tunnelen etter hver salve. Det vil være behov for tett oppfølging av ingeniørgeolog på anlegget som er til stede ukentlig. Det vil være aktuelt å følge entreprenørens skiftordning. Ansvarlig ingeniørgeolog for oppfølging på anlegget (teknisk byggeledelse) bør ha minimum 10 års erfaring. Vedkommende vil ha følgende ansvarsområder:

- Verifisering av stedlige forhold og kartlegging av bergmassen under driving (etter hver salve)
- Bestemmelse av omfang og metode for permanent bergsikring
- Dokumentasjon av geologisk kartlegging og bergsikring
- Vurdering av injeksjonsbehov

6.3 Anbefalinger ved utførelse

På grunn av stor overdekning, og erfaringer fra andre tunneler i regionen, er det ventet høye bergspenninger i bergmassen. Det vil være avgjørende for utførelsen at kontrahert entreprenør har referanser fra lignende prosjekter og erfaring med håndtering av bergslag, vann under trykk og andre spenningsrelaterte problemer, for å ivareta sikker utførelse av prosjektet.

7 Vurdering av restrisiko

Følgende restrisikoer er identifisert i forbindelse med driving av tunnelen mellom Eidsdal og Raudbergvika, og forutsettes ivaretatt under videre detaljprosjektering og oppfølging av tunnelarbeidene av personale med ingeniørgeologisk/hydrogeologisk kompetanse:

- Bergspenninger
 - Risiko forbundet med høye vertikale spenninger som kan medføre sprak, avskallinger og bergslag i tunnelen.
 - Avskallinger og bergslag under driving utgjør en risiko for personell. Sikkerhetsrutiner må utarbeides.
- Risiko for å påtreffe vann under trykk under driving.
- Restrisiko knyttet til innlekkasje av vann i tunnelen og grunnvannssenkning. Det er lite sannsynlig at innlekkasjer vil påvirke Kilstivatnet, så lenge tunnellekkasjer følges opp under drivingen og tetttiltak utføres dersom det ses nødvendig.
- Skredfare ved påhuggsområde i Raudbergvika. Detaljprosjektering og vurdering av gjennomførbarheten til sikringstiltak må vurderes (jf. RA-01 [21]).
- Svakhetssonenes karakteristikk vil avgjøre omfang av nødvendig sikring, og må vurderes spesielt i hvert tilfelle. Tilstedeværelse av svellende materiale kan utløse behov for tyngre sikring.
- Potensiell risiko for spredning av forurensing som følge av sur avrenning dersom det er tilstedeværelse av sulfidholdig berg som ikke håndteres og/eller deponeres riktig.

Den begrensede mengden data som foreligger som grunnlag for denne rapporten medfører usikkerhet knyttet til flere av vurderingene som er gjort. Vurderinger som er gjort i denne planfasen må derfor verifiseres når mer data blir tilgjengelig. Eventuelle forhold som avviker fra antagelser, vil kunne medføre en revisjon av tolkninger og anbefalinger som er gjort.

8 Referanser

- [1] Norgeskart, «Norgeskart,» 2021. [Internett]. Available: norgeskart.no.
- [2] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, «Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven),» 2008. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>.
- [3] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggteknisk forskrift (TEK17) - Veiledning om tekniske krav til byggverk,» 2018. [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17>.
- [4] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggesaksforskriften (SAK10) - Veileder til byggesaksforskriften,» 2018. [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggeregler/sak/>.
- [5] Norsk Standard, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode 0 - Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner,» 2016.
- [6] Norsk Standard, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 Eurokode 7 - Geoteknisk prosjektering».
- [7] Lovdata, «Lov om vassdrag og grunnvann (vannressursloven),» 1. juli 2021. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-11-24-82>. [Funnet 8. oktober 2021].
- [8] Statens Vegvesen, «Miljø- og samfunnstjenelige tunneler. Publikasjon 103. Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø.,» Vegdirektoratet, Oslo, 2003.
- [9] Norconsult, «RA-05 WHS Raudbergvika - Ingeniørgeologisk rapport for berganlegg. Reguleringsplan,» 2021.
- [10] L. Alnæs og A. Myrvang, «Bergmekaniske undersøkelser ved Raudbergvik underjordsgruve, Møre og Romsdal,» SINTEF Bygg og miljøteknikk, 1999.
- [11] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» NGU, [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/. [Funnet 7. oktober 2021].
- [12] NGU, «GRANADA. Nasjonal grunnvannsdatabase,» NGU, [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/granada/>. [Funnet 7. oktober 2021].
- [13] NINA Norsk institutt for naturforskning, «Analyse av naturens sårbarhet i forhold til planlagt ny vannoverføringstunnel Holsfjorden-Oslo,» NINA, Oslo, 2000.
- [14] NVE, «NEVINA Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse,» NVE, [Internett]. Available: <https://nevina.nve.no/>. [Funnet 7. oktober 2021].
- [15] Miljødirektoratet, «Naturbase kart,» [Internett]. Available: <https://geocortex01.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase>. [Funnet 10. oktober 2021].
- [16] NGU, «Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase,» NGU, [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/. [Funnet 7. oktober 2021].

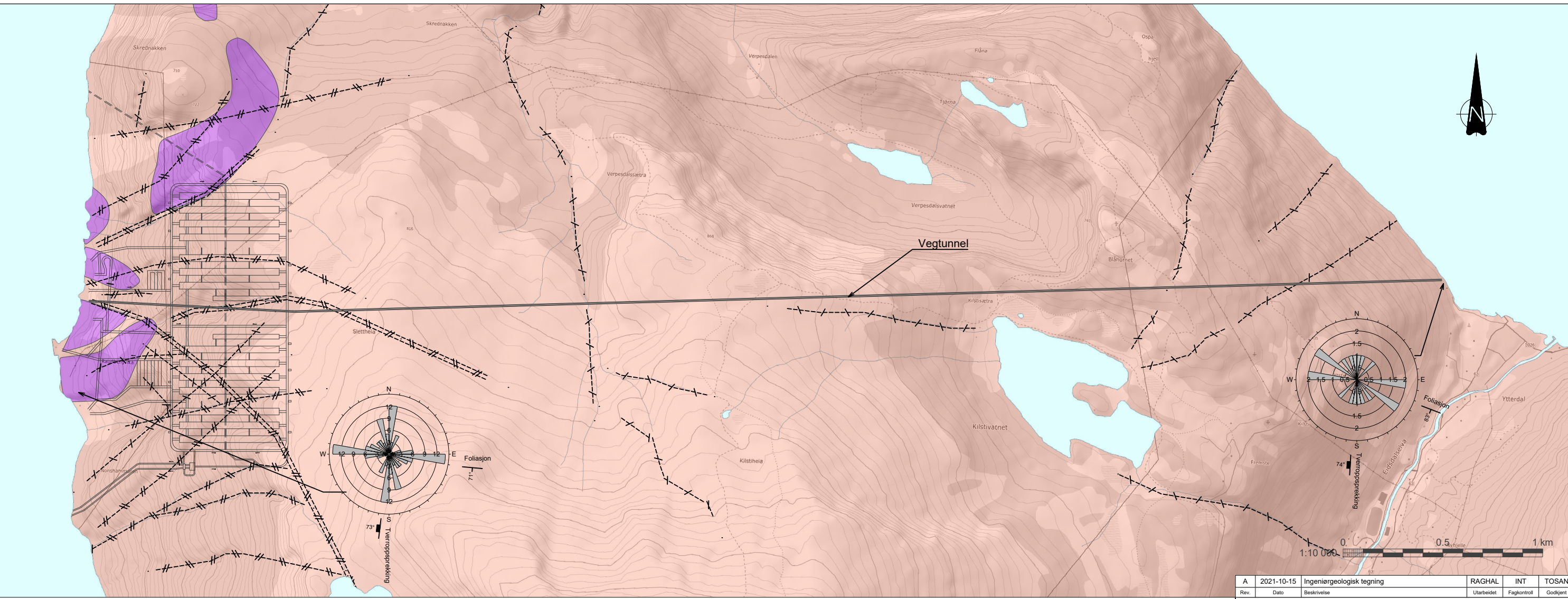
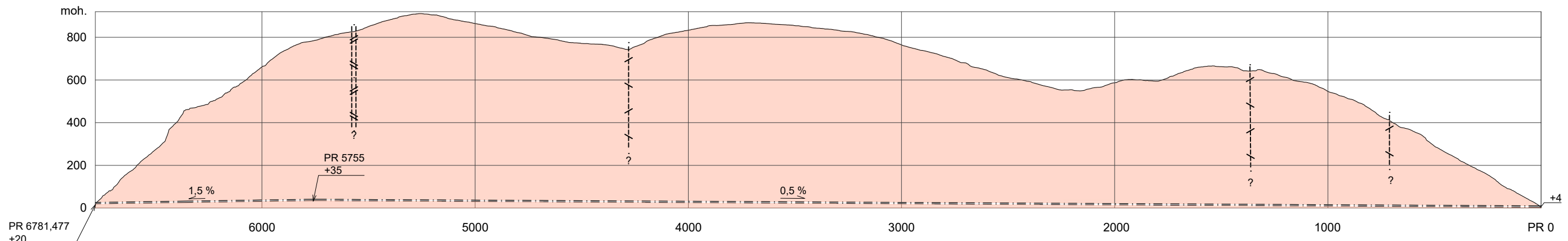
- [17] R. Osland, «Ultramafic rocks in Raudbergvik,» i *Modelling of variations in Norwegian olivine deposits*, Trondheim, NTNU, 1998, pp. 25-60.
- [18] Kartverket, 2021. [Internett]. Available: <http://www.kartverket.no>.
- [19] Norconsult, «RA-09 WHS Raudbergvika - Skredfarevurdering. Utvidet reguleringsområde Eidsdal,» 2022.
- [20] Kartverket, «Høydedata, DTM Skyggerelieff,» [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.
- [21] Norconsult, «RA-01 WHS Raudbergvika - Skredfarevurdering. Reguleringsplan,» 2021.
- [22] Den norske pelekommité, «Peleveiledningen,» Norsk geoteknisk forening, 2019.
- [23] NGU, «Statistikk vanngiverevne i forskjellige bergarter. ForForUT deloppgave 3. Statusrapport 2009.,» NGU, Trondheim, 2009.
- [24] T. Holm, L. Erikstad, L. Enander og V. Kveldsvik, «Planning of a 25 km long water supply tunnel in an environmentally sensitiv area,» *NFF Publication*, vol. 12, pp. 65-73, 2002.
- [25] NGI, «Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter - veileder for Miljødirektoratet,» Norges geotekniske insitutt, Oslo, 2015.
- [26] Norwegian Group of Rock Mechanics, Handbook No 2. Engineering geology and rock engineering, 2000.
- [27] F. Løset, Norges tunnelgeologi, 2006.
- [28] Norsk Forening for Fjellspengningsteknikk, Håndbok nr. 05 Tung bergsikring i undergrunnsanlegg, 2008.
- [29] Norsk Forening for Fjellspengningsteknikk, Håndbok nr. 06. Praktisk berginjeksjon i undergrunnsanlegg, 2010.
- [30] Norsk Standard, «NS 8141:2001. Vibrasjoner og støt - Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk,» 2001.

9 Vedlegg

Tegninger:

Tegningsnummer	Tittel
1179-G-O-O-40-009	WHS Raudbergvika. Vegtunnel Eidsdal. Ingeniørgeologisk tegning, plan og snitt

X:\nonoppdrag\Sandvik\520\9\5209949\BIM\ingeniørgeolog\Arkiv\Tunnel Eidsdal_inngjenging\geolog\Tunnel Eidsdal_geologisk snitt. Tolking svakhetszoner, sprekkeløse, svakhetszoner, sprekkeløse, svakhetszoner, 2D, T.F., Sprengning, berggrunnskart



Tegnforklaring

- Antatt svakhetszone, mektighet < 5 m
 - - - Antatt svakhetszone, mektighet 5-10 m
 - ==== Antatt svakhetszone, mektighet >10 m
- Peridotitt (olivinstein)
 - Gneis

Referanser

- Geologisk kart er basert på:
- [1] NGU, «Berggrunn- og løsmassekart.» www.ngu.no
 - [2] R. Osland, «Ultramafic rocks in Raudbergvik,» i *Modelling of variations in Norwegian olivine deposits*, Trondheim, NTNU, 1998, pp. 25-60.

Rev.	Dato	Beskrivelse	RAGHAL	INT	TOSAN
A	2021-10-15	Ingeniørgeologisk tegning			
			Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn formålet tillater.

Artec Aqua AS Målestokk (gjelder A1)
1:10000

WHS Raudbergvika
Vegtunnel Eidsdal

Ingeniørgeologisk tegning
Plan og snitt

Norconsult	Oppdragsnummer 5209949	Tegningsnummer 1179-G-O-O-40-009	Revisjon A
------------	----------------------------------	--	----------------------