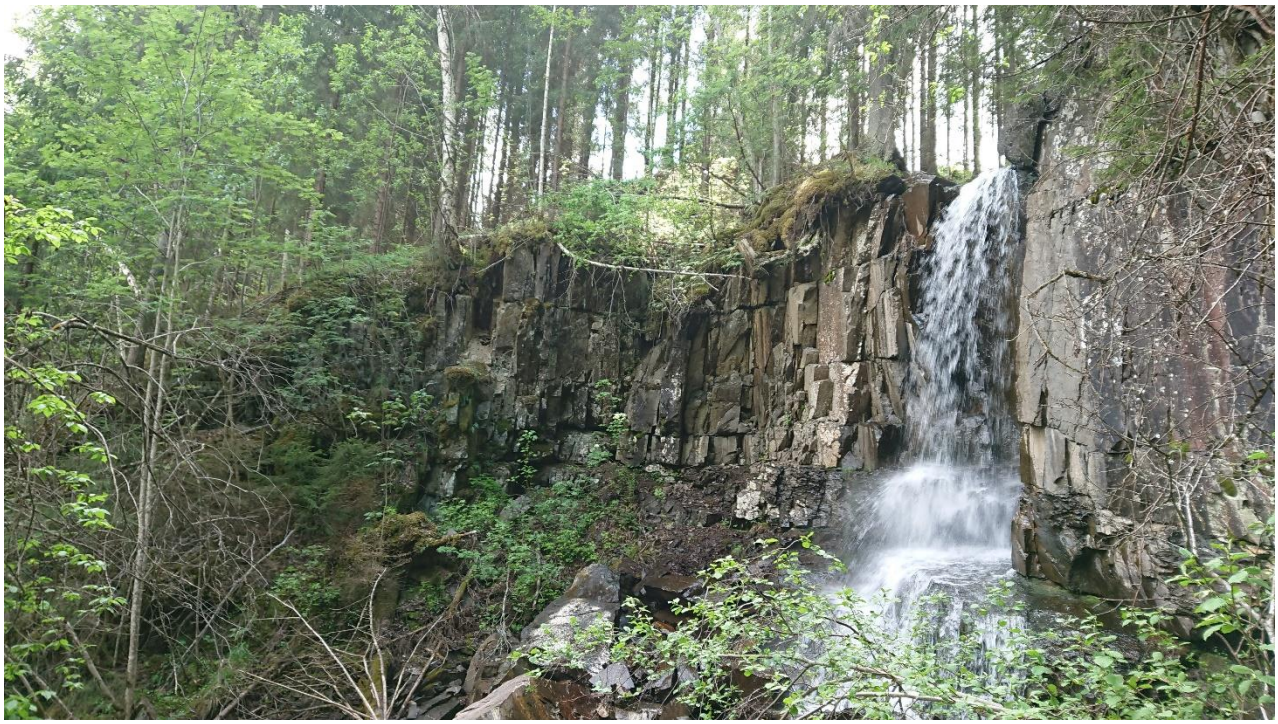


E6 Roterud – Storhove

Delrapport ingeniørgeologi og hydrogeologi Vingnestunnelen

26.03 | 21

Ingeniørgeologisk og hydrogeologisk rapport for reguleringsplan

Nye Veier AS | Tangen 76
4608 Kristiansand
nyeveier.no

Oppdragsnr:	5195019
Oppdragsnavn:	E6 Roterud-Storhove
Dokument nr.:	RAPP-geo-001
Filnavn	RAPP-geo-001 Ingeniørgeologisk-hydrogeologisk rapport, Vingnestunnelen

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
C05	2021-03-26	Til behandling hos planmyndighet	AnOng HeBoe	MaLAn, EiHal	RuWes

Sammendrag

Nye Veier utarbeider reguleringsplan for ny E6 mellom Roterud i Gjøvik kommune og Storhove i Lillehammer kommune. Strekningen er delt i fire parseller, Vingnestunnelen på parsell 4 er eneste tunnel på strekningen.

Vingnestunnelen er en to-løps tunnel som går under kupert terreng som i store deler er dekket av løsmasser med få bergblotninger langs trasê. Tunnelen går fra profil ca. 24.575 til profil ca. 28.842 for både vestgående og østgående tunnelløp (inkludert portaler). Tunnelen vil ha en lengde på ca. 4267 m og ha tverrsnitt T10,2. Tunnelen går på stigning fra påhuggene mot et høybrekk ved profil 26.556. Tunnelen etableres med 8 og 9 utvidelser av profilet for havarilommer i hhv. nordgående løp og sørgående løp (tverrsnitt T13,2), 17 tverrforbindelser mellom tunnelløpene, 4 stoller for tekniske bygg. Søknad om tverrsnitt for tunnel pågår.

Berggrunnen på hele strekningen består av vekslende lag av sandstein og skifer tilhørende Brøttumformasjonen. Vingnestunnelen går gjennom kupert terreng som i store deler av trasê er dekket med løsmasser, og landformer er preget av løsmasseavsetninger. Tunneltraseen krysser et antall forsenkninger i terrenget som antas representere utgående av svakhetssoner. De mest markerte dalsøkkene har N-S retning, i tillegg til dalsøkk som ligger orientert Ø-SØ mot V-NV. Sidet mesteparten av området over traseen er dekket av sammenhengende løsmasser er det derfor knyttes store usikkerheter til svakhetssoner. Det pågår supplerende grunnundersøkelser (kjerneboring og hammerhullsboring).

Tunnelen krysser under flere elver/bekker, blant annet Øyresbekken samt at nordre del av trase ligger rett sørvest for Kollefall. Området over tunnelene er hovedsakelig urørt terreng, med noe bebyggelse/infrastruktur og jordbruksmark i nordre og søndre del av traseen. Overdekning over tunnelen vil maksimalt være ca. 260 meter.

Bergsikring av normalt oppsprukket bergmasse forventes å gjøres med rensk, fiberarmert sprøytebetong og sikringsbolter. Ved kryssing av svakhetssoner og i partier med liten bergoverdekning i påhuggsområdene vil det være aktuelt med forbolting foran stuff for å unngå utrasing av berg på stuff. Endene på forboltene forankres med radielle bolter og sys sammen med bergbånd som så sprøytes inn, eller forankres i sikringsbuer på stuff. 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.

Det anbefales systematisk sonderboring gjennom hele tunnelens lengde, både med tanke på å kartlegge geologi med tanke på stabilitet, innlekkasje og eventuell tilstedeværelse av svartskifer. Tetthetskrav i tunnel er satt til 30 l/min per 100 m tunnel, totalt for to løp, for hele Vingnestunnelen. Tetthetskravene er satt for å ivareta påvirkning på Øyresbekken, samt begrense påvirkning på private brønner.

Innhold

1 Innledning 6
1.1 Beskrivelse av prosjektet 6
1.2 Om rapporten 7
1.3 Geoteknisk kategori 8
1.4 Krav til sikkerhet mot skred 8
1.5 Bestemmende krav for hydrogeologisk prosjektering 8
2 Faktadel – Utførte grunnundersøkelser 9
2.1 Tidligere utførte grunnundersøkelser 9
2.2 Utførte grunnundersøkelser for reguleringsplanfasen 11
3 Faktadel – Beskrivelse av grunnforhold 16
3.1 Topografi, overdekning og løsmasser 16
3.2 Avrenningsforhold og sårbar natur 17
3.3 Berggrunnsgeologi 18
3.4 Bergmassens detaljoppsprekning 20
3.5 Svakhetssoner 28
3.6 Utførte kjerneborhull 29
3.7 Utførte geofysiske målinger 32
3.8 Prøving av steinmateriale 39
3.9 Bergarter med syredannende potensiale 39
4 Tolkningsdel – Vurderinger av grunnforhold 40
4.1 Bergmassekvalitet 40
4.2 Tolkning av svakhetssoner 43
4.3 Bergoverdekning og bergspenninger 45
4.4 Vurdering av geotekniske forhold 46
4.5 Vurdering av grunnvannsforhold 46
4.6 Vurdering av potensielle stabilitetsproblemer i tunnel 47
4.7 Vurdering av påhuggsområder 48
4.8 Vurderinger med hensyn til tunnelgeometri 53
4.9 Svelleleire 53
5 Tolkningsdel - Anleggsgjennomføring 55
5.1 Vurdering av drivetekniske forhold 55
5.2 Grunnlag for fastsettelse av innlekkasjekrav for Vingnestunnelen 61
5.3 Sonderboring og injeksjon 65
5.4 Syredannende bergmasse 67
6 Grov estimat av sikringsmengder og injeksjon i tunnel 69
6.1 Oppsummering estimerte sikringsmengder 71
7 Oppfølging i byggefase 72
8 Videre arbeider fram mot byggestart 73
9 Vurdering av restrisiko og undersøkelser i anleggsfasen 74

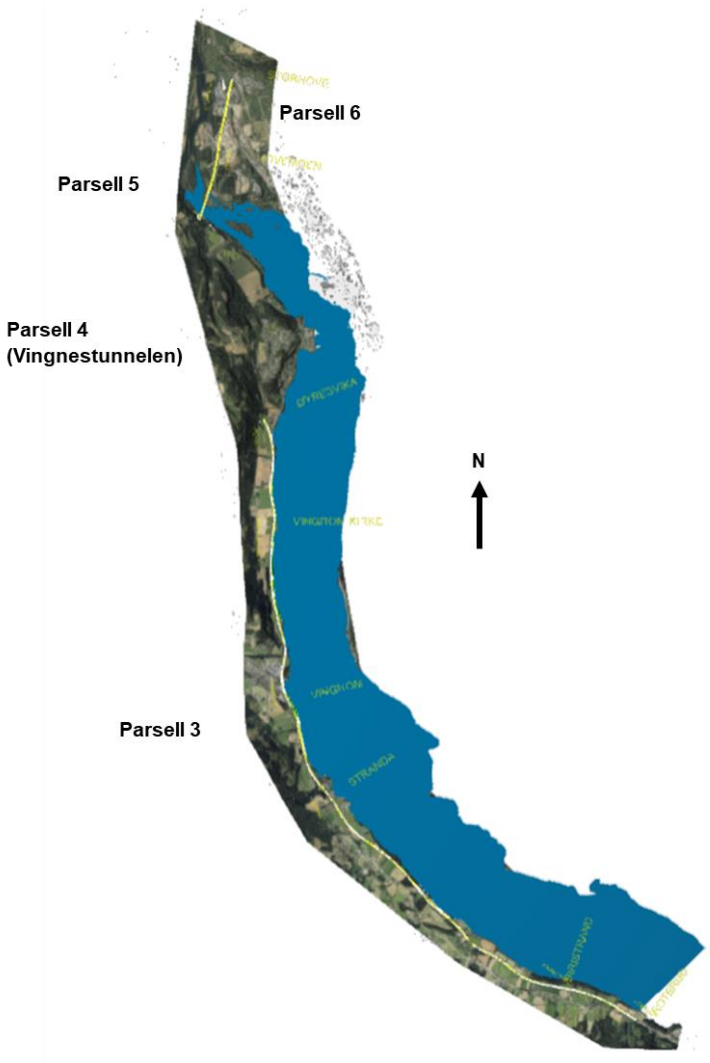
10 Referanser 76
11 Vedlegg 78

1 Innledning

1.1 Beskrivelse av prosjektet

Nye Veier utarbeider reguleringsplan for ny E6 mellom Roterud i Gjøvik kommune og Storhove i Lillehammer kommune. Strekningen er delt i fire parseller, som vist på Figur 1:

- Parsell 3: Roterud-Øyresvika – Hovedandel av dagstrekning, kryss ved Vingrom og Øyresvika
- Parsell 4: Øyresvika-Trosset – Vingnestunnelen inkludert forskjæringer
- Parsell 5: Trosset-Hovemoen – Bru over Lågendeltaet
- Parsell 6: Hovemoen-Storhove – Dagstrekning, kryss ved Storhove



Figur 1: Oversikt over strekningen med parsellinndeling. Klipp fra BIM-modell 23.11.2020

Vingnestunnelen på parsell 4 er eneste tunnel på strekningen.

Vingnestunnelen er en to-løps tunnel som går under kupert terreng som i store deler er dekket av løsmasser med få bergblotninger langs trasê. Tunnelen går fra profil ca. 24.575 til profil ca. 28.842 for både vestgående og østgående tunnelløp (inkludert portaler). Tunnelen vil ha en lengde på ca. 4267 m og ha tverrsnitt T10,2. Tunnelen går på stigning fra påhuggene mot et høybrekk ved profil 26.556. Tunnelen etableres med 8 og 9 utvidelser av profilet for havarilommer i hhv. nordgående løp og sørgående løp (tverrsnitt T13,2), 17 tverrforbindelser mellom tunnelløpene, 4 stoller for tekniske bygg.

1.2 Om rapporten

Denne ingeniørgeologiske – hydrogeologiske rapporten gir en geologisk beskrivelse og ingeniørgeologisk/hydrogeologisk tolkning av forholdene langs traseen til Vingnestunnelen. Rapporten har, etter krav satt i konkurransegrunnlagets del D1.2, detaljnivået til Ingeniørgeologisk rapport for konkurransegrunnlag som beskrevet i N500 Vegtunneler. Momenter som i henhold til håndboken inngår i ingeniørgeologisk rapport for reguleringsplan er også ivaretatt, blant annet mengdeoverslag for sikring og injeksjon.

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 supplerende forundersøkelser/grunnundersøkelser. Faktadelen inkluderer ikke vurderinger og tolkninger som går ut over de observerte eller dokumenterte geologiske forholdene.
- Del II – Tolkningsdelen, bestående av kapittel 4 og 5 beskriver de vurderinger og tolkninger av geologiske og hydrogeologiske forhold for Vingnestunnelen som er gjort, slik som bergmassekvalitet, bergspenninger/stabilitet, grunnvannsforhold langs tunneltraseen og vurderinger av sikringsbehov og forinjeksjon. I kapittel 6, 7 og 8 gjøres det vurderinger av restrisiko, beskrives gjenstående arbeider fram mot byggestart, samt gis anbefalinger for videre oppfølging og undersøkelser i anleggsfasen.

Det henvises til RAPP-ADM-004 *Designbasis* [1] for prosjekteringsforutsetninger. Informasjon i denne rapporten er ment å utfylle forutsetningene i designbasisen, og evt. endre disse ved behov.

1.2.1 Om tegningsvedlegg til ingeniørgeologisk rapport

Det er ikke utarbeidet tradisjonelle ingeniørgeologiske tegninger som vedlegg til denne rapporten. Ingeniørgeologisk og hydrogeologisk beskrivelse og prosjektering fremgår i stedet av egne grunnlagsmodeller og fagmodeller i BIM-modellen.

I henhold til konkurransegrunnlagets kapittel D1.2 skal all prosjektering foregå modellbasert med BIM. Det skal etableres en eneste, unik og felles kilde til informasjon for både dataverktøy, prosjekterende, utførende og byggherren. Denne kilden til informasjon er definert som BIM-modellen. Det er derfor ikke etablert dobbelt opp med ingeniørgeologiske og hydrogeologiske presentasjoner i BIM-modell og tegninger.

I BIM-modellen (3D- og modellbasert) fremgår tunnelanlegget sammen med terreng, planlagte og utførte grunnundersøkelser, tolkning av svakhetssoner, prognose for bergkvalitet og anbefalte innlekkasjekrav for tunnelen. I GIS-modellen (2D/kartbasert) er det vist feltkartlegging, utførte grunnboringer, samt kartgrunnlag fra NGU (berggrunn og løsmassekart) og NVE (aktsomhetskart).

1.3 Geoteknisk kategori

I henhold til Håndbok N500 skal geoteknisk kategori for tunneler settes i henhold til Eurokode 7. Geoteknisk kategori framkommer som en funksjon av prosjektets pålitelighetsklasse (Consequence class/Reliability class) og vanskelighetsgrad.

Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller, slik som tunneler og høye skjæringer, legges i henhold til Eurokode 0 tabell NA.A1(901) normalt i pålitelighetsklasse CC/RC 3.

Tunnelen plasseres i henhold til Håndbok N500 i geoteknisk kategori 3, på grunn av mulig vanskelighetsgrad og skadekonsekvens ved ulykker.

1.4 Krav til sikkerhet mot skred

Risikoakseptkriterier for skred mot veg er gitt i henhold til NA-rundskriv 2014/08. Ut ifra ÅDT for hovedvei vil største tillatte sannsynlighet for skred være 1/1000 pr. enhetsstrekning (1 km).

Det er utarbeidet en egen rapport som omhandler skred fra naturlig sideterreng, se RAPP-geo-004 *Skredfarevurdering.*

1.5 Bestemmende krav for hydrogeologisk prosjektering

Vannressursloven §45, første ledd, sier «Ingen må iverksette grunnvannstiltak som kan være til nevneverdig skade eller ulempe for noen allmenne interesser uten konsesjon fra vassdragsmyndigheten». Det er tatt hensyn til grunnforhold, sårbare naturtyper, friluftsliv, vannforekomster, private brønner og grunnvannsforhold ved utarbeidelse av tetthetskravene for å overholde vannressursloven.

Det må forventes at grunnvannsnivået i åsen vil senkes noe som følge av tunnelanlegget. Tetthetskravene er satt med hensikt å ivareta viktige vann- og naturforekomster, samt minimere ulemper for mennesker og miljø. Tunnelen vil medføre grunnvannsuttak på over 100 m^3/døgn, og er derfor meldepliktig til vassdragsmyndigheten (Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE). Det vil ikke være hensiktsmessig eller praktisk mulig å begrense innlekkasje i tunnel til maksimalt 100 m^3/døgn.

Kap. 3.2 beskriver sårbar natur og avrenningsforhold, mens tetthetskrav og grunnlag for tetthetskrav er beskrevet i kap. 4.5, 5.2 og vedlegg 3.

2 Faktadel – Utførte grunnundersøkelser

2.1 Tidligere utførte grunnundersøkelser

2.1.1 Feltkartlegging

I 2012 utførte ble det utført geologisk kartlegging for trasê fra Øyresvika til Ensby-krysset [22].

Statens vegvesen Region øst har utarbeidet geologisk rapport til kommunedelplan (KDP) for strekningen E6 Vingrom – Ensby [5]. I forbindelse med dette arbeidet er det gjennomført geologisk feltkartlegging for flere forskjellige tunneltraseer mellom Øyresvika – Vingnes/Trosset under høsten 2016.

I 2018 har Nye Veier kartlagt bergmassen i det aktuelle området [4].

Lokasjoner for feltkartlegging utført av Nye Veier er vist i GIS modellen.

2.1.2 Geofysiske undersøkelser

Utførte geofysiske grunnundersøkelser er vist i BIM modellen.

I 2015 ble det gjennomført refraksjonsseismikk ved flere mulige påhuggsområder. Undersøkelsene ble utført av GeoPhysix og resultatene er presentert i to egne rapporter [23][24].

Refraksjonsseismikk ved Øyresvika er utført av Geomap i desember 2018 [20].

Refraksjons- og refleksjonsseismikk samt resistivitet og IP er utført av Ruden AS fra februar 2019 – juni 2019. Metoden er brukt med det formål dels å kartlegge dybde til berg og dels til å kartlegge syredannende bergarter langs tunneltraseen. Undersøkelsene er utført ved, og rapportert for 2 lokaliteter; Øyresvika [16] og Vingnestunnelen [15].

2.1.3 Grunnboringer

Utførte grunnboringer er vist i BIM modellen.

Det er utført totalsonderinger og bergkontrollboringer i området i forbindelse med kommunedelplanen. Grunnboringene som er utført i forbindelse med KDP ble utført 2015 – 2016. Undersøkelsene er rapportert av Mannvit i geoteknisk rapport til KDP [3][5]

Mesta har utført grunnboringer langs strekningen i perioden desember 2018 – juli 2019. Sonic Drilling er utført av NGI ved Øyresvika i perioden mai 2019 – august 2019 [18]. Det er totalt boret 8 hull. Det ble samtidig etablert vannstandsrør i tre av punktene.

GeoDrilling AS har boret et 90,6 m dypt kjernehull ved Kolberg [19]. Kjernehullet ble boret for å kartlegge fordelingen mellom sandstein og skifer, for å sammenlikne med de geofysiske undersøkelsene, samt for å kartlegge bergmassekvaliteten.

2.1.4 Laboratorieanalyser

Statens vegvesen prøvetok i forbindelse med KDP bergartsprøver fra 4 lokaliteter som ble analysert ved Micro Deval- og Los Angeles- analyser [5].

Det er utført kjemisk analyse av svartskifre i Brøttumformasjonen. Undersøkelsene ble utført og rapportert av NGU [21].

Det er utført analyse av syredannende potensiale i skifer fra Brøttumformasjonen. Analysene er gjort på 9 skiferprøver som Nye Veier har tatt fra bergblotninger i dagen [25] og prøvepunkter fremgår av GIS modellen.

I forbindelse med prosjektering for reguleringsplan er det også utført supplerende tester på steinprøver fra kjerneborhull K1 med hensyn til syredannende potensiale [19].
En sammenstilling av tidligere utførte og supplerende tester på stein fra Brøttumformasjonen er gitt i RAPP-geo-005 *Fagrapport Geokjemiske analyser av Brøttumformasjonen*.

2.1.5 Nærliggende berganlegg

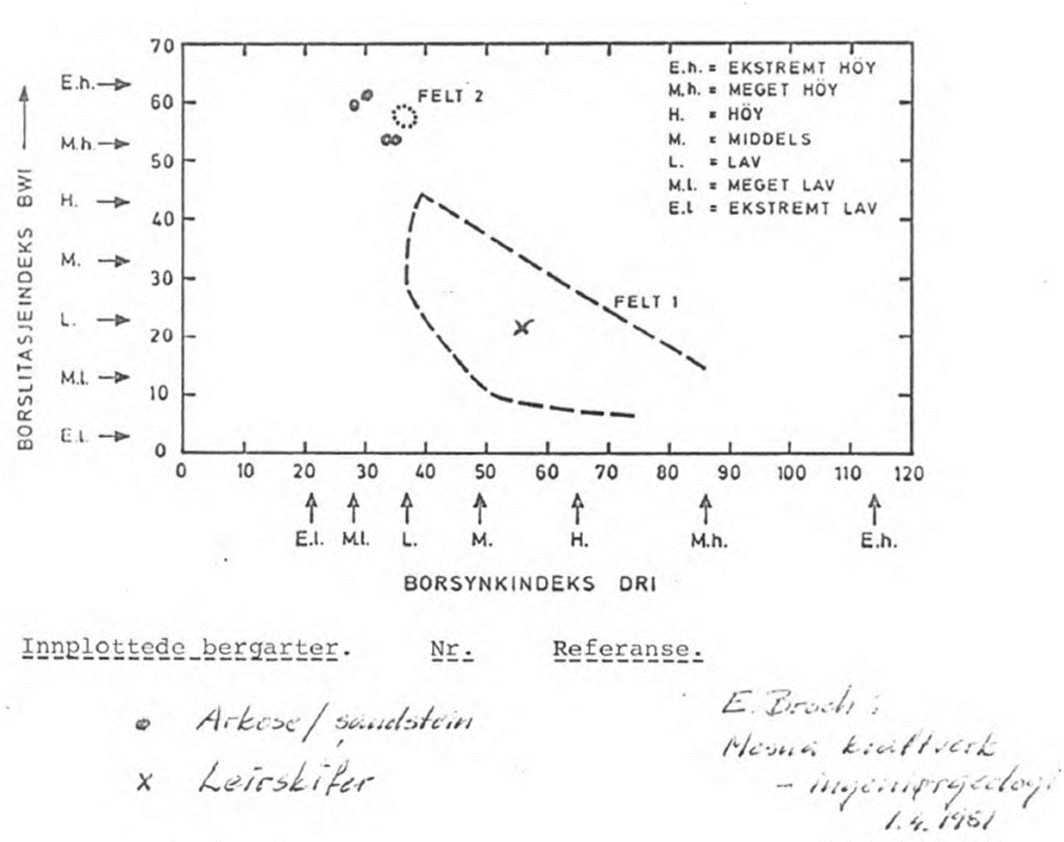
I forbindelse med planlegging av Mesna kraftverk, som er lokalisert rett øst for Lillehammer sentrum, ble det utført punktlasttest, enakset trykkfasthet samt målinger av DRI/BWI av prøver innhentet fra et 150 meter vertikalt kjerneborhull [33].

For det vertikale kjerneborhullet er det opplyst en fordeling på 69% sandstein og 31 % leirskifer.

Punktlasttest er utført på 32-35 mm kjerner (våte prøver). For arkose/sandstein er punktlasttestyrken ca. 15 MPa normalt på lagdelingen og ca. 16,5 MPa for kjerner boret parallelt lagdelingen. For leirskifer er punktlasttestyrken ca. 13 MPa normalt på lagdelingen og ca. 8 MPa for kjerner boret parallelt lagdelingen.

Den enakset trykkfasthet er målt på tørre bergsylindere. For leirskifer er det målt enakset trykkfasthet 83 MPa. For sandstein viser målingene hhv. 230 MPa og 81 MPa, og det er nevnt at den lave målingen skyldes trolig dannelse av bruddplan langs en skråstilt lagdeling.

Målinger av DRI og BWI i forbindelse med Mesna Kraftverk er gjengitt i Figur 2. Figuren viser borslitasjeindeks (BWI-verdier) ca. 52-62 (meget til ekstremt høy) for arkose/sandstein og ca. 22 (lav) for leirskifer. Borsynkindeks (DRI-verdier) ca. 28-35 (meget lav til lav) for arkose/sandstein og ca. 55 (middels til høy) for leirskifer [33].



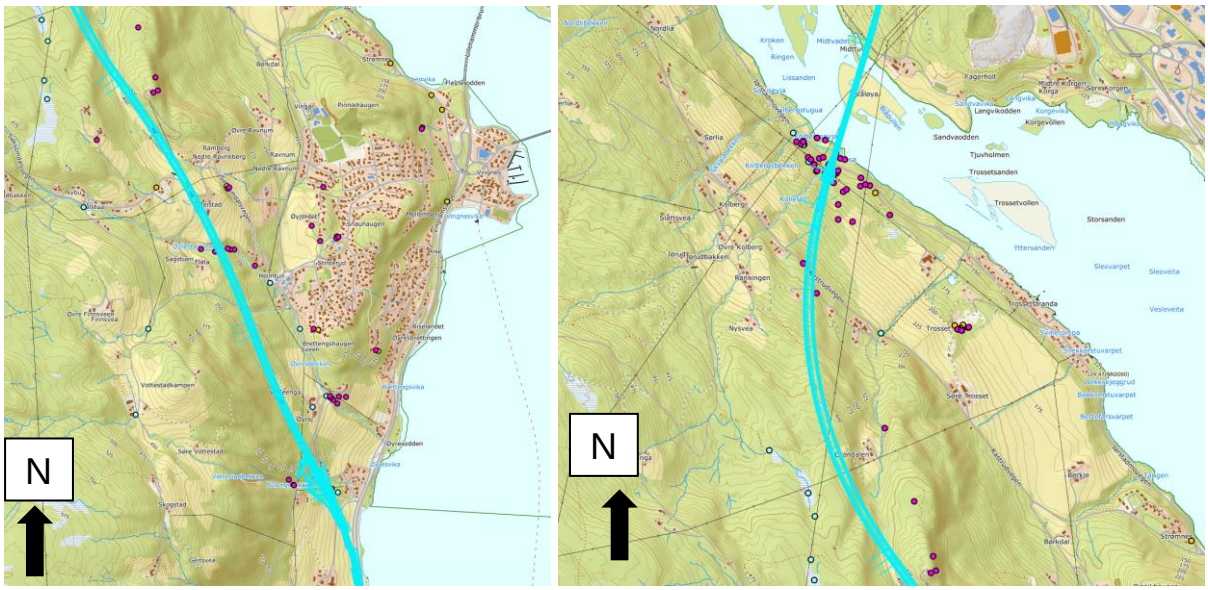
Figur 2 Målte BWI- og DRI-verdier Mesna Kraftverk [33]

Det er målt kvartsinnhold på 15 % i leirskifer/siltstein og 28-56% kvartsinnhold i arkose/sandstein (4 prøver arkose/sandstein, snitt 43,5% kvartsinnhold)

2.2 Utførte grunnundersøkelser for reguleringsplanfasen

2.2.1 Feltkartlegging

Supplerende ingeniørgeologisk/hydrogeologisk kartlegging av påhuggsområder og langs deler av tunneltraseen er utført av Norconsult sommer og høst 2020. Områder der det er utført supplerende kartlegging fremgår i GIS-modellen. Det henvises til RAPP-geo-008 for detaljert oversikt over feltregistreringer.



Figur 3 Utført feltkartlegging av Norconsult vist med lilla og lyseblå punkter. Tidligere kartlegging utført av Nye Veier/SVV er vist med oransje punkter. Klipp fra GIS-modellen.

2.2.2 Grunnboringer

Utførte grunnboringer er vist i BIM- og GIS-modell. Resultater fra boringene vil bli rapportert i RAPP-geo-012 *Datarapport geoteknikk*.

Det er pågående kjerneboringer ved 5 lokasjoner. Resultat fra boringene vil bli presentert i RAPP-geo-010 *Datarapport kjernelogging*. Det er pågående boring og borehullslogging av 7 hammerborehull. Resultater fra boringer og borehullslogging vil bli presentert i RAPP-geo-009 *Datarapport hammerhullsboring og borehullslogging*. Alle borhull (utført og planlagt) er vist i BIM modellen. Resultater og vurderinger knyttet til disse supplerende grunnundersøkelsene vil bli innarbeidet i en revidert utgave av denne rapporten.

2.2.3 Grunnvannsnivå

Grunnvannsnivået i de tre vannstandsrørene som NGI etablerte i 2019 [18] er målt ved seks tidspunkter. Rørene består av 3 m filterør i bunn, fylt med sand omkring. Det har ikke vært mulig å måle vannstanden i rør 2 ved noen av tidspunktene, sannsynligvis fordi røret er tett. Plassering er vist i Figur 4.

Tabell 1. Målt grunnvannsnivå i vannstandsrør i Øyresvika. Målt av NGI i 2019 og Norconsult i 2020. Rør 1 ble ikke målt 27.08.2020 fordi lokket ikke var mulig å åpne.

	Rør 3B (m under terreng)	Rør 2 (m under terreng)	Rør 1 (m under terreng)
Dybde (m)/ måledato	40,2	28,5	30
2019-09-19	8,10	-	8,30
2019-07-30	-	-	8,03
2020-06-11	12,55	-	9,13
2020-07-08	14,1	-	9,16
2020-08-25	15,45	-	9,22
2020-08-27	15,62	-	-

Det er planlagt boring av seks hammerhull for grunnvannsovervåking (Figur 4 og Tabell 2). Borehullene skal instrumenteres opp med trykksensorer for automatisk måling av grunnvannsnivå, i tillegg til at det skal etableres trykksensorer i to kjernehull (K2 og K3). Hullene skal før instrumentering logges for magnetisk susceptibilitet, caliper, avviksmåler, ledningsevne, naturlig gamma, densitet, seismisk hastighet, elektrisk motsand, televiewer, flowmeter og termometer for kartlegging av oppsprekkingsgrad og andre geologiske forhold.

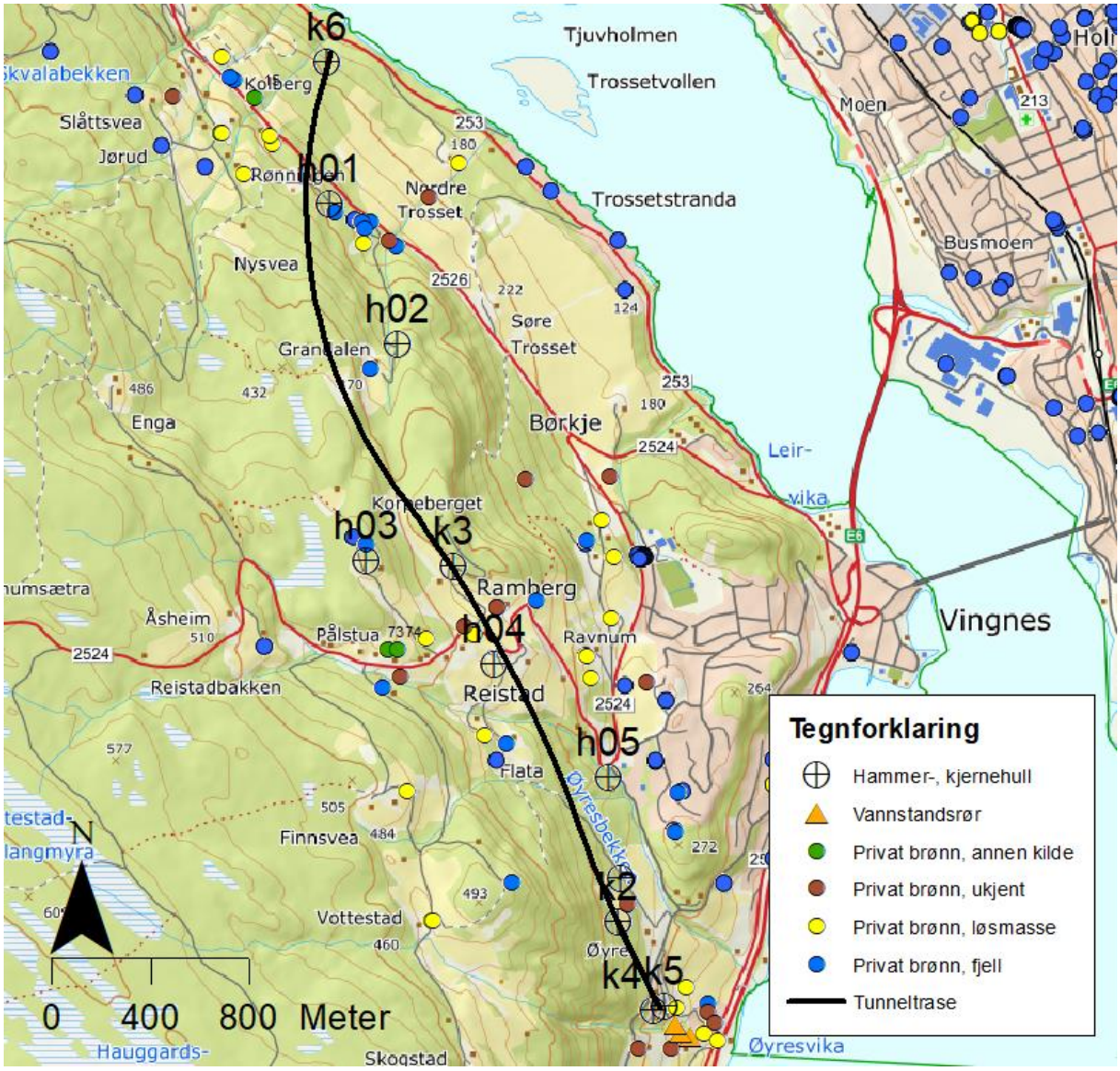
Tabell 2. Planlagte hammer- og kjernehull med grunnvannsovervåking langs Vingnestunnelen.

Borehull	**Lengde (m)**	**Orientering**
H01	140	Vertikal
H02	190	Vertikal
H03	320	Vertikal
H04	220	30° fra vertikal, i retning SV
H05	110	Vertikal
H06	100	Vertikal
K2	53*	Vertikal
K3	160*	Vertikal

* Lengde etter gjenstøpig av nederste del

For å kartlegge naturlige variasjoner i grunnvannsnivå bør det utføres overvåking i minimum ett år før byggestart. Planlagt byggestart er høsten 2021. Det blir derfor ikke mulig å overvåke grunnvannsnivået i et helt år før byggestart.

Det befinner seg flere private brønner over og i nærhet til tunneltraseen. Det er samlet informasjon om private brønner ved at det er sendt ut brev til alle eiere av eiendommer innenfor en sone på 400 m til hver side av tunneltraseen. Eiere har selv meldt inn sine brønner. Til tross for at det er mottatt mange svar, finnes det trolig flere brønner enn det som er kartlagt. Brønnene er vist i Figur 4 og GIS-modell. Eksakt plassering er noe usikker.



Figur 4. Planlagte hammerhull (hxx) og kjernehull (kx) langs Vingestunnelen, sammenstilt med kartlagte private brønner og tidligere etablerte vannstandsrør. Eksakt plassering av private brønner er noe usikkert.

2.2.4 Laboratorieanalyse

I forbindelse med prosjektering for reguleringsplan er det utført supplerende tester på steinprøver fra kjerneborhull K1. Det henvises til rapport RAPP-geo-005 *Datarapport Geokjemisk analyse av Brøttumformasjonen* samt RAPP-geo-006 *Geokjemisk vurdering av Brøttumformasjonen* for hhv. beskrivelse av utførte laboratorieundersøkelser og faglige vurderinger med hensyn på syredannende potensiale til bergartene.

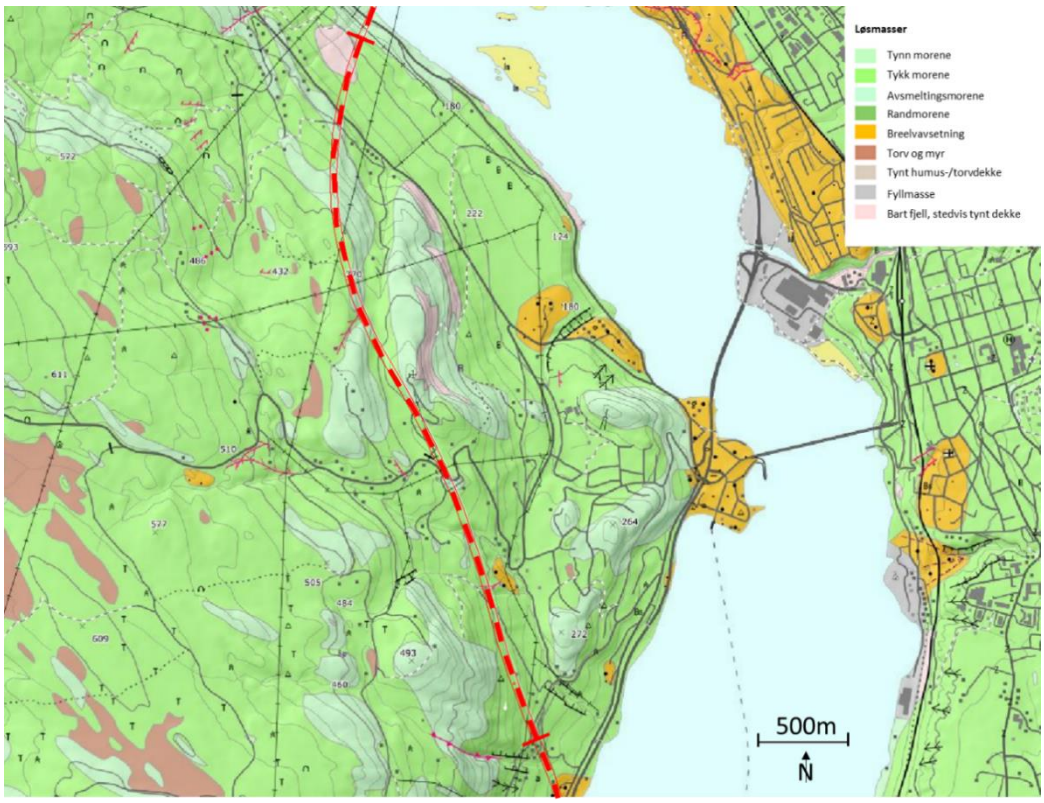
AF har tatt 3 bergartsprøver som har blitt analysert ved Micro Deval- og Los Angeles-analyser i forbindelse med reguleringsplan. Det henvises til notat NOTA-geo-005 *Prøving av steinmaterialer for bruk i vegbygging* for beskrivelse av utførte laboratorieundersøkelser for kvalitet av steinmaterialer.

3 Faktadel – Beskrivelse av grunnforhold

3.1 Topografi, overdekning og løsmasser

Vingnestunnelen går gjennom kupert terreng som over store deler av trasê er dekket med løsmasser, og landformer er preget av løsmasseavsetninger. De mest markerte dalsøkkene har N-S retning, i tillegg til dalsøkk som ligger orientert Ø-SØ mot V-NV. Tunnelen passerer vest for Korpeberget som har ganske bratte fjellsider mot øst, fjellsider er tilnærmet vertikale i retning N-S. Tunnelen krysser under flere elver/bekker, blant annet Øyresbekken samt at nordre del av traseen ligger rett sørvest for Kollefall. Området over tunnelen er hovedsakelig urørt terreng, med noe bebyggelse/infrastruktur og jordbruksmark i nordre og søndre del av traseen. Overdekning over tunnelen vil maksimalt være ca. 260 meter.

Se Figur 5 for kvartærgeologisk oversiktskart over området. Ifølge det kvartærgeologiske kartet fra NGU er det i hovedsak tynn og tykk morene over berg over hele tunneltraseen, med unntak av nordre forskjæring hvor det er bart berg, stedvis tynt løsmassedekke. Kartet viser også at flere øst-vestdalformer er smeltevannsoverløp (spylerenne) og elv/bekkenedskjæring i løsmassene. For nærmere vurdering av løsmassene, se kapittel 4.4.

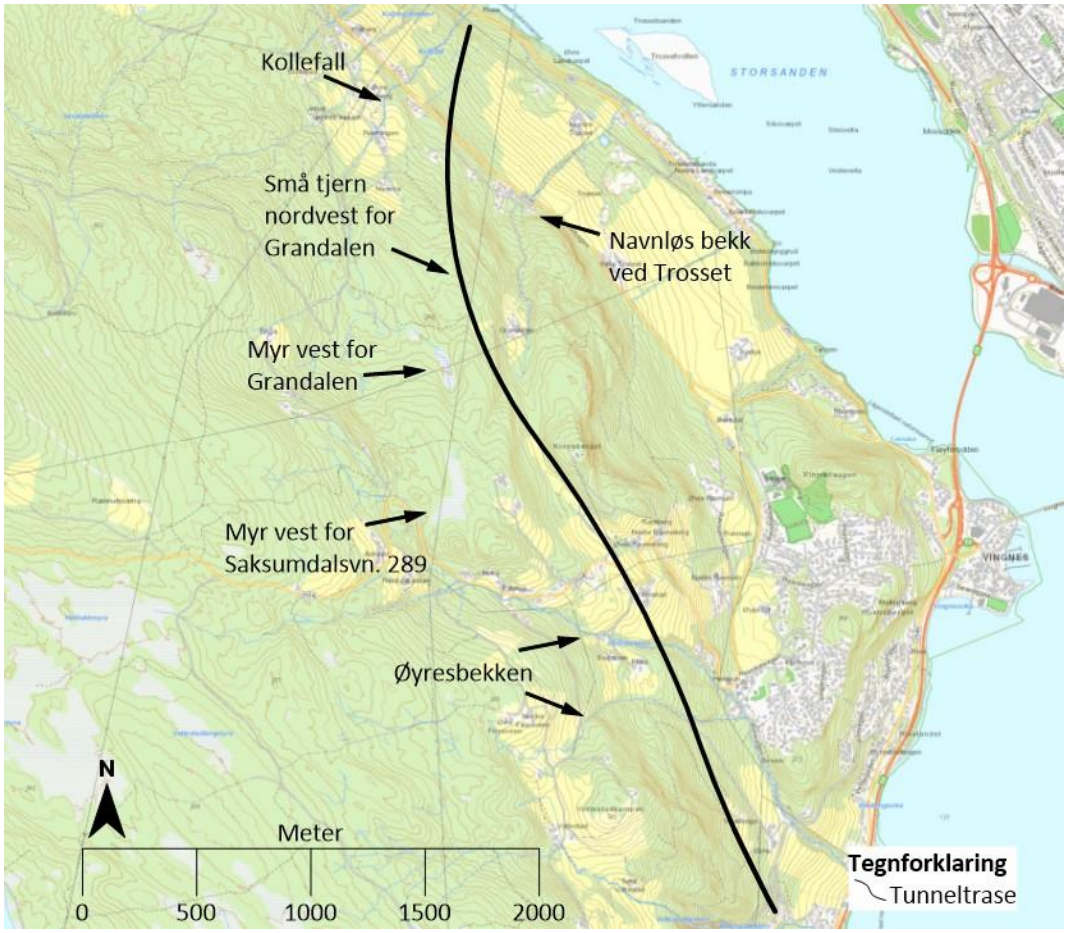


Figur 5 Kvartærgeologisk kart over området [6]. Omtrentlig tunneltrasé er vist med stiplet linje

3.2 Avrenningsforhold og sårbar natur

Årlig nedbørsmengde i området er ca. 700 mm/år [26] . Vintertemperaturen mellom oktober og april er i gjennomsnitt ca. -4,1°C, noe som fører til at nedbøren om vinteren hovedsakelig faller som snø. Følgelig er vannføring i bekker lav om vinteren, mens avrenningen øker med snøsmeltingen om våren. Avrenningen er estimert til å være ca. 500 mm/år [26].

Tunnelen krysser under flere bekker og enkelte myrer (Figur 6). Det befinner seg ikke tjern over tunneltraseen, med unntak av et svært lite vist på Figur 6.



Figur 6. Kartlagte vannforekomster i nærhet til tunneltraseen.

Øyresbekken renner over tunnelens sørlige del. Over tunneltraseen har bekken to løp, som samles nedstrøms, øst for tunnelen, og renner videre ut i Mjøsa. Bekken har et totalt nedbørsfelt på ca. 4,85 km^2, og samler hovedsakelig vann fra et område vest for tunneltraseen [26]. Ved bekkens utspring er det myrlendt og slakt hellende terreng. Her antas det at bekken mates fra myrene og grunnvannet. Lenger nedstrøms renner bekken stedvis i svært bratt terreng, og det antas derfor at bekken ikke nødvendigvis står i kontakt med grunnvannet helt ned mot utløpet til Mjøsa.

Ved Trosset renner det en bekk mot Gudbrandsdalslågen i nordøst. Bekken har utspring i Grandalen med et nedbørsfelt på ca. 0,67 km^2 [26]. Ved befaring i juni 2020 var det lite vann i bekken. Bekken renner i bratt terreng sør for/oppstrøms Kastrudvegen, og det er derfor usikkert om den står i kontakt med grunnvann. Nedstrøms Kastrudvegen er terrenget noe slakere, og bekken antas å i større grad stå i kontakt med grunnvannet.

Bekken Kollefall befinner seg i nærhet til tunnelens nordlige del. Vingnestunnelen krysser ikke direkte under bekkens nedbørsfelt, mens det er sammenfallende med en mindre del av tunnelens influensområde. Det er derfor vurdert om bekkens vannføring vil kunne påvirkes av tunnelen. Kollefall renner nordøst og ut i Gudbandsdalslågen. Bekken har et nedbørsfelt på ca. 1,9 km^2, som drenerer fra et område vest for tunneltraseen.

Det befinner seg noen myrer ca. 150 m og 300 m vest for tunneltraseen. På flyfoto fra 1968 ser det ut til at den nordliggende myra har vært grøftet [27]. Befaring og kart viser at denne myra i dag nesten er gjengrodd. Myra som ligger noe lenger sør er større, men ved befaring i juni 2020 var denne relativt tørr.

Det er på kart markert et svært lite tjern rett over tunneltraseen vest for Grandalen, men flyfoto viser at dette er tilnærmet gjengrodd [27].

Vann- og avløpsnettet er i liten grad utbygget i nærhet til tunneltraseen. Det finnes kommunalt vann- og avløpsnett i Øyresvika, men dette vil rives da det kommer i konflikt med den sørliggende tunnelportalen. I tillegg er det utbygget kommunalt vann- og avløpsnett på Brettengshaugen øst for tunneltraseen. Utenom dette har eiendommer hovedsakelig private vannkilder. Utført kartlegging av private brønner viser at det befinner seg mange brønner innenfor tunnelens influensområde. Brønnene er hovedsakelig boret i fjell eller gravd i løsmasser.

Det er ikke registrert naturtyper over eller i nærhet til tunneltraseen i Miljødirektoratets kart Naturbase [29].

Området over tunneltraseen er ikke merket som friluftslivsområde hos Miljødirektoratet [29]. Det er tegnet inn to stier i nærhet til myrene på kart, men ingen av dem krysser myrene.

3.3 Berggrunnsgeologi

Berggrunnen på hele strekningen består av vekslende lag av sandstein og skifer tilhørende Brøttumformasjonen (se Figur 7) [7].

Brøttumformasjonen er del av Hedmarksgruppen, en mektig geologisk lagrekke av sedimentbergarter som ble avsatt i et stort basseng i kambrium. Formasjonen tilhører den eldste og stratigrafisk laveste delen av Hedmarksgruppen, og har en stor lateral utbredelse i de sentrale og sørlige delene av Hedmarksbassenget. Bergartene i Brøttumformasjonen har avsetningsmønstere som er karakteristiske for turbidittavsetninger – bergarter dannet ved

tetthetsstrømmer og undersjøiske avsetninger dannet ved turbidittstrømmer (avsetninger dannet ved undersjøiske ras) [34].

Brøttumformasjonen innenfor prosjektområdet består av sandsteiner som veksler (og fingrer) med grå og svarte fyllittiske og hemipelagiske skifere. (Hemipelagiske avsetninger består stort sett av finkornet materiale, delvis produsert i vannmassene lokalt, og delvis tilført utenifra). Sandsteinene er grå, fine til grovkornete, og opptrer både i tykke og tynne lag. Sandsteinslagene forekommer med varierende fordeling av kornstørrelser innad i de enkelte benkene, det er kartlagt varianter av sandstein med både normal og invers gradering (oppoverfinings og oppovergrovings sekvens), i tillegg til homogene horisonter [34]. I Lillehammerområdet er det også kartlagt slamrike sandsteinshorisonter. Grå skifer innenfor området kan karakteriseres som siltstein mer enn leirskifer, og det forekommer varianter av slik grå skifer/siltstein både med og uten tydelig lagdeling/struktur [35].

Ved kartlegging i felt fremstår bergmassen som lagdelt/benket med vekselsvis sandstein og siltstein/leirskifer med varierende grad av oppsprekking. Tykkelse og hyppighet på de ulike sedimentære lagene varierer avhengig av hvor i den stratigrafiske lagpakken de observeres, men sandsteiner og sandholdig gråskifer/siltstein synes generelt å forekomme med større hyppighet og med større tykkelse på benkene enn hva som er tilfellet for ren siltstein/grå leirskifer og svartskifer. Det er observert antatt svartskifer ved flere lokasjoner, men i beskjeden mengde. Overgangen mellom de ulike lag er i varierende grad markerte, mellom mange horisonter er det glidende overganger mer enn skarpe laggrenser.

Generelt er svak gråskifer/svartskifer betydelig forvitret sammenlignet med mer motstandsdyktig sandstein og sandholdig skifer, men dette vurderes å være et overflatefenomen som ikke er like markert når man kommer under dagbergsonen.

Figur 7 Berggrunnsgeologisk kart over området, M50 [7]. Omtrentlig tunneltrasé er vist med stiplet linje. Lys, gul farge viser bergartstyper «Sandstein og skifer i veksling» [7].

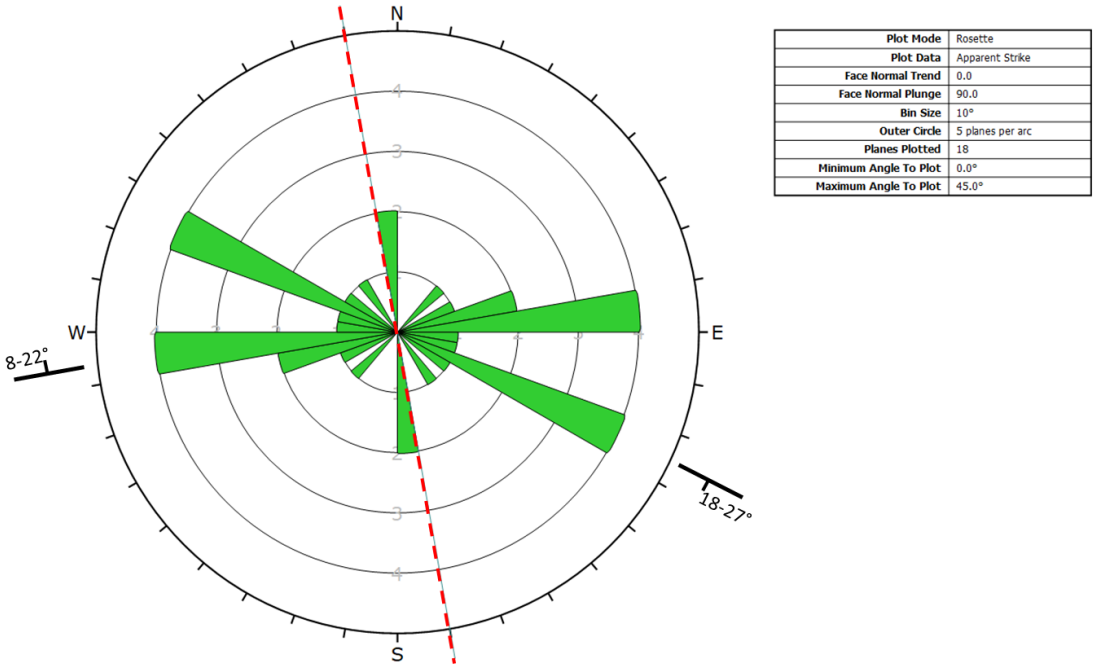
Utførte kartlegginger av blotninger i dagen samt kjernehull K1 [19] bekrefter langt på vei bergartsfordelingen vist på det berggrunnsgeologiske kartet.

Kjemiske analyser som er utført tyder på at deler av skiferen er syredannende [2]. Det er gjort ytterligere prøvetaking og laboratorieprøving av materiale fra området ved Vingnestunnelen i forbindelse med grunnundersøkelser i 2020, se kapittel 3.9.

3.4 Bergmassens detaljoppsprekning

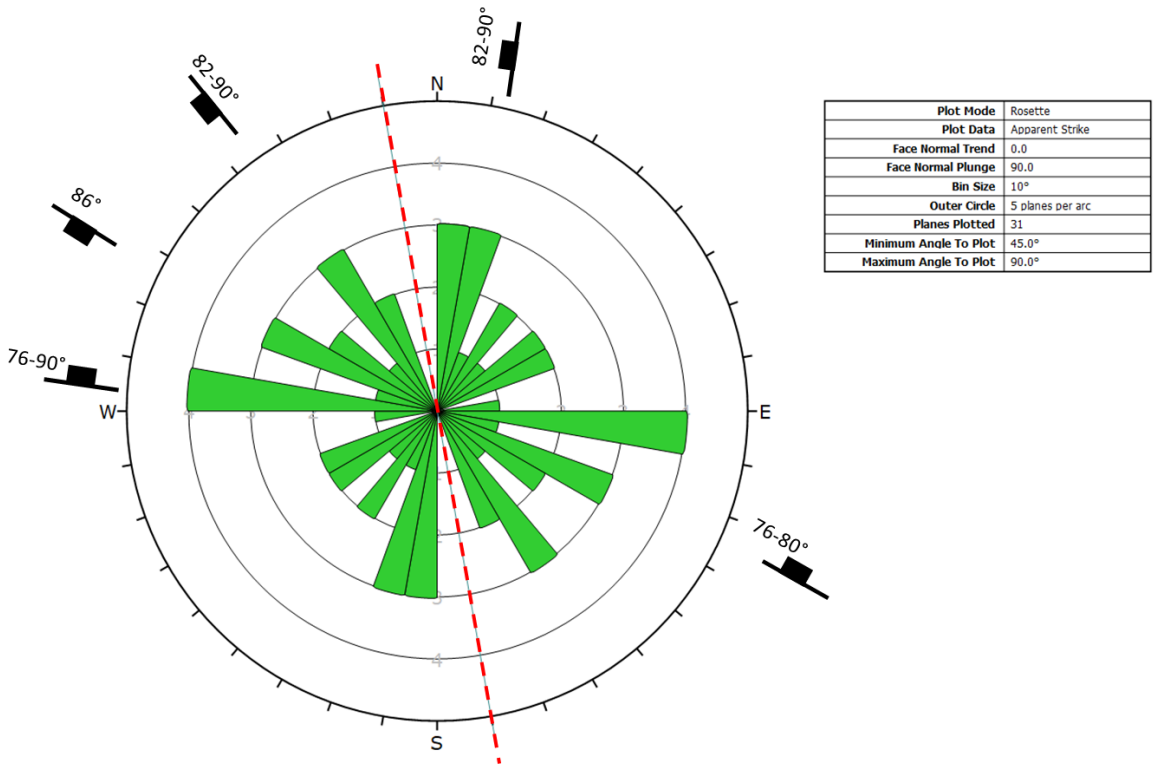
Oppsprekkingen skjer i hovedsak langs tre gjentakende sprekkeretninger (sprekkesett) for hver lokasjon. Orientering til sprekkesett varierer langs tunneltrasê trolig på grunn av folder i bergmassen. I tillegg forekommer villsprekker, sprekker som ikke synes å følge noen bestemt retning eller mønster. Norconsult har produsert sprekkeroser for tunnel basert på egne kartlegginger og strukturmålinger fra NGU [7], disse presenteres under for nordre og søndre del av trasê. Generelt er sprekkeplanene i sandstein ru og plane til undulerende, og uten belegg. I leirskiferen er det observert glatte og bølgede sprekkeflater, stedvis spalter skifer i 2-10 mm tynne flak. Tilstedeværelse av grafitt på sprekkeplan kan gi redusert friksjonsvinkel. Det er ikke registrert sprekker med leirbelegg på sprekker i dagen.

3.4.1 Nordre del av trasê (pr. 27000 - nordre påhugg)



Figur 8 Nordre del av trasê. Sprekkemålinger med fallvinkel mindre enn 45 grader

Figur 8 viser registrerte sprekkemålinger mindre enn 45 grader fallvinkel og i representerer hovedsak bergmassens lagdelingsprekker. Sprekkesettenes midlere orientering er vist i figur sammen med tunnelens gjennomsnittlige orientering i dette partiet (rød stiplet linje).



Figur 9 Nordre del av trasê. Sprekkemålinger med fallvinkel større enn 45 grader

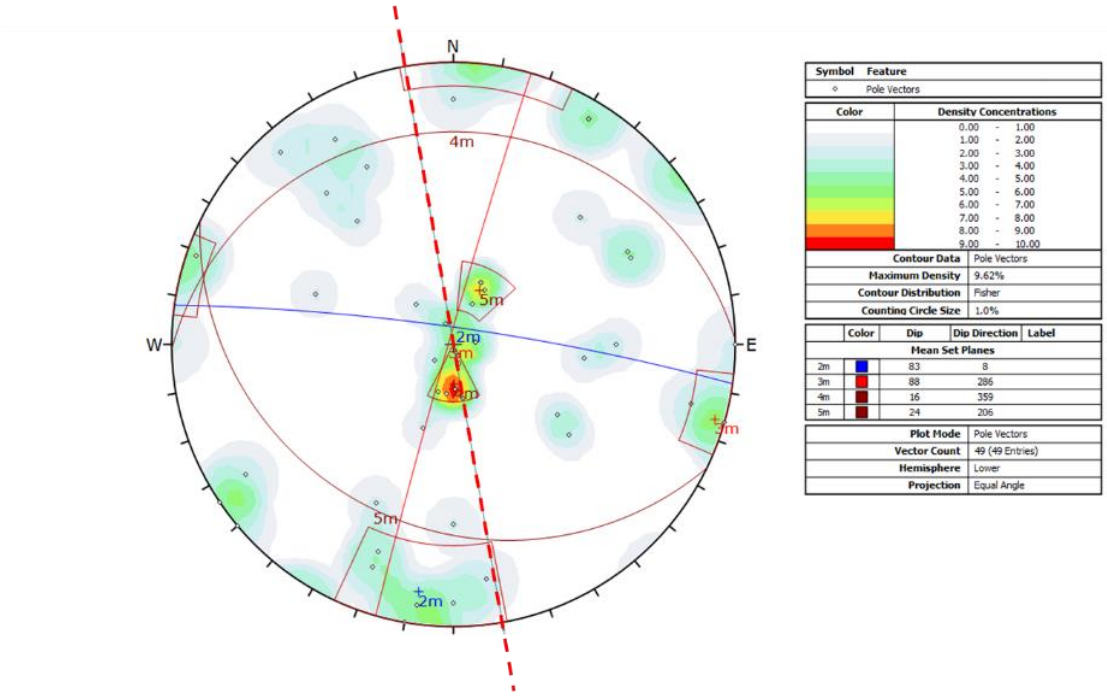
Som vist i Figur 10 er det variasjon i bergmassens lagdeling, og det henvises til kapittel 4.1 for antagelser knyttet til fordeling av antiklinaler og synklinaler langs tunneltrasê.

Basert på strukturmålinger fra NGU [7] og feltkartlegging utført av Norconsult er det antatt følgende hovedspekkesett (midlere orientering) i nordre del av trasê:

Tabell 3 Oversikt av kartlagte sprekkesett i nordre del av trasê.

Sprekkesett	Fall	Fallretning	Sprekkeavstand[1]
1 (lagdeling)	16	359	0,05 – 2,0 m
2 (lagdeling)	24	206	0,05 – 2,0 m
3	83	008	0,1 – 3,0 m
4	88	286	0,1 – 3,0 m

[1] Observert sprekkeavstand er generelt lavere i skifer og høyere i sandstein, dette forklarer spennet i sprekkeavstand.



Figur 10 Nordre del av trasê. Stereoplott med hovedsprekkesett

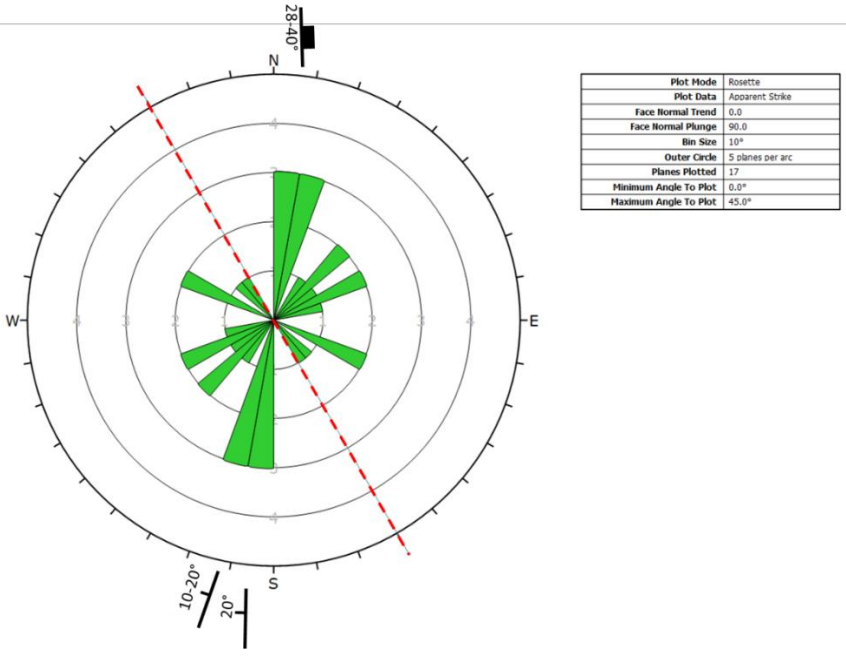
Det nevnes at sprekkeavstand (Tabell 3) er forskjellig i skifer og sandstein. Generelt er det observert at sprekketettheten er høyere i skifer enn i sandstein, som vist i Figur 11 og Figur 12

Figur 11 Bergskjæring ved lokasjon IGG_032_029. Viser typisk variasjon av oppsprekking i sandstein og skifer.

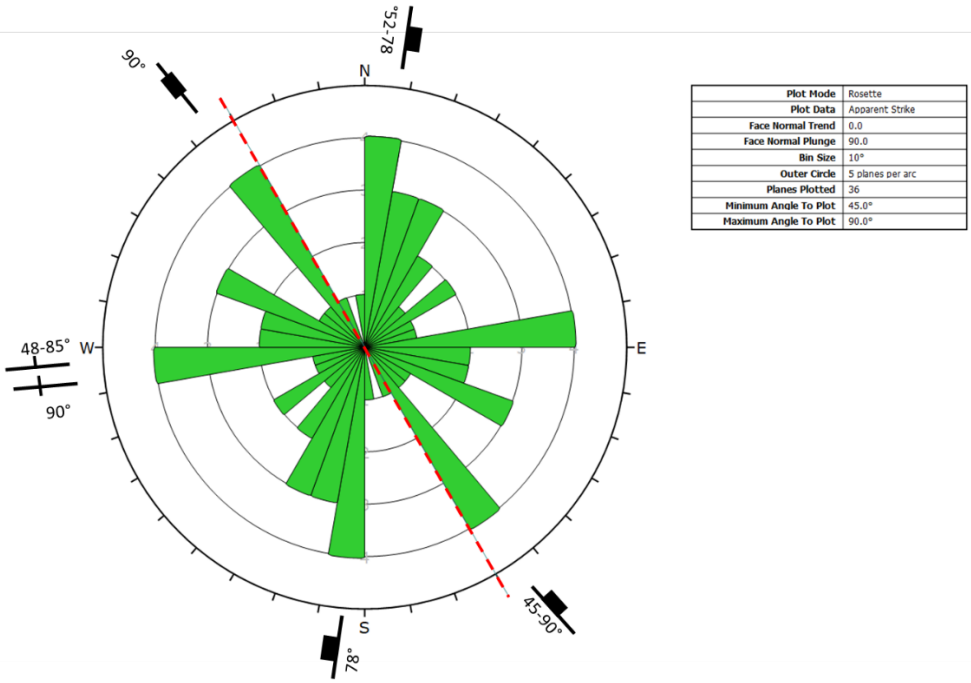
Figur 12 Bergskjæring ved lokasjon IGG_023_001. Viser typisk variasjon av oppsprekking i sandstein og skifer. Bildet er tatt mot sørvest.

3.4.2 Søndre del av trasê (søndre påhugg til pr. 27000)

Figur 13 viser registrerte sprekkemålinger mindre enn 45 grader fallvinkel og i representerer hovedsak bergmassens lagdelingsprekker. Sprekksettenes midlere orientering er vist i figuren sammen med tunnelens gjennomsnittlige orientering i dette partiet (rød stiplet linje).



Figur 13 Søndre del av trasê. Sprekkemålinger med fallvinkel mindre enn 45 grader



Figur 14 Søndre del av trasê. Sprekkemålinger med fallvinkel større enn 45 grader

Som vist Figur 13 og Figur 14 er det variasjon i bergmassens lagdeling, og det henvises til kapittel 4.1 for antagelser knyttet til fordeling av anti-og synklinaler langs tunneltrasê.

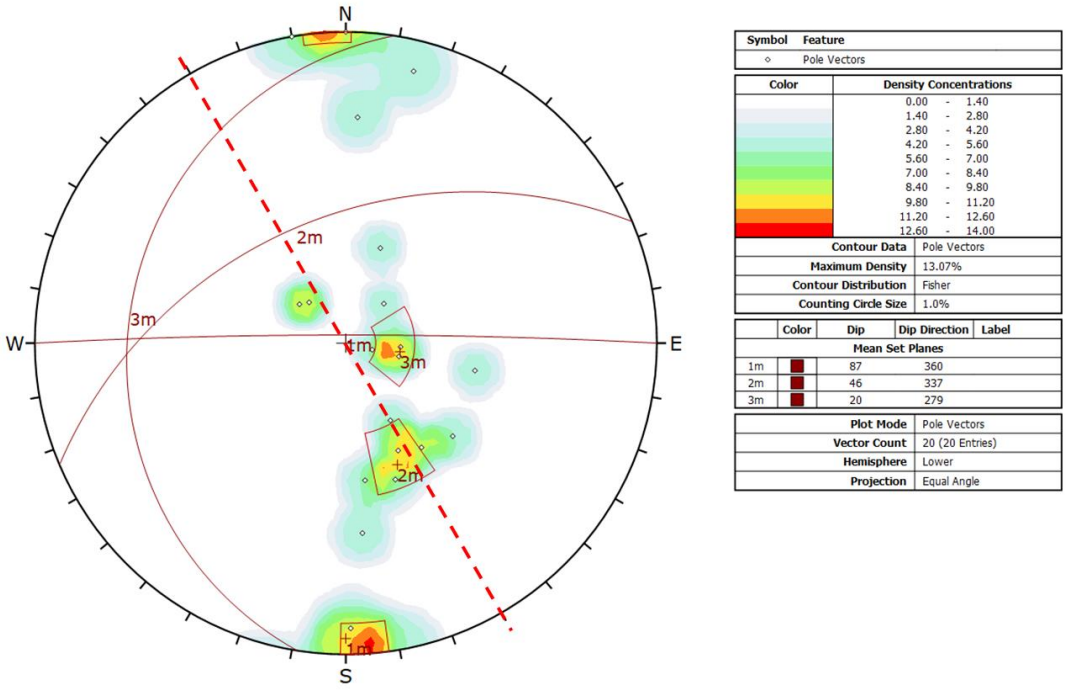
Basert på strukturmålinger fra NGU [7] og feltkartlegging utført av Norconsult er det antatt følgende hovedspekkesett (midlere orientring) i søndre del av trasê:

Tabell 4 Oversikt av kartlagte sprekkesett i søndre del av trasê.

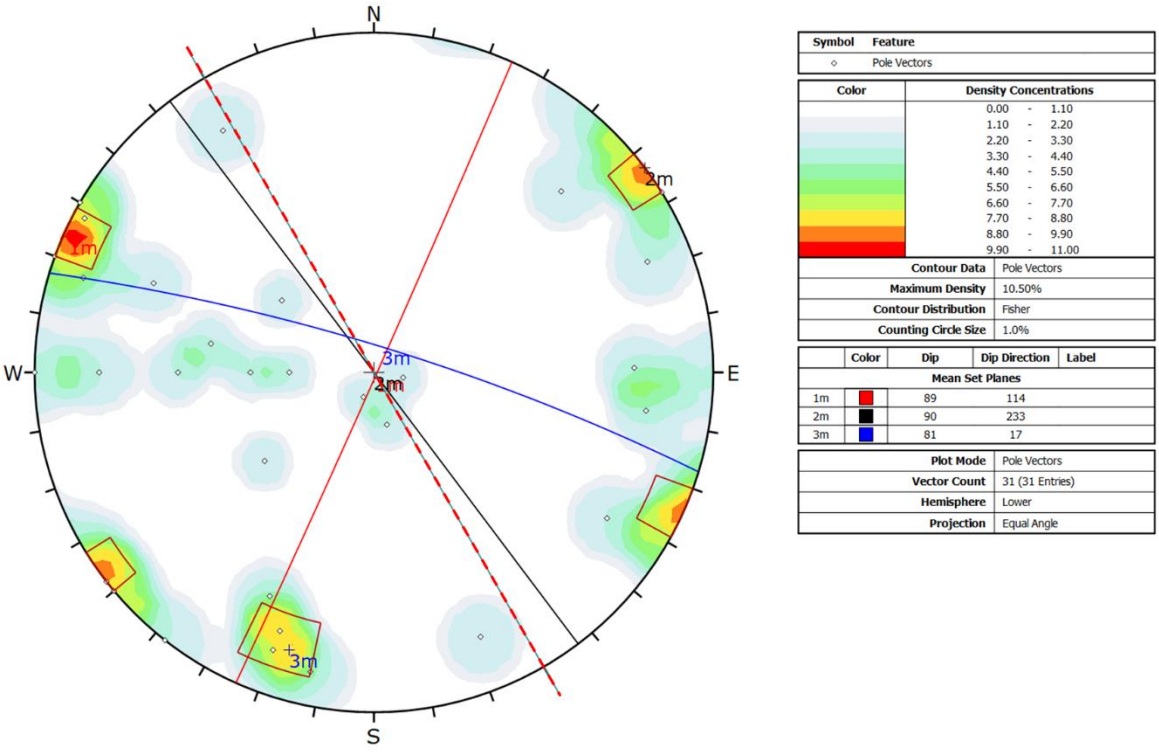
Sprekkesett	Fall	Fallretning	Sprekkeavstand[1]
1 (lagdeling)	87	360	0,05 – 2,0 m
2 (lagdeling)	46	337	0,05 – 2,0 m
3 (lagdeling)	20	279	0,05 – 2,0 m
3	89	114	0,1 – 3,0 m
4	90	233	0,1 – 3,0 m
5	81	017	0,1 – 3,0 m

[1] Observert sprekkeavstand er generelt lavere i skifer og høyere i sandstein, dette forklarer spennet i sprekkeavstand.

Som vist i Figur 15 er det variasjon for lagdelingsprekker i denne delen av traseen på grunn av folding av bergmassen. De øvrige sprekkemålinger er vist i Figur 16.

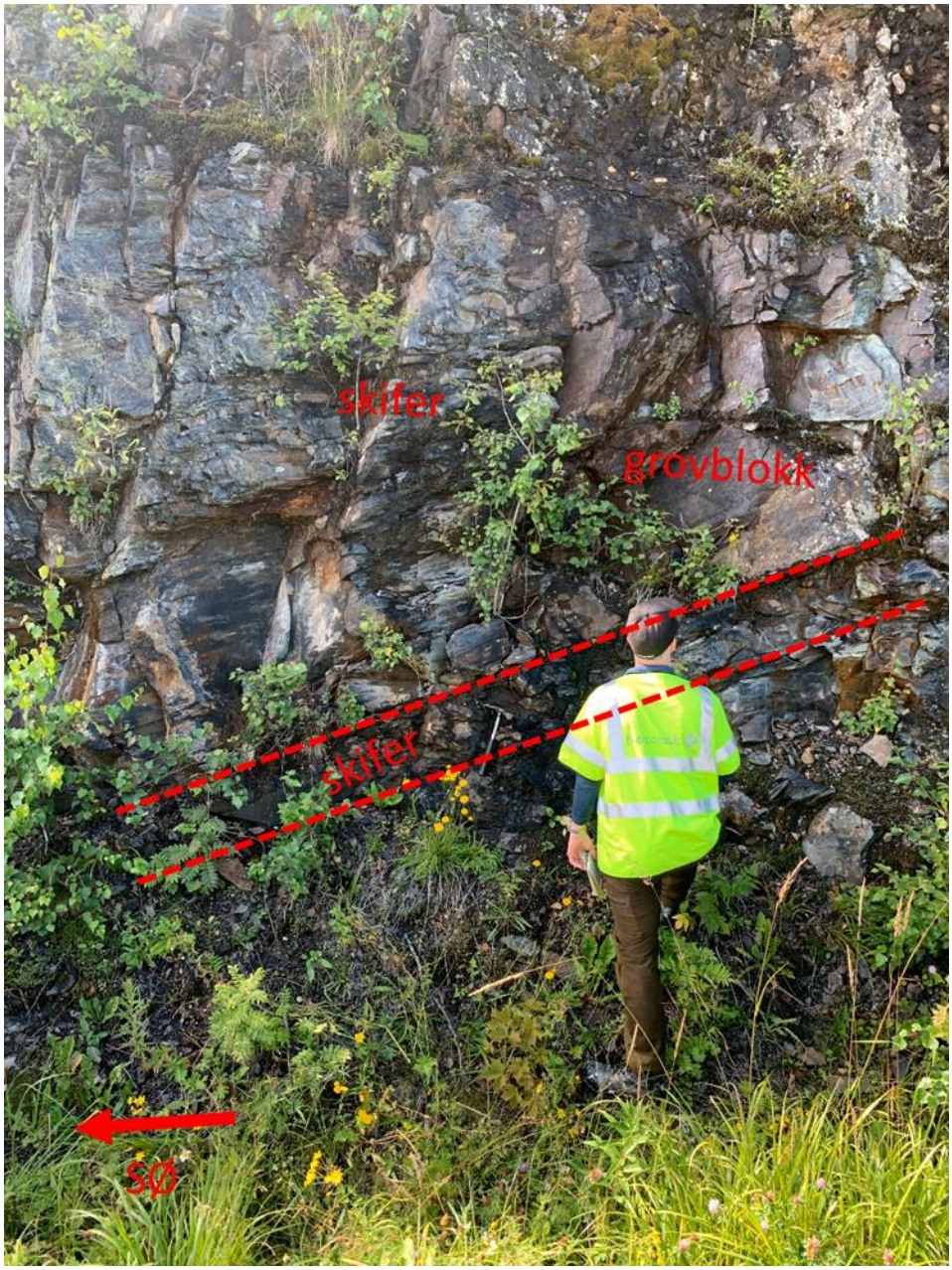


Figur 15 Søndre del av trasê. Stereoplot med lagdelingsprekker



Figur 16 Sprekkemålinger for søndre del av trasê eksklusive lagdelingsprekker.

I likhet med nordre del av trasê nevnes det at sprekkeavstand (Tabell 3) er forskjellig i skifer og sandstein. Generelt er det observert at sprekketettheten er høyere i skifer enn i sandstein, som vist i Figur 17.



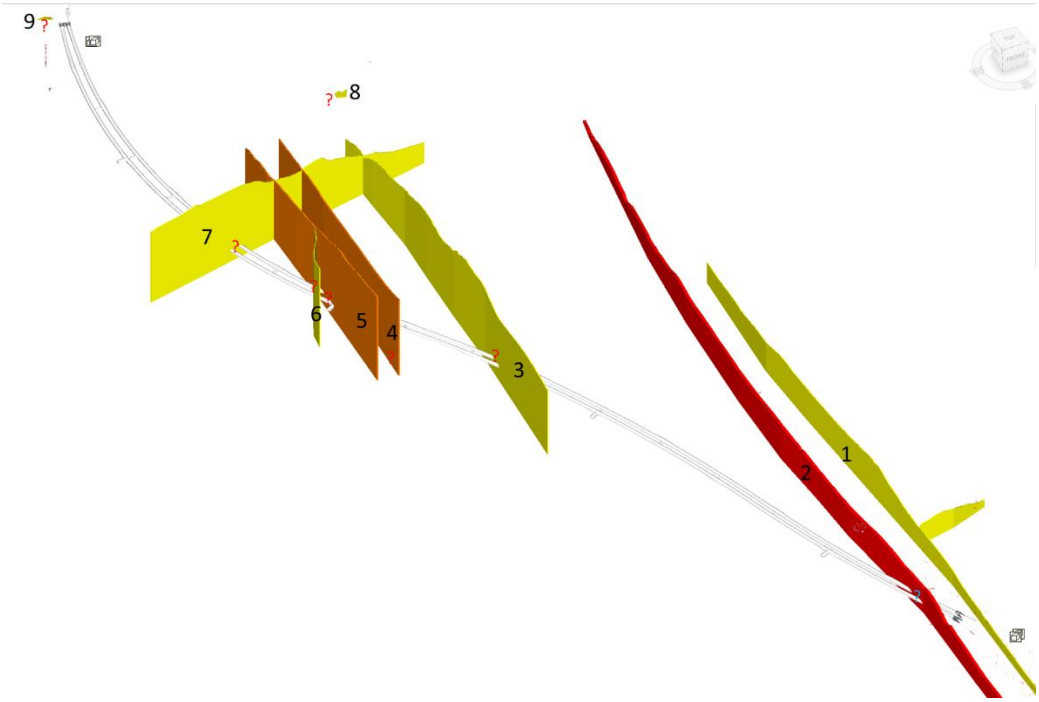
Figur 17 Lokasjon IGG_032_025. Skifer og sandstein i veksling. Stedvis vanskelig å bedømme overgang mellom sandstein/leirstein (blokker) og skifer.

3.5 Svakhetssoner

Tunneltraseen krysser et antall forsenkninger i terrenget som antas representere utgående av svakhetssoner. I dette området er mesteparten av trasê dekket av løsmasser og det

knyttes derfor store usikkerheter til svakhetssoner. Sonene er identifisert ved kartstudier, beskrevet i [3] [4] samt utførte grunnunderøkelser [3] [4]. På grunn av at soner er dekket av løsmasser er få svakhetssoner bekreftet i felt av Norconsult, bortsett fra sone 8 og 9 i Figur 18.

Det er hovedsakelig to systemer med svakhetssoner som dominerer området. Det ene har retning N-S, mens det andre systemet ligger tilnærmet Ø-V til ØNØ-VSV Antatt orientering til svakhetssoner samt bredde er vist i BIM modellen, se utklipp i Figur 18. Tolket orientering er basert på svakhetssonens lineament i dagen, samt observasjoner i felt.

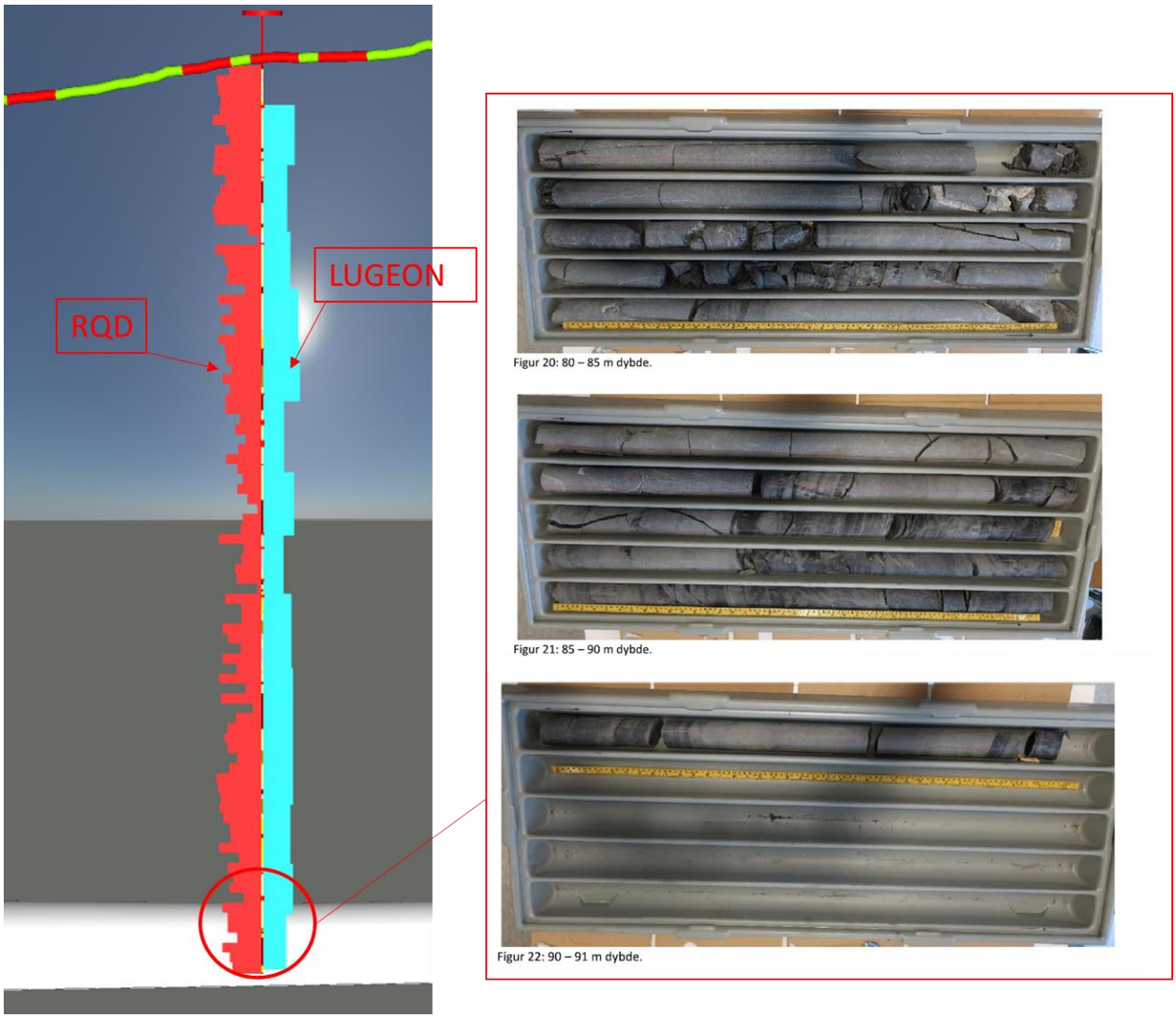


Figur 18 Utklipp fra BIM modellen med antatte svakhetssoner og tunnel

3.6 Utførte kjerneborhull

3.6.1 Kjerneborhull K1

Det er i prosjektklargjøringsfasen utført kjerneboring ved Kolberg [19]. Hensikten med kjerneboringen var nærmere kartlegge bergmasseforhold ved tunnelnivå, samt å undersøke fordeling mellom svartskifer og sandstein. Totalt ble det boret vertikalt med hull-lengde 90,6 m, ca. 90 meter vest for gjeldende tunneltrasé, og med ansett ca. 210 meter sørvest for nordre forskjæring. Borehullet fremgår i BIM-modellen, et utklipp er vist i Figur 19. Kjernehullet ligger rundt 90 meter nordvest for sørgående tunnelløp, og derfor noe utenfor den gjeldende traseen (Justert linje), men ansees fortsatt å være relevant.



Figur 19 Utklipp av hull K1 med RQD (10-100) og Lugeon-verdier (2-3,67). Bilder av kjerne ved tunnelnivå.

Ved gjennomgang av kjernelogg [19] er det antydet totalt 1 m kjernetap hvor dette kan skyldes svakhetssone ved hulldyp 17,9-18,0 meter. Q-systemets parametere J_n, J_a og J_r er bestemt for hver 0,5 m av kjernen, og J_w samt *SRF* er satt fast til 1. Videre er det beregnet Q-merket verdi (Q') ut fra middelverdi av disse parameterne for hver meter av kjernen. Fra kjerneloggen [20] er ca. 35 m av kjernene klassifisert som knusningsone.

Disse er kartlagt til områder:

1. Mellom 3,9-4,2 m, klassifisert som knusningssone. Q'=11-22.
2. Ved 11,2 m, klassifisert som knusningssone og kommentert oppknust berg. Q'=43.
3. Mellom 16,65-18,0 m, hvorav 0,1 m er klassifisert som knusningsone og 1,25 m med kjernetap. Q'= 0,3-10
4. Ved 28,37-28,43 m, klassifisert som liten knusningssone. Q'=9.
5. Mellom 32,8-33,0 m, klassifisert som knusningssone. Q'=33.
6. Mellom 35,5-36,0 m, klassifisert som knusningssone. Q'=4
7. Mellom 37,5-38,15 m, klassifisert som knusningssone. Q'=8-12

8. Mellom 46,8-47,0 m, klassifisert som knusningssone. Q'=6
9. Mellom 48,15-48,35 m, klassifisert som knusningssone. Q'=5
10. Mellom 51,4-51,6 m, klassifisert som knusningssone. Q'=7
11. Mellom 53,0-53,3 m, klassifisert som knusningssone. Q'=8
12. Mellom 83,2-83,7 m, klassifisert som knusningssone. Q'=10

Det er registert kvartsårer i sandsteinen langs hele kjernen [19]. For ordens skyld nevnes det at faktiske Q-verdier (Q) ved tunnelnivå ikke må forveksles med Q-merket verdier fra kjerneloggen (Q').

En oppsummering av kjernelogg viser at Q'-verdier varierer fra 0,3-80 med snittverdi Q'=27 (uvektet). For mer detaljert beskrivelse av kjernene med logg og bilder vises det til datarapporten som er vedlagt som V*edlegg 1*.

3.6.2 Kjerneborhull K2

Det er i reguleringsplanfasen utført supplerende kjerneboring over søndre del av tunnelen, ved Vesleenga, seter for Øyre gård. Hensikten med kjerneboringen var å nærmere kartlegge bergmasseforhold ved tunnelnivå, samt å undersøke fordeling mellom svartskifer og sandstein. Borehullets planlagte plassering fremgår i BIM-modellen.

Kjerneborhull K2 er boret vertikalt og hadde en planlagt lengde på 108 m. Hullet ble imidlertid avsluttet etter 23,5 m grunnet store utfordringer med boring og slitasje på krone og rør. Det ble boret 10 m med foringsrør i løsmasser, og tatt opp 13,5 m med kjernemateriale av berg, før hullet ble forlatt og senere gjenstøpt. Logging av kjernematerialet vil bli rapportert.

Borehullet skulle også borehullslogges (for å kalibrere kjerner opp mot borehullslogging), samt instrumenteres for grunnvannsovervåkning. Til erstatning for kjerneborhullet K2 er det utført et hammerborhull h07 noe sørøst for hullplasseringen av K2.

3.6.3 Kjerneborhull K3

Det er i reguleringsplanfasen planlagt utført supplerende kjerneboring over midtre del av tunnelen, ved Korpeberget. Hensikten med kjerneboringen er nærmere å kartlegge bergmasseforhold ved tunnelnivå, samt å undersøke fordeling mellom svartskifer og sandstein. Borehullets planlagte plassering fremgår i BIM-modellen

Kjerneborhull K3 er planlagt boret vertikalt, og har en planlagt lengde på 240 m. De første 140 m blir boret med vanndreven senkborhammer (Wassara) som gir tilnærmet samme borehullsdiameter som kjerneboring, mens de siste 80 m nærmest tunnelen utføres som kjerneboring.

Borehullet skal også borehullslogges (for å kalibrere kjerner opp mot borehullslogging), samt instrumenteres for grunnvannsovervåkning. Borehullets planlagte plassering fremgår i BIM-modellen

3.6.4 Kjerneborhull K4

Det er i reguleringsplanfasen utført supplerende kjerneboring av to kjerneborhull i forskjæring Øyresvika, K4 og K5. Kjernehullene har plassering i hver ende av påhuggsflaten, og hensikten med kjerneboringen var å få en sikker bestemmelse av bergoverflatens plassering i forhold til ovenforliggende Mjøsmorene. Videre å kartlegge bergmasseforhold ved tunnelnivå, samt å undersøke fordeling mellom svartskifer og sandstein. Borehullets planlagte plassering fremgår i BIM-modellen.

Kjerneborhull K4 har plassering i vestre hjørne i forskjæringen, og er boret vertikalt med en planlagt lengde på 60 m. Forløp av boring og logging av kjernematerialet vil bli rapportert i revidert utgave av denne rapporten når supplerende undersøkelser er ferdigstilte.

3.6.5 Kjerneborhull K5

Kjerneborhull K5 er lokalisert i samme område og har samme formål som kjerneborhull K4. Kjerneborhull K5 har plassering i østre hjørne i forskjæringen, og er boret vertikalt med en planlagt lengde på 40 m. Forløp av boring og logging av kjernematerialet vil bli rapportert i revidert utgave av denne rapporten når supplerende undersøkelser er ferdigstilte. Borehullets planlagte plassering fremgår i BIM-modellen.

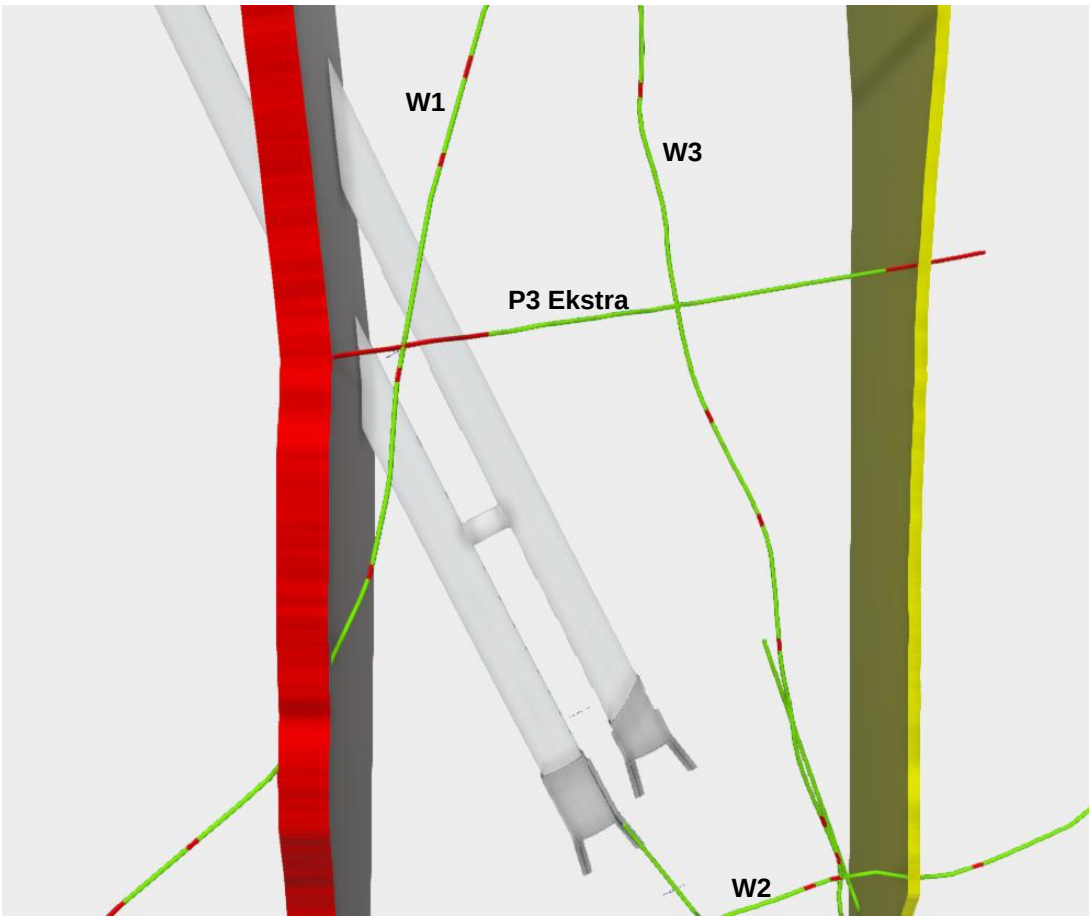
3.6.6 Kjerneborhull K6

Det er i reguleringsplanfasen også planlagt et nytt kjernehull lengst nord i tunneltraseen, i påhuggsområdet ved Trosset. Dette da det foreliggende kjerneborhullet K1 i området har lokalisering noe for langt unna (250 m) påhugget med sikkerhet kunne si noe om bergforholdene i dette området. Hensikten med kjerneboringen er å undersøke bergmassekvalitet og bergartstype nærmere på tunnelnivå, der slank bergstabbe vil bli etablert mellom de to tunnelløpene. Forløp av boring og logging av kjernematerialet vil bli rapportert i revidert utgave av denne rapporten når supplerende undersøkelser er ferdigstilte. Foreløpig plassering med 55 m langt kjerneborhull er vist i BIM modellen. Borehullet vil være aktuelt å trekke borehullet helt ut i påhuggsområdet.

3.7 Utførte geofysiske målinger

3.7.1 Geofysiske målinger i Øyresvika

Av utførte geofysiske målinger i Øyresvika [16][20][23][24] er det flere profiler som også dekker søndre deler av tunnelen. De aktuelle profilene fremgår av Figur 20. GeoPhysix sitt profil P3 Ekstra (heretter P3) krysser tunnelen ved ca. profil 24.690-24.695 med orientering nokså V-Ø. Undersøkelsene her er begrenset til refraksjonsseismikk. Rudens profil W1 langs Hovslivegen krysser tunnelen i SSV-NNØ retning omtrent ved 24.705 for nordgående og 24.670 for sørgående løp. Profil W3 krysser ikke tunnelløpene, men følger tunnelen nordover og ligger forholdsvis nært øst for tunnelen. Undersøkelsene langs disse to sistnevnte profilene omfatter hybridseismikk (refleksjonsseismikk og refraksjonsseismikk), resistivitetsmålinger (ERT) og IP-målinger (indusert polarisasjon).



Figur 20: Utført geofysikk i søndre del av tunnelen. Utklipp av BIM-modellen med visning av svakhetssonemodell. Lavhastighetssonene (GeoPhysix) og de mer markerte/overflatenære lavhastighetssonene/tektoniske strukturene (Rudens) er markert med rødt på seismikkprofilene

Profil P3 Ekstra, Figur 21, indikerer at bergoverflaten følger nokså parallelt terrengoverflaten, med 7-15 m løsmasser over berg. Videre ble det registrert to hastigheter i løsmassene, der det øverste laget ble målt til 600-900 m/s mens det underliggende ble målt til 2000 m/s. Hastighetene indikerer et tørt lag over grunnvann og et underliggende vannmettet lag med faste morenemasser. Hastigheten i berggrunnen ble registrert med en basishastighet på ca. 5100-6400 m/s. I profilet ble det registrert to lavhastighetssoner – i starten av profilet i vest ble det målt en hastighet på 4000 m/s på en sone uten registrert avgrensning videre vestover, mens i øst ble det registrert en sone med hastighet på 3900 m/s.

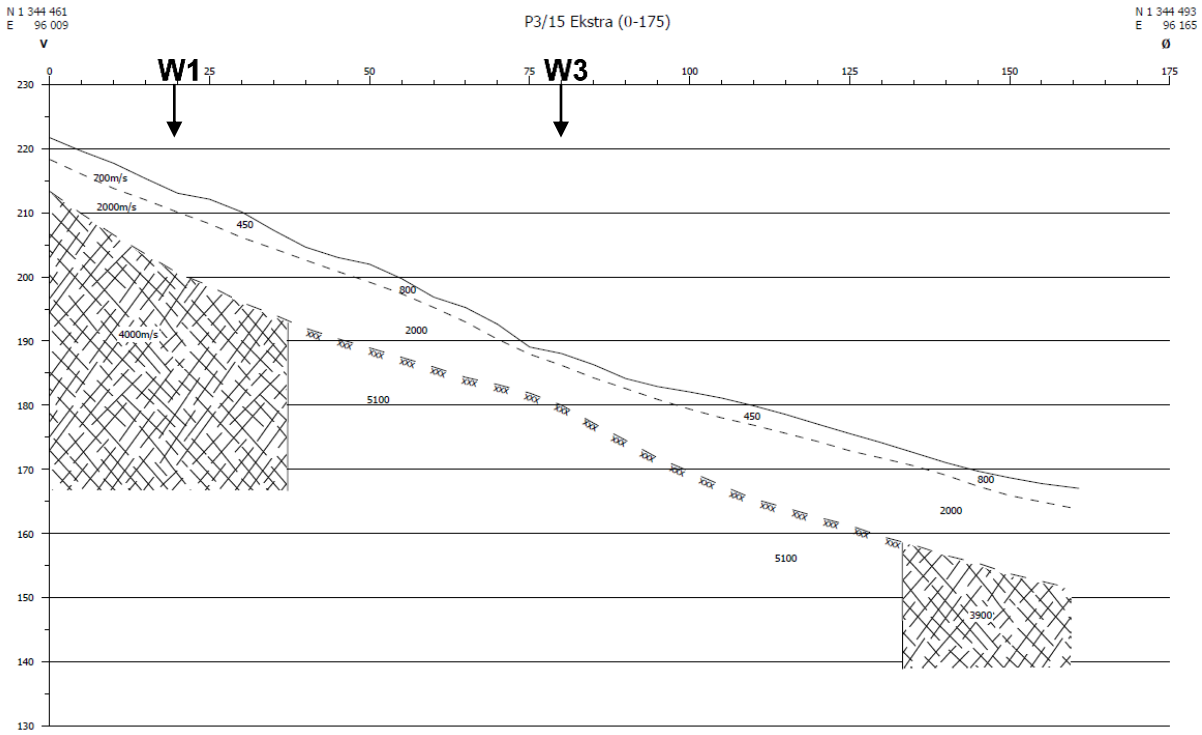
Profil W1 ved hybridseismikk, Figur 22, indikerer et øvre lag på 5-10 m med toppjord som ligger over et nedre lag, også på 5-10 m, med kompakte løsmasser. Grensen mellom kompakte løsmasser (Mjøsmorene) og forvitret dagberg (sandstein og skifer) under er beskrevet å være vanskelig å tyde grunnet overlappende hastighetsprofiler, men det er vurdert at fastere berg påtreffes i en dybde mellom 40-60 m langs profilet. Over dette er det mer forvitrede, oppsprukne masser med hastigheter mellom 3500 og 4500 m/s).

Profil W1 krysser starten av profil P3 ved ca. profil 250 (i W1). Dette er det samme området som GeoPhysix sitt profil indikerer at berget har redusert hastighet (4000 m/s). Ruden

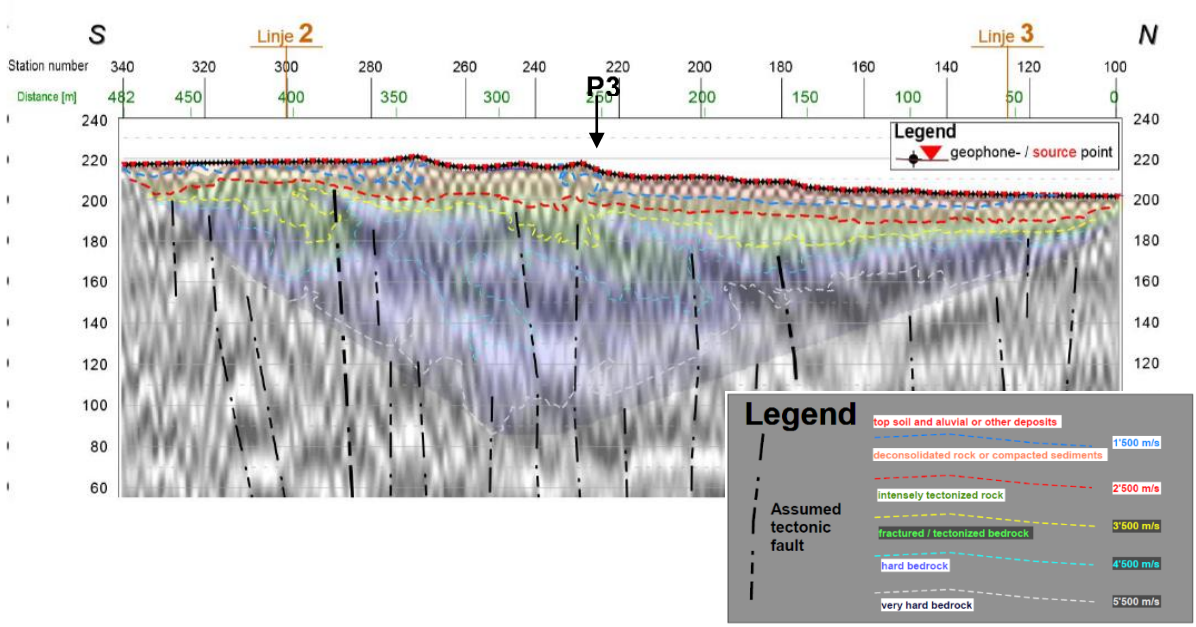
kommenter i sin rapport at det er knusnings-/foldesoner i dette området, profil 250-300 m, og noe lenger sør, ved profil 380. Her ligger grensen mot godt berg (høyere hastigheter enn 4500 m/s) noe dypere enn ellers langs profilet.

Resultater fra resistivitets- og IP-målinger langs det samme profilet indikerer relativt høye IP-verdier i den nordlige delen av profilet. Kombinert med moderate ERT-måleverdier kan dette tyde på soner med sulfidholid berg (svartskifer). Ruden antyder berg med sulfidinnhold opp mot 15%.

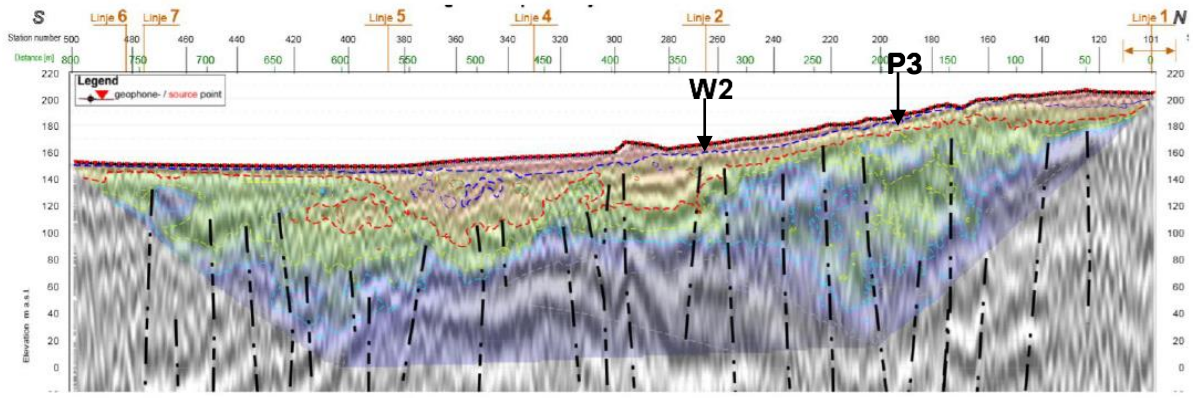
Resultatene gjort ved ERT- og IP-målinger i profil W1 korrelerer godt med de målingene som er gjort langs nordlige delen av profil W3, se Figur 23. Også langs dette profilet er det indikert ERT og IP-signaturer i nordenden av profilet, som kan indikere sulfidholdig berg med 10% eller mer sulfider. I denne delen av profilet er grensen mellom tektonisert berg og berg av god kvalitet vanskelig å definere ved refraksjonsseismikken. Det kommenteres at det er dårlig korrelasjon mellom målte hastigheter i profil P3 i det området der profilet krysses av W3 (profil 80 på P3-profilet).



Figur 21: Profil P3 Ekstra, sett sørfra. Klipp fra [23]



Figur 22: Profil W1 med utført refraksjons- og refleksjonsseismikk, sett fra øst mot vest. Klipp fra [16].



Figur 23: Profil W3 med utført refraksjons- og refleksjonsseismikk, sett fra øst mot vest. Klipp fra [16].

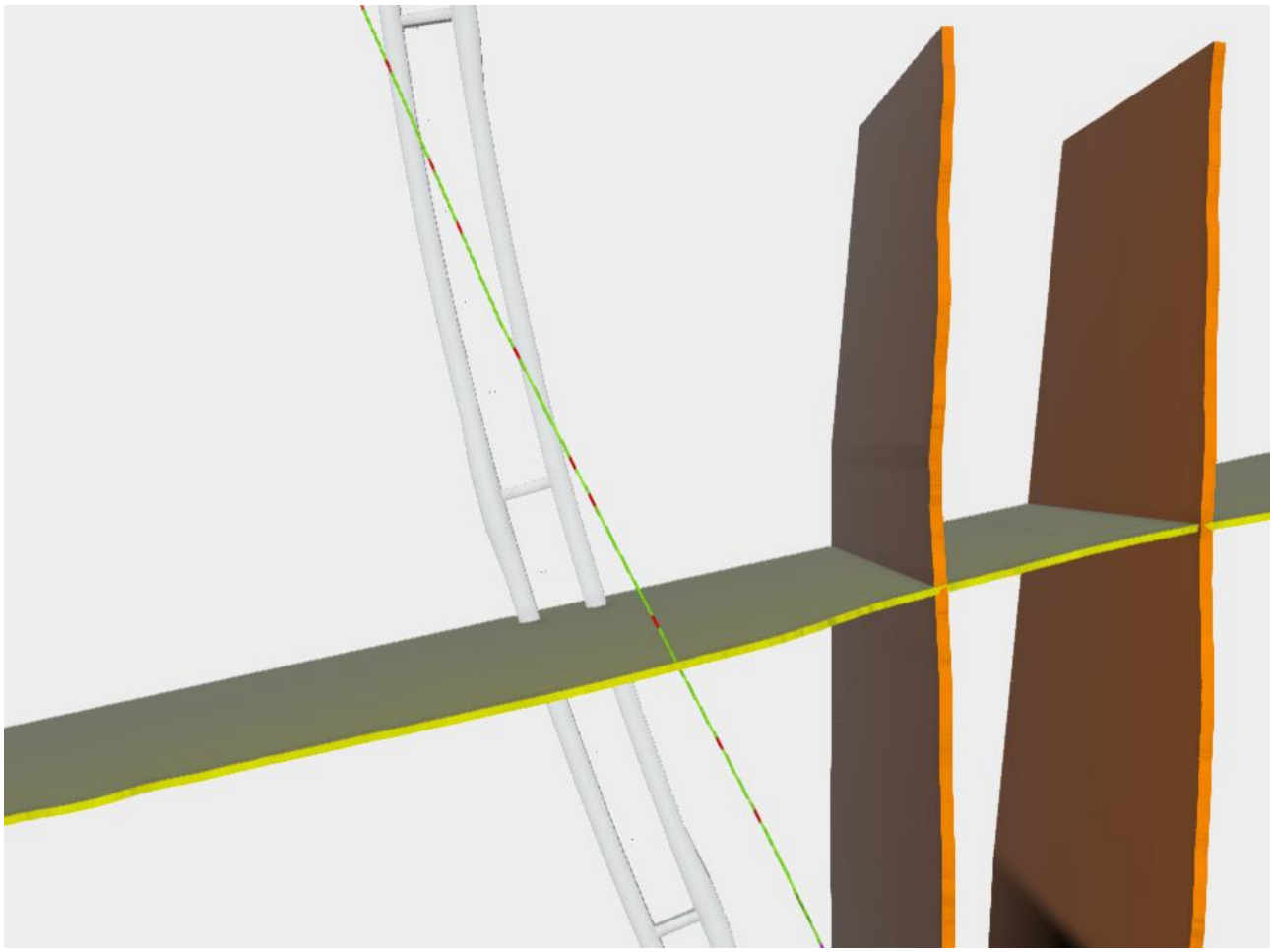
Ut fra utført geofysikk i området er det vanskelig å trekke noen absolutte konklusjoner. Både GeoPhysix og Ruden har påvist lavhastighetssoner i sine profiler, men mens disse synes å være sammenfallende i vest der profilene W1 og P3 krysser hverandre, er de ikke dette i øst der W3 og P3 krysser hverandre. Videre synes det ikke være sammenfallende hastigheter i berggrunnen utenom lavhastighetssonene heller - GeoPhysix angir langt høyere hastigheter nær tolket bergoverflate (mellom lavhastighetssonene) enn det Ruden gjør. Manglende kontrast (og lik hastighetssignatur) mellom fast morene overlagret oppsprukket berg er trolig en medvirkende årsak til ulike resultater. Det bemerkes også at det i Ruden sitt profil er kartlagt en rekke markerte og mindre markerte tektoniske strukturer. Måten å presentere resultater på (og forenkle registrerte data ved tolkning) kan også ha en betydning med tanke på presenterte data langs profilene.

Sett opp mot utførte grunnboringer i området er det tendenser til at geofysikken har gitt grunnere bergoverflateangivelse enn det grunnboringene har vist. Med andre ord at hastigheter i Mjøsmorene har blitt tolket å være berg.

Grunnet usikkerheten knyttet til angitte dybder til berg ved de geofysiske målingene, er dybde til berg i Øyresvika-området slik disse fremgår av BIM-modellen i all hovedsak basert på sammenstilte og tolkede dybder fra grunnboringer. For enkelte borpunkter, bl.a. der man har utført Sonic-boringer, har det vært samsvar mellom boring og geofysikk. Dette har blitt hensyntatt i bergmodell.

3.7.2 Geofysiske målinger langs tunneltraseen

Ruden utførte også geofysiske målinger ved hybridseismikk, resistivitet og IP-målinger langs tidligere foreliggende forslag til tunneltrasé. Forløp av måleprofilet fremgår av BIM-modellen, samt er beskrevet nærmere i [15]. I sør starter profilet noe øst for tunneltraseen, i nærheten av der profil W3 avsluttes i nord. Videre nordover skifter måleprofilet side i forhold til tunnelen, fra øst til vest ved ca. tunnelprofil 25.550, før det igjen skifter side ved tunnelprofil 26.950 og en siste gang ved tunnelprofil 27.750. Siste strekningen av tunnelen ligger måleprofilet noe vest for gjeldende tunneltrasé, og avsluttes noe vest for fossen ved Kollefallbekken med høyeste måle-profilnummer. Måleprofilet for ERT og IP-målinger er noe kortere enn det er for hybridseismikk.



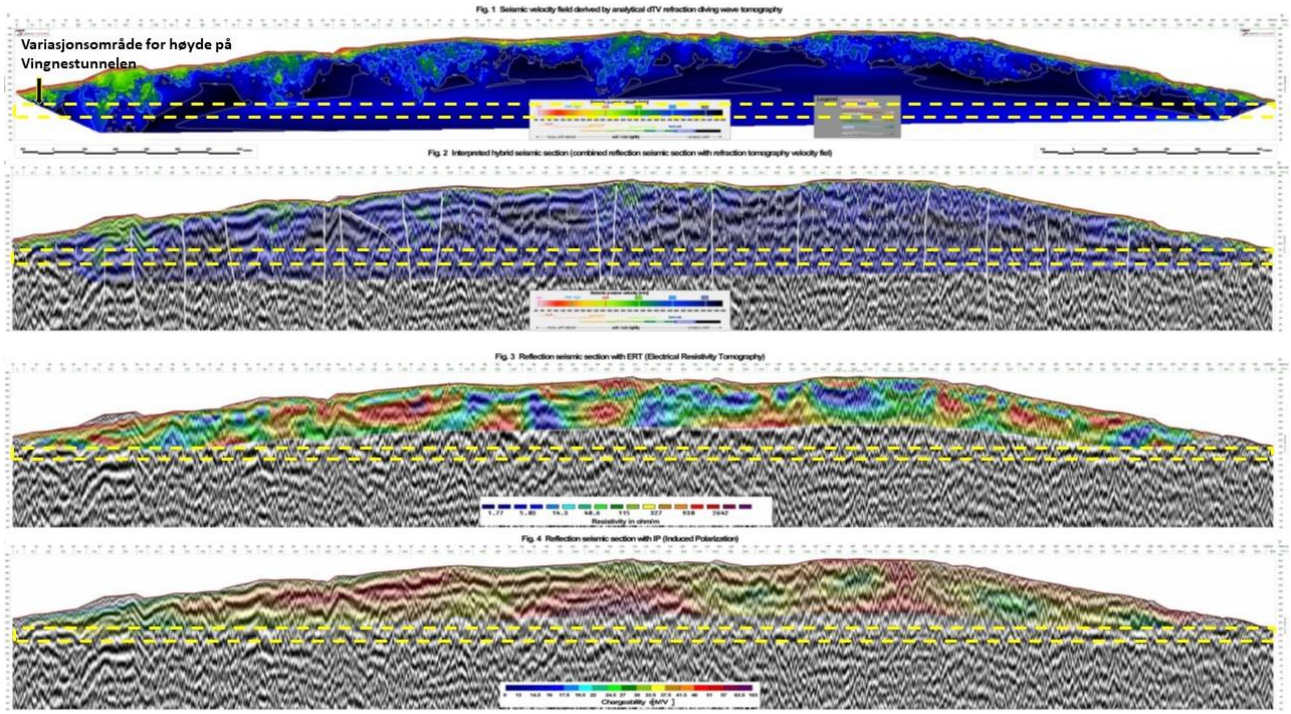
Figur 24: Utklipp av BIM-modellen med utført geofysikk over del av tunnelen nordvest for Korpeberget. Visning sammen med svakhetssonemodell. De markerte/overflatenære lavhastighetssonene (rødt) og tolkede tektoniske strukturene (rosa) som fremgår av Ruden sin tolkning er markert på seismikkprofilet

Penetrasjonsdybden til de refleksjonsseismiske undersøkelsene er i størrelsesorden 300 m, mens den for de refraksjonsseismiske undersøkelsene samt for ERT- og IP-målingene er langt mindre, i størrelsesorden 150 m. Med den store terrengoverdekningen som er for store deler av tunnelen (>200 m), ble selve tunnelnivå langs tunneltraseen i liten grad dokumentert ved de geofysiske metodene, derimot de overliggende bergartslagene. Undersøkelsene gir informasjon om grunnforholdene av mer generell karakter som er sammenfattet i det følgende:

- Generelt er resistivitetsverdiene i området lave til moderate, mens IP-verdiene er moderate til høye. Verdiene indikerer svartskifer (sulfidbærende lag) i undersøkelsesområdet, men grunnet stor elektrodeavstand samt mye støy i målingene (høyspentledninger som forstyrret målingene i enkelte områder) kunne ikke de individuelle lagene med svartskifer kartlegges individuelt. De aktuelle metodene (ERT, IP) har heller ikke tilstrekkelig penetrasjonsdybde for å nå i nærheten av tunnelnivå for hoveddelen av tunnelen.
- Tilstedeværelsen av sulfidførende skiferlag (over tunnelnivå) er antydet å være størst langs nordlige og midtre delen av måleprofilet, med noe minkende sulfidinnhold på de

første 500 m av måleprofilet (lengst sør). Målingene synes imidlertid å være noe usikre da de er av middels kvalitet grunnet støy, og det er anbefalt å utføre boringer flere steder langs traseen for å få mer sikre resultater.

- Generelt er dybden til faste kvartære avsetninger/svært forvitret og tektonisert berg (hastighet 2500 m/s) mindre enn 20 m, og i de fleste tilfeller mindre enn 10 m. Denne overgangsoverflaten går noe dypere i den sørlige enden av profilet, samt under de lavere områdene på platået som tunnelen går under.
- Overflaten til berg av god kvalitet (hastigheter større enn 4500 m/s) ligger i områder svært nær overflaten (inntil 15-20 m), mens den i andre områder ligger på mer enn 300 m dyp.
- Profilet fra refleksjonsseismikken viser intens blokkforkastning kombinert med skjøvete folder. Dominerende forkastningsområder vises på refleksjonsprofilet med tykkere heltrukne streker (Disse er markert med lilla på seismikkutlegget i BIM-modellen).



Figur 25: Utklipp fra [15] med hhv. (fra øverst til nederst): Refraksjonsseismikk, hybridseismikk med tolkede strukturer, resistivitetsmålinger og IP-målinger. Tunnelens variasjonsområde mht. dybde under terreng (fra kjørebane på rundt 140 m.o.h. ved påhugg til 177 m.o.h. ved høybrekk) er markert med gul stiplet linje. For oversikt over målinger i god oppløsning henvises det til Vedlegg 2.

3.8 Prøving av steinmateriale

Det henvises til notat NOTA-geo-005 *Prøving av steinmaterialer for bruk i vegbygging* for utredning av dette temaet.

3.9 Bergarter med syredannende potensiale

Det henvises til rapport RAPP-geo-005 *Fagrapport geokjemisk vurdering av Brøttumformasjonen* for utredning av temaet.

4 Tolkningsdel – Vurderinger av grunnforhold

4.1 Bergmassekvalitet

Bergmassekvalitet langs tunneltraseen er vurdert og klassifisert ved bruk av Q-systemet og håndbok N500 sin inndeling av bergmasseklasser gitt ved tabell 6.1. Fordelingen er basert på utført kartlegging i felt og faglig vurdering av Q-parametere der ikke kartleggingsdata foreligger.

I N500 er det gitt følgende sammenheng mellom Q-verdi, bergforhold og bergmasseklasse:

Tabell 5: Sammenhengen mellom bergforhold (Q-verdi) og bergmasseklasse i N500

Q-verdi	Bergforhold	Bergmasseklasse
100 – 10	Lite oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand > 1 m	A/B
10 – 4	Moderat oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand 0,3 – 1 m	C
4 – 1	Tett oppsprukket bergmasse eller lagdelt skifrig bergmasse Midlere sprekkeavstand < 0,3 m	D
1 – 0,1	Svært dårlig bergmasse	E
0,1 – 0,01	Ekstremt dårlig bergmasse	F
< 0,01	Eksepsjonelt dårlig bergmasse, stort sett løsmasse	G

Antatt fordeling med spenn i Q-verdier fremgår av Tabell 7.

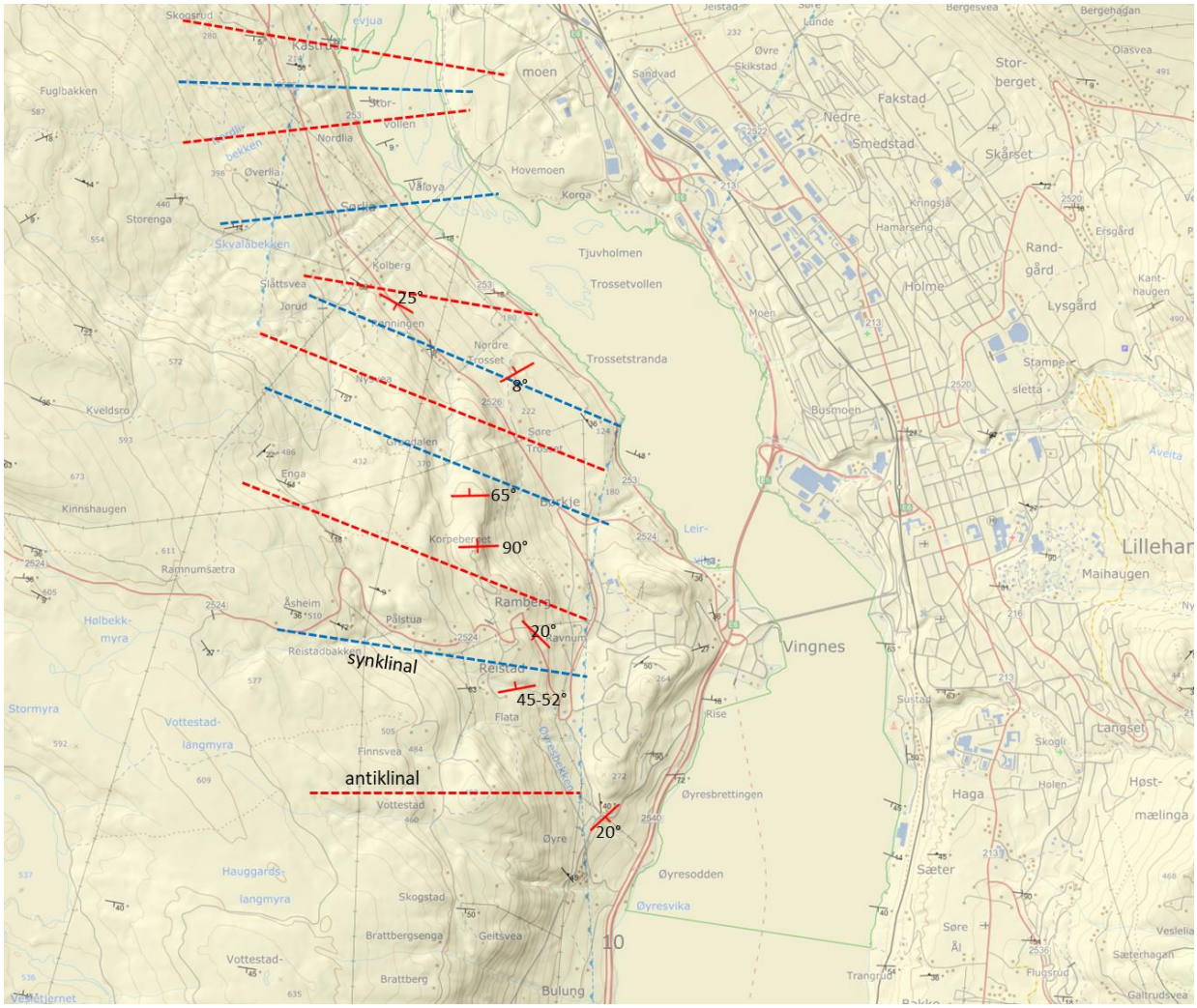
Det er relativt få bergblotninger langs tunnelen og mesteparten av trasê ligger under løsmasser. Bergmassekvalitet vil være avhengig av om det er sandstein eller skifer som dominerer i tunnelen og for utarbeidelse av prognose er det antatt følgende sammenheng mellom bergart og bergmasseklasse:

Tabell 6 Antatte Q-verdier og tilhørende bergmasseklasse for bergarter i Vingnestunnelen

Q-verdi	Antatt bergart	Bergmasseklasse
40 – 10	Grovblokket sandstein og siltstein	B
10 – 4	Oppsprukket sandstein og godt sementert skifer	C
4 – 1	Oppsprukket skifer og sandstein	D
1 – 0,1	Meget oppsprukket skifer og sandstein	E

Basert på strukturmålinger utført av Norconsult samt NGU [7] er det antatt at bergmassen er foldet med en flere anti- og synklinaler langs trasê som vist i Figur 26. Det er forventet tilstedeværelse av lagdelingsparallelle svakhetssoner/slepper/ svake bergartslag som ikke er synlige i terrengoverflaten langs tunneltrasê. Basert på tolkningen i Figur 26 er det risiko for at slike lagdelingsparallelle svakhetssoner/slepper/ svake bergartslag kan krysse tunnel med lav vinkel, og vil kunne følge tunnelen over lengre strekker (se også kapittel 4.6). I slike tilfeller vil dette ha innvirkning på bergmassekvalitet over lengre tunnnelpartier. Med dagens

kunnskap er det ikke mulig å fange opp denne usikkerheten i prognosen, og må sees på som en restrisiko til den utarbeidede prognosen.



Figur 26 Antatte syn- og antiklinaler (hhv. blå og røde stiplede linjer) langs trasê

I de få bergblotninger som er nærme tunneltrasê er det observert alle bergartene som er vist i Tabell 6, i likhet med kjernehull K1 (kapittel 3.6.1). For utarbeidelse av prognose er det videre antatt en skjønnsmessig fordeling av disse bergartene i tunnel som ikke er i direkte berøring av antatte svakhetssoner. Det kan bli behov for å justere prognose etter resultat fra supplerende grunnboringer foreligger.

Bergmassekvaliteten i påhuggsområdene er usikker da påhuggene er dekket med løsmasser. Bergmassekvalitet er antatt å ligge i bergmasseklasse E de første salvene inntil tunnelløpene er etablert og innspenningen øker. Påhugg sør ligger mellom svakhetssone 1 og 2 og dette vil kunne ha påvirkning på stabilitet for begge tunnelløp. Påhuggsområdene er også de deler av tunnelen med lavest bergoverdekning.

Tunnelen krysser svakhetssoner forholdsvis på skrå (med lav vinkel) noe som medfører at sonene får økt innvirkning på tunnelløpene utover bredden til selve sonene. I prognosen er

hele tunnelstrekningen som antas influeres av svakhetssoner regnet som svakhetssone, selv om deler av tunnelprofilet vil kunne ha bergmasse av bedre kvalitet. I områder med svakhetssoner forventes det bergkvalitet i bergmasseklasser C, D og E. Det er usikkert hvorvidt de mindre svakhetssonene er utholdende nok til at de influerer på tunnelnivå. Slike svakhetssoner ligger i tabellen med bergmasseklasse E-C.

Tabell 7: Prognose Q-verdier nordgående og sørgående tunnelløp Vingnestunnelen

Nordgående tunnelløp							**Sørgående tunnelløp**						
Profil fra	**Profil til**	**Q-verdi (spenn)**		**Bergmasse klasse (spenn)**		**Sv. sone**	**Profil fra**	**Profil til**	**Q-verdi (spenn)**		**Bergmasse klasse (spenn)**		**Sv. sone**
Ca. 24596	24740	0,1	10	E	C		Ca.24590	24685	0,1	10	E	C	
24740	24807	0,1	1	E		2	24685	24742	0,1	1	E		2
24807	26519	0,1	40	E	B		24742	26480	0,1	40	E	B	
26519	26540	0,1	10	E	C	3	26480	26502	0,1	10	E	C	3
26540	27001	0,1	40	E	B		26502	26962	0,1	40	E	B	
27001	27027	0,1	4	E	D	4	26962	26985	0,1	4	E	D	4
27027	27151	0,1	40	E	B		26985	27094	0,1	40	E	B	
27151	27181	0,1	4	E	D	5	27094	27127	0,1	4	E	D	5
27181	27193	0,1	40	E	B		27127	27167	0,1	40	E	B	
27193	27207	0,1	10	E	C	6	27167	27180	0,1	10	E	C	6
27207	27518	0,1	40	E	B		27180	27528	0,1	40	E	B	
27518	27522	0,1	10	E	C	7	27528	27532	0,1	10	E	C	7
27522	28700	0,1	40	E	B		27532	28700	0,1	40	E	B	
28700	Ca.28828	0,1	10	E	C		28700	Ca.28828	0,1	10	E	C	

Prognosen for bergmassekvalitet langs tunneltraseen er basert på foreliggende grunnlagsmateriale og et begrenset antall kartleggingspunkter langs tunneltraseen, og prognose er usikker på grunn av at store deler av tunneltrasê er dekket med løsmasser. Påtrufne bergmassekvaliteter ved tunneldrivingen vil avvike fra de antatte vist i tabellen, både med hensyn til fordeling av bergmasseklasser, lengder og plassering langs traseen. I Tabell 8 er det gitt en sammenstilling av antatte bergmassekvaliteter med tilhørende sikringsklasser iht. N500 tabell 6.1 for de to tunnelløpene. Fordelingen samsvarer godt med fordelingen beskrevet i konkurransegrunnlaget kapittel D1.1.

Tabell 8: Antatt fordeling av bergmassekvalitet og sikringsklasser for tunnelløpene

Bergmasse-klasse	Sikringsklasse iht. N500	Nordgående løp, antatt fordeling	Sørgående løp, antatt fordeling
B	I	24 %	25 %
C	II	44 %	43 %
D	III	25 %	26 %
E	IV	7 %	6 %
F	V	0 %	0 %
G	VI	0 %	0 %

Innholdet i de ulike sikringsklassene fremgår av N500 tabell 6.1, se Figur 39.

4.2 Tolkning av svakhetssoner

Det forventes at tunnelen krysser svakhetssoner i dypet. Omfang og karakter av svakhetssonene er svært usikker da det ikke er boret gjennom svakhetssoner, og at stor del av trasê er dekket av løsmasser. Det nevnes at i borhull K1 er påvist mindre svakhetssoner/slepper/knusningssoner, og at disse er antatt å ligge parallelt lagdelingen (flattliggende). Antatte svakhetssoner er vist i BIM modellen. Svakhetssoner/slepper som ligger parallell lagdelingen vil også kunne ha innvirkning på tunneler. På grunn av bergmassens lagdeling med sandstein og skifer i veksling, er det en risiko for at skjulte svakhetssoner kan ligge parallelt lagdelingen og ikke være synlig på overflaten. Ved opptreden av slike lagparallelle svakhetssoner kan disse påvirke tunnel over lengre partier hvor lagdeling krysser tunnel med lav vinkel. På grunn av løsmasseoverdekning, samt at bergforholdene på overflaten ikke nødvendigvis er representative for tunnelnivå i denne lagdelte bergmassen, er bergforholdene ved tunnelnivå svært usikre. Det henvises forøvrig til kapittel 3.6 for resultater fra kjerneboringene.
Et fenomen som trolig er knyttet til overflatenære, subhorisontale svakhetssoner er tilstedeværelse av grotter i Lillehammerområdet. Disse følger trolig lagdelingen i bergmassen, men er trolig mer sannsynlig i overflatenært berg. På grunn av tunnelens berg- og løsmasseoverdekning er det vurdert som mindre sannsynlig at Vingnestunnelen kommer i konflikt med naturlige grotter, men det kan ikke utelukkes og er vurdert som en restrisiko. Antatte svakhetssoner er vist BIM modell, se utklipp Figur 18.

Tabell 9: Tolkede svakhetssoner som antas å krysse eller influere tunneltraseen. Tekst og soner uthevet med fet skrift er kartlagt i tidligere prosjekteringsrapporter.

Sone	Antatt plassering, profil fra-til, nordgående / sørgående tunnelløp	Orientering på svakhetssone (strøkretning)	Antatt mektighet sone (m) (vist i BIM-modell *)	Teoretisk minste overdekning (vist i modell)	Registreringer	Tolkninger
1	N/A / N/A	N-S	3	N/A	Sone er identifisert basert på tidligere utførte seismikk	Krysser trolig ikke tunnelen, men bergmassen mellom sone 1 og 2, dvs forskjæring, påhugg og sørlige del av tunnel (første 150 m) kan være påvirket av disse sonene (redusert bergmassekvalitet)
2	24740-24807 / 24685-24742	N-S	10	58 / 56	Regional forkastning. Sonen er identifisert ved kartstudier, beskrevet i [3] [4] samt utførte grunnundersøkelser [3] [4].	Sonen er antatt å krysse tunnel og reduserer trolig bergmassekvalitet i tunnelen. Sonen kan ha influens bergmassekvalitet/innspenning i forskjæring og evt. påhugg.
3	26519-26540 / 26480-26502	NNØ/SSV	3	202 /193	Antatt liten sone er dekket med løsmasser, ikke observert i felt. Er antatt å forme de steile fjellsidene på østsiden av Korpeberget	Det er usikkert om sonen er utholdende nok til at den påvirker tunnelen på grunn av høy overdekning.
4	27001-27027/ 26962-26985	NNØ/SSV	5	221 / 222	Antatt sone er dekket med løsmasser, ikke observert i felt.	Det er usikkert om sonen er utholdende nok til at den påvirker tunnelen på grunn av høy overdekning.
5	27151-27181 / 27094-27127	NNØ/SSV	5	232 / 240	Antatt sone er dekket med løsmasser, ikke observert i felt.	Det er usikkert om sonen er utholdende nok til at den påvirker tunnelen på grunn av høy overdekning.

Sone	Antatt plassering, profil fra-til, nordgående / sørgående tunnelløp	Orientering på svakhetssone (strøkretning)	Antatt mektighet sone (m) (vist i BIM-modell *)	Teoretisk minste overdekning (vist i modell)	Registreringer	Tolkninger
6	27193-27207 / 27167-27180	NØ-SV	3	229 / 237	Antatt liten sone er dekket med løsmasser, ikke observert i felt.	Det er usikkert om sonen er utholdende nok til at den påvirker tunnelen på grunn av høy overdekning.
7	27518-27522 / 27528-27532	VSV-ØNØ	3	244 / 246	Antatt liten sone er dekket med løsmasser, ikke observert i felt.	Det er usikkert om sonen er utholdende nok til at den påvirker tunnelen på grunn av høy overdekning.
8	N/A / N/A	VSV/ØNØ	2	N/A / N/A	Flattliggende svakt bergartslag Fallretning/fallvinkel 334-350°/5-22°. Ligger parallell lagdelingen.	Det er usikkert om dette svake bergartslaget påvirker tunnelen på grunn av avstand til tunnel. Det er risiko for at tunnel krysser tilsvarende lagdelingsparallelle svake bergartslag.
9	N/A / N/A	V-Ø	1	N/A / N/A	Flattliggende svakt bergartslag med utgående i Kollefall-fossen. Fallretning/fallvinkel 000°/20°. Ligger parallell lagdelingen	Dette svake bergartslaget er antatt å ikke krysse tunnelen på grunn av observert orientering og lokasjon. Det er risiko for at tunnel krysser tilsvarende lagdelingsparallelle svake bergartslag.

4.3 Bergoverdekning og bergspenninger

Inn fra påhuggsområdene er det på begge sider stigende terreng. Det forventes ikke, utover i påhuggsområdene, spesielt liten overdekning langs tunneltraseen. Det antas generelt moderate bergspenninger og gunstige spenningsforhold i tunnelen. Mellom profil 24750 og 28700 varierer overdekning (terrengoverflate) mellom ca. 60-260 meter. Fra søndre påhugg til profil 24750 er bergoverdekning ca. 6 - 43 meter for nordgående løp og ca. 6 - 49 meter for sørgående løp. Fra nordre påhugg til profil 28700 er bergoverdekning ca. 8,2 - 49 meter for nordgående løp og ca. 12 - 50 meter for sørgående løp.

Ved krysning av svakhetssoner vil innspenning til bergmassen bli redusert.

I forbindelse med krysning av svakhetssone 2 (forkastning NGU [4][7]) kan kombinasjonen av redusert bergkvalitet, svakhetssonens geometri samt overdekning kan gi utfordringer knyttet til driving/sikring av tunnelen. Det er forventet at tunnelen drives med redusert salvelengde samt systematisk sikring med forbolter, bergbånd, radielle sikringsbolter, sprøytebetong og eventuelt armerte sprøytebetongbuer ved/bak stuff.

Det er utført totalsonderinger med bergkontrollboring samt utførte kjerneboringer for kontroll av bergoverdekning i påhugg sør. I påhugg nord er det utført totalsonderinger med bergkontrollboring for kontroll av bergoverdekning, samt at det blir utført kjerneboring for kontroll av bergforhold i stabben mellom hovedløpene.

Det er ikke kjent at det er utført bergspenningsmålinger i området.

I tilfelle det påtreffes mektige sandsteinsbenker som oppkonsentrerer bergspenninger (enten horisontale og/eller vertikale bergspenninger) kan det oppstå utfordringer knyttet til høye bergspenninger (avskalling, sprakeberg), men basert på utførte kjerneboringer og feltkartlegging er dette vurdert som mindre sannsynlig. Det er også antatt at sedimentære bergarter av denne type normalt er lite disponert for residuale spenninger.

4.4 Vurdering av geotekniske forhold

Sonderinger fra utførte grunnundersøkelser viser svært faste masser. Det henvises til RAPP-geo-011 *Fagrapport geoteknikk* for utredning av geotekniske forhold i dagstrekningene. Det er ikke utført geotekniske undersøkelser langs tunneltraseen annet enn i påhuggsområdene.

4.5 Vurdering av grunnvannsforhold

Naturlig grunnvannstand i et område avhenger av hvor mye vann som tilføres området, og hvor mye vann som lekker eller fordamper ut av magasinet. Det førstnevnte bestemmes av områdets nedbørsfelt, samt avrenning. En tunnel vil påvirke hvor mye vann som lekker ut fra området [10]. Sandsteiner og skifer som opptrer i Norge har typisk hydraulisk konduktivitet varierende fra omkring 10^{-5} m/s til 10^{-10} m/s [28].

Ved boring av en privat fjellbrønn i Saksumdalsvegen 289 ble det rapportert om grunnvannsnivå ca. 20 m under terrengoverflaten [8]. Brønnen er boret på terrengkote ca. +465. Med høyeste overdekning over tunnelen på ca. 260 m kan grunnvannstrykket i tunnelen forventes å bli opp mot tilsvarende.

Da det ikke er registrert tjern eller sårbare naturtyper over/i nærhet til tunneltraseen er det vurdert sårbarhet for bekker, myrer og private brønner. Brønner i løsmasser er generelt mer sårbare mot endringer i grunnvannsnivå enn dypere brønner i berg. Likevel er ofte gravde brønner i løsmasser i større grad avhengige av tilsig fra overflatevann. Dypere brønner kan bli helt eller tidvis tørre dersom grunnvannsnivået synker til et dypere nivå enn brønnens inntaksdybde.

Det forventes ikke setninger av betydning da det er kartlagt svært faste masser i området (se kap. 4.4). Det er derfor ikke vurdert tetthetskrav i tunnel som følge av setningsproblematikk.

Det er vurdert grunnvannsforhold i berg. Morenens tykkelse over tunneltraseen er noe usikker, men ser ut til å variere mellom 0-15 m [8]. Stort antall brønner i området i berg og

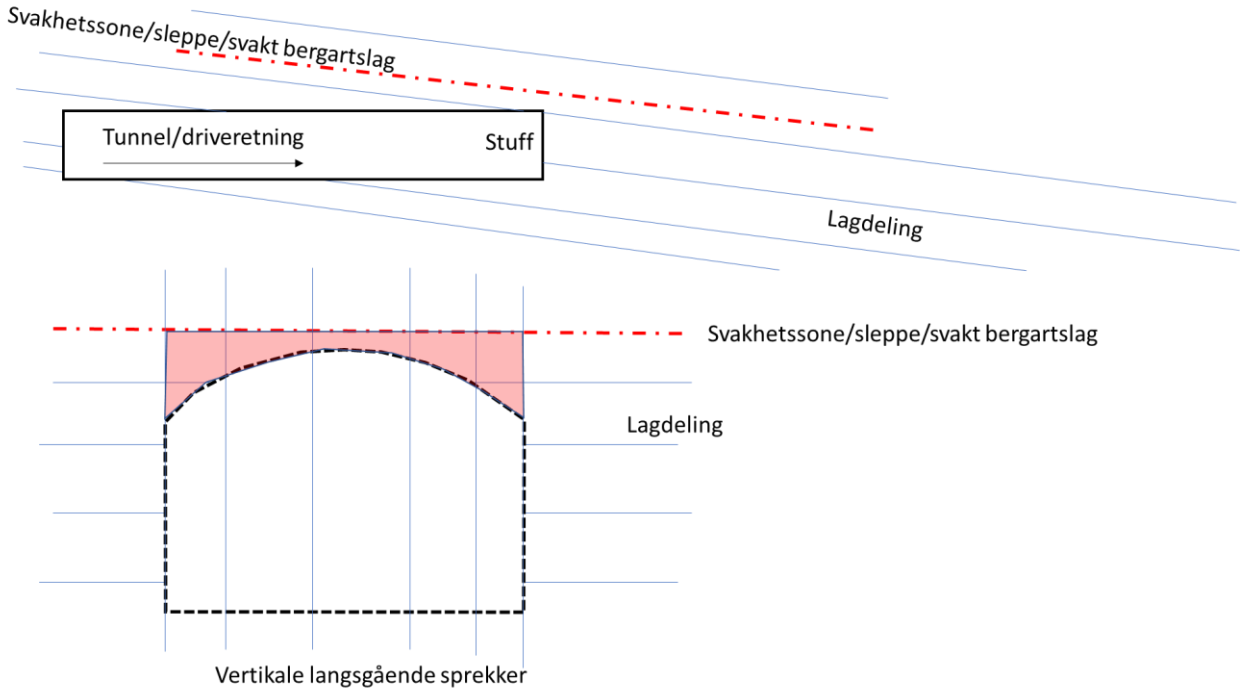
løsmasser viser at det er tilsig av vann. Med tunnelens store nedbørsfelt og flere områder med berg i dagen/tynt løsmassedekke vil nedbør finne områder å infliltrere i berggrunnen.

Tunnelens influensområde i berg antas å strekke seg omtrent 300 m til hver side av tunneltraseen [11]. I området ved søndre tunnelportal, samt i området ved Saksumdalsvegen til Grandalen, er det kartlagt flere svakhetssoner. Det forventes større lekkasjer i tunnel i disse områdene dersom svakhetssonene er utholdende ned til tunnelnivå. Brønner og vannforekomster nærmest tunneltraseen vil være mest utsatt for påvirkning ved lekkasjer i tunnel, i tillegg til at svakhetssoner og sprekkeforhold kan føre til påvirkning i lenger avstand fra tunnel. Horisontale sprekker og svakhetssoner, eventuell oppsprekning parallellt lagdelingen i bergmassen der lagdelingen har slakt fall, kan føre til grunnvannspåvirkning over store avstander.

For vurderinger av vannforekomstenes sårbahet mot innlekkasjer i tunnel er det utført vannbalanseberegninger. Beregningene er basert på terrengmodeller og dermed vannforekomstenes nedbørsfelt, samt forekomstenes sårbarhet. For risikovurderinger av de enkelte vannforekomstene, samt brønner, henvises det til *Vedlegg 3.*

4.6 Vurdering av potensielle stabilitetsproblemer i tunnel

Bergmassen er lagdelt med vekselsvis lag av kompetent, isotrop sandstein og siltstein, og mykere/svakere anisotrop skifer. Det er risiko for at slepper/svakhetssoner kan ligge parallelt lagdelingen. Der tunnelen krysser lagdelingen med lav vinkel kan lengre tunnelpartier påvirkes av slepper/svakhetssoner/svake bergartslag (skifer), enten ved direkte/synlig krysning av tunnelprofilet eller om de i nærhet til tunnelhengen (Figur 27)



Figur 27 Illustrasjon flattliggende lagdeling og langsgående vertikale sprekker

I kombinasjon med steile sprekker som ligger parallelt med tunnel (vist i sprekkerose Figur 14) kan det oppstå flakdannelser i vegger, samt utfordringer knyttet til utfall i hengen. Prinsippet er illustrert i Figur 27.

Observasjoner i nærliggende tunnelanlegg (Mesna Kraftverk) har vist at utsprengt tunnelprofil stedvis følger flattliggende lagdelingsprekker tilsvarende illustrasjonen i Figur 27, noe som kan resultere i et ujevnt/hakket profil.

Risikoen knyttet til å drive tunnel med flattliggende svake lag i og over hengen avhenger til dels av driveretningen i forhold til fallretningen på bergartslagene. Der bergartslagene har fall ut av tunnelstuffen vil slike bergartslag kunne identifiseres ved geologisk kartlegging i stuffen før man driver seg innunder et slikt lag, ettersom lagene først vil bli synlig i overgangen mellom såle og vegg/stuff. Tiltak som økt omfang av sikring i heng kan derfor besluttes før man driver seg inn i stabilitetsproblemer. Der bergartslagene derimot har fall inn mot stuffen vil ikke slike svake lag bli identifisert før de gjør seg til syne i overgangen mellom heng og stuff/vegg, se Figur 27, med mindre man har gjort registreringer av sleppete/svakt berg ved boring for sikringsbolter i hengen. Det er følgelig større risiko knyttet til sistnevnte tilfelle, som også vil kunne gi behov for å gjøre en vurdering av utført stabilitetssikring i bakenforliggende heng, så snart omfang av slepper/svake lag synliggjøres i stuff og vegger.

4.7 Vurdering av påhuggsområder

For beskrivelse av ingeniørgeologiske forhold og vurderinger i forskjæringene henvises det til RAPP-geo-007 *Ingeniørgeologisk og hydrogeologisk prosjektering, dagstrekning*. I det følgende beskrives vurderinger knyttet til selve påhuggene.

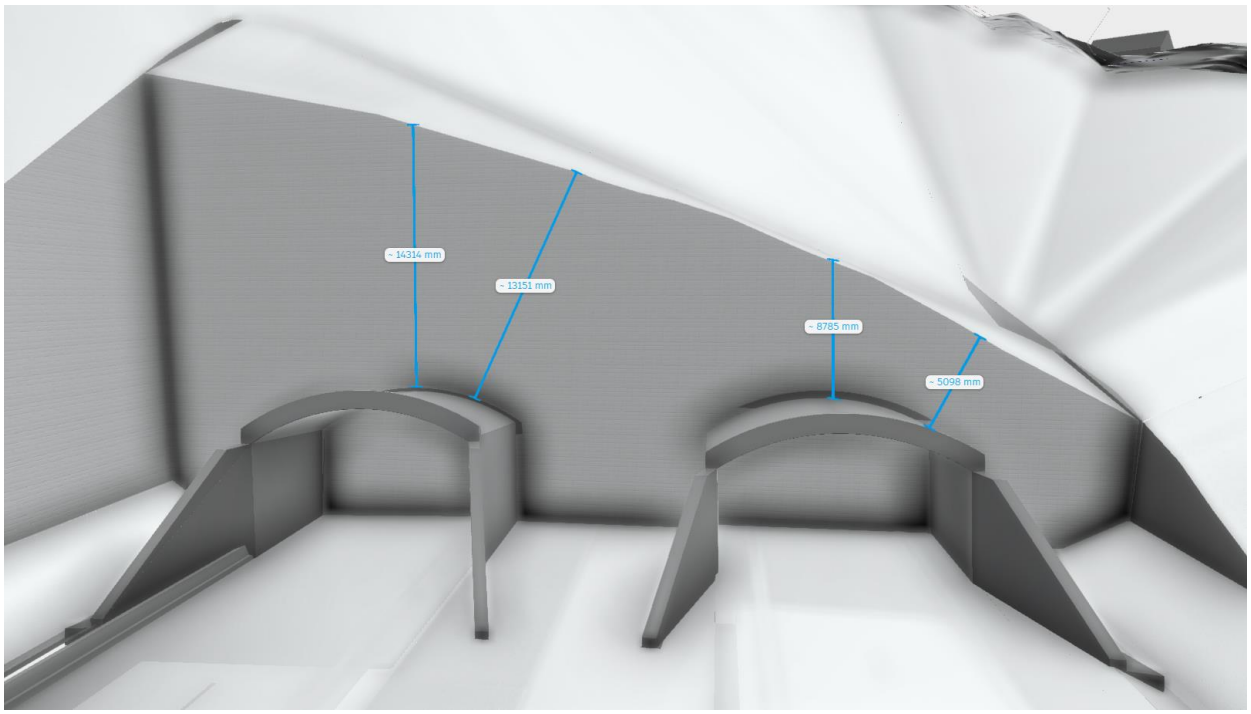
4.7.1 Påhuggsområde sør (Øyresvika)

Som beskrevet i RAPP-geo-007 er utforming av forskjæringen i Øyresvika basert på en mest mulig robust løsning som åpner for fleksibilitet med hensyn til ulike løsninger for etablering av påhugg, basert på faktisk påvist plassering av bergoverflaten.

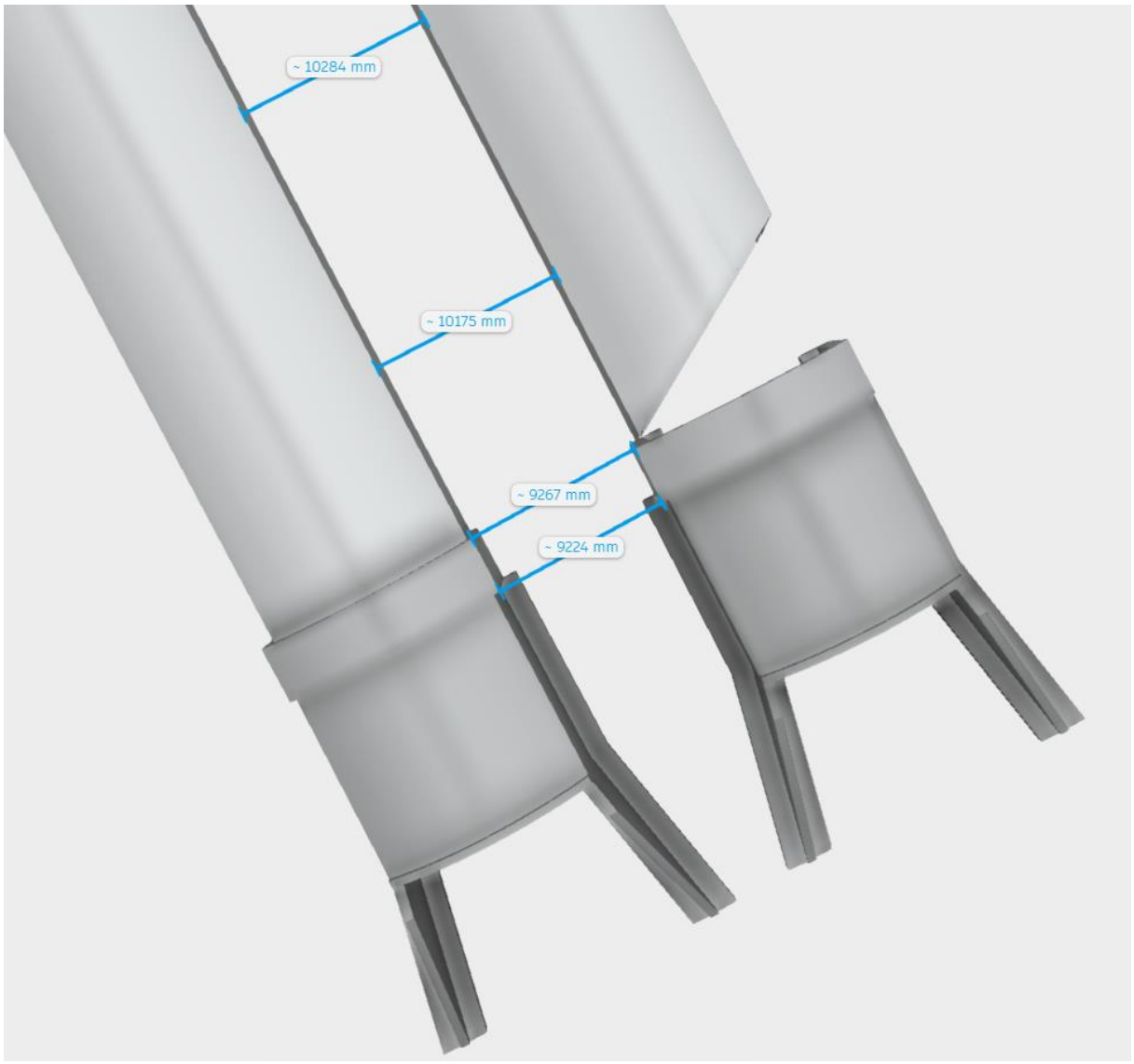
Prosjektert løsning baserer seg på en felles påhuggsflate for begge løpene. Dette innebærer at bergoverdekningen og da særlig sideoverdekningen for nordgående løp er tilstrekkelig. Dette siden tolket bergoverflate ved nordgående løp faller av mot øst, og sideoverdekningen her dermed blir bestemmende for hvor påhugg for dette tunnelløpet vil kunne etableres. For nordgående løp er overdekning/sideoverdekning i foreløpig påhuggsflate hhv. ca. 10 meter og 5 meter, se Figur 28. For sørgående løp er vertikaloverdekningen rundt 16 m. (Dette inkluderer profilutvidelse for tung sikring/kontaktstøp). Grunnet antatt orientering på bergoverflaten i området som faller mot sørøst, øker bergoverdekning og sideoverdekning forholdsvis raskt på innover i tunnelen.

Stabbebredden mellom ytterkant kontaktstøp i påhuggsflaten er 9,2 meter (Figur 30). Utvidelse for tung sikring vil redusere faktisk bredde til omtrentlig 8,2 meter om man antar 50 cm profilutvidelse per løp. Videre innover i tunnelen fra innerkant kontaktstøp øker stabbebredden til ca. 10 meter med normalprofil. Videre nordover øker gradvis stabbebredden til ca.15 meter over et lenger tunnelparti.

Figur 28 Tverrsnitt profil 24600 (innenfor påhugg)



Figur 29: Påhugg Øyresvika. Utklipp av BIM-modell 18.03.2021. Figuren viser en felles bergoverflate, og med portalmunninger som stikker like langt ut. Det fremgår av figuren at bergoverdekningen for nordgående løp er bestemmende for hvor en felles påhuggsflate vil kunne la seg etablere. Det er særlig sideoverdekningen som er kritisk.



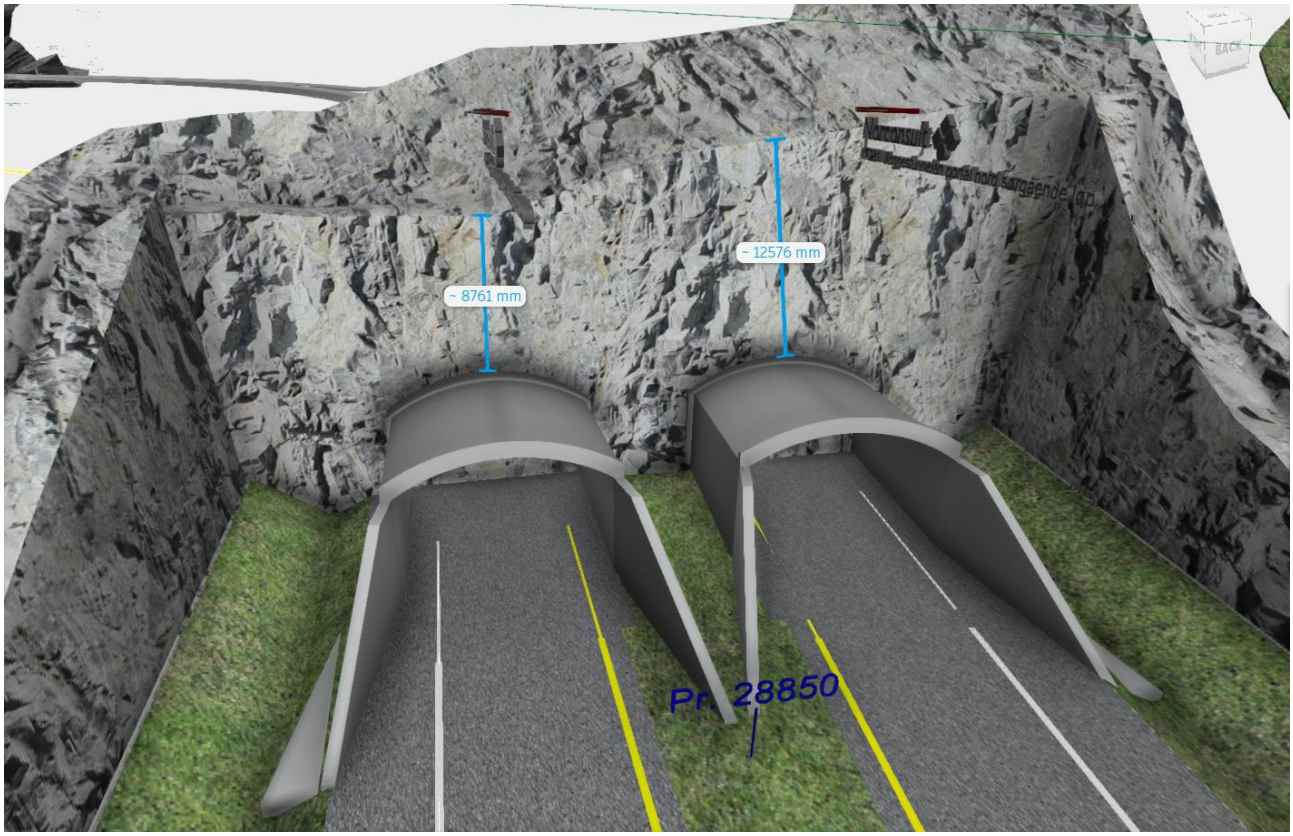
Figur 30 Mål stabbebredde Øyresvika. Utklipp fra BIM-modell 18.03.2021

Diskusjon og vurdering rundt fremgangsmåte for driving og sikring av påhugget er gitt i kapittel 5.1.7. Kjerneborhull K4 og K5 i påhuggsområdet er omtalt i kapittel 3.6.4 og 3.6.5.

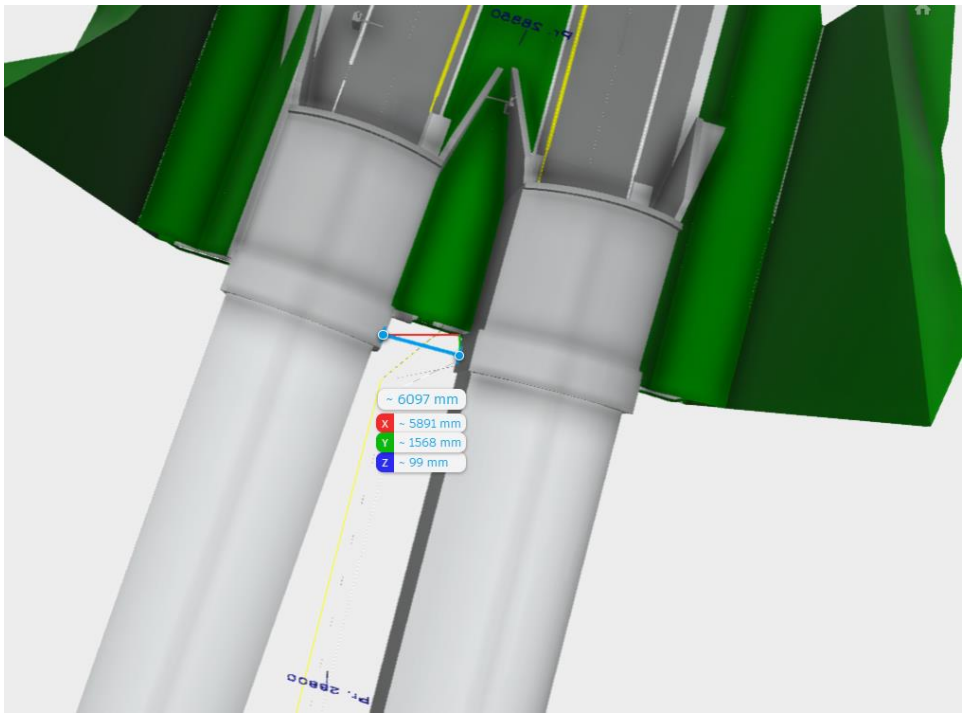
4.7.2 Påhuggsområde nord (Trosset)

Oversikt tolket bergmodell og tunnelløpene er vist i Figur 31.
Bergoverdekning for nordgående løp er i størrelsesorden 8,7 meter samt 12,5 meter for det sørgående løpet. Bergoverdekning til tunnelen øker raskt videre sørover langs tunnelen. Stabbebredden mellom ytterkant kontaktstøp er 6 meter (Figur 32). Utvidelse for tung sikring vil redusere faktisk bredde til omtrentlig 5 meter om man antar 50 cm profilutvidelse per løp. Videre innover i tunnelen fra innerkant kontaktstøp øker stabbebredden til ca. 7 meter med normalprofil (Figur 33). Videre nordover øker gradvis stabbebredden til ca.15 meter over et kortere tunnelparti, og øker videre til ca. 19 meter (ved den nordligste tverrforbindelsen).

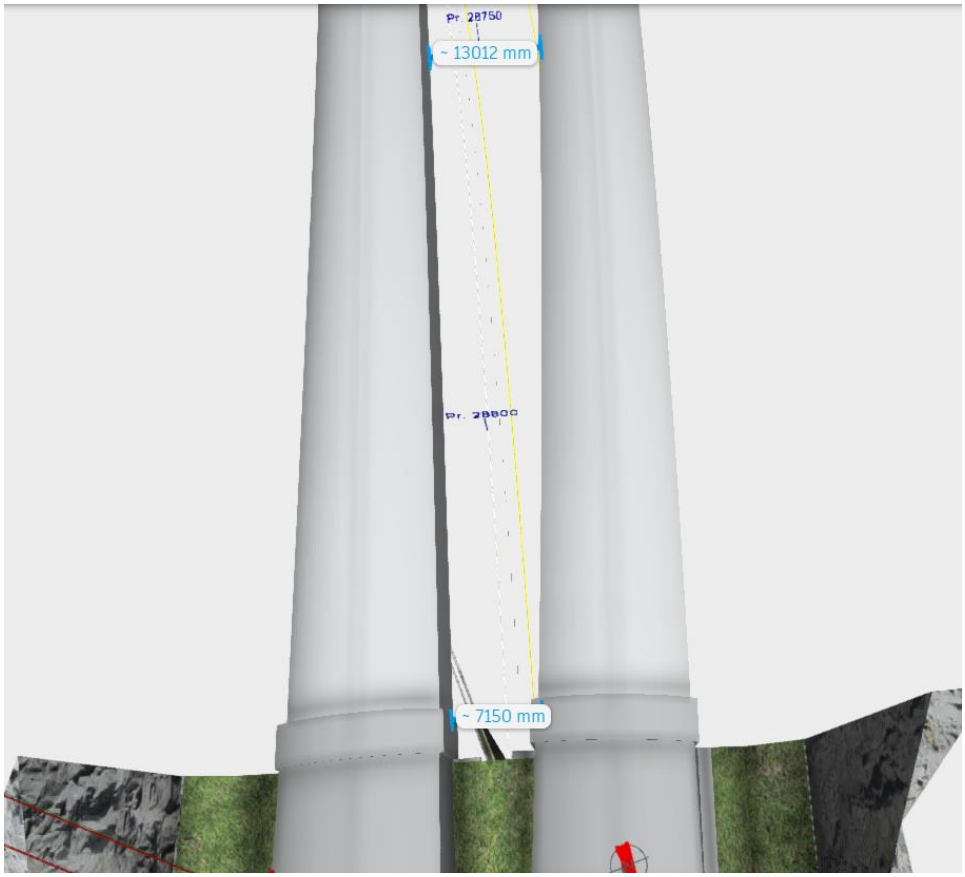
Diskusjon og vurdering rundt fremgangsmåte for driving og sikring av påhugget er gitt i kapittel 5.1.7. Kjerneborhull K6 er omtalt i kapittel 3.6.6.



Figur 31 Påhugg Trosset. Utklipp fra BIM modell 4. desember 2020



Figur 32 Mål stabbebredde Trosset. Modell per 20. november 2020.



Figur 33 Figur viser at stabbebredde øker sørover i tunnelen. Modell per 20. november 2020

4.8 Vurderinger med hensyn til tunnelgeometri

Vingnestunnelen vil ha T10,2 tunnelprofil med rette vegger, og utvidelser for havarilommer T13,2, totalt 8 stk. i nordgående og 10 stk. i sørgående tunnelløp. I forbindelse med havarinisjene etableres det tverrforbindelser mellom de to tunnelløpene. Totalt etableres det 17 tverrforbindelser. Det etableres også 4 stoller for tekniske bygg i det sørgående tunnelløpet, i tilknytning til havarilommer.

Dette vil være geometriske elementer i tunnelen som lokalt øker tunnelspennet eller som på annen måte påvirker spenningsomlagring og innspenning rundt berghvelvingen. Det er ved prosjekteringen, i den grad dette har latt seg gjøre i grensesnittet mot de øvrige fagene, søkt å plassere disse elementene så de ikke blir lokalisert i områder som antas ha redusert bergkvalitet som følge av svakhetssoner. Selv etter justeringene vil enkelte havarilommer/tekniske rom fortsatt ligge ugunstig til i forhold til potensielle svakhetssoner, men på grunn av tunnelens overdekning og usikkerheter knyttet til svakhetssoners orientering/utholdenhet mot dypet, er plasseringer vurdert som akseptable. I N500 er det en toleranse med hensyn til plassering av havarilommer innenfor +/-50 m, slik at endelig plassering vil om helt nødvendig kunne tilpasses de lokale forholdene, herav også bergforholdene. Havarilommene er plassert med avstand slik at det fortsatt vil være rom for å gjøre justering av plassering under tunneldrivingen dersom bergforholdene skulle være av en slik karakter at dette ansees nødvendig.

Stoll for teknisk bygg etableres i forbindelse med havarilommer. Også her vil det generelt kunne være behov for noe økt sikringsinnsats grunnet økt spennvidde og den endrede spenningssituasjonen man får i området ved etablering (av påhugg for) disse tunnelelementene.

Stabbebredden mellom tunnelløpene er over minste tillatte avstand mellom sprengningsprofilene på 10 m, med unntak av påhuggene hvor minste stabbebredde er hhv. 8,2 m og 5 m for hhv. søndre og nordre påhugg (se kapittel 4.7). Det er da tatt høyde for at tunnelen drives med utvidelse for tung sikring.

4.9 Svelleleire

Svelleleire er leire som ved kontakt med vann vil få en vesentlig volumutvidelse. Smektitt er en fellesbetegnelse på en rekke leirmineraler som har slike egenskaper. Svelleleire er et vanlig produkt som dannes under mekanisk og kjemisk nedbryting av bergarter, og er dermed forholdsvis vanlig forekommende i norske tunnelanlegg.

Svelleleire kan skape problemer i tunneler ved at den etter en tunnel/bergrom er ferdigstilt trekker til seg vann og ekspanderer. Denne ekspansjonen kan medføre et betydelig trykk på sikringskonstruksjoner, eller på sprekker i usikret bergmasse, og kan dermed medføre brudd i sikringskonstruksjonen og eventuell utrasing.

Svelleleire kan forekomme generelt fordelt på sprekker i bergmassen, og dersom mengden av svelleleire er beskjeden, vil denne i mange tilfeller ikke ha betydning for tunneldriving.

Dersom leiren opptrer i større mektighet, eksempelvis kombinert med oppknust berg i svakhetssoner, vil det akkumulerte svelletrykket kunne medføre utrasing og suksessiv utgraving av massene i svakhetssonen. Om leiren opptrer "bak" potensielt løse blokker, med ugunstig sprekkeretning, vil svelling kunne medføre at enkeltblokker presses ut. En sprekk med belegg av leire vil også ha redusert friksjon sammenlignet med en sprekk uten belegg.

Det er ikke gjort observasjoner som tilsier det kan forventes å påtreffe svelleleire i Vingnestunnelen. Det nevnes at svelleleire ble observert i svakhetssoner i avløpstunnelen fra Hunderfossen Kraftverk som ble drevet i samme bergartsformasjon [33].

5 Tolkningsdel - Anleggsgjennomføring

5.1 Vurdering av drivetekniske forhold

5.1.1 Borbarhet og borslitasje

Med tanke på bergartstypene (sandstein/arkose og siltstein/skifer i veksling) i området er det forventet stor forskjell mtp. borbarhet eller borslitasje avhengig av om det bores i sandstein/arkose eller skifer. Sandtsteinen er ofte gjennomsatt av centimetertykke kvartsårer i mange retninger, ofte svært steile. På grunn av kvarts- og feltspat innhold i sandstein/arkose er det forventet høy til meget høy borslitasje og lav til meget lav borbarhet, mens i de mykere skiferlagene er det forventet lav borslitasje og middels til høy borbarhet. Avhengig av forvitringsgrad til skiferlagene kan det forventes bore og ladevansker i tilknytning til tunneldriving i skiferen, dette gjelder også i forbindelse med driving gjennom svakhetssoner og slepper.

5.1.2 Sprengbarhet

Sprengbarheten til bergmassen kan bli påvirket av tilstedeværelse av svake bergartslag/slepper/svakhetssoner som ligger parallelt lagdelingen. Som illustrert i Figur 27 kapittel 4.6 kan utsprengt profil stedvis følge lagdelingen i bergmassen og resultere i et hakket/ujevnt profil. Variasjon av svake bergartslag/slepper/svakhetssoner og sterke bergartslag i stuffen kan gi lokale bor- og ladevansker, samt påvirke sprengningsresultatet. Det forventes at dette i stor grad kan løses ved å tilpasse bor- og ladeplaner til de stedlige forholdene.

5.1.3 Forankring av bergsikring og injeksjonsstaver

Variasjon av svake bergartslag/slepper/svakhetssoner og sterke bergartslag i stuffen kan påvirke forankring til sikringsbolter og injeksjonsstaver. Det er viktig å påse at bergsikring/injeksjonsstaver forankres i fast berg, da forankring i svake bergartslag kan gi mangelfull forankring. Det forventes dette i stor grad kan løses ved å tilpasse ansett og forankringslengde i forhold til de stedlige forholdene, samt at sikringsbolter gyses kort tid etter installering.

5.1.4 Kartlegging av geologi foran stuff

For vurderinger med hensyn til sonderboring, se kapittel 5.3. Resultat sonderboringer kan bli påvirket av tilstedeværelse av svake bergartslag/slepper/svakhetssoner som ligger parallelt lagdelingen, og det er risiko for feiltolkning av resultat som følge av dette. Ved detaljplanlegging av sonderhull må dette vurderes opp mot de stedlige geologiske forhold ved stuff for å redusere risiko for feiltolkning av resultat.

5.1.5 Delte tverrsnitt

Dersom det av stabilitetsmessige grunner er behov for å dele opp tverrsnittet bør dette gjøres ved at det drives pilot gjennom området med dårlig bergmassekvalitet før tunneltverrsnittet så strosses ut til fullt tverrsnitt etter at man har fått kontroll på geologien på strekningen. Piloten, som utgjøres av halve tverrsnittet, legges normalt 10-15 m foran

resterende halvdelen av det fulle tverrsnittet. Så snart pilot er etablert med ønsket avstand til strossen drives det fortløpende vekselvis pilot og stross. Dette slik at strossen konstant ligger med konstant avstand bak piloten inntil man har kommet seg gjennom det dårlige området. Det henvises til kapittel 5.1.7 da det er aktuelt med delt tverrsnitt og redusert salvelengde i påhuggene.

5.1.6 Sikring av tunnel

Omfanget av den permanente bergsikringen vil bli bestemt basert på de geologiske forholdene og kartlegging av bergmassekvaliteten ved bruk av Q-systemet og sikringsklasser i N500.

Bergsikring av normalt oppsprukket bergmasse forventes å gjøres med rensk, fiberarmert sprøytebetong og sikringsbolter.

Ved kryssing av svakhetssoner og i partier med liten bergoverdekning i påhuggsområdene vil det være aktuelt med forbolting foran stuff å unngå utrasing av berg på stuff. Endene på forboltene forankres med radielle bolter og sys sammen med bergbånd som så sprøytes inn, eller forankres i sikringsbuer på stuff.

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 og eventuelt sålestøp (for eksempel ved dårlige skiferlag i sålen). Sprøytebetongbuer armert med prefabrikkerte gitterbuer vil kunne være et godt alternativ til kamstålarmerte buer, særlig i tilfeller der det er behov for dobbeltarmerte buer, der det er spesielle plasshensyn å ta eller der systematisk tung sikring med mange buer skal utføres og tunnelprofilet er konstant.

Det er satt av 150 mm med plass til stabilitetssikring bak vann- og frostsikringshvelvet. Der det er behov for tung sikring med sprøytebetongbuer vil det være nødvendig å gjøre utvidelse av tverrprofilet for å få plass til stabilitetssikringen.

Aktuelle sikringsmetoder for tunnel er beskrevet i Designbasis [1].

5.1.7 Sikring av påhugg

Sikring av påhuggsflate og påhugg vurderes basert på de avdekkede geologiske forholdene på stedet. Det antas at permanent sikring av påhuggsflaten kan ivaretas med bolter, bånd og eventuelt steinsprangnett. For å sikre konturen forboltes vanligvis konturen utenfor salvehullene i påhugget med en eller flere raster forbolter før første salve bores og fyres av, eventuelt også i kombinasjon med kamstål og sprøytebetong.

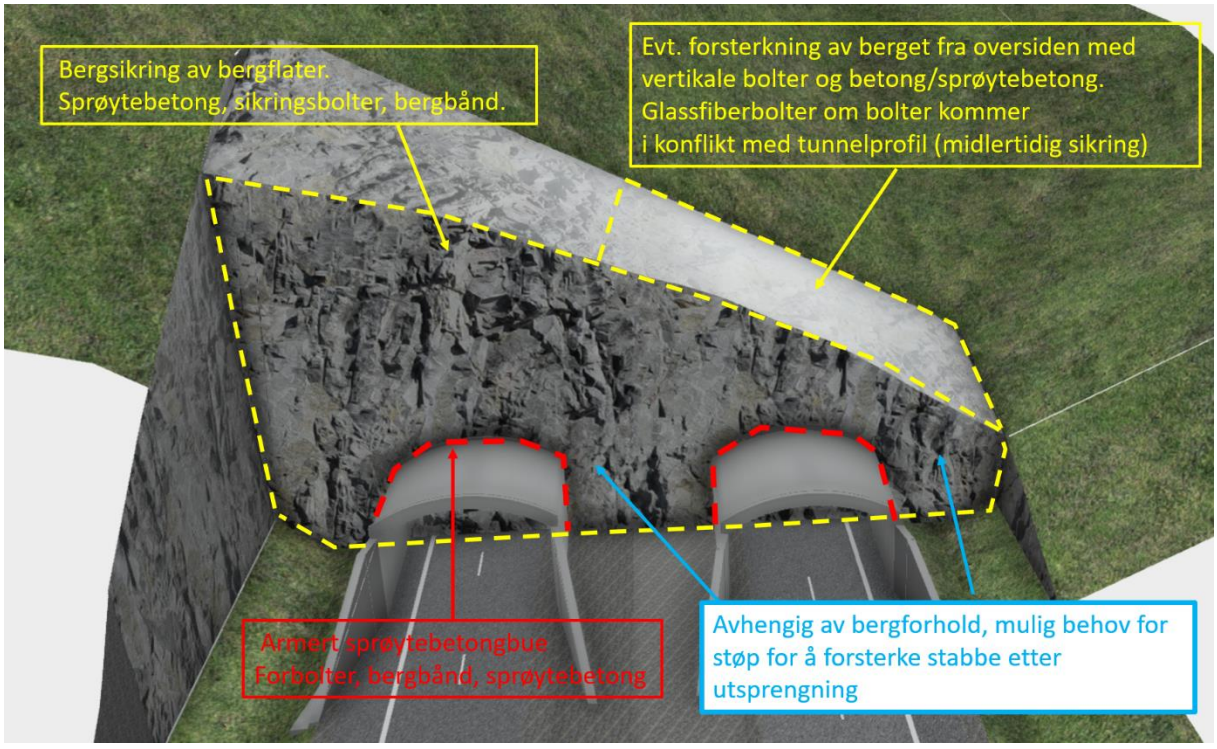
Det er bak kontaktstøpen i portalmunning satt av 150 mm med plass til stabilitetssikring (tilsvarende som bak tunnelhvelv i tunnelen) og 200 mm plass til avrettingssprøytebetong (hvor utstikkende bolteender inngår). Ved eventuelt behov for tung bergsikring med armerte sprøytebetongbuer i påhugget eller den aller første delen av tunnelen vil det være behov for profilutvidelse.

Aktuelle sikringsmetoder for påhugg er beskrevet i Designbasis [1].

5.1.7.1 Søndre påhugg (Øyresvika)

For sikring av forskjæring henvises det til rapport RAPP-geo-007 *Ingeniørgeologisk-hydrogeologisk rapport, dagstrekning.*

Det er forventet forbolting i kombinasjon med bergbånd, radielle sikringsbolter og sprøytebetong samt armerte sprøytebetongbuer for sikring av påhugg før tunneldriving starter. Detaljplanlegging av sikring og driving gjøres når bergfoldene er avdekket.

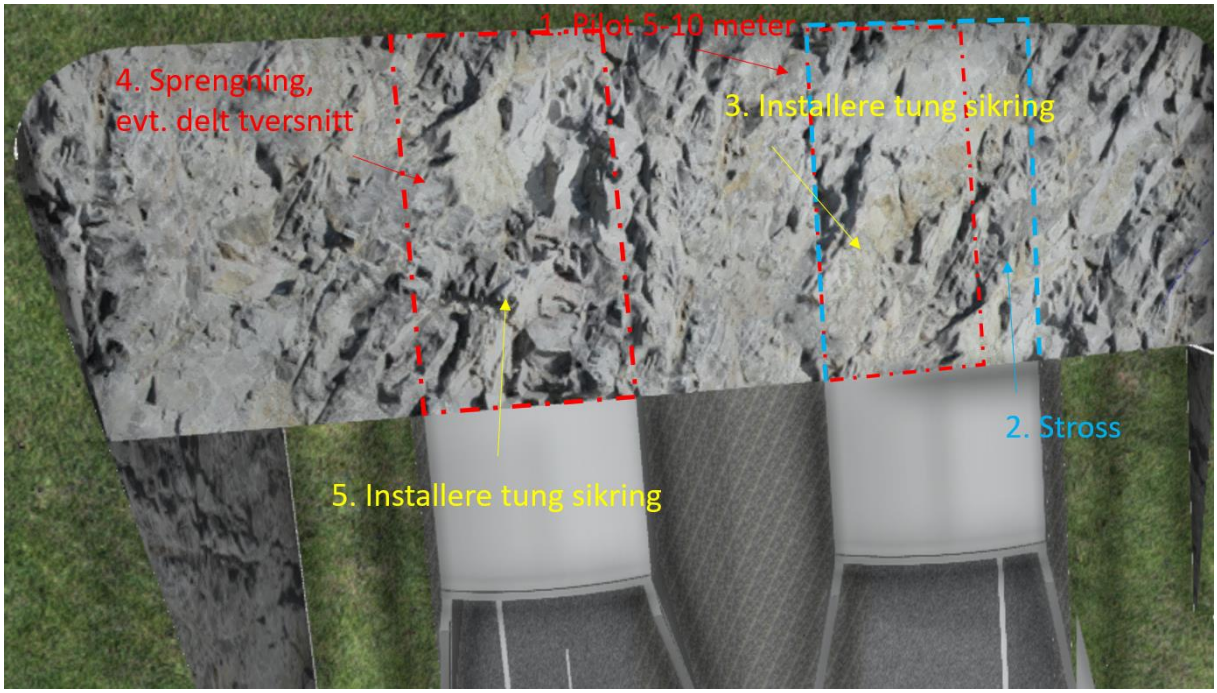


Figur 34 Sikring av påhuggsflate før driving

Avhengig av bergforholdene kan det også være behov for bruk av innstøpte kamstålbolter eller glassfiberbolter for midlertidig sikring av heng og stabbe for nordgående tunnelløp før driving. Dette kan gjøres både i tunnelstuffen og vertikalt fra bergoverflaten på utsiden av tunnelen, sistnevnte også i kombinasjon med sprøytebetong eller støpebetong. Avhengig av bergforhold kan det også bli aktuelt å forsterke stabben ytterligere (både mellom tunnelløp og for østre stabbe nordgående løp) etter utsprengning, ved bruk av betong/sprøytebetong og innstøpte bolter over den mest kritiske delen for tunnelen (se Figur 34).

Videre er det forventet behov for å drive tunnel det første stykket innover med redusert salvelengde, sømboring, forbolter (6-8 meter) i kombinasjon med radielle sikringsbolter, bergbånd samt sprøytebetong. For nordgående tunnelløp vil det i tillegg kunne være aktuelt med delt tunneltverrsnitt (pilot, vestre del av tunnelløp) for å etablere tunnelløpet og samtidig ivareta hensyn til den begrensede sideoverdekningen.

Det er anbefalt å starte å drive og sikre det nordgående løpet først, før det sørgående tunnelløpet drives. Dette må vurderes i detalj når bergforholdene er avdekket (se steg 1-3 Figur 35). Det nordgående løpet er forventet å kunne drives med korte salver og delt tverrsnitt (pilot, vestre del av tunnelløp) minst 5-10 meter inn fra påhugget (steg 1), før resterende del av tverrsnittet strosses ved forsiktig sprengning og/eller pigging (steg 2) og sikres (steg 3). Det er forventet behov for tung sikring i form av armerte sikringsbuer i denne delen av nordgående løp og at sikring installeres og herder før det sørgående tunnelløpet påbegynnes (steg 3). Det sørgående løpet drives så med korte salver (steg 4). Ved dårlig berg vil det kunne være aktuelt også med delt salve her (pilot, midtre del av tunnelløp), før resterende del av tunneltverrsnitt strosses (forsiktig sprengning og/eller pigging) langs stabben mellom tunnelløpene. Før tunneler drives videre er det forventet behov for å sikre det sørgående løpet (steg 5). Det er forventet behov for tung sikring i form av armerte sikringsbuer i denne delen av sørgående løp og at sikring installeres og herder før videre tunneldriving.

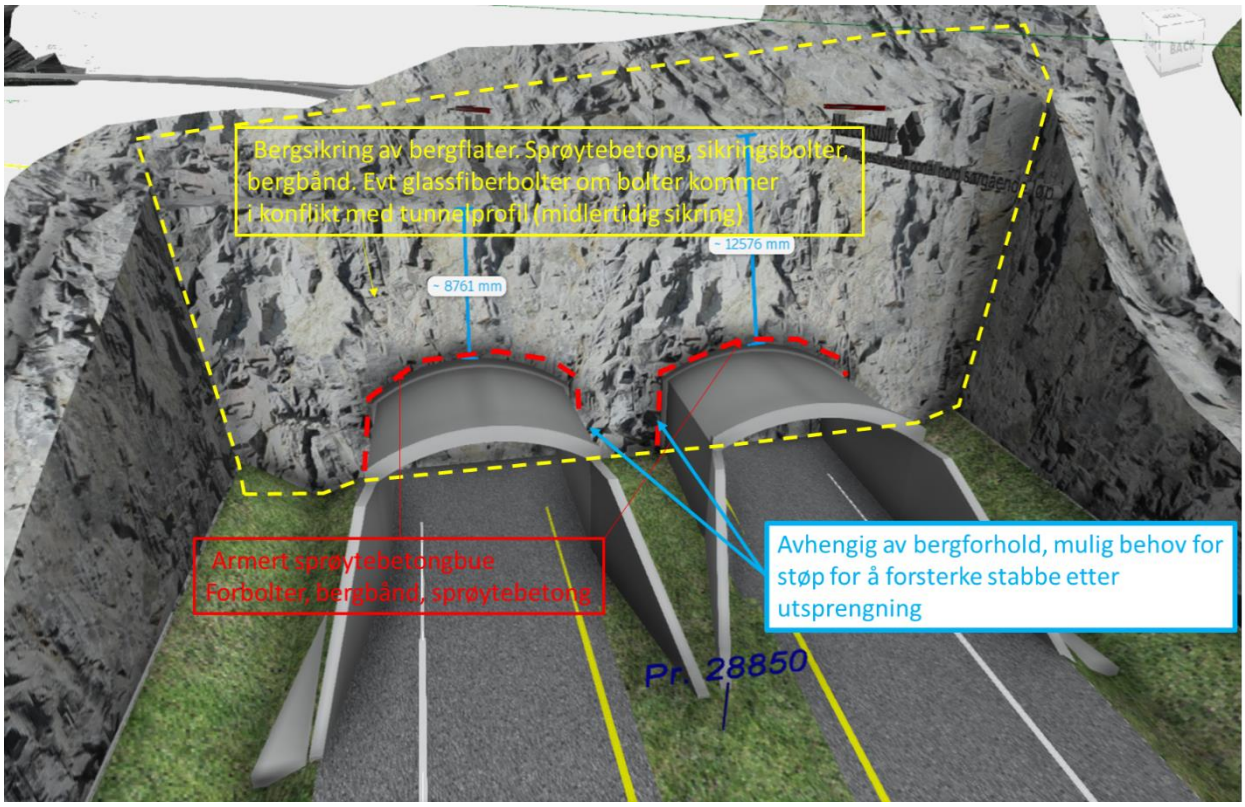


Figur 35 Forslag oppdelte faser for etablering av tunnelløp, steg 1 til 5.

5.1.7.2 Nordre påhugg (Trosset)

For sikring av forskjæring henvises det til rapport RAPP-geo-007 *Ingeniørgeologisk-hydrogeologisk rapport, dagstrekning.*

Det er forventet forbolting i kombinasjon med bergbånd, radielle sikringsbolter og sprøytebetong samt armerte sprøytebetongbuer for sikring av påhugg før tunneldriving starter, Figur 36. Detaljplanlegging av sikring og driving gjøres når bergfoldene er avdekket.

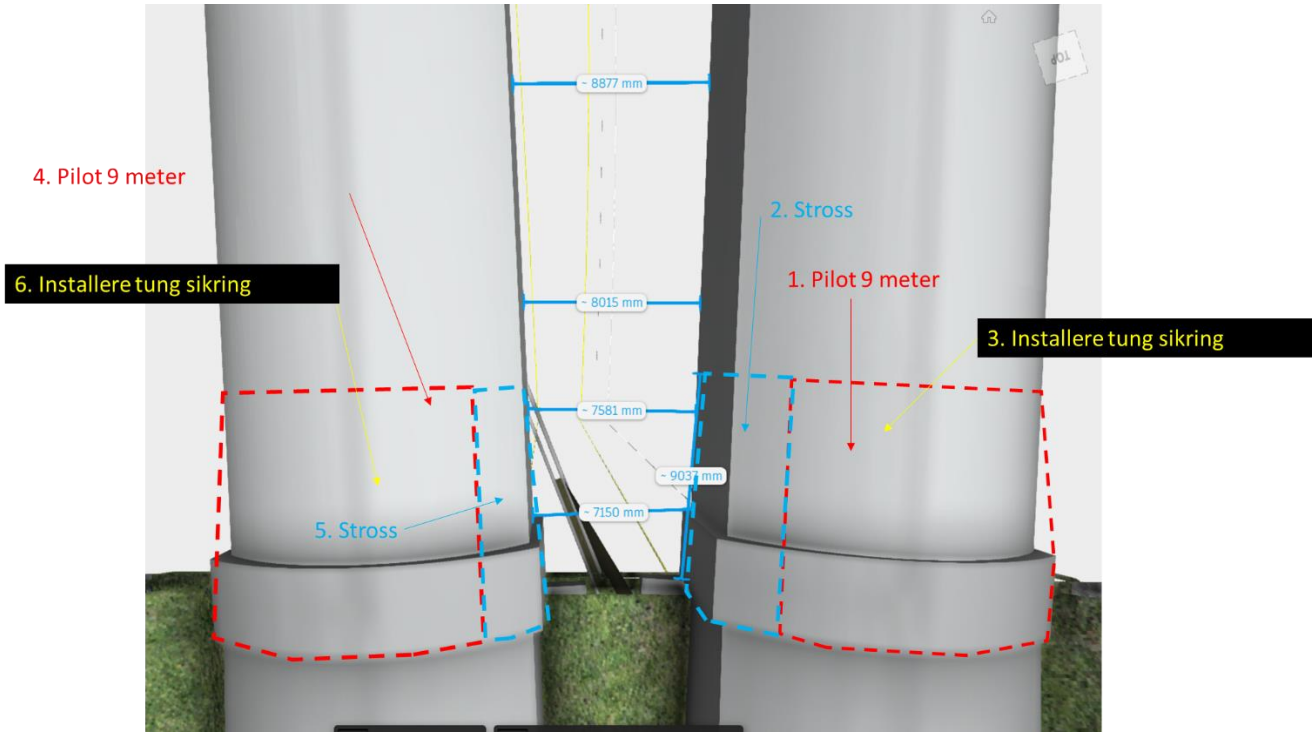


Figur 36 Sikring av påhuggsflate før driving

Avhengig av bergforhold kan det også bli aktuelt å forsterke stabben ytterligere (mellom tunnelløp), ved bruk av betong/sprøytebetong og innstøpte bolter over den mest kritiske delen for tunnelen (Figur 36).

Videre er det forventet behov for å drive tunnel med redusert salvelengde, sømboring, forbolter (6-8 meter) i kombinasjon med radielle sikringsbolter, bergbånd samt sprøytebetong i tillegg til delt tunneltverrsnitt (pilot) for å etablere tunnelløpene (Figur 37). Det er anbefalt å drive og sikre ett tunnelløp først, minst 9 meter, før det andre tunnelløpet drives, dette må vurderes i detalj når bergforholdene er avdekket. Figur 37 viser et eksempel hvor sørgående løp drives først (steg 1-3). Figuren viser at det sørgående løpet drives med delt tverrsnitt (pilot) minst 9 meter tunnellengde (steg 1), før resterende del av tverrsnittet mot stabben strosses ved forsiktig sprengning og/eller pigging (steg 2) og sikres (steg 3). Det er forventet behov for tung sikring i form av armerte sikringsbuer i denne delen av sørgående løp og at sikring installeres og herder før det nordgående tunnelløpet påbegynnes (steg 3). Videre

viser figuren at det nordgående løpet drives med pilot ca. 9 meter tunnellengde (steg 4), før resterende del av tunneltverrsnitt strosses (forsiktig sprengning og/eller pigging) langs stabben mellom tunnelløpene (steg 5). Før tunneler drives videre er forventet behov for å sikre det nordgående løpet (steg 6). Det er forventet behov for tung sikring i form av armerte sikringsbuer i denne delen av nordgående løp og at sikring installeres og herder før videre tunneldriving.



Figur 37 Forslag oppdelte faser for etablering av tunnelløp, steg 1 til 6.

5.1.8 Sikring av terreng over påhugg

Det henvises til ingeniørgeologisk rapport RAPP-geo-004 *Skredfarevurdering* angående skredfarevurdering fra overforliggende terreng til forskjæringene. Det henvises til rapport RAPP-geo-007 *Ingeniørgeologisk- hydrogeologisk rapport, dagstrekning* for vurdering/sikring i forskjæringen.

5.1.9 Rystelser fra tunnelsprenging

Det er registrert nærliggende bebyggelse til tunnelen ved som forventes vil påvirkes av rystelser fra tunnelsprengingen. Rystelseskrav er beskrevet i et eget notat NOTA-geo-004 *Vurdering av vibrasjonsgrenser for bebyggelse i forbindelse med grunnarbeider på E6 Roterud - Storhove.*

5.2 Grunnlag for fastsettelse av innlekkasjekrav for Vingnestunnelen

Ved fastsettelse av innlekkasjekrav til tunneler er det en rekke ulike forhold som skal tas i betraktning. Disse kan grovt deles i tre hovedgrupper [9], hvor det i det følgende kun er medtatt punkter som har relevans for den aktuelle geologien og det geografiske området:

- **Konsekvenser av lekkasjer for omgivelsene (ytre miljø og setninger)**
- **Konsekvenser for selve anleggsdriften (tunneldrift og kvalitet på anleggsarbeidet)**
- **Konsekvenser for det permanente anlegget (levetid og driftskostnader)**

For samferdselstunneler utenfor tettbebygde strøk er det som regel krav i drivefasen og grunnvannssenkning som har betydning for beslutning av injeksjonsstrategi [9]. For ytre miljø vurderes påvirkning på vannressurser, vannforekomster, myrer og naturforekomster, samt friluftsinteresser. Føringer gitt i Statens Vegvesens publikasjon 103 [10], håndbok V712, veileder til ytre miljøplan [31] og Miljørisken [32] er benyttet for å fastsette tetthetskravene.

Det er gjort vannbalanseberegninger for å kartlegge hvor store endringer i vannbalanse forekomster tåler. 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 [36]. Både området ved Holsfjorden og området ved Vingnes ligger på Østlandet, og naturen og avrenningsforholdene anses å være sammenliknbare. 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 områdeavgrensing 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.

For Vingnestunnelen er de ulike forholdene drøftet nærmere i følgende delkapitler.

5.2.1 Konsekvenser av lekkasjer for omgivelsene

For risikovurderinger av alle kartlagte forekomster med hensyn på påvirkning på ytre miljø henvises det til *Vedlegg 3*.

5.2.1.1 Påvirkning på private brønner og generelt grunnvannsnivå

Flere boliger i tunnelens influensområde er avhengig av vannforsyning fra egne brønner. Det er ikke kartlagt private brønner nærmere enn 50 m fra tunneltraseen, men totalt 35 brønner 50 m-300 m unna traseen. Brønner som befinner seg i dette området kan få lavere tilsig som følge av innlekkasjer i tunnel. Brønner i løsmasser er trolig mest utsatt, da dype fjellbrønner generelt tåler større variasjoner i grunnvannsnivå. Det befinner seg flest private brønner innenfor tunnelens influensområde ved Saksumdalsvegen og Kastrudvegen. Flere eiere er bekymret for vannkvaliteten i brønnene sine grunnet svartskifer i grunnen.

For å beregne sårbarhet for private brønner er det vurdert vannbalanse for hele nedbørsfeltet som Vingnestunnelen krysser under. Det antas at tunnelen drenerer vann fra et område på

ca. 15,3 km^2, hovedsakelig fra området oppstrøms (vest for) tunneltraseen. Dersom det forutsettes at maksimalt 10% av nedbørsområdets avrenning kan lekke inn i tunnel, utgjør dette ca. 16 l/min pr. 100 m tunnel når det legges til grunn at tunnelen er ca. 4,3 km lang og avrenningen er ca. 500 mm/år. For å ikke overstige dette foreslås det derfor et tetthetskrav i hele Vingnestunnelen på 30 l/min pr. 100 m tunnel, totalt for to løp. Dette vil også bidra til å begrense den generelle grunnvannssenkningen i åsen.

Det planlegges å utføres feltkartlegging av private brønner som anses mest utsatt for påvirkning. Det planlegges vannprøvetaking for kartlegging av vannkvalitet før anleggstart og koordinatfesting av brønnene. Grunnvannsnivået vil peiles i brønnene det er mulig å komme til i, men nivået vil ikke representere stedlig grunnvannsnivå dersom brønnen har vært i bruk den siste tiden.

5.2.1.2 Skader på natur- og vannforekomster ved endret grunnvannsnivå

En grundig vurdering av sårbarhet og risiko for påvirkning på kartlagte forekomster innenfor influensområdet til Vingnestunnelen er gitt i *Vedlegg 3*. I de påfølgende avsnittene gis det en oppsummering av risikovurderingene. Kart over forekomster er vist i Figur 6.

Øyresbekken
Øyresbekken har et relativt stort nedbørsfelt, og er dermed ikke svært sårbart mot lekkasjer i tunnel. Overdekningen er ca. 150 m, noe som fører til liten risiko for injeksjonsmasse ut i bekken. Vingnestunnelen krysser direkte under bekkens to løp, og lekkasjer i tunnel i dette området vurderes derfor å kunne føre til lavere vannføring i Øyresbekken. Det er usikkert om Øyresbekken står i kontakt med grunnvannet i hele bekkens løp. Grunnen til dette er at det stedvis er svært bratt fall der bekken renner, noe som kan indikere at grunnvannet ligger dypere i skråningen i disse områdene. Øyresbekken har funksjon for fisk, og det er kartlagt storørret i nedre del av bekkeløpet. Bekken har derfor høy verdi, og det er ikke ønskelig at bekkens vannføring blir lavere. Det ses derfor behov for å tette tunnelen ved passering av Øyresbekkens to bekkeløp. Dersom det legges til grunn at lekkasjer i tunnel ikke skal overstige 10% av vannforekomstens avrenning foreslås det et tetthetskrav på 30 l/min pr. 100 m tunnel, totalt for to løp.

Myr vest for Saksumdalsvegen 289
Myra ligger på grensen av tunnelens influensområde, og sannsynligheten for at myra blir betydelig tørrere ved innlekkasjer til tunnel er derfor vurdert å være liten. Overdekningen over tunnel er ca. 280 m. Det vurderes at det ikke er behov for et strengere tetthetskrav i området enn det overordnede på 30 l/min pr. 100 m tunnel, totalt for to løp.

Myr vest for Grandalen
Myra befinner seg innenfor tunnelens influensområde. Befaring i juni 2020 viste at myra er tett vegetert med trær, og tidligere flyfoto viser at myra har vært grøftet. Da myra befinner seg i en forsenkning i terrenget er det sannsynlig at grunnvannet står tett opp mot terreng, men konsekvensene ved ev. tørrere forhold vurderes som minimale. Det vurderes at det ikke er behov for et strengere tetthetskrav i området enn det overordnede på 30 l/min pr. 100 m tunnel, totalt for to løp.

Små tjern/myrområde nordvest for Grandalen
De små tjernene/myrområdet befinner seg direkte over tunneltraseen, og det er derfor sannsynlig at tjernene/myrområdet vil bli tørrere ved innlekkasjer i tunnel. Tjernene er imidlertid svært små, og ser på eldre flyfoto ut til å tidvis være gjengrodd [27]. Det har vært hogst i området på begynnelsen av 2010-tallet. Konsekvensene dersom området blir tørrere vurderes derfor å være små. Det vurderes at det ikke er behov for et strengere tetthetskrav i området enn det overordnede på 30 l/min pr. 100 m tunnel, totalt for to løp.

Navnløs bekk ved Trosset
Bekken har utspring ved Grandalen gård, der den renner i en dal. I dette området står sannsynligvis bekken i kontakt med grunnvannet. Her er det kartlagt flere svakhetssoner. Nedstrøms renner bekken stedvis i bratt terreng, og det er derfor tvilsomt om bekken er i kontakt med grunnvannet i hele bekkens løp. Utspringet til bekken er på ca. kote +380, mens tunnelen befinner seg på ca. kote +160. Det er derfor liten fare for injeksjonsmasse ut i bekken. Bekken har ikke årssikker vannføring. Ved nordre Trosset går befinner det seg et lite vannspeil inntil bekken. Bekken er trolig med på å opprettholde vannspeilet deler av året. Det er vurdert at det er sannsynlig at bekken kan bli påvirket av innlekkasjer til tunnel, men at det ikke er behov for et strengere tetthetskrav i området enn det overordnede på 30 l/min pr. 100 m tunnel, totalt for to løp.

Kollefall
Nedbørsfeltet til bekken Kollefall befinner seg ikke direkte over tunneltraseen, men overlapper med deler av tunnelens influensområde. Bekken drenerer hovedsakelig fra et større område vest for Vingnestunnelens influensområde, og det vurderes derfor lite sannsynlig at innlekkasjer i tunnelen vil føre til stor påvikning på Kollefall. Det er usikkert om bekken har funksjon for fisk. Bekkens utløp er i konflikt med området ved nordre tunnelpåhugg, hvor veitraseen går over i bru. Bekkens nedre løp er derfor planlagt å legges om permanent. Risikovurderingene viser at det ikke er behov for et strengere tetthetskrav i området enn det overordnede på 30 l/min pr. 100 m tunnel, totalt for to løp.

5.2.1.3 Mulighet for drenering av og setning i omkringliggende løsmasser
Det er hovedsakelig morenemasser over berg langs tunneltraseen. Morenen er vurdert være fast og med liten risiko for å gi betydelige setninger grunnet reduksjon av grunnvannsnivå/poretrykk. Det er derfor ikke vurdert tetthetskrav av hensyn til setningsproblematikk.

5.2.2 Konsekvenser for selve anleggsdriften

5.2.2.1 Vannhåndtering og pumpekapasitet
For undergrunnsanlegg der omgivelsene ikke stiller særskilte krav til maksimal innlekkasje, bestemmes injeksjonsomfanget ut fra ulemper innlekkasjer har for anleggsdriften. Tunnelen etableres med høybrekk i nordlige delen av tunnelen, slik at vannet vil renne ut av tunnelen

på selvfall der driving av tunnel fra påhuggsområder gjøres på stigning, og delvis vil måtte pumpes ut der tunnelen drives på synk. Det forventes at vannlekkasjer inn i tunnelen vil kunne håndteres med vanlige pumpekapasiteter [9].

Krav til håndtering og rensing av tunnelvann med hensyn til forurensninger fra anleggsvirksomheten er nærmere beskrevet i RAPP-mil-008 *YM-plan Reguleringsplanfase*.

Vann i kontakt med syredannende bergarter kan ha redusert pH og forhøyet tungmetallkonsentrasjoner. Som beskrevet i RAPP-mil-010 *Søknad om utslippstillatelse for midlertidig anleggsarbeider* vil det bli etablert en lukket renseløsning bestående av et containeranlegg for rensing av prosessvannet fra tunnelen. Det er satt krav til pH i utslippsvannet og suspendert stoff. Siden tungmetaller ofte er partikkelbundet, vil krav om mengde suspendert stoff også redusere konsentrasjon av tungmetallene.

5.2.2.2 Ulemper for lading og utførelse av sikringsarbeider

Større vannlekkasjer vil kunne medføre heft og plunder i forbindelse med lading (utvasking av hull), utførelse av sikring ved bolting (utvasking av gysemasse) og sprøytebetong (utvasking av betong). Kombinasjon av mye vann og dårlig bergmasse (ved kryssing av svakhetssoner) vil også kunne ha betydning for stabiliteten i bergrommet.

5.2.3 Konsekvenser for det permanente anlegget

5.2.3.1 Innlekkasjer til tunnelrommet

Tunnelene vil ha gjennomgående vannavskjerming med tunnelhvelv. Dette ivaretar funksjonen med å hindre innlekkasjevann å nå vegbanen, iskjøvingsproblematikk og gir økt levetid på tekniske installasjoner i tunnelrommet. I de fleste tilfeller er det uhensiktmessig kostbart å injisere bergmassen rundt et undergrunnsanlegg så tett at vannavskjerming kan unnlates [9].

5.2.3.2 Dimensjonering av VA i forhold til innlekkasje i tunnel

I Vingnestunnelen vil alt drensvannet renne fra høybrekk og ut av tunnelen. Innlekkasjemengdene totalt for tunnelen har betydning for dimensjonering av drensledninger og inspeksjonskummer.

5.2.3.3 Sur avrenning fra tunnel i permanent fase

Det skal utarbeides en søknad til myndighetene for tillatelse etter forurensningsloven §32 og §11 for å kunne gjenbruke potensielt syredannende masser innenfor tiltaksområdet. Søknad skal inkludere prosedyrer for håndtering av syredannende berg og tiltak for å hindre sur avrenning etter endt anleggsfase.

5.2.4 Vurdering av injeksjonsstrategi

Det er vurdert at det er behov for å opprettholde grunnvannsnivå langs traseen av hensyn til ytre miljø og for øvrig begrense innlekkasje m.h.p. drivetekniske forhold ved passering av

svakhetssoner som antas å være vannførende. I områdene hvor det vurderes nødvendig å tette tunnel av hensyn til ytre miljø er det satt et overordnet tetthetskrav per 100 meter tunnel, i tillegg til grenseverdier for når injeksjon skal utføres basert på målinger i sonderborehull på stuff. Forinjeksjon utføres dersom lekkasjer fra sonderhull overskrider mengder gitt i Tabell 11.

5.3 Sonderboring og injeksjon

5.3.1 Tetthetskrav

Tetthetskrav for Vingnestunnelen er gitt i Tabell 10 og i modell.

Tabell 10. Tetthetskrav for Vingnestunnelen.

Område	**Profilnummer vestgående løp**	**Profilnummer østgående løp**	**Tetthetskrav i tunnel l/min per 100 m, totalt for to løp**
Hele Vingnestunnelen	24 575-28 842	24 575- 28 842	30

Tetthetskravet på 30 l/min pr. 100 m tunnel totalt for to løp vil redusere risikoen for negativ påvirkning på alle risikovurderte forekomster. Dersom bekken ved Trosset og myrområdet vest for Grandalen skal ivaretas fullstendig må tunnelen ha et strengere tetthetskrav enn dette. Med bakgrunn i risikovurderingene gitt i *Vedlegg 3* ses det ikke hensiktsmessig å sette et strengere tetthetskrav i deler av tunnelen av hensyn til disse to forekomstene.

Overskridelser av tetthetskravet vil kunne føre til lavere grunnvannsnivå i åsen og større risiko for å påvirke private brønner. Øyresbekken kan tidvis få lavere vannføring. Se for øvrig kap. 0 om usikkerheter knyttet til svakhetssoner.

5.3.2 Sonderboring for kontroll av bergkvalitet og potensielle større innlekkasjer

Tunnelen krysser flere antatte svakhetssoner. Ved kryssing av disse vil det av hensyn til stabilitet kunne være nødvendig å iverksette ett eller flere ulike drive- og sikringsmessige tiltak. Dette kan være bruk av spilingbolter, utvidelse av tunnelprofilet for å få plass til tung sikring, bruk av korte salver og/eller oppdeling av tverrsnittet. På grunn av bergmassens lagdeling med sandstein og skifer i veksling, er det en risko for at skjulte svakhetssoner kan ligge parallelt lagdelingen og ikke være synlig på overflaten. Ved opptreden av slike lagdelingsparallelle svakhetssoner kan disse påvirke tunnel over lengre partier hvor lagdeling krysser tunnel med lav vinkel.

Det antas også økt vanninngang i forbindelse med svakhetssoner, da det er flere soner som kommuniserer med små og større bekker. Det anbefales systematisk sonderboring gjennom hele tunnelens lengde. Dette for å ha kontroll på plassering og orientering av disse svakhetssonene, samt lagdelingsparallelle svakhetssoner som ikke er synlig i terrenget. Sonderboring vil dessuten gi en tidlig kartlegging av oppsprekking/bergkvalitet og identifisering av potensielle større innlekkasjer i forbindelse med svakhetssonene. Det er

antatt noe mer oppsprukket sideberg til svakhetssonene, som også vil kunne være lekkasjeførende.

Det er ikke registrert leirmateriale på sprekkeplan i dagen langs tunneltraseen. Forekomst av og effekten eventuell leirfylling i sprekker vil ha på innlekkasje langs soner og vannførende sprekker er usikker.

Normalt opplegg med sonderboring forutsetter vanligvis fire hull pr. sonderrunde. Plassering av og stikning på sonderhullene i forhold til tunnelaksen og opptredende sprekkeretninger bør vurderes underveis i tunneldrivingen slik at de best mulig fanger opp strukturgeologien og lekkasjeførende sprekker. Det vil kunne være aktuelt å supplere med flere sonderhull, også med større stikning enn normalt, i forbindelse med sonderboring inn mot svakhetssoner som krysser tunnelen med spiss vinkel, se Tabell 9. Dette for å få representative sonderboringer på tvers av opptredende retning på sprekker og soner.

Måling av innlekkasjer fra sonderborhullene brukes til å vurdere potensielle innlekkasjer, og vil benyttes til å vurdere behov for eventuell forinjeksjon.

Det forutsettes at det føres manuell logg av all utført sonderboring der kartlagt geologi og målte innlekkasjer fra sonderborhull rapporteres for hver utførte sonderrunde på egnet skjema. Denne rapporteringen kommer som tillegg til automatisk borhullslogging med MWD.

5.3.3 Forinjeksjon

Forinjeksjon på delstrekninger i tunnelen utføres som behovsprøvd:

- Med behovsprøvd forinjeksjon forstås at behovet for utførelse av forinjeksjon fattes på stuff for hver enkelte sonderrunde, basert på registrerte innlekkasjer fra sonderhull, samt resultater fra foregående sonderrunder og eventuelle injeksjonsrunder. Avhengig av innlekkasjer som registreres ved sonderboringen, vil behovsprøvd injeksjon over en definert delstrekning kunne resultere i at det ikke er behov for injeksjon overhodet på denne delstrekningen, at det på delstrekningen er behov for injeksjon av et fåtall skjermer med eller uten overlapp (usammenhengende injeksjonsskjermer), eller at det er behov for injeksjon over hele delstrekningen (sammenhengende injeksjonsskjerm).

Tabell 11 viser grenseverdi for når injeksjon skal igangsettes for tetthetskrav på 30 l/min per 100 m tunnel for to løp, avhengig av innlekkasje til sonderborehull. Bakgrunnen for grenseverdien er at det normalt utføres sonderboring/injeksjon hver 20. meter. Tetthetskravet tilsvarer dermed 3 l/min pr. 20 m tunnel, pr. løp.

Tabell 11: Grenseverdier for når injeksjon skal igangsettes, avhengig av innlekkasje til sonderhull.

Tetthetskrav	Grenseverdi for injeksjon dersom samlet innlekkasje i alle sonderborehull på en stuff overstiger
30 l/min per 100 m tunnel, totalt for to løp	3 l/min

Det er restrisiko for at sonderborehull ikke treffer de mest vannførende sprekkene i berget. Det bør igangsettes injeksjon iht. Tabell 11 også ved lekkasjer fra salvehull.

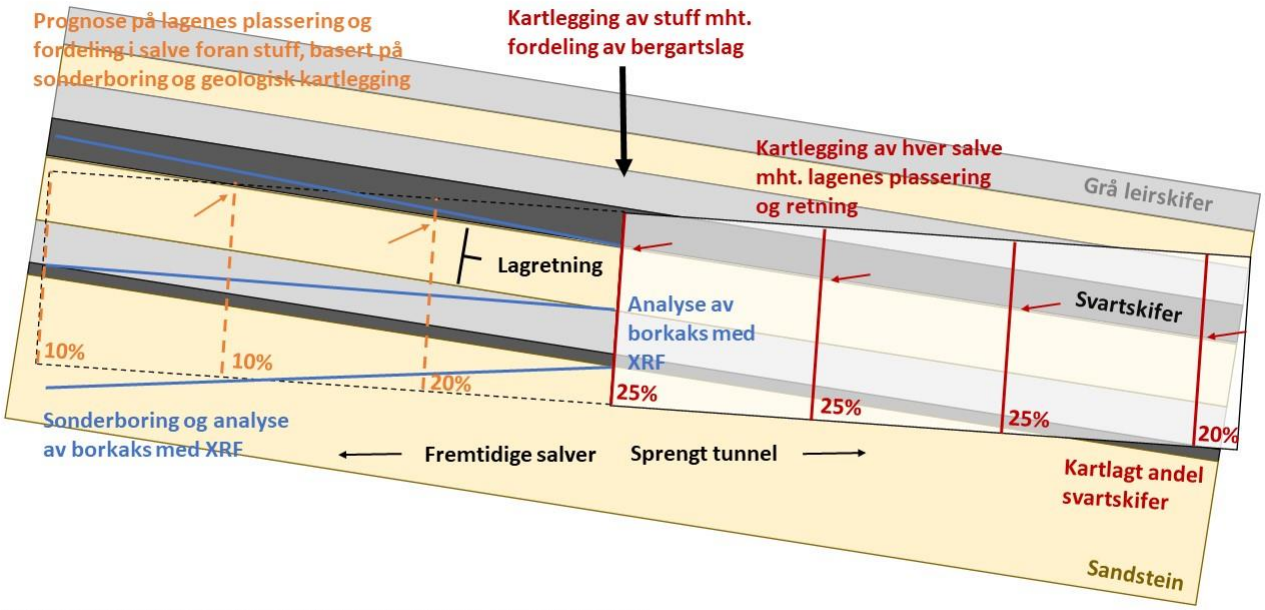
For etablering av prosedyrer for utførelse av forinjeksjon legges NFFs håndbok 06 «Praktisk berginjeksjon for undergrunnsanlegg» til grunn.

5.4 Syredannende bergmasse

Det anbefales systematisk sonderboring foran stuff for å detektere betydningsfulle forekomster av svartskifer i bergmassen. Bergforholdene ved stuff vurderes for hver salve for å kunne detaljplanlegge tilpasning av sonderskjerm.

Det bør tas XRF analyse av borkaks ved mistanke om svartskifer i sonderhull. XRF analyse av eventuelle forekomster av svartskifer på stuff vil være aktuelt for å kunne vurdere behandling av sprengstein for hver salve, dette må vurderes opp mot andel av potensielt syredannende berg i stuffen.

Under driving av tunnelen bør det lages en enkel geologisk modell som oppdateres under driving for å kunne forutsi hvor eventuelle svartskiferlag påtreffes i foran stuff. Se prinsipp for kartlegging av geologiske forhold (ved stuff) med tanke på syredannende bergmasse vist i Figur 38.



Figur 38 Prinsipp for kartlegging av geologiske forhold (ved stuff) med tanke på syredannende bergmasse

Det bør vurderes tilpasning av bergsikring og injeksjon ved driving i bergmasse som mistenkes å ha syredannende potensiale, for eksempel bruk av sulfatresistent betong og vurdere spesielle tiltak med hensyn på injeksjon. Dette kan være aktuelt for blant annet

spørytebetong, gysemasse, injeksjonssement. Ved mistanke om potensiale for svelling må dette tas hensyn til ved vurdering av bergsikring.

6 Grov estimat av sikringsmengder og injeksjon i tunnel

Basert på definerte sikringsklasser i N500 tabell 6.1 (Figur 39) og antatt fordeling av bergmasseklasser og svakhetssoner i tunnel (kapittel 4.1 og 4.2) kan sikringsmengder estimeres.

Bergmasse klasse	Bergforhold Q-verdi (sprengt berg)	Sikringsklasse Permanent sikring
A/B	Lite oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand > 1m. Q = 100 – 10	Sikringsklasse I - Spredt bolting - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm
C	Moderat oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand 0,3 – 1 m Q = 10 – 4	Sikringsklasse II - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm - Systematisk bolting c/c 2 m
D	Tett oppsprukket bergmasse eller lagdelt skifrig bergmasse. Midlere sprekkeavstand < 0,3 m. Q = 4 - 1	Sikringsklasse III - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 100 mm - Systematisk bolting c/c 1,75 m
E	Svært dårlig bergmasse. Q = 1 - 0,2 --- Q = 0,2 - 0,1	Sikringsklasse IV - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm - Systematisk bolting, c/c 1,5 m --- - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm - Systematisk bolting, c/c 1,5 m - Armerte sprøytebetongbuer. Buedimensjon E30/6 ø20 mm, c/c buer 2–3 m, Buene boltes systematisk, c/c bolt = 1,5 m, boltelengde 3–4 m - Sålestøp vurderes
F	Ekstremt dårlig bergmasse. Q = 0,1 - 0,01	Sikringsklasse V - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150–250 mm - Systematisk bolting, c/c 1,0 – 1,5 m - Armerte sprøytebetongbuer Buedimensjon D60/6+4, ø20 mm, c/c buer 1,5– 2 m Buene boltes systematisk, c/c 1,0 m, boltelengde 3–6 m Doble buer kan erstattes med gitterbuer. - Armert sålestøp, pilhøyde min. 10 % av tunnelbredden
G	Eksepsjonelt dårlig bergmasse, stort sett løsmasse, Q < 0,01	Sikringsklasse VI - Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt

Kommentarer til tabell 6.1:

- Sikringsangivelse i tabellen gjelder utsprengt tunneltverrsnitt for T8,5 – T12,5. Bergsikring i andre tverrsnitt skal dimensjoneres spesielt.
- Salvelengden skal reduseres senest fra og med sikringsklasse IV.
- Det skal ved driving inn mot svakhetssoner og andre kritiske partier etableres en sikringssone foran sonen. Avstanden til sonen fra stuff bestemmes på grunnlag av tilgjengelig informasjon og grad av usikkerhet, minimum 8-10 m.
- Minimum tykkelse på sprøytebetong i saltvannssoner skal være 100 mm.
- I sikringsklasse I kan behovet for systematisk bruk av sprøytebetong vurderes. Sprøytebetong skal sprøytes ned til minimum kjørebanenivå.
- For beskrivelse av stabilitetssikring, se håndbok V520 [4].

Figur 39 Utklipp tabell 6.1 fra håndbook N500 [2]

Det er tatt utgangspunkt i 4238 tunnelmeter mellom påhuggsflatene. For ett hovedløp er det estimert 29 500 stk. skringsbolter (inklusive oppheng forbolter og ekslusive bolter for sikringsbuer), dette utgjør ca. 7 sikringsbolter per tunnelmeter for ett løp. Det er estimert ca. 10 950 m^3 sprøytebetong for ett hovedløp, dette utgjør ca. 2.6 m^3 per tunnelmeter. Se detaljer for beregning i Tabell 12 . Disse mengder må ganges med 2 (to løp), samt inkludere tverrforbindelser og tekniske rom. Estimerte totale sikringsmengder er presentert i neste delkapittel.

Tabell 12 Nøkkeltall for beregning av hovedsikringsmengder for ett løp

Sikrings-klasse	Q-verdi	Andel av tunnel		Bolter c/c	Sprøytebetongtykkelse E700 og E1000
		[m]	[%]	[m]	
I	10-40	1060	25	spredt	80 mm, buelengde 20.54 meter. Ruhetsfaktor 1.3***
II	4-10	1738	41	2	80 mm, buelengde 20.54 meter. Ruhetsfaktor 1.3***
III	1-4	1144	27	1.75	100 mm, buelengde 20.54 meter. Ruhetsfaktor 1.4***
IV	0,2-1	170	4	1.5**	150 mm, buelengde 24.14 meter. Ruhetsfaktor 1.5***
IV	0,1-0,2	127	3	1.5*/**	150 mm, buelengde 24.14 meter. Ruhetsfaktor 1.5*/***
		4238	100		

*Ekskludert sprøytebetong og sikringbolter for sikringbuer. **Ekskludert opphengsbollter til forbolter *** prelletap inkludert

Tabell 13 Estimerte teoretiske hovedmengder (sprøytebetong og sikringsbolter) for ett hovedløp.

Sikrings-klasse	Q-verdi	Andel av tunnel		Bolter	Sprøytebetong
		[m]	[%]	[stk]	[m^3]
I	10-40	1060	25	4 050	2 250
II	4-10	1738	41	11 850	3 750
III	1-4	1144	27	9 550	3 300
IV	0,2-1	170	4	2 150	950
IV	0,1-0,2	127	3	2 150*	700*
SUM		4238	100	29 750*	10 950*

*Eklsudert sprøytebetong og sikringbolter for sikringbuer

6.1 Oppsummering estimerte sikringsmengder

Samlet er det estimert hovedmengder som er vist i Tabell 14. Hovedmengdene er summert for begge hovedløp, tverrforbindelser og teknisk rom (inkludert opphengsbolter for forbolter samt sprøytebetong og sikringsbolter for sikringsbuer), men er ikke inkludert utvidelse for havarinisjer.

Tabell 14 Oppsummering estimerte mengder sikringsmidler for bergrom (ekskludert utvidelse for havarinisjer)

Sikringsmidler	Estimert mengde
Sikringsbolter, M20, lengde 3-6 m	Ca. 62 000 stk.
Sprøytebetong, uarmert og fiberarmert	Ca. 24 900 m^3
Forbolter, Ø32mm, lengde 6-8 m	Ca. 5 400 stk.
Bergbånd	Ca. 2 700 m.
Armerte sprøytebetongbuer	Ca. 135 stk.
Armert sålestøp	Ca. 65 m

7 Oppfølging i byggefase

I konkurransegrunnlaget kapittel D1.2 er det satt krav til oppfølging i byggefase:
«… Ved arbeid i tunnel og høye fjellskjæringer skal totalentreprenøren alltid ha erfaren geotekniker eller geolog med nødvendig kompetanse og erfaring til stede på byggeplassen».

I håndbok N500 er det spesifisert i kapittel 6.3.2:
«*Geologisk kartlegging skal utføres i hele tunnelens lengde og i hele tunnelprofilet. Bergart, strukturer, sprekkegeometri, bruddsoners orientering og bredde, og eventuell leire skal registreres. Spenningsforhold og vannlekkasjer skal vurderes og registreres.*»

Da det også er usikkerheter knyttet til andel svartskifer i bergmassen og disponering av bergmasser, er det viktig å ha geologisk kompetanse for å fortløpende utarbeide detaljert geologisk modell for bergmassen foran stuff (se Figur 38). Da har man et godt grunnlag for å fortløpende planlegge disponering av masser.

8 Videre arbeider fram mot byggestart

Følgende arbeider gjenstår og forutsettes ivaretatt under den videre prosjekteringen og forberedelsene fram mot byggestart:

Innarbeidelse av resultater fra pågående supplerende grunnundersøkelser i revidert rapport: Resultater fra kjerneboringer og andre supplerende grunnundersøkelser i over tunnelen vil bli gjennomgått, og resultater beskrevet og innarbeidet i denne rapporten.

Bygningsbesiktigelser: Før anleggsstart vil det bli gjort bygningsbesiktigelser av bebyggelse utsatt for vibrasjoner fra sprengningsarbeidene. I den forbindelse vil det også bli gjort registrering av byggtekniske forhold. Med bakgrunn i besiktigelsene vil det kunne være aktuelt å gjøre en revurdering av foreløpig anbefalte vibrasjonsgrenser for bebyggelse (beskrevet i NOTA-geo-005).

Kartlegging av brønner: Det utføres tilstandsvurdering, inkl. dokumentasjon av vannkvalitet, av utsatte brønner før anleggsstart.

Arbeid med søknad for bruk av syredannende bergmasse innenfor prosjektet
Det skal utarbeides en søknad til myndighetene for tillatelse etter forurensningsloven §32 og §11 for å kunne gjenbruke potensielt syredannende masser innenfor tiltaksområdet. Søknad skal inkludere prosedyrer for håndtering av syredannende berg og tiltak for å hindre sur avrenning etter endt anleggsfase.

Prosedyre for kartlegging av syredannende berg i stuff og i skjæring: Prosedyrer for kartlegging av syredannende berg i tunnel og i skjæring, og for bruk av XRF-pistol for dette formålet, utarbeides før anleggsstart.

Overvåkningsplan for grunnvann: Det bør lages en kontrollplan/overvåkingsplan for overvåking av grunnvannsnivå, måling av lekkasje i tunnel og på stuff og avbøtende tiltak i form av tettetiltak dersom grunnvannsnivået reduseres betydelig eller lekkasjekrav overstiges. Det bør settes alarmnivåer med varsling på sensorene i instrumenterte overvåkningsbrønner langs tunneltraseen.

9 Vurdering av restrisiko og undersøkelser i anleggsfasen

Følgende restrisikoer er identifisert i forbindelse med tunnelarbeidene, og forutsettes ivaretatt under oppfølging av tunnelarbeidene ved personale med ingeniørgeologisk kompetanse:

Usikkerhet knyttet til svakhetssoner: Siden det kun er gjort undersøkelser av svakhetssoner fra terreng for et fåtall av svakhetssonene, er det stor usikkerhet knyttet til både forløp, mektighet, beskaffenhet og konduktivitet til svakhetssoner som det antas tunnelen krysser. På grunn av bergmassens lagdeling med sandstein og skifer i veksling, er det en risko for at skjulte svakhetssoner kan ligge parallelt lagdelingen og ikke være synlig på overflaten. Ved opptreden av slike lagdelingsparallelle svakhetssoner kan disse påvirke tunnel over lengre partier hvor lagdeling krysser tunnel med lav vinkel. Det er anbefalt systematisk sonderboring for å kunne detektere eventuelle svakhetssoner foran stuff, samt potensielle lekkasjer og iverksettelse av eventuell injeksjon.

Sulfidholdig berg: Det er ved feltkartlegging registrert potensielt sulfidholdig berg i forbindelse med svartskiferlag i Brøttumformasjonen. Det er anbefalt systematisk sonderboring foran stuff for å kunne detektere eventuell tilstedeværelse av svartskifer i bergmassen.

Grotter: Det er naturlige grotter i Lillehammerområdet og det kan ikke utelukkes at tunnelen vil kunne komme i konflikt med naturlige grotter. Dette er sannsynligvis et fenomen i overflatenært berg, og basert på at mesteparten av trasê er dekket av løsmasser er det vurdert at risikoen for tunnelen krysser åpne grotter er lav. Ved systematisk sonderboring foran stuff vil man være bedre forberedt for krysning av slike grotter/druser.

Sleppemateriale: I og med at samtlige utgående av svakhetssoner har vært tildekket av løsmasser, er forekomst av svelleleire på svakhetsplan og i svakhetssoner uvisst. Det bør foretas prøvetaking av eventuelt sleppemateriale og testing av materialets svelleegenskaper for å kunne dimensjonere stabilitetssikring i forhold til dette.

Påhuggsområder: Ved mislykkede forsøk på å etablere påhugg vil forskjæringer vokse raskt. Det er derfor viktig å legge ekstra ressurser i å etablere påhugg, slik at risiko for feil reduseres.

Påvirkning på private brønner: Det er restrisiko for at enkelte private brønner kan få lavere vanntilførsel som følge av tunnelanlegget, spesielt dersom tetthetskravet ikke overholdes.

Hydrogeologisk oppfølging: Grunnvannstrykket i borehullene H01, H02, H03, H04, H05, H06, H07 og K3 må overvåkes i anleggsperioden for å dokumentere tiltakets påvirkning på grunnvannstrykket. Dersom det registreres betydelig reduksjon i grunnvannstrykk over kort tid, som antas å ikke skyldes naturlige variasjoner, skal det vurderes om det er behov for tiltak.

Innlekkasjer i sonderborehull på stuff skal kartlegges og registreres. I tillegg bør akkumulerte innlekkasjemengder i tunnel måles med jevne mellomrom. Det bør etableres måleterskler

fortløpende under driving for å dokumentere størrelse på innlekkasjer i tunnel. Måling mandag morgen vil gi riktigst resultat da anlegget har stått stille noen dager. Informasjonen inngår også i ingeniørgeologisk sluttrapport for tunnelen.

Dersom fremdriften i de to tunnelløpene ikke sammenfaller bør tunnelløpet som drives sist hente erfaringer fra den første drevne. Likeledes bør tunnelløpet med bakre fremdrift tettes bedre dersom det er indikasjoner på at det første tunnelløpet overstiger innlekkasjekravet. Dette må følges opp og tilpasses i anleggsfase.

10 Referanser

[1] Norconsult (2020): E6 Roterud-Storhove Totalentreprise, Designbasis. RA-ADM-004
[2] Statens Vegvesen (2020): Håndbok N500 Vegtunneler
[3] Asplan Viak (2019): Geologisk rapport E6 Moelv- Storhove. Delstrekning Roterud-Storhove. E6 Vingnestunnelen. Versjon 01.
[4] Nye Veier (2018): E6 Moelv - Øyer: Geologisk rapport. Versjon 3.
[5] Statens Vegvesen (2017): E6 Vingrom - Ensby. Ingeniørgeologisk rapport for kommunedelplan. 10048-GEOL-1
[6] NGU (2020) Løsmasser. Nasjonal løsmassedatabase. Tilgjengelig fra: http://geo.ngu.no/kart/losmasse/ (Hentet: 21. september 2020)
[7] NGU (2020) Berggrunn. Nasjonal berggrunnsdatabase. Tilgjengelig fra: http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/ (Hentet 21. september 2020)
[8] NGU (2020) GRANADA. Nasjonal grunnvannsdatabase. Tilgjengelig fra: http://geo.ngu.no/kart/granada/ (Hentet: 03. november 2020)
[9] NFF (2010): Håndbok nr. 06: Praktisk berginjeksjon for underjordsanlegg
[10] Statens vegvesen (2003): Publikasjon nr. 103. Miljø- og samfunnstjenlige tunneler. Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø.
[11] Karlsrud, K., Erikstad, L. og Snilsberg, P. (2003) Miljø- og samfunnstjenlige tunneler. Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø. Oslo: Vegdirektoratet
[12] NGI, 2015: Bruk av Q-systemet. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning.
[13] Statens vegvesen, 2014-05-08: NA-rundskriv 2014/08, Retningslinjer for risikoakseptkriterier for skred på veg
[14] Civil Consulting (2019): E6 Moelv-Storhove. Roterud-Storhove. Geoteknisk datarapport.
[15] Ruden AS Geo Solutions (2019): Vingnestunnelen geofysiske undersøkelser.
[16] Ruden AS Geo Solutions (2019): E6 Moelv-Storhove. Øyresvika geophysical surveys.
[17] Statens Vegvesen (2017): E6 Vingrom – Ensby, kommundedelplan. Drøfting av ulike tunnelløsninger ved søndre og nordre påhuggsalternativ ved Riselandet.
[18] NGI (2019): E6 Moelv- Storhove. Datarapport grunnundersøkelser. Øyresvika. Dok. nr. 20190330-01-R.
[19] Asplan Viak (2019): Kjernelogg Vingnestunnelen. Versjon 02.
[20] Geomap (2019): Tunnelpåhugg E6 Øyresvika. Refraktionsseismiska grundundersökningar. Rapport 181028.
[21] NGU (2017): Kjemiske analyser av mørke skifre fra Brøttumformasjonen i Lillehammerområdet. Rapport 2017.044.
[22] Nils Rømoen (2012): Mulighetsstudie E6 Vingrom-Ensby.
[23] GeoPhysix (2015): E6 Vingerom – Ensby. Refraksjonsseismiske undersøkelser. Prosjekt nr. 15372.
[24] GeoPhysix (2016): E6 Vingerom – Ensby. Supplerende refraksjonsseismiske undersøkelser. Bulungsbekken. Prosjekt nr. 16352.
[25] Nye Veier (2019): E6 Moelv-Otta. Brøttumformasjonen, kjemiske analyser av skifer og vann.
[26] NVE (2020): NEVINA Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse. Tilgjengelig fra: http://nevina.nve.no/ (Hentet: 03. november 2020)
[27] Finn.no (2020): Kartgrunnlag. Tilgjengelig fra: https://kart.finn.no/ (Hentet: 03. november 2020)

[28] Dagestad, A.; Hansen, L.; Braathen, A. (2003): Hydrauliske egenskaper i løsmasser og fjell sett i sammenheng med EU-direktivet for deponering av avfall. Trondheim: NGU
[29] Miljødirektoratet (2020): Naturbase. Tilgjengelig fra: https://kart.naturbase.no/ (Hentet: 03. november 2020)
[30] Statens vegvesen (2018): Håndbok 712. Konsekvensanalyser,
[31] Statens vegvesen (2019): Veileder til ytre miljøplan.
[32] Statens vegvesen (2020): Miljørisken.
[33] Einar Broch (1981): Mesna kraftverk. Anbud byggetekniske arbeider.
[34] NGU (2020): Genino, database for geologiske enheter. Tilgjengelig fra: https://aps.ngu.no/pls/utf8/geoenhet.SokiDb.clear_screen
[35] Skaten, Maren Kristin Møllerup, Universitetet i Oslo (2006): The Lillehammer Submarine Fan Complex, Master thesis
[36] V. Kveldsvik, T. Holm, L. Erikstad og L. Enander, «Planning of a 25 km long water supply tunnel in an environmentally sensitiv area.,» NFF Publication No. 12. , pp. 65-73, 2002.

11 Vedlegg

Vedlegg 1: Notat Kjernelogg Vingnestunnelen, oppdragsnummer 618455-04
Vedlegg 2: Seismikkprofiler Vingnestunnelen
Vedlegg 3: Vurdering av tunnelanleggets påvirkning på ytre miljø

Vedlegg 1

Notat Kjernelogg Vingnestunnelen, oppdragsnummer 618455-04

asplan viak

Oppdragsgiver:	Nye Veier As
Oppdragsnavn:	Prosjektklargjøring av E6 Moelv-Storhove
Oppdragsnummer:	618455-04
Utarbeidet av:	Per Nyberg
Oppdragsleder:	Kristin Aarskog
Tilgjengelighet:	Åpen

NOTAT Kjernelogg Vingnestunnelen

1. INNLEDNING 1
2. KJERNELOGGING 2
3. KJEMISK ANALYSE 3
4. REFERANSER 4
5. BILDER 5

Vedleggsoversikt

Vedlegg 1 – Kjernelogg, 19 s.

1. INNLEDNING

Nye Veier planlegger ny E6 mellom Moelv – Storhove. I byggherrens løsningsforslag til trasé er det planlagt ny toløps tunnel mellom Øyresvika – Kolberg. Berggrunnen i området tilhører Brøttumformasjonen ifølge NGUs berggrunnskart (1), og bergartene består av sandstein og skifer i veksling.

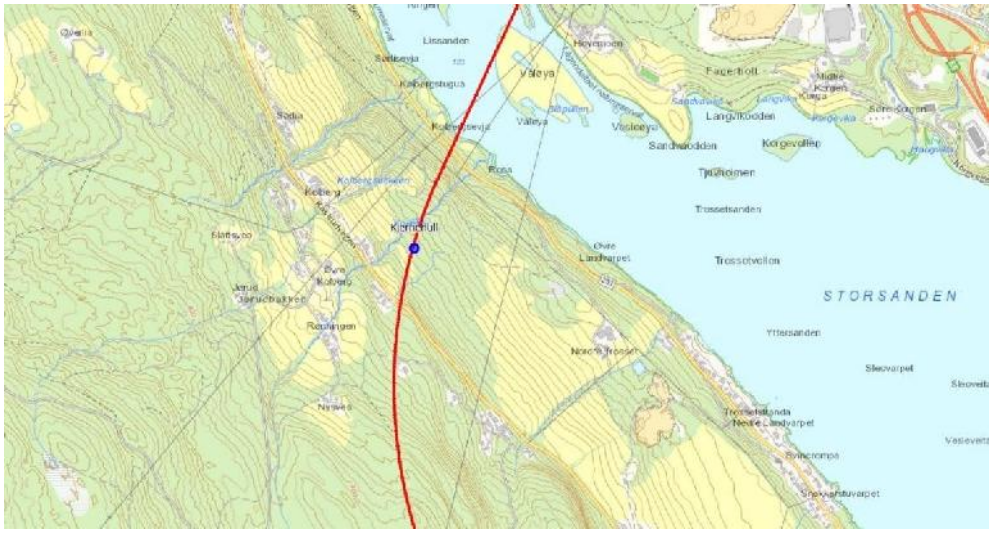
Innledende kjemiske analyser antyder syredannende potensiale i svartskiferen, og derfor er det utført supplerende undersøkelser for å kartlegge fordelingen mellom svartskifer og sandstein, samt syredannende potensiale av skiferen nedover i berggrunnen.

Det ble boret et kjernehull i ~pel 28630 i byggherrens løsningsforslag til trasé, se Figur 1. Hullet er 90,6 m langt og det ble boret vertikalt. Hulldiameteren er 76 mm.

Kjernen ble logget på Hamar den 22. august 2019 av Per Nyberg (Asplan Viak AS) og Marte Hergot Festøy (Nye Veier AS).

Bergartsfordelingen, oppsprekkingen og de andre parameterne, som er logget langs kjernen, representerer nødvendigvis ikke forholdene generelt i området.

02	20.09.19	Resultater fra kjemisk analyse er tolket og tatt med i notatet	PN/SB	PS
01	13.09.19	Kjernelogg Vingnestunnelen	PN	TU
VERSJON	**DATO**	**BESKRIVELSE**	**UTARBEIDET AV**	**KS**



Figur 1: Oversiktskart som viser plassering av kjernehull.

2. KJERNELOGGING

Kjernen ble logget på Nye Veiers kontor på Hamar. Det som ble registrert ved kjerneboringen var:

- Bergart
- Farge
- Kalkinnhold ved hjelp av saltsyre (HCl)
- Pyrittinnhold
- RQD (oppsprekkingstall)
- Jn (tall for sprekkesett)
- Jr (sprekkeruhetstall)
- Ja (tall for sprekkefylling)

Ifølge berggrunnskartet fra NGU består berggrunnen i området av sandstein og skifer i veksling. Bergartene er benevnt som enten sandstein eller skifer ved kjerneloggingen. Det kan ikke utelukkes at det forekommer andre bergarter enn de som er benevnt i loggen. Mesteparten av kjernehullet er boret gjennom sandstein. Skiferen forekommer forholdsvis hyppig, men ofte som tynnere lag i sandsteinen. Både sandsteinen og skiferen veksler i farge, og disse variasjonene er angitt i kjerneloggen. Det er registrert kvartsårer i sandsteinen langs tilnærmet hele kjernen.

Saltsyre er benyttet for å lokalisere kalk i bergarten. Generelt sett har saltsyre (HCl) gitt utslag på sprekkeflatene i sandsteinen. Fra overflaten og omtrent ned til ca. 20 m dybde er det tilnærmet ikke noe utslag på HCl, og sprekkebelegget består av kvarts i sandsteinen i dette intervallet. Fra ca. 20 m dybde og videre ned er det kalsitt i sprekkene. Fra ca. 60 m dybde og nedover forekommer det noen kalksementeringer i sandsteinen.

RQD er beregnet i henhold til NGIs håndbok Bruk av Q-systemet (2), og bestemmes ved at

«*Summen av lengden av alle kjernebiter med lengde over 10 cm i prosent av hele kjernelengden. Ved utregning av RQD skal bare naturlige sprekker tas med*»

Q-verdien er beregnet for hver 1,0 m av kjernen. Jw (sprekkevannstall) og SRF (spenningsfaktor) er satt til 1 i hele kjernens lengde. Jn, Jr og Ja er bestemt for hver 0,5 m. Ved beregning av Q-verdien er det brukt middelverdi for hver 1,0 m av disse parametrene.

Forekomster av pyritt eller svovelkis ble registrert. Syredannende potensiale i leirskifer skyldes ofte pyritt (FeS_2) eller pyrhotitt ($Fe_{(1-x)}S$) (3). Pyritt er i hovedsak registrert i skiferen, men det er også registrert noe pyritt i sandsteinen.

3. KJEMISK ANALYSE

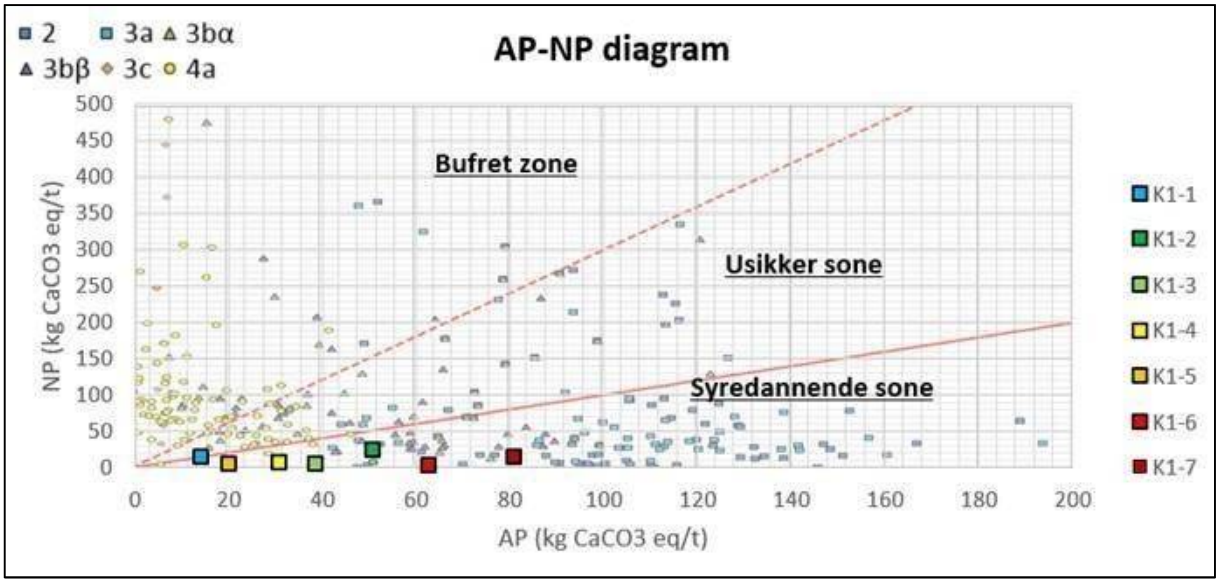
Det ble sendt 7 kjerneprøver til NGIs laboratorium for kjemisk analyse. Analyseresultatene er tolket i henhold til NGIs veileder (3).

Det er en del prøver med relativt høyt S-innhold og særlig prøve K1-6 og K1-7 der svovelinnholdet ligger over 20 000 mg/kg.

Som hovedregel vil berg med konsentrasjon < 10 000 mg/kg ikke være syredannende.

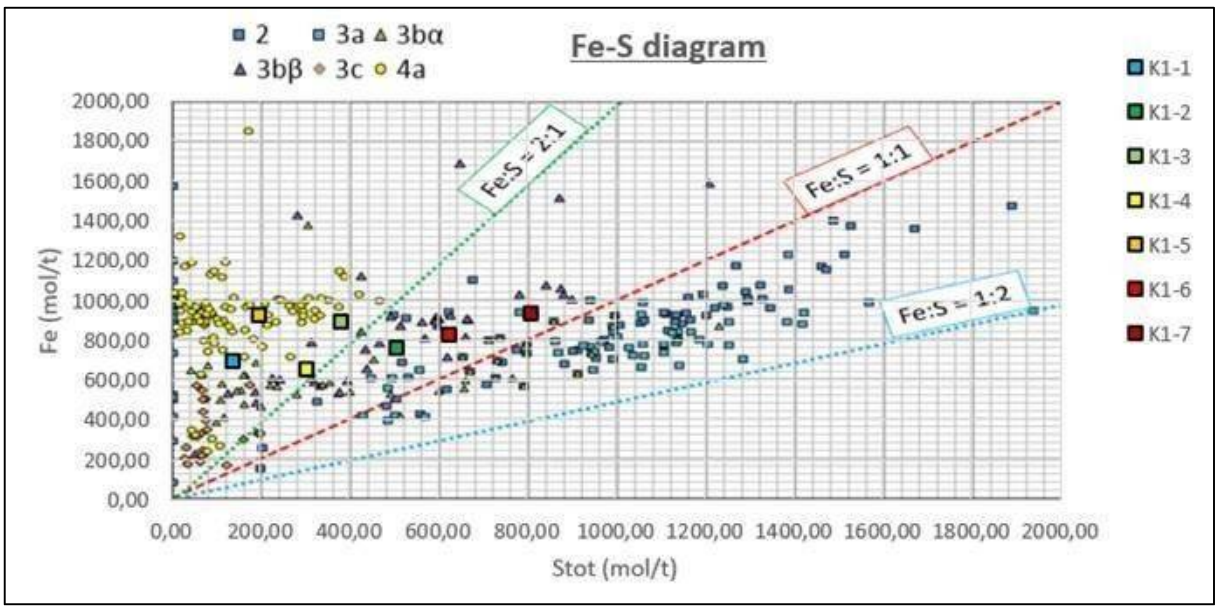
Mens konsentrasjoner > 20 000 mg/kg i stor grad vil være syredannende. Men det er ikke noen endelig klassifisering.

Ut fra AP/NP diagrammet som vist under, kommer alle prøvene i syredannende sone.



Figur 2: AP-NP-diagram

Ved å vurdere Fe:S forhold indikerer dette at 4 av prøvene også vil ha jern bundet opp i silikater.



Figur 3: Fe-S-diagram

Da berget ligger i Brøttumformasjonen vil det ikke være like mye nytte i å etasjefeste prøvene (trekantdiagrammer). Svartskiferen i Brøttumformasjonen har generelt et mindre innehold av tungmetaller. Blant annet er uran-innholdet her relativt lavt.

4. REFERANSER

1. **Norges Geologiske Undersøkelse (NGU).** Berggrunnskart på nett. [Internett] http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/.

2. **Norges Geotekniske Institutt (NGI).** *Bruk av Q-systemet. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning.* Oslo : s.n., 2015.

3. —. *Veileder for Miljødirektoratet. Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter. Dok. nr. 20120842-01-R.* 2015.

5. BILDER

Hele kjernen er vist på Figur 4 til Figur 22. Kjernen starter i Figur 4 oppe til venstre og øker ned mot høyre. Kassene er 1 m lange og inneholder 5 kjerner hver.

Figur 4: 0 – 5 m dybde.

Figur 5: 5 – 10 m dybde.

Figur 6: 10 – 15 m dybde.

Figur 7: 15 – 20 m dybde.

Figur 8: 20 – 25 m dybde.

Figur 9: 25 – 30 m dybde

Figur 10: 30 – 35 m dybde.

Figur 11: 35 – 40 m dybde

Figur 12: 40 – 45 m dybde.

Figur 13: 45 – 50 m dybde.

Figur 14: 50 – 55 m dybde.

Figur 15: 55 – 60 m dybde.

Figur 16: 60 – 65 m dybde.

Figur 17: 65 – 70 m dybde.

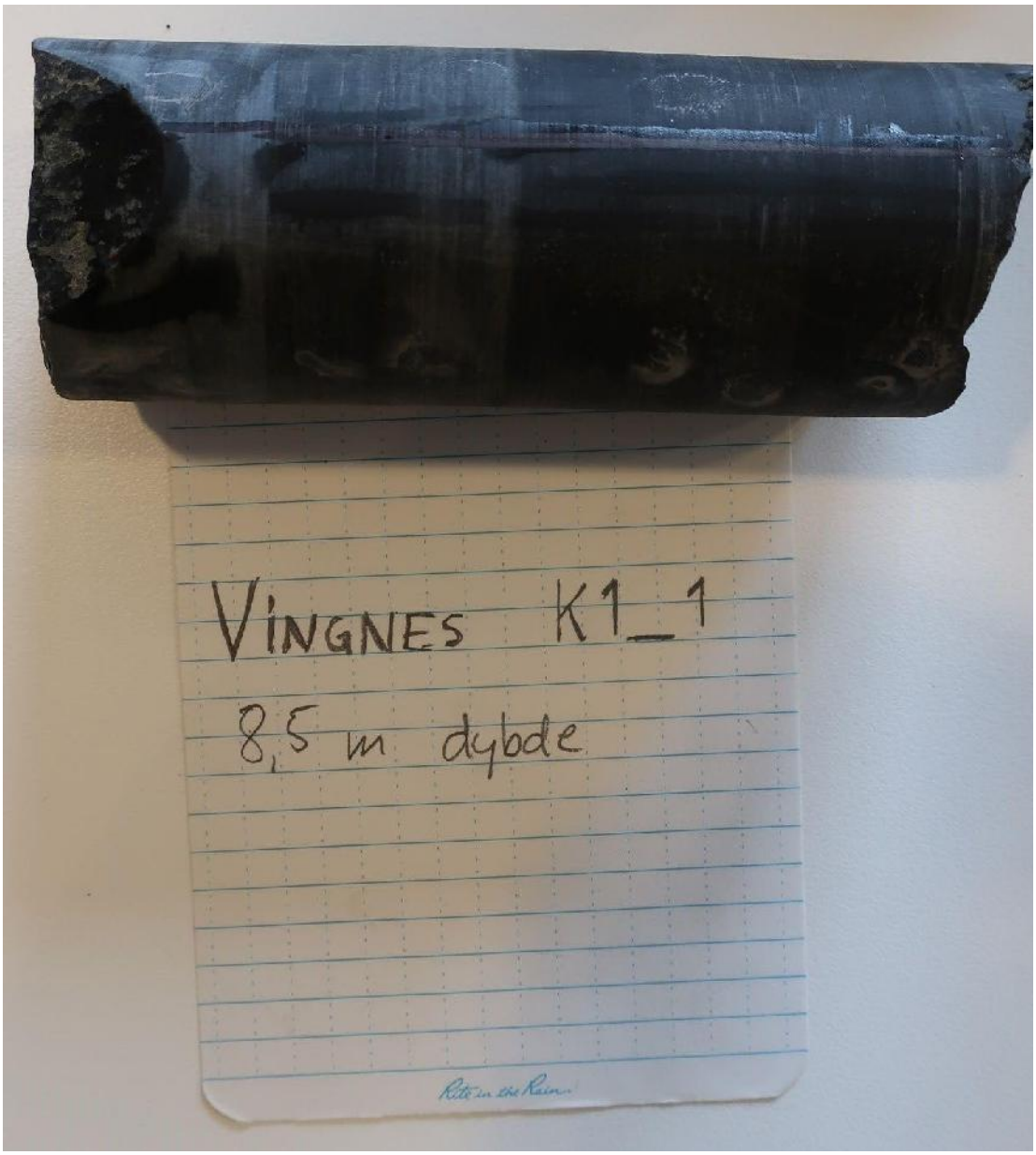
Figur 18: 70 – 75 m dybde.

Figur 19: 75 – 80 m dybde.

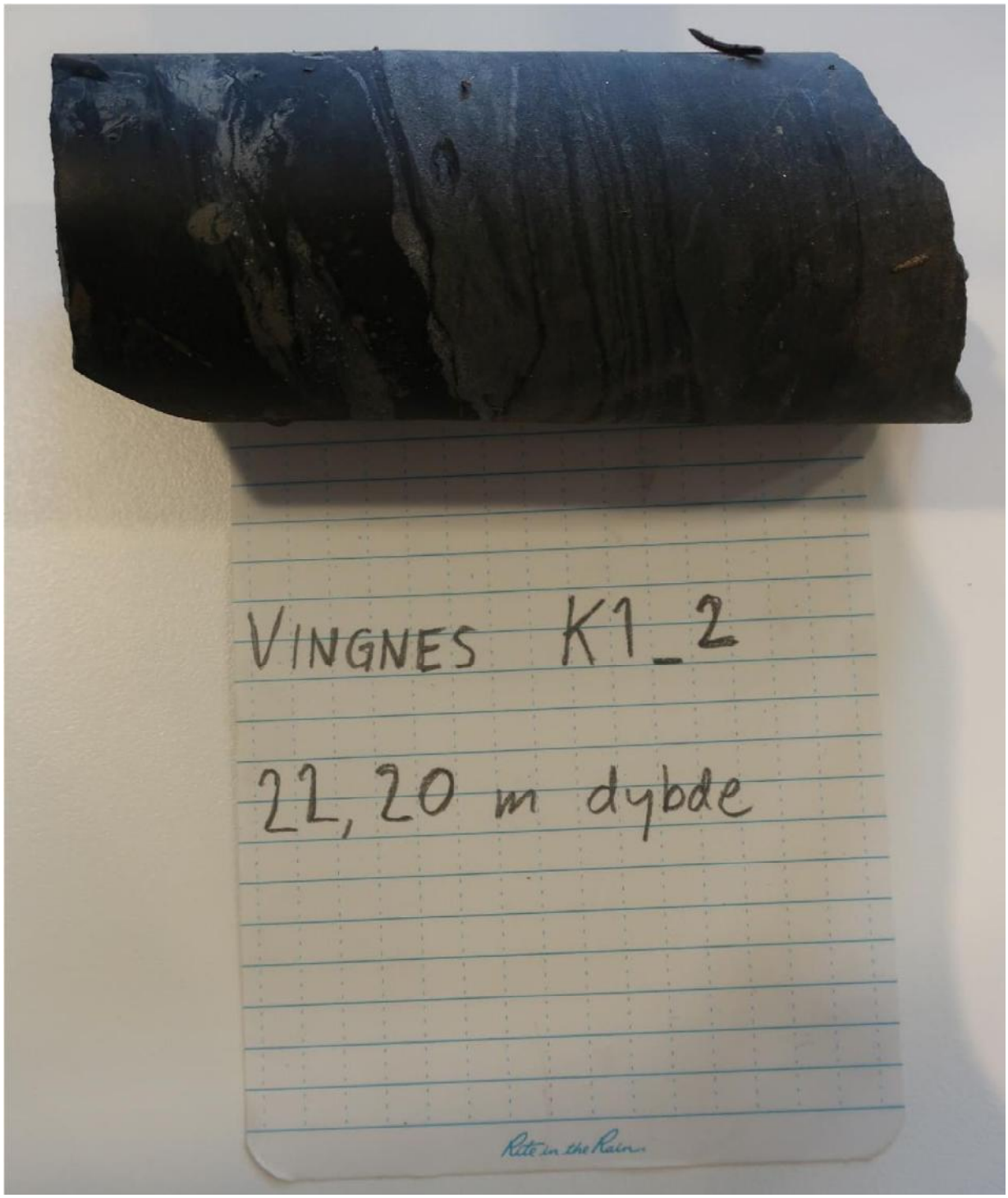
Figur 20: 80 – 85 m dybde.

Figur 21: 85 – 90 m dybde.

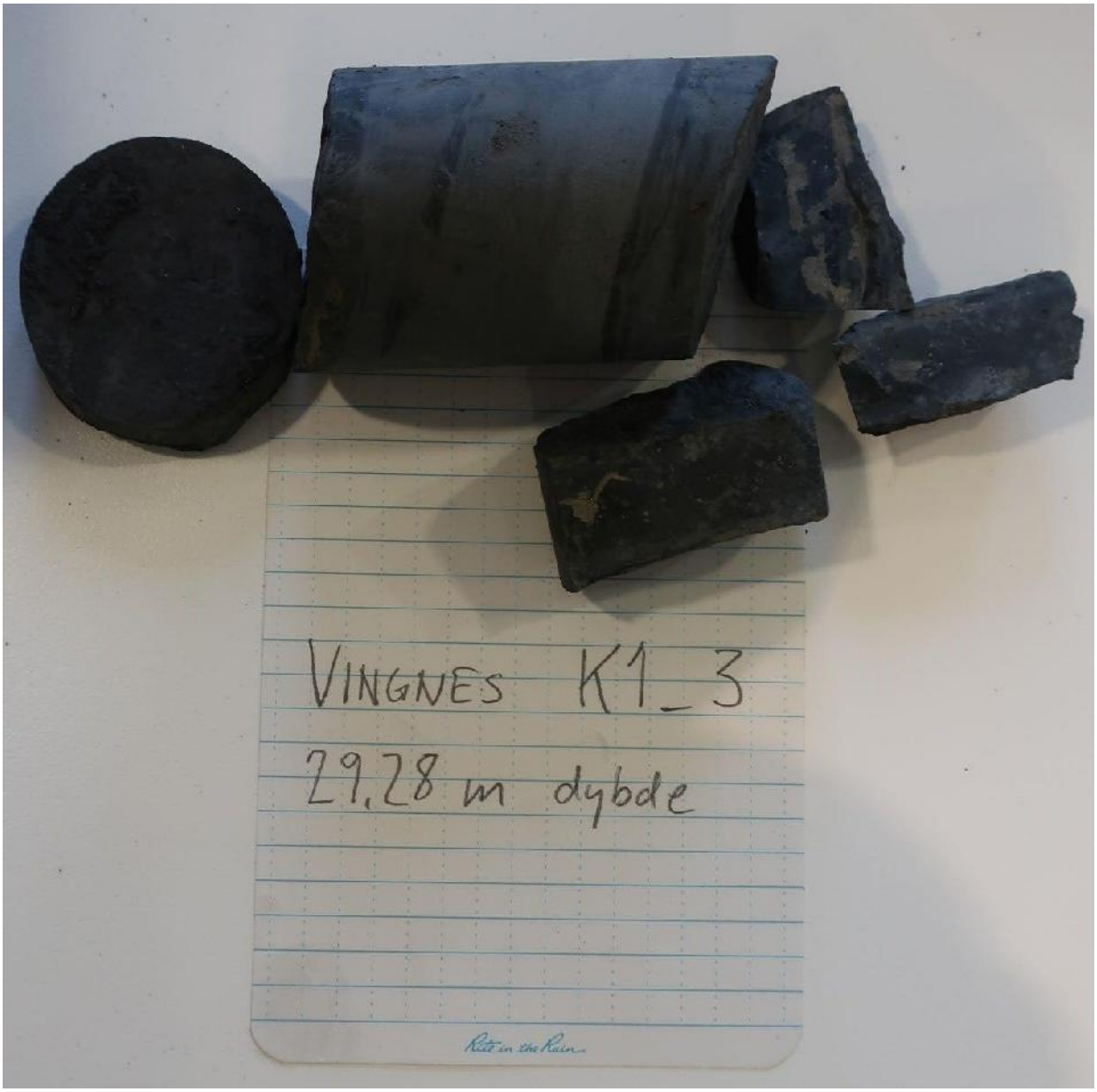
Figur 22: 90 – 91 m dybde.



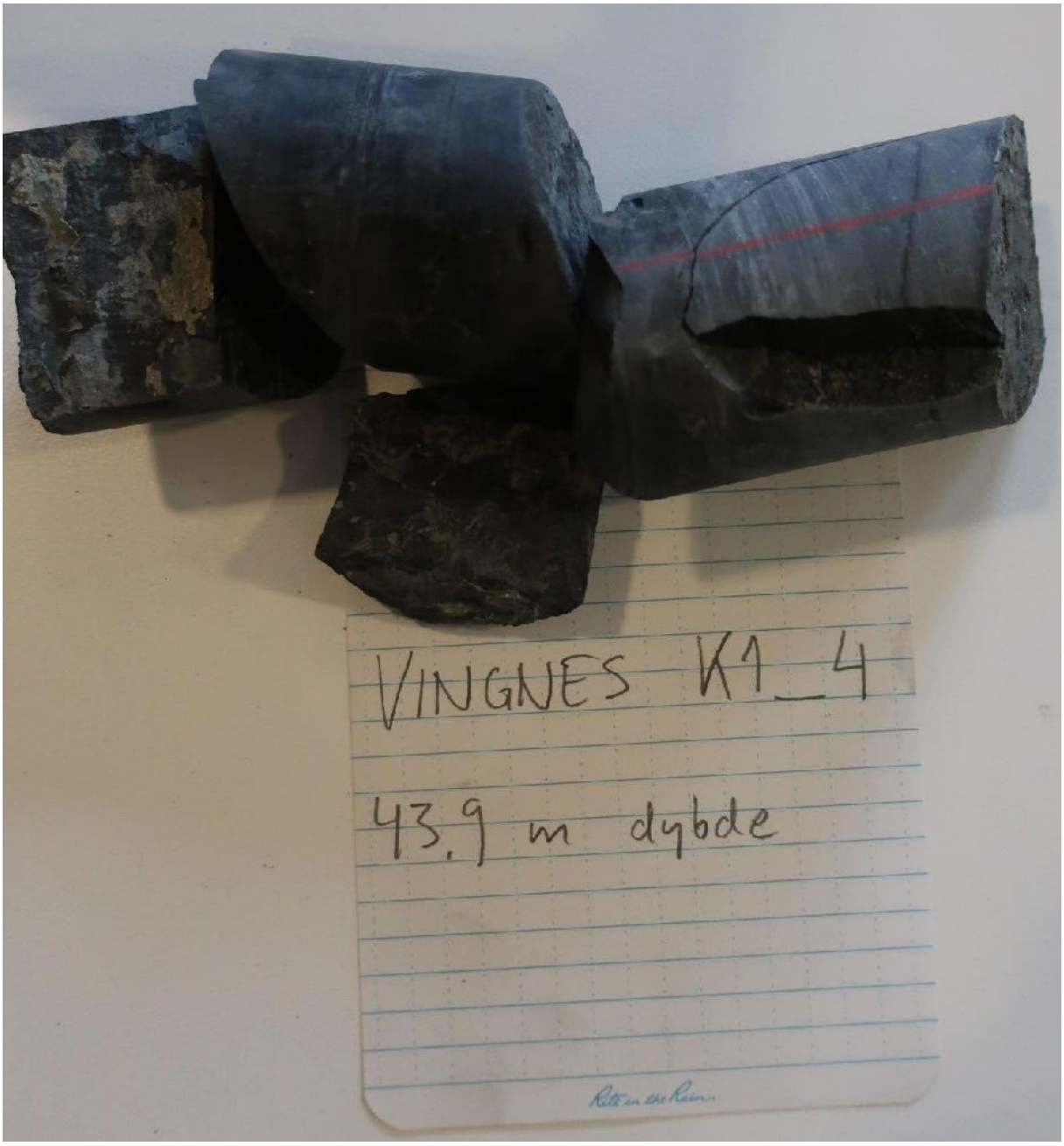
Figur 23: Prøve K1_1.



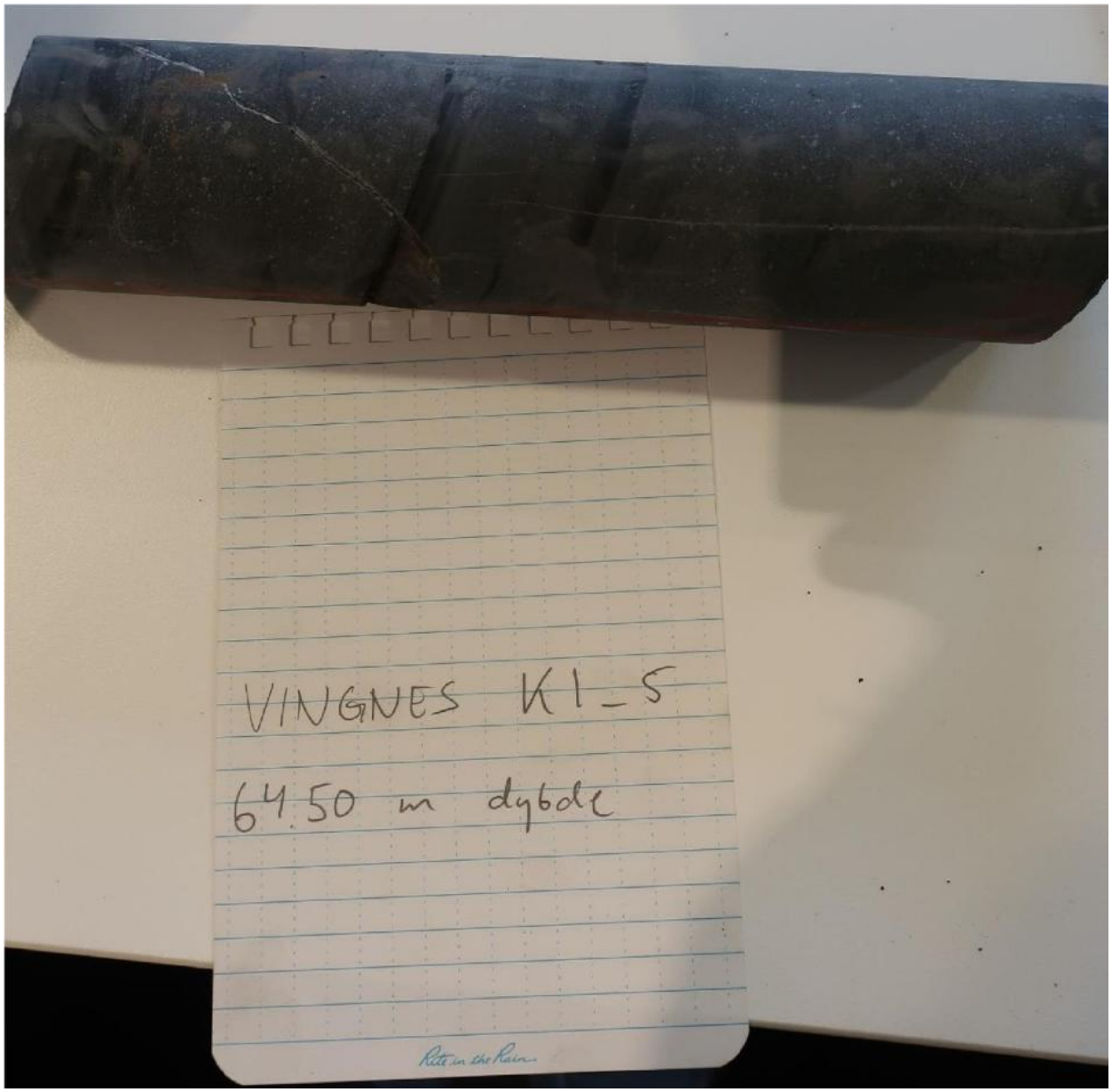
Figur 24: Prøve K1_2.



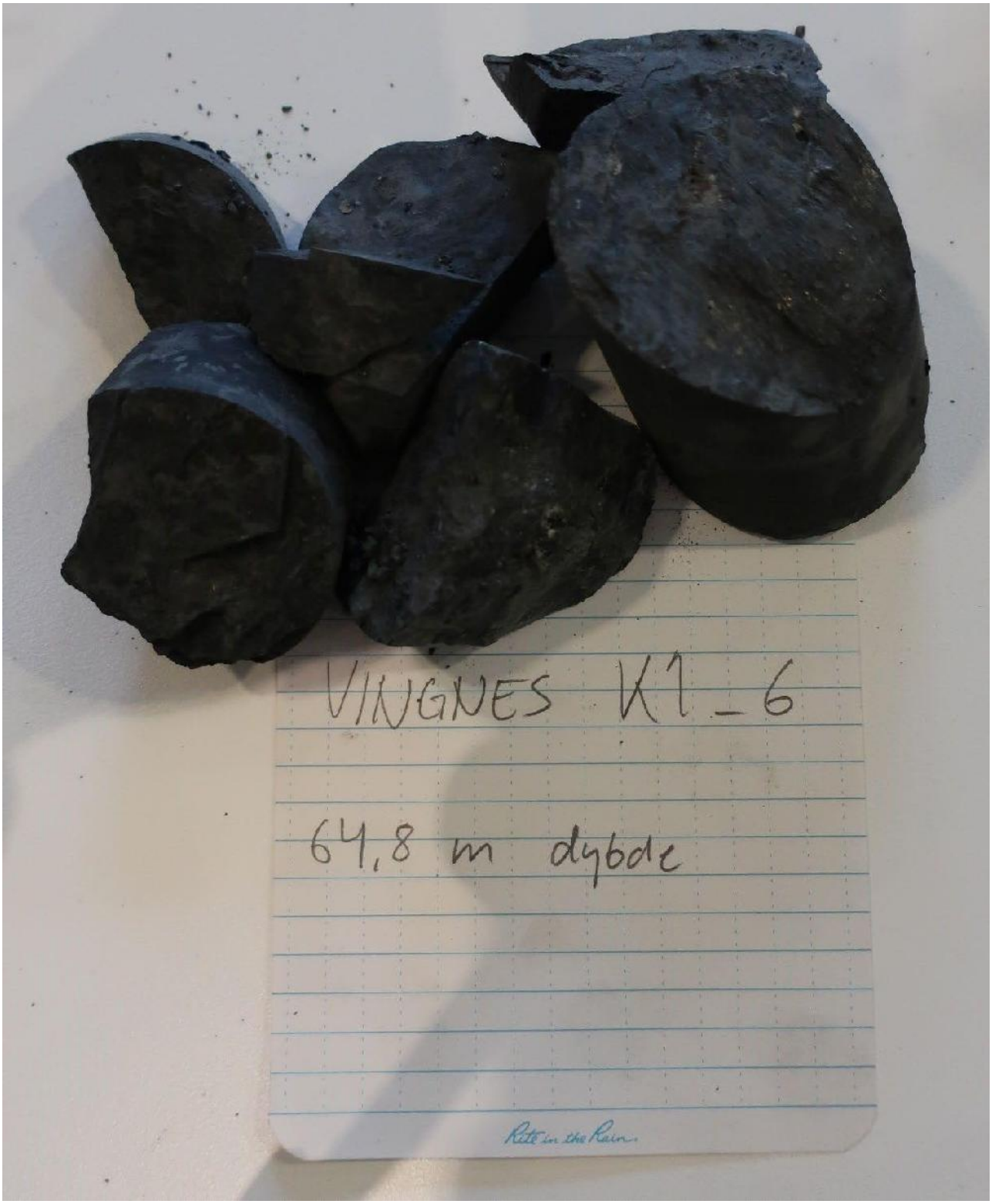
Figur 25: Prøve K1_3.



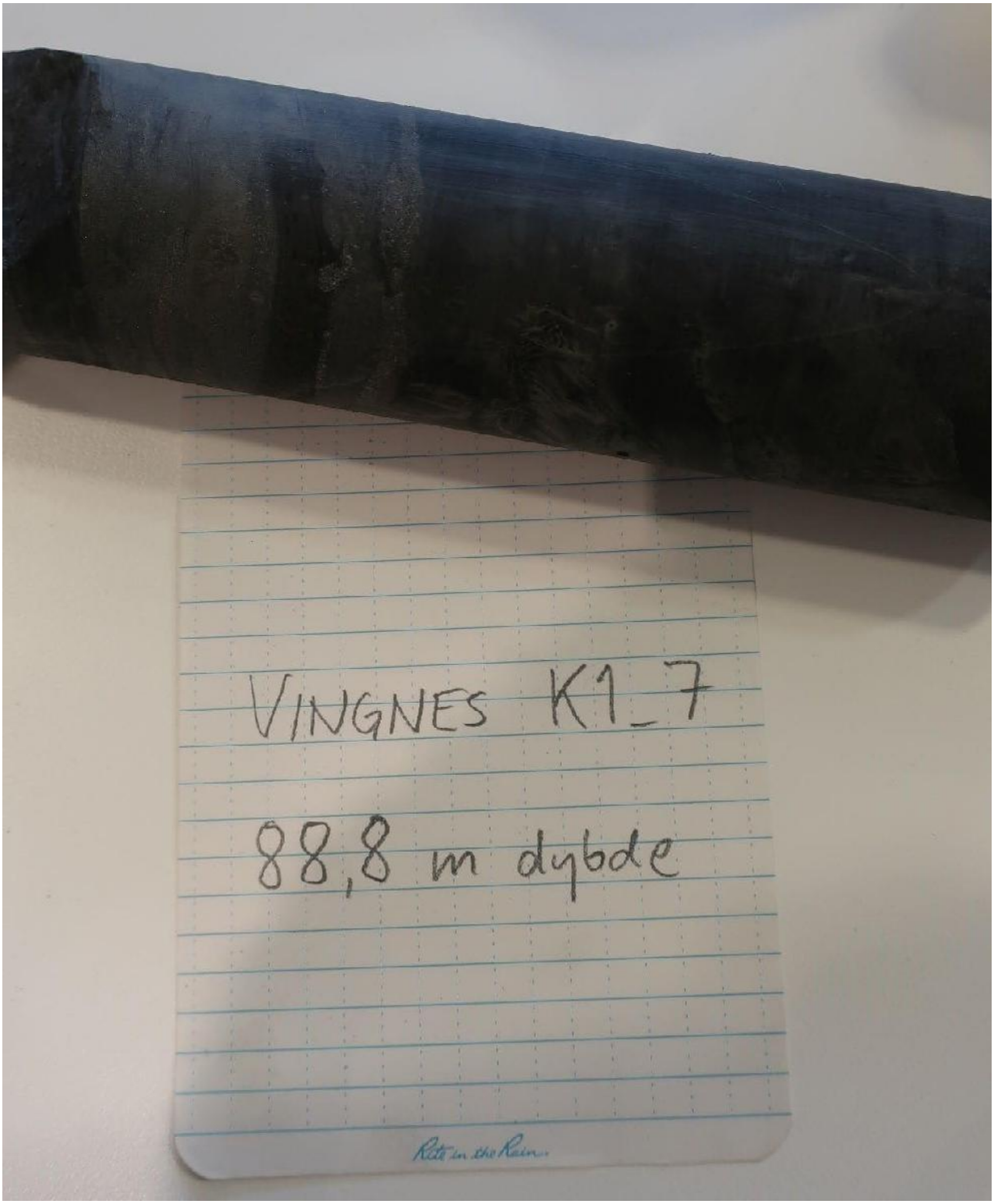
Figur 26: Prøve K1_4.



Figur 27: Prøve K1_5.



Figur 28: Prøve K1_6.



Figur 29: Prøve K1_7.

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
0,10–1,00			3	2	1	67	45	Enkelte kvartslinser Skiferen er mørk grå Sandsteinen er lys grå Ikke utslag på Hcl
1,10–2,00			3	2	1	92	61	
2,10–3,00			6	1,5	1	89	59	
3,10–4,00			12	1,5	1	84	11	Veksling sandstein/skifer Sone 3,9-4,2
4,10–5,00			6	1,5	1	86	22	

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
5,10–6,00	Sandstein		3	2	1	100	67	Veksler med skifer
6,10–7,00	Sandstein		6	1,5	1	73	18	
7,10–8,00	Sandstein		6	1,5	1	67	17	Linser/årer av kvarts
8,10–8,30	Sandstein		3	2	1			Pyritt i skiferen
8,30–8,60	Svart/mørk grå skifer		3	2	1	95	63	
8,60–9,00	Sandstein		3	2	1			Prøve K1_1 dybde 8,8 m
9,10–9,40	Sandstein		3	2	1			
9,40–9,50	Svart/mørk grå skifer		3	2	1	96	64	
9,60–10,00	Sandstein		3	2	1			

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
10,10–10,50	Sandstein		3	2	1	100	67	Kvartslinser i sandsteinen
10,50–11,00	Sandstein		3	2	1			
11,00–11,50	Sandstein	Knusningssone	3	2	1	74	43	Lag med oppknust berg
11,50–12,00	Svart/mørk grå skifer		3	2	1			Veksling mellom lys og mørk grå skifer
12,00–12,50	Svart/mørk grå skifer		4	1,5	1	85	32	Pyritt i skiferen
12,50–13,00	Svart/mørk grå skifer		4	1,5	1			
13,00–13,50	Svart/mørk grå skifer		6	1,5	1	93	23	
13,50–14,00	Svart/mørk grå skifer		6	1,5	1			
14,00–14,50	Sandstein		3	2	1	100	67	
14,50–15,00	Sandstein		3	2	1			

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD	Q	Merknader
15,10–15,50			6	1,5	1	95	24	Kvartslinser i sandsteinen
15,50–16,00			6	1,5	1			
16,00–16,50			9	3	1	30	10	
16,50–17,00			9	3	1			
17,00–17,50	Kjernetap		15	2	1	10	0,3	
17,50–17,90			15	2	1			Sone etter kjernetap 17,90-18,00
17,90–18,50			6	2	1	94	31	Veksling sandstein/skifer. Millimetertynne lag med skifer innimellom
18,50–19,00			6	2	1			
19,00–19,50			6	2	1	76	25	
19,50–20,00			6	2	1			

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
20,1–20,4	Sandstein		6	1,5	1			Gir utslag på HCl på sprekkeflatene
20,5–20,8	Sandstein		6	1,5	1	70	18	Linser/årer av kvarts i sandsteinen
20,9–21,4	Sandstein		3	2	1			
21,5–21,8	Sandstein		3	2	1	72	48	
21,9–22,4	Sandstein		6	1,5	1			Prøve K1_2 dybde 22,15 m
22,5–22,8	Svart/mørk grå skifer		6	1,5	1	36	9	Svartskifer
22,9–23,4	Sandstein		3	2	1			
23,5–23,8	Sandstein		3	2	1	89	60	
23,9–24,4	Sandstein		6	1,5	1			
24,5–24,8	Sandstein		6	1,5	1	63	16	
24,9–25,0	Sandstein							

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD	Q	Merknader
25,1–25,4	Sandstein		4	2	1			Gir utslag på HCl på sprekkeflatene
25,5–25,8	Sandstein		4	2	1	83	55	Linser/årer av kvarts i sandsteinen
25,9–26,4	Sandstein		6	1,5	1			
26,5–26,8	Grå/lys grå skifer		6	1,5	1	55	37	
26,9–27,4	Veksling sandstein/skifer		4	2	1			
27,5–27,8	Veksling sandstein/skifer		4	2	1	89	22	Hyppig veksling sandstein/skifer
27,9–28,4	Veksling sandstein/skifer		4	2	1			
28,5–28,8	Svart/mørk grå skifer	Knusningssone	4	2	1	75	9	Liten sone 28,37-28,43 m Veksling mellom svart og grå skifer og sandstein Prøve K1_3 dybde 29,3 m
28,9–29,4	Svart/mørk grå skifer		3	2	1			Sandsteinen blir mørkere fra ca. 28,80 m
29,5–29,8	Svart/mørk grå skifer		3	2	1	73	18	
29,9–30,0	Svart/mørk grå skifer							

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
30,1–30,5	Veksling sandstein/skifer		3	2	1	62	41	Mørk grå sandstein og mørk grå skifer i veksling
30,6–31,0	Veksling sandstein/skifer		3	2	1			
31,1–31,5	Veksling sandstein/skifer		4	2	1	80	40	
31,6–32,0	Veksling sandstein/skifer		4	2	1			
32,1–32,5	Veksling sandstein/skifer		4	2	1	65	33	
32,6–32,8	Veksling sandstein/skifer		4	2	1			
32,9–33,0	Svart/mørk grå skifer	Knusningssone						Svartskifer og noe kjernetap
33,1–33,5	Svart/mørk grå skifer		3	1	1	74	49	
33,6–34,0	Svart/mørk grå skifer		3	1	1			Veksling mørk grå og svart skifer
34,1–34,5	Svart/mørk grå skifer		6	1,5	1	74	19	
34,6–35,0	Veksling sandstein/skifer		6	1,5	1			

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
35,1–35,5	Sandstein		12	1	1	45	4	Linser/årer av kvarts i sandsteinen
35,5–36,0	Grå/lys grå skifer	Knusningssone	12	1	1			Sone i skiferen 35,5-36,0
36,1–36,5	Sandstein		12	3	1	55	14	Oppsprukken sandstein 36-36,8
36,5–37,0	Sandstein		12	3	1			
37,1–37,5	Sandstein		12	3	1	33	8	
37,5–38,0	Sandstein	Knusningssone	12	3	1			Oppsprukken sandstein 37,5-38,15 Vertikale sprekker med kalsitt og pyritt
38,1–38,5	Sandstein	Knusningssone	12	3	1	48	12	
38,5–39,0	Sandstein	Knusningssone	12	3	1			
39,1–39,5	Sandstein		6	2	1	73	24	
39,5–40,0	Sandstein / Svart/mørk grå skifer		6	2	1			

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
40,1–40,5	Sandstein		9	3	1	50	17	
40,6–41,0	Sandstein		9	3	1			
41,1–41,5	Sandstein		9	3	1	40	13	Sandstein med enkelte lag av skifer. Kalsitt og pyritt på sprekkeplan
41,6–42,0	Sandstein		9	3	1			
42,1–42,5	Sandstein		9	3	1	50	17	
42,6–43,0	Sandstein		9	3	1			
43,1–43,5	Sandstein		9	3	1	30	10	
43,6–44,0	Skifer		9	2	1			Prøve K1_4, dybde 43,9 m
44,1–44,5	Skifer		6	2	1	10	3	Skifer med enkelte lag av sandstein
44,6–45,0	Skifer		6	2	1			

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

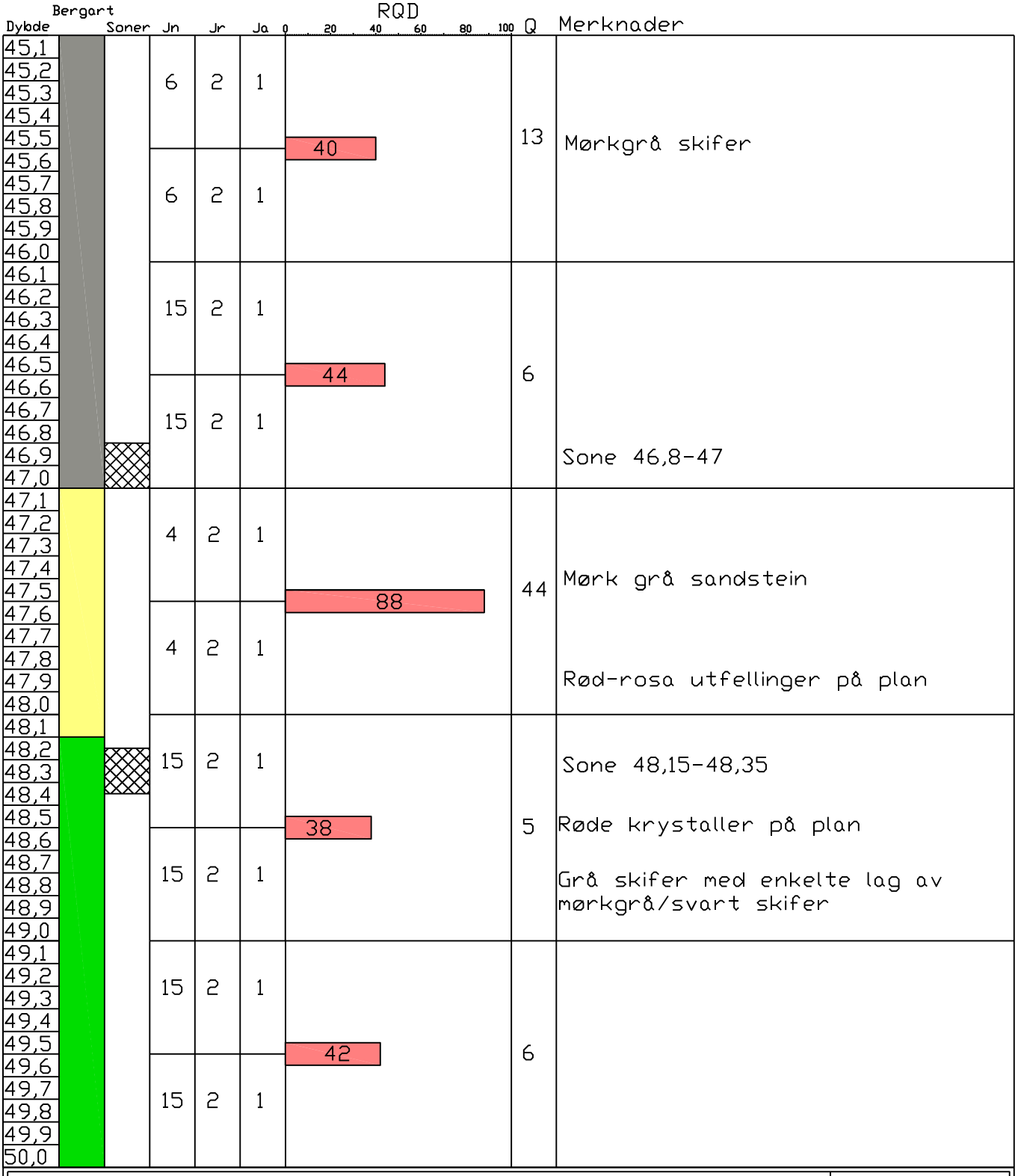
100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.



Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD	Q	Merknader
50,1–50,5	Sandstein		4	3	1	55	41	Sprekkebelegg gir utslag på HCl
50,6–50,9	Sandstein		4	3	1			
51,0–51,4	Sandstein		15	2	1			
51,5–51,6	Grå/lys grå skifer	Knusningssone				52	7	Sone 51,4-51,6
51,7–51,8	Grå/lys grå skifer		15	2	1			
51,9–52,0	Grå/lys grå skifer							
52,1–52,4	Sandstein		9	1,5	1		1,7	Mørk skifer
52,5–52,6	Svart/mørk grå skifer					10		
52,7–52,9	Veksling sandstein/skifer		9	1,5	1			
53,0–53,3	Veksling sandstein/skifer	Knusningssone	15	1,5	1			Sone 53,0-53,3
53,4–53,5	Veksling sandstein/skifer					75	8	Rosa og hvite årer av kalsitt
53,6–53,9	Veksling sandstein/skifer		15	1,5	1			Veksling sandstein/skifer
54,0–54,5	Veksling sandstein/skifer		6	1,5	1	42	11	
54,6–55,0	Veksling sandstein/skifer		6	1,5	1			

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
55,1–55,6			6	2	1	42	14	
55,7–56,0			6	2	1			
56,1–56,4			3	3	1			Litt sprekkebelegg av leire i skiferen, ca. 0,5 cm
56,5						80	80	Sandstein i veksling med mørkgrå skifer
56,6–56,9			3	3	1			
57,0–57,4			6	2	1			
57,5						70	23	
57,6–57,9			6	2	1			
58,0–58,3			9	3	1			
58,4–58,5						44	15	
58,6–59,0			9	3	1			Lysgrå skifer med enkelte svarte lag
59,1–59,4			6	2	1			
59,5						80	27	
59,6–60,0			6	2	1			Litt sprekkebelegg i skiferen, ca. 0,5 cm

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
60,1–60,5			6	3	1	52	26	
60,6–61,0			6	3	1			
61,1–61,5			6	2	1	87	29	
61,6–61,8			6	2	1			
61,9–62,5			15	2	1	33	4	
62,6–62,9			15	2	1			
63,0–63,5			3	1	1	84	28	Svart skifer dominerer Noe utfelling/belegg. Reagerer ikke med HCl Litt sprekkebelegg
63,6–64,0			3	1	1			
64,1–64,5			15	1	1	19	1,3	Prøve K1_5, dybde 64,5 m
64,6–65,0			15	1	1			Prøve K1_6, dybde 64,8 m

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
65,1–65,5			3	2	1	54	36	Hovedsakelig skifer med noe sandstein innimellom
65,6–66,0			3	2	1			Forholdsvis mye svartskifer
66,1–66,5			6	3	1	70	35	
66,6–67,0			6	3	1			
67,1–67,5			6	3	1	76	38	
67,6–68,0			6	3	1			
68,1–68,5			3	2	1	70	23	
68,6–69,0			12	2	1			
69,1–69,5			6	2	1	50	17	Veksling sandstein og svartskifer
69,6–70,0			6	2	1			

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
70,1–70,5	Sandstein		6	3	1	67	34	
70,6–71,0	Sandstein		6	3	1			Lys sandstein med mye kalsitt
71,1–71,5	Sandstein		12	3	1	92	35	
71,6–72,0	Sandstein		4	3	1			
72,1–72,5	Sandstein		4	3	1	89	22	
72,6–73,0	Svart/mørk grå skifer		12	1	1			Veksling mellom går og svart skifer Noe sprekkebelegg på svartskiferen
73,1–73,5	Grå/lys grå skifer		4	3	1	84	63	Grå skifer
73,6–74,0	Veksling sandstein/skifer		4	3	1			
74,1–74,5	Veksling sandstein/skifer		4	3	1	86	65	Sandstein i veksling med svartskifer
74,6–75,0	Veksling sandstein/skifer		4	3	1			

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD	Q	Merknader
75,1								
75,2			6	2	1			
75,3								
75,4								
75,5						78	26	
75,6								
75,7			6	2	1			
75,8								
75,9								Veksling sandstein/skifer
76,0								
76,1								
76,2			4	2	1			
76,3								
76,4								
76,5						65	33	
76,6								
76,7			4	2	1			
76,8								
76,9								
77,0								
77,1								
77,2			15	1	1			Svartskifer
77,3								
77,4								
77,5						64	14	
77,6								
77,7			4	2	1			
77,8								
77,9								
78,0								
78,1								
78,2			4	2	1			
78,3								
78,4								
78,5						87	44	
78,6								
78,7			4	2	1			
78,8								Veksling sandstein/skifer. Sandstein dominerer
78,9								
79,0								
79,1								
79,2			9	2	1			
79,3								
79,4								
79,5						47	13	
79,6								
79,7			4	2	1			
79,8								
79,9								Noe kjernetap
80,0								

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
80,1–80,8	Sandstein		9	3	1	70	23	Mørkgrå sandstein
80,9–81,0	Svart/mørk grå skifer		9	3	1	70	23	Mørkgrå skifer
81,1–81,8	Sandstein		4	3	1	58	22	Enkelte lag av skifer i sandsteinen
81,9–82,6	Sandstein		9	3	1	65	22	
82,7–83,2	Sandstein		6	3	1	65	22	
83,3–83,7	Svart/mørk grå skifer	Knusningssone	12	3	1	38	10	Sone 83,2-83,7 Mørkgrå skifer
83,8–84,5	Sandstein		12	3	1	38	10	
84,6–85,0	Sandstein		4	1	1	80	20	Mørk sandstein med enkelte lag av skifer

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
85,1–85,5			4	3	1	70	53	
85,5–86,0			4	3	1			
86,1–86,5			6	2	1	70	23	
86,5–86,9			6	2	1			Veksling sandstein/skifer
86,9–87,0								Svartskifer
87,1–87,5			6	2	1	50	8	Veksling sandstein/lys skifer
87,5–88,0			6	1	1			
88,1–88,5			6	1	1	80	13	Svartskifer. Veksler noe med mørk grå skifer
88,5–89,0			6	1	1			Prøve K1_7, dybde 88,8 m
89,1–89,5			3	1	1	65	22	Belegning på sprekkeflater i svartskifer
89,5–90,0			3	1	1			

Kjernelogg

E6 Moelv-Storhove

asplan viak

Bergartstype

- Sandstein
- Grå/lys grå skifer
- Svart/mørk grå skifer
- Veksling sandstein/skifer

Borhull nr:	Kjernediameter [mm]:	Total hullengde [m]:
K1	76	90,6

Soner

Knusningssone

RQD-Oppsprekkingsfaktor

100-90	Utmerket
90-75	God
75-50	Middels
50-25	Dårlig
<25	Svært dårlig

Koordinater borhull

Koordinatsystem: EUREF 89 NTM 10
X: 1348098
Y: 94662

Generelle kommentarer

Pyritt forekommer i tilnærmet hele kjernens lengde. Pyritten er i hovedsak registrert i skiferen, men også noe i sandsteinen.
Kalsitt forekommer i hovedsak på sprekkeflater i sandsteinen.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD (0 20 40 60 80 100)	Q	Merknader
90,1								
90,2								
90,3			3	2	1		40	Veksling sandstein/skifer
90,4								
90,5						60		
90,6								
90,7			3	3	1			
90,8								
90,9								
91,0								
							12	
							12	
							12	
							12	

Vedlegg 2

Seismikkprofiler Vingnestunnelen

575500 576000 576500 577000

6777500 6777000 6776500 6776000 6775500 6775000 6774500

Tjuvholmen
Rosa
Trossetsanden
Trossetvollen
Storsanden
Øvre Landvarpet
Yttersanden
Sleovarpe
Nordre Trosset
Kastrudvegen
Nedre Landvarpet
Svinerompa
Snekkerstuvarpet
Bekkskjeggrue
Søre Trosset
Bestefarsvarpet
Jørstadmoen
Grandalen
Børkdal
Korpeberget
Vingar
Øvre Ravnum
Ramberg
Ravnum
Øvre Ravneberg
Nedre Ravnum
Saksumdalsvegen
Nybu
Påstua
Reistad
Øyjordet
Øyresbekken
Sagstuen
Flata
Heimtun
Sveen
Vesleenga

2187 2100 2000 1900 1800 1700 1600 1500 1400 1300 1200 1100 1000 900 800 700 600 500 400 300 200 101

Scale 1 : 6500

100 0 100 200 300 400 500 m

Nye Veier

asplan viak

E6 Moelv - Storhove

Refraksjons- og refleksjonsseismikk på land

Hybridseismisk profil 19VING-1

Situasjon seismisk profil Vingnes-Tunnel

GeoExpert ag
High Resolution Seismic Surveying
Tannenstrasse / 93 P.O. Box 2265
8424 Embrach / Switzerland
Tel. +41 71 652 60 70
info@geoexpert.ch; www.geoexpert.ch

Project management
RUDEN AS
GEO SOLUTIONS
Moloveien 2
N-1628 Engelsviken / Norway
+47 69 36 41 41
www.rudenas.com

Enclosure **A**

to Report dated 15.07.19

Nye Veier

asplan viak

E6 Moelv - Storhove

Geofysiske undersøkelser Vignes tunnel

Refraksjons- og refleksjonsseismikk på land

Hybridseismisk profil 19VING-1

Field acquisition parameters

Spread layout	split-spread of varying asymmetry	CDP-distance	1.0 m
Number of channels	320	Coverage	60-fold (nominal)
Group interval	2 m	Instrumentation	Seismic Instruments Inc.
Geophone type	10 Hz	Sampling rate	0.5 ms
Geophone pattern	1 Geophone / Station	Recording time	1000 ms
Source interval	6 m	Field filters	LC 4 Hz / HC anti-alias
Source type	8 kg hammer	Recorded by	D. Martin
Seismic crew(s)	GeoExpert AG & Ruden AS	Date	18. - 22. June 2019

Reflection seismic processing sequence

1 Reformatting and gain recovery
2 Line geometry and survey data assignment
3 Data verification, editing and analysis
4 Predictive deconvolution: prediction length 60 / 20 ms; window length 500 ms
5 Trace amplitude balancing and sliding window AGC (40 - 200 ms)
6 Spectral whitening using 2 windows 8-35-70-90 Hz & 35-70-140-160 Hz, 150 ms AGC window
7 Band pass filter (35 Hz (6 db) - 140 Hz (18 db))
8 CDP-sort and velocity analysis
9 NMO-correction (30% automatic stretch mute) & trim statics
10 CDP stack
11 Butterworth band pass filter (60 Hz / 4 db - 150 Hz (30 db)
12 Automatic Gain Control 100 ms
13 Time-Depth conversion using the velocity functions derived under point 10 and by refraction tomography
14 Elevation static shifts and final display

Refraction seismic processing sequence (diving wave tomography)

1-3 dto.
4 Refraction arrival picking
5 CMP-sort of first break picks
6 Derivation of the refraction seismic velocity field by the Delta-t-V method
7 Display of velocity field

Scale 1 : 2'000

Processed by D. Martin, Juli 2019

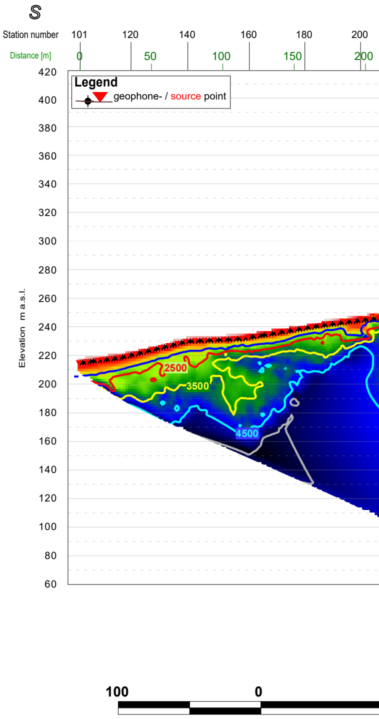
GeoExpert ag
High Resolution Seismic Surveying
Tannenstrasse / 93 P.O. Box 2265
8424 Embrach / Switzerland
Tel. +41 71 652 60 70
info@geoexpert.ch; www.geoexpert.ch

Project management
RUDEN AS
GEO SOLUTIONS
Moloveien 2
N-1628 Engelsviken / Norway
+47 69 36 41 41
www.rudenas.com

RUDEN AS
GEO SOLUTIONS

Enclosure **1a**

Report 15.07.2019



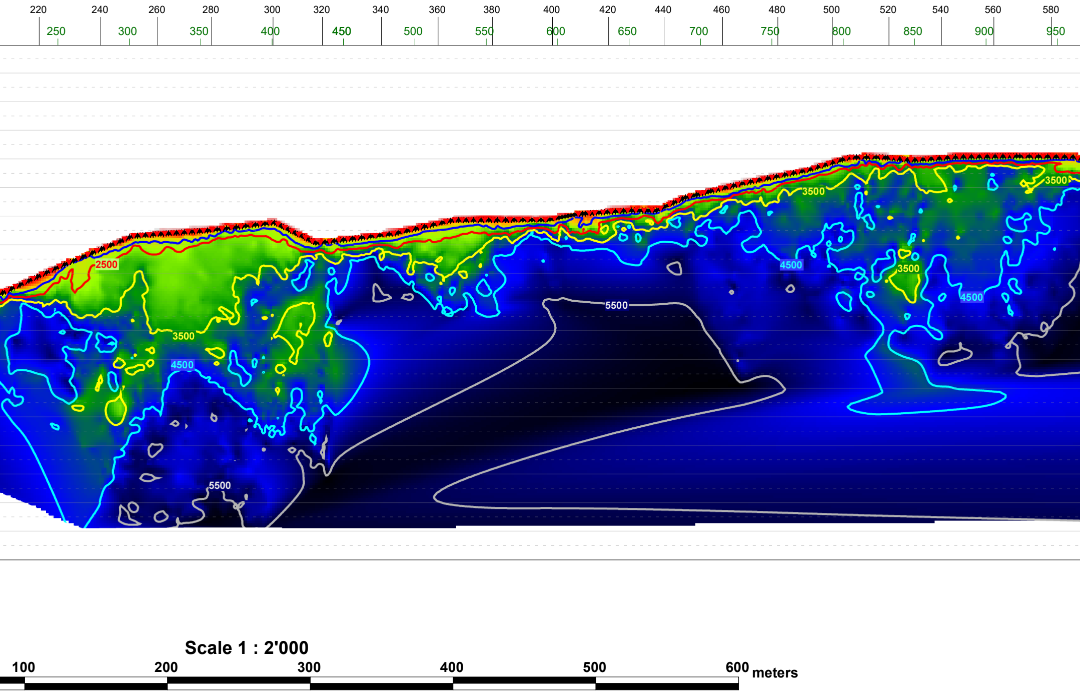
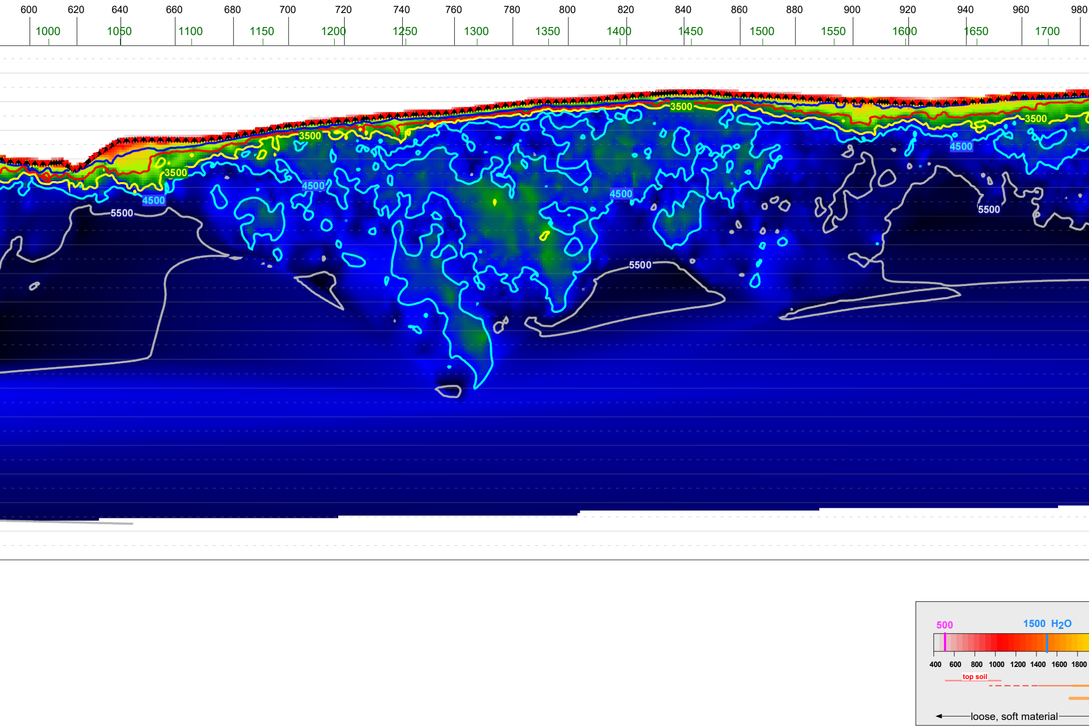
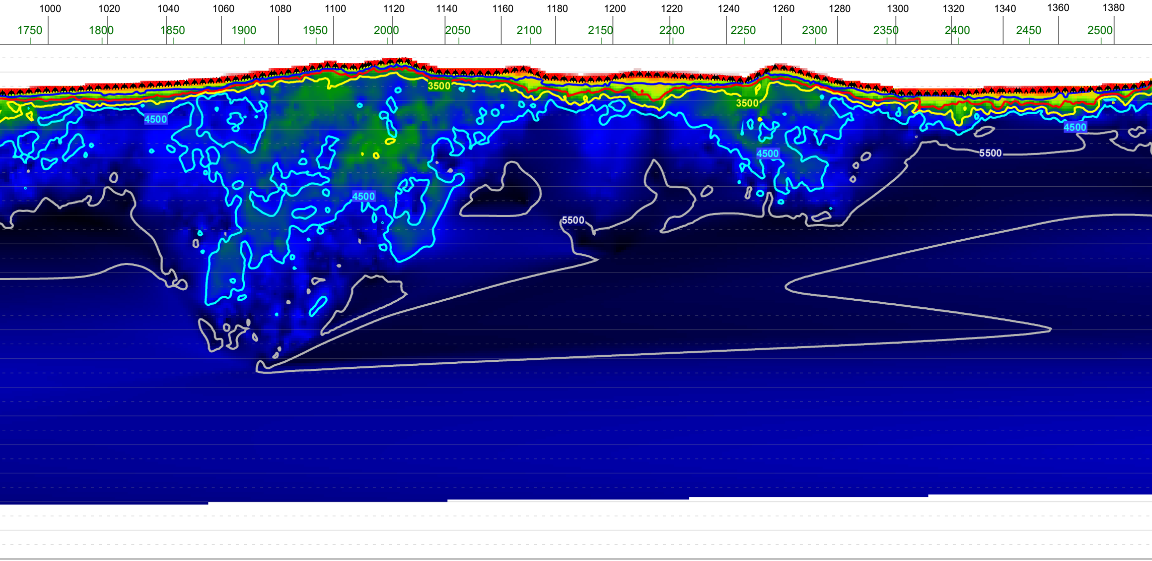
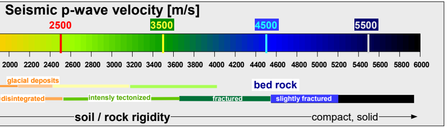


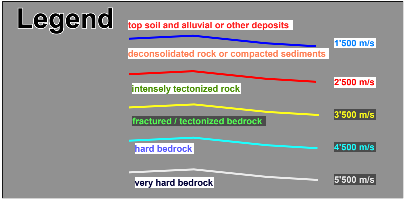
Fig. 1 Seismic velocity fi

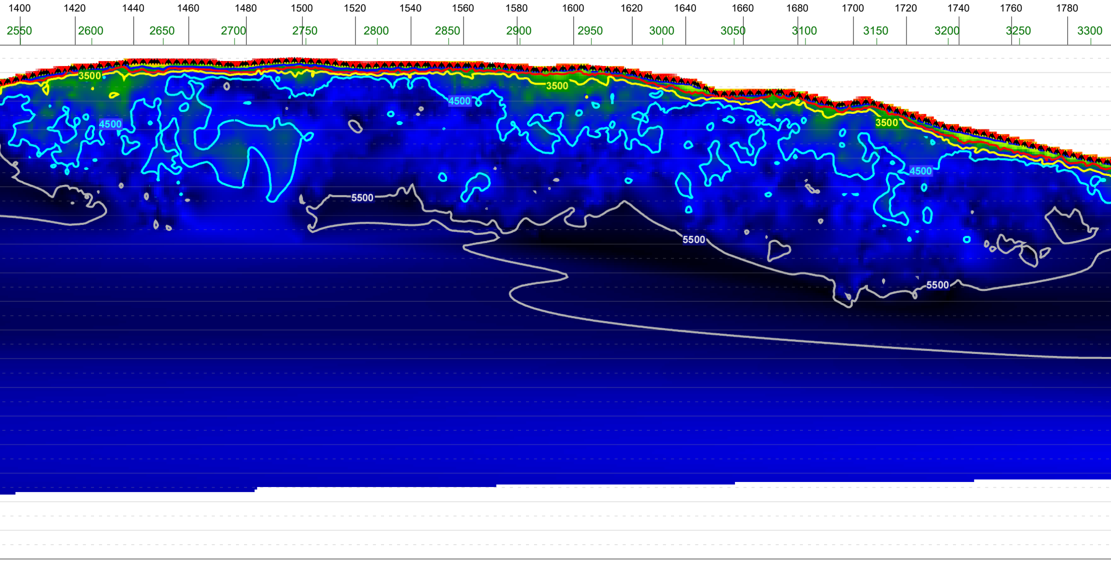


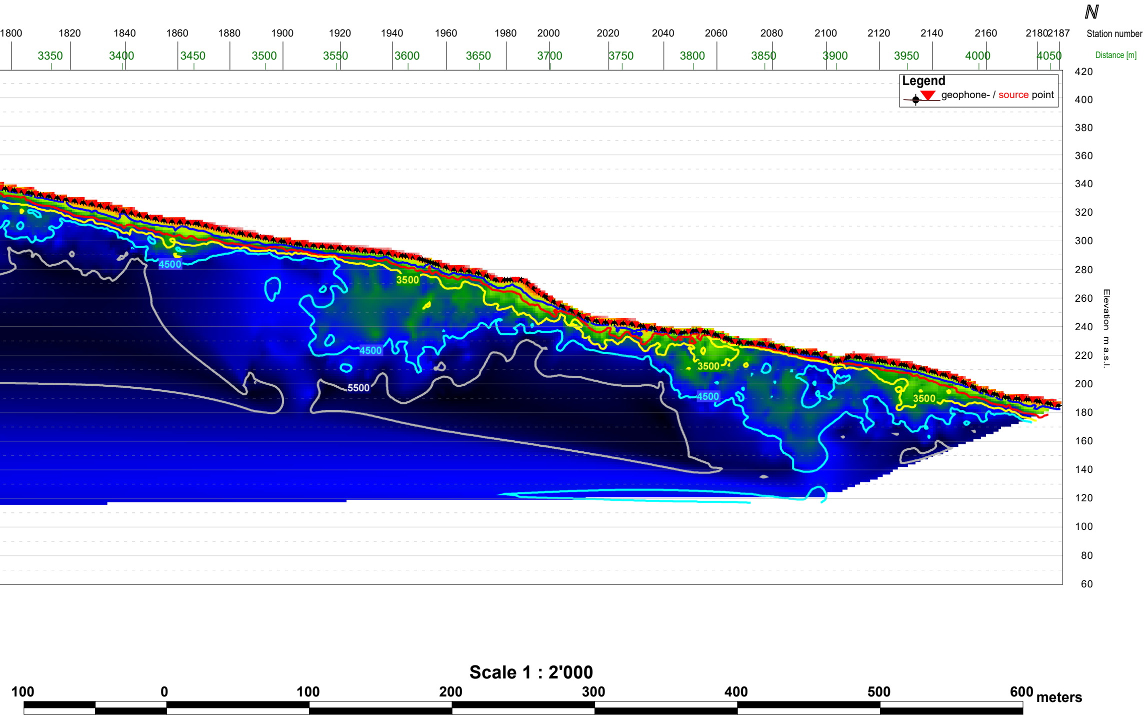
ield derived by analytical dTV refraction diving wave tomography






Legend
top soil and alluvial or other deposits
1'500 m/s
deconsolidated rock or compacted sediments
2'500 m/s
intensely tectonized rock
3'500 m/s
fractured / tectonized bedrock
4'500 m/s
hard bedrock
5'500 m/s
very hard bedrock





Nye Veier

asplan viak

E6 Moelv - Storhove

Geofysiske undersøkelser Vignes tunnel

Refraksjons- og refleksjonsseismikk på land

Hybridseismisk profil 19VING-1

Field acquisition parameters

Spread layout	split-spread of varying asymmetry	CDP-distance	1.0 m
Number of channels	320	Coverage	60-fold (nominal)
Group interval	2 m	Instrumentation	Seismic Instruments Inc.
Geophone type	10 Hz	Sampling rate	0.5 ms
Geophone pattern	1 Geophone / Station	Recording time	1000 ms
Source interval	6 m	Field filters	LC 4 Hz / HC anti-alias
Source type	8 kg hammer	Recorded by	D. Martin
Seismic crew(s)	GeoExpert AG & Ruden AS	Date	18. - 22. June 2019

Reflection seismic processing sequence

1 Reformatting and gain recovery
2 Line geometry and survey data assignment
3 Data verification, editing and analysis
4 Predictive deconvolution: prediction length 60 / 20 ms; window length 500 ms
5 Trace amplitude balancing and sliding window AGC (40 - 200 ms)
6 Spectral whitening using 2 windows 8-35-70-90 Hz & 35-70-140-160 Hz, 150 ms AGC window
7 Band pass filter (35 Hz (6 db) - 140 Hz (18 db))
8 CDP-sort and velocity analysis
9 NMO-correction (30% automatic stretch mute) & trim statics
10 CDP stack
11 Butterworth band pass filter (60 Hz / 4 db - 150 Hz (30 db)
12 Automatic Gain Control 100 ms
13 Time-Depth conversion using the velocity functions derived under point 10 and by refraction tomography
14 Elevation static shifts and final display

Refraction seismic processing sequence (diving wave tomography)

1-3 dto.
4 Refraction arrival picking
5 CMP-sort of first break picks
6 Derivation of the refraction seismic velocity field by the Delta-t-V method
7 Display of velocity field

Scale 1 : 2'000

Processed by D. Martin, Juli 2019

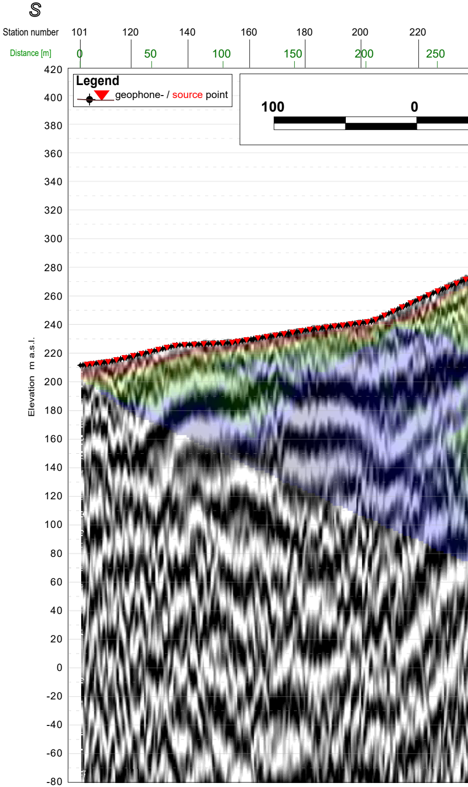
GeoExpert ag
High Resolution Seismic Surveying
Tannenstrasse / 93 P.O. Box 2265
8424 Embrach / Switzerland
Tel. +41 71 652 60 70
info@geoexpert.ch; www.geoexpert.ch

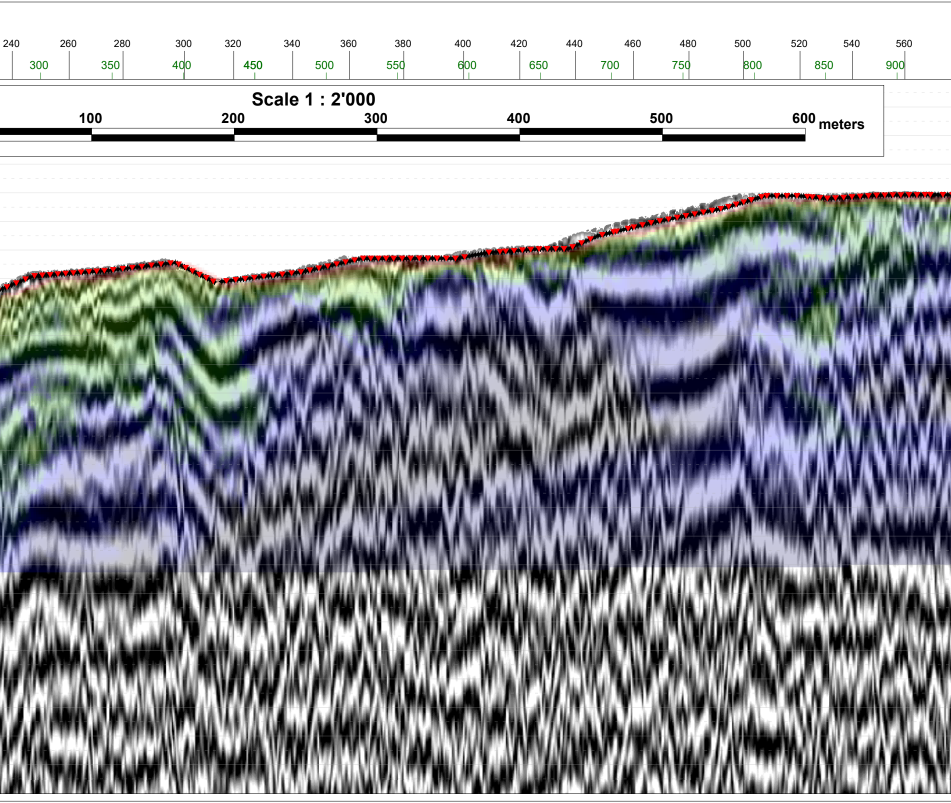
Project management
RUDEN AS
GEO SOLUTIONS
Moloveien 2
N-1628 Engelsviken / Norway
+47 69 36 41 41
www.rudenas.com

RUDEN AS GEO SOLUTIONS

Enclosure **1c**

Report 15.07.2019





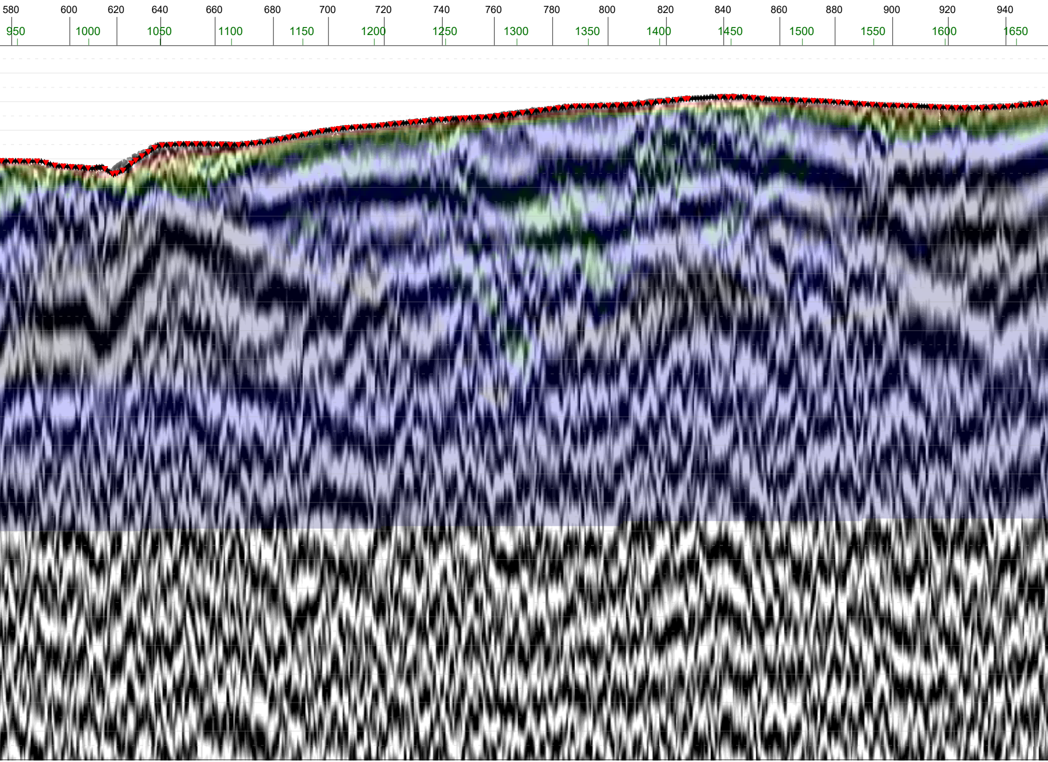
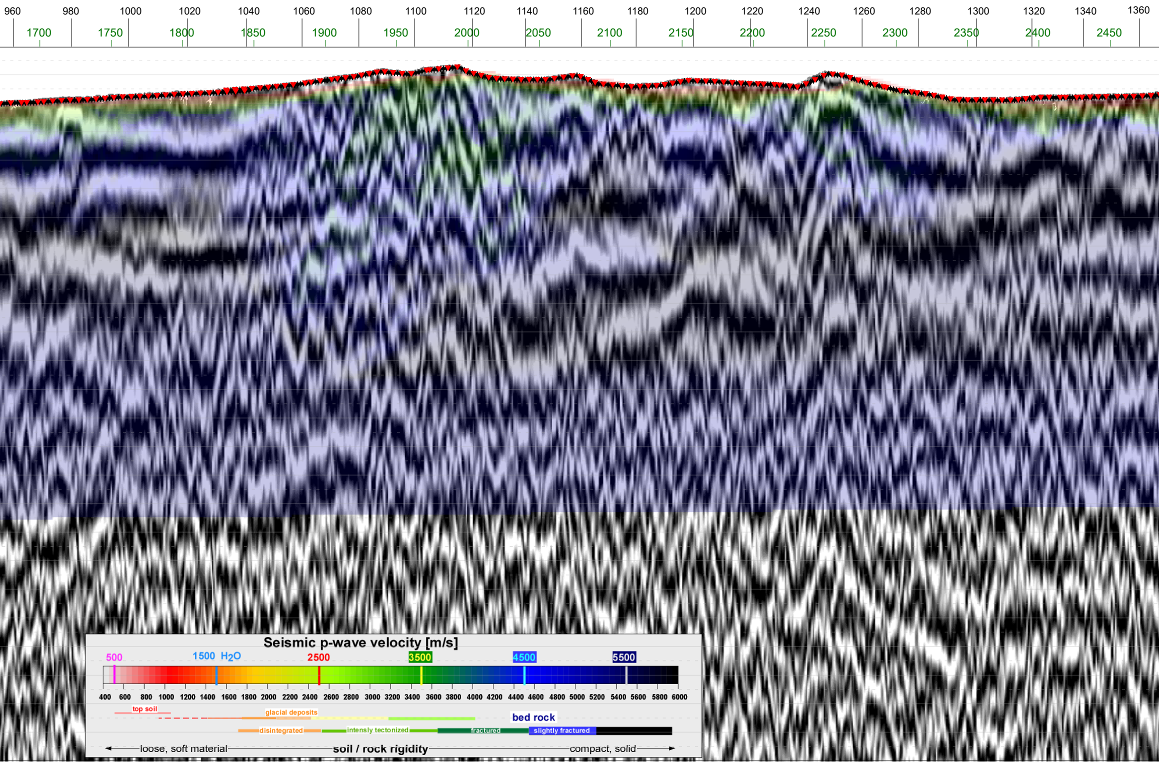
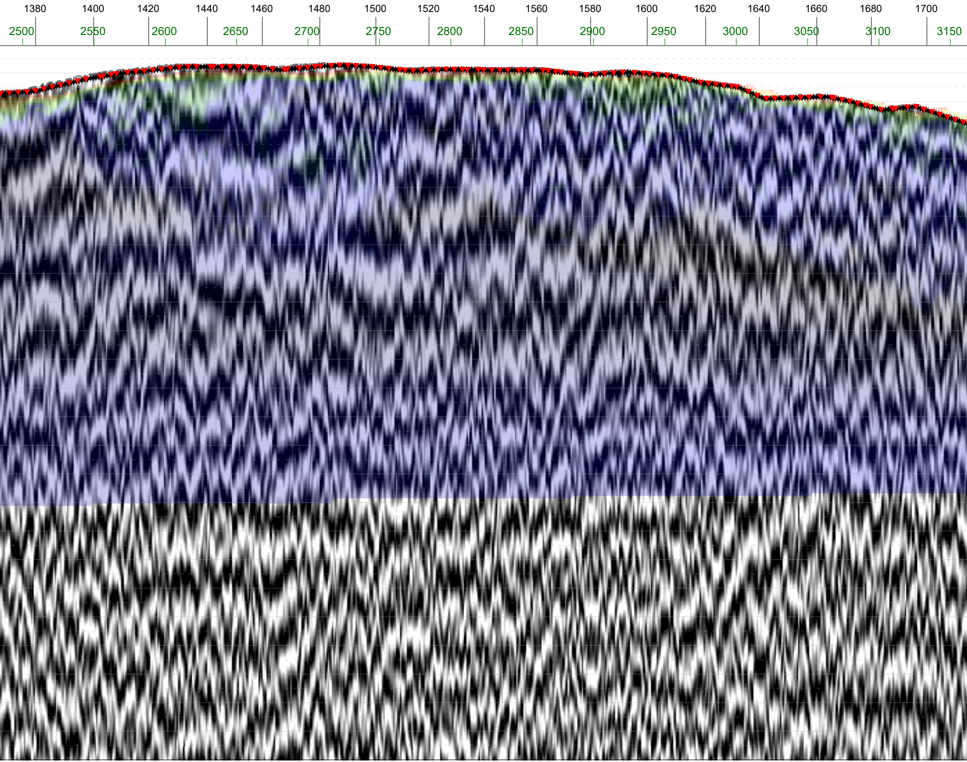
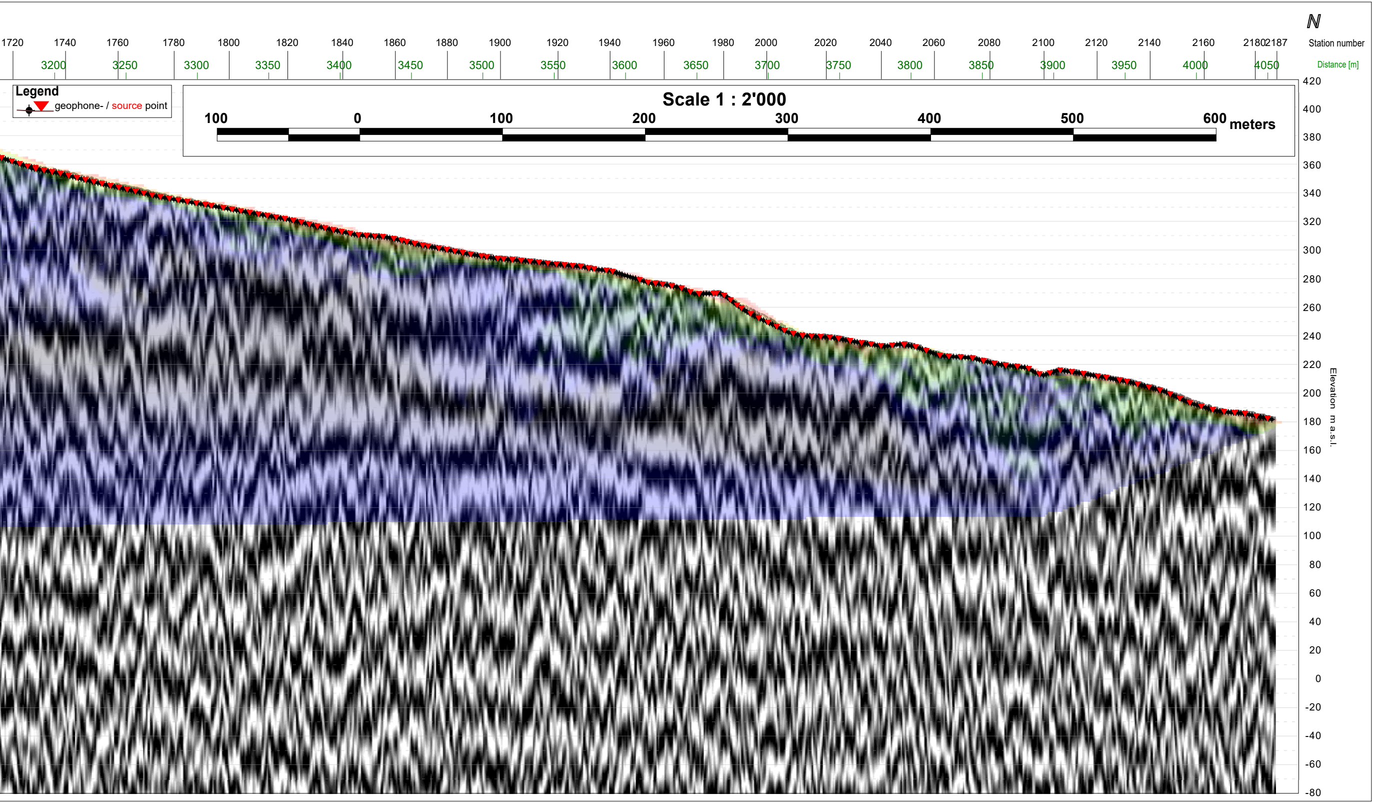


Fig. 3 Hybrid seismic section







Nye Veier

asplan viak

E6 Moelv - Storhove

Geofysiske undersøkelser Vignes tunnel

Refleksjonsseismikk kombinert med ERT

Hybridseismisk profil 19VING-1

Field acquisition parameters

Spread layout	split-spread of varying asymmetry	CDP-distance	1.0 m
Number of channels	320	Coverage	60-fold (nominal)
Group interval	2 m	Instrumentation	Seismic Instruments Inc.
Geophone type	10 Hz	Sampling rate	0.5 ms
Geophone pattern	1 Geophone / Station	Recording time	1000 ms
Source interval	6 m	Field filters	LC 4 Hz / HC anti-alias
Source type	8 kg hammer	Recorded by	D. Martin
Seismic crew(s)	GeoExpert AG & Ruden AS	Date	18. - 22. June 2019

Reflection seismic processing sequence

1. Reformatting and gain recovery
2. Line geometry and survey data assignment
3. Data verification, editing and analysis
4. Predictive deconvolution: prediction length 60 / 20 ms; window length 500 ms
5. Trace amplitude balancing and sliding window AGC (40 - 200 ms)
6. Spectral whitening using 2 windows 8-35-70-90 Hz & 35-70-140-160 Hz, 150 ms AGC window
7. Band pass filter (35 Hz (6 db) - 140 Hz (18 db))
8. CDP-sort and velocity analysis
9. NMO-correction (30% automatic stretch mute) & trim statics
10. CDP stack
11. Butterworth band pass filter (60 Hz / 4 db - 150 Hz (30 db)
12. Automatic Gain Control 100 ms
13. Time-Depth conversion using the velocity functions derived under point 10 and by refraction tomography
14. Elevation static shifts and final display

Processed by D. Martin, Juli 2019

ERT data acquisition and evaluation

- Unit Electrode Spacing : 10.0 m
- Number of Electrodes : 96
- Number of Modeling Iterations : 5
- Abs. Convergence Error : 8.9

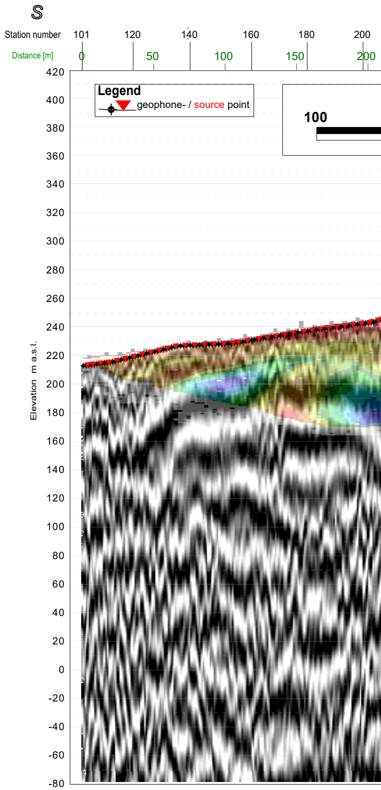
Scale 1 : 2'000

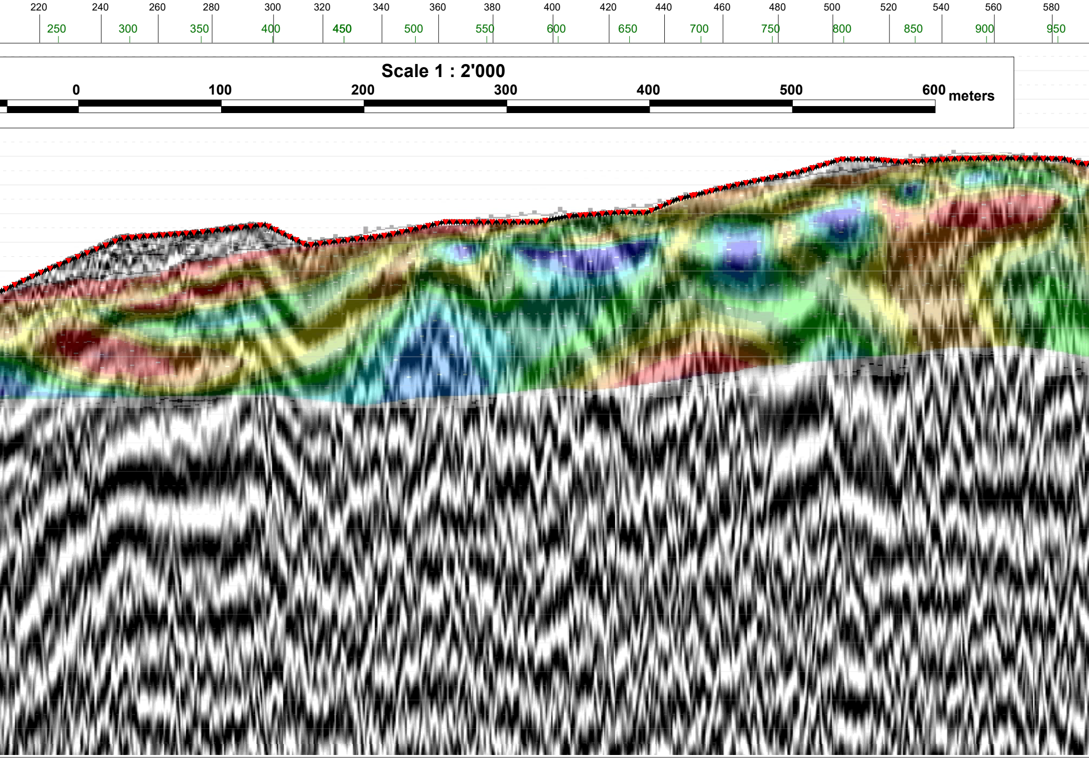
GeoExpert ag
High Resolution Seismic Surveying
Tannenstrasse / 93 P.O. Box 2265
8424 Embrach / Switzerland
Tel. +41 71 652 60 70
info@geoexpert.ch; www.geoexpert.ch

Project management
RUDEN AS
GEO SOLUTIONS
Moloveien 2
N-1628 Engelsviken / Norway
+47 69 36 41 41
www.rudenas.com

Enclosure **1e**

Report 15.08.2019





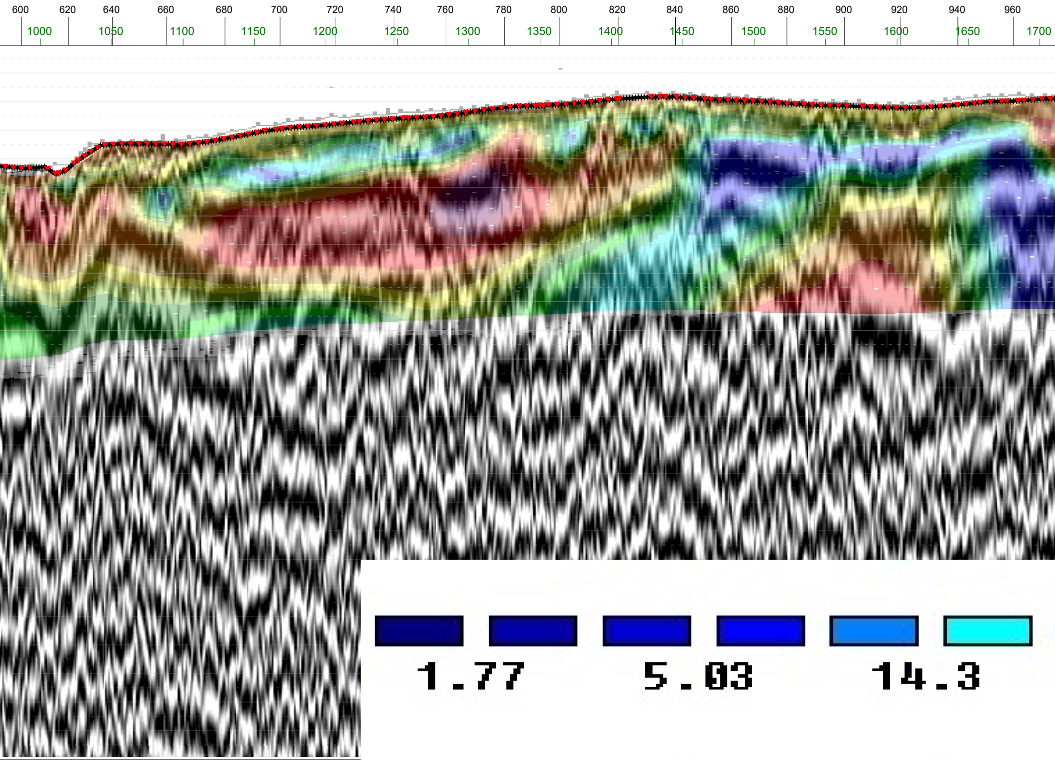
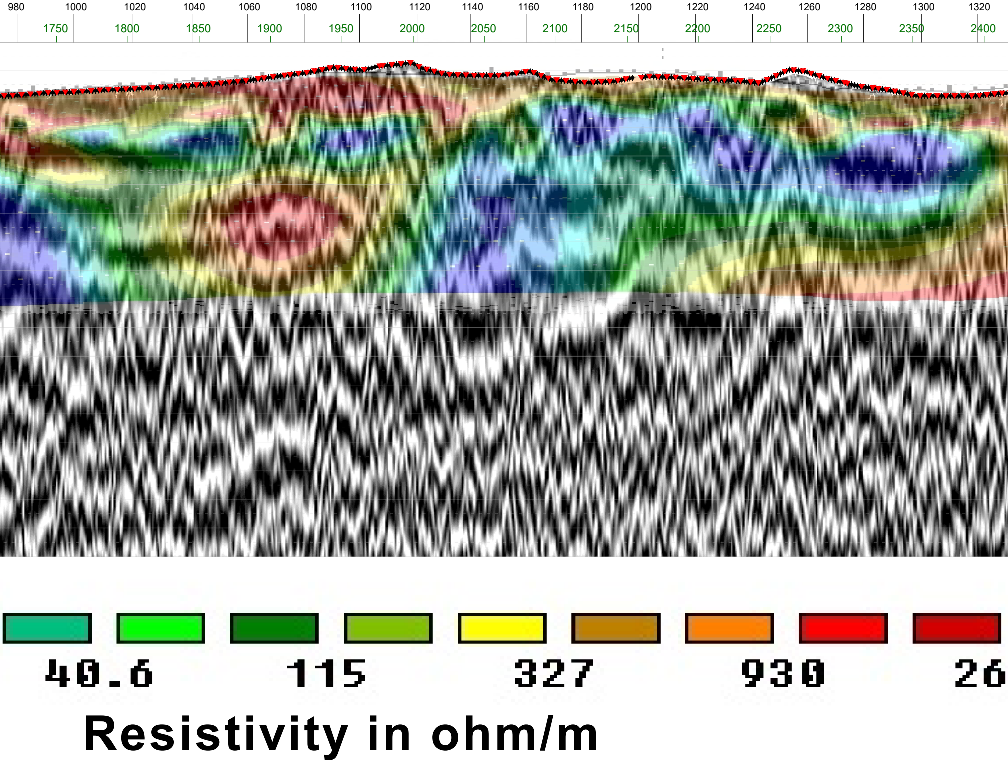
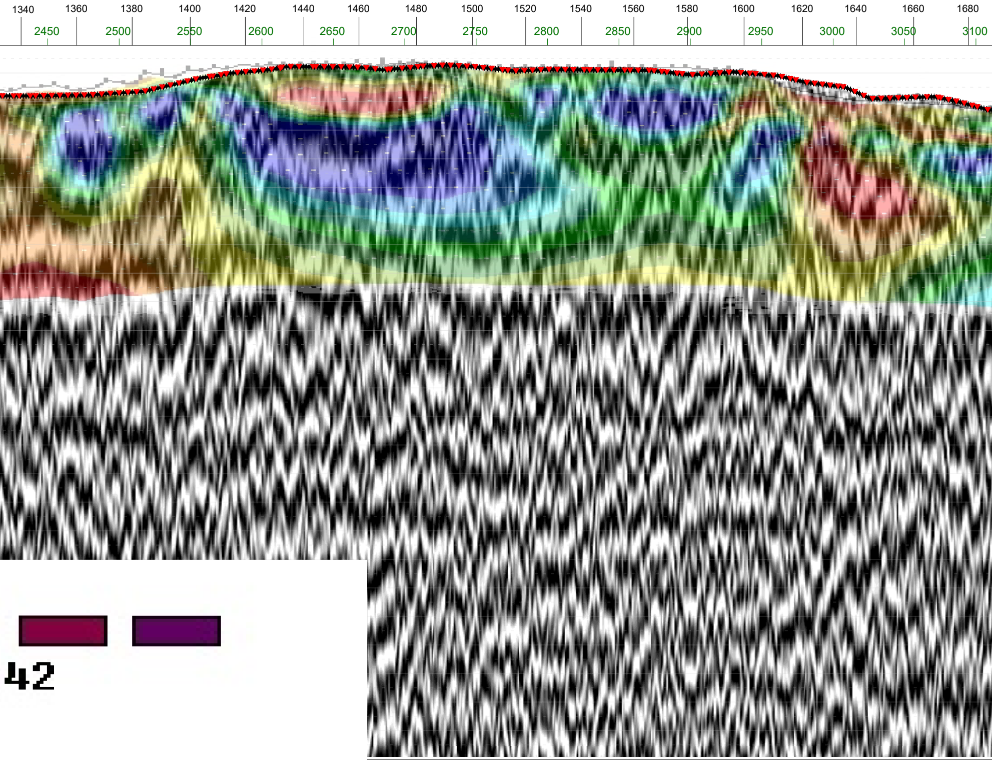
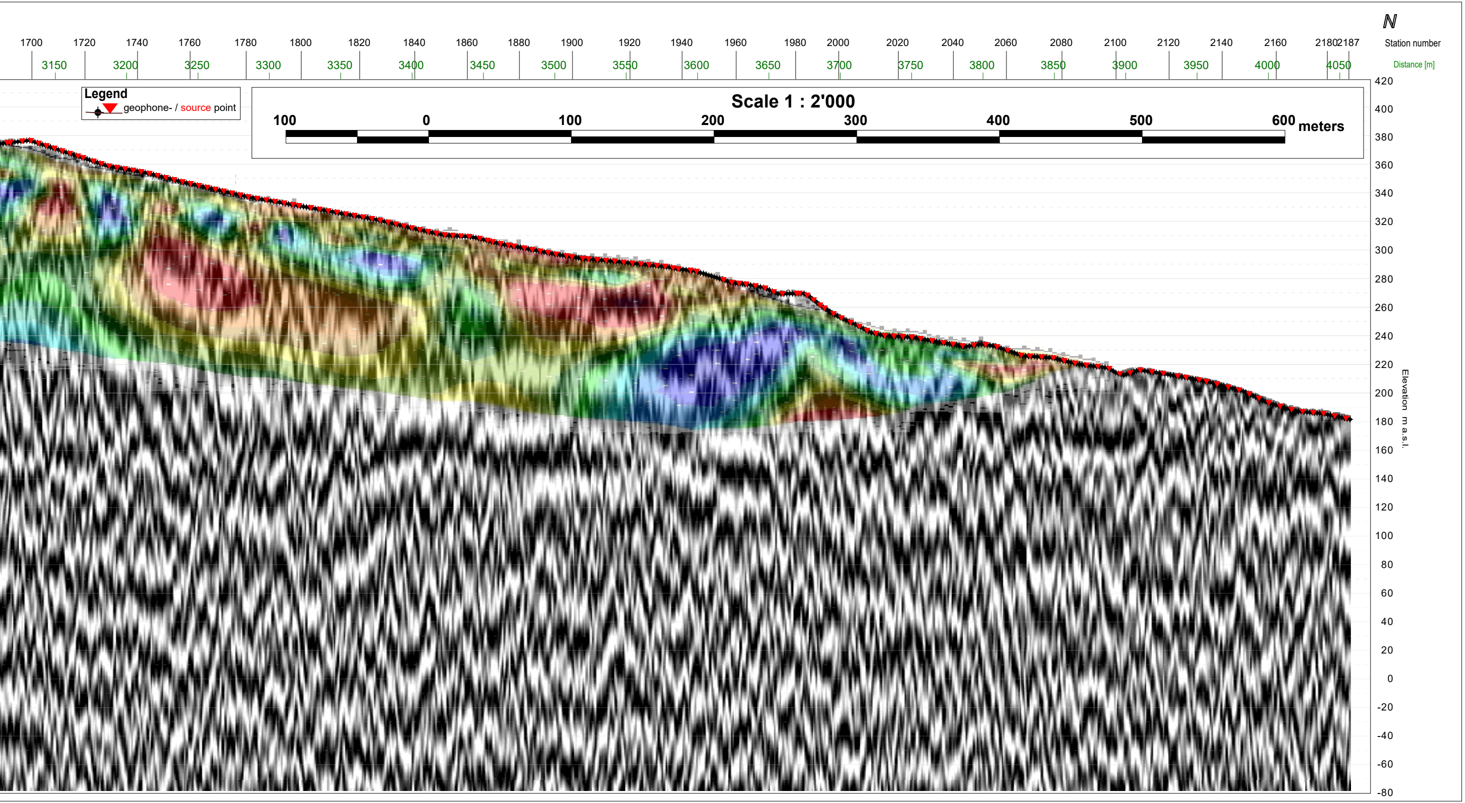


Fig. 2 Reflection seismic depth section







E6 Moelv - Storhove

Geofysiske undersøkelser Vignes tunnel

Refleksjonsseismikk kombinert med IP

Hybridseismisk profil 19VING-1

Field acquisition parameters

Spread layout	split-spread of varying asymmetry	CDP-distance	1.0 m
Number of channels	320	Coverage	60-fold (nominal)
Group interval	2 m	Instrumentation	Seismic Instruments Inc.
Geophone type	10 Hz	Sampling rate	0.5 ms
Geophone pattern	1 Geophone / Station	Recording time	1000 ms
Source interval	6 m	Field filters	LC 4 Hz / HC anti-alias
Source type	8 kg hammer	Recorded by	D. Martin
Seismic crew(s)	GeoExpert AG & Ruden AS	Date	18. - 22. June 2019

Reflection seismic processing sequence

1 Reformatting and gain recovery
2 Line geometry and survey data assignment
3 Data verification, editing and analysis
4 Predictive deconvolution: prediction length 60 / 20 ms; window length 500 ms
5 Trace amplitude balancing and sliding window AGC (40 - 200 ms)
6 Spectral whitening using 2 windows 8-35-70-90 Hz & 35-70-140-160 Hz, 150 ms AGC window
7 Band pass filter (35 Hz (6 db) - 140 Hz (18 db))
8 CDP-sort and velocity analysis
9 NMO-correction (30% automatic stretch mute) & trim statics
10 CDP stack
11 Butterworth band pass filter (60 Hz / 4 db - 150 Hz (30 db)
12 Automatic Gain Control 100 ms
13 Time-Depth conversion using the velocity functions derived under point 10 and by refraction tomography
14 Elevation static shifts and final display

Processed by D. Martin, Juli 2019

ERT data acquisition and evaluation

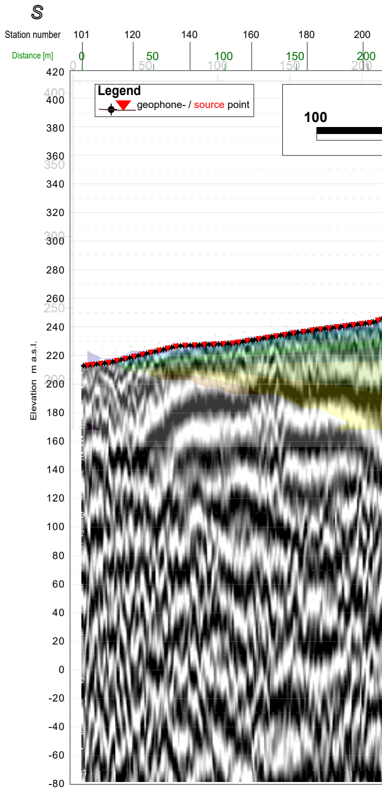
- Unit Electrode Spacing : 10.0 m
- Number of Electrodes : 96
- Number of Modeling Iterations : 5
- Abs. Convergence Error : 8.9

Scale 1 : 2'000

GeoExpert ag
High Resolution Seismic Surveying
Tannenstrasse / 93 P.O. Box 2265
8424 Embrach / Switzerland
Tel. +41 71 652 60 70
info@geoexpert.ch; www.geoexpert.ch

Project management
RUDEN AS
GEO SOLUTIONS
Moloveien 2
N-1628 Engelsviken / Norway
+47 69 36 41 41
www.rudenas.com

Enclosure **1f**
Report 15.08.2019



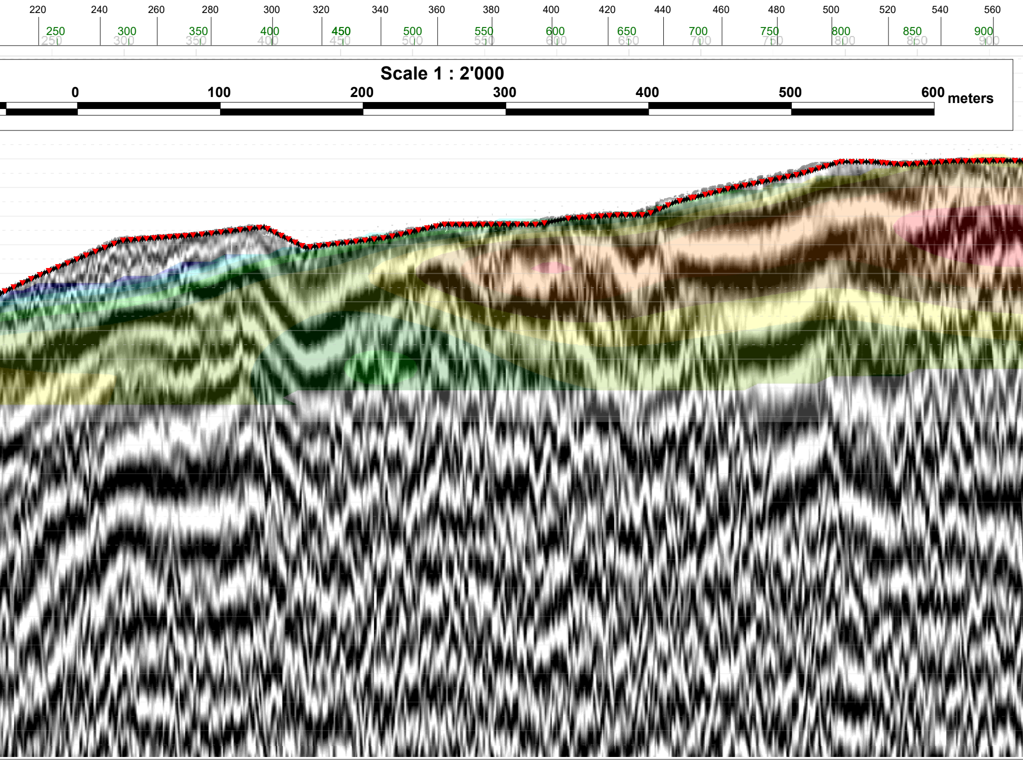
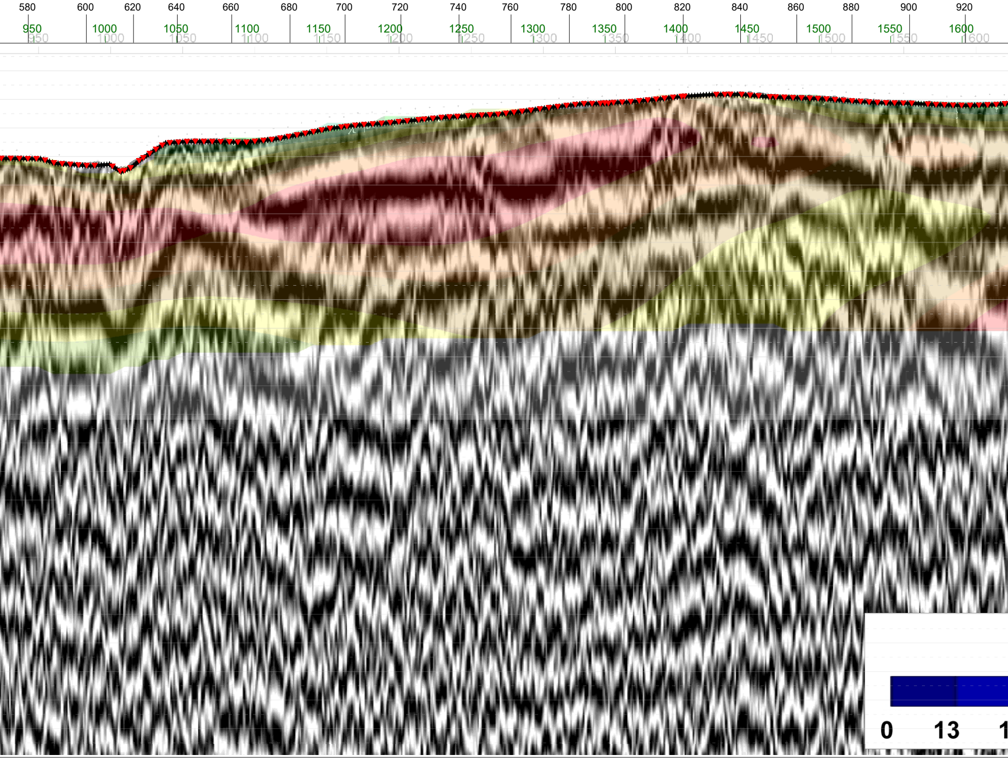
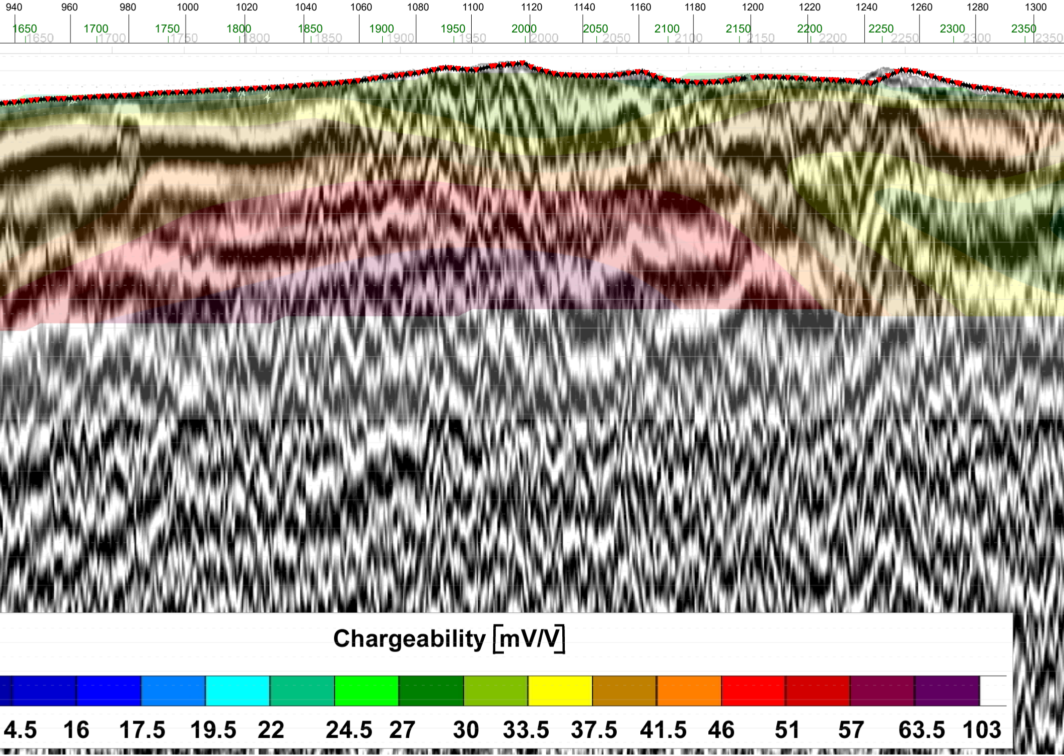
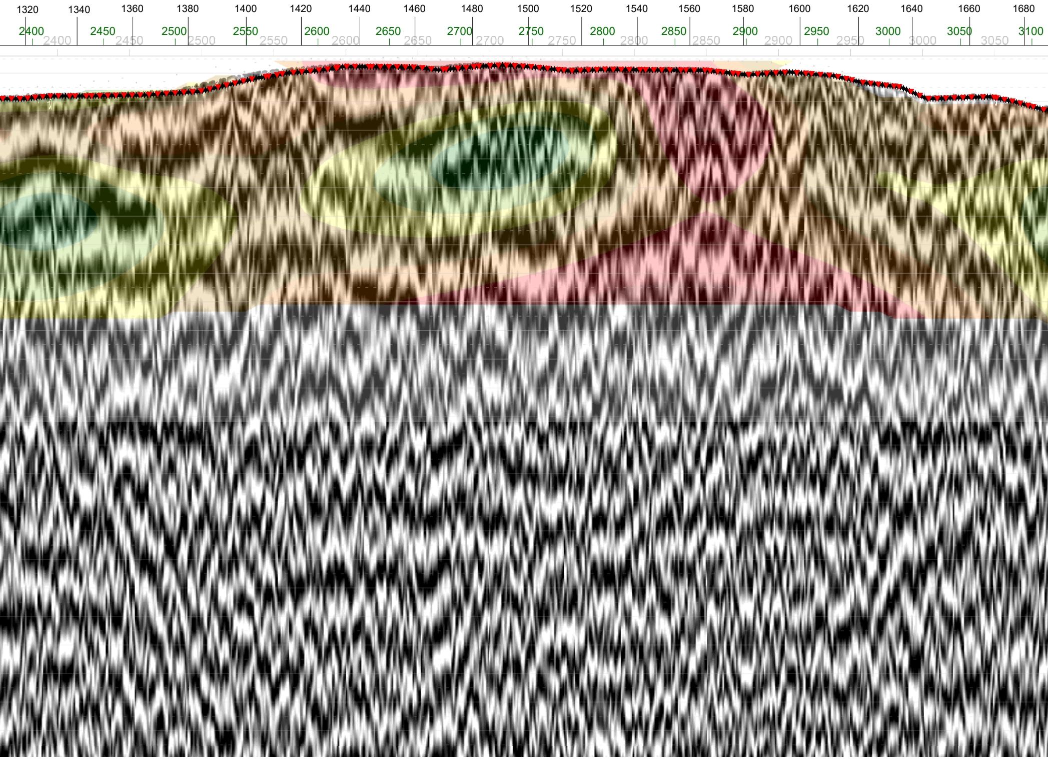


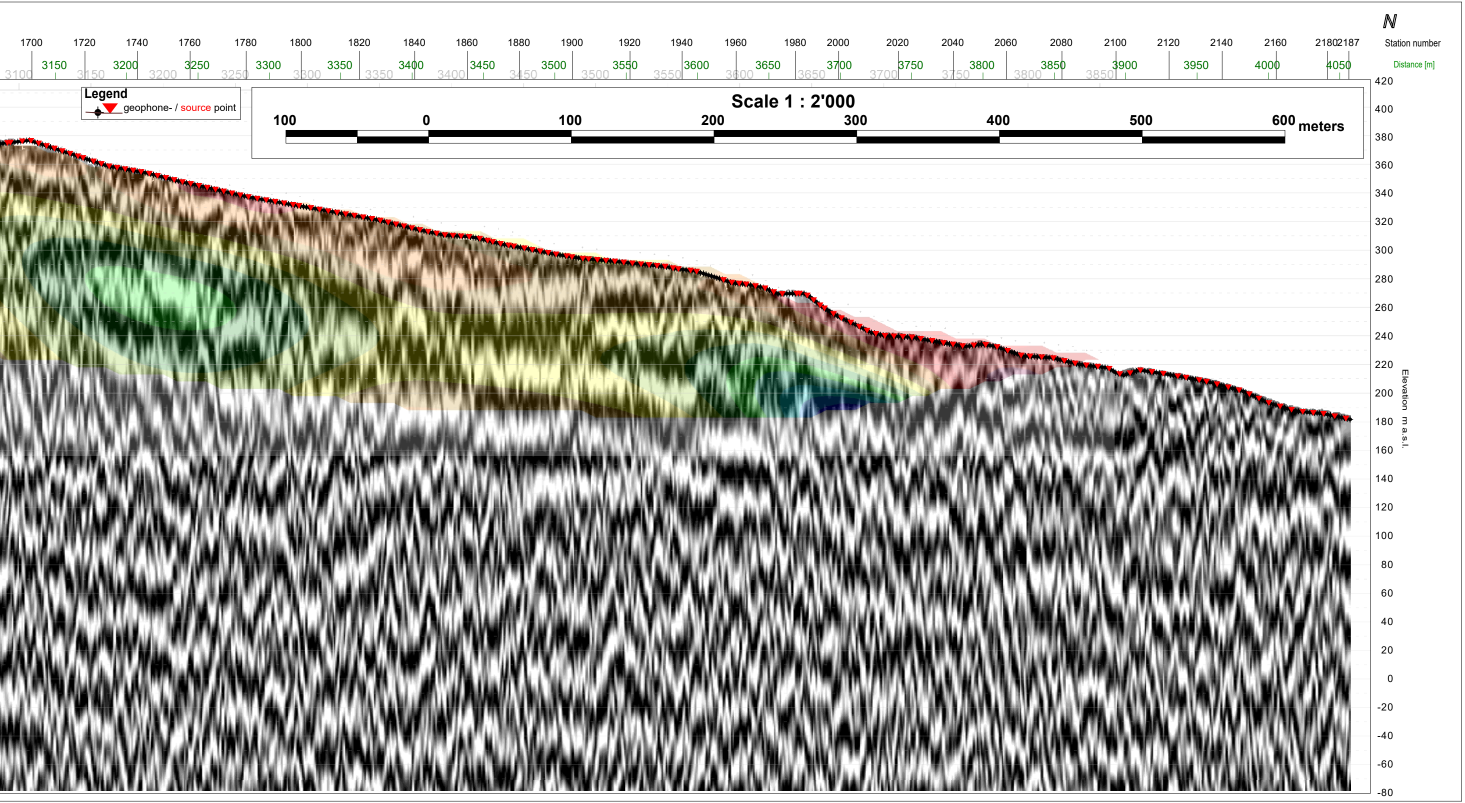
Fig.



6 Reflection seismic section combined with IP-section







Vedlegg 3

Vingnestunnelen – Vurdering av tunnelanleggets påvirkning på ytre miljø

1. Innledning

Vedlegget beskriver en utfyllende hydrogeologisk vurdering for Vingnestunnelens påvirkning på ytre miljø, og konkluderer med behov for tetthetskrav i tunnel.

Det er i konkurransegrunnlaget for prosjektet D1.1 beskrevet at «*totalentreprenøren skal utarbeide prosedyre for injeksjon, inkl. plassering og lengde av injeksjonshull, valg av egnet injeksjonsmiddel og injeksjonsvariable samt normal grense for når injeksjon skal utføres. Injeksjon gjøres opp etter antall løpemeter tunnel med utført injeksjon og iht. lekkasjeklasse, uavhengig av tunnelprofil. Utført lengde måles pr. injisert strekning, fra start boring første skjerm til start boring siste skjerm. Ved utført injeksjon godgjøres minimum 10 m. Oppnådd innlekkasje skal dokumenters, med målinger utført pr. injisert strekning og pr. tetthetsklasse. Det er ikke gjennomført detaljerte ingeniørgeologiske vurderinger utover utredning i kommunedelplanen*.»

I konkurransegrunnlaget D1.2 er det beskrevet at «*totalentreprenøren er ansvarlig for å utarbeide ingeniørgeologisk rapport, tilsvarende som for konkurransegrunnlag iht. N500, herunder (…) og fastsettelse av innlekkasjekrav. Totalentreprenøren skal også utarbeide prosedyre for injeksjon*». Videre står det at «*totalentreprenøren skal selv vurdere og foreta injeksjon av tunnel etter innlekkasjekrav i Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk (NFF) sin håndbok 06 «Praktisk berginjeksjon for undergrunnsanlegg» avhengig av bebyggelse, tjern, vann og hvor sensitiv grunnvannssenking er*».

I kapittel C.3 er det beskrevet at «*Alle steder vannveier påvirkes av anleggsvirksomheten, skal totalentreprenør sikre at den økologiske funksjonen ivaretas. Dette krever at totalentreprenør dokumenterer økologisk før- og ettertilstand av vassdrag som kan påvirkes av anleggsvirksomheten.» «Det skal velges løsninger gjennom myrområder som minimaliserer uttaket av myrmasser og i minst mulig grad senker grunnvannstand.» «Totalentreprenør skal dokumentere at anleggsarbeidet ikke medfører skader, ulemper eller forurensning av vann og vassdrag tilknyttet anleggsområdet.*» Det er derfor foretatt en risikovurdering av natur- og vannforekomster over og i nærhet til tunneltraseen.

I ingeniørgeologisk rapport for kommunedelplan, E6 Vingrom-Ensby, ble det foreslått tetthetskrav på 3-5 l/min pr. 100 m tunnel [1]. Kravet er satt med bakgrunn i at tunnelene krysser under stedvis tett bebyggelse og flere brønnsystemer og at de forventes å ligge under naturlig grunnvannsnivå. Det kommer ikke frem hvordan tallene er beregnet. Norconsult utarbeidet et innledende forslag til tetthetskrav i oktober 2019. Her ble det foreslått tetthetskrav som angitt i Tabell 1.

Tabell 1. Innlekkasjekrav foreslått i oktober 2019, som foreløpig vurdering av Norconsult.

Foreløpig innlekkasjekrav	Antatt injeksjonsomfang	Beskrivelse
5 l/min pr. 100 m tunnel	2 x 100 m	Sørenden av tunnelen. Store løsmassemektigheter og potensielt setningsømfintlige masser sør for påhugget, kryssing under Bulungsbekken, begrenset bergoverdekning, svakhetssoner påvist ved hybridseismikk
10-15 l/min pr. 100 m tunnel	2 x 4300 m	Resterende del av tunnelen. Generelt god bergoverdekning, i stor grad antatt lite setningsømfintlige løsmasser over tunnel, vekslende sandstein- og skiferbergarter, enkelte svakhetssoner.

Aktuell tunneltrase har ikke vært et av alternativene i tidligere utredninger for prosjektet. Eksisterende rapporter er derfor basert på andre trasealternativer, men enkelte av vurderingene som er gjort tidligere er likevel fortsatt aktuelle. Det er vist i Ingeniørgeologisk rapport for kommunedelplan, E6 Vingrom-Ensby [1], at det er registrerte brønner i NGUs brønndatabase Granada, som er vurdert å kunne bli påvirket av Vingnestunnelen. I Geologisk rapport for E6 Moelv-Øyer [2] er det beskrevet at det ikke forkommer tjern over tunnelen, men at det finnes brønner som kan bli påvirket. Det står videre

at det må undersøkes om vann fra Øyresbekken vil drenere til tunnelen, og om det er fare for setningsskader på hus som følge av redusert grunnvannsnivå.

For å tilfredsstille krav i konkurransegrunnlaget og vannforskriften er det gjort en risikovurdering av om lekkasje i tunnel vil føre til uakseptabel påvirkning på ytre miljø. Risikovurderingene er basert på retningslinjer i Håndbok V712 «Konsekvensanalyser» [3], Veileder til ytre miljøplan [4] og Miljørisken v.1.2.2 [5]. I det følgende gis det beskrivelse av kartlagte natur- og vannforekomster innenfor tunnelens influensområde, vurdering av forekomstenes sårbarhet for tunnellekkasje og forslag til tetthetskrav av hensyn til ytre miljø.

2. Naturforekomster

2.1 Sårbarhet

For overflatevann og myrer er sårbarheten en funksjon av vannbalansen, der størrelse på nedbørsfelt, avrenningsforhold og omfanget av grunnvannstilsig i forhold til overflateavrenning er medvirkende faktorer. Videre vil de geologiske forholdene påvirke i hvilken grad en lekkasje i tunnel medfører grunnvannssenkning i et gitt område. I områder med tynt løsmassedekke er det generelt større variasjoner i grunnvannsnivå enn i områder med tykke løsmasseavsetninger. Naturforekomster sin sårbarhet til grunnvannssenkning avhenger bl.a. av om artene som inngår i naturtypen er fuktkrevende eller tørketolerante og i hvilken grad grunnvannstilsig er en viktig faktor for opprettholdelse av markfuktigheten. Naturforekomster som befinner seg i områder med lite løsmasser er mer sårbare for endringer i grunnvannsnivå i berg.

Det er antatt at senkning av grunnvannstanden vil ha størst konsekvenser for natur der naturtypen er direkte avhengig av grunnvannet. Dette gjelder spesielt natur hvor grunnvannstanden er høy, som eksempelvis myr, bekker, sumpskog og vann. Et slikt område med liten vanntilførsel er mer sårbart enn et tilsvarende område med stor vanntilførsel. Årsaken er at en lekkasje av en bestemt størrelse vil ha større betydning i et område hvor det er lite tilsig av vann. Sårbarhet kan klassifiseres etter størrelsen på nedbørsfeltet til vannforekomsten, med sårbarhetsklasse 1 som mest sårbart [6]:

Tabell 2. Sårbarhetsklasser for vannforekomster [6].

Sårbarhetsklasse	**Størrelse på nedbørsfelt (km^2)**
1	< 0,5
2	0,5-1
3	1-2
4	2-5
5	Vann tilhørende vassdrag som renner gjennom modellområdet. Betydelig nedbørsfelt og liten sårbarhet

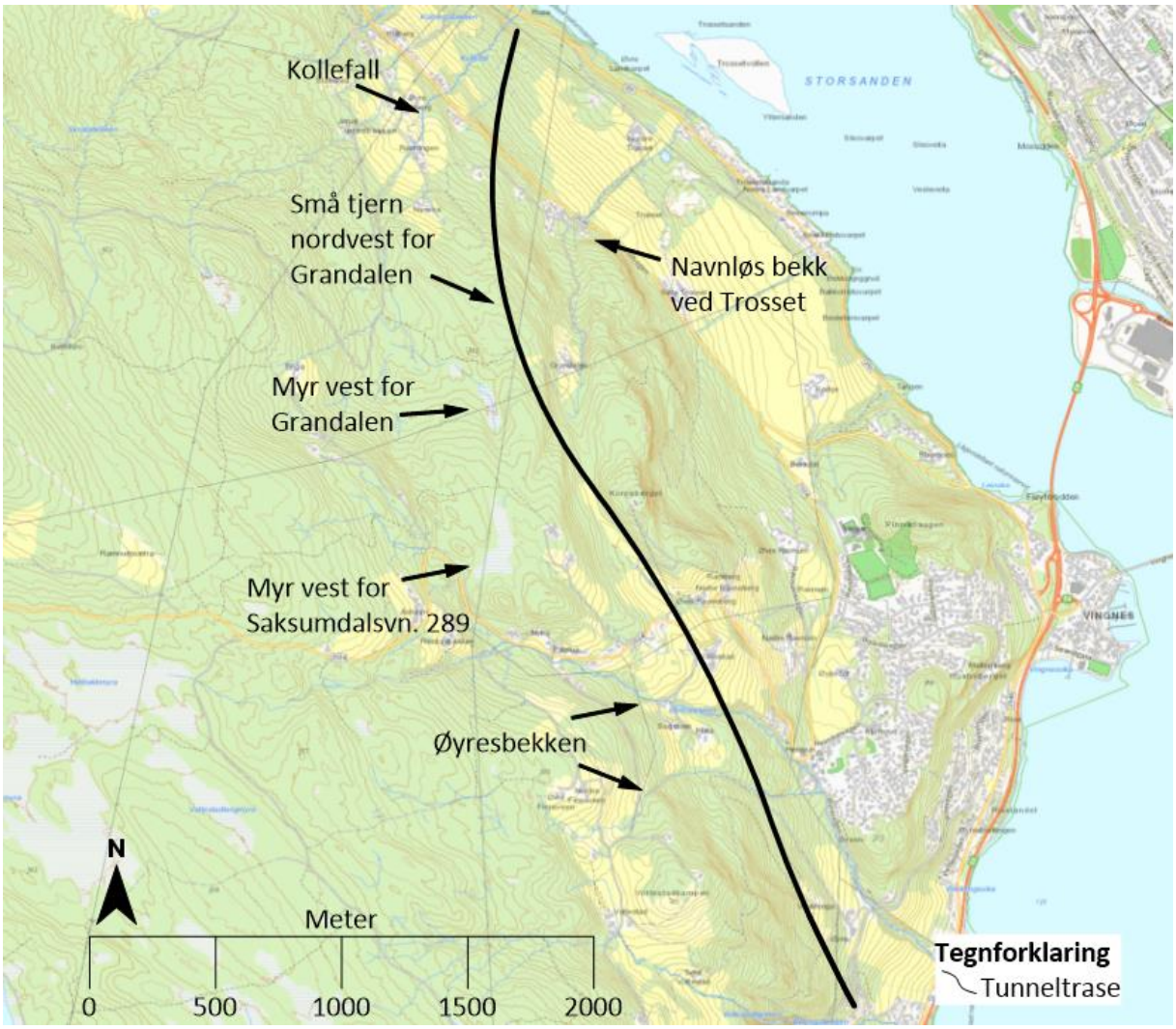
Vannbalanseberegninger gi en indikasjon på hvor store endringer i vannbalanse forekomster tåler. I forbindelse med etablering av Holsfjordtunnelen ble det vurdert at lekkasjer i tunnel på mindre enn 10 % av vannforekomstens normalavrenning gir liten eller ingen effekt på forekomsten [7]. Naturen ved Vingnestunnelen er liknende naturen ved Holsfjorden, i tillegg til at områdene har liknende nedbørsforhold. Denne tilnærmingen er derfor benyttet i risikovurderingene for å vurdere sårbarhet for forekomster og behov for tetthetskrav i tunnel. Metoden er en teoretisk tilnærming og har derfor usikkerheter knyttet til forhold som avrenning og områdeavgrensing 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. Hvor store innlekkasjer det potensielt kan bli i tunnel dersom det ikke utføres injeksjon er usikkert, da det foreligger lite informasjon om bergmassens hydrauliske konduktivitet.

2.2. Oversikt over området, med vurderte natur- og vannforekomster

Ved følgende steder langs og i nærhet til tunneltraseen er det kartlagt natur- og vannforekomster (Figur 1):

- Øyresbekken
- Myr vest for Saksumdalsvegen 289
- Myr vest for Grandalen
- Lite tjern nordvest for Grandalen
- Bekk ved Trosset
- Bekken Kollefall

I tillegg er det kartlagt private brønner i området. Det er ikke registrert naturtyper i området i Miljødirektoratets kartløsning Naturbase [8].



Figur 1. Kartlagte vannforekomster i nærhet til Vingnestunnelen.

3. Metode for risikovurdering

Risikovurderingene er basert på retningslinjer i Håndbok V712 «Konsekvensanalyser» [3], Veileder til Ytre miljøplan [4] og Miljørisken v 1.2.2 [5].

For å tallfeste sannsynlighet og konsekvens, og dermed komme frem til risiko, er Tabell 3 benyttet [5].

Tabell 3. Tallfesting av sannsynlighet og konsekvens av innlekkasje til tunnel [5].

	K5 - Meget stor negativ (katastrofal)	**K4 - Stor negativ (kritisk)**	**K3 - Middels negativ (Alvorlig)**	**K2 - Liten negativ (Moderat)**	**K1 - Nesten ubetydelig (Minimal)**
Landskaps-karakter/ bybilde Friluftsliv/bymiljø	Uakseptabel varig* sterk ødeleggelse	Betydelig varig* forringelse	Merkbar varig* forringelse	Forringelse merkes nesten ikke/ikke varig	Forringelse merkes lite/ikke varig
Naturmangfold Forurensing av jord og vann	Uakseptabel varig* sterk ødeleggelse Bryter lover og forskrifter Restaureringstid > 10 år	Betydelig varig* forringelse Restaureringstid 3-10 år	Merkbar varig* forringelse Restaurering stid 1-3 år	Forringelse merkes lite/ikke varig Restaureringsti d < 1 år	Forringelse merkes nesten ikke/ikke varig
	S5 - Svært sannsynlig	**S4 - Meget sannsynlig**	**S3 - Sannsynlig**	**S2 - Mindre sannsynlig**	**S1 - Lite sannsynlig**
	Forventet å kunne skje	Vil kunne skje	Har vært registrert i sammenlignb are prosjekter	Har vært registrert lignende hendelser	Aldri vært registrert lignende hendelser
	> 85 %	50-85 %	15-50 %	5-15 %	<5 %

Ved å benytte en risikomatrise finner en hvor stort risikopotensialet er for at lekkasje i tunnel medfører negativ påvirkning på et område (Tabell 4). Risikopotensialet benyttes som grunnlag for å vurdere om det er nødvendig å utføre avbøtende tiltak (Tabell 5).

For vann og tjern er det vurdert sannsynlighet og konsekvens for om vannet/tjernet får betydelig senkning av vannstand. For bekker og vassdrag er det vurdert sannsynlighet og konsekvens dersom bekken/vassdraget får betydelig lavere vannføring som følge av innlekkasje til tunnel. Det er i tillegg kartlagt flere svakhetssoner i området. Svakhetssonenes utholdenhet ned til tunnelnivå er usikker, men er likevel hensyntatt i vurderingene.

Tabell 4. Beregning av risikopotensiale basert på tallfestede verdier for sannsynlighet og konsekvens [5].

	S-verdier				
K-verdier	**S1=1**	**S2=2**	**S3=3**	**S4=4**	**S5=5**
K5=75	75	150	225	300	375
K4=25	25	50	75	100	125
K3=10	10	20	30	40	50
K2=5	5	10	15	20	25
K1=1	1	2	3	4	5

Tabell 5. Tiltaksgrense Miljørisken [5].

Rødt område	Tiltak er nødvendig
Gult område	Tiltak må vurderes (kost/nytte).
Grønt område	Tiltak vanligvis ikke nødvendig.

Det settes tetthetskrav i tunnel for forekomster som blir risikovurdert å være i gult og rødt område.

De ulike områdene/naturforekomstene som er vurdert presenteres og vurderes i kapittel 4. Kapittel 5 oppsummerer resultatene og presenterer dem i en risikomatrise.

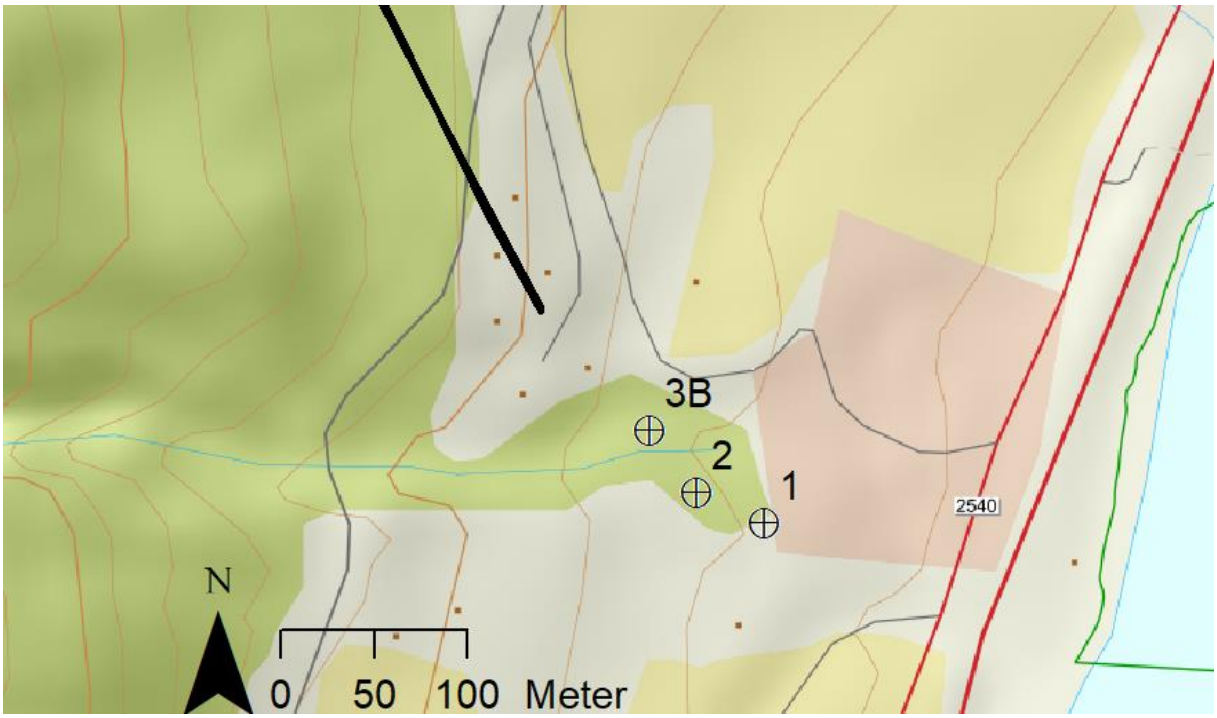
4. Risikoanalyser for sårbare områder

4.1 Generelt

Vingnestunnelen er ca. 4,3 km lang, og går ca. fra profilnr. 24500 til 28800. Tunnelportalen i Øyresvika (sør) befinner seg ca. på kote +150. Deretter stiger tunnelen til høybrekket på ca. kote +175 ved profilnr. 26500, før den gradvis synker til ca. kote +140 ved tunnelpåhugget i nord (Trosset).

Det er registrert en privat brønn i Saksumdalsvegen 289 i grunnvannsdatabasen Granada [9]. I brønnloggen er det oppgitt at grunnvannsnivået befant seg ca. 20 m under terrengnivå da den ble boret. Tunnelen skal krysse omtrent rett under denne brønnen, som befinner seg nær det høyeste punktet over tunneltraseen (ca. kote +460). Vanntrykket på tunnelnivå kan derfor bli opp mot tilsvarende 260 m.

Det ble i tidligere faser av prosjektet etablert tre vannstandsrør i Øyresvika. Rørene befinner seg i forskjæringen til Vingnestunnelen (se Figur 2) og blir trolig borte når anleggsarbeidene starter. Rørene er peilet ved flere anledninger. Se Tabell 6 for målinger. Rør 2 ser ut til å være tett.

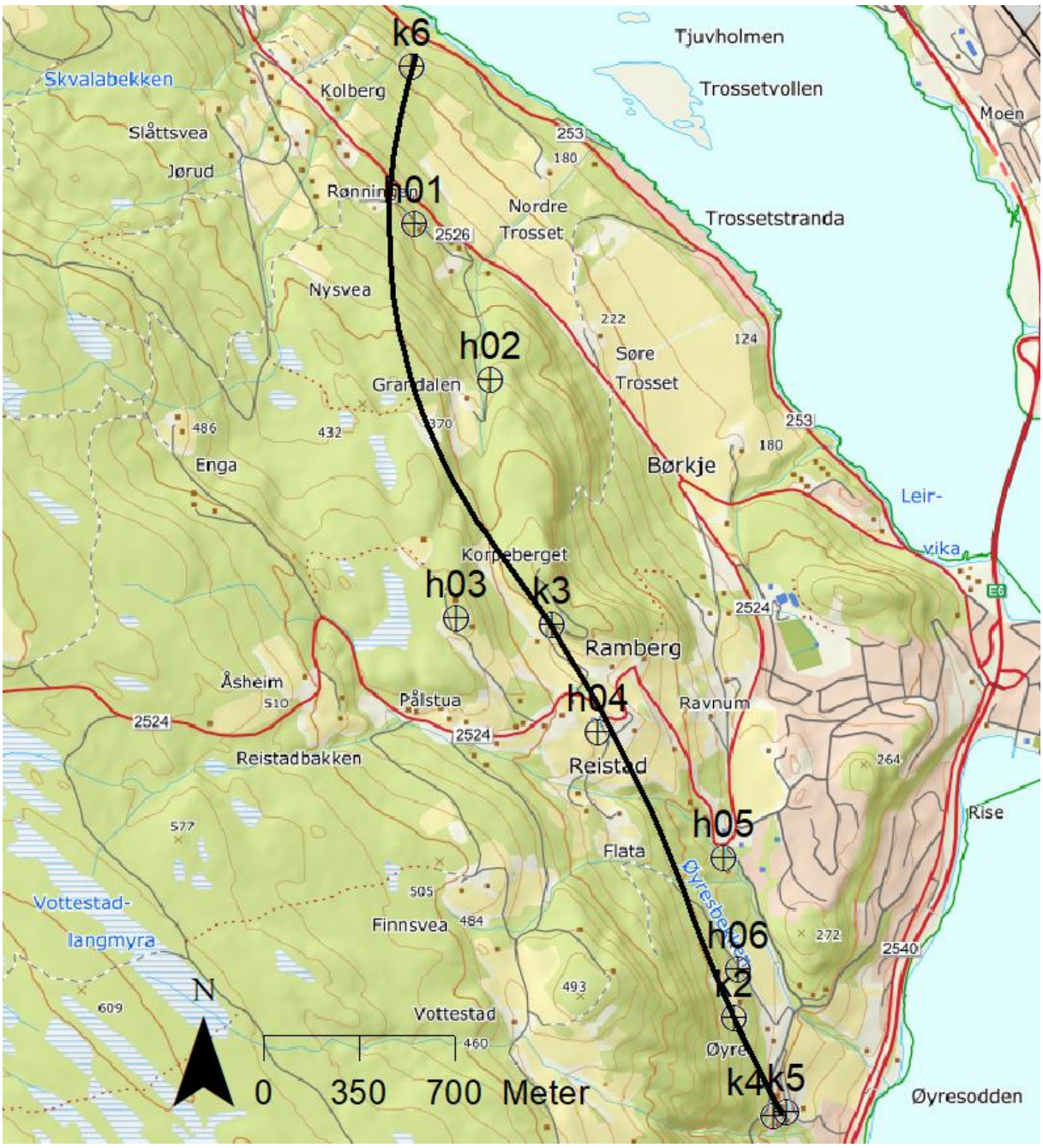


Figur 2. Vannstandsrør i Øyresvika.

Tabell 6. Målt vannstand i vannstandsrør i Øyresvika.

	Rør 3B (m under terreng)	Rør 2 (m under terreng)	Rør 1 (m under terreng)
Dybde (m)/ Måledato	40,2	28,5	30
2019-09-19	8,10	-	8,30
2019-07-30	-	-	8,03
2020-06-11	12,55	-	9,13
2020-07-08	14,1	-	9,16
2020-08-25	15,45	-	9,22
2020-08-27	15,62	-	-

Det er planlagt å bore seks hammerborehull og fem kjerneborehull i nærhet til traseen. Alle hammerborehullene (H01-H06) og to kjerneborehull (K2 og K3) skal instrumenteres opp for overvåking av grunnvannsnivå før, under og etter anleggsperioden. Borehullene er foreløpig ikke boret ferdig, men planlagt plassering er vist i Figur 3.



Figur 3. Planlagte hammer- (hxx) og kjernehull (kx) langs Vingnestunnelen. Tunneltrase er vist med svart linje.

Det befinner seg løsmasser over hele tunneltraseen [10]. Svakhetssoner i bergmassen er derfor krevende å kartlegge i forkant av drivingen. Det er likevel kartlagt totalt syv svakhetssoner som kan komme til å krysse tunnel. De kartlagte svakhetssonene er hovedsakelig konsentrert ved påhuggsområdet i sør og i området mellom Saksumdalsvegen og Grandalen. Deres utholdenhet ned til tunnelnivå er usikker. For oversikt over svakhetssoner henvises det til modell.

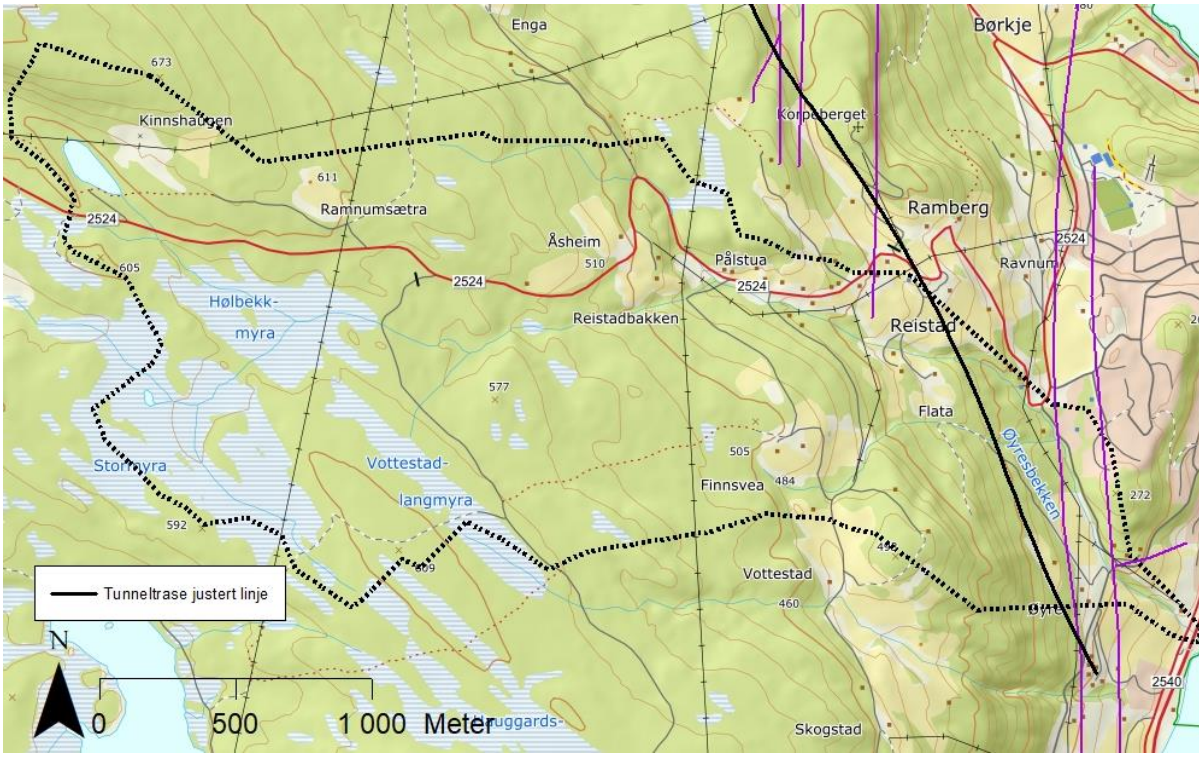
Det er ikke registrert naturtyper over eller i nærhet til tunneltraseen, men i Øyresbekken er det kartlagt funksjonsområde for fisk. Det er ikke kartlagt funksjonsområde for fisk i de andre bekkene ved traseen [11].

4.2 Risikoanalyse for Øyresbekken

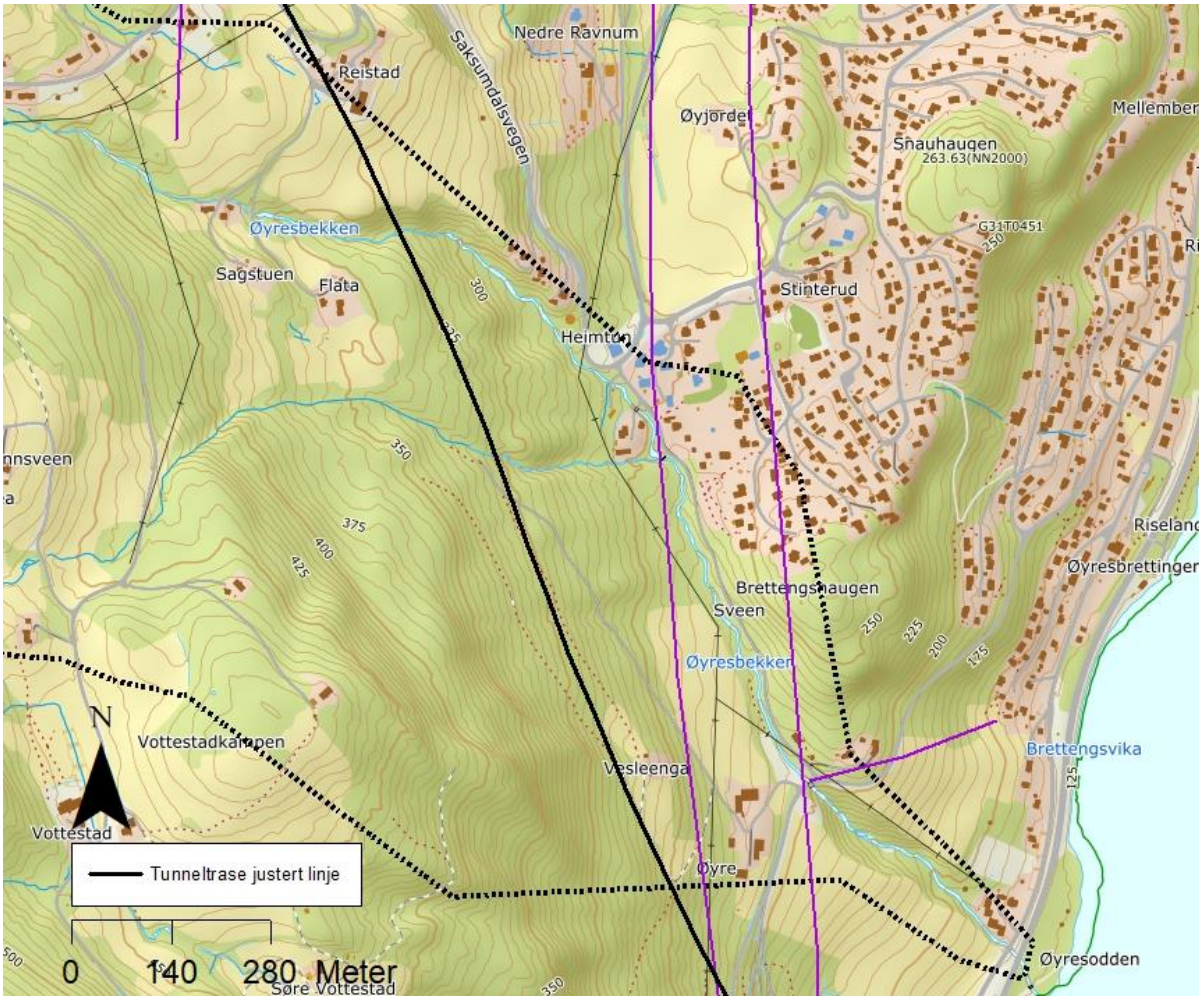
4.2.1 Vurdering av sannsynlighet for påvirkning

Vingnestunnelen vil krysse direkte under Øyresbekken. Øyresbekken har et nedbørsfelt på 4,85 km^2 [12], og klassifiseres dermed i sårbarhetsklasse 4. Dette innebærer at bekken ikke er spesielt sårbar mot endringer i strømningsforhold. Bekkens utløp er i Mjøsa, sør for Vingnes. Nedbørsfeltet strekker seg mot vest, og har utspring i et myrområde i overkant av 2 km vest for tunneltraseen (Figur 4 og Figur 5).

Det er estimert at Øyresbekkens nedbørsfelt har en middelavrenning på ca. 4600 l/min [12]. Tunnelen vil krysse under nedbørsfeltet over en strekning på ca. 1230 m. Dersom det antas at bekken tåler en reduksjon i vannføring på 10% utgjør dette ca. 19 l/min pr. 100 m tunnel pr. løp.



Figur 4. Øyresbekkens nedbørsfelt (stiplet polygon). Kartlagte svakhetssoner i lilla.



Figur 5. Vingnestunnelen krysser direkte under Øyresbekkens to løp. Kartlagte svakhetssoner i lilla.

Overdekningen over tunnel er ca. 150 m. Det er kartlagt to svakhetssoner ved påhuggsområdet i sør. Svakhetssonene kan føre til økt lekkasje mellom bekken og tunnel, dersom de er utholdende på tunnelnivå.

I myrområdet ved bekkens utspring vurderes det sannsynlig at bekken står i kontakt med grunnvannet. Dette er imidlertid utenfor tunnelens influensområde. Lenger nedstrøms renner Øyresbekken stedvis i svært bratt terreng. Dette kan indikere at grunnvannet ligger dypere i skråningen, mens bekken renner på overflaten. Sandsteinen i området fører til at bekken stedvis renner over terskler.

Øyresbekken har to løp der tunnelen krysser, før de samles ca. 200 m nedstrøms tunnelen. Det søndre løpet har mindre nedbørsfelt enn det nordre, og er derfor også mer sårbart mot grunnvannsendringer. Likevel er det svært bratt der bekken har løp, og det er derfor usikkert om bekken står i kontakt med grunnvannet.

Med bakgrunn i dette vurderes det at sannsynligheten for at Øyresbekken får betydelig redusert vannføring er «S3 – sannsynlig».

4.2.2 Vurdering av konsekvens

Øyresbekken har funksjon for fisk, og det er kartlagt storørret i nedre del av bekkeløpet. Bekken er dermed viktig og har stor verdi. Bekken må ikke bli tørrere, da dette kan ødelegge funksjonsområdet for fisk [11].

Bekker og våtområder er viktige for biologisk mangfold og har derfor en verdi.

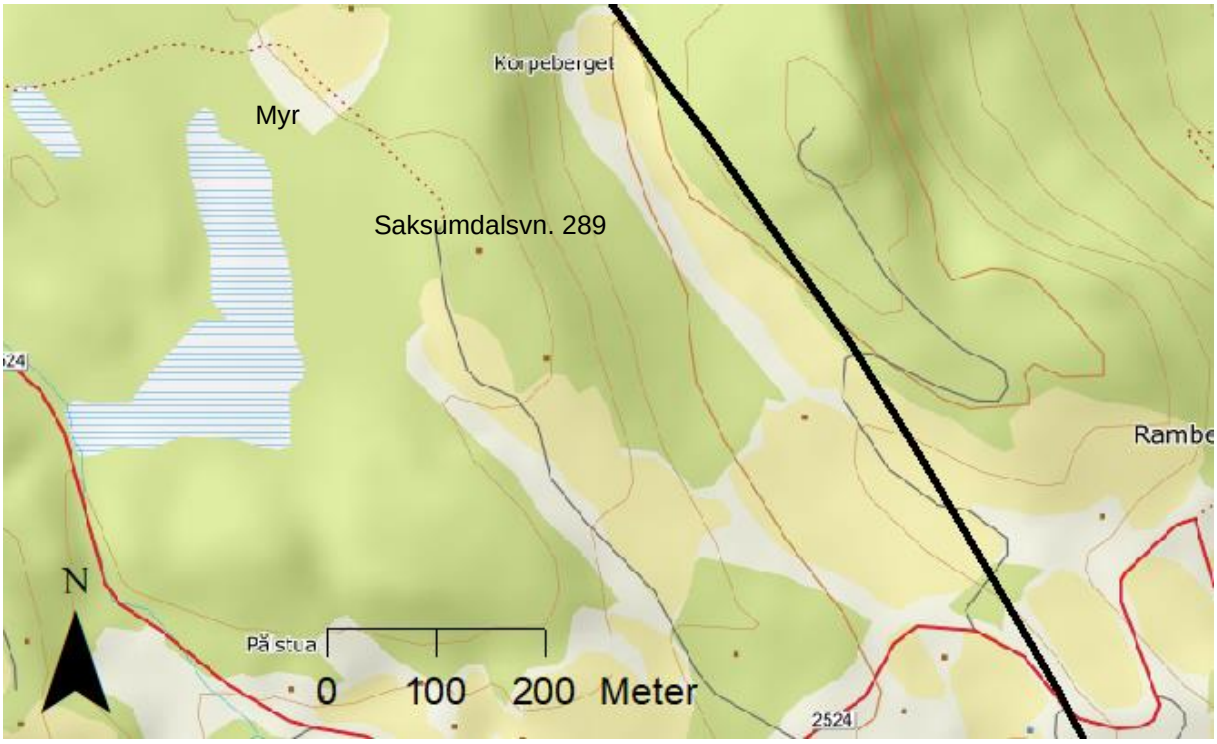
Det er ikke ønskelig med injeksjonsmasse ut i bekken, men dette vil trolig ikke skje grunnet stor overdekning. Det er viktigere at bekken ikke blir tørrere. Injeksjonsmasse er en kortvarig hendelse, og bunndyr reetableres relativt raskt etter slike hendelser.

Det vurderes at konsekvenser dersom Øyresbekken blir betydelig tørrere er «K4 – stor negativ (kritisk)».

4.3 Risikoanalyse for myr vest for Saksumdalsvegen 289

4.3.1 Vurdering av sannsynlighet for påvirkning

Myra befinner seg på det minste ca. 300 m vest for tunneltraseen, og vurderes derfor å ligge utenfor tunnelens influensområde.



Figur 6. Myr vest for Saksumdalsvegen 289.

Sannsynligheten for at myra blir betydelig tørrere ved innlekkasje til tunnel vurderes å være «S1 – lite sannsynlig».

4.3.2 Vurdering av konsekvens

Myrer er biotoper, og er viktige for biologisk mangfold. Det er ikke registrert sårbare arter i myra.

Det går en høyspentledning på tvers av myra. Det er ikke kartlagt stier som krysser over myra.

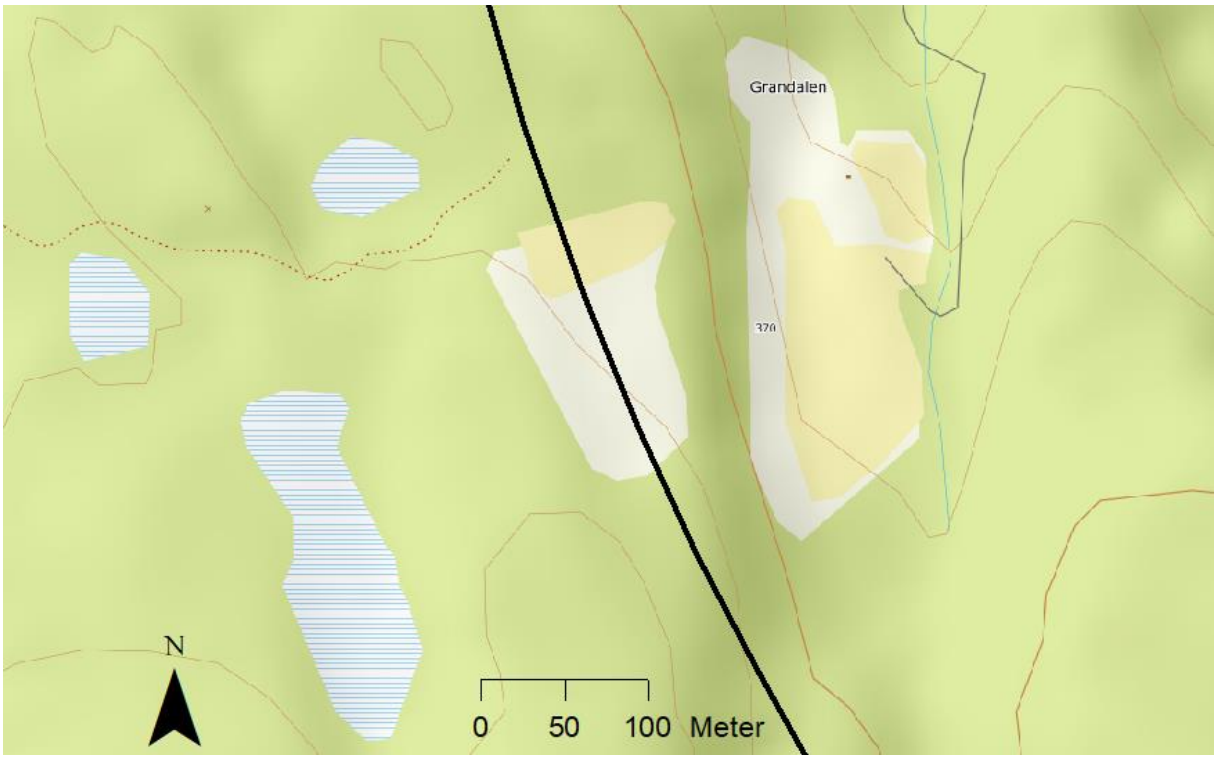
Konsekvensene dersom myra blir betydelig tørrere vurderes å være «K2 – liten negativ (moderat)».

4.4 Risikoanalyse for myr vest for Grandalen

4.4.1 Vurdering av sannsynlighet for påvirkning

Myra vest for Grandalen befinner seg ca. 130 m vest for tunneltraseen, og er mindre enn myra omtalt i kap. 4.3. Den ligger i en forsenkning i terrenget, med utløp i en liten bekk mot nordvest. Myras størrelse som markert på kart er ca. 8500 m^2.

Myras nedbørsfelt er estimert å være ca. 0,1 km^2, mens middelavrenningen er på ca. 90 l/min. Myras nedbørsfelt overlapper med tunnelen over en strekning på ca. 400 m. Vannbalanseberegninger tilsier dermed at myra er sårbar mot innlekkasje til tunnel.



Figur 7. Myr vest for Grandalen.

Befaring i juni 2020 viste derimot at området ikke oppleves som en myr. Området var tett vegetert med trær, og vann var kun synlig i en liten bekk.

Da området ligger i en liten forsenkning i terrenget er det sannsynlig at grunnvann kan stå i dagen her. Den lille bekken som ble observert ved befaringen er derfor trolig i kontakt med grunnvannet.

Sannsynligheten for at myra blir betydelig tørrere ved innlekkasje til tunnel vurderes å være «S3 – sannsynlig».

4.4.2 Vurdering av konsekvens

Myrer er biotoper, og er generelt viktige for biologisk mangfold. Det er ikke registrert sårbare arter i myra.

Flyfoto fra 1968 viser at myra tidligere har vært grøftet [13]. Den lille bekken som ble observert på befaringen kan derfor gå i en av grøftene.

Konsekvensene dersom myra blir betydelig tørrere vurderes å være «K1 – nesten ubetydelig (minimal)».

4.5 Risikoanalyse for små tjern nordvest for Grandalen

4.5.1 Vurdering av sannsynlighet for påvirkning

Direkte over tunneltraseen, ca. 250 m nordvest for gården i Grandalen, er det på kart markert to svært små tjern. Tjernene er ifølge kartene ca. 10 m og 15-20 m i diameter. Tjernene befinner seg på kote +403, dvs. ca. 240 m over tunnelnivå.

Lekkasjer i tunnel kan påvirke vannstand i tjern direkte dersom det finnes sprekkesystemer med direkte forbindelse mellom tjern og tunnel. I dette tilfellet kan vann fra tjernet drenere direkte ned i tunnelen. Dette kan føre til en relativt rask reduksjon av vannstanden i tjernet. Dette krever at tjernene er betinget av høyt grunnvannsnivå. I dette området er det høy overdekning over tunnel, som kan tilsi at påvirkning på tjern/myr begrenses. Likevel vil høyt grunnvannsnivå føre til høyt grunnvannstrykk på tunnelnivå.

Flyfoto fra finn.no viser at området med tjern og myr som er markert i kart var dekket med trær i 2010. I 2013 og 2014 ser det ut som at skogsområdet har vært hugget, og tjernene kommer bedre til syne [13]. Senere flyfoto viser at det kan se ut det er noe vann/myr der tjernene er markert i kart.

Sannsynligheten for at tjernene/myra kommer til å bli tørrere dersom grunnvannsnivået reduseres anses å være «S3 – sannsynlig».

4.5.2 Vurdering av konsekvens

Det befinner seg ikke turstier ved tjernene/myra, og det antas derfor ikke at tjernene har en verdi mtp. friluftsliv. Tidligere flyfoto viser at området omkring tjernene/myra er et hogstområde. Vannspeil kan fungere som vannkilde for dyr når det er nok vann.

Konsekvensene dersom tjernene/myra blir betydelig tørrere vurderes å være «K2 – liten negativ (moderat)».

4.6 Risikoanalyse for navnløs bekk ved Trosset

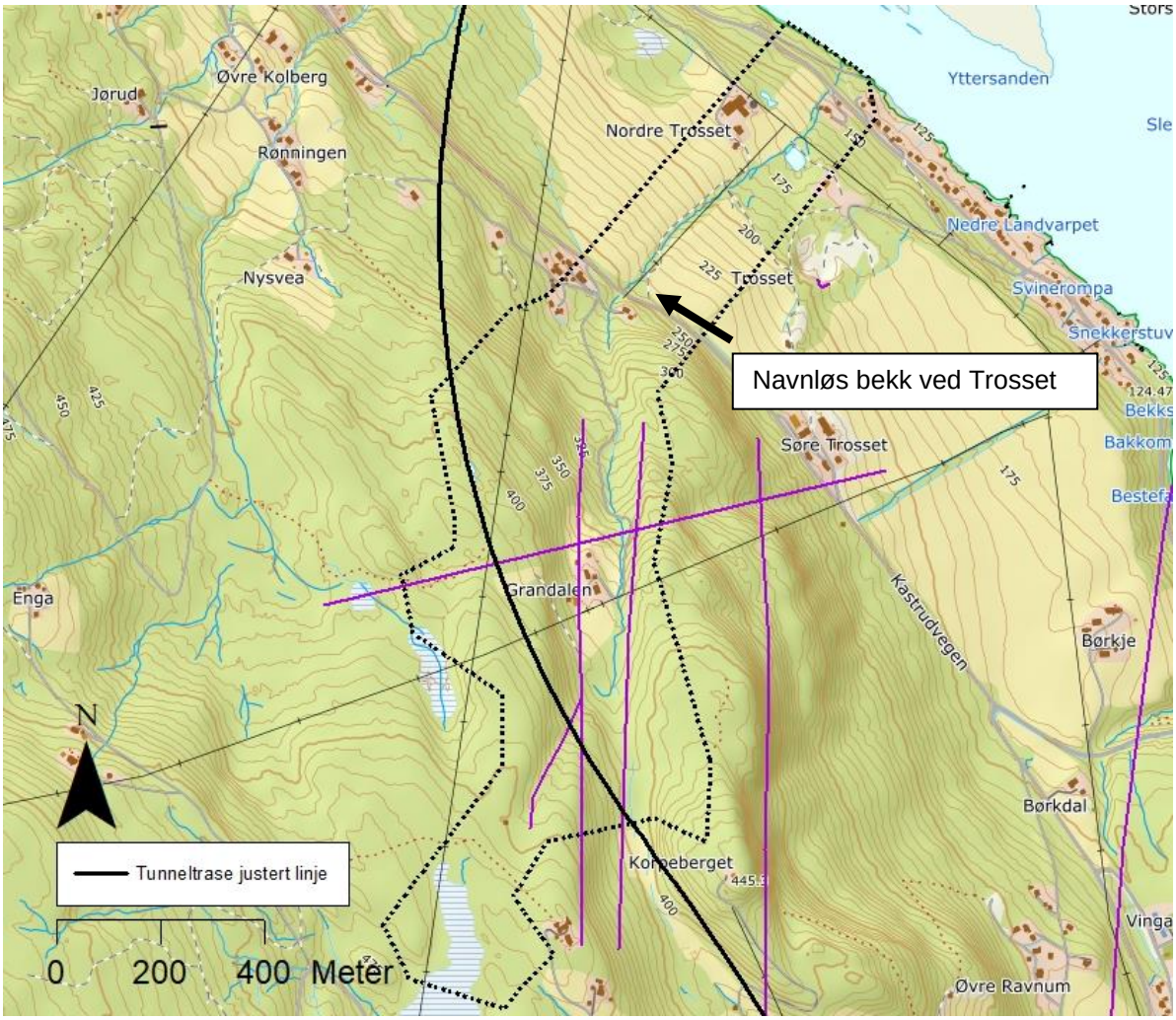
4.6.1 Vurdering av sannsynlighet for påvirkning

Bekken ved Trosset har et relativt lite nedbørsfelt på 0,67 km^2, og faller derfor inn i sårbarhetsklasse 2. Bekken har ikke årssikker vannføring, og er mer eller mindre tørrlagt deler av året.

Bekken har utspring i Grandalen og renner i bratt terreng mot nordøst, før den renner ut i Gudbrandsdalslågen (Figur 8). Det er kartlagt flere svakhetssoner i dette området som kan føre til økt lekkasje i tunnel, dersom svakhetssonene er utholdende på tunnelnivå. Tunnelen passerer under en relativt stor del av bekkens nedbørsfelt.

Utspringet til bekken er på ca. kote +380, mens tunnelen befinner seg på ca. kote +160. Det er derfor liten fare for injeksjonsmasse ut i bekken.

Det befinner seg et vannspeil inntil bekken ved nordre Trosset gård. Vannspeilet får trolig tilførsel av vann fra bekken, men ser ut til å være noe begrodd.



Figur 8. Navnløs bekk ved Trosset. Bekkens nedbørsfelt som stiplet polygon. Kartlagte svakhetssoner i lilla.

Det er tvilsomt at bekken står i kontakt med grunnvannet gjennom hele året da bekken ikke har årssikker vannføring, i tillegg til at bekken stedvis har bratt fall (20º, [14]). Vannet i bekken kan være med på å opprettholde vannspeilet ved Nordre Trosset gård.

Sannsynligheten for at den navnløse bekken ved Trosset vil få betydelig lavere vannføring som følge av innlekkasje til tunnel vurderes å være «S3 – sannsynlig».

4.6.2 Vurdering av konsekvens

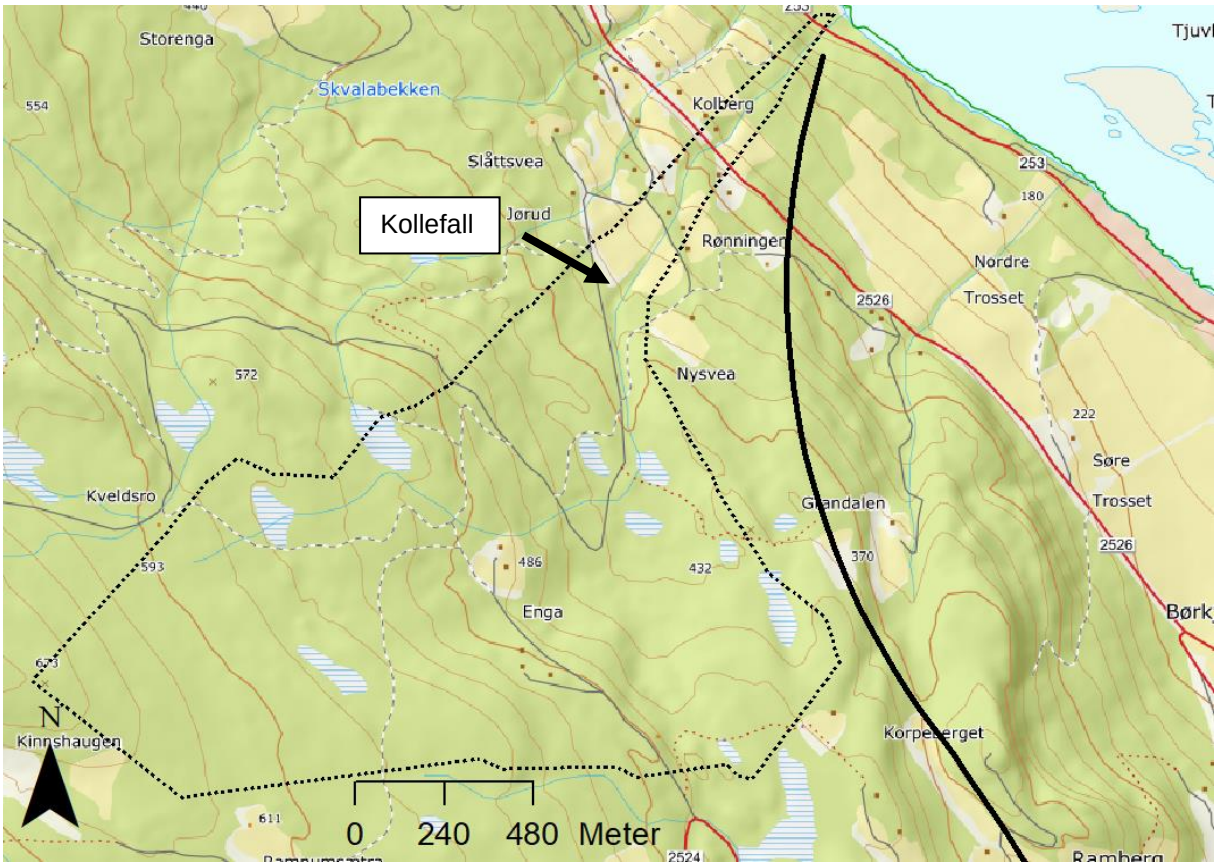
Bekken er ikke funksjonsområde for fisk og har ikke årssikker vannføring [11]. Det vurderes derfor at bekken har liten verdi.

Konsekvenser dersom bekken får betydelig mindre vannføring vurderes å være «K2 – liten negativ (moderat)».

4.7 Risikoanalyse for bekken Kollefall

4.7.1 Vurdering av sannsynlighet for påvirkning

Kollefall har et nedbørsfelt på ca. 1,9 km^2, og befinner seg dermed i sårbarhetsklasse 3. Bekkens nedbørsfelt ligger ikke direkte over tunneltraseen, men overlapper delvis med tunnelens influensområde. Figur 9 viser Kollefalls lokalisering med nedbørsfelt.



Figur 9. Kollefall, med bekkens nedbørsfelt som stiplet polygon.

Bekkens utspring er i området som er omtalt i kap. 4.4, og bekken renner i bratt terreng mot nord og nordøst før den når Gudbrandsdalslågen.

Det vurderes sannsynlig at større innlekkasjer i Vingnestunnelen kan føre til noe mindre tilsig til Kollefall, men da bekken drenerer fra et større område som tunnelen sannsynligvis ikke vil påvirke, vil trolig endringen i bekkens vanntilførsel være liten. Sannsynligheten for at lekkasjer i tunnelen vil føre til betydelig lavere vannføring i Kollefall anses derfor som «S1 – lite sannsynlig».

4.7.2 Vurdering av konsekvens

Det er usikkert om Kollefall har funksjon for fisk. Det er ikke observert fisk i bekken ved befaring, men de nederste 75 m er egnede habitater for fisk [11]. Bekken har middels økologisk verdi. Utløpet er der tunnelen kommer ut i dagen og går over til bru. Brufundamentene planlegges å etableres slik at de nederste delene av bekken må legges om permanent.

Konsekvenser dersom Kollefall får betydelig lavere vannføring vurderes å være «K2 – liten negativ (moderat)», da bekken uansett vil bli lagt om i forbindelse med brufundamenteringen.

4.8 Risikoanalyse for ev. kulturminner betinget av høyt grunnvannsnivå

Det er registrert flere kulturminner i området, se rapport RAPP-kul-001 [15]. Registreringene gjelder gravfelt/gravminner og dyrkingsspor. Dyrkingssporene befinner seg ved Nedre Ravnum gård, omtrent 550 m øst for tunneltraseen. Det vurderes at kulturminnet ligger utenfor tunnelens influensområde. Gravfeltene/-minnene befinner seg på Vottestadkampen, ca. 400 m fra tunneltraseen, på Reistad, ca. 75-175 m fra tunneltraseen, ved Finnsveen, ca. 480 m fra tunneltraseen, ved Ravnum, ca. 800 m fra tunneltraseen samt ved Trosset, ca. 700 m fra tunneltraseen [16]. De fleste av disse lokalitetene vurderes å ligge utenfor tunnelens influensområde, med unntak av gravminnene på Reistad. Gravminnene er likevel ikke betinget av høyt grunnvannsnivå, og det ses derfor ikke behov for å sette tetthetskrav i tunnel av hensyn til disse.

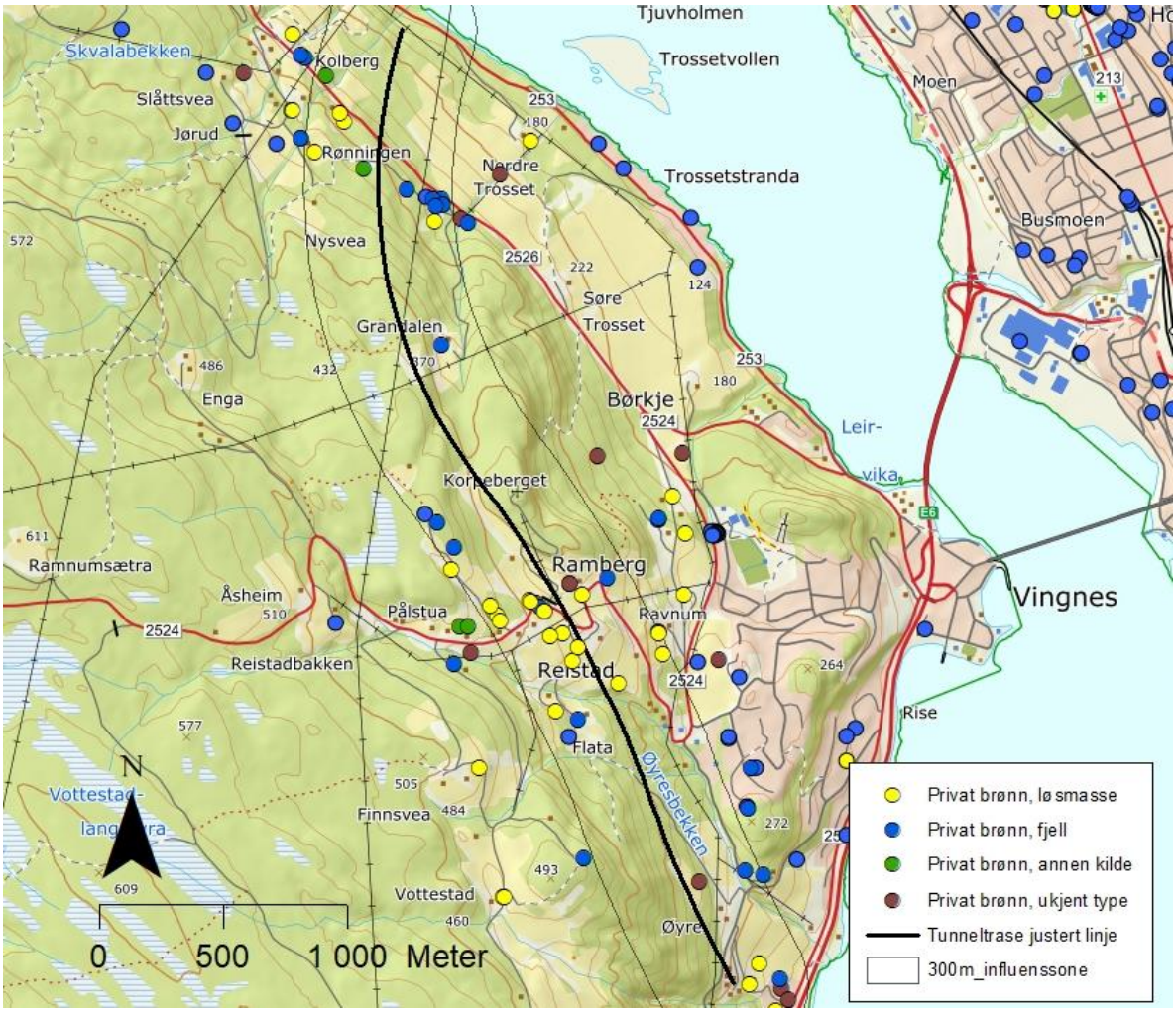
4.9 Risikoanalyse for private brønner

Det er sendt ut brev til eiere av eiendommer ca. 400 m til hver side av tunneltraseen. Disse har blitt bedt om å registrere egne brønner. Kartleggingen viser at det befinner seg mange brønner innenfor tunnelens influensområde. Brønnene er hovedsakelig boret i fjell eller gravd i løsmasser. Brønner i løsmasser er generelt mer sårbare mot endringer i grunnvannsnivå enn dypere brønner i fjell. Likevel er ofte gravde brønner i løsmasser i større grad avhengige av tilsig fra overflatevann. Dypere brønner kan bli helt eller tidvis tørre dersom grunnvannsnivået synker til et dypere nivå enn brønnens inntaksdybde.

4.9.1 Vurdering av sannsynlighet for påvirkning

Det er vurdert at tunnelens influensområde strekker seg omkring 300 m til hver side av traseen. Brønner nærmest tunneltraseen vil være mest utsatt for påvirkning. Det er spesielt i områdene ved Saksumdalsvegen og Kastrudvegen at det befinner seg flest brønner.

Figur 10 og GIS-modell viser brønner som er kartlagt i nærhet til Vingnestunnelen, sammen med et anslått influensområde på 300 m til hver side av tunneltraseen [17]. Brønnenes plassering kan avvike noe fra det som er vist i figuren. Det finnes sannsynligvis flere brønner enn det som vises i figuren, da det ikke kan garanteres at alle eiere har rapportert inn sine brønner. Brønnene innenfor tunnelens antatte influensområde anses å være i størst risiko for påvirkning ved lekkasjer i tunnel.



Figur 10. Private brønner i nærhet til Vingnestunnelen. Brønnenes plasseringer kan avvike noe fra kartet. Det må tas høyde for at det sannsynligvis finnes enkelte flere brønner som ikke har blitt registrert i brønnkartleggingen eller Granada [9].

Tabell 7 viser brønner som frem til nå er kartlagt innenfor influensområdet til tunnelen, i avstand fra tunneltraseen. Det er frem til nå kartlagt to brønner nærmere enn 50 m fra tunneltraseen.

Tabell 7. Kartlagte private brønner i avstand til tunnel.

	Gnr./bnr. i Lillehammer	Beskrivelse
0-50 m fra tunneltrase	33/1	Løsmassebrønn, drikkevann og husdyr
	33/1	Løsmassebrønn, drikkevann og husdyr
50-100 m fra tunneltrase	34/2	Ukjent brønn, drikkevann
	34/2	Ukjent brønn, drikkevann
	34/2	Ukjent brønn, drikkevann
	33/11	Løsmassebrønn
	33/11	Ukjent brønn
	30/1, 30/210	Ukjent brønn, drikkevann
	30/85	Løsmassebrønn, drikkevann. Ikke i bruk
	29/1	Ukjent. Flere brønner i området
	33/1	Løsmassebrønn
	33/1	Løsmassebrønn

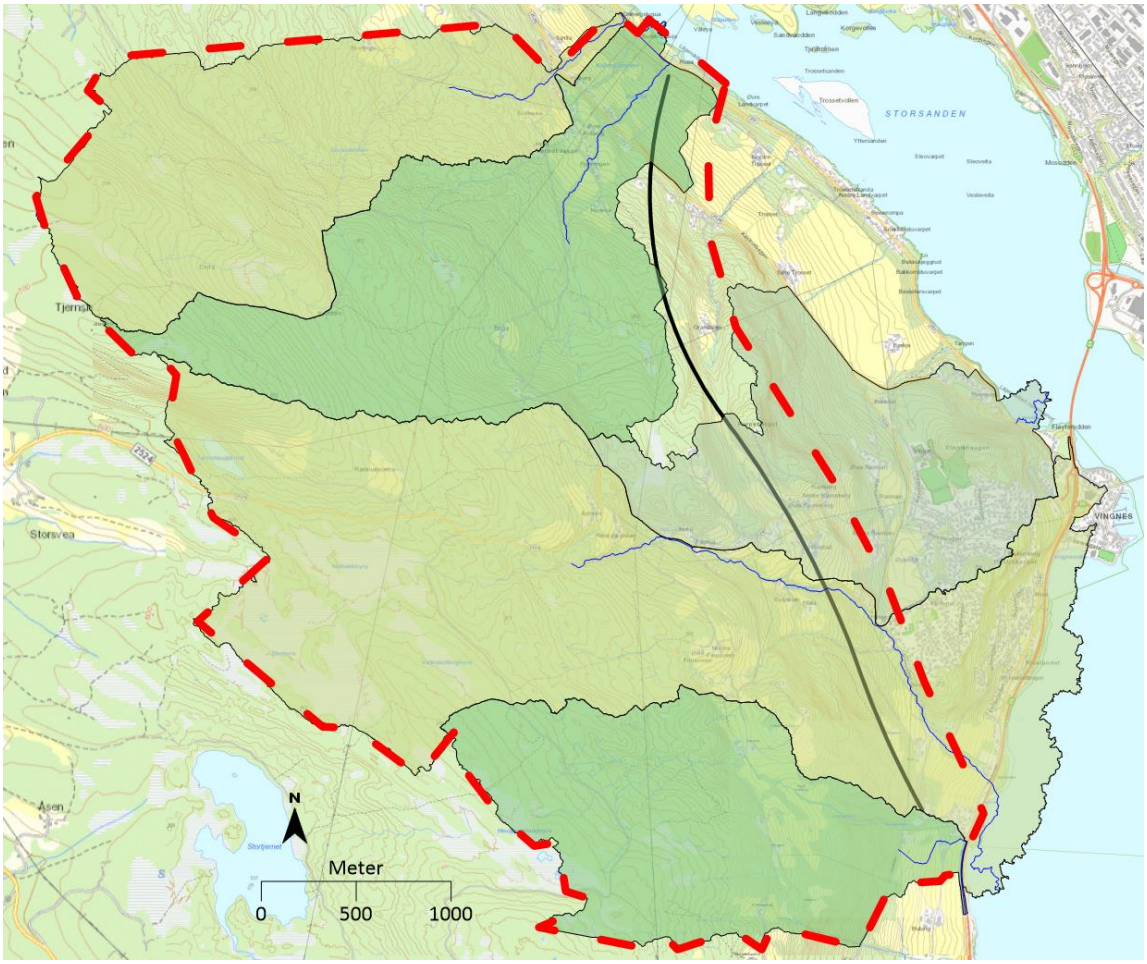
	33/1	Løsmassebrønn
	33/1	Fjellbrønn
	33/1	Løsmassebrønn
	33/1	Løsmassebrønn, drikkevann og husdyr
	33/1	Løsmassebrønn, drikkevann og husdyr
100-200 m fra tunneltrase	115/51	Løsmassebrønn, drikkevann
	115/3	Løsmassebrønn, drikkevann
	115/3	Løsmassebrønn, drikkevann
	115/20	Fjellbrønn, drikkevann
	115/58	Fjellbrønn (96 m), drikkevann
	115/38	Løsmassebrønn, drikkevann
	115/52	Fjellbrønn, drikkevann
	115/8, 115/11	Fjellbrønn (125 m dyp), drikkevann
	115/8, 115/11	Fjellbrønn (180 m dyp), energi
	30/4	Fjellbrønn (100 m dyp), drikkevann
	30/67	Løsmassebrønn, vanning
	30/78	Fjellbrønn, reserve
	30/26	Ukjent
	29/10	Fjellbrønn (70-80 m dyp)
	29/6	Ukjent
200-300 m fra tunneltrase	115/56	Fjellbrønn (48 m dyp), drikkevann
	115/7	Løsmassebrønn, drikkevann
	116/31	Ukjent brønn
	33/26	Fjellbrønn, drikkevann
	34/1	Fjellbrønn (100 m dyp), drikkevann
	33/12	Løsmassebrønn, drikkevann
	35/4	Løsmassebrønn, drikkevann
	35/4	Kilde/løsmassebrønn, husdyr
	31/15	Fjellbrønn (70 m dyp), drikkevann
	29/5	Løsmassebrønn, vanning
	30/107	Løsmassebrønn, vanning
	30/35	Fjellbrønn, vanning
	30/25	Fjellbrønn (50 m dyp), drikkevann
	30/25	Fjellbrønn (91 m dyp), drikkevann
	33/1	Løsmassebrønn
	33/1	Løsmassebrønn
	33/1	Løsmassebrønn
	33/1	Fjellbrønn

Enkelte av brønnene i Tabell 7 befinner seg i Øyresvika hvor flere boliger trolig blir sanert.

For å beregne påvirkning av tunnellekkasjer på brønner er det vurdert vannbalanse for hele nedbørsfeltet Vingnestunnelen går gjennom (Figur 11). Det kan antas at tunnelen hovedsakelig drenerer vann fra vest (oppstrøms retning), mens utstrekningen mot øst er mindre. Se rødstiplet linje i Figur 11. Dette gir et nedbørsfelt på ca. 15,3 km^2. Dersom det legges grunn at avrenningen i området

er ca. 500 mm/år, gir dette en middelavrenning for området på ca. 14000 l/min. Det antas at brønnene ikke vil påvirkes nevneverdig dersom maksimalt 10% av denne vannmengden lekker inn i tunnel [7]. Dette utgjør ca. 16 l/min pr. 100 m tunnel per løp.

Sannsynligheten for at brønner vil påvirkes ved innlekkasje til tunnel uten tettetiltak vurderes å være «S3 - sannsynlig».



Figur 11. Nedbørsfelt for området ved tunnelen. Det antas at tunnelen hovedsakelig drenerer fra område innenfor rødstiplet linje.

4.9.2 Vurdering av konsekvens

Vann- og avløpsnettet er i liten grad utbygget i nærhet til tunneltraseen. Det finnes kommunalt vann- og avløpsnett i Øyresvika, men dette vil rives da det kommer i konflikt med den sørliggende tunnelportalen. I tillegg er det utbygget kommunalt vann- og avløpsnett på Brettengshaugen øst for tunneltraseen. Utenom dette har eiendommer hovedsakelig private vannkilder.

I brønnkartleggingen ble det fra flere eiere uttrykt bekymring for at deres brønner skal bli påvirket av tunnelen. En av grunnene til dette er at det er svartskifer i grunnen. Svartskifer kan påvirke vannkjemien, noe som fører til at det kan være krevende å anlegge brønner med tilfredsstillende kvalitet.

Det er liten fare for at injeksjonsmasse kan komme ut i private brønner, da tunnelen har stor overdekning (ca. 150-280 m), samt at det ikke er kartlagt fjellbrønner nærmere enn 70 m fra tunneltraseen.

Konsekvenser dersom brønner mister tilsig vurderes å være «K3 – middels negativ (alvorlig)».

5. Oppsummerende vurderinger

5.1 Risikomatrise for forekomster

Tabell 8 viser risikomatrise for vannforekomster i nærhet til Vingnestunnelen.

Tabell 8. Risikomatrise for forekomster ved Vingnestunnelen.

	S-verdier				
K-verdier	**S1=1**	**S2=2**	**S3=3**	**S4=4**	**S5=5**
K5=75	75	150	225	300	375
K4=25	25	50	75 Øyresbekken	100	125
K3=10	10	20	30 Private brønner	40	50
K2=5	5 Myr vest for Saksumdalsvn 289, Kollefall	10	15 Små tjern/myr nordvest for Grandalen, Navnløs bekk v/Trosset	20	25
K1=1	1	2	3 Myr vest for Grandalen	4	5

Risikovurderingen viser at det er nødvendig å sette tetthetskrav i tunnel for å ivareta Øyresbekken og private brønner. Tetthetskrav som settes for å begrense påvirkning på private brønner vil også begrense den generelle grunnvannssenkningen i området.

Øvrige forekomster som er risikovurdert befinner seg i grønt område i Tabell 8, og blir derfor ikke hensyntatt for bestemmelse av tetthetskrav i tunnel.

5.2. Konsekvenser tunnelanlegget vil ha for grunnvannsnivå

Det må forventes at grunnvannsnivået i åsen vil senkes som følge av tunnelanlegget. Tetthetskravene er satt med hensikt å ivareta viktige vann- og naturforekomster, samt minimere ulemper for mennesker og miljø. Det presiseres at enkelte brønner kan bli mer sårbare enn de er i dag. Private brønner er ytterligere beskrevet og vurdert i fagrapport naturressurser [18].

Referanser

[1] Statens Vegvesen, «E6 Vingrom-Ensby. Ingeniørgeologisk rapport for kommunedelplan. 10048-GEOL-1,» 2017.

[2] Nye Veier, «E6 Moelv-Øyer: Geologisk rapport. Versjon 3,» 2018.

[3] Statens Vegvesen, «Håndbok 712. Konsekvensanalyser,» Statens vegvesen, 2018.

[4] Statens vegvesen, «Veileder til ytre miljøplan,» Statens vegvesen, 2019.

[5] Statens vegvesen, «Miljørisken,» Statens vegvesen, 2020.

[6] L. Erikstad og O. E. Stabbetorp, «Analyse av naturens sårbarhet i forhold til planlagt ny vannoverføringstunnel i Holsfjorden - Oslo,» NINA/NIKU, Oslo, 2000.

[7] V. Kveldsvik, «Planning of a 25 km long water supply tunnel in an environmentally sensitiv area,» NFF, 2002.

[8] Miljødirektoratet, «Naturbase,» Miljødirektoratet, [Internett]. Available: https://kart.naturbase.no/. [Funnet 03. november 2020].

[9] NGU, «GRANADA. Nasjonal grunnvannsdatabase,» NGU, [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/granada/. [Funnet 5. oktober 2020].

[10] NGU, «Løsmasser. Nasjonal løsmassedatabase,» NGU, [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/losmasse/. [Funnet 3. november 2020].

[11] Norconsult, «RAPP-MIL-004, Forundersøkelser av vannforekomster og Lågendeltaet,» Nye Veier, Sandvika, 2021.

[12] NVE, «NEVINA Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse,» [Internett]. Available: http://nevina.nve.no/. [Funnet 03. november 2020].

[13] FINN, «Kart fra finn.no,» [Internett]. Available: https://kart.finn.no/. [Funnet 03. november 2020].

[14] NVE, «NVE Bratthetskart,» [Internett]. Available: https://temakart.nve.no/tema/bratthet. [Funnet 4. mars 2021].

[15] Norconsult, «Fagrapport kulturarv. RAPP-kul-001,» Nye Veier, 2020/2021.

[16] «Kulturminnesøk,» Riksantikvaren, Direktoratet for kulturminneforvaltning, [Internett]. Available: https://www.kulturminnesok.no/search?lat=61.10151328037869&lng=10.428636635408724&north=61.121674858258096&west=10.345764088814926&south=61.08133884169758&east=10.511509182002518. [Funnet 09. november 2020].

[17] Statens Vegvesen, «Miljø- og samfunnstjenelige tunneler. Publikasjon 103. Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø.,» Vegdirektoratet, Oslo, 2003.

[18] Norconsult, «Fagrapport naturressurser. Rapport RAPP-nar-002.,» Nye Veier, 2020/2021.