



Geologi

Ny Fastlandsforbindelse fra Nøtterøy og Tjøme.
Ingeniørgeologisk rapport for kommunedelplan.

Færder kommune

Ressursavdelingen

Zd314B





Statens vegvesen



Oppdragsrapport

Nr. Zd314B

Labsysnr.

Geologi

Ny Fastlandsforbindelse fra Nøtterøy og Tjøme.
Ingeniørgeologisk rapport for kommunedelplan.

Region sør

Ressursavdelingen

Vegteknisk

Postadr. Postboks 723 Stoa

4808 ARENDAL

Telefon 22073000

www.vegvesen.no

UTM-sone	Euref89 Ø-N	Oppdragsgiver:	Antall sider:
33	237781 - 6577712		74
Kommune nr.	Kommune	Dato:	Antall vedlegg:
0729	Færder	2017-10-26	3
		Utarbeidet av (navn, sign.)	Antall tegninger:
		Thorildur Vala Thorgilsdottir	9
Prosjektnummer	Oppdragsnummer	Seksjonsleder (navn, sign.)	Kontrollert
206998	Zd322B	Geir Steen-Tveit	Jone Strømsvåg
Sammendrag			

Prosjektet Ny fastlandsforbindelse fra Nøtterøy og Tjøme er et av del prosjektene i Bypakke Tønsberg og skal gi en robust og samfunnsikker forbindelse til Nøtterøy og Tjøme. Ny fastlandsforbindelse er et prosjekt for utbygging av nytt transportsystem for kommunene Tønsberg, Nøtterøy og Tjøme. Målet med ny fastlandsforbindelse er å bedre trafikkavviklingen og avlaste sentrum for biltrafikk. Prosjektet innebærer prosjektering og planlegging av tunneler i tettbygde områder.

På oppdrag fra prosjektet Fastlandsforbindelsen fra Nøtterøy og Tjøme Vestfold har Vegteknisk seksjon Region Sør utført geologisk kartlegging og ingeniørgeologiske vurderinger av påhugg og tunneler i forbindelse med planlagt ny fastlandsforbindelse fra Nøtterøy og Tjøme.

Rapporten beskriver overordnet geologien og skredfaren i planområdet. I tillegg er det ingeniørgeologisk tolkningsdel som beskriver antatte geologiske forhold i påhuggsområder og langs tunneltraseer, basert på forundersøkelser, kartlegging i felt og annet bakgrunnsmateriale.

Prosjektet ligger i geoteknisk kategori 3. Geoteknisk kategori 3 krever kollegakontroll og uavhengig kontroll. Uavhengig kontroll er utført av Sweco/Gunnar Birgisson.

Emneord

Ny fastlandsforbindelse, geologi, tunneler, skredfarevurderinger, bergsikring

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING- BAKGRUNN OG TILTAK	4
1.1	Bakgrunn og rapportens innhold	4
1.2	Traséer, linjeføring, tunnelverrsnitt.....	5
1.2.1	Alternativ linje 10000	5
1.2.2	Alternativ linje 11000	6
1.2.3	Alternativ linje 11500	6
1.2.4	Alternativ linje 12000	6
1.2.5	Alternativ linje 12200	7
1.2.6	Alternativ linje 16200	7
1.2.7	Alternativ linje 16730	7
1.3	Geoteknisk kategori.....	8
2	UTFØRTE UNDERSØKELSER	9
2.1	Tidligere undersøkelser	9
2.2	Felt- og grunnundersøkelser	9
2.3	Bakgrunnsmateriale	11
3	GEOLOGISKE FORHOLD.....	12
3.1	Topografi	12
3.2	Løsmasser-Kvartærgeologi	13
3.3	Berggrunnsgeologi.....	14
3.3.1	Oppsprekking.....	14
3.3.2	Svakhetssoner i berggrunnen.....	22
3.3.3	Forvitring.....	22
3.4	Hydrogeologi	23
3.5	Bergmassens mekaniske egenskaper.....	25
3.5.1	Borbarhet og sprengbarhet	25
3.5.2	Bergmassens egenhet til vegformål	25
4	NATURFARER	28
4.1	Skred	28
4.1.1	Steinsprang-steinskred	28
4.1.2	Snø- og sørpeskred	28
4.1.3	Jord- og flomskred	28
5	INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER	30
5.1	Tunnel Kolberg-Ramdal/Kaldnes.....	30
5.1.1	Bergoverdekning.....	30
5.1.2	Bergspenninger i tunnel	30
5.1.3	Bergmassekvalitet og oppsprekking.....	30
5.1.4	Svakhetssoner.....	31
5.1.5	Påhugg	32
5.1.6	Naturfarevurderinger	37
5.1.7	Bergsikring	37
5.1.8	Anvendelse av sprengsteinsmassene	38
5.2	Tunnel gjennom Rambergåsen	43
5.2.1	Bergoverdekning.....	43

5.2.2	Bergspenninger i tunnel	43
5.2.3	Bergmassekvalitet og oppsprekking.....	43
5.2.4	Svakhetssoner.....	43
5.2.5	Påhugg	44
5.2.6	Naturfarevurderinger	46
5.2.7	Bergsikring-oppsummering sikring.....	47
5.2.8	Anvendelse av sprengsteinsmassene	47
5.3	Tunnel gjennom Skomakeråsen (Vear)	50
5.3.1	Bergoverdekning.....	50
5.3.2	Bergspenninger i tunnel	50
5.3.3	Bergmassekvalitet og oppsprekking.....	50
5.3.4	Svakhetssoner.....	51
5.3.5	Påhugg	52
5.3.6	Naturfarevurderinger	52
5.3.7	Bergsikring-oppsummering sikring.....	52
5.3.8	Anvendelse av sprengsteinsmassene	54
5.4	Tunnel gjennom Hogsnesåsen	56
5.4.1	Bergoverdekning.....	56
5.4.2	Bergspenninger i tunnel	56
5.4.3	Bergmassekvalitet og oppsprekking.....	56
5.4.4	Svakhetssoner.....	57
5.4.5	Påhugg	58
5.4.6	Naturfarevurderinger	60
5.4.7	Bergsikring-oppsummering sikring.....	60
5.4.8	Anvendelse av sprengsteinsmassene	61
5.5	Tunnel fra Smørberg-Hogsnes.....	63
5.5.1	Bergoverdekning.....	63
5.5.2	Bergspenninger i tunnel	64
5.5.3	Bergmassekvalitet og oppsprekking.....	64
5.5.4	Svakhetssoner.....	64
5.5.5	Påhugg	65
5.5.6	Naturfarevurderinger	66
5.5.7	Bergsikring-oppsummering sikring.....	66
5.5.8	Anvendelse av sprengsteinsmassene	67
5.6	Oppsummering/konklusjon av tunnalternativer.	69
6	HYDROLOGI OG MILJØHENSYN – TOLKING	70
6.1	Vannforholdene i berggrunn og tunnel	70
6.2	Miljøhensyn	70
6.3	Vurdering av setningsfare	70
6.4	Tetthetskrav til tunnel.....	70
7	ANBEFALINGER OG FORSLAG TIL VIDERE UNDERSØKELSER	71
7.1	Supplerende grunnundersøkelser	71
8	SIKKERHET HELSE ARBEIDSMIJØ (SHA) - FORHOLD.....	72
9	REFERANSER	73

VEDLEGGSOVERSIKT

Vedlegg 1: Geologisk tegning og lengdeprofiler

Vedlegg 2: Grunnboringer- oversiktskart

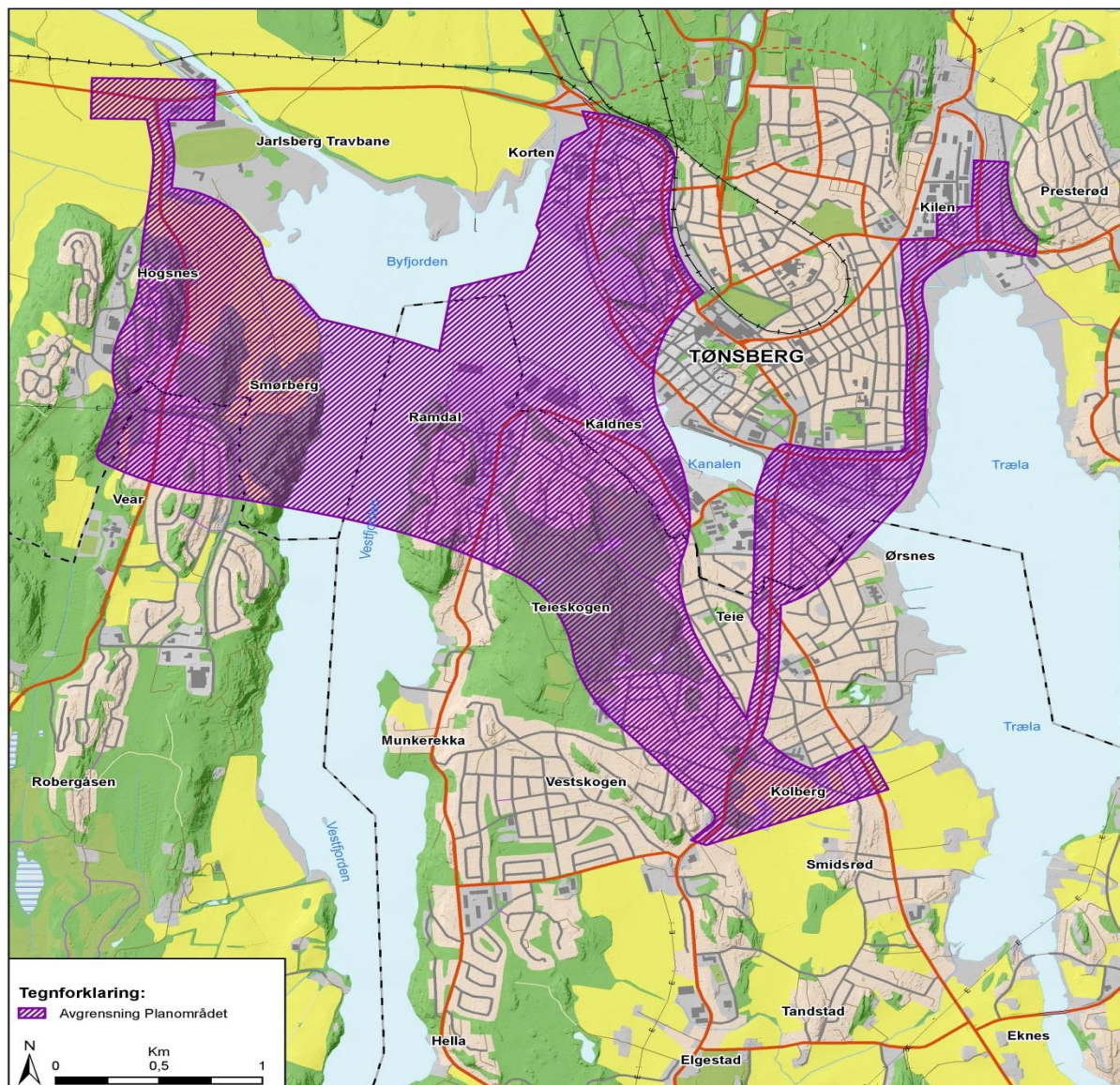
Vedlegg 3: Forklaring aktsomhetskart for steinsprang og snøskred

1 INNLEDNING- BAKGRUNN OG TILTAK

1.1 Bakgrunn og rapportens innhold

Prosjektet Ny fastlandsforbindelse fra Nøtterøy og Tjøme er et av del prosjektene i Bypakke Tønsberg og skal gi en robust og samfunnsikker forbindelse til Nøtterøy og Tjøme. Bypakken er et samarbeidsprosjekt mellom Vestfold fylkeskommune, Tønsberg, Nøtterøy, Tjøme og Stokke kommuner, og bygger på Konseptvalgutredning for transportsystemet i Tønsberg-regionen (KVU), regjeringens KVU-beslutning, samt vedtak knyttet til høring av KVUen og vedtak om organisering av Bypakke Tønsberg-regionen, gjort hos partene våren 2014.

Ny fastlandsforbindelse er et prosjekt for utbygging av nytt transportsystem for kommunene Tønsberg, Nøtterøy og Tjøme. Målet med ny fastlandsforbindelse er å bedre trafikkavviklingen og avlaste sentrum for biltrafikk. Målsettingen med kryssing av Byfjorden er å avlaste sentrum for gjennomgangstrafikk i retning syd/nord fra Tjøme og Nøtterøy. Planområdets avgrensning er vist i figur 1.



Figur 1: Oversikt over planområdet.

På oppdrag fra prosjektet Fastlandsforbindelsen fra Nøtterøy og Tjøme Vestfold har Vegteknisk seksjon utført geologisk kartlegging og ingeniørgeologiske vurderinger av påhugg og tunneler i forbindelse med planlagt ny fastlandsforbindelse fra Nøtterøy og Tjøme.

Rapporten er utarbeidet av ingeniørgeolog Thorhildur Vala Thorgilsdottir, Statens vegvesen Region sør med bistand fra ingeniørgeolog Anette Wold Magnussen, Vegdirektoratet.

Denne rapporten er utarbeidet for kommunedelplanfase, og den beskriver geologiske forhold og ingeniørgeologiske vurderinger. De geologiske forundersøkelsene skal danne det geologiske grunnlaget for valg av veglinjealternativ og skal sikre at de tekniske løsningene er gjennomførbare. Ytterligere feltundersøkelser og grunnundersøkelser er nødvendig i neste planfase.

1.2 Traséer, linjeføring, tunneltverrsnitt

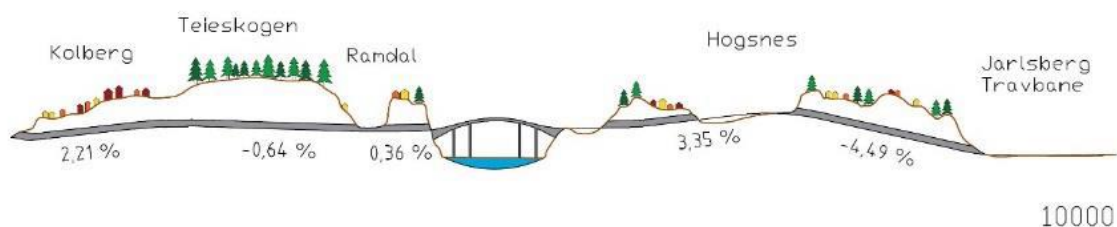
Det utredes syv alternativer for ny fastlandsforbindelse (se figur 9). Fra Kaldnes foreligger det to alternative korridorer. En korridor mot Jarlsberg-Smørberg området og en korridor over mot Korten. I begge korridorene jobbes det med både bru og tunnelløsninger. Alle alternativer går i tunnel Kolberg- Ramberg/Kaldnes. Det er geologiske vurderinger av tunneler i berg og påhuggsområder som er hovedtemaet i denne rapporten. I beskrivelser av tunnelene og påhuggene vises det til nummer på veglinje og stedsnavn.

- Korridor 1 Kolberg – Ramberg/Kaldnes – Hogsnes/Jarlsberg: Strekker seg fra Kolberg til Ramberg/Kaldnes, over fjorden til Hogsnes/Smørberg og ut til fv.300 ved Jarlsberg travbane. Korridor 1 inneholder veglinje 10000, 11000, 11500, 12000 og 12200.
- Korridor 2 Kolberg – Kaldnes – Korten: Strekker seg fra Kolberg til Kaldnes, over fjorden til Korten og til Kjellekrysset. Korridor 2 inneholder veglinje 16200 og 16730.

Tunnelene planlegges som to løp og tverrsnitt T9,5.

1.2.1 Alternativ linje 10000

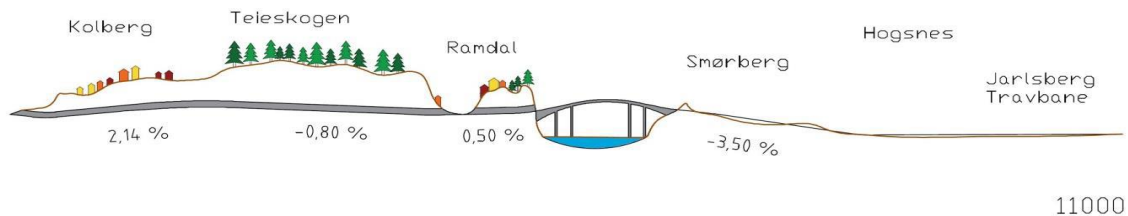
Alternativ 10000 går i bergtunnel fra Kolberg til Ramdal/Munkerekkeveien, som passeres med en antatt åpen løsning noe under dagens terreng. Traséen går videre i tunnel gjennom Rambergåsen og i høy bru over Vestfjorden mot Vear. Videre går vegen i tunnel gjennom Skomakeråsen, under Melsomvikveien og kommer ut av tunnelen ved Firingsmyrene. Her vil traséen vende 90 grader og gå i dagen før den går i tunnel gjennom Hogsnesåsen og kommer ut i dagen syd for Jarlsberg Travbane hvor det blir et kryss i dagen med Bjellandveien og Hogsnesbakken. Videre går vegen i dagen frem til krysset ved Semslinna, se figur 2.



Figur 2: Lengdeprofil av veglinje 10000.

1.2.2 Alternativ linje 11000

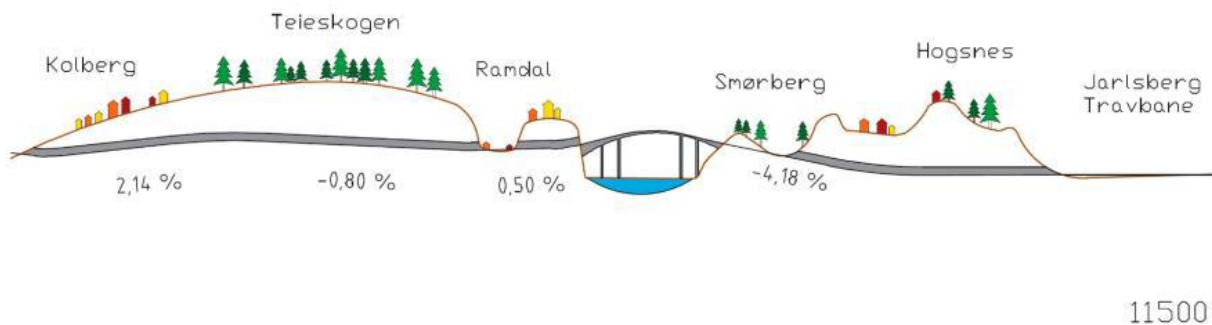
Alternativ 11000 er vist i figur 3. Den går i bergtunnel fra Kolberg til Munkerekkeveien ved Ramdal, som passerer i dagen. Traséen går videre i tunnel gjennom Rambergåsen og i høy bru over Vestfjorden mot Smørberg. Videre går vegen i dagen med skjærings- og fyllingspartier forbi Smørberg og Hogsnes frem til Jarlsberg Travbane og videre langs Rv 303, frem til krysset med Semslinja.



Figur 3: Lengdeprofil av veglinje 11000.

1.2.3 Alternativ linje 11500

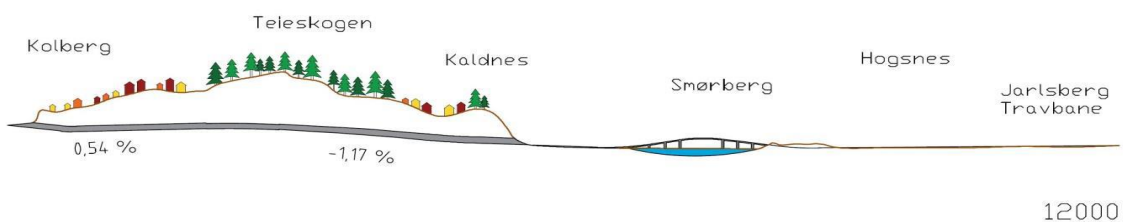
Alternativ 11500 (figur 4) går i bergtunnel fra Kolberg til Munkerekkeveien ved Ramdal, som passerer i dagen. Traséen går videre i tunnel gjennom Rambergåsen og i høy bru over Vestfjorden mot Smørberg. Videre går vegen i dagen med et skjæringsparti etter brua i området ved Smørberg gartneri, videre med en tunnelloøsning inn under Hogsnesåsen og kommer ut i dagen syd for Jarlsberg Travbane hvor det blir et kryss i dagen med Bjellandsveien og Hogsnesbakken Rv 303. Videre går vegen i dagen frem til krysset ved Semslinna.



Figur 4: Lengdeprofil av veglinje 11500.

1.2.4 Alternativ linje 12000

Alternativ 12000 går i bergtunnel fra Kolberg til Ramdalveien ved Kaldnes, som passerer i dagen. Traséen går videre som en løsnings i dagen ved området på Kaldnes, frem til Vestfjorden. Fra Kaldnes går linja i en lav bruløsning over Vestfjorden til Smørberg. Videre går den i dagen langs eksisterende lokalveg nord for Smørberg, til syd for Jarlsberg Travbane hvor det blir et kryss i dagen med Bjellandsveien og Hogsnesbakken Rv 303, se figur 5



Figur 5: Lengdeprofil av veglinje 12000.

1.2.5 Alternativ linje 12200

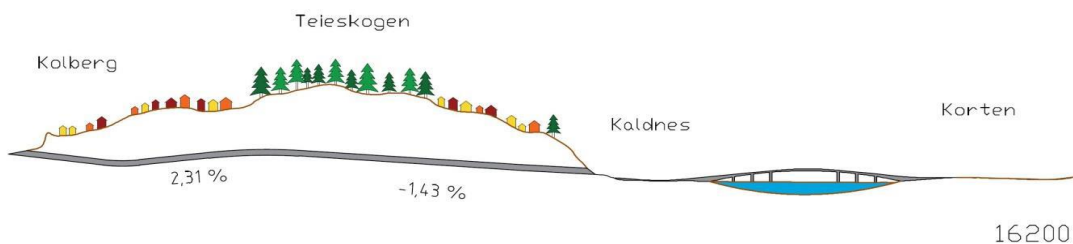
Alternativ 12200 (figur 6) går i bergtunnel fra Kolberg til Ramdalveien ved Kaldnes, som passerer i dagen. Traséen går videre som en løsnings i dagen ved området på Kaldnes, frem til Vestfjorden. Fra Kaldnes går linja i en åpen spuntløsning ut i Vestfjorden, og et lukket parti, senketunnel eller plass- støpt konstruksjon ned under sjøbunnen på et midtparti, og videre i en åpen spuntløsning inn mot Smørberg. Videre går den i dagen langs eksisterende lokalveg nord for Smørberg, til syd for Jarlsberg Travbane hvor det blir et kryss i dagen med Bjellandsveien og Hogsnesbakken Rv 303.



Figur 6: Lengdeprofil av veglinje 12200.

1.2.6 Alternativ linje 16200

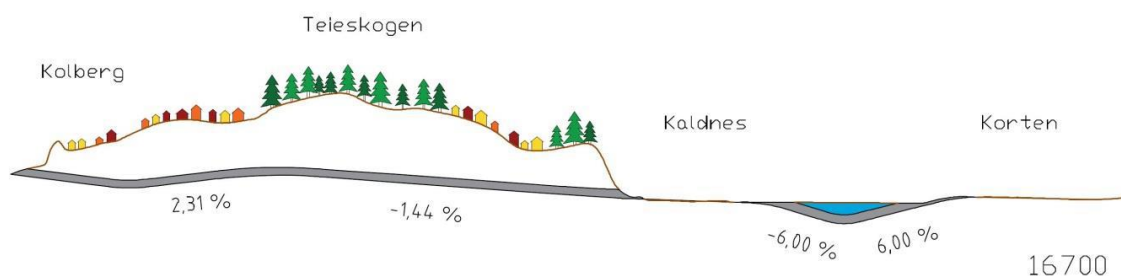
Alternativ 16200 går i bergtunnel fra Kolberg til Ramdalveien ved Kaldnes, som passerer i dagen. Traséen går videre som en løsnings i dagen ved området på Kaldnes, frem til Byfjorden. Fra Kaldnes går linja i en lav bruløsning over Byfjorden til Korten. Videre går den i dagen inn mot Kjelleveien og frem til Kjelle, se figur 7.



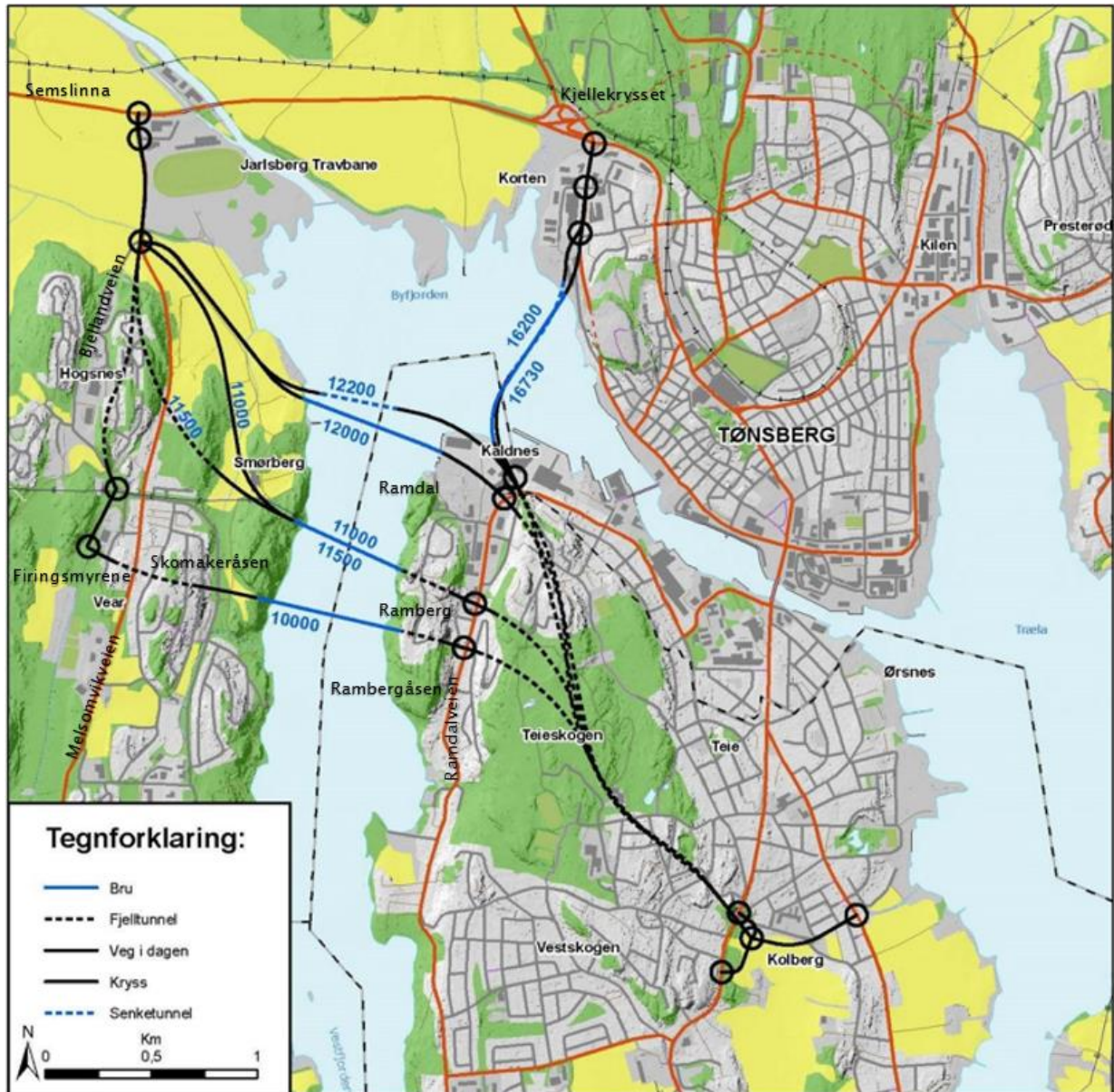
Figur 7: Lengdeprofil av veglinje 16200.

1.2.7 Alternativ linje 16730

Alternativ 16730 går i bergtunnel fra Kolberg til Ramdalveien ved Kaldnes, som passerer i dagen. Traséen går videre som en løsnings i dagen ved området på Kaldnes, frem til Byfjorden. Fra Kaldnes går linja i en åpen spuntløsning ut i Byfjorden, og et lukket parti, senketunnel eller plassstøpt konstruksjon ned under sjøbunnen på et midtparti, og videre i en åpen spuntløsning inn mot Korten, se figur 8. Videre går den med en åpen løsnings/spuntløsning inn mot Kjelleveien og opp i dagen frem mot Kjelle.



Figur 8: Lengdeprofil av veglinje 16700.



Figur 9: Alternativer for ny fastlandsforbindelse fra Nøtterøy og Tjøme.

1.3 Geoteknisk kategori

Eurocode 7 gjelder for all geoteknisk og ingeniørgeologisk prosjektering [12, 13]. I henhold til håndbok N500 skal alle vegtunneler i utgangspunktet ligge i geoteknisk kategori 3 [25].

Prosjektet medfører bygging av tunneler og veg i tettbebygget område. Arbeidet vil pågå i nærføring med eksisterende veger i planområdet hvor bygninger og konstruksjoner ligger nær planlagt anleggsområde. Konsekvens-/pålitelighetsklassen settes i denne fasen til CC3/RC3, som gir geoteknisk kategori 3 [12, 13, 25].

2 UTFØRTE UNDERSØKELSER

2.1 Tidligere undersøkelser

Det er utført en rekke geologiske og geotekniske undersøkelser i området tidligere prosjekter. Rapporter fra tidligere grunnundersøkelser i tillegg til geologiske notater fra eksisterende veg er benyttet som bakgrunnsinformasjon ved planlegginga av ny fastlandsforbindelse. Tabell 1 viser oversikt over rapporter og notater skrevet i forbindelse med tidligere grunnundersøkelser. I den grad tidligere undersøkelser har betydning for vurderinger for ny fastlandsforbindelse er de også tatt med i denne rapporten. Der bakgrunns materialet er benyttet i forbindelse med denne rapporten er det henvist til dette i teksten og lagt til i referanselista.

Tabell 1: Oversikt over tidligere geologiske rapporter og notater fra planområdet.

Rapport/notat	Utarbeidet av
Tønsbergpakke fase 2. Tunnel under Byfjorden. Geologisk undersøkelse av område for vurdering av tunneltrasé	Emil Gyøry geologisk konsulent
Grunnundersøkelser Rv303 Bjellandbakken (rapport nr. Zd204A-1)	Statens vegvesen, vegkontor Vestfold
Geologi Rv303 Hogsnesbakken, Tønsberg kommune i Vestfold. Geologisk rapport for reguleringsplan (rapport nr. 2009039483-10)	Statens vegvesen, ressursavdeling Region sør.
Geoteknikk Rv 303 Hogsnestunnelen, Tønsberg kommune i Vestfold. Geoteknisk datarapport for reguleringsplan,	Statens vegvesen, ressursavdeling Region sør.
Grunnundersøkelser Ny vegforbindelse Tønsberg- Nøtterøy Kryssing av kanalen (rapport Zd75A-1)	Statens vegvesen, vegkontor Vestfold

2.2 Felt- og grunnundersøkelser

I forbindelse med planleggingen er det gjennomført ingeniørgeologisk feltkartlegging, samt studier av topografiske kart, ortofoto og berggrunns- og kvartærgeologiske kart fra NGU i målestokk 1:250.000/1:50.000. Det er gjennomført kartlegging av bergblotninger langs traséen i perioden august-oktober 2016. Feltarbeidet er gjennomført av ingeniørgeologene Thorhildur Vala Thorgilsdottir, Statens vegvesen Region sør, og Anette Wold Magnussen fra Vegdirektoratet.

Hensikten med geologisk kartlegging er å vurdere bergartstyper og geologiske strukturer i området for å forstå berggrunnsgeologien i området og kunne vurdere geologien langs tunneltraséene. Hensikten med en ingeniørgeologisk kartlegging er å vurdere bergmassekvaliteten langs strekningen. Det er lagt vekt på registrering av sprekkenes orientering samt Q-parametere og registrering av svakhetssoner og ganger som bergtunnelen vil krysse. Feltarbeidet har omfattet sprekkemålinger i bergskjæringer/skråninger og en verifikasjon av bergartstypene kartlagt av NGU.

Det er utført grunnundersøkelser i planområdet som del av kommunedelplanarbeidet for ny fastlandsforbindelse. Grunnundersøkelser er i hovedsak gjort med tanke på grunnforhold over Byfjorden og geoteknikk. Grunnundersøkelsene for tunneler omfatter i alt 18 totalsonderinger med fjellkontroll. Tegninger i vedlegg 2 viser boringer i planområdet. Det er utført 6 totalsonderinger på strekningen Kolberg-Teigar (punktene 31, 32, 35, 36, 37 og 38). På strekningen Vestfjorden-Vear-Firingsmyrene på alternativ linje 10000 er det utført 5 totalsonderinger (punktene 195 og 197-200) og 7 totalsonderinger på strekningen Smørberg-Fv 303 ved Hogsnesåsen (punktene 154-160). En samlet oversikt over plassering, bordybder og boret dybde til fjell og løsmasse vises i tabell 2.

Det er fra tidligere utført noen grunnundersøkelser i planområdet i forbindelse med prosjekt Fv 303 Tunnel gjennom Hogsnesbakken [15,16,17].

En samlet oversikt over plassering, borybder og data fra boringer gjort i tidligere undersøkelser og nye boringene gjennomført i forbindelse med ny Fastlandsforbindelse vises på tegninger i vedlegg 2. I den grad tidligere undersøkelser har betydning for vurderinger for ny fastlandsforbindelse er de også tatt med i denne rapporten. Der bakgrunns materialet er benyttet i forbindelse med denne rapporten er det henvist til dette i teksten og lagt til i referanselista.

Det er ikke utført geofysiske undersøkelser eller kjerneboring.

Det henvises til Geotekniske rapporter [10,11] for nærmere gjennomgang av grunnboringsresultater.

Tabell 2: Borpunktdata profil og dybde løsmasser og fjell, lokasjoner av boringer vises i kart i vedlegg 2.

Borpunkt	Profil	Borhøyde	Løsmasse	Fjell
31	271,608	42,356	4,40	2,00
32	355,849	46,920	0,40	1,20
35	838,218	63,499	2,20	1,40
36	885,119	64,683	4,20	2,90
37	930,782	65,637	1,10	2,50
38	941,882	65,713	1,10	2,40
154	3450,000	24,900	5,30	2,30
155	3700,000	41,600	14,80	2,90
156	3737,759	41,450	5,70	3,00
157	3786,274	41,200	2,50	3,00
158	3847,256	36,850	9,90	3,00
159	3887,929	35,400	20,80	0,25
160	3716,994	41,800	9,10	3,00
195	3223,594	38,882	6,00	1,50
197	3437,287	61,181	10,75	1,30
198	3493,725	54,415	12,70	0,65
199	3535,337	51,818	3,55	1,00
200	3567,376	51,875	16,70	1,00

2.3 Bakgrunnsmateriale

Følgende grunnlagsdata er gjennomgått:

- Aktsomhetskart snøskred og steinsprang (NVE) [7]
- Aktsomhetskart jord og flomskred (NVE) [7]
- Kvartærgeologisk kart 1:50.000 (NGU) [3]
- Berggrunnsgeologisk kart i målestokk 1: 250.000 og 1:50.000 (NGU) [2]
- Kart over grunnvannsbrønner, GRANADA (NGU) [5]
- Skredregistreringer fra den nasjonale vegdatabanken (NVDB) [18]
- Skredregistreringer fra nasjonal skredhendelsesdatabase (NVE) [8]
- 3D-modell fra Norge i 3D
- Kart fra flybåren scanning

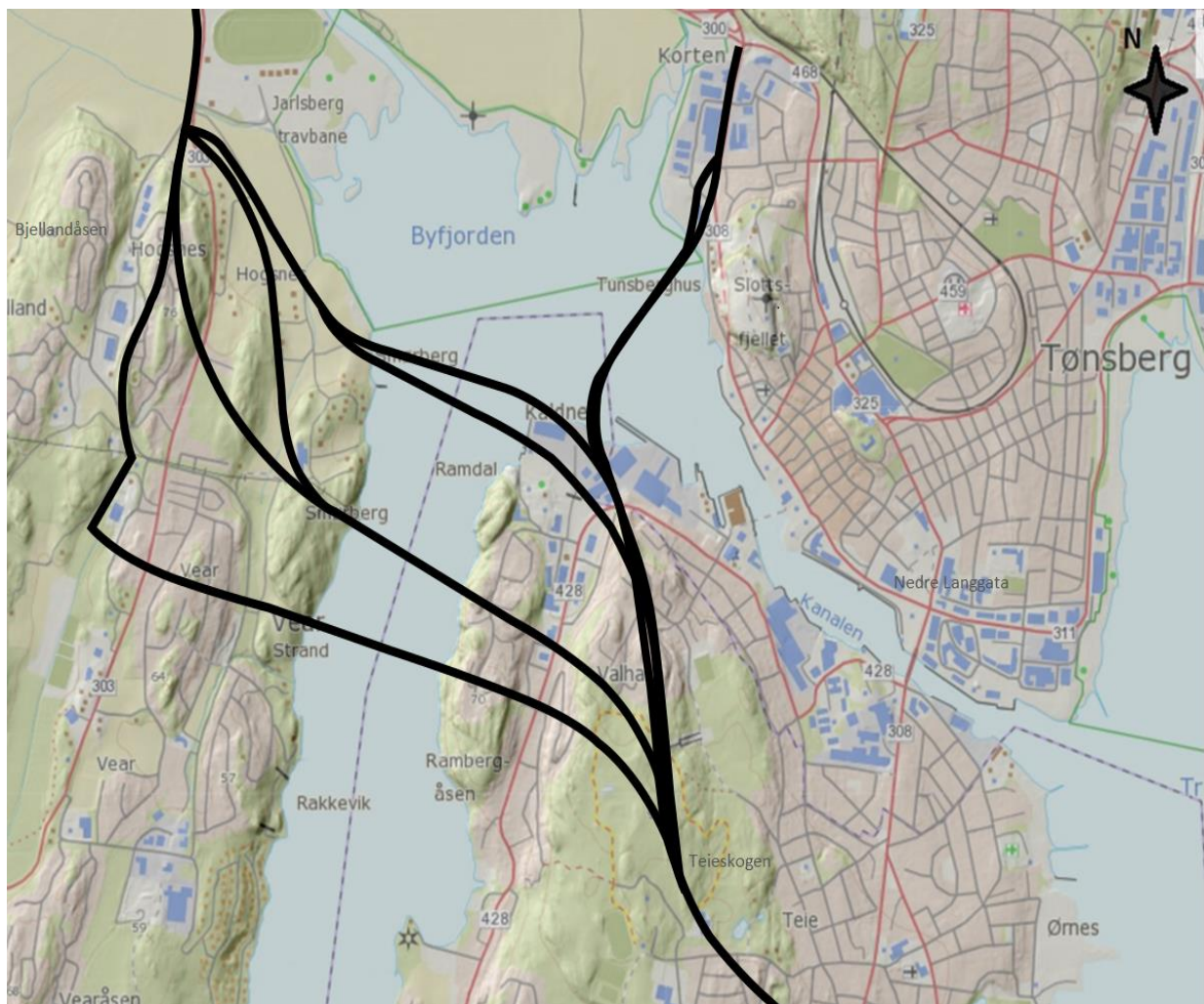
3 GEOLOGISKE FORHOLD

3.1 Topografi

Tønsbergområdet er småkupert. Den høyeste fjelltoppen i nord er Slottsfjellet med sine knapt 65 moh. Fjellet er omgitt av et lavtliggende område langs kysten fra 0 til ca. 4-5 moh. Nedre Langgate, som skiller bryggen fra byen, ligger i dette område. Derfra stiger terrenget noe brattere til rundt 15 m i midtbyen, hvor terrenget for det meste er overdekket av asfalt og bygninger.

På Nordre Nøtterøy er terrenget dominert av N-S gående åsrygger. De høyeste punktene ligger på rundt 90 moh. i Teieskogen og ca. 70 moh. ved Rambergåsen. Nærmest sjøen har man et bredt, flatt område mellom 0 og ca. 5 moh. ved det gamle industriområdet langs Byfjorden. Bakkenfor stiger terrenget raskt ved foten av åsene mens terrenget mot øst, syd for eksisterende klaffebro, stiger langsommere til 15-20 moh. ved påhugg ved Kolberg. De lavere deler av terrenget er bebygd med villabebyggelse, mens høydetraket er et stort sammenhengende friluftsområde (Teieskogen). Figur 10 viser topografien i planområdet.

Terrenget ved Hogsnes er også dominert av N-S gående åsrygger. De høyeste punktene er Bjellandåsen 83 moh. og Hogsnesåsen 67 moh. Terrenget ved Smørberg til Jarlsberggravbane er bredt og meget flatt mellom 0 og ca. 8 moh.



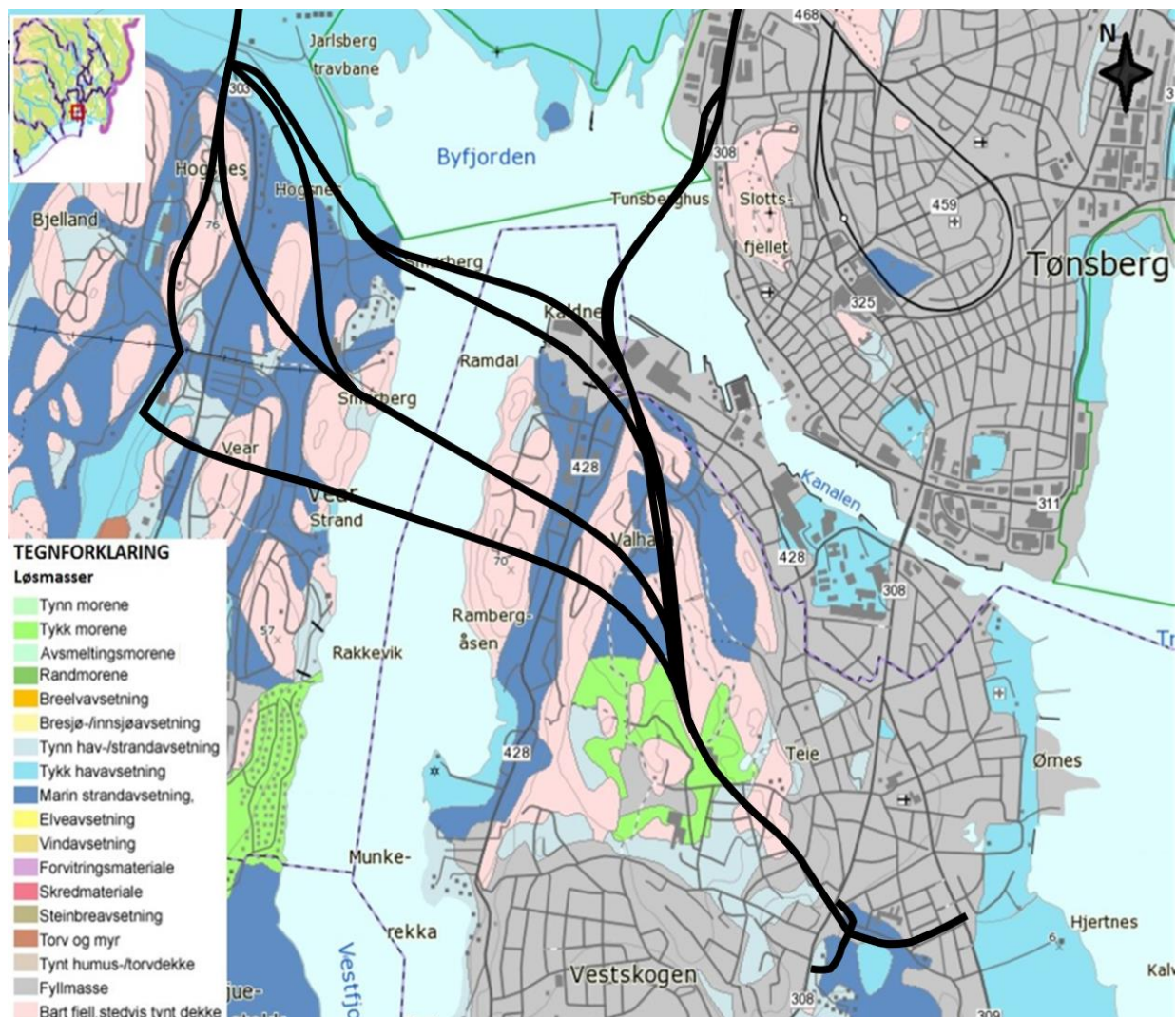
Figur 10: Topografien i planområde for ny fastlandsforbindelse, terrenget er dominert av N-S gående åsrygger. Svarte linjer viser omtrentlige veglinjer.

3.2 Løsmasser-Kvartærgeologi

Løsmassekartet fra NGU, se figur 11, viser antatte grunnforhold. I følge kvartærgeologisk kart består løsmassene i området av fyllmasser, hav og fjordavsetninger, marin og strandavsetning og morenemateriale [3].

Hele Tønsbergområdet ligger under den marine grensen og var dekket av hav eller isens avsmelting for ca. 10.000 år siden. Samtidig ligger Tønsberg syd for Ra-morenen som preger landskapet med en markert løsmasserygg. Ryggen strekker seg fra nord, ved Horten, i S-V-ligger retning frem til Mølen i syd-vest. Tidligere undersøkelser viser at moreneryggen sørget for at alle grovkornet, sandige sedimenter, som er transportert nordfra, ble avsatt innenfor denne terskelen. Følgelig består avleiringene utenfor, syd for Raet, kun av finkornete sedimenter vesentlig av leire, med enkelt større steiner og grusfragmenter, som ble droppet fra smeltende drivisfjell. Disse småsteinene ble registret ved prøvetaking i forbindelse med tunnel for Ring nord. De samme marine avsetninger finnes både på land og på fjordbunnen under vann. Prøvetaking fra nordsiden viser også at leiren inneholder tynne enkelte sandige lag som kan være vannførende. Leiren har ellers en meget lav permeabilitet med en steil gradient. [1]

For mer informasjon om løsmasser i området henvises det til geoteknisk fagrapporter [10,11].



Figur 11: Kvartærgeologisk kart av planområdet fra NGU. Svarte linjer indikerer planlagte veglinjer.

3.3 Berggrunnsgeologi

Vestfold ligger innenfor Oslofeltet, et særpreget innsunken geologisk område. Berggrunnen består hovedsakelig av magmatiske bergarter som forekommer både som dyp-, gang- og dagbergarter. Berggrunnen og kysten ved Tønsberg er sterkt innskåret, med mange større og mindre øyer utenfor. Nøtterøy og Tjøme er de største øyene. Det kuperte terrenget i Tønsberg er resultat av vulkansk aktivitet i permtiden. Det er hovedsakelig to bergartstyper som opptrer i området, rombeborfyr og larvikitt (monzonitt). Figur 12 viser berggrunnskart langs traséen utarbeidet av NGU [2].

Larvikitt er en magmatisk dypbergart bestående av mineralene alkalifeltspat og plagioklas i omtrent like mengder, samt de mørke mineralene pyroksen, biotitt og amfibol. Bergarten er grovkornet og har en mørk grå, blålig farge. Noen steder har larvikitten en rødligfarge som da kalles for Tønsbergitt. Larvikitt er en feltspatrik bergart som ved forvitring og dypforvitring danner derfor lett mye leirer, også svelleirer. Dette kan en ikke observere i overflaten, men er vanlig i sprekker og knusningssoner. Soner med mye leire kan derfor påtreffes i svakhetssoner.

I Vestfold er det registrert rundt 50 ulike rombeborfyr lavaer med en mektighet på 3 km. Lavastrømmene kom med om lag 250 000 års mellomrom, og varierte i tykkelse fra 5 til 100 meter. Lagdelingen til bergartene er i hovedsak subhorisontal og følger lavastrømmen. Rombeborfyr er en finkornet og hard lavabergart. Grunnmassen har en grålig, rød til fiolett farge og består hovedsakelig av små kalifeltspatkrystaller med noe kloritt-, kalkspat- og ertsmineraler. Bergarten er karakterisert av lyse rombeformede feltspatkrystaller. De ulike lavastrømmene av rombeborfyr lava blir klassifisert etter størrelse og fasong på disse fenokrySTALLene. Overgangene mellom de ulike lavastrømmene kan være porøse og permeable i tillegg til at de kan ha dårlige bergmekaniske egenskaper som følge av slaggaktig materiale. [1, 9].

Figur 12 er et geologisk kart som viser antatt utbredelse av de ulike geologiske enheter under løsmassene. Tunnelene i ny fastlandsforbindelse vil i hovedsak gå i larvikitt. Kartlagte bergblotninger består hovedsakelig av larvikitt/tønsbergitt og kun to områder av rombeborfyr helt i nord.

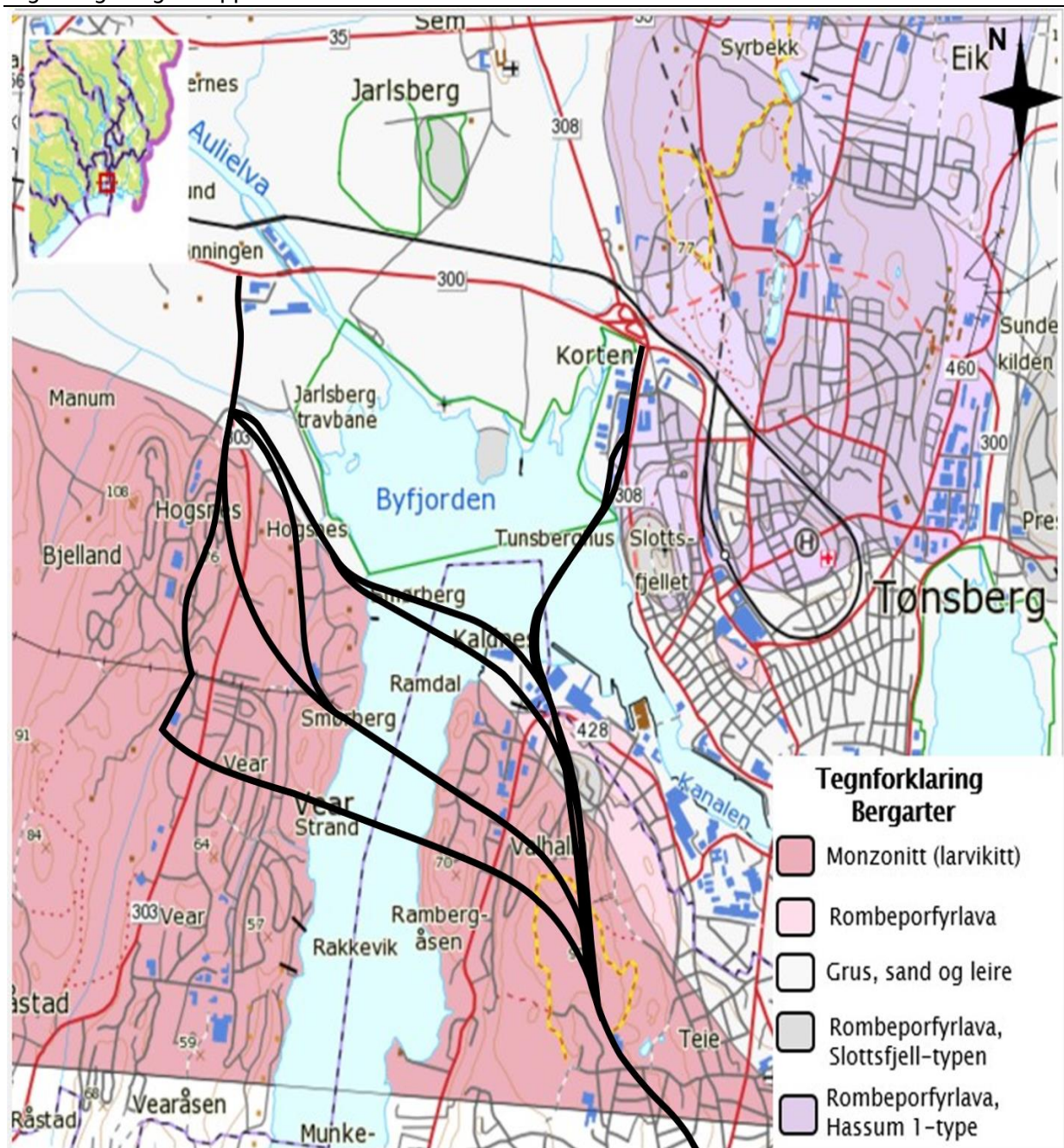
Bergmassen i området er generelt av god kvalitet. Fra observasjoner i dagen kan berget betegnes som grovblokkig. Formen på blokkene varierer fra kubisk til skivet avhengig av sprekkefrekvens.

Gangbergarter av diabas opptrer i området. Diabasgangene som er observert er normalt mindre enn 3 m brede, jevnt brede og med en skarp grense til sidebergarten. På grunn av sin begrensede bredde er antall diabasganger underrapportert. De fleste diabasganger er mørke og finkornet.

3.3.1 Oppsprekking

Det er utført sprekkekartlegging ved lokaliteter hvor bergblotningene er store nok for representative målinger og bergmassen viser systematisk oppsprekking. Det er utført 360 sprekke målinger i planområdet. Store deler av det blottlagte berget er isskurte svaberg. Sprekkekartleggingen ble delt opp i 5 områder, 2 på fastlandet (Hogsnes 1 og Hogsnes 2) og 3 på Nøtterøy (Ramberg, Valhall og Kolberg). For å få bedre oversikt over lokale sprekkesystemer, se figur 13.

Figurer 14-23 viser sprekkeroser og polplott for sprekker kartlagt i planområdet.



Figur 12: Geologisk berggrunnskart i 1: 50000 i prosjektområdet fra NGU. Svarte linjer i tegning viser omtrentlige veglinjer.

I planområdet er det hovedsakelig registrert to steile sprekkese (S1 og S2) med NØ-SV og N-S retning og et horisontalt sprekkese (S3). Ved Rambergåsen er det tydelig 3 sprekkese samt noen sporadiske sprekker. Sprekkeavstanden i S1 er generelt ca. 80-120 cm. I sprekkese S2 er det større avstand mellom sprekke, ca. 150-180 cm, og i S3 er sprekkeseavstanden 40-60 cm. Sprekkene i bergmassen er normalt gjennomsettende, og i overflaten kan sprekke være åpne. Sprekkeavstander kan være noe større på tunnelnivå enn det som er kartlagt i blottninger.

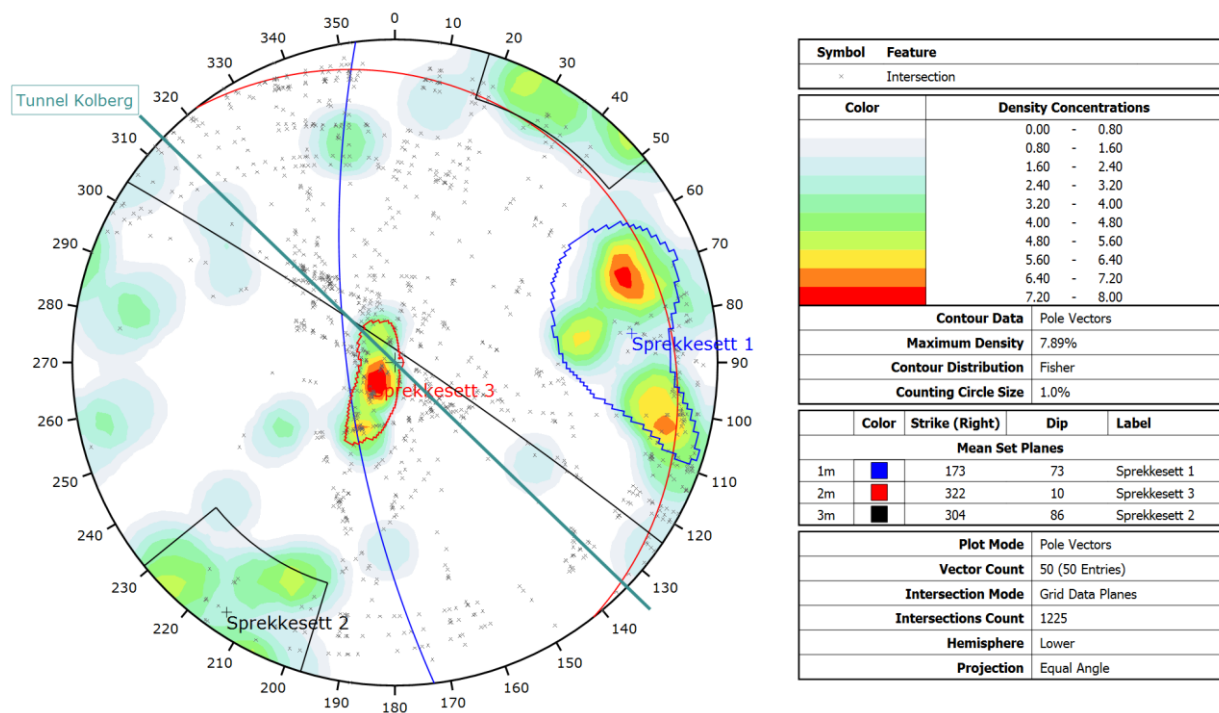
Bergmassen er kartlagt i henhold til Q-systemet, et klassifiseringssystem for bergmasser med hensyn til stabilitet av tunneler og bergrom. Q-verdien for en bergmasse er basert på seks parametere som til sammen angir bergmassens kvalitet. De parametere er RQD (oppsprekkingsfaktor), Jn (tall for sprekkese), Jr (sprekkeruhetstall), Ja (tall for sprekkedybde) Jw (sprekkedybde) og SRF (spenningsfaktor).

De fleste sprekkesettene i planområdet er registret «ru eller ujevn, bølgete» (Jr = 3) og har «uomvandlede sprekkeflater, bare overflateoksidasjon» (Ja = 1). Sprekkesett i enkelte forkastningssoner og langs lagdeling i bergmasser er «svakt omvandlet» (Ja = 2). Gjennomsnittlig RQD er anslått til 70-80 som indikerer bergmasse av god kvalitet.

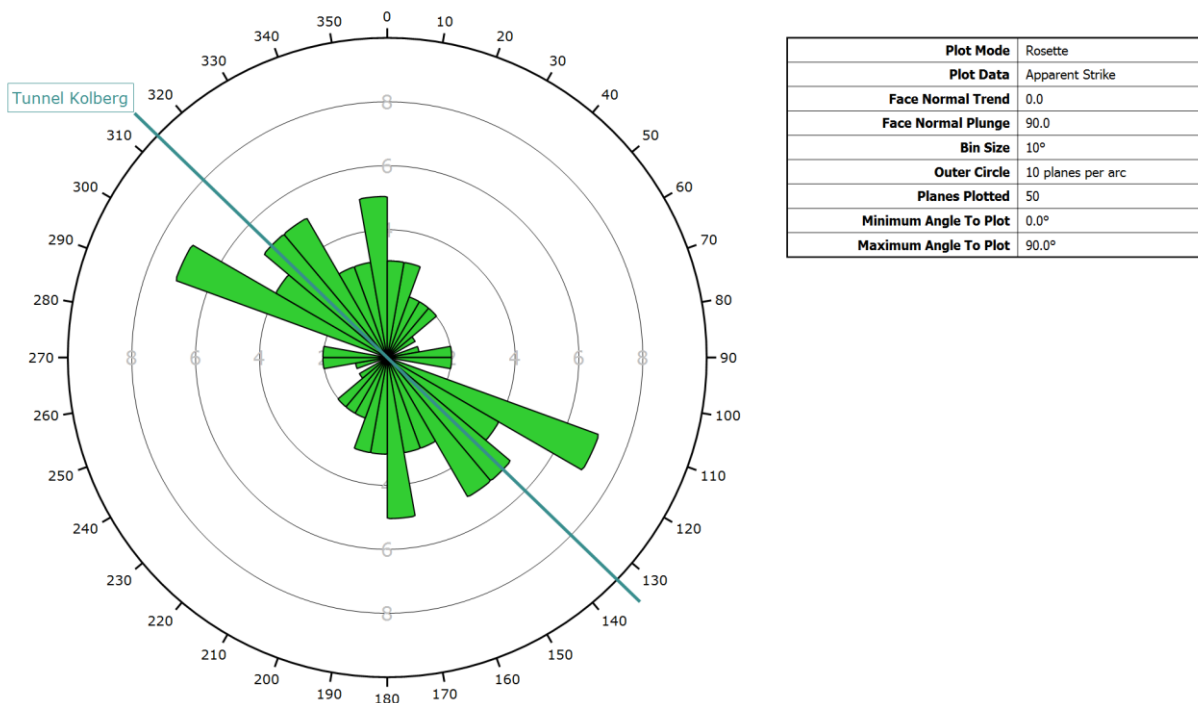
Det gjøres oppmerksom på at det er gjennomsnittlige verdier som er presentert, variasjonen i hver enkelt parameter kan være betydelig.



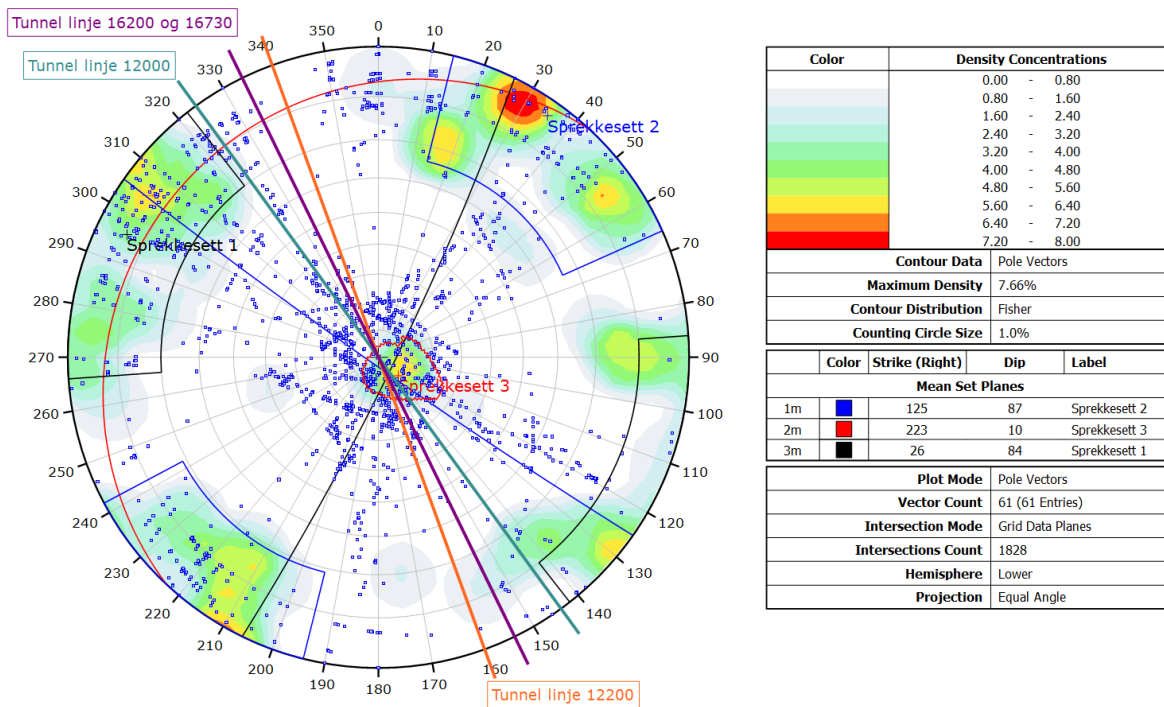
Figur 13: Sprekkekartleggingen ble delt opp i 5 mindre områder som vist i figur.



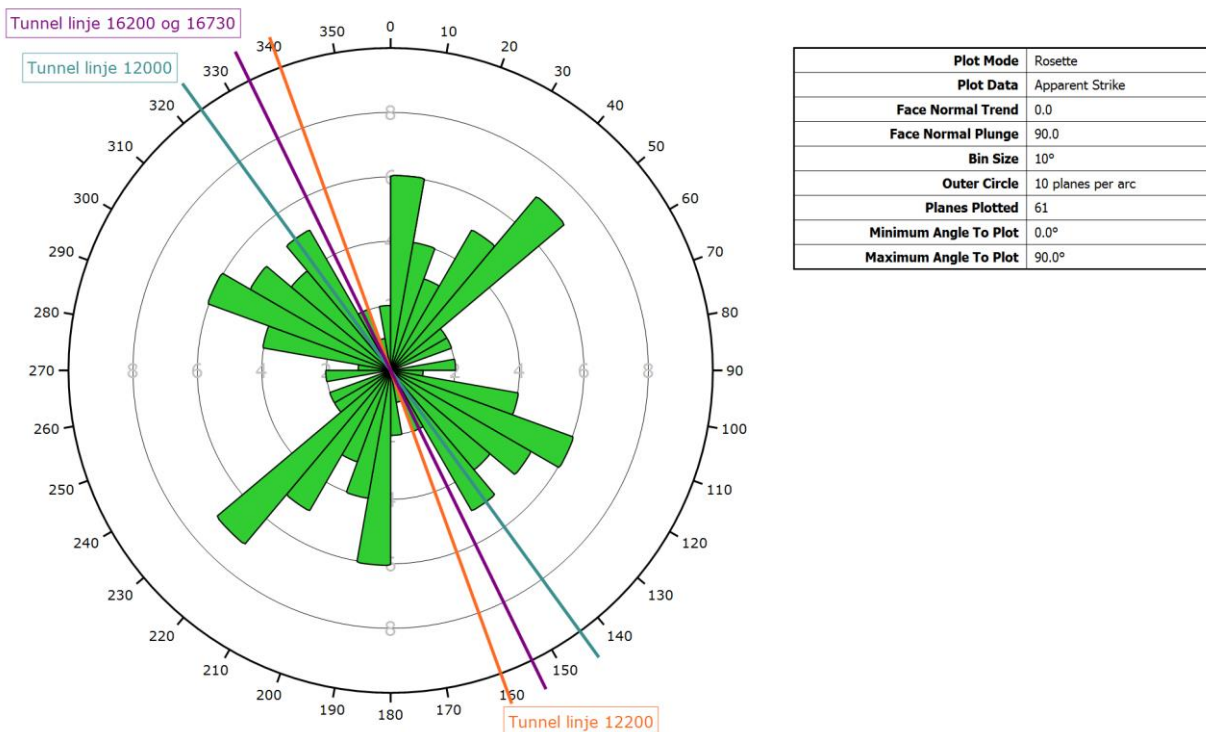
Figur 14: Polplott av registrerte sprekkemålinger på Kolberg. To steile sprekkesett (S1 og S2) og ett nærmest horisontalt (S3).



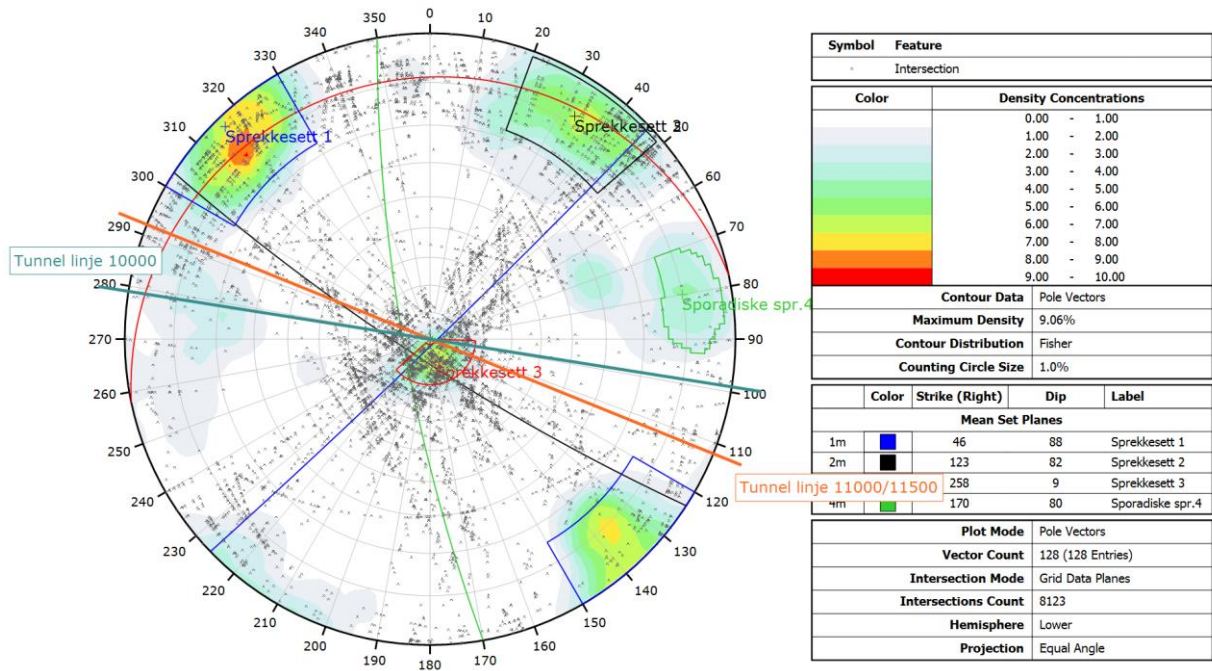
Figur 15: Sprekkediagram med de mest opptredende sprekkesett på Kolberg. Blå linje angir retningen på tunnelalternativene.



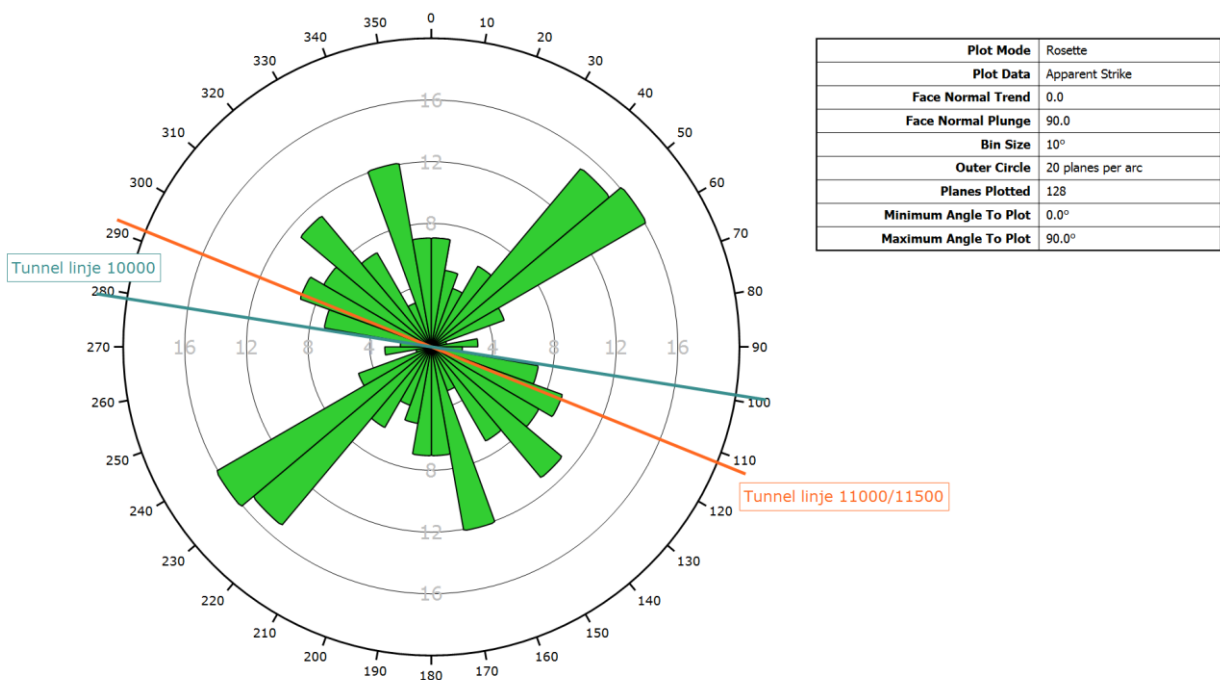
Figur 16: Polplott av registrerte sprekke målinger på Valhalla. To steile sprekkesett (S1 og S2) og ett nærmest horisontalt (S3).



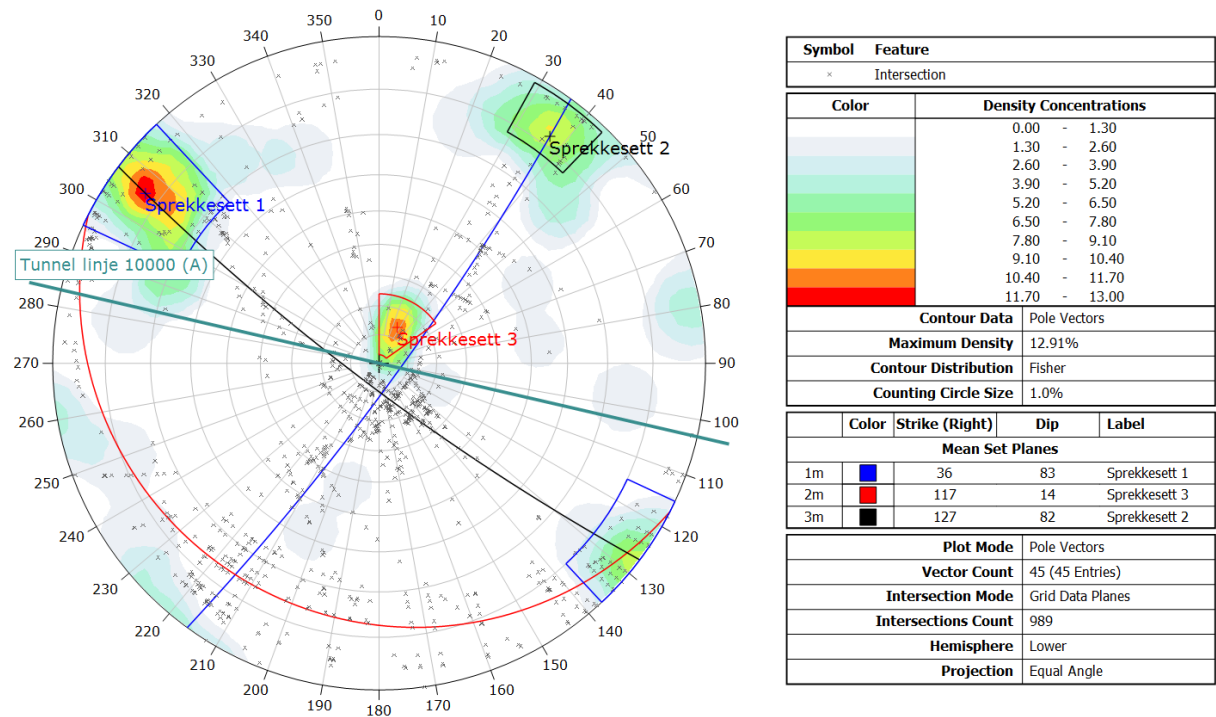
Figur 17: Sprekkediagram med de mest opptredende sprekkesett på Valhalla. Blå, oransje og lillblå linjer angir henholdsvis retningen på tunnelalternativene.



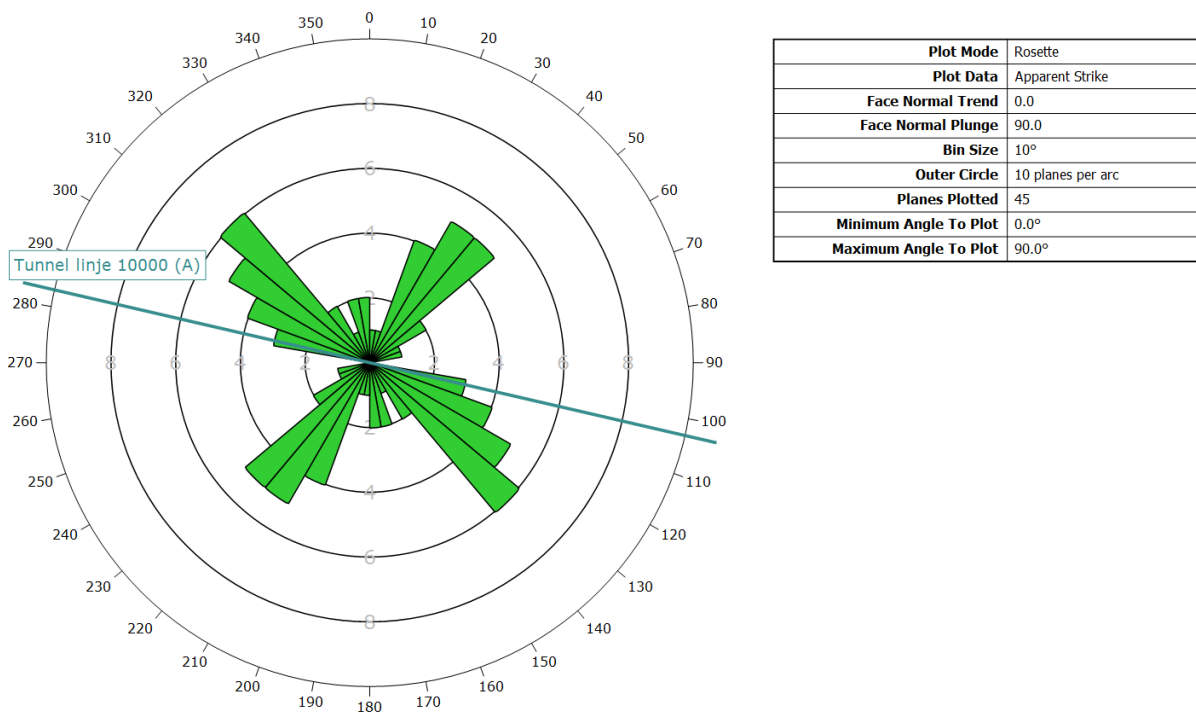
Figur 18: Polplott av registrerte sprekke målinger på Ramberg. To steile sprekkesett (S1 og S2) og ett nærmest horisontalt (S3) samt noen sporadiske sprekker.



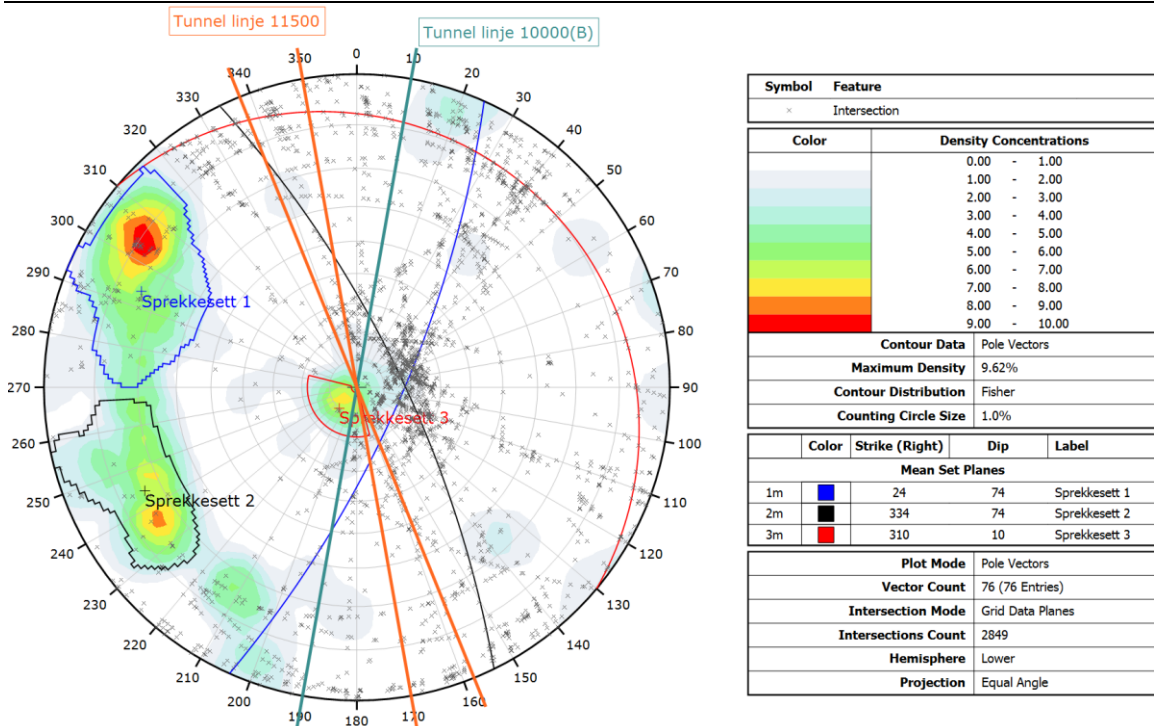
Figur 19: Sprekkediagram med de mest opptredende sprekkesett på Ramberg. Blå og oransje linjer angir henholdsvis retningen på tunnelalternativene.



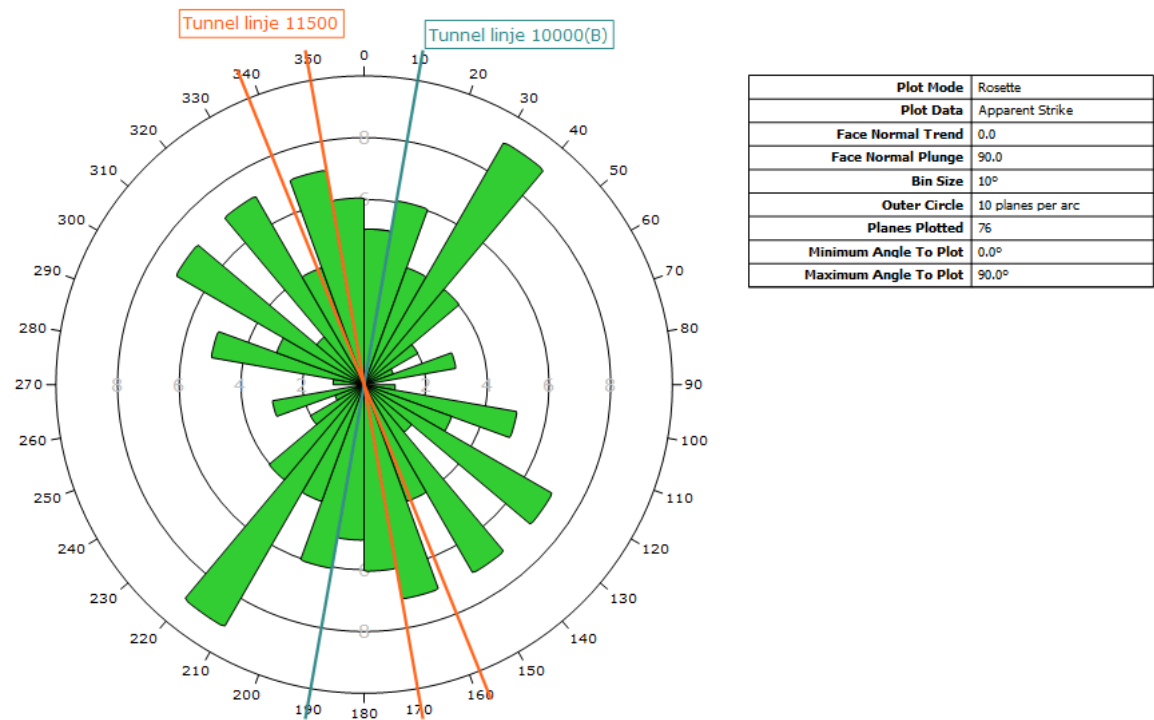
Figur 20: Polplott av registrerte sprekke målinger på Hogsnes 1. To steile sprekkesett (S1 og S2) og ett nærmest horisontalt (S3).



Figur 21: Sprekkediagram med de mest opptredende sprekkesett på Hogsnes 1. Blå linje angir retningen på tunnelalternativet (linje 10000).



Figur 22: Polplott av registrerte sprekkemålinger på Hogsnes.2 To steile sprekkesett (S1 og S2) og ett nærmest horisontalt (S3).



Figur 23: Sprekkediagram med de mest opptredende sprekkesett på Hogsnes 2. Oransje og blå linjer angir henholdsvis retningen på tunnelalternativene.

3.3.2 Svakhetssoner i berggrunnen

På grunn av en rekke tektoniske hendelser opp i gjennom tidene er området gjennomgått av forkastninger som dag fremstår som søkk/lineamenter på topografisk kart. Disse omtales i dag som svakhetssoner, da selve kontaktflaten mellom bergmasser i bevegelse vil være av dårligere kvalitet enn det omkringliggende berget. Selve forkastningsflaten vil vanligvis være oppsprukket/nedknust, og det vil gjerne forekomme rekrystallisering og omdanning av mineraler i disse sonene.

Studier av topografisk kart og ortofoto viser tydelige lineamenter/bruddstrukturer i planområdet som hovedsakelig er orientert med daler i NV-SØ og N-S. Forsenkningene indikerer svakhetssoner i berggrunnen. Dalførene i planområdet er de mest markerte svakhetssonene, og er i dag ofte fylt med marin leire. De mest markerte lineamentene/svakhetssonene i planområdet er vist i geologiske tegninger og profiler i vedlegg 1. Hvor de treffer tunnelen er vist i lengdeprofiler i geologisk tegning. Av studie av ortofoto og topografiske kart er det registrert 61 lineamenter, S01-S61 i planområdet 29 av dem vil komme i berøring med tunnelene (se geologiske tegninger vedlegg 1) Lineamentene/svakhetssonene har ulik orientering og hvor fremtredende de er varierer.

Mindre lineamenter antas å representere diabasganger, som kan opptre som svakhetssoner i tunnelen. Ofte har disse retning NØ-SV og NV-SØ.

Det er gjort en liten tolkning av svakhetssonens karakter i kapittel 5 Ingeniørgeologiske vurderinger.

Det er ikke utført geofysiske undersøkelser av noen av lineamentene.

3.3.3 Forvitring

Larvikitt er en feltspatrik bergart, ved forvitring og dypforvitring dannes det derfor lett mye leire og også svelleleire. Dette kan en ikke observere i overflaten, men er vanlig i sprekke- og knusningssoner. Soner med mye leire kan derfor påtreffes i svakhetssoner som kommer fram i form av søkk og depresjoner i terrenget. Spesielt der det er svelleleire kan det oppstå stabilitetsproblemer i tunneler.

Under tidligere subtropisk klima ble det avsatt svarte skifre med høyt organisk innhold. Over millioner av år ble silikatmineraler omvandlet til leirmineraler og magnetitt ble omvandlet til mindre magnetiske mineraler som følge av surtt/”aggressivt” grunnvann. Områder der svekket magnetfelt faller sammen med depresjoner i terrenget er av NGU tolket som sannsynlig og mulig dypforvitring. I figur 24 viser grønne felt sannsynlig område for tropisk dypforvitring, og gule felt viser mulige områder for dypforvitring. Produktene fra forvitringen består bl.a. av smektitt (svelleleire) og kaolin. Dypforvitring i sprekkesoner er et utbredt fenomen i Oslofeltet. Forvitringsprodukter kan ligge bevart mer enn 200 m dypt i berggrunnen. Disse leirfylte sprekkenes kan komme til syne når vi lager tunneler under dagens fjelloverflate. Landskap med dypforvitring kjennetegnes av lange lineære forsenkninger i terrenget [17, 20].

NGU har utarbeidet en rapport om Dypforvitring i Oslo-regionen og et aktsomhetskart for tunnelplanlegging [17, 20].

3.4 Hydrogeologi

Grunnvannsnivå og grunnvannsstrømning er avhengig av lokale klimatiske og geologiske forhold. I berggrunnen beveger grunnvann seg i svakhetssoner (forkastningssoner, knusningssoner, dype forvitringssoner og i oppsprukket sideberg ved svakhetssoner), i større enkeltsprekker og i forbindelse med gangbergarter og bergartsgrenser. Grunnvann i berg vil ofte kommunisere med grunnvann i overliggende løsmasser.

Vann forekommer på flere måter i bergmassen, med fritt bevegelig vann som det viktigste.

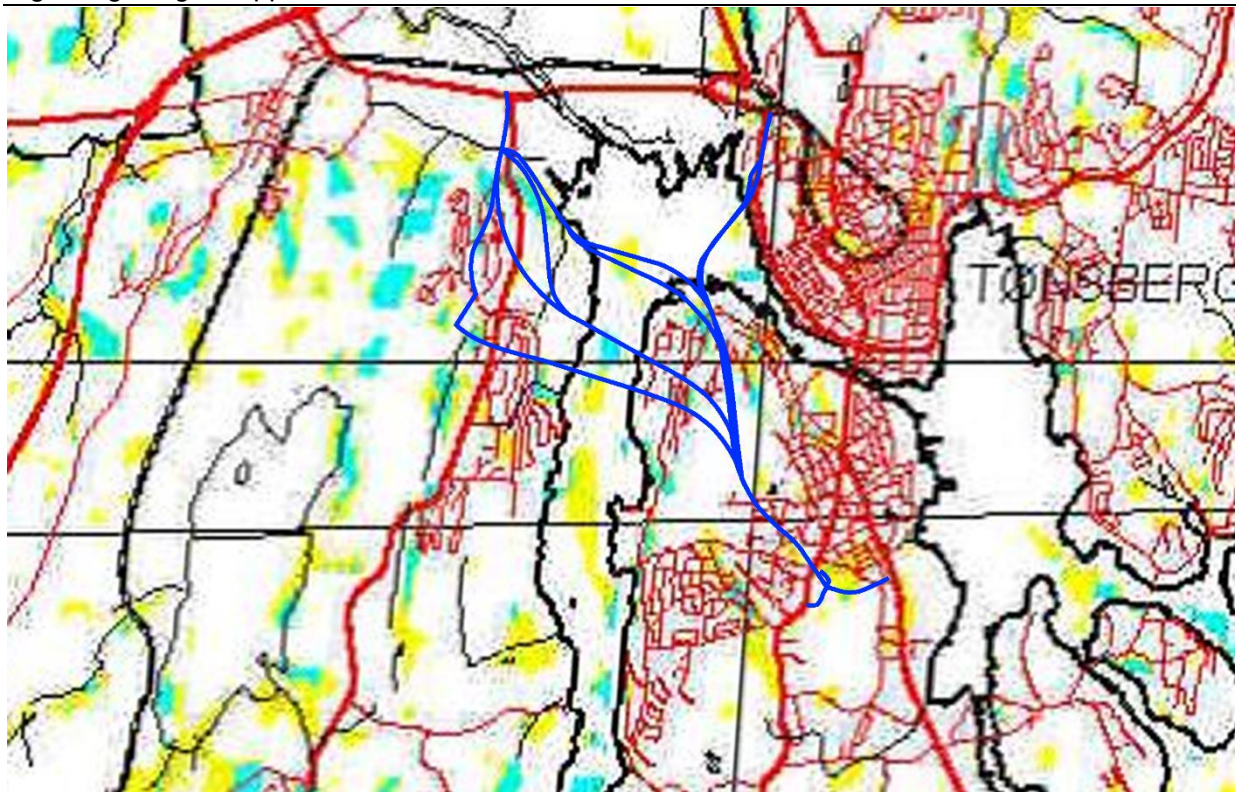
Permeabiliteten i norske fastlandsbergarter er neglisjerbar og det er derfor sprekkene og kontakten mellom disse som har størst innflytelse på vannets bevegelighet.

Potensiell lekkasje avhenger av kommunikasjonen mellom sprekkene/sonene og konduktiviteten i disse. Generelt vil regionalt grunnvannsnivå følge de store trekkene i topografi. Sjøen utgjør således en grensebetingelse som den regionale grunnvannsstrømmen vil gå mot. Det er få kjente målinger av grunnvannstand i området langs traséen.

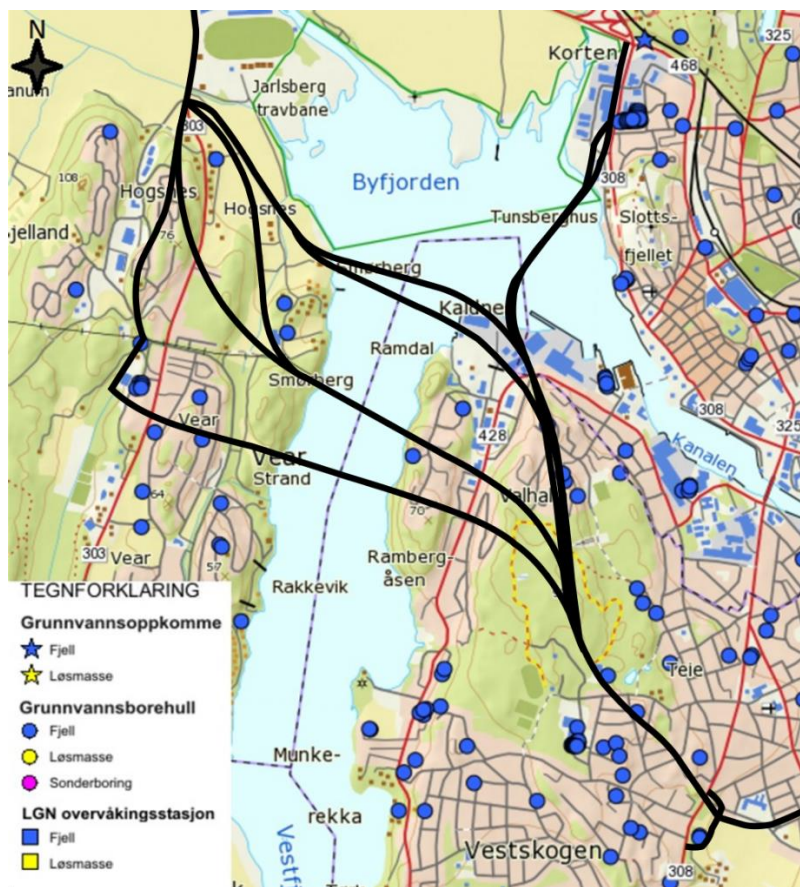
Figur 25 viser en oversikt over grunnvannsbrønner i området hentet fra databasen Granada [5]. Det tas forbehold om at oversikten ikke er komplett, og at det derfor kan finnes flere grunnvannsbrønner i det aktuelle området.

Det er lite overflatevann (elver, bekker, innsjø, tjern) i planområdet. Det ligger et lite tjern ved Teie skole og det renner en bekk i Smørberg langs Smørbergveien og ned til havet. Bergartene langs traséen er i seg selv forholdsvis tette. Larvikitten har godt utviklede steile sprekker som drener overflatevann.

Problematikk og utfordringer knyttet til lekkasjer vil være forbundet med kryssing av soner som kommuniserer med vann. Potensiell innlekkasje til tunnelnivå avhenger av kommunikasjonen mellom sprekkene/sonene og konduktiviteten i disse. Generelt for gruntliggende (deler av) tunneler må innlekkasjer forventes å komme jevnt og som spredte drypp som varierer med årstid og nedbørmengder. Avhengig av sonenes konduktivitet og krav til maksimale innlekkasjer i tunnelen kan det bli aktuelt med injeksjon i og rundt disse sonene under driving av tunnelene.



Figur 24: Dypforvitring i planområdet. Grønne felt viser sannsynlig område for tropisk dypforvitring, og gule felt viser mulige områder for dypforvitring, veglinjer er vist med blå linjer [20].



Figur 25: Kjente grunnvannsbrønner i området [5].

3.5 Bergmassens mekaniske egenskaper

3.5.1 Borbarhet og sprengbarhet

Det er ikke utført undersøkelser av borbarhets- og sprengbarhetsegenskapene av bergmassen i forbindelse med ny fastlandsforbindelse. Geologiske forhold som påvirker sprengbarheten er blant annet strekkstyrke, anisotropiforhold og oppsprekkingsgrad. Larvikitt er grovkrystallin og homogen, feltspatrik bergart. Bore- og sprengningsteknisk opptrer bergarten normalt gunstig med lett borbarhet og gode fragmenteringssegenskaper. Det forventes muligheter for å kunne opprettholde god kontur ved sprengning. Det er viktig å merke seg at det vil forekomme lokale variasjoner for de ulike bergartstypene.

3.5.2 Bergmassens egenhet til vegformål

Det er ikke gjennomført prøvetaking eller laboratorieanalyse av steinmateriale for å undersøke bergmassens egnethet til vegformål. Dette avsnittet presenterer tester som allerede er gjennomført i pukkverk i nærheten. Plassering av de grus og pukkverk som ligger nærmest planområdet og som knuser larvikitt er vist i figur 26. Det er kun tatt resultater fra tilsvarende bergartstype (larvikitt, monzonitt) som planområdet består av.

På grunn av variasjoner i naturlige steinmaterialer, bør materialene testes i laboratorium for å fastslå om de er egnet til bruk i asfalt (bituminøse blandinger) eller som materiale i bære- og forsterkningslag. Det er innhentet resultater fra Los Angeles-test og Micro Deval-test fra pukkverk i Vestfold. Los Angeles-testen gir et mål for motstand mot nedknusing av steinmaterialer ved bruk av knusing og slitasjekrefter. Jo lavere Los Angeles-verdien er, jo mer motstandsdyktig er steinmaterialet mot nedknusing. I Micro-Deval-testen utsettes steinmaterialene for større krefter enn i Los Angeles-testen. Metoden er en standardisert metode for bestemmelse av slitasjemotstand på materialer til mekanisk stabilisering [24].

Tabell 3 viser testresultatene fra larvikittprøver i de pukkverk som ligger tettest til prosjektområdet. Lokasjon av pukkverkene vises i figur 26. En forenklet oversikt over krav til tilslag for bruk i vegdekke, bærelag og forsterkningslag er vist i tabell 4.

Tabell 3: Resultater fra LA- og MD-tester av larvikitt [4].

Uttaksområde	Densitet	Los Angeles	Micro-deval	Kulemølle
Taranrød	2,66	23,2	4,50	7,20
Nøtterøy pukkverk AS	2,71	29,0	10,2	16,8
Håkestad	2,75	29,6	7,60	12,2
Skallist	2,72	31,8	12,2	15,7
Tjølling pukkverk	2,70	31,0	12,0	21,5
Hedrum pukkverk	2,72	30,1	12,0	14,7
Malerød pukkverk	2,74	22,5	6,20	11,2

Kommunedelplan Ny fastlandsforbindelse fra Nøtterøy og Tjøme Ingeniørgeologisk rapport



Figur 26: Grus og pukkeforekomster. Svart sirkel viser pukkerverk med larvikitt [4].

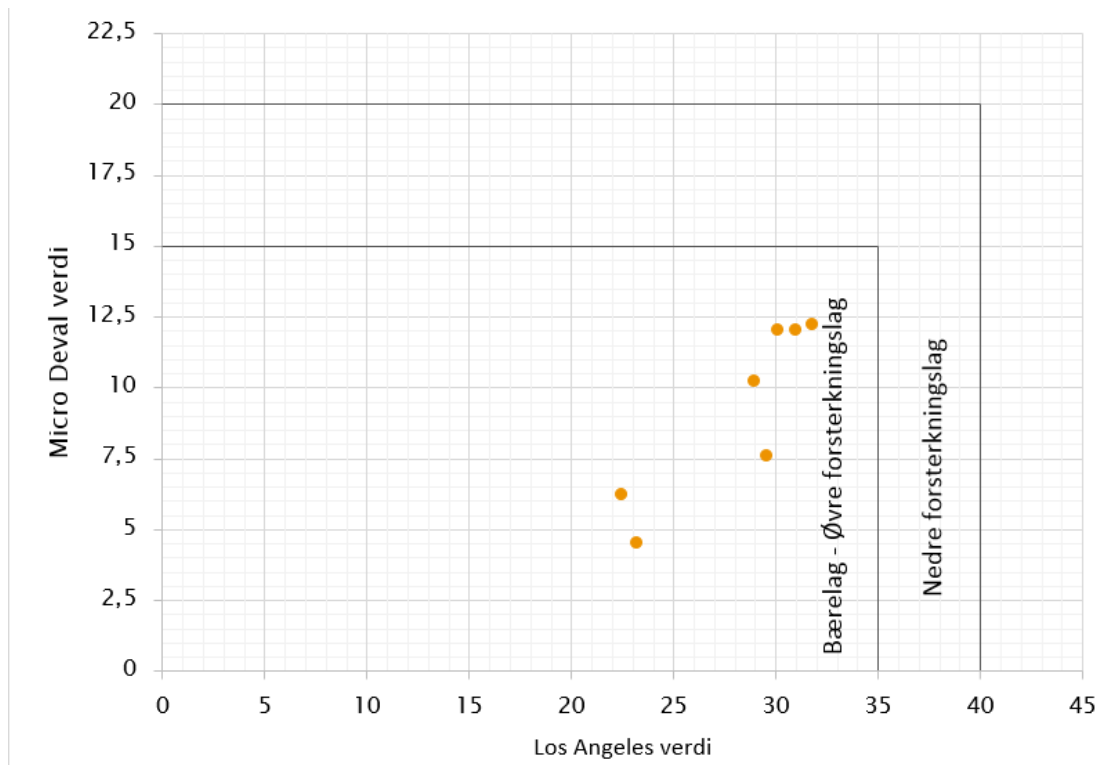
Resultatene fra tabell 3 er plottet i et diagram som vist i figur 27. Der vises det at disse steinprøvene er egnet som bruk av tilslag i veg.

Store forskjeller kan forekomme innenfor samme bergartstype, og det må gjøres egne tester fra relevante uttaksområder innenfor planområdet i senere planfase.

Tabell 4: Forenklet oversikt over gjeldende krav til tilslag for vegbygging (maksimalverdier) [24].

	ADT						
	< 300	300-1500	1500-3000	3000-5000	5000-15000	> 15000	
Dekke							
Flisighetsindeks, FI	≤35	≤30	≤30	≤30	≤25	≤25	
Los Angeles-verdi, LA	≤40	≤30	≤30	≤30	≤25	≤15	
Mølleverdi, A _N	≤19	≤19	≤14	≤10	≤10	≤7	
	Trafikkgruppe ³⁾						
	< 0,2	A	B	C	D	E	F
Bærelag¹⁾							
Bitumenstabiliserte							
Flisighetsindeks, FI ²⁾	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35
Los Angeles-verdi, LA ²⁾	≤40	≤40	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30
Mølleverdi, A _N ⁴⁾	≤26	≤19	≤19	≤19	≤19	≤19	≤19
Micro-Deval koeffisient, M _{DE} ⁴⁾	≤20	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15
Mekanisk stabiliserte							
Flisighetsindeks, FI	≤35	≤35	≤35	≤35	-	-	-
Los Angeles-verdi, LA	≤35	≤35	≤35	≤35	-	-	-
Micro-Deval koeffisient, M _{DE}	≤20	≤15	≤15	≤15	-	-	-
Forsterkningslag							
Los Angeles-verdi, LA	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35
Micro-Deval koeffisient, M _{DE}	≤20	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15

- 1) For Cp (sementstabilisert puk) bør LA ≤ 45 og FI ≤ 40.
- 2) For asfaltert puk (Ap) skal FI ≤ 40 når ADT ≤ 5000. For Pp med ADT < 15000 kan LA være inntil 40.
- 3) Se pkt. 510.2. For 2-felts veg med 15 % tunge, 20 års dimensj.periode, 10 t aksellast og 2 % trafikkvekst vil trafikkgruppene omtrentlig tilsvare ADT-gruppene, men skillett mellom traf.gruppe A og B går ved ca. ADT 750. ADT<300 tilsvarer ca N <0,2 mill. ekvivalente 10 t aksellaster.
- 4) Krav til slitasegenskaper for tilslag til bitumenstabiliserte bærelag kan settes til både M_{DE} og A_N, men ikke begge samtidig. Til slitelag skal A_N deklarerer, og for tilslag som benyttes både til bære- og slitelag vil det derfor normalt holde å deklarerer A_N også til bærelagsmasser.



Figur 27: Krav til bære- og forsterkningslag. Alle prøvene faller innenfor kravene til bruk som tilslag i vegoppbygging.

4 NATURFARER

4.1 Skred

Potensiell skredfare kan vurderes utfra aktsomhetskart fra skredatlas.no. Aktsomhetskartene gir indikasjoner på områder som kan være utsatt for steinsprang, snøskred og jord- og flomskred basert på topografi og beregnet utløpsdistanse [7]. For mer detaljert forklaring på aktsomhetskart, se vedlegg 3. Aktsomhetskartene vises på figurer 28 og 29. I tillegg til aktsomhetskartene er det utført skredfarevurdering i terrenget samt søk i Nasjonal Veg Data Bank (NVDB) og NVEs skredhendelsesdatabase over tidligere skredhendelser på strekningen [7,8,18].

4.1.1 Steinsprang-steinskrud

Området Ramberg og Rambergåsen ligger innenfor aktsomhetsområder for steinsprang, se figur 28. Topografien ved Ramberg er steil, over planlagte påhuggsområder og brufundamenterings er det noe løs stein og litt vegetasjon. Det er ikke registrert steinsprang eller skred fra naturlige fjellskrenter i planområdet. Det må utføres sikring mot steinsprang i området, omfang av sikring er omtalt i kapittel 5: Ingeniørgeologiske vurderinger. Sannsynligheten for steinsprang i området skal være liten etter nødvendige sikringstiltak er gjort.

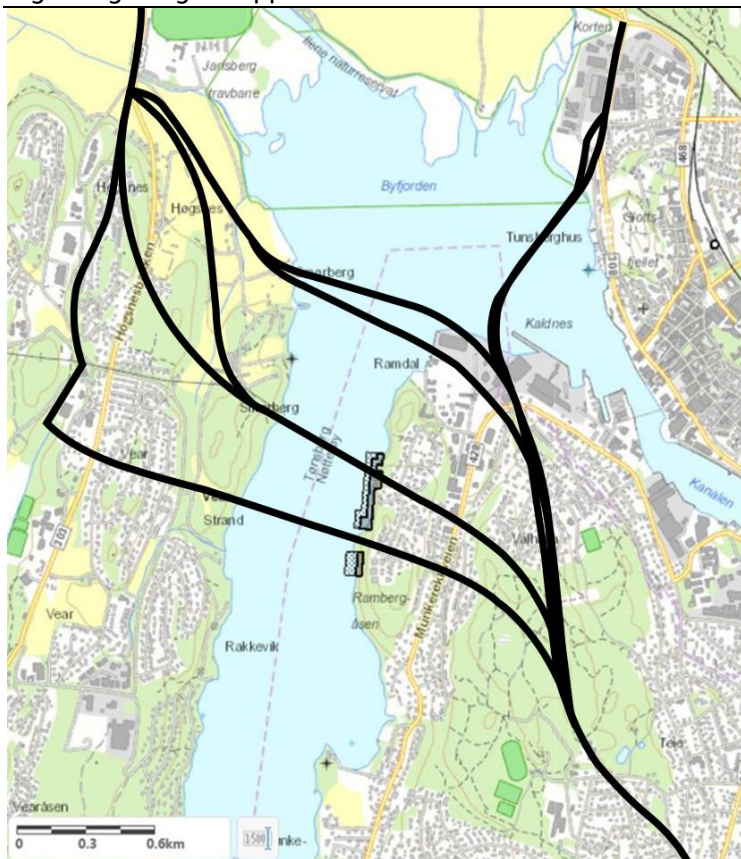
4.1.2 Snø- og sørpeskrud

I figur 29 vises det aktsomhetsområder for snøskred. Alternativer 10000, 11000 og 11500 ligger ved Rambergåsen innenfor aktsomhetsområder for snøskred. Snøskred forekommer oftest i bratt terreng med helning < 30° og uten tett skog. De fleste snøskred inntreffer med helning mellom 30-45°. Skråninger og bergskjæringer i prosjektområdet heller mellom 35-45°. Terreng som er utsatt for snøskred er områder som ligger i le for vind og har former som samler snø. Dette gjelder for eksempel større botner, åpne skåler og forsenkninger, bratte elvegjel og skar.

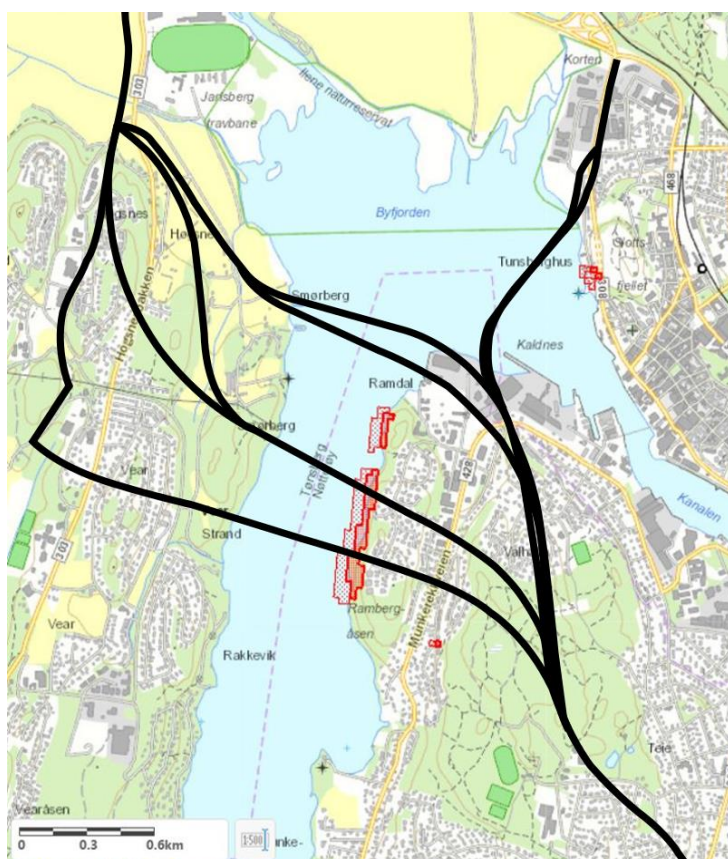
Fjelloverflaten/terrenget i planområdet er steilt og har liten forankringsevne. En del områder er også skogkledd. Vurderinger av snøskredfaren i planområdet er omtalt i kapittel 5. Det er ikke registrert snøskredhendelser ved eller på veg i planområdet utfra søk i NVDB og NVE-skredhendelsesdatabasen. Sannsynligheten for snøskred i området er meget lav.

4.1.3 Jord- og flomskred

I følge aktsomhetskart for jord og flom skred vises det at planområdet ikke ligger innenfor fareområder for jord og flomskred.



Figur 28: Aktsomhetsområder for steinsprang vist med svart/grå farge. Det er på Ramberg mot Vestfjorden det fare for steinsprang/skred.



Figur 29: Aktsomhetsområder for snøskred vist med rød farge.

5 INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER

5.1 Tunnel Kolberg-Ramdal/Kaldnes

Alle veg-alternativene i prosjektet går i tunnel under Teieskogen. Alternative veglinjer 10000 og 11000/11500 går i tunnel fra Kolberg til Ramdal. Veglinjer 12000, 12200, 16200, 16730 går i tunnel fra Kolberg til Kaldnes. På grunn av veldig lik linjeføring blir det gjort en ingeniørgeologisk vurdering av traséen for disse tunnelene. Det blir adskilt beskrivelse av påhuggsområder og anslått sikringsomfang grunnet litt forskjellig linjeføring i nordre enden tunnelen og dermed litt forskjell på tunnallengder.

Tunnel	Veglinje	Pelstart	Pel slutt	Lengde
Kolberg - Ramdal	10000	150	1880	1730 m
Kolberg - Ramdal	11000/11500	150	2010	1860 m
Kolberg-Kaldnes	12000	150	2350	2200 m
Kolberg-Kaldnes	12200	150	2420	2270 m
Kolberg-Kaldnes	16200	150	2420	2270 m
Kolberg-Kaldnes	16730	150	2420	2270 m

5.1.1 Bergoverdekning

Linja starter med et påhuggsområde ved Kolberg på vestsiden av Kirkeveien. Påhuggsområdet for bergtunnelen kommer på innsiden av dagens trasé for Kirkeveien. Traséen går i tunnel fram til Ramdal eller Kaldnes

Det er generelt god bergoverdekning for tunnelen hele strekningen. Hovedparten av traséen for Kolberg-tunnelen vil få overdekning på mellom 20-55 meter. Tunnelen har maksimal overdekningen på 49-57 meter ved profil ca.1400-1600. Fra begge påhuggene vil det være noe lavere overdekning, rundt 4-7 meter.

Det er kun utført enkelte fjellkontrollboringer på strekningen Kolberg-Teie skole (profil 150-1000). Disse viser løsmassemektighet på 1,6 til 4,4 meter. På strekning frem til Teigar barneskole går tunnelen under et boligområde hvor det meste av boligene er fundamentert på berg. Strekningen i profil 1500-1700 i veglinje 10000 og 11000/11500 ligger i en nord/sydgående fjellrygg gjennom Teieskogen hvor det er noe usikkert i forhold til løsmassetykkelse. Det antas sikker bergoverdekning i området, men dette må undersøkes bedre i neste planfase

5.1.2 Bergspenninger i tunnel

Det er ikke utført bergspenningsmålinger i området. Ved driving av tunneler i larvikitt i Larviksområdet opplevde en at berget ble påvirket av spenninger. Der berget i tunnelen ble stående uten påført sprøytebetong flaket berget seg opp etter kort tid, som følge av restspenninger i berget. Det bør derfor medregnes en mulighet for dette også for den aktuelle tunnelen.

5.1.3 Bergmassekvalitet og oppsprekking

Dypbergarten Larvikitt er dominerende langs hele planlagte traséen. Larvikitten fremstår i felt som massiv og står opp som koller i terrenget. Det finnes lommer og ganger av diabas, der gangene ofte følger hovedsprekkeretningene.

Larvikitten over tunneltraséen er generelt lite til moderat oppsprukket, men kan stedvis ha stor sprekke tetthet. Rombeporfyr finnes også i området rundt nordre påhugg i alternativ 12000, 12200, 16200 og 16730. Der består de siste 100-150 m av tunnelen av rombeporfyr.

Sprekkekartlegging i dagen viser tre sprekkesett, hvorav ett er sub-horisontale eksfoliasjonssprekker (avlastningssprekker) som opptrer nær overflaten. Berget er generelt grovblokkig med typisk sprekkeavstand 0,5-2 m og større i godt berg. Steile sprekker er ofte plane. Andre sprekker og subhorisontale sprekker er hovedsakelig bølget og ru.

Det er ikke foretatt målinger av bergartens mekaniske egenskaper for dette prosjektet. Larvikitt har normalt høy trykkfasthet, er ikke alkalireaktiv, og glimmerinnholdet er lavt.

Bergmassekvaliteten er generelt funnet å være godt egnet for konvensjonell tunneldriving, spesielt Larvikitt, med boring og sprengning. Rombeporfyr er bergart som antas å kunne gi noe mere utfordringer i forbindelse med tunneldrivingen.

Kolberg tunnelen i veglinjer 10000, 11000 og 11500 er orientert i samme retning som et av de steile hovedsprekkesettene (se polplott og sprekkerose, figur 14 og 15).

Kolberg tunnelen i veglinjer 12000, 12200, 16200 og 16730 er gunstig orientert i forhold til de mest utbredte hovedsprekkesettene i området (se polplott og sprekkerose, figurer 14, 15, 16 og 17).

5.1.4 Svakhetssoner

I følge studier fra flyfotoer og relieffkart forventes det at tunnelen vil påtreffe lineamenter/svakhetssoner. Kolberg tunnelen i alternativ 10000 og 11000/11500 antas å påtreffe ca. 10 lineamenter/svakhetssoner (S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09, S15, S14 og S24). I veglinjer 12000, 12200, 16200 og 16730 antas tunnelen å påtreffe ca. 11 lineamenter /svakhetssoner (S02, S04, S01, S05, S06, S08, S09, S15, S17, S18 og S19).

Flere av disse antas å være eruptive ganger av diabas. Eruptive ganger har gjerne tettere oppsprekking og dårligere friksjon på sprekker enn sideberget og dette kan medføre økt sikringsbehov ved passering av disse. I forbindelse med svakhetssoner kan bergmassene være kraftig oppsprukket eller oppknust og vannførende.

Lineamentene/svakhetssonene har ulik orientering og varierende fremtreden. På vedlagt geologiske tegninger (se vedlegg 1) er alle lineamenter/svakhetssoner i tunnelområdet tegnet inn. Hvor de enkelte svakhetssonene antas å treffe tunnelen er tegnet i lengdeprofiler (vedlegg 1).

Orientering av de fleste lineamentene/svakhetssonene forventes å være stabilitetsmessig gunstig i forhold til retningen av tunneltraséen. Svakhetssonene S15 ligger noe vest for planlagt trasé, men følger tunnellinjen i ca. 350 m. Avhengig av om denne opptrer i tunnelnivå vil det påvirke bergkvaliteten og sikringsbehovet i tunnelen.

Svakhetssonene listet nedenfor er de som antas å krysse eller komme i berøring med tunnelen. Orientering av sonene er gitt som strøk og fall ved bruk av høyre håndsreglen.

Svakhetszone S02

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 0°/90°

Svakhetssone S04

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 10°/80°

Svakhetssone S01

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 160°/80°

Svakhetssone S05

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 10°/90°

Svakhetssone S06

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 10°/90°

Svakhetssone S08

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 45°/85°

Svakhetssone S09

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 50°/70°

Svakhetssone S15

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 160°/80°

Svakhetssone S14

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 0°/90°.

Svakhetssone S17

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har orientering 10°/80°.

Svakhetssone S18

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har orientering 10°/80°.

Svakhetssone S19

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har orientering 130°/90°.

5.1.5 Påhugg

Søndre påhugg, profil 150.

Samme påhuggsområde for alle veglinjer: 10000, 11000/11500, 12000, 12200, 16200 og 16730

Linja starter med et påhuggsområde ved Kolberg på vestsiden av Kirkeveien ca. profil 150. Påhuggsområdet for fjelltunnelen kommer på innsiden av dagens trasé for Kirkeveien. Veglinjen går inn i fjellet på ca. 17 meter over havnivå. Planlagt påhugg starter i en 7-10 meter høy bergskråning (se figur 30). Terrenget over påhuggsområdet er relativt bratt de første 50 meterne.

Berget i skjæringen er massivt og moderat oppsprukket, med varierende sprekkeavstand fra 0,2 - 1,5 meter. Sprekkeflatene er generelt røe. Det vil bli behov for bergsikring over påhuggsområdet.

Nordvestre påhugg, veglinje 10000, profil 1880.

Nordvestre påhugg er lagt til en bergskråning ved Vestlivegen, profil 1880. Veglinjen kommer ut av berget på ca. 30 meter over havet. Fra påhugget går vegen ut i relativt flatt terreng i område hvor linjen krysser Munkerekkeveien. I påhuggsområdet er det massivt larvikitt som har liten / moderat oppsprekking. Bergoverdekning i påhuggsområdet er relativt liten, antatt rundt 4 m. Område rett sør for nå planlagt påhugg er bedre egnet som påhuggsområde, se figur 31 og 32. Der

vil det være tilstrekkelig med bergoverdekning. Påhuggsplassering må optimaliseres i senere planfase dersom alternativet er med videre.

Det vil bli behov for sikring i bergskråning over påhuggsområder. Det står hus tett inntil planlagt påhugg både opp på topp av skjæringskant og ved siden påhugget disse må tas hensyn til under sprenging. Det vil bli behov for fjerning av hus i nærhet til påhugget ved bygging av ny veg.

Nordvestre påhugg, veglinje 11000/11500 profil 2010.

Vestre påhugg er lagt til en steil bergskråning ved Midtåsveien på Ramdal ca. i profil 2010. Veglinjen kommer ut av fjellet på ca. 25 meter over havet. Fra påhugget går vegen ut i relativt flatt terreng i område hvor linjen krysser Munkerekkeveien. Det antas å være omtrent 11 m høy overdekning ved påhugget.

I bergskråningen er det massivt larvikitt som har moderat oppsprekking. Terrenget over påhuggsområdet er relativt bratt, det stiger fra overdekning på 11 m i profil 2010 til ca. 28 m i profil 1990.

Det vil bli behov for sikring i bergskråning over påhuggsområder. Det står hus tett inntil planlagt påhugg som blir berørt. Påhuggsområdet må sikres med bolter og eventuelt steinsprangnett.

Nordre påhugg veglinje 12000 profil 2350

Kartlegging av bergblotninger viser at påhugg kan etableres ca. ved profil 2350 i en naturlig 10 m høy bergskråning, se figur 33. Påhugget planlegges i bergskråninger ved Munkerekkeveien 4-6. Veglinjen går ca. 7 meter under dagens terreng, det betyr at bergskjæring i påhuggsområde vil få høyde på 12 m. Veglinjen går inn fjellet på ca. 6 meter over havnivå. Over påhuggsområdet fortsetter terrenget slakt oppover. Det er registrert kun meget tynt dekke løsmasser oppå berget. Berget i bergskråningen er i rombeporfyr som har moderat oppsprekking. Det vil bli behov for sikring i bergskråning over påhuggsområder. Det står hus tett inntil planlagt påhugg både opp på topp av skjæringskant og ved siden påhugget.

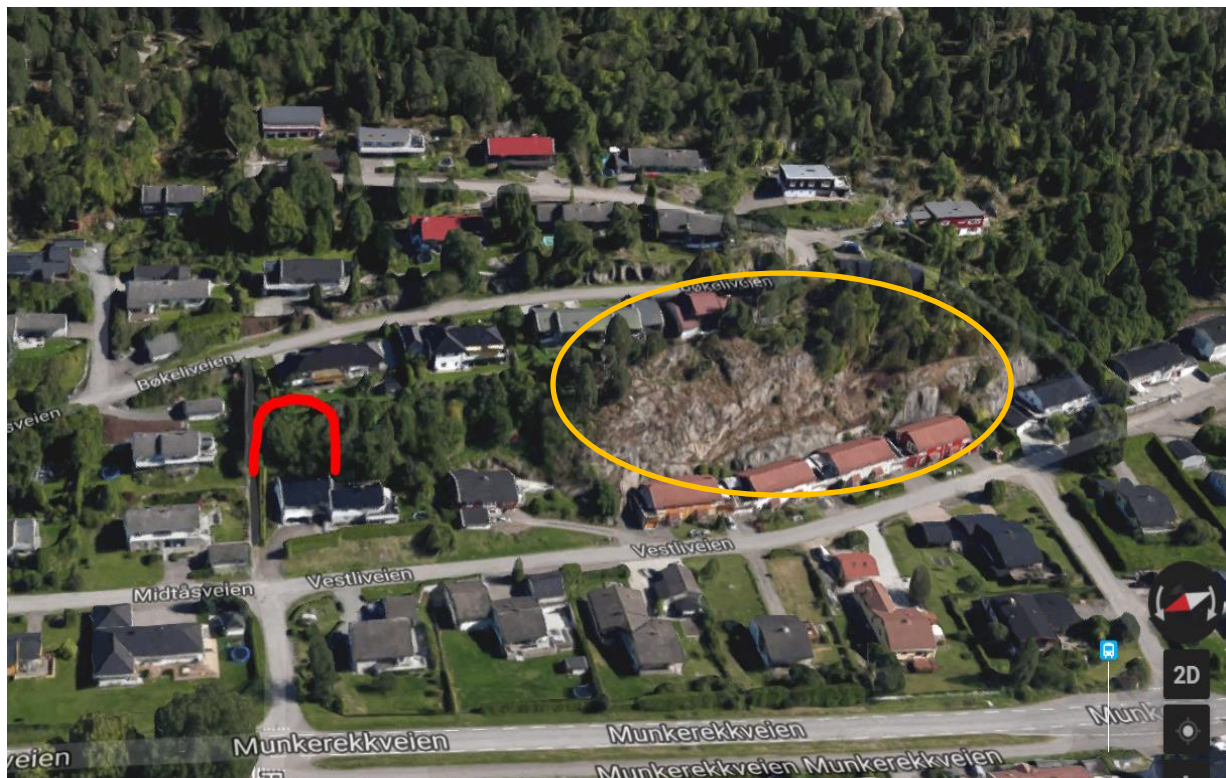
Nordre påhugg veglinjer 12200, 16200 og 16730 profil 2420

Nordre påhugg er planlagt i bergblotning på innsiden av et krysspunkt hvor Munkerekkeveien, Kaldnesgaten og Ramdalveien møtes, se figur 34. Påhugget er planlagt i profil 2420. Veglinjen går inn i fjellet på ca. 5 meter over havnivå. Påhugget planlegges med 6 meters bergoverdekning. Terrenget over planlagt påhugg er relativt bratt.

Berget ved påhuggsområdet består av Rombeporfyr og er moderat oppsprukket, med varierende sprekkeavstand fra 0,5 m til 2 m.



Figur 30: Søndre påhugg Kolberg profil 150, ved Kirkeveien.



Figur 31: Nordvestre påhugg ved Vestliveien, markert med rød strek. Gult strek indikerer område som er bedre egnet som påhuggsområde. (Figur tatt fra GoogleMaps).



Figur 32: Bergskråning nær Nordvestre påhugg i Vestliveien.



Figur 33: Nordre påhuggsområde i linje 12000, profil 2350.



Figur 34: Nordre påhuggsområde for linje 12200,16200 og 16730, profil 2420. Påhugget er merket av med rød strek.

5.1.6 Naturfarevurderinger

Ifølge aktsomhetskart fra NVE ligger linjen ikke innenfor teoretisk utløpsområde for steinsprang og snøskred. Det er gjort vurderinger av den reelle sannsynligheten for skred i påhugg basert på terrenganalyser, lokale geologiske forhold og historiske data.

Bergsikring i form av bolting og/eller steinsprangnett må beregnes i bergskråninger i påhuggsområder for å forhindre nedfall av stein fra skråning. Sannsynligheten for steinsprang i påhuggsområder skal være liten etter nødvendige sikringstiltak er gjort. Det er med bakgrunn i dette og flatt terreng bak skråningskantene vurdert tilfredsstillende lav skredfare for påhuggsområder.

Området representerer liten fare for snøskredhendelser. Det er etter befaringer ikke observert noe tegn til skred. Det er ikke registrert snøskred ved eller på veg i planområdet utfra søk i NVDB og NVE-skredhendelsesdatabasen. Dette, kombinert med en forventning om mindre snømengder i årene som kommer, gjør at risikoen for snøskred vurderes å være meget liten for hele den vurderte strekningen. Sannsynligheten for snøskred vurderes derfor å være neglisjerbar, og risikoreducerende tiltak vurderes ikke å være nødvendig.

5.1.7 Bergsikring

På bakgrunn av ingeniørgeologisk kartlegging er det gjort enkle beregninger av Q-verdier for tunnelene. Q-verdier er beregnet basert på observasjoner i dagen. Dette medfører at SRF, Ja og Jw -verdiene er svært usikre. Det er tatt utgangspunkt i SRF = 1 og Jw = 1 ved estimering av Q-verdier. I Tabell 5 er det gitt en sammenstilling av estimerte parameterverdier til Q-systemet.

Sammenhengen mellom Q-verdi og sikringsklasser er gitt i håndbok N500 Vegtunneler. Permanent sikring i tunnelene baseres på stoffkartlegging under driving. Sikringsklassene i håndbok N500 går fra 1 til 6, hvor klasse 1 gir minst sikring og klasse 6 gir mest sikring [25].

Med grunnlag i ingeniørgeologisk feltkartlegging og erfaringer fra tunneldriving i larvikitt er det gjort et overslag av fordeling av bergmassekvaliteten langs tunnelen og ut fra dette omfanget av sikringsarbeider for tunnelen. Det understrekes at inndelingen i de ulike sikringsklassene er en tolkning basert på eksisterende grunnlag. Andelen innenfor hver sikringsklasse antas å være:

- A/B: 45-50 %
- C: 20-30 %
- D: 15-20 %
- E: 5-10 %

Tabell 5: Benyttede parameterverdier til Q systemet som grunnlag for estimat av sikringsomfang.

Bergart	RQD	RQD gjennomsnitt	J _n	J _r	J _a	Q verdi
Larvikitt	60-90	78	9	1,5-3	1	10-30
Rombeporfyr	50-80	65	9	1,5	1	8,3- 13

Bergsikringen i tunnelen vil i hovedsak bestå av en kombinasjon av bolter og fiberarmert sprøytebetong. Ved kryssing av svakhetssoner kan det bli aktuelt med redusert salvelengde og tung sikring i form av armerte sprøytebetongbuer. Tabeller 6-9 viser anslåtte sikringsmengder i Kolbergtunnelen. Det må også påregnes noe injeksjon. I tunneler på prosjekt E18 Bommestad-Sky, som ble drevet gjennom larvikitt, ble ca. 30 % av tunnelens lengde injisert.

Det er mulig at bergskjæringer/skrånninger i påhuggsområder også sikrings med bolter og/eller steinsprangnett. Forut for sikring skal bergskjæringer være rensket, utført som maskinell rensk og spettrensk. Etter dette vurderes endelig behov for permanent sikring av geolog. Det påpekes at utførelsen av sprengning vil påvirke det endelige sikringsbehovet. Det er viktig derfor at sprengning av påhugg blir utført så skånsomt som mulig mot det gjenstående berget.

5.1.8 Anvendelse av sprengsteinsmassene

Det er antatt at sprengstein fra tunneldriving kan benyttes til formål som vegdekker og fyllmasser. Avhengig av anvendelsen av massene må bearbeiding av sprengstein ved sorterings- og knuseverk påregnes. Det må gjøres egne laboratorietester av berget i neste planfase for fastslå om de er egnet til bruk som materiale i vegoppbygging.

Tabell 6: Anslåtte sikringsmengder i Kolbergtunnelen alternativ 10000 (antatt tunneltversnitt T9,5).

Berg-klasse	Sikrings-klasse	Sikringsmetode	Sikrings-mengde pr. løpemeter	Antatt fordeling i tunnelen	Antatt lengde av tunnelen	Sikringsmengde	
						Mengde	Enhet
A/B	I	Spredt bolting	3,1 stk.	45 %	779 m	2415	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til 2 m over såle	2,5 m ³			1948	m ³
C	II	Systematisk bolting c/c 2 m	5,2 stk.	30 %	519 m	2699	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til såle	2,6 m ³			1349	m ³
D	III	Systematisk bolting c/c 1,75 m	6,9 stk.	20 %	346 m	2387	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E1000, 100 mm eller mer, ned til såle	3,3 m ³			1142	m ³
E	IV	Systematisk bolting c/c 1,5 m	9 stk.	5 %	86 m	774	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150 mm, ned til såle	4,8 m ³			413	m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonE30/6	0,2 stk.			17	stk.
F	V	Systematisk bolting c/c 1-1,5 m	10 stk.	0%			stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150-250 mm eller mer, ned til såle	4,8 m ³				m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonD60/6+4	0,2 stk.				stk.
		Armert sålestøp					
G	VI	Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt		0%			

Tabell 7: Anslåtte sikringsmengder i Kolbergtunnelen alternativ 11000/11500 (antatt tunneltversnitt T9,5).

Berg-klasse	Sikrings-klasse	Sikringsmetode	Sikrings-mengde pr. løpemeter	Antatt fordeling i tunnelen	Antatt lengde av tunnelen	Sikringsmengde	
						Mengde	Enhet
A/B	I	Spredt bolting	3,1 stk.	45 %	837 m	2595	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til 2 m over såle	2,5 m ³			2093	m ³
C	II	Systematisk bolting c/c 2 m	5,2 stk.	30 %	558 m	2902	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til såle	2,6 m ³			1451	m ³
D	III	Systematisk bolting c/c 1,75 m	6,9 stk.	20 %	372 m	2567	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E1000, 100 mm eller mer, ned til såle	3,3 m ³			1228	m ³
E	IV	Systematisk bolting c/c 1,5 m	9 stk.	5 %	93 m	837	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150 mm, ned til såle	4,8 m ³			446	m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonE30/6	0,2 stk.			19	stk.
F	V	Systematisk bolting c/c 1-1,5 m	10 stk.	0 %	0 m		stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150-250 mm eller mer, ned til såle	5,2 m ³				m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonD60/6+4	0,2 stk.				stk.
		Armert sålestøp					
G	VI	Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt *		0 %	0 m		

Tabell 8: Anslåtte sikringsmengder i tunnel Kolberg-Kaldnes linje 12000 (antatt tunneltversnitt T9,5).

Berg-klasse	Sikrings-klasse	Sikringsmetode	Sikrings-mengde pr. løpemeter	Antatt fordeling i tunnelen	Antatt lengde av tunnelen	Sikringsmengde	
						Mengde	Enhet
A/B	I	Spredt bolting	3,1 stk.	45 %	990 m	3069	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til 2 m over såle	2,5 m ³			2475	m ³
C	II	Systematisk bolting c/c 2 m	5,2 stk.	30 %	660 m	3432	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til såle	2,6 m ³			1716	m ³
D	III	Systematisk bolting c/c 1,75 m	6,9 stk.	20 %	440 m	3036	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E1000, 100 mm eller mer, ned til såle	3,3 m ³			1452	m ³
E	IV	Systematisk bolting c/c 1,5 m	9 stk.	5 %	110 m	990	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150 mm, ned til såle	4,8 m ³			528	m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonE30/6	0,2 stk.			22	stk.
F	V	Systematisk bolting c/c 1-1,5 m	9 stk.	0%			stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150-250 mm eller mer, ned til såle	4,8 m ³				m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonD60/6+4	0,2 stk.				stk.
		Armert sålestøp					
G	VI	Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt		0%			

Tabell 9: Anslåtte sikringsmengder i tunnel Kolberg-Kaldnes linjer 12200, 16200 og 16730 (antatt tunneltversnitt T9,5).

Berg-klasse	Sikrings-klasse	Sikringsmetode	Sikrings-mengde pr. løpemeter	Antatt fordeling i tunnelen	Antatt lengde av tunnelen	Sikringsmengde	
						Mengde	Enhet
A/B	I	Spredt bolting	3,1 stk.	45 %	1022 m	3168	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til 2 m over såle	2,5 m ³			2555	m ³
C	II	Systematisk bolting c/c 2 m	5,2 stk.	30 %	681 m	3541	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til såle	2,6 m ³			1771	m ³
D	III	Systematisk bolting c/c 1,75 m	6,9 stk.	20 %	454 m	3133	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E1000, 100 mm eller mer, ned til såle	3,3 m ³			1498	m ³
E	IV	Systematisk bolting c/c 1,5 m	9 stk.	5 %	113 m	1017	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150 mm, ned til såle	4,8 m ³			542	m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonE30/6	0,2 stk.			23	stk.
F	V	Systematisk bolting c/c 1-1,5 m	9 stk.	0%			stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150-250 mm eller mer, ned til såle	4,8 m ³				m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonD60/6+4	0,2 stk.				stk.
		Armert sålestøp					
G	VI	Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt		0%			

5.2 Tunnel gjennom Rambergåsen

Veglinjer 10000 og 11000/11500 har tunneler som går i gjennom Rambergåsen. På grunn av veldig lik linjeføring blir det gjort en ingeniørgeologisk vurdering av traséen for de planlagte tunnelene gjennom Rambergåsen. Det blir adskilt beskrivelse av påhuggsområder og anslått sikringsomfang grunnet litt forskjellig linjeføring i tunnelen og dermed litt forskjell på tunnellengder.

Tunnel	Veglinje	Pelstart	Pel slutt	Lengde
Rambergåsen	10000	2070	2280	210 m
Rambergåsen	11000/11500	2220	2480	260 m

5.2.1 Bergoverdekning

Tunnelen går i gjennom Rambergåsen og ender med påhuggsområde mot Vestfjorden, hvor linjen fortsetter i bru over fjorden.

Antatt bergoverdekning for hele tunnelen ligger på rundt 8-24 m. Tunnelen har maksimal overdekning på 25 m. Det er noe usikkert med bergoverdekning ved svakhetszone S29 dette må undersøkes bedre i neste planfase.

Det er ikke utført grunnundersøkelser i området, boligområdet på Rambergåsen er fundamentert på fjell. Det er kun tynt løsmassedekke/vegetasjon opp på berget. Det antas ikke noe problem knyttet til løsmasser.

5.2.2 Bergspenninger i tunnel

Det er ikke utført bergspenningsmålinger i området. Ved driving av tunneler i larvikitt i Larviksområdet opplevde en at berget ble påvirket av spenninger. Der berget i tunnelen ble stående uten påført sprøytebetong flaket berget seg opp etter kort tid, som følge av restspenninger i berget. Det bør derfor medregnes en mulighet for dette også for den aktuelle tunnelen.

5.2.3 Bergmassekvalitet og oppsprekking

Hovedbergarten i tunnelen gjennom Rambergåsen er larvikitt. Larvikitten fremstår i felt som massiv og moderat oppsprukket. Bergmassen i området opptre med tre sprekkesett, to steile sprekkesett (S1 og S2) og ett nærmest horisontalt (S3) (eksfoliasjonssprekker/avlastningssprekker) samt noen sporadiske sprekker. De steile sprekkeene er ofte plane og de horisontale er hovedsakelig bølgete og ru. Sprekkeavstanden varierer fra 0,1 m – 4 meter, med vanligst 0,5-2 m sprekkeavstand. Mesteparten av tunnelen er gunstig orientert i forhold til de mest utbredte hovedsprekkesettene i området (se polplott og sprekkerose, figurer 18 og 19).

Det er ikke foretatt målinger av bergartens mekaniske egenskaper for dette prosjektet. Larvikitt har normalt høy trykkfasthet, er ikke alkalireaktiv, og glimmerinnholdet er lavt. Bergmassekvaliteten er generelt funnet å være godt egnet for konvensjonell tunneldriving med boring og sprengning.

5.2.4 Svakhetssoner

I følge studier fra flyfotoer og relieffkart forventes det at tunnel igjennom Rambergåsen vil påtreffe 1 mulig lineament/svakhetszone (S29) i veglinje 10000 men 3 i veglinje 11000/11500 (S28, S29 og S32). Eruptive ganger av diabas kan påtreffes. Eruptive ganger har gjerne tettere oppsprekking og dårligere friksjon på sprekker enn sideberget og dette kan medføre økt

sikringsbehov ved passering av disse. I forbindelse med svakhetssoner kan bergmassene være kraftig oppsprukket eller oppknyt og vannførende. På vedlagt geologiske tegninger (vedlegg 1) er alle lineamenter/svakhetssoner i tunnelområdet tegnet inn. Hvor de enkelte lineamentene/svakhetssonene antas å treffe tunnelen er tegnet i lengdeprofil (se vedlegg 1).

Orientering av de tre svakhetssonene forventes å være stabilitetsmessig gunstig i forhold til retningen av tunneltraséen. De vil krysse tunnelen med stor vinkel. I geologiske tegninger i vedlegg 1 vises det hvor lineamentene/svakhetssonene er antatt å treffe tunnelen.

Svakhetssonene listet nedenfor er de som antas å krysse eller komme i berøring med tunnelen. Orientering av sonene er gitt som strøk og fall ved bruk av høyre håndsreglen.

Svakhetszone S28

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har orientering 120°/90° og antas å krysse tunnelen i profil 2230 (veglinje 11000/11500).

Svakhetszone S29

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har orientering 0°/80-90° og antas å krysse tunnelen i profil 2210-2275.

Svakhetszone S30

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har orientering 40°/80° og antas å krysse tunnelen i profil 2280 (veglinje 11000/11500).

5.2.5 Påhugg

Østre påhugg veglinje 10000 profil 2070.

Påhugget er planlagt ved Ravnveien i profil 2070, se figur 35. Veglinjen går inn i fjellet på ca. 28 meter over havnivå, det betyr ca. 6 meter under dagens terreng. Påhugget planlegges i en høy skråningsflate som er ca. 16 m høy, som etter nedsprenghing av vegen blir ca. 22 m høy. Terrenget over påhuggsområdet fortsetter bratt oppover til det når maks høyde i ca. profil 2100, der flater terrenget ut.

Terrenget preges av bergblotninger med tynt vegetasjonsdekke og trær. Berget i skråningen er massivt og moderat oppsprukket, med varierende sprekkeavstand fra 0,2 -1,5 meter. Sprekkeflatene er generelt røe.

På grunn av den høye skråningen vil det bli behov for bergsikring ovenfra i påhuggsområdet.

Østre påhugg veglinje 11000/11500 profil 2020

Kartlegging av bergblotninger viser at påhugg kan etableres ca i profil 2220. Veglinjen går inn i fjellet på ca. 26 meter over havnivå. Påhugget er planlagt ved Brattbakken. Bergoverdekning i påhuggsområdet antas å være ca. 6 m. Over påhuggsområdet fortsetter terrenget oppover med ca. 20 ° helning fremtil profil 2260, hvor det flater ut.

Berget i skråningen er massivt og lite oppsprukket, med varierende sprekkeavstand fra 1-3 meter. Synlige sprekkeflater er generelt plane, se figur 36.

Vestre påhugg, veglinje 10000 profil 2280 og profil 2480 i veglinje 11000/11500

Vestre påhugg er lagt til en steil bergskråning på vestsiden av Rambergåsen. Veglinjen kommer ut av fjellet på ca. 30 meter over havet og fortsetter over fjorden på bru. Det har kun blitt kartlagt opp på skråningstopp men ikke i selve bergskråningen på grunn av vanskelig terreng. Bergskråningen ligger i et meget bratt terreng hvor det kun er tilgang med båt fra fjorden, evt. med tau fra toppen. Bergskråningen bør kartlegges i neste planfase.

Det vil bli behov for sikring i bergskråning over påhuggsområder.



Figur 35: Østre påhuggsområde ved Ravnveien (veglinje 10000). Påhugget blir lagt til bergknausen i bakgrunnen.



Figur 36: Østre påhuggsområde, massiv Larvikitt (veglinje 11000/11500).

5.2.6 Naturfarevurderinger

Ifølge aktsomhetskart fra NVE ligger linjen innenfor teoretisk utløpsområde for snø- og steinsprang (se figur 28 og 29). Det er gjort vurderinger av den reelle sannsynligheten for skred i påhugg basert på terrengeanalyser, lokale geologiske forhold og historiske data.

Ifølge aktsomhetskart fra NVE ligger vestre påhuggsområde innenfor aktsomhetsområder for snø og steinsprang. Påhuggene etableres i en relativt steil ca. 12 m høy bergskråning. Vestre påhugg har meget bratt sideterreng. Bergskråningene er moderat oppsprukket. Bergsikring i form av bolting og/eller steinsprangnett må beregnes i bergskråning for å forhindre nedfall av stein fra skråning. Sannsynligheten for steinsprang i påhuggsområder skal være liten etter nødvendige sikringstiltak er gjort. Det er med bakgrunn i dette og flatt terreng bak skråningskantene vurdert tilfredsstillende lav skredfare for påhuggsområder.

Området representerer liten fare for snøskredhendelser. Det er etter befaringer ikke observert noe tegn til skred. Det er ikke registrert snøskred ved eller på veg i planområdet utfra søk i NVDB og NVE-skredhendelsesdatabasen. Dette, kombinert med en forventning om mindre snømengder i årene som kommer, gjør at risikoen for snøskred vurderes å være meget liten for hele den vurderte strekningen. Sannsynligheten for snøskred vurderes derfor å være neglisjerbar, og risikoreducerende tiltak vurderes ikke å være nødvendig.

5.2.7 Bergsikring-oppsummering sikring

På bakgrunn av ingeniørgeologisk kartlegging er det gjort enkle beregninger av Q-verdier for tunnelene. Q-verdier er beregnet basert på observasjoner i dagen. Dette medfører at SRF, Ja og Jw -verdiene er svært usikre. Det er tatt utgangspunkt i SRF=1 og Jw =1 ved estimering av Q-verdier. I Tabell 10 er det gitt en sammenstilling av estimerte parameterverdier til Q-systemet.

Tabell 10: Benyttede parameterverdier til Q systemet som grunnlag for estimat av sikringsomfang

Bergart/Q parameter	RQD	RQD gjennomsnitt	J _n	J _r	J _a	Q verdi
Larvikitt	50-90	80	9	1,5-3	1	8,3-30

Sammenhengen mellom Q-verdi og sikringsklasser er gitt i håndbok N500 Vegtunneler. Permanent sikring i tunnelene baseres på stoffkartlegging under driving. Sikringsklassene i håndbok N500 går fra 1 til 6, hvor klasse 1 gir minst sikring og klasse 6 gir mest sikring [25].

Med grunnlag i ingeniørgeologisk feltkartlegging og erfaringer fra tunneldriving i larvikitt er det gjort et overslag av fordeling av bergmassekvaliteten langs tunnelen og ut fra dette omfanget av sikringsarbeider for tunnelen. Det understrekes at inndelingen i de ulike sikringsklassene er en tolkning basert på eksisterende grunnlag. Andelen innenfor hver sikringsklasse antas å være:

- A/B: 45-50 %
- C: 20-30 %
- D: 15-20 %
- E: 5-10 %

Bergsikringen i tunnelen vil i hovedsak bestå av en kombinasjon av bolter og fiberarmert sprøytebetong. Ved kryssing av svakhetssoner kan det bli aktuelt med redusert salvelengde og tung sikring i form av armerte sprøytebetongbuer. De må også påregnes noen injeksjon. I tunneler på prosjekt E18 Bommestad-Sky, som også ble drevet gjennom larvikitt, ble ca. 30 % av tunnelens lengde injisert. Tabell 11 og 12 viser anslåtte sikringsmengder i tunnel gjennom Rambergåsen.

Påhuggene etableres i 10-17 meters høye bergskråninger. Bergskråningene er moderat oppsprukne. Bergsikring i form av bolting og/eller steinsprangnett må beregnes i bergskråning i påhuggsområde for å forhindre nedfall av stein fra skråning. Forut for sikring skal bergskjæringene være rensket, utført som maskinell rensk og spettrensk. Etter dette vurderes endelig behov for permanent sikring av geolog. Det påpekes at utførelsen av sprengning vil påvirke det endelige sikringsbehovet. Det er viktig derfor at sprengning av påhugg blir utført så skånsomt som mulig mot det gjenstående berget.

5.2.8 Anvendelse av sprengsteinsmassene

Det er antatt at sprengstein fra tunneldriving kan benyttes til formål som vegdekker og fyllmasser. Avhengig av anvendelsen av massene må bearbeiding av sprengstein ved sorterings- og knuseverk påregnes. Det må gjøres egne laboratorietester av berget i neste planfase for fastslå om de er egnet til bruk som materiale i vegoppbygging.

Tabell 11: Anslåtte sikringsmengder i tunnel gjennom Rambergåsen, veglinje 10000 (antatt tunneltversnitt T9,5).

Berg-klasse	Sikrings-klasse	Sikringsmetode	Sikrings-mengde pr. løpemeter	Antatt fordeling i tunnelen	Antatt lengde av tunnelen	Sikringsmengde	
						Mengde	Enhet
A/B	I	Spredt bolting	3,1 stk.	50 %	105 m	325	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til 2 m over såle	2,5 m ³			262	m ³
C	II	Systematisk bolting c/c 2 m	5,2 stk.	30 %	63 m	328	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til såle	2,6 m ³			164	m ³
D	III	Systematisk bolting c/c 1,75 m	6,9 stk.	15 %	32 m	221	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E1000, 100 mm eller mer, ned til såle	3,3 m ³			105	m ³
E	IV	Systematisk bolting c/c 1,5 m	9 stk.	5 %	10 m	90	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150 mm, ned til såle	4,8 m ³			48	m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonE30/6	0,2 stk.			2	stk.
F	V	Systematisk bolting c/c 1-1,5 m	9 stk.	0 %			stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150-250 mm eller mer, ned til såle	4,8 m ³				m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonD60/6+4	0,2 stk.				stk.
		Armert sålestøp					
G	VI	Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt		0 %			

Tabell 12: Anslåtte sikringsmengder i tunnel gjennom Rambergåsen alternativ 11000/11500 (antatt tunneltversnitt T9,5).

Berg-klasse	Sikrings-klasse	Sikringsmetode	Sikrings-mengde pr. løpemeter	Antatt fordeling i tunnelen	Antatt lengde av tunnelen	Sikringsmengde	
						Mengde	Enhet
A/B	I	Spredt bolting	3,1 stk.	45 %	117 m	363	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til 2 m over såle	2,5 m ³			293	m ³
C	II	Systematisk bolting c/c 2 m	5,2 stk.	30 %	78 m	406	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til såle	2,6 m ³			203	m ³
D	III	Systematisk bolting c/c 1,75 m	6,9 stk.	20 %	52 m	359	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E1000, 100 mm eller mer, ned til såle	3,3 m ³			172	m ³
E	IV	Systematisk bolting c/c 1,5 m	9 stk.	5 %	13 m	117	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150 mm, ned til såle	4,8 m ³			62	m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonE30/6	0,2 stk.			2	stk.
F	V	Systematisk bolting c/c 1-1,5 m	10 stk.	0 %	0 m		stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150-250 mm eller mer, ned til såle	5,2 m ³				m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonD60/6+4	0,2 stk.				stk.
		Armert sålestøp					
G	VI	Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt *		0 %	0 m		

5.3 Tunnel gjennom Skomakeråsen (Vear)

I veglinje 10000 går traseen i tunnel på Vear, gjennom Skomakeråsen.

Tunnel	Veglinje	Pelstart	Pel slutt	Lengde
Vear-Skomakeråsen	10000	3250	3680	420 m

5.3.1 Bergoverdekning

Linjen starter med et påhuggsområde ved Røsslyngveien ved ca. profil 3250, med ca. 8 meter dybde til tunnelsåle fra overflate. Den går igjennom Skomakeråsen og ender med påhuggsområde ved innsiden av Steinbruddveien ved ca. profil 3680. Det er utført grunnboringer på strekningen over Skomakeråsen (borpunkter 197-201), disse viser områder med antatt liten eller ingen bergoverdekning. Sikker fjelloverdekning for tunnelen antas foreløpig kun å være på strekningen i profil 3300–3450. Her varierer bergoverdekningen mellom 15 – 27 m, hvor maksimal bergoverdekning på 28 m er i profil 3390.

Det er svært liten overdekning i borpunkt 198, profil 3498 og ingen overdekning i borpunkt 200, profil 3567, ved kryssing under Rv 303. Her ligger berget helt nede i veglinja. Boringene er foreløpig utført i utvalgte punkter for å unngå skader med bruk av boreriggen på private eiendommer. Det er stor sannsynlighet for liten eller ingen overdekning i ytterligere flere punkter. På hele strekningen fra profil 3450, under Rv 303 og frem til planlagt tunnelpåhugg ved profil 3670-3680 er det svært usikkert med tanke på en tunnelløsning i berg, se figur 37. En tunnelløsning på strekningen gjennom Skomakeråsen vil antatt berøre svært mange boliger

5.3.2 Bergspenninger i tunnel

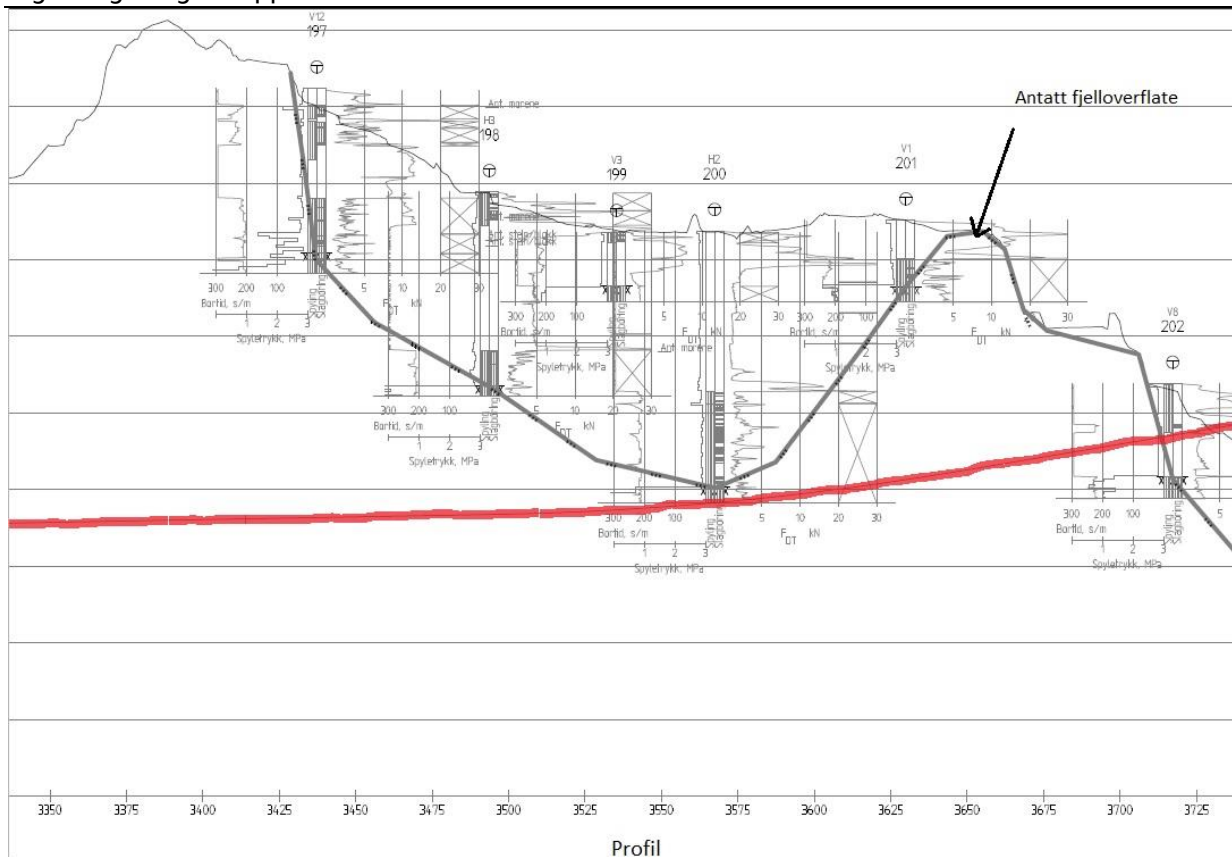
Det er ikke utført bergspenningsmålinger i området. Ved driving av tunneler i larvikitt i Larviksområdet opplevde en at berget ble påvirket av spenninger. Der berget i tunnelen ble stående uten påført sprøytebetong flaket berget seg opp etter kort tid, som følge av restspenninger i berget. Det bør derfor medregnes en mulighet for dette også for den aktuelle tunnelen.

5.3.3 Bergmassekvalitet og oppsprekking

Tunnelen er antatt å ha veldig liten eller ingen bergoverdekning. Området består hovedsakelig av løsmasser av mektig tykkelse. Det er antatt berg i profil 3000-3450, hvor bergarten er larvikitt. Berget fremstår massivt med tre tydelige sprekkesett, to steile sprekkesett (S1 og S2) og ett nærmest vertikalt. Sprekkene oppstår generelt som ru og bølget. Sprekkavstand i S1 og S2 varierer fra 0,5–3 m og i S3 fra 0,6-1,5 m. Bergtunnelen er gunstig orientert i forhold til de mest utbredte hovedsprekkesettene i området (se polplott og sprekkerose, figur 20 og 21).

Det er ikke foretatt målinger av bergartens mekaniske egenskaper for dette prosjektet. Larvikitt har normalt høy trykkfasthet, er ikke alkalireaktiv, og glimmerinnholdet er lavt. Bergmassekvaliteten er generelt funnet å være godt egnet for konvensjonell tunneldriving med boring og sprengning.

Løsmasser i området består hovedsakelig av bløte sensitive leirer samt noe morene.



Figur 37: Lengdesnitt med boringer i området, rød linje indikerer vegbane tunnel. Området viser seg å ha svært liten bergoverdekning [11].

5.3.4 Svakhetssoner

I følge studier fra flyfotoer og relieffkart forventes det at tunnelen vil påtreffes ca. 5 lineamenter/svakhetssoner (S60, S38, S39, S37 og S40). Tre av disse sonene, S60, S38 og S39, befinner seg i områder hvor det er registrert berg. I forbindelse med svakhetssoner kan bergmassene være kraftig oppsprukket eller oppknust og vannførende.

Lineamentene/svakhetssonene har ulik orientering og varierende fremtreden. Flere av lineamentene antas å være diabasganger. På vedlagt geologisk (vedlegg 1) er alle lineamenter/svakhetssoner i tunnelområdet tegnet inn. Hvor de enkelte svakhetssonene antas å treffe tunnelen er tegnet i lengdeprofil på geologisk tegning. Orientering av de fleste lineamentene/svakhetssonene forventes å være stabilitetsmessig gunstig i forhold til retningen av tunneltraséen.

Svakhetssonene listet nedenfor er de som antas å krysse eller komme i berøring med tunnelen. Orientering av sonene er gitt som strøk og fall ved bruk av høyre håndreglen.

Svakhetszone S60

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 45°/80° Den antas å krysse tunnelen i profil 3350.

Svakhetssone S38

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering $130^{\circ}/90^{\circ}$
Den antas å krysse tunnelen i profil 3355.

Svakhetssone S39

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering $45^{\circ}/80^{\circ}$
Den antas å krysse tunnelen i profil 3410.

Svakhetssone S37

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering $30^{\circ}/90^{\circ}$
Den antas å krysse tunnelen i profil.

Svakhetssone S40

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering $0^{\circ}/90^{\circ}$ Den antas å krysse tunnelen i profil 3570.

5.3.5 Påhugg

Østre påhugg, profil 3250.

Påhugget er planlagt i berg ved Røsslyngveien i ca. profil 3250. Berg i påhuggsområdet er antatt være ca. 2 meter høyt. Veglinjen går inn i fjellet på ca. 11 meter over havnivå. Terrenget over påhuggsområdet er relativt flatt.

Vestre påhugg, profil 3680.

Vestre påhugg er planlagt i profil 3670-3680, her er det ikke noen synlige bergflater. Det er svært usikkert med påhugg i berg i området. Det må utføres grunnundersøkelser i området i neste planfase.

5.3.6 Naturfarevurderinger

Ifølge aktsomhetskart fra NVE ligger linjen ikke innenfor teoretisk utløpsområde for steinsprang eller snøskred. Det er gjort vurderinger av den reelle sannsynligheten for skred i påhugg basert på terenganalyser, lokale geologiske forhold og historiske data. Det er ikke registret noen skred i området.

Området representerer ingen eller liten fare for steinsprang/-sprang. Terrenget er forholdsvis flatt og med kun lave områder med bergblotninger. Sannsynligheten for steinsprang vurderes derfor å være neglisjerbart.

Området representerer liten fare for snøskredhendelser. Det er etter befaringer ikke observert noe tegn til skred. Området er meget flatt. Det er ikke registrert snøskred ved eller på veg i planområdet utfra søk i NVDB og NVE-skredhendelsesdatabasen. Området vurderes ikke for å være i risiko for snøskred.

5.3.7 Bergsikring-oppsummering sikring

På bakgrunn av ingeniørgeologisk kartlegging er det gjort enkle beregninger av Q-verdier for tunnelene. Q-verdier er beregnet basert på observasjoner i dagen. Dette medfører at SRF, Ja og Jw -verdiene er svært usikre. Det er tatt utgangspunkt i SRF = 1 og Jw = 1 ved estimering av Q-verdier. I Tabell 13 er det gitt en sammenstilling av estimerte parameterverdier til Q-systemet.

Tabell 13: Benyttede parameterverdier til Q systemet som grunnlag for estimat av sikringsomfang.

Bergart/Q parameter	RQD	RQD gjennomsnitt	J _n	J _r	J _a	Q
Larvikitt	70-90	78	9	3	1	23-30

Sammenhengen mellom Q-verdi og sikringsklasser er gitt i håndbok N500 Vegtunneler. Permanent sikring i tunnelene baseres på stoffkartlegging under driving. Sikringsklassene i håndbok N500 går fra 1 til 6, hvor klasse 1 gir minst sikring og klasse 6 gir mest sikring [25]. Det må regnes med omfattende sikring i tunnelen grunnet løsmasser i tunnelnivå og generelt liten bergoverdekning [25].

Tunneldriving i løsmasser er komplisert. Overgangen mellom berg og løsmasser er utfordrende å løse ikke minst i forhold til å hindre innlekkasje av grunnvann. Det er ofte et permeabelt morenelag mellom den relativt tette marine leira og berg, og ved punktering av dette laget kan man få lekkasjer som kan føre til setninger i overliggende leirelag. Disse setningene kan spre seg relativt langt ut til siden for tunnelområdet. Både i anleggsperioden og i permanent fase må det stilles strenge krav til tetthet.

Løsmassene i området består av morenemasser og bløt leire. Løsmassene antas å nå helt til tunnelnivå og går i lengde på omtrent 80 m. Løsmasseykkelsen antas å være 10-20 m. Selve løsmassestrekningen kan drives som tunnel gjennom løsmassene. Det finnes noen forskjellige metoder for driving av tunneler igjennom løsmasser. De mest brukte er [6, 21]:

- Bygge en åpen bygge grop, ta ut alle massene og benytt såkalt cut and cover metode ovenfra og ned. Denne metoden er komplisert, vil kreve fjerning av mange hus og vill føre til store inngrep i terrenget.
- Rørparaply hvor man borer perforerte stålrør inn i en vifteform, eller som en paraply fra stoff. I rørene pumpes så inn en sementbasert masse med et trykk på 10 til 15 bar. Disse hullene bores 15 meter inn i fjellet. Så sprenges det en meter inn og masser fjernes. Deretter monteres det 200 mm stålbuer. Mellom buene blir det montert armeringsnett før det legges på sprøytebetong. Så sprenges det forsiktig ytterligere en meter.
- Bruk av jetpæler hvor hensikten er å forbedre løsmassene ved delvis å blande og delvis erstatte de med sementmørtel. Borerør trenger gjennom overflaten ned til tunnelnivå mens sement spyles ut og ned-fragmenterer løsmassene. Deretter blandes fragmentene med sement mens borerøret trekkes tilbake. Resultatet blir en rekke stabile sylindere i en forsterket grunn.
- Ved frysestabilisering etableres et stabilt skall rundt tunnelprofilen. Dette gjøres ved å bore inn doble rør med sirkulerende kald væske i to omkretser. Ca. 1-2 m fra ønsket tunnelprofil, fryses et område ned og blir med det til en fast masse. Tre til fire måneder etter at nedfrysingen er igangsatt, er normalt tilstrekkelig styrke oppnådd i massene, og driving av tunnelen kan påbegynnes. Nedfrysing er mulig i alle typer masser så fremt de inneholder minst 5 % vann. Når løsmassene fryses binder isen jordpartiklene og øker der med styrken i grunnen.

Driving av tunnel i gjennom løsmasser krever mye sikring, er meget tidkrevende og kostbart.

Det vil være svært utfordrende å drive tunnelen gjennom de bløte leirmassene. Massene må stabiliseres rundt hele tverrsnittet samt foran stoff for å unngå innpressing av leire og kollaps.

Det er lite blotningsgrad langs tunneltraséen og kun sikkert med fjell i 150 m av tunnelens lengde dvs. fra profil 3300-3450.

Med grunnlag i ingeniørgeologisk feltkartlegging og erfaringer fra tunneldriving i larvikitt er det gjort et overslag av fordeling av bergmassekvaliteten langs tunnelen og ut fra dette omfanget av sikringsarbeider for tunnelen. Det understrekes at inndelingen i de ulike sikringsklassene er en tolkning basert på eksisterende grunnlag. Sikringsmengder i løsmasseområdet er satt i sikringsklasse G (dimensjoneres spesielt). Andelen innenfor hver sikringsklasse antas å være:

- A/B: 20 %
- C: 5 %
- D: 10 %
- G: 60-65 %

Tabell 14 viser anslåtte sikringsmengder i tunnel gjennom Skomakeråsen. Sikring og drivemetoder i løsmassedelen av tunnelen må vurderes spesielt og i samråd med geoteknikker. Dette må gjøres i neste planfase. Det må også påregnes noe injeksjon. I tunneler på prosjekt E18 Bommestad-Sky, som også ble drevet gjennom larvikitt, ble ca. 30 % av tunnelens lengde injisert.

5.3.8 Anvendelse av sprengsteinsmassene

Det er antatt at sprengstein fra tunneldriving kan benyttes til formål som vegdekker og fyllmasser. Avhengig av anvendelsen av massene må bearbeiding av sprengstein ved sorterings- og knuseverk påregnes. Det må gjøres egne laboratorietester av berget i neste planfase for fastslå om de er egnet til bruk som materiale i vegoppbygging.

Tabell 14: Anslåtte sikringsmengder i tunnel gjennom Skomakeråsen (antatt tunneltversnitt T9,5)

Berg-klasse	Sikrings-klasse	Sikringsmetode	Sikrings-mengde pr. løpemeter	Antatt fordeling i tunnelen	Antatt lengde av tunnelen	Sikringsmengde	
						Mengde	Enhet
A/B	I	Spredt bolting	3,1 stk.	20 %	86 m	301	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til 2 m over såle	2,5 m ³			215	m ³
C	II	Systematisk bolting c/c 2 m	5,2 stk.	5 %	21 m	109	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til såle	2,6 m ³			54,6	m ³
D	III	Systematisk bolting c/c 1,75 m	6,9 stk.	10 %	43 m	297	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E1000, 100 mm eller mer, ned til såle	3,3 m ³			142	m ³
E	IV	Systematisk bolting c/c 1,5 m	9 stk.	0 %	m		stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150 mm, ned til såle	4,8 m ³				m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonE30/6	0,2 stk.				stk.
F	V	Systematisk bolting c/c 1-1,5 m	9 stk.	0 %			stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150-250 mm eller mer, ned til såle	4,8 m ³				m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonD60/6+4	0,2 stk.				stk.
		Armert sålestøp					
G	VI	Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt		65%	280 m	*	

*Type sikring og drivemetode vurderes i neste planfase i samråd med geoteknikker.

5.4 Tunnel gjennom Hogsnesåsen

I veglinje 10000 går traseen i tunnel på Hogsnes, gjennom Hogsnesåsen.

Tunnel	Veglinje	Pelstart	Pel slutt	Lengde
Hogsnesåsen	10000	4250	5135	885 m

5.4.1 Bergoverdekning

Tunnelen starter med et påhuggsområde ved innsiden av vegkryss Bjellandveien og Gamle Bjellandveien, i ca. profil 4250. Tunnelen går igjennom Hogsnesåsen og ender med påhuggsområde hvor Hogsnesbakken og Bjellandveien krysser, i ca. profil 5135. Bergoverdekning i tunnelen antas å være veldig varierende, ved svakhetssone ved ca. profil 4600 er det minimalt med bergoverdekning. Det må gjøres ytterligere grunnundersøkelser i neste planfase for å få bedre bilde av fjellflaten i området. Størst overdekning antas å være ca. 37 m ved profil ca. 4800.

Det er utført grunnboringer på strekningen i forbindelse med prosjekt Fv 303 Hogsnesbakken (regulert i 2010). Disse viser generelt løsmasseoverdekning på 1,6 til 3 meter. De fleste boliger i området er fundamentert på berg. I dalsøkket rett vest for traséen, mellom Hogsnesåsen og Bjellandåsen, ligger en rekke større industribygg fundamentert på løsmasser med opptil 25 m mektighet. Massene er bløte og relativt setningsømfintlige. Grunnundersøkelser langs Blåvingeveien viser også tykk løsmassemekthet på opptil 26 m.

5.4.2 Bergspenninger i tunnel

Det er ikke utført bergspenningsmålinger i området. Ved driving av tunneler i Larvikitt i Larviksområdet opplevde en at berget ble påvirket av spenninger. Der berget i tunnelen ble stående uten påført sprøytebetong flaket berget seg opp etter kort tid, som følge av restspenninger i berget. Det bør derfor medregnes en mulighet for dette også for den aktuelle tunnelen.

5.4.3 Bergmassekvalitet og oppsprekking

Dypbergarten Larvikitt er dominerende langs hele planlagte traséen. Larvikitten fremstår i felt som massiv. Det er noe rombeporfyrr i nordspissen av planlagt tunnel. Det finnes lommer og ganger av diabas, der gangene ofte følger hovedsprekkeretningene. Larvikitten over tunneltraséen er generelt lite til moderat oppsprukket, men kan stedvis ha stor sprekke tetthet. Rombeporfyren er moderat oppsprukket og massiv.

Sprekkekartlegging i dagen viser tre sprekkese, hvorav ett er sub-horisontale eksfoliasjonssprekker (avlastningssprekker) som opptrer nær overflaten. Hovedsprekkeretningen er NØ-SV med steilt fall mot SØ. Videre er sprekkplan NV-SØ med steile fall vanlig. Et tredje, mindre framtrædende sprekkese har varierende strøk og slakt fall mot øst eller syd, disse antas representere eksfoliasjonssprekker. Berget er generelt grovblokkig med typisk sprekkavstand 0,5 2 m og større i godt berg. Steile sprekker er ofte plane. Andre sprekker og sub-horisontale sprekker er hovedsakelig bølget og ru. Mesteparten av tunnelen er gunstig orientert i forhold til de mest utbredte hovedsprekkesettene i området, se figur 22 og 23.

Det er ikke foretatt målinger av bergartens mekaniske egenskaper for dette prosjektet. Larvikitt har normalt høy trykkfasthet, er ikke alkalireaktiv, og glimmerinnholdet er lavt.

Bergmassekvaliteten er generelt funnet å være godt egnet for konvensjonell tunneldrivning med boring og sprengning.

5.4.4 Svakhetssoner

I følge studier fra flyfotoer og relieffkart samt registreringer i forbindelse med geologisk rapport for prosjekt Hogsnesbakken Fv. 303 forventes det at tunnelen vil påtreffe ca. 3 svakhetssoner/lineamenter (S54, S53, S55 og S61) i tillegg til noen eruptive ganger av diabas. Området preges av daler med retning N-S og NV-SØ som er fylt med marin leire. Eruptive ganger har gjerne tettere oppsprekking og dårligere friksjon på sprekker enn sideberget og dette kan medføre økt sikringsbehov ved passering av disse. I forbindelse med svakhetssoner kan bergmassene være kraftig oppsprukket eller oppkjust og vannførende.

Lineamentene/svakhetssonene har ulik orientering og varierende fremtreden. På vedlagt geologisk tegninger (vedlegg 1) er alle lineamenter/svakhetssoner i tunnelområdet tegnet inn. Hvor de enkelte svakhetssonene antas å treffe tunnelen er tegnet i lengdeprofil som vises på geologisk tegning. Svakhetszone S59 treffer ikke direkte tunnelen men ligger veldig tett på nordre påhuggsområde. Orientering av svakhetssonene S53, S61 og S54 forventes å være stabilitetsmessig gunstig i forhold til retningen av tunneltraséen, de vil krysse tunnelen med moderat til stor vinkel. Svakhetszone S55 er orientert ugunstig med tanke på stabilitet, sonen går langs tunneltraséen og der er det lite bergoverdekning.

Dalføret som ligger vest for traséen, og dalføret rett sør for det sydlige påhugget er de mest markerte. Tunneltraséen berøres ikke av disse.

Svakhetssonene listet nedenfor er de som antas å krysse eller komme i berøring med tunnelen. Orientering av sonene er gitt som strøk og fall ved bruk av høyre håndsreglen.

Svakhetszone S53

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 135°/80° Den antas å krysse tunnelen i profil 4560.

Svakhetszone S61

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 170°/90° Den antas å krysse tunnelen i profil 4590.

Svakhetszone S54

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 120°/80° Den antas å krysse tunnelen i profil 4990.

Svakhetszone S55

Lineament registrert ved kartstudier, stor svakhetszone. Den antatte svakhetssonen har antatt orientering 0°/90° Den antas å krysse tunnelen i profil 4610

5.4.5 Påhugg

Søndre påhugg, profil 4250.

Linja starter med et påhuggsområde ved innsiden av vegkryss Bjellandveien og Gamle Bjellandveien, i profil 4250. Veglinjen går inn i fjellet på ca. 25 meter over havnivå. Overdekning ved planlagt påhugg er antatt ca. 7 m. Terrenget over påhuggsområdet er relativt slakt.

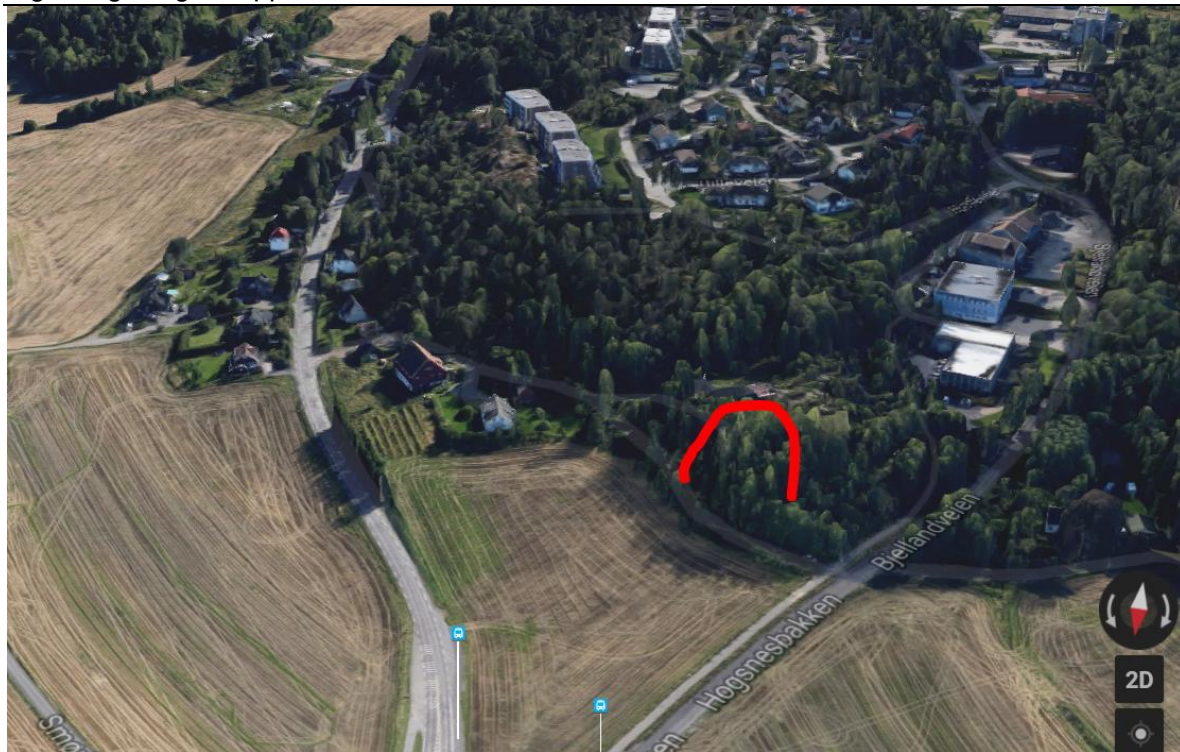
Berget ved påhugget er massivt og moderat oppsprukket, se figur 38.

Nordre påhugg, profil 5135.

Linja ender med et påhuggsområde hvor Hogsnesbakken og Bjellandveien krysser i profil 5135. Veglinjen går inn i fjellet på ca. 15 meter under havnivå. Figurer 39 og 40 viser berg og påhuggsområdet. I planlagt påhuggsområde er det svaberg, terrenget over påhuggsområdet er relativt slakt. Berget ved påhuggsområdet er moderat oppsprukket, med varierende sprekkeavstand fra 0,5-2 m. Det står hus tett inntil planlagt påhugg som blir berørt.



Figur 38: Bergblotning i nærhet av søndre påhugg på tunnel gjennom Hogsnesåsen.



Figur 39: Nordre påhuggsområde ved kryss Hogsnesbakken/Bjellandveien, markert med rød strek (figur tatt fra GoogleMaps).



Figur 40: Bergblotning i område ovenfor Nordre påhugg.

5.4.6 Naturfarevurderinger

Ifølge aktsomhetskart fra NVE ligger linjen ikke innenfor teoretisk utløpsområde for skredtypene steinsprang og snøskred. Det er gjort vurderinger av den reelle sannsynligheten for skred i påhugg basert på terrengeanalyser, lokale geologiske forhold og historiske data. Det er ikke registrert noen skred i området.

Området representerer ingen eller liten fare for steinskred/-sprang. Terrenget er forholdsvis flatt og med kun lave områder med bergblotninger. Sannsynligheten for steinsprang vurderes derfor å være neglisjerbart.

Området representerer liten fare for snøskredhendelser. Det er etter befaringer ikke observert noe tegn til skred. Området er meget flatt. Det er ikke registrert snøskred ved eller på veg i planområdet utfra søk i NVDB og NVE-skredhendelsesdatabasen. Området vurderes ikke for å være i risiko for snøskred.

5.4.7 Bergsikring-oppsummering sikring

På bakgrunn av ingeniørgeologisk kartlegging er det gjort enkle beregninger av Q-verdier for tunnelene. Q-verdier er beregnet basert på observasjoner i dagen. Dette medfører at SRF, Ja og Jw -verdiene er svært usikre. Det er tatt utgangspunkt i SRF = 1 og Jw = 1 ved estimering av Q-verdier. I Tabell 15 er det gitt en sammenstilling av estimerte parameterverdier til Q-systemet.

Tabell 15: Benyttede parameterverdier til Q systemet som grunnla for estimat av sikringsomfang

Bergart/Q parameter	RQD	RQD gjennomsnitt	J _n	J _r	J _a	Q verdi
Larvikitt	70-90	80	9	1,5-3	1	11-30

Sammenhengen mellom Q-verdi og sikringsklasser er gitt i håndbok N500 Vegtunneler. Permanent sikring i tunnelene baseres på stoffkartlegging under driving. Sikringsklassene i håndbok N500 går fra 1 til 6, hvor klasse 1 gir minst sikring og klasse 6 gir mest sikring [25].

Med grunnlag i ingeniørgeologisk feltkartlegging i detteprosjektet, prosjekt Fv303 Hogsnesbakken og erfaringer fra tunneldriving i Larvikitt er det gjort et overslag av fordeling av bergmassekvaliteten langs tunnelen og ut fra dette omfanget av sikringsarbeider for tunnelen. Det understrekes at inndelingen i de ulike sikringsklassene er en tolkning basert på eksisterende grunnlag. Andelen innenfor hver sikringsklasse antas å være:

- A/B: 45-50 %
- C: 20-30 %
- D: 15-20 %
- E: 5-10 %

Bergsikringen i tunnelen vil i hovedsak bestå av en kombinasjon av bolter og fiberarmert sprøytebetong. Ved kryssing av svakhetssoner kan det bli aktuelt med redusert salvelengde og tung sikring i form av armerte sprøytebetongbuer. De må også påregnes noe injeksjon. I tunneler på prosjekt E18 Bommestad-Sky, som også ble drevet gjennom larvikitt, ble ca. 30 % av tunnelens lengde injisert.

Tabell 16 viser anslåtte sikringsmengder i tunnel gjennom Hogsnesåsen. Ved lite til moderat oppsprukket bergmasse kan det forekomme dannelse av boksprofil dersom det foreligger parallelle, steiltstående sprekker langsmed tunnelen, sammen med relativt flattliggende sprekker. Observasjoner i dagen tyder på at steile sprekker er relativt plane. Slik sprekkegeometri kan medføre fare for utfall av store blokker i hengen, og det må derfor påregnes behov for ekstra bolting i heng og vederlag med lange bolter (min 4 m). For store deler av tunnelen gjelder at den ligger nokså parallelt med en av hovedsprekkeretningene.

5.4.8 Anvendelse av sprengsteinsmassene

Det er antatt at sprengstein fra tunneldriving kan benyttes til formål som vegdekker og fyllmasser. Avhengig av anvendelsen av massene må bearbeiding av sprengstein ved sorterings- og knuseverk påregnes. Det må gjøres egne laboratorietester av berget i neste planfase for fastslå om de er egnet til bruk som materiale i vegoppbygging.

Tabell 16: Anslåtte sikringsmengder i tunnel gjennom Hogsnesåsen.

Berg-klasse	Sikrings-klasse	Sikringsmetode	Sikrings-mengde pr. løpemeter	Antatt fordeling i tunnelen	Antatt lengde av tunnelen	Sikringsmengde	
						Mengde	Enhet
A/B	I	Spredt bolting	3,1 stk.	45 %	398 m	1234	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til 2 m over såle	2,5 m ³			995	m ³
C	II	Systematisk bolting c/c 2 m	5,2 stk.	30 %	266 m	1383	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til såle	2,6 m ³			692	m ³
D	III	Systematisk bolting c/c 1,75 m	6,9 stk.	20 %	177 m	1221	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E1000, 100 mm eller mer, ned til såle	3,3 m ³			584	m ³
E	IV	Systematisk bolting c/c 1,5 m	9 stk.	5 %	44 m	396	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150 mm, ned til såle	4,8 m ³			211	m ³
		Armerte sprøytebetongbuer Buedimensjon E30/6	0,2 stk.			9	stk.
F	V	Systematisk bolting c/c 1-1,5 m	9 stk.	0 %	0 m		stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150-250 mm eller mer, ned til såle	4,8 m ³				m ³
		Armerte sprøytebetongbuer Buedimensjon D60/6+4	0,2 stk.				stk.
		Armert sålestøp					
G	VI	Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt *		0 %	0 m		

5.5 Tunnel fra Smørberg-Hogsnes

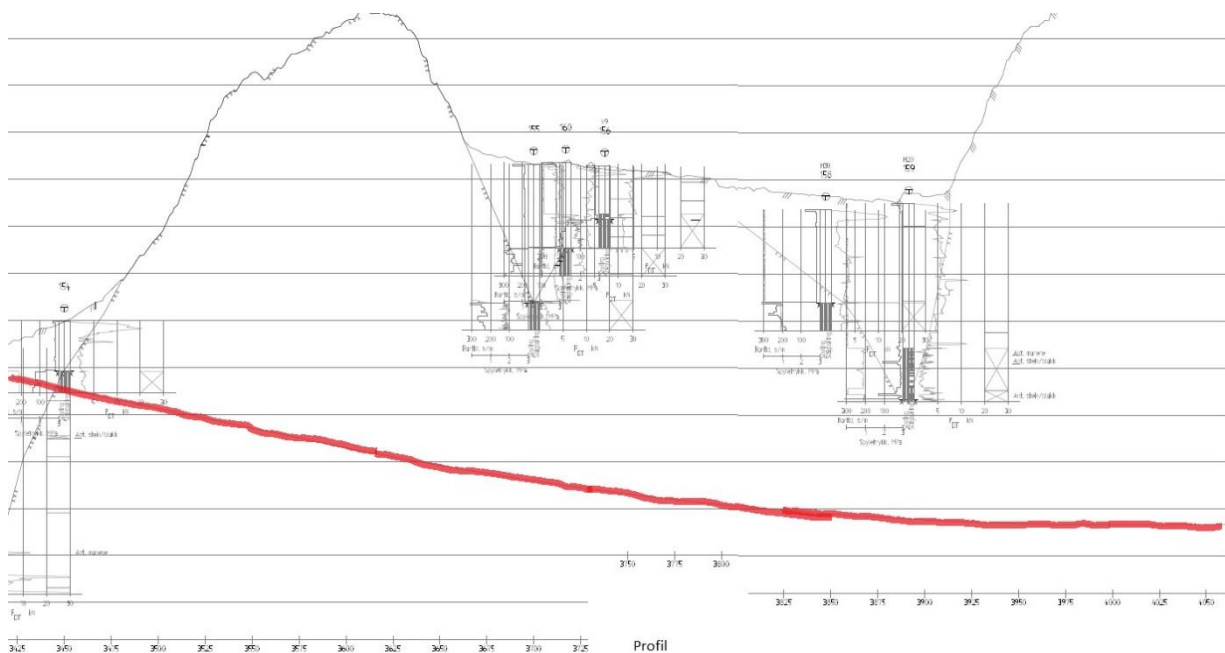
I veglinje 11500 går traseen i tunnel på Hogsnes, gjennom Hogsnesåsen.

Tunnel	Veglinje	Pelstart	Pel slutt	Lengde
Smørberg -Hogsnes	11500	3475	4480	1005 m

5.5.1 Bergoverdekning

Tunnelen går fra Smørberg og gjennom Hogsnesåsen, under dagens Rv 303 og ender i område der Hogsnesbakkken og Bjellandveien møtes. Linjen starter med et påhuggsområde bak Smørberg gartneri rundt profil 3475 og ender med påhugg i område hvor Hogsnesbakken og Bjellandveien møtes i profil 4480.

Det er utført noen få grunnboringer på strekningen både i forbindelse med prosjekt ny Fastlandsforbindelses og eldre prosjekt Fv. 303 Hogsnesbakken tunnel. Disse viser områder med liten eller ingen bergoverdekning i tunneltraséen. Ved profil 3300-3420 (rett før planlagt tunnelpåhugg) er det funnet tykke mengder med løsmasser, avsetninger av bløt sensitiv leire med fjelldybder på inntil 25 meter. Det er antatt at fjelloverflaten stiger opp inn mot åsen på vestsiden mot profil 3450, mot et antatt fjellpåhugg for tunnel ved profil 3475. I området mot Rv 303 ved Hogsnesbakken, profil 3650-3900, er et dalsøkk hvor det også er registrert løsmasser. Sonderinger 155, 160, 160, 158, 159 i området indikerer dybde til fjell på 2,5-20,8 m. Sikker bergoverdekning for tunnelen antas foreløpig kun å være på strekninger 3475-3650 og 3900-4480 (se figur 41).



Figur 41: Lengdesnitt med boringer i området, rød linje indikerer vegbane tunnel. Området viser seg å ha noe usikkerhet knyttet til bergoverdekning [11].

Bergoverdekningen i profil 3475-3650 varierer fra 20-40 m, med maksimal bergoverdekning på 40,5 m i profil 3600. Bergoverdekning på strekning 3900-4480 antas å være tilstrekkelig med overdekning fra 15-59. Maksimal bergoverdekning 59 m er i profil 4100.

Foreløpig vertikalføring for tunnelen viser liten overdekning i området inn mot passering under Rv 303. Det må tas høyde for en løsning med liten overdekning, og det må suppleres med boringer

for å kartlegge bergoverdekningen. Eventuelt bør det ses på mulighet for å senke linja noe, eller en flytting noe mot syd.

5.5.2 Bergspenninger i tunnel

Det er ikke utført bergspenningsmålinger i området. Ved driving av tunneler i Larvikitt i Larviksområdet opplevde en at berget ble påvirket av spenninger. Der berget i tunnelen ble stående uten påført sprøytebetong flaket berget seg opp etter kort tid, som følge av restspenninger i berget. Det bør derfor medregnes en mulighet for dette også for den aktuelle tunnelen.

5.5.3 Bergmassekvalitet og oppsprekking

Løsmasser og dypbergarten Larvikitt er dominerende langs hele planlagte traséen. Larvikitten fremstår i felt som massiv. Ved nordspissen av planlagt tunnel er det registrert rombeporfyre, en vulkansk bergart. Det finnes lommer og ganger av diabas, der gangene ofte følger hovedsprekkeretningene. Larvikitten over tunneltraséen (hvor det er sikkert med berg) er generelt lite til moderat oppsprukket, men kan stedvis ha stor sprekke tetthet. Rombeporfyren er moderat oppsprukket og massiv.

Sprekkekartlegging i dagen viser tre sprekkesett, hvorav ett er subhorisonale eksfoliasjonssprekker (avlastningssprekker) som opptrer nær overflaten. Hovedsprekkeretningen er NØ-SV med steilt fall mot SØ. Videre er sprekkeplan NV-SØ med steile fall vanlig. Et tredje, mindre framtrædende sprekkesett har varierende strøk og slakt fall mot øst eller syd, disse antas representere eksfoliasjonssprekker. Berget er generelt grovblokkig med typisk sprekkeavstand 0,5-2m og større i godt berg. Steile sprekker er ofte plane. Andre sprekker og subhorizontale sprekker er hovedsakelig bølget og ru. Mesteparten av tunnelen er gunstig orientert i forhold til de mest utbredte hovedsprekkesettene i området (se polplott og sprekkerose, figur 22 og 23).

Det er ikke foretatt målinger av bergartens mekaniske egenskaper for dette prosjektet. Larvikitt har normalt høy trykkfasthet, er ikke alkalireaktiv, og glimmerinnholdet er lavt. Bergmassekvalitetene er generelt funnet å være godt egnet for konvensjonell tunneldriving med boring og sprengning.

5.5.4 Svakhetssoner

I følge studier fra flyfotoer og relieff kart forventes det at tunnelen vil påtreffe ca. 7 bruddsoner/svakhetssoner (S44, S45, S46, S50, S54, S52 og S51). Noen av disse er eruptive ganger av diabas. Eruptive ganger har gjerne tettere oppsprekking og dårligere friksjon på sprekker enn sideberget og dette kan medføre økt sikringsbehov ved passering av disse. I forbindelse med svakhetssoner kan bergmassene være kraftig oppsprukket eller oppkjust og vannførende.

Lineamentene/svakhetssonene har ulike orientering og varierende fremtreden. På vedlagt geologiske tegninger (vedlegg 1) er alle lineamenter/svakhetssoner i tunnelområdet tegnet inn. Hvor de enkelte svakhetssonene er antatt å treffe tunnelen er tegnet i lengdeprofil vist i geologisk tegning. Svakhetszone S59 treffer ikke direkte tunnelen men ligger veldig tett på nordre påhuggsområde.

Orientering av svakhetssoner S44, S45, S46, S50 og S52 forventes å være stabilitetsmessig gunstig i forhold til retningen av tunneltraséen, de vil krysse tunnelen med moderat til stor vinkel. Svakhetszone S54 går langs tunneltraséen og S51 går langs traséen helt i nordspissen av tunnelen. De forventes å være stabilitetsmessig ugunstig i forhold til retning av tunneltrasé.

Svakhetssonene listet nedenfor er de som antas å krysse eller komme i berøring med tunnelen. Orientering av sonene er gitt som strøk og fall ved bruk av høyre håndsreglen.

Svakhetssone S44

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har orientering 15°/90° og antas å krysse tunnelen i profil 3560.

Svakhetssone S45

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har orientering 15°/80° og antas å krysse tunnelen i profil 3580.

Svakhetssone S46

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har orientering 40°/80° og antas å krysse tunnelen i profil 3650.

Svakhetssone S50

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har orientering 10°/90° og antas å krysse tunnelen i profil 3680.

Svakhetssone S54

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har orientering 160°/80° og antas å krysse tunnelen i profil 3710.

Svakhetssone S52

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har orientering 10°/80° og antas å kryss tunnelen i profil 3880.

Svakhetssone S51

Lineament registrert ved kartstudier. Den antatte svakhetssonen har orientering 0°/90° og antas å krysse tunnelen i profil 4230.

5.5.5 Påhugg

Søndre påhugg, profil 3475

Kartlegging av bergblotninger viser at påhugg kan etableres ca. ved profil 3475. Det er antatt tykke løsmasseavsetninger rett bak planlagt påhugg. Veglinjen går inn i fjellet på ca. 16 meter over havnivå. Bergoverdekning i påhuggsområdet antas å være ca. 10 m. Over påhuggsområdet fortsetter terrenget slakt oppover.

Berget i skråningen er massivt og lite oppsprukket, med varierende sprekkeavstand fra 0,5-3 meter

Nordre påhugg, profil 4480

Linja ender med et påhuggsområde hvor Hogsnesbakken og Bjellandveien møtes, i profil 5135. Veglinjen går inn i fjellet på ca. 3,5 meter over havnivå. Bergoverdekning i påhuggsområdet antas å være ca. 3 m. Terrenget over påhuggsområdet er relativt slakt.

Berget ved påhuggsområdet er moderat oppsprukket, med varierende sprekkeavstand fra 0,5-2 m. Det står hus tett inntil planlagt påhugg som blir berørt.

5.5.6 Naturfarevurderinger

Ifølge aktsomhetskart fra NVE ligger linjen ikke innenfor teoretisk utløpsområde for skredtypene steinsprang og snøskred. Det er gjort vurderinger av den reelle sannsynligheten for skred i påhugg basert på terrengeanalyser, lokale geologiske forhold og historiske data. Det er ikke registrert noen skred i området.

Området representerer ingen eller liten fare for steinsprang/-sprang hendelser. Terrenget er forholdsvis flatt og med kun lave områder med bergblotninger. Sannsynligheten for steinsprang vurderes derfor å være neglisjerbart.

Området representerer liten fare for snøskredhendelser. Det er etter befaringer ikke observert noe tegn til skred. Området er meget flatt. Det er ikke registrert snøskred ved eller på veg i planområdet utfra søk i NVDB og NVE-skredhendelsesdatabasen. Området vurderes ikke for å være i risiko for snøskred.

5.5.7 Bergsikring-oppsummering sikring

På bakgrunn av ingeniørgeologisk kartlegging er det gjort enkle beregninger av Q-verdier for tunnelene. Q-verdier er beregnet basert på observasjoner i dagen. Dette medfører at SRF, Ja og Jw -verdiene er svært usikre. Det er tatt utgangspunkt i SRF = 1 og Jw = 1 ved estimering av Q-verdier. I Tabell 17 er det gitt en sammenstilling av estimerte parameterverdier til Q-systemet.

Tabell 17: Benyttede parameterverdier til Q systemet som grunnlag for estimat av sikringsomfang

Bergart/Q parameter	RQD	RQD gjennomsnitt	J _n	J _r	J _a	Q verdi
Larvikitt	70-90	80	9	1,5-3	1	11-30

Sammenhengen mellom Q-verdi og sikringsklasser er gitt i håndbok N500 Vegtunneler. Permanent sikring i tunnelene baseres på stoffkartlegging under driving. Sikringsklassene i håndbok N500 går fra 1 til 6, hvor klasse 1 gir minst sikring og klasse 6 gir mest sikring [25].

Med grunnlag i ingeniørgeologisk feltkartlegging i dette prosjektet, Fv303 Hogsnesbakken og erfaringer fra tunneldriving i larvikitt er det gjort et overslag av fordeling av bergmassekvaliteten langs tunnelen og ut fra dette omfanget av sikringsarbeider for tunnelen. Område med usikker bergoverdekning, dvs. fra profil 3650-3900 hvor det er mye løsmasser, settes i sikringsklasse 5 på grunn av usikkerhet rundt masser over tunnel. Det understrekes at inndelingen i de ulike sikringsklassene er en tolkning basert på eksisterende grunnlag. Andelen innenfor hver sikringsklasse antas å være:

- A/B: 30-35 %
- C: 15-20%
- D: 5-10%
- E: 15-20 %
- F: 10-15%

Tabell 18 viser anslåtte sikringsmengder i tunnel gjennom Hogsnesåsen. Ved lite til moderat oppsprukket bergmasse kan det forekomme dannelse av boksprofil dersom det foreligger parallelle, steiltstående sprekker langsmed tunnelen, sammen med relativt flattliggende sprekker. Observasjoner i dagen tyder på at steile sprekker er relativt plane. Slik sprekkegeometri kan medføre fare for utfall av store blokker i hengen, og det må derfor påregnes behov for ekstra

bolting i heng og vederlag med lange bolter (min 4 m). For store deler av tunnelen gjelder at den ligger nokså parallelt med en av hovedsprekkeretningene.

5.5.8 Anvendelse av sprengsteinsmassene

Det er antatt at sprengstein fra tunneldriving kan benyttes til formål som vegdekker og fyllmasser. Avhengig av anvendelsen av massene må bearbeiding av sprengstein ved sorterings- og knuseverk påregnes. Det må gjøres egne laboratorietester av berget i neste planfase for fastslå om de er egnet til bruk som materiale i vegoppbygging.

Tabell 18: Anslått sikringsmengder i tunnel fra Smørberg-Hogsnes (antatt tunnelversnitt T9,5).

Berg-klasse	Sikrings-klasse	Sikringsmetode	Sikringsmengde pr. løpemeter	Antatt fordeling i tunnelen	Antatt lengde av tunnelen	Sikringsmengde	
						Mengde	Enhet
A/B	I	Spredt bolting	3,1 stk.	35 %	352 m	1092	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til 2 m over såle	2,5 m ³			880	m ³
C	II	Systematisk bolting c/c 2 m	5,2 stk.	20 %	201 m	1061	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E700, 80 mm ned til såle	2,6 m ³			523	m ³
D	III	Systematisk bolting c/c 1,75 m	6,9 stk.	10 %	100 m	690	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong B35 E1000, 100 mm eller mer, ned til såle	3,3 m ³			330	m ³
E	IV	Systematisk bolting c/c 1,5 m	9 stk.	20 %	201 m	1809	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150 mm, ned til såle	4,8 m ³			965	m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonE30/6	0,2 stk.			40	stk.
F	V	Systematisk bolting c/c 1-1,5 m	10 stk.	15 %	151 m	1510	stk.
		Fiberarmert sprøytebetong E1000, 150-250 mm eller mer, ned til såle	5,2 m ³			785	m ³
		Armerte sprøytebetongbuer BuedimensjonD60/6+4	0,2 stk.			30	stk.
		Armert sålestøp				0	
G	VI	Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt *		0 %	0 m	0	

5.6 Oppsummering/konklusjon av tunnalternativer.

- Planlagt tunneler fra Kolberg til Ramberg viser seg å ha ganske gunstige forhold for tunneldriving. Bergmassekvaliteten er godt egnet for tunneldriving, bergoverdekning er god. Lineamenter/svakhetssoner er hovedsakelig orientert gunstig med tanke på tunneltraséen.
- Tunnel fra Kolberg til Kaldnes viser seg å ha ganske gunstige forhold for tunneldriving. Bergmassekvaliteten er godt egnet for tunneldriving, bergoverdekning er god.
- Planlagt tunneler igjennom Rambergåsen viser seg å ha gunstige forhold for tunneldriving. Bergmassekvaliteten er godt egnet for tunneldriving. Bergoverdekning er varierende, noen steder god og andres steder ganske liten. Det vil være behov for undersøkelser i neste planfase for å få bedre bilde av bergoverdekningen (spesielt rundt svakhetssone S29). Lineamenter/svakhetssoner er orientert gunstig med tanke på tunneltraséen. Det vil være behov for mye sikring i vestre påhuggsområder på grunn av høye bergskråninger og meget bratt terreng. Området ligger innenfor aktsomhetsområder for snø og steinsprang. Området ligger innenfor aktsomhetsområder for snø- og steinskred.
- Tunnel i Vear, gjennom Skomakeråsen (veglinje 10000), viser seg å være vanskelig å gjennomføre. Tunnelen ligger mer i løsmasser enn i berg. Løsmassene i området er mektige og består av bløt sensitiv leire samt noe morenemateriale. Tunneldriving gjennom løsmasser er meget komplisert, tidkrevende og kostbart. Sikringsomfanget i slik tunnel blir enormt. Det er noe usikkert med grunnforholdene i området, det må gjøres mer omfattende grunnundersøkelser i området for å kunne vurdere bedre gjennomførbarheten av tunnel i området og eller eventuelt flytting av linjen.
- Tunnel gjennom Hogsnesåsen (veglinje 100000) viser seg å ha noen utfordrende områder. Områder ved profil ca. 4600 viser seg å ha lite bergoverdekning, samt en svakhetssone som har ugunstig orientering. Det er noe usikkert angående bergoverdekning og grunnforhold rundt profil 4600. Det må gjøres grundigere undersøkelser av området i neste planfase.
- Tunnel fra Smørberg til Hogsnes (veglinje 11500), viser seg å ha mye usikkerheter knyttet til løsmasser i profil 3650 til 3900. Foreløpig linjeføring viser liten overdekning i profil 3650 til 3900, hvor tunnelen passer under dagens RV 303. Tunnel med lite overdekning vil kreve tung sikring, som er tidkrevende og meget kostbart. Det bør vurderes å se på muligheten for å senke linjen noe eller flytte den lengre mot syd. Det er også noe usikkerhet med grunnforholdene i området det bør utføres mer grunnundersøkelser i området.

6 HYDROLOGI OG MILJØHENSYN – TOLKING

6.1 Vannforholdene i berggrunn og tunnel

Vannlekkasjer i tunnelen forventes som mindre punktlekkasjer i sammenheng med sprekker og svakhetssoner. I tillegg forventes det i noe omfang vann i påhuggsområdene hvor det kan forventes å påtreffes dagfjell.

Det er ikke kartlagt noen innsjø eller større myrområde i planområdet for tunnelene, men det er et tjern ved Teie skole. Det er generelt tørre forhold i terrenget over alle tunnelene.

Innlekkasjer i tunneler kan føre til uønsket drenering av grunnvann.

6.2 Miljøhensyn

Det forventes noe lekkasje av vann ved kryssing av svakhetssoner og de nevnte områdene i kapittel 5.1. Det vil bli utført systematisk sonderboring og spredt injeksjon slik at ingen vann eller tjern vil stå i fare for drenasje som følge av tunneldrivingen.

Det er ikke utført konkret verdivurdering for naturmangfoldet for området ovenfor tunnelene. Feltarbeid for naturmangfold utføres i neste planfase og ved påvisning av områder med viktig verdi for naturmangfold kan kravet til innlekkasje endres jfr. Publikasjon 103 [19].

6.3 Vurdering av setningsfare

Det er registrert løsmasser i område rundt Vear tunnelen og tunnelen Smørberg-Hogsnesåsen. Det er også registrert noen løsmasser ved Kolberg. I de områdene er det tett bebyggelse med boligområder, skoler og industribygg som anses fundamentert på løsmasser. Disse områdene kan være utsatt for setninger under utbygging. Setningsfaren vurderes nærmere i neste planfase.

6.4 Tetthetskrav til tunnel

Konsekvensen og sårbarheten ved en eventuell drenering av terrenget over tunneltraséen er ansett som liten. Det vil bli utført systematisk sonderboring og spredt injeksjon slik at ingen vann eller tjern vil stå i fare for drenasje som følge av tunneldrivingen. Eventuell større innlekkasje anbefales håndtert ved injeksjon. Andre forhold som kan påvirkes av stor innlekkasje er levetid til sikringsmateriell.

Det er foreslått et foreløpig krav til innlekkasjer i tunnelene på 10-20 liter/minutt/100 m som gjelder bare der grunnvannssenking kan føre til setningsskader på bygg, senkning av grunnvannsnivået med påfølgende drenering av kilder, vann, bekker, grunnvannsbrønner etc.

Dersom større deler av tunnelen drives på synk og innlekkasjen er stor bør det vurderes strengere krav enn det som er anbefalt.

Tetthetskrav må vurderes i neste planfase.

7 ANBEFALINGER OG FORSLAG TIL VIDERE UNDERSØKELSER

7.1 Supplerende grunnundersøkelser

Under følger anbefalinger til ytterligere grunnundersøkelser som bør gjøres i forbindelse med neste planfase og som er omtalt i denne rapporten.

- Totalsondering med fjellkontrollboring anbefales utført for
 - linje 10000 profil ca.3250-3680 planlagt tunnel i gjennom Skomakeråsen kontroll av dybde til fjell og fjellkvalitet, samt prøvetaking og analyse av løsmasser
 - linje 11500 profil ca. 3650-3900 tunnel fra Smørberg til Hogsnes, kontroll av dybde til fjell og fjellkvalitet, samt prøvetaking og analyse av masser.
 - tunnel Kolberg-Ramberg og Kolberg-Kaldnes det bør suppleres med noen boringer i området, det er kun utført enkelte fjellkontrollboringer i området
- Seismikk må utføres for
 - Tunnel Kolberg-Ramberg i Teieskogen hvor det ligger et nord/sydgående parti
- Kjerneboring
 - Aktuelt i enkelte kritiske områder for å avdekke større svakhetssoner eller bergmassekvaliteten.
- Det må foretas undersøkelser og analyser av steinkvaliteten for bruk til vegformål
- Oppstart av poretrykks- og vannstandsmålinger i området for å dokumentere naturlige sesongmessige variasjoner i grunnvannsstand. Tidsserier av en viss varigheter nødvendig (helst flere år).
- Det bør utredes nærmere lekkasjeproblemer/tettingsmetode og vurdering/sårbarhetsanalyse av ytre miljø
- Det må gjøres mere detaljert naturfare/skred vurdering for alle type skred, også løsmasseskred
- Ytterligere geologisk kartlegging av linjene og supplering av allerede innhentet datagrunnlag
- Kartlegging av svakhetssoner i felt,
- Supplerende kartlegging av alle påhuggsområder
- Forsterket geologisk og strukturgeologisk kartlegging
- Det bør samles oversikt over fundamenteringsforholdene for bebyggelsen over og til for tunnelen
- Bestemmelser av bygningsbesiktigelse og grenseverdi for vibrasjoner

8 SIKKERHET HELSE ARBEIDSMIJØ (SHA) - FORHOLD

Det er ikke påvist spesielle forhold som skulle fravike fra konvensjonell tunneldrift. Nedenfor følger en del forhold som likevel kommenteres. Listen er ikke uttømmende.

- Vestre påhugg i Rambergåsen (de som ligg ut med havet) må etableres i høy skråning med bratt sideterreng, det er mulig at noen blokker må sikres under anleggsarbeidene.
- Ved påhugg eller forskjæringer med løsmasser eller blokker i overkant er disse nødt til å sikres under anleggsarbeidene. Det anbefales generelt å renske fremfor å sikre løsmasser og blokk.

9 REFERANSER

1. **EMIL GYØRY GEOLOGISK KONSULENT (2005)** Tønsbergpakke fase2 Tunnel under Byfjorden, Geologisk undersøkelse av område for vurdering av tunneltrasé, datert 23.05.2005. Saksbehandler: Emil Gyøry

2. **NORGES GEOLGISKE UNDERSØKELSER (2013)**. *Bergrunns kart 1:50000 og 1:250000 hentet 05.11.2016 fra ngu.no.*

3. **NORGES GEOLGISKE UNDERSØKELSER (2013)**. *Kvartærgeologisk kart 1:50000, hentet 16.11.2016 fra ngu.no.*

4. **NORGES GEOLGISKE UNDERSØKELSER (2016)**. *Grus-, pukk- og steintippdatabasen. hentet 10.01.2017 http://geo.ngu.no/kart/grus_pukk/*

5. **NORGES GEOLGISKE UNDERSØKELSER (2016)**. *GRANADA, grunnvannsdatabasen. hentet 10.01.2017 http://geo.ngu.no/kart/grus_pukk/*

6. **NORSK FOREING FOR FJELSPRENGNINGSTEKNIKK (2008)**. Håndbok 05, *Tung bergsikring i undergrunnsanlegg.*

7. **NORGES VASSDRAGS- OG ENGERGIDIREKTORAT (2009)**. Kart: Snøskred aktsomhetskart og steinsprang aktsomhetskart:
<http://skredatlas.nve.no/html5Viewer/?viewer=nveatlas>

8. **NORGES VASSDRAGS- OG ENGERGIDIREKTORAT (2015)**. Skredhendelsesdatabasen:
<http://gis3.nve.no/link/?link=SkredHendelser> .

9. **RAMBERG, I.B., BRYNHI, I. & NØTTVEDT, A. (red.)** 2006: Landet blir til – Norges geologi. 2. utg. Norsk Geologisk Forening. Trondheim.

10. **RAMBØLL (2017)**. Geoteknisk vurdering for ny fastlandsforbindelse fra Nøtterøy og Tjøme, Kommunedelplan, *geoteknisk notat nr.G-not-003*, datert 20.03.2017. Saksbehandler: Carl Erik Dahl

11. **RAMBØLL (2017)**. Datarapport fra for ny fastlandsforbindelse fra Nøtterøy og Tjøme, *Alternativ 10000, 11000, 11500, 12000, 12200, 16200 og 16730*, datert: 02.12.2016-15.02.2017. Saksbehandler: Carl Erik Dahl

12. **STANDARD NORGE (1997)**. Norsk standard 1997-1:2004+A1:2013+ NA:2016, *Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering – Del 1: Almenne regler.*

13. STANDARD NORGE (1997). Norsk standard 1997-2:2007+NA:2008, *Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver.*

14. STANDARD NORGE (2012). Norsk Standard 8141-1&2, *Vibrasjoner og støt: Virkning av vibrasjoner og lufttrykkstøt fra sprenging på byggverk, inkludert tunneler og bergrom.*

15. STATENS VEGVESEN VESTFOLD VEGKONTORET (2000). Grunnundersøkelser Rv 303 Bjellandsbakken, *oppdrag 204*, datert 12.01.2000. Saksbehandler: Erik Skredsvig.

16. STATENS VEGVESEN RESSURSAVDELING REGION SØR (2011). Geoteknikk Rv 303 Hogsnestunnelen, Tønsberg kommune i Vestfold. Geoteknisk datarapport for reguleringsplan, *rapportnummer 2010023534-05*, datert 31.01.2011. Saksbehandler: Erik Skredsvig.

17. STATENS VEGVESEN RESSURSAVDELING REGION SØR (2012). Geologi Fv 303 Hogsnesbakken, Tønsberg kommune i Vestfold. Geologisk rapport for reguleringsplan, *rapportnummer 2010023534-21*, datert 09.03.2012. Saksbehandler: Anette Wold Magnussen.

18. STATENS VEGVESEN (2015). Nasjonal vegdatabank (NVDB): *Skred data og trafikkmengde.*

19. VEGDIREKTORATET (2003). Publikasjon nr. 103, *Tunneler-Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø.*

20. VEGDIREKTORATET (2007). Rapport Nr.2499 *Dypforvitring i Oslo-regionen. Påvisning og oppfølgende undersøkelser.*

21. VEGDIREKTORATET (2014). Veiledning Håndbok V220, *Geoteknikk i vegbygging.*

22. VEGDIREKTORATET (2014). NA-rundskriv 2014/08: *Retningslinjer for risikoaksepkriterier på veg*, datert 08.05.2014.

23. VEGDIREKTORATET (2015). Håndbok R761, *Prosesskode-1 Standard beskrivelse for vegkontrakter.*

24. VEGDIREKTORATET (2016). Rapport Nr.626, *Lærebok Vegteknologi.*

25. VEGDIREKTORATET (2016). Håndbok N500, *Vegtunneler*