Utbygging
Fagressurser Utbygging
Geofag Utbygging
2022-11-04

Statens vegvesen

Ev. 39 - Hafstadfjelltunnelen

Geologi

Ev. 39 - Hafstadfjelltunnelen. Utkast geologisk rapport til reguleringsplan nr. 50934-GEOL-000

Sunnfjord

Fagressurser Utbygging **50934-GEOL-000**

Foto: Finn Sverre Karlsen

Statens vegvesen

Utbygging
Fagressurser Utbygging

Geofag Utbygging

Postadresse Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer
Telefon (+47) 22 07 30 00

www.vegvesen.no

Oppdragsrapport

Nr. 50934-GEOL-000 Labsysnr.

Geologi

Ev. 39 - Hafstadfjelltunnelen. Utkast geologisk rapport til reguleringsplan nr. 50934-GEOL-000

UTM-sone	Euref89 Ø-N	Oppdragsgiver:	Antall sider:
33	13437 - 6844001		24
Kommune nr.	Kommune	Dato:	Antall vedlegg:
4647	Sunnfjord	2022-11-04	1
		Utarbeidet av	Antall tegninger:
		Finn Sverre Daniel Karlsen	
Prosjektnummer		Seksjonsleder	Kontrollert
		Roar Øvre	

Sammendrag

Statens vegvesen er i reguleringsplanfase og planlegger ny tunnel langs e39 på strekninga Storehaugen – Brulandsberget i Sunnfjord kommune, Vestland fylke. Prosjektet innbefatter geoteknisk prosjektkategori 2 - 3. Tunnelen blir ca. 7400 meter lang.

Kartlegging viser at berggrunnen i planområdet i hovedsak består av varianter av folierte – gneissige granitt – dioritter. Noen band eller soner består av kvartsitt, amfibolitt, skifre og mindre lokasjoner av ultramafiske b.a. Det er registrert ialt åtte svakhetssoner.

Søndre påhuggs- og forskjæringsområde er bratt og relativt krevende. Her bør en sette opp rasfanggjerde. her er det vurdert til ingen naturlig skredfare. Det nordre området er ukomplisert.

Emneord

tunnel, geologi

Geoteknisk kategori/konsekvensklasse/pålitelighetsklasse

Pålitelighetsklasse (RC/CC)	Kontrollklasse
RC1/CC1	B (begrenset)
RC2/CC2	N (normal)
RC3/CC3	U (utvidet)
RC4	Skal spesifiseres

Konsekvens-klasse (CC)	Beskrivelse
CC1	**Liten** konsekvens i form av tap av menneskeliv, eller **små eller uvesentlige** økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
CC2	**Middels** stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, **betydelige** økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
CC3	**Stor** konsekvens i form av tap av menneskeliv, eller **svært store** økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser

Håndbok V220, kap. 0.3.1: Tre pålitelighetsklasser RC1, RC2 og RC3 kan knyttes til CC1, CC2 og CC3.

Kontrollklasse	Kategori	Omfang
B (begrenset)	1	Utføres av den som utførte prosjekteringen.
N (normal)	2	Kollegakontroll, utføres av en annen person enn enn den som utførte prosjekteringen.
U (utvidet)	2	Utvidet kontroll, utføres av en annen avdeling/instans i etaten enn den som utførte prosjekteringen, eller av Vegdirektoratet.
U (uavhengig)	3	Uavhengig kontroll, utføres av et annet firma enn det som utførte prosjekteringen.

Kategori	Valgt kategori	Kontrollklasse	Strekning
1		B (begrenset)	
2		N (normal)	Hafstadfjellstunnelen settes i både kategori 2 og 3.
3		U (uavhengig)	Når versjon 001 er ferdig sendes den over til tredjepart.

Prosjektkontroll	Enhet/navn	Signatur	Dato
Begrenset			
Normal	*Finn Sverre Karlsen*	*FSK*	2022-11-04
Utvidet/Uavhengig			

Pålitelighets-/konsekvensklasse	1	2	3	4
Geoteknisk kategori 1	1			
Geoteknisk kategori 2		2		
Geoteknisk kategori 3		3		

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasse (CC(RC) 1	2	3	4
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i områder med kvikkleire eller sprøbruddsmateriale		(X)	X	(X)
Fyllinger i sjø, stor fyllingshøyde eller massefortregning		(X)	X	
Spunt og støttekonstruksjoner		X	(X)	
Bergskjæringer med større høyde enn 10 meter			X	
Grunn- og fundamenteringarbeider og undergrunnsanlegg ved enkle og oversiktlige grunnforhold	X	(X)		

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 INNLEDNING 5
1.1 Bakgrunn 5
1.2 Rapportens innhold 5
1.3 Trasevalg, linjeføring og tunneltverrsnitt 5
1.4 Geoteknisk prosjektkategori 5
2 UTFØRTE UNDERSØKELSER 6
2.1 Undersøkelser fra tidligere planfaser 6
2.2 Undersøkelse i denne planfase 6
2.2.1 Seismikk 6
2.2.2 Geoteknikk 6
2.2.3 Geologisk kartlegging 6
3 FAKTADEL - GRUNNFORHOLD 7
3.1 Topografi og markslag 7
3.2 Blotningsgrad 7
3.3 Kvartærgeologi - løsmasser 7
3.4 Berggrunnsgeologi 8
3.4.1 Regionalgeologi 8
3.4.2 Bergarter 8
3.4.3 Strukturgeologi generelt 9
3.4.4 Svakhetssoner - observasjoner 9
3.5 Naturressurser fra berggrunn og løsmasser 10
3.6 Geologisk arv og mangfold 10
3.7 Bergspenninger 11
3.8 Vannforhold - hydrologi - hydrogeologi 11
3.9 Naturfarer 11
3.9.1 Skredhendelser 11
3.9.2 Snøskred 11
3.9.3 Steinskred og steinsprang 11
3.9.4 Jord- og flomskred 12
3.9.5 Flom 12
3.9.6 Snøfokk - drivsnø 12
3.9.7 Annen naturfare 12

UTKAST 000

4 TOLKNINGSDEL I- INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER 13
4.1 Bergoverdekning 13
4.2 Bergmassekvalitet - tolkning 13
4.3 Generelt om forskjæringer, påhuggsområder og tunnel 14
4.4 Sikringsomfang Hafstadfjelltunnelen 14
4.4.1 Sikring av påhuggsflatene 14
4.4.2 Sikring gjennom tunnelen 16
4.5 Sikring av tunnelen 17
4.6 Anvendelse av sprengtsteinmassene 19
4.6.1 Vegteknologi 19
4.6.2 Kortreist stein 19
4.7 Bergspenninger i tunnel - vurderinger 19
4.8 Borbarhet, sprengbarhet og bruk av tunnelmassene 19
4.9 Miljøgeologi 19
4.10 Hensyn til omgivelsene 20
4.11 Klimaendringer 20
4.11.1 Klimapåvirkning 20
4.12 Naturfarevurderinger 20
5 TOLKNINGSDEL II - HYDROLOGI OG MILJØHENSYN 21
5.1 Grunnvann, innlekkasje og konsekvenser for ytre miljø 21
5.2 Vannforhold i tunnel og berggrunn 21
5.3 Sonderboring 21
5.4 Tetthetskrav tunnel 21
5.5 Injeksjon 22
5.6 Vann- og frostsikring - oppsummering 22
6 RÅDGIVENDE DEL - ANBEFALNINGER, KRAV OG FORSLAG TIL MER UNDERSØKELSER 23
6.1 Krav til begrensning av vibrasjoner ihht NS8141 23
6.2 Objektbesiktigelse 23
7 REFERANSER 24

TEGNINGER	SKALA
V001 - GEOLOGISK LENGDEPROFIL, TOLKA	A3

UTKAST 000

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Statens vegvesen er i reguleringsplanfase og planlegger ny tunnel langs E39 på strekninga Storehaugen – Brulandsberget i Sunnfjord kommune, Vestland fylke. I planen inngår veg i dagen og tunnel. Denne rapporten innbefatter forskjæringer, påhugg og tunnel. Håndbok N500 [1] er brukt som hovedhåndbok i planleggingen.

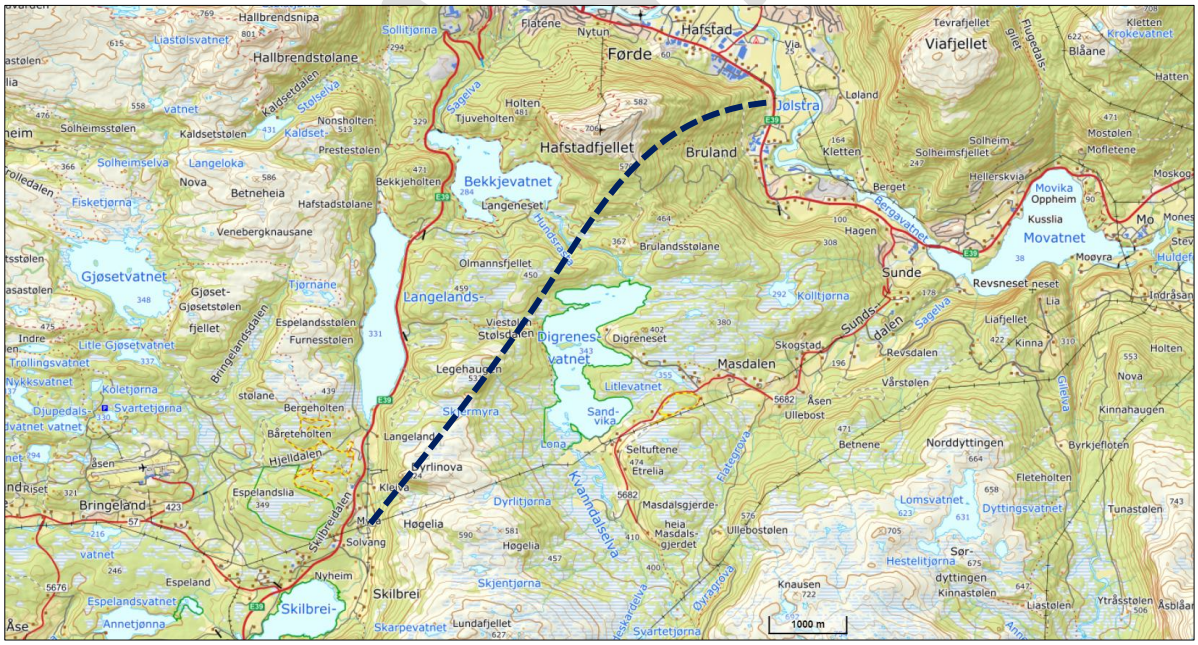
1.2 Rapportens innhold

Med utgangspunkt i planområdet gir denne rapporten en beskrivelse av geologiske og ingeniørgeologiske forhold, vurderinger og anbefalinger. Geologirapport til reguleringsplan er utarbeidet av geolog Finn Sverre Karlsen i Statens vegvesen.

1.3 Trasevalg, linjeføring og tunneltverrsnitt

Planlagt tunnel er en fjelltunnel planlagt å gå fra sørvest til nordøst, figur 1. Søndre påhugg er planlagt ca. i profil 1600 – det nordre ca. i profil 9000. Tunnelen blir ca. 7400 meter lang med stigning på 3,83 % fra nord.

Hafstadfjelltunnelens tverrsnitt baseres på en trefelts veg og er planlagt til T14-tversnitt. Kartfesting av havarinisjer og eventuelle siktutvidelser i tunnelrommet må logisk plasseres utenom svakhetssoner. I forskjæringene/påhuggene er det planlagt betongportaler.



Figur 1: Oversiktskart for planlagte Hafstadfjelltunnelen – i blått stipla. Målestokk vist på kart.

1.4 Geoteknisk prosjektkategori

Arbeidet klassifiseres etter Eurocode 07, [2]. Geoteknisk prosjektkategori (GPK) fastsettes ut fra vanskelighetsgrad og pålitelighets- og konsekvensklasse. I utgangspunktet settes alle tunneler i GPK 3, men en kan vurdere å splitte opp i kategoriene. I alt vil dette si at

forskjæringer med påhuggsflater, tunnelens ytterste 500 meter i sør og ytterste 250 meter i nord samt der det er svakhetssoner i tunnel - settes til GPK 3. Øvrige deler settes til GPK 2.

2 UTFØRTE UNDERSØKELSER

2.1 Undersøkelser fra tidligere planfaser

Det har fra før av blitt utført arbeid i samme område i kommunedelplan. Dette ble gjort i 2012 [3]. Det blei også gjort vurderinger av fleire tunnelalternativ, hvor det ene, fra Myra til Bruland, tilsvarer omtrentlig det som beskrives i denne rapporten [4]. Det er også utført geotekniske undersøkelser fra før av [5, 6]. Se også figur 2.

2.2 Undersøkelse i denne planfase

2.2.1 Seismikk

I 2021 blei det skutt seismikk i området i og ved det planlagte søndre forskjærings- og påhuggsområde. Seismiske undersøkelser i dette området ble gjort for å få grovkartlagt dybde til berg og for å få kunnskap om løsmassene. Terrenget i denne del av planområdet domineres av ei bratt åsside som går ned og ut på et slakt jorde. Seismikkundersøkelsene munnet ut i en seismikkrapport [7].

Fra seismikkprofilene kommer det tydelig fram profiler og konturer mellom overflate og berg. Profilene L2 og L3 ligger plassert på hver side av planlagt trase/senterlinje. Fra seismikkprofilene ser vi en tilsynelatende løsmassedybde på 5 - 12 meter.

Feltkartlegging viser imidlertid berg i dagen der seismikken viser 5 meter løsmassetykkelse, dvs en feil i seismikken som lokalt er +/- 5 meter. Uansett så er seismikkprofilene greie nok da de trolig gjenspeiler bergkonturene slik de er forventa. Slik kan seismikkprofila kombinert og kalibrert mot geologikartlegging brukes, men dog med skjønn.

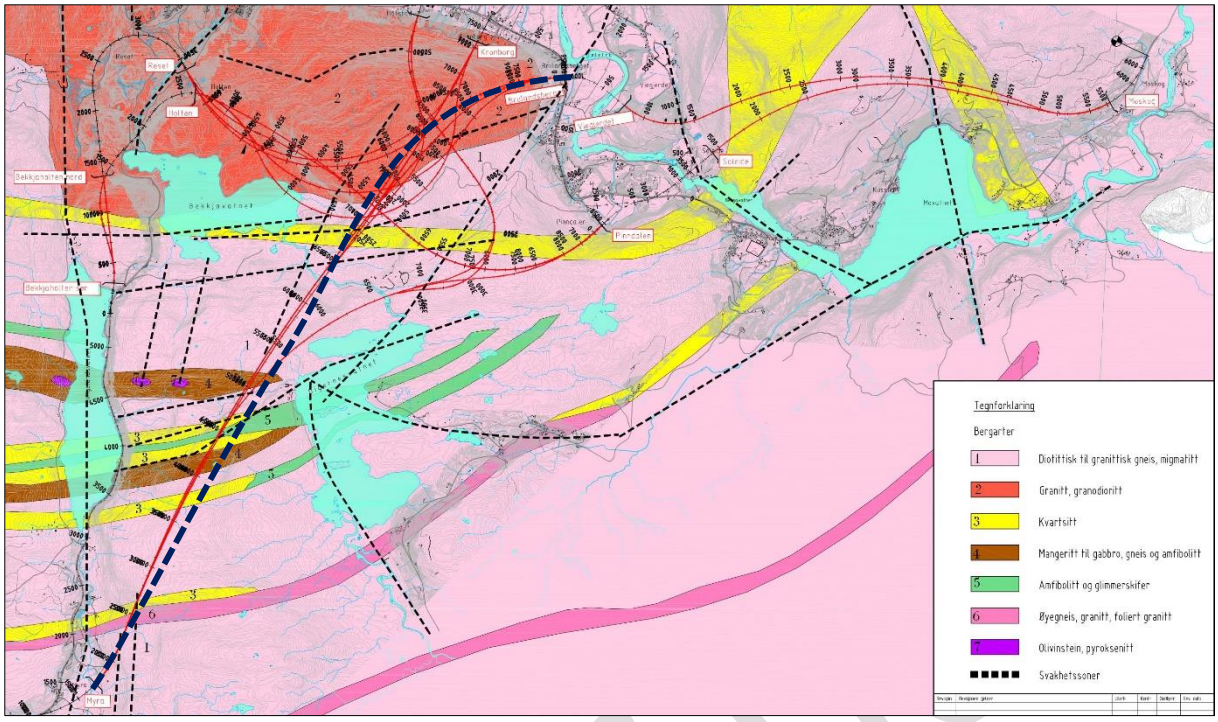
2.2.2 Geoteknikk

I 2021- 2022 ble det utført grunnboringer og geotekniske undersøkelser. Boredataene viser store dyp til berg. Kombinasjonen berggrunnskartlegging, seismikk og geoteknikk gir et godt bilde på grunnforholdene. Det vil etter hvert skrives geoteknisk rapport.

2.2.3 Geologisk kartlegging

I denne planfase er det gjort geologisk kartlegging i 2021 og 2022. Foruten egenkartlegging er NGUs berggrunns- og løsmassekart [8, 9] benyttet.

UTKAST 000



Figur 2: *Geologisk kart brukt i tidlig planstadium [4, 8] . Planlagt tunnel i blått. Målestokk:1:17 000.*

3 FAKTADEL - GRUNNFORHOLD

3.1 Topografi og markslag

Det undersøkte området er i indre kystalpine del av Vestland fylke i Sunndal kommune. I selve planområdet har landskapet lite relieff, mens det utenfor er preget av høge fjell og dype daler, se figur 1. Planområdet ligger i et landskap som starter i sørvest på ca. 290 moh ved Storehaugen hvor søndre påhugg planlagt. Traseen går videre nordøst på fall og krysser terrenget under Bekkjevatnet, Digrenesvatnet og Hafstadfjellet. Den ca. 7400 meter lange tunnelen kommer ut i nordre påhugg ca. 14 moh ved Bruland.

3.2 Blotningsgrad

Ved, i og rundt forskjærings- og påhuggsområdene er det få bergblotninger som skyldes de store og mektige skred- og urmassene. På fjellet langs trase og mellom nord- og sørenden er det bare delvis blotninger. Det stedvis er mye vegetasjon.

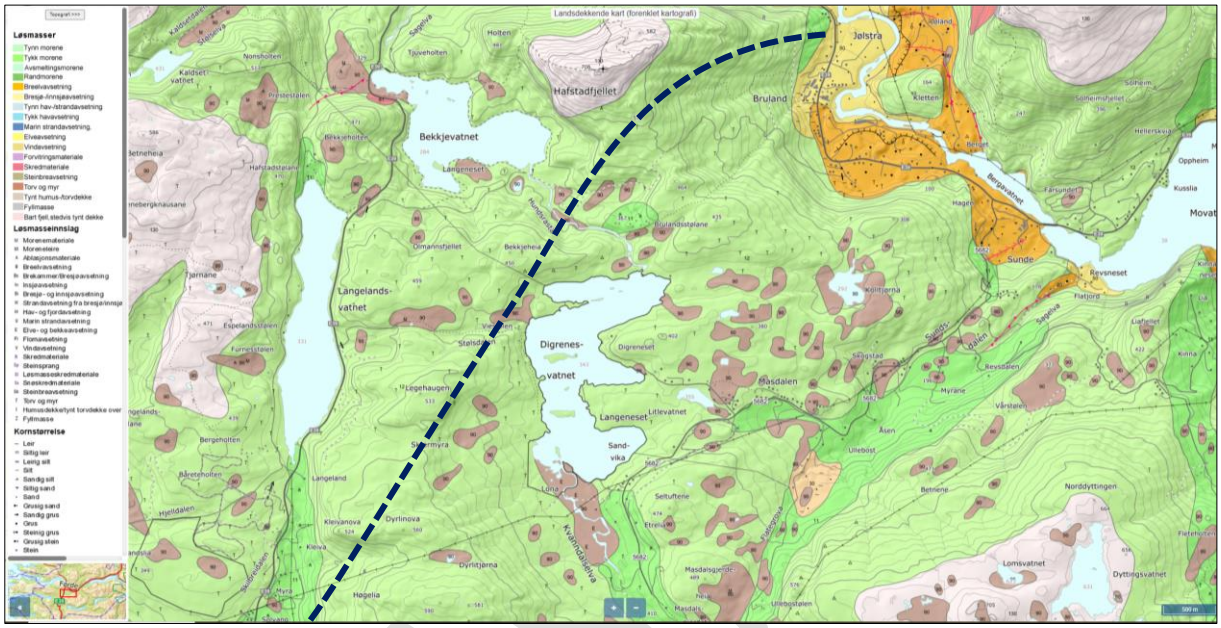
3.3 Kvartærgeologi - løsmasser

Området er preget av de gjentatte istidene siste 2,6 millioner år. Utformingen av U-daler og deponering av både glasiale og fluviale løsmasser viser dette. I sør, ved Storehaugen er det mest glasiale- og skredavsetninger, mens det ved Brudal i nord er preget av fluviale og glasifluviale avsetninger.

UTKAST

Løsmassene på fjellet over planlagt trase består av morenemasser, torv og myr. Planområdet for tunnelen ligger mellom 14 og 290 moh. Nordre del er følgelig under marin grense (MG), se figur 3.

De geotekniske og seismiske undersøkelsene som er gjort, viser begge store dyp til berg, humusholdige elveavsetninger, sand, silt, breelvavsetning og ur/blokker [6]. Noen steder ble det boret 30 meter dypt uten å påvise fast berg.



Figur 3: Løsmassekart fra NGU [9] med Hafstadfjelltunnelen i stiplet blått. Morenemateriale dominerer i sør og elv- breelvavsetninger dominerer i nord. Imellom er det stedvis torv- og myravsetninger.

3.4 Berggrunnsgeologi

3.4.1 Regionalgeologi

Planområdet ligger i en berggrunnsgeologisk del som preges av prekambrisk dannet berggrunn. Likevel ligger det islett og slirer av kaledonske bergarter inni og sammen med grunnfjellet. Slirer av metasediment og ultramafiske finnes i planområdet.

Strukturgeologisk preger tektonisk foliasjon (S1) hele området. I tillegg og trolig i samband med mesozoisk rifting finnes 2 - 3 gjennomgående struktursett som preger landskap og geologi - se for eksempel de typiske nord-sørorienterte ekstensivt danna sprø strukturer som har danna Langelandsvatnet.

3.4.2 Bergarter

Kartlegging viser at berggrunnen i planområdet i hovedsak består av varianter av folierte - gneissige granitt - dioritter. Noen band eller soner består av kvartsitt, amfibolitt, skifre og mindre lokasjoner av ultramafiske b.a.

Bergartene med respektiv foliasjon (S1) ligger med ca. 45° på traseen. Helling på foliasjonen (S1) er gjennomgående 80°/30°.

UTKAST

Bergartene er isoklinalt folda i hele planområdet. Stedvis er bergartenes bånd tydelig atskilte og andre steder ikke, se figur 4. Det er observert liten forvitringsgrad i berggrunnen. Se også NGUs berggrunnskart, [8].

***Figur 4**: Foto av granittisk-diorittisk båndgneis med band av amfibolitt og gang/pegmatitt av granitt. Lokalitet ved Bruland ca. profil 8900.*

3.4.3 Strukturgeologi generelt

Tilknyttet strukturgeologien er høyrehåndsregelen benyttet, som betyr at når man ser i strøkretningen, skal fallet være ned mot høyre. Strukturer betyr her elementer som foliasjon, sprekker, svakhetssoner, folder og lignende som opptrer i berggrunnen.

S1 er tolka som den tektoniske foliasjonen og antas å være eldste struktur. I tillegg er det andre strukturgeologiske elementer i planområdet. Strukturene varierer i grad og omfang av utholdenhet og gjennomsetning. Strukturene vises også som store, regionale formelement i denne delen av Vestlandet, se figurer 1, 2 og 3

Det er foretatt strukturmålinger i og ved begge påhuggs- og forskjæringsområder samt langs hele traseen over fjellet.

3.4.4 Svakhetssoner - observasjoner

Fra feltbefaringer, kart og dronefotos er det registrert 8 svakhetssoner i planområdet. Generelt består svakhetssoner av bergmasse med dårlig kvalitet og opptrer som skifrige, glimmerrike og fuktigere og mer vannførende enn andre steder i berget. Svakhetssonene er registrerte i dagen, men tolka i dypet slik beskrevet under. Svakhetssonene antas å stikke

UTKAST

ned i tunnelrommet og ha variabel konsekvens for drivingen av tunnelen. For detaljer, se V001. Sonene er antatt å opptre på følgende måte:

Sone 1: Mellom profil 1750-1760 (10 meter) antas det å påtreffe ei svakhetssone. Den ser ut til å ha et fall på ca. 40°. Sonen er ca. 10 meter lang og utgjøres hovedsakelig av S1. Den vertikale avstand mellom dagen og tunnelhengen er om lag 78 meter.

Sone 2: Mellom ca. profil 1830-1900 (70 meter) antas det å påtreffe ei svakhetssone. Sona er strukturgeologisk sammensatt og domineres av S1og de bratte S2-strukturene. Det er ca. 81 meter vertikal avstand mellom dagen og tunnelheng der Sone 2 antas å påtreffes.

Sone 3: Mellom profil 1940-2010 (60 meter) antas det å påtreffe ei svakhetssone. Den er strukturgeologisk sammensatt og domineres av S1og de bratte S2-strukturene. Sone 3 har en bergoverdekning på ca. 96 meter.

Sone 4: Mellom profil 4430-4780 (350 meter) antas det å påtreffe ei svakhetssone. Den er strukturgeologisk sammensatt og består av S1og de bratte S2-strukturene. Den har et mellomparti som er av bedre bergmassekvalitet. Sone 4 har en bergoverdekning på ca. 181 meter.

Sone 5: Mellom profil 4950-5050 (100 meter) antas det å påtreffe ei svakhetssone. Den er strukturgeologisk sammensatt men domineres av de bratte S2-strukturene. Sone 5 har en bergoverdekning på ca. 176 meter.

Sone 6: Mellom profil 5850-5950 (100 meter) antas det å påtreffe ei svakhetssone som er strukturgeologisk sammensatt men domineres av de bratte S2-strukturene. Sone 6 har en bergoverdekning på ca. 167 meter.

Sone 7: Mellom profil 8780-8805 (25 meter) antas det å påtreffe ei svakhetssone som er strukturgeologisk sammensatt men domineres av de bratte S2-strukturene. Sone 7 har en bergoverdekning på ca. 70 meter.

Sone 8: Mellom profil 8890-8935 (45 meter) antas det å påtreffe ei svakhetssone som er strukturgeologisk sammensatt av S1 og de bratte S2-strukturene. Bergoverdekninga er om lag 25 meter.

3.5 Naturressurser fra berggrunn og løsmasser

Den planlagte tunnelen med forskjæringer kommer ikke i konflikt med potensielt drivverdige forekomster av grus og eller mineralressurser [10, 11].

3.6 Geologisk arv og mangfold

Pr september 2022 er det ikke registrert noen lokasjoner med geologisk verneverdi tilknytta arv og mangfold i planområdet utenom generelt vakker natur.

UTKAST 000

3.7 Bergspenninger

Planområdet ligger i et landskap med middels høgt relieff og er omgitt av høge fjell, se figur 1 og 3. Hafstadfjellet sør for Førde når høgder på vel 700 moh med svært bratte dalsider ned mot byen og Jølstra. På grunn av stor bergoverdekning og lite innspenning frå dalsida, antas anisotropt spenningsmønster i berget nært opp til fjellsida der den største spenningsakse er parallelt med dalsida mens minste er normalt på fjellsida.

Ved stor anisotropi kan etablering av tunnel ved slike høve føre til sprakefjell. Denne situasjonen oppstår når spenningsforskjellene mellom største og minste spenningsakse i berget blir store nok til å danne nye bruddplan. Dei nye brudda blir danna langs største spenningsakse, dvs. parallelt med fjellsida. Bruddannelsen følges av lyder som varierer frå små knepp til skarpe smell, derfor "sprakefjell". Dersom anisotropiene er spesielt store, vil bergflak kunne sprette inn i tunnelen etter sprenging og kalles bergslag. Sprakefjell kan opptre lokalt eller langs delar av traseene. Det er ikke tatt bergspenningsmålinger. Vi antar at anisotropien og driveproblemer øker med minkende avstand til fjellsida.

Det anbefales derfor 25% endeforankrete bolter i konkurransegrunnlaget.

3.8 Vannforhold - hydrologi - hydrogeologi

Grunnvannsnivå i berg kan senkes ved vanninnlekkasje tilknytta tunneldriving. I berg beveger grunnvannet seg i åpne sprekker og langs svakhetssoner. Drenering av vann og senking av grunnvannsnivå har ofte negativ innvirkning på miljøet. Planlagt trase krysser under 4-5 elver og vassdrag. Det er endel myrområder over tunneltraseen men ingen vatn eller innsjøer.

Det er ikke påvist brønner verken i berg eller løsmasser i eller ved planlagt trase [12].

3.9 Naturfarer

3.9.1 Skredhendelser

Ifølge NVE Atlas [13] er det registrert en uspesifisert skredhendelse (løsmasse) langs E39 ved Myra, ca. 300 meter vest for søndre påhuggs- og forskjæringsområde september 2004.

I nord ingen.

3.9.2 Snøskred

Søndre og nordre påhuggs- og forskjæringsområder ligg innenfor NVEs aktsomhetsområde for utløpsområde snøskred. Det søndre også for utløsningsområde.

3.9.3 Steinskred og steinsprang

Det søndre påhuggs- og forskjæringsområdet ligg innenfor NVEs aktsomhetsområde for snøskred og steinsprang.

UTKAST 000

3.9.4 Jord- og flomskred

Ingen i sør eller nord.

3.9.5 Flom

Det er ikke direkte fare for flom i noen av områdene i sør eller nord, men nordre påhuggs- og forskjæringsområde er kun 10-20 meter fra aktsomhetsområdet for flom og flomsoner.

3.9.6 Snøfokk - drivsnø

Ingen særskilte.

3.9.7 Annen naturfare

Ingen særskilte.

UTKAST 000

4 TOLKNINGSDEL I- INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER

4.1 Bergoverdekning

Bergoverdekningen i søndre påhugg er ennå usikker i og med at en ikke vet helt sikkert dybde til bergflate. I det nordre påhugg er det godt med bergblotninger slik at terrenget stiger jevnt opp og gir mer forutsigbarhet.

4.2 Bergmassekvalitet – tolkning

Bergartene i planområdet viser variabel bergmassekvalitet, fra lyse band eller soner med kompetent feltspat og kvarts mot mørkere band av glimmer- og amfibol, se figur 4. Det er ikke observert nevneverdig forvitringsgrad i berggrunnen. Alt i alt ser bergartene ut til å være gunstige mhp driving og sikring.

Ved bergklassifisering etter Q-metoden benyttes seks ulike parametere som beskriver de geologiske forhold for å beregne Q-verdier som tallfesting av bergmassens kvalitet [14]. Klassifisering etter Q-metoden egner seg best for kartlegging under tunneldriving.

Formelen for Q-verdien ser slik ut:

$$Q = RQD/J_n \star J_r/J_a \star J_w/SRF$$

1. RQD = tall for oppsprekking av bergmasse
2. J_n = tall for antall sprekkesett
3. J_r = tall for sprekkeruhet
4. J_a = tall for sprekkeomvandling
5. J_w = tall for sprekkevannstrykk
6. SRF = spenningsreduksjonsfaktor

Ut i fra den geologiske kartlegginga, ingeniørgeologisk vurdering jfr. Q-metoden og ei helhetsvurdering er det laget ei oversikt på fordeling av bergklasser for tunnelen, se tabell 1.

***Tabell 1**: Antatte bergklasser for Hafstadfjelltunnelen, ca. 7400 meter lang.*

Bergklasse		***Q-verdier***	***Antatt % fordeling langs tunnelarmene***
A/B	God	10-40	72,0
C	Middels	4-10	12,0
D	Dårlig	1-4	13,0
E	Svært dårlig	0,1-1	1,5
F	Svært dårlig	0,01-0,1	1,5

Det er viktig å merke seg at klassifiseringa over er ei geologisk tolkning i dagen. Kartlegging under tunneldrivingen er detaljert og nødvendig for å dokumentere hvordan de geologiske forholdene i tunnelen virkelig er. Det endelige sikringsomfanget fastsettes følgelig som et resultat av kartlegging på stuff under driving.

UTKAST 000

4.3 Generelt om forskjæringer, påhuggsområder og tunnel

Løsmasser må fjernes minimum to meter fra begge forskjæringskantene og over selve påhuggflata, for deretter å stabiliseres i vinkel 1:2. Løse blokker må sikres/fjernes før arbeidet med selve tunnelen tar til. Bergskjæringsveggene i forskjæringene skal bygges som vanlige vegger jfr N200, med helling 10:1, [15]. Permanente hyller frarådes i sør pga det veldig (side)bratte terrenget.

For å arbeids- og skredsikre mot snø, stein og is anbefales rasfanggjerde og tunnelportal i sør og tunnelportal i nord. Rasfanggjerdet i sør må etableres før selve arbeidet med tunnelen tar til. Det vil trenges om lag 50 meters lengde over selve påhuggsflata. Detaljeres i endelig rapport. Rasfanggjerdet dimensjoneres 3000 kJ lastekapasitet og 5 meters høyde. Mellom hver stolpe er det 8 meter, dvs 6- 7 stolper.

Det er lagt til grunn minimum 5 meter som bergoverdekning der den endelige påhuggsflaten etableres. På vedlegg V001 er det lagt på ca. 8 meter fra sålen og opp, tilsvarende høyden på tunnelhengen slik den vil se ut i lengdeprofil.

Under uttak og sprengning er det viktig med pallvis uttak av selve forskjæringen mens den sikres fortløpende og mens høyden gjør det mulig. For minst mulig skade på gjenværende berg, og for å beholde kontur, så anbefales små salver og en hullavstand på kontur lik 0,7 meter *kombinert med sømboring* i begge områdene. Påhuggsområdene detaljeres når berget er avdekket.

Forskjæringene sikres med forbolter, sikringsbolter, sprøytebetong og evt nett. Sikringen må tilpasses de geologiske forhold. Påhuggsflatene bør sikres i form av 1,5 - 2 bolteraster bestående av sikringsbolter, sprøytebetong og armeringsjern. Normal metode er å etablere påhuggsflate 90° på senterlinja.

Det er viktig å renske løsmassene tilstrekkelig inn på skjæringskanten og samtidig ivareta stabiliteten. Før tunneldrivingen starter anbefales det å både sikre og stabilisere berg og løsmasser over selve påhugget og særlig søndre forskjærings høyre side. Slik sikring skjermer og ivaretar sikkerheten under anlegg ved mulig fare for steinsprang o.a.

I tilknytning til bygninger, høyspenttraseer, jernbane og andre objekter som er 100 meter eller mindre fra anlegget, skal alle sprengnings- og piggingsarbeider i prosjektet tilpasses slik at vibrasjonene kommer innenfor kravene for rystelser som blir satt i ifht NS 8141, versjon 2001 [16].

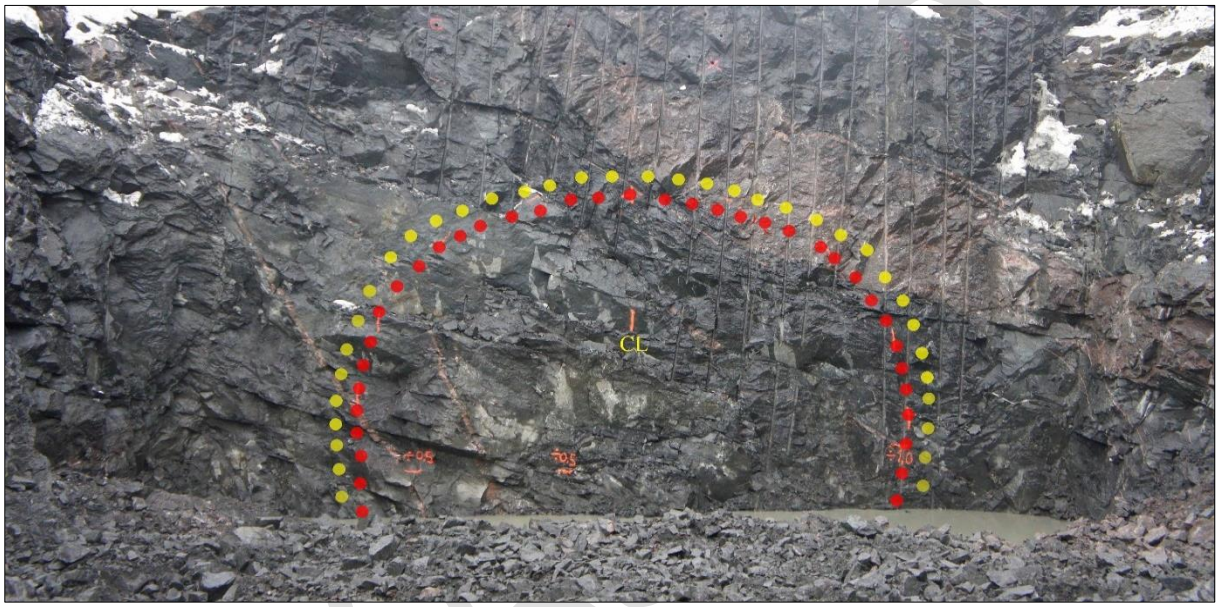
4.4 Sikringsomfang Hafstadfjelltunnelen

4.4.1 Sikring av påhuggsflatene

Hele påhuggsflaten renskes for løs stein. Låseblokker og fotstein sikres med bolter. Det skal settes opp ei indre eller nedre spilingrast hvor en benytter 8 meters bolter av typen kam 32 mm. Spileboltene skal ha ei stikning oppover på 15° - 20°. Avstanden mellom spileboltene er ca. 50 cm og det skal settes en øvre spilerast over den nedre, slik at et saksemønster

UTKAST 000

dannes mellom rast 1 og rast 2. Avstand mellom rast 1 og 2 skal være ca. 60 cm slik at de danner to buer ilag, se figurer under. Til sammen utgjør de to buer. Konturen må ha en perfekt bue for å bære maksimal last. Nedre og øvre spilerast av forbolt skal sammenbindes med fjellband eller stigeband slik vist på figurer under. Det kan enten settes opp band mellom rastene og boltene, eller så kan buen forsterkes ved at det legges armeringsjern som flettes mellom boltene og bindes opp på spilingboltene. Dette kan redusere behovet for oppheng med bånd. Deretter skal de to enkeltbuene sprutes inn med sprøytebetong. Byggherre og entreprenør må vurdere om dette er ugunstig å gjøre hvis det er frost og ising, eller om dette må utsettes til forholdene tillater det. Endelig kan en starte med forsiktig sprenging av påhugget med reduserte salvelengder.



Figur 5: *Illustrasjon av påhuggsflate med nedre og øvre spilingrast i gult og rødt. Spileboltene skal ha ei stikning opp på 15° - 20°. Avstand mellom radene er 60 cm og mellom spileboltene 50 cm.*

Det kan bli aktuelt å bruke ekstra bolter for opphenging av fjellbånd over spilingradene. Fjellbånd festes til spilingsbolter med jernbindertråd. Påhuggsflata avrettes med sprutbetong før montering av fjellbånd. Det sprenges salvelengder på 2,5 – 3 meter – full salve når en har 2x tunnelprofil – i dette tilfellet fom ca. 30 meter inn i tunnelen. Salvelengde skal være tre meter eller mindre hvis bergoverdekningen er mindre enn fem meter. Det må lades ekstra forsiktig i heng og boring må være *svært* nøyaktig, avvik tolereres ikke. Hver salve spiles inntil krav for bergoverdekning, tilfredsstillende innspenn og god bergmassekvalitet er innfridd. Hver spilingsrunde i tunnelen sikres med armerte buer som beskrevet i N500 [1].

UTKAST

Figur 6: Illustrasjon som viser del av påhugg sikra med forbolter (spilingsbolter) i blått, krysslagte bånd i rødt og kombinasjonsbolter i oransje, omkring tunnelprofilet.

4.4.2 Sikring gjennom tunnelen

Bergmassekvaliteten kartlegges geologisk for hver salve og beskrives med bl.a. Q-verdier. Berget sikres så etter helhetsvurdering og tabell 6.1 i N500. Ut ifra helhetsvurdering og Q-verdier skal det beregnes sikringsomfang med hensyn på bolter, sprøytebetong og annen sikring.

De utregnede Q-verdiene på stuff er med på å illustrere bergmassekvaliteten og følgelig de sikringsklassene som er behov for i tunnelen. Med slike store tunnelspenn som i denne tunnelen er det veldig viktig at nisjer og andre utvidelser plasseres slik at de *ikke* kommer i konflikt med dårlig bergmasse, svakhetssoner osv.

Borerigg må være utstyrt med MWD (Borehullsparametertolkning). Både salveboring og sonderboring gir et godt 3D-bilde av lokal geologi. Beskrivelse av håndtering av vann og forurensing til omgivelsene er detaljert i V520 [17].

UTKAST DOC

Figur 7: Påhuggsflate der begge rastene er monterte. I tillegg er det lagt armeringsjern innflettet mellom boltene og bundet opp spilingboltene. Til slutt påføres sprøytebetong, som vist på bildet.

4.5 Sikring av tunnelen

Bygging av forskjæringer, påhugg og tunnel vil foregå i granittisk – amfibolittisk båndgneis. Under driving vil en trolig påtreffe og krysse flere svakhetssoner. Over deler er tunnelen planlagt bygd med kort avstand til dalsiden hvor vi må forvente lave innspenninger.

Tung sikring som buer og forbolter vil bli nødvendig spesielt i påhuggsområdene, der det er lite overdekning og der en krysser svakhetssonene. N500 knytter hver bergklasse til en sikringsklasse med sikringsmetoder tilpasset geologien, se tabell 3 under. Sikring, metode og omfang er basert på N500, Q-systemet og helhetsvurderinger.

UTKAST

Tabell 3: Antatte bergklasser og sikringsklasser for Hafstadfjelltunnelen, ca. 7400 meter lang.

Bergmasseklasse	Bergforhold Q-verdi	Sikringsklasse - permanentsikring	% av tunnel	Meter i tunnel
A/B	Lite oppsprukket bergmasse	Sikringsklasse I	72,0	5328
	Midlere sprekkeavstand > 1m.	Spredt bolting		
	Q = 100 – 10	Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm		
C	Moderat oppsprukket bergmasse.	Sikringsklasse II	12,0	888
	Midlere sprekkeavstand 0,3 – 1 m	Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm		
	Q = 10 – 4	Systematisk bolting c/c 2 m		
D	Tett oppsprukket bergmasse eller lagdelt (skifrig) bergmasse	Sikringsklasse III	13,0	962
	Midlere sprekkeavstand < 0,3 m.	Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 100 mm		
	Q = 4 - 1	Systematisk bolting c/c 1,75 m		
E	Svært dårlig bergmasse	Sikringsklasse IVab	1,5	111
		Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm		
	Q = 1 - 0,2	Systematisk bolting, c/c 1,5 m		
	Q = 0,2 - 0,1	Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm		
		Systematisk bolting, c/c 1,5 m		
		Armerte sprøytebetongbuer. Buedimensjon E30/6 ø20 mm, c/c buer 2–3 m ev. gitterbuer. Buene boltes systematisk, c/c bolt = 1,5 m, boltelengde 3–4 m		
		Sålestøp vurderes		
F	Ekstremt dårlig bergmasse.	Sikringsklasse V	1,5	111
		Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150–250 mm		
	Q = 0,1 - 0,01	Systematisk bolting, c/c 1,0 – 1,5 m		
		Armerte sprøytebetongbuer		
		Buedimensjon D60/6+4, ø20 mm, c/c buer 1,5– 2 m, ev. gitterbuer. Buene boltes systematisk, c/c 1,0 m, boltelengde 3–6 m.		
		Sålestøp vurderes.		

NB! – viktige tilleggsmoment.

a. Salvelengde reduseres minimum fom sikringsklasse E/IV.
b. Sprøytebetong skal sprøytes ned til minimum kjørebanenivå.
c. Ved driving i/gjennom saltvassoner og syredannende berg som t.d. sulfidførende bergarter og alunskifer, skal sprøytebetongens tykkelse være 100 mm.
d. Det skal ved driving inn mot svakhetssoner og andre kritiske partier etableres en sikringssone foran selve sonen. I god avstand fra partiet skal det utføres en vurdering av det videre drive- og sikringsopplegget.
e. Kombinasjonsbolter forspennes med 50 kN.

En beregning basert på ovennevnte klassifisering gir følgende sikringsbehov for tunnelen:

- 31157 stk. radielle bergbolter (4,21 bolter/lm)
- 3497 stk. forbolter/spilingsbolter (0,47 bolter/lm)
- 24971 m^3 sprøytebetong (3,37 m^3/lm)
- 86 stk. sprøytebetongbuer (0,01 bue/lm)

4.6 Anvendelse av sprengtsteinmassene

4.6.1 Vegteknologi

Det er i tidligere planstadium gjort analyser av bergkvalitet til vegteknologisk formål [3, 4]. Før bygging bør det gjøres prøvetaking med analyse av Los Angeles- og Micro Devalverdier.

4.6.2 Kortreist stein

I Statens vegvesen sin miljøpolicy, heter det at vi skal være ledende i samferdselssektoren med å oppfylle Norges klima- og miljømål. Hovedgrep skal være å kutte i klimagassutslipp, begrense nedbygging av natur og redusere andre negative miljøkonsekvenser.

I lys av dette skal altså hvert prosjekt bestrebe seg på optimal bruk av sprengtsteinmassene. Som en følge av dette må det bl.a. foreligge grundig berggrunnskartlegging *før* prosjektenes byggefase. Slik vil man kunne differensiere byggegrunnen samtidig som en avdekker radioaktivitet, syredannende bergarter og andre miljøgeologiske aspekt, mer i kapittel 4.10.

4.7 Bergspenninger i tunnel - vurderinger

Det vurderes som sannsynlig for anisotropi i tunnelen fom profil 1600 - 1850 og fom profil 8750 - 9000.

4.8 Borbarhet, sprengbarhet og bruk av tunnelmassene

Det er ikke analysert for borbarhet og sprengbarhet. Blir aktuelt å bruke bergmassene til bære- eller forsterkningslag, så må styrke- og slitasjeegenskapene undersøkes nærmere ved hjelp av laboratorieanalyser. I første omgang må det analyseres Los Angeles- (LA) og MicroDevalverdier (MD). Hvis materialet tilfredsstiller parameterkravene må det utføres produksjonskontroll iht. N200. Vegteknolog bør kontaktes før en prøvetar og vurderer resultater fra labanalysene.

Det anbefales å fraksjonere sprengtsteinmassene slik at de minst mulig belaster miljøet, se mer i kapittel 4.7.2 og 4.10.

4.9 Miljøgeologi

Detaljkunnskap om grunnforhold er kritiske for alle vegprosjekt. En ser at slik kunnskap alltid vil påvirke og avgjøre innen felt som risiko, trygghet og pris; faktisk er det mange

UTKAST 000

prosjekt som står eller faller avhengig av (kunnskap om) grunnforhold. Mangel på kunnskap om grunnen vil derfor medføre store kostnader, særlig i bygg- og drift og vedlikeholdsfaser.

Miljøgeologi er et virkemiddel for å imøtegå FN sine bærekraftsmål, krav fra MDIR, DSA samt Statens vegvesens egen miljøpolicy/miljøstyring. Grundig miljøgeologisk arbeid/kartlegging vis at prosjekt kan planlegges og utføres på en smart, elegant og kostnadssparende måte. En trinnvis, systematisk gang i planprosessene med detaljert kartlegging av grunnforhold vil gi et detaljert og mer realistisk kostnadsoverslag i prosjekta.

Derfor skal prosjekta våre være seg bevisst miljøgeologien og informere, kartlegge og forme en plan og strategi i emnet. Prosjekta skal videre få kartlagt, planlagt og utforma strategi for handtering av sprengtsteinmasser ift vegteknologi og revegetering o.a.

4.10 Hensyn til omgivelsene

Tunneldriving påvirker omgivelsene og kan senke grunnvannsnivået over tunnel. I samband med svakhetssoner kan vannsiget reduseres vhja injeksjon. Sprengning og sikring av tunnel fører til støy, støv og vibrasjoner som er ubehagelige for omgivelsene og kan skade bygg, installasjoner, høyspent og andre objekt. Tunnelen er planlagt å bygges i ei bygd med noen bygninger og nært innpå høgspent.

4.11 Klimaendringer

4.11.1 Klimapåvirkning

Det skal tas hensyn og høyde for klimaendringer i samband med planlegging av framtidige prosjekt ift skredhendelser og sikringstiltak. I rapporten «Klima i Norge 2100» er det vist eksempler på geologiske og skredfaglige klimatilpasninger [22]. Dokumentet gir fylkesvise klimaprofiler til vegledning for hvordan vi lokalt bør ta høyde for klimaendringer. I utredning og kartlegging av skredfare tilknytta arealplanlegging og utbygging er det derfor viktig at alle typer skred vurderes nøye.

Rapporten konkluderer med at det er en større sannsynlighet for jord-, flom- og sørpeskred i framtida.

4.12 Naturfarevurderinger

Det er fra før av gjort skredfarevurderinger av fagfolk i Statens vegvesen. Vi kunne ikke se spor av ferske skred i noen av påhuggs- og forskjæringsområdene.

NVE Atlas viser at begge påhuggs- og forskjæringsområder er innenfor aktsomhetsområde for utløpsområde snøskred. Det søndre også for utløsningsområde. Ditto gjelder for søndre påhuggs- og forskjæringsområde i aktsomhetsområde for snøskred og steinsprang.

Tiltak som rensk, sikring, etablering i begge samt rasfanggjerde over søndre område før tunnelarbeidene starter skal kunne eliminere skredfarer. Etter hvert settes tunnelportaler opp. Rasfanggjerde i sør må stå permanent.

UTKAST 000

5 TOLKNINGSDEL II - HYDROLOGI OG MILJØHENSYN

5.1 Grunnvann, innlekkasje og konsekvenser for ytre miljø

Kartlegging viser at planlagt tunnel vil komme til å gå gjennom berggrunn gjennomsatt av åtte svakhetssoner. Feltbefaringer og studier har ikke avdekket ømfintlige landskapstyper tilknyttet tunneldriving.

Utslipp av anleggsvann i samband med byggingen av tunnelen kan medføre problemer for flora og fauna. For å skåne disse mot kommende naturinngrep må anleggsvannet håndteres på en miljømessig god måte ift krav.

Ved planlegging av tunnelen skal det tas hensyn til hvilke forutsetninger som vil bli lagt til grunn når det gjelder renhold som del av drift og vedlikehold. Som en hovedregel skal det legges opp til en vaskefrekvens som sikrer at det ikke kreves spesielle tiltak for å samle opp vaskevannet utenfor tunnelen.

5.2 Vannforhold i tunnel og berggrunn

Vannlekkasjer i tunnelen forventes som sonelekkasjer tilknytta påhuggsområdene, der det er lite bergoverdekning, oppsprukket berg og i samband med kryssing av svakhetssoner.

Utslipp av anleggsvann i forbindelse med byggingen av tunnelen kan medføre problemer for flora og fauna. Utslipp av anleggsvannet må håndteres på en miljømessig tilfredsstillende og god måte. Avrenning fra tunnelen, både i anleggsfasen og senere, behandles i samsvar med utslippstillatelse fra Statsforvalteren i Vestlandet fylke.

5.3 Sonderboring

Sonderboring foran stuff gjøres for å avdekke mulige store vannlekkasjer, for å undersøke generell geologi, samt geometrien og vannforhold i svakhetssoner. Følgelig anbefales det at tunnelen undersøkes systematisk med sonderboringer foran stuff der dette blir detaljert beskrevet i endelig rapport.

Sonderboring gjøres vanligvis med 24 meters lengde, minimum 2 hull pr. omgang for å få et godt bilde av geologien og lekkasjeførende sprekker. Overlapp skal være minimum 5 meter.

5.4 Tetthetskrav tunnel

Av hensyn til natur, miljø og tunneldriving samt stabilitet og vedlikehold av tunnelen, blir det fastsatt generelle krav til innlekkasje. Det skal derfor etableres beredskap for injeksjon som tettemetode og som bergartsforsterkning til for eksempel svakhetssoner og for å håndtere store vannlekkasjer og utrasning på stuff.

Konsekvensen og sårbarheten ved en eventuell drenering av terrenget over tunneltrase anses som relativt liten. Det antas behov for systematisk injeksjon når svakhetssoner skal krysses. Det settes et krav om maksimal innlekkasje i tunnelen på 30 l/minutt/100 meter for hele tunnelen. Dette for å hindre innlekkasje i tunnelen men óg for å hindre drenering og mulig

UTKAST 000

setning av bakken. Måling av innlekkasje gjøres med terskelmålinger og målinger på stuff ved påtreff av vann.

5.5 Injeksjon

Med svakhetssoner beskrevet over og forventa høgt vanntrykk tilsier dette en beredskap for injeksjon. Injeksjon forsterker berget og forbedrer stabilitetsproblemer der hvor en har vann på stuff, oppsprukket berg og der svakhetssoner skal krysses. Basert på geologikartlegging, erfaringer og foreliggende info, antas det behov for injeksjon av Hafstadfjelltunnelen. Antall meter og injeksjonsskjermer detaljeres i endelig rapport. Normalt bygges en skjerm i 24 meters lengde med 15 meters avstand, dvs 9 meter overlapp.

Normale forhold tilsier mengde mørtel pr. hull på 500 - 1500 liter, der stoppmengde mørtel pr. hull er på 1500 liter. Hvis vi antar 30 hull pr skjerm tilsvarer dette mellom 15 m^3 - 45 m^3 injeksjonsmasse pr skjerm avhengig av hvor lett det går å injisere.

5.6 Vann- og frostsikring - oppsummering

Tunnelen er planlagt å gå gjennom områder med lite bergoverdekning og svakhetssoner slik at vanndrypp og vannlekkasjer må kunne påregnes. Det anbefales vann- og frostsikring som PE-skum av 100 % av tunnelens lengde, i alt ca. 7400 meter.

Frostisolasjon dimensjoneres for frostmengden på stedet. Ved fastsettelse av kriterier for dimensjonering legges oftest frostmengden F10 (h°C) til grunn. F10 betyr at frostmengden overskrides 1 gang i en 10-års periode. For Sunnfjord kommune er F10 lik 10000.

Frostutsatte deler av tunnelen må ha en frostsikker vannavskjerming. Når det gjelder vann- og frostsikring, blir dette detaljert og fastsatt på grunnlag av dimensjonerende frostmengder utfra Statens vegvesen håndbøker N500 og N200.

UTKAST 000

6 RÅDGIVENDE DEL – ANBEFALNINGER, KRAV OG FORSLAG TIL MER UNDERSØKELSER

6.1 Krav til begrensning av vibrasjoner ihht NS8141

Veiledende grenseverdi for vibrasjoner fastsettes ut fra standard NS8141:2001 [16] som omhandler grenseverdier for vibrasjoner i objekt som for eksempel jernbane og boliger pga grunnarbeider som sprengning og pigging. Vibrasjonsverdiene måles på byggverkenes fundament. Grenseverdien regnes ut fra m.a. grunnforholdsfaktor, byggverksfaktor, avstandsfaktor og kildefaktor og gjelder objekt som er 100 meter eller nærmere piggings- og sprengningssteder gitt at det står på løsmasse. Står det på berg gjelder radius 50 meter.

I planområdet er det lokalisert høgspentlinjer med stolper og boliger innenfor 100- og 50-metersradiusen. I endelig rapport vil det også bli gjort foreløpige beregninger for fastsettelse av grenseverdier til vibrasjoner for pigging og sprenging tilknytta forskjæringene og Hafstadfjelltunnelen.

Det skal utføres vibrasjonsmålinger under anlegget til Hafstadfjelltunnelen. Innunder dette faller sprengnings- og piggingsarbeider i samband med forskjæringene og tunnelen. Målingene skal gjennomføres iht. NS8141, 2001-utgaven.

Videre så skal vibrasjoner fra sprengning og pigging ikke medføre utfall fra bergmasser *over bebygde områder, hus* m.v. Det er viktig å ta naboers bekymring på alvor.

6.2 Objektbesiktigelse

Før sprengnings- og anleggsarbeider igangsettes skal det utføres en tilstandsvurdering av berørte objekter jfr NS8141, 2001-utgaven. I en slik vurdering inngår det kartlegging og vurdering av tilstand til de objekter som er innenfor 100-metersradiusen som vil kunne påvirkes av vibrasjoner fra anlegget. For sprengningsarbeider gjelder dette også for lufttrykkstøt. Det er vanlig at tredjepart utfører denne oppgaven.

Før anlegget tar til skal det monteres måleinstrumenter som registrerer vertikale svingninger på fundament til de respektive objekter. Under planlagte anleggsarbeider skal det utføres vibrasjonsmålinger hele perioden der sprengnings- og piggingsarbeider berøres av NS 8141.

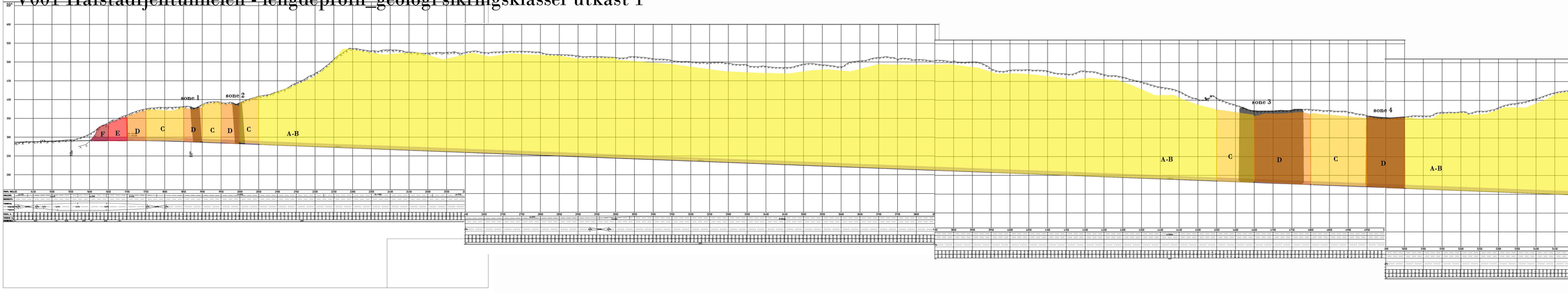
UTKAST 000

7 REFERANSER

1. Statens vegvesen (2022): Håndbok N500 Vegtunneler.
2. Norsk Standard (2008): NS-EN 1997-1+NA:2008: Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler.
3. Statens vegvesen (2012): E39 Langeland-Moskog - Kommunedelplan delrapport Vegplanlegging.
4. SWECO (2012): E39 Langeland-Moskog - Kommunedelplan delrapport Geologi.
5. Statens vegvesen (2017): Geoteknikk - Massedeponi Bruland, Førdepakken. Geoteknisk rapport 30203-GEOT-001.
6. Statens vegvesen (2012): Fagrapport geoteknikk - arkivnummer: 2010029726-31.
7. GEOPHYSIX (2021): Rapport GPX_21311: Seismiske grunnundersøkelser for Statens Vegvesen - Skilbrei, Førde.
8. Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) Berggrunnskart for Norge 1:250.000. http://www.ngu.no/
9. Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) Løsmassekart/Marin grense (1:250 000), http://www.ngu.no/
10. Norges Geologisk Undersøkelse (NGU) 2020: Grus- og pukkdatabase - https://geo.ngu.no/kart/grus_pukk_mobil/
11. Norges Geologisk Undersøkelse (NGU) 2020: Mineralressurser - https://geo.ngu.no/kart/mineralressurser_mobil/
12. Norges Geologisk Undersøkelse (NGU) 2020: Grunnvannsdatabasen GRANADA. - https://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/
13. NVE (2021): NVE Atlas.
14. Norges Geotekniske Institutt (NGI), Q-systemet. https://www.ngi.no/Publikasjoner-og-bibliotek/Boeker/Q-systemet
15. Statens vegvesen (2018): Håndbok N200 Vegbygging.
16. Norsk Standard (2001): NS8141 Vibrasjoner og støt. Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk.
17. Statens vegvesen (2020): Håndbok V520 Tunnelveiledning.

UTKAST 000

V001 Hafstadfjelltunnelen - lengdeprofil_geologi sikringsklasser utkast 1



TUNNEL SETT FRA SØRØST

Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no