






E6 Kvithammar – Åsen

Detaljregulering Stjørdal kommune

*Ingeniørgeologisk rapport til reguleringsplan
for bergskjæring ved Furukollen*

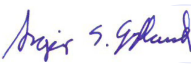
Rapport nr.	Dato
R1-GEOL-06	25.08.2020
	

Revisjonshistorikk

SWECO 					
Rev.	Dato	Beskrivelse	Sign.	Kont.	Godkj.
00	25.08.2020	Detaljregulering	noasgy	nojaco	nobent
01	02.12.2020	Revidert etter offentlig ettersyn og høring	noasgy	nobent	nobent

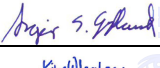

Geoteknisk kategori/konsekvens-/pålitelighetsklasse

Geoteknisk kategori	Konsekvens-/pålitelighetsklasse	Konsekvens-klasse	Beskrivelse
Geoteknisk kategori 1	←CC1/RC1 <input type="checkbox"/>	CC1	Liten konsekvens i form av tap av menneskeliv, og små eller utvesentlige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
Geoteknisk kategori 2	←CC2/RC2 <input checked="" type="checkbox"/>	CC2	Middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, betydelige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
Geoteknisk kategori 3	←CC3/RC3 ev RC4 <input type="checkbox"/>	CC3	Stor konsekvens i form av tap av menneskeliv eller svært store økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser

Kategori/konsekvensklasse er fastsatt av			
	Enhet/navn	Signatur	Dato
Geoteknisk Prosjekterende	Sweco Norge AS v/Asgeir S. Gylland	 Digitally signed by Asgeir S. Gylland Date: 2020.06.05 10:30:55 +02'00'	8.6.2020
Oppdragsgiver	Nye Veier AS v/ Kari Charlotte Sellgren		

Kommentarer til valg av geoteknisk kategori/konsekvensklasse/pålitelighetsklasse
<p>Nye Veier skal bygge ut E6 på strekningen fra Kvithammar i Stjørdal kommune til Åsen i Levanger kommune. Vegen skal bygges som firefelts motorveg med fartsgrense 110 km/t. Ved Furukollen i Stjørdal vil vegen ligge i bergskjæring over en strekning på ca. 60-70 meter. Største skjæringshøyde er ca. 9 meter.</p> <p>Geoteknisk kategori styres av vanskelighetsgrad og pålitelighetsklasse. For bergskjæringene ved Furukollen er maksimal skjæringshøyde 9 meter. Sideterrenget er flatt til slakt hellende uten skredfare. Grunn- og fundamenteringsforholdene vurderes som «enkle og oversiktlige». Med bakgrunn i dette er det valgt pålitelighetsklasse CC/RC2 og vanskelighetsgrad middels for prosjektet. Prosjektet faller ikke inn under skjæringstyper som skal plasseres i geoteknisk kategori 3 jmfør Statens vegvesen håndbok N200 (2018) [1].</p> <p>Med bakgrunn i dette legges geoteknisk kategori 2 til grunn for arbeider knyttet til denne bergskjæringen.</p> <p>For CC/RC2 stiller PKK2 krav til egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll. For PKK2 kan utvidet kontroll begrenses til kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket.</p>

Prosjekteringskontroll

	Enhet/Navn	Signatur	Dato
Egenkontroll	Asgeir S. Gylland	 Digitally signed by Asgeir S. Gylland Date: 2020.06.05 10:31:19 +02'00'	8.6.2020
Intern systematisk kontroll	Kine W. Jacobsen	 Digitally signed by Kine W. Jacobsen DN: cn=Kine W. Jacobsen, c=NO, o=Sweco Norge AS, email=kine.jacobsen@sweco.no Date: 2020.06.05 11:56:22 +02'00'	8.6.2020
Utvidet kontroll	Norconsult v/ Marianne Kanestrøm Rødseth	Marianne K. Rødseth Digitally signed by Marianne K. Rødseth Date: 2020.06.05 14:28:27 +02'00'	5.6.2020
Godkjent			

Krav til prosjekteringskontroll

Valg av prosjekteringskontroll-klasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighets-klasse	Minste prosjekterings-kontrollklasse	Egenkontroll	Intern systematisk kontroll	Utvidet kontroll
CC/RC1	PKK1	Kreves	Kreves ikke	Kreves ikke
CC/RC2	PKK2	Kreves	Kreves	Kreves
CC/RC3	PKK3	Kreves	Kreves	Kreves
CC/RC4	Skal spesifiseres	Kreves	Kreves	Kreves

RAPPORT R1-GEOL-06

Ingeniørgeologisk rapport til reguleringsplan for bergskjæring ved Furukollen

Kunde: DR.ING A. AAS-JAKOBSEN Trondheim AS

Prosjekt: E6 Kvithammar - Åsen Samhandlingsfase

Prosjektnummer: 10212645

Dokumentnummer: R1-GEOL-06

Rev.: 01

Sammendrag:

Nye Veier skal bygge ut E6 på strekningen fra Kvithammar i Stjørdal kommune til Åsen i Levanger kommune. Vegen skal bygges som firefelts motorveg med fartsgrense 110 km/t. Ved Furukollen i Stjørdal vil vegen ligge i bergskjæring over en strekning på ca. 60-70 meter. Største skjæringshøyde er ca. 9 meter.

Bergarten i skjæringen er skifer som i hovedsak er oppsprukket etter tre hovedsprekkesett. Den mest markerte sprekeretningen følger foliasjonen som er orientert med fall inn i skjæringen. Det er påvist kvikkleire i grunnboring ca. 90 meter nordøst for Furukollen.

Under utførelse må stabilitetsvurdering utføres av ingeniørgeolog og skjæringer sikres slik at det ikke forekommer nedfall. Aktuelle sikringsmidler vil være rensk, bolting og nett. Avdekking av bergoverflaten samt noen sikringstiltak i terreng umiddelbart over skjæring vil være nødvendig.

Skredfarevurderinger er gjort med utgangspunkt i sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg i henhold til tabell 208.1 i SVV håndbok 200 [1]. Furukollen ligger i tilnærmet flatt landbruksområde som er vurdert å ikke være skredfarlig.

Rapporteringsstatus:

- Endelig
 Oversendelse for kommentar
 Utkast

Utarbeidet av: Asgeir S. Gylland	Sign.:  Asgeir S. Gylland I am the author of this document 2020.12.01 12:46:22 +01'00'
Kontrollert av: Kine W. Jacobsen	Sign.:  Digitally signed by Bent Aagaard SN: C=NO CN=Bent Aagaard O=Sweco Norge AS E=bent.aagaard@sweco.no Date: 2020.12.02 15:16:20 +01'00'
Prosjektleder: Ole Kristian Bjølstad	Prosjekteier: Torbjørn Yri

Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av
01	02.12.2020	Revisjon etter offentlig ettersyn og høring	NOASGY	NOBENT
00	25.08.2020	Detaljregulering	NOASGY	NOJACO

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn og hensikt	4
1.2	Linjeføring og skjæring i berg	4
1.3	Geoteknisk kategori	5
1.4	Grunnlag	7
1.5	Utførte undersøkelser	8
2	Observasjoner og fakta	9
2.1	Topografi og linjeføring	9
2.2	Kvartærgeologisk beskrivelse	9
2.3	Bergmassebeskrivelse	10
2.4	Hydrogeologi	11
2.5	Ytre miljø	11
3	Vurderinger	12
3.1	Stabilitet og geometrisk utforming	12
3.2	Sikringsbehov	12
3.3	Borbarhet, sprengbarhet og bergmassens egnethet til vegformål	13
3.4	Rystelseskrav	14
3.5	Ingeniørgeologisk kompetanse og oppfølging i byggefasen	15
4	Skredfarevurderinger	16
4.1	Forutsetninger	16
4.2	Vurdering	16
5	Videre arbeid	17
	Vedlegg	18
	Referanser	18

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og hensikt

Nye Veier planlegger ny E6 fra Kvithammar til Åsen i Stjørdal og Levanger kommune. Vegen planlegges som firefelts motorveg med fartsgrense 110 km/t på hele strekningen, og vil redusere reisetiden mellom Åsen og Stjørdal med 9 minutter.

Eksisterende E6 mellom Stjørdal og Åsen er en tofelts veg med fartsgrense 70 km/t på store deler av strekningen. Forbi Skatval er det mange kryss og avkjørsler, mens på strekningen fra Skatval til Åsen er det lite bebyggelse langs E6. Her går imidlertid vegen i sidebratt terreng parallelt med jernbanen, en strekning som er svært sårbar ved hendelser. I nord går eksisterende E6 gjennom Åsen sentrum.

Strekningen er ulykkesutsatt med en ulykkesfrekvens som er dobbelt så høy som tilsvarende veger. ÅDT på dagens veg er ca. 12000 på strekningen Kvithammar – Skatval, mens det på strekningen Skatval – Åsen er en ÅDT på ca. 8800. Gjennom Åsen sentrum er ÅDT på ca. 8400. Tungtrafikkandelen er ca. 16 % (trafikk tallene er 1019-tall fra NVDB).

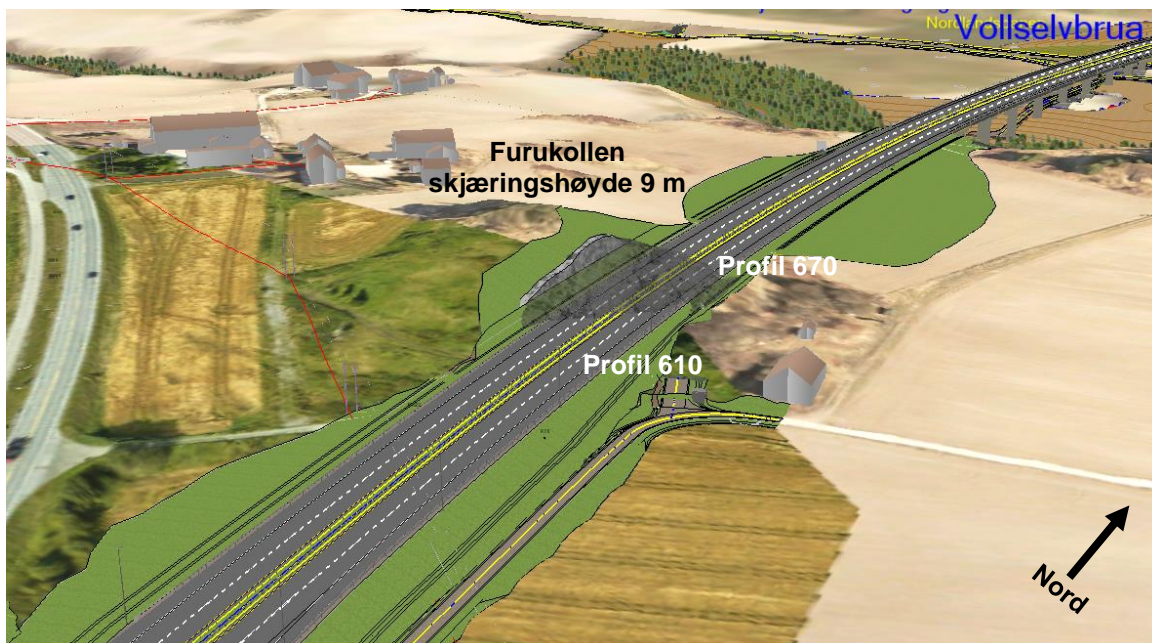
Planforslaget går ut på å bygge firefelts veg på strekningen. Total lengde på ny E6 er 19,8 km, hvorav 9,3 km ligger i Stjørdal kommune. Det skal bygges to tunneler i Stjørdal kommune, Forbordsfjelltunnelen (6080 m) og Høghåmmårtunnelen (1360 m). Kommunegrensa mellom Stjørdal og Levanger går midt i Høghåmmårtunnelen. På strekningen mellom Kvithammar og Holan bygges det ny bru over Vollselva og Nordlandsbanen, Vollselvbrua. Kvithammarkrysset vil bygges om med større rundkjøringer og nye nordvendte ramper. Det etableres ingen andre kryss på strekningen i Stjørdal kommune. I Langsteindalen vil Langsteinvegen gå under E6 i en ny undergang.

Som en konsekvens av planforslaget vil dagens E6 bli nedklassifisert til fylkesveg. Vegen vil kobles til eksisterende vegnett i Kvithammarkrysset.

Denne rapporten omhandler skjæringen i berg ved Furukollen, sørvest for Vollselvbrua i Stjørdal kommune. Den er utarbeidet på grunnlag av krav i Statens vegvesen håndbok N200 (2018) [1]. Det er også utført skredfarevurdering med utgangspunkt i sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg i henhold til tabell 208.1 i SVV håndbok 200 [1].

1.2 Linjeføring og skjæring i berg

Ny E6 mellom Kvithammar og Forbordsfjelltunnelen er planlagt gjennom Furukollen, sørvest for Vollselvbrua. Vegen vil i dette området ligge i bergskjæring på vestlig side over en strekning på ca. 60-70 meter, se oversiktsbilde på figur 1. Størst skjæringshøyde oppnås ved profil 650 med ca. 9,0 meter.



Figur 1: Veglinja gjennom Furukollen (utklipp fra Quadrimodell 6.5.2020).

1.3 Geoteknisk kategori

Bergskjæringene skal klassifiseres i geoteknisk kategori ut fra kompleksitet og risiko, og for vegprosjekter bestemmes dette i henhold til Eurokode 7 [2]. Geoteknisk kategori er en funksjon av vanskelighetsgrad og pålitelighetsklasse og er gitt av tabell 1:

Tabell 1: Definisjon av geoteknisk kategori.

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

* Vurderes særskilt

Vanskelighetsgraden ligger til grunn for valg av pålitelighetsklasse og avhenger av grunnforholdenes kompleksitet og type prosjekt, og klassifiseres som angitt i tabell 2.

Tabell 2 Klassifisering av vanskelighetsgrad [6].

Vanskelighetsgrad	Beskrivelse
Lav	Oversiktlige og enkle grunnforhold eller et prosjekt som er lite påvirket av grunnforholdene. Ingen eller bare enkle grunnundersøkelser kreves for å fastlegge eventuelle nødvendige geotekniske parametere. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.
Middels	Uoversiktlige eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som er påvirket av grunnforholdene. Metoder for fastleggelse av grunnforhold og for dimensjonering er godt utviklet. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.
Høy	Uoversiktlige eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som er påvirket av grunnforholdene. Metoder for fastleggelse av pålitelige parametere eller for dimensjonering er lite utviklet. Bare begrensede erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.

For valg av pålitelighetsklasse refereres til NS-EN 1990 og tabell NA.A1 i nasjonalt tillegg til denne, se Figur 2.

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasse (CC/RC)			
	1	2	3	4
Atomreaktorer, lager for radioaktivt avfall				x
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller ¹⁾		(x)	x	(x)
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i enkle og oversiktlige grunnforhold ¹⁾	x	(x)		

¹⁾ Ved vurdering av pålitelighetsklasse for grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og byggverk

Figur 2 Valg av pålitelighetsklasse. Utklipp av tabell NA.A1 i nasjonalt tillegg til NS-EN 1990.

For bergskjæringene ved Furukollen er maksimal skjæringshøyde 9 meter. Sideterrenget er flatt til slakt hellende uten skredfare. Grunn- og fundamenteringsforholdene vurderes som «enkle og oversiktlige». Dette gir pålitelighetsklasse CC/RC1 eller CC/RC2. Med bakgrunn i at skjæringshøyden er > 5 meter for store deler av skjæringen er det valgt CC/RC2 for prosjektet.

Vanskelighetsgrad vurderes til middels iht. klassifisering i NS-EN 1990, se tabell 2.

Prosjektet faller ikke inn under skjæringstyper som skal plasseres i geoteknisk kategori 3 jmfør Statens vegvesen håndbok N200 (2018) [1]. Av tabell 1 legges dermed geoteknisk kategori 2 til grunn for arbeider knyttet til denne bergskjæringen.

Avhengig av pålitelighetsklasse CC/RC stilles krav til prosjekteringskontrollklasse med tilhørende krav til kontrollform slik det fremgår av tabell 3 nedenfor. For CC/RC2 stiller PKK2 krav til egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll. For PKK2 kan utvidet kontroll begrenses til kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket.

Tabell 3 Valg av prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering, tabell NA-A(902) i NS-EN 1990 [19].

Valg av prosjekteringskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste prosjekteringskontrollklasse	Egenkontroll	Intern systematisk kontroll	Utvidet kontroll
CC/RC1	PKK1	Kreves	Kreves ikke	Kreves ikke
CC/RC2	PKK2	Kreves	Kreves	Kreves
CC/RC3	PKK3	Kreves	Kreves	Kreves
CC/RC4	Skal spesifiseres	Kreves	Kreves	Kreves

Eurokode 7 anbefaler fire forskjellige prosjekteringsmetoder [2]:

- Geoteknisk prosjektering ved beregning
- Prosjektering ved konstruktive tiltak
- Prøvebelastning og modellprøving
- Observasjonsmetoden

For bergskjæringene på prosjektet E6 KÅ benyttes prosjektering ved beregning, prosjektering ved konstruktive tiltak og observasjonsmetoden. Erfaring, normal praksis og etablerte klassifiseringssystem benyttes for å oppnå tilfredsstillende stabilitet.

1.4 Grunnlag

Følgende grunnlagsdata er benyttet til forberedelse for feltarbeid og til utarbeidelse av rapport:

- Gjeldende vegmodeller i Novapoint
- Berggunnskart fra NGU, 1:50000 [3].
- Kvartærgeologisk kart fra NGU, 1:25 000 [4].
- Grunnvannsdatatabasen GRANADA fra NGU [17]
- Registrerte skredhendelser og aktsomhetskart fra NGU/NVE [5].
- Kartverktøy: Norgebilder og Norgeskart.

Følgende styrende dokumenter ligger til grunn ved utarbeidelse av rapporten:

- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering [2]
- Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering, NBG 2011 [6].
- Håndbok N200 Vegbygging, Statens vegvesen, 2018 [1].
- Håndbok R761 Prosesskode 1 Standard beskrivelse for bergkontrakter, Statens vegvesen 2018 [7].

- NS 8141-1:2001 Vibrasjoner og støt – Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk [8].
- 8141-3:2014 Vibrasjoner og støt – Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk – Del 3: Virkning av vibrasjoner fra sprengning på utløsning av skred i kvikkleire [9].
- Håndbok Bruk av Q-systemet – Bergmasseklassifisering og bergforsterkning, NGI 2015 [10].

1.5 Utførte undersøkelser

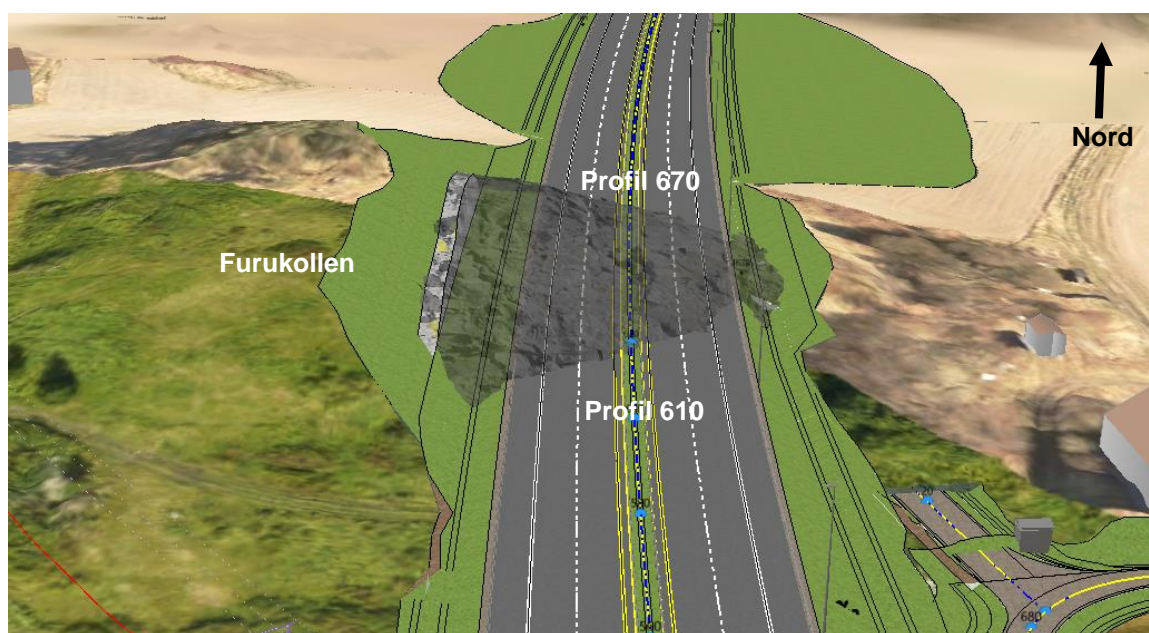
Det er utført befarings til Furukollen av ingeniørgeologene Martin Flåten og Bent Aagaard den 20.04.2020. Befaringen ble utført til fots i terrenget. Utvalgte bilder fra befaringsene er samlet i vedlegg 3.

Det er ikke utført grunnboringer ved Furukollen, men i tilstøtende områder mot nord og sør.

2 Observasjoner og fakta

2.1 Topografi og linjeføring

Furukollen er en liten kolle som ligger ca. 100 meter øst for eksisterende E6, ved Bolkan i Stjørdal kommune. Kollen ligger i tilnærmet flatt jordbruksområde. Planlagt trasé går i nord-sørlig retning og krysser gjennom østlig del av kollen ved profil 610-670 som vist på figur 3. I dette området vil planlagt veg ligge i bergskjæring med høyde opp mot 9 meter på vestlig side.



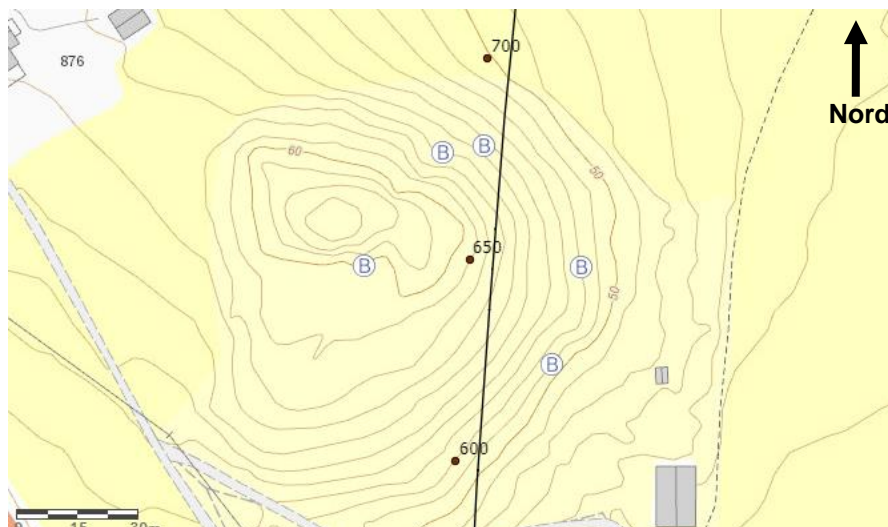
Figur 3: Oversiktsbilde sett mot nord (utklipp fra Quadrimodell 7.5.2020).

2.2 Kvartærgeologisk beskrivelse

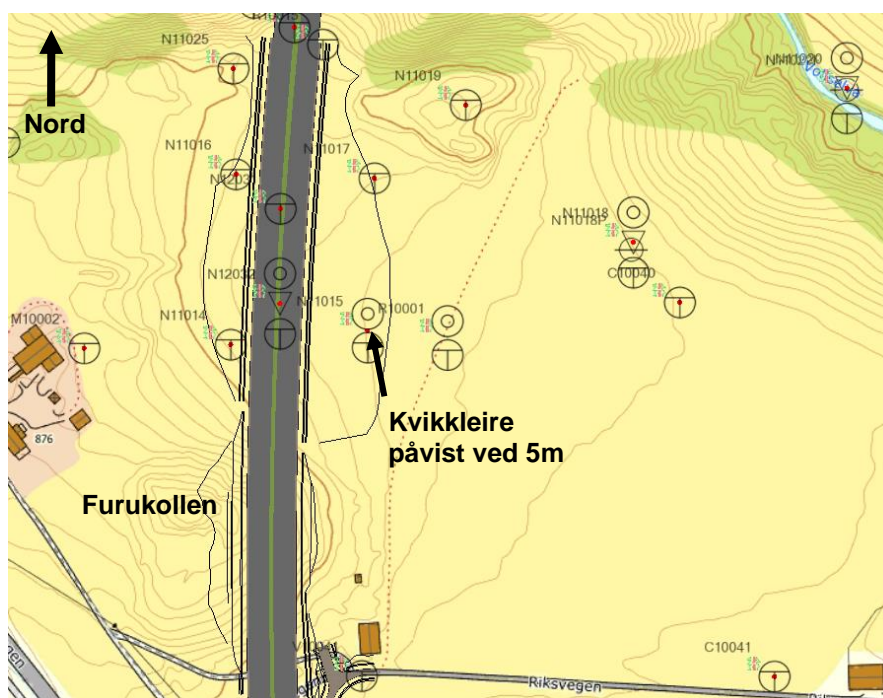
Kvartærgeologisk kart fra NGU (vedlegg 2) angir at området for tiltaket er dekket av «hav- og fjordavsetninger, sammenhengende dekke, ofte med stor mektighet». Området ligger under marin grense.

Under befaring til kollen er det observert flere bergblotninger og generelt tynt løsmassedekke. Se oversikt på figur 4. Løsmassedekke består hovedsakelig av torv og vegetasjon og mektighet anslås til < 1 m. Se også bilder i vedlegg 3.

Ved totalsondering N11015, ca. 90 meter nordøst for Furukollen (figur 5), er det registrert kvikkleire ved dybde ca. 5,0 meter. Det er ikke registrert kvikkleire sør for Furukollen. For detaljer vedrørende løsmasseforholdene i prosjektområdet henvises til fagrapport geoteknikk, R1-GEOT-09 [11].



Figur 4: Registrerte bergblotninger (B) ved befaring.



Figur 5: Oversikt utførte grunnboringer nord for Furukollen.

2.3 Bergmassebeskrivelse

Bergartene i prosjektområdet er en del av Undre Hovinggruppen i Trondheimsdekket. Dette er alloktone (skjøvne) bergarter av under-mellomordovicisk alder. Jmfør berggrunnskart fra NGU (vedlegg 1) består grunnen i området av metasandstein, leirskifer og fyllitt i veksling. Bergarten som er observert i felt er skifer.

Oppsprekking følger i hovedsak tre sprekkesett samt sporadiske sprekker:

1. N150-170° Ø / 15-20°V (foliasjon, subhorizontal orientering, typisk sprekkeavstand 0,05-0,2 m)
2. N20-40°Ø / 90°
3. N80°Ø / 30°S (vekslende sprekkeavstand 0,1-1,0 m)
4. N10°Ø / 35°Ø (spora diske sprekker)

Typisk sprekkeavstand for hovedsprekkesettene er 0,1-1 m, men lokalt også lavere for oppsprekking langs foliasjonen. Observerte sprekkeplan er i hovedsak plan. Sprekkeflater har en ru karakter, stedvis med noe overflateforvitring. Det er observert hvitt belegg på enkelte sprekkeflater. Undersøkelse med bruk av saltsyre (HCl) viser at sprekkebelegget er kalkholdig.

Det er ikke observert svakhetssoner.

2.4 Hydrogeologi

Det er ikke observert tjern, myrområder, bekkeløp eller drenerende søkk i område for tiltaket. Ifølge grunnvannsdata basen GRANADA [17] er det ikke registrert grunnvannsbrønner i umiddelbar nærhet til tiltaket.

2.5 Ytre miljø

Området ved og rundt Furukollen kan karakteriseres som landbrukslandskap. Furukollen er angitt som naturbeitemark og vurdert som viktig naturtype i fagrapport for ytre miljø [12]. Det henvises til denne rapporten for ytterligere detaljer.

3 Vurderinger

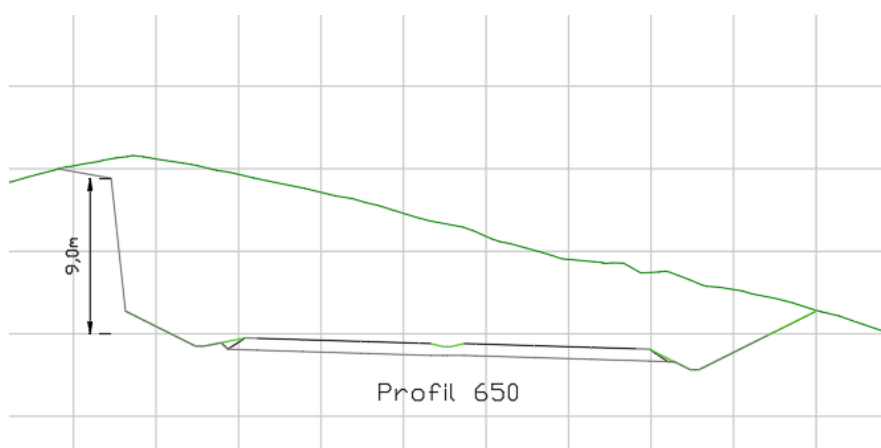
3.1 Stabilitet og geometrisk utforming

I henhold til håndbok N200 [1], blir bergskjæringer etablert med helning 10:1. Løsmasser på toppen av bergskjæring graves av minimum to meter bak prosjektert skjæringskant, og bergoverflaten renskes. Løsmassene utjevnes til stabil skråning, eventuelt støttes opp ved hjelp av for eksempel sognemur.

For skjæringer med høyde < 3 m kan omfang av avdekking og rensk vurderes spesielt og opp mot stabilitet av løsmasser lenger bak i terrenget.

Det er ikke registrert bekkeløp som gir behov for avskjæringsgrøfter, nedføringsrenner eller lignende.

Figur 6 viser et tverrprofil av vegbanen og bergskjæring ved profil 650. Dette er området med størst skjæringshøyde.



Figur 6: Tverrprofil profil 650 (avstand rutenett = 5,0 m).

Planlagt skjæring ved Furukollen vil ligge på vestsiden av vegen, orientert i tilnærmet nord-sørlig retning. Foliasjonen (sprekkesett 1) faller 15-20° inn i skjæringsveggen. Dette er gunstig for stabiliteten med tanke på utglidninger, men kan gi overheng/utstikkende benker, noe som er observert ved bergblotningene under befarung, se vedlegg 3.

Det er også registrert et sporadisk sprekkesett med 35° ut mot vegen (sprekkesett 4). Sammen med tilnærmet tverrgående sprekker kan dette gi utglidninger. Ettersom disse kun er registrert som sporadiske sprekker (sprekkesett 2 og 3), vurderes det som lite sannsynlig at de er gjennomgående for hele skjæringen.

3.2 Sikringsbehov

Stabilitetssikring av bergskjæringer planlegges utført i henhold til krav i håndbok N200 [1]:

- Stabilitetssikring av skjæringer skal dimensjoneres slik at det ikke er fare for nedfall av stein og is på veg. Det skal ikke være nødvendig med supplerende sikring i løpet av de

første 20 år etter ferdigstilling. Det samme gjelder eventuelle tiltak på topp skjæring, for eksempel sognemur.

- Skjæringer skal sikres mot nedfall av is og iskjøving.
- Løsmasser på topp skjæring utformes med stabil vinkel eller sikres (f.eks. med sognemur) for å unngå erosjon og utglidning.

Basert på observasjoner av bergmassen i eksisterende bergskjæring er følgende sikringsmengder estimert.

- Hele bergskjæringen renskes manuelt, ca. 300 m².
- 50% av bergskjæringen renskes maskinelt, ca. 150 m².
- 20-30 stk. innstøpt bolt, lengde 3-4 m.
- Det er trolig ikke behov for steinsprangnett.
- Det er trolig ikke behov for isnett.

3.3 Borbarhet, sprengbarhet og bergmassens egnethet til vegformål

Det er ikke utført testing for mekaniske egenskaper på prøver hentet fra Furukollen, men det er sett til prøver av fyllitt fra kjerneborehull ved Holan (påhugg sør ved Forbordsfjelltunnelen). Avstanden mellom Furukollen og påhugget er ca. 900-1000 meter. På grunn av avstanden må disse verdiene kun ansees som veiledende.

En sammenstilling av testverdiene fremgår av tabell 4 og tabell 5.

Tabell 4 Utvalgte verdier fra laboratorietesting for mekaniske egenskaper utført ved SINTEF [13].

	BH-D ved Holan Dybde 327-330 m Fyllitt
Borsynkindex (DRI)	63 (høy)
Borslitasjeindex (BWI)	14 (meget lav)
Enaksiell trykkfasthet (σ_c) [MPa]	56,5 (høy)
Densitet	2,77

Tabell 5: Oppsummering undersøkelser utført ved NTNU [14]

	BH-D ved Holan Dybde 86-99 m Fyllitt	BH-D ved Holan Dybde 351-363 m Fyllitt
Los Angelesverdi	16,6	17
Micro Deval-koeffisient	40	48

For fullstendige resultater og beskrivelse av testmetoder refereres til rapporter fra SINTEF og NTNU [13,14]. For parameterne LA-verdi og MD-koeffisient oppfylder prøvene ikke kravene til forsterkningslag, bærelag eller delmaterialer til asfalt som angitt i kapittel 64 i håndbok N200 [1].

For endelig vurdering av bergmassens egnethet til vegbyggingsformål anbefales det utførelse av tester på prøver fra området.

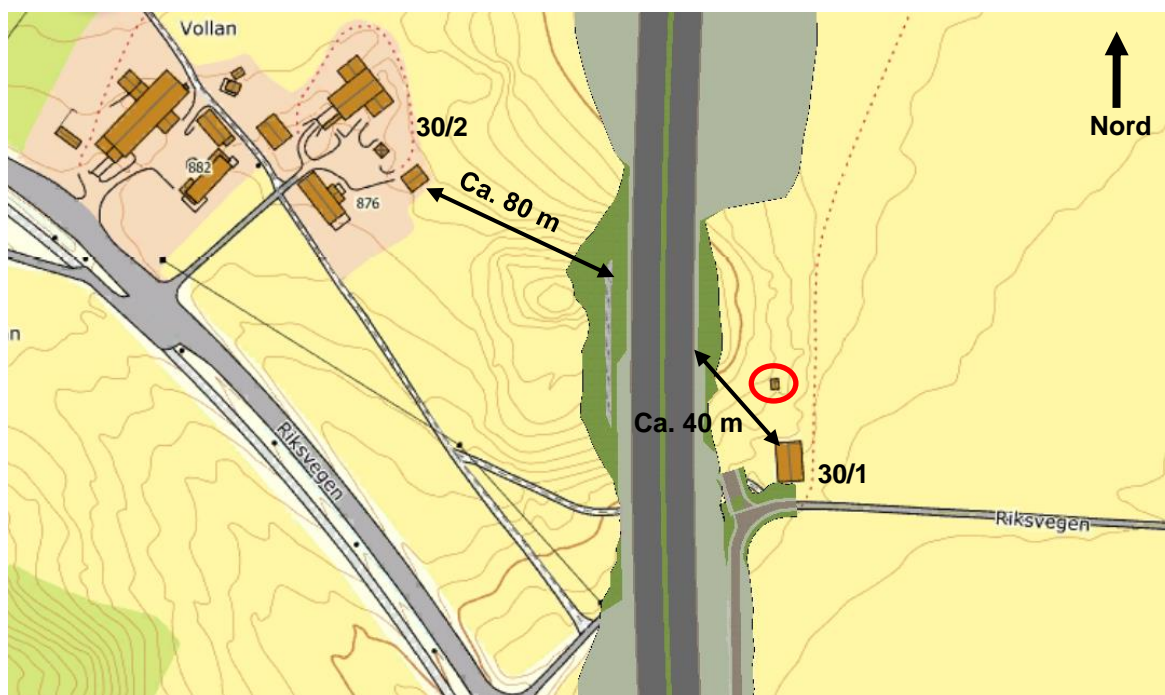
For Forbordsfjelltunnelen er det utført tester for vurdering av syredannede bergarter på to prøver, henholdsvis fyllitt og grønnstein. Prøvene er hentet fra kjerneborehull. Resultatene viser at prøvene kan karakteriseres som «ikke syredannede». Det henvises til ingeniørgeologisk rapport til reguleringsplan for Forbordsfjelltunnelen for detaljer [15].

Skifer kan erfaringsmessig ha dårlig sprengbarhet. Dette kommer blant annet av at bergarten kan karakteriseres som anisotrop, dvs. ha ulike egenskaper i ulike retninger. Dette kan gi demping av støtbølger og redusert evne til rissdannelse under sprengning.

3.4 Rystelseskrav

Rystelseskrav (grenseverdi for vertikal svingehastighet) med tanke på nærliggende bygg er beregnet i henhold til NS 8141:2001 [8]. Det anbefales besiktigelse av bygninger og andre konstruksjoner som kan bli påvirket av sprengningsarbeidet. Som grense for området som skal besiktiges, anbefales en grense på 50 m for byggverk fundamentert på berg og 100 m for byggverk fundamentert på løsmasser.

Det anbefales at byggene ved gnr/bnr 30/2 og bygg tilhørende 30/1, som ligger øst for traseen, besiktiges da de ligger innenfor en avstand på 100 meter og fundamenteringsmetoden ikke er kjent. På kartdata er det også angitt et bygg ca. 15 meter nord for bygg på gnr/bnr 30/1, se rød markering på figur 7. Det anbefales at dette bygget besiktiges samtidig som nabobygget. Behov for rystelseskrav og måling må vurderes med bakgrunn i besiktigelsen.



Figur 7: Oversikt nærliggende bygg

Fundamenteringsforhold, byggemateriale og tilstand er ukjent for nærliggende bygg. Foreløpige grenseverdier angitt i tabell 6, er derfor basert på antatte forhold. Det kan bli behov for justering av

disse etter at en innledende besiktigelse med tilstandsvurdering er utført. Det henvises til vedlegg 4 for fullstendige beregninger.

Rystelsesmålere festes til fundamentet eller til bærende konstruksjoner nær fundamentet for å kunne måle og følge opp vibrasjonene kontinuerlig under anleggstiden. Tiltak for å redusere vibrasjoner kan være reduserte ladninger og salvestørrelser.

Tabell 6 Foreløpig beregnet grenseverdi for rystelser iht. NS8141:2001 [8].

Bygning/installasjon	Eiendom, Gnr/Bnr	Korteste avstand til sprengningssted	Foreløpig beregnet grenseverdi
Bygning sørøst for planlagt skjæring. Uadressert	30/1	Ca. 40 m	Dersom fundamentert på løsmasse: 19,3 mm/s
			Dersom fundamentert på berg: 40,0 mm/s
Bygg ved Riksvegen 876 7512 Stjørdal	30/2	Ca. 80 m	Dersom fundamentert på løsmasse: 16,9 mm/s
			Dersom fundamentert på berg: 40,0 mm/s

Det er påvist kvikkleire på dybde ca. 5 meter ved borepunkt R10001, se figur 5. Borepunktet ligger ca. 100 meter nordøst for skjæringen. Kvikkleira ligger i et flatt område, og nærmeste løseområde for et eventuelt kvikkleireskred er vurdert å være mot ravinen langs Vollselva som ligger ca. 250 meter mot nordøst. Forholdene er slik at sannsynlighet vurderes som lav for at vibrasjoner eller fremkast/sprut kan utløse et kvikkleireskred. Med bakgrunn i dette vurderes det ikke å være behov for kontroll av vibrasjoner på kvikkleire eller spesielle tiltak med tanke på fremkast/sprut. Det henvises til fagrapport geoteknikk for detaljer [11].

3.5 Ingeniørgeologisk kompetanse og oppfølging i byggefasen

Det anbefales fortløpende ingeniørgeologisk kartlegging av bergmassen underveis i arbeidene. Det kan også være hensiktsmessig med en kartlegging etter at bergoverflaten er avdekket også i overkant av eksisterende skjæring. Det anbefales at prosjektet følger krav til bemanning og kompetanse i henhold til SVV Håndbok R760 [18]. Dette innebærer at man sørger for nødvendig kompetanse ut fra forventede geologiske utfordringer. Minst én person med bergteknisk/ingeniørgeologisk kompetanse skal ha faglig ansvar for permanent sikring av skjæringene og sørge for:

- Kvalitetssikring for geologisk kartlegging, sikring og dokumentasjon.
- Kartlegging for å bestemme omfang og metode for permanent sikring.
- Registrering og dokumentasjon av geologi og utført sikring iht. gjeldende krav.
- Å utarbeide ingeniørgeologisk sluttrapport.
- Å rapportere og begrunne eventuelle avvik i sikringsomfang og sikringsmetoder i forhold til det som var forutsatt i konkurransegrunlaget.

4 Skredfarevurderinger

4.1 Forutsetninger

Skredfarevurdering er gjennomført med utgangspunkt i sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg i henhold til tabell 208.1 i SVV håndbok N200 [1], se tabell 7. Tabellen angir tolererbar og akseptabel skredsannsynlighet for veg avhengig av dimensjonerende trafikkmengde.

Sannsynlighetsklasser er inndelt etter årlig nominell sannsynlighet for skred pr. enhetsstrekning. En enhetsstrekning er her definert som en veglengde på 1 km med start fra ytterkant av aktuell strekning. Der det er flere enkeltskredløp/skredpunkt på strekningen, summeres sannsynligheten for skred.

Tabell 7 Sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg, iht. tabell 208. 1 i håndbok N200.

Dimensjonerende trafikkmengde	< 200	200 – 499	500 – 1499	1500 – 3999	4000 – 7999	> 8000
Akseptabel skredsannsynlighet pr. km og år (bør-krav)	1/10	1/20	1/50	1/50	1/100	1/1000
Tolererbar skredsannsynlighet pr. km og år (skal-krav)	1/2	1/5	1/10	1/20	1/50	1/100

Veien planlegges for en ÅDT i 2045 på 13500 og fartsgrense 110 km/t. Dette gir bør-krav 1/1000 og skal-krav 1/100 til skredsannsynlighet.

4.2 Vurdering

Jamfør kartdata, deriblant helningskart fra NGI, har området ved og rundt Furukollen helning < 20°. Tverrprofilene viser at sideterrenget ved skjæringstopp er flatt, se figur 6. På kartgrunnlag fra NVE er det ikke angitt aktsomhetsområder for steinsprang, snøskred eller jord- og flomskred i området. Med bakgrunn i dette samt observasjoner gjort ved befaring vurderes det å ikke være skredfare for steinsprang, snøskred eller jord- og flomskred.

Det er angitt områder med kvikkleirefaregrad *lav* og *middels* nord og vest for Furukollen. Det henvises til geoteknisk rapport for vurdering av skredfare med tanke på kvikkleire [11,16].

5 Videre arbeid

I forbindelse med byggeplanfasen vil det være aktuelt med følgende supplerende arbeider:

- Undersøke om det kan være brønner i området som ikke er registrert i grunnvannsdatabasen.
- Utføre bygningsbesiktigelse for å avklare rystelseskrav for nærliggende bygg.

Vedlegg

Vedlegg 1 Berggrunnskart fra NGU

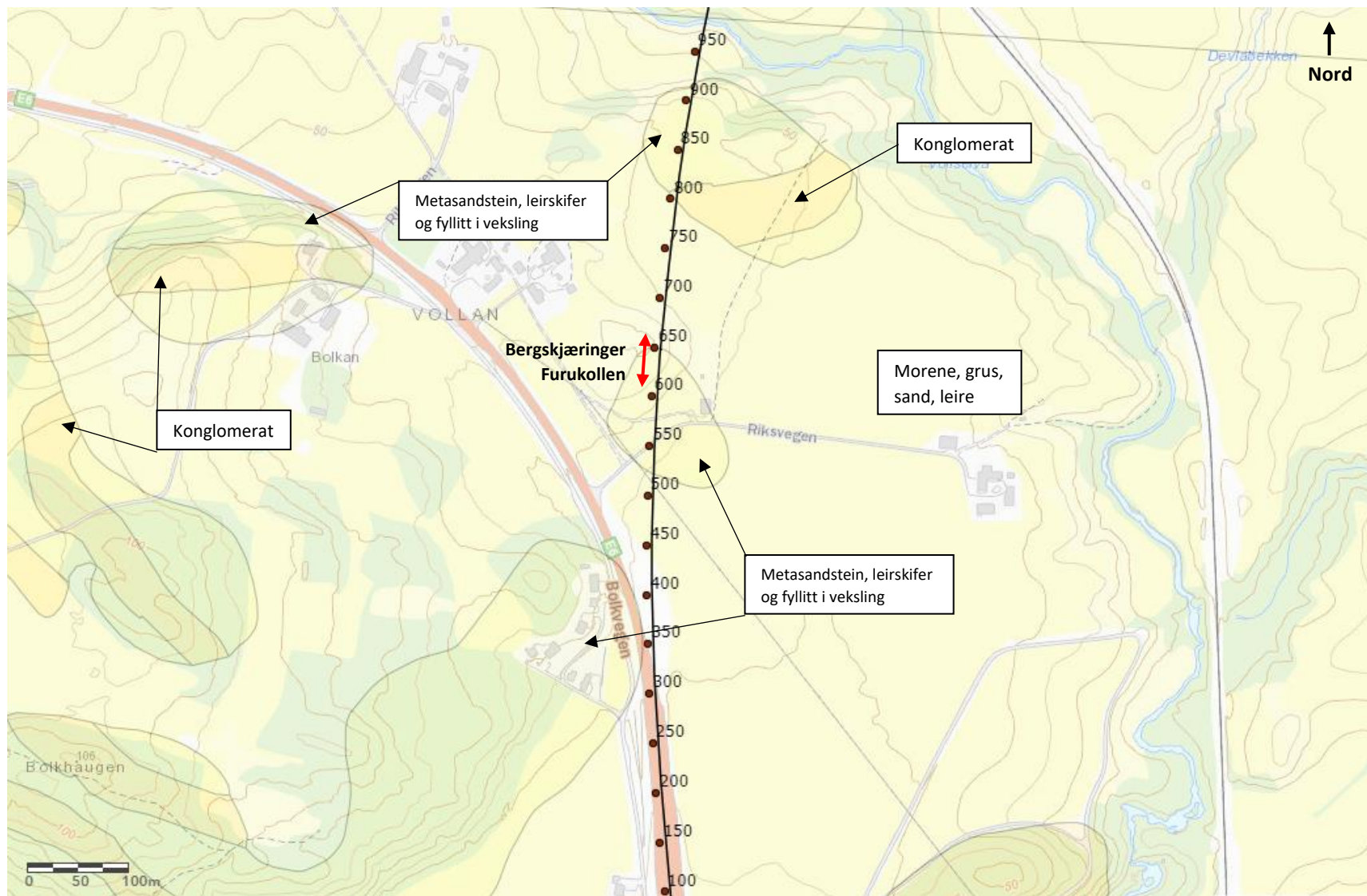
Vedlegg 2 Kvantærgeologisk kart

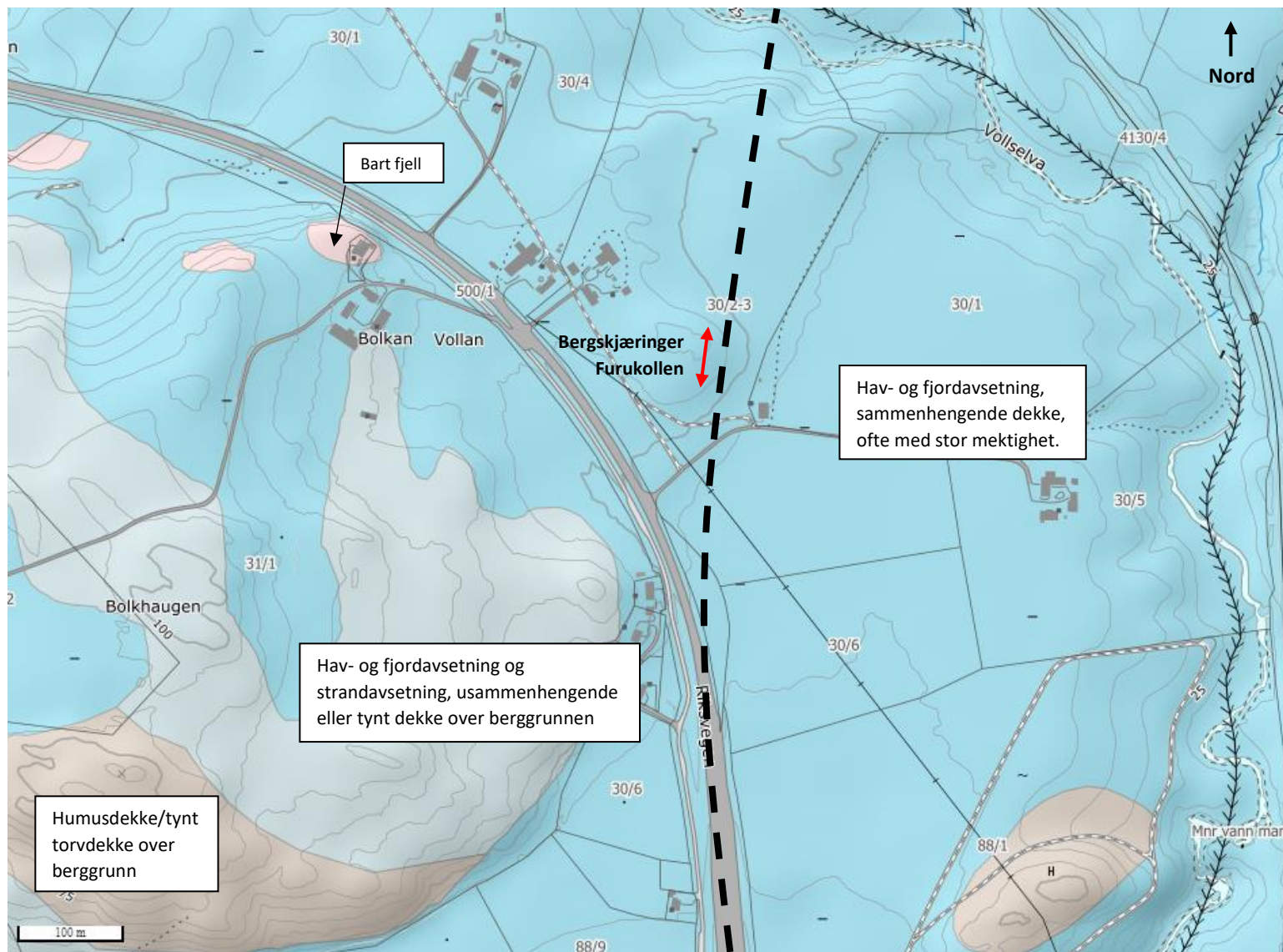
Vedlegg 3 Bilder

Vedlegg 4 Grenseverdier for rystelser

Referanser

- [1] Håndbok N200 Vegbygging, Statens vegvesen 2018.
- [2] NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering
- [3] Berggrunnskart fra NGU, målestokk 1:50 000. www.ngu.no
- [4] Kvantærgeologisk kart fra NGU, målestokk 1:250 000. www.ngu.no
- [5] Aktsomhetskart og skredatabase fra NVE, www.skrednett.no
- [6] Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering, NBG
- [7] Håndbok R761 Prosesskode 1 Standard beskrivelse for vegkontrakter, Statens vegvesen 2018
- [8] NS 8141-1:2001 Vibrasjoner og støt – Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk
- [9] 8141-3:2014 Vibrasjoner og støt – Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk – Del 3: Virkning av vibrasjoner fra sprengning på utløsning av skred i kvikkleire
- [10] Håndbok Bruk av Q-systemet – Bergmasseklassifisering og bergforsterkning, NGI 2015
- [11] E6 Kvithammar – Åsen. Reguleringsplan Stjørdal. Rapport R1-GEOT-09 Geoteknisk fagrapport Stjørdal. (ikke ferdig utarbeidet pr 15.5.2020)
- [12] E6 Kvithammar – Åsen. Reguleringsplan Stjørdal. Rapport R1-YM-03 Fagrapport ytre miljø.
- [13] SINTEF (2019), 102020267-045 *Laboratorieundersøkelser av stein- og sleppemateriale*, datert 26.09.2016
- [14] NTNU (2019), 10212645 *E6 Tunnel E6 Kvithammar – Åsen*, datert 30.09.2019
- [15] Sweco (2020), 10212645 *R1-GEOL-02-Rev-03 Forbordsfjelltunnelen, Ingeniørgeologisk rapport til reguleringsplan*, datert 24.04.2020.
- [16] NGI (2020), *N1-NAT-01 Vurdering av naturfare for reguleringsplan Stjørdal*, rev. 0 datert 12.03.2012
- [17] Grunnvannsdatenbasen GRANADA fra NGU, www.ngu.no
- [18] Håndbok R760 Styring av vegprosjekter, Statens vegvesen 2019.
- [19] NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner.







Bilde 1: Bergblotning ved toppen av Furukollen.



Bilde 2: Toppen av Furukollen sett mot øst, tynt løsmassedekke.



Bilde 3: Bergblotning ved toppen Furukollen, vegg er orientert tilnærmet i nord-sørlig retning. Skifer, foliasjon faller mot vest.



Bilde 4: Bergblotning ved toppen av Furukollen. Skifer.



Bilde 5: Bergblotning ved toppen av Furukollen, nærbilde av skifer.



Bilde 6: Bergblotning på nordsiden av Furukollen.



Bilde 7: Bergblotning ved østlig side av Furukollen, tynt løsmassedekke.

Grenseverdi for vertikal svingehastighet etter NS 8141:2001

Prosjektnr.:	10212645	Dato :	15.05.2020
Prosjekt:	E6 Kvithammar - Åsen	Init.:	noasgy
Kommentar:	R1-GEOL-06 Gnr/Bnr 30/1	Side.:	1

Beregning etter NS 8141:2001

"Vibrasjoner og støt, måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk"

Beregningsformel for grenseverdien, v

$$v = v_0 \cdot F_g \cdot F_b \cdot F_d \cdot F_k$$

Hvor:

$$v_0 = 20 \text{ mm/s}$$

F_g - Grunnforholdsfaktor

F_b - Byggverksfaktor, $F_b = k_b \cdot k_m \cdot k_f$

k_b - Byggverksklasse

k_m - Materialfaktor

k_f - Fundamenteringsfaktor

F_d - Avstandsfaktor

F_k - Kildedefaktor

Kan redigeres av bruker

Grunnforholdsfaktor, F_g

Hovedgruppe	Berg
Undergruppe	Skifer, myk kalkstein, oppsprukket berg (seismisk hastighet 2000-4000 m/s)
Grunnforholdsfaktor	$F_g = 2,5$

Byggverksfaktor, F_b

Byggfaktor, k_b

Type byggverk	Vanlige boliger
Byggfaktor	$k_b = 1,0$

Materialfaktor, k_m

Hovedmateriale	Uarmert betong, betonghullstein, murverk, lettklinkerbetong og lignende
Materialfaktor	$k_m = 1,0$

Fundamenteringsfaktor, k_f

Fundamenteringsmåte	Plate
Fundamenteringsfaktor	$k_f = 0,8$

$$\text{Byggverksfaktor, } F_b = k_b \cdot k_m \cdot k_f \quad F_b = 0,8$$

Avstandsfaktor, F_d

Avstand til vibrasjonskilde i m	d = 40
Vibrasjonskilde	Sprengning
Avstandsfaktor	$F_d = 1,00$

Kildedefaktor, F_k

Vibrasjonskilde	Sprengning
Grunnforholdsfaktor	$F_g = 1,0$

Grenseverdi for maksimal vertikal svingehastighet, v

Grenseverdi	v = 40,0 mm/s
-------------	---------------

Grenseverdi for vertikal svingehastighet etter NS 8141:2001

Prosjektnr.: 10212645	Dato: 15.05.2020
Prosjekt: E6 Kvithammar - Åsen	Init.: noasgy
Kommentar: R1-GEOL-06 Gnr/Bnr 30/1	Side.: 1

Beregning etter NS 8141:2001

"Vibrasjoner og støt, måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk"

Beregningsformel for grenseverdien, v

$$v = v_0 \cdot F_g \cdot F_b \cdot F_d \cdot F_k$$

Hvor:

$$v_0 = 20 \text{ mm/s}$$

F_g - Grunnforholdsfaktor

F_b - Byggverksfaktor, $F_b = k_b \cdot k_m \cdot k_f$

k_b - Byggverksklasse

k_m - Materialfaktor

k_f - Fundamenteringsfaktor

F_d - Avstandsfaktor

F_k - Kildefaktor

Kan redigeres av bruker

Grunnforholdsfaktor, F_g

Hovedgruppe	Løsmasser
Undergruppe	Fast lagret morene, fylling med komprimert sprengstein
Grunnforholdsfaktor	$F_g = 1,8$

Byggverksfaktor, F_b

Byggfaktor, k_b

Type byggverk	Vanlige boliger
Byggfaktor	$k_b = 1,0$

Materialfaktor, k_m

Hovedmateriale	Uarmert betong, betonghullstein, murverk, lettklinkerbetong og lignende
Materialfaktor	$k_m = 1,0$

Fundamenteringsfaktor, k_f

Fundamenteringsmåte	Plate
Fundamenteringsfaktor	$k_f = 0,8$

Byggverksfaktor, $F_b = k_b \cdot k_m \cdot k_f$ $F_b = 0,8$

Avstandsfaktor, F_d

Avstand til vibrasjonskilde i m	d = 40
Vibrasjonskilde	Sprengning
Avstandsfaktor	$F_d = 0,67$

Kildefaktor, F_k

Vibrasjonskilde	Sprengning
Grunnforholdsfaktor	$F_g = 1,0$

Grenseverdi for maksimal vertikal svingehastighet, v

Grenseverdi	v = 19,3	mm/s
-------------	----------	------

Grenseverdi for vertikal svingehastighet etter NS 8141:2001

Prosjektnr.: 10212645	Dato: 15.05.2020
Prosjekt: E6 Kvithammar - Åsen	Init.: noasgy
Kommentar: R1-GEOL-06 Gnr/Bnr 30/2	Side.: 1

Beregning etter NS 8141:2001

"Vibrasjoner og støt, måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk"

Beregningsformel for grenseverdien, v

$$v = v_0 \cdot F_g \cdot F_b \cdot F_d \cdot F_k$$

Hvor:

$$v_0 = 20 \text{ mm/s}$$

F_g - Grunnforholdsfaktor

F_b - Byggverksfaktor, $F_b = k_b \cdot k_m \cdot k_f$

k_b - Byggverksklasse

k_m - Materialfaktor

k_f - Fundamenteringsfaktor

F_d - Avstandsfaktor

F_k - Kildefaktor

Kan redigeres av bruker

Grunnforholdsfaktor, F_g

Hovedgruppe	Berg
Undergruppe	Skifer, myk kalkstein, oppsprukket berg (seismisk hastighet 2000-4000 m/s)
Grunnforholdsfaktor	$F_g = 2,5$

Byggverksfaktor, F_b

Byggfaktor, k_b

Type byggverk	Vanlige boliger
Byggfaktor	$k_b = 1,0$

Materialfaktor, k_m

Hovedmateriale	Uarmert betong, betonghullstein, murverk, lettklinkerbetong og lignende
Materialfaktor	$k_m = 1,0$

Fundamenteringsfaktor, k_f

Fundamenteringsmåte	Plate
Fundamenteringsfaktor	$k_f = 0,8$

$$\text{Byggverksfaktor, } F_b = k_b \cdot k_m \cdot k_f \quad F_b = 0,8$$

Avstandsfaktor, F_d

Avstand til vibrasjonskilde i m	d = 80
Vibrasjonskilde	Sprengning
Avstandsfaktor	$F_d = 1,00$

Kildefaktor, F_k

Vibrasjonskilde	Sprengning
Grunnforholdsfaktor	$F_k = 1,0$

Grenseverdi for maksimal vertikal svingehastighet, v

Grenseverdi	v = 40,0 mm/s
-------------	---------------

Grenseverdi for vertikal svingehastighet etter NS 8141:2001

Prosjektnr.: 10212645	Dato: 15.05.2020
Prosjekt: E6 Kvithammar - Åsen	Init.: noasgy
Kommentar: R1-GEOL-06 Gnr/Bnr 30/2	Side.: 1

Beregning etter NS 8141:2001

"Vibrasjoner og støt, måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk"

Beregningsformel for grenseverdien, v

$$v = v_0 \cdot F_g \cdot F_b \cdot F_d \cdot F_k$$

Hvor:

$$v_0 = 20 \text{ mm/s}$$

F_g - Grunnforholdsfaktor

F_b - Byggverksfaktor, $F_b = k_b \cdot k_m \cdot k_f$

k_b - Byggverksklasse

k_m - Materialfaktor

k_f - Fundamenteringsfaktor

F_d - Avstandsfaktor

F_k - Kildefaktor

Kan redigeres av bruker

Grunnforholdsfaktor, F_g

Hovedgruppe	Løsmasser
Undergruppe	Fast lagret morene, fylling med komprimert sprengstein
Grunnforholdsfaktor	$F_g = 1,8$

Byggverksfaktor, F_b

Byggfaktor, k_b

Type byggverk	Vanlige boliger
Byggfaktor	$k_b = 1,0$

Materialfaktor, k_m

Hovedmateriale	Uarmert betong, betonghullstein, murverk, lettklinkerbetong og lignende
Materialfaktor	$k_m = 1,0$

Fundamenteringsfaktor, k_f

Fundamenteringsmåte	Plate
Fundamenteringsfaktor	$k_f = 0,8$

$$\text{Byggverksfaktor, } F_b = k_b \cdot k_m \cdot k_f \quad F_b = 0,8$$

Avstandsfaktor, F_d

Avstand til vibrasjonskilde i m	d = 80
Vibrasjonskilde	Sprengning
Avstandsfaktor	$F_d = 0,59$

Kildefaktor, F_k

Vibrasjonskilde	Sprengning
Grunnforholdsfaktor	$F_k = 1,0$

Grenseverdi for maksimal vertikal svingehastighet, v

Grenseverdi	v = 16,9	mm/s
-------------	----------	------