

Trøndelag fylkeskommune

# ► Fv. 6466 Trøastrømmen og Kvernøystømmen

Ingeniørgeologisk rapport til reguleringsplan

Oppdragsnr.: 52204920 Dokumentnr.: RA-INGGEO-01 Versjon: E02 Dato: 2023-05-31



**Oppdragsgiver:** Trøndelag fylkeskommune  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Astrid Hanssen  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Klæbuveien 127 B, NO-7031 Trondheim  
**Oppdragsleder:** Stein Gunnar Rønningsbakk  
**Fagansvarlig:** Ragna Torås Halseth  
**Andre nøkkelpersoner:** Kristoffer Aurstad Dolvik, Mari Nilsen Ervik

E02	2023-05-31	For godkjenning hos myndigheter	RagHal	MarErv	SteRoe
C01	2023-04-28	Til utvidet kontroll	RagHal/KriDol	MarErv	SteRoe
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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

## ► Sammen drag

Trøndelag Fylkeskommune planlegger utskifting av tre vegbruer på Frøya i Trøndelag. Det skal prosjekteres ny bru eller bru-lignende forbindelse på Titran (ny Titranbru), ved Trøastrømmen og ved Kvernøystømmen. Foreliggende rapport omhandler ingeniørgeologisk prosjektering for nye bruforbindelser for Trøa- og Kvernøystømmen ved fv. 6466, for reguleringsplanfase.

Bergarbeider i prosjektet involverer utspren gning av byggegrop og direktefundamentering på berg av søndre fundam ent for Kvernøystømmen bru, utvidelse av eksisterende bergskjæring i sørvest over Kvernøya og utvidelse av eksisterende bergskjæring øst for Trøastrømmen.

Det er utført ingeniørgeologisk kartlegging i prosjektområdet. Bergarten i området er en grå og rosa/rø dlig granitt og det er registrert 3 hovedsprekkesett, samt sporadiske sprekker. Bergmassen framstår som kompetent og storblokkig, med sprekkavstand som varierer fra 0,2-2 meter. Det er registrert flere svakhetssoner i form av lineasjoner på skyggekart, samt at 2 svakhetssoner er blitt observert på befaring. På Kvernøya er den observerte svakhetssonen en mulig forkastning som danner et tydelig plan i bergmassen og som har en bredde på 1-2 cm. Dette planet vil kunne avløse blokker under driving av skjæringen. Ved Trøastrømmen er det observert en svakhetssone som er orientert omtrentlig som det dominerende sprekkesettet i området (S1), men med bratt fall i motsatt retning. Svakhetssonen er observert til å ha en bredde på 1-2 m nederst på berghammeren, og bli smalere mot toppen.

Bergskjæringene over Kvernøya vil bli relativt lave. Sprekkeorienteringene er gunstige og det forventes at totalstabiliteten er god. Sikring vil i hovedsak bestå av rensk og spredt bolting. På Kvernøya, i retning Trøastrømmen vil noe sprengningsarbeider foregå tett inntil bebyggelse. Her forutsettes det forsiktig sprengning. I bergskjæringen øst for Trøastrømmen er det potensial for kileutglidning og plan utglidning. Det vil ventelig være behov for sikring med bolter med lengde opptil 4-6 meter for å ivareta totalstabiliteten.

Bergmassen langs sjøkanten foran det søndre fundam ent til Kvernøystømmen bru er stedvis tett oppsprukket og med åpne sprekker. På grunn av dette er fundam entet plassert slik at det unngås å sette fundam entsålen på denne bergmassen. Beregnet dimensjonerende bæreevne for bergmassen under fundam entet er 8,8 MPa. Foreløpig er dimensjonerende grunntrykk fra brufundam ent 1,0 MPa, dette gir tilfredsstillende bæreevne for bergmassen. Sikring av skjæringsvegger i sprengningsgrop vil hovedsakelig bestå av rensk og sporadisk bolting. Det ventes ikke utfordringer med skråningsstabilitet foran fundam entet.

Sprengningsarbeidene for Kvernøystømmen søndre fundam ent vil foregå tett inntil eksisterende bru. Rystelsesreducerende tiltak, som sømboring eller vaiersaging, bør vurderes. Grenseverdier for vibrasjoner bør fastsettes etter en tilstandsvurdering av brua.

Basert på eksisterende prøveresultater fra steinmateriale i nærområdet på Frøya, ventes det at steinmaterialet fra berguttak i prosjektet kan anvendes til vegformål. Det må tas rutinemessige analyser før/ved oppstart, og under bygging. Med tilpasning i sprengningsplanene vil det trolig være mulig å få ut noe blokkstein til bruk som erosjonssikring av fyllinger. Ved bruk av massene til andre formål en vegbygging (for eksempel fyllmasser under bygg) må det utføres testing med tanke på radongassdannelse.

## ► Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
1.1	Generell beskrivelse	6
1.2	Trasé, bruløsning og rapportens innhold	7
1.3	Regelverk og styringsdokumenter	8
1.4	Sikkerhet mot skred	8
1.5	Geoteknisk kategori og prosjekteringsmetoder	8
1.5.1	<i>Valg av geoteknisk kategori</i>	8
1.5.2	<i>Prosjekteringsmetoder</i>	9
1.6	Kontroll av prosjektering og utførelse	10
1.6.1	<i>Bergskjæringer</i>	10
1.6.2	<i>Brufundament Kvernøystømmen bru sør</i>	11
<b>2</b>	<b>Utførte undersøkelser</b>	<b>14</b>
2.1	Grunnundersøkelser	14
2.2	Ingeniørgeologisk feltkartlegging	14
<b>3</b>	<b>Grunnforhold (faktadel)</b>	<b>15</b>
3.1	Topografi og områdebeskrivelse	15
3.2	Kvartærgeologi og løsmasser	18
3.3	Bergmassen	18
3.3.1	<i>Generelt</i>	18
3.3.2	<i>Lineasjoner og svakhetssoner</i>	20
3.3.3	<i>Oppsprekking og sprekkekarakter</i>	22
3.4	Bergmassens mekaniske egenskaper	29
3.4.1	<i>Schmidt-hammermålinger Kvernøystømmen sør</i>	29
3.4.2	<i>Tidligere utførte analyser</i>	30
3.5	Omgivelser	30
3.5.1	<i>Hydrologi og hydrogeologi</i>	30
3.5.2	<i>Bebyggelse og infrastruktur</i>	31
3.5.3	<i>Ytre miljø</i>	31
3.6	Aktsomhetskart for skred	31
<b>4</b>	<b>Ingeniørgeologiske vurderinger (tolkningsdel)</b>	<b>32</b>
4.1	Bergskjæringer	32
4.1.1	<i>Bergskjæring over Kvernøya (ca. profil 225-380)</i>	32
4.1.2	<i>Bergskjæring øst for Trøastrømmen (ca. profil 515-640)</i>	32
4.1.3	<i>Geometrisk utforming</i>	32
4.1.4	<i>Uttaksmetode</i>	33
4.1.5	<i>Sikringstiltak og mengdeestimat</i>	33



4.2	Søndre brufundament Kvernøystømmen	34
4.2.1	<i>Vurdering av fundamenteringsforhold</i>	34
4.2.2	<i>Stabilitet av bergmasse</i>	36
4.2.3	<i>Anbefalinger for sprengningsarbeider og bergsikring</i>	37
4.2.4	<i>Vurdering av dimensjonerende bæreevne</i>	38
4.3	Omgivelser og ytre miljø	40
4.3.1	<i>Skredfare</i>	40
4.3.2	<i>Syredannende potensial</i>	40
4.3.3	<i>Radon</i>	40
4.4	Borbarhet og sprengbarhet	41
4.5	Bruk av steinmateriale	42
4.5.1	<i>Til bruk i vegformål</i>	42
4.5.2	<i>Bruk av sprengstein til erosjonssikring</i>	44
<b>5</b>	<b>Usikkerheter og restrisiko i byggefasen</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>Ingeniørgeologisk oppfølging i byggefasen</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>Referanser</b>	<b>47</b>

## Vedlegg

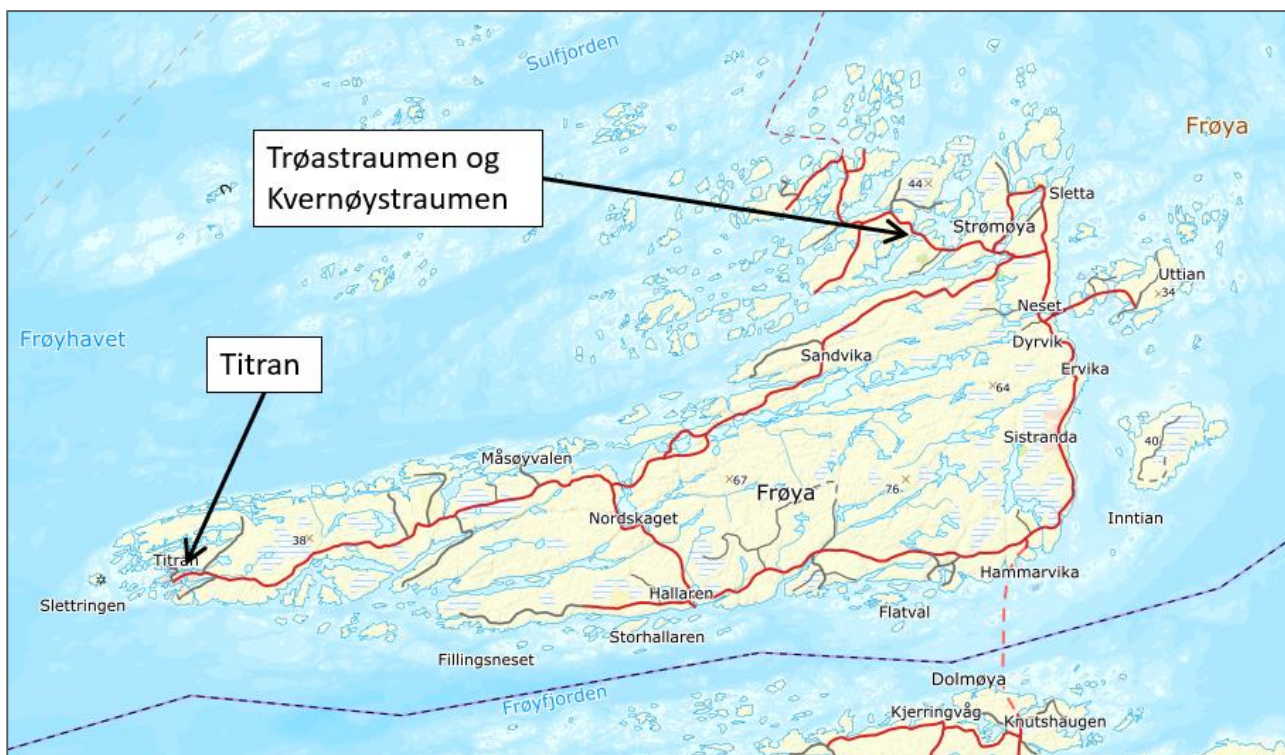
- 1 Ingeniørgeologiske tegninger
- 2 Tverrprofiler bergskjæringer over 10 meter

# 1 Innledning

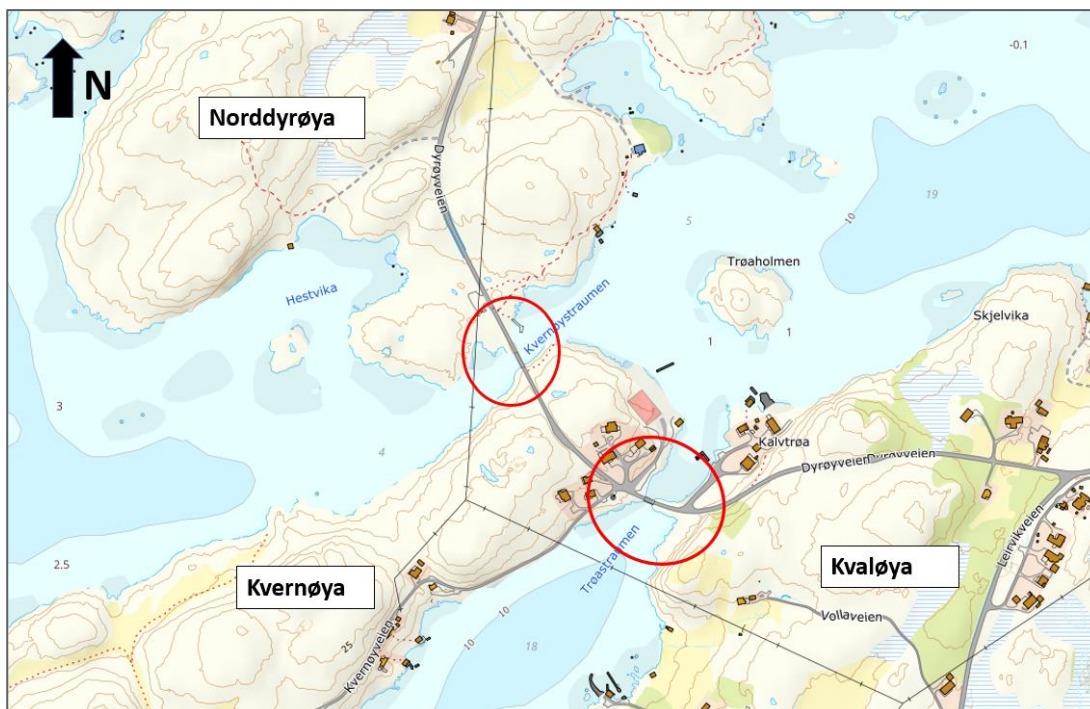
## 1.1 Generell beskrivelse

Trøndelag Fylkeskommune har engasjert Norconsult til utarbeidelse av reguleringsplan og byggeplan i forbindelse med utskifting av tre vegbruer på Frøya i Trøndelag. Det skal prosjekteres ny bru eller bru-lignende forbindelse på Titran (ny Titranbru), ved Trøastrømmen og ved Kvernøystrømmen. Oversiktskart er vist i figur 1.

Foreliggende rapport omhandler ingeniørgeologisk prosjektering for nye bruforbindelser for Trø- og Kvernøystrømmen ved fv. 6466, for reguleringsplanfase. Brua over Trøastrømmen binder Kvaløya sammen med Kvernøya mens brua over Kvernøystrømmen ligger ca. 250 meter nordvest, og forbinder Kvernøya med Norddyrøya.



Figur 1: Oversiktskart over prosjektområdet på Frøya.



Figur 2: Detaljkart over beliggenheten til Trøastrømmen og Kvernøystrømmen.

## 1.2 Trasé, bruløsning og rapportens innhold

Ny bru over Kvernøystrømmen og Trøastrømmen vil innebære flytting av veglinja noe sørvestover for å etablere nye brukar. Nord for Kvernøystrømmen vil ny veg legges på fylling. Nytt brukar i nord vil også legges på fylling, mens det sørlige brukaret vil direktefundamenteres på berg.

For strekningen over Kvernøya vil omlegging av traseen innebære noe sprengningsarbeider for utvidelse av eksisterende bergskjæring i sørvest.

Ny bru over Trøastrømmen skal fundamenteres på fylling i begge sider. Omlegging av vegen øst for Trøastrømmen fører til at eksisterende bergskjæring må utvides.

Bergarbeidene i prosjektet er oppsummert i tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over bergrelaterte arbeider for fv. 6466 Kvernøystrømmen og Trøastrømmen.

Element	Plassering	Profilnummer	Lengde [m]	Beskrivelse
Brufundament, direktefundamentert på berg	Søndre fundament Kvernøystrømmen bru	210-214		Fundamentsåle på kote +1,5, med størrelse 6,2 x 4,0 m. Sprengningsgrop med bergskjæring i nordøst og sørøst med ca. høyde 5-6 m.
Bergskjæring	Kvernøya	225-380	155	Ensidig, høyre side, maks. høyde 5,0 meter.
Bergskjæring	Øst for Trøastrømmen	515-640	125	Ensidig, høyre side, maks. høyde 12,1 meter

### 1.3 Regelverk og styringsdokumenter

For ingeniørgeologisk prosjektering er det lagt til grunn følgende regelverk og styrende dokumenter:

- Eurokode 0: NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 [1]
- Eurokode 7: NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 [2]
- Eurokode 8: NS-EN 1998-1: 2004+A1:2013+NA:2021 [3]
- Eurokode 8: NS-EN 1998-5:2004+NA:2014 [4]
- Byggteknisk forskrift, TEK 17§7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger [5]
- Statens vegvesen, Håndbok N400 Bruprosjektering (2023) [6]
- Statens vegvesen, Håndbok N200 Vegbygging (2022) [7]
- Statens vegvesen, Håndbok V225 Bergskjæringer (2020)
- Statens vegvesen, Håndbok R211 Feltundersøkelser (2021) [8]
- Statens vegvesen, Håndbok R761 Prosesskode 1 [9]
- NFF, Håndbok nr. 07. Håndbok for bestilling av bergsprengningsarbeid [10]
- NFF, Håndbok nr. 11. Bergbolting [11]
- NGI, Bruk av Q-systemet. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning [12]
- NGI, Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter. Veileder for miljødirektoratet [13]

### 1.4 Sikkerhet mot skred

I henhold til håndbok N200 tabell 1.7-1 skal fare for skred ned på veg fra naturlig sideterreng utredes og sikkerhetstiltak skal planlegges ut fra sikkerhetsnivå gitt i tabell 2 [7].

I henhold til Statens vegvesens vegkart [14] er ÅDT for fv. 6466 i området på 650. Sikkerhetskrav for dimensjonerende trafikkmengde >500 gir samlet skredsannsynlighet pr. km og år på 1/50.

Tabell 2: Sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg [7].

Dimensjonerende trafikkmengde	Samlet skredsannsynlighet per km og år
< 500	1/20
500 – 3999	1/50
4000 – 5999	1/100
6000-11999	1/300
≥ 12000	1/1000

### 1.5 Geoteknisk kategori og prosjekteringsmetoder

#### 1.5.1 Valg av geoteknisk kategori

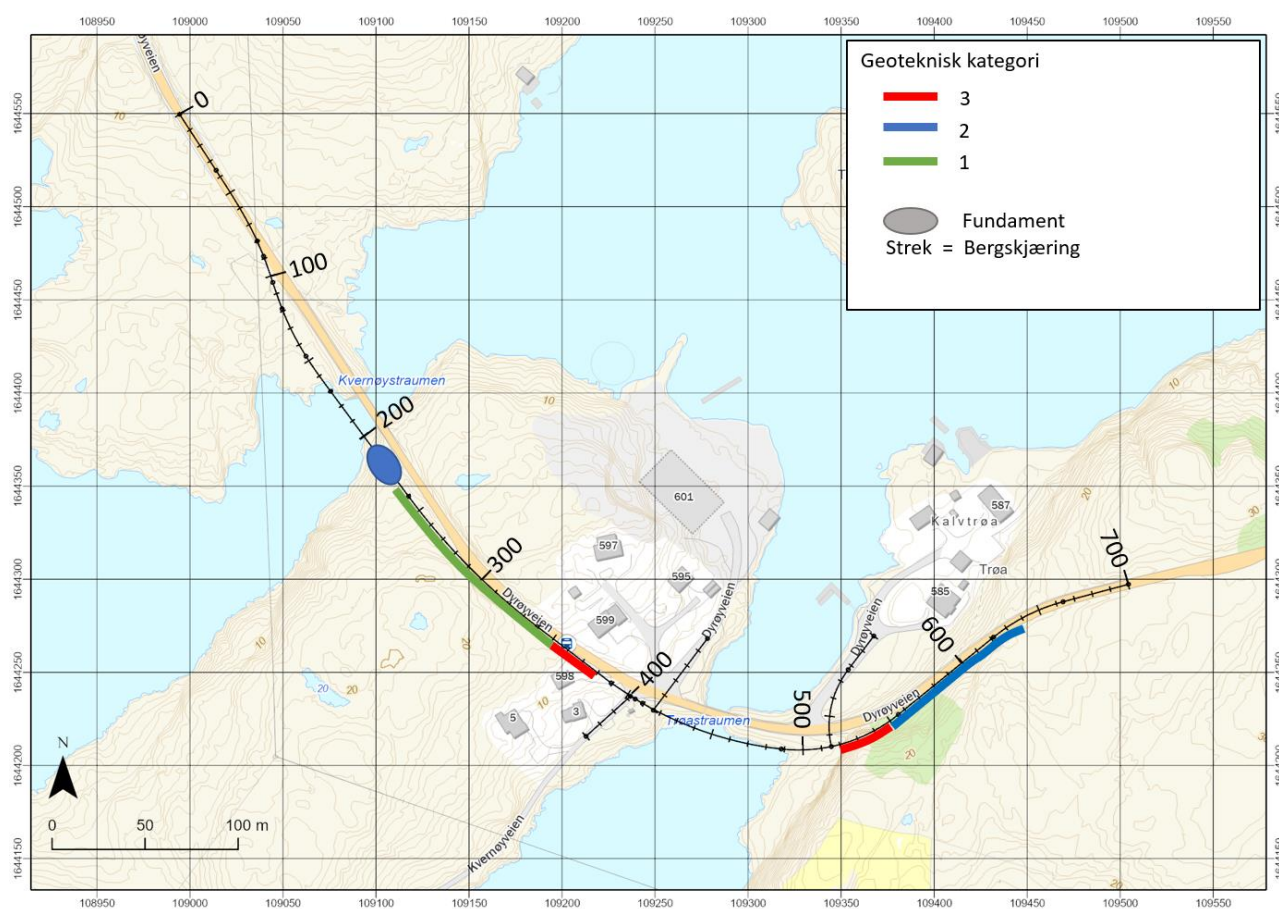
I henhold til N200 [7] skal vegprosjekter klassifiseres i geotekniske kategorier (1, 2 og 3) avhengig av prosjektets kompleksitet og risiko. Geotekniske kategorier for vegprosjekter bestemmes i henhold til Eurokode 7 [2], hvor valg av geoteknisk kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 *Krav til prosjekteringen*. Videre legger geoteknisk kategori føringer for prosjekteringsmetoder og krav til kontroll.

I henhold til N200 kan lave bergskjæringer < 5 meter plasseres i geoteknisk kategori 1. Bergskjæringer inntil 10 m uten spesiell risiko eller vanskelig/uvanlige grunnforhold med hensyn til sprengning og stabilitet kan plasseres i geoteknisk kategori 2. Bergskjæringer over 10 meter skal plasseres i geoteknisk kategori 3. Den ensidige bergskjæringen mellom bruene (profil 225-380) vil bli opp mot 5 meter. Fra profil 350 og til 380, settes skjæringen i geoteknisk kategori 3, da sprengningsarbeider kommer tett inntil bebyggelse. Mellom



profil 225-350 er det ikke registrert spesiell risiko eller vanskelige grunnforhold, og denne delen av bergskjæringen plasseres derfor i geoteknisk kategori 1. Bergskjæringen på østsida av Trøastrømmen mellom profil 515-550 vil bli over 10 meter høy og plasseres derfor i geoteknisk kategori 3. Bergskjæringen videre østover fra profil 550-610 får en høyde < 10 meter uten spesiell risiko eller vanskelige grunnforhold for øvrig. Denne plasseres derfor i geoteknisk kategori 2.

Brupilarer og landkar er i Eurokode 7 oppgitt som eksempler på konvensjonelle konstruksjoner som er i samsvar med geoteknisk kategori 2. Da det ikke er ventet unormale risikoer eller vanskelige grunn- eller belastningsforhold, plasseres derfor bergfundamenteringen av det sørlige brufestet til Kvernøystrømmen bru i geoteknisk kategori 2.



Figur 3: Oversiktskart over geotekniske kategorier for de ulike bergarbeidene.

### 1.5.2 Prosjekteringsmetoder

I henhold til Eurokode 7 [2] bør prosjektering i geoteknisk kategori 1 følge rutinemessige metoder basert på erfaring og kvalitative geotekniske undersøkelser. For geoteknisk kategori 2 bør prosjekteringen i tillegg omfatte kvantitative geotekniske data og analyser, og rutinemessige prosedyrer for felt- og laboratorieprøving og for prosjektering kan tas i bruk. For tiltak innenfor geoteknisk kategori 3 vil det vanligvis også være aktuelt å benytte alternative tilnærminger og metoder.

Eurokode 7 angir fire forskjellige geotekniske prosjekteringsmetoder for kontroll av at ingen aktuelle grensetilstander overskrides:



- Bruk av beregninger
- Anvendelse av konstruktive tiltak
- Modellprøvinger og prøvebelastninger
- Observasjonsmetoden

For dette prosjektet er det benyttet prosjektering ved beregning, prosjektering ved konstruktive tiltak og observasjonsmetoden. Prosjektering ved beregning er bl.a. benyttet for å beregne behov for bergsikring samt dimensjonering av bæreevne for brufundamentet. Prosjektering ved konstruktive tiltak er gjennomført ved å benytte erfaring og normal praksis for å oppnå tilfredsstillende stabilitet. Observasjonsmetoden går i prinsipp ut på at forutsetninger og utført prosjektering verifiseres/etterprøves med målinger og iakttagelser under bygging.

## 1.6 Kontroll av prosjektering og utførelse

### 1.6.1 Bergskjæringer

For bergskjæringer i vegprosjekter skal prosjekteringskontrollklassen og utførelseskontrollklassen velges på bakgrunn av både pålitelighetsklasse og geoteknisk kategori i henhold til Tabell 1.2.1-2 og Tabell 1.2.2-2 i N200 [7]. Geoteknisk kategori 1 gir pålitelighetsklasse 1 (RC1) og prosjekteringskontrollklasse 1 (PKK1)/utførelseskontrollklasse 1 (UKK1). Geoteknisk kategori 2 gir pålitelighetsklasse 2 (RC2) og prosjekteringskontrollklasse 2 (PKK2)/utførelseskontrollklasse 2 (UKK2). Geoteknisk kategori 3 gir pålitelighetsklasse 3 (RC3) og prosjekteringskontrollklasse 3 (PKK3)/utførelseskontrollklasse 3 (UKK3). Ut fra dette plasseres bergskjæringen på Kvernøya i PKK1/UKK1 for profil 225-350 og PKK3/UKK3 for profil 350-380. Bergskjæringen på østsida av Trøastrømmen bru plasseres i PKK3/UKK3 for profil 515-550 og i PKK2/UKK2 for profil 550-640. Figur 4 og figur 5 viser gjeldende kontrollklasser for bergskjæringene ved Trøastrømmen og Kvernøystømmen. Prosjekteringskontroll gjelder både for reguleringsplan og byggeplan.

Omfang av prosjekteringskontroll er gitt i Eurokode 0 [1] - Nasjonalt tillegg, Tabell NA.A1 (902), og omfang av utførelseskontroll er gitt i Tabell NA.A1 (903). For utførelseskontroll vil også valgt geoteknisk kategori være veiledende for omfanget av kontrollen [2]. For PKK1 kreves det i følge Eurokoden ikke intern systematisk kontroll. Da det i henhold til Norconsults interne kontrollrutiner alltid skal utføres kollegakontroll/intern systematisk kontroll på dokumenter, vil dette også utføres for prosjektering i PKK1.

Tabell NA.A1(902) – Valg av prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering

Valg av prosjekteringskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste prosjekteringskontrollklasse	Egenkontroll (DSL 1) <sup>1)</sup>	Intern systematisk kontroll (DSL 2) <sup>1)</sup>	Utvidet kontroll (DSL 3) <sup>1)</sup>
1	PKK1 <sup>2)</sup>	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	PKK2 <sup>2)</sup>	kreves	kreves	kreves
3	PKK3	kreves	kreves	kreves
4	Skal spesifiseres	kreves	kreves	kreves

← Pr. 225-350  
 ← Pr. 550-640  
 ← Pr. 350-380 og 515-550

<sup>1)</sup> Se punkt B4 (informativt tillegg B) for betegnelsen DSL.  
<sup>2)</sup> Det kan velges høyere prosjekteringskontrollklasse.

Figur 4: Utdrag fra Eurokode 0, prosjekteringskontrollklasse. Valgt klasse for bergskjæringene er indikert.

Tabell NA.A1(903) – Valg av utførelseskontrollklasse og krav til kontrollform ved utførelse

Valg av utførelseskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste utførelseskontrollklasse	Egenkontroll (IL 1) <sup>1)</sup>	Intern systematisk kontroll (IL 2) <sup>1)</sup>	Utvidet kontroll (IL 3) <sup>1)</sup>
1	UKK1 <sup>2)</sup>	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	UKK2 <sup>2)</sup>	kreves	kreves	kreves
3	UKK3	kreves	kreves	kreves
4	UKK3, eventuelt med tilleggbestemmelser	kreves	kreves	kreves

← Pr. 225-350  
 ← Pr. 550-640  
 ← Pr. 350-380 og 515-550

<sup>1)</sup> Se punkt B5 (informativt tillegg B) for betegnelse IL.  
<sup>2)</sup> Det kan velges høyere utførelseskontrollklasse.

Figur 5: Utdrag fra Eurokode 0, utførelseskontrollklasse. Valgt klasse for prosjektets bergarbeider er indikert.

### 1.6.2 Brufundament Kvernøystømmen bru sør

For prosjektering av bruer angir N400, kapittel 2.6 [6] krav til kontroll av prosjekteringsmaterialet. Det benyttes fire kontrollgrader (I-IV), som angir omfang og nivå av kontrollen. Brua er tillagt kontrollgrad III – Normal kontroll etter N400.

I henhold til Eurokode 0 skal kontrollklasse velges etter tiltakets pålitelighetsklasse. Alle konstruksjoner inndeles i pålitelighetsklasser avhengig av konsekvensklasse og ønsket sikkerhet. Vegbruer klassifiseres normalt i pålitelighetsklasse 3, se figur 6. Ut fra dette plasseres bergfundamenteringa av Kvernøystømmen bru i pålitelighetsklasse 3. Fra dette følger det at bergfundamentet plasseres i prosjekteringskontrollklasse PKK3 og utførelseskontrollklasse UKK3. Prosjekteringskontroll gjelder både for reguleringsplan og byggeplan.

Tabell NA.A1(901) – Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasse <sup>2)</sup> (CC/RC)			
	1	2	3	4
Atomreaktorer, lager for radioaktivt avfall				x
Dammer			x	(x)
Marine konstruksjoner for petroleumsindustrien			x	(x)
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller <sup>1)</sup>		(x)	x	(x)
Veg- og jernbanebruer			x	
Byggverk med store ansamlinger av mennesker (tribuner, kinosaler, sportshaller, kjøpesentre, forsamlingslokaler, osv.)		(x)	x	
Kai- og havneanlegg		x	(x)	
Tårn, master, skorsteiner, siloer		x	(x)	
Industrianlegg		x	(x)	
Kontor- og forretningsbygg, skoler, institusjonsbygg, boligbygg osv.		x	(x)	
Oppdrettsanlegg		x	(x)	
Landbruksbygg	(x)	x		
Feste av kledninger, taktekking og lignende komponenter	x	(x)		
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg ved enkle og oversiktlige grunnforhold <sup>1)</sup>	x	(x)		
Småhus, rekkehus, mindre lagerhus osv.	x			
Kaier og fortøyningsanlegg for sport og fritid	x			

<sup>1)</sup> Ved vurdering av pålitelighetsklasse for grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og byggverk.  
<sup>2)</sup> Kryss uten parentes angir normalt valg av pålitelighetsklasse.

Figur 6: Veiledende tabell for pålitelighetsklasser fra Eurokode 0. Klassifisering av vegbruer er indikert med rødt.

Tabell NA.A1(902) – Valg av prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering

Valg av prosjekteringskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste prosjekteringskontrollklasse	Egenkontroll (DSL 1) <sup>1)</sup>	Intern systematisk kontroll (DSL 2) <sup>1)</sup>	Utvidet kontroll (DSL 3) <sup>1)</sup>
1	PKK1 <sup>2)</sup>	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	PKK2 <sup>2)</sup>	kreves	kreves	kreves
3	PKK3	kreves	kreves	kreves
4	Skal spesifiseres	kreves	kreves	kreves

← Bergfundament Kvernøystrømmen

<sup>1)</sup> Se punkt B4 (informativ tillegg B) for betegnelsen DSL.  
<sup>2)</sup> Det kan velges høyere prosjekteringskontrollklasse.

Figur 7: Utdrag fra Eurokode 0, prosjekteringskontrollklasse. Valgt klasse for bergfundament er indikert.

Tabell NA.A1(903) – Valg av utførelseskontrollklasse og krav til kontrollform ved utførelse

Valg av utførelseskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste utførelseskontrollklasse	Egenkontroll (IL 1) <sup>1)</sup>	Intern systematisk kontroll (IL 2) <sup>1)</sup>	Utvidet kontroll (IL 3) <sup>1)</sup>
1	UKK1 <sup>2)</sup>	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	UKK2 <sup>2)</sup>	kreves	kreves	kreves
3	UKK3	kreves	kreves	kreves
4	UKK3, eventuelt med tilleggsbestemmelser	kreves	kreves	kreves

<sup>1)</sup> Se punkt B5 (informativt tillegg B) for betegnelse IL.  
<sup>2)</sup> Det kan velges høyere utførelseskontrollklasse.

← Bergfundament Kvernøystømmen

Figur 8: Utdrag fra Eurokode 0, utførelseskontrollklasse. Valgt klasse for bergfundament er indikert.

## 2 Utførte undersøkelser

### 2.1 Grunnundersøkelser

I reguleringsplanfasen er det utført totalsonderinger ved Trøastrømmen og Kvernøystømmen. Det er utført 17 totalsonderinger, hvorav 3 er utført på land og resterende fra flåte i sjø. Boredybde er foretatt minimum 3,0 m i berg. Resultatene er samlet i geoteknisk datarapport [15]. Boringene viser løsmasser bestående av sand og grus med tykkelse på 0-1,5 meter over berg.

### 2.2 Ingeniørgeologisk feltkartlegging

Det ble utført ingeniørgeologisk kartlegging i prosjektområdet av Norconsults ingeniørgeologer Mari Nilsen Ervik og Kristoffer Aurstad Dolvik 23. mars 2023. Fundamenteringsområdene for Kvernøystømmen bru, bergskjæringer over Kvernøya, samt området for ny bergskjæring øst for Trøastrømmen ble befart. Det var klart vær og snøfritt i terrenget. I veggroftene lå det fortsatt snø. Kartleggingen omfattet registrering av bergartstype, dominerende strukturer, karakterisering av bergmassens oppsprekking, og detaljert kartlegging av sprekkeorienteringer som grunnlag for stabilitetsanalyser og -vurderinger.



## 3 Grunnforhold (faktadel)

### 3.1 Topografi og områdebeskrivelse

Området på den nordlige delen av Frøya er et kystlandskap preget av øyer, holmer og skjær, og smale sund. Terrenget er småkupert med lave bergknauser med skrint løsmassedekke og lav vegetasjon.

For Kvernøystømmen bru skal det nordlige fundamentet legges på fylling, mens det sørlige fundamentet etableres direkte på berg. Fundamentene for Trøastrømbrua skal begge legges på fyllinger.

Ved det sørlige fundamenteringsområdet for Kvernøystømmen bru skråner terrenget fra eksisterende vegkropp ned mot sjøen. For eksisterende bru er det etablert en bratt mur, som skråner av ca. 45° mot nordvest. Bak muren ligger ukjent mengde med masser, hvor det er observert sprengsteinsmasser i overflaten. Bergblotninger kan observeres langs vannkanten og stedvis opp i skråningen. I skråningen ligger det også et buskas (brunt buskas i figur 9 og figur 10). Under dette var det ved befaring ikke mulig å registrere grunnforhold.



Figur 9: Oversiktsbilde av fundamentområde Kvernøystømmen sør. Bilde er tatt mot sørøst.



Figur 10: Fyllmasser bak mur (trolig sprengstein i topp) og buskas i skråningen ned mot sjøen. Bilde tatt mot sørvest.

Over Kvernøya går eksisterende veg gjennom et høydedrag, med lave bergskjæringer på begge sider (figur 11). Ny veglinje vil legges mot sørøst, slik at eksisterende bergskjæring vil utvides. Terrenget over skjæringstopp er slakt, med skrint løsmassedekke og stedvis bart fjell.

Øst for Trøastrømmen går veglinja inn i en bergknaus. Bergknausen går opp til 26 moh. og har en bratt nordvestvendt bergskrent (figur 12). Terrenget over ny teoretisk skjæringstopp har en gjennomsnittlig helning på 26°, mens bergskrenten fortsetter sørvestover fra veglinja og har en høyde opptil 20 meter og helning mellom 20-45°.

Videre østover langs eksisterende veg synker høyden på bergknausen og sideterrenget blir slakere. Området er dekket med tilsynelatende tynn vegetasjon og blandingsskog, større blokker og lavere bergknauser. Terrenghelningen er på ca. 20-35° og flater ut ved ca. 20 moh. Deler av denne skråningen er vegetert med lav blandingsskog dominert av furu.





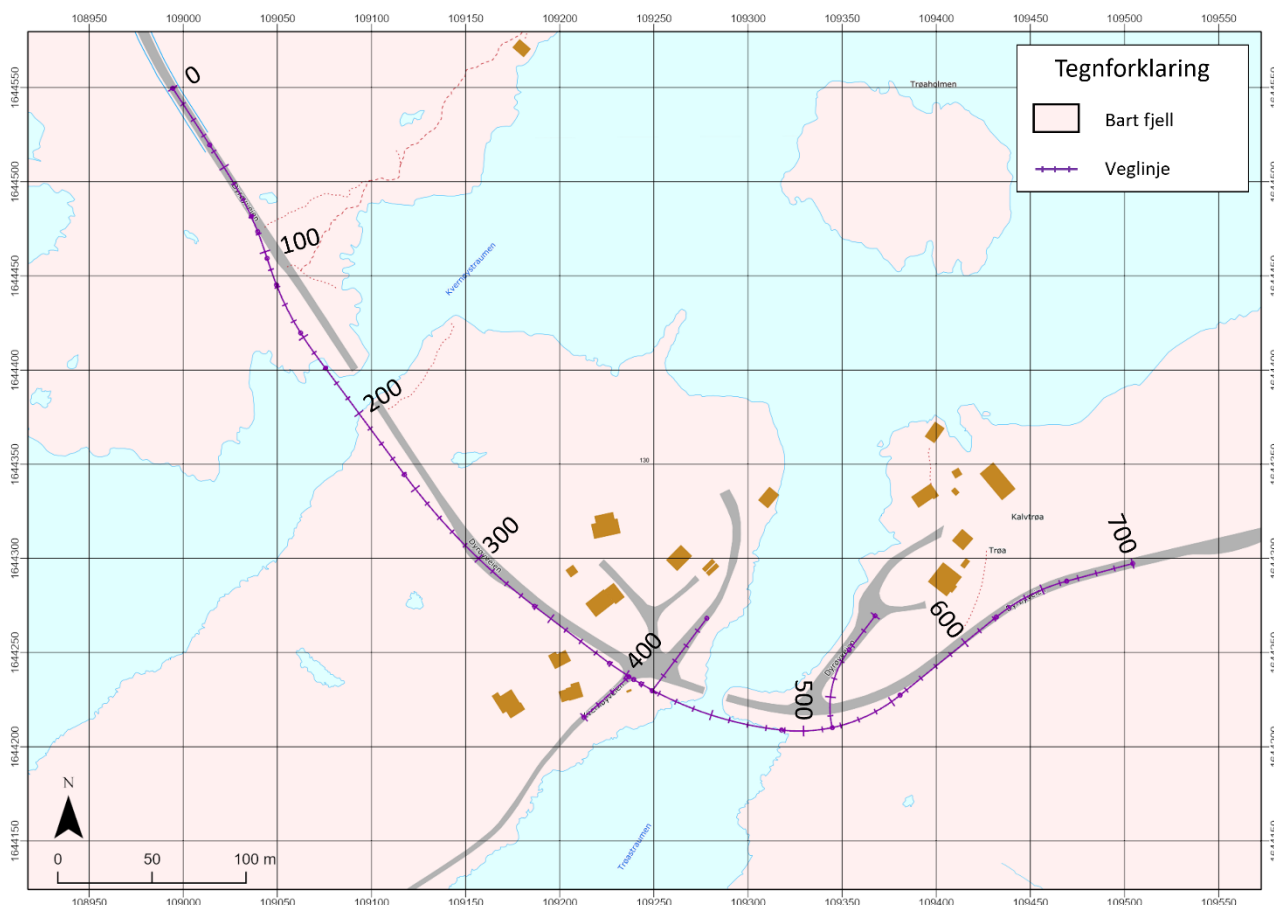
Figur 11: Eksisterende veg over Kvernøya. Bildet er tatt i retning sørøst.



Figur 12: Oversiktsbilde øst for Trøastrømmen. Ny veglinje vil gå inn i bergknausen og gi opptil 12 meter høy bergskjæring. Skjæringen vil fortsette parallelt med dagens veglinje gjennom skråningen med furuskog. Bilde tatt mot øst.

## 3.2 Kvartærgeologi og løsmasser

NGUs kvartærgeologiske kart over området indikerer bart fjell eller tynt, usammenhengende løsmassedekke i hele området [16], se figur 13. Dette samsvarer med observasjoner på befaring der det ble registrert tynt vegetasjonsdekke og stedvise bergblotninger.



Figur 13 Løsmassekart [16] (1:250 000).

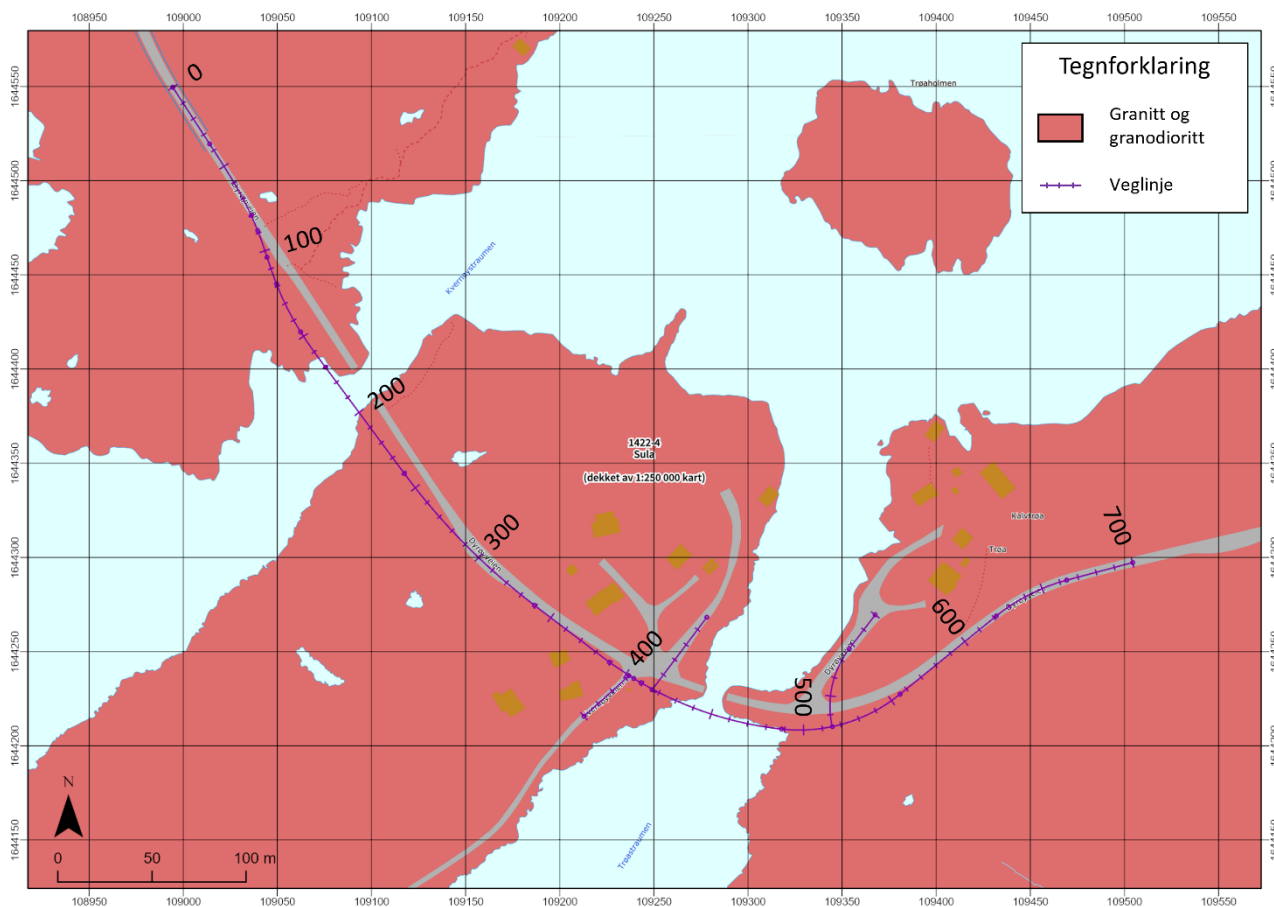
Ifølge utførte totalsonderinger i Trøastrømmen og Kvernøystømmen består løsmassene i sjøen av sand og grus. Løsmassemengde er 0-1,5 meter [15].

## 3.3 Bergmassen

### 3.3.1 Generelt

Bergmassen i området er ifølge NGUs berggrunnskart granitt og granodioritt (kartmålestokk 1:250 000), se figur 14. 1,5 km øst for prosjektområdet, på den nordøstre delen av Kvaløya er bergmassen kartlagt i målestokk 1:50 000. Her angir NGUs kart granitt, beskrevet som porfyrisk til jevnkornet, grå til rosa og med ganger av aplitt og metasedimenter [17]. Det ble hovedsakelig observert grå og rosa/rødlig granitt under ingeniørgeologisk befaring, se figur 15.





Figur 14: Berggrunnskart (1:250000) over prosjektområdet [17].

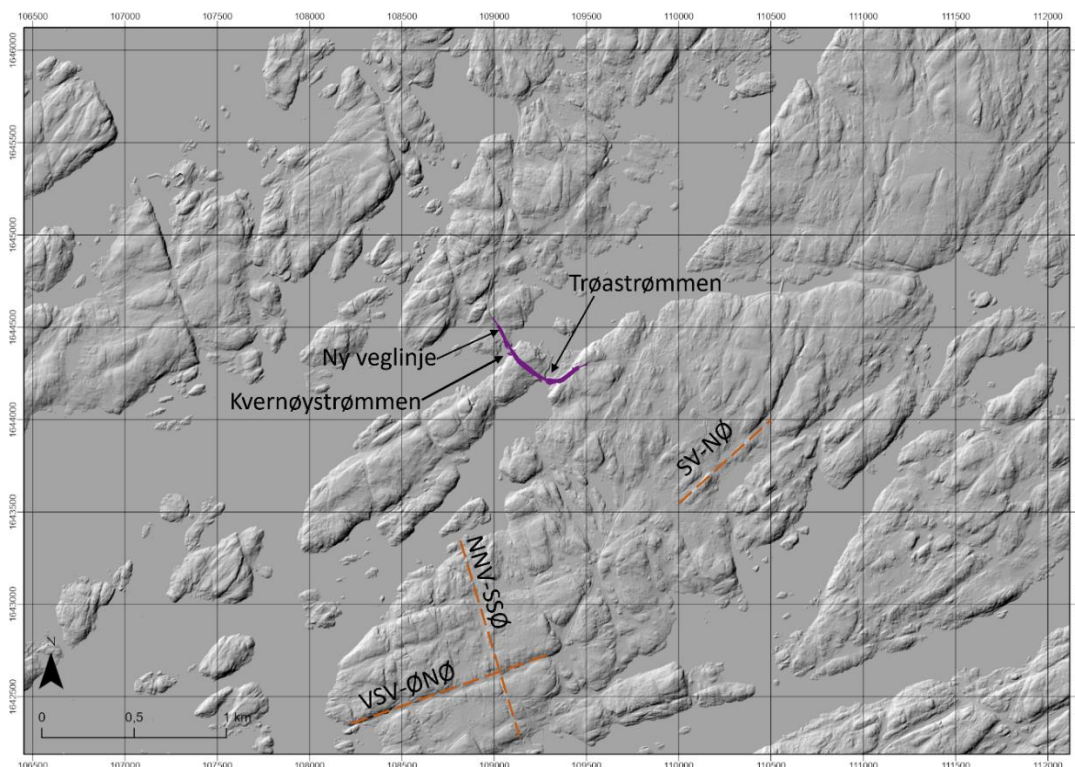


Figur 15: Eksempel på grå og rosa/rødlig granitt som ble observert i hele prosjektområdet.



### 3.3.2 Lineasjoner og svakhetssoner

Det er utført kartlegging av lineamenter i terrengmodell med skyggerelieff. Terrengnet på den nordlige delen av Frøya er preget av lineasjoner i tre retninger. De to tydeligste lineasjonsretningene går VSV-ØNØ og NNV-SSØ og står omtrent normalt på hverandre, se figur 16. En tredje lineasjonsretning går SV-NØ og er den retningen Kvernøysundet, inkludert Kvernøystømmen og Trøastrømmen, følger.

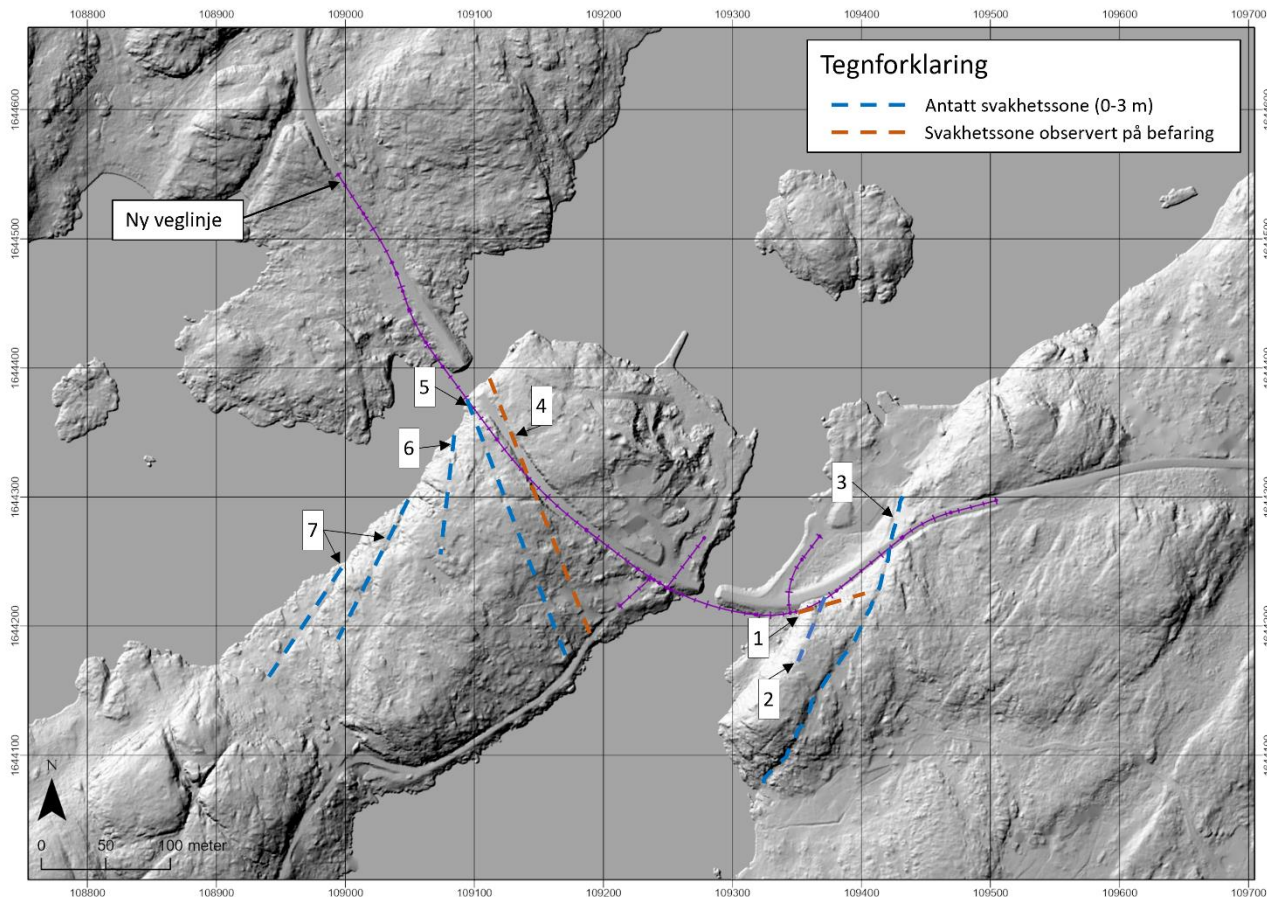


Figur 16: Skyggekart over nordre del av Frøya. Lineasjonsretningene VSV-ØNØ, NNV-SSØ og SV-NØ er tegnet inn med stiplete oransje linjer.

Nærmere prosjektområdet har de overordnede lineasjonene noen lokale variasjoner, se figur 17. Under befaringen ble to av disse svakhetssonene observert, nummer «1» og «4», samt at det ble observert en nedsenking i terrenget der svakhetszone «2» går.

Svakhetszone «4» på Kvernøya dannet et tydeligere plan i bergmassen enn de omkringliggende sprekkesettene, se figur 18. Det ble ikke observert forkastningsmel, og avstanden mellom forkastningsflatene er ca. 1-2 cm.

Ved Trøastrømmen ble svakhetszone «1» observert, med omtrentlig samme orientering som det dominerende sprekkesettet i området (S1). Svakhetssonen ble observert på nederst på vestsiden av den eksisterende bergskjæringen ved Trøastrømmen, med en bredde på 1-2 m. Den er observert til å bli smalere lengre opp i bergskjæringen, se figur 27. Det ble ikke registrert sprekketryll i sonen.



Figur 17: Lineasjoner ved prosjektområdet



Figur 18: Mulig forkastning observert langs vestlig skjæring mellom Kvernøystømmen og Trøastrømmen. Forkastningen er subparallel med ny veglinje. Uten hjelpelinjer (venstre), med hjelpelinjer (høyre).



### 3.3.3 Oppsprekking og sprekkekarakter

Det er utført strukturmålinger ved plassering av brufundament sør for Kvernøystrømmen, i eksisterende bergskjæringer over Kvernøya, samt skjæring øst for Trøastrømmen, se sprekkeroser og stereoplott.

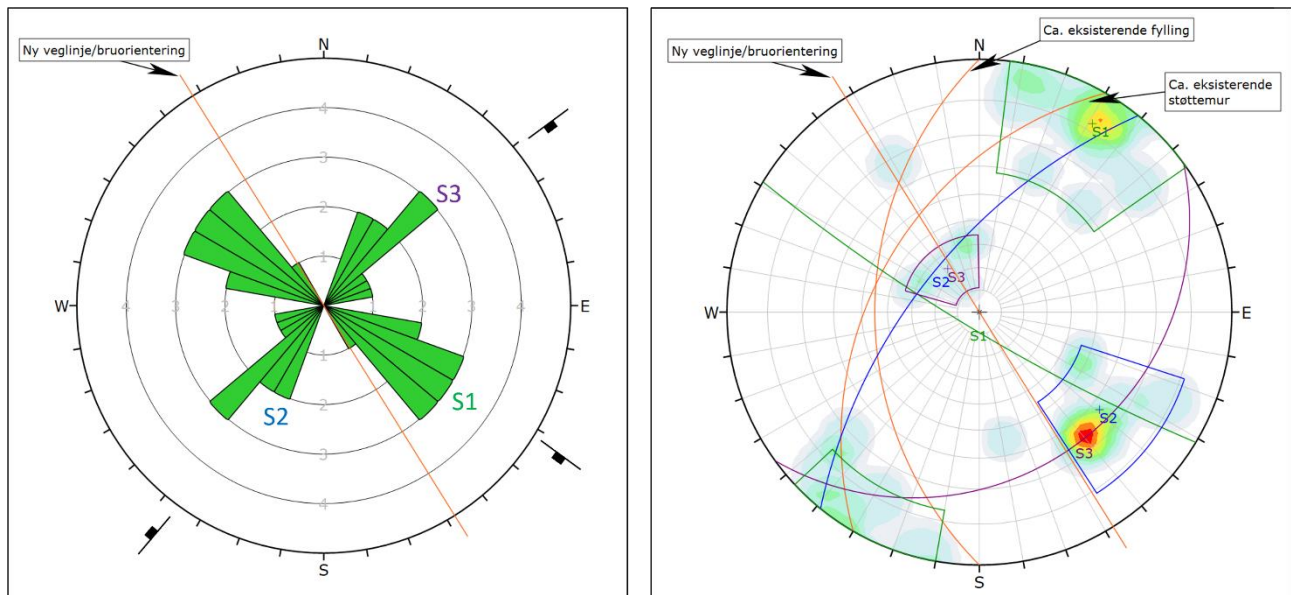
#### Kvernøystrømmen brufundament

Det ble observert 3 sprekkesett i området hvor fundamentet skal etableres, se tabell 3 og figur 19. Det ble observert noen variasjoner i orienteringene til sprekkesettene. Bergmassen ved fundamentområdet fremstår generelt som storblokkig og lite til moderat oppsprukket, med stedvis gjennomsettende sprekkeline. Det er stedvis vanskelig å se den fulle utholdenheten til sprekkene pga. overliggende løsmasser. Nærmest sjøen er det observert at berget er mere oppsprukket, samt at delvis avløste blokker i bergmassener observert.

Strøket til sprekkesett S1 krysser den nye veglinjen/landkaret med en liten vinkel (stedvis subparallelt) og har steilt fall. Sprekkesett S2 har et strøk som går på tvers av den nye veglinjen/landkaret med et fall på 50-75° mot sundet, samt at den er omtrentlig likt orientert med en SV-NØ-orientert stor-skala lineasjon i området. Sprekkesett S3 har et strøk som varierer fra 015-090 og med et relativt slakt fall på 10-30° inn mot land (sørøst). Alle sprekkesettene er vist i figur 20 og figur 21.

Tabell 3: Sprekkesett observert ved plassering av fundament på berg (høyrehåndsregel), basert på 27 sprekkelineplanmålinger.

Sprekkesett	Strøk (°)	Fall (°)	Sprekketetthet	Utholdenhet	Ruhet	Sprekkefyll
S1	110-140	72-90	0,5-2 m	5-10 m	Plan/bølgete, ru	Nei
S2	200-230	50-75	0,5-2 m	5 m	Bølgete, ru	Nei
S3	015-090	10-30	0,5-1 m	1-7 m	Bølgete, ru	Nei



Figur 19: Sprekkerose (venstre) og stereoplot (høyre) basert på 27 sprekkelineplanmålinger i fundamentområdet.





Figur 20: Sprekkesett S1, S2 og S3 ved fundamentområdet. Uten hjelpelinjer (venstre), med hjelpelinjer (høyre).



Figur 21: Sprekkesett S1, S2 og S3 ved fundamentområdet, nært eksisterende/gammelt brufundament. Uten hjelpelinjer (venstre), med hjelpelinjer (høyre).

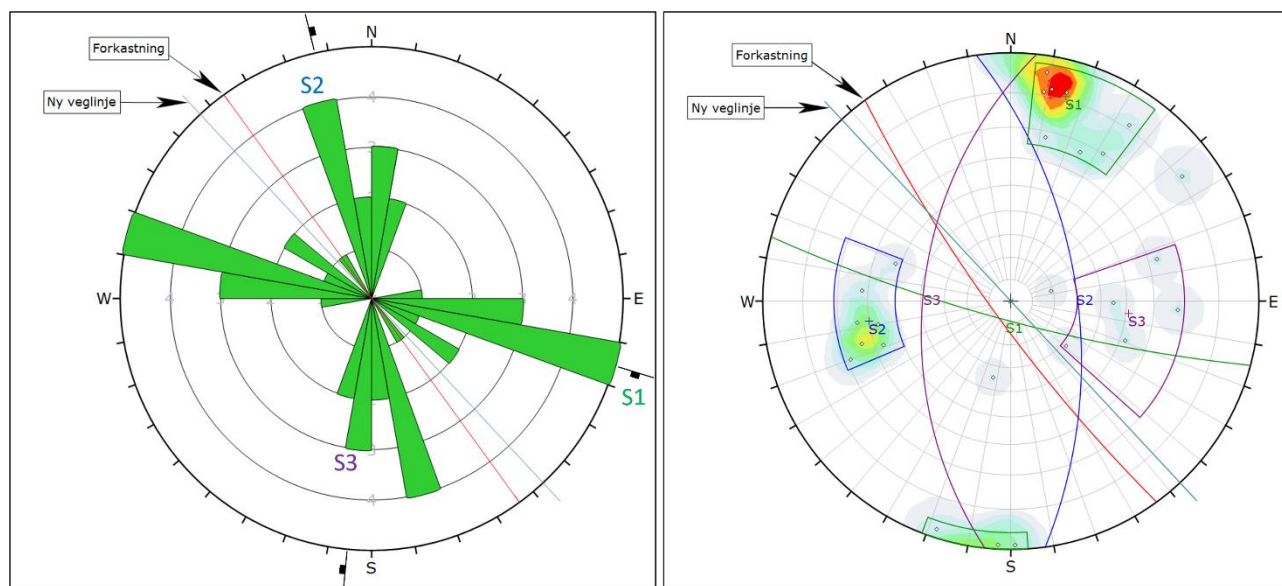


## Bergskjæring over Kvernøya

I bergskjæringene over Kvernøya er det observert 3 sprekkesett samt en mulig forkastning, se tabell 4 og figur 23-figur 25. Forkastningen er gjennomsettende og har samme orientering som den NNW-SSØ-orienterte lineasjonen som preger store deler av Frøya, samt at den er orientert subparallelt med ny veglinje. Bergmassen er ellers moderat oppsprukket og stedvis storblokkig med enkelte parti som er veldig oppsprukket. Flere sprekker i sprekkesett S2 ble observert til å være hakkete og glatt, grunnet mineralbelegg på sprekkeplanet, se figur 25. Det er ingen eksisterende bergsikring i bergskjæringen, og ingen borpiper er observert.

Tabell 4: Sprekkesett observert mellom Kvernøystømmen og Trøastrømmen, samt en mulig forkastning (høyrehåndsregel).

Sprekkesett	Strøk (°)	Fall (°)	Sprekke- tetthet	Utholdenhet	Ruhet	Sprekkefyll
S1	100-115	80-90	0,05-0,8 m	1-3 m	Bølgete, ru	Nei
S2	320-360	75-85	0,2-0,5 m	1-3 m	Hakkete, glatt	Mineral- belegg
S3	156-216	40-60	0,2-0,5 m	1-3 m	Plan/bølgete, ru	Nei
Forkastning (Svakhetszone «4»)	144	81	-	-	Plan, ru	-

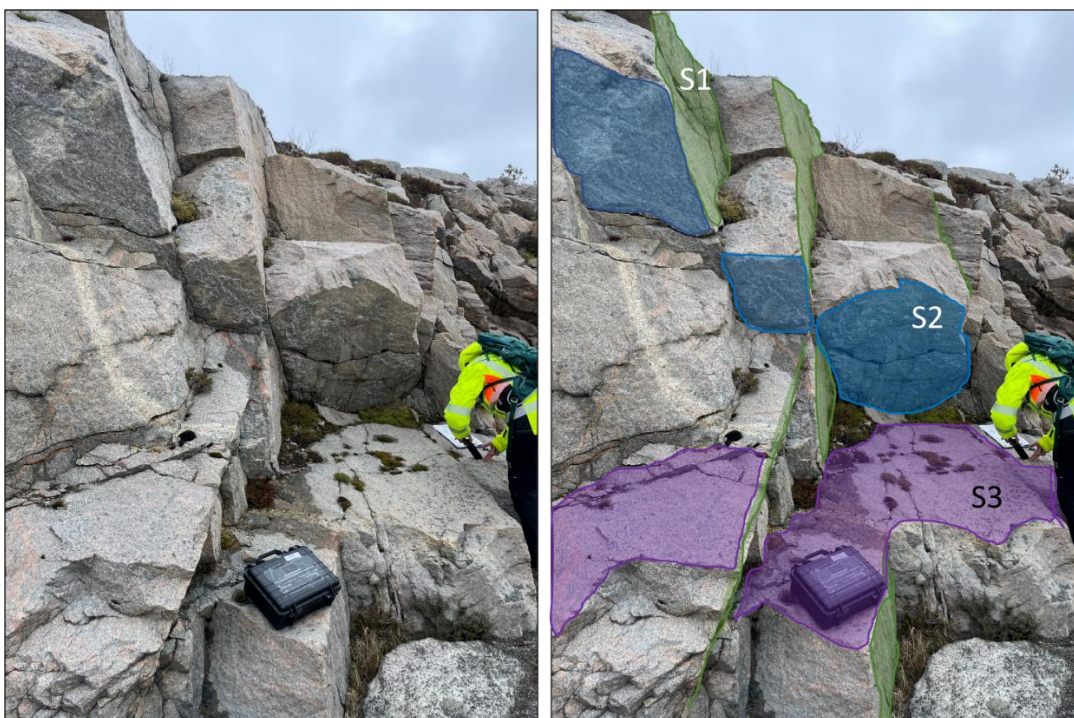


Figur 22: Sprekkerose (venstre) og stereoplot (høyre) basert på 27 sprekkeplansmålinger langs skjæringene over Kvernøya.





Figur 23: Østlig skjæring, Kvernøya, ca. 5 m høy.



Figur 24: Sprekkesett S1, S2 og S3 observert på den østlige skjæringen mellom Kvernøystømmen og Trøastrømmen. Bildet er tatt i østlig retning. Uten hjelpelinjer (venstre), med hjelpelinjer (høyre).



Figur 25: Mineralbelegg på S2 som gir den en ruhet som er hakkete og glatt. Bildet er ca. 1 m bredt.

### Skjæring øst for Trøastrømmen

Det ble observert 4 sprekkesett i skjæringen øst for Trøastrømmen, se tabell 5, figur 26 og figur 27. S1 har samme orientering som den VSV-ØNØ-orienterte lineasjonen, S2 har samme orientering som den NNV-SSV-orienterte lineasjonen og S3 har samme orientering som den SV-NØ-orienterte lineasjonen. Sprekkesettet S4 har et noe slakere fall på 51 grader, i motsetning til S1-S3 som alle har relativt bratte fall. Bergmassen virker generelt sett massiv og lite til moderat oppsprukket, hvor de sprekke som er til stede er observert til å være gjennomsettende. Det er ingen eksisterende bergsikring i bergskjæringen.

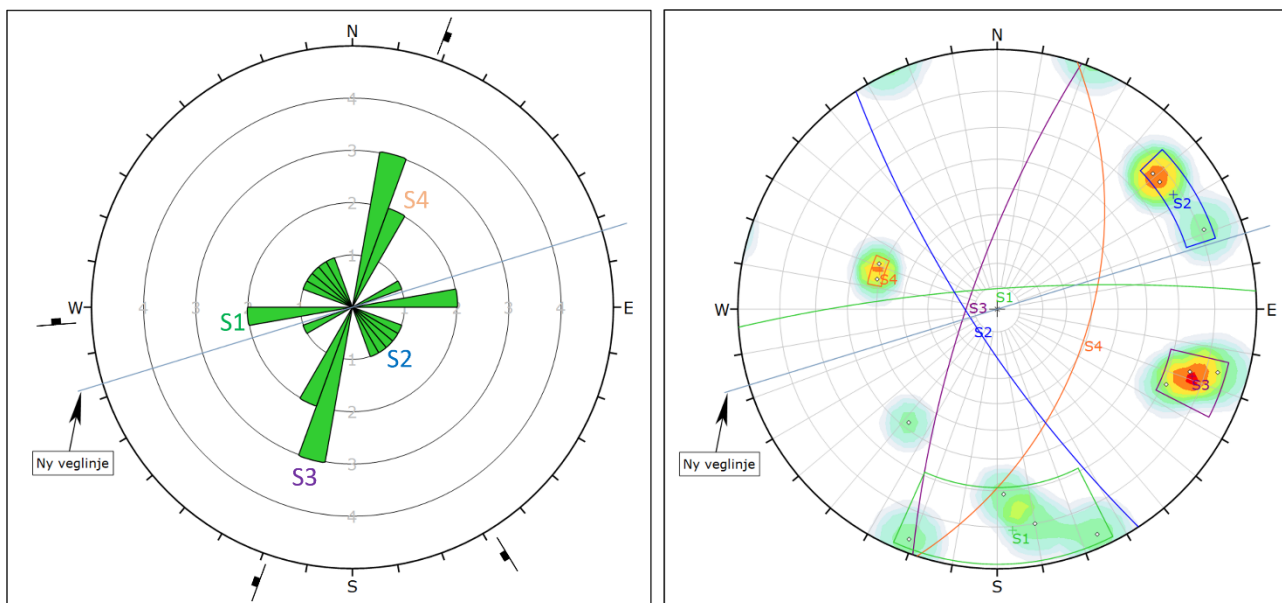
Det ble observert en blokk som virket å være delvis avløst av noen av sprekkesettene, se figur 28. Videre nordøstover blir bergskjæringen lavere (0-5 m) og vil gå gjennom et skråningsparti som består av et tynt løsmassedekke, se figur 29.

En mulig svakhetszone, observert som oppsprukket sone på 1-2 m, ble også registrert på vestsiden av den eksisterende skjæringen, hvor S1, S3 og S4 ble observert på omtrentlig samme sted, se område som personen står i figur 27.

Tabell 5: Sprekkesett observert i skjæringen øst for Trøastrømmen (høyrehåndsregel).

Sprekkesett	Strøk (°)	Fall (°)	Sprekketetthet	Utholdenhet	Ruhet	Sprekkefyll
S1	245-290	70-90	1 m	10-15 m	Bølgete, ru	Nei
S2	135-155	75-85	0,5-0,7 m	10-15 m	Bølgete, ru	Nei
S3	195-205	70-80	0,2-1 m	2 m	Bølgete, ru	Nei
S4	015-020	50	-	-	-	-





Figur 26: Sprekkerose (venstre) og stereoplot (høyre) basert på 13 sprekkeplansmålinger i skjæringen øst for Trøastrømmen.



Figur 27: Sprekkesett S1, S2, S3 og S4, samt oppsprukket sone der personen står.



Figur 28: Blokk på topp av bergskjæring som virker delvis avløst av sprekkesettene i området.



Figur 29: Sideterrenget lengre nordøstover, det er observert et tynt løsmassedekke. Retning nordøstover (venstre), retning sørvestover (høyre).



### 3.4 Bergmassens mekaniske egenskaper

#### 3.4.1 Schmidt-hammermålinger Kvernøystømmen sør

Det er utført tester med Schmidt-hammer ved det søndre fundamentområdet på Kvernøystømmen for å estimere granittens enaksiale trykkfasthet. Målingene er gjort med en N-type Schmidt-hammer og følgende formel er brukt for å konvertere måleresultatene (N-verdier) til L-verdier [18]:

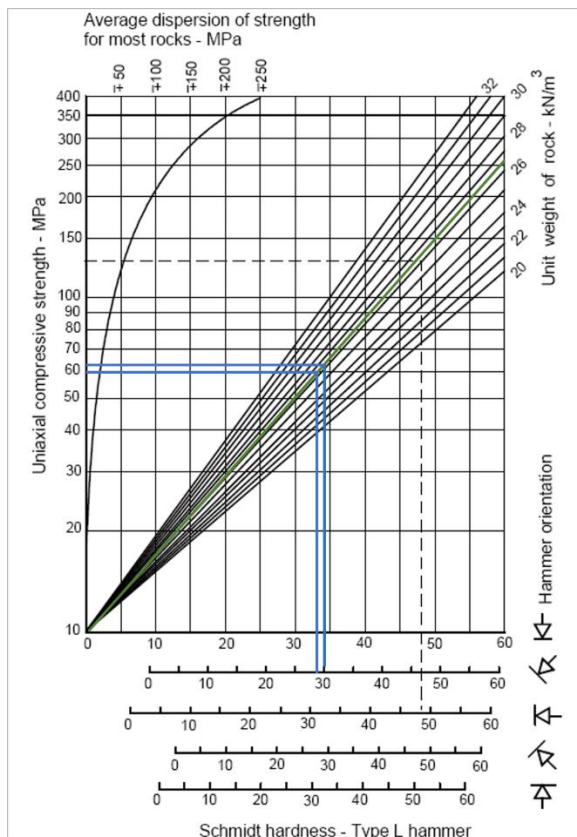
$$R_L = (R_N - 6,3673) / 1,0646 \quad [1]$$

hvor  $R_L$  er rebound-verdi for L-type hammer, og  $R_N$  er rebound-verdi for N-type hammer.

L-verdiene brukes videre sammen med diagrammet i figur 30 for å estimere UCS til bergarten. Det ble på hver lokasjon tatt 20 målinger, på sprekkeplan som tilhørte S1 og S2, samt et sporadisk gjennomsettende plan. Resultatene er vist i tabell 6.

Tabell 6: Resultater fra Schmidt-hammermålinger ved det søndre fundamentområdet på Kvernøystømmen..

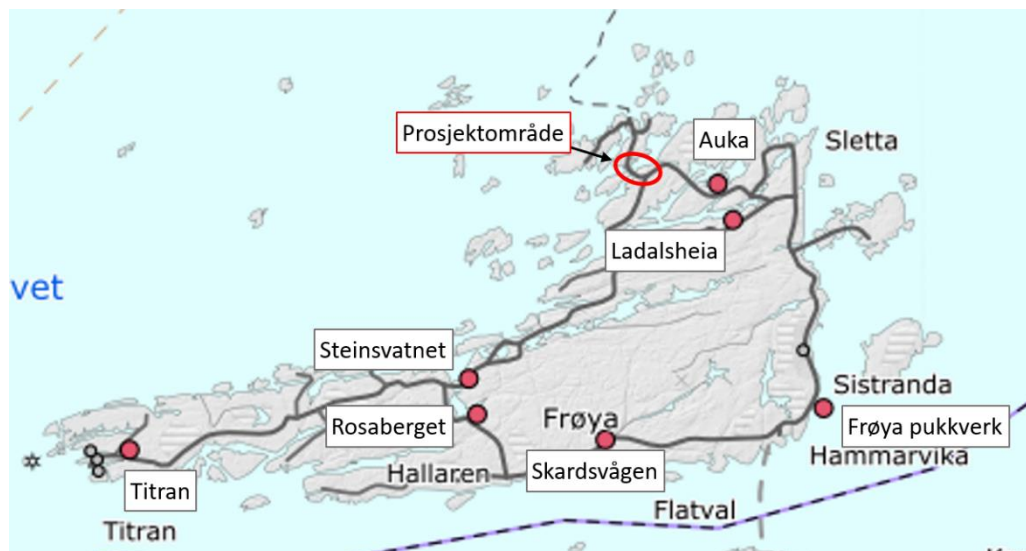
Sprekkesett	Gjennomsnittsverdi (N/L)	UCS (fra formel 1 og figur 30)
S1	38/30	63 MPa (+/- 20%)
S2	37/29	60 MPa (+/- 20%)
Sporadisk	38/30	63 MPa (+/- 20%)



Figur 30: Diagram for estimering av UCS fra L-verdier. De blå linjene viser hvordan L-verdiene fra tabell 6 plottes i diagrammet, den grønne linjen er tettheten til granitten.

### 3.4.2 Tidligere utførte analyser

Det er ikke tatt steinprøver langs traseen. Fra NGUs grus- og pukkdatabase [19] er det hentet testresultater fra nærliggende lokasjoner, se figur 31. For 2 lokasjoner er det utført testing av Los Angeles-verdi (Frøya pukkkverk og Rosaberget), mens det for de resterende 5 lokasjonene er målt SA-verdi og abrasjonsverdi. I tillegg er det målt flisighet og densitet. Målte verdier er gjengitt i tabell 7.



Figur 31: Lokasjoner med testverdier av steinmateriale, hentet fra NGUs grus- og pukkdatabase [19].

Tabell 7: Testresultater hentet fra NGUs grus- og pukkdatabase, gjennomsnittlige verdier. For analyser som er gjort både med lab-knust materiale og produksjonsknust materiale, presenteres verdien for produksjonsknust.

Prøve-lokasjon	Bergart	SA-verdi	Abrasjons-verdi	Sprøhets-tall	LA-verdi	Micro-Deval	Kulemølle	Flisighet	Flisighets indeks	Densitet [g/cm <sup>3</sup> ]
Auka	Granitt	2,70	0,40	46,00	-	-	-	1,30	-	2,62
Ladalsheia	Dioritt	2,30	0,41	32,00	-	-	-	1,37	-	2,66
Frøya pukkkverk	Granitt	2,50	0,44	32,25	19,50	-	12,00	1,35	-	2,65
Steinsvatnet	Grano-dioritt	2,60	0,44	34,00	-	-	-	1,34	-	2,66
Rosaberget	Grano-dioritt	-	-	-	19,85	6,0	9,60	1,28	8	2,66
Skardsvågen	Gneis	2,80	0,43	41,00	-	-	-	1,41	-	2,66
Titran	Grano-dioritt	2,40	0,40	35,00	-	-	-	1,35	-	2,65

## 3.5 Omgivelser

### 3.5.1 Hydrologi og hydrogeologi

Det er ikke registrert elver, bekker eller overflatevann som vi bli berørt av tiltaket. Ifølge grunnvannsdatenbanken GRANADA [20] er det ikke noen grunnvannsbrønner i nærheten av prosjektområdet. Det er ikke observert vannveger for overflatevann som kan bli påvirket av endret skjæringsgeometri.

### **3.5.2 Bebyggelse og infrastruktur**

Bergarbeidene vil foregå tett inntil eksisterende veg og bruer. Det er i tillegg bolighus på begge sider av Dyrøyvegen, som vil ligge 2-60 meter fra planlagte sprengningsarbeider. For huset i Dyrøyveien 590 (gnr./bnr. 54/21) ligger husets nordøstre hjørne ca. 2,4 meter fra prosjektert skjæringstopp. Ved profil 350 går en strømlinje over vegen.

### **3.5.3 Ytre miljø**

Det er ikke registrert kulturminner eller vernede naturtyper i prosjektområdet [21] [22].

### **3.6 Aktsomhetskart for skred**

NVEs aktsomhetskart viser ingen fare for steinsprang, jordskred, snøskred eller andre skredtyper i området [23].

## 4 Ingeniørgeologiske vurderinger (tolkningsdel)

### 4.1 Bergskjæringer

#### 4.1.1 *Bergskjæring over Kvernøya (ca. profil 225-380)*

De eksisterende bergskjæringene over Kvernøya, mellom Kvernøystømmen og Trøastrømmen, består av en moderat oppsprukket bergmasse som stedvis er storblokkig. Skjæringene står i dag uten bergsikring.

Den nye bergskjæringen vil få høyder mellom 0-5 m. Forkastningen som er observert langs den sørlige eksisterende skjæringen har et strøk som er parallelt/subparallelt med planlagt ny veglinje, og den har et fall på ca. 80 grader mot SV. Forkastningsplanet må hensyntas da det faller bort fra den nye veglinjen, og det forventes at dette forkastningsplanet stedvis kan avløse blokker under driving av bergskjæringen. Ellers er sprekkesettene i området observert til å ha relativt liten utholdenhet (1-3 m) og de er vurdert til å ha god fortanning i bergmassen, og dermed god totalstabilitet. Det kan stedvis forventes behov for å sikre lokalstabiliteten til den nye bergskjæringen.

#### 4.1.2 *Bergskjæring øst for Trøastrømmen (ca. profil 515-640)*

Eksisterende bergskjæring øst for Trøastrømmen består av en lite til moderat oppsprukket bergmasse, som stedvis er massiv, og som ikke har noe bergsikring. Bergskjæringen følger et naturlig sprekkeplan (S1), som sammen med S2 danner en naturlig berghammer. Begge disse sprekkesettene er relativt steiltstående og står nesten normalt på hverandre, de danner dermed et hjørne som den nye bergskjæringen vil kutte av.

Den planlagte skjæringen vil krysse S1, S2 og S3 med en ugunstig vinkel. Kinematiske analyser viser at det vil være risiko for kileutglidning i forbindelse med S1, S2 og S3, samt at det steile fallet på S1 gjør at det vil være risiko for plan utglidning. Det forventes behov for å sikre bergskjæringen for å bevare totalstabiliteten og lokalstabiliteten

#### 4.1.3 *Geometrisk utforming*

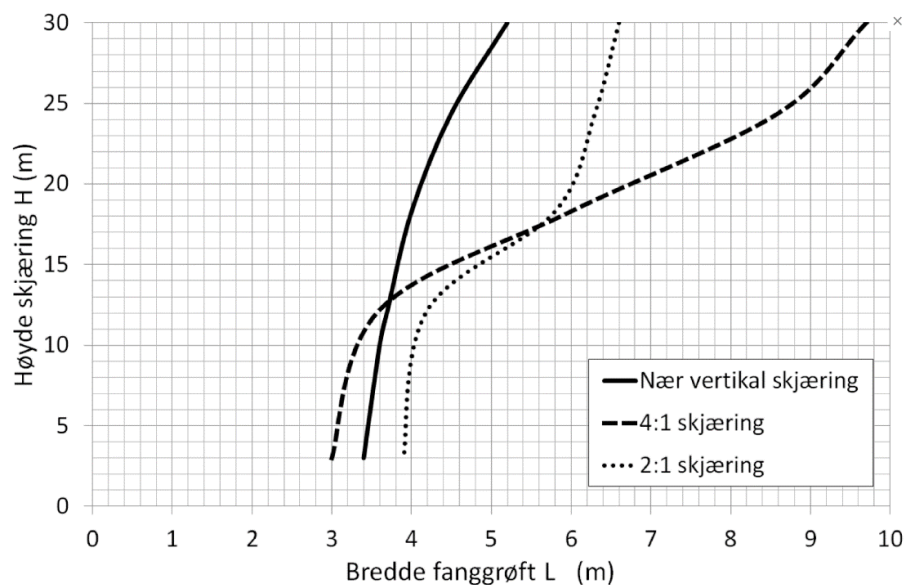
Bergskjæringene planlegges utformet etter krav i håndbok N200 [7]:

- Bergoverflaten avdekkes minst 2 m bak prosjektert skjæringstopp
- Skjæring etableres med helning 10:1
- Bergskjæringene utformes med fanggrøft, med minimumsbredde i henhold til figur 1.9.1-2 i N200 [7], se figur 32.

Kravet for minimumsbredde av fanggrøft gjelder for usikret bergskjæring, og vil ivareta sikkerhet mot mindre nedfall av stein og blokk. Sikring mot utglidninger (totalstabilitet) og større blokker vil ikke være ivaretatt av fanggrøft og må vurderes spesielt.

Det kan stedvis være behov for å tilpasse bergskjæringsvinkelen til parallelle og steile sprekkeplan, noe som må vurderes på grunnlag av videre detaljprosjektering og observasjoner etter avtaking av vegetasjonsdekke.





Figur 32: Minimum bredde av fanggrøft avhengig av skjæringshøyde og skjæringshelning. Figur 1.9.1 - 2 i N200 [7].

#### 4.1.4 Uttaksmetode

Det er ikke observert bergsikring i de eksisterende bergskjæringene, og det forventes at bergskjæringene kan tas ut med konvensjonell sprengning. For bergskjæringene med høyde over 5 m anbefales generelt kontursprengning for uttak av bergmasse som tiltak for å bedre konturen og potensielt redusere detaljsikringsbehovet i bergskjæringene. Det vurderes at det ikke er behov for etablering av sikringshyller i noen av bergskjæringene.

Nord for Trøastrømmen, ved profil 365, skal lav bergskjæring etableres med skjæringstopp ca. 2,4 m fra Dyrøyvegen 598. Det vil i dette området være aktuelt med forsiktig sprengning for å redusere rystelser, samt ivareta kontur og kant av skjæringstopp.

#### 4.1.5 Sikringstiltak og mengdeestimat

Bestemmelse av permanent sikring av bergskjæringene (detaljprosjektering av bergsikring) samt eventuelle tiltak i ovenforliggende sideterreng (gjelder hovedsakelig bergskjæringen øst for Trøastrømmen) må utføres i anleggsfasen, basert på ingeniørgeologisk kartlegging og tilpasset de gjeldende geologiske forholdene.

Totalstabiliteten i bergskjæringene må være ivaretatt. Strukturgeologi må kartlegges i detalj ved videre prosjektering, samt under utførelse som grunnlag for prosjektering av permanente sikringstiltak. Bergsikringstiltak for å sikre totalstabiliteten må påregnes, særlig i den høyeste delen av bergskjæringen øst for Trøastrømmen.

Aktuelle sikringstiltak i skjæringene vil være:

- Rensk: maskinell og manuell
- Sikringsbolter: fullt innstøpte, spredt til systematisk, Ø20mm-32mm, 3-6 meter
- Forbolter: fullt innstøpte, Ø32 mm, lengder opptil 8 meter
- Steinsprangnett

Det er ikke registrert vannsig eller vannveger som kan føre til isdannelse og behov for isnett i bergskjæringene. Dette må vurderes nærmere i byggefase.

#### 4.1.5.1 Mengdeestimat

Basert på observasjoner fra befaring er det vurdert et forenklet sikringsomfang for bergskjæringene. Antatt gjennomsnittlig bolteavstand for sikringsbolter og eventuelt behov for spesielle tiltak er oppgitt i tabell 8. Ut fra dette er de totale mengdene beregnet basert på areal for skjæringshøyder over 2 meter og forutsetningene listet opp i tabell 9.

*Estimerte sikringsmengder for bergskjæringene er oppsummert i*

tabell 10.

*Tabell 8: Vurderingsgrunnlag sikringsmengder, basert på observasjoner fra befaring.*

Bergskjæring	Profil fra	Profil til	Side	Vurdering	Antatt sikringsomfang
Kvernøya	225	290	Høyre	Gunstig orienterte sprekker	c/c 3 m
	290	300	Høyre	Observert svakhetssone med tettere oppsprekking.	c/c 2 m, steinsprangnett
	300	380	Høyre	Gunstig orienterte sprekker	c/c 3 m
Trøastrømmen øst	515	550	Høyre	Ugunstig orienterte sprekker, to svakhetssoner som kan påvirke stabilitet.	c/c 2 m, steinsprangnett
	550	600	Høyre	Ugunstig orienterte sprekker	c/c 2,5 m
	600	610	Høyre	Antatt svakhetssone, forventet tettere oppsprekking.	c/c 2 m, steinsprangnett
	610	640	Høyre	Ugunstig orienterte sprekker	c/c 2,5 m

*Tabell 9: Forutsetninger for estimering av sikringsmengder.*

Forutsetning	
Løpemetre skjæring over 2 m høyde	260 lm
Areal m <sup>2</sup> skjæring over 2 m høyde	807 m <sup>2</sup>
Andel skjæring med forbolter	25 lm
Andel skjæring med steinsprangnett	10 %
Andel skjæring med sprøytebetong	2 %

*Tabell 10: Estimerte sikringsmengder bergskjæringene.*

Sikringsmidler	Mengde
Sikringsbolter, fullt innstøpte	150 stk
Vertikale forbolter	25 stk
Steinsprangnett	80 m <sup>2</sup>

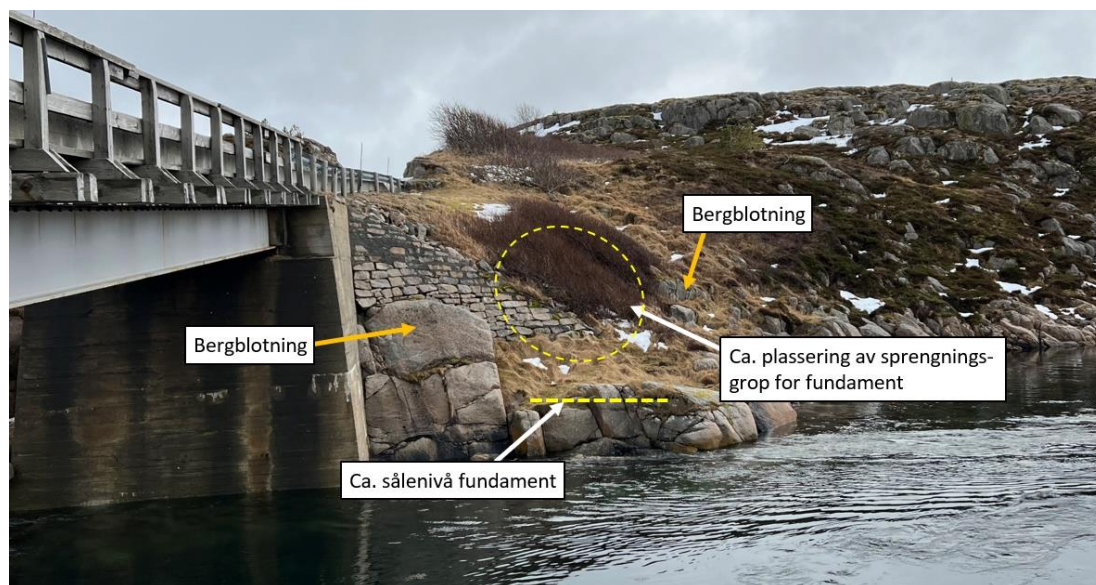
## 4.2 Søndre brufundament Kvernøystømmen

### 4.2.1 Vurdering av fundamenteringsforhold

Løsmassedekket i området er tynt, og det er i fundamenteringsområdet for Kvernøystømmen brus søndre fundament observert berg i dagen. Ved fundamentets plassering er derimot løsmassetykkelsen ukjent, da det her er mur og tett buskas, og det har ikke vært mulig å undersøke terrenget nærmere. Det er imidlertid

registrert bergblotninger både foran fundamentet og rett sør for fundamentet. Bergblotningene i sør ligger 2-3 meter over antatt sålenivå, se figur 33. På bakgrunn av dette vurderes det som mulig å etablere fundamentet på berg ved nedspregning til kote +1,5.

Langs sjøkanten har bergmassen høy oppsprekingsgrad og har åpne sprekker, se figur 34. Dette kan trolig ha sammenheng med NNV-SSØ svakhetszone observert på skyggerelieffkart svakhetszone som går NNV-SSØ over Kvernøya (sone «5» i figur 17). Det er på bakgrunn av dette besluttet å plassere fundamentsålen et stykke inn på land, innenfor disse oppsprukne områdene, og videre sprengne et stykke ned i bergmassen. Bergmassekvaliteten vil trolig bedres raskt, sannsynligvis allerede 0,5-1 meter under overflata.



Figur 33: Registrerte bergblotninger som ligger høyere i terrenget enn antatt sålenivå for det søndre fundament til Kvernøystrombrua.



Figur 34: Tett oppsprukket bergmasse langs sjøkanten. Begge bilder er tatt mot nord. Den lyse blokka som personen står på i høyre bilde, kan ses midt i det venstre bildet. Den rosa målestaven i venstre bilde er 2 meter lang.

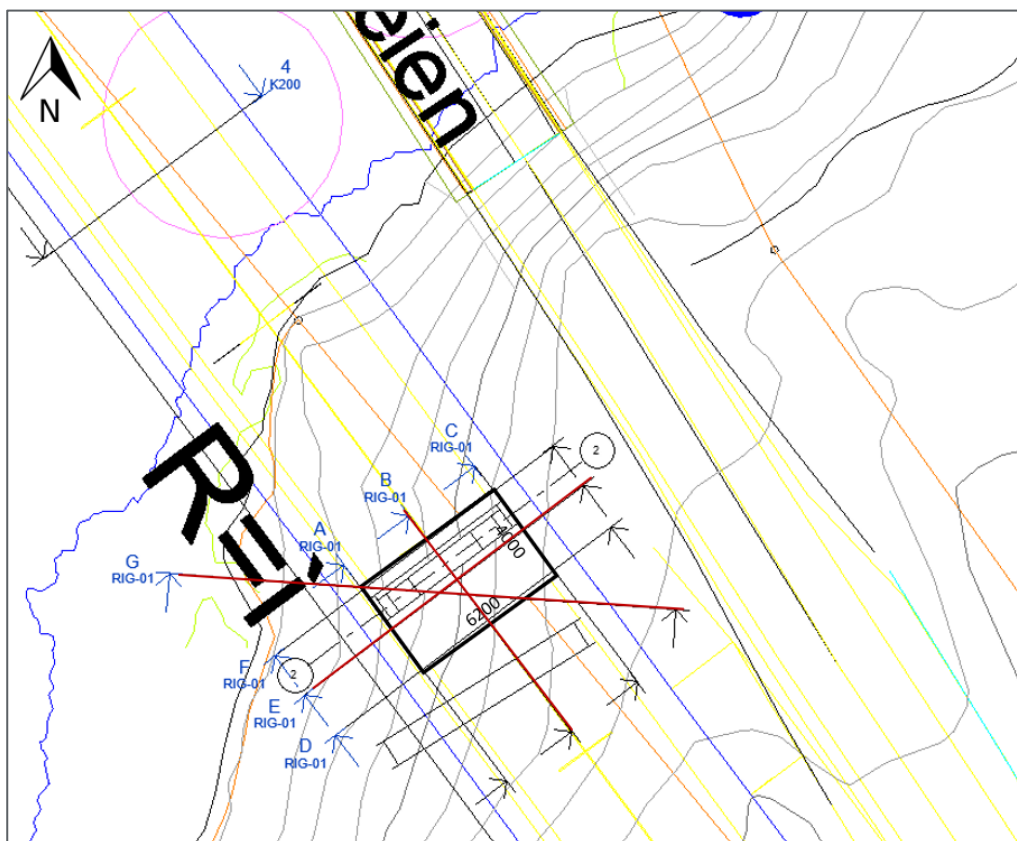


#### 4.2.2 Stabilitet av bergmasse

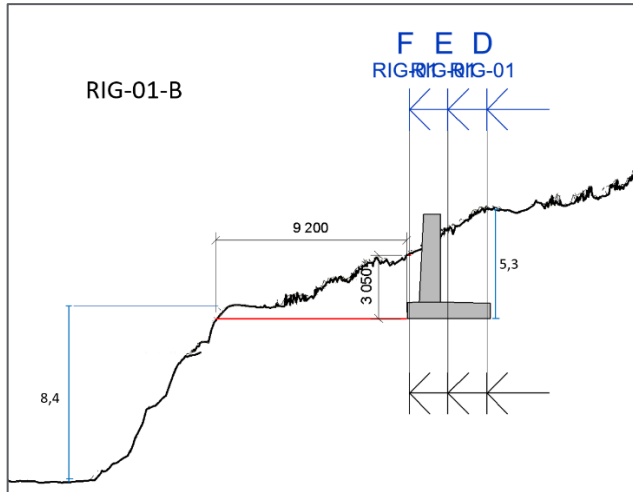
Fundamentet antas å etableres på berg i nedsprengt sprengningsgrop, tett inntil eksisterende veg, se figur 35-figur 38. Nordøst og sørøst for fundament vil det bli bergskjæringsvegger med opp mot 3-6 meter høyde. Mot nordvest og mot sørvest skråner terrenget slakt fra bunn av sprengningsgrop og ut i sjøen. Sjøbunnen i sundet skråner bratt fra sjøkanten og ned til kote -7,5. Avstanden fra fundamentets nordvestre hjørne og til sjø er ca. 4 meter i vestlig retning og ca. 8-9 meter i nordvestlig retning. Mot nordvest antas skråningstopp å ligge i sjøkanten, mens mot vest er det grunnere utover i vannet og antatt skråningstopp ligger ca. 8-9 meter fra fundamentet.

Skråningen under vann har en gjennomsnittlig skråningsorientering og -helling på ca. N210Ø/50° og følger orienteringen til sprekkesett S2. Det er ikke registrert sprekkorienteringer som kan gå fra undersida av fundament og ha utgående under vann. Skråningsstabiliteten anses som ivaretatt.

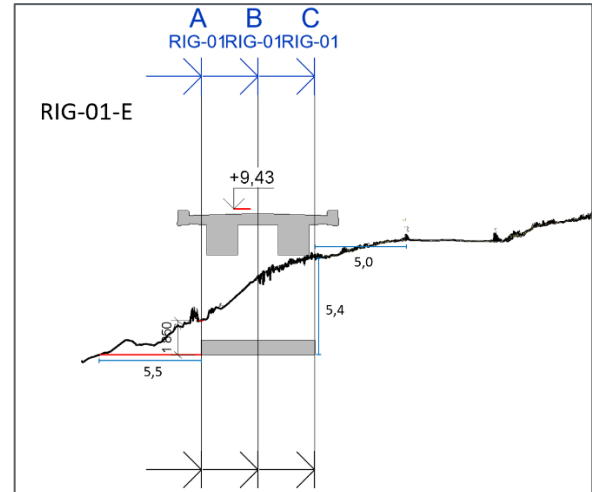
Det er utført kinematisk analyse av kartlagte sprekker for vurdering av hvilke typer stabilitetsproblemer som kan oppstå ved fundamentet. I begge skjæringsveggene i sprengningsgropa er det potensial for kileutglidning av kiler dannet av sprekkesett S1 og S2. Det er i tillegg potensial for plan utglidning langs sprekkesett S2 i den sørøstre vegg. Forløpet til antatt svakhetszone, benevnt med «5» i figur 17Figur 21, er ikke kjent og den kan potensielt gå gjennom byggegropa. Sonen er ikke observert i terrenget over planlagt brufundament og det antas at påvirkningen vil være begrenset til noe mer oppsprukket bergmasse i en mindre sone.



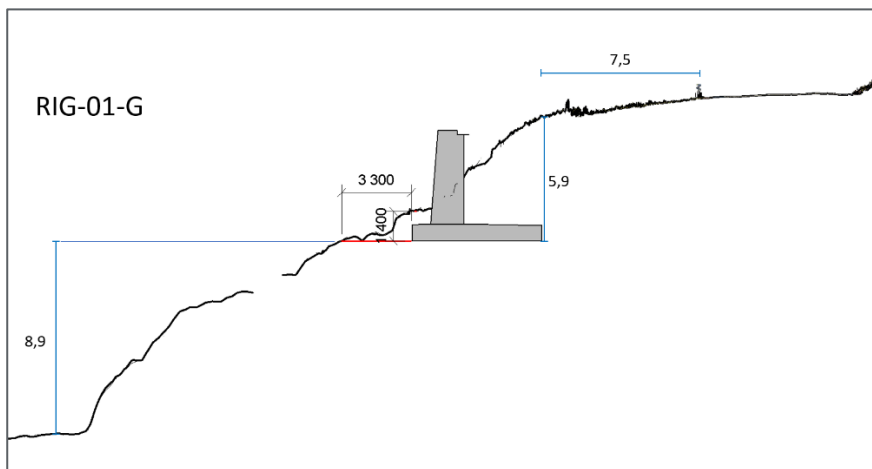
Figur 35: Oversiktstegning for søndre brufundament Kvernøystrombrua. Eksisterende veg går forbi rett nordøst for fundamentet. Omriss av fundamentsåle er uthvet i svart strek. Viste snitt figur 36-figur 38 er uthvet med røde streker.



Figur 36: Snitt RIG-01-B, normalt på senterlinje veg. Forenklede mål vurdert ut fra terrengmodell er vist med blå dimensjonslinje [meter].



Figur 37: Snitt RIG-01-E, langs senterlinje veg. Forenklede mål vurdert ut fra terrengmodell er vist med blå dimensjonslinje [meter]. Eksisterende veg vises med oppstikkende rekkverk og flatt dekke til høyre i terrenget.



Figur 38: Snitt RIG-01-G, diagonalt gjennom fundament. Forenklede mål vurdert ut fra terrengmodell er vist med blå dimensjonslinje [meter]. Eksisterende veg vises med oppstikkende rekkverk og flatt dekke til høyre i terrenget.

#### 4.2.3 Anbefalinger for sprengningsarbeider og bergsikring

Sprengningsarbeider vil pågå svært tett inntil eksisterende bru og vegkropp. Utforming av sprengningsgrop er på nåværende tidspunkt ikke fastsatt, men det antas at skjæringstopp vil ligge ca. 4-5 meter fra rekkverk for eksisterende veg. Rystelsesreducerende tiltak, som sømboring eller vaiersaging, bør vurderes.

Det meste av skjæringsarealet rundt fundamentet vil bli tilbakefylt med masser. Det må likevel utføres permanent sikring i disse bergskjæringene for å unngå eventuell støtlast mot konstruksjoner som følge av større avløste blokker og kiler. Aktuelle sikringsmidler er forbolter, maskinell rensk, spettrensk og spredt bolting (Ø20-32 mm innstøpte bolter, lengde 2,4-4 meter).

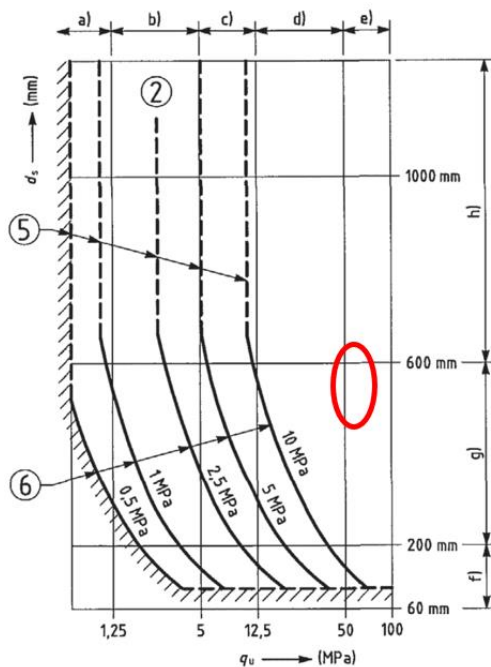
#### 4.2.4 Vurdering av dimensjonerende bæreevne

Normalt for sterke bergarter med moderat til lite oppsprekking vil bergmassens bæreevne overskride betongfundamentenes trykkfasthet. Dersom bergmassen er svak og/eller er sterkt oppsprukket vil bergmassens styrkeegenskaper være dimensjonerende for tillatt såletrykk.

Målinger av trykkfastheten med Schmidt-hammer er foretatt på sprekkeflater i dagen (tabell 6). Det antas at disse er noe mer forvitret enn sprekkeflatene i bergmassen under dagbergsonen.

##### 4.2.4.1 Antatt bæreevne for sålefundamenter

Anbefalt metode for å finne antatt bæreevne for sålefundamenter på berg er gitt i tillegg G i Eurokode 7 [2]. Antatt bæreevne utledes fra figur G.1, og for sterkt berg ( $\sigma_{ci} > 50$  MPa) i bergartsgruppe 2 (størkningsbergarter) med middels avstand mellom diskontinuiteter (ca. 50 cm) er tillatt bæreevne over 10 MPa (figur 39).



Figur 39: Diagram for bestemmelse av tillatt bæreevne. Hentet fra Tillegg G i Eurokode 7 [2].

##### 4.2.4.2 Beregning av bæreevne – Hoek-Brown

For å gjøre en kvantitativ vurdering av bergmassens bæreevne og tillatt såletrykk er det også gjort en beregning av trykkfasthet/bæreevne ved bruk av Hoek-Browns bruddkriterium for oppsprukket bergmasse. Beregningen er utført i RSData 1.0 fra RocScience, med inngangsparametre basert på observasjoner i felt og fra tabellverk. Alle inngangsparametre er gitt i tabell 11. Karakteristisk trykkfasthet settes lik beregnet global styrke i RSData.

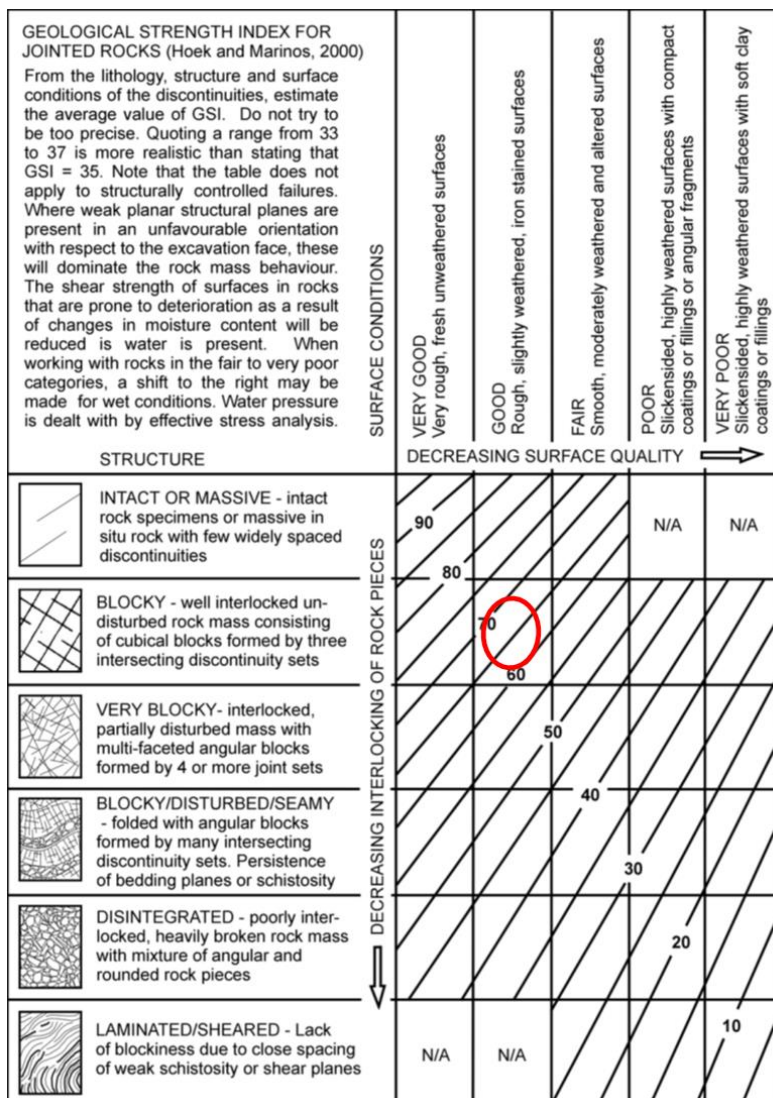
Bergmassen i området har noe blokkdannelse og er enkelte steder tett oppsprukket. Sprekkeflater fremstår som ru og plane til undulerende, med overflateforvitring og uten sprekkefyll. Fundamentet er plassert slik at de mest oppsprukne områdene unngås, i tillegg antas det at fundamenteringsnivået settes under dagbergsonen. GSI (Geological Strength Index) er vurdert å være ca. 65, se figur 40.



Ved fastsettelse av skadefaktor ved sprengning D, forutsettes det forsiktig sprengning for fundamentet (D = 0,7). Verdi for materialfaktor er hentet fra tabellverk for granitt.

Tabell 11: Inngangsparametre for Hoek-Brown bruddkriterium.

Parameter	Symbol	Verdi	Enhet	Ref.
Trykkfasthet intakt berg	$\sigma_{ci}$	60	MPa	Felt
Geologisk styrkeindeks	GSI	65	-	Felt
Materialfaktor intakt berg	mi	32	-	RSDData
Skadefaktor sprengning	D	0,7	-	RSDData



Figur 40: Bestemmelse av GSI på grunnlag av kartlegging i felt. På bakgrunn av kartleggingen vurderes bergmassens GSI å være ca. 65.

Resultater fra beregning med Hoek-Brown bruddkriterium er gitt i tabell 12. Partialfaktor for bæreevne er satt til 2,0, i henhold til håndbok N400 (krav 7.2.1-2) [6].

Tabell 12: Resultater fra beregning av bæreevne med Hoek-Brown bruddkriterium.

Parameter	Symbol	Verdi	Enhet
Trykkfasthet/bæreevne bergmasse, karakteristisk verdi	$\sigma_{cm;kar}$	17,5	MPa
Materialfaktor x modellfaktor bæreevne	$\gamma_{R;v} \cdot \gamma_{R;d}$	2,0	-
Trykkfasthet/bæreevne bergmasse, dimensjonerende verdi	$\sigma_{cm;dim}$	8,8	MPa

#### 4.2.4.3 Tillatt såletrykk – dimensjonerende bæreevne

Metoden gitt i Eurokode 7 angir et tillatt såletrykk på over 10 MPa. Beregninger ved bruk av Hoek-Brown bruddkriterium gir dimensjonerende bæreevne på 8,8 MPa. Dimensjonerende grunntrykk fra fundamenter er foreløpig oppgitt til å være 1000 kN/m<sup>2</sup> (1,0 MPa). Dette gir tilfredsstillende bæreevne for bergmassen.

Da det er knyttet usikkerhet til bergmassens trykkfasthet og oppsprekking under dagbergsonen må fastsatt verdi for tillatt såletrykk verifiseres etter utsprengring.

### 4.3 Omgivelser og ytre miljø

#### 4.3.1 Skredfare

Det er ikke angitt aktsomhetsområder for skred i NVEs aktsomhetskart. Videre er det på befarings ikke observert sidebratt terreng over veg, bergskjæringer eller fundamentområder. Skredproblematikk er derfor ikke relevant.

#### 4.3.2 Syredannende potensial

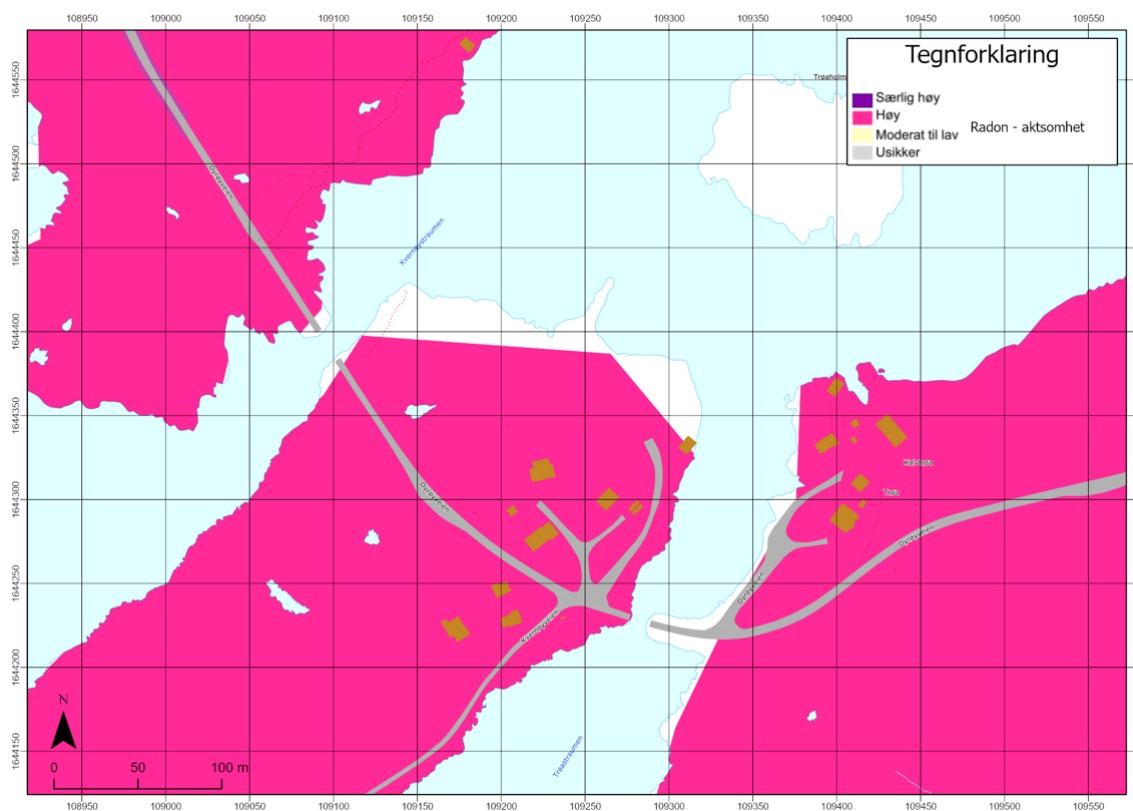
Syredannende bergarter er bergarter der det er risiko for forurensning dersom bergartene kommer i kontakt med luft eller vann. Dette er særlig aktuelt i områder med alunskifer, svartskifer og leirskifer. Det kan også være syredannende potensial i enkelte gneiser. Jern- og svovelinnhold er nøkkelparametere for syredannende bergarter da det er forvitring av sulfidmineraler som er årsak til syredannende egenskaper [13].

Det er ikke kjent at granitt i Trøndelagsområdet har vist syredannende potensial tidligere. På befarings ble det heller ikke observert tegn til utfelling av jern, kismaterialer, eller kjemisk forvitring. På bakgrunn av dette vurderes det at bergmassen i prosjektområdet ikke har syredannende potensial.

#### 4.3.3 Radon

NGUs aktsomhetskart for radon viser høy aktsomhetsgrad i området, se figur 41. Steinmaterialet fra prosjektområdet kan derfor være radonutsatt. Radongassdannelse kan utgjøre en helsefare når gassen siver inn og oppkonsentreres innendørs. Ved bruk av massene i friluft, som fyllmasser i veg, vil derimot konsentrasjonen være såpass lav at det ikke anses som problematisk.

Dersom vegmassene skal benyttes til andre formål enn fyllmasser for veg, som for eksempel fyllmasser under bygg, må det gjøres testing av massene.



Figur 41: Radon, aktsomhet, for prosjektområdet.

#### 4.4 Borbarhet og sprengbarhet

Borbarhet hos bergarter defineres som netto inndrift (borsynk) samt den slitasje bergarten forårsaker på boreutstyret (borslitasje), disse benevnes henholdsvis som borsynkindex (DRI) og borslitasjeindex (BWI). DRI- og BWI-verdien til granitt er hentet fra tabellverdier [24] og er vist i tabell 13. I tillegg vil granittens oppsprekking kunne påvirke borbarheten på en negativ måte.

Bergskjæringen øst for Trøastrømmen har relativt gjennomsettende og steile sprekkeplan, særlig fra S1, som kan føre til borehullsavvik i form av avbøyningsfeil. Avbøyningsfeil kan videre føre til ladevansker og at lokale områder i bergmassen kan bli ladet med for mye/lite sprengstoff, som kan påvirke både fragmenteringsresultat og kontur.

Sprengbarheten bestemmes hovedsakelig av sprengbarhetsindeksen (SPR) som påvirkes av blant annet bergartens anisotropi og spesifikke vekt. Den kvalitative sprengbarheten til granitt er *god* [24], men bergmassens oppsprekingsgrad vil også kunne påvirke sprengbarheten.

Tabell 13: Borbarhet og sprengbarhet for granitt, fra tabellverdier [24].

Bergart	Borbarhet (DRI / BWI)	Sprengbarhet (SPR)
Granitt	52 Middels / 37 Middels	God



## 4.5 Bruk av steinmateriale

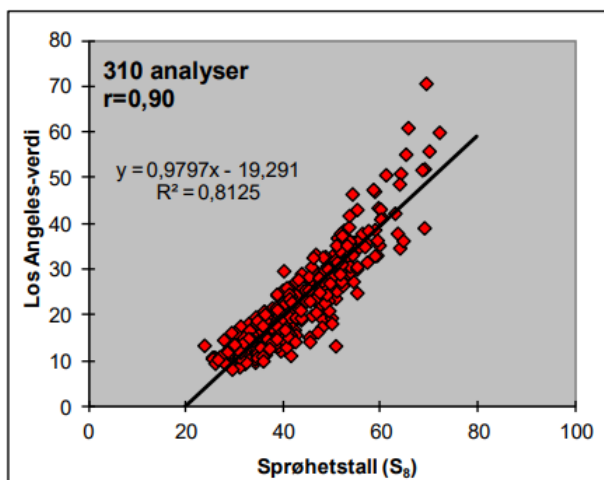
I nye infrastrukturprosjekter anbefales det å utføre en enkel kategorisering av mulige bruksformål for overskuddsstein, og det er et stort fokus på å utnytte kortreist stein [25].

### 4.5.1 Til bruk i vegformål

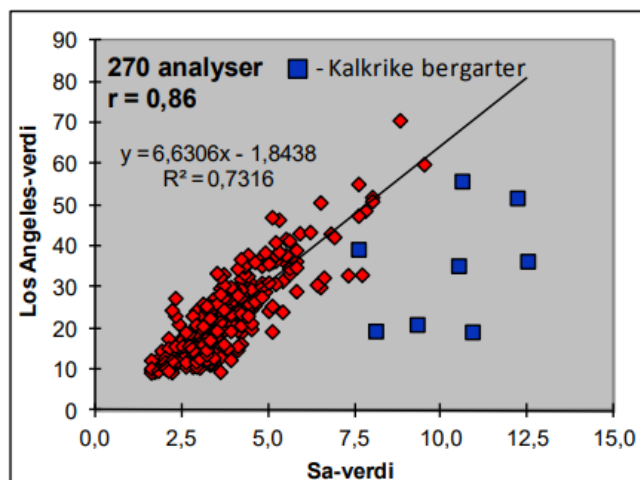
Krav til materialer og utførelse av vegoppbygging er angitt i håndbok N200 [7]. For alle materialer i vegoverbygning er det satt kvalitetskrav for bruk av steinmaterialer som mekaniske egenskaper, kornform, korngradering, finstoffinnhold og andel knuste korn.

Det er ikke gjort tester av steinmateriale langs traseen. Men det er fra NGUs grus- og pukkdatabase hentet testverdier fra nærliggende lokasjoner. I de fleste testene er materialenes slitasjeregenskaper og motstand mot knusning målt med sprøhetstall, abrasjonsverdi og SA-verdi. Fra 2005 erstattet Los Angeles-metoden sprøhetstallet for å bedømme motstanden mot nedknusning [26], og kravene i N200 er nå basert på LA-verdi (motstand mot knusning) og micro-Deval (evne til å motstå slitasje).

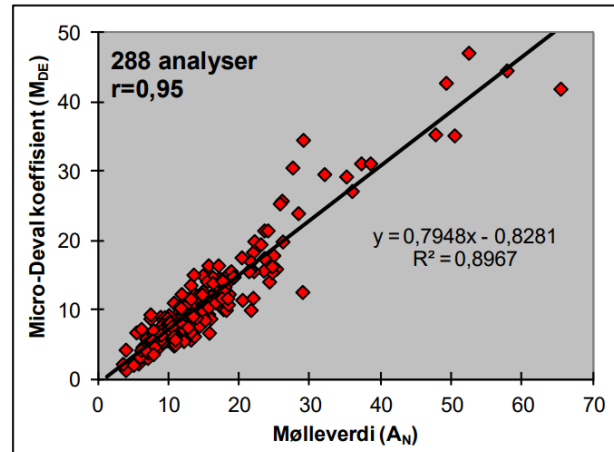
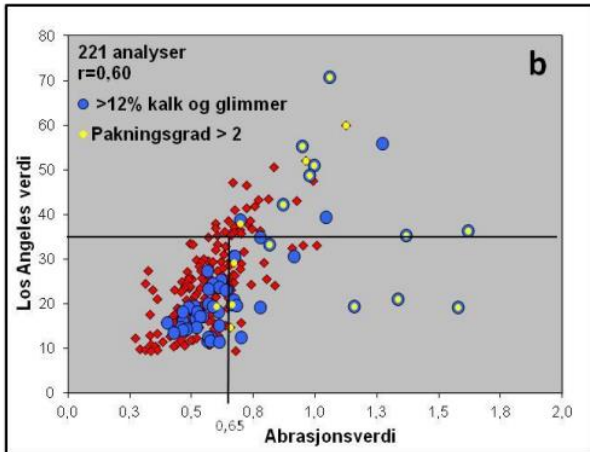
I Statens vegvesens rapport nr. 121 er det vist en korrelasjon mellom LA-verdier og sprøhetstallet, mellom LA-verdier og SA-verdier, samt mellom LA-verdi og abrasjonsverdi (figur 42, figur 43 og figur 44). Det er også vist korrelasjon mellom micro-Deval-koeffisient og mølleverdi (figur 45). Med utgangspunkt i dette kan gitte verdier for nærliggende lokasjoner benyttes til å estimere LA-verdi og micro-Deval-koeffisient.



Figur 42: Korrelasjon mellom LA-verdi og sprøhetstall S8 (fraksjon < 8 mm) [26].



Figur 43: Korrelasjon mellom LA-verdi og SA-verdi [26].

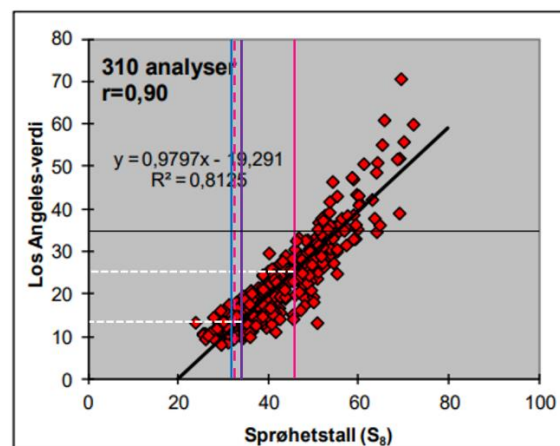
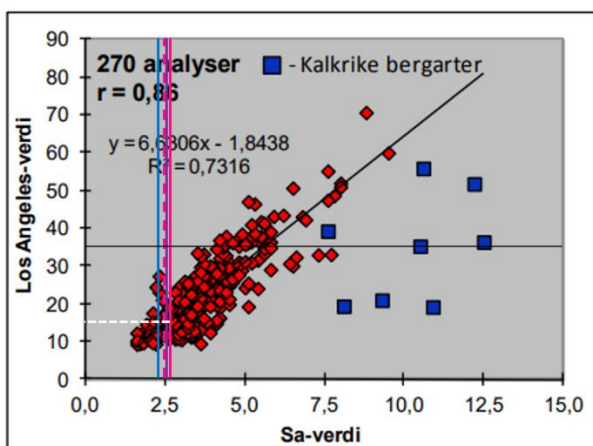


Figur 44: Korrelasjon mellom LA-verdi og abrasjonsverdi. Kravgrenser for bærelag LA<35 er indikert [26]. (Merk at akseverdier er gitt feil, det skal være 0,25 der det står 0,3 og 0,75 der det står 0,8 osv.)

Figur 45: Korrelasjon mellom micro-Deval-koeffisient og mølleverdi [26].

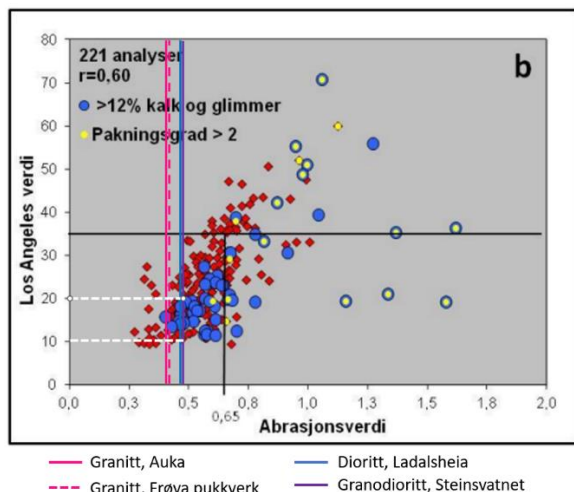
For vurdering av massenes egnethet til vegformål er det tatt utgangspunkt i tester på granitt, dioritt og granodioritt i prøvelokasjonene som ligger nærmest prosjektområdet ved Trøa- og Kvernøystømmen. Plotting av målte verdier av SA, sprøhetstall og abrasjon på disse lokasjonene viser estimerte LA-verdier som varierer mellom 12-25 (figur 46-figur 48). For granitt ved Frøya pukkverk finnes også testverdi for LA på 19,5. For granodioritt ved Rosaberget er målt LA-verdi 19,85.

Kulemølleverdi er målt ved to lokasjoner, Frøya pukkverk og Rosaberget. Ved bruk av korrelasjonen estimeres micro-Deval til henholdsvis 8,7 og 6,8, se figur 49. Ved Rosaberget finnes også målt micro-Deval på 6,0. Estimert verdi for denne prøven indikerer at korrelasjonen er tilstede.

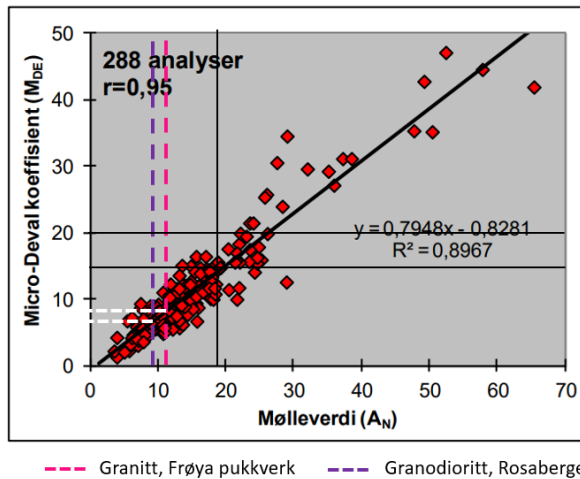


Figur 46: Estimering av LA-verdi basert på SA-verdi. Kravgrense LA<35 er indikert.

Figur 47: Estimering av LA-verdi basert på sprøhetstall. Kravgrense LA<35 er indikert.



Figur 48: Estimering av LA-verdi basert på abrasjonsverdi. Kravgrense LA<35 er indikert.



Figur 49: Estimering av micro-Deval-koeffisient basert på mølleverdi. Kravgrenser MD<20 og MD<25, samt kulemølleverdi <19 er indikert.

For bruk av steinmaterialer til bærelag, forsterkningslag, asfaltdekke og grusdekker kreves det i henhold til N200 [7] en LA-verdi <35. Videre en MD-koeffisient <15 for bærelag, asfaltdekker og grusdekker og <20 for forsterkningslag. For asfaltdekker med ÅDT 301-1500 kreves i tillegg en kulemølleverdi <19 og flisighetsindeks <25.

Både estimerte og målte verdier for relevante bergarter i nærområdet ligger innenfor de nevnte kravene. På bakgrunn av dette vurderes det at steinmassene fra prosjektområdet vil kunne brukes til vegformål, både som forsterkningslag, bærelag og som tilslag i asfaltdekke. Det anbefales å ta rutinemessig prøving av bergmassen under bygging. En første test bør foretas før/ved oppstart av arbeidene.

#### 4.5.2 Bruk av sprengstein til erosjonssikring

Vegfyllinger som går ut mot sjø må sikres mot erosjon, og til dette vil det være behov for sprengstein. I henhold til kystteknisk rapport forventes det behov for blokkstørrelser fra 300-600 mm diameter til blokker med vekt opptil 1 tonn, avhengig av om fyllingene rauses eller plastres [27].

Bergmassen i området er gjennomsatt med sprekker i tre sprekkeretninger, samt tilfeldig orienterte sprekker. Oppsprekingsgraden er varierende, men stedvis er bergmassen tett oppsprukket, særlig i overflaten (dagbergsoner). Sprengningsplaner vil trolig kunne tilpasses til å oppnå blokker i størrelser som vil kunne brukes til erosjonssikring for de minste fraksjonene (300-600 mm). Det er mer usikkert om det vil være mulig å oppnå større fraksjoner enn dette.



## 5 Usikkerheter og restrisiko i byggefasen

Følgende usikkerheter og restrisiko er identifisert i forbindelse med bergarbeidene:

- Uttak av berg vil foregå i sidebratt terreng ved brufundamentet ved Kvernøystømmen og ved den høye bergskjæringen øst for Trøstrømmen. Terrengtet er stedvis dekket med løsmasser. Tilkomst i sideterrengtet vil være utfordrende og hvordan dette skal løses anleggsteknisk må planlegges i detalj.
- Det skal gå trafikk på eksisterende bruer og veg i byggefasen. Dette medfører behov for gode rutiner knyttet til planlegging av salver og kasteretninger for salven. Ved feilslått sprengning er det risiko for stengning av veg over lengre perioder.
- Sprengningsarbeider for bergskjæringer vil stedvis foregå tett inntil bebyggelse. Ved profil 350-380 vil skjæringstopp komme inntil 2,4 m fra eksisterende bebyggelse. Det forutsettes at grenseverdier for vibrasjoner utarbeides og sprengningsarbeidene planlegges nøye.
- I gamle bergskjæringer kan det være risiko for gjenstående sprengstoff og/eller tenmidler fra tidligere sprengningsarbeid (forsagere). Risikoen for og eventuelle tiltak mot å påtreffe udetonert sprengstoff må vurderes og utarbeides.
- Bergmassen har ikke kunnet blitt observert ved selve fundamentplasseringa for Kvernøystømmen sør, på grunn av tett buskas i terrengtet. Løsmassemektheten er her ukjent. Bergnivå og bergmassekvalitet må verifiseres etter avgraving.
- For bergskjæring og byggegrop for fundamentet ved Kvernøystømmen sør er det kartlagte sprekkesett med utgående plan mot prosjektert veg/byggegropp. Stabilitet av bergskjæringene i forbindelse med berguttak må derfor hensyntas spesielt.
- Sprengningsarbeidene for Kvernøystømmen brus søndre fundament vil foregå tett inntil eksisterende konstruksjon. Grenseverdier for vibrasjoner må avklares etter tilstandsvurdering av brua.
- Det må planlegges tiltak for stabilisering av løsmasser over topp av byggegrop for fundamentet. Geotekniker må involveres for prosjektering i forkant og detaljprosjektering underveis når området avdekkes.
- Målinger med Schmidt-hammer er utført på overflatesprekker. Den estimerte enaksielle trykkstyrken kan derfor være noe lav. Vurdert dimensjonerende bæreevne kan dermed regnes å ligge mot konservativ side.

## 6 Ingeniørgeologisk oppfølging i byggefasen

Uttak av bergskjæringer må følges tett opp av ingeniørgeolog for vurdering av uttaksmetodikk og bestemmelse av permanent bergsikring. En del av bergskjæringen øst for Trøastrømmen og en del av bergskjæringen over Kvernøya er underlagt utførelseskontrollklasse 3 (UKK3). Arbeidet skal derfor kontrolleres av uavhengig foretak.

Også arbeidet med det søndre fundament av Kvernøystømbrua må følges tett opp av ingeniørgeolog. Når bergoverflaten ved fundamentene er avdekket, må ingeniørgeolog inn på stedet for å sjekke kvalitet og ta en endelig vurdering på stabilitetsforholdene og eventuelt nødvendige sikringstiltak før sprengning. Etter utsprenging av byggegrep for fundamentet må ingeniørgeolog vurdere fundamenteringsflata, samt behov for permanent bergsikring i skjæringsveggene. Fundamenteringsarbeidene er underlagt utførelseskontrollklasse 3 (UKK3) og skal kontrolleres av uavhengig foretak.

For alle bergarbeider bør ingeniørgeolog tilkalles og involveres etter behov.

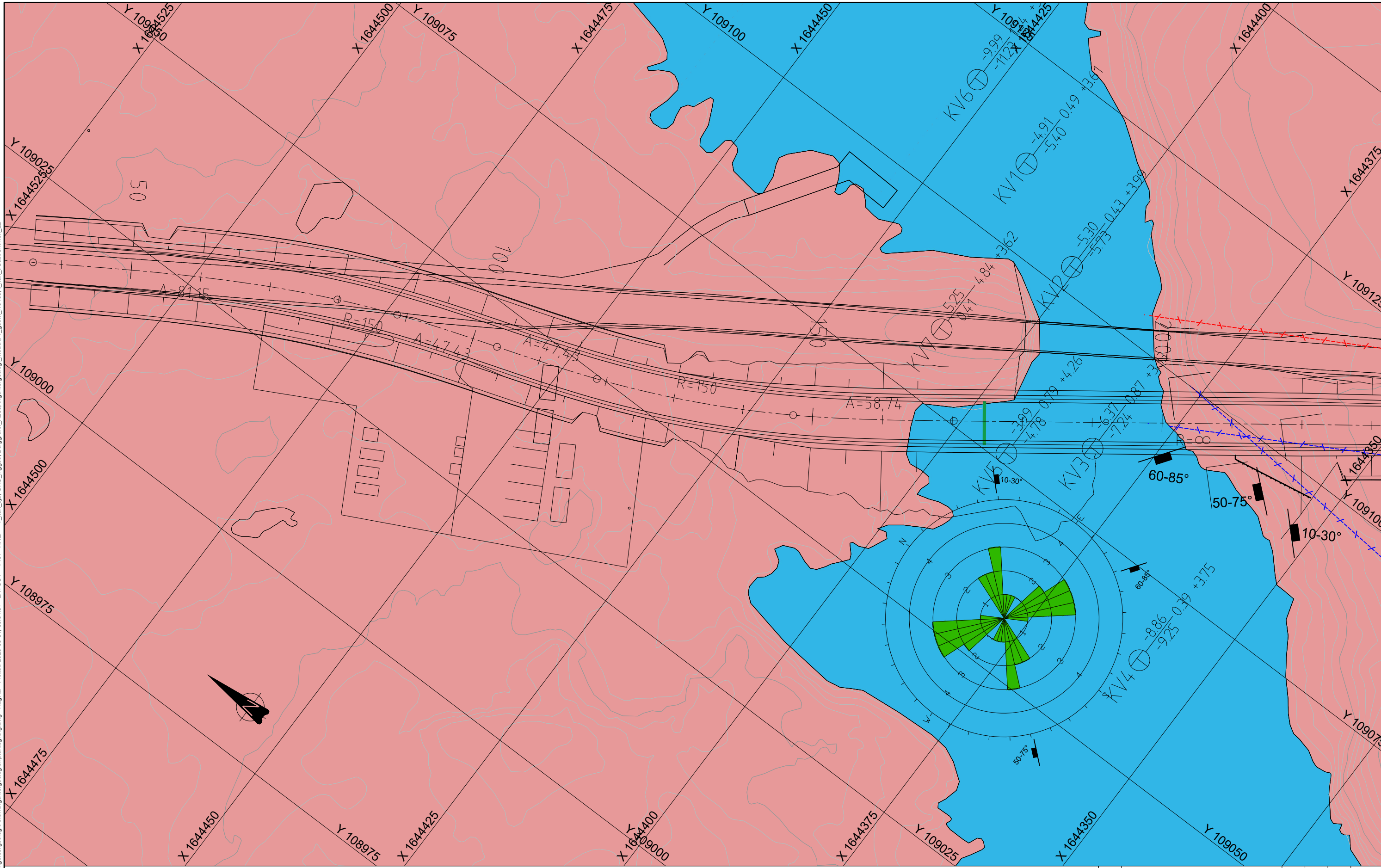
## 7 Referanser

- [1] Norsk Standard, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner».
- [2] Norsk standard, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler».
- [3] Norsk Standard, «NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021 Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger».
- [4] Standard Norge, «NS-EN 1998-5:2004+NA:2014 Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 5: Fundamenter, støttekonstruksjoner og geotekniske forhold».
- [5] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggteknisk forskrift (TEK 17), kapittel 7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>. [Funnet 2022].
- [6] Statens vegvesen, «N400 Bruprosjektering,» 2023.
- [7] Statens vegvesen, «N200 Vegbygging,» 2022.
- [8] Statens vegvesen, «Håndbok R211. Feltundersøkelser,» 2021.
- [9] Statens vegvesen, «R761. Prosesskode 1. Standard beskrivelse for vegkontrakter,» 2018.
- [10] NFF, Håndbok nr. 07. Håndbok for bestilling av bergsprengningsarbeid, 2012.
- [11] NFF, Håndbok nr. 11. Bergbolting, 2020.
- [12] NGI, «Bruk av Q-systemet. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning,» 2015.
- [13] NGI, «Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter. Veileder for miljødirektoratet. Dok. nr. 20120842-01-R. Rev nr. 0/2015-02-09,» 2015.
- [14] Statens vegvesen, «Vegkart,» [Internett]. Available: [https://vegkart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/@192042,7087543,12/hva:!\(id~540\)~/-valg:1015103941:540.](https://vegkart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/@192042,7087543,12/hva:!(id~540)~/-valg:1015103941:540.) [Funnet 2023].
- [15] Norconsult, «RPL og byggeplan for fv. 6460 Titran og 6466 Trøastraumen/Kvernøystraumen. Geotekniske grunnundersøkelser - datarapport. Dokumentnr: 52204920-RIG-01,» 2023.
- [16] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: [http://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/). [Funnet 2023].
- [17] NGU, «Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase,» [Internett]. Available: [https://geo.ngu.no/kart/berggrunn\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/). [Funnet 2023].



- [18] A. Aydin, «ISRM Suggested Method for Determination of the Schmidt Hammer Rebound Hardness: Revised Version.,» 2009.
- [19] NGU, «Grus- og pukkkforekomster,» [Internett]. Available: [https://geo.ngu.no/kart/grus\\_pukk\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/grus_pukk_mobil/). [Funnet 2023].
- [20] NGU, «GRANADA - Nasjonal grunnvannsdatabase,» [Internett]. Available: [https://geo.ngu.no/kart/granada\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/). [Funnet 2023].
- [21] Riksantikvaren, «Kulturminnesøk,» [Internett]. Available: <https://www.kulturminnesok.no/kart/>. [Funnet 2023].
- [22] Miljødirektoratet, «Naturbase kart,» [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/naturbase/>.
- [23] NVE, «NVE Temakart,» [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/>. [Funnet 2023].
- [24] A. Bruland, «Drillability Statistics of Drillability Test Results,» NTNU, Trondheim, 1998.
- [25] K. A. Aasly, A. Margreth, E. Erichsen, T. Rise og L. I. Alnæs, «Forundersøkelser og bruk av kortreist stein - En geologisk veileder,» SINTEF akademisk forlag, 2019.
- [26] Statens vegvesen, «Rapport nr. 121: Vurdering av testmetoder for tilslagsmaterialer,» 2013.
- [27] Norconsult AS, «52204920 HAVN-R01 Kystteknisk rapport,» 2023.

X:\trondelag\trondheim\52204\52204920\BIM\ingeniørgeologi\arkiv\ingeniørgeologisk planlegging.dwg - Raghil - Plottet: 2023-05-31 08:54:57 - LAYOUT = V101 - XREF = T\_kart\_sjå\_GRU\_inggeo\_Berggrunn\_N250\_ingeniørgeologi\_modell\_T\_geom\_fv6466\_L\_kart\_trastemmen\_2D



<b>Bergart</b> Granitt og granodioritt		<b>Strukturmålinger</b> Sprekkesett Svakhetszone, antatt. Brekke Svakhetszone, observert. Brekke		<b>Brufundament (Kvernøystrømmen)</b> Landkarfundament		<b>Totalsonderinger</b> $\text{Terreng (bunn) kote}$ Boret dybde + Boret i fjell Anfall bergkote		<b>Høydekurver</b> Ekvidistanse: 1 m	
<b>Referanser</b> [1] NGU, "Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase" <a href="http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/">http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/</a>									

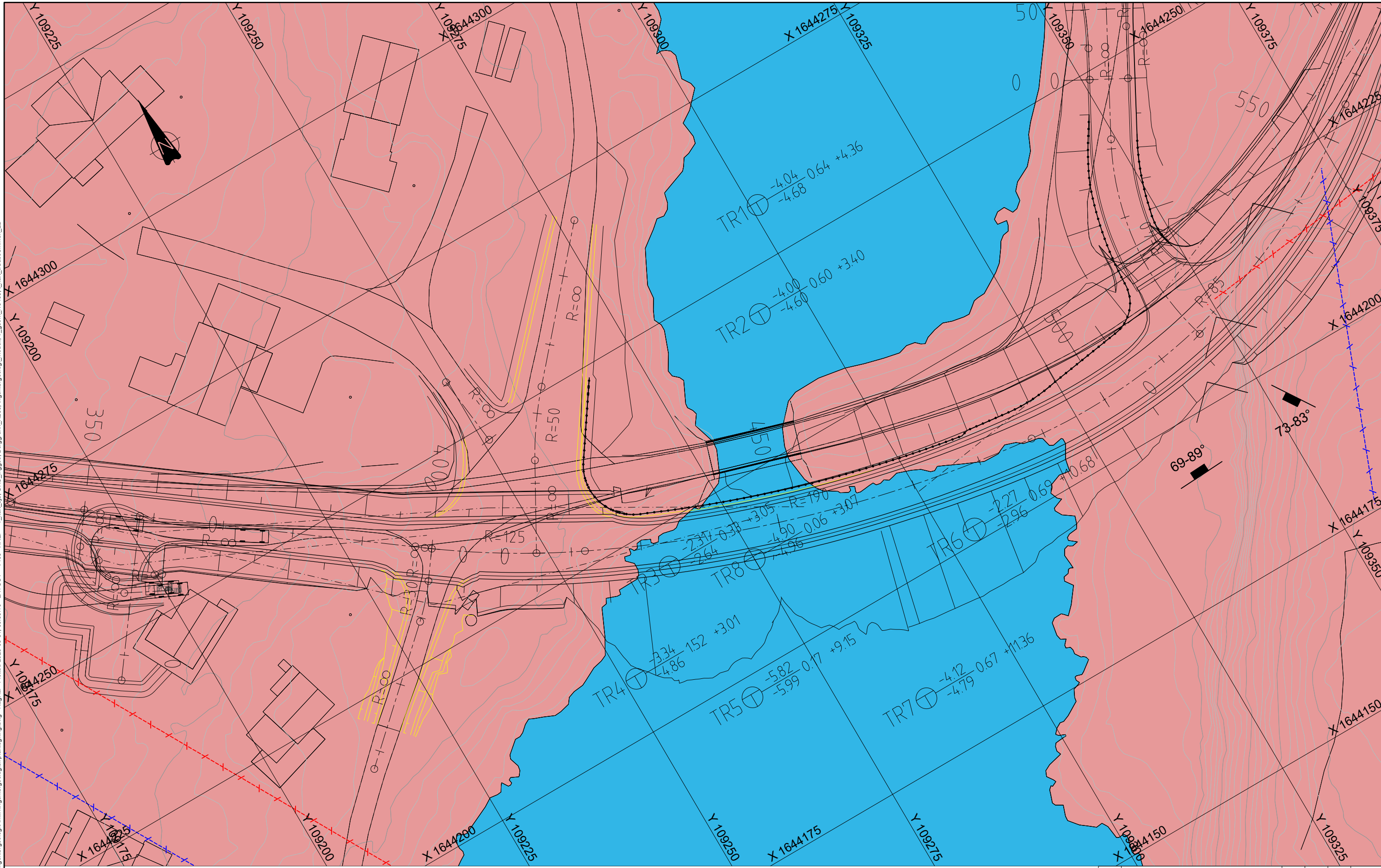
E02	For godkjenning hos myndigheter	KriDol	RagHal	SteRoe	2023-05-31
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
Trøndelag fylkeskommune		Saknr.: 2023-05-31 Tegningsdato: 2023-05-31 Bestiller: Sigrid Helene Harissen Produsert for: Trøndelag fylkeskommune Prosjektnummer: 409080 Kontraktnummer: Byggeværksnummer: Koordinatsystem: EUREF89 NTM08 Høydesystem: NN2000 Målestokk A1: 1:250			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjert av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjon	
KriDol	RagHal	SteRoe	52204920	V101 E02	







X:\prosjekter\Trondheim\52204\52204920\BIM\ingeniørgeslag\Arkiv\Ingeniørgeslag\planlegging.dwg - Ragnhild - Plottet: 2023-05-31 09:55:16 - LAYOUT= V103 - XREF= I\_kart\_sjv\_GRU\_inggeo\_Berggrunn\_N250\_Ingeniørgeslag\_modell\_I\_geom\_fv6466\_I\_kart\_frastrømmen\_2D



**Bergart**  
 Granitt og granodioritt

**Strukturmålinger**  
 40° Sprekkesett  
 Bergblotning

**Brufundament (Kvernøystømmen)**  
 Landkarfundament

**Totalsonderinger**  
 BID ⊕ Terrenng (bunn) kote: Boret dybde + Boret i fjell  
 Anfall bergkote

**Høydekurver**  
 Ekvidistanse: 1 m

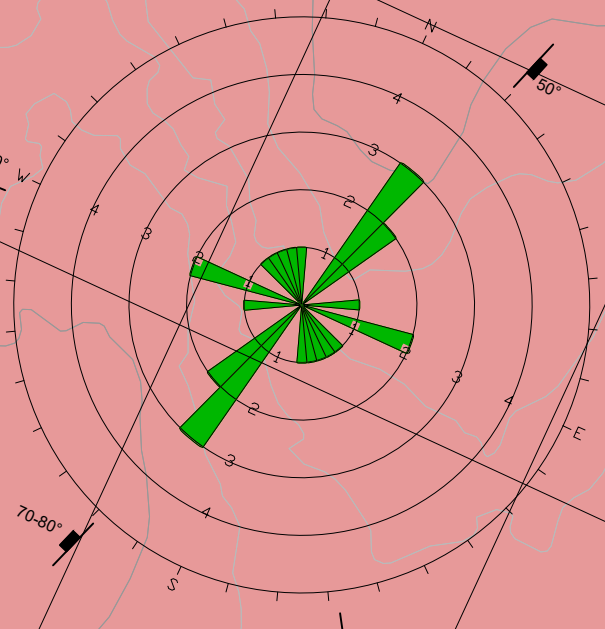
**Referanser**  
 [1] NGU, "Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase" [http://geo.ngu.no/kart/berggrunn\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/)

Svakhetssone, antatt. Bredder <3 m  
 Svakhetszone, observert. Bredder <3 m

E02	For godkjenning hos myndigheter	KriDol	Ragnhild	SteRoie	2023-05-31
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
		Saknr:	2023-05-31		
		Tegningsdato	2023-05-31		
		Bestiller	Sigrid Helene Harissen		
		Produsert for	Trøndelag fylkeskommune		
		Prosjektnummer	409080		
		Kontraktnummer			
		Byggeværksnummer			
		Koordinatsystem	EUREF89 NTM08		
		Høydesystem	NN2000		
		Målestokk A1	1:250		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/	
KriDol	Ragnhild	SteRoie	52204920	revisjon	V103 E02



X:\prosjekter\Trondheim\52204\52204920\BIM\Ingeniørgeologi\Arkiv\Ingeniørgeologisk planlegging.dwg - RagHAI - Plottet: 2023-05-31 09:55:24 - LAYOUT= V104 - XREF= T\_kart\_sjv\_GRU\_inggeo\_Berggrunn\_N250\_Ingeniørgeologi\_modell\_T\_geom\_fv6466\_L\_kart\_trastørrammen\_2D\*



**Bergart**  
 Granitt og granodioritt

**Strukturmålinger**  
 40° Sprekkesett  
 Svakhetszone, antatt. Bredder < 3 m  
 Svakhetszone, observert. Bredder < 3 m

Bergblotning

**Brufundament (Kvernøystrommen)**  
 Landkarfundament

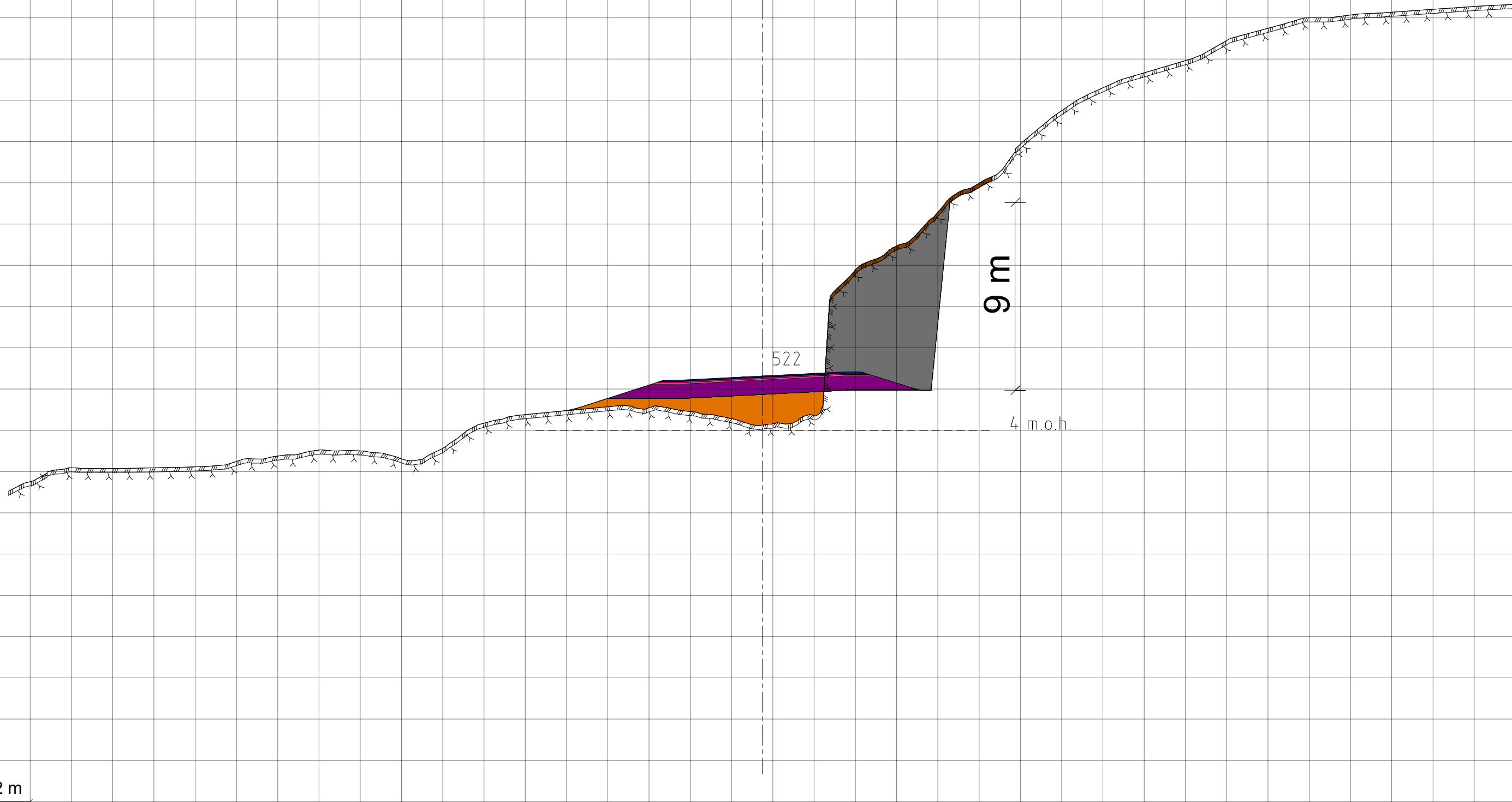
**Totalsonderinger**  
 BID ⊕ Terrenng (bunn) kote. Boret dybde + Boret i fjell  
 Anfall bergkote

**Høydekurver**  
 Ekvidistanse: 1 m


**Referanser**  
 [1] NGU, "Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase" <http://geo.ngu.no/kart/berggrunnMobil/>

E02	For godkjenning hos myndigheter	KriDol	RagHal	SteRoe	2023-05-31
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
Saknr.:		2023-05-31			
Tegningsdato		2023-05-31			
Bestiller		Sigrid Helene Harissen			
Produsert for		Trøndelag fylkeskommune			
Prosjektnummer		409080			
Kontraktnummer					
Byggesaksnummer					
Koordinatsystem		EUREF89 NTM08			
Høydesystem		NN2000			
Målestokk A1		1:250			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjert av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/	
KriDol	RagHal	SteRoe	52204920	revisjon	
				V104	E02

X:\prosjekter\Trondheim\5220452204920\BIM\ingeniørgeologi\Arkiv\Tverrsnitt bergskjæringer.dwg - Raghil - Plottet: 2023-05-31, 10:23:35 - LAYOUT = V105 - XREF = 2023-04-21 Tverrsnitt bergskjæringer, T\_kart\_sjv, GRU\_inggeo, ingeniørgeologi\_modell, T\_geom, fv6466, L\_kart\_traastrammen\_2D'

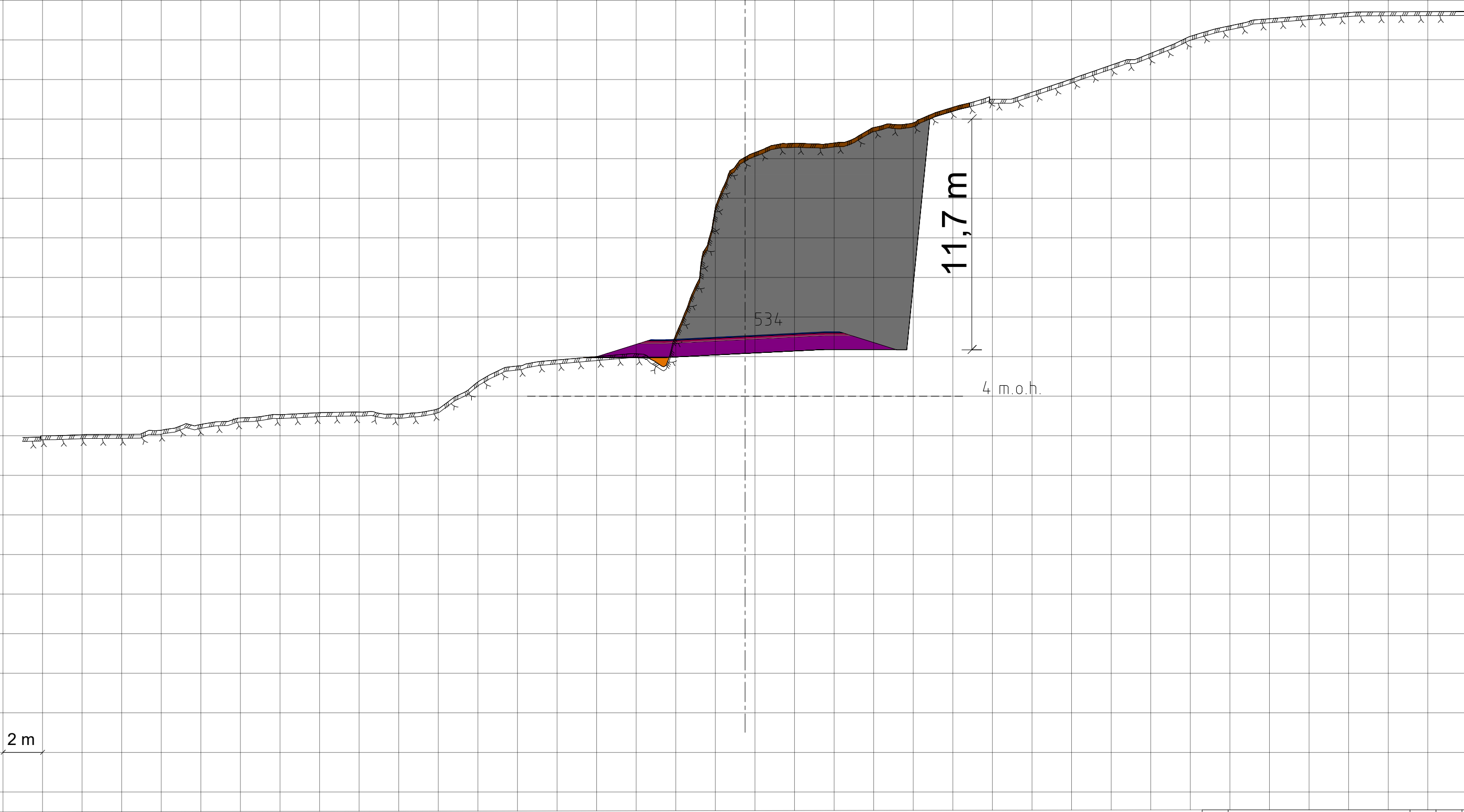


Jord 1	1,62 m2
Fjell 6	35,14 m2
Fyllingslag	9,76 m2
Bærelag 1	0,61 m2
Bærelag 2	0,63 m2
Forsterkningslag 1	9,06 m2
Bindlag 1	0,30 m2
Filterlag	0,02 m2
Avrunding	0,01 m2
Slitelag	0,39 m2

E02	For godkjenning hos myndigheter	KriDol	Raghil	SteRoe	2023-05-31
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 <b>Trøndelag fylkeskommune</b>		Saknr.:	2023-05-31		
Fv6466		Tegningsdato	2023-05-31		
Traastrammen og Kvernøystrømmen		Bestiller	Sigrid Helene Harissen		
Tverrsnitt profil 522		Produsert for	Trøndelag fylkeskommune		
		Produsert av	NORCON		
		Prosjektnummer	409080		
		Kontraksnummer			
		Byggeværksnummer			
		Koordinatsystem	EUREF89 NTM8		
		Høydesystem	NN2000		
		Målestokk A1	1:100		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/ revisjon	
KriDol	Raghil	SteRoe	52202597	V105	E02



X:\nonoppdrag\Trondheim\52204\52204920\BIM\ingeniørgeologi\Arkiv\Tverrsnitt bergskjæringer.dwg - Raghil - Plottet: 2023-05-31, 10:59:43 - LAYOUT = V106 - XREF = 2023-04-21 Tverrsnitt bergskjæringer, T\_kart\_sjv, GRU\_inggeo, Ingeiørgeologi\_modell, T\_geom, fv6466, L\_kart\_traastrammen\_2D'



2 m

11,7 m

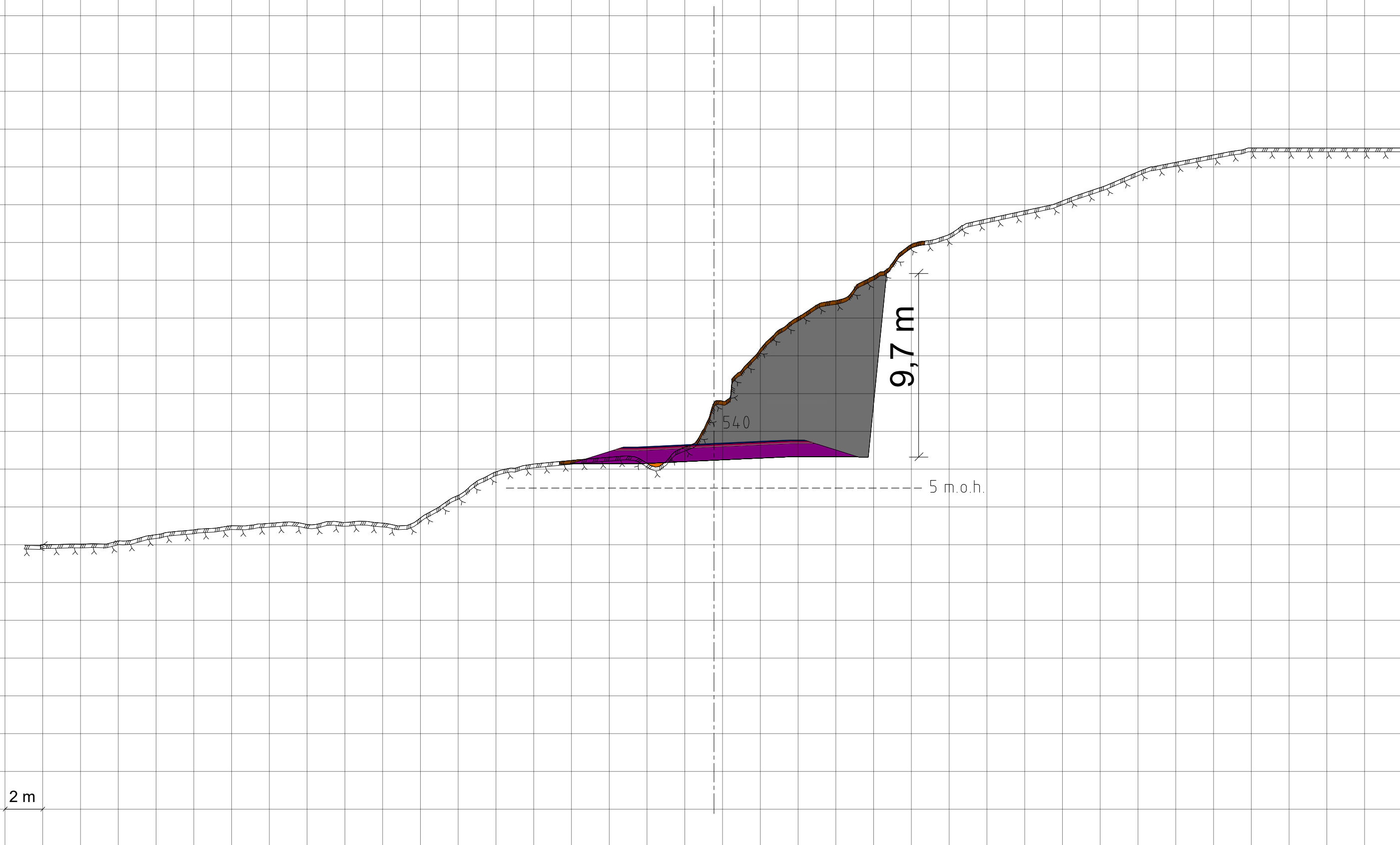
4 m.o.h.

534

Jord 1	3,39 m <sup>2</sup>
Fjell 6	112,52 m <sup>2</sup>
Fyllingslag	0,28 m <sup>2</sup>
Bærelag 1	0,61 m <sup>2</sup>
Bærelag 2	0,63 m <sup>2</sup>
Forsterkningstag 1	9,09 m <sup>2</sup>
Bindlag 1	0,30 m <sup>2</sup>
Filterlag	0,02 m <sup>2</sup>
Slitelag	0,39 m <sup>2</sup>

E02	For godkjenning hos myndigheter	KriDol	RagHal	SteRoe	2023-05-31
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
		Saknr.:	2023-05-31		
		Tegningsdato	2023-05-31		
		Bestiller	Sigrid Helene Harissen		
		Produsert for	Trøndelag fylkeskommune		
		Prosjektnummer	409080		
		Kontraksnummer			
		Byggeværksnummer			
		Koordinatsystem	EUREF89 NTM8		
		Høydesystem	NN2000		
		Målestokk A1	1:100		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/ revisjon	
KriDol	RagHal	SteRoe	52202597	V106	E02

X:\nonoppdrag\Trondheim\2204\52204920\BIM\ingeniørgeologi\Arkiv\Tverrsnitt bergskjæringer.dwg - Raghil - Plottet: 2023-05-31, 10:23:36 - LAYOUT = V107 - XREF = 2023-04-21 Tverrsnitt bergskjæringer - T\_kart\_sjv - GRU\_ingenio - Ingeniørgeologi - modell - T\_geom - fv6466 - L\_kart - Traastrømmen - 2D'



Jord 1	3,60 m2
Fjell 6	60,45 m2
Fyllingslag	0,12 m2
Bærelag 1	0,61 m2
Bærelag 2	0,63 m2
Forsterkningslag 1	9,09 m2
Bindlag 1	0,30 m2
Filterlag	0,02 m2
Slitelag	0,39 m2

E02	For godkjenning hos myndigheter	KriDol	RagHal	SteRoe	2023-05-31
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
		Saknr.:	2023-05-31		
		Tegningsdato	2023-05-31		
		Bestiller	Sigrid Helene Harissen		
		Produsert for	Trøndelag fylkeskommune		
		Prosjektnummer	409080		
		Kontraktnummer			
		Byggeværksnummer			
		Koordinatsystem	EUREF89 NTM8		
		Høydesystem	NN2000		
		Målestokk A1	1:100		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/ revisjon	
KriDol	RagHal	SteRoe	52202597	V107	E02