

Til

**Trondheim kommune Mobilitet og samferdselsenheten**

Dokument type

**Rapport**

Dato

**31. oktober, 2023**

# Ingeniørgeologisk rapport for reguleringsplan

## Sverresborgruta, del 1

# Ingeniørgeologisk rapport for reguleringsplan

## Sverresborgruta, del 1

Oppdragsnavn **Sverresborgruta reguleringsplan Ingeniørgeologi**  
Prosjekt nr. **1350053143-005**  
Mottaker **Trondheim kommune Mobilitets og samferdselsenheten**  
Dokument type **Rapport**  
Versjon **Rev 001**  
Dato **31.10.2023**  
Utført av **Brage Angell**  
Kontrollert av **Endre Kjærnes Øen**  
Godkjent av **Randi Trøan**  
Beskrivelse **Ingeniørgeologisk rapport del 1, rev 1**

Rambøll  
Kobbegate 2  
PB 9420 Torgarden  
N-7493 Trondheim

T +47 73 84 10 00  
<https://no.ramboll.com>

## Sammendrag

Rambøll Norge AS er engasjert av Trondheim kommune Mobilitets og samferdselsenheten for å komme opp med et sammenhengende hovednett for sykkel som gir god framkommelighet for syklister og gående ved Sverresborgruta. Målet for sluttresultatet er at ny trase for sykkelvei med fortau skal oppleves som trygt og trafiksikkert for alle.

Del 1 av Sverresborgruta strekker seg fra overgangen til Roald Amundsens veg til skibruen ved Kyvannet. Langs strekningen skal en eksisterende bergskjæring like ved krysset Gamle Oslovei-Breidablikkveien/Fjellseterveien utvides. Skjæringen er satt under geoteknisk kategori 2, grunnet bygninger i umiddelbar nærhet. Den skal utvides inntil 7 m på det meste med en maks høyde på 3,5 m. En ingeniørgeologisk befaring ble utført 06.09.2023 av to ingeniørgeologer. Det er ikke avdekket tegn til stabilitetsproblemer iht. bergmassekvalitet eller sprekkegeometri. Likevel anbefales det sikring av bergskjæringen i form av forbolter, bolter og eventuelt steinsprangnett på grunn av at det er planlagt mindre fanggrøft (1 m) enn anbefalt i N200 (3,2 m). Endelig omfang bestemmes i anleggsperioden. Anbefalt uttaksmetode er generelt forsiktig sprengning og sømboring i områder som ligger nærmere enn 5 m til bygninger.

## Innholdsfortegnelse

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Sammendrag                                                       | I  |
| Del 1 FAKTADEL                                                   | 1  |
| 1. Innledning                                                    | 1  |
| 1.1 Bakgrunn                                                     | 1  |
| 1.2 Rapportens innhold                                           | 2  |
| 1.3 Sverresborgruta, del 1                                       | 2  |
| 1.3.1 Bergskjæringen fra profilnr. 0 til 110                     | 3  |
| 1.4 Ingeniørgeologiske forutsetninger                            | 4  |
| 1.4.1 Styrende dokumenter                                        | 4  |
| 1.4.2 Myndighetskrav                                             | 4  |
| 1.4.3 Konsekvensklasse                                           | 5  |
| 1.4.4 Pålitelighetsklasse                                        | 5  |
| 1.4.5 Prosjekteringskontrollklasse                               | 5  |
| 1.4.6 Utførelseskontrollklasse                                   | 6  |
| 1.4.7 Krav til kontrollform                                      | 6  |
| 1.4.8 Sikkerhet mot skred                                        | 6  |
| 1.5 Geologiske rapporter/grunnlagsmateriale                      | 7  |
| 2. Utførte undersøkelser                                         | 1  |
| 2.1 Tidligere utførte felt- og grunnundersøkelser                | 1  |
| 2.2 Undersøkelser i denne planfasen                              | 1  |
| 3. Grunnforhold og observasjoner                                 | 2  |
| 3.1 Berggrunnsgeologi                                            | 2  |
| 3.2 Løsmasser                                                    | 3  |
| 3.2.1 Hav- og fjordavsetning                                     | 3  |
| 3.2.2 Forvittringsmateriale                                      | 4  |
| 3.3 Bergmassebeskrivelse                                         | 4  |
| 3.4 Strukturgeologi                                              | 5  |
| 3.4.1 Sprekkekartlegging                                         | 5  |
| 3.4.2 Svakhetssoner i berggrunnen                                | 9  |
| 3.5 Radon                                                        | 9  |
| 3.6 Hydrologi og hydrogeologi                                    | 10 |
| 3.6.1 Generelt                                                   | 10 |
| 3.6.2 Grunnvannsbrønner                                          | 10 |
| 3.7 Naturfare                                                    | 10 |
| Del 2 Tolkingsdel                                                | 13 |
| 4. Ingeniørgeologiske vurderinger                                | 13 |
| 4.1 Generelt                                                     | 13 |
| 4.2 Stabilitet bergskjæring - kinematisk analyse                 | 13 |
| 4.3 Mengdeestimat                                                | 16 |
| 4.4 Løsmasser på topp av bergskjæring                            | 17 |
| 4.5 Naturfare                                                    | 17 |
| 4.6 Usikkerheter og spesielle risikoer – spesielle lokale hensyn | 17 |
| 4.6.1 Bygninger                                                  | 17 |

|       |                                                         |    |
|-------|---------------------------------------------------------|----|
| 5.    | Krav og anbefalinger                                    | 18 |
| 5.1   | Bergsikringsmetode                                      | 18 |
| 5.1.1 | Rensk                                                   | 18 |
| 5.1.2 | Bolting                                                 | 18 |
| 5.1.3 | Steinprangnett/ Isnett                                  | 18 |
| 5.1.4 | Vann                                                    | 18 |
| 5.1.5 | Sikring av skråning over skjæringstopp                  | 18 |
| 5.2   | Fanggrøft i henhold til skjæring                        | 19 |
| 5.3   | Bergmekaniske egenskaper                                | 19 |
| 5.3.1 | Borbarhet og sprengbarhet                               | 19 |
| 5.3.2 | Bergmassens egenhet til veiformål                       | 19 |
| 5.3.3 | Syredannede bergarter                                   | 20 |
| 5.3.4 | Radon                                                   | 20 |
| 5.4   | Vannømfintlighet (dyp- og grunnsprengning)              | 20 |
| 5.5   | Anbefalt uttaksmetode                                   | 20 |
| 5.5.1 | Boring                                                  | 20 |
| 5.5.2 | Boravvik                                                | 20 |
| 5.5.3 | Krav til begrensning av vibrasjoner og støt iht. NS8141 | 21 |
| 5.6   | Ingeniørgeologisk kompetanse under byggefasen           | 25 |
| 5.7   | Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø – spesielle forhold    | 25 |
| 5.8   | Anbefalte supplerende undersøkelser                     | 26 |
| 6.    | Vedlegg                                                 | 28 |

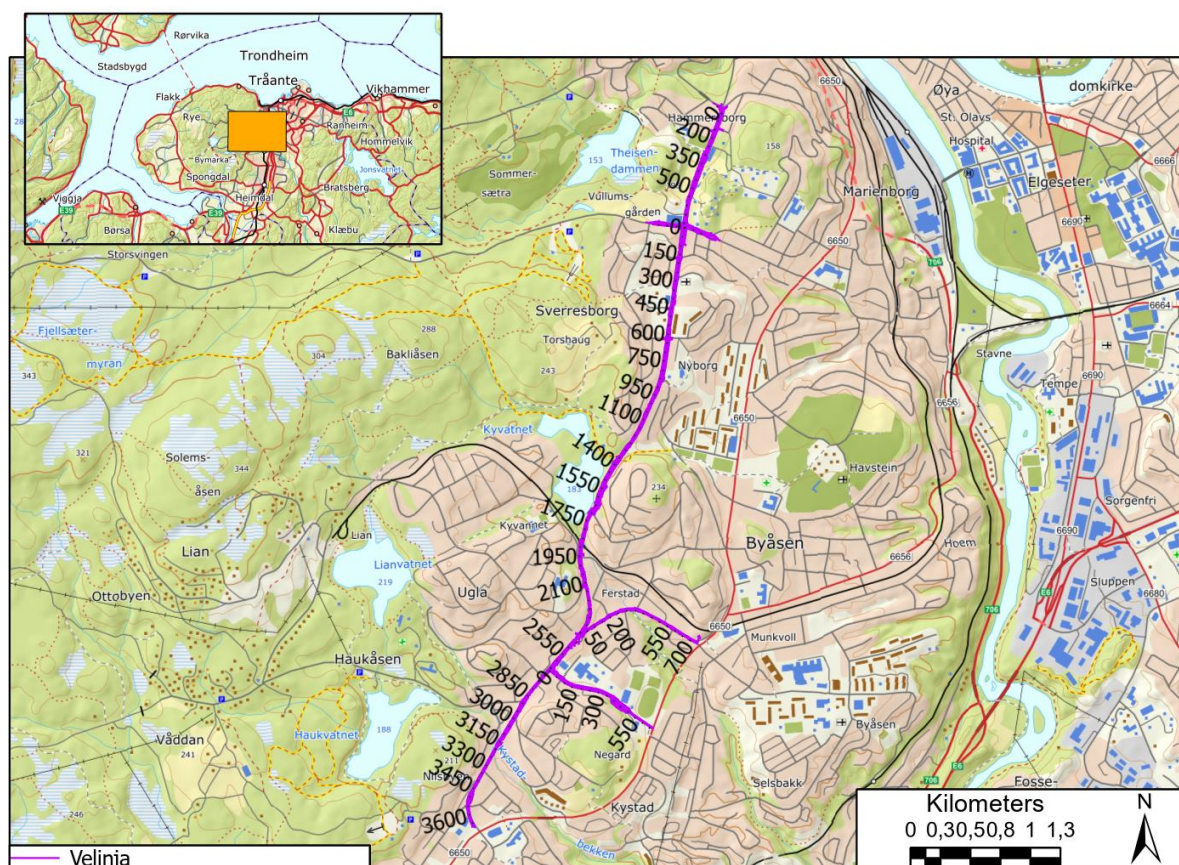
## DEL 1 FAKTADEL

### 1. Innledning

#### 1.1 Bakgrunn

Rambøll Norge AS er engasjert av Trondheim kommune Mobilitets og samferdselsenheten for å komme opp med et sammenhengende hovednett for sykkel som gir god framkommelighet for syklist og gående ved Sverresborgruta. Målet for sluttresultatet er at ny trase for sykkelvei med fortau skal oppleves som trygt og trafiksikkert for alle.

Sverresborgruta går fra overgangen Roald Amundsens vei – Sverresborg Alle til rundkjøringen ved Byåsveien på Stavset og det planlegges sykkelvei med fortau langs strekningens vestside. Strekingen starter i krysset og overgangen fra Roald Amundsens veg, går langs Sverresborg alle, videre langs Gamle Oslovei og langs Odd Husbys veg før den avsluttes ved rundkjøringen med Byåsveien på Stavset. I tillegg ses det i dette prosjektet på sykkelvei med fortau langs General Bangs veg og Dalgårdvegen, samt en liten strekning i Fjellseterveien og Breidablikkveien, i tilknytning til krysset ved Byåsen butikkssenter. Strekingen er totalt 6,4 km lang, vist i Figur 1.



Figur 1: Oversiktsbilde av planlagt veilinje.

Strekningen på 6,4 km er delt opp i tre for å gjøre det enklere å forholde seg til. De følgende tre delstrekninger med hver sin reguleringsplan:

- **Del 1:** r20220041: Reguleringsplan for Sverresborg allé og deler av Gamle Oslovei, Fjellseterveien og Breidablikveien.
- **Del 2:** r20220042: Reguleringsplan for del av Gamle Oslovei og Kyvatnet.
- **Del 3:** r20220043: Reguleringsplan for Odd Husbys veg, Dalgårdvegen og General Bangs veg.

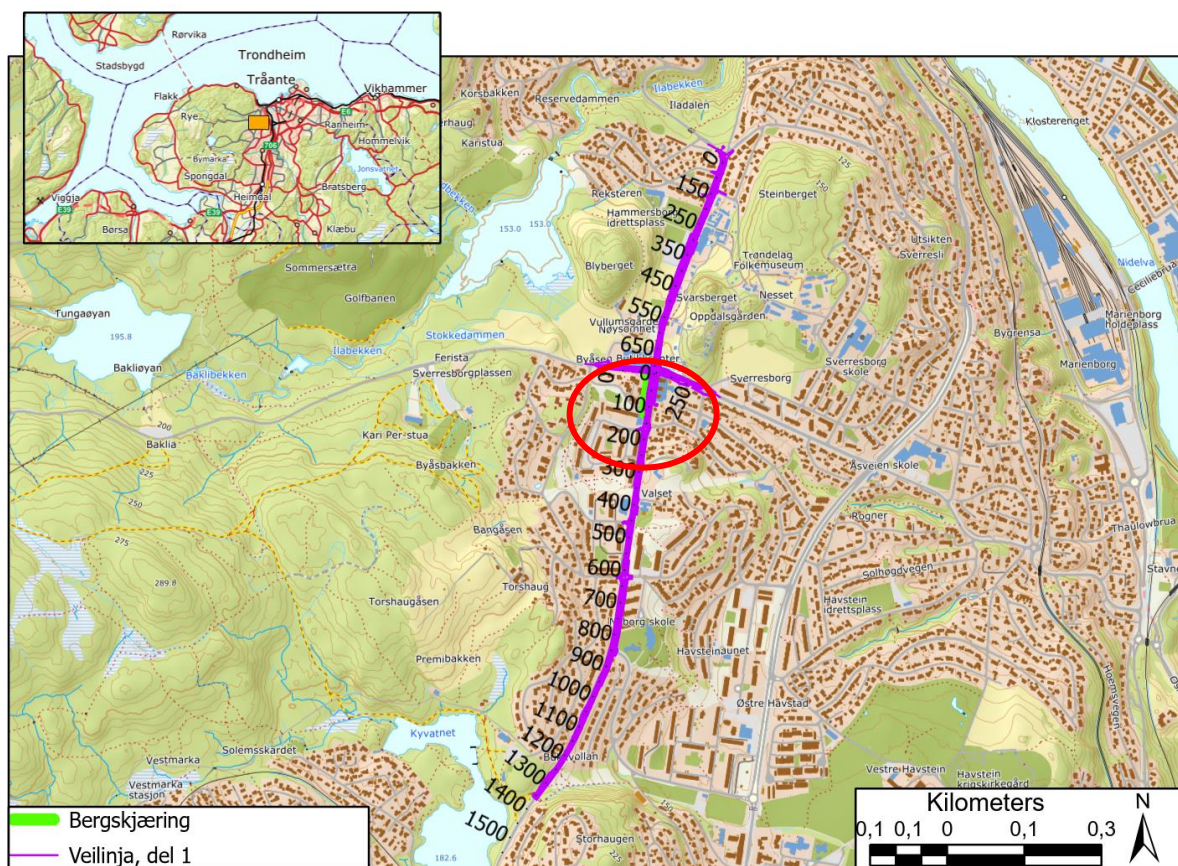
Det ingeniørgeologiske arbeidsomfanget for Sverresborgruta reguleringsplan innebærer vurderinger av områder fra angivelse hvor det muligens er behov for ingeniørgeologiske tiltak. Det er sett ut tre områder som er aktuelle ut fra dagens kunnskap: bergskjæring sør for lyskryss med Breidablikkvegen, hele strekningen langs Kyvannet og bergskjæringen nord for krysset med General Bangs veg. Lokasjonene er kun lokalisert i del 1 og del 2 av strekningen. Det blir derfor levert to ingeniørgeologiske rapporter.

## **1.2 Rapportens innhold**

En generell beskrivelse av ny planlagt trase for sykkelvei med fortau i del 1 og utførte undersøkelser gis i kapittel 1 og kapittel 2. En beskrivelse av grunnforholdene gis i en faktadel i kapittel 3, hvor relevante topografiske og geologiske forhold fra tilgjengelig bakgrunnsmateriale, observasjoner i felt og gjennomførte grunnundersøkelser presenteres. Kapittel 4 presenterer tolkninger av faktadelen og ingeniørgeologiske vurderinger av grunnforholdene og mulige konsekvenser for etablering av bergskjæringene. Til slutt i rapporten er en rådgivende del som tar for seg anbefalinger og forslag til oppfølging, sikkerhet-, helse- og arbeidsmiljøforhold som må tas hensyn til, samt anbefalinger til supplerende undersøkelser i kapittel 7.

## **1.3 Sverresborgruta, del 1**

Del 1 av Sverresborgruta gjelder, som tidligere nevnt, fra overgangen Roald Amundsens vei – Sverresborg Alle til Kyvannet skibru. På del 1 av strekningen omhandler det ingeniørgeologiske omfanget utvidelse av en eksisterende bergskjæring fra profilnr. 0 til 110. Informasjon og lokasjon til bergskjæringen er gitt i Tabell 1 og vist i Figur 2.



Figur 2: Del 1 av Sverresborgruta med eksisterende bergskjæring som skal utvides på vestlig side av veien.

Tabell 1: Karakteristika av bergskjæringen.

| Type         | Side av trase | Profil start | Profil slutt | Lengde | Maks høyde | Lokasjon                    | Kommentar                   |
|--------------|---------------|--------------|--------------|--------|------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Bergskjæring | Vest          | 0            | 110          | 110 m  | 3,5 m      | Sør for Breidablikk krysset | Skal utvides inntil 7 meter |

### 1.3.1 Bergskjæringen fra profilnr. 0 til 110

Det er planlagt å utvide bergskjæringen sør for lyskrysset med Breidablikkvegen ved profilnr. 0 til 110, lokalisert på vestlig side av veien. Skjæringen er planlagt å bli opptil 3,5 m høy på det høyeste og skal utvides inntil 7 m. Skjæringen er i et tettbebygd område med flere bygninger i umiddelbar nærhet, hvor nærmeste boligblokk er ca. 3,5 meter fra ny topp bergskjæring.

## 1.4 Ingeniørgeologiske forutsetninger

### 1.4.1 Styrende dokumenter

En oversikt over standarder, håndbøker og veiledere brukt i de i ingeniørgeologiske vurderingene er vist i Tabell 2.

**Tabell 2: Oversikt over standarder, håndbøker og veiledere brukt i de ingeniørgeologiske vurderingene.**

| Tittel                                                                                                            | Utgiver/eier             | Referanse |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------|
| Vegnormal N200 – Vegbygging                                                                                       | Statens vegvesen         | [1]       |
| Eurokode 7 – Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler                                                     | Standard Norge           | [2]       |
| Veileder for bruk av Eurokode 7                                                                                   | Norsk bergmekanikkgruppe | [3]       |
| NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016. Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner                         | Standard Norge           | [4]       |
| NS 8141:2022. Vibrasjoner og støt – Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk | Standard Norge           | [5]       |

### 1.4.2 Myndighetskrav

I henhold til Eurokode 7 [2] og Vegnormal N200 [1] skal alle prosjekter som innebærer geoteknisk og ingeniørgeologisk prosjektering settes i en geoteknisk kategori. Geoteknisk kategori bestemmer blant annet omfang av geotekniske undersøkelser og kontroll av prosjektering og utførelse. Hele prosjektet trenger ikke ligge i samme kategori.

**Tabell 3: Geoteknisk kategori for bergskjæringer [1].**

| Geoteknisk kategori | Beskrivelse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3                   | Følgende bergskjæringer skal plasseres i geoteknisk kategori 3: <ul style="list-style-type: none"> <li>• bergskjæringer høyere enn 10 m (målt fra ferdig veg)</li> <li>• bergskjæringer der svakhetssoner/slepper vil kunne føre til større utglidninger</li> <li>• bergskjæringer i foten av høye skråninger/fjellsider der inngrep vil kunne føre til stabilitetsproblemer</li> <li>• bergskjæringer med skrånende terreng over skjæring, hvor skredfare og stabilitet må håndteres</li> <li>• bergskjæringer der hensynet til bygninger, konstruksjoner, infrastruktur o.l. i umiddelbar nærhet må ivaretas</li> <li>• bergskjæringer i bergarter som vil kunne gi forurensende avrenning</li> </ul> |
| 2                   | Følgende bergskjæringer kan plasseres i geoteknisk kategori 2: <ul style="list-style-type: none"> <li>• middels høye (inntil 10 m) bergskjæringer uten spesiell risiko eller vanskelige/uvanlige grunnforhold mht. sprengning og stabilitet</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1                   | Følgende bergskjæringer kan plasseres i geoteknisk kategori 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>• lave skjæringer &lt; 5m</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

Geoteknisk kategori 2 for bergskjæringen ved profil 0-110 er valgt. Dette på grunnlag av at bergskjæringen er lav (3,5 meter), Som ville gitt geoteknisk kategori 1, men er løftet opp en klasse på grunn av nærhet til bygninger på oversiden som må ivaretas.

#### 1.4.3 Konsekvensklasse

For bergskjæringar skal konsekvensklasse (CC) velges i henhold til Tabell 4 [1]:

**Tabell 4: Konsekvensklasse for vegprosjekter – bergskjæringar [1].**

| Konsekvensklasse | Geoteknisk kategori |
|------------------|---------------------|
| CC1              | 1                   |
| CC2              | 2                   |
| CC3              | 3                   |

Som følge av geoteknisk kategori 2, blir det konsekvensklasse CC2.

#### 1.4.4 Pålitelighetsklasse

Pålitelighetsklassene (RC) er i Eurokode 0 direkte knyttet til konsekvensklassene (CC), pålitelighetsklasse skal velges fra Tabell 5 [1]:

**Tabell 5: Valg av pålitelighetsklasse [1].**

| Konsekvensklasse | Pålitelighetsklasse  |
|------------------|----------------------|
| CC1              | RC1                  |
| CC2              | RC2                  |
| CC3              | RC3/RC4 <sup>a</sup> |

<sup>a</sup> Vanligvis vil CC3 gi RC3. Spesielle vegprosjekter med ekstremt store konsekvenser, kan vurderes plassert i pålitelighetsklasse RC4.

Som følge av konsekvensklasse CC2, blir det pålitelighetsklasse RC2.

#### 1.4.5 Prosjekteringskontrollklasse

For vegprosjekter skal prosjekteringskontrollklassen (PKK) velges på bakgrunn av både pålitelighetsklassen (RC) og geoteknisk kategori i henhold til Tabell 6 [1].

**Tabell 6: Valg av prosjekteringskontroll – bergskjæringar [1].**

|                       | Pålitelighetsklasse | Prosjekteringskontrollklasse |
|-----------------------|---------------------|------------------------------|
| Geoteknisk kategori 1 | RC1                 | PKK1                         |
| Geoteknisk kategori 2 | RC2                 | PKK2                         |
| Geoteknisk kategori 3 | RC3                 | PKK3                         |

Som følge av geoteknisk kategori 2 blir det prosjekteringskontrollklasse PKK2.

#### 1.4.6 Utførelseskontrollklasse

Eurokode 0 angir krav til utførelseskontrollen basert på valgt utførelseskontrollklasse (UKK). For vegprosjekter skal utførelseskontrollklassen velges fra Tabell 7 [1].

**Tabell 7: Valg av utførelseskontrollklasse – bergskjæringer [1].**

|                       | Pålitelighetsklasse | Utførelseskontrollklasse |
|-----------------------|---------------------|--------------------------|
| Geoteknisk kategori 1 | RC1                 | UKK1                     |
| Geoteknisk kategori 2 | RC2                 | UKK2                     |
| Geoteknisk kategori 3 | RC3                 | UKK3                     |

Som følge av geoteknisk kategori 2 blir det utførelseskontrollklasse UKK2.

#### 1.4.7 Krav til kontrollform

Kontrollform velges basert på kontrollklasse, se Tabell 8 [1].

**Tabell 8: Krav til kontrollform [1].**

| Kontroll-klasse | Kontrollform      |                                                 |                  |               |                                                 |                  |
|-----------------|-------------------|-------------------------------------------------|------------------|---------------|-------------------------------------------------|------------------|
|                 | Ved prosjektering |                                                 |                  | Ved utførelse |                                                 |                  |
|                 | Egen-kontroll     | Intern, systematisk kontroll (kollega-kontroll) | Utvidet kontroll | Egen-kontroll | Intern, systematisk kontroll (kollega-kontroll) | Utvidet kontroll |
| PKK1/UKK1       | Kreves            | Kreves ikke                                     | Kreves ikke      | Kreves        | Kreves ikke                                     | Kreves ikke      |
| PKK2/UKK2       | Kreves            | Kreves                                          | Kreves <u>a</u>  | Kreves        | Kreves                                          | Kreves <u>a</u>  |
| PKK3/UKK3       | Kreves            | Kreves                                          | Kreves           | Kreves        | Kreves                                          | Kreves           |

a Utvidet kontroll i prosjekterings- og utførelseskontrollklasse PKK2/UKK2 kan begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll (kollegakontroll) er gjennomført og dokumentert.

#### 1.4.8 Sikkerhet mot skred

Vegnormal N200 [1] angir hvilket sikkerhetsnivå for skred fra naturlig sideterreng ned på veg som aksepteres basert på vegens ÅDT. ÅDT for strekningen er estimert til å være ca. 3700 [6]. Skredsannsynligheten per km veg per år bør ikke overstige 1/50.

**Tabell 9: Sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg [1].**

| Dimensjonerende trafikkmengde | Samlet skredsannsynlighet per km og år |
|-------------------------------|----------------------------------------|
| < 500                         | 1/20                                   |
| 500 – 3999                    | 1/50                                   |
| 4000 – 5999                   | 1/100                                  |
| 6000-11 999                   | 1/300                                  |
| ≥ 12 000                      | 1/1000                                 |

### 1.5 Geologiske rapporter/grunnlagsmateriale

Rapporter og notat benyttet som grunnlag i denne rapporten er gitt i Tabell 10.

**Tabell 10: Geologisk grunnlagsmateriale.**

| Rapportnavn                           | Firma/eier | Referanse |
|---------------------------------------|------------|-----------|
| G-rap-001_Sverresborgruta Datarapport | Rambøll    | [7]       |

## 2. Utførte undersøkelser

### 2.1 Tidligere utførte felt- og grunnundersøkelser

Det er utført spredte grunnundersøkelser langs planlagt trasé som grunnlag for reguleringsplanen for sykkelvei med fortau. Grunnundersøkelsene viser at løsmassene i prøveområdene består av friksjonsmasser med varierende sammensetning av silt, sand og grus. Massene er stedvis meget faste og kan inneholde humus, tre- og planterester i de øverste lagene [7]. Feltundersøkelsene ble utført i uke 31 – 2023 og har bestått av følgende omfang:

- 11 totalsonderinger
- 6 prøveserier med totalt 10 representative prøver.

Ingen av disse grunnundersøkelsene ble utført i området til del 1 av strekningen til Sverresborgruta.

Det er ikke utført tidligere ingeniørgeologiske undersøkelser for strekningen i sammenheng med dette prosjektet.

### 2.2 Undersøkelser i denne planfasen

Endre Kjærnes Øen og Brage Angell, ingeniørgeologer fra Rambøll, var på befaring i området 06.09.2023. Under befaringen ble det utført en ingeniørgeologisk kartlegging av bergskjæringen som skal utvides og nærliggende områder som kan bli påvirket av tiltaket.

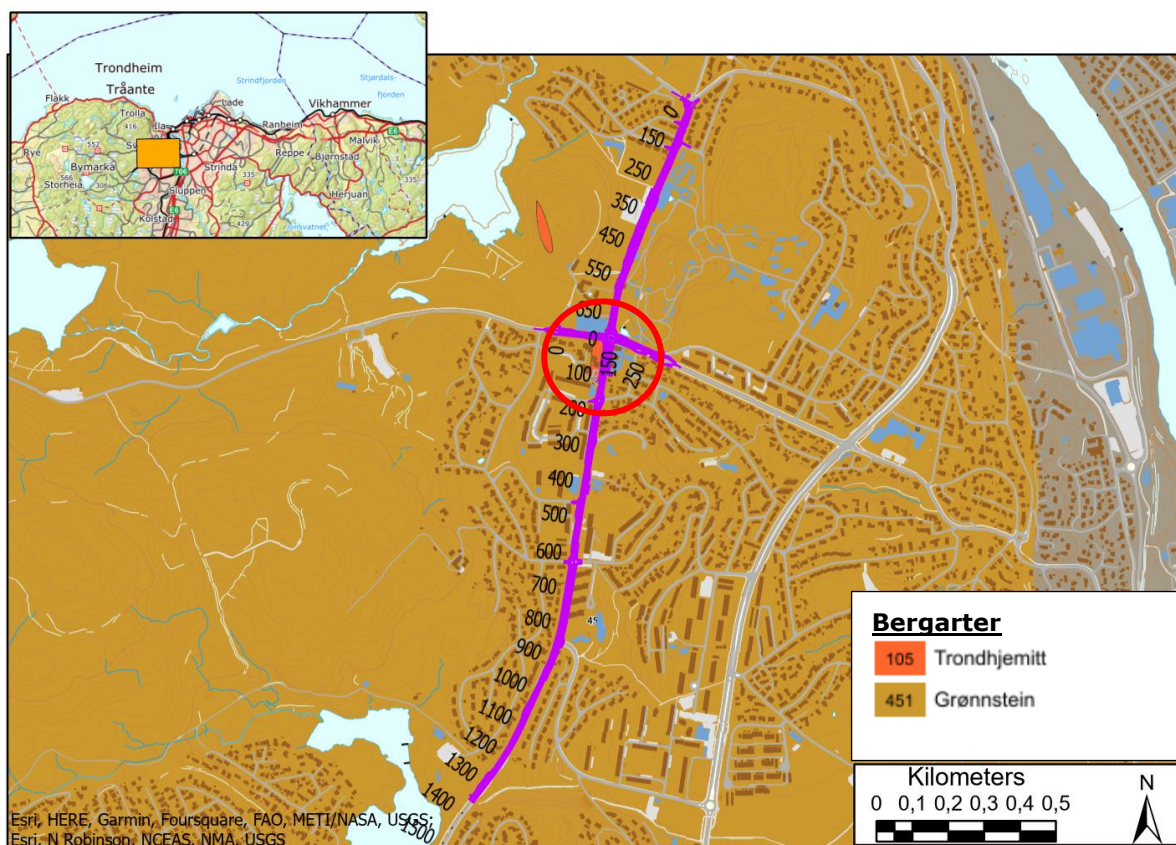
### 3. Grunnforhold og observasjoner

#### 3.1 Berggrunnsgeologi

I henhold til berggrunnskart fra NGU [8] tilhører bergartene i del 1 av Sverresborgruta, Størendekket som er en del av den øvre kaledonske dekkserien tilhørende Trondheimsdekketkomplekset, vist i Figur 3. Bergartene i området er antatt innskjøvet i perioden Ordovicium til Kambrium. Størendekket tilhører den vestre lavmetamorfe delen av Trondheimsdekketkomplekset. Bergartene her kjennetegnes som metavulkanitter med overliggende metasedimenter. På grunn av den metamorfe karakteren av bergartene i området forventes det variasjoner i bergartenes sammensetning og grad av omdanning.

Bergartene langs traseen er hovedsakelig grønnstein og/eller grønnskifer med lag av kvartskeratofyr, foruten om et lite område hvor veilinja grenser til en delvis forgneiset Trondhemitt med overgang til granodioritt. Grønnstein/ grønnskifer er middelskornet, grønnlig og metamorf bergart hovedsakelig bestående av feltspat og amfibol. Trondhemitt er en tonalitt som skiller seg fra granitt ved kun å inneholde en feltspattype, plagioklas.

Selv om hele området er dekket av 1:50 000 kartet er det naturlig å anta at slike bergartsgrenser varierer noe fra det som er gitt i berggrunnskartet. Dette gjelder for området ved bergskjæringen ved profilnr. 0 – 110 som grenser til trondhemitt. I bergskjæringen ved profil 0-110 viser NGUs berggrunnskart at den delvis består av trondhemitt. Observasjoner fra befaring viser at den består av grønnstein/grønnskifer.



**Figur 3: Berggrunnskart fra NGU [7] i målestokk 1:50 000. Traseen går gjennom grønnstein og grenser til Trondhjemitt sør for Breidablikk krysset.**

### 3.2 Løsmasser

I henhold til kvartærgeologisk kart fra NGU 1:50 000 [9] så er løsmassene langs del 1 av Sverresborgruta bestående av et sammenhengende dekke av hav- og fjordavsetninger med stedvis stor mektighet i nord og forvittringsmateriale. I hav- og fjordavsetningene er det registrert siltig materiale. Figur 4 viser veilinjen med løsmassekart fra NGU og at bergskjæringen er hovedsakelig lokalisert i forvittringsmateriale, men grenser til hav- og fjordavsetninger nord for Breidablikkrysset.

Hele del 1 av strekningen ligger under marin grense. Det er registrert flere «mindre utglidninger», skredkanter og raviner i hav- og fjordavsetningene, øst for veilinja. En kort beskrivelse av løsmassene kan sees under slik det er beskrevet i NGUs database av de forskjellige kategoriserte løsmassetypene.

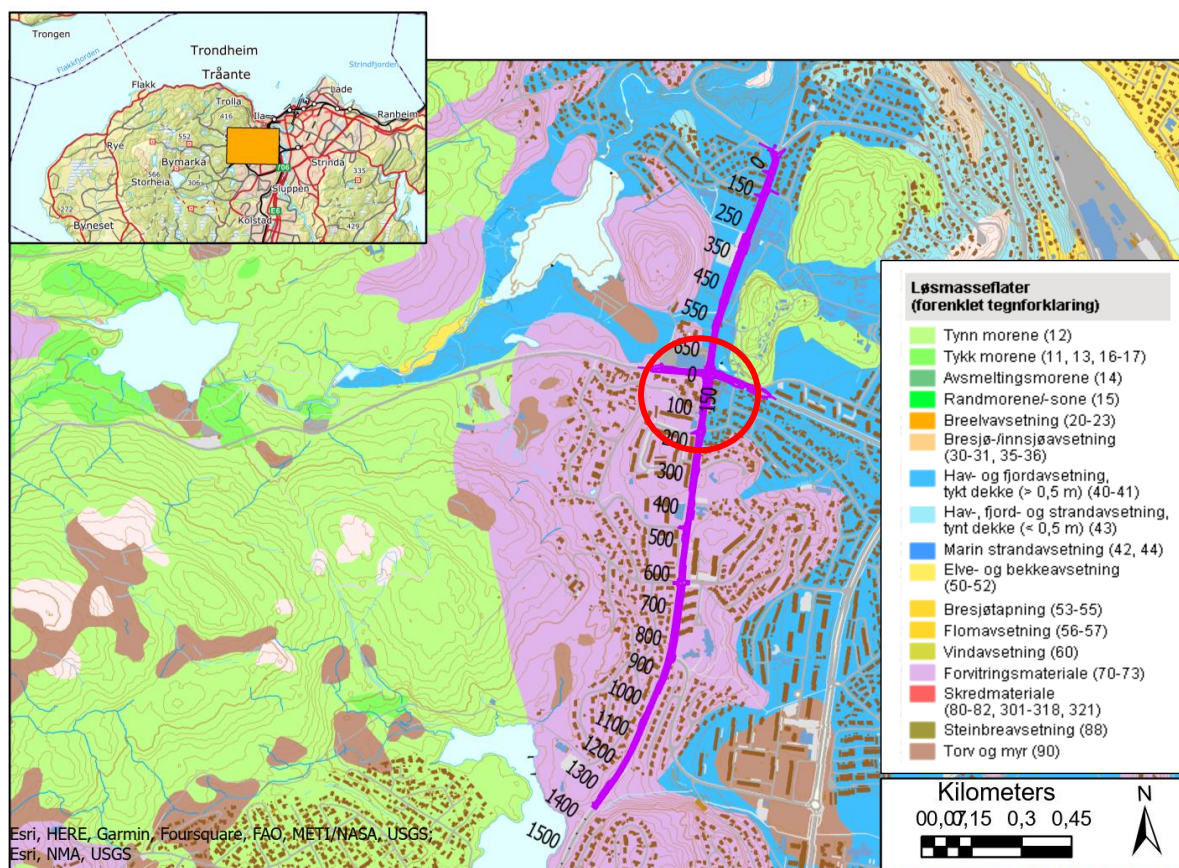
#### 3.2.1 Hav- og fjordavsetning

Finkornet marine avsetninger med mektighet opp til mange ti-talls meter. Avsetningstypen kan også omfatte skredmasser fra kvikkleireskred, ofte angitt med tilleggssymbol.

### 3.2.2 Forvittringsmateriale

Usorterte løsmasser av varierende kornstrørrelse. Materialet er dannet på stedet ved fysisk eller kjemisk nedbryting av berggrunnen. Gradvis overgang til underliggende fast fjell.

Det henvises også til geoteknisk notat for strekningen (G-not-001).



**Figur 4: Løsmassekart fra NGU [9] som viser at traseen går gjennom blant annet stedvis tykke hav- og fjordavsetninger (blå) og forvittringsmateriale (lilla).**

### 3.3 **Bergmassebeskrivelse**

Bergmassen er med første øyekast tydelig preget av foliasjonssprekker som faller i samme retning som skjæringen. Bergmassen kan betegnes som moderat oppsprukket. Bergmassen viser antydninger til små folder i noen av sprekkene se Figur 5.

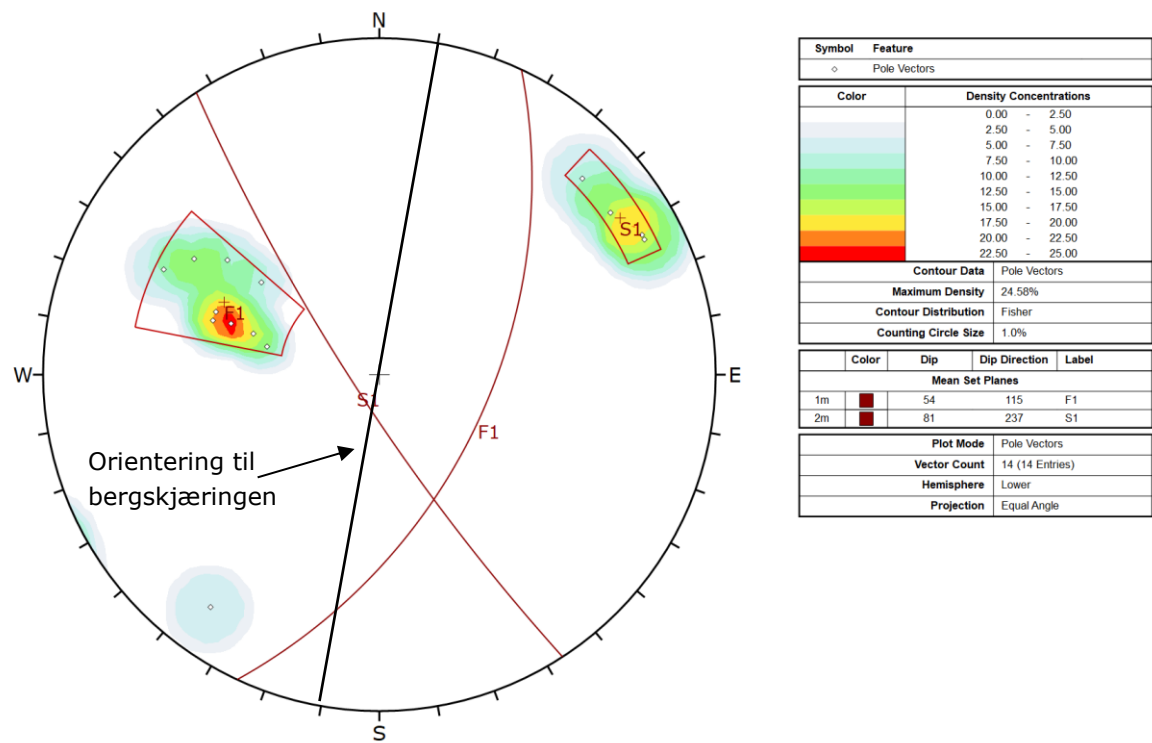


Figur 5: Bergmassen i skjæringen er tydelig preget av foliasjonsprekker som varierer lokalt i oppsprekkingsgrad.

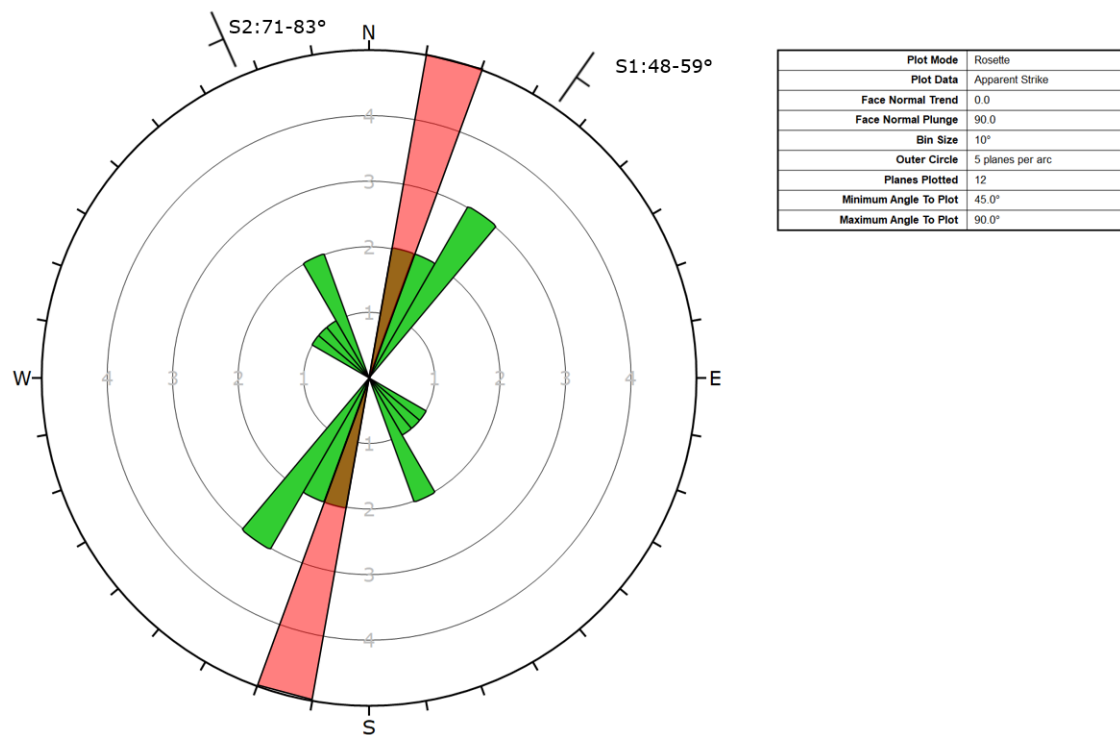
### 3.4 Strukturgeologi

#### 3.4.1 Sprekkekartlegging

Det ble utført sprekkkartlegging i eksisterende bergskjæring langs planlagt trasé ved profilnr. 0 til 110. Det er løsmasser over skjæringen, og det er derfor ikke mulig å kartlegge sprekkesett videre innover eksisterende bergskjæring. Orienteringen til bergskjæringen er omtrent N10°Ø. Polplottet og sprekkediagrammet, vist i Figur 6 og Figur 7 viser foliasjonsprekker som faller ned mot fortau og et sprekkesett som kutter omtrent normalt på foliasjonen, se Figur 8.



Figur 6: Tolkning av sprekkeseett i bergskjæringen.



Figur 7: Sprekkediagram av bergskjæringen. Orienteringen til bergskjæringen er markert i rødt.



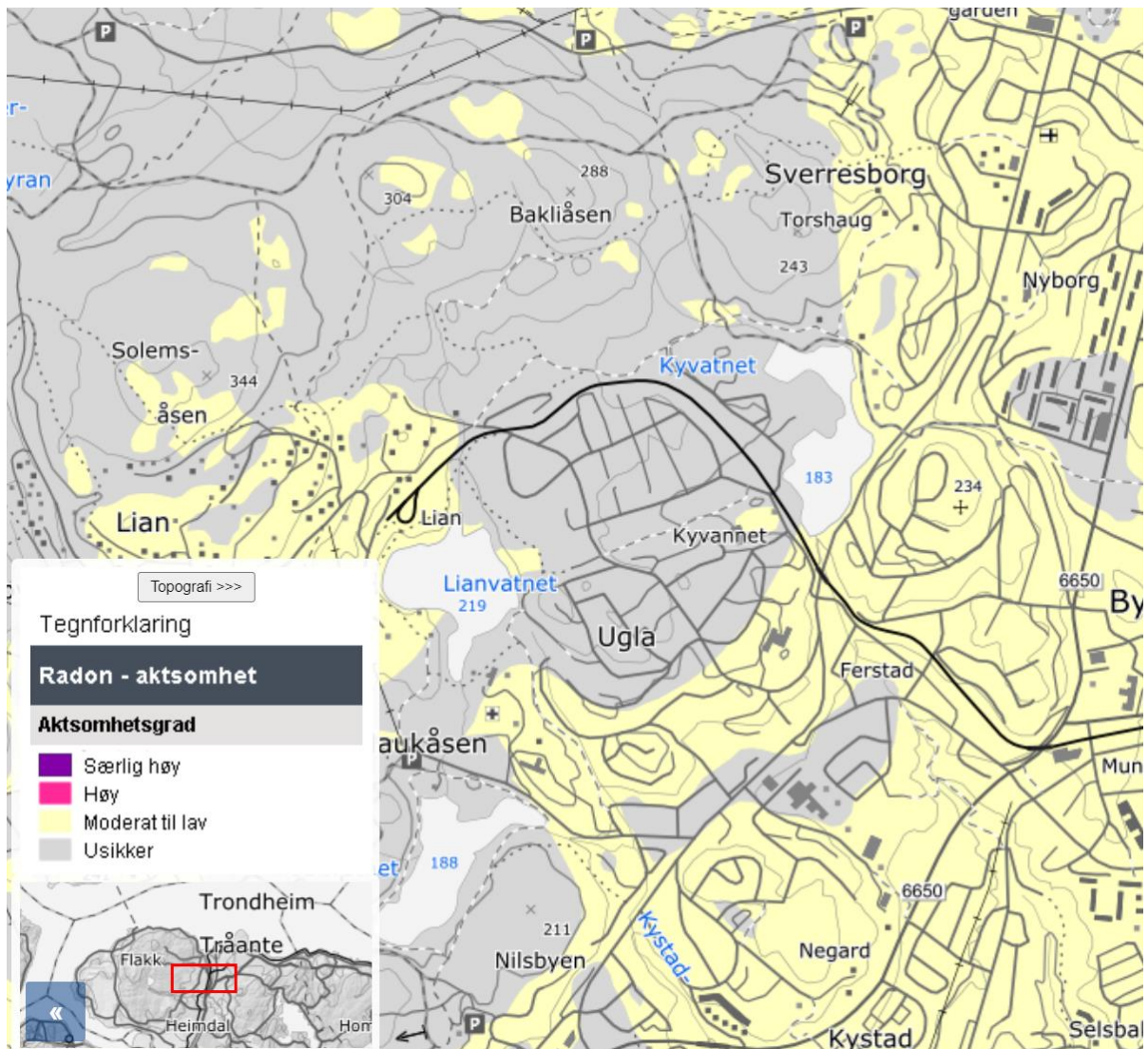
Figur 8: Tolkning av foliasjon og sprekkesett. S1 ser ut til å folde seg noe.

### 3.4.2 Svakhetssoner i berggrunnen

Det er ikke observert/kartlagt svakhetssoner i felt eller funnet indikasjoner på relieffkart at traséen vil krysse svakhetssoner.

## 3.5 Radon

Aktsomhetskartet, se Figur 9, viser moderat til lav aktsomhet for radon langs hele strekningen [10]. Det antas at moderat til lav aktsomhet gjelder for hele området, hvor det heller ikke forventes spesielle krav til håndtering.



Figur 9 NGUs aktsomhetskart for Radon.

### **3.6 Hydrologi og hydrogeologi**

#### **3.6.1 Generelt**

I området ved bergskjæringen, profil 0 – 110, er det ikke observert bekker eller ansamlinger av vann på oversiden av bergskjæring. Det antas at det vil sige noe overflatevann ned langs bergskjæringen, f.eks. ved snøsmelting og mye nedbør.

#### **3.6.2 Grunnvannsbrønner**

I NGUs database for grunnvannsbrønner (GRANADA) er det ikke registrert noen brønner i området over bergskjæringen. Nærmeste brønn ligger på andre siden av vegen ved Gamle Oslovei 11B.

### **3.7 Naturfare**

Ifølge kart fra NVE [11] ligger et lite område innenfor aktsomhet- og fareområde for snøskred. Området er med Svarsberget ved profilnr. 350 nord for Breidablikkryssset, se Figur 10. Topografien på Svarsberget er hovedsakelig en bratt skråning som er grunnen til aktsomhetsområdet. Terrenget er undulerende og dekket av torv og bakkevegetasjon. Under skråningen er det noen eldre bygninger.

Klimaanalyse for Steinberget viser at det legger seg maks rundt 50 cm snø i vinterperioden [12], se Figur 11. Det er ikke registrert tidligere skredhendelser ved eller i nærheten av Steinberget eller resten av strekningen generelt [13].



## Klimaoversikt for Steinberget (135 moh.)



Figur 11: Klimaanalyse for steinberget.

## DEL 2 TOLKNINGSDEL

### 4. Ingeniørgeologiske vurderinger

#### 4.1 Generelt

Under følger tolkninger relevant for ingeniørgeologi på strekningen.

#### 4.2 Stabilitet bergskjæring - kinematisk analyse

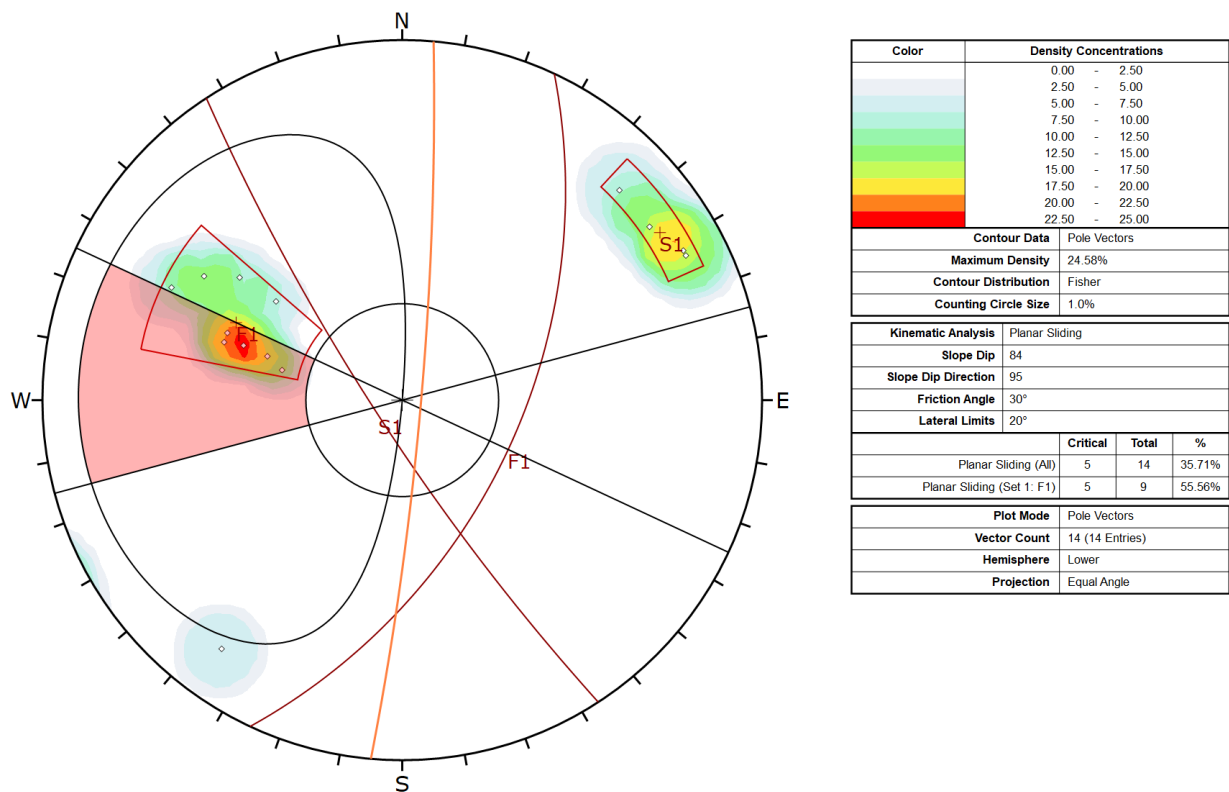
Kinematisk stabilitet analyser har blitt utført i Dips 9.0 fra Rocscience, hvor følgende utglidningsmekanismer har blitt vurdert:

- Plan utglidning
- Kileutglidning
- Toppling

Det er ikke observert/kartlagt svakhetssoner som vil ha innvirkning på utfallsmekanismer eller andre forhold. Basert på observasjoner og tolkninger i felt ble det kartlagt 2 sprekkeseett i bergskjæringen, F1 og S1. Kinematisk analyse basert på sprekkeseettene er vist i Figur 12 til Figur 14.

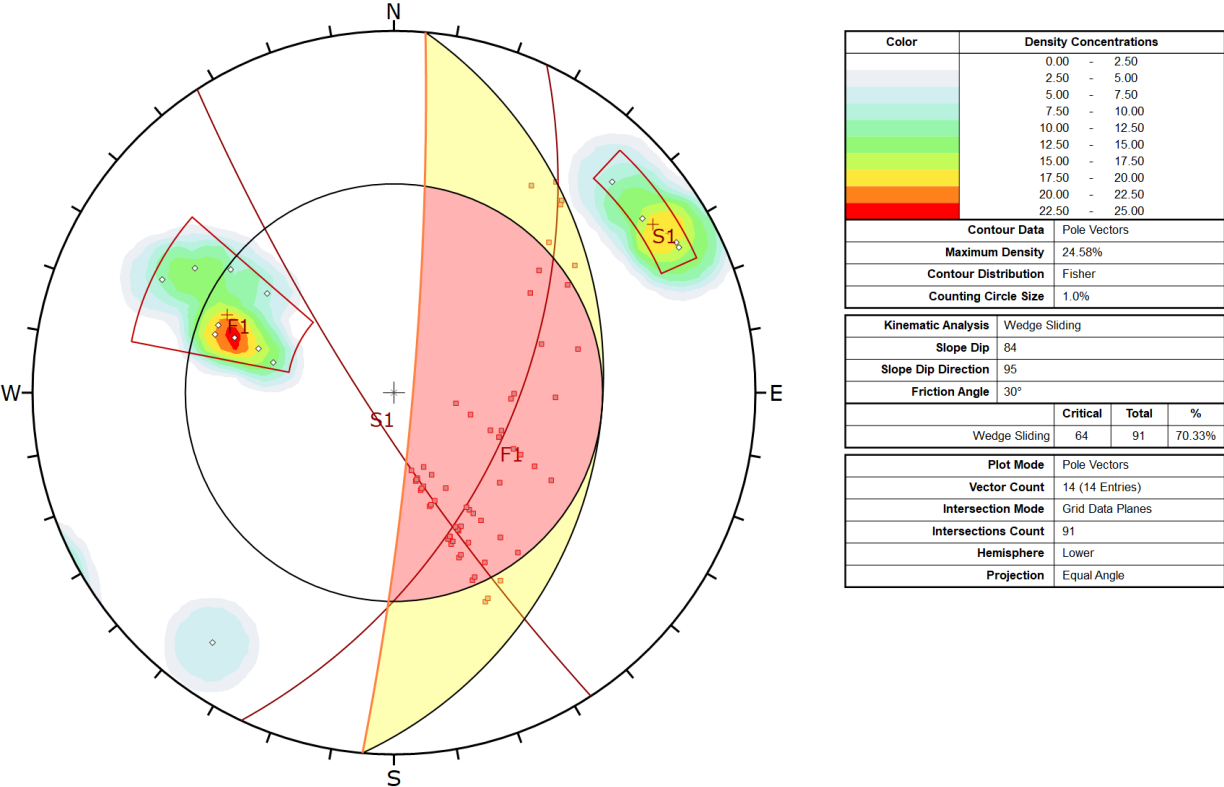
- Foliasjon F1: Fall/fallretning er  $54^{\circ}/115^{\circ}$ . Foliasjonen opptrer stedvis med veldig tett avstand i cm-skala og faller omtrent i samme retning som skjæringen. Utholdenheten går fra få cm opptil 1 m.
- Sprekkeseett S1: Fall/fallretning er  $81^{\circ}/237^{\circ}$ . Krysser omtrent normalt på foliasjonen. Sprekkeavstand er noe usikkert, men ser ut til å være relativt stor. Utholdenheten er i dm-skala.

Figur 12 viser kinematisk analyse med hensyn på plan utglidning. Med utgangspunkt i de kartlagte sprekkoplanene i området, befinner omtrent 36% av alle sprekkene, og 56% av sprekkene i sprekkeseett F1 innenfor kritisk område for plan utglidning. Dette skyldes i hovedsak at sprekkeseett F1 har omtrent samme fallretning og en slakere fallvinkel enn bergskjæringen.



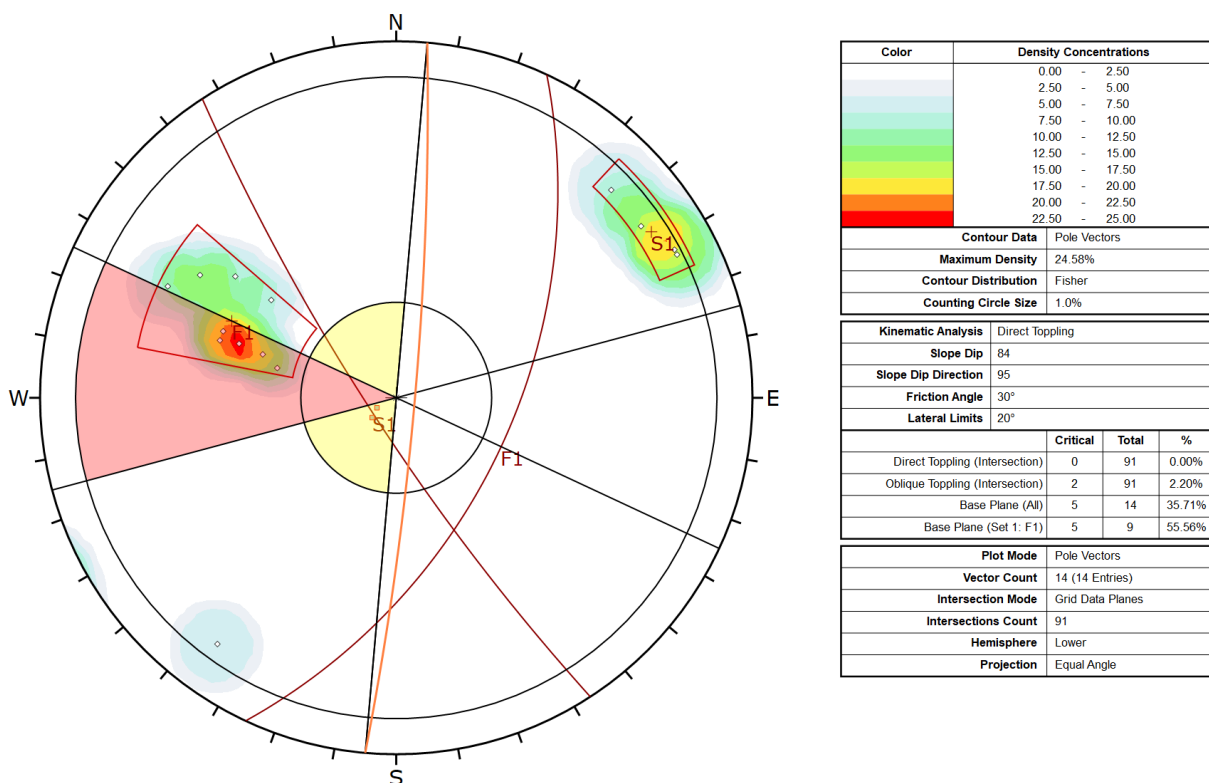
Figur 12: Kinematisk analyse med hensyn på plan utglidning. Av alle kartlagte sprekkeplan er omtrent 36% av alle sprekker innenfor kritisk område for plan utglidning. Orientering til bergskjæring er markert i oransje.

Figur 13 viser kinematisk analyse med hensyn på kileutglidning. Med utgangspunkt i de kartlagte sprekkeplanene i området, befinner omtrent 70% av alle kryssende sprekkeplan seg i kritisk område for kileutglidning.



**Figur 13: Kinematisk analyse med hensyn på kileutglidning. Av alle kartlagte sprekkeplan er omtrent 70% av alle kryssende sprekker innenfor kritisk område for kileutglidning. Orientering til bergskjæring er markert i oransje.**

Figur 14 viser kinematisk analyse med hensyn på toppling. Med utgangspunkt i de kartlagte sprekkeplanene i området, befinner omtrent 36% av alle sprekkenes og 56% av sprekkenes i sprekkesett F1 seg i kritisk område for toppling.



**Figur 14: Kinematisk analyse med hensyn på toppling. Av alle kartlagte sprekkeplan, er omtrent 36% av alle sprekker innenfor kritisk område for toppling. Orientering til bergskjæring er markert i oransje.**

Oppsummert fra analysen kan utfall fra bergskjæringen forekomme, sannsynligvis som kileutglidning, avløst av F1 og S1. Ut ifra observasjoner fra befaring derimot ble kileutglidning vurdert som lite sannsynlig. Det var ingen tegn til kiledannelse i dagen, samt at sprekkeavstand for S1 var stor og utholdenheten til F1 var lav.

### 4.3 Mengdeestimat

Basert på observasjoner i eksisterende bergskjæring er det utarbeidet et grovt mengdeestimat, dette er vist i Tabell 11. Det er vurdert foreløpig at det er nødvendig med forbolting for å hindre utfall av blokker fra skjæringstopp på grunn av nærhet til bygninger.

I tillegg til mengdeestimatet skal det iht. TEK17, også etableres et sikringsgjerde for å forhindre uønsket fall fra stor høyde når nivåforskjellen er > 3 m. Endelig sikringsomfang bestemmes i anleggsfasen.

Tabell 11 Mengdeestimat.

| Bergskjæring profil 0-100                                 | Mengde | Enhet          |
|-----------------------------------------------------------|--------|----------------|
| Lengde                                                    | 110    | Meter          |
| Gjennomsnittshøyde                                        | 2,2    | Meter          |
| Areal                                                     | 242    | m <sup>2</sup> |
| Estimat bolter (1 bolt per 5-10 m <sup>2</sup> )          | 25-50  | stk            |
| Estimat forbolter (i området nærmest boligblokk)          | 0-20   | stk            |
| Estimat steinsprangnett                                   | 0-25   | m <sup>2</sup> |
| Estimat sikkerhetsgjerde mot uønsket fall (områder > 3 m) | 5-30   | m              |

#### 4.4 Løsmasser på topp av bergskjæring

Det vil bli noe løsmasser på topp av bergskjæring ved profil 0-110. Iht. N200 skal løsmasser renskes til minimum 2 meter utenfor prosjektert skjæringstopp for bergskjæringen. Løsmasser utenfor skjæringstopp utformes med stabil skråningshelning eller sikres slik at erosjon og utglidning hindres.

#### 4.5 Naturfare

Kravet til skredsannsynlighet på vei, gitt ÅDT, er at den ikke skal være større enn 1/50. Det er aktsomhetsområder som strekker seg ut til planlagt sykkelvei med fortau, men ingen registrerte hendelser. Terrenget hvor aktsomhetsområdet ligger, er ved en klippe inne på Sverresborg museum. Klippen er vertikal i toppen, og skrående terrenget med spredt skog i nedre del, og relativt flatt terreng med noe eldre bebyggelse ut til veien. Basert på klippens topografi (bratt i toppen, og kun hellende terreng i nedre del), avstand fra fot av skråning med relativt flatt terreng ut til veien og at det ikke er registrert tidligere hendelser i området, vurderes sannsynligheten for skred på vei til å være lavere enn 1/50. Det er ingen andre aktsomhetsområder for skred langs strekningen og det er ikke identifisert andre potensielle skredområder på befaring.

#### 4.6 Usikkerheter og spesielle risikoer – spesielle lokale hensyn

Den største usikkerheten og risikoen vurderes etablering av bergskjæring i et tettbebygget området hvor topp bergskjæring blir å komme relativt tett inntil en boligblokk.

##### 4.6.1 Bygninger

Det er bygninger relativt tett inntil topp bergskjæring ved profil 0-110. Disse bygningene må hensyntas ved utvidelse av eksisterende bergskjæring. Det kan også være infrastruktur i grunnen mellom bygningene og ny bergskjæring. Nærmeste avstand vil bli omtrent ved profil 70, hvor avstanden er ca. 6 meter fra fasaden til antatt topp ny bergskjæring og 4,5 meter til antatt topp løsmasseskjæring. Se tverrprofiler vedlagt for detaljer.

## 5. Krav og anbefalinger

### 5.1 Bergsikringsmetode

Som angitt i funksjonskravene skal skjæringene sikres slik at det ikke forekommer nedfall av stein, is eller større mengder med vann på veibanen. For skjæringer i berg er normale sikringsmetoder rensk, bolting, nett og sprøytebetong. Disse er kort beskrevet i seksjonene under. Endelig omfang av bergsikring bestemmes etter at bergskjæringen er ferdig utsprengt.

#### 5.1.1 Rensk

Det bør utføres maskinell rensk av bergskjæringer. Dette arbeidet må utføres uten å rive opp fjellet unødig da det vil kunne øke sikringsomfanget. Ved å renske ned låseblokker kan dette føre til ytterligere nedfall av overliggende bergmasse og behov for tyngre sikring. Det bør utføres manuell rensk som del av sluttgjennomgangen.

#### 5.1.2 Bolting

Det forventes behov for spredt til systematisk bolting. Det skal benyttes fullt innstøpte sikringsbolter med lengde 3,4,5 og 6 meter. Hvor det er nødvendig med umiddelbar sikring bør kombinasjonsbolter benyttes slik at de kan inngå i den permanente sikringen.

Lokalt kan vertikale fordyblings-/forbolter benyttes for å forhindre bakbrytning. Dette er spesielt aktuelt der skjæringen etableres med hylle eller der det etableres skjæring tett inntil f.eks. eksisterende bygg. I enkelte tilfeller kan en alternativmetode være å tilpasse skjæringsvinkelen til sprekkeplanene. Forboltene skal være fullt innstøpt.

#### 5.1.3 Steinprangnett/ Isnett

I områder med moderat til svært oppsprukket berg og fare for mye små nedfall må behovet for nettsikring vurderes. Nettet festes med festebolter og trekkes inn mot bergoverflaten i hele nettets utstrekning. Isnett monteres der det bygger seg, eller har potensiale for å bygge seg opp is i skjæringer. Nettet monteres i disse tilfeller med en viss avstand til bergveggen.

Et alternativ til nett i forbindelse med oppknust berg er bruk av sprøytebetong. I skjæringer bør det benyttes sprøytebetong av typen B35 og E1000. Sprøytebetongen dreneres ved å bore hull.

#### 5.1.4 Vann

I områder hvor vann renner langs skjæringsveggen vil dette kunne føre til iskjøvningsproblematikk. Aktuelle tiltak vil være å kontrollere nedføringen ved bruk av dreneringsgrøfter og utsprengning av nisjer i skjæringsveggen, eller bruk av isnett. I forbindelse med vannførende slepper og svakhetssoner vil dreneringshull være et aktuelt tiltak. Ved foten av bergskjæring bør det legges opp til grøft eller et drenerende areal som kan lede unna vann som evt. siger nedover bergskjæringen.

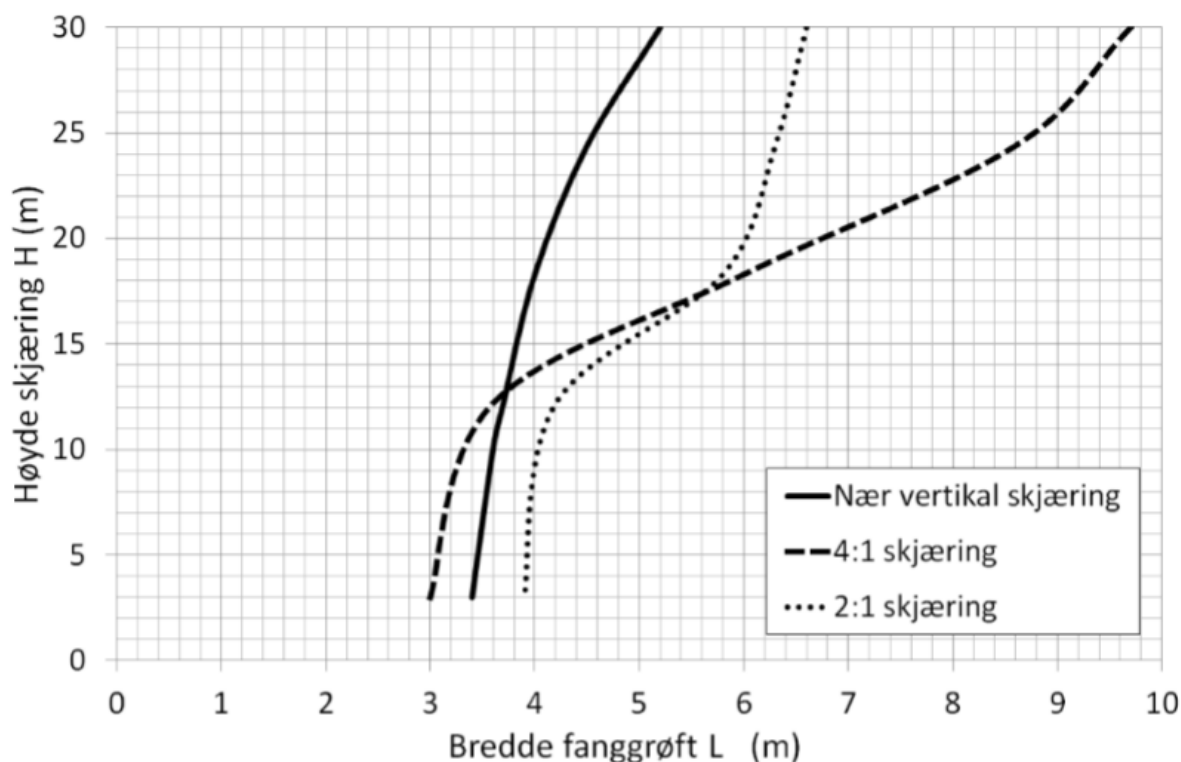
#### 5.1.5 Sikring av skråning over skjæringstopp

Løsmasser og vegetasjon bør fjernes til minimum 2,0 meter utenfor prosjektert skjæringstopp. For å unngå erosjon og utrasing bør det utformes en stabil skråningskant. Sideterreng i overkant av skjæringstopp må inspiseres og sikres på stedet for å unngå nedfall. Dette kan gjøres ved støttemur og sognemur.

## 5.2 Fanggrøft i henhold til skjæring

I iht. Håndbok N200 skal minimumsbredden på fanggrøft for steinnedfall (L) dimensjoneres iht. Figur 15. Veiledning til kravet sier at beregningene gjelder for usikret bergskjæring. Dette tolkes som at fanggrøft kan være mindre dersom det utføres tilstrekkelig sikring mot steinnedfall. Det anbefales derimot å følge kravet dersom dette er mulig.

For bergskjæringen i del 1 av Sverresborgruta er det ikke planlagt en fanggrøft for steinnedfall (L), men det er planlagt å ha en avstand på 1 m fra skjæringen til fortau. Grunnen til dette er at det er dårlig plass med hensyn til nærliggende bygninger. Det vurderes som et bedre alternativ enn å etablere skjæringen enda nærmere bygningen over skjæring. Alternativet er tryggere enn dagens løsning, hvor det er minimal avstand mellom fortau og skjæring.



Figur 15: Minimumsbredde til fanggrøft avhengig av skjæringshøyde og skjæringshelning. Beregningene gjelder for usikret bergskjæring.

## 5.3 Bergmekaniske egenskaper

### 5.3.1 Borbarhet og sprengbarhet

Det er ikke utført undersøkelser av borbarhets- og sprengbarhetsegenskapene av bergmassen i forbindelse med dette prosjektet. Generelt har grønnstein middels borbarhet og god sprengbarhet [14]. Det er ikke nødvendigvis representativt for den generelle borbarheten og sprengbarheten til bergmassen i prosjektområdet, men er presentert her som veiledende informasjon.

### 5.3.2 Bergmassens egenhet til vegformål

Det er ikke utført bergmekaniske tester på bergmassen i området i forbindelse med dette prosjektet. Det anbefales at dette utføres i en senere fase for å finne ut bergets egnethet for bruk i linjen.

### 5.3.3 Syredannede bergarter

Det er ikke mistanke om at tilstedeværelsen av syredannende berg, tungmetaller og radon og det er derfor ikke tatt prøver berget for å bekrefte dette. Vurderingene er tatt med grunnlag i rapport: 20120842-01-R, Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter [15] som angir om hvilke bergarter som potensielt kan være syredannende.

### 5.3.4 Radon

Ifølge NGUs aktsomhetskart for radon [10] viser at området langs reguleringsplanen har moderat til lav og usikker aktsomhetsgrad. Det antas at hele området er innenfor moderat til lav aktsomhetssone og trenger derfor ikke ytterlige krav til håndtering av sprengsteinmasser.

## 5.4 Vannømfintlighet (dyp- og grunnsprengning)

Avhengig av den stedlige bergartens vannømfintlighet etter sprengning skal det utføres dyp- eller grunnsprengning ved utarbeidelse av skjæringer i berg. Forhold som har betydning for bergartens vannømfintlighet er motstand mot nedknusning, innhold av glimmer o.l. I bergarter som ikke klassifiseres som vannømfintlige skal det utføres dypsprengning. I bergarter som kan klassifiseres som vannømfintlige skal det utføres grunnsprengning. Det henvises til håndbok N200 [16] for detalj.

Bergartene i området forventes ikke å være vannømfintlige da grønnstein typisk ikke er bergarter der dette er et problem. Det kan derfor legges opp til dypsprengning i dette området. Bruk av dyp- og grunnsprengning må vurderes fortløpende i anleggsperioden etter hvert som bergoverflaten avdekkes og skjæringene tas ut.

## 5.5 Anbefalt uttaksmetode

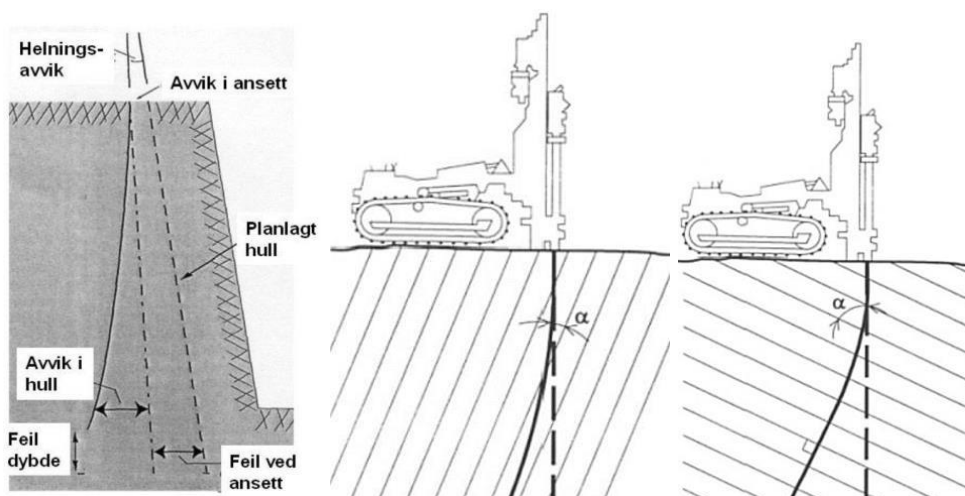
### 5.5.1 Boring

Sømboring anbefales i områder som er nærmere enn 4-5 meter fra bygninger, konstruksjoner, spunt vegger og andre objekter eller om bergmassekvaliteten er dårlig at kvalitet sprengning ikke er formålstjenlig [17]. Sømboring omfatter boring og nødvendig underboring av hull i konturen som ikke lades og fungerer som en bruddanviser når salvehullene innenfor konturen sprenges. Sømboring utføres iht. Håndbok R761 – Prosesskode 1 [18].

I områder som er lengere enn 4-5 m unna bygninger anbefales det slettsprengning som gir lavere vibrasjoner enn ved presplitt. Ved slettsprengning blir konturhullene (ytterste og nest ytterste rast) boret tettere og ladet svakere. De sprenges sammen med salven i motsetning til presplitt, men med intervallforsinking i forhold til resten av hullene. Slik blir det liten forsetning ytterst mot konturen, slik at konturen skades minst mulig [17].

### 5.5.2 Boravvik

Boravvik kan forekomme ved at borhullene følger foliasjonen eller sprekker og at hullene kan bli dratt langs eller vinkelrett disse. Prinsippene for mulige årsaker til boravvik er vist i (se Figur 16).



**Figur 16: a) Mulige årsaker til boreavvik. b) Borehull avbøyes langs bergmassens foliasjonsretning. c) Borehull avbøyes normalt på bergmassens foliasjonsretning. Figurene er hentet fra tidligere utgave av Håndbok N200 [16].**

### 5.5.3 Krav til begrensning av vibrasjoner og støt iht. NS8141

I henhold til NS 8141-4:2021 anbefales det at det gjennomføres bygningsbesiktigelse av bygg/konstruksjoner slik at tidligere skader og sprekker (dagens tilstand) blir kartlagt før anleggsvirksomheten starter, derav rystelser fra sprenging, pigging, etc [19].

Det er i NS 8141-4:2021 Kapittel 4 beskrevet følgende: "Omfanget av besiktigelsen skal tilpasses skadepotensialet og ses i sammenheng med bygge- og anleggsarbeidets størrelse og varighet. Besiktigelsen av et byggverk eller en eiendom skal vanligvis utføres både utvendig og innvendig. Alle synlige feil og mangler dokumenteres på en sporbar måte. Besiktigelsen skal utføres systematisk og nøyaktig." Videre er det oppgitt at: "Omliggende bygninger og andre konstruksjoner som kan tenkes å bli påvirket av vibrasjoner eller setninger fra bygge- og anleggsarbeid, skal besiktiges i nødvendig omfang før arbeidet igangsettes. Omfanget vurderes ut fra behovet for å kartlegge byggverkets tilstand og fra mulighet for at skader kan oppstå." Eksempler på arbeider som ikke krever omfattende besiktigelser er: "bruk av lett boreutstyr på mindre arbeider, utkiling av berg, wiresaging, pigging e.l." [19].

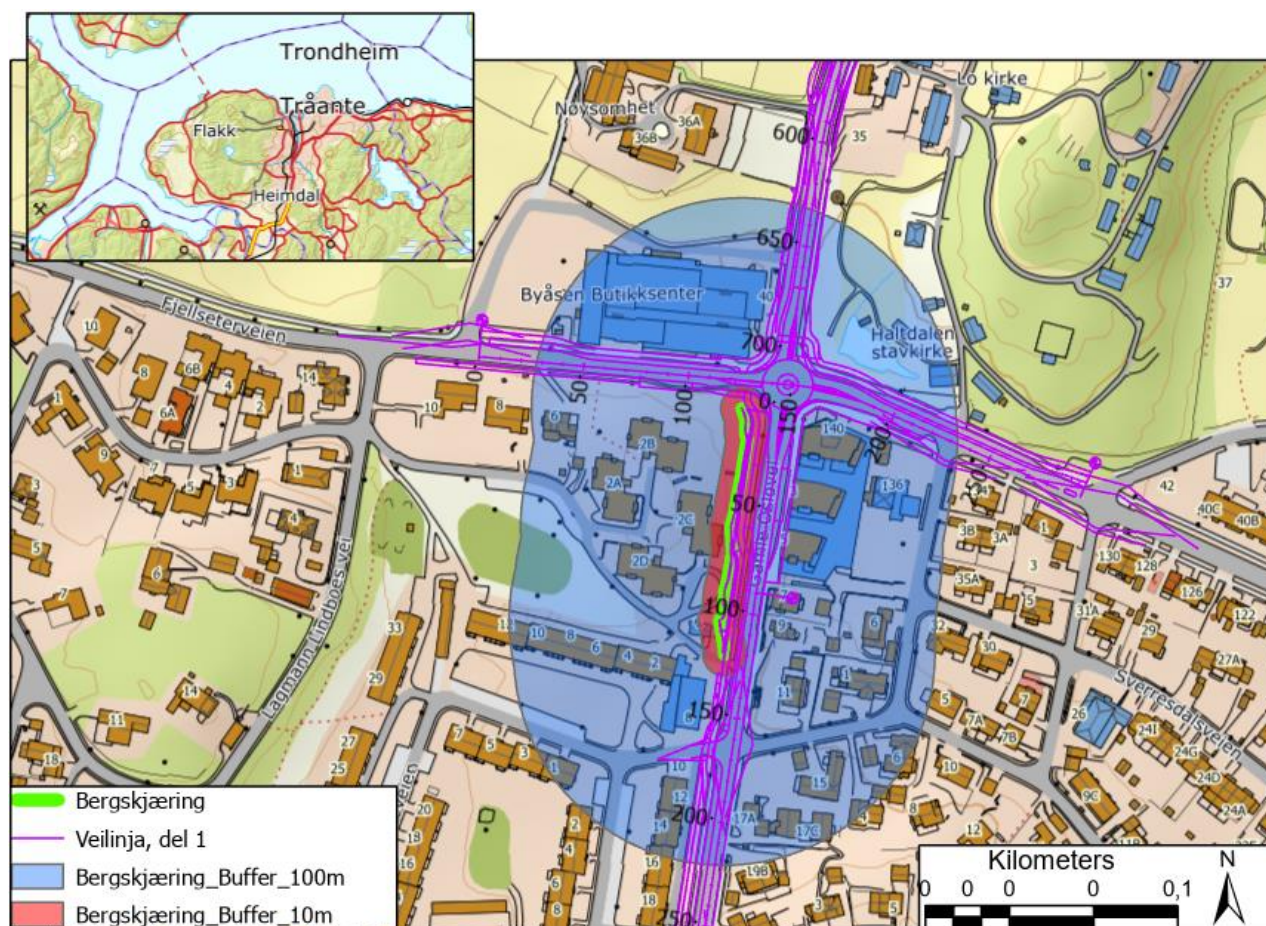
Anbefalt område for bygningsbesiktelse er iht. NS 8141-4:2021 0-100 m fra vibrasjonskilde for sprenging i dagen der bygninger er fundamentert på løsmasser. For sprengning i dagen der bygninger er fundamentert på berggrunn eller komprimerte steinmasser inntil 2 m gjelder en avstand på 0-50 m for bygningsbesiktelse. For alle andre anleggsarbeider i dagen som forårsaker vibrasjoner, inklusiv bygging av vei og bane, gjelder også en avstand på 0-50 m for bygningsbesiktelse [19].

Soner for bygningsbesiktigelse gitt en avstand på 100 m fra vibrasjonskilde er illustrert i Figur 17 som viser omfanget av besiktigelse dersom alle bygningene innenfor for sonen skulle vurderes. Dette vil da inkludere 22 bygninger.

Grunnarbeidet (med sprenging eller pigging) vil foregå i et bebygd område. Dette medfører behov for å sette krav til vibrasjoner. Tabell 12 under gir veiledende grenseverdier for vibrasjonskrav med hensyn på eksisterende bygninger basert på NS 8141-1:2022 [20]. Etter besiktigelse av bygninger, konstruksjoner og utstyr må aktuell verdi velges etter hva som er avdekket under registrering. NS 8141-4:2021 legger vekt på at: "Grunnarbeid i løsmasser (graving, spunting, peling osv.) har mindre vibrasjonspåvirkning på

omgivelsene, men arbeidet kan innebære større risiko for setninger enn ved sprengning" [19]. Pigging vil i denne sammenheng kunne sammenlignes med spunting/peling.

Utførende entreprenør er ansvarlig for å overholde vibrasjonskrav. Beregning av endelige vibrasjonskrav, montering av vibrasjonsmålere og oppfølging av vibrasjoner, må utføres. Sprengningsentreprenør vil være ansvarlig for å utarbeide detaljert sprengningsplan. Planen må vise hvordan sprengningsarbeidene skal foregå, med overordnede planer for dekking, varsling og posting.



Figur 17: Buffersone på 10-100 m i blått og 0-10 m i rødt fra vibrasjonskilde som viser berørte byggverk.

Grenseverdi for vibrasjoner (toppverdi av uveid svingehastighet i vertikal retning),  $v$ , beregnes fra følgende formel som beskrevet i NS 8141-1:2022:

$$v = v_0 \cdot F_g \cdot F_b \cdot F_m \cdot F_f \cdot F_d \cdot F_k \quad (1)$$

der

$v_0$  er den ukorrigerte toppverdien av vertikal svingehastighet, i millimeter per sekund, og fastsatt til 20 mm/s

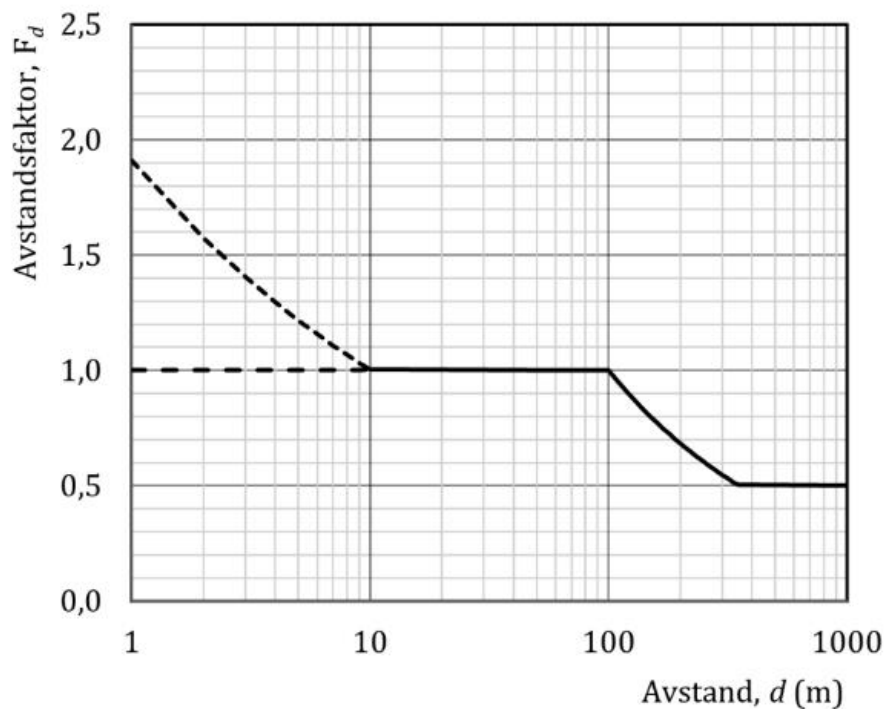
|       |                                                                                                                  |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $F_g$ | er en grunnforholdsfaktor som tar hensyn til grunnforholdene der byggverket står                                 |
| $F_b$ | er en byggverksfaktor som er avhengig av type, utforming og tilstand av byggverk                                 |
| $F_m$ | er en material- og bygningsdetaljfaktor som tar hensyn til hovedmaterialene i byggverket                         |
| $F_f$ | er en fundamenteringsfaktor som er avhengig av hvordan byggverket er fundamentert i relasjon til grunnforholdene |
| $F_d$ | er en avstandsfaktor som tar hensyn til avstanden mellom vibrasjonskilden og målepunktet                         |
| $F_k$ | er en kildefaktor som tar hensyn til egenskaper ved vibrasjonskilden                                             |

Verdier for de ulike faktorene er gitt i Tabell 1 til 6 i NS 8141-1:2022 [5].

**Tabell 12: Veiledende vibrasjonsgrenser for bygninger 10-100 m fra pigge-/sprengingsstedet. Fargekoder henviser til grunnforhold. Verdi i svart gjelder for sprengning. Verdi i rødt gjelder for pigging. Symbol i lilla indikerer tilhørende faktor som beskrevet i Formel (1).**

| Parametere for å vurdere vibrasjonsgrenser iht. NS 8141-1:2022 (tall i mm/s) [5]. |                                                                                  |                                                  |                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                   |                                                                                  | Fundamenteringsmåte                              |                                                                                                                                                              |
|                                                                                   | Hovedmateriale eller bygningsdetalj<br>( $F_m$ )                                 | Fundamentering på eller i løsmasser<br>( $F_f$ ) | Fundamentering på berg eller fylling med komprimert sprengstein og avrettingslag med pukk $\leq 2$ m over berg eller i direkte kontakt med berg<br>( $F_f$ ) |
| <b>Industri- og kontorbygg</b><br>( $F_b$ )                                       | Armert betong, stål og tre                                                       | 30,0 (9,0)                                       | 37,4 (11,2)                                                                                                                                                  |
|                                                                                   |                                                                                  | 46,1 (13,8)                                      | 57,6 (17,3)                                                                                                                                                  |
|                                                                                   |                                                                                  | 57,6 (17,3)                                      | 72,0 (21,6)                                                                                                                                                  |
|                                                                                   | Uarmert betong, tegl, betonghullstein, murverk, lettklinkerbetong, ringmurbetong | 25,0 (7,5)                                       | 31,2 (9,4)                                                                                                                                                   |
|                                                                                   |                                                                                  | 38,4 (11,5)                                      | 48,0 (14,4)                                                                                                                                                  |
|                                                                                   |                                                                                  | 48,0 (14,4)                                      | 60,0 (18,0)                                                                                                                                                  |
| <b>Boligbygninger</b><br>( $F_b$ )                                                | Armert betong, stål og tre                                                       | 25,0 (7,5)                                       | 31,2 (9,4)                                                                                                                                                   |
|                                                                                   |                                                                                  | 38,4 (11,5)                                      | 48,0 (14,4)                                                                                                                                                  |
|                                                                                   |                                                                                  | 48,0 (14,4)                                      | 60,0 (18,0)                                                                                                                                                  |
|                                                                                   | Uarmert betong, tegl, betonghullstein, murverk, lettklinkerbetong, ringmurbetong | 20,8 (6,2)                                       | 26,0 (7,8)                                                                                                                                                   |
|                                                                                   |                                                                                  | 32,0 (9,6)                                       | 40,0 (12,0)                                                                                                                                                  |
|                                                                                   |                                                                                  | 40,0 (12,0)                                      | 50,0 (15,0)                                                                                                                                                  |
| <b>Antagelser</b>                                                                 |                                                                                  |                                                  |                                                                                                                                                              |
| Grunnforhold der byggverket står<br>( $F_g$ )                                     | Sand, grus og silt                                                               |                                                  |                                                                                                                                                              |
|                                                                                   | Fylling med komprimert sprengstein > 2 m over berg, eller fast lagret morene     |                                                  |                                                                                                                                                              |
|                                                                                   | Fast berg, fylling med komprimert sprengstein $\leq 2$ m over berg               |                                                  |                                                                                                                                                              |
| Vibrasjonskilde<br>( $F_k$ )                                                      | Sprenging i anleggsvirksomhet<br>(pigging av berg)                               |                                                  |                                                                                                                                                              |
| Avstand til vibrasjonskilde<br>( $F_d$ )                                          | 10 m til 100 m                                                                   |                                                  |                                                                                                                                                              |

For sprengning ved bygninger som ligger ved kortere avstand til vibrasjonskilden enn 10 m leses avstandsfaktoren ( $F_d$ ) ut ifra Figur 18. I dette tilfelle er det to bygninger som er omtrent 6 m fra vibrasjonskilden. Verdiene er gitt i Tabell 13 og gjelder kun ved sprengning. Gyldige verdier for pigging er lik som ved 10 – 100 m avstand.



#### Tegnforklaring

- sprengning
- andre kilder
- alle kilder

**Figur 18: Avstandsfaktor,  $F_d$ , som funksjon av korteste avstand mellom vibrasjonskilde og berørte Byggverk.**

**Tabell 13: Veiledende vibrasjonsgrenser for boligbygninger 6 m fra pigge-/sprengingsstedet. Fargekoder henviser til grunnforhold. Verdi i svart gjelder for sprengning. Verdi i rødt gjelder for pigging. Symbol i lilla indikerer tilhørende faktor som beskrevet i Formel (1).**

| Parametere for å vurdere vibrasjonsgrenser iht. NS 8141-1:2022 (tall i mm/s) [5]. |                                                                                  |                                             |                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                   |                                                                                  | Fundamenteringsmåte                         |                                                                                                                                                     |
|                                                                                   | Hovedmateriale eller bygningsdetalj<br>(Fm)                                      | Fundamentering på eller i løsmasser<br>(Ff) | Fundamentering på berg eller fylling med komprimert sprengstein og avrettingslag med pukke ≤ 2 m over berg eller i direkte kontakt med berg<br>(Ff) |
| <b>Boligbygninger</b><br>(Fb)                                                     | Armert betong, stål og tre                                                       | 27,5 (7,5)                                  | 34,3 (9,4)                                                                                                                                          |
|                                                                                   |                                                                                  | 42,2 (11,5)                                 | 52,8 (14,4)                                                                                                                                         |
|                                                                                   |                                                                                  | 52,8 (14,4)                                 | 66,0 (18,0)                                                                                                                                         |
|                                                                                   | Uarmert betong, tegl, betonghullstein, murverk, lettklinkerbetong, ringmurbetong | 22,9 (6,2)                                  | 28,6 (7,8)                                                                                                                                          |
|                                                                                   |                                                                                  | 35,2 (9,6)                                  | 44,0 (12,0)                                                                                                                                         |
|                                                                                   |                                                                                  | 44,0 (12,0)                                 | 55,0 (15,0)                                                                                                                                         |
| <b>Antagelser</b>                                                                 |                                                                                  |                                             |                                                                                                                                                     |
| Grunnforhold der byggverket står<br>(Fg)                                          | Sand, grus og silt                                                               |                                             |                                                                                                                                                     |
|                                                                                   | Fylling med komprimert sprengstein > 2 m over berg, eller fast lagret morene     |                                             |                                                                                                                                                     |
|                                                                                   | Fast berg, fylling med komprimert sprengstein ≤ 2 m over berg                    |                                             |                                                                                                                                                     |
| Vibrasjonskilde<br>(Fk)                                                           | Sprenging i anleggsvirksomhet<br>(pigging av berg)                               |                                             |                                                                                                                                                     |
| Avstand til vibrasjonskilde<br>(Fd)                                               | 8 m, Fd = 1,07                                                                   |                                             |                                                                                                                                                     |

## 5.6 Ingeniørgeologisk kompetanse under byggefasen

Det anbefales at arbeidet med bergskjæringen følges opp av ingeniørgeolog i anleggsfasen, med tanke på nærhet til boligblokken på topp bergskjæring. En person med bergteknisk/ingeniørgeologisk kompetanse skal ha det faglige ansvar for permanent sikring. Med tanke på de forhold som forventes for denne traseen, bør denne personen minimum ha 5 års erfaring.

## 5.7 Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø – spesielle forhold

Arbeid med bergskjæring er risikoutsatt med hensyn på berg- og løsmassestabilitet. Entreprenøren skal for de risikoutsatte arbeidsoperasjonene gjennomføre sikker jobbanalyse (SJA), på bakgrunn av byggherrens overordnede risikovurdering i SHA-planen. Følgende spesielle forhold påpekes (listen er ikke uttømmende):

- Flere steder vil det være løsmasser eller løse steiner/blokker oppå bergskjæringene og forskjæringene. Disse må renskes eller sikres under anleggsarbeidet.
- Det forutsettes at nødvendig arbeidssikring og driftsrensk utføres under arbeidets gang slik at sikkerheten ivaretas. Sikkerhet for naboer må også ivaretas.

Ved arbeid med rensk og sikring av skjæringer er det viktig å utvise aktsomhet og benytte maskiner og utstyr med tilstrekkelig rekkevidde slik at eventuelle nedfall ikke skader personer og utstyr. Mye av arbeidet vil foregå nær viktig infrastruktur og bygninger. Det er dermed viktig med varsling og godt samarbeid med etater og privatpersoner for en sikker gjennomføring av sprengings- og anleggsarbeider.

### **5.8 Anbefalte supplerende undersøkelser**

Med bakgrunn i resultatene fra de undersøkelsene som hittil er gjennomført vurderes behov for følgende supplerende undersøkelser i byggeplan- og byggefasen:

I byggeplanfasen:

- Detaljering av ingeniørgeologiskrapport med tilhørende rapport for byggeplan/konkurransegrunnlag.
- Rutinemessige miljøundersøkelser med tanke på håndtering av sprengsteinsmasser må vurderes hvis det mistenkes eller vurderes at det er behov for dette.

I byggefasen:

- Oppfølging med ingeniørgeolog fortløpende.

## Referanser

- [1] Statens Vegvesen, Håndbok N200 - Vegbygging, Vegdirektoratet, 2022.
- [2] NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020, Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering - Del 1: Almenne regler", Standard Norge, 2020.
- [3] Norsk bergmekanikkgruppe, «Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering», Norsk bergmekanikkgruppe, 2011.
- [4] NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016», Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, Norsk Standard, 2016.
- [5] Standard Norge, NS 8141-1:2022. Vibrasjoner og støt, Norsk Standard, 2022.
- [6] Statens Vegvesen, «Vegkart,» [Internett]. Available: <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/>. [Funnet 18 09 2023].
- [7] Rambøll, «G-rap-001\_Sverresborgruta Datarapport,» 2023.
- [8] Norges Geologiske Undersøkelse (NGU), «Bergrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase,» [Internett]. Available: [https://geo.ngu.no/kart/berggrunn\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/). [Funnet 11 09 2023].
- [9] Norges Geologiske Undersøkelse (NGU), «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: [https://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/). [Funnet 11 09 2023].
- [10] Norges Geologiske Undersøkelse, «Radon aktsomhet,» [Internett]. Available: [https://geo.ngu.no/kart/radon\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/radon_mobil/). [Funnet 11 09 2023].
- [11] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «NVE Temakart,» [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/tema/steinsprangaktsomhet>. [Funnet 1 november 2022].
- [12] AV-klima, «AV-klima,» [Internett]. Available: <https://app-avtools-klima-dev.azurewebsites.net/>. [Funnet 04 10 2023].
- [13] NVE, «Skredregistrering,» [Internett]. Available: <https://www.skredregistrering.no/>. [Funnet 18 09 2023].
- [14] Prosjektrapport anleggsdrift 13B-98, Borbarhet - Katalog over borbarhetsindekser, NTNU, 1998.
- [15] NGI, «20120842-01-R, Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter,» 2015.
- [16] Statens vegvesen, «Vegnormal N200 Vegbygging,» Statens vegvesen, 2021.
- [17] Statens Vegvesen, «Håndbok V225 - Bergskjæringer,» Vegdirektoratet, 2020.
- [18] Statens Vegvesen, Håndbok R761 - Prosesskode 1, Vegdirektoratet, 2018.
- [19] Standard Norge, NS 8141-4:2021. Vibrasjoner og støt, Norsk Standard, 2021.
- [20] NS 8141-1:2022, Vibrasjoner og støt, Standard Norge, 2022.
- [21] Trondheim kommune - Geoteknisk avdeling, R1823 Kyvatnet sykkelveg, 2021.
- [22] Trondheim kommune - Geoteknisk avdeling, R1823-2 Kyvatnet sykkelveg, supplerende, 2022.
- [23] Statens vegvesen, «Vegnormal N500 Vegtunneler,» Statens vegvesen, 2021.

## 6. Vedlegg

**Vedlegg 1: Ingeniørgeologisk kart**

**Vedlegg 2: Tverrsnitt**