

**RØROSBANEN,
1011 HALTDALEN-STØREN**

**KM 498,85 – 499,44
SKREDSIKRINGSTILTAK RØROSBANEN
RAUSTEINEN**

Skredrapport

03A	Detaljprosjektering, rettet etter tilbakemelding fra oppdragsgiver	2026-02-04	ErlAlv	OlaRos	OlaRos	
02A	Detaljprosjektering av fanggjerde	2025-12-03	ErlAlv	GunHAA	OlaRos	
01A	Skredrapport, rettet etter tilbakemelding fra oppdragsgiver	2025-11-19	ErlAlv, JonKol	OlaRos	OlaRos	
00A	Skredrapport	2025-11-03	ErlAlv, JonKol	OlaRos	OlaRos	
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av	
Rørosbanen, 1011 Haltdalen - Støren km 498,85 – 499,44 Raustein Skredrapport		Ant. sider	Fritekst 1d			
		112	Fritekst 2d			
			Fritekst 3d			
		Produsent	Norconsult 			
		Prod. dok. nr.	52506822-01			
		Erstatning for				
		Erstattet av				
60033315: K017709 Skredsikringstiltak Rørosbanen		Dokument nr.			Rev.	
		POM-00-A-07486			03A	
		Dokument nr.			Rev.	

1	INNLEDNING.....	4
1.1	BAKGRUNN OG HENSIKT	4
1.2	UTFØRTE UNDERSØKELSER.....	5
1.3	GJELDENDE RETNINGSLINJER OG STYRENDE DOKUMENTER	5
1.3.1	<i>Skredfarevurdering</i>	5
1.3.2	<i>Detaljprosjektering</i>	5
1.4	GRUNNLAGSMATERIALE	7
1.5	FORUTSETNINGER FOR SKREDFAREVURDERINGEN	7
2	OMRÅDEBESKRIVELSE	8
2.1	GEOGRAFI.....	8
2.2	TOPOGRAFI OG HELNING	8
2.3	SKOG.....	10
2.4	VANNVEIER	12
2.5	BERGGRUNN OG LØSMASSER	13
2.6	AKTSOMHETSKART	15
2.7	SKREDHISTORIKK	17
2.8	EKSISTERENDE SKREDFAREVURDERINGER.....	19
2.9	EKSISTERENDE SIKRINGSTILTAK	20
2.10	KLIMA	20
2.10.1	<i>Nedbør</i>	21
2.10.2	<i>Snø</i>	21
2.10.3	<i>Vind</i>	22
2.10.4	<i>Endring i klima</i>	22
3	OBSERVASJON	24
3.1	BEFARINGSOBSERVASJONER	25
3.2	OBSERVASJONER FRA GRUNNLAGSMATERIALE	26
3.3	EKSISTERENDE SIKRINGSTILTAK	26
4	MODELLERING	27
4.1	SIMULERING AV STEINSPRANG I RAMMS ROCKFALL	27
4.1.1	<i>Parametervalg og utført simulering</i>	27
4.1.2	<i>Resultater fra simulering</i>	28
4.2	SIMULERING AV STEINSPRANG I ROC FALL	34
4.2.1	<i>Parametervalg og utført simulering</i>	35
4.2.2	<i>Resultater fra simulering</i>	37
4.3	SAMMENSTILLING AV SIMULERINGER.....	40
5	SKREDFAREVURDERING.....	41
5.1	STEINSPRANG	41
5.2	STEINSKRED	42
5.3	JORDSKRED	42
5.4	FLOMSKRED	42
5.5	SNØSKRED.....	43
5.6	SØRPESKRED.....	43
5.7	SAMLET SKREDFARE	44
6	VURDERING AV SIKRINGSTILTAK	45
6.1	ANBEFALT SIKRINGSLØSNING	45
7	PROSJEKTERING AV SIKRINGSTILTAK.....	47
7.1	GJELDENDE RETNINGSLINJER OG STYRENDE DOKUMENTER	47
7.1.1	<i>Standarder og regelverk</i>	47
7.1.2	<i>Geoteknisk kategori, pålitelighetsklasse og kontrollklasse</i>	47
7.2	FUNKSJONSKRAV.....	48
7.2.1	<i>Levetid</i>	48
7.2.2	<i>Kvalitetssikring</i>	48

7.3	DETALJPROSJEKTERING AV FANGGJERDE MOT STEINSPRANG.....	48
7.3.1	<i>Dimensjonering</i>	48
7.3.2	<i>Plassering</i>	50
7.3.3	<i>Grunnforhold</i>	53
7.3.4	<i>Forankring</i>	53
7.3.5	<i>Felling av trær og fjerning av vegetasjon</i>	54
7.3.6	<i>Montering</i>	54
7.3.7	<i>Kvalitet</i>	54
7.3.8	<i>Dokumentasjon og sjekklister</i>	55
7.3.9	<i>Dimensjonering for andre skredtyper og laster</i>	55
7.3.10	<i>Prøvetrekking</i>	55
7.4	SIKKERHET VED UTFØRELSE – VURDERING AV SKREDFARE I ANLEGGSPHASEN	56
7.5	DRIFT OG VEDLIKEHOLD	56
7.6	RESTRISIKO – SKREDFARE ETTER MONTERING	57
7.7	ANDRE FORHOLD	57
7.7.1	<i>Høyspent</i>	57
7.7.2	<i>Verneområder</i>	58
7.7.3	<i>Byggesøknad</i>	58
7.7.4	<i>Eiendomsforhold</i>	58
8	REFERANSER	59
9	VEDLEGG	61

Vedlegg 1: Bildevedlegg

Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé

Vedlegg 3: Beregning forankring enkeltstag i berg

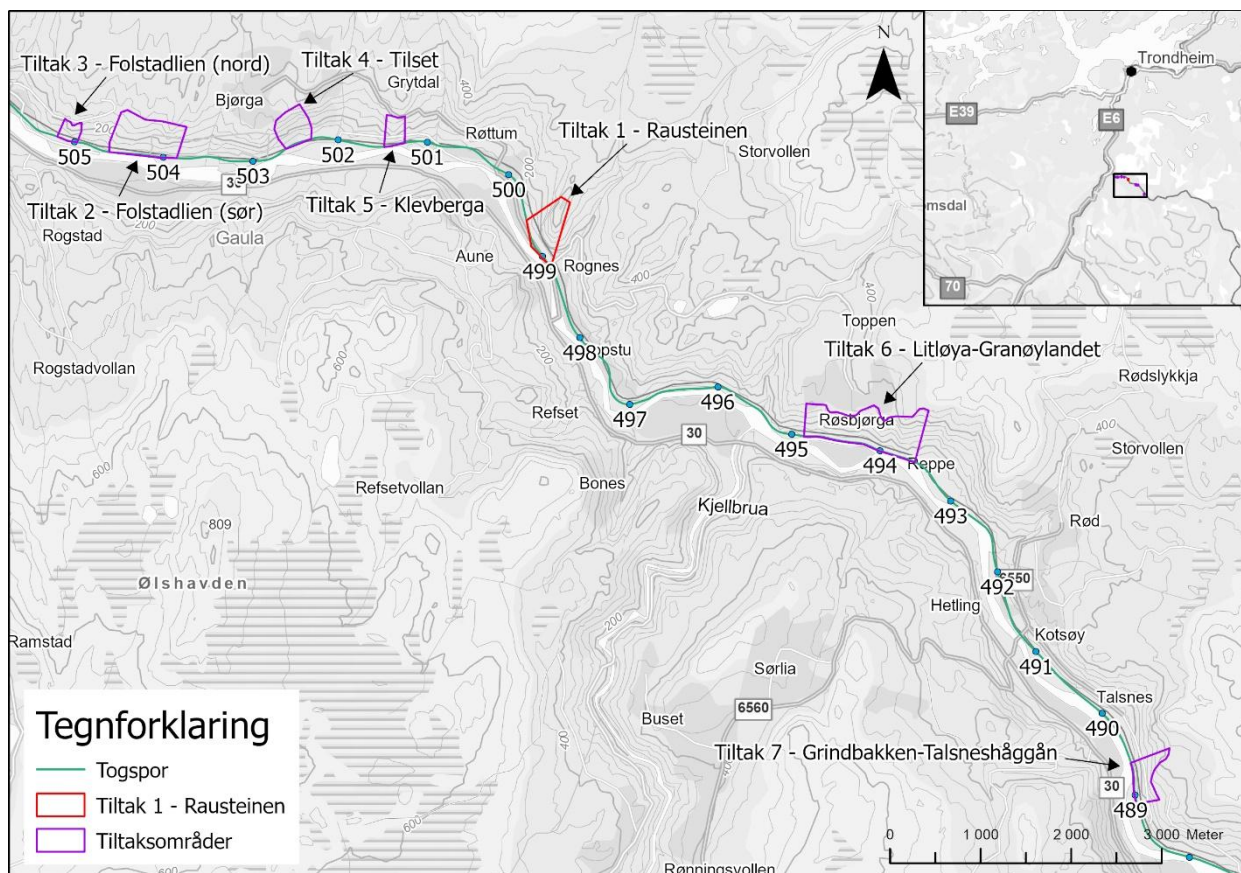
1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn og hensikt

Norconsult Norge AS (Norconsult) er engasjert av Bane NOR for å utføre skredfarevurdering og detaljprosjektering av skredsikring for 7 tiltaksområder langs Rørosbanen, på banestrekningen Støren – Haltdalen. Bane NORs underbygningsgruppe utførte befaring våren 2025, med utgangspunkt i ingeniørgeologiske og geotekniske rapporter fra 2013 [1] og 2023 [2]. Denne befaringen konkluderte i behov for detaljprosjektering av sikringstiltak i sideterreng. De syv tiltaksområdene er oppsummert i Tabell 1-1 og vist i Figur 1-1. Denne rapporten omhandler tiltaksområde 1 Raustein.

Tabell 1-1 Oppsummering av de 7 tiltaksområdene.

Tiltak:	Hvor:	Prioritet:
Tiltak 1	Raustein (km 499,44 - 498,85)	Pri 1
Tiltak 2	Folstadlien sør (km 503,85 - km 504,6)	Pri 1
Tiltak 3	Folstadlien nord (km 504,97 - 505,2)	Pri 1
Tiltak 4	Tilset (km 502,3 - 502,63)	Pri 1
Tiltak 5	Klevberga (km 501,25 - 501,48)	Pri 2
Tiltak 6	Litløya - Granøylandet (km 493,59 - 494,86)	Pri 3
Tiltak 7	Grindbakken - Tallsneshåggan (km 488,9 - 489,36)	Pri 4



Figur 1-1: Oversiktskart over de 7 tiltaksområdene. Rødt område markerer Raustein som er omtalt i denne rapporten.

1.2 Utførte undersøkelser

Det ble utført befaring 16. september 2025 av ingeniørgeologene Erlend Alvestad, Olav Roset og Jonas Kolvik fra Norconsult. Befaringen ble utført til fots i sideterrenget over jernbanen og med drone.

På befaringsdagen var det pent vær uten nedbør, 15-17 °C og svak vind fra nord/nordvest. Det var lite nedbør de siste 3 ukene før.

1.3 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter

1.3.1 Skredfarevurdering

Følgende regelverk og styrende dokumenter gjelder for skredfarevurderingen:

- Teknisk regelverk Bane NOR, Bane NOR, 2025 [3].

I tillegg er følgende veileder benyttet som utgangspunkt:

- Utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng - utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak, NVE, 2025 [4].

I henhold til Bane NOR tekniske regelverk TRV:08267 [3] skal det for ny jernbane utenfor stasjonsområder vurderes i henhold til retningslinjer gitt i Byggteknisk forskrift (TEK 17) §7-3 [5] for sikkerhetsklasse S1. Det betyr at ny jernbane skal plasseres på trygg side av faresone for skred med største nominelle årlige sannsynlighet på 1/100. I områder hvor «100-årsskredet» kan nå jernbanen, skal fysiske sikringstiltak bygges.

Norconsult har fått i oppdrag å vurdere skredfare tilsvarende som for ny jernbane, det vil si at største nominelle årlige sannsynlighet for skred skal være 1/100. For de områdene som er vurdert hvor nominell årlig sannsynlighet for skred er større enn 1/100 skal det anbefales sikringstiltak. For de områdene hvor årlig sannsynlighet for skred er mindre enn 1/100 skal det ikke anbefales sikringstiltak.

Sannsynlighet for skred benyttes tilsvarende som i Statens vegvesens håndbok N200 [6], bare for jernbane, det vil si årlig sannsynlighet for at skred skal treffe jernbane. Med skred menes hendelser som har potensial til å stenge jernbanen eller føre til ulykker. Sannsynlighet for skred vurderes for det enkelte skredløp. For skred som ikke følger markerte skredløp, som for eksempel steinsprang, gjøres det en skjønnsmessig vurdering av skredets utstrekning. Sannsynlighet for skred kan vanligvis ikke beregnes eksakt, men baseres på beregninger og faglig skjønn. Dette kalles nominell sannsynlighet.

1.3.2 Detaljprosjektering

Skredfaglig prosjektering, er i dag omtalt i et fåtall av lovverk, forskrifter, standarder og veiledere. Dette gjør at begrepet geoteknikk i stor grad blir benyttet selv om prosjekteringen i dette tilfelle stort sett er knyttet opp mot skredtekniske problemstillinger.

Det er en rekke forskrifter, veiledninger, standarder som kan anvendes som hjelpemiddel for dimensjonering og prosjektering av skredsikring. Følgende standarder er brukt i dette tilfelle for fastsetting av prinsipper og krav for konstruksjoners sikkerhet, brukbarhet og bestandighet:

- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurocode 0)

- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016, Del 1 Allmenne regler (Eurocode 7)

En av merknadene i Eurokode 0 og Eurokode 7 er at prosjektering (og så vidt også dimensjonering) av spesielle byggverk kan kreve andre tiltak enn de som standardene omfatter. Dette gjelder blant annet dimensjonering og prosjektering av sikringsgjerdar som har som formål å sikre planområdet mot skredfare. Slike tiltak er ikke beskrevet i standarden. Standarden gir også mulighet til å bruke andre veiledninger, standarder og/eller forskrifter hvis de finnes. I dette fagfeltet har mye blitt dokumentert i Alpelandene og veiledninger og standarder derfra benyttes også i Norge, blant annet EAD 340059-00-0106 [7].

Skredfaglig prosjektering av sikringstiltak blir i dag omtalt i sikringshåndboka til NVE [8]. For detaljprosjektering av sikringstiltak gjelder følgende regelverk i henhold til sikringshåndboka:

- Sikkerhet mot skred i bratt terreng:
 - Byggteknisk forskrift (TEK17) kapittel 7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger [5].
 - NVE (2020) Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng [4].
- Norsk regelverk, relevante Eurokoder og veiledninger:
 - Forskrift om byggesak (SAK10)
 - Direktoratet for byggkvalitet Utbygging i fareområder – temaveileder.
 - Byggteknisk forskrift (TEK17) §10-2 Konstruksjonssikkerhet:
 - NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0 - Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner).
 - NS-EN 1991-1:2002 + NA:2008 (Eurokode 1).
 - NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016, Del 1 Allmenne regler (Eurokode 7 – Geoteknisk prosjektering).
 - NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014 (Eurokode 8 - Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger).
 - NS-EN 1998-5:2004+NA:2014 (Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 5: Fundamenter, støttekonstruksjoner og geotekniske forhold).
 - Norsk bergmekanikkgruppe (2011) Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering.
- Regelverk på jernbane: Bane NOR – Teknisk regelverk TRV:08110 og TRV:08267 (henviser til TEK17 TEK17 §7-3) [9].

I tillegg er følgende dokumenter benyttet i forbindelse med detaljprosjekteringen:

- Veiledning fra Statens vegvesen: Erfaringsrapport om oppsett av fangggjerdar [10].
- Den europeiske standarden Falling Rock Protection Kits fra EAD (European Assessment Document), EAD 340059-00-0106 [7].
- R761 Prosesskoden Standard beskrivelsestekster for veger, tunneler, bruer og kaier, Statens vegvesen, 2025 [11].

1.4 Grunnlagsmateriale

Denne vurderingen er basert på følgende tilgjengelige grunnlagsdata:

- Digital høydemodell med 1 m oppløsning (nasjonal høydemodell) [12].
- Tilgjengelige flybilder fra 1956 til og med 2022 [13].
- Berggrunnskart og kvartærgeologiske kart (løsmassekart) fra NGU [14].
- Faresoner for skred i bratt terreng og fjellskred, skredhendelser og aktsomhetskart for steinsprang, jord- og flomskred og snøskred fra NVE atlas [15] [16]
- Skogsdata og markfuktighetskart fra NIBIO [17].
- Deformasjonsmålinger hentet fra InSAR Norway [18].

Denne vurderingen bygger i tillegg videre på følgende rapporter:

- Skredfarekartlegging Område Nord, Trønderlag og Innlandet, skredrapport med nytte-kostvurdering (Skred AS) [2].
- Skredfarekartlegging Rørosbanen, detaljert nivå. Stensli (km 442) – Støren (km 510) (Sweco) [1].
- Ingeniørgeologisk vurdering etter steinsprang, Rørosbanen – Km 499,100 (Awer Norge AS) [19].
- Rørosbanen – Rognes KM 499,14. Nedfall av blokk ved sporet fra fjellet Rødstenen (Bane NOR) [20].

1.5 Forutsetninger for skredfarevurderingen

Denne skredfarevurderingen tar utgangspunkt i terreng-, klima- og vegetasjonsforholdene slik de er på utredningstidspunktet.

Skredfarevurderingen benytter metodikk, kunnskap og verktøy som da er tilgjengelig. Ifølge veileder [2] kan det være behov for ny skredfarevurdering om forutsetningene endres. Eksempler på endrede forutsetninger som kan utløse behov for ny vurdering er blant annet nye skredhendelser, nye opplysninger om tidligere skredhendelser som ikke tidligere har vært kjent, endret terrengforhold (eks. sikringstiltak, terrenginngrep), endrede vegetasjonsforhold (eks. flatehogst), endrede hydrologiske forhold (eks. grøfter, skogveier). Andre forhold kan være at det oppdages tydelige feil og mangler i tidligere skredfarevurdering eller at ny metodikk blir tilgjengelig.

Kartleggingen omfatter ikke vurdering av:

- Fyllinger, skjæringer (løsmasse og berg), murer eller andre antropogene elementer som kan medføre fare.
- Områdestabilitet mtp. kvikkleire eller sikringstiltak mot dette.
- Mekanisk motstandsevne og stabilitet for byggverk i tiltaksområdet (TEK17 §10 [5]).
- Vurdering av flomfare, kapasitet på stikkrenner eller annen håndtering av overvann.

Flomrelaterte prosesser langs de mange bekkeløpene kan ikke utelukkes, og er ikke vurdert i foreliggende rapport.

2 OMRÅDEBESKRIVELSE

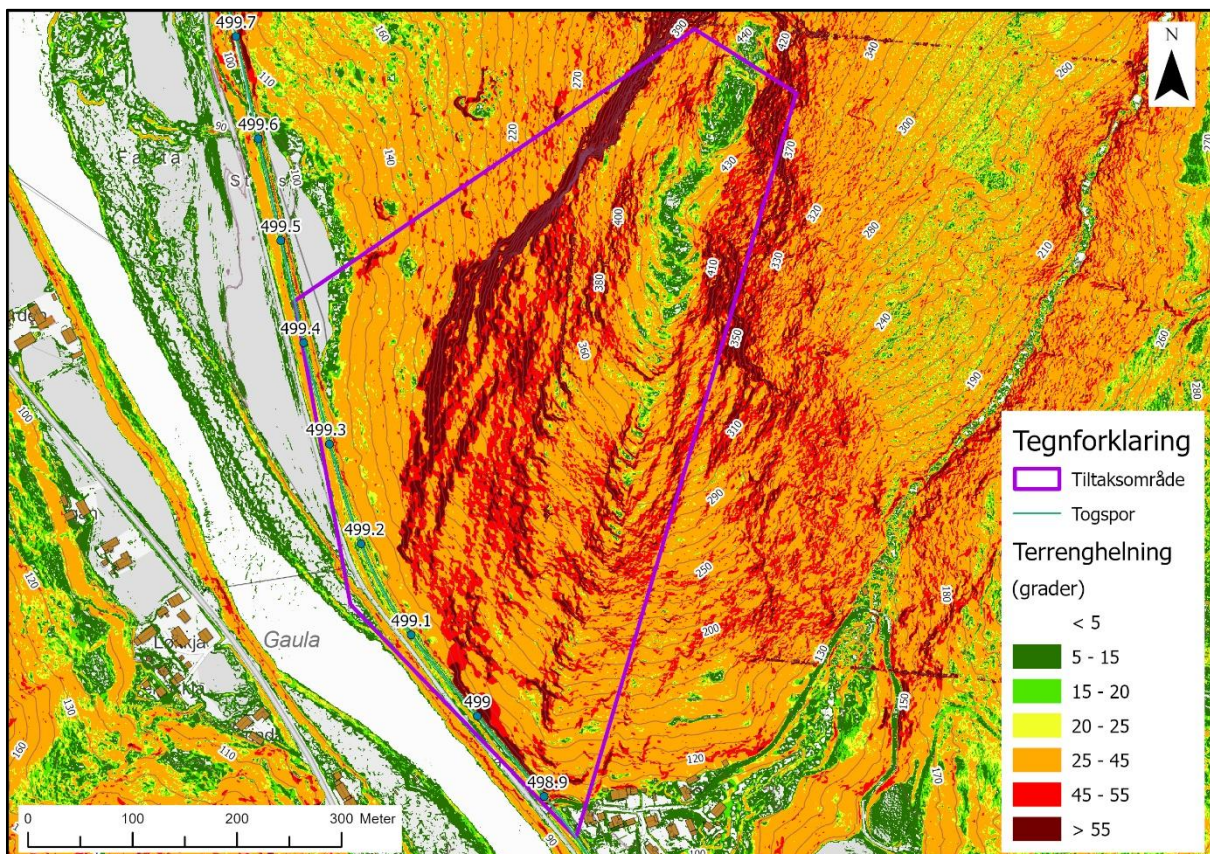
2.1 Geografi

Den skredutsatte jernbanestrekningen Raustein (ca. km 498,85-499,44) er lokalisert i midtre deler av Gauldalen like sør for Støren. Strekningen går på nordøstsiden av dalføret, nordøst for elven Gaula og på motsatt side av dalføret i forhold til fylkesvei 30.

2.2 Topografi og helning

Togstrekningen på om lag 600 m går langs foten av fjellet Raustein på ca. 467 moh. (Figur 2-2, Figur 2-3 og Figur 2-4). Da jernbanen befinner seg på ca. 97-100 moh. er den totale høydeforskjellen av fjellsiden ca. 370 m. Fjellsiden er vendt mot sør/sørvest.

Fjellsiden er svært bratt med større områder med helning over 45° i kombinasjon med flere steile berghammere (Figur 2-1). Berghammerne varierer i høyde, men er generelt lavere i sørøstlig del av fjellsiden og høyere i nordvestlig del. I den sørøstlige delen er terrenget jevnt bratt med inntil 10–20 m høye bergskrenter. I nordvestlig del er terrenget mer variert med høye berghammere på inntil ca. 80–100 m over slakere terreng.



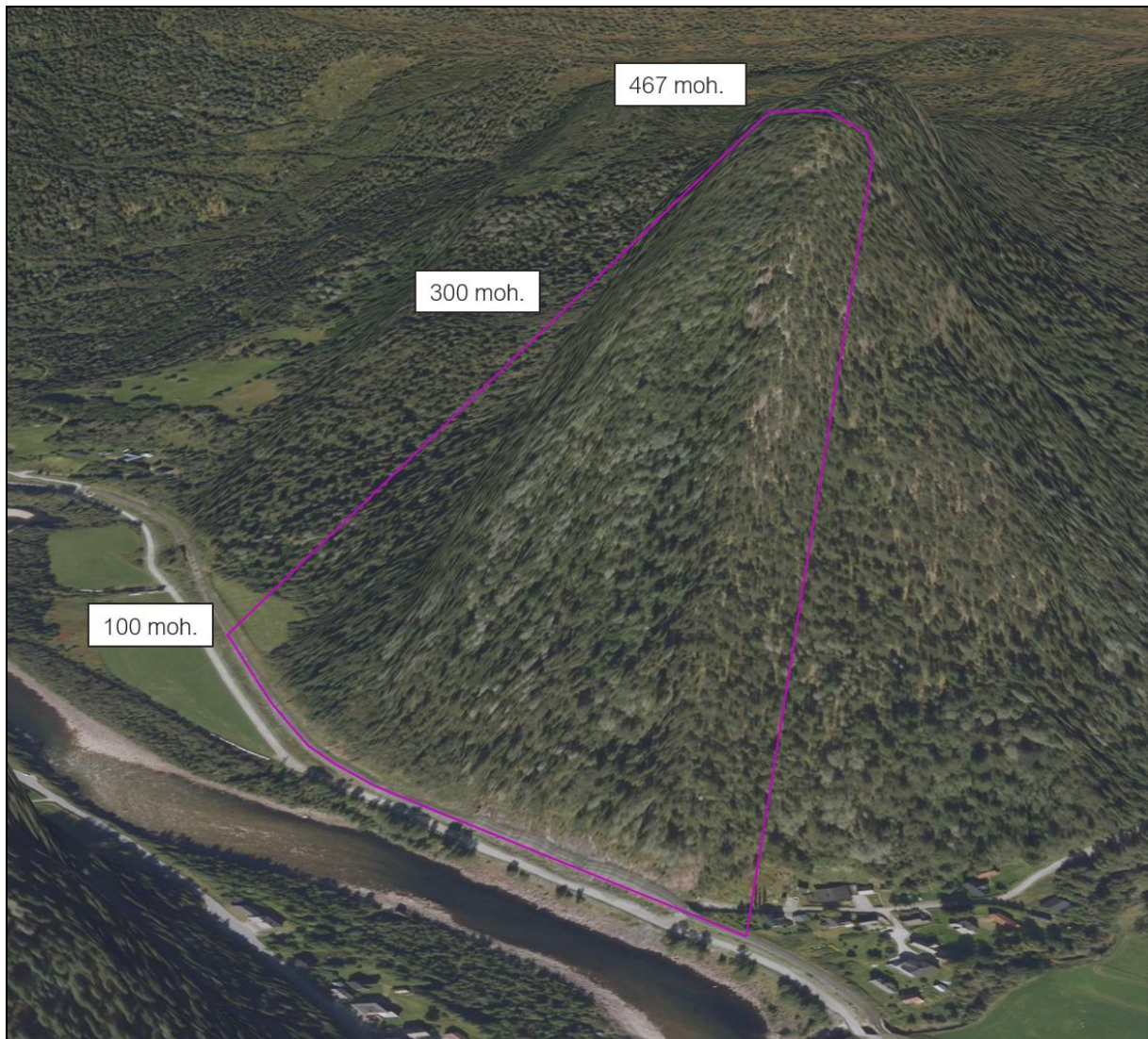
Figur 2-1: Terrenghelningskart ved Raustein.



Figur 2-2: Oversiktsbilde med drone av Rausteinen. Lilla linjer viser område som er vurdert for skredfare (tiltaksområde). Sett mot øst.



Figur 2-3: Bilde av Rausteinen fra brua over elva Gaula, som viser fjellsiden i profil. Lilla heltrukken linje viser område som er vurdert for skredfare (tiltaksområde). Sett mot nord.

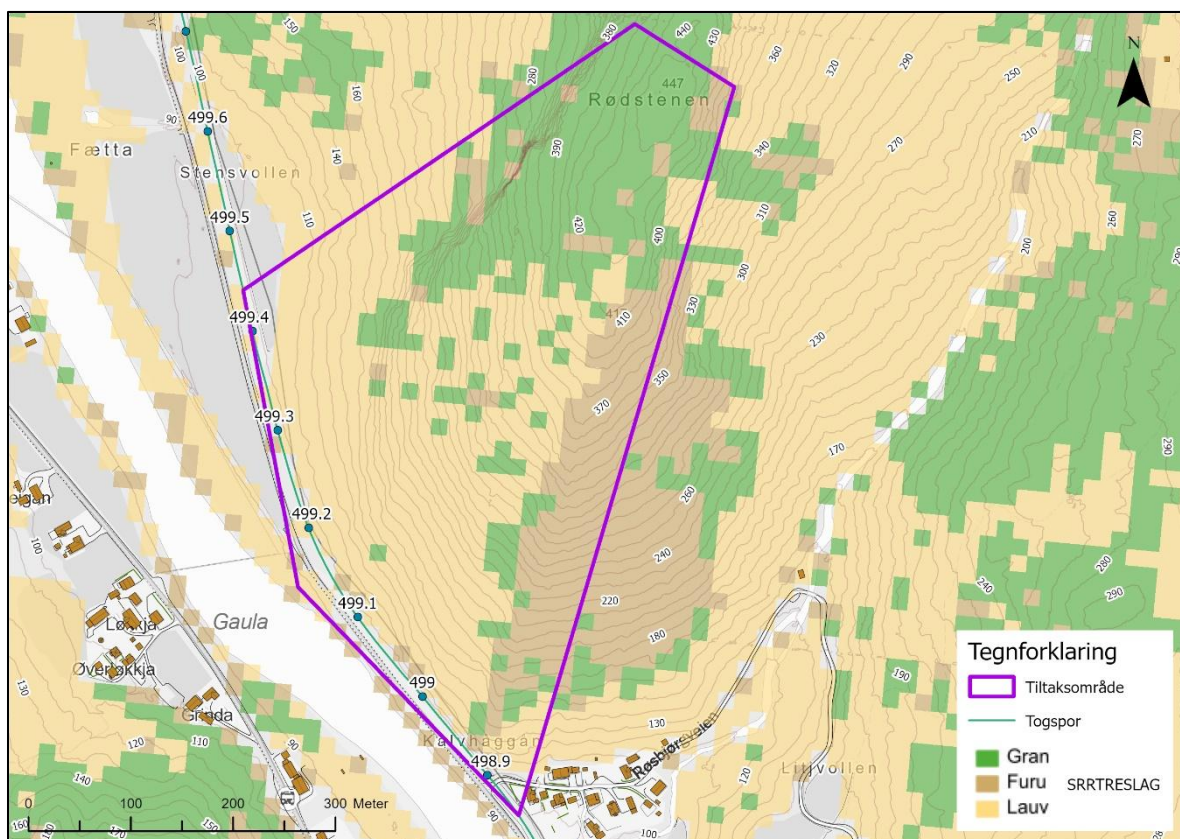


Figur 2-4: Tredimensjonalt ortofoto som viser Raustein. Lilla heltrukken linje viser område som er vurdert for skredfare (tiltaksområde). Sett mot sør/sørvest.

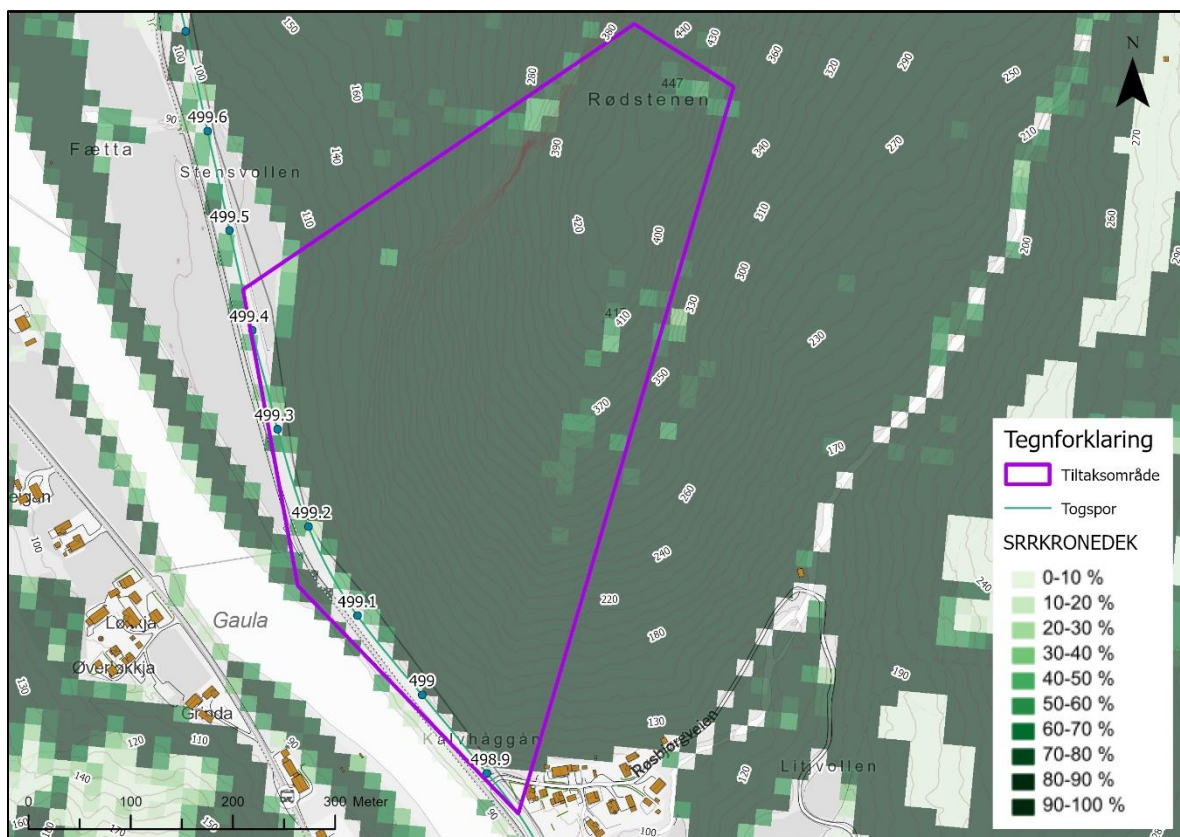
2.3 Skog

Kartdata fra NIBIO (SR16) [17] antyder at dalskråningen er preget av stor andel lauvskog med økende grad av granskog mot øvre, nord-vestlige del av fjellet (Figur 2-5). Datasettet er fremstilt gjennom automatisk prosessering av 3D-fjernmålingsdata (fotogrammetri og laserskanning), terrengmodeller, satellittbilder, eksisterende kartdata (AR5), samt data fra landskogflater. NIBIO har også data på kronedekningen i området (Figur 2-6). Dataene antyder at området stort sett er dekket av tett skog med kronedekning på 90 – 100%.

Kartene stemmer i grove trekk med feltobservasjoner. Kronedekningen er imidlertid lavere i de bratte/steile skrentene på den vestlige siden av tiltaksområdet, se eksempel i Figur 2-7. Det er noe mer innslag av granskog mellom løvskogen i nedre del av fjellsiden enn det kartene antyder, i tillegg til flere små områder med åpen skog.



Figur 2-5: Skogsressurskart som viser treslag i tiltaksområdet [17].



Figur 2-6: Skogsressurskart som viser kronedekningen i tiltaksområdet [17].

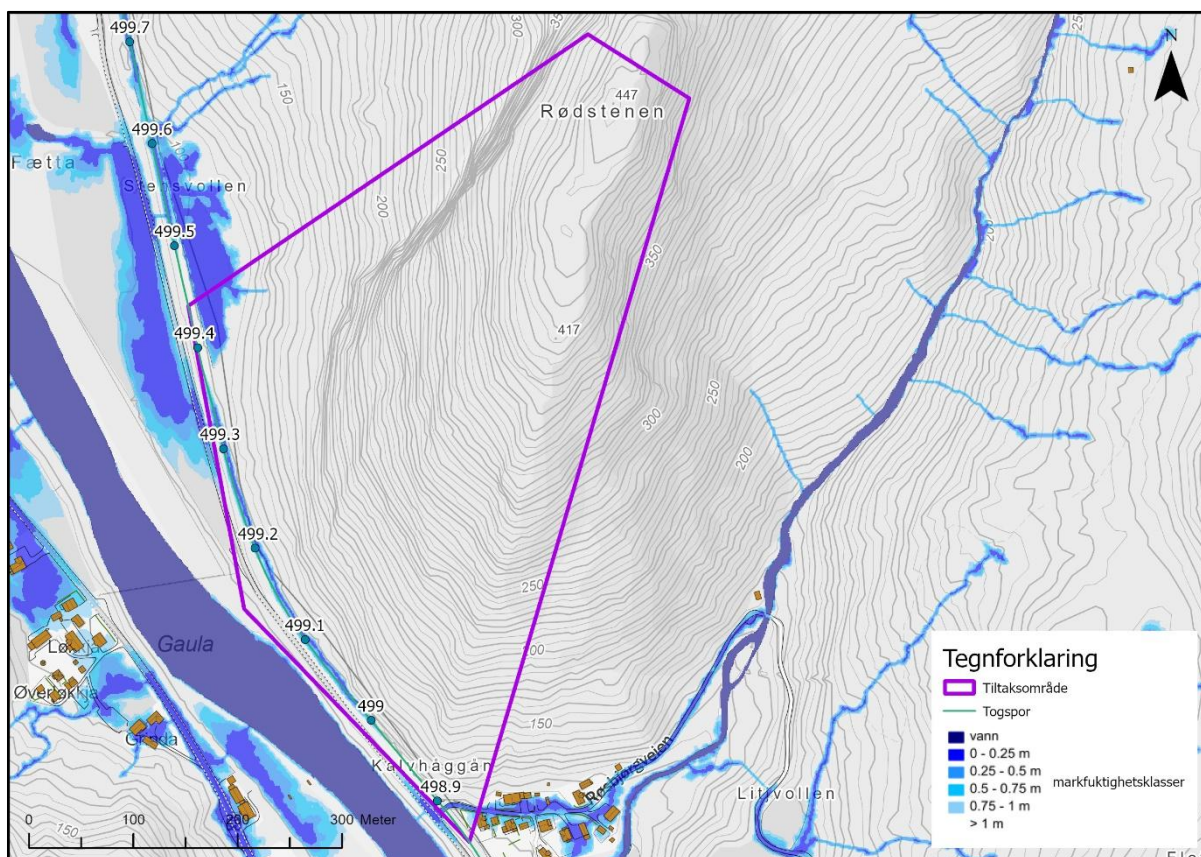


Figur 2-7: Bratt område med steile berghammere og bergskrenter hvor det er mindre kronedekning enn hva kartene fra NIBIO antyder.

2.4 Vannveier

NIBIOs markfuktighetskart [17] viser hvor det er størst sannsynlighet for økt fuktinnhold ut ifra terrengoverflatens helning. Kartet antyder at tiltaksområdet ikke vil være utsatt for større opphopninger av vann ved høy nedbørsmengde, annet enn nede i grøften langs jernbanen (Figur 2-8). Kartet antyder at det er lite definerte vannveier i tiltaksområdet, og at vannet vil drenere ut på sidene mot sørøst og mot nordvest.

Markfuktighetskartet stemmer i grove trekk med feltobservasjonene, hvor det ikke ble observert definerte vannveier og tydelige kanaliseringer i terrenget. Fjellsiden stammer fra et lite nedbørsfelt med rask avrenning. Markfuktighetskart tar ikke hensyn til stikkrenner som fører vann under jernbanen. I realiteten vil mye av vannet føres under jernbanen og ikke hope seg opp langs jernbanen slik markfuktighetskartet antyder.



Figur 2-8: Markfuktighetskart fra NIBIO [17].

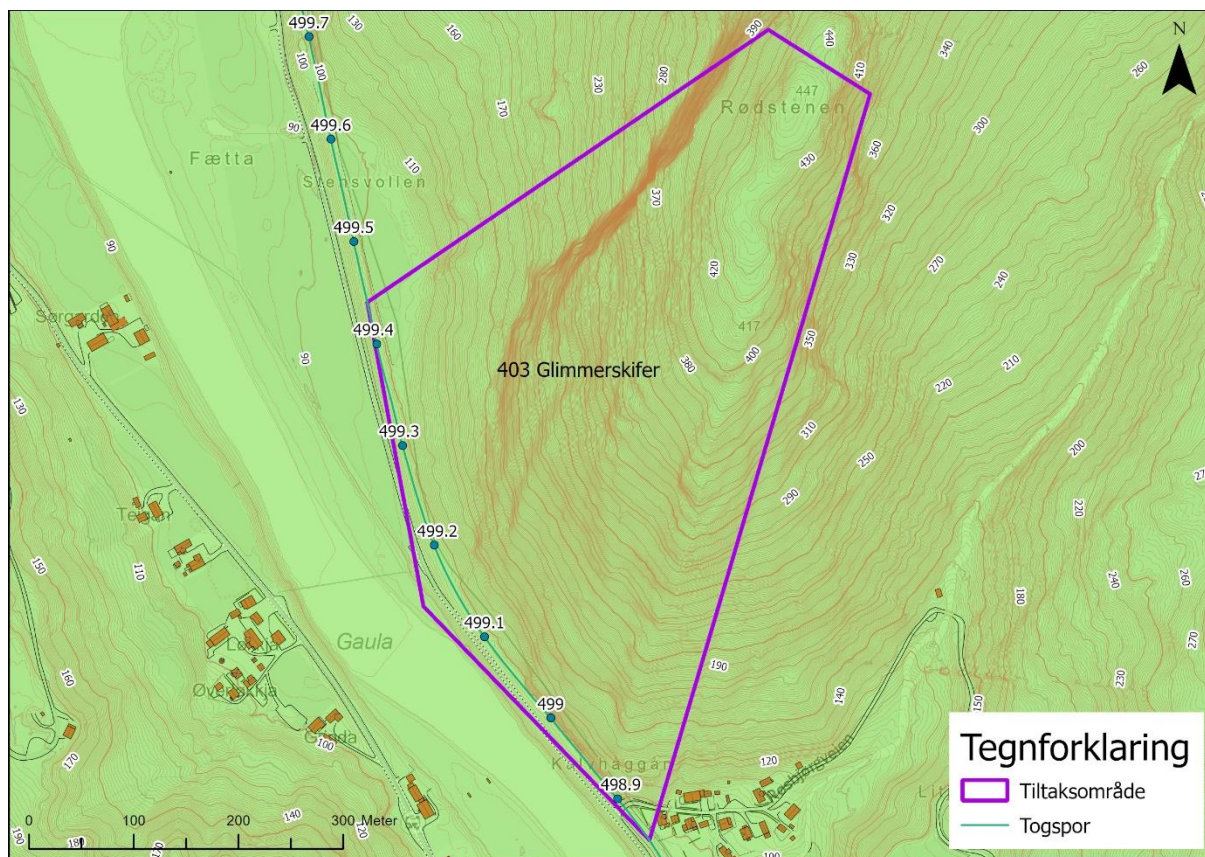
2.5 Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGU sin berggrunnsdatabase og berggrunnskart i målestokk 1:250 000 består berggrunnen i området av glimmerskifer (Figur 2-9) [14]. Ut ifra feltobservasjoner er berggrunnen i området mer kompleks, med innslag av grønnstein og grønnskifer, delvis med jerninnhold som gir brun rustavrenning på bergblotninger i området.

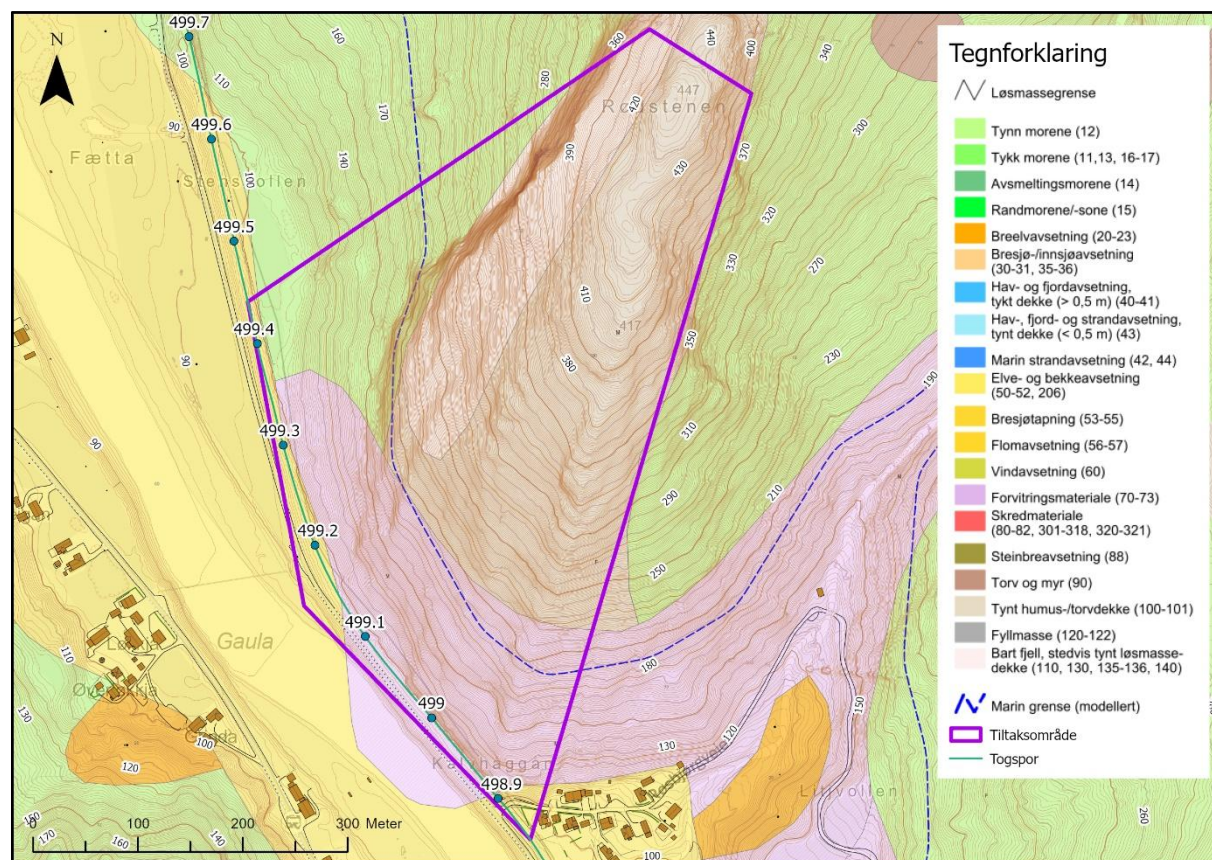
NGUs løsmassekart i målestokk 1:250 000 (Figur 2-10) viser en variasjon av fire typer avsetninger [14]:

1. Forvittringsmateriale (lilla)
2. Tynt morenedekke (lys grønn)
3. Tynt humus-/torvdekke (lys brun/grå)
4. Bart fjell, stedvis tynt løsmassedekke (lys rosa)

Løsmassekartet er i svært grov skala, og vil kun gi et overordnet bilde av løsmassene i området. Det er for grovt til å fange opp kompleksiteten i avsetningene langs fjellsiden. Klassifiseringen av løsmassene gir ikke et fullstendig bilde, da det omfattende innslaget av steinsprangavsetninger observert under befaring ikke er representert (se eksempel ved infopunkt 1.9 og 1.13 i vedlegg 1). I tillegg viser kartet bart fjell i områder hvor det i realiteten finnes et variabelt, men generelt tynt og usammenhengende løsmassedekke (stort sett under 0,5-1 m). Fjellsiden har mange bergblotninger, noe som understreker at løsmassedekket er tynt og usammenhengende.



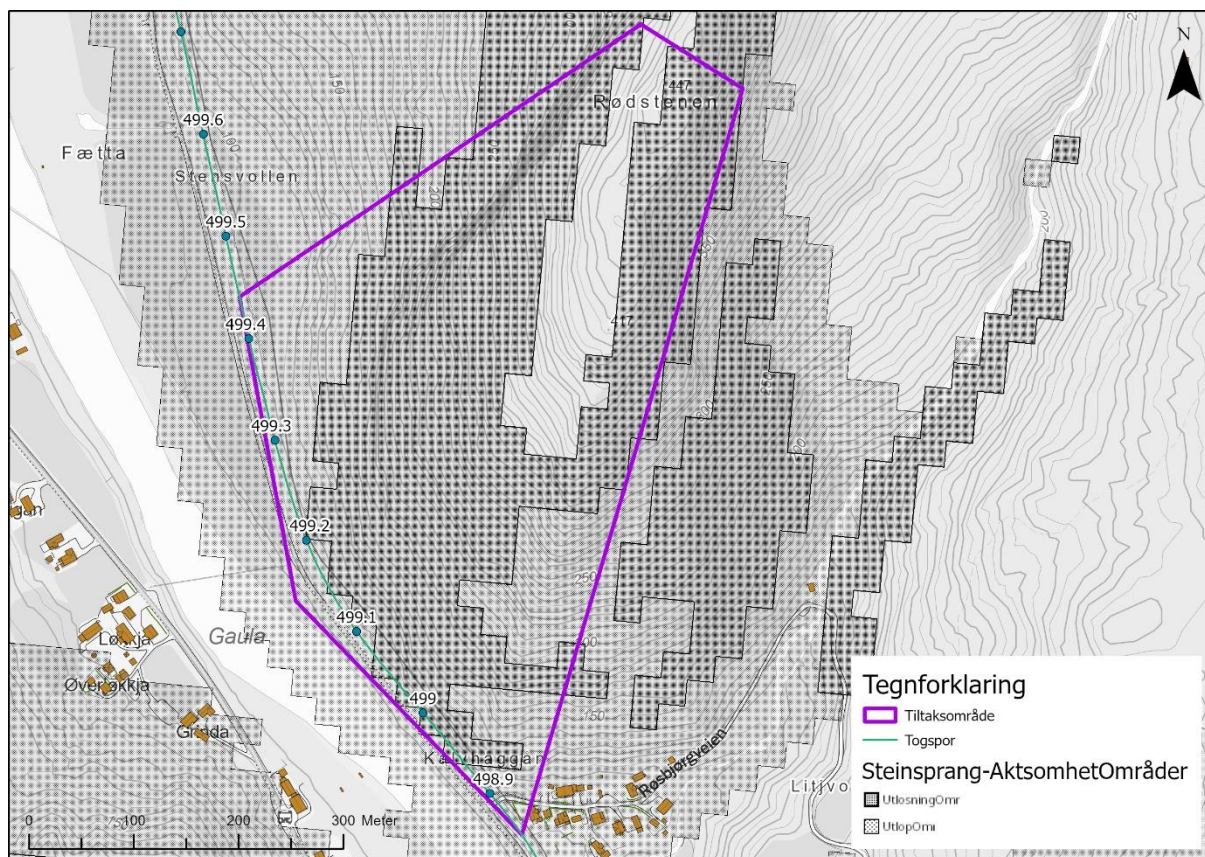
Figur 2-9: NGUs berggrunnskart i målestokk 1:250 000 [14].



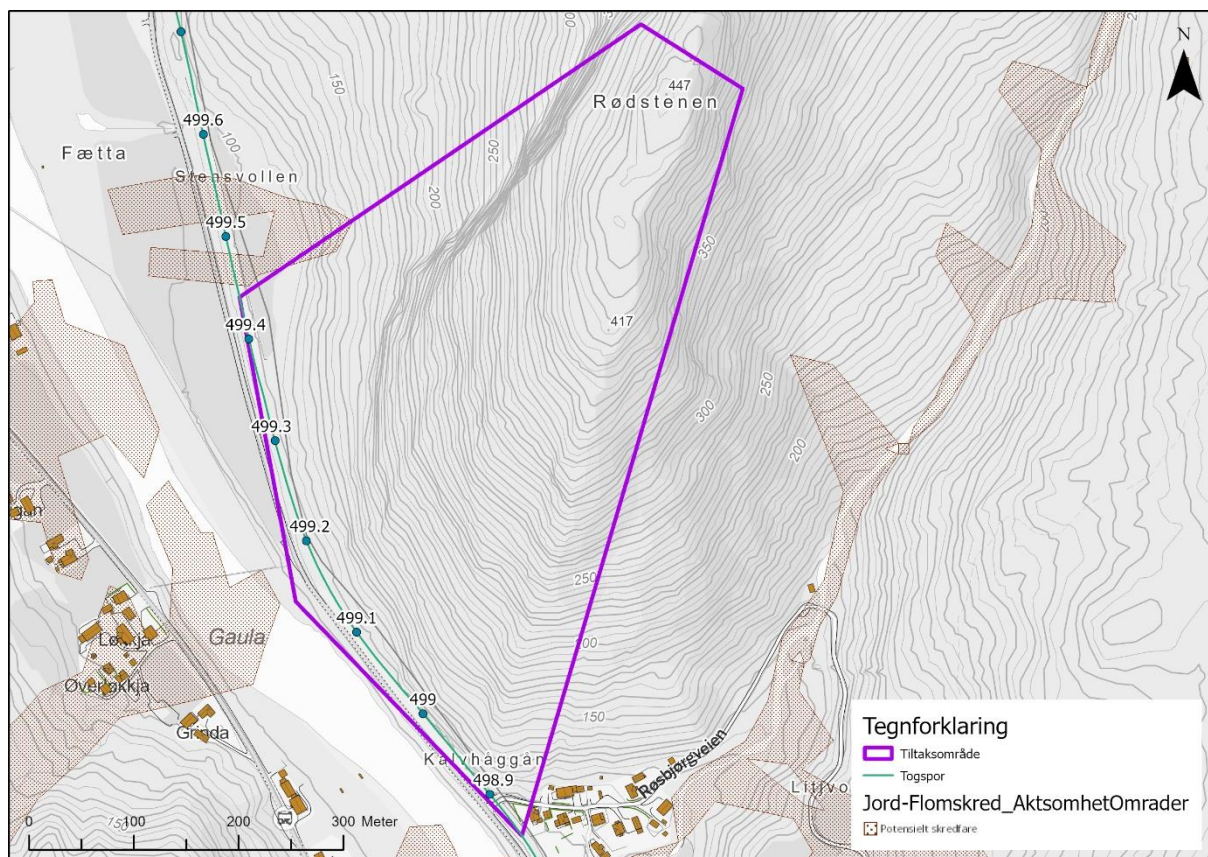
Figur 2-10: NGUs løsmassekart i målestokk 1:250 000 [14].

2.6 Aktsomhetskart

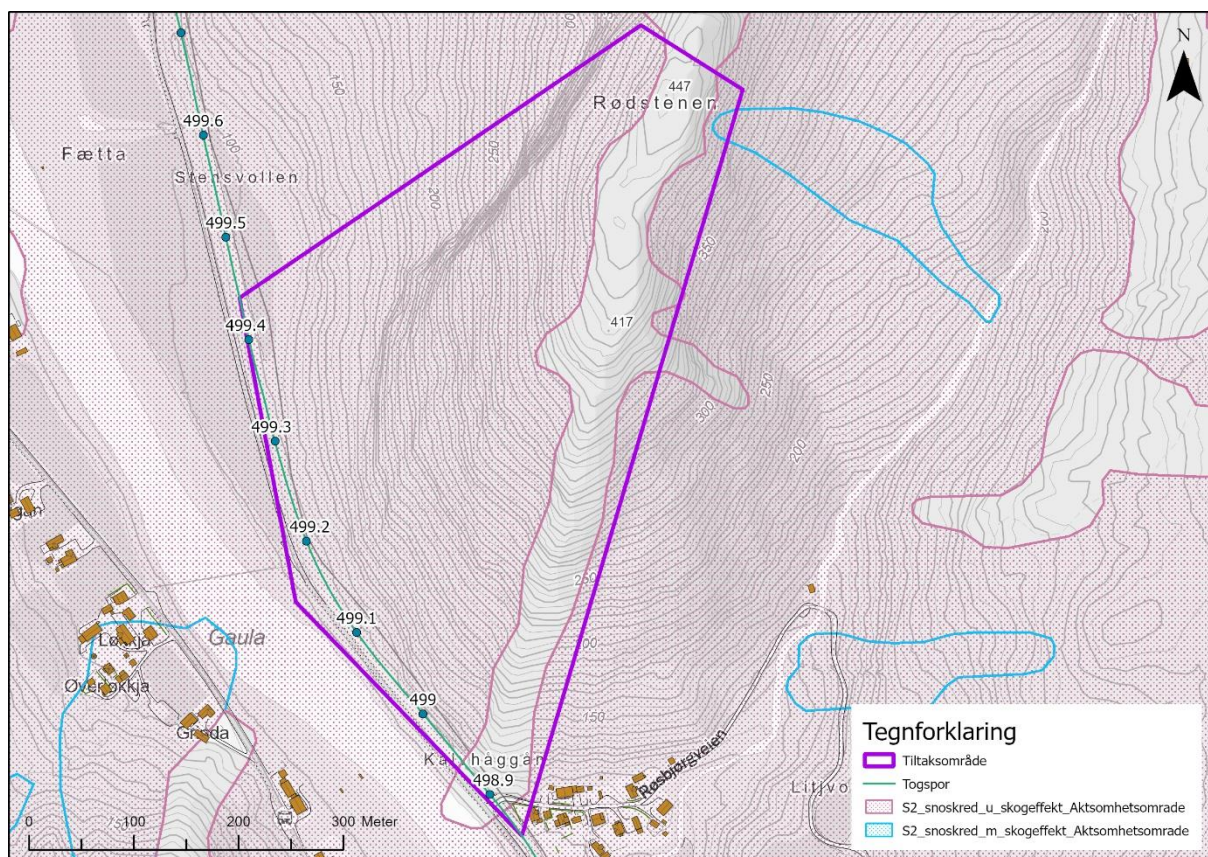
Figur 2-11, Figur 2-12 og Figur 2-13 viser aktsomhetskart for henholdsvis steinsprang, jord- og flomskred og snøskred. Kartene antyder at store deler av tiltaksområdet befinner seg innenfor aktsomhetsområde for steinsprang og snøskred (S2, uten skog) og kun små deler innenfor aktsomhetsområde for jord- og flomskred og snøskred (S2, med skog).



Figur 2-11: NVEs aktsomhetskart for steinsprang. [15]



Figur 2-12: NVEs aktsomhetskart for jord- og flomskred. [15]



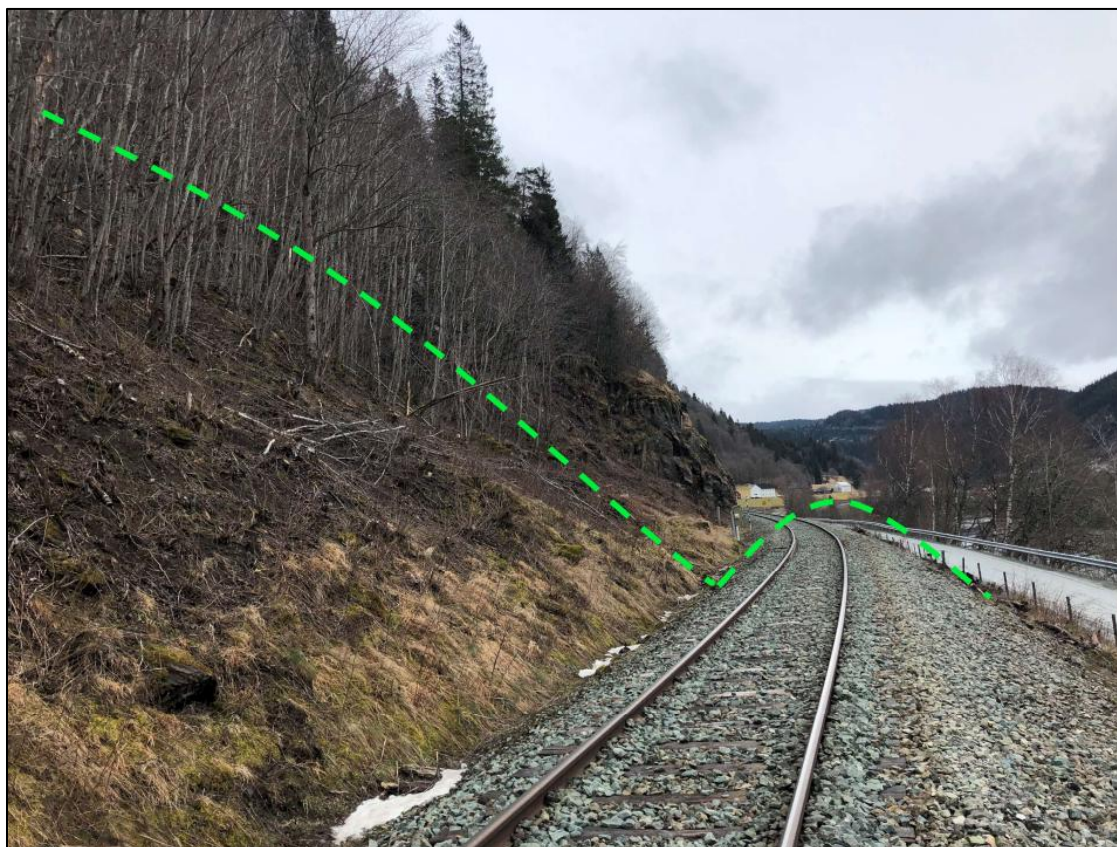
Figur 2-13: NVEs aktsomhetskart for snøskred. [15]

2.7 Skredhistorikk

I den nasjonale skreddatabasen [15] [16] er det registrert fem skredhendelser langs togstrekningen mellom km 498,85 og 499,44. De rapporterte hendelsene er oppsummert i Tabell 2-1, med nummerering som viser til Figur 2-16. De registrerte skredhendelsene antyder at steinsprang forekommer hyppigst. Lokalt driftspersonell for jernbanen kjenner ikke til ytterligere skredhendelser [21].

Tabell 2-1: Oppsummering av registrerte skredhendelser i området. Nummerering viser til Figur 2-16.

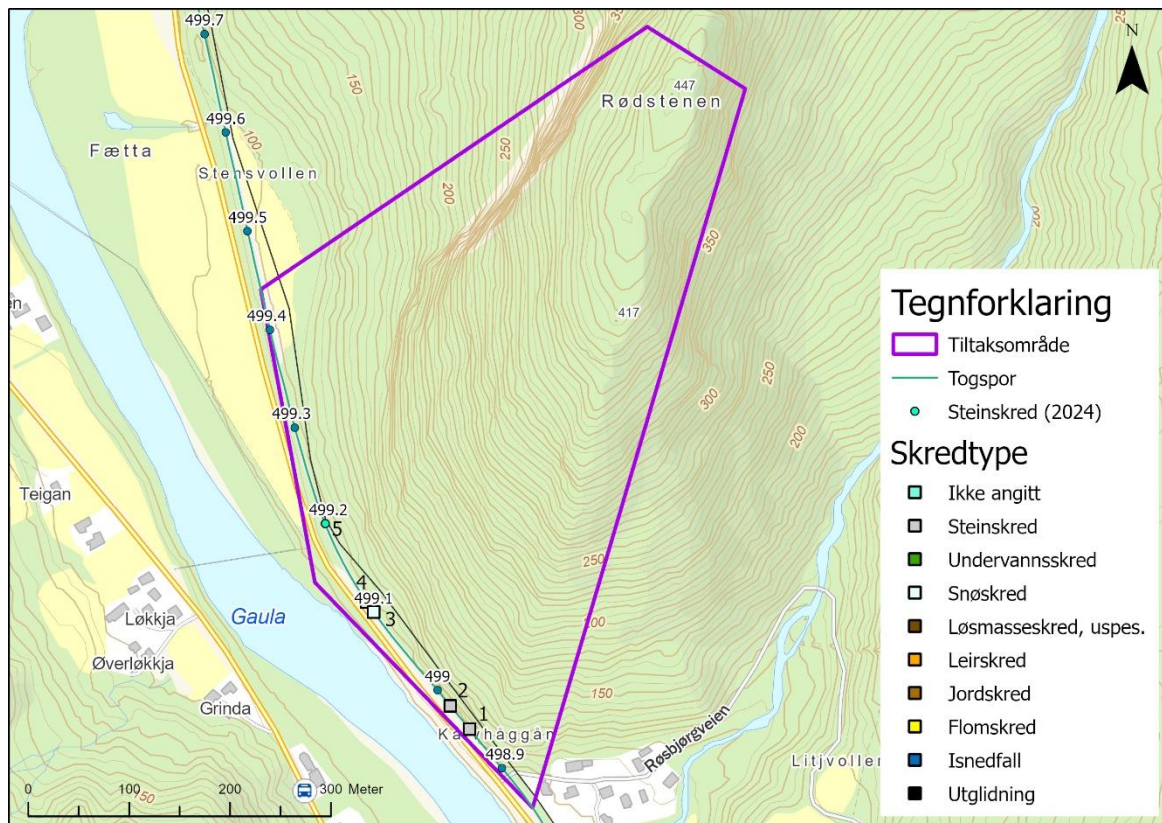
Nr.:	Dato:	Km.:	Type skred:	Beskrivelse:	Kommentar Norconsult:
1	24.11.1957	498,95	Steinsprang	Ingen ytterligere info.	Lite konkret informasjon
2	11.10.2017	498,98	Steinsprang	Størrelse: 0,5-5m ³	Lite konkret informasjon
3	09.03.1986	499,10	Snøskred	Ingen ytterligere info	Lite konkret informasjon
4	26.02.2021	499,11	Steinsprang	Isdannelse jekket ut en ca. 2m ³ steinblokk som traff sville-ende på høyre side av togsporet. Blokken hoppet over sporet og landet i grøften på nedsiden. Løsneområdet var ca. 150 m opp i terrenget. Se Figur 2-14.	Omtalt i eget notat [20], med god dokumentasjon og bilder.
5	25.03.2024	499,20	Steinsprang	Steinblokker med totalt volum på ca. 0,5-5m ³ (usikkert estimat) som raste ned hvor en steinblokk ble liggende på sporet. Blokken ble påkjørt av tog som fikk materielle skader. Det er noe usikkert hvor stor denne blokken faktisk var, men resten av blokken var 0,3 m ³ etter påkjørsel. Det var ingen store skader på infrastruktur. Se Figur 2-15.	Omtalt i eget notat [19], med god dokumentasjon og bilder.



Figur 2-14 Mulig utløpsbane for blokk fra steinspranget som gikk 26.02.2021 [20].



Figur 2-15 Resten av steinblokken som ble liggende på sporet 25.03.2024 og som ble påkjørt av tog, denne på ca. 0,3 m³ [19].



Figur 2-16: Registrerte skredhendelser i nærheten av tiltaksområdet [15] [16]. Nummerering av skredhendelser viser til Tabell 2-1.

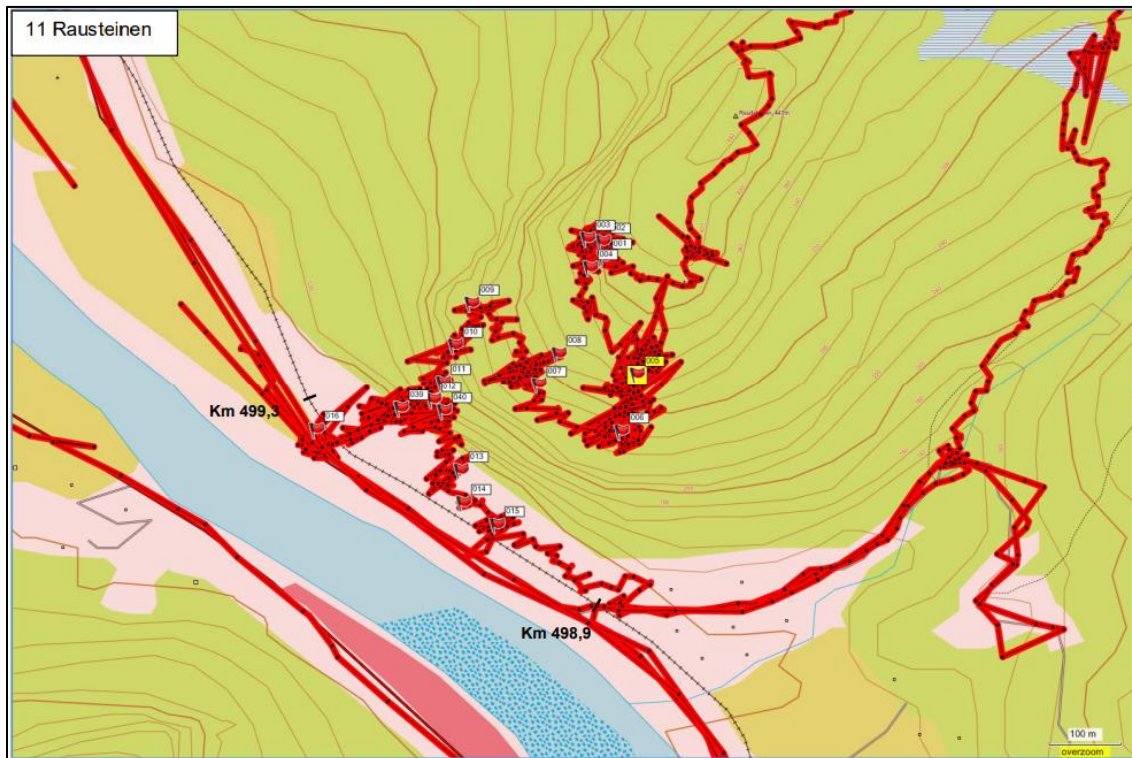
2.8 Eksisterende skredfarevurderinger

Norconsult er kjent med følgende skredfarevurderinger som er gjort for Rausteinen:

- Skredfarekartlegging Område Nord, Trøndelag og Innlandet, skredrapport med nytte-kostvurdering utført av Skred AS [2].
- Skredfarekartlegging Rørosbanen, detaljert nivå. Stensli (km 442) – Støren (km 510) utført av Sweco [1].
- Ingeniørgeologisk vurdering etter steinsprang, Rørosbanen – Km 499,100 utført utført av Awer Norge AS [19].
- Rørosbanen – Rognes KM 499,14. Nedfall av blokk ved sporet fra fjellet Rødstenen utført av Bane NOR [20].

Skredfarekartleggingen som er utført av Skred AS i 2023 [2] er utført på et overordnet nivå for flere jernbanestrekninger (totalt 383,8 km), uten detaljvurderinger i felt for hvert område. Skredfarevurderingen er i all hovedsak basert på registrerte skredhendelser, kartgrunnlag og befaring på et overordnet nivå og er ment for å danne grunnlag for å prioritere skredsikringstiltak langs jernbanen. Vurderingene som er utført støtter seg noe på vurderingene som ble utført av Sweco i 2013 [1].

Skredfarekartleggingen som er utført av Sweco i 2013 [1] er utført på et detaljert nivå med hovedfokus på punktsikring av enkeltobjekter og løснеområder for steinsprang. Det er ikke tatt stilling til mer helhetlig sikring av hele den utsatte strekningen, og ikke vurdert sikring i skredløpet for eksempel med fanggjerd. Befaringen ble utført på 1 dag, og flere deler av fjellsiden og mange potensielle løснеområder ble ikke dekket. Figur 2-17 viser sporlogg fra befaringen til Sweco.



Figur 2-17: Sporlogg fra befaringen til Sweco i forbindelse med skredfarevurdering [1].

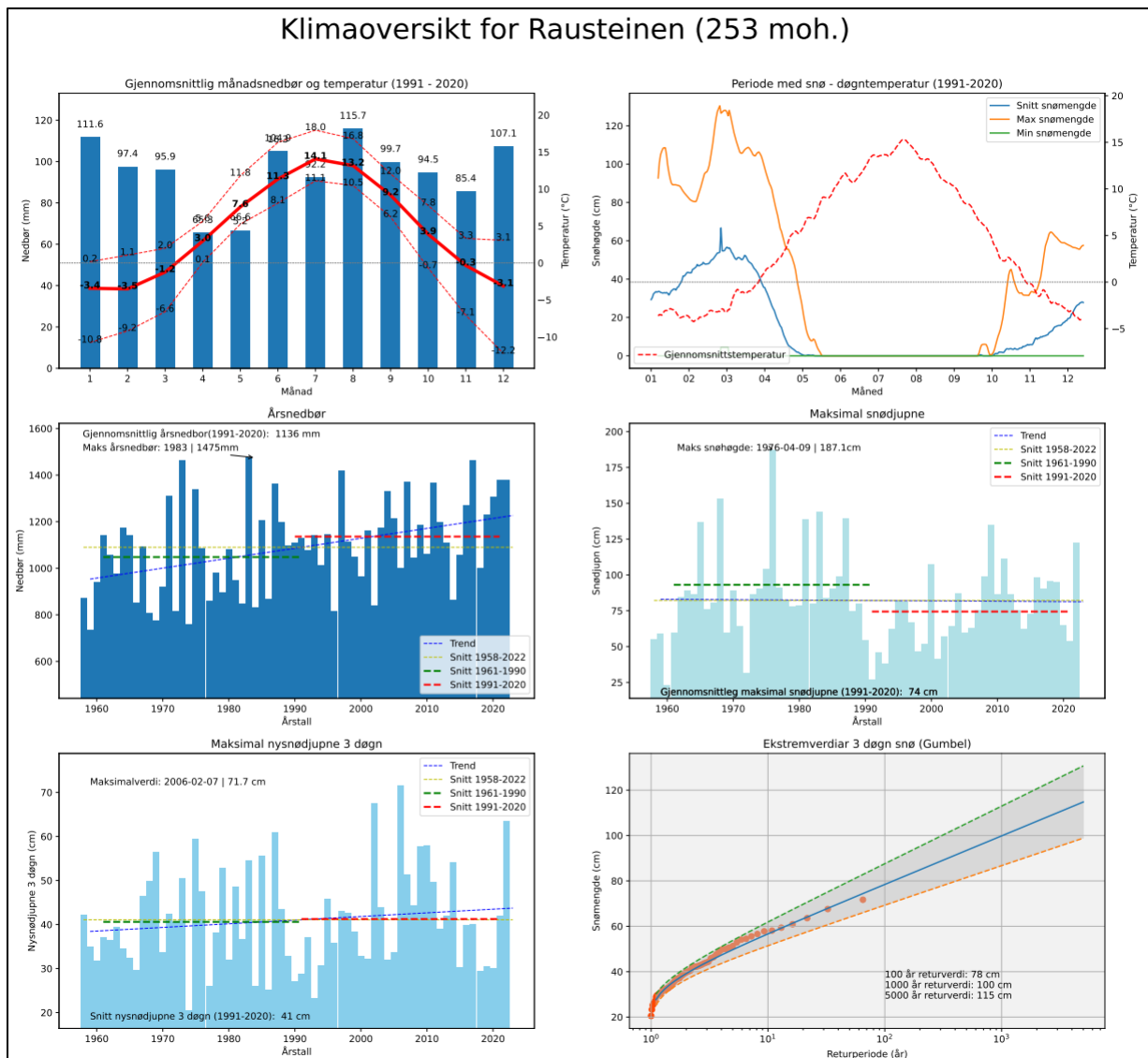
Vurderingene av Awer Norge AS i 2024 [19] og Bane NOR i 2021 [20] er utført i forbindelse med befaring i etterkant av skredhendelser (akuttvurderinger). Awer vurderte det slik at grunnet det uoversiktlige terrenget og mange potensielle løseområder vil det trolig være mer hensiktsmessig å erstatte den gamle sikringen med et mer robust tiltak som for eksempel fanggjerd framfor punktsikring oppe i sideterrenget.

2.9 Eksisterende sikringstiltak

Det er utført sikringstiltak i fjellsiden over jernbanen tidligere i flere omganger, i form av punktsikring av enkeltblokker og avløst berg i løseområder for steinsprang. Observert sikring er nærmere omtalt i kapittel 3.3.

2.10 Klima

Som grunnlag for skredfarevurderingen er en klimaoversikt hentet fra AV-klima [22] (Figur 2-18). Dataene er hentet fra et interpolert gridpunkt lokalisert midt i tiltaksområdet med modellhøyde på 253 moh. Klimadataene representerer beregnede verdier for 1 km² ruter, er ikke direkte målt ved fysiske værstasjoner men er basert på målinger fra nærliggende værstasjoner. Det er derfor forventet usikkerhet ved estimering av lokal returperiode for ekstreme nedbørshendelser. Kvaliteten og påliteligheten til klimadataene er sterkt avhengig av lengden på måleperioden ved de nærmeste værstasjonene som inngår i interpolasjonsgrunnlaget, antallet værstasjoner og plasseringen av værstasjonene i området rundt.



Figur 2-18: Klimadata fra Raustein. Modellhøyde 253 moh. [22].

2.10.1 Nedbør

Klimadataene for Raustein viser en gjennomsnittlig årsnedbør mellom 1991 og 2020 på om lag 1136 mm. Nedbørsmengden er størst rundt årsskifte og sensommeren hvor det er nedbør i overkant av 100 mm i måneden. Maksimal nedbør var i 1983, med ca. 1475 mm på ett år. Ut ifra klimadataen varierer den gjennomsnittlig månedstemperatur ved Raustein fra ca. $-3,4^{\circ}\text{C}$ i januar til ca. $14,1^{\circ}\text{C}$ i juli. Basert på gjennomsnittlige månedstemperaturer er det sannsynlig at mesteparten av nedbøren fra april til oktober kommer ned som regn og ikke som snø ved høyden 253 moh.

2.10.2 Snø

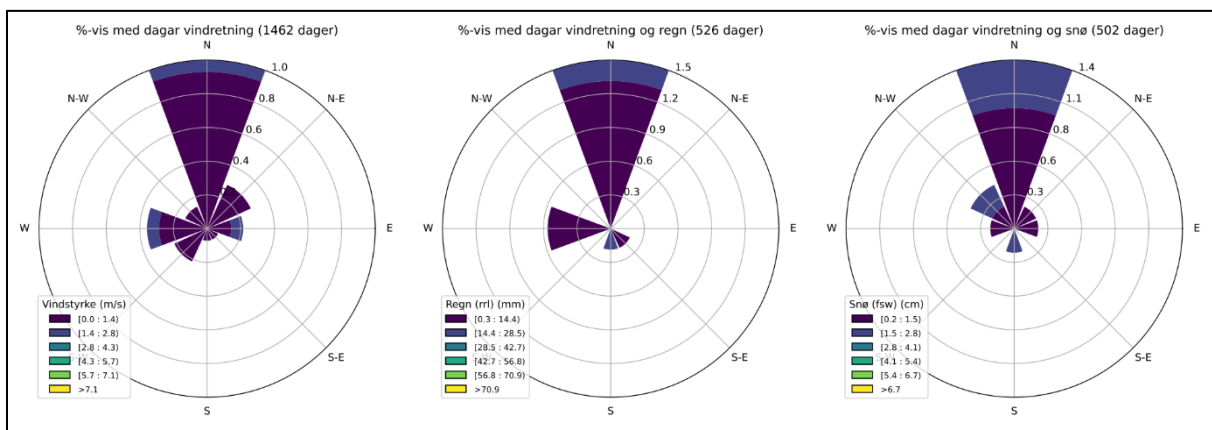
Ut ifra klimaanalysen kommer det frem at maksimal observert nysnødybde i løpet av 3 døgn er 71,7 cm, og ble målt 07.02.2006. Ekstremverdier for nysnødybde 3 døgn er; 78 cm for returperiode på 100 år, 100 cm for returperiode på 1000 år, og 115 cm for returperiode på 5000 år. Gjennomsnittlig snømengde er størst i månedene februar til april, hvor det ligger rundt 50 cm i terrenget.

Det er viktig å påpeke at modellhøyden i klimaanalyse er satt til 253 moh., som er omtrent midt på Rausteinens fjellside. Dette er ca. 200 m under Rausteinens høyeste punkt på ca. 447 moh. Det er å forvente at snømengden høyere opp kan være større enn hva som fremstår av dataene fra AV-klima.

2.10.3 Vind

Vinddata er innhentet fra AV-klima og visualisert gjennom tre separate vindrosediagrammer (Figur 2-19). Diagrammet til venstre antyder de hyppigste vindretningene i området, mens de to øvrige antyder de hyppigste vindretningen som gir henholdsvis nedbør som regn og nedbør som snø. Vindretningene er angitt som prosentvis sannsynlighet, basert på forekomst under de spesifikke værtypene. Analysen viser at nordlige vindretninger er dominerende under alle forhold ved Rausteinens, og at mesteparten av nedbøren kommer fra nordlig vindretning. Dette er sannsynligvis en konsekvens av at vindmålingene fra nærliggende værstasjoner er lokalisert i dalfører som er vendt omtrent nord-sør, og som er påvirket av omkringliggende topografi. I dette dalføret veksler dalføret fra å gå i retning omtrent nord-sør og øst-vest.

I denne dalen av landet kommer det erfaringsmessig mest nedbør fra sørvest, vest og nordvest. Vestlig og nordvestlig vindretning gir ofte en kaldere værtype og oftere nedbør som snø på vinterstid, mens sørvestlig vindretning gir en mildere værtype og normalt nedbør som regn.



Figur 2-19: Vindroser med prosentvis fordeling fra Rausteinens, som antyder dominerende vindretninger (til venstre), og hvilke vindretninger som gir mest nedbør som regn (i midten) og snø (til høyre). [22]

2.10.4 Endring i klima

Klimaendringer vil kunne forandre forutsetningene for skred fremover i tid og det er dermed undersøkt forventet klimaendring ut ifra norsk klimaservicesenters analyse [23].

I Sør-Trøndelag, hvor Rausteinens befinner seg, forventes klimaendringene å gi hyppigere episoder med kraftig nedbør og økt overvann. Innen 2100 er nedbøren forventet å øke med ca. 20 % hvor økningen vil være størst på sommeren og høsten (henholdsvis 20 og 25 %), og minst på vinteren og våren (5 %). Det forventes at forekomsten av steinsprang og steinskred vil øke ettersom de kraftige nedbørshendelsene kan øke de drivende kreftene som trengs for å utløse steinsprang og remobilisere stein og blokker i terrenget. Forekomsten av jord- og

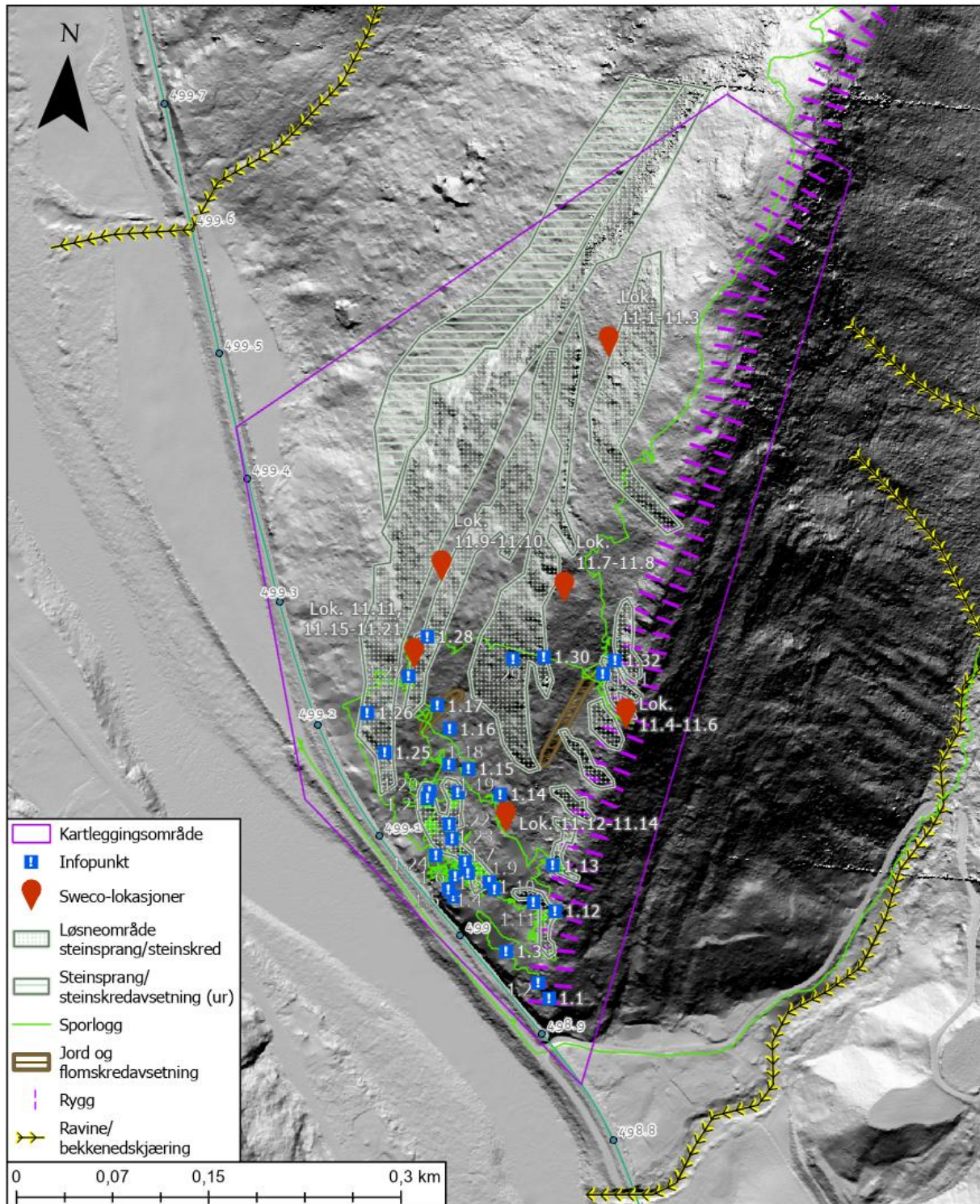
flomskred er også ventet å øke noe. Kombinasjonen av regn på snødekt underlag og kortere isleggingssesong kan også bidra til økt risiko for våtsnøskred ved Rausteinen. Figur 2-20 gir et sammendrag av forventede endringer fra perioden 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer.

SANNSYNLIG ØKNING		MULIG SANNSYNLIG ØKNING	
 Ekstrem nedbør	Det forventes at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann	 Tørke	Til tross for mer sommernedbør, kan høyere temperaturer og økt fordampning gi økt fare for tørke om sommeren
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer, og i mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringen	 Isgang	Kortere isleggingssesong, hyppigere vinterisganger samt isganger høyere opp i vassdragene enn i dag
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder	 Snøskred	Med et varmere og våtere klima vil det oftere regne på snødekt underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke	 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av økt flom i elver og bekker, kan utløse flere kvikkleireskred. Sør-Trøndelag er særlig utsatt for kvikkleireskred.
SANNSYNLIG UENDRET ELLER MINDRE		USIKKERT	
 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret	 Sterk vind	Trolig liten endring
		 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsaklig for mindre steinspranghendelser
		 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred

Figur 2-20: Sammendrag av forventede endringer fra perioden 1971–2000 til 2071–2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnsikkerheten i Sør-Trøndelag. [23]

3 OBSERVASJON

Figur 3-1 viser registreringskart over området som sammenstiller observasjoner som har betydning for skredfarevurderingen. Det er tegnet på løснеområder for steinsprang/steinskred, sammenhengende avsetninger fra steinsprang/steinskred (ur) og små avsetninger fra jord- og flomskred. Det er ikke tegnet inn løснеområder for andre typer skred, da kun steinsprang vurderes som reelt. Det er heller ikke tegnet inn enkeltblokker og mer usammenhengende avsetninger fra steinsprang.



3.1 Befaringsobservasjoner

Vedlegg 1 gir en beskrivelse av hvert infopunkt fra befaringen med bilder, hvor lokaliseringen er vist i Figur 3-1. I tillegg er noen av punktene fra befaringen til Sweco i 2013 tatt med, det gjelder særlig de punktene hvor det er vurdert behov for sikringstiltak. Sweco har hatt noe bedre dekning i nordlig del av fjellsiden og Norconsult noe bedre i sørlig del av fjellsiden. Hvor det i rapporten henvises til infopunkt henvises det til vedlegg 1.

Det observeres avsetninger som trolig stammer fra steinsprang i store deler av fjellsiden, både av antatt nyere og eldre dato. De fleste stedene er avsetningene spredt og usammenhengende, men under den store berghammeren i nordlig del av området er det mer sammenhengende avsetninger i ur. De fleste steinblokkene som er observert er ca. 1 m^3 (for eksempel infopunkt 1.3, 1.5 og 1.12) eller mindre, men enkeltblokker har volum inntil $5\text{--}10 \text{ m}^3$ (for eksempel infopunkt 1.4 og 1.31). De fleste steinblokkene er kantete, avlange og flate (for eksempel infopunkt 1.4, 1.11 og 1.12). Enkelte av steinblokkene er imidlertid noe mer avrundet i kantene og noe mindre avlange (for eksempel infopunkt 1.17 og 1.31). Det observeres spor fra steinsprangaktivitet i form av synlige sår/spor i bergskrentene fra utfall, spor i vegetasjonen, treffmerker på trær og skredskadet skog.

Observerte utløpslengder for steinsprangene varierer ut fra terrenget og blokkformen. Mange steder er det ganske flatt like under bergskrentene/løsneområdene, som medfører at steinblokkene stopper raskt. Andre steder er det bratt, noe som medfører at de skyter mer fart. Kantete, flate og avlange steinblokker har kortere utløpslengder, mens mer avrundede og mindre avlange steinblokker har betydelig lengre utløp. Det er ikke observert spor som kan indikere høy energi slik som store krater/treffmerker i terrenget, spor etter steinsprut/flogstein og treffmerker høyt på trærne.

Det observeres mange bergskrenter i fjellsiden med ulik høyde, fra lave bergskrenter på ca. 1-2 m til høye berghammerne i den nordlige delen av området med høyde på inntil 80-100 m. Mange steder er det berg eller steinblokker som er helt eller delvis sprekkeavløst, med ugunstig oppsprekking. I tillegg er det observert steinblokker som ligger i terrenget, og som kan remobiliseres. Det er dermed mange potensielle løsneområder for steinsprang i fjellsiden, og krevende å få oversikt over alle. Enkelte bergskrenter og enkeltblokker ligger slik til at det er vanskelig å komme til, og en del ligger skjult under vegetasjon eller tett skog.

Det er tidvis mye trær og tett vegetasjon i fjellsiden, som vokser rundt bergskrenter og enkeltblokker. Det er dermed mange steder potensielle for rotsprengning/rotvelt, som kan gjøre enkeltblokker og bergparti ustabile over tid og være utløsende årsak til at det går et steinsprang. Flere steder observeres det synlige spor etter utfall, hvor det henger røtter og hvor rotsprengning eller rotvelt trolig har vært utløsende eller medvirkende årsak til utløsning av steinsprang (for eksempel infopunkt 1.8 og 1.27).

Det observeres lite synlige spor etter rennende vann og opphopning av vann i større områder i fjellsiden. Fjellsiden bærer preg av rask avrenning fra et lite nedbørsfelt. Det er ikke observert spor etter større løsmasseskred i fjellsiden, kun små og grunne utglidninger og erosjon i bratt terreng. Den generelle oppfatningen er at det er et tynt løsmassedecke i fjellsiden, med mye oppstikkende bergskrenter.

3.2 Observasjoner fra grunnlagsmateriale

Flyfoto fra området fra 1956 til og med 2022 [13] antyder at det ikke er synlige spor etter større skredhendelser i fjellsiden i denne perioden, slik som skredskadet skog eller avsetninger fra skred. Det kan ha gått steinsprang ned i elva Gaula, men elvebanken har forandret seg mye siden 1956 og frem til i dag. Steinblokker som potensielt kan ha havnet ut på jordbruksareal kan ha blitt fjernet.

Skyggerelieff som er generert fra digital terrengmodell [12] over området antyder at det er lite spor etter større skredhendelser i fjellsiden, men at det er steinblokker som trolig stammer fra steinsprang spredt over store deler av fjellsiden. Avsetningene er usammenhengende og spredt, men under den høye berghammeren i den nordlige delen av området er det mer sammenhengende avsetninger i ur. Det observeres synlige forsenkninger og spor etter det som kan være fra små jord- og flomskred eller mindre massetransport flere steder, men disse er små i størrelse og har korte utløp. Skyggerelieff antyder at det er mye oppstikkende bergskrenter og generelt tynt og usammenhengende løsmassedekke.

3.3 Eksisterende sikringstiltak

Mye av eksisterende sikringstiltak i fjellsiden er av gammel dato, tydelig avrustet og hvor sikringseffekten i dag er begrenset. Mange steder er det montert dybler i foten av enkeltblokker eller bergparti, og enkelte steder er det sikret med stag eller wire. Alderen på eksisterende sikring er ukjent [21]. Tabell 3-1 gir en oppsummering av observerte sikringstiltak i fjellsiden med antatt alder, sikringseffekt og eksempel.

Tabell 3-1 Oppsummering av observerte sikringstiltak i fjellsiden.

Sikringstiltak:	Alder:	Sikringseffekt:	Eksempel (infopunkt):
Dybler (dimensjon ca. 34 mm og ca. 65-70 mm)	Usikker, eldre dato (Over 50 år?)	Begrenset, enkelte svært begrenset.	1.1, 1.7, 1.9, 1.13, 1.14, 1.21, 1.22, 1.24, 1.25, 1.28. (Sweco: 11.4, 11.6, 11.8, 11.12, 11.13, 11.16, 11.17, 11.18, 11.19)
Stag	Usikker, eldre dato (Over 50 år?)	Begrenset.	1.12, 1.22, 1.29, 1.30, 1.32 (Sweco: 11.5, 11.6)
Wire	Usikker, eldre dato (Over 50 år?)	Begrenset.	1.27. Sweco: 11.6.
Sikringsbolt, korrosjonsbeskyttet og trolig endeforankret.	Siste 5 år?	God.	1.27.

4 MODELLERING

Som støtte til å vurdere blant annet utløpslengde, spranghøyde og kinetisk energi til steinsprang er det valgt å utføre simuleringer av steinsprang i fjellsiden i to ulike programvarer, i den tredimensjonale modellen RAMMS Rockfall (RAMMS:Rockfall versjon 1.7.65) og den todimensjonale modellen RocFall fra Rocscience (versjon 8.005).

4.1 Simulering av steinsprang i RAMMS Rockfall

RAMMS Rockfall er et dynamisk tredimensjonalt modelleringsverktøy hvor steinsprang simuleres i en fjellside og hvor simulerte steinblokkers utløpslengde, spranghøyde, hastighet, rotasjonshastighet, rotasjonsenergi og kinetisk energi ved et gitt sted kan fastslås. Som inngangsparametere til modelleringen kan blant annet blokkform, blokkstørrelse og materialparametere til fjellsiden defineres. En digital terrengmodell av fjellsiden er grunnlag for terrengformen hvor steinsprang simuleres. Simuleringer kan gjøres med eller uten skog [24].

En simulering i et modelleringsverktøy som dette har imidlertid alltid usikkerhetsmomenter. Simuleringen vil alltid være en teoretisk tilnærming som kan avvike fra reelle situasjoner på stedet, men vil være et nyttig hjelpemiddel og god støtte for å vurdere blant annet utløpslengde, spranghøyde og kinetisk energi til et steinsprang.

4.1.1 Parametervalg og utført simulering

Det er utført steinsprangsimuleringer i RAMMS Rockfall med blokkvolum på 1 og 2 m³, med og uten effekten av skog. Blokkvolum på 1 m³ vurderes som det mest representative tilfellet ut fra observerte forhold i området, og 2 m³ som et mer konservativt og sjeldnere tilfelle. Det er valgt en noe konservativ blokkform med en noe mer avrundet form enn de fleste observerte steinblokkene. Simulert blokkform er altså for noe sjeldnere tilfeller. Tabell 4-1 gir en oppsummering av valgte inputparametere.

Tabell 4-1 Input-parameter til steinsprangsimuleringen i RAMMS Rockfall.

Inputdata:	Verdi:	Merknad:
Oppløsning, terrengmodell	2 m	
Terrengparameter	Bart fjell: Hard Ur: Medium Dyrket mark: Soft Øvrige deler: Medium soft	
Blokkform	Real_Flat_1.8	
Blokkvolum	1 og 2 m ³	
Bergartsenhet	2700 kg/m ³	
Antall simuleringer	3540 stk.	
Skogtype	Både med og uten	Med skog: Partier med medium (35 m ² /ha) og tett skog (50 m ² /ha)

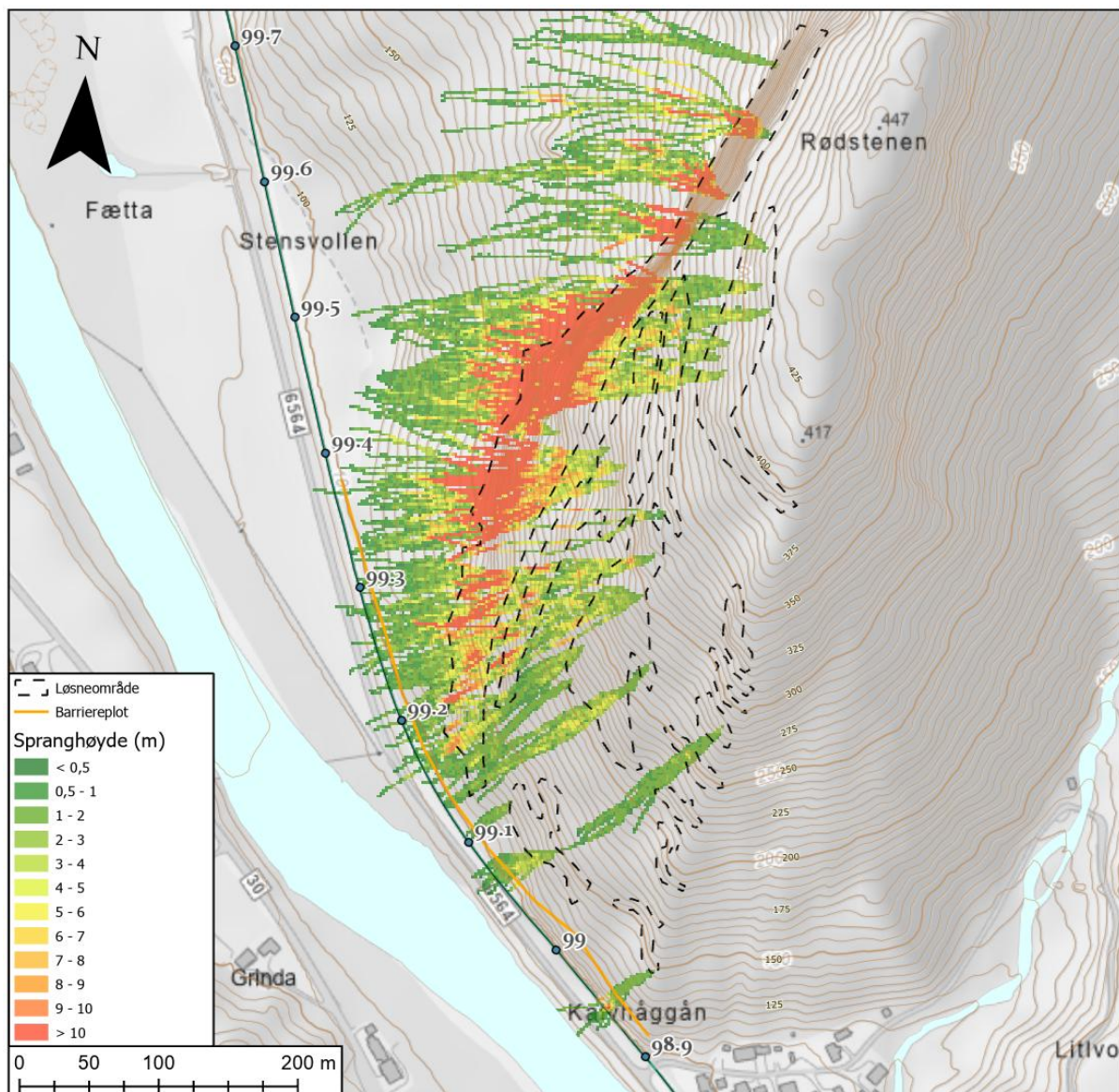
4.1.2 Resultater fra simulering

Tabell 4-2 gir en oppsummering av resultatene for simuleringene som er utført med antall steinblokker som treffer barriereplottet og spranghøyden og den kinetiske energien for steinblokker ved barriereplottet. Barriereplottet er en linje som er definert i modellen, hvor det tas ut statistikk for blant annet spranghøyde og kinetisk energi for steinsprang. I dette tilfellet er barriereplottet definert like over jernbanen, omtrent hvor det vil være naturlig å ha et sikringstiltak i skredløpet (for eksempel fanggjerde). Antall steinblokker angir blokker som treffer jernbanen i forhold til det totale antallet simulerte steinblokker.

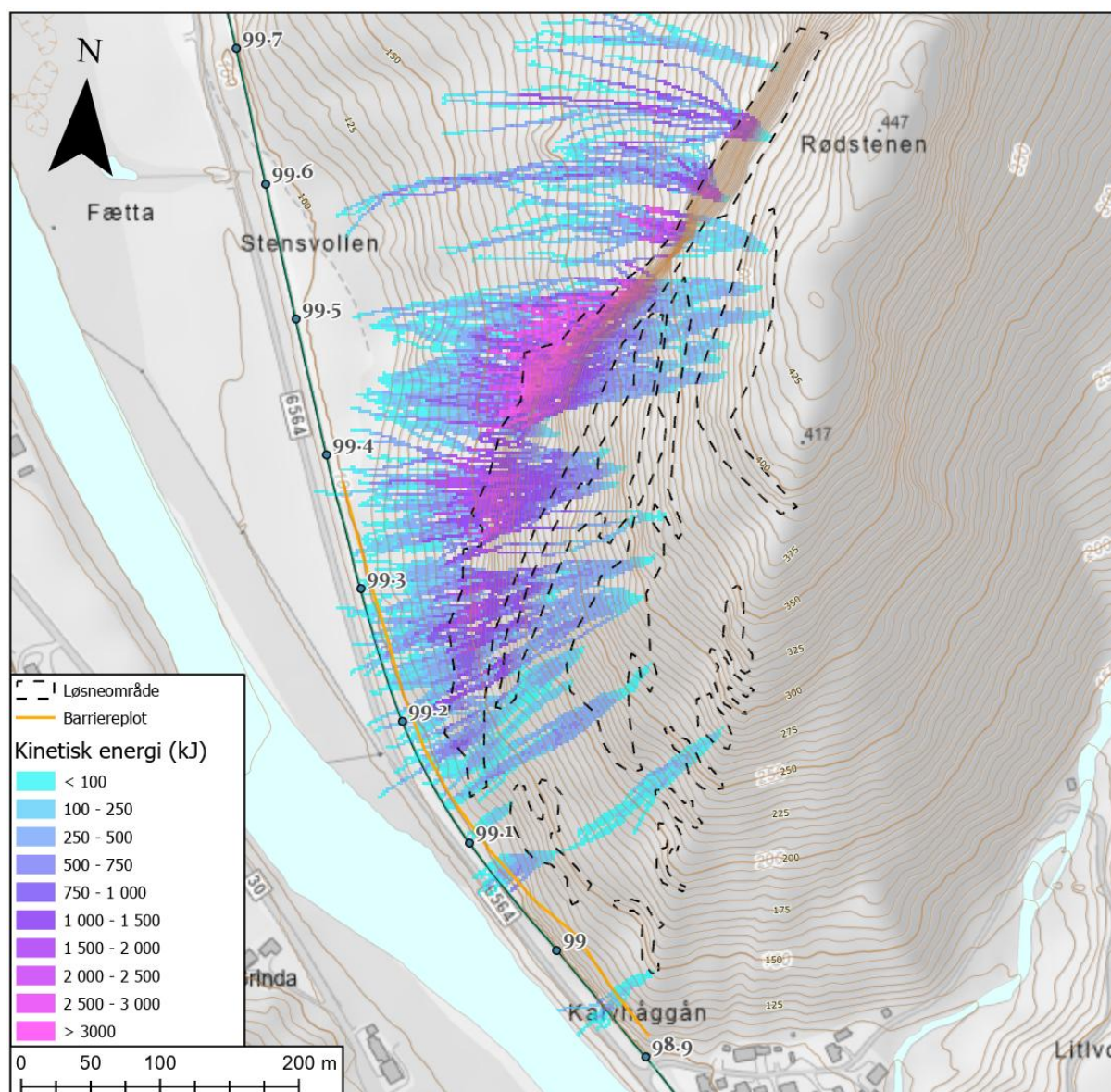
Tabell 4-2: Oppsummering av resultater for simulering i RAMMS Rockfall.

	Med skog 1 m ³ :	Uten skog 1 m ³ :	Med skog, 2 m ³ :	Uten skog, 2 m ³ :
Antall steinblokker	619/3540	1257/3540	954/3540	1350/3540
Spranghøyde 90-persentil	1,54 m	3,29 m	2,34 m	3,63 m
Spranghøyde 95-persentil	1,95 m	4,54 m	3,02 m	5,19 m
Energi 90-persentil	259 kJ	752 kJ	841 kJ	1672 kJ
Energi 95-persentil	370 kJ	948 kJ	1122 kJ	2104 kJ

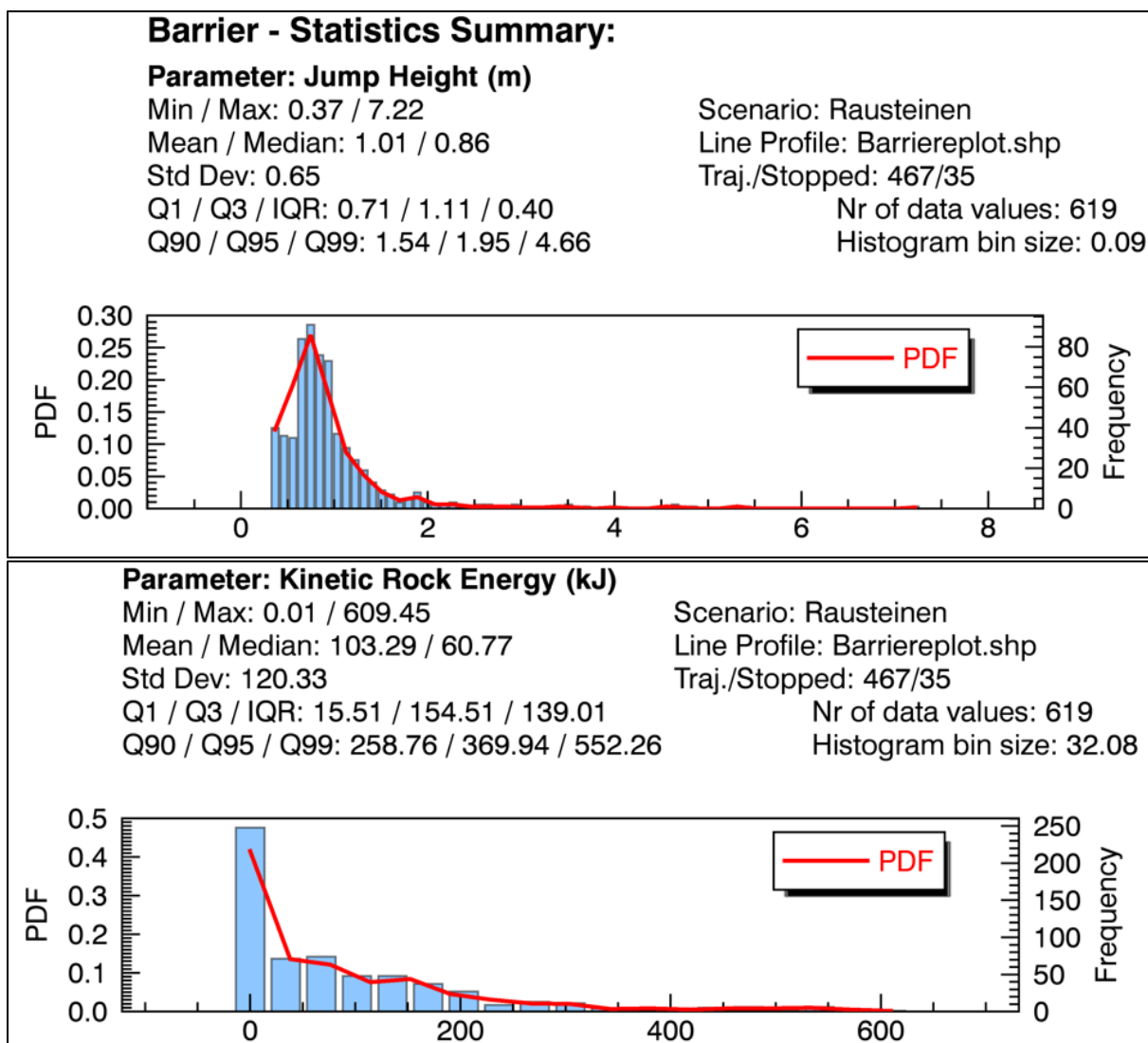
Figur 4-1 - Figur 4-6 viser resultater av simuleringene som er utført med 1 m³ blokkvolum med og uten skog og statistikk som er tatt for ved barriereplottet.



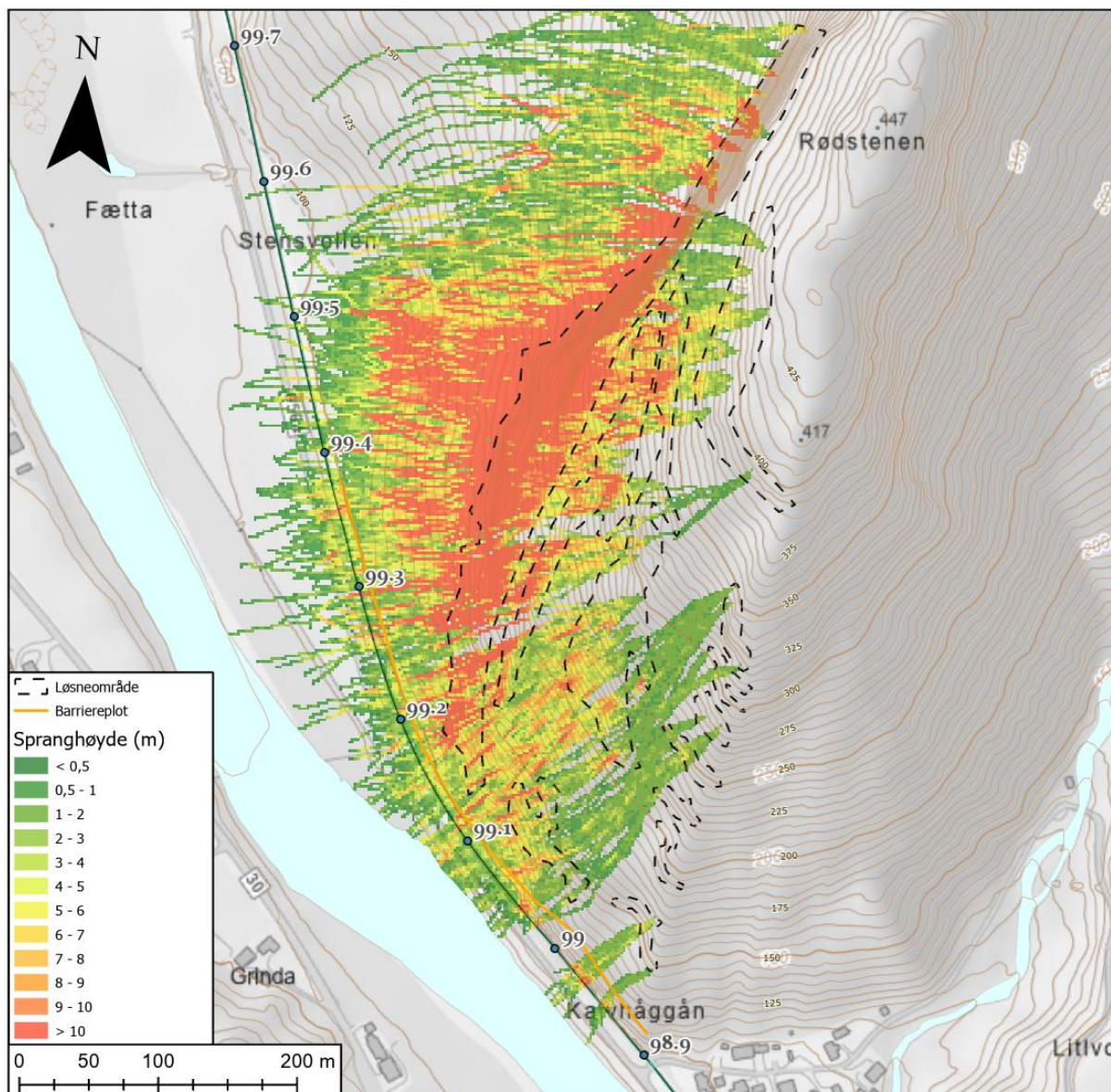
Figur 4-1: Simulering i RAMMS Rockfall som viser spranghøyde (m), med skog med 1 m³ blokkvolum.



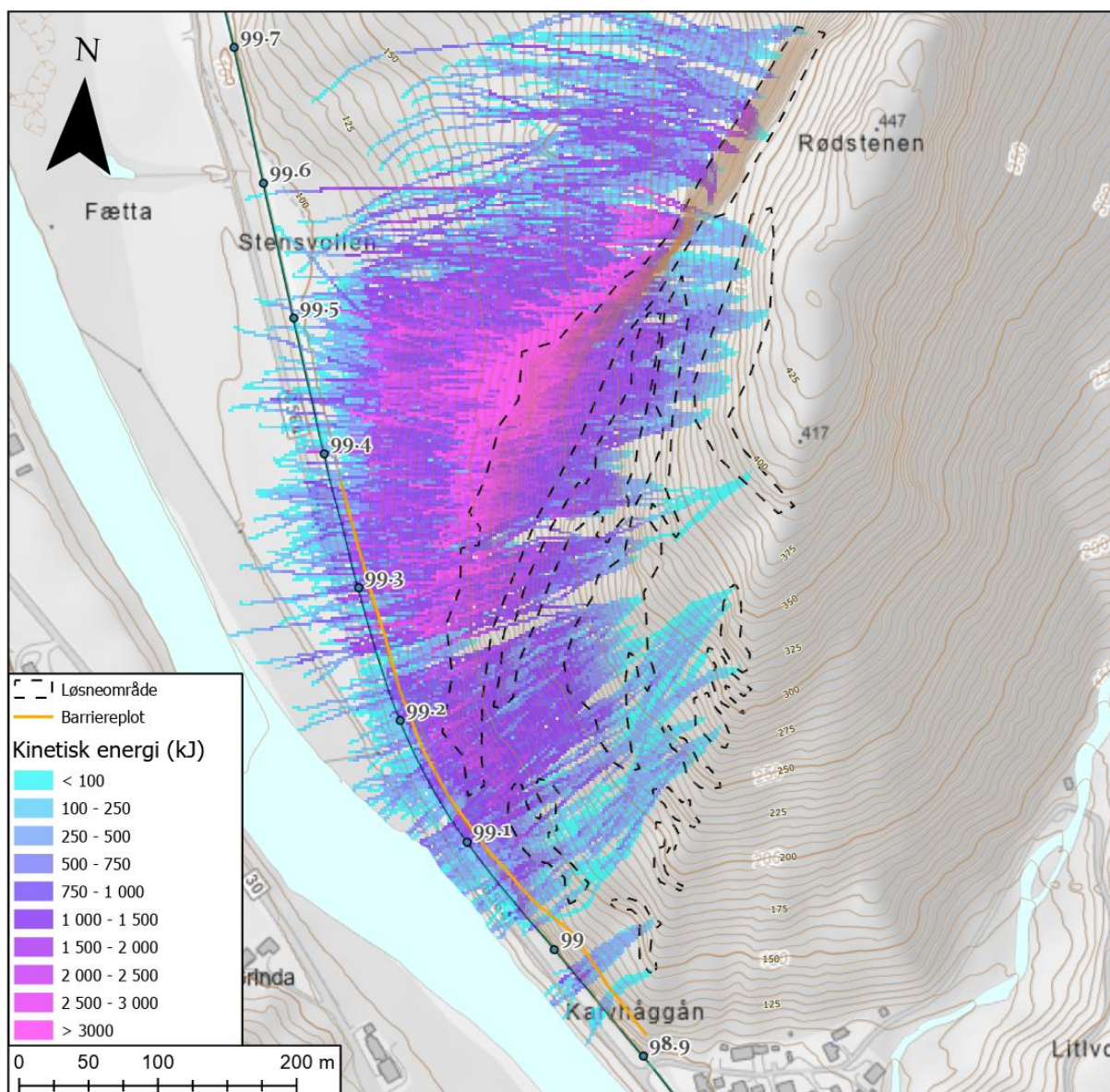
Figur 4-2: Simulering i RAMMS Rockfall som viser kinetisk energi (kJ), med skog med 1 m³ blokkvolum.



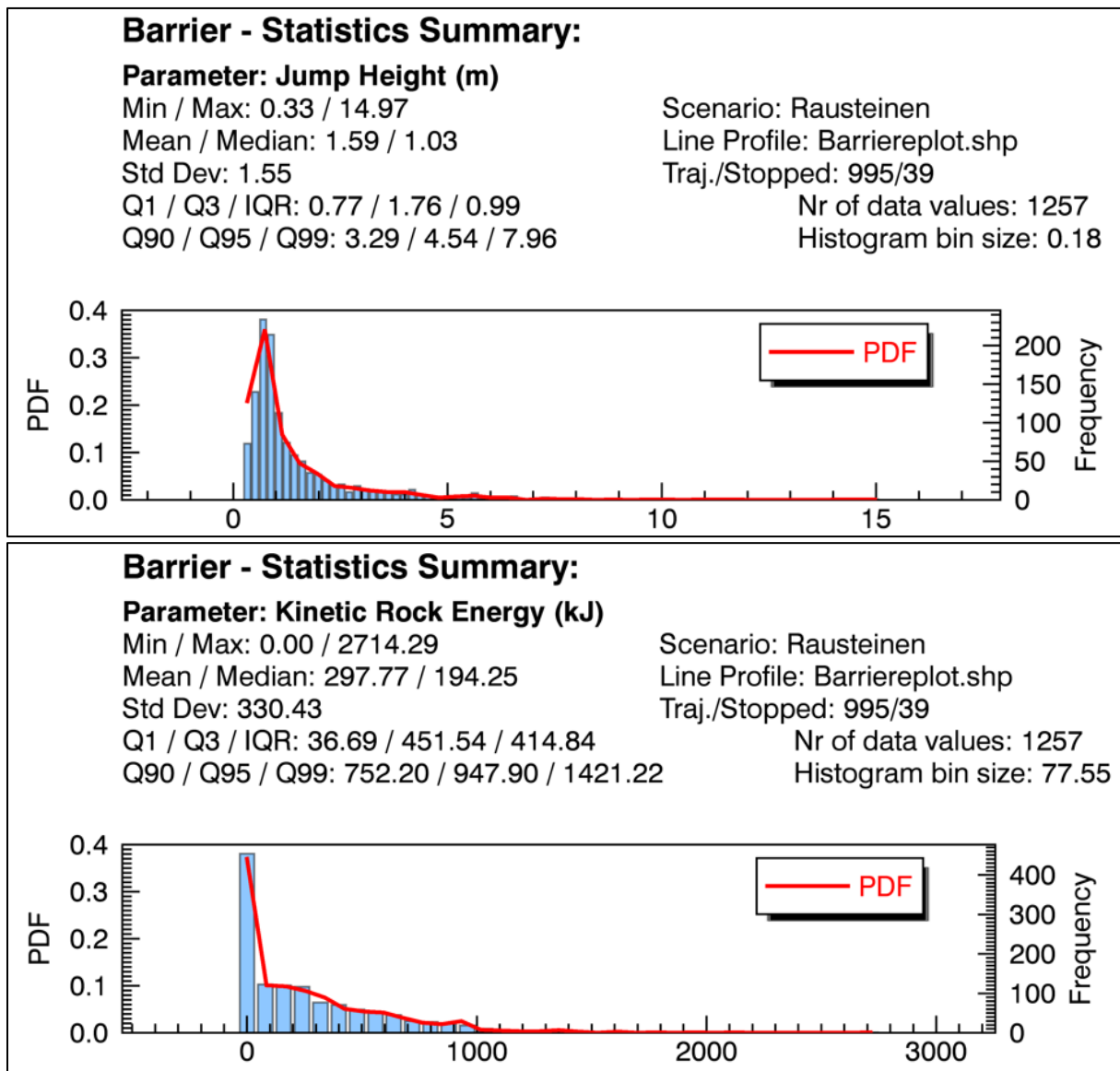
Figur 4-3: Statistikk for spranghøyde og kinetisk energi som er tatt ut fra barriereplottet i RAMMS Rockfall for simulering med skog med 1 m³ blokkvolum. PDF-aksen («Probability Density Function») viser sannsynligheten for henholdsvis spranghøyden og energien (den horisontale aksen) og «frequency» viser antallet.



Figur 4-4 Simulering i RAMMS Rockfall som viser spranghøyde (m), uten skog med 1 m³ blokkvolum.



Figur 4-5 Simulering i RAMMS Rockfall som viser kinetisk energi (kJ), uten skog med 1 m³ blokkvolum.



Figur 4-6 Statistikk for spranghøyde og kinetisk energi som er tatt ut fra barriereplottet i RAMMS Rockfall for simulering uten skog med 1 m³ blokkvolum. PDF-aksen («Probability Density Function») viser sannsynligheten for henholdsvis spranghøyden og energien (den horisontale aksene) og «frequency» viser antallet.

4.2 Simulering av steinsprang i RocFall

RocFall er et todimensjonalt statistisk analyseprogram fra Rocscience som simulerer steinsprang i fjellsider langs bestemte tverrprofil. Programvaren kan gi støtte til å vurdere blant annet på energi, hastighet, spranghøyde og utløpslengde av enkeltblokker som slippes fra et bestemt punkt i terrenget. Ved hjelp av statistiske variasjoner kan et antall steinblokker simuleres innenfor en variasjonsbredde, som gir en fordeling av ulike steinsprang [25].

Analysemetoden «Rigid Body» simulerer steinblokker med en bestemt form, volum og masse. Analysemetoden «Lump Mass» simulerer steinblokker som et punkt med en bestemt masse, uten å ta hensyn til form og volum.

4.2.1 Parametervalg og utført simulering

Det er utført simuleringer av steinsprang med ulike situasjoner langs fire tverrprofiler, vist i Figur 4-7 og Figur 4-8. I hvert tilfelle er det sluppet 1000 steinblokker langs en linje. Det er simulert med analysemetoden «Rigid Body», hvor blokkvolum og blokkform er valgt ut fra blant annet observerte sprekkeorienteringer og oppsprekingsgraden av bergmassen i skrenten. Valg av blokkform er gjort med samme utgangspunkt som for simuleringen i RAMMS Rockfall, med en noe mer avrundet blokkform for noe sjeldnere tilfeller. Det er tatt ut tverrprofiler basert på terrengmodell med 1 m oppløsning, men tverrprofilet er forenklet med 90 % (kun 10 % av opprinnelig punkter).

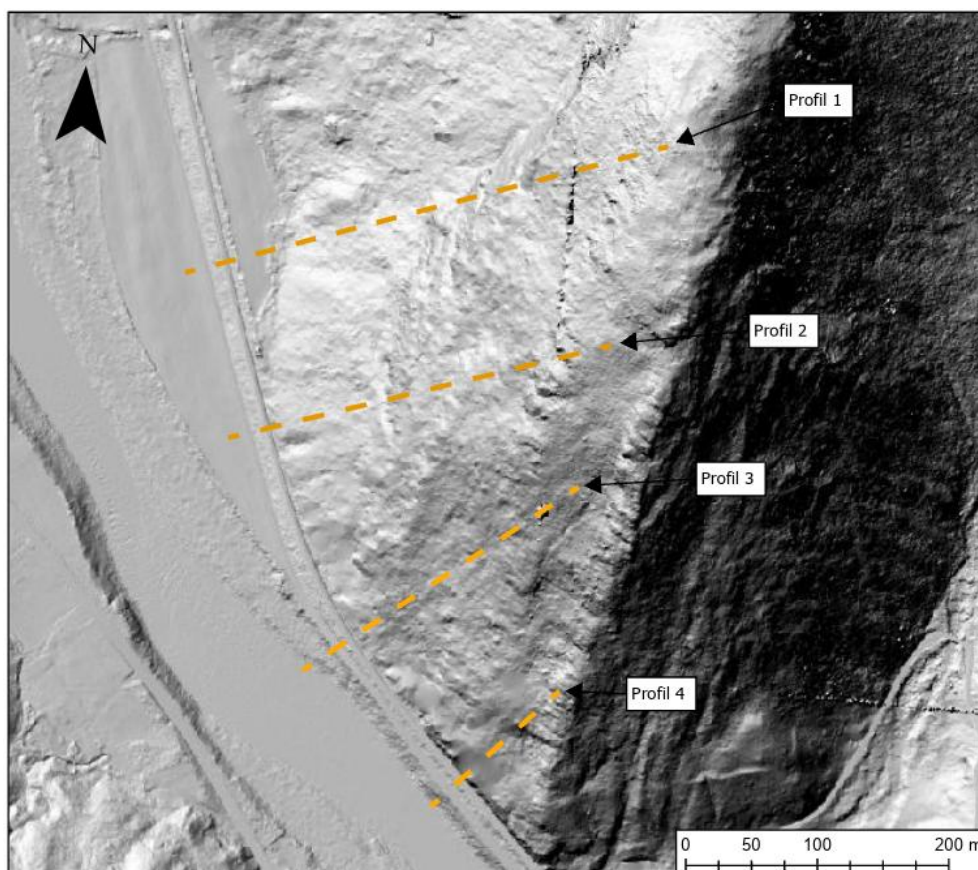
Tabell 4-3 oppsummerer valgte input-parametere for steinsprangsimuleringene som er utført i RocFall.

Tabell 4-3 Valgte input-parametere i RocFall.

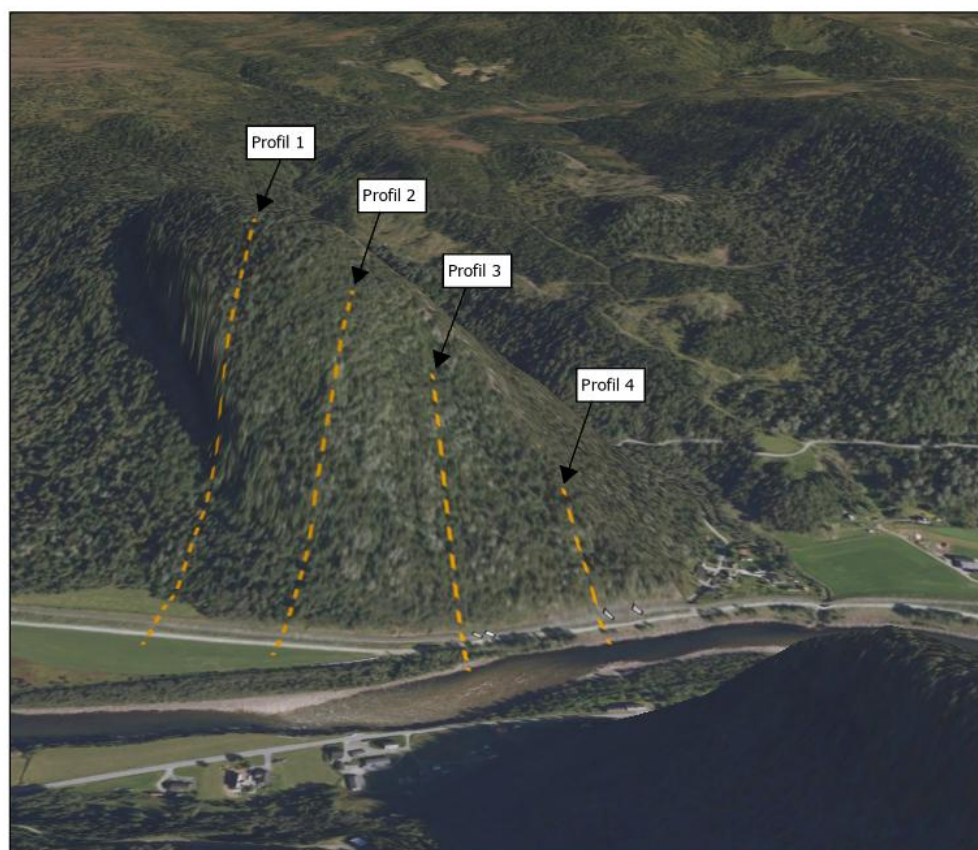
Inputdata:	Verdi:	Merknad:
Terrengmodell	1 m	Digital terrengmodell (dtm) fra nasjonal høydemodell [12].
Prosjektinnstilling	Rigid Body	Med «Tangential CRSP Damping»
Sampling Method	Monte-Carlo	
Skalering	Nei	
Volum/masse	1 og 2 m ³ / 2700 og 5400 kg	
Blokkform	Super Ellipse^2 1:2 og 2:3	Avlange og noe avrundet.
Antall simulerte steinblokker	1000 stk.	
Terreng-parametere	Berg, talus/ur, asfalt og løsmasse	Se Tabell 4-4.
Skogeffekt	Både med og uten	Med skog: Medium skog (35 m ² /ha) på laget løsmasse

Tabell 4-4 Valgte material-parametere i RocFall.

Parameter:	Farge:	Normal restitusjon:	Tangential restitusjon	Dynamisk friksjon	Rullefriksjon:
Berg		0,50 (0,04)	0,85 (0,04)	0,50	0,15
Talus/ur		0,32 (0,04)	0,80 (0,04)	0,50	0,30
Asfalt		0,40 (0,04)	0,90 (0,04)	0,50	0,10
Løsmasse		0,30 (0,04)	0,80 (0,04)	0,55	0,60



Figur 4-7 Profiler hvor det er utført simuleringer av steinsprang i RocFall.



Figur 4-8 Profiler hvor det er utført simuleringer av steinsprang i RocFall.

4.2.2 Resultater fra simulering

Tabell 4-6 og Tabell 4-5 gir en oppsummering av resultatene i RocFall ved de 4 profilene henholdsvis med og uten skog. Figur 4-9 - Figur 4-12 viser resultatene for de 4 profilene med 1 m³ blokker uten skog. Ved profil 1 har ingen steinblokker truffet den vertikale linjen i foten av fjellsiden ved jernbanen. Antall steinblokker angir blokker som treffer jernbanen i forhold til det totale antallet simulerte steinblokker.

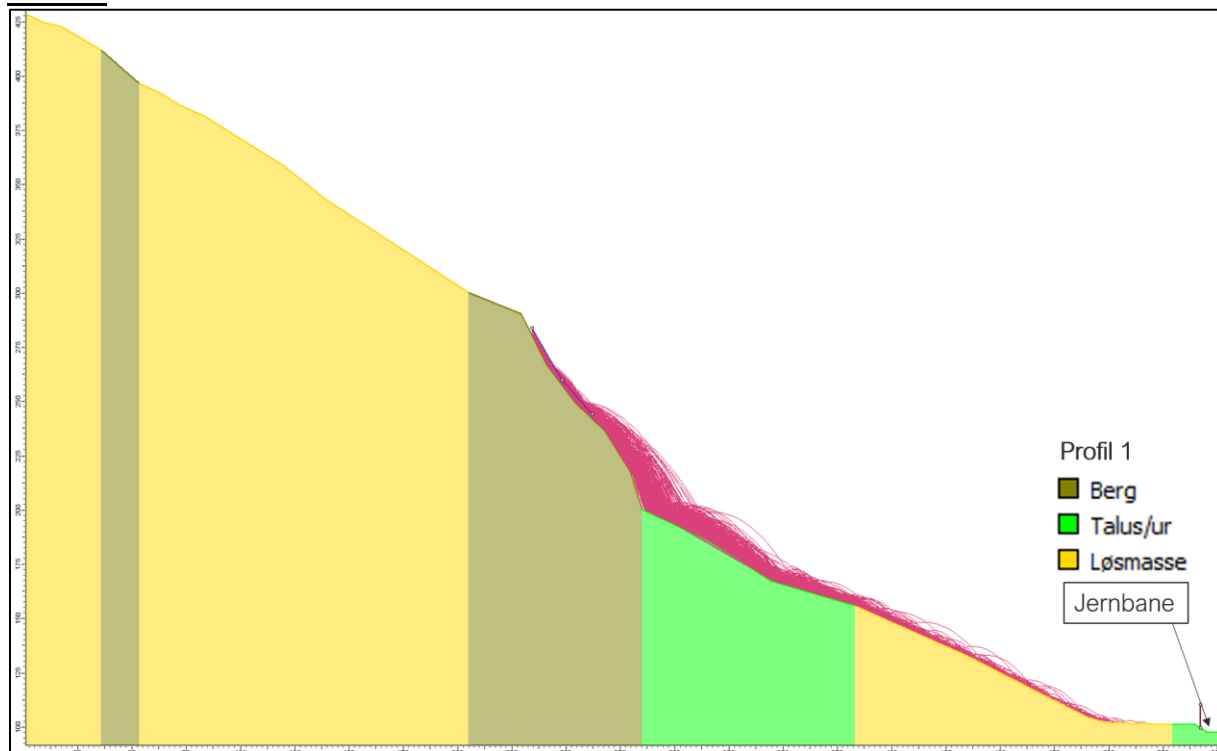
Tabell 4-5 Oppsummering av resultatene i RocFall ved de 4 profilene med skog.

	Antall:	Spranghøyde 90-persentil:	Spranghøyde 95-persentil:	Energi 90- persentil:	Energi 95- persentil:
Profil 1, 1 m ³	0/1000	-	-	-	-
Profil 1, 2 m ³	0/1000	-	-	-	-
Profil 2, 1 m ³	2/1000	1,4 m	1,4 m	55 kJ	55 kJ
Profil 2, 2 m ³	31/1000	2,7 m	3,3 m	496 kJ	580 kJ
Profil 3, 1 m ³	93/1000	1,1 m	1,3 m	57 kJ	79 kJ
Profil 3, 2 m ³	119/1000	2,2 m	3,0 m	276 kJ	351 kJ
Profil 4, 1 m ³	52/1000	1,5 m	1,8 m	156 kJ	196 kJ
Profil 4, 2 m ³	119/1000	2,2 m	3,0 m	276 kJ	351 kJ

Tabell 4-6 Oppsummering av resultatene i RocFall ved de 4 profilene uten skog.

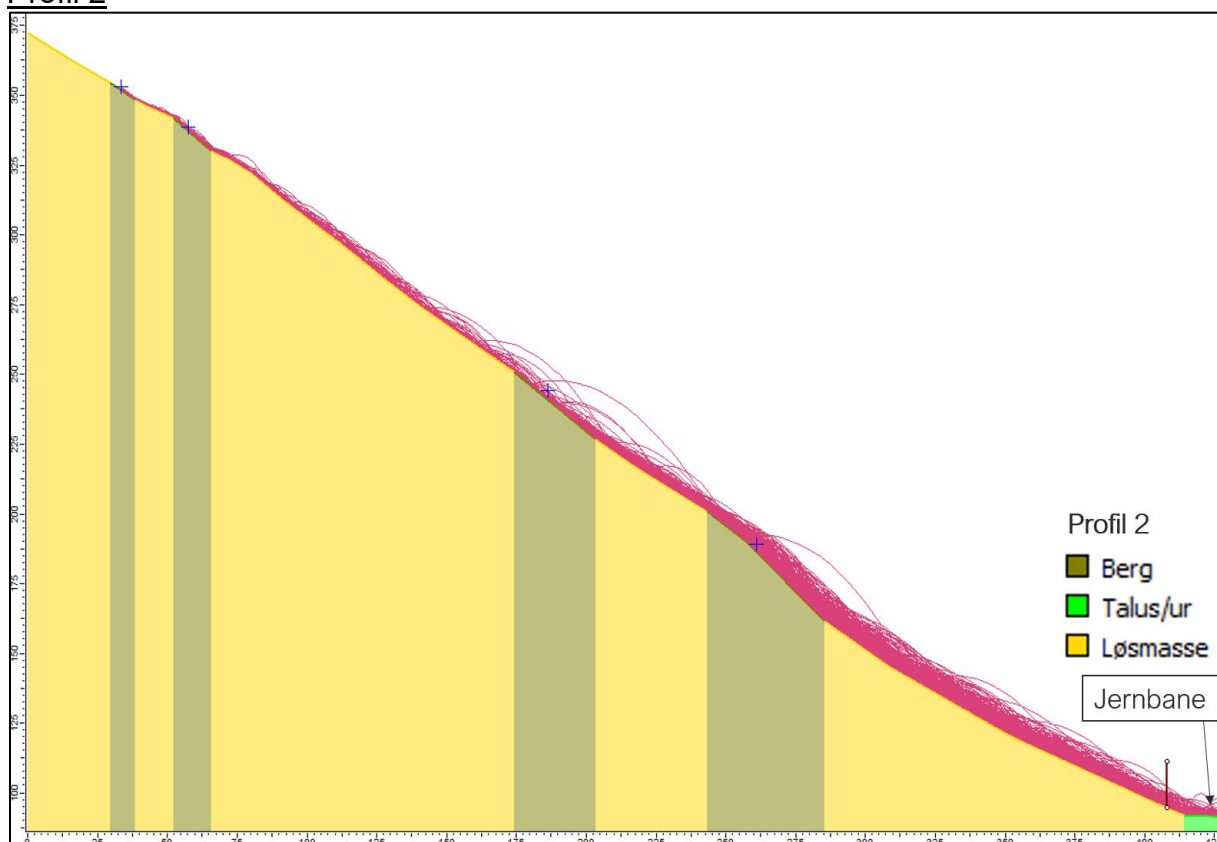
	Antall:	Spranghøyde 90-persentil:	Spranghøyde 95-persentil:	Energi 90-persentil:	Energi 95- persentil:
Profil 1, 1 m ³	0/1000	-	-	-	-
Profil 1, 2 m ³	0/1000	-	-	-	-
Profil 2, 1 m ³	175/1000	3,6 m	4,7 m	381 kJ	454 kJ
Profil 2, 2 m ³	145/1000	3,7 m	5,1 m	677 kJ	757 kJ
Profil 3, 1 m ³	359/1000	2,5 m	4,0 m	252 kJ	338 kJ
Profil 3, 2 m ³	236/1000	3,2 m	4,2 m	547 kJ	811 kJ
Profil 4, 1 m ³	131/1000	2,1 m	2,4 m	357 kJ	458 kJ
Profil 4, 2 m ³	118/1000	2,1 m	3,0 m	357 kJ	458 kJ

Profil 1



Figur 4-9 Resultat fra simulering i RocFall ved profil 1, med 1 m³ blokker uten skog.

Profil 2



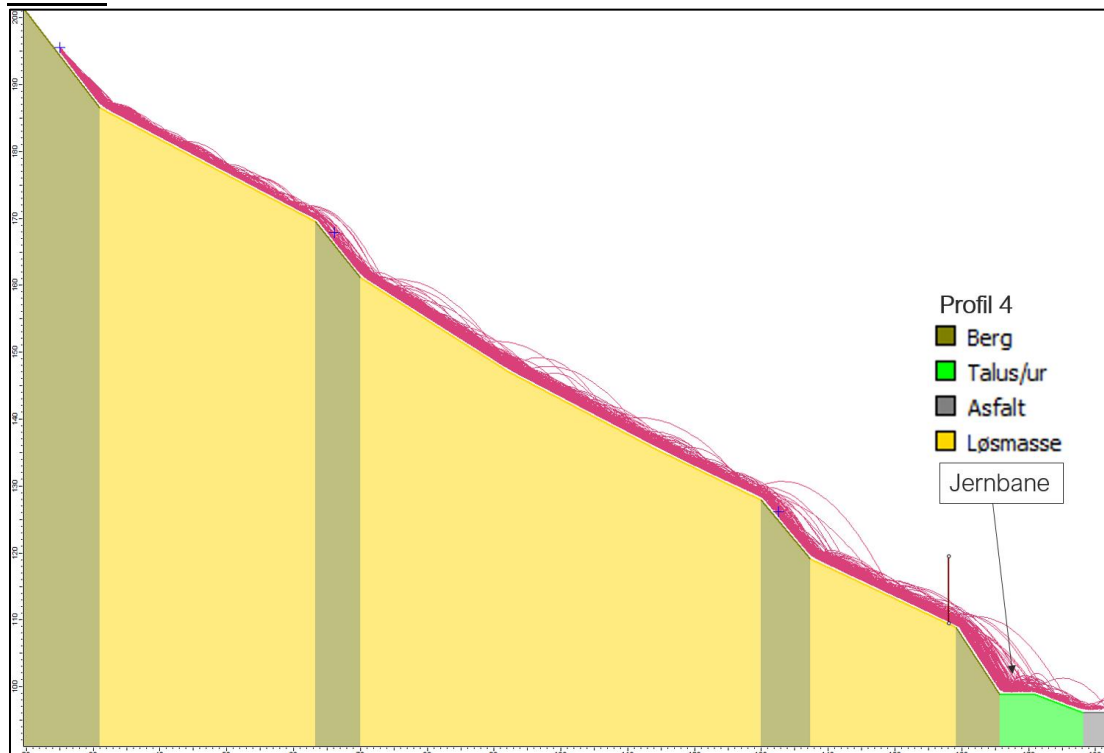
Figur 4-10 Resultat fra simulering i RocFall ved profil 2, med 1 m³ blokker uten skog. Vertikal linje i foten av fjellsiden ved jernbanen markerer hvor i profilet det er hentet statistiske resultater for spranghøyde og kinetisk energi.

Profil 3



Figur 4-11 Resultat fra simulering i RocFall ved profil 3, med 1 m³ blokker uten skog. Vertikal linje i foten av fjellsiden ved jernbanen markerer hvor i profilet det er hentet statistiske resultater for spranghøyde og kinetisk energi.

Profil 4



Figur 4-12 Resultat fra simulering i RocFall ved profil 4, med 1 m³ blokker uten skog. Vertikal linje i foten av fjellsiden ved jernbanen markerer hvor i profilet det er hentet statistiske resultater for spranghøyde og kinetisk energi.

4.3 Sammenstilling av simuleringer

Tabell 4-7 gir en sammenligning av resultatene i RocFall og RAMMS Rockfall med blokkvolum på henholdsvis 1 og 2 m³, uten skog. Antall steinblokker angir blokker som treffer jernbanen i forhold til det totale antallet simulerte steinblokker.

Tabell 4-7: Sammenligning av resultatene i RocFall og RAMMS RockFall med blokkvolum på 1 og 2 m³, uten skog. Profil 1 (lengst nord) er ikke tatt med i denne sammenstillingen, da ingen av steinblokkene traff jernbanen ved dette punktet i RocFall.

Programvare:	RocFall, uten skog, 1 m ³ :	RAMMS Rockfall, uten skog, 1 m ³ :	RocFall uten skog, 2 m ³ :	RAMMS Rockfall, uten skog, 2 m ³ :
Antall steinblokker	131-359 / 1000 (13-36 %)	1257/ 3540 (36 %)	118-236/ 1000 (12-24 %)	1350/ 3540 (38 %)
Spranghøyde 90-persentil	2,1 – 3,6 m	3,29 m	2,1 – 3,7 m	3,63 m
Spranghøyde 95-persentil	2,4 – 4,7 m	4,54 m	3,0 – 5,1 m	5,19 m
Energi 90-persentil	252-381 kJ	752 kJ	357 – 677 kJ	1672 kJ
Energi 95-persentil	338 – 458 kJ	948 kJ	458 – 811 kJ	2104 kJ

Sammenstillingen av resultatene i RocFall og RAMMS Rockfall indikerer følgende:

- Simuleringer med og uten skog har stor innvirkning på resultatene. Antall steinblokker på jernbanen, spranghøyder og energi er betydelig større med simuleringer uten skog.
- Blokkform har stor innvirkning på resultatene. Kantete, flate og avlange blokker gir betydelig kortere utløpslengder og steinsprang som stopper raskere i fjellsiden enn mer avrundede.
- Blokkvolum har innvirkning på resultatene. Simuleringer med 2 m³ gir større spranghøyder og større energi, men har mindre innvirkning på antall steinblokker som treffer jernbanen.
- Simuleringene i RAMMS Rockfall gir spranghøyder i øvre sjiktet i forhold til simuleringene i RocFall.
- Simuleringene i RAMMS Rockfall gir over dobbelt så store blokkenergier som simuleringene i RocFall.

5 SKREDFAREVURDERING

5.1 Steinsprang

Store deler av tiltaksområdet er lokalisert innenfor aktsomhetsområde for steinsprang. Det er mange steder terreng som er brattere enn 45 grader og det er mange bergskrenter med bart berg og partier med usammenhengende løsmassedekke.

Det er identifisert bergskrenter i fjellsiden hvor det er observert sprekkeavløst berg, synlige spor etter utfall av steinblokker og spor og avsetninger etter steinsprang. Dette antyder at det går steinsprang i fjellsiden med jevne mellomrom. 4 registrerte steinsprang i perioden 1957-2024 antyder at steinsprang kan nå ned til jernbanen. Ut fra skredregistreringene alene vil dette tilsvare en årlig sannsynlighet for steinsprang på strekningen på 1/20. Ut fra observasjoner i fjellsiden antas det imidlertid at det er noe underreportering av skredhendelser ved denne strekningen, og at flere steinspranghendelser kan ha gått forbi jernbanen uten å ha blitt identifisert og registrert eller på grunn av manglende rapportering. To av registreringene inneholder lite konkrete opplysninger, og det kan ikke utelukkes at det dreier seg om nedfall fra bergskjæring heller enn steinsprang fra naturlig terreng. Lokaliseringene kan også være noe unøyaktige. Skredhendelsene fra 2021 og 2024 er godt dokumenterte.

Fjellsiden består stort sett av et tynt løsmassedekke som vurderes å dempe både spranghøyden og energien til steinsprang noe. Den lave ruheten i terrenget gjør imidlertid at steinblokker kan rulle nedover, med relativt stor sannsynlighet for at de treffer jernbanen. Skogen vil i mange tilfeller begrense utløpslengden, og i enkelte tilfeller stoppe blokkene helt. I enkelte deler av fjellsiden er det stor og voksen granskog, hvor trær potensielt kan ta opp mye av energien til steinblokkene. Andre steder er det åpne partier/glenner i skogen eller mer løvdominert skog, som vurderes å ha begrenset innvirkning på energien til steinsprang.

Det vurderes at simuleringene som er utført med noe mer avrundet blokkform enn de vanligste i fjellsiden, uten skog og med blokkvolum på 1 m³ er mest representative for steinsprang med årlig sannsynlighet på 1/100. Mange steinsprang vil trolig bremse eller stoppe på grunn av skogen, men for mange steinsprang kan en se bort fra effekten av skog da det er åpne glenner/partier i skogen eller mer løvdominert skog. De vanligste blokkformene i fjellsiden som er mer kantete, avlange og flate vil reelt sett ha kortere utløpslengder og stoppe raskere enn det simuleringene antyder. De fleste steinsprangene vurderes å ha moderate spranghøyder og energi. Resultatene fra simuleringene uten skog og med blokkvolum på 1 m³ antyder at ca. 13-36 % av de simulerte steinsprangene vil treffe jernbanen, med spranghøyder inntil ca. 2-5 m og energi inntil ca. 250-1000 kJ (med 90- og 95-persentil).

Faren for steinsprang reduseres betydelig i nordlig ende av området, fra ca. km 499,4 og nordover. I dette området er det en stor berghammer i toppen, med sammenhengende steinsprangavsetninger (ur) med god bremseeffekt på steinsprang like under. Området mellom jernbanen og foten av fjellsiden består av et helt flatt jordbruksareal. Sannsynligheten for at steinsprang treffer jernbanen i dette området er vesentlig lavere. Dette bekreftes at simuleringene.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at steinsprang treffer jernbanen er høyere enn 1/100 for store deler av den aktuelle strekningen, fra og med ca. km 498,9 til og med ca. 499,4.

5.2 Steinskred

Steinskred utløses fra samme løsneområder som steinsprang, normalt fra større ustabile bergparti. Erfaringsmessig er det kjent at steinskred har omtrent samme utløpslengde som steinsprang, men med større volum og partiklene i skredet interagerer og splittes ofte i mindre deler langs utløp. InSAR Norway [18] antyder at det ikke er noen referansepunkter i fjellsiden som kan si noe om større bevegelser i fjellsiden. Det er ikke observert synlige strukturer og tegn til bevegelser hvor det kan løsne steinskred i fjellsiden.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at steinskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen.

5.3 Jordskred

Store deler av tiltaksområdet består av skråninger brattere enn 20 grader og tilgjengelige løsmasser.

Fjellsiden består av mange bergskrenter, og lite større sammenhengende områder med løsmasser. Løsmassemektingen er mange steder lav. Tynt og usammenhengene løsmassedekke gir kun potensiale for mindre løsmasseskred, med begrensede volum og korte utløpslengder. Skyggerelieff antyder at det kun har gått små løsmasseskred i fjellsiden. Sannsynligheten for store løsmasseskred som kan treffe jernbanen vurderes som lav.

Store deler av fjellsiden består av tett skog, med velutviklede rotsystemer. Rotsystemene stabiliserer løsmassene, tar unna mye av vannet og begrenser de største nedbørstoppe høyere opp i fjellsiden. Dette begrenser vannmetningen av løsmassene og reduserer sannsynligheten for løsmasseskred. Vannet i fjellsiden kommer fra et lite nedbørsfelt med rask avrenning. Det er lite terrengformasjoner som muliggjør opphopning av vann.

Det er ikke registrert jordskred på jernbanestrekningen.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at jordskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen.

5.4 Flomskred

Det er lite forsenkninger og bekkeløp i tiltaksområdet. Det er kun mindre forsenkninger og små og lokale bekkeløp i fjellsiden. Det kan gå små flomskred eller kanaliserte jordskred i disse forsenkningene, men sannsynligheten for større skred med utløpslengde ut på jernbanen er lav.

Det er ikke registrert flomskred på jernbanestrekningen.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at flomskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen.

5.5 Snøskred

Det er i tiltaksområdet skråninger som er brattere enn 25 grader og et snødekke som tidvis kan være tykt.

Det er sammenhengende terrengformasjoner i fjellsiden med en form og helning som kan gi potensiale for større snøskred. Store deler av fjellsiden består imidlertid av tett skog med høy kronedekning, i øvre deler mer grandominert og nedre deler av mer løvdominert skog. Skogen begrenser omfanget av vindtransportert snø inn i løsneområder og lagdeling av snøen betydelig. I tillegg vil trær fungere som anker som vil stabilisere snødekket. Snø som først legger seg på trærne og greiner vil falle på bakken som snøklumper, smelteomvandlet snø eller smelte vann. Dette vil redusere sannsynligheten for lagdeling i snødekket som kan gi flaskred. Sannsynligheten for at det går større snøskred som kan treffe jernbanen vurderes som svært lav.

Klimaanalysen antyder at det kan akkumuleres større snømengder i området på kort tid. Mest sannsynlig er det at de største snømengdene kommer med vind fra vest og nordvest. Nedbøren og vinden vil dermed komme rett inn på fjellsiden, som gjør fjellsiden til ei støtside. Det er dermed mindre sannsynlig at det vil akkumuleres større mengder vindtransportert snø inn potensielle løsneområder i fjellsiden.

Det kan ikke utelukkes at det går små og lokale snøskred (løssnøskred) eller utglidninger av snø i bratt terreng like over jernbanen hvor det er noe åpnere skog, og at dette kan treffe jernbanen. Sannsynligheten for dette er imidlertid lav. Snøskred som dette vil i de fleste tilfeller ha begrensede volum, og kun ha et begrenset skadepotensiale for trafikken på jernbanen. Det er registrert én snøskredhendelse på jernbanen i 1986, uten ytterligere informasjon. Det er usikkert om denne skredhendelsen er reell.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at snøskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen.

5.6 Sørpeskred

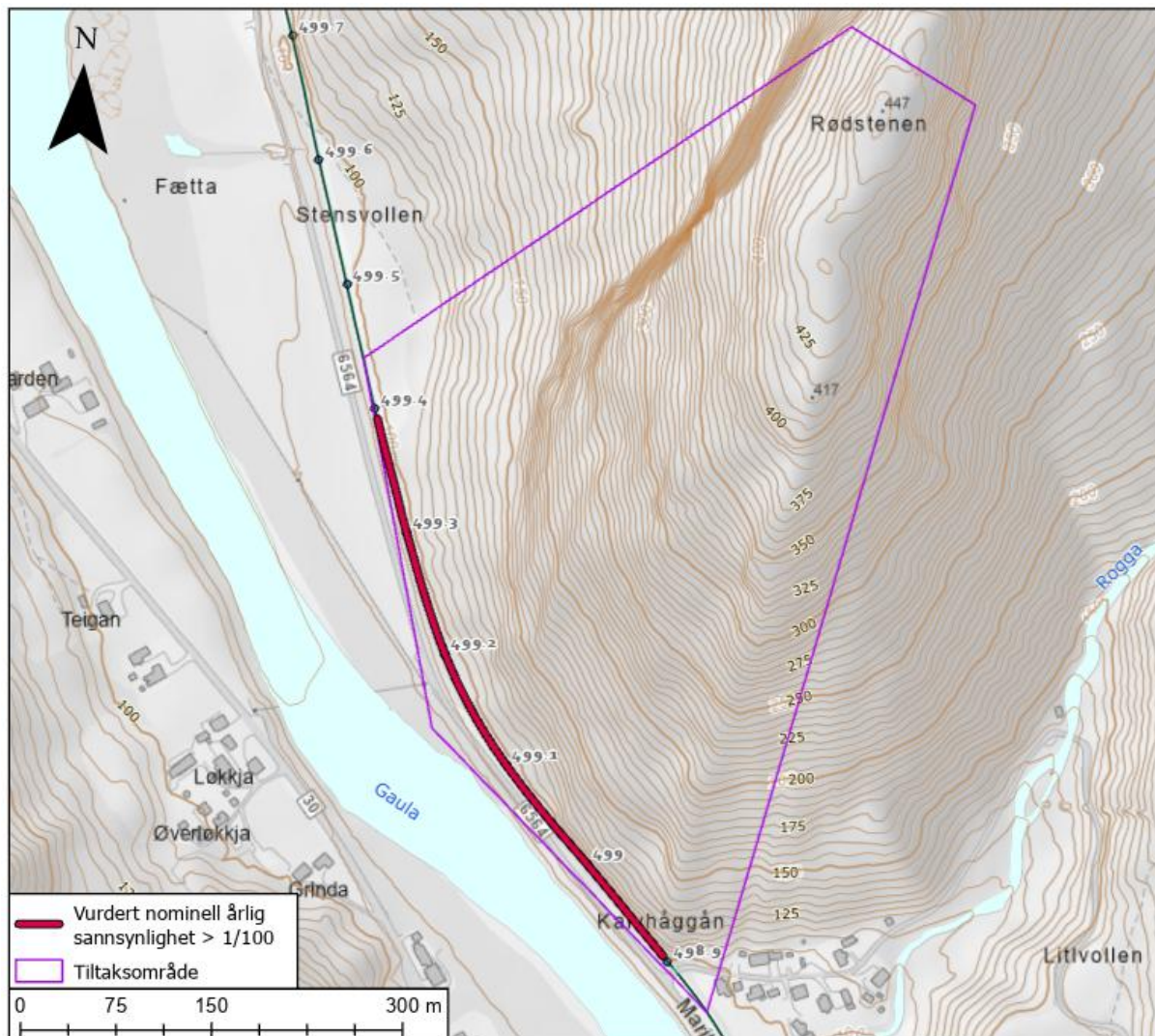
Det er i tiltaksområdet observert terrengformasjoner eller bekkeløp som kan samle vann i snødekket og et snødekke som tidvis kan være tykt. Det er ikke registrert sørpeskred i området.

Terrengformasjonene i fjellsiden er imidlertid små, og det er kun potensiale for opphopning av vann og vannmetning i små områder. Nedbørsfeltet er lite med rask avrenning. Sørpeskred blir i tillegg sjeldent utløst i skogkledd terreng. Det kan ikke utelukkes at det går sørpeskred, men sannsynligheten for større sørpeskred som kan treffe jernbanen er svært lav.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at sørpeskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen.

5.7 Samlet skredfare

Skredfaren i fjellsiden som kan treffe jernbanen er i hovedsak knyttet til faren for steinsprang. Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at skred treffer jernbanen er høyere enn 1/100, fra og med ca. km 498,9 til og med ca. 499,4 (vist i Figur 5-1).



Figur 5-1 Kart som viser strekning langs jernbanen hvor vurdert nominell årlig sannsynlighet er høyere enn 1/100, fra ca. km 498,9 til og med ca. 499,4.

6 VURDERING AV SIKRINGSTILTAK

Da nominell årlig sannsynlighet for at skred treffer jernbanen er høyere enn 1/100 for den aktuelle strekningen anbefales det sikringstiltak. Skredfaren i fjellsiden er i hovedsak knyttet til faren for steinsprang, så sikringstiltak må derfor dimensjoneres for steinsprang.

Følgende prinsipper for sikringstiltak vurderes som aktuelle:

- Sikring i skredløpet med fanggjerde (passivt sikringstiltak).
- Punktsikring i løsneområdene (aktive sikringstiltak).

Et fanggjerde monteres fra og med ca. km 498,91 til og med ca. 499,38, det vil si en strekning på ca. 470 m. Eventuelle seksjonerings og overlappinger av fanggjerde vil komme i tillegg, så det må forventes en lengde på fanggjerde på inntil ca. 500 m. Endelig plassering, lengde og dimensjonering av fanggjerde vil fastsettes ved detaljprosjektering.

Punktsikring i løsneområdene vil i hovedsak bestå i å sikre enkeltblokker og sprekkeavløst berg som vurderes som ustabile og hvor det er fare for steinsprang. For mange løsneområder vil det bli aktuelt å fornye eksisterende sikring, hvor effekten av denne vurderes som begrenset. Punktsikring vil i all hovedsak bestå av konvensjonell bergsikring med bolter/stag, fjellbånd, wire/wirenett og rensk. Aktuelle sikringstiltak og mengde for hvert område vil fastsettes i detaljprosjektering.

6.1 Anbefalt sikringsløsning

Norconsult anbefaler at strekningen sikres med fanggjerde i skredløpet, nede ved jernbanen. Fjellsiden består av et stort antall potensielle løsneområder for steinsprang som i så fall må befares i detalj, og hvor sikringsomfanget blir omfattende og usikkert. Mange steder i fjellsiden er uoversiktlige, flere løsneområder er skjult bak trær og vegetasjon og flere løsneområder er tidkrevende å komme til både for vurdering og for sikring. Det vil være enklere å inspisere og vedlikeholde et fanggjerde som monteres nært jernbanen, framfor punktsikring mange steder i fjellsiden. Inspeksjon og vedlikehold av alle løsneområder hvor det er utført punktsikring vil være omfattende og tidkrevende. På denne måten vil sikring med fanggjerde gjøre drift og vedlikehold betydelig enklere, mer forutsigbart og rimeligere. Fanggjerdet vurderes å ha bedre kost/nytte enn punktsikring i fjellsiden.

Et fanggjerde vil ikke ha kapasitet til å sikre alle de store objektene i fjellsiden. Sannsynligheten for at enkeltobjektene med volum på 4-5 m³ eller større løsner og går som steinsprang vurderes imidlertid som lav, med en årlig sannsynlighet lavere enn 1/100. I flere tilfeller vil blokker med større volum trolig fragmenteres i mindre enheter, som kan fanges opp av et fanggjerde.

Tabell 6-1 gir en oppsummering av noen fordeler og ulemper ved de to sikringsprinsippene.

Tabell 6-1 Noen fordeler og ulemper ved de to sikringsprinsippene.

	Fordeler:	Ulemper:
Punktsikring i løснеområdene	• Trolig lavere investeringskostnad. • Sikring av større enkeltobjekter som fanggjerdet ikke har kapasitet til å sikre.	• Omfattende kartleggingsarbeid. • Usikre mengde- og kostnadsestimat. • Mer tidkrevende, mer uforutsigbar og trolig dyrere drift og vedlikehold. • Høyere risiko for utførende entreprenør (HMS). • Trolig lengre byggeperiode, og lengre periode med ulemper for jernbanetrafikken.
Fanggjerdet i skredløpet	• Sikrere mengde- og kostnadsestimat. • Enklere, mer forutsigbar og trolig rimeligere drift og vedlikehold. • Lavere risiko for utførende entreprenør (HMS). • Kortere byggeperiode, og kortere periode med ulemper for jernbanetrafikken.	• Trolig høyere investeringskostnad.

7 PROSJEKTERING AV SIKRINGSTILTAK

7.1 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter

7.1.1 Standarder og regelverk

Se Kapittel 1.3.2.

7.1.2 Geoteknisk kategori, pålitelighetsklasse og kontrollklasse

I dette tilfelle anbefales det at skredsikringstiltakene klassifiseres i geotekniske kategorier (1, 2 og 3) avhengig av prosjektets kompleksitet og risiko i henhold til anbefalingene til N200 [6] og til Bane NORs tekniske regelverk for underbygning [3]. Geotekniske kategorier for veg eller baneprosjekter bestemmes i henhold til Eurokode 7 [26], hvor valg av geoteknisk kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 *Krav til prosjekteringen*. Geoteknisk kategori gir føringer for prosjekteringsmetoder og krav til kontroll.

Fundamentering av fanggjerd er generelt ikke en komplisert oppgave, men svikt (i stor skala) kan ha alvorlige konsekvenser. I dette tilfelle vil fundamenteringen bli utført stort sett på fast berg med antatt god bergmassekvalitet i et område med relativt begrenset løsmassemektighet. Utarbeidelse av dimensjoneringskriterier for fanggjerd i dette tilfelle krever kunnskap om størrelse på blokkenergi og spranghøyder for steinsprang. I dette tilfelle skal fanggjerdene kun sikre mot steinsprang med lave og moderate blokkenergier og spranghøyder, med en nominell årlig sannsynlighet som ikke skal være høyere enn 1/100 og hvor det aksepteres en viss restrisiko. Avvikende dimensjonsverdier kan imidlertid ha alvorlige konsekvenser. Design av gjerde blir utført av leverandør i henhold til standard konstruksjonsgeometri. I henhold til kapittel 2 i Eurokode 7 er det vurdert at det skal benyttes geoteknisk kategori 2 for fundamenteringen. Prosjekteringskontrollklassen og utførelseskontrollklassen velges på bakgrunn av pålitelighetsklasse (RC) og geoteknisk kategori (GK) i henhold til Tabell 1.2.1-2 og 1.2.2-2 i vegnormal N200 [6], gjengitt i Tabell 7-1 og Tabell 7-2.

Tabell 7-1 Valg av prosjekteringskontrollklasse [6].

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

Tabell 7-2 Valg av utførelseskontrollklasse [6].

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

I henhold til Eurokode 0 skal kontrollklasse velges etter tiltakets pålitelighetsklasse. Alle konstruksjoner inndeles i pålitelighetsklasser avhengig av konsekvensklasse og ønsket sikkerhet. I dette tilfelle er det valgt konsekvens- og pålitelighetsklasse CC/RC 2, i henhold til Eurokode 0, og kontrollklasse for prosjektering, PKK 2 og utførelse UKK 2. Basert på pålitelighetsklassen fastsettes kontrollklasse og kontrollform for

prosjektering og utførelse etter tabell NA.A1 (902) og tabell NA.A1 (903) i Eurokode 0.

Utvidet kontroll i prosjekteringsklasse PKK2/UKK2 kan begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll (kollegakontroll) er gjennomført og dokumentert, og det er ikke krav om faglig kontroll [6].

For utvidet kontroll under PKK 2 skal det utføres kvalifisert undersøkelse for å vurdere om geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse, samt at datagrunnlaget er tilstrekkelig. Det skal ved stikkprøver være dokumentert at forutsetninger fra prosjektering er fulgt. Det skal også kontrolleres at prosjekterende har et kvalitetssystem. Entreprenørens utførelse i UKK2 vil være underlagt utvidet utførelseskontroll.

7.2 Funksjonskrav

7.2.1 Levetid

Alle løsninger og konstruksjoner skal planlegges og dimensjoneres for en levetid på 50 år, noe som er i tråd med dimensjonerende brukstidskategori 4 i tabell 2.1 i kapittel 2.3 i Eurokode 0.

Kapittel 2.4 i Eurocode 0 informerer om krav til bestandighet. For fanggjerdar stiller EAD 340059-00-0106 krav til minimum levetid på 25 år ved korrosivitetsklasse C2 (iht. EN ISO 9223), gitt at fangggjerdene ikke utsettes for skred. Mange områder i Norge har miljø tilsvarende korrosivitetsklassene C3 eller C4, som vil begrense levetiden til et fangggjerde. I miljø med korrosivitetsklassene C3, vil enkelte leverandører kunne levere hyllevarer med levetid på 50 år. I dette tilfellet anbefaler vi å benytte korrosivitetsklasse C2 på grunn av innlandsklima.

7.2.2 Kvalitetssikring

Eurocode 0 krever at kvalitetssystem skal være tilgjengelig. Norconsult er sertifisert av BSI i henhold til Kvalitetssystem ISO 9001:2015 og Miljøsystem ISO 14001:2015 for rådgivning og tjenester innen geofagene.

7.3 Detaljprosjektering av fangggjerde mot steinsprang

7.3.1 Dimensjonering

Dimensjonering av fangggjerde mot steinsprang, herunder nødvendig styrke og høyde, er basert på utførte simuleringer av steinsprang i RAMMS RockFall og RocFall (omtalt i Kapittel 4).

Skredfarevurderingen og dimensjoneringen av sikringstiltak er basert på at nominell årlig sannsynlighet for skred på jernbanen ikke skal være høyere enn 1/100. Simuleringene er utført med noe mer avrundet blokkform enn de vanligste i fjellsiden, uten skog og med blokkvolum på 1 m³. Simuleringene vurderes å være mest representative for steinsprang med årlig sannsynlighet på 1/100. Se Kapittel 4 for ytterligere informasjon om valg av input-parametere og resultater for utførte simuleringer.

I dimensjoneringsgrunnlaget er det valgt en maksimal verdi fra en sannsynlighetsfordeling på 95 % persentil fra simuleringsresultatet. Ved

dimensjonering av fanggjerd anbefales å bruke partialfaktormetoden i henhold til Eurokode 7 [27] [28]. I dette tilfellet er det brukt en partialfaktor $\gamma = 1,3$.

Nødvendig styrke (energiklasse)

Resultatene fra simuleringene antyder kinetisk energi (95 % persentil) nede ved jernbanen (hvor det vil være naturlig å plassere et fanggjerd i skredløpet) på inntil 948 kJ for simuleringene i RAMMS Rockfall og inntil 338 - 458 kJ for simuleringene i RocFall. Ved bruk av partialfaktormetoden (kinetisk energi x 1,3) vil dette gi følgende energier:

- RAMMS Rockfall: inntil 1232 kJ.
- RocFall: inntil 595 kJ.

Tabell 7-3 angir energiklasser i henhold til EAD 340059-00-0106. SEL («Service Energi Level») gjenspeiler energimengden et fanggjerd kan ta opp, og fortsatt kunne ta opp et nytt steinsprang. MEL («Maximum Energi Level») gjenspeiler energimengden det kreves for å dra bremseelementene til fullt utslag.

Ved en energi inntil 1232 kJ vil en havne mellom energiklasse 6 og 7. Med bakgrunn i simuleringene både i RAMMS RockFall og RocFall og at simuleringene vurderes som noe konservative er det vurdert følgende krav til energiklasse i henhold til EAD 340059-00-0106:

- **Energiklasse 6**
- **SEL ≥ 1000 kJ**
- **MEL ≥ 3000 kJ**

Tabell 7-3 Energiklasser i henhold til EAD 340059-00-0106 [7]. MEL $\geq 3 \times$ SEL.

Energiklasse:	0:	1:	2:	3:	4:	5:	6:	7:	8:
SEL (kJ)	-	85	170	330	550	660	1000	1500	>1500
MEL (kJ)	100	250	500	1000	1500	2000	3000	4500	>4500

Energiklasse 6 velges for hele strekningen, da resultatene fra simuleringene antyder forholdsvis lik fordeling i kinetisk energi over hele strekningen.

Nødvendig høyde

Resultat fra simuleringene antyder spranghøyder (95 % persentil) nede ved jernbanen (hvor det vil være naturlig å plassere et fanggjerd i skredløpet) på inntil 4,54 m for simuleringene i RAMMS Rockfall og inntil 2,4 - 4,7 m for simuleringene i RocFall. Med bakgrunn i observasjoner i felt vurderes det slik at terrenget vil dempe de største spranghøydene, og at det ikke forventes høyere spranghøyder for steinsprang i fjellsiden. Det forventes heller ikke flogstein med høye spranghøyder.

Med bakgrunn i dette vurderes **nødvendig høyde av fanggjerd til minimum 5 m**.

Nødvendig høyde på minimum 5 m av fanggjerd velges for hele strekningen, da resultatene fra simuleringene antyder forholdsvis lik fordeling i spranghøyder over hele strekningen.

7.3.2 Plassering

Trasé, lengde og tilpasninger til terrenget

Figur 7-2 og vedlegg 2 viser foreslått fanggjerdetrasé og plassering av gjerdestolper til fanggjerdet. Det er tegnet inn totalt 48 gjerdestolper, med en avstand på 8-12 m (standard stolpeavstand for denne type fanggjerd) og lengde på totalt ca. 470 m. Langs jernbanen vil fanggjerdet starte fra ca. km 498,917 og avsluttes ved ca. km 499,375, det vil si at det vil gå langs en strekning på ca. 458 m. Annen stolpeavstand enn det som er satt opp her kan medføre et annet antall stolper.

Fanggjerdet er delt opp i 4 seksjoner, med en overlapp på minimum ca. 5 m i lengderetningen til fanggjerdet og en avstand på minimum 10 m i fallretningen til fjellsiden. Oppdeling i ulike seksjoner vil forenkle drift og vedlikehold av fanggjerdet, da det vil være enklere å tømme og utføre vedlikehold av én seksjon heller enn et sammenhengende gjerde. Tilkomsten vil også være enklere. Tabell 7-4 gir en oppsummering av antall stolper og lengde av de ulike fanggjerdeseksjonene.

Tabell 7-4 Antall stolper og lengde på de ulike fanggjerdeseksjonene.

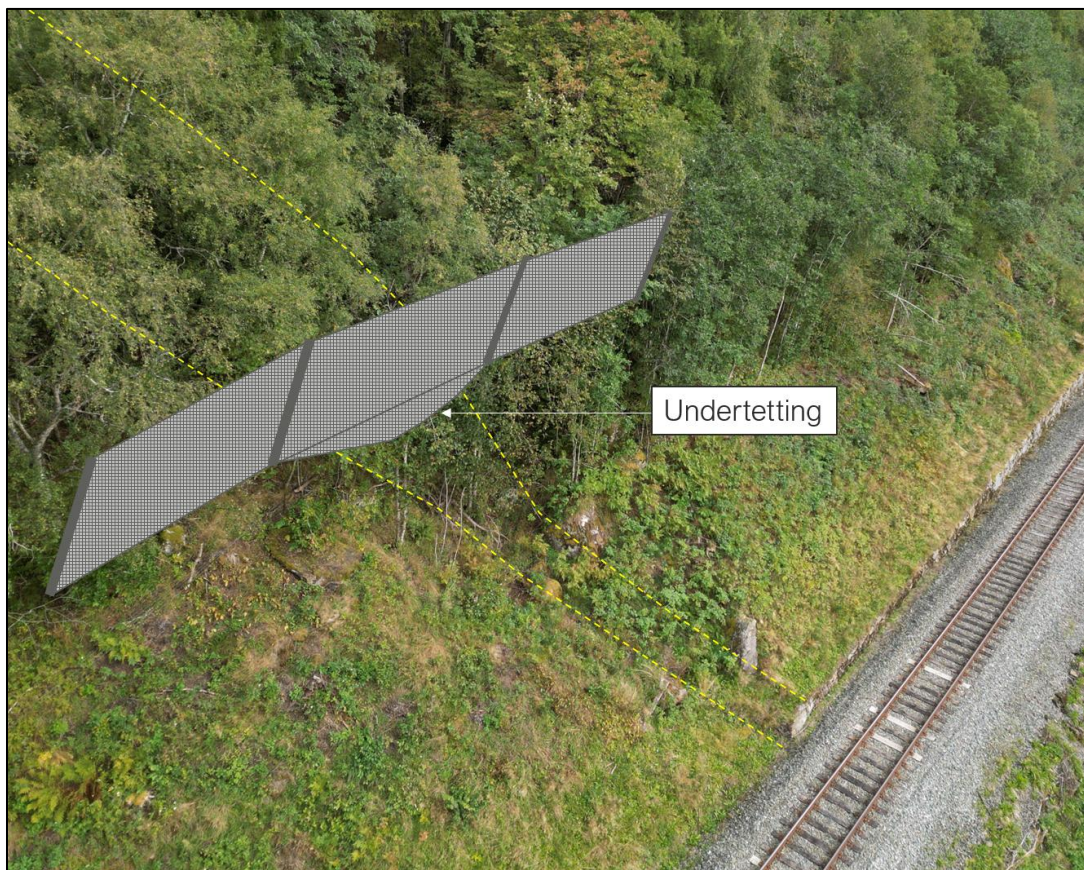
Fanggjerdeseksjon	Antall stolper:	Lengde:
Fanggjerdet sør	15	148 m
Fanggjerdet midt 1	10	99 m
Fanggjerdet midt 2	14	136 m
Fanggjerdet nord	9	87 m
Totalt	48	Ca. 470 m

Det anbefales imidlertid at plassering av fanggjerdet vurderes endelig i forbindelse med utstikning i felt, hvor både prosjekterende og utførende entreprenør bør delta. Gjerdet bør bestilles etter dette, da justeringer av plassering kan ha innvirkning på endelig lengde, antall stolper og antall forankringer. Gjerdet må i tillegg deles opp i mellomforankringer dersom lengden av en rad overstiger fanggjerdeproducentens krav.

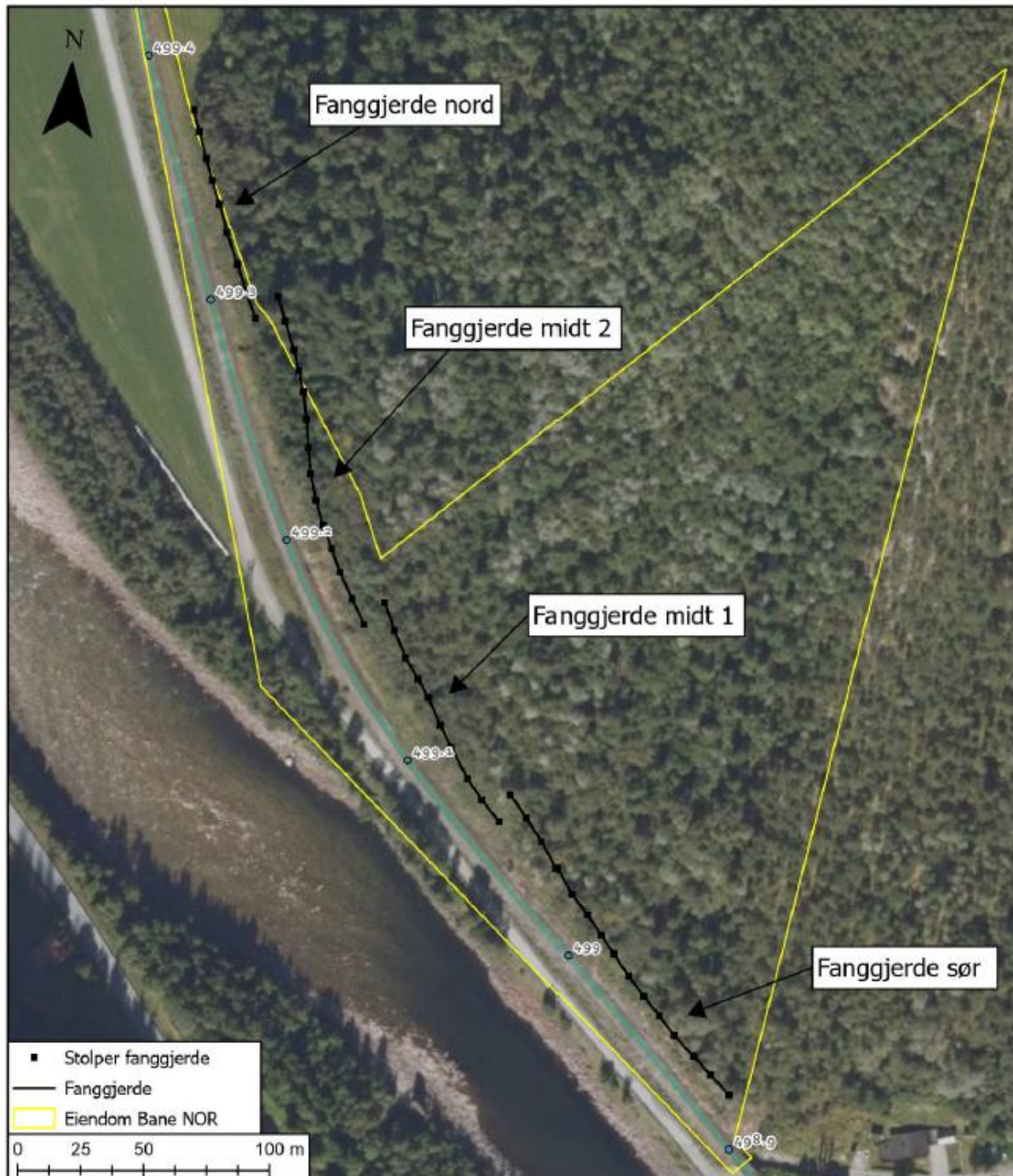
Følgende bør tas høyde for ved endelig fastsettelse av plassering av fanggjerdet:

- Fanggjerdet bør plasseres så nært jernbanen som mulig, men det må samtidig tas høyde for fanggjerdets arbeidsrom (deformasjon ved treff) og settes en buffersone som tar hensyn til dette. Gjerdeplassering som er foreslått i foreliggende rapport har en avstand til jernbanen som varierer innenfor ca. 12,5-26 m (målt fra midt spor). I forhold til mulig fremtidig elektrifisering av Rørosbanen bør fanggjerdets arbeidsrom ved fullt utslag ikke være nærmere enn 5 m fra jernbanen (målt fra midt spor). Typisk maksimal deformasjon («maximum elongation») for et fanggjerd av denne typen er ca. 6,9-7,2 m, men kan variere noe fra leverandør til leverandør. Avstanden bør derfor ikke være mindre enn 12,5 m til jernbanen.
- Fanggjerdet bør plasseres langs linjer i terrenget med så lite høydeforskjell som mulig. Dette vil gi enklere montering, vedlikehold og tømning av fanggjerdet ved treff. Leverandører har toleransegrenser for høydeforskjeller.
- Det bør, så langt det er mulig, unngås for brå retningsforandringer av gjerdetraseen, men forsøke å ha jevne overgangen og retningsforandringer. Ulike fanggjerd har ulike toleransegrenser for retningsforandringer.

- Fanggjerdet bør plasseres slik at en unngår større forhøyninger i terrenget like over gjerdet, som gjør at gjerdets effektive høyde reduseres. Reduksjon av gjerdets effektive høyde vil øke sannsynligheten for at steinsprang går over.
- En bør, så langt det er mulig, unngå at gjerdestolper plasseres i kanalisierende terreng, søkk eller forsenkninger hvor det kan være økt potensiale for erosjon og økt sannsynlighet for at steinsprang kanaliseres og at gjerdestolpene treffes av steinsprang. Rygger vil ofte ha bedre bergmassekvalitet, lavere løsmassemektighet og bedre forankringsankringsforhold. Figur 7-1 viser prinsipp og eksempel for hvordan gjerdestolpene til fanggjerdet bør plasseres mellom kanalisierende terreng, søkk eller forsenkninger.
- Overlapp mellom fanggjerdaderadene skal være minimum 5 m i lengderetningen til fanggjerdet med en avstand på minimum 10 m i fallretningen til fjellsiden. Avstand i fallretningen er viktig for å hindre at fanggjerdet nedenfor ikke påvirkes av et treff i fanggjerdet over.



Figur 7-1 Prinsipp og eksempel som viser hvordan gjerdestolpene til fanggjerdet bør plasseres mellom kanalisierende terreng, søkk eller forsenkninger (markert med gul stiplet linje). Det må etableres tilstrekkelig undertetting i kanalisierende terreng, søkk eller forsenkninger for å hindre at steinsprang går under fanggjerdet.



Figur 7-2 Ortofoto som viser foreslått fanggjerdetrasé, de ulike seksjonene og stolpene til fanggjerdet langs hele strekningen.

Undertetting

Hvor fanggjerdet går forbi kanalisierende terreng, søkk eller forsenkninger eller andre ujevnheter må det etableres tilstrekkelig undertetting mellom bakken og fanggjerdet, dette for å hindre at steinsprang går under fanggjerdet. Se Figur 7-1 for prinsipp og eksempel for undertetting i en definert forsenkning.

Materialer som benyttes til undertetting skal være av samme type som nettet til fanggjerdet. Se kapittel 7.3.7 for materialkrav.

Innernet

Fanggjerdet skal monteres med et innernet, med maksimal åpning på 80 mm. Dette for å sikre at fragmenter av mindre størrelse fanges opp av gjerdet, og ikke går gjennom. Se kapittel 7.3.7 for materialkrav.

7.3.3 Grunnforhold

Bergmassekvalitet

Berggrunnen i nedre deler av fjellsiden består av glimmerskifer, med noe innslag av grønnstein og grønnskifer (se Kapittel 2.5). Berget er mange steder forholdsvis grovblokkig, massivt og med lav forvitningsgrad. Det er observert noe variasjoner i bergmassen, men få områder med dårlig bergmassekvalitet (tett oppsprukket og med høy forvitningsgrad). Glimmerinnholdet i bergmassen varierer noe, men omfanget av glimmer er forholdsvis begrenset. Det er ikke observert større svakhetssoner i området. Bergmassekvaliteten i området vurderes som middels god til god.

Løsmasser

Løsmassemektheten langs fanggjerdetraseen kan i grove trekk deles inn i tre deler:

- **Ca. km 498,917-499,05 (ca. 133 m):** Område over bergskjæring som består stort sett av et løsmassedekke som er veldig tynt og usammenhengende, og hvor det er oppstikkende og eksponert berg mange steder. Antatt løsmassemekthet er mange steder under 0,5 m.
- **Ca. 499,05-499,15 (ca. 100 m):** Område med noe mektigere og mer sammenhengende løsmassedekke (skred- og forvitningsmateriale), hvor det er antydninger til oppstikkende og eksponert berg enkelte steder. Området består av noen forsenkninger/søkk, hvor det antas å være noe tynnere løsmassemekthet på ryggene og noe tykkere i forsenkningene/søkkene. Antatt løsmassemekthet er ca. 0,5-1 m hvor det ikke er oppstikkende og eksponert berg.
- **Ca. 499,15-499,370 (ca. 220 m):** Område med mektigere og mer sammenhengende løsmassedekke (skred- og forvitningsmateriale), hvor det er antydninger til oppstikkende og eksponert berg noen steder. Området består av flere definerte forsenkninger/søkk, hvor det antas å være noe tynnere løsmassemekthet på ryggene og noe tykkere i forsenkningene/søkkene. Antatt løsmassemekthet er ca. 0,5-2 m, men det kan ikke utelukkes at det er noe tykkere løsmassedekke enkelte steder.

7.3.4 Forankring

Det antas forankringer stort sett i fast fjell, med middels til god bergmassekvalitet. Det må påregnes boring gjennom løsmasser til berg. Enkelte forankringer i løsmasser alene kan ikke utelukkes, da det kan finnes områder med løsmasser med stor mektighet.

Beregninger av nødvendig forankringslengde i berg er utført etter Statens vegvesens metode for stagforankringer gitt i Veileder V220 Geoteknikk i vegbygging, Kapittel 11.6.4.5 [29]. Det er forutsatt verdier for bergarten glimmerskifer, med bergmasse med to sprekkesett og sporadiske sprekker. Videre er det ikke observert tydelige sprekkesett/skiffrighet med fall ned mot jernbanen. Det er antatt en karakteristisk heftfasthet på 1,5 MPa, trykkfasthet ≥ 50 MPa på bruddplan og en bruddvinkel for bergmassen ≤ 40 grader. Største dimensjonerende strekkraft i forankringsstag settes

til 300 kN, som er vanlige laster gjerdeleverandører oppgir for fanggjerd mot steinsprang i energiklasse 6. Det presiseres imidlertid at dimensjonerende strekkraft kan variere noe for ulike gjerdeleverandører. Beregningene antyder behov for minimum 2,7 m innboringslengde for forankring av enkeltstag i berg, se vedlegg 3.

Forankringslengder i berg skal derfor være minimum 2,8 m i godt berg (gyst lengde), dette gjelder alle forankringer foruten vertikale stag til fotplatene. Dersom produsenten leverer generelle anbefalinger for forankringslengder og den er lengre enn 2,8 m skal produsentens forankringslengder benyttes. Dersom det gjennombores i eksempelvis 2 m med løsmasse til berg, skal total forankringslengde være 4,8 m, derav 2 m i løsmasse og 2,8 m i godt berg.

Dersom selvborende stag skal benyttes bør det dokumenteres om skjærkapasiteten til staget er tilstrekkelig. Materialet i staget skal tilfredsstille krav iht. NS-EN 1537:2013, og følgelig være av typen S460NH iht. NS-EN 10210-1.

Vertikale stag til fotplatene skal ha en innboringslengde på minimum 1 m i godt berg.

Lokal stabilitet (enkeltblokker) må sikres før en forankring kan installeres. Det er viktig å sørge for at forankringen er i berg, og ikke i løse blokker som ligger i terrenget. Dette må vurderes på stedet av utførende entreprenør.

7.3.5 Felling av trær og fjerning av vegetasjon

Det må påregnes felling av skog/trær og fjerning av vegetasjon langs fanggjerdetraseen og som kommer i konflikt med monteringen og anleggsarbeidet, og dette må utføres før igangsetting av montering av fanggjerdene. Det må tas høyde for fanggjerdets sideforankringer (typisk ca. 6-7 m ut på sidene) og bakbarduneringer (typisk ca. 5-7 m bak) i tillegg til tilstrekkelig arbeidsrom, og dette kan variere noe fra leverandør til leverandør.

7.3.6 Montering

Materialer som benyttes til undertetting skal være av samme type som nettet i fanggjerdet, og dokumentasjon på dette skal forelegges byggherren. Leverandørtegninger, monteringsanvisning og arbeidsprosedyrer skal fremlegges byggherren før arbeidene starter. Monteringsanvisning fra leverandør skal følges ved oppføring av gjerdet. Alle forankringer skal som hovedregel etableres i godt berg. Forankringslengden skal være minimum 2,8 m i godt berg (gyst lengde, Kapittel 7.3.4). Ved rene løsmasseforankringer (som trolig ikke blir aktuelt, men som ikke kan utelukkes) skal forankringslengden være 9 meter.

Det anbefales ikke gysing ved temperaturer under 5 °C. Ved eventuell gysing i temperaturer lavere enn 5°C er entreprenør (og eventuelle produktleverandører) selv ansvarlige for at egne prosedyrer for gysing i kaldt klima blir fulgt og fungerer slik at mørtelen oppnår tilstrekkelig strekkfasthet før prøvetrekking.

Det er viktig at det er god dialog med mellom ingeniørgeolog, entreprenør og byggherre under utstikning av gjerdetrase, prøvetrekkingen og monteringen.

7.3.7 Kvalitet

Gjerdet skal være produsert for å tilfredsstille krav til energiklasse 6 ($MEL \geq 3000$ kJ), kategori A (minimum resthøyde etter treff 50 %) i henhold til EAD 340059-00-0106.

Systemet skal være motstandsdyktig mot korrosjon, UV-stråling og termisk nedbrytning. Vaier og hovednett skal være korrorsjonsbeskyttet med Zink 95% / Aluminium 5% klasse A iht. UNI EN 10244-2-2009..

Stolper, fotplater etc. skal varmforsinkes iht. NS-EN ISO 1461 / EN ISO 14713 med minimum 0,085 mm (85my). Forankringer og tilbehør skal ha stål kvalitet B500NC, være varmforsinket i henhold til NS-EN1461 og pulverlakkert med minst 60 mikrometer epoxy i henhold til NS-EN 14438. Åpninger i nettet skal ha største diameter maksimalt 80 mm. Gysemasse i forankringene skal tilfredsstillende fasthetskklasse B45. Mørtelen som benyttes til eventuelle betongfundamenter og faststøping av forankringer skal ha fasthetskklasse minimum B35 (trykkfasthet terning 45 MPa).

7.3.8 Dokumentasjon og sjekklister

Leverandørtegninger, monteringsanvisning og arbeidsprosedyrer skal fremlegges byggherren. Monteringsanvisning fra leverandør skal følges ved oppføring av gjerdet. Det skal føres logg for boring av hver enkelt forankring. Loggen skal overleveres byggherren og minimum inneholde: tidspunkt, vær, dybde til berg, bergkvalitet, evt. borevansker, type forankring, stikning, hvem som har utført boring mv.

Produktdatablader for stag og mørtel skal oversendes til byggherre ved oppstart. Dokumentasjon på materialer som benyttes til undertetting skal forelegges byggherren. Det er viktig at det er god dialog med mellom ingeniørgeolog, entreprenør og byggherre under utstikning av gjerdetrase, prøvetrekkingen og monteringen. Det skal foreligge sjekklister fra prøvetrekkingen som dokumenterer at prosedyren beskrevet i avsnittet under er fulgt. I tillegg skal det foreligge sjekklister at gjerdet er montert i henhold til monteringsanvisning.

7.3.9 Dimensjonering for andre skredtyper og laster

Det vurderes at det ikke er behov for å dimensjonere fanggjerdet til andre skredtyper eller laster enn steinsprang, slik som jord- og flomskred, snøskred eller snølast.

7.3.10 Prøvetrekking

20 % av alle forankringer av side - og bakbarduner (og eventuelt frontbarduner), og forankret i minst 2,8 m godt berg, skal prøvetrekkes i belastningsretningen til $0,7 \cdot P_p$, dvs. 70% av minimumskapasitet for ankrene iht. produsentens krav til forankringene. Entreprenør må skaffe til veie egnet utstyr for å utføre prøvetrekking, herunder motholds-system som ikke synker inn i bakken ved prøvetrekking på løsmasser. Utførelse av prøvetrekking skal skje i henhold til leverandørens spesifikasjoner. Herdetid på betong skal være minimum 14 dager før prøvetrekking.

Nedenfor er anbefalt prosedyre for prøvetrekkingen:

1. Spenn opp til 33 % av maksimal prøvelast, vent 1 minutt
2. Spenn opp til 67 % av maksimal prøvelast, vent 1 minutt
3. Spenn videre opp til 100 % av maksimal prøvelast, vent 1 minutt
4. Reduser trykket til 0 %
5. Spenn opp til 100% av maksimal prøvelast, vent 1 minutt
6. Ta av trykket, prøvetrekkingen er ferdig

7.4 Sikkerhet ved utførelse – vurdering av skredfare i anleggsfasen

Fanggjerdet skal monteres i foten av fjellsiden Rausteinen, som er et utløpsområde for steinsprang som løsner i fjellsiden. Arbeidsområdet er dermed lokalisert i et skredutsatt terreng, hvor det er fare for at det kan gå steinsprang som enten løsner fra bergskrenter i fjellsiden eller remobiliseres fra terrenget. Sannsynligheten for steinsprang som kan treffe jernbanen og arbeidsområdet er ikke eksakt kvantifisert, men vurderes som relativt lav med en nominell årlig sannsynlighet som ligger mellom 1/10 - 1/20, det vil si at et steinsprang statistisk sett vil treffe jernbanen eller arbeidsområdet omtrent hvert 10.-20. år.

Håndtering av skredfare og minimering av skredrisiko vil derfor være viktig for å få gjennomført god HMS i prosjektet og bør være et sentralt tema både i oppstartsmøte og underveis i byggemøter. Følgende tiltak kan vurderes for å håndtere skredfare og minimere skredrisiko:

- Identifisere risikoelementer og utføre risikoreduserende tiltak (HMS-plan og Sikker Jobb Analyse).
- Redusere eksponeringen for skredfare ved å identifisere arbeid som kan utføres utenfor skredutsatt område, for eksempel:
 - Klargjøring av gjerdeelementer før montering
 - Vedlikehold av utstyr
 - Møter, pauser etc.
- Unngå arbeid i skredutsatt område når det er pågående vær som kan gi økt fare for at steinsprang utløses, som for eksempel:
 - Under og rett etter kraftig regnvær
 - Perioder med stor vannføring i terrenget (for eksempel i forbindelse med kraftig snøsmelting og/eller regn/styrtregn)
 - Perioder med temperaturer som varierer rundt 0 grader, hvor det kan pågå aktive fryse- og tineprosesser
 - Perioder med svært kraftig vind som kan medføre rotvelt
- Vurdere om det er behov for å arbeide i skredutsatt område når det er mørkt og dårlig sikt.

For øvrig er montering av fanggjerde normalt arbeid for en fjellsikringsentreprenør, og risiko i forbindelse med arbeidene forutsettes ivaretatt av entreprenørens normale prosedyrer og rutiner.

7.5 Drift og vedlikehold

Det er i TEK 17 § 4 krav om at det skal leveres en bruk-, vedlikehold og reparasjonsprosedyre (FDV-dokumentasjon). FDV-dokumentasjon er lovpålagt dokumentasjon for et bygg som inneholder produkter som skal forvaltes, driftes eller vedlikeholdes i løpet av byggets levetid. Ansvarlig prosjekterende og ansvarlig utførende skal, innenfor sitt ansvarsområde, framlegge den nødvendige dokumentasjonen for ansvarlig søker. Dokumentasjonen skal gi grunnlag for hvordan igangsetting, forvaltning, drift og vedlikehold av byggverket, tekniske installasjoner og anlegg skal utføres på en tilfredsstillende måte. Fanggjerdene som skal monteres i dette tilfellet blir ansett som en teknisk installasjon.

Det er tatt utgangspunktet i Statens vegvesen sin håndbok R610 [30] for anbefaling av vedlikehold og inspeksjonsprosedyre i dette tilfelle. Det anbefales at gjerdene

inspiseres hvert år. Viktige momenter som bør undersøkes under en inspeksjon er følgende:

- Løsmasser i nettet.
- Deformasjon, korrosjon eller brudd på bremseelementer.
- Deformasjon, frynser eller korrosjon på wire.
- Sammendragning eller deformasjon på wire-clips.
- Revnet grovmasket nett og innernett.
- Skade på stolpe eller wire-guide, skjevhet eller korrosjon.
- Skjevhet, deformasjon, erosjon eller sig i grunn rundt fotplater og fundament.
- Deformasjon av forankring, erosjon rundt forankring eller uheldig skjærpåvirkning på forankringene.
- Busker og trær i og ved nettet.

Ytterligere detaljer rundt utførelse for drift og vedlikehold vil også utarbeides av gjerdeleverandør.

Inspeksjonen bør utføres av driftspersonell i Bane NOR under forutsetning at det foreligger en detaljert inspeksjonsprosedyre fra leverandør. Ved større steinsprang kan det være behov for å tømme gjerdene. Elementer som ofte er ødelagt i forbindelse med treff er bremseelementer og langsgående wire, og gjerdestolper. Dersom det oppstår behov for tømning av nettet, eller reparasjoner av kritiske elementer, må en entreprenør med relevant erfaring innenfor montering av fanggjerd kontaktes.

7.6 Restrisiko – skredfare etter montering

Nominell årlig sannsynlighet for skred vurderes som lavere enn 1/100 dersom fanggjerdet monteres i henhold til prosjekteringsrapporten og gjerdeleverandørens monteringsinstrukser. En forutsetning for sannsynlighet for skred lavere enn 1/100 er også at fanggjerdet tømmes og vedlikeholdes etter at det har gått steinsprang i det, da steinsprang kan skade gjerdet og gjerdeelementer som kan redusere kapasiteten og effekten.

Gjerdet er ikke dimensjonert for steinsprang av større blokker som ikke fragmenteres i mindre blokker, noe som vurderes som sjeldnere tilfeller med en sannsynlighet lavere enn 1/100. Gjerdet er heller ikke dimensjonert for andre typer skred, slik som jord- og flomskred eller snøskred, med vurdert lav sannsynlighet.

Mindre justeringer av anbefalte plasseringer av fanggjerdet kan forekomme etter befaring med entreprenør/leverandør under utstikning. Ønsket tilkomst i forbindelse med montering, eller tilpasning av gjerdestolper til terreng i forhold til lengde på en rad, er eksempler som kan endre forutsetningene for plassering som er lagt til grunn i dette tilfelle.

Dersom entreprenør identifiserer større blokker som bør sikres i tillegg til fanggjerd må dette informeres byggherre i forkant.

7.7 Andre forhold

7.7.1 Høyspent

Det er ingen høyspentledninger eller luftspenn som kommer i konflikt med bygging av fanggjerdet.

7.7.2 Verneområder

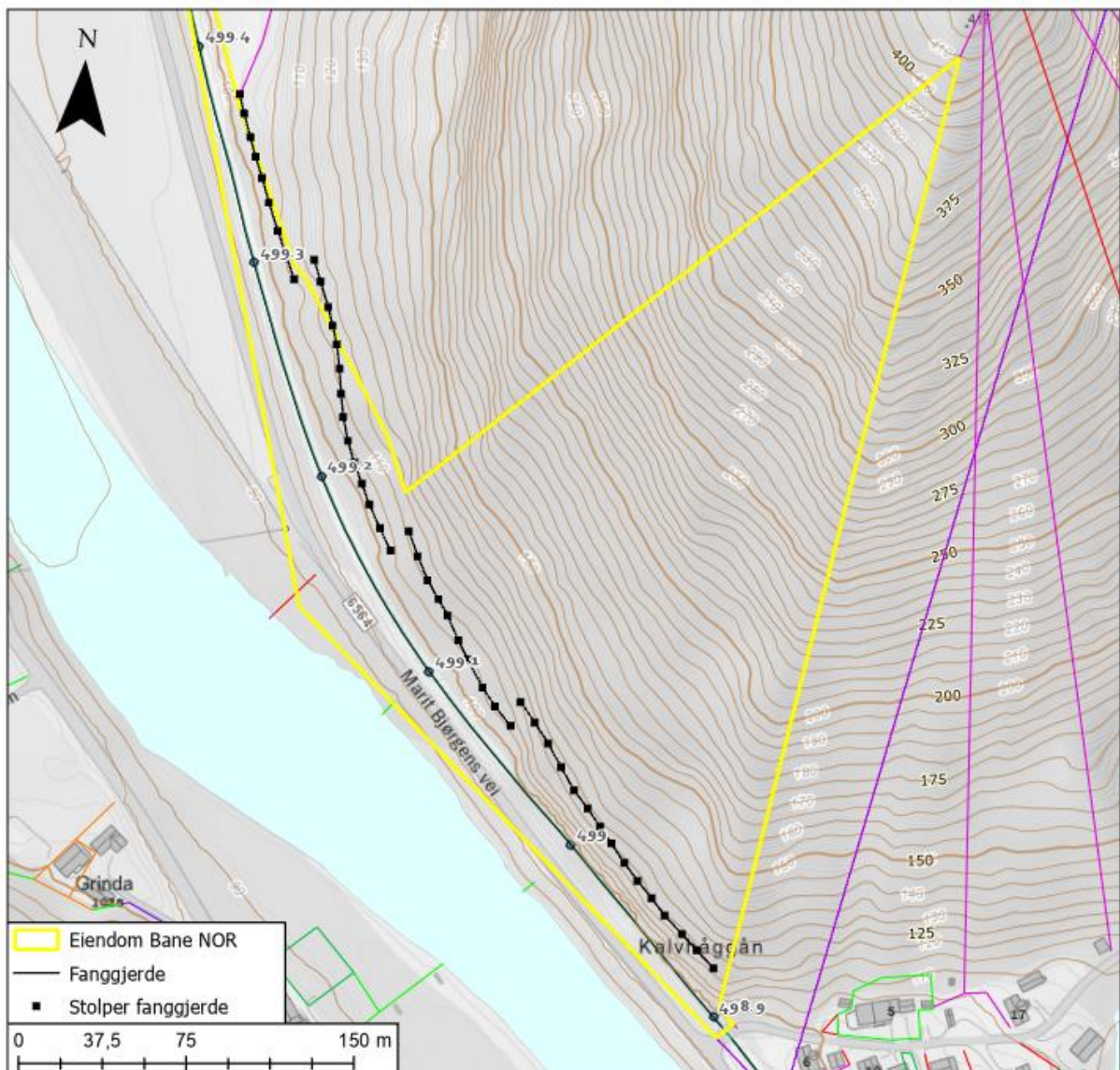
Det er i Miljødirektoratets kartvisning «Verneområder i Norge» [31] ikke identifisert verneområder som kommer i konflikt med bygging av fanggjerdet.

7.7.3 Byggesøknad

Det må avklares med Midtre Gauldal kommune hvorvidt tiltaket må omsøkes (byggesøknad eller dispensasjon fra byggesøknad) eller ikke. Erfaringsmessig varierer dette fra kommune til kommune.

7.7.4 Eiendomsforhold

Figur 7-3 viser kart over Bane NORs eiendom i forhold til fangggjerdetraseen. Utenfor dette må det inngås avtale med grunneier for bygging av fangggjerdet. Dette blir aktuelt i nordlig del av jernbanestrekningen, hvor fangggjerdet vil gå utenfor eiendommen. Selv om stolpene til fangggjerdene ikke nødvendigvis står utenfor eiendommen så kan sideforankringer (typisk ca. 6-7 m ut på sidene) og bakbarduneringer (typisk ca. 5-7 m bak) gjøre det.



Figur 7-3 Kart som viser avgrensning av Bane NORs eiendom i forhold til fangggjerdetraseen.

8 REFERANSER

- [1] Sweco, «Skredfarekartlegging Rørosbanen. Detaljert nivå. Stensli (km 442) - Støren (km 510),» 2013.
- [2] Skred AS, «Skredfarekartlegging Område Nord, Trøndelag og Innlandet. Skredrapport med nytte-kostvurdering.,» 2023.
- [3] Bane NOR, «Bane NOR Teknisk regelverk,» [Internett]. Available: <https://trv.banenor.no/wiki/Forside>.
- [4] NVE, «Utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng - utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak,» [Internett]. Available: <https://veiledere.nve.no/utredning-av-sikkerhet-mot-skred-i-bratt-terreng/>. [Funnet 2025].
- [5] «Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) - TEK17,» 2017. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840>.
- [6] Statens vegvesen, «Håndbok N200 Vegbygging,» 2024. [Internett]. Available: <https://store.vegnorm.vegvesen.no/n200>.
- [7] EOTA 2019, «EAD (European Assessment Documents) 340059-00-0106 Falling rock protection kits,» 2019.
- [8] NVE, «Sikringshåndboka - Regelverk for prosjektering,» 2023. [Internett]. Available: <https://veiledere.nve.no/sikringshandboka/skred-i-bratt-terreng/prosjektering/#pageSection-1>.
- [9] Bane NOR, «Teknisk regelverk,» [Internett]. Available: <https://trv.banenor.no/wiki/Forside>.
- [10] Statens vegvesen, «Erfaringsrapport om oppsett av fanggjerd (51058-SKRED-01),» 2020.
- [11] Statens vegvesen, «R761 Prosesskoden Standard beskrivelsestekster for veger, tunneler, bruer og kaier,» 2025.
- [12] Kartverket, «Høydedata,» [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.
- [13] Statens kartverk, «Norge i Bilder,» [Internett]. Available: <https://norgeibilder.no/>.
- [14] NGU, «Kart på nett,» [Internett]. Available: <https://www.ngu.no/emne/kart-pa-nett>.
- [15] NVE, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>.
- [16] Norges vassdrags- og energidirektoratet, «Skredhendelsesdatabasen (NSDB),» [Internett]. Available: www.skredregistrering.no.
- [17] NIBIO, «Kilden,» [Internett]. Available: <https://kilden.nibio.no/>.
- [18] «InSAR Norway,» [Internett]. Available: <https://insar.ngu.no/>.
- [19] Awer Norge AS, «Ingeniørgeologisk vurdering etter steinsprang Rørosbanen - Km 499,100.,» 2024.
- [20] Bane NOR, «Rørosbanen – Rognes KM 499,14. Nedfall av blokk ved sporet fra fjellet Rødstenen.,» 2021.
- [21] I. Sivertsvoll, Interviewee, *Tilstandskontrollør Bane NOR*. [Intervju]. 28 10 2025.
- [22] A. Viak, «AV-klima,» Asplan Viak, [Internett]. Available: <https://app-avtools-klima-dev.azurewebsites.net/>. [Funnet 03 10 2025].

- [23] N. klimaservicesenter, «Norsk klimaservicesenter,» [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/sor-trondelag>. [Funnet 22 10 2025].
- [24] «RAMMS::Rockfall,» SLF, [Internett]. Available: <https://ramms.ch/ramms-rockfall/>.
- [25] «RocFall2,» Rocscience, [Internett]. Available: <https://www.rocscience.com/software/rockfall>.
- [26] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler».
- [27] «NS-EN 1997-2:2008: Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering, Del 1: Allmenne regler.».
- [28] «NS-EN 1997-2:2008 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering, del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver».
- [29] Statens vegvesen, «Veileder V220 Geoteknikk i vegbygging,» 2025.
- [30] Statens vegvesen, «R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger,» 2025.
- [31] «Verneområder i Norge,» Miljødirektoratet, 2025. [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vernet-natur/norges-verneomrader/>.

9 VEDLEGG

Vedlegg 1: Bildevedlegg

Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé

Vedlegg 3: Beregning forankring enkeltstag i berg

Observasjoner fra befaring Norconsult:			
Info nr.:	Km:	Beskrivelse:	Bilde:
1.1	498.92	A: 4-5 m høy berghammer med sprekkeavløst berg og flere synlige spor etter tidligere nedfall. B: Steinblokk (ca. 0,5 m³) som er sikret med dybel. Dybel er betydelig avrustet, har begrenset sikringseffekt. Flere trær/røtter i bakkant av blokken som kan resultere i rotsprengning/rotvelt. Tomstokk som skala (1 m).	 A  B  B

1.2	498.93	Sprekkeavløst og avlang blokk (ca. 1-2 m³) med tydelig og potensielt gjennomgående baksprekk med steilt fall ned mot jernbanen. Noe fotstøtte, men denne er begrenset. Trær som vokser like over, så potensiale for rotsprengning/rotvelt. Tomstokk som skala (1 m).	
-----	--------	---	---

1.3	498.97	Flere spor etter steinsprang i trær og vegetasjon, og avsetninger av antatt nyere dato og eldre dato (vist med røde piler). Volum på avsetninger fra ca. fotballstørrelse til ca. 1 m³, stort sett avlange og relativt flate. Tomstokk som skala (1 m).		
-----	--------	---	---	--

1.4	499.03	Flere steinsprangblokker i ulike størrelser, fra ca. fotballstørrelse til ca. 3 m ³ . Avlange og kantete blokkformer, noen veldig flate. De større steinblokkene ligger stabilt. Tomstokk som skala (1 m).	
-----	--------	---	---

1.5	499.04	Synlige spor fra steinsprang i form av avsatt steinsprangblokker i terrenget og synlige spor i vegetasjonen og på trær (vist med røde piler). Mye flate og avlange steinblokker, stort sett ca. 0,2-0,3 m³.	
1.6	499.04	Berghammer med noen synlige spor fra tidligere nedfall, men ingen av nyere dato. Tomstokk som skala (1 m).	

1.7	499.05	Synlige spor etter større blokk som har rast ut. Avlang blokk på siden er sprekkeavløst, og ikke stabil. Større blokkparti er sikret med dyblær i foten. Dyblene er betydelig avrustet, og sikringseffekten er begrenset. En del trær som vokser over, som gir potensiale for rotsprengning/rotvelt. Tomstokk som skala (1 m).		
1.8	499.04	Spor etter nedfall av nyere dato, trolig inntil ca. 1 m³ som har rast ut. Blokken over (ca. 0,5-0,7 m³) er eksponert og overhengende og ser ut til å være sprekkeavløst. Fotstøtten er borte og stabiliteten er usikker. Røtter vitner om at rotsprengning kan ha vært medvirkende eller utløsende årsak til utfall. Trær som vokser like over kan gi potensiale for rotsprengning og rotvelt. Tomstokk som skala (1 m).		

1.9	499.02	Større blokkparti i toppen av en ca. 4-5 m høy bergskrent. Foten av blokken er sikret med dybler. Vanskelig å vurdere blokken da det er vanskelig å komme til. Steinsprangavsetning nederfor bergskrenten.	
-----	--------	--	---

1.10	499.01	Avlange steinblokker i en lav bergskrent. Terrenget under består av et større flatt område, og på grunn av dette og blokkform vil blokkene stoppe umiddelbart.	
1.11	498.99	Spor etter tidligere nedfall av en kantete og avlange blokk i en ca. 15-20 m høy bergskrent. Flere sprekkeavløste blokker som kan falle ut. Terrenget under består av et relativt flatt område, og på grunn av dette og blokkform stoppet blokken umiddelbart. Det samme vil trolig fremtidige nedfall. Terrenget under består av et større flatt område, og på grunn av dette og blokkform vil blokkene stoppe umiddelbart. Tomstokk som skala (1 m).	

1.12	498.98	A: Synlige spor etter tidligere nedfall i toppen av 15-20 m høy bergskrent (vist med rød stiplet sirkel). Blokkene (ca. 0,2-0,6 m³) er avsatt i foten av bergskrenten, og har stoppet umiddelbart på grunn av det flate terrenget og blokkformen. B: Større blokkparti som ser noe sprekkavløst ut, men det er vanskelig å vurdere fra denne vinkelen (markert med rødt stiplet polygon). C: Større blokk på ca. 7-10 m³ som er sikret stag som er forankret på begge sidene, og tredd rundt blokken. Trolig begrenset sikringseffekt. Tomstokk som skala (1 m).	   
------	--------	---	---

1.13	499.00	Avløst steinblokk på ca. 2-4 m³ med tyngdepunktet ut på den ene siden, som er sikret med flere dybler. Dyblene er avrustet, og har trolig begrenset sikringseffekt. Trær vokser ned i baksprekken og kan føre til rotsprengning/rotvelt. Det ene treet har allerede veltet. Blokken har god bergkontakt under, med helning innover, og har trolig god friksjon. Vurdert løsnessannsynlighet < 1/100. Avsetninger fra steinsprang i terrenget like under.	
------	--------	---	---

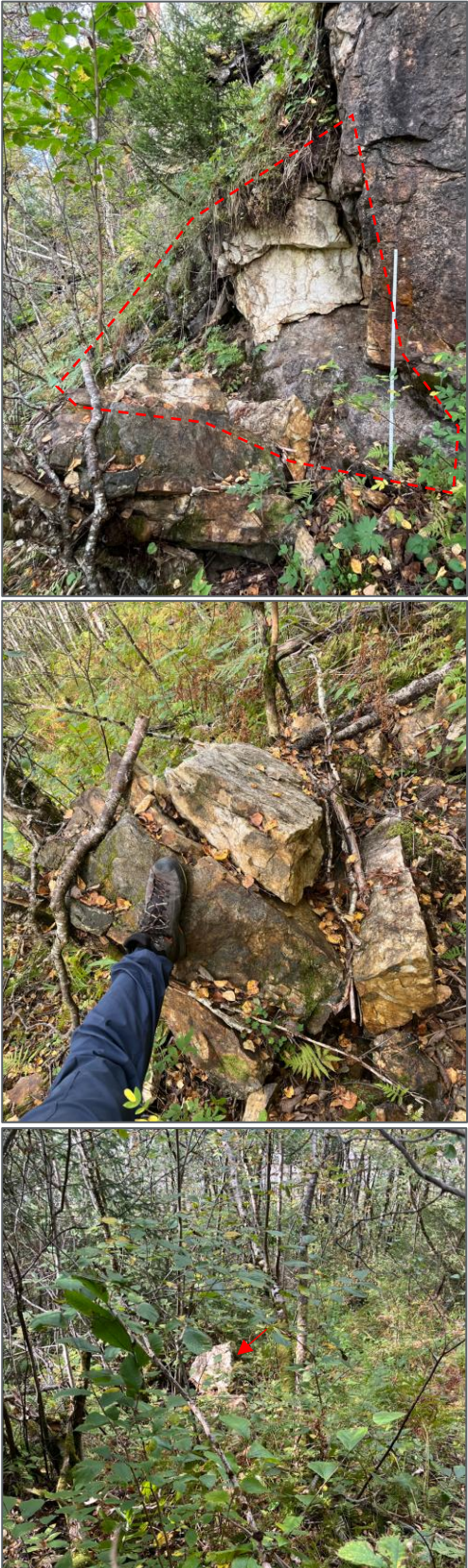
1.14	499.05	Større blokkparti på toppen av bergskrent med 5-6 m høyde, med volum inntil 10 m³ og med ugunstig fall ned mot jernbanen. Partiet er sikret med dybler. Dyblene er avrustet, og har trolig begrenset sikrinseffekt. Trær vokser bak, og kan føre til rotsprengning/rotvelt.	
------	--------	---	---

1.15	499.11	Liten bergskrent med avløste steinblokker. Det er observert en tydelig forsenkning med synlige spor og skader på trær og litt småstein nedover, som trolig stammer fra steinsprang (vist med røde piler). Tomstokk som skala (1 m).	 
1.16	499.15	Avlang steinblokk med synlig bevegelse og som er sprekkeavløst. Det har rast ut småstein som er avsatt like under. Blokken vil trolig stoppe umiddelbart nedenfor. Tomstokk som skala (1 m).	

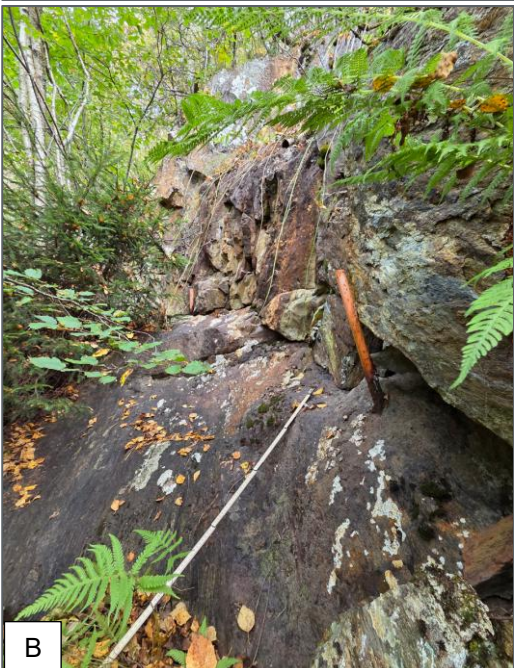
1.17	499.18	Steinblokker med ulike blokkformer som stammer fra steinsprang, trolig fra eldre dato. Den ene er mer avrundet, mens de andre er mer kantete og avlange. Steinblokkene er inntil 0,5- 1 m³, men det ligger også betydelig mindre småstein i området. Tomstokk som skala (1 m).	 
------	--------	---	--

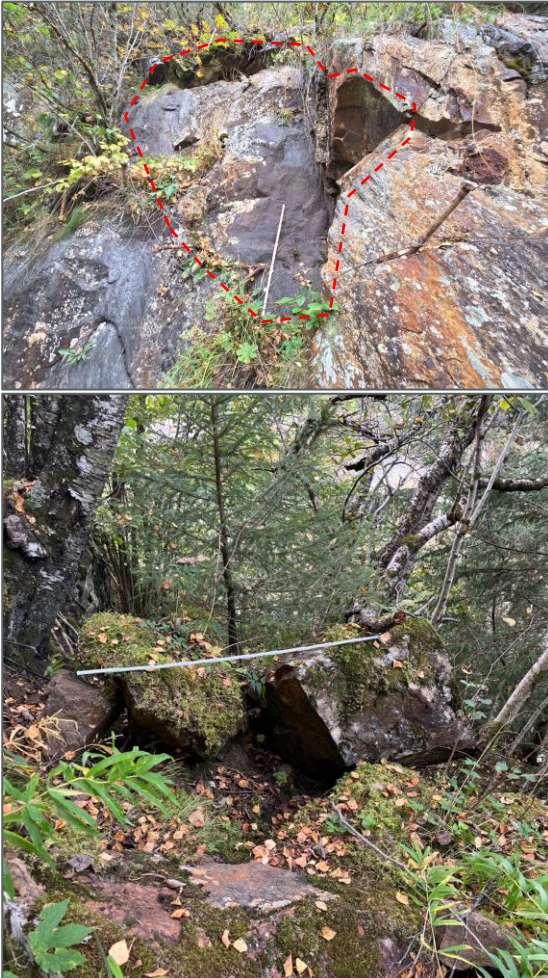
1:18	499.12	Større blokker (på ca. 0,5-1 m³) som trolig er sprekkeavløst med steile baksprekker. Ser ut til å ligge relativt stabilt til på kort sikt, men kan bli ustabile på lengre sikt. Flere trær vokser like ved, som kan resultere i rotsprengning/rotvelt. Tomstokk som skala (1 m).	
------	--------	--	---

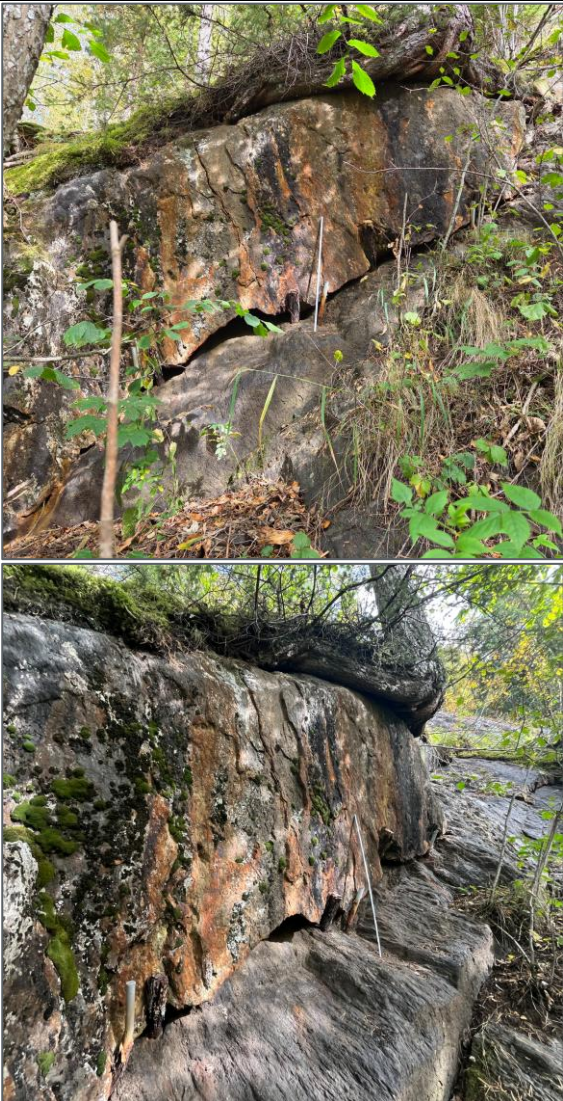
1.19	499.10	Flere sprekkeavløste steinblokker i lav bergskrent med høyde på ca. 2-3 m. Store trær over som kan resultere i rotsprengning/rotvelt. Tomstokk som skala (1 m).	 
------	--------	---	--

1.20	499.11	Lav bergskrent hvor det har vært synlig nedfall av nyere dato (totalt ca. 1-1,5 m³), og hvor blokkene er avsatt i et tre like under og en blokk ca. 20-30 m nedenfor (vist med rødt stiplet polygon). Det er usikkert om flere blokker har gått videre nedover. Kan være potensiale for remobilisering av steinblokker ved trevelt. Tomstokk som skala (1 m).	
------	--------	---	---

1.21	499.11	Større bergparti på flere titalls m³ i en bergskrent med ugunstig fall ned mot jernbanen, og hvor foten av partiet er sikret med mange dybler. Dyblene er avrustet, og sikringseffekten er begrenset. Trær vokser i toppen av bergskrenten, og kan gi potensiale for rotsprengning/rotvelt. Vurdert løsningsannsynlighet < 1/100. Tomstokk som skala (1 m).	
------	--------	--	---

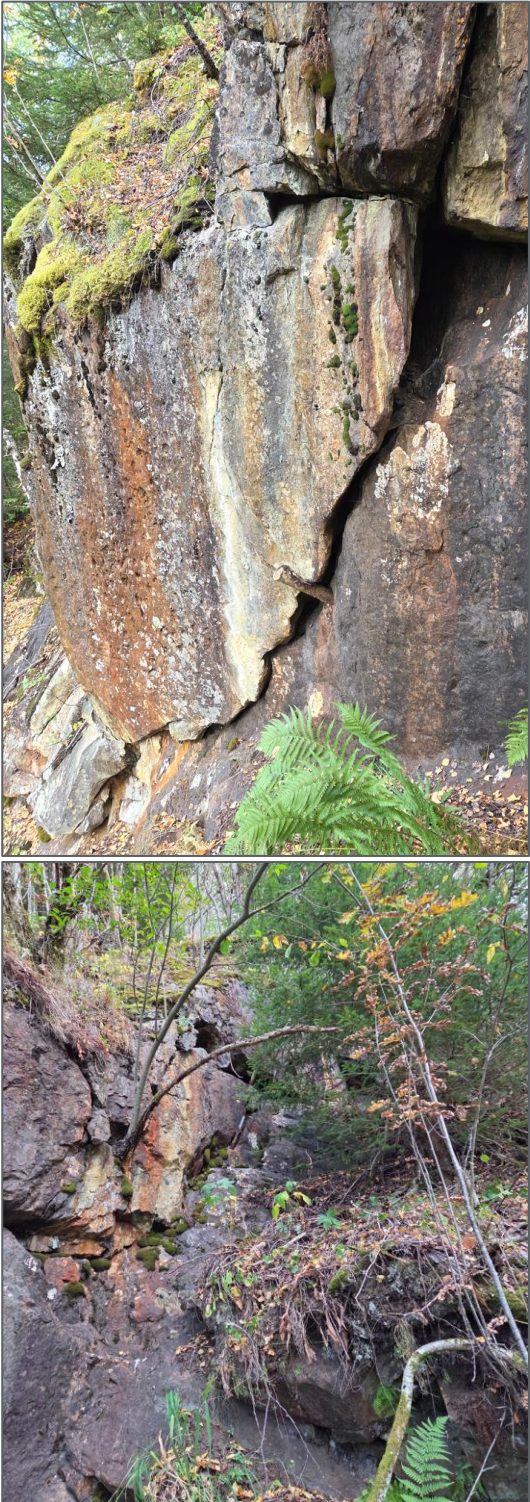
1.22	499.08	A: Potensielt ustabile blokker (1-2 m³) som er sikret med stag som er trukket ovenfra og forankret i berget over. Tyngdepunktet hviler mot den ene siden og ikke utover, det er god bergkontakt og stabiliteten er god på kort sikt. Kan bli ustabil på lengre sikt, da det er trær over som kan resultere i rotsprengning/rotvelt. Stag er av eldre dato, og delvis rustet. Sikringseffekten er dermed begrenset. B: Ved siden av er det et større blokkparti hvor foten er sikret med flere dybler. Dyblene er avrustet, og sikringseffekten er dermed begrenset. Tomstokk som skala (1 m).	  
------	--------	--	---

1.23	499.07	Bergskrent med høyde på ca. 7-8 m. Synlige spor etter tidligere nedfall, og hvor eksisterende sikring ikke har holdt (vist med rødt stiplet polygon). Flere av blokkene er avsatt like nedenfor på ca. 0,3-0,5 m³. Flere sprekkavløste blokker som kan løsne på lengre sikt. Er en del trær i og like over bergskrenten som kan resultere i rotsprengning/rotvelt. Tomstokk som skala (1 m).		
1.24	499.06	Større blokk på ca. 5-8 m³ som er sikret med dybler. Dyblene er avrustet og har begrenset sikringseffekt. Blokken er trolig godt kilt inn i berget bak, men langtidsstabiliteten er usikker. Vurdert løsnesannsynlighet < 1/100.		

1.25	499.16	Større avlang blokk på flere titalls m³ i lav bergskrent som er sikret med flere dybler (både ca. 65-70 mm og 34 mm tykkelse), trolig to generasjoner. Dyblene er avrustet, og sikringseffekten er dermed begrenset. Flere store trær over som kan resultere i rotsprengning/rotvelt. Blokken har god bergkontakt og friksjon, og trolig grei kortidsstabiliteten. Vurdert løsnensannsynlighet < 1/100. Tomstokk som skala (1 m).		
1.26	499.20	Bergskrent med ca. 8-10 m høyde hvor det er flere avløste blokker i toppen (vist med rød stippet sirkel). Blokkene er trolig rundt 0,5-1 m³. Det er flere trær like over, som kan resultere i rotsprengning/rotvelt. Kun observert fra avstand.		

1.27	499.21	Bergskrent med ca. 10-15 m høyde hvor det er utført en del punktsikring i form av boltesikring av nyere dato, som erstatning til eldre og avrustet sikring. I følge lokalt driftspersonell trolig utført i forbindelse med årlige inspeksjoner/sikrings runder på banen (trolig utført de siste 5 årene). Det observeres flere steder synlige spor etter utfall av steinblokker (vist med røde stiplede polygon), og det er avsatt en del steinblokker nedenfor bergskrenten (vist med rød pil). En av blokkene som ligger i terrenget er sikret med wire, forankret i berg over (eldre dato).	
------	--------	---	---

			
--	--	--	---

1.28	499.24	Bergskrent med høyde på ca. 4-5 m hvor det er observert flere sprekkeavløste blokker (0,5-2 m³), og hvor det er sikret med dybler. Dyblene er avrustet og sikringseffekten er dermed begrenset. En del trær som vokser i og over bergskrenten som kan resultere i rotsprengning/rotvelt.	
------	--------	--	---

1.29	499.19	Flere avlange blokker (inntil 1 m ³) som ligger ustabil til, enten i terrenget eller i lav bergskrent. Den ene er sikret med stag som er forankret i berget over. Dato er eldre, og sikringseffekt er trolig begrenset. Tomstokk som skala (1 m).	
------	--------	---	---



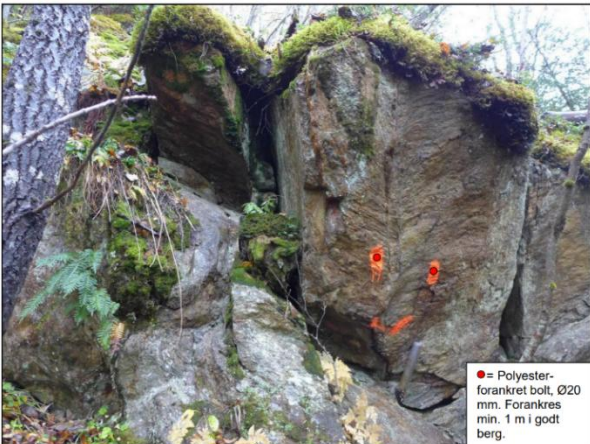
1.30	499.18	Blokkparti (3-5 m³) som ligger ugunstig til på gli ned mot jernbanen, og som er sikret med stag av eldre dato. Forankringen til staget er delvis avrustet, og sikringseffekten er trolig begrenset. Vurdert løsneseffektivitet < 1/100.	
1.31		Enkeltplokk (ca. 4-5 m³) som ligger alene i terrenget hvor helningen er ca. 35-40 grader, og som potensielt kan remobiliseres (vist med rød pil). Lite trær og potensielle vannveier i umiddelbar nærhet, så korttidsstabiliteten er trolig god. Vurdert løsneseffektivitet < 1/100.	

1.32	499.13	Bilde nr. 1: Blokk som ligger i terrenget nedenfor bergskrent, og som er sikret med stag av eldre dato. Sikringseffekten er trolig begrenset. Blokken ligger trolig stabilt til. Bilde nr. 2: Blokker som har løsnet fra bergskrent, men som har stoppet umiddelbart. Ligger stabilt til. Tomstokk som skala (1 m).	
------	--------	--	---

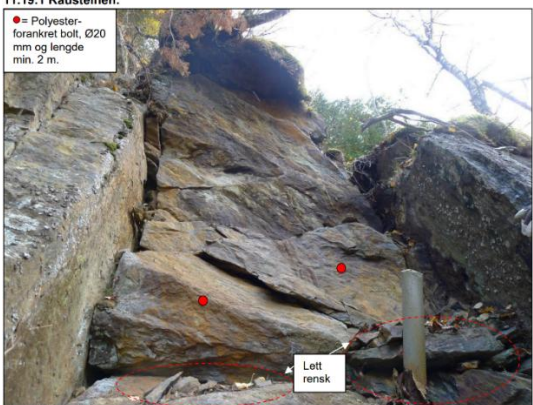
Observasjoner fra befaring Sweco (2013):			
Infonr. :	Km:	Beskrivelse:	Bilde:
11.4	499.0	Større blokkparti, 3 avløste blokker med gammel eksisterende sikring med dybler (ca. 1-5 m ³). Sikret med dybler. Behov for sikringstiltak.	 11.4.1 Rausteinen (største blokk).  11.4.2 Rausteinen (største blokk).

11.5	499.0	Samme som infopunkt 1.32 (befaring Norconsult). Store «toppling»-blokker, avløst i bakkant av steile sprekker. Noe sikring som anses som unødvendig. Ikke behov for sikringstiltak.	 11.5.1 Rausteinen. (Topplingblokker)  11.5.2 Rausteinen.  11.5.3 Rausteinen. (Blokk med dybel foran).
------	-------	--	--

11.6	499.0	8 blokker med typisk størrelse på ca. 1,5 m ³ . Sikret med stag og dybler, og en festet med wire. Behov for sikringstiltak.	 11.6.1 Rausteinene.  11.6.2 Rausteinene.  11.6.3 Rausteinene.
------	-------	--	--

11.7	499.2	Avløste blokker som er sikret med dybler. Behov for sikringstiltak.	 11.7.1 Rausteinen. ● = Polyesterforankret bolt, Ø20 mm, lengde 2 m. Rensk  11.7.2 Rausteinen.
11.8	499.2	Avløst blokk sikret med stag og dybel. Behov for sikringstiltak.	 11.8.1 Rausteinen. ● = Polyesterforankret bolt, Ø20 mm. Forankres min. 1 m i godt berg.

11.12	499.1	Samme som infopunkt 1.21 (befaring Norconsult).	
			11.12.1 Rausteinene.
11.14	499.0	Avløst blokk på 16 m ³ , uten fot. Behov for sikringstiltak.	
			11.14.1 Rausteinene.
11.17	499.2	Samme som infopunkt 1.27 (befaring Norconsult). Anbefalt sikringstiltak utført siden 2013.	
			11.17.1 Rausteinene.

11.19		Samme som infopunkt 1.27 (befaring Norconsult). Anbefalt sikringstiltak utført siden 2013.	 11.19.1 Rausteinene. ● = Polyesterforankret bolt, Ø20 mm og lengde min. 2 m.  11.19.2 Rausteinene.
11.20	499.2	Blokk på ca. 1 m ³ som ligger i terrenget. Behov for sikringstiltak.	 11.20.1 Rausteinene.
11.21	499.2	Løst område. Behov for sikringstiltak.	 11.21.2 Rausteinene.

Dronebilder fra befaringen



Dronebilde 1 Nedre deler av fjellsiden, på sørlig del av strekningen. Sett mot sørøst.



Dronebilde 2 Nedre deler av fjellsiden, i midten del av strekningen. Sett mot sørøst.



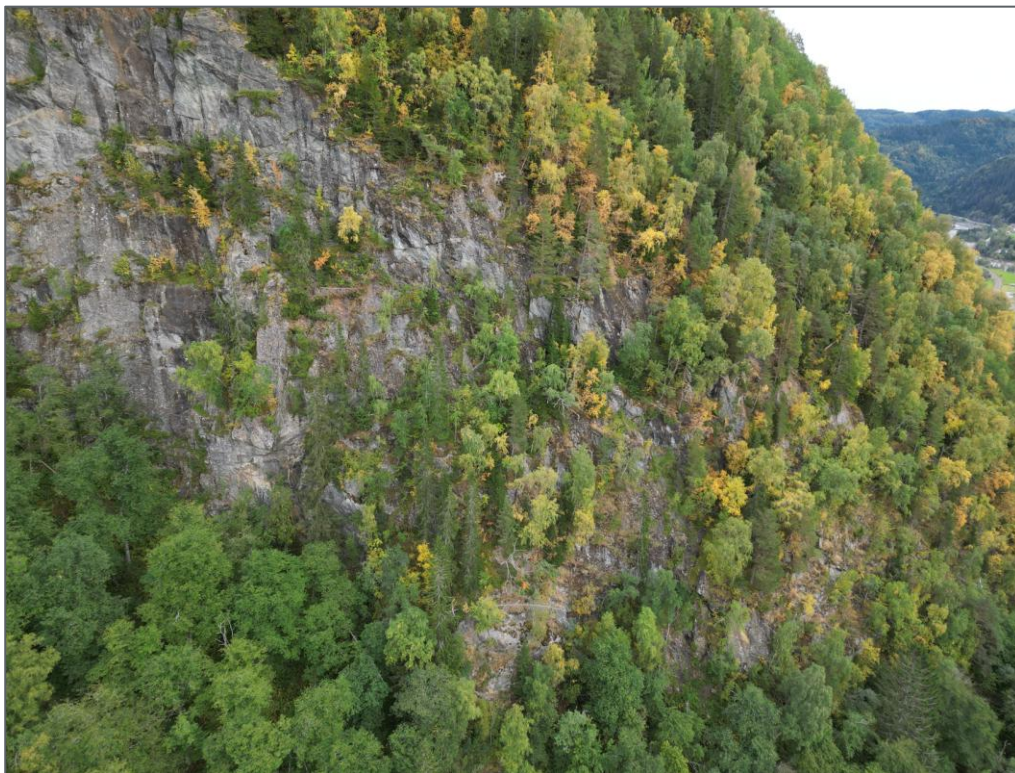
Dronebilde 3 Nedre deler av fjellsiden, i nordre del av strekningen. Sett mot nordøst.



Dronebilde 4 Nedre del av fjellsiden, i nordre del av strekningen. Sett nedover, mot sørvest.



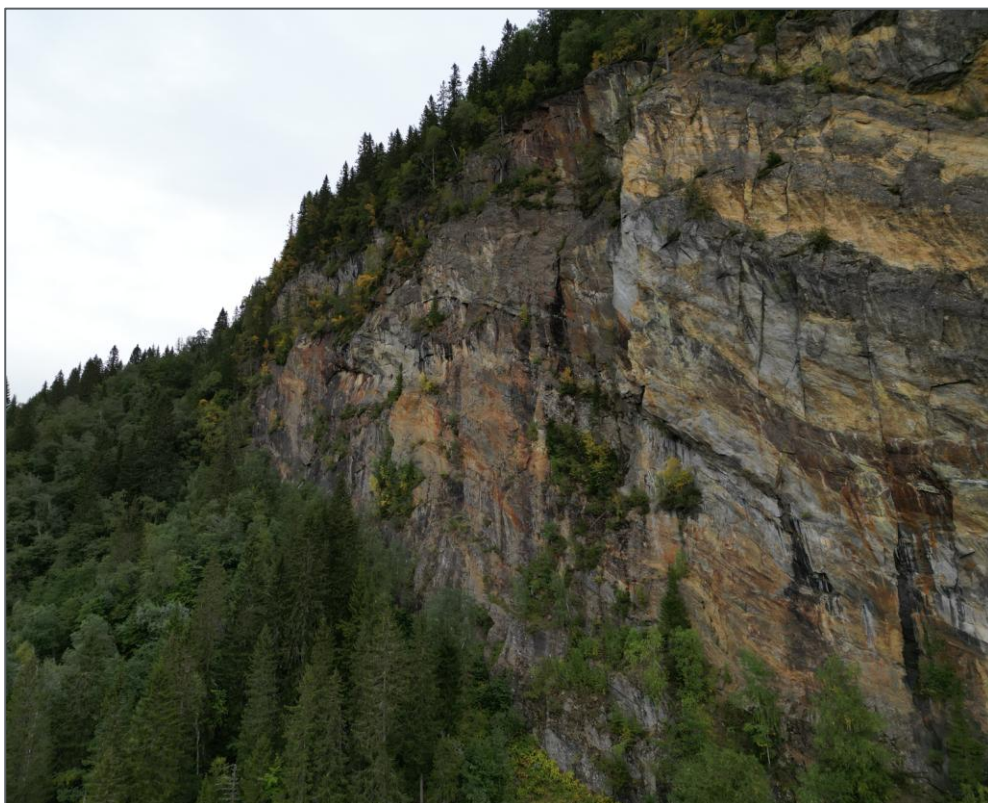
Dronebilde 5 Oversikt over den høye berghammeren i nordre del av strekningen. Sett mot øst.



Dronebilde 6 Nedre deler av den høye berghammeren i nordre del av strekningen. Sett mot øst.



Dronebilde 7 Midtre deler av den høye berghammeren i nordre del av strekningen. Sett mot øst.



Dronebilde 8 Øvre deler av den høye berghammeren i nordre del av strekningen. Sett mot nordøst.



Dronebilde 9 Øvre deler av fjellsiden. Sett mot øst/nordøst.



Dronebilde 10 Øvre deler av fjellsiden. Sett mot øst/nordøst.



Dronebilde 11 Midtre deler av fjellsiden. Sett mot nord.



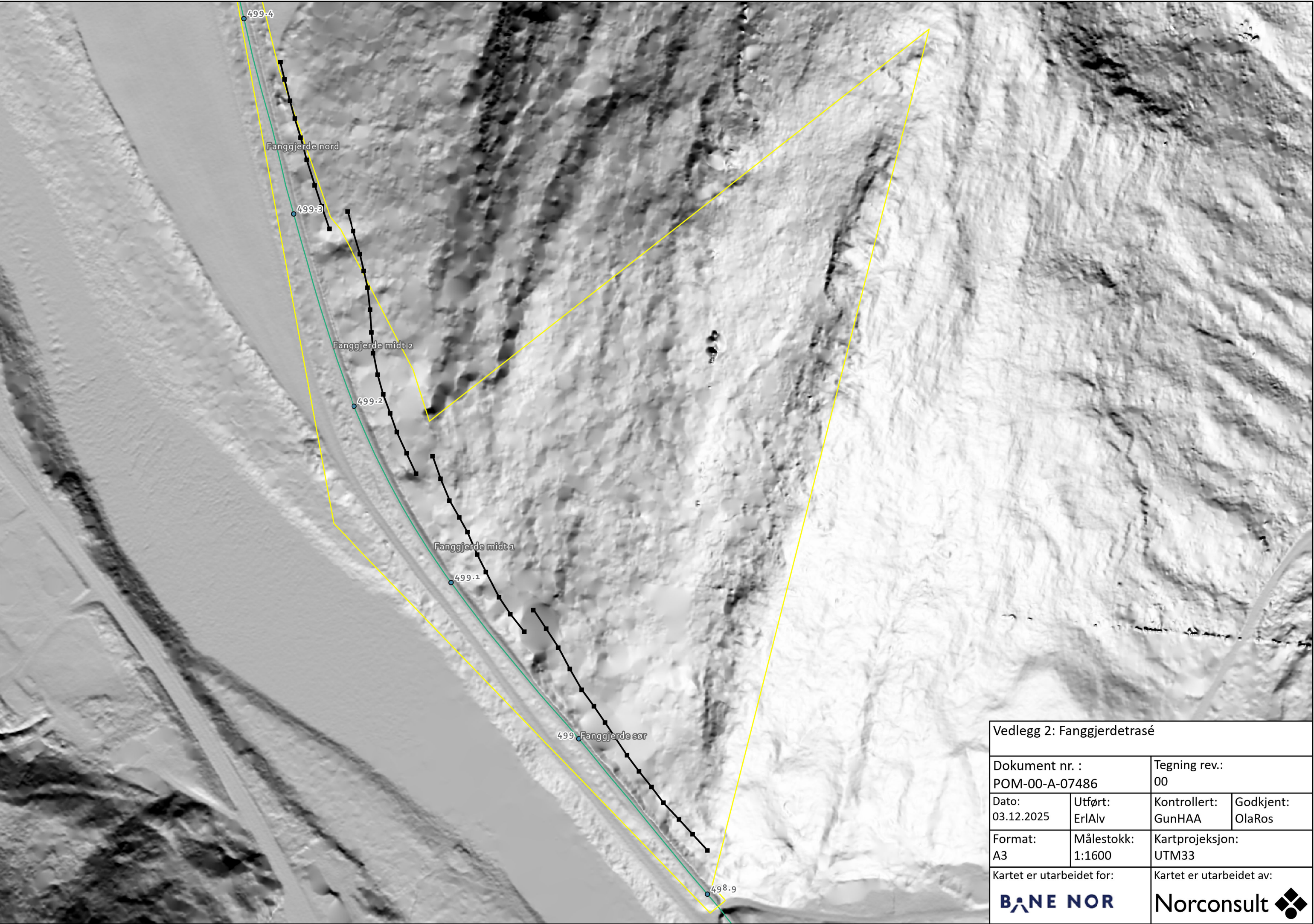
Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé			
Dokument nr. : POM-00-A-07486		Tegning rev.: 00	
Dato: 03.12.2025	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:1600	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	
BANE NOR		Norconsult	



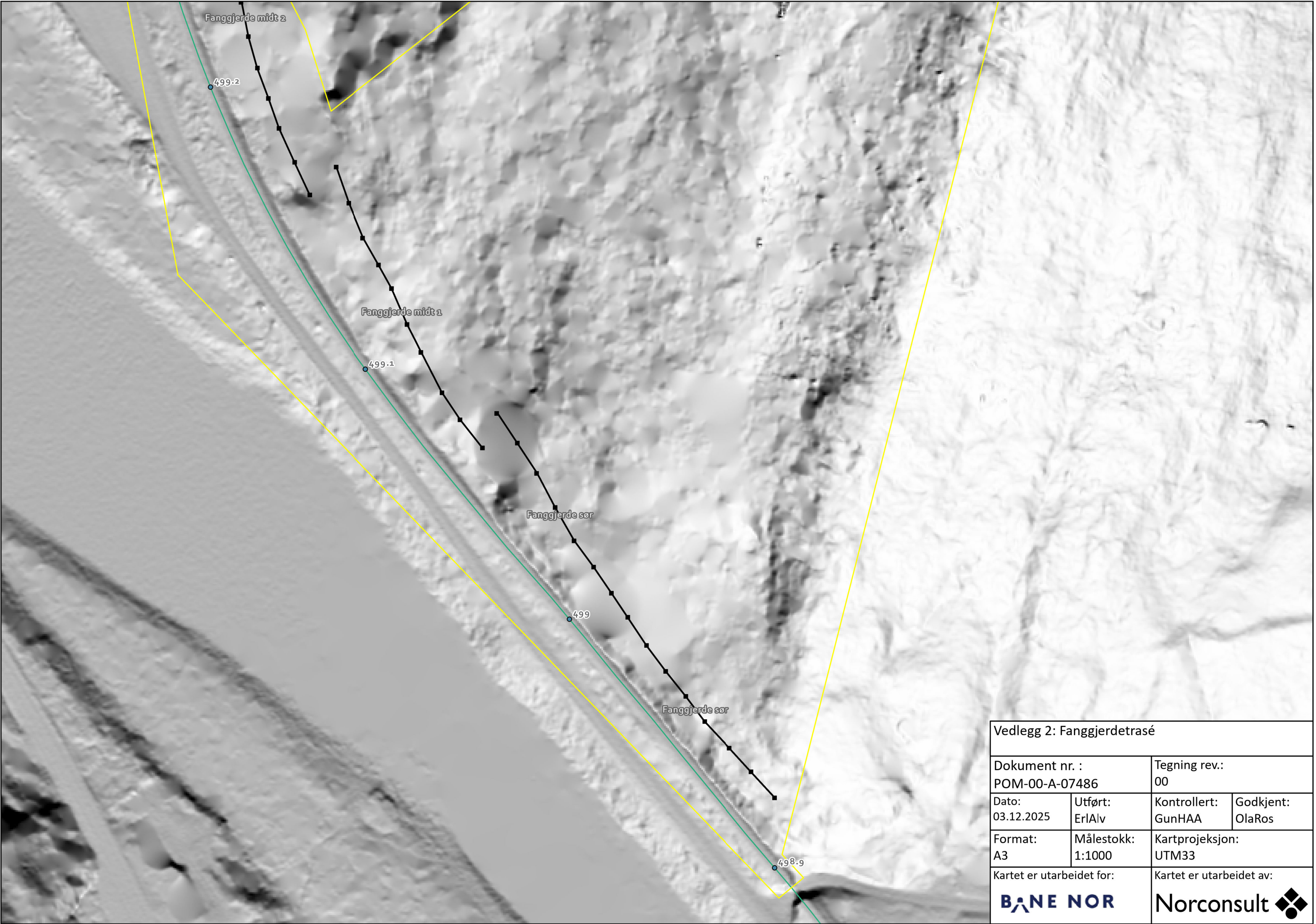
Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé			
Dokument nr. : POM-00-A-07486		Tegning rev.: 00	
Dato: 03.12.2025	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:1000	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	
BANE NOR		Norconsult	



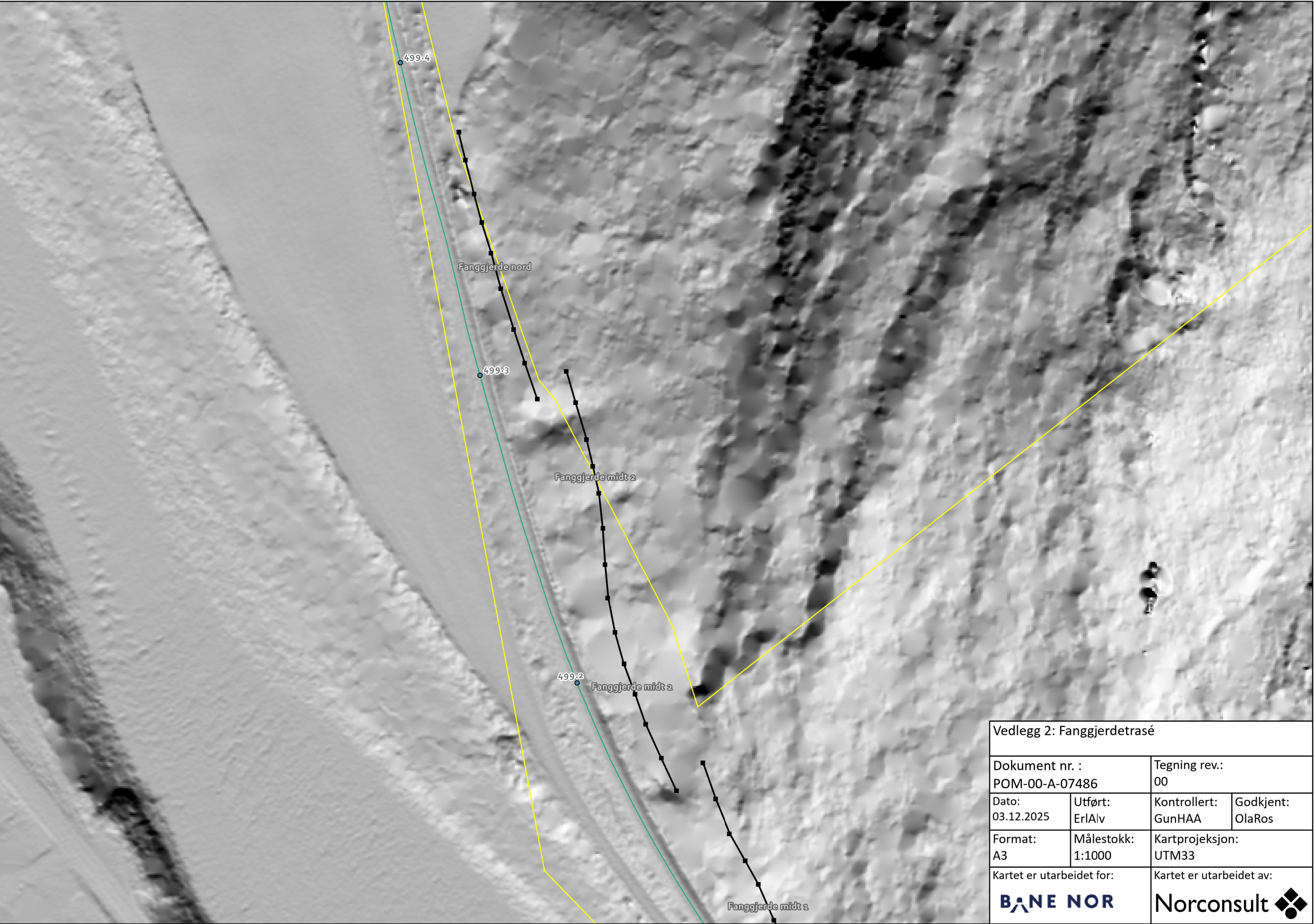
Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé			
Dokument nr. : POM-00-A-07486		Tegning rev.: 00	
Dato: 03.12.2025	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:1000	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	
BANE NOR		Norconsult	



Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé			
Dokument nr. : POM-00-A-07486		Tegning rev.: 00	
Dato: 03.12.2025	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:1600	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	
BANE NOR		Norconsult	



Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé			
Dokument nr. : POM-00-A-07486		Tegning rev.: 00	
Dato: 03.12.2025	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:1000	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	
BANE NOR		Norconsult	



Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé			
Dokument nr. : POM-00-A-07486		Tegning rev.: 00	
Dato: 03.12.2025	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:1000	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	
BANE NOR		Norconsult	



Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé



Vedlegg 2: Fanggjerdetrassé



Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé



Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé



Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé

Norconsult 		Vedlegg 3: Beregning forankring enkeltstag i berg			
Sign.	Dato	Oppdrag		Dokument nr.	
ErAlv	03.12.2025	Skredsikring Raustein		POM-00-A-07486	
Kontroll	Dato				
GunHAA	03.12.2025				

BESKRIVELSE AV BEREKNING

Beregning av forankringslengder stag, for fanggjerdte forankret i berg. Stagene monteres skrått mot bergoverflata. Avstanden mellom stagene er større en radiusen på teoretisk uttrekslegeme, slik at beregning for enkeltstag er gjeldende.

INNDATA forankring

Partialfaktor stål/kamstål	γ_m	1,15	-	[2]	Bruker 1,15 iht Eurokode 2. Glimmergneis. Faktor 2 pga. tildekt berg.
Diameter bolt	d_{bolt}	40	mm		
Diameter borhull	$d_{borhull}$	89	mm		
Heftfasthet bruddplan i bergmasse	τ_k	50	kPa		
Bruddvinkel for bergmassen	ψ	40	deg		
Bruddvinkel for bergmassen	ψ	0,698131701	rad		
Materialfaktor bergmasse	γ_m	2			

INNDATA Last

Dimensjonerende i bolt	P_{bolt}	300	kN		Dimensjonerende strekk i anker
------------------------	------------	-----	----	--	--------------------------------

INNDATA mørtel

Type mørtel	-	B35	-		Glimmerskifer, valgt gneis.
Dimensjonerende heftfasthet stål/mørtel	τ_k	2,4	MPa	[1]	
Karakteristisk heftfasthet mørtel/berg	τ_k	1,5	MPa	[1]	
Partialfaktor for materialfasthet mørtel	γ_m	1,25	-	[1]	
Dimensjonerende heftfasthet stål/mørtel	τ_k	1,92	MPa		
Dimensjonerende heftfasthet mørtel/berg	τ_d	1,2	MPa		

BEREGNINGER stabilitet mot uttrekking

Ankervinkel	α	45,00	deg		Vinklede stag
Innboringslengde	λ	2,66	m		

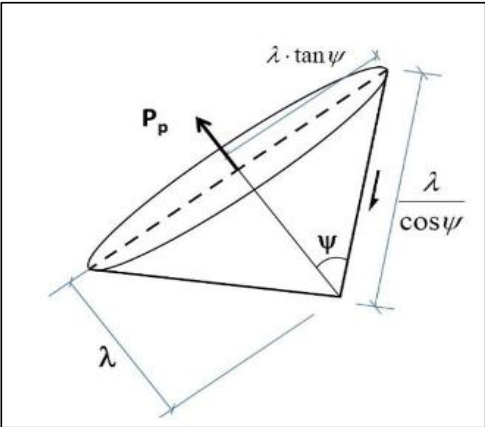
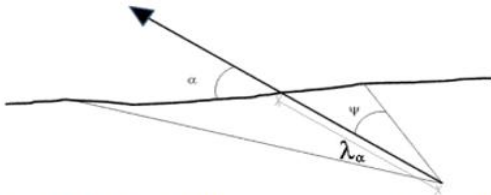
BEREGNINGER forankring

Karakteristisk kapasitet stag (flytkapasitet)	R_{kar}	525,00	kN		Hentet fra produktkatalog
Dimensjonerende kapasitet stag	R_{dim}	456,52	kN		
Utnyttet dimensjonerende kapasitet pr. bolt		0,66			OK, sjekker for dim. flytkapasitet

BEREGNINGER forankringslengder

Inngysingslengde stål/mørtel	L_1	1,24	m	[1]	Dimensjonerende lengde
Inngysingslengde mørtel/berg	L_2	0,89	m	[1]	
Dimensjonerende inngysingslengde	L_d	1,24	m		
Innboringslengde, stabilitet av berg mot uttrekking	λ	2,66	m		

FIGUR: Prinsipp forankring

Figur 10-24 Spiss vinkel mellom anker og bergoverflate

$$\lambda = \sqrt{\frac{\gamma_m \cdot P_p}{\tau_k \cdot \pi \cdot \tan(\psi \cdot \sin \alpha)}}$$

REFERANSER

[1] N-V220, Statens vegvesen 2023
[2] NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014+NA:2021, Standard Norge